ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYE

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXII. KÖTET
1–2. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1991

ÉPÍTÉS-
ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

DR. KALISZKY SÁNDOR, DR. PERÉNYI IMRE, DR. SZABÓ JÁNOS,
DR. VÁMOSSY FERENC

TECHNIKAI SZERKESZTŐK:

HORVÁTHNÉ DR. SIPOS EDIT ÉS DR. VÁMOSSY FERENC

1521 BUDAPEST, MŰEGYETEM RAKPART 3. BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
K. II. 60. (ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI ÉS ELMÉLETI INTÉZET)

A kiadvány példányonként megvásárolható:

Az Akadémiai Kiadó *Stúdium* (1368 Budapest, Váci utca 22., tel.: 118-5881) és *Magiszter* (1052 Budapest, Városház utca 1., tel.: 138-2440) könyvesboltjaiban.

Előfizetési díj egy évre: 408,— Ft.

Külföldön terjeszti a

KULTURA KÜLKERESKEDELMI VÁLLALAT

1389 Budapest, Fő utca 32. Telefon: 142-9760
Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10 990.

ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

XXII/1—2.

INHALTSAUSZÜGE

*

PE3IOME

*

SUMMARIES

*

RÉSUMÉS

Mitteilungen der Ausschüsse für Bauwissenschaft, Theorie und Geschichte der Architektur, Boden- und Gebirgsmechanik, Mechanik der Tragwerke und Siedlungswesen der Abteilung für Technische Wissenschaften der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.

*

Сообщения Строительной Комиссии, Комиссии по теории и истории архитектуры, комиссии по механике грунтов и пород, механике несущих конструкции, и радостроительству при Отделении Технических наук Венгерской Академии Наук.

*

Reports of the Committees of Constructional Engineering, Architectural Theory and History, Soil and Rock Mechanics, Structural Engineering and Civic Developments included in the Hungarian Academy of Sciences, Technical Department.

*

Revue des Comités de la Construction, de la Théorie et de l'Histoire de l'Architecture, de la Mécanique du Sol et des Roches, de la Mécanique des Structures et de l'Urbanisme, de la section des Sciences Techniques de l'Académie des Sciences de Hongrie.

Dr. Sándor Kaliszky:

OPTIMALES ENTWERFEN VON TRAGKONSTRUKTIONEN

(Ungarischen Text s. S. 3--32)

Eine Übersicht von theoretischen Grundlagen, Verfahren und einige Anwendungen des optimalen Entwurfs sind dargelegt, ohne Anspruch auf Völligkeit. Wegen Mangel an Platz werden hier keine Aufgaben beschrieben, wo Merkmäler oder Läste der Struktur stochastische Veränderliche sind, oder wo bei der Erstellung der optimalen Lösung gleichzeitig mehrere Zielfunktionen zu beachten sind.

In den letzten Jahrzehnten entwickelte sich die Theorie der optimalen Entwurf ziemlich schnell, und die Verallgemeinerung der Hochleistungsrechner ergab eine immer weitere Anwendung seiner Verfahren. Die so erhaltenen theoretischen Ergebnisse liefern wichtige Angaben für einen wirtschaftlichen Entwurf. Dabei sollen noch auch verschiedene Herstellungs-, Ausführungs- und Operationshinsichte gewogen werden. Dabei spielen gute technische Gefühl und Ingenieurerfahrungen eine grundlegende Rolle.

Dr. Sándor Kaliszky:

OPTIMUM DESIGN OF STRUCTURES

(Hungarian text see p. 3--32)

Theoretical fundamentals, methods and some applications of optimum design are considered, without claim to completeness. In space shortage, no problems are discussed where structural characteristics or loads are stochastic variables, or where several target functions have to be reckoned with simultaneously in establishing the optimum solution.

In recent decades, the theory of optimum design abruptly developed, and generalization of efficient computers permitted application of its methods in an ever widening range. The obtained theoretical results yield essential data for an economically favourable design. Besides of that, several other manufacturing, constructional and operational aspects have to be pondered, essentially relying on good technical skill and engineering experience.

Dr. László Jankó:

AUSKNICKUNG ELASTISCH GEBETTETER STÄBE

(Ungarischen Text s. S. 33—56)

Die einfache Verzweigungsaufgabe von Auslegern unterstützt an Winkler'sche Verschiebungsbettung, von an beiden Enden eingeklemmten, oder zweigelenkigen Stäben, wurde mit dem Gleichgewichtsverfahren gelöst. Ausser der Herstellung eines auch praktisch anwendbaren Diagrammensystems wurden auch aus theoretischen Hinsicht merkwürdige Beobachtungen über die Wirkung verschiedener Randbedingungen gemacht. Es wurde u.a. ermittelt, dass in diesem Falle der kritische Last des (anders als schwach gebetteten) Zweigelenkstabes den des Auslegers von derselben Länge unterschreitet.

Dr. László Jankó:

DEFLECTION OF ELASTICALLY BEDDED BARS

(Hungarian text see p. 33—56)

The simple bifurcation problem of cantilevers supported on Winkler-type displacement bedding, of bars both ends clamped, or of two-hinged bars have been solved by the equilibrium method. Beyond of constructing a practical diagram system, also theoretically conclusive statements have been made on effects of different boundary conditions. Among others, it has become clear that in the actual case, critical load of a two-hinged bar (else than poorly embedded) is lower than that of the cantilever of the same length.

Dr. Gábor Domokos:

GROSSE VERSCHIEBUNGEN VON ELASTISCHEN LINIEN-CONTINUA

(Ungarischen Text s. S. 57—94)

Die wohlbekannten Gleichungen der Statik und Elastostatik, die das Gleichgewicht und die Deformation von Seilen und Stäben beschreiben, werden aus einer allgemeinen Matrixengleichung abgeleitet, in welcher die volle geometrische Nichtlinearität enthalten ist. Im zweiten Teil werden die Methoden zur globalen Beschreibung der Gleichgewichtswege der erwähnten Linien-Continua präsentiert.

Dr. Gábor Domokos:

LARGE DEFLECTIONS OF ELASTIC LINE-CONTINUUMS

(Hungarian Text see p. 57—94)

The well-known equations of statics and elasto-statics describing the equilibrium and deformation of chords and bars are derived of a general matrix equation considering the full geometrical non-linearity. In the second part the methods for the global description of the equilibrium paths of the mentioned line-continuums are presented.

Dr. Gábor Domokos:

NICHTLINEARE BERECHNUNG VON TRAGWERKEN MIT DISKRETER ROTATIONSSYMMETRIE

(Ungarischen Text s. S. 95—118)

Bei der Berechnung von Tragwerken mit diskreter Rotationssymmetrie stosst man häufig auf das Problem, dass ein endlicher Teil der Taylor'schen Reihe andere Symmetrie-Eigenschaften aufweist, als der vollständige Operator. Z. B. ist die Biegesteifigkeit eines Stabes mit regelmässigen Dreieck--Querschnitt in jeder Richtung gleich, wobei der Querschnitt selbst nur eine dreifache diskrete Rotationssymmetrie hat. In dem vorliegendem Aufsatz wird die notwendige Anzahl der zu berücksichtigender Glieder in der Taylor'schen Reihe unter der Bedingung festgelegt, dass der endliche Teil der Reihe dieselbe diskrete Rotationssymmetrie aufweist wie die vollständige Reihe.

Dr. Gábor Domokos:

NONLINEAR COMPUTATION OF STRUCTURES WITH DISCRETE ROTATIONAL SYMMETRY

(Hungarian text see p. 95—118)

In computations related to structures with descrete rotational symmetry one often meets the problem that the symmetry group of the truncated and the full Taylor series are different. E.g. the bending stiffness of a rod with regular triangle cross section is equal in each direction, but the cross section has only third-order discrete rotational symmetry. This paper presents the necessary number of members in the Taylor series to be considered to avoid mentioned controversy.

Károly Zalka:

GENAUIGKEIT DES KONTINUUMVERFAHRENS FÜR RAHMENKONSTRUKTIONEN

(Ungarischen Text s. S. 119—150)

Numerische Untersuchungsergebnisse an Hunderten von Rahmen wurden zusammengefasst. Die untersuchten Rahmen hatten beliebige Säulen/Balken/Steifigkeitsverhältnisse, aber besonders Steifigkeiten von Balken und Säulen waren von gleicher Grössenordnung. Das Kontinuumverfahren lässt sich zuverlässig anwenden, und ermöglicht eine ziemlich einfache Stabilitätsuntersuchung von minimum vier- und maximum zwanzigstöckigen, rechtecknetzigen, geklemmten, und gelenkig unterstützten Rahmen. Fehler des Verfahrens sind in Allgemeinen in der Richtung der Sicherheit. Der Fehler aus Annäherungen wird wahrscheinlich -10% (gegen der Sicherheit) und +20% (für die Sicherheit) nicht überschreiten.

Bruch der Rahmen ohne gelenkig unterstützte untere (erdgeschossige) Balken erfolgt in Allgemeinen durch den Ausschwung der erdgeschossigen Säulen. Für das Ganze des Rahmens ist es ein lokaler Schubbruch. Am Dach mit Vertikalkräften belasteten, eingeklemmten Gelenkrahmen mit unteren Balken untergehen in Allgemeinen einer Biegeverformung im ganzen Rahmen, mit einer

umfassenden Schubverformung. Bei durch stockweise einheitlich verteilten Vertikalkräfte belasteten Rahmen wirkt die Schubverformung bestimmend.

Das Kontinuumverfahren eignet sich nicht, die Wirkung der nicht proportionellen Belastung zu beachten, so ergibt es den kritischen Last durch Annäherung mit einem Fehler gegen der Sicherheit. Dieser Fehler ist jedoch meistens klein: in den untersuchten Fällen überschreitete er 10% nicht einmal bei Rahmen mit extrem überlasteten Säulen.

Die klassischen Summationstheoreme der Stabilitätstheorie lassen so zugunsten als auch gegen der Sicherheit einen bedeutenden Fehler, u. zw. bis +50%, bzw. -50%, erstehen.

Károly Zalka:

ON THE ACCURACY OF THE CONTINUUM METHOD FOR FRAMEWORKS

(Hungarian text see p. 119—150)

Numerical analysis results for several hundred frameworks are recapitulated. For arbitrary column to beam stiffness ratios of the tested frameworks, each beam and each column had stiffnesses of the same order. The continuum method was found to be reliable and to permit rather simple stability analysis of orthogonal meshed frameworks of minimum four, and maximum twenty storeys, with clamped, and hinged supports. This method may involve an error on the side of safety, as a rule. The error from approximations is likely not to exceed -10 percent (to the detriment of safety) or +20 percent (on the side of safety).

Frameworks without lower (ground floor) beams of hinged support generally fail by sidesway of ground-floor columns, a failure in local shear from the aspect of the framework as a whole. Hinged frameworks with clamped and lower beams, loaded by vertical forces on the top, generally undergo flexural deformation combined with shear deformation affecting all the framework. The effect of shear deformation increases with the beam stiffness. For frameworks loaded by storey-wise uniformly distributed vertical loads, deformation in shear is determinant.

The effect of disproportional loading cannot be reckoned with by the continuum method, and the critical load is obtained by approximation, to the detriment of safety. The resulting error is generally low; in the examined cases, it did not exceed 10% even for frameworks with extremely overloaded columns.

Classic summation theorems of the theory of stability may involve significant approximations both to the detriment, and on the side, of safety, by as much as -50%, and +50%, respectively.

Zsolt Gyuris—Peter W. Kollár:

VERDREHUNGSSTEIFIGKEIT VON BALKENVERSTEIFTER AUFZUGSCHÄCHTER

(Ungarischen Text s. S. 151—164)

Die Verdrehungssteifigkeit von Aufzugschächter wurde durch die Lösung gehemmter verdrehung von an einer Ende geklemmten einseitig regelmässig geschwächten Stäben untersucht.

Zuerst wird das allgemeine Verfahren aufgrund ausländischer Fachliteratur beschrieben, danach wird es für den praktischen Fall angewendet, und die zur Berechnung erforderlichen Zusammenhänge angegeben. Auch Möglichkeiten der Lösung mehr verwickelten Fälle sind vorgeführt.

Die praktische Bedeutung des Problems wird durch Zahlenbeispiele unterstützt, und die Veränderung der Verdrehungssteifigkeit von Aufzugschächtern an einfachen Diagrammen aufgrund eines rechnerischen Modells dargestellt.

Zsolt Gyuris—Peter W. Kollár:

TORSION STIFFNESS OF ELEVATOR SHAFTS BY BEAMS

(Hungarian text see p. 151—164)

Analysis of the torsion stiffness of elevator shafts relies on solving the hampered torsion of bars one end clamped, one side regularly weakened.

First, this general procedure has been described on the basis of special literature abroad, then applied for the practical case, indicating relevant relationships. Also possibilities for solving more complex cases are outlined.

The practical significance of the problem appears from numerical examples; variation of the torsion stiffness of elevator shafts in practical cases is illustrated on simple diagrams relying on a computer-generated model.

Dr. Dénes Komárik:

HAUPTTENDENZEN DES HISTORISMUS IM SPIEGEL DER ÖFFENTLICHE BAUTEN VON BUDAPEST

(Ungarischen Text s. S. 165—180)

Die, von den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts an, auch in Ungarn sich entfaltende Richtung des Historismus an den öffentlichen Bauten von Budapest wurde in einem grosszügigen Übersicht behandelt. Es wurde weniger eine kategorienweise Vorführung der öffentlichen Bauten von Budapest — sowieso unmöglich in diesen engen Rahmen — als die Vorführung der Merkmäle auf diesem repräsentativen Architekturbestand angestrebt.

Zuerst wird die vorhergehende romantische Baukunst, sowie die Verflechtung von Romantik und Historismus — irgendwie kennzeichnend für das ganze XIX. Jh. — behandelt. Nach Beispiele und Arten des frühen Vorkommen des Historismus, behandelt eine längere Analyse den Wendepunkt — den Sitz der Ungarischen Akademie der Wissenschaften (Stüler, 1862—1865). Damals trat der Anstoss zwischen Nationalbaustil und funktionsmässiger Stil in Schein, beide gehörten — irgendwie — zu den zentralen Fragen des Historismus, so in Ungarn als (anders) auch im Ausland. Danach werden die Bestrebungen der Zeit angeführt: Gewicht an der Konstruktivität, dabei auch ihre Verhüllung, Verkleidung, Bestrebung nach Stofflichkeit, und Beliebtheit des Monumentalstils. Nach einer nuancierten Vorführung deren Beispiele folgt eine vereinzelte Übersicht der Art der Befriedigung der Vielzahl neuer Funktionen.

Dr. Dénes Komárik:

MAIN TRENDS OF HISTORICISM APPARENT ON PUBLIC BUILDINGS OF BUDAPEST

(Hungarian text see p. 165—180)

An overall survey is given of the trend of Historicism in this country, beginning with the '60s of the past century, in particular, that manifest in public buildings of Budapest. Rather than to itemize the capital's public buildings — impossible within a paper — pecularities of the new trend on representative architectural works will be pointed out.

This period had been preceded by Romanticism, namely, throughout the 19th-century architecture, Romanticism and Historicism were somehow entangled. — After examples of an early Historicism and its modalities, a deepgoing analysis has been spent on the innovative building of the seat of the Hungarian Academy of Sciences (Stüler, 1862 to 1865). It highlighted the controversy between the national building style and the functional style, both having been somehow central problems of Historicism both in this country, and (from a different aspect) abroad. Endeavours of the period included, in turn, emphasis on constructivity, at the same time, its concealment, formal disguise, strive to materialness, and preference to the monumental style. These trends are presented on examples, and a survey is given of how the multitude of new functions were met.

ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXII. KÖTET
1–2. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1991

TARTALOM

Dr. Kaliszky Sándor: Tartószerkezetek optimális tervezése 3

Dr. Jankó László: Rugalmasan ágyazott rudak kihajlása 33

Dr. Domokos Gábor: Rugalmas vonalkontinuumok nagy elmozdulásai 57

Dr. Domokos Gábor: Ciklikusan szimmetrikus szerkezetek nemlineáris számítása 95

Zalka Károly: Keretszerkezetek kontinuum módszerének pontosságáról ... 119

Gyuris Zsolt—Kollár Péter W.: Gerendákkal merevített liftaknák csavarási merevsége 151

Dr. Komárik Dénes: A historizáló építészet fő tendenciái Budapest középítkezéseinek tükrében 165

Kaliszky Sándor, az MTA levelező tagja

TARTÓSZERKEZETEK OPTIMÁLIS TERVEZÉSE*

1. BEVEZETÉS

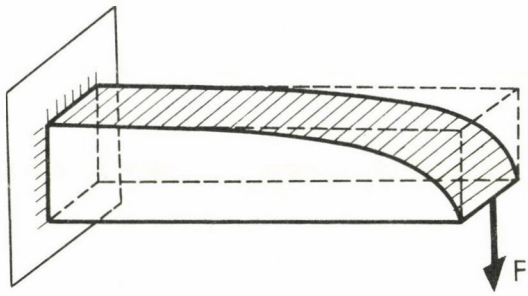
A racionálisan gondolkodó embert az jellemzi, hogy feladatait a kitűzött célnak megfelelően, de ugyanakkor minél kevesebb munka, anyag és költség felhasználásával, azaz optimálisan igyekszik megoldani. Különösen jellemző ez a törekvés az ember műszaki tevékenységére és így az építés terén kifejtett munkájára is. Már az ókorban és a középkorban sok olyan nagyszerű építészeti alkotás született, amelyek a funkcionális és esztétikai követelmények kielégítésén túlmenően anyagfelhasználás szempontjából is igen kedvezőek. Egy nagyszerű példája ennek a XV. században Cambridge-ben épült **King's Chapel** tetőszerkezete, melyről az 1960-as években végzett vizsgálatai alapján **J. Heyman** kimutatta, hogy bordáinak sugár- és gyűrűirányú elrendezése és méretei tökéletesen megfelelnek az optimális tervezés modern kritériumainak.

A tartószerkezetek optimális tervezésére vonatkozó gondolatok és számítások első nyomait **G. Galilei** 1638-ban megjelent munkájában találhatjuk meg /1/. Galilei megállapította, hogy a tartók súlyának a teherbírás károsítása nélkül való csökkentése igen hasznos lehet. Egyszerű statikai és geometriai megfontolásokból kiindulva olyan gerenda tervezését ismertette, amelynél adott terhelés esetén valamennyi keresztmetszet teherbírása ki van használva és ezáltal 33% anyag takarítható meg (1. ábra). Ezzel megalkotta az egyenszilárdságú tartók fogalmát, amely bizonyos feltételek teljesülése esetén a minimális térfogatú tartóval azonos.

1866-ban **K. Culmann** minimális súlyú rácsos tartók vizsgálatával foglalkozott és néhány egyszerűbb feladat esetében meghatározta a korrekt optimális megoldást /2/.

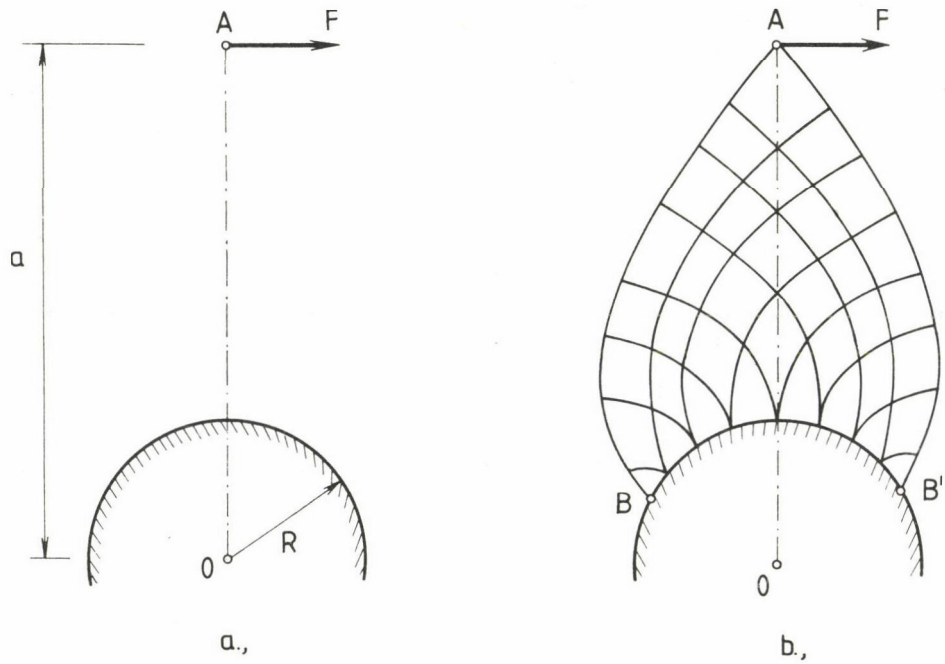
Az optimális tervezés feladatának egzakt formában való megfogalmazását és egy feladatra való alkalmazását első ízben 1872-ben **J. C. Maxwell** /3/,

*A szerző 1991. április 15-én elhangzott akadémiai székfoglaló előadása.



1. ábra

majd 1904-ben **A. G. Michell** /4/ ismertette. A feladat az volt, hogy egy adott pontban működő erőt ismeretlen hálózatú rácsos tartó segítségével olyan módon kell átadni egy merev aljzatra, hogy a rugalmas anyagú rudakban a feszültségek a megengedett feszültséget ne lépjék túl és a rácsos tartó súlya a lehető legkisebb legyen (2. ábra). Az optimális megoldás egy olyan rácsostartószerű kontinuum (ún. Michell-kontinuum), amely ortogonális elrendezésű, végtelen sok, infinitezimális hosszúságú rúdból van felépítve. A kutatókat a Michell-kontinuum tulajdonságainak vizsgálata azóta is foglal-



2. ábra

koztatja. Elméletét általánosították, bonyolultabb feladatokra és képlékeny anyagú szerkezetekre is alkalmazták /23, 28/.

Az 1950-es és 1960-as években a repülőgép- és rakétaipar, valamint az űrhajózás rohamos fejlődésnek indult és ennek során fontos követelményként jelentkezett a szerkezetek súlyának csökkentése. Ez érthető, ha figyelembe vesszük, hogy a repülőgépek és a járművek súlyának csökkentése nemcsak a megépítéshez szükséges anyag mennyiségét, de az üzemeltetési költséget is csökkenti; űrhajók, mesterséges bolygók és rakéták esetében pedig az üzemanyag-megtakarításon túl sok esetben a sikeres üzembe helyezés (fellövés) feltétele az, hogy a szerkezet ne legyen túlságosan súlyos.

Az építőiparban a tartószerkezetek súlyának csökkentése elsősorban a nagy mennyiségben előforduló (rendszerint előregyártott) szerkezetek esetében vezethet jelentősebb megtakarításra, de gazdasági jelentősége nagyobb méretű egyedi szerkezeteknél sem elhanyagolható. Hasonló megállapítások tehetők a gépiparban előforduló szerkezetekre vonatkozóan is.

Az iparban jelentkező igények ösztönzésére az 1950-es években az optimális tervezés elmélete terén gyors fejlődés indult el. Kiemelkedő szerepe volt ebben **W. Prager**nek és a mellette kialakult tudományos iskolának. **Prager** és munkatársai alapvető tételeket és számítási módszereket dolgoztak ki, és ezzel létrehozták a tartószerkezetek optimális tervezésének elméleti alapjait (lásd pl. /5--10/). Ezt követően egyre többen foglalkoztak az optimális tervezés feladataival, és ma már ez a témakör a műszaki mechanika egyik legtermékenyebb területe. Az elmúlt négy évtizedben az optimális tervezés témakörében több tucat monográfiát és több ezer dolgozatot publikáltak (lásd pl. /11—32/), több nemzetközi folyóiratot indítottak és sok tudományos rendezvényt szerveztek (lásd pl. /15, 16, 17, 33, 34/).

Az alábbiakban először egészen röviden a tartószerkezetek optimális tervezésének általános feladatát, matematikai alapjait és megoldási módszereit foglaljuk össze, majd — a teljesség igénye nélkül — a tanszékünkön kidolgozott számítási módszerekről és eredményekről, valamint az optimális tervezés néhány más alkalmazásáról nyújtunk áttekintést.

2. AZ OPTIMÁLIS TERVEZÉS ÁLTALÁNOS FELADATA

2.1. Alapfogalmak

Egy tartószerkezet geometriáját és szilárdsági tulajdonságait a geometriai és az anyagváltozók vagy egy szóval a tervezési változók (paraméterek) szabják meg, mechanikai állapota pedig az állapotváltozókkal jellemezhető.

Ezen változók között a mechanika törvényeire alapuló állapotegyenletek állítanak fel kapcsolatokat, nagyságukat pedig bizonyos kényszerek (mellékfeltételek) korlátozzák.

Egy tartó tervezésekor a szabad tervezési változókat úgy kell megválasztani, hogy az állapotegyenletek és a kényszerek által megadott feltételek kielégüljenek. Mivel ez a feladat általában határozatlan, ezért még olyan további követelmény matematikai úton való kielégítésére is lehetőség nyílik, ami azt írja elő, hogy a tartó gazdaságosságára vagy viselkedésére jellemző valamilyen mennyiség a lehető legkedvezőbb (minimális vagy maximális) értékű legyen. A tervezés ilyen módon való elvégzését optimális tervezésnek nevezzük. Az optimumkeresés tárgyát a $\mathbf{z}(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ szabad tervezési változók függvényében egy függvény írja le. Ezt a függvényt célfüggvénynek nevezzük:

$$C(z_1, z_2, \ldots, z_n). \tag{1}$$

2.2. Tervezési változók

Matematikai szempontból a szabad tervezési változók lehetnek diszkrét mennyiségek vagy a helykoordináták függvényei, geometriai és fizikai szempontból pedig a tartó alábbi adatait fejezhetik ki:

a) a tartó keresztmetszeti méreteit;

b) a tartó tengelyének, ill. határvonalának alakját;

c) a tartó topológiáját, azaz a tartó típusát, a rudak, a csomópontok, a kapcsolatok és a támaszok elrendezését;

d) az alkalmazott anyagok fajtáit, mechanikai tulajdonságait és eloszlását.

Aszerint, hogy a célfüggvényben milyen típusú tervezési változók szerepelnek, keresztmetszet-, alak-, topológiai és anyagoptimalizálásról beszélünk.

2.3. Kényszerek

A kényszereket két csoportba sorolhatjuk.

a) Kivitelezési, technológiai és esztétikai szempontok a tartó keresztmetszeti méreteire, alakjára, elrendezésére és anyagának szilárdsági tulajdonságaira bizonyos korlátokat szabhatnak meg. Ezeket a korlátokat a tervezési változók függvényében a tervezési kényszerek fejezik ki.

b) A tartók tervezésekor a szabályzatok által részletezett alábbi általános követelményeket kell kielégíteni:

– kellő szilárdság, amely biztosítja, hogy az üzemi terhek működésekor az igénybevételek, ill. feszültségek a megengedett értéket nem lépik túl, túlterhelés esetében pedig a szerkezet nem omlik össze;

– megfelelő merevség, amely biztosítja, hogy az elmozdulások és alakváltozások a megengedett értéket nem lépik túl, valamint a tartó nem veszti el stabilitását és nem végez káros mértékű rezgéseket.

Ezeket a követelményeket a tervezési változók függvényében az állapotkényszerek fejezik ki.

A továbbiakban a tervezési és állapotkényszereket közösen

$$G_j(\mathbf{z}) \leq 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p$$

általános alakban fogjuk megadni.

2.4. Célfüggvény

A $C(\mathbf{z})$ célfüggvény legtöbb esetben a tartó térfogatát, súlyát vagy építési költségét fejezi ki és ennek minimuma szabja meg az optimális megoldást. Ritkábban az is előfordul, hogy például a tartó teherbírását, kritikus terhét vagy energiafelvevő képességét tekintjük az optimum-keresés tárgyának. Ilyenkor az optimális megoldást a célfüggvény maximuma szabja meg. Ha a tervezés során több jellemző mennyiség egyidejű optimalizálását tűzzük ki célul, akkor többcélfüggvényes optimális tervezésről beszélünk.

2.5. Állapotegyenletek

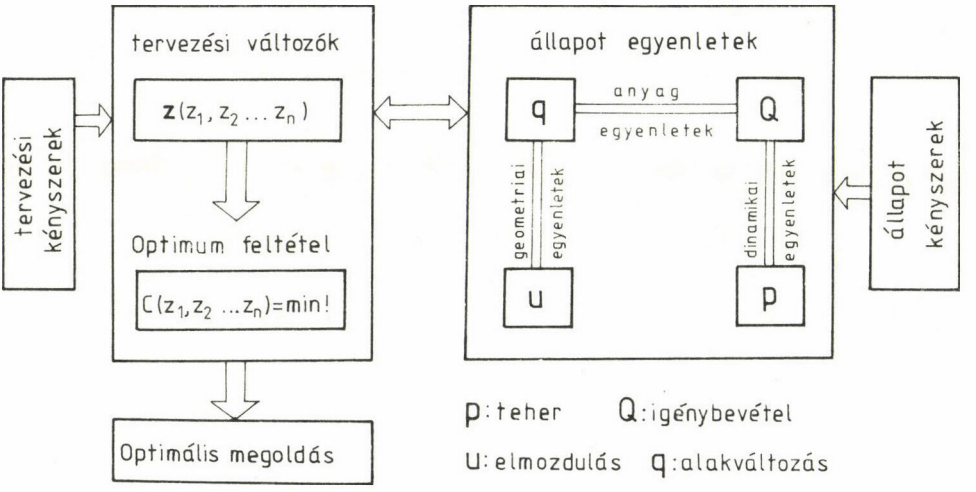
A tartó mechanikai viselkedését leíró dinamikai, geometriai és anyagegyenleteket állapotegyenleteknek nevezzük. Ezeket a tervezési változók függvényében az alábbi egyenletek fejezik ki:

$$H_k(\mathbf{z}) = 0; \quad k = 1, 2, \ldots, m.$$

Aszerint, hogy az anyag tulajdonságait, a terheket vagy a tervezési változókat determinisztikus vagy stochasztikus mennyiségeknek tekintjük-e, determinisztikus, ill. stochasztikus optimális tervezésről beszélünk.

Az optimális tervezés feladatát sematikus formában a 3. ábra szemlélteti.

A fentiekből látható, hogy optimális tervezésnél a tervezési változók, a kényszerek, a célfüggvények és az állapotegyenletek igen sokféle típusa vehető számításba, ami rendkívül sokfajta tartószerkezeti feladat megfogalma-



3. ábra

zását és megoldását teszi lehetővé. Ez a magyarázata annak, hogy az optimális tervezés a műszaki mechanika egyik legtermékenyebb területe.

3. AZ OPTIMÁLIS TERVEZÉS MATEMATIKAI ALAPJAI ÉS NÉHÁNY MEGOLDÁSI MÓDSZERE

3.1. Matematikai alapok

a) Egy tartó optimális tervezésekor az a feladat, hogy meg kell határozni a $\mathbf{z}(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ szabad tervezési változók azon $\overline{\mathbf{z}}(\overline{z}_1, \overline{z}_2, \ldots, \overline{z}_n)$ értékeit, amelyek a

$$C(\overline{\mathbf{z}}) \tag{1}$$

célfüggvényt minimalizálják* és kielégítik a

$$H_k(\overline{\mathbf{z}}) = 0; \quad k = 1, 2, \ldots, m \tag{2}$$

$$G_j(\overline{\mathbf{z}}) \leq 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p \tag{3}$$

mellékfeltételeket. Ez egy matematikai programozási feladat, amelyben a (2) és (3) egyenletek, ill. egyenlőtlenségek a tervezési változók függvényében kifejezett állapotegyenleteket, ill. a kényszereket fejezik ki.

*A továbbiakban elegendő csak azzal a feladattal foglalkoznunk, amikor a célfüggvény minimumát keressük, mivel a C(z) célfüggvény maximumát a -C(z) függvény minimuma adja meg.

b) Az s_j "laza" változók bevezetésével a (3) egyenlőtlenségek egyenlőségekké alakíthatók át

$$G_j(\mathbf{z}) + s_j^2 = 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p \tag{4}$$

és ez lehetővé teszi az optimális tervezés feladatának variációs formában való megfogalmazását. Eszerint a minimum szükséges feltételét az

$$L(\mathbf{z}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\lambda}) = C(\mathbf{z}) + \sum_k \mu_k H_k(\mathbf{z}) + \sum_j \lambda_j G_j(\mathbf{z}) + s_j^2 \tag{5}$$

Lagrange-függvény minimuma határozza meg. Ebből az alábbi egyenletek következnek:

$$\nabla_z L = \frac{\partial L}{\partial z_i} = \nabla_z C(\mathbf{z}) + \sum_k \mu_k \nabla_z H_k(\mathbf{z}) + \sum_j \lambda_j \nabla_z G_j(\mathbf{z}) = 0, \tag{6}$$

$$\nabla_\mu L = \frac{\partial L}{\partial \mu_i} = H_k(\mathbf{z}) = 0; \qquad k = 1, 2, \ldots, m, \tag{7}$$

$$\nabla_\lambda L = \frac{\partial L}{\partial \lambda_j} = G_j(\mathbf{z}) + s_j^2 = 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p, \tag{8}$$

$$\nabla_s L = \frac{\partial L}{\partial s_j} = \lambda_j s_j = 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p, \tag{9}$$

A fenti egyenletekben $\boldsymbol{\mu}(\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_m)$ és $\boldsymbol{\lambda}(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p)$ a Lagrange-szorzókat, és például ∇_z a

$$\nabla_z = \left(\frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \ldots, \frac{\partial}{\partial z_n} \right)$$

differenciáloperátort jelöli.

c) Ha a j-edik kényszer inaktív, azaz $G_j(\mathbf{z}) < 0$, akkor $s_j^2 \neq 0$, és ezért (9) szerint $\lambda_j = 0$. Ha viszont a j-edik kényszer aktív, azaz $G_j(\mathbf{z}) = 0$, akkor $s_j^2 = 0$ és így (9) szerint $\lambda_j \neq 0$. Vagyis minden esetben $G_j(\mathbf{z})\lambda_j = 0$. Igazolható továbbá /35/, hogy λ_j negatív értéket nem vehet fel, ezért a fentieket figyelembe véve az optimális tervezés feladata az alábbi formában is megfogalmazható:

$$\nabla_k C(z) + \sum_k \mu_k \nabla_z H_k(z) + \sum_j \lambda_j \nabla_z G_j(z) = 0, \tag{10}$$

$$H_k(z) = 0; \qquad k = 1, 2, \ldots, m, \tag{11}$$

$$G_j(z) \leq 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p, \tag{12}$$

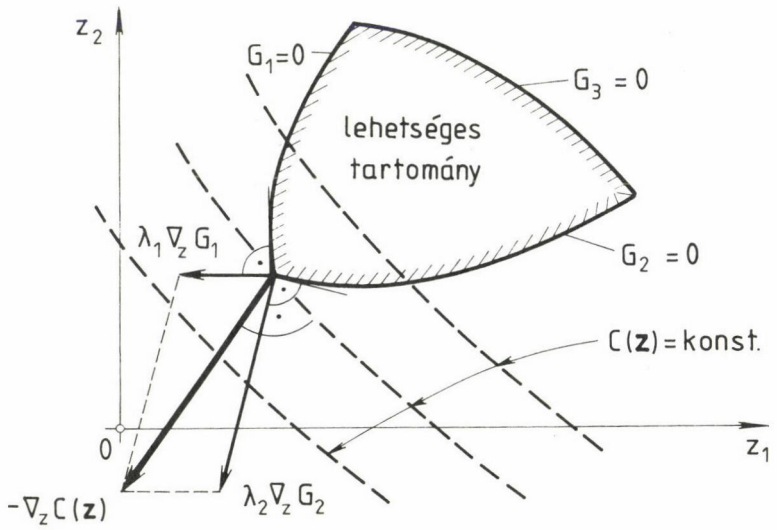
$$G_j(z)\,\lambda_j = 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p, \tag{13}$$

$$\lambda_j \geq 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p. \tag{14}$$

Ezek az ún. Kuhn--Tucker-féle feltételek, amelyek a lokális minimum szükséges feltételét fejezik ki. A lokális minimum elégséges feltétele a második parciális deriváltakra vonatkozó összefüggésekkel fejezhető ki, a globális minimum pedig csak az összes lokális minimum összehasonlítása révén határozható meg.

Ha a (11) alatti egyenlőségi feltételeket kiküszöböljük, ill. ilyenek nincsenek előírva, akkor a (10) egyenlet az alábbi alakot ölti:

$$-\nabla_z C(z) = \sum_j \lambda_j \nabla_z G_j(z) \tag{15}$$



4. ábra

Eszerint a Kuhn—Tucker-féle feltételnek az a geometriai jelentése, hogy a $C(\mathbf{z})$ célfüggvénynek a $\mathbf{z}$ lokális minimum ponthoz tartozó negatív gradiens vektora az aktív kényszerek $\mathbf{z}$ ponthoz tartozó gradiens vektorai által meghatározott kúpon belül vagy annak felületén helyezkedik el (4. ábra). Ebből következik, hogy abban a speciális esetben, ha a $C(\mathbf{z})$ célfüggvény konvex és a $G_j(\mathbf{z}) = 0$ egyenletek által megszabott lehetséges tartomány ugyancsak konvex, akkor a Kuhn—Tucker-féle (10)—(14) összefüggések a minimum szükséges és elégséges feltételét fejezik ki és a globális minimumot határozzák meg.

3.2. Néhány megoldási módszer

3.2.1. Lineáris programozás

Vannak egyszerűbb feladatok, amelyeknél a célfüggvény, az állapotegyenletek és a kényszerek egyaránt lineárisak, és így az optimális tervezés

$$C(\mathbf{z}) = \sum_i c_i z_i = \min! \tag{16}$$

$$H_k(\mathbf{z}) = \sum_i h_{ki} z_i + a_{ki} = 0, \qquad k = 1, 2, \ldots, m, \tag{17}$$

$$G_j(\mathbf{z}) = \sum_i g_{ji} z_i + b_{ji} \leq 0, \qquad j = 1, 2, \ldots, p \tag{18}$$

formában fogalmazható meg. Ennek a lineáris programozási feladatnak a megoldására számos eljárás és számítógépes program áll rendelkezésre.

Általános esetben az optimális tervezés feladatát leíró egyenletek, ill. egyenlőtlenségek részben vagy teljes egészében nem lineárisak. Ilyenkor a feladat csak közelítően oldható meg. A számos lehetséges eljárás közül az alábbiakban röviden néhányat ismertetünk.

3.2.2. A nemlineáris programozási feladat linearizálása

Az eredeti

$$\left.\begin{aligned} &C(\mathbf{z}) = \min! \\ &G_j(\mathbf{z}) \leq 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, p \end{aligned}\right\} \tag{19}$$

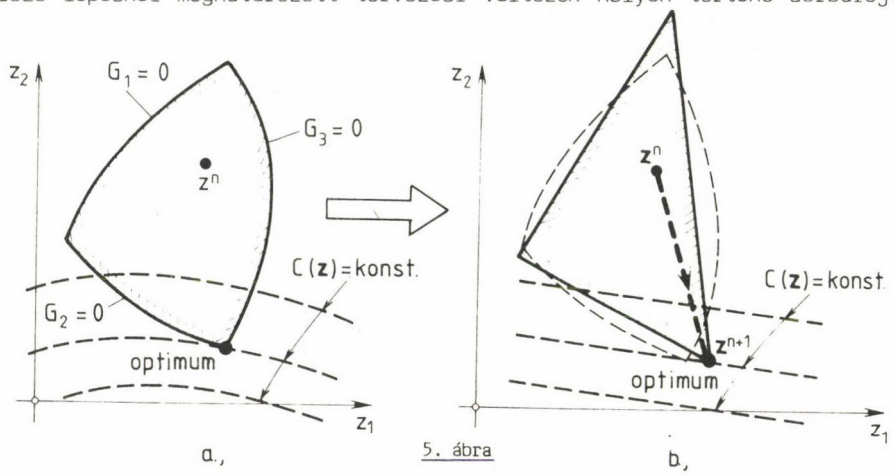
nem lineáris feladat megoldását vissza lehet vezetni lineáris programozási feladatok sorozatos megoldására. Az eljárásnak az az alapgondolata, hogy a $C(\mathbf{z})$ és $G_j(\mathbf{z})$ nem lineáris függvényeket a tervezési változók egy $\mathbf{z}^n$ közelítő értékénél Taylor-sorba fejtjük, és a

$$\left.\begin{aligned} C(z) &\approx C(z^n) + \nabla C(z^n)\,[z - z^n] \\ G_j(z) &\approx G_j(z^n) + \nabla G_j(z^n)\,[z - z^n] \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

lineáris függvényekkel közelítjük. Ezzel a

$$\left.\begin{aligned} C(z^n) + \nabla C(z^n)\,[z - z^n] &= \min! \\ G_j(z^n) + \nabla G_j(z^n)\,[z - z^n] &\leq 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

lineáris programozási feladathoz jutunk, amelynek megoldása az eredeti nem lineáris feladat egy közelítő megoldásának tekinthető. Ha a fenti lépést az előző lépésnél meghatározott tervezési változók helyén történő sorbafejtés



5. ábra

alapján sorozatosan megismételjük, akkor a közelítés pontossága a szükséges mértékig fokozható. A közelítő eljárás alapelvét az 5. ábra szemlélteti.

3.2.3. Büntetőfüggvények alkalmazása

A **Courant** által javasolt büntetőfüggvények bevezetésével a kötött szélsőérték-feladatok megoldása szabad szélsőérték-feladatok ismételt megoldására vezethető vissza.

a) Belső büntetőfüggvény alkalmazása esetén a

$$\left.\begin{aligned} C(z) &= \min! \\ G_j(z) &\leq 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p \end{aligned}\right\} \qquad (22)$$

optimumfeladat megoldása a

$$w(\mathbf{z},r_k) = C(\mathbf{z}) - r_k \sum_{j=1}^{p} \frac{1}{G_j(\mathbf{z})} \tag{23}$$

függvény minimumának ismételt meghatározása révén közelíthető meg. Az eljárás akkor konvergál, ha a számítás kiindulásaként szolgáló $\mathbf{z}^*$ pont a lehetséges tartományon belül helyezkedik el, azaz kielégíti a $G_j(\mathbf{z}^*) \leq 0$; $j = 1, 2, \ldots, p$ feltételt és a $k = 1, 2, \ldots, s$ iterációs lépések során $r_k \rightarrow 0$.

b) Külső büntetőfüggvény alkalmazása esetén a

$$\bar{w}(\mathbf{z},\bar{r}_k) = C(\mathbf{z}) - \bar{r}_k \sum_{j=1}^{p} G_j(\mathbf{z}) \tag{24}$$

függvény minimumának ismételt meghatározása adja meg a megoldást. Ebben az esetben az eljárás akkor konvergál, ha a számítás kiindulásaként szolgáló $\mathbf{z}^*$ pont a lehetséges tartományon kívül helyezkedik el, azaz kielégíti a $G_j(\mathbf{z}^*) > 0$; $j = 1, 2, \ldots, p$ feltételt és a $k = 1, 2, \ldots, s$ iterációs lépések során $\bar{r}_k \rightarrow \infty$.

3.2.4. A lehetséges irányok módszere

Ez olyan iterációs eljárás, amelynél a tervezési változó $G_j(\mathbf{z}^n) \leq 0$, $j = 1, 2, \ldots, p$ feltételt kielégítő $\mathbf{z}^n$ közelítő értékének ismeretében az optimumot jobban megközelítő $\mathbf{z}^{n+1}$ értéket a

$$\mathbf{z}^{n+1} = \mathbf{z}^n + \alpha^n \mathbf{d}^n \tag{25}$$

összefüggésből határozzuk meg. Ebben $\mathbf{d}^n$ egy irányvektort, $\alpha^n > 0$ pedig egy skalár paramétert jelöl.

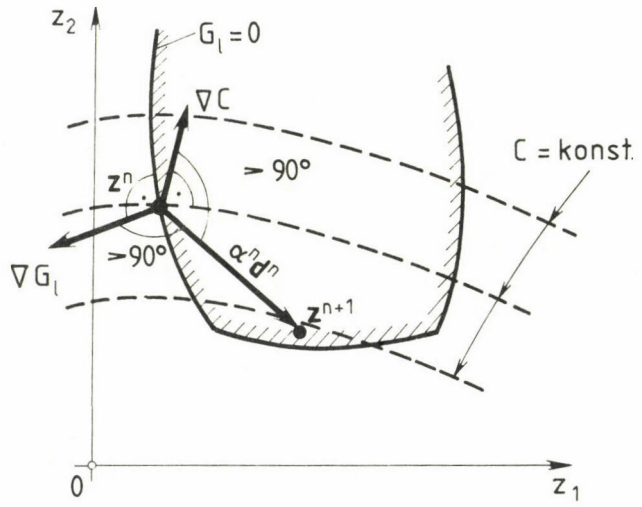
A (25) alatti iterációs lépés akkor lehetséges, ha kielégül a

$$G_j(\mathbf{z}^n + \alpha^n \mathbf{d}^n) \leq 0, \quad j = 1, 2, \ldots, p \tag{26}$$

feltétel.

a) Ha $\mathbf{z}^n$ értékeinél például az ℓ-edik kényszer aktív, azaz $G_\ell(\mathbf{z}^n) = 0$, a (26) feltétel akkor teljesül, ha a $\mathbf{d}^n$ irányvektor a lehetséges tartomány belseje felé mutat, azaz ha

$$\nabla G_1(\mathbf{z}^n)\, \mathbf{d}^n < 0 \tag{27}$$

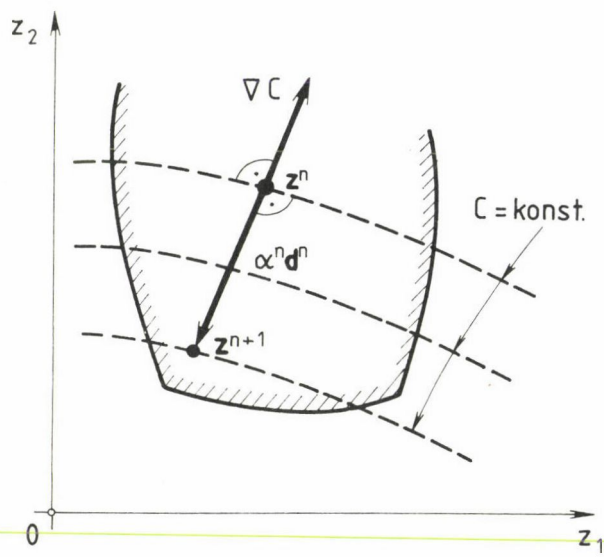


6. ábra

és α^n nagyságát a (26) feltételnek megfelelően vesszük fel (6. ábra). Ugyanakkor az iterációs lépés akkor hasznos, ha a célfüggvény értékét csökkenti, vagyis ha

$$\nabla C(z^n)\ d^n < 0. \tag{28}$$

b) Abban az esetben, ha z^n értékénél egyetlen kényszer sem aktív, azaz $G_j(z^n) < 0$; $j = 1, 2, \ldots, p$, akkor az irányvektort a célfüggvény leggyorsabb csökkenésének irányával egybeesően a



7. ábra

$$\mathbf{d}^n = -\nabla C(\mathbf{z}^n) \tag{29}$$

képletből célszerű meghatározni, α^n nagyságát pedig most is a (26) képlet korlátozza (7. ábra).

A fenti összefüggések és kellő számú iterációs lépés alkalmazása esetén egy feladat optimális megoldása tetszőleges pontossággal meghatározható.

3.2.5. Az optimumfeltételre alapuló módszerek

Az optimumfeltételre alapuló módszerek a 3.1. fejezetben már ismertetett,

$$\nabla_z C(\mathbf{z}) + \sum_j \lambda_j \nabla_z G_j(\mathbf{z}) = 0 \tag{30}$$

$$G_j(\mathbf{z}) = G^*(\mathbf{z}) - G_{jo} \leq 0 \tag{31}$$

$$G_j(\mathbf{z})\,\lambda_j = 0, \quad \lambda_j > 0$$

alakban megfogalmazott feladatok iterációs úton történő megoldására alkalmasak. Az alábbiakban csak azoknak a speciális, de a gyakorlatban sokszor előforduló feladatoknak a megoldására alkalmas módszert ismertetjük, amelyeknél a célfüggvény és a kényszerek

$$C(\mathbf{z}) = \sum_{i=1}^{n} c_i(z_i) \tag{32}$$

$$G_j(\mathbf{z}) = G_j^*(\mathbf{z}) - G_{jo} = \sum_{i=1}^{n} g_{ji}(z_i) - G_{jo} \leq 0; \quad j = 1, 2, \ldots, p \tag{33}$$

alakban vannak megadva. Ekkor a (30) alatti optimumfeltételből a tervezési változók

$$z_i = F_i(\lambda_j); \quad i = 1, 2, \ldots, n \tag{34}$$

alakban kifejezhetők és megfelelő átalakítások után a célfüggvény

$$C(\mathbf{z}) = G_1^*\lambda_1 + G_2^*\lambda_2 + \ldots G_j^*\lambda_j + \ldots G_p^*\lambda_p \tag{35}$$

formában írható fel.

Az iteráció abból áll, hogy biztosítva a (34) alatti optimumfeltételt, a λ_j szorzók nagyságát oly módon változtatjuk, hogy fokozatosan a (31) alat-

ti kényszerek is kielégüljenek. Az iteráció legeredményesebb elvégzéséhez a (35) összefüggés nyújt segítséget.

Ha az iteráció során azt találjuk, hogy például a j-edik kényszer nincs kihasználva, azaz $G_j^* < G_{jo}$, akkor a (35) célfüggvény értéke a legeredményesebben úgy csökkenthető, ha a j-edik tagját, azaz λ_j-t csökkentjük. A $G_j^* > G_{jo}$ esetben viszont a j-edik tag, azaz λ_j növelése segíti elő a legeredményesebben a konvergenciát. Ezt figyelembe véve a λ_j paraméterek ismételt meghatározására az alábbi összefüggések javasolhatók /36/:

$$\lambda_j^{n+1} = \left[\lambda_j \left(\frac{G_j^*}{G_{jo}} \right)^q \right]^n , \tag{36}$$

$$\lambda^{n+1} = \left\{ \lambda_j \left[1 + q \, (G_j^* - G_{jo}) \right] \right\}^n \tag{37}$$

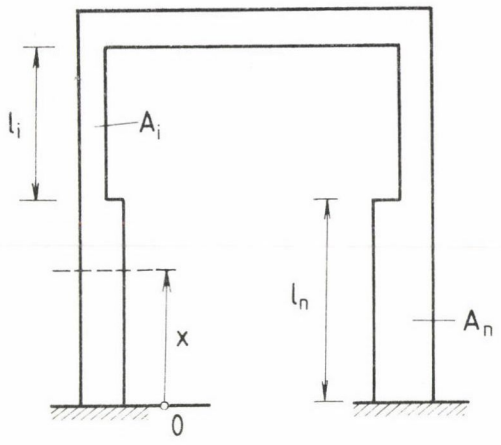
Ezekben q a konvergenciát szabályozó, alkalmasan megválasztott paramétert jelöl. Ezek után az iteráció a (31), (34) és a (36) vagy (37) képletek ismételt alkalmazása alapján végezhető el, és nagyszámú ismeretlen esetén is igen gyorsan konvergál.

4. RUGALMAS-KÉPLÉKENY RÚDSZERKEZETEK OPTIMÁLIS TERVEZÉSE

4.1. Általános összefüggések

Az alábbiakban példaként a rugalmas-képlékeny anyagú rúdszerkezetek optimális tervezésének azt a feadatát ismertetjük, amikor a szerkezetre három különböző fajta teher működik és az elmozdulásokra vannak korlátok előírva. A terjedelem korlátozása érdekében csak az alapvető összefüggéseket mutatjuk be, és a megoldás lehetőségeit sem tárgyaljuk. Ezek az irodalomban megtalálhatók /37--44/.

A továbbiakban feltételezzük, hogy a rúdszerkezet (keretszerkezet, rácsos tartó) alakja és hálózata meg van adva, és i = 1, 2, ..., n prizmatikus rúdból áll. Ezek ℓ_i hossza ugyancsak adott, A_i keresztmetszeti területe azonban ismeretlen (8. ábra). Ezek a tervezési változók, amelyekről feltételezzük, hogy a keresztmetszetek S_i (hajlítási, ill. húzási) merevségével, valamint R_i^e rugalmas és R_i^p képlékeny (nyomatéki, ill. húzási) teherbírásával az alábbi összefüggésben állnak:



8. ábra

$$\left.\begin{aligned} S_i &= \phi\, E\, A_i^{\alpha}, \\ R_i^{\Theta} &= \psi\, \sigma_y\, A_i^{\beta}, \\ R_i^{p} &= \varrho\, \sigma_y\, A_i^{\gamma}. \end{aligned}\right\} \qquad (38)$$

Ebben ϕ, ψ, ϱ, α, β és γ alkalmasan megválasztott állandókat jelölnek, E, ill. σ_y pedig az anyag rugalmassági modulusa, ill. folyási határa.

A szerkezetre három, egymástól független teher működik.

a) $F_o(x)$ adott elrendezésű és intenzitású egyparaméteres, statikus teher;

b) $F_1(x)$, $F_2(x)$, ..., $F_p(x)$ egymástól független erőcsoportból álló többparaméteres teher;

c) $F^d(x,t)$ nagy intenzitású, lökésszerű, dinamikus teher, amely az alábbiak szerint definiálható:

$$\begin{aligned} F^d(x,t) &= p(t)\, F_o^d(x), \\ p(t) &= p_o, \qquad \text{ha } 0 \le t \le t_o, \\ p(t) &= 0, \qquad \text{ha } t > t_o. \end{aligned} \qquad (39)$$

A képletekben x a rudak tengelye mentén mért koordinátát, t pedig az időt jelöli.

A feladat abból áll, hogy úgy kell meghatározni az A_i tervezési változókat, hogy a tartó

$$C(A_i) = \sum_{i=1}^{n} \ell_i A_i \tag{40}$$

térfogata minimális legyen és kielégüljenek az alábbi feltételek.

a) Az $F_o(x)$ teher működésekor a tartó csak rugalmas alakváltozást végezzen és $j = 1, 2, \ldots, m$ pontjaiban a w_j^Θ eltolódások ne lépjék túl a w_{jo}^Θ megengedett értékeket, azaz

$$Q_i^\Theta \leq R_i^\Theta; \quad i = 1, 2, \ldots, n, \tag{41}$$

$$w_j^\Theta \leq w_{jo}^\Theta; \quad j = 1, 2, \ldots, m. \tag{42}$$

Itt Q_i^Θ az $F_o(x)$ teher hatására az i-edik rúdban ébredő belső erőt jelöli.

A (38) összefüggés felhasználásával a (41) egyenlőtlegség

$$A_i \geq A_{jo}^\Theta; \quad i = 1, 2, \ldots, n \tag{43}$$

alakban is felírható, ahol

$$A_{io}^\Theta = \left(\frac{Q_i^\Theta}{\psi \sigma_y} \right)^{1/\beta}. \tag{44}$$

b) Az $F_1(x), F_2(x), \ldots, F_p(x)$ többparaméteres teher működésekor létrejövő képlékeny alakváltozások ne halmozódjanak korlátlanul, azaz bekövetkezzék a tartó beállása.

c) Az $F^d(x,t)$ dinamikus teher működésekor a tartó $j = 1, 2, \ldots, m$ pontjaiban a képlékeny alakváltozások hatására létrejövő w_j^p eltolódások ne lépjék túl a w_{jo}^p megengedett értékeket, azaz

$$w_j^p \leq w_{jo}^p; \quad j = 1, 2, \ldots, m. \tag{45}$$

d) Végül a rudak keresztmetszeti területei ne legyenek kisebbek az előírt A_{io} értékeknél, azaz

$$A_i \geq A_{io}; \quad i = 1, 2, \ldots, n. \tag{46}$$

Az alábbiakban először egymástól függetlenül tárgyaljuk a három különböző terhelési esethez tartozó optimális tervezési feladatot és ismertetjük ezek variációs formában történő megfogalmazását. Ezt követően azzal az álta-

lános esettel foglalkozunk, amikor a három terhelési esetet és a hozzájuk tartozó kényszereket egyidejűleg vesszük számításba.

4.2. Rugalmas szerkezet statikai vizsgálata

Ha a tartó $F_o(x)$ teher hatására létrejövő igénybevétel-eloszlását $Q_i^{\Theta}(x,S_i)$ jelöli, akkor a j-edik pont eltolódását a

$$w_j^{\Theta} = \sum_{i=1}^{n} \int_{\ell_i} \frac{Q_i^{\Theta}(x,S_i)\, Q_{ij}^{o}(x)}{S_i}\, dx \tag{47}$$

képlet adja meg. Ebben $Q_{ij}^{o}(x)$ a tartó j pontjában, a w_j^{Θ} eltolódás irányában működő egységnyi erőhöz tartozó statikailag lehetséges igénybevétel-eloszlást jelöli. Bevezetve az

$$f_{ij}(S_i) = \int_{\ell_i} Q_i^{\Theta}(x,S_i)\, Q_{ij}^{o}(x)\, dx \tag{48}$$

jelölést, valamint az e_j és a_i "laza" változókat, a (42) és (43) kényszerek

$$G_j^{\Theta}(A_i) = \left| \sum_{i=1}^{n} \frac{f_{ij}(S_i)}{S_i} \right| - w_{jo}^{\Theta} + e_j^2 = 0; \qquad j = 1, 2, \ldots, m \tag{49}$$

$$A_i - A_{io}^{\Theta} - a_i^2 = 0 \tag{50}$$

alakban írhatók fel, és így a vizsgált feladat Lagrange-függvénye az alábbi alakot ölti:

$$L_{\Theta} = \sum_{i=1}^{n} A_i \ell_i + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j \left[\left| \sum_{i=1}^{n} \frac{f_{ij}(S_i)}{S_i} \right| - w_{jo}^{\Theta} + e_j^2 \right] + \sum_{i=1}^{n} \varkappa_i \, (A_i - A_{io}^{\Theta} - a_i^2) \tag{51}$$

Ebben λ_j és $\varkappa_i$ Lagrange-szorzókat jelölnek. A feladat megoldását a fenti függvény minimuma adja meg.

4.3. Rugalmas-képlékeny szerkezet beállásvizsgálata

A lineárisan rugalmas, tökéletesen képlékeny anyagú rúdszerkezetek beállása a

$$\left.\begin{aligned} Q_k^{max}(S_i) + Q_k^R &\leq R_k^P, \\ Q_k^{min}(S_i) + Q_k^R &\geq -R_k^P \end{aligned}\right\} \quad k = 1, 2, \ldots, s \tag{52}$$

feltételek teljesülése esetén következik be /40/. Itt Q_k^{max} és Q_k^{min} a lineárisan rugalmas anyagú tartó $k = 1, 2, \ldots, s$ kritikus keresztmetszeteiben az $F_1(x), F_2(x), \ldots, F_p(x)$ terhek összes lehetséges kombinációja alapján meghatározott legnagyobb és legkisebb igénybevételt jelöli, R_k^p pedig a tartó valamelyik önmagában egyensúlyban lévő saját igénybevétel-eloszlása. Az utóbbi az X_1; $\ell = 1, 2, \ldots, q$ statikailag határozatlan igénybevételek függvényében

$$Q_k^R = \sum_{\ell=1}^{q} a_{k\ell} X_\ell; \quad k = 1, 2, \ldots, s \tag{53}$$

alakban fejezhető ki, ahol $a_{k\ell}$ állandókat jelöl. Ennek az összefüggésnek és a d_k, f_k és a_i "laza" változóknak a felhasználásával az (52) és (46) kényszerek

$$\left.\begin{aligned} G_{k1}^S &= Q_k^{max}(S_i) + \sum_{\ell=1}^{n} a_{k\ell} X_\ell - R_k^p + d_k^2 = 0, \\ G_{k2}^S &= Q_k^{min}(S_i) + \sum_{\ell=1}^{q} a_{k\ell} X_\ell + R_k^p - f_k^2 = 0, \end{aligned}\right\} \quad k = 1, 2, \ldots, s \tag{54}$$

$$A_i - A_{io} - a_i^2 = 0; \qquad i = 1, 2, \ldots, n \tag{55}$$

formában írhatók fel. A vizsgált feladat Lagrange-függvénye tehát a következő:

$$\begin{aligned} L_S = &\sum_{i=1}^{n} \ell_i A_i + \sum_{k=1}^{s} \mu_k \left[Q_k^{max}(S_i) + \sum_{l=1}^{q} a_{k\ell} X_\ell - R_k^p + d_k^2 \right] + \\ &+ \sum_{k=1}^{s} \nu_k \left[Q_k^{min}(S_i) + \sum_{\ell=1}^{q} a_{k\ell} X_\ell + R_k^p - f_k^2 \right] + \sum_{i=1}^{n} \varkappa_i (A_k - A_{io} - a_i^2). \end{aligned} \tag{56}$$

Ebben μ_k, ν_k és $\varkappa_i$ Lagrange-szorzókat jelöl. A feladat megoldását a fenti függvény minimuma adja meg.

4.4. Merev-képlékeny szerkezet dinamikai vizsgálata

A továbbiakban feltételezzük, hogy az $F^d(x,t)$ lökésszerű teher hatására olyan nagy alakváltozások keletkeznek, hogy a rugalmas alakváltozások a képlékeny alakváltozásokhoz képest elhanyagolhatók és így a tartó merev-képlékeny anyagúnak tekinthető. Ezen kívül még azzal a további közelítéssel élünk, hogy a tartó stacionárius mozgást végez, tehát eltolódásai

$$w^p(x,t) = W(t)\, w^k(x) \tag{57}$$

szorzat alakban adhatók meg. Itt $w^k(x)$ a tartó valamelyik alkalmasan megválasztott kinematikailag lehetséges eltolódás eloszlását jelöli, $W(t)$ pedig egy ismeretlen skalár függvény. Utóbbi a szerkezet mozgását leíró differenciálegyenletből határozható meg és legnagyobb értéke a

$$W^{max} = \frac{1}{2} K p_o t_o^2 \left(\frac{p_o}{p_k} - 1 \right) \tag{58}$$

képletből számítható ki /38, 40/. Ebben

$$K = \frac{\int_L F_o^d(x)\, w^k(x)\, dx}{\varrho \sum_{i=1}^{n} A_i \int_{l_i} [w^k(x)]^2 dx}, \tag{59}$$

ϱ az anyag fajlagos sűrűsége, p_k az $F_o^d(x)$ teherhez és a $w^k(x)$ eltolódásmezőhöz tartozó kinematikailag lehetséges teherintenzitást jelöli

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} R_i^p \bar{q}_i^k}{\int_L F_o^d(x)\, w^k(x)\, dx} \tag{60}$$

és végül $\bar{q}_i^k$ az i-edik rúdban létrejött képlékeny keresztmetszetek (képlékeny csuklók) helyén kialakuló képlékeny alakváltozások (elfordulások) abszolút értékeinek összege. W^{max} képletének ismeretében a tartó $j = 1, 2, \ldots, m$ pontjainak maximális eltolódásait a

$$w_j^p = W^{max} w_j^k = \frac{1}{2} K\, p_o\, t_o^2 \left(\frac{p_o}{p_k} - 1 \right) w_j^k \tag{61}$$

összefüggés adja meg. Ha ezt a (45) képletbe helyettesítjük és bevezetjük a g_j "laza" változót és a

$$B = \int_L F_o^d(x)\, w^k(x)\, dx, \qquad D_i = \int_{\ell_i} [w^k(x)]^2\, dx \tag{62}$$

jelöléseket, akkor az alábbi eredményre jutunk:

$$G_j^p = \frac{p_o\, t_o^2\, B\, |w_j^k|}{2\varrho \sum_{i=1}^{n} D_i\, A_i} \left(\frac{p_o\, B}{\sum_{i=1}^{n} R_i^p\, \bar{q}_i^k} - 1 \right) - w_{jo}^p + g_j^2 = 0, \qquad j = 1, 2, \ldots, m. \tag{63}$$

Ennek felhasználásával a feladat Lagrange-függvénye a következő:

$$L_p = \sum_{i=1}^{n} \ell_i A_i + \sum_{j=1}^{m} \delta_j \left[\frac{p_o\, t_o^2\, B\, |w_j^k|}{2\varrho \sum_{i=1}^{n} D_i\, A_i} \left(\frac{p_o\, B}{\sum_{i=1}^{n} R_i^p\, \bar{q}_i^k} - 1 \right) - w_{jo}^p + g_j^2 \right] + \tag{64}$$

$$+ \sum_{i=1}^{n} \varkappa_i\, (A_i - A_{io} - a_i^2).$$

Ebben δ_j Lagrange-szorzót jelöl. A vizsgált feladat megoldását a fenti függvény minimuma adja meg.

4.5. A feladat általános megoldása

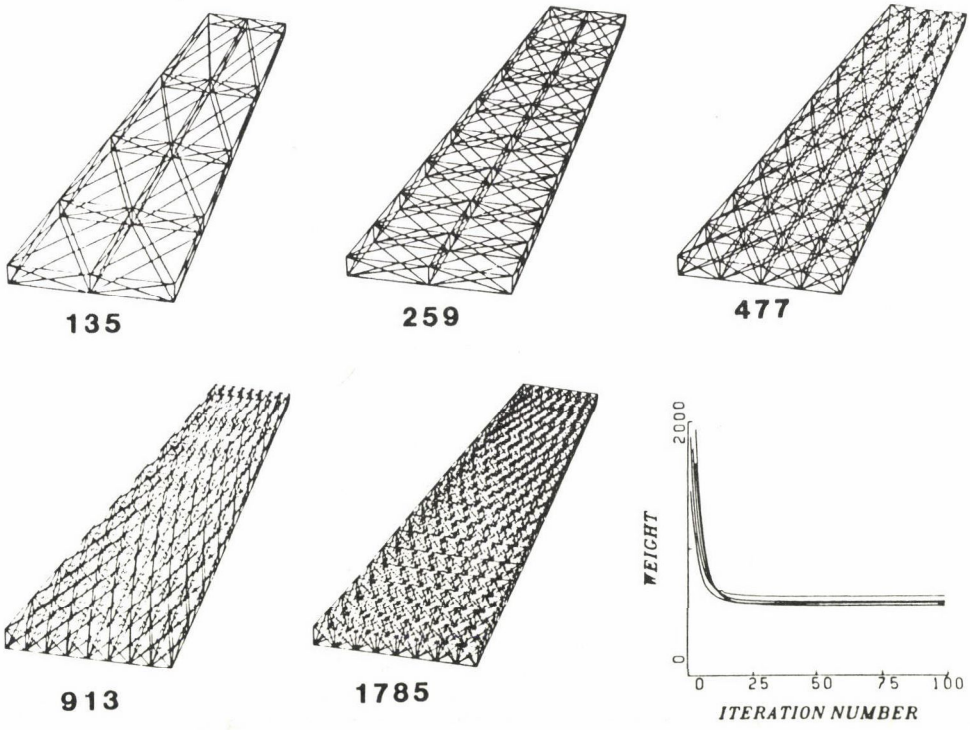
Az eddigiekben a rúdszerkezet optimális tervezését a három különböző terhelési esetet figyelembe véve egymástól függetlenül végeztük el. Így három különböző megoldásra jutunk, amelyek alapján a tartót például úgy tervezhetjük meg, hogy mindegyik rúd keresztmetszeti területét a számításból nyert három eredmény közül a legnagyobbra vesszük fel. Ez a módszer a biztonság javát szolgálja, de nem vezet a leggazdaságosabb megoldásra. Annak sincsen azonban akadálya, hogy az optimális megoldás meghatározásakor a három különböző terhelési esetet és a hozzájuk tartozó kényszereket egyidejűleg vegyük számításba. Ennek az általános feladatnak a Lagrange-függvénye az eddig használt jelöléseket figyelembe véve

$$L_g = \sum_{i=1}^{n} \ell_i A_i + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j G_j^{\Theta} + \sum_{k=1}^{s} \mu_k G_{k1}^{S} + \nu_k G_{k2}^{S} +$$

$$+ \sum_{j=1}^{m} \delta_j G_j^{P} + \sum_{i=1}^{m} \varkappa_i (A_i - A_{io} - a_i^2) \qquad (65)$$

alakú. Az optimális megoldást a függvény minimuma adja meg.

Mindhárom ismertetett feladat esetében a kényszereket kifejező függvények nem lineárisak, ezért a megoldás csak iterációs úton lehetséges. A vizsgált számpéldák azt mutatják, hogy kevés számú tervezési változó esetén a matematikai programozásra alapuló iterációs eljárások jól használhatók, nagyobb számú ismeretlen esetén azonban hosszadalmas számításokra vezetnek. Az optimumfeltételre alapuló iterációs módszer viszont sokismeretlenes feladatok megoldására is igen hatékonyan alkalmazható /28, 36/.



9. ábra

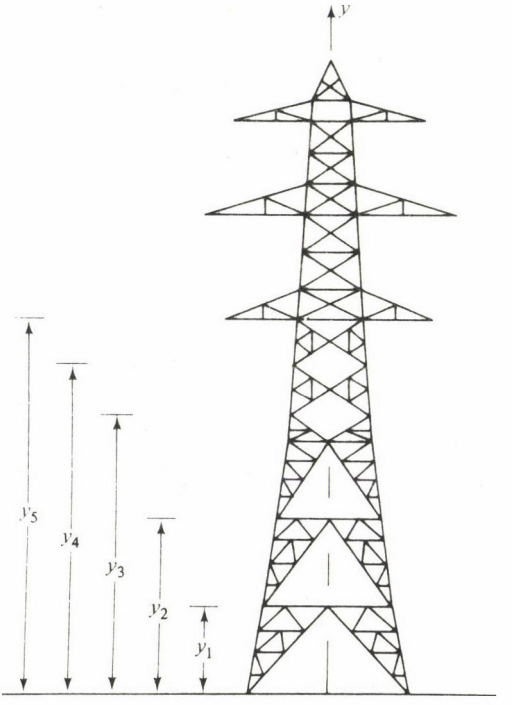
5. NÉHÁNY PÉLDA AZ OPTIMÁLIS TERVEZÉSRE

Az alábbiakban az optimális tervezés széles körű alkalmazási lehetőségeinek szemléltetésére a részletek ismertetése nélkül néhány példát mutatunk be.

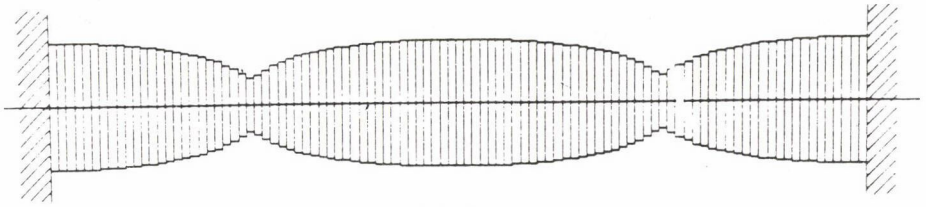
1. A 9. ábra egy repülőgépszárny rácsos szerkezetét szemlélteti. A feladat az volt, hogy a felhasznált anyag súlyát kellett minimalizálni oly módon, hogy a rudak feszültségei és a szárny végpontjainak lehajlása egy adott értéket ne lépjen túl /36/. A vizsgálathoz az optimum-feltételre alapuló iterációs eljárást alkalmazták.

Amint a diagramból látható, a számítás igen nagy számú rúd, azaz ismeretlen esetében is igen gyorsan konvergált.

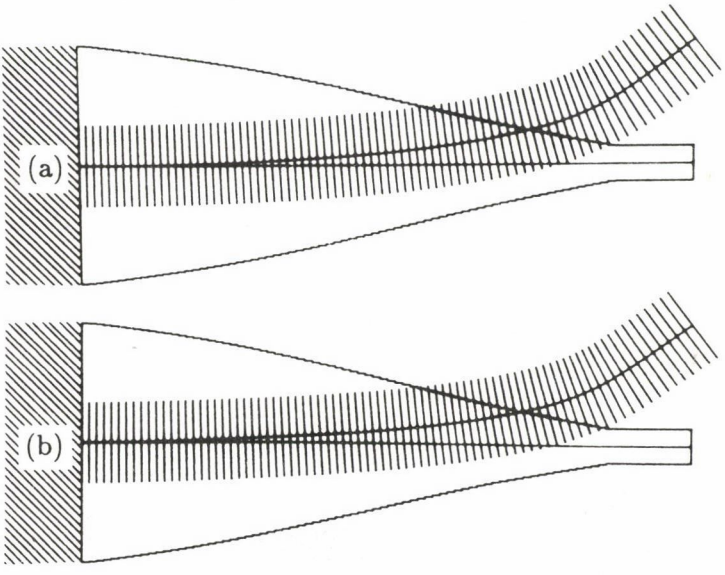
2. A 10. ábra egy távvezetékoszlop vázát szemlélteti. Ebben az esetben az alkalmazott cellák magassága és száma, és a rudak keresztmetszeti területe voltak a szabad tervezési változók és a szerkezet súlyát minimalizálták /21/. A megoldáshoz dinamikus programozást alkalmaztak.



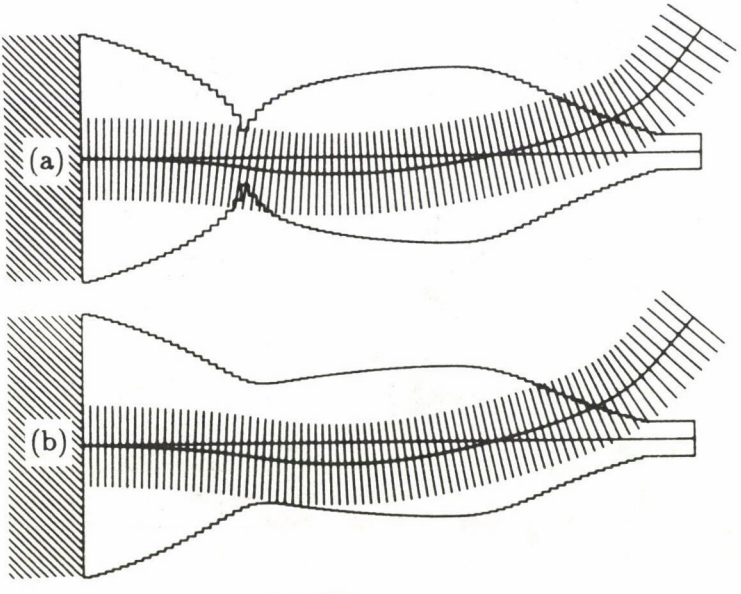
10. ábra



11. ábra



12. ábra



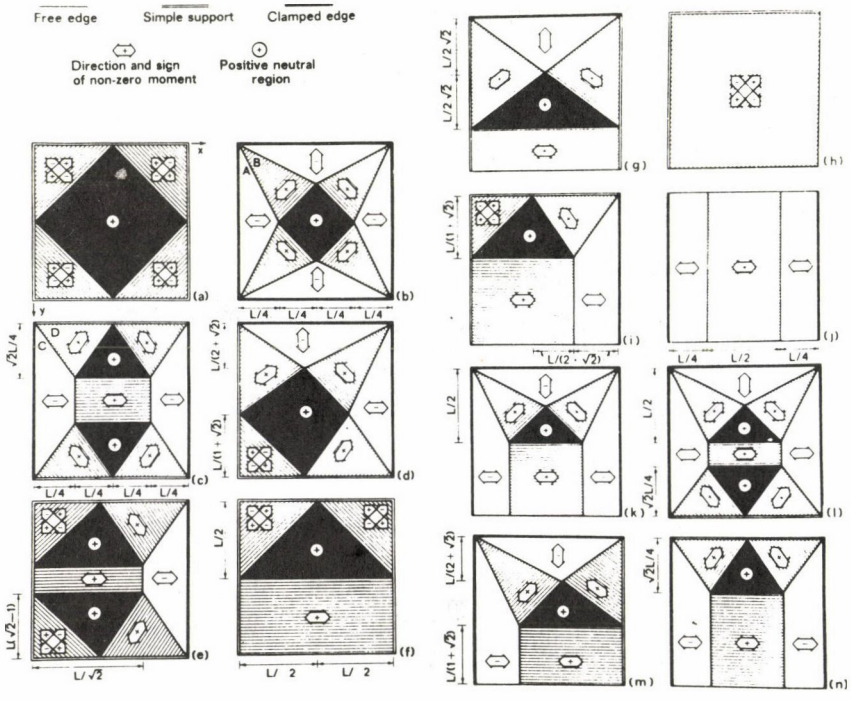
13. ábra

3. A 11. ábrán látható kör keresztmetszetű nyomott rúd anyagának térfogata meg volt adva és a kritikus erejét kellett maximalizálni /21/. Az ábrán látható keresztmetszet-változás alkalmazása esetében a rúd kritikus terhe 32,2%-kal nagyobb az állandó keresztmetszetű rúd kritikus erejénél.

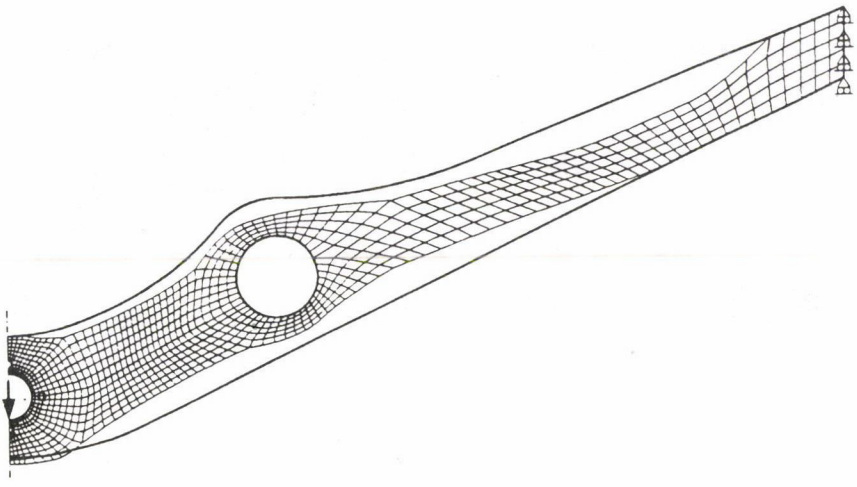
4. A 12. és 13. ábrák kör keresztmetszetű konzolos tengelyt szemléltetnek /45/. Az első esetben a konzol első, a második esetben pedig a második saját frekvenciáját kellett maximalizálni, előre megadott térfogat esetében. Az a) és b) jelű megoldások a gerendák Timoshenko-, ill. Bernoulli--Euler-elméletén alapulnak.

5. A 14. ábrán egyenletes megoszló teherrel terhelt, különböző megtámasztású vasbeton lemezeket láthatunk /19/. A célfüggvényt az alkalmazott vasbetétek súlya jelentette. Az ábrákból látható, hogy optimális megoldás esetében a lemez olyan tartományokra oszlik, amelyekben a vasalás iránya, helyzete és mennyisége állandó.

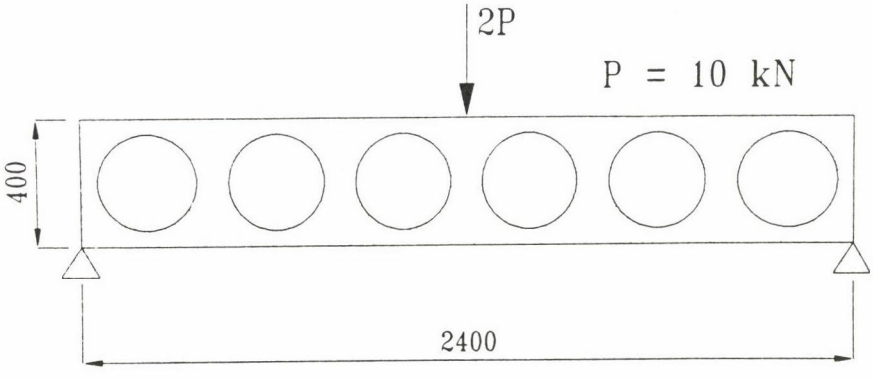
6. A 15. ábra egy motor felfüggesztését szolgáló állandó vastagságú tartót szemléltet /47/. A tartó alakjának optimalizálása révén 26% anyag volt



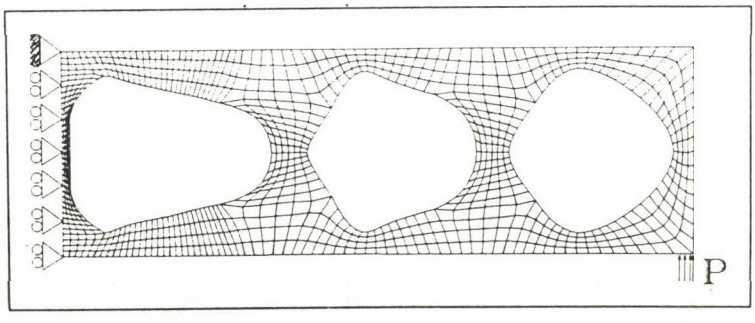
14. ábra



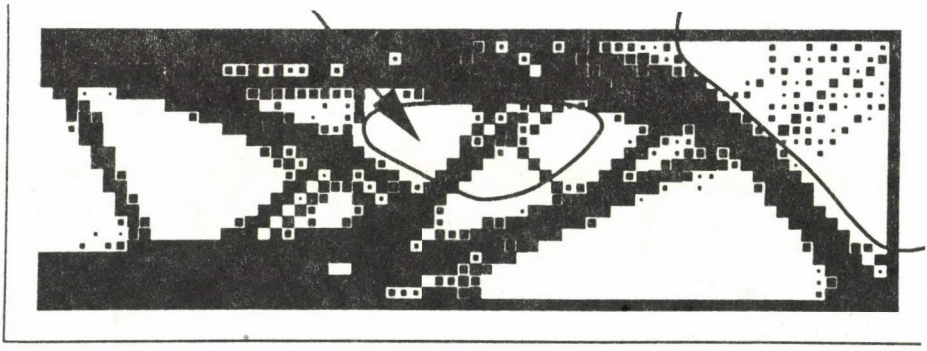
15. ábra



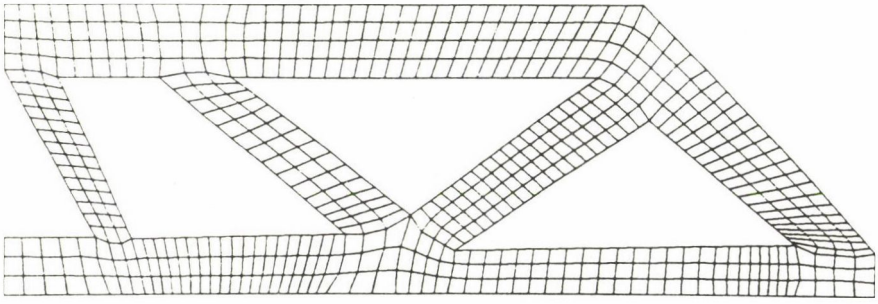
16. ábra



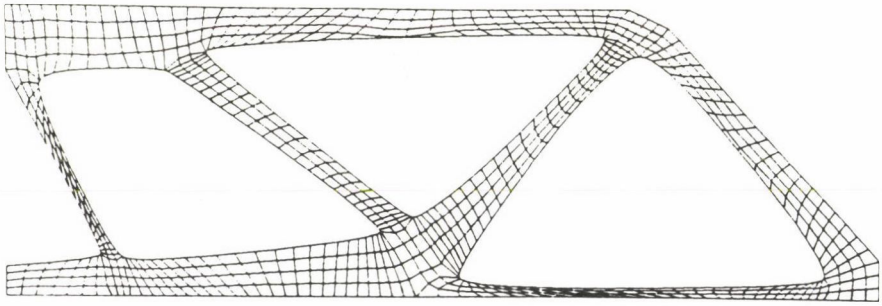
17. ábra



18. ábra



19. ábra



20. ábra

megtakarítható, miközben a legnagyobb feszültség nagysága nem haladta meg az eddig alkalmazott tartóban ébredő legnagyobb feszültséget.

7. A 16. ábrán egy repülőgépben alkalmazott, állandó vastagságú keresztartót láthatunk /47/. A vezetékek elhelyezésének érdekében nyílásokat kellett biztosítani és a tartó legnagyobb feszültsége és lehajlása is korlátoz-

va volt. Az eredeti alakból kiinduló alakoptimalizálás a 17. ábrán látható megoldásra vezetett, és mindössze csak 5,2% anyagmegtakarítást eredményezett. Ezt követően a feladat topológiai optimalizálását is elvégezték, és ez azt mutatta, hogy az optimális megoldás egy rácsos tartóhoz áll közel (18. ábra), melynek kiinduló alakját és véges elemes hálózatát a 19. ábra szerint vették fel. Ebből kiindulva az alakoptimalizálás a 20. ábrán látható eredményre vezetett. Ilyen módon az eddig alkalmazott tartóhoz képest 42% anyagot lehetett megtakarítani.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A fentiekben a teljesség igénye nélkül tekintettük át az optimális tervezés elméleti alapjait, módszereit és néhány alkalmazását. A rendelkezésre álló korlátozott terjedelem nem tette lehetővé, hogy például olyan feladatokat tárgyaljunk, amelyeknél a szerkezet jellemző adatai vagy a terhek stochasztikus változók, vagy amikor az optimális megoldás meghatározásakor egyidejűleg több célfüggvényt veszünk figyelembe. Ezen kívül még igen sok más feladat megemlítésére sem kerülhetett sor.

Mindenesetre megállapíthatjuk, hogy az elmúlt néhány évtizedben az optimális tervezés elmélete igen gyorsan fejlődött és a nagy teljesítményű számítógépek elterjedése lehetővé tette, hogy módszereit egyre szélesebb körben alkalmazzák. Az így nyert elméleti eredmények fontos adatokat szolgáltatnak a gazdaságos tervezéshez. Emellett azonban egy jó és gazdaságos szerkezet megtervezésekor még számos más, gyártási, kivitelezési és üzemeltetési szempontot is mérlegelni kell. Ennek elvégzésekor a jó műszaki érzék és mérnöki tapasztalat változatlanul alapvetően fontos szerepet játszik.

IRODALOM

/1/ **Galilei, G.:** Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenti alla meccanica et i movimenti locali. Leiden (1638)

/2/ **Culmann, K.:** Die Graphische Statik. Meyer und Zeller, Zürich (1866)

/3/ **Maxwell, J. C.:** On Reciprocal Figures. Frames and Diagrams of Force. Trans. Roy. Soc. Edinb. 26.1. (1872)

/4/ **Michell, A. G. M.:** The Limits of Economy of Material in Frame-Structures. Phil. Mag. 8, 47, pp. 589—597. (1904)

/5/ **Prager, W.:** Minimum Weight Design of Plates. The Ingenieur 67. 48. pp. 141—142. (1955)

/6/ **Drucker, D. C., Shield, R. T.:** Design for Minimum Weight. Proc. 9th Int. Congr. Appl. Mech. 5. pp. 212--222. (1956)

/7/ **Prager, W.:** Minimum Design of a Portal Frame. J. Eng. Mech. Div. ASCE 82. EM. 4. pp. 1073.1--1073.10. (1956)

/8/ **Heyman, J., Prager, W.:** Automatic Minimum Weight Design of Steel Frames. J. Franklin Inst. 266.5. pp. 339--364. (1958)

/9/ **Prager, W., Shield, R. T.:** Minimum Weight Design of Circular Plates - under Arbitrary Loading. Zeit Ang. Math. Phys. 10.4. pp. 421--426 (1959)

/10/ **Prager, W., Shield, R. T.:** A General Theory of Optimal Plastic Design. J. Appl. Mech. 34.1. pp. 184--186 (1967)

/11/ **Gerard, G.:** Minimum Weight Analysis of Compression Structures. Univ. Press. New York (1956)

/12/ **Johnson, W.:** Optimum Design of Mechanical Elements. J. Wiley, New York (1960)

/13/ **Spunt, L.:** Optimum Structural Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1971)

/14/ **Save, M. A., Massonnet, C. E.:** Plastic Analysis and Design of Plates, Shells and Disks. North-Holland, Amsterdam (1971)

/15/ **Sawczuk, A.:** Foundations of Plasticity (Proc. Int. Symp. in Warsaw), Noordhoff. Groningen (1972)

/16/ **Gallegher, R. H., Zienkiewicz, O. C.:** Optimum Structural Design: Theory and Applications. J. Wiley, New York (1973)

/17/ **Prager, W.:** Introduction to Structural Optimization (Course held in Int. Centre for Mech. Sci. Udine, CISM 212) Springer Verlag, Vienna (1974)

/18/ **Sawczuk, A., Mróz, Z.:** Optimization in Structural Design. (Proc. IUTAM Symp. held in Warsaw), Springer Verlag, Berlin (1975)

/19/ **Rozvany, G. I. N.:** Optimal Design of Flexural Systems. Pergamon Press, Oxford (1976)

/20/ **Reitman, M. I., Shapiro, G. S.:** Methods of Optimal Design of Deformable Bodies (oroszul), Nauka, Moscow (1976)

/21/ **Kirsch, U.:** Optimum Structural Design. McGraw--Hill, New York (1981)

/22/ **Farkas, J.:** Optimum Design of Metal Structures. Akadémiai Kiadó, Budapest (1984)

/23/ **Save, M., Prager, W.:** Structural Optimization. Vol. 1. Optimality Criteria. Plenum Press, New York (1986)

/24/ **Brandt, A. M.:** Criteria and Methods of Structural Optimization. Martinus Nijhoff. The Hague (1986)

/25/ **Eschenhauer, H.:** Numerical and Experimental Investigations on Structural Optimization of Engineering Designs. Bonn und Fries. Siegen (1986)

/26/ **Gajewski, A., Zyczkowski, M.:** Optimal Structural Design under Stability Constraints. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht (1988)

/27/ **Kwiecinski, M.:** Collapse Load Design of Slab-Beam Systems. Ellis Horwood Limited Publishers. Chichester (1989)

/28/ **Rozvany, G. I. N.:** Structural Design via Optimality Criteria. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (1989)

/29/ **Wasiutynski, Z., Brandt, A.:** The Present State of Knowledge in the Field of Optimum Design of Structures. Appl. Mech. Rev. 16.5. pp. 341—350 (1963)

/30/ **Prager, W.:** Survey Paper: Optimization of Structural Design. J. Optimization Theory Appl. 6.1. pp. 1—21. (1970)

/31/ **Rozvany, G. I. N., Mróz, Z.:** Analytical Methods in Structural Optimization. Appl. Mech. Rev. 30.11. pp. 1461—1470 (1977)

/32/ **Stadler, W.:** Multicriteria Optimization in Mechanics (A. Survey) Appl. Mech. Rev. 37.3. 277—286 (1984)

/33/ **Mota Soares, C. A.:** Computer Aided Optimal Design: Structural and Mechanical Systems (Proc. NATO ASI held in Troia, Portugal). Springer Verlag, Berlin (1987)

/34/ **Rozvany, G. I. N., Karihaloo, B. L.:** Structural Optimization (Proc. IUTAM Symp. held in Melbourne). Kluwer, Dordrecht (1988)

/35/ **Lloyd Smith, D.:** Mathematical Programming Methods in Structural Plasticity (Course held in Int. Centre for Mech. Sci. CISM 299). Springer Verlag, Vienna (1990)

/36/ **Berke, L., Khot, N. S.:** Structural optimization using optimality criteria. In: Mota Soares: Computer aided optimal design; structural and mechanical systems. Springer Verlag, Berlin (1987)

/37/ **Berke, L., Kaliszky, S., Knébel, I.:** Optimal Design of Elastic Bar Structures Subject to Displacement Constraints and Prescribed Internal and Reaction Forces. Periodica Polytechnica, Vol. 29., Nos 1—2. Budapest (1985)

/38/ **Kaliszky, S.:** Dynamic Plastic Response of Structures. Proceedings of Symposium of "Plasticity Today". Elsevier Applied Science Publishers, London, New York. pp. 787—820 (1985)

/39/ **Kaliszky, S., Knébel, I.:** Optimum Design of Plastic Bar Structures for Shakedown and Dynamic Loading. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. 99 (3—4), pp. 297—312 (1986)

/40/ **Kaliszky, S.:** Plasticity: Theory and Applications. Akadémiai Kiadó, Budapest; Elsevier Applied Science Publishers, Amsterdam, New York, pp. 505 (1989)

/41/ **Kaliszky S., Lógó J.:** Optimal design of dynamically loaded reinforced concrete frames under single displacement constraint. Acta Technica. Acad. Sci. Hung. Vol. 102. No. 2—4. pp. 267—279 (1989)

/42/ **Kaliszky, S., Lógó, J.:** Optimal design of elasto-plastic structures under displacement constraints. Technische Mechanik. Vol. 11. No. 4. pp. 224—228 (1990)

/43/ **Kaliszky, S.:** Multiconstraint optimization of elasto-plastic structures subjected to static and dynamic loads. In: Inelastic Solids and Structures. Antoni Sawczuk Memorial Volume. Pineridge Press. Swansea. pp. 301—310 (1990)

/44/ **Kaliszky, S., Lógó, J., Havady, T.:** Optimal Design of Elasto-Plastic Structures under Various Loading Conditions and Displacement Constraints. pp. 107—122. Periodica Polytechnica (1989)

/45/ **Kibsgaard, S.:** Single and multipurpose optimization of vibrating Timoshenko shafts. Structural Optimization 1. pp. 99—100 (1989)

/46/ **Rozvany, G. I. N., Zhou, M., Gollub, W.:** Continuum-type optimality criteria for large finite element systems with a displacement constraint II. Structural Optimization 2. pp. 77—104 (1990)

/47/ **Rasmussen, J.:** Development of the interactive shape optimization system Caos. Institute of Mechanical Engineering Aalborg University Special Report No. 1.

/48/ **Kaliszky, S.:** Limit Design of Truncated Cone-shaped Reinforced Concrete Shells. Non-classical Shell Problems. Proc. of IASS Symposium Warsaw, 1011—1029. (1963)

/49/ **Kaliszky, S.:** Optimum Limit Design for Reinforced Concrete Structures. Report. The University Southampton England. (114 old.) (1965)

/50/ **Kaliszky, S.:** Economic Design by the Ultimate-load Method. Concrete and Constructional Engineering IX. (1965)

/51/ **Kaliszky S., Tamássy T.:** Talajon fekvő vasbeton burkolatok tervezése a képlékenységtan elvei szerint. ÉTI Tudományos Közlemények 50. (80 old.) Budapest (1965)

/52/ **Kaliszky, S.:** On the Optimum Design for Reinforced Concrete Structures. Acta Technica Acad. Sci. Hung. 60. pp. 257—264 (1968)

/53/ **Kaliszky, S.:** Optimum design of reinforced concrete tanks. (Discussion) Journ. Engineering Mech. Division; Proc. Am. Soc. Civ. Engrng. Vol. 97. No. EM 4. pp. 1299—1302. (1971)

/54/ **Kaliszky, S., Nédli, P.:** Analysis of elasto-plastic structures by mathematical programming. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. Tom. 83. 3—4. pp. 205—212. (1976)

/55/ **Kaliszky, S.:** Optimal Design of Rigid-Plastic Solids and Structures under Dynamic Pressure. GAMM Tagung 1980. ZAMM Band 61. pp. 100—101. (1981)

/56/ **Kaliszky, S., Heinloo, M.:** Optimal Design of Dynamically Loaded Rigid-Plastic Structures. Application: Thick-Walled Concrete Tubes. J. Structural Mechanics 9. (3) pp. 235—251. (1981)

Dr. Jankó László, a műszaki tudomány kandidátusa

RUGALMASAN ÁGYAZOTT RUDAK KIHAJLÁSA

JELÖLÉSEK

Latin kisbetűk

$a_1(\xi)$, ..., $a_4(\xi)$ — a koncentrált erővel terhelt konzol differenciálegyenlete általános megoldásában szereplő négy lineárisan független partikuláris megoldás,

c — ágyazási tényező (Winkler-féle),

c_k — az f_j függvényekben szereplő együtthatók,

c_0, ..., c_3 — az egyenletesen megoszló erőkkel terhelt rúd differenciálegyenlete általános megoldásának állandói,

f_j — az egyenletesen megoszló erőkkel terhelt rúd differenciálegyenlete általános megoldásában szereplő négy lineárisan független partikuláris megoldás ($j = 0, 1, 2, 3$),

i — a kétcsuklós rúd, illetve a konzol kihajlási félhullámszáma (közelítő megoldásnál),

k — az f_j hatványsorok tagjainak indexe,

ℓ — a rúd hossza,

p, p_{cr} — az egyenletesen megoszló tengelyirányú teher intenzitása, illetve annak kritikus értéke,

$u = \sqrt{\frac{c\ell^4}{EI}}$ — ágyazati paraméter ("karakterisztikus hossz" paraméter),

$x = \xi\ell$ — a rúdtengely irányú helyzetkoordináta,

y — a kihajlás síkjában mért, az x tengelyre merőleges irányú eltolódás,

$y = y(x)$ — a differenciálegyenlet általános megoldása, illetve kihajlási sajátfüggvény,

$y^{\cdot}$, ..., $y^{::}$ — az y', ..., y'^{V} x szerinti deriváltak nagyított értéke ($y^{\cdot} = y'\ell$).

Latin nagybetűk

C_1, ..., C_4 — a koncentrált erővel terhelt konzol differenciálegyenlete általános megoldásának állandói,

E — a rúd anyagának rugalmassági modulusa,

I — a rúdkeresztmetszet hajlítási tehetetlenségi nyomatéka (a kihajlás síkjára merőleges tengelyre),

P, P_{cr} — a konzol tetején ható tengelyirányú koncentrált erő, ill. annak kritikus értéke,

P_{crE} — a két végén tengelyirányú koncentrált erővel terhelt közönséges kétcsuklós (ágyazatlan) Euler-féle rúd kritikus ereje.

Görög betűk

α, β — a koncentrált erővel terhelt konzol sajátfüggvényeiben szereplő paraméterek,

γ — a koncentrált erővel terhelt rúd P_{cr} kritikus ereje képletének arányossági tényezője ($P_{cr} = \gamma\sqrt{cEI}$),

$\lambda = \frac{P}{P_{crE}}$ — a ténylegesen működő P koncentrált erőnek és a kétcsuklós Euler-féle rúd P_{crE} kritikus erejének az aránya, mint a P erő paramétere,

$\lambda = \frac{p\ell}{P_{crE}}$ — mint az előző, de p megoszló erők esetén,

$\lambda_{cr} = \frac{P_{cr}}{P_{crE}}$ — a P erő λ paraméterének kritikus értéke; legkisebb pozitív sajátérték,

$\lambda_{cr} = \frac{p_{cr}\ell}{P_{crE}}$ — mint az előző, de p megoszló erők esetén,

$\lambda_0 = \frac{P_{cr}}{EI} = \lambda_{cr}\frac{\pi^2}{\ell^2}$ — a P_{cr} koncentrált kritikus erő paramétere,

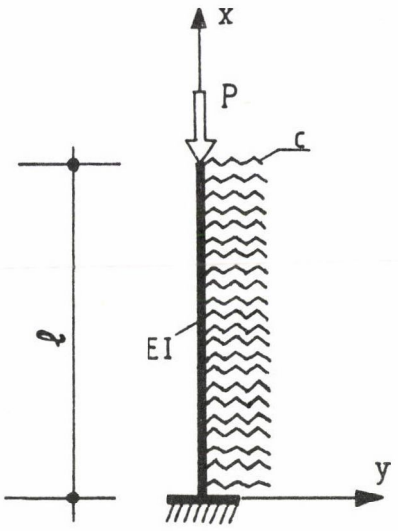
$\lambda_0 = \frac{p_{cr}\ell^3}{EI} = \lambda_{cr}\pi^2$ — a p_{cr} megoszló kritikus erő paramétere,

$\xi = \frac{x}{\ell}$ — a rúdhossz mentén mért relatív helyzetkoordináta.

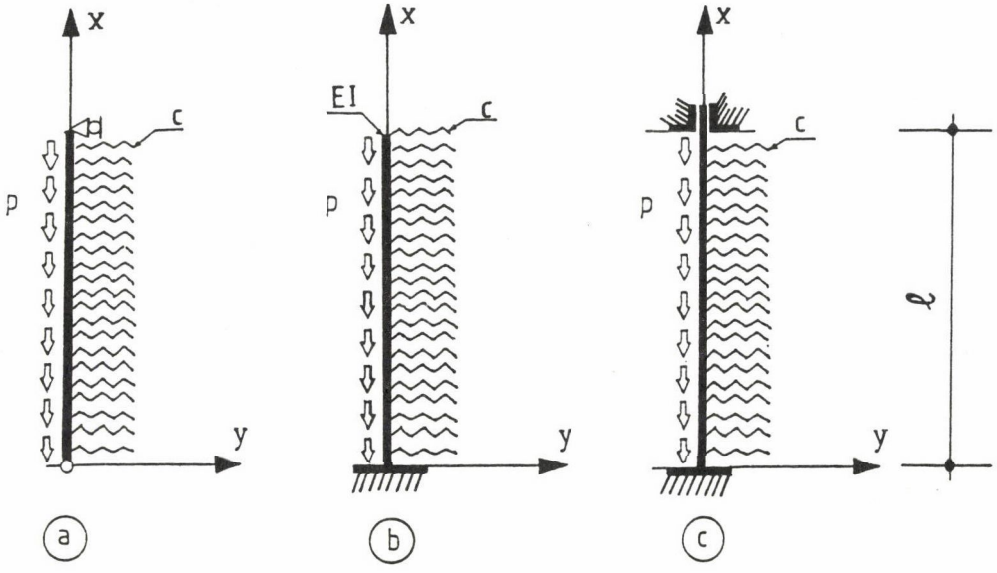
1. BEVEZETÉS. ALAPFELTEVÉSEK

Bár az igen terjedelmes stabilitási szakirodalomban a rugalmasan ágyazott rudakra vonatkozóan nagyon sok feladat megoldása megtalálható /1/, /4/, /7/, /8/, /9/, /11/, az 1. és 2. ábrán vázolt kihajlási problémáké hiányzik. E dolgozat témája ezek megoldásának ismertetése.

A rudakat geometriailag tökéletesnek tekintjük. A lineárisan rugalmas anyagú, a szimmetriasíkjukban eltolódás ellen lineárisan rugalmas rugótörvényű (Winkler-féle) ágyazattal megtámasztott rudak szimmetriasíkbeli egyszerű elágazási feladatait egyensúlyi módszerrel oldottuk meg /5/, /6/. Jelen dolgozatban az /5/, /6/ cikkek összevont, jelentősen tömörített változatát adjuk közre annak érdekében, hogy eredményeink gyakorlati része magyar nyelven a tervezés rendelkezésére álljon.



1. ábra. Általános elrendezés (koncentrált erő)



2. ábra. Általános elrendezés

Cikkünket közérdekűnek tartjuk, mert néhány érdekes elméleti megállapításon (pl. a peremfeltételek hatása; esetünkben a kétcsuklós rúd általában gyengébb a konzolnál!) túlmenően fontos szerkezetek gyakorlati stabilitási vizsgálatához is segítséget nyújtunk (tervezési diagramok formájában). Ilyen

szerkezet pl. a cölöp vagy pl. a torznégyszöghéj peremtartója, melyre a környező földtömeg, ill. az együttdolgozó héj ágyazati hatást fejt ki.

2. KONCENTRÁLT ERŐVEL TERHELT KONZOL

2.1. Megoldás egyensúlyi módszerrel

A levezetés részletei megtalálhatók /5/-ben.

2.1.1. A sajátérték feladat

A végén P koncentrált erővel terhelt rúd kigörbült alakjának differenciálegyenlete:

$$EIy'^{V} + Py'' + cy = 0. \tag{2.1}$$

A P erő ill. a (2.3)-nak megfelelő λ paraméter egyelőre ismeretlen. A bemutatott probléma a 2.1.2. pontbeli peremfeltételekkel válik sajátérték feladattá. Ennek ellenére a tömörség kedvéért úgy tárgyaljuk a megoldást, mintha a (2.1) differenciálegyenletben a 2.1.2. peremfeltételek megszabta P_{cr} sajátérték szerepelne. Ennek megfelelően a sajátértékre ill. a kritikus állapotra a cr index utal.

Bevezetve az alábbi jelöléseket

$$\lambda_o = \frac{P_{cr}}{EI} = \lambda_{cr} \frac{\pi^2}{\ell^2}, \tag{2.2}$$

$$\lambda_{cr} = \frac{P_{cr}}{P_{crE}}, \tag{2.3}$$

$$P_{crE} = \frac{\pi^2 EI}{\ell^2}, \tag{2.4}$$

$$q_o = \frac{c}{EI} = \frac{u^2}{\ell^4}, \tag{2.5}$$

$$u = \sqrt{\frac{c\ell^4}{EI}}, \tag{2.6}$$

a kritikus állapotra (cr) ezt az alakot kapjuk a (2.1)-ből:

$$y'^{V} + \lambda_o y'' + q_o y = 0. \tag{2.7}$$

A (2.7) differenciálegyenlet másodfokúra redukálható karakterisztikus egyenletének diszkriminánsát D-vel jelölve, a $D = \lambda_o^2 - 4q_o$ negatív értékéhez tartozó általános megoldás /12/ alapján:

$$y = C_1 \cdot a_1(\xi) + C_2 \cdot a_2(\xi) + C_3 \cdot a_3(\xi) + C_4 \cdot a_4(\xi), \tag{2.8}$$

ahol

$$a_1(\xi) = \cos\alpha\xi \cdot \mathrm{sh} \cdot \beta\xi , \tag{2.9}$$

$$a_2(\xi) = \sin\alpha\xi \cdot \mathrm{ch} \cdot \beta\xi , \tag{2.10}$$

$$a_3(\xi) = \sin\alpha\xi \cdot \mathrm{sh} \cdot \beta\xi , \tag{2.11}$$

$$a_4(\xi) = \cos\alpha\xi \cdot \mathrm{ch} \cdot \beta\xi , \tag{2.12}$$

$$\xi = \frac{x}{\ell}, \tag{2.13}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left(u + \frac{\pi^2}{2}\lambda_{cr}\right)} , \tag{2.14}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left(u - \frac{\pi^2}{2}\lambda_{cr}\right)} . \tag{2.15}$$

A fentiek

$$\lambda_{cr} \leq 2\frac{u}{\pi^2} \tag{2.16}$$

esetén érvényesek. A $D > 0$-hoz tartozó igen szűk $\underline{u}$ ágyazati paraméter ("karakterisztikus hossz" paraméter) tartományban ($\underline{u} < 1{,}4$) érvényes megoldásról a 2.2. pontban írunk.

2.1.2. Peremfeltételek. Sajátérték egyenlet

A továbbiakban a λ paraméternek a peremfeltételek megszabta diszkrét értékei közül a legkisebb pozitív λ_{cr} sajátértéket keressük.

A peremfeltételek:

befogás:

$$y(o) = 0, \tag{2.17}$$

$$y'(o) = 0, \tag{2.18}$$

szabad perem:

$$y''(\ell) = 0, \tag{2.19}$$

$$EIy'''(\ell) + P_{cr}y'(\ell) = 0 \tag{2.20}$$

A (2.17)—(2.20) alapján a C_1-C_4 együtthatókra felírható feltételi egyenletek:

$$C_4 = 0, \tag{2.21}$$

$$C_1\beta + C_2\alpha = 0, \tag{2.22}$$

$$C_1u_1 + C_3u_3 = 0, \tag{2.23}$$

$$C_1v_1 + C_3v_3 = 0. \tag{2.24}$$

A λ_{cr} sajátérték paramétereket (kritikus teherparamétereket) a 4 x 4 méretűből 2 x 2 méretűre redukálódott **U** mátrix szingularitási feltétele szolgáltatja:

$$|U| = u_1 \cdot v_3 - u_3 \cdot v_1 = 0. \tag{2.25}$$

Az u_1, v_1, u_3, v_3 viszonylag terjedelmes kifejezéseket l. /5/-ben.

2.2. Eredmények

2.2.1. A kritikus teherparaméterek diagramja

A (2.25) egyenlet megoldását a 3. ábrán szemléltettük. A λ_{cr} függvény kb. $\underline{u} > 20$-tól kezdve egyenesnek tekinthető. Az $\underline{u} < 20$ tartományban még észlelhető némi "csipkegörbe" jelleg, de a diagram eltérése az egyenestől olyan csekély, hogy az ábrán alig észlelhető.

Az $\underline{u}$ paraméter kis értékeinél ($\underline{u} = 1{,}4$) berajzolt szaggatott függőleges felel meg a D diszkriminánsz zérus értékűségének. A gépi programmal meghatároztuk a $D > 0$ feltételnek eleget tevő igen kis ($\underline{u} < 1{,}4$) tartományban is a megoldást. Ez folyamatosan átment az ágyazatlan konzol $\lambda_{cr} = 0{,}25$ (legkisebb) kritikus teherparaméteréhez.

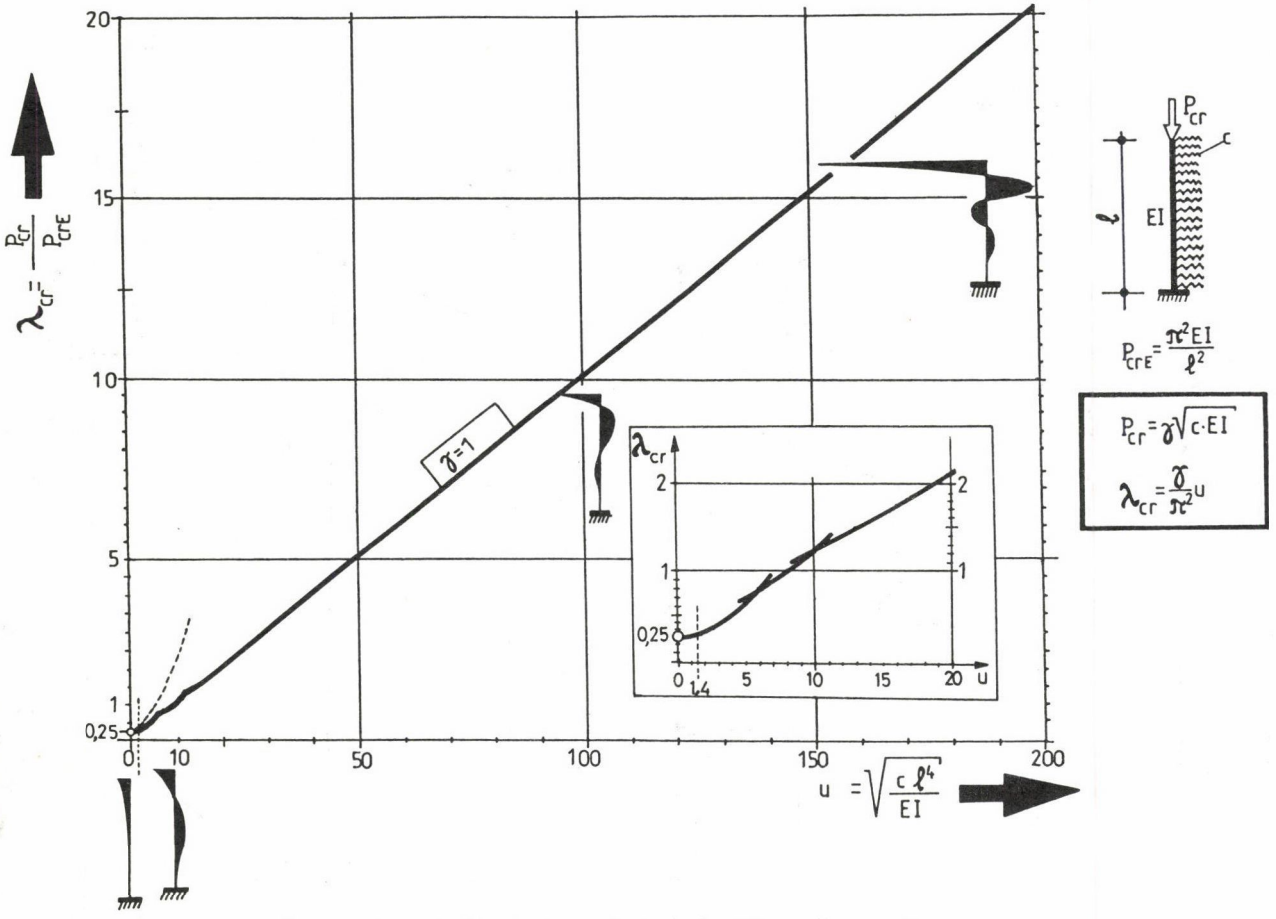
A fentiek alapján a kritikus terhek számítására az alábbi összefüggést javasoljuk (ahol $\gamma = 1$):

$$\lambda_{cr} = \frac{\gamma}{\pi^2} u\,. \tag{2.26}$$

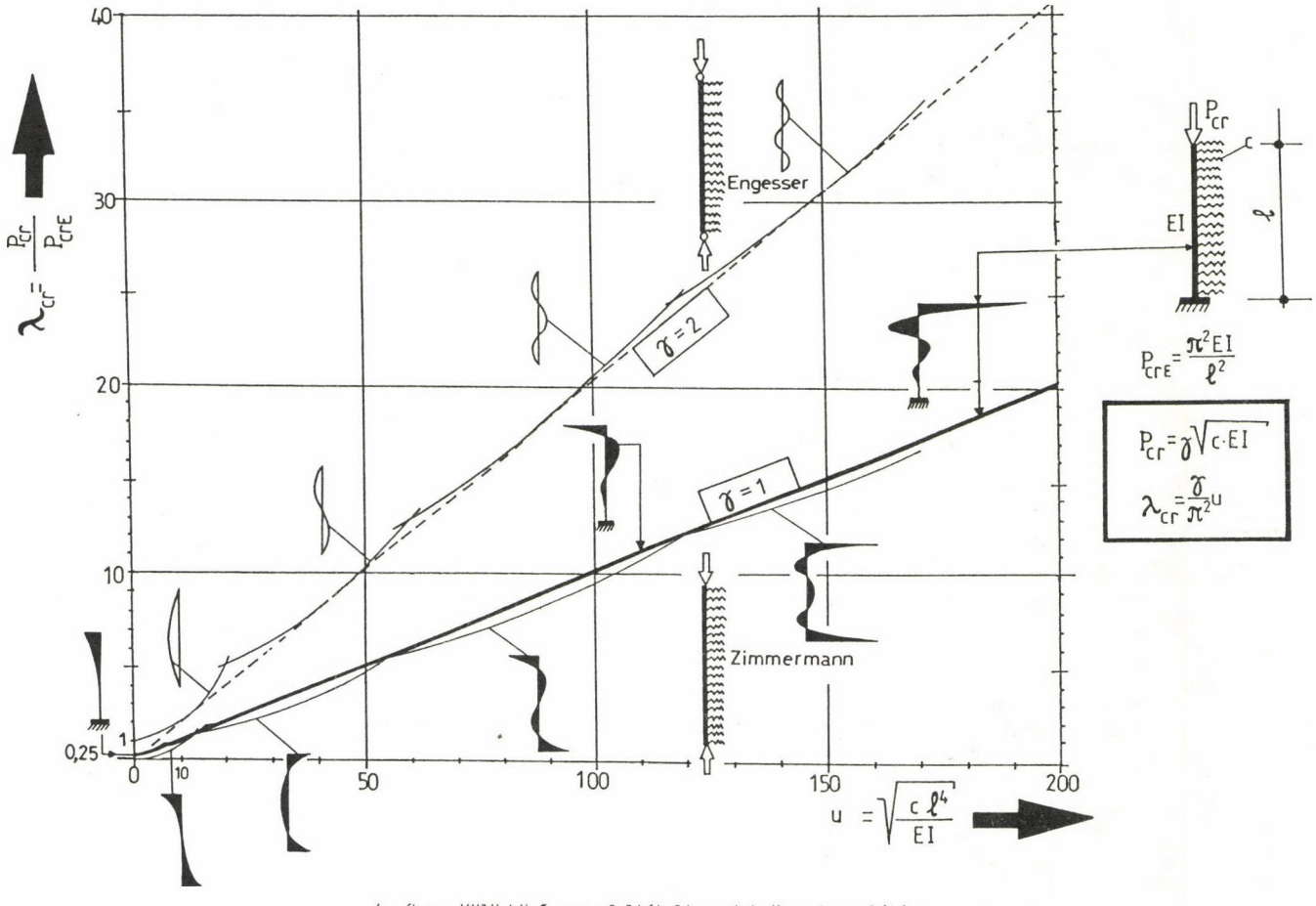
A kritikus erő képlete a (2.2—6) mennyiségek segítségével:

$$P_{cr} = \gamma\sqrt{c \cdot EI}. \tag{2.27}$$

Ezek a képletek kb. az $\underline{u} \geq 20$ tartományban elegendően pontosak. A $0 < \underline{u} < 20$ tartományban a $\lambda_{cr} = 0{,}25 \div 2{,}0943$ értékek közötti lineáris interpoláció megengedhető (3. ábra).



3. ábra. Koncentrált erővel terhelt konzol kritikus teherparaméterei



4. ábra. Különböző peremfeltételi esetek összehasonlítása

2.2.2. Összehasonlítás

A jelenség lényegét leíró paraméter (λ_{cr}) -- hasonlóan a nem stabilitási rugalmasan ágyazott feladatokhoz (pl. körlemez) -- a c/EI merevségi arány negyedik gyökével szorzott ℓ geometriai hossztól függ (l. u(2.6)).

Hogy a (2.27) képlet alakja miért olyan ismerős, kiderül a 4. ábráról, ahol /4/, /8/, /9/, /11/ nyomán feltüntettük a rugalmasan ágyazott kétcsuklós rúd Engessertől származó és a két végén szabad rúd Zimmermann-féle megoldását. Ismeretes, hogy az Engesser-féle csipkegörbét a $\gamma = 2$ paraméterű burkoló egyenessel szokás helyettesíteni. A rugalmasan ágyazott konzol $\gamma = 1$ paramétere tehát éppen az előző érték fele. Megjegyezzük, hogy /8/ közelítő javaslata szerint a Zimmermann-féle rúd "csipkegörbéi" helyett is lehet egy $\gamma = 1$ paraméterű egyenest használni. A 4. ábra jól mutatja, hogy ez a közelítés az $u < 12$ tartományban helyenként erősen a biztonság kárára van.

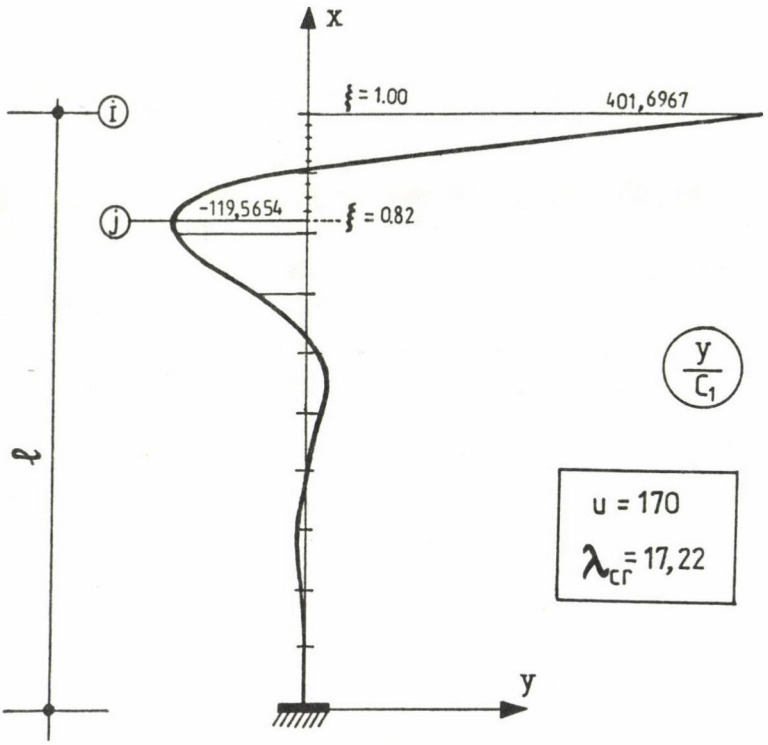
A Zimmermann-féle "csipkegörbe" és a konzol $\gamma = 1$ paraméterű egyenese közötti különbség viszonylag kis u értékeknél is kicsi. Ebből az következik, hogy a konzol az u tartomány nagy részében a "magasfalú" hengerhéjhoz hasonlóan viselkedik abban a tekintetben, hogy a szabad végi peremzavar jellegű hatás nem terjed át a másik peremre. Ugyanakkor az $u < 12$ tartományban a konzol az "alacsonyfalú" hengerhéjhoz hasonló viselkedésű, azaz a két perem egymásra erőteljesen kihat. Ebben a tartományban a mindkét végén szabad rudat semmiképpen sem szabad a $\gamma = 1$ paraméterű egyenes segítségével vizsgálni. Megfordítva: ha valaki az eddigi ismeretek alapján a konzolt az $u < 12$ tartományban is a Zimmermann-féle rúd megoldásával vizsgálta, akkor a biztonság javára való durva közelítést követett el.

2.2.3. A sajátfüggvényekről

A 3. ábrán néhány jellegzetes esetben feltüntettük az alakhelyes sajátfüggvényeket is. Látható, hogy az u ágyazati paraméter ("karakterisztikus hossz" paraméter) növekedésével a kis u értékeknél a konzol első kihajlási alakjához hasonló ("sima") kihajlási alak erősen változó görbületű, exponenciális "elcsengésű" görbévé változik. Egy ilyet mutat be az 5. ábra is.

A 3. ábrán az ágyazatlan rúd $\lambda_{cr} = 0{,}25$ kritikus teherparaméterétől kiinduló szaggatott vonalú görbét egytagú cosinus alakú feltételezett kihajlási alakkal kaptuk. Jól látható, hogy esetünkben ily módon nem lehet használható eredményre jutni.

Végül megemlítjük, hogy /5/-ben a későbbi nemlineáris vizsgálatokra vonatkozó előzetes fejtegetések is találhatók.



5. ábra. Egy jellegzetes kihajlási alak (koncentrált erő)

MEGOSZLÓ ERŐKKEL TERHELT RUDAK

3.1. Megoldás egynsúlyi módszerrel

A levezetés részletei megtalálhatók /6/-ban.

3.1.1. A sajátérték feladat

Mindenekelőtt rámutatunk arra, hogy a sajátérték feladat tömörített tárgyalásáról írt 2.1.1. pontbeli megjegyzések értelemszerűen most is érvényesek, azaz a (3.1) egyenlet valójában csak a 3.1.2. pontbeli peremfeltételek figyelembevétele után válik sajátérték feladatot leíró egyenletté.

A feladat differenciálegyenlete:

$$EIy'^{V} + p[(\ell - x)y'' - y'] + cy = 0. \qquad (3.1)$$

Vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$x = \xi\ell, \qquad (3.2)$$

$$y' = \frac{1}{\ell} y^{\cdot}, \ \ldots, \ y'^{V} = \frac{1}{\ell^4} y^{::}, \tag{3.3 a--d}$$

$$\lambda_o = \frac{P_{cr}\ell^3}{EI}, \tag{3.4}$$

$$\lambda_{cr} = \frac{P_{cr}\ell}{P_{crE}} = \frac{\lambda_o}{\pi^2}, \tag{3.5}$$

$$P_{crE} = \pi^2 \frac{EI}{\ell^2}, \tag{3.6}$$

$$u^2 = \frac{c\ell^4}{EI}. \tag{3.7}$$

Ezek segítségével a (3.1) egyenlet kritikus állapotra (cr) vonatkozó paraméteres alakja az alábbi (a pont a ξ szerinti deriválást jelöli):

$$y^{::} + \lambda_o[(1 - \xi)y^{\cdot\cdot} - y^{\cdot}] + u^2 y = 0. \tag{3.8}$$

Az y sajátfüggvényt és a λ_{cr} sajátértéket (ti. a legkisebbet) a következő hatványsor alakjában keressük:

$$y = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \frac{\xi^k}{k!}. \tag{3.9}$$

Az ismeretlen c_k együtthatók számítására a határozatlan együtthatók módszerével az alábbi rekurzív formula adódik:

$$c_k = -\lambda_o [c_{k-2} - (k-3)c_{k-3}] - u^2 c_{k-4}, \quad k \geqslant 4. \tag{3.10}$$

A /6/-ban kimutattuk, hogy a (3.8) differenciálegyenlet általános megoldása az alábbi négy lineárisan független partikuláris megoldás összegeként írható fel:

$$y = \sum_{j=0}^{3} c_j f_j = c_o f_o + c_1 f_1 + c_2 f_2 + c_3 f_3, \tag{3.11}$$

ahol

$$f_j = \sum_{k=0}^{\infty} c_k^j \frac{\xi^k}{k!}, \quad j = 0, 1, 2, 3. \tag{3.12}$$

A c_o, c_1, c_2, c_3 állandók a (3.9) sor első négy tagjával azonosak /6/.

Igazolható, hogy a (3.10) rekurzív formula az alábbi "indító" értékekkel egyértelműen megadja a (3.12) sorok minden c_k^j együtthatóját:

$$\begin{bmatrix} c_0^0 & c_1^0 & c_2^0 & c_3^0 \\ c_0^1 & c_1^1 & c_2^1 & c_3^1 \\ c_0^2 & c_1^2 & c_2^2 & c_3^2 \\ c_0^3 & c_1^3 & c_2^3 & c_3^3 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \tag{3.13}$$

3.1.2. Peremfeltételek. Sajátérték egyenletek

A továbbiakban a λ paramétternek a peremfeltételek megszabta diszkrét értékei közül a legkisebb pozitív sajátértéket keressük: λ_{cr}.

3.1.2.1. Kétcsuklós rúd

$$y(o) = y''(o) = 0, \tag{3.14 a--b}$$

$$y(1) = y''(1) = 0. \tag{3.15 a--b}$$

A (3.14 a--b) szerint $c_o = c_2 = 0$, így a (3.15 a--b)-ból adódnak a sajátérték egyenletek (peremfeltételi egyenletek):

$$\left.\begin{aligned} c_1 f_1(1) + c_3 f_3(1) &= 0, \\ c_1 f_1''(1) + c_3 f_3''(1) &= 0. \end{aligned}\right\} \tag{3.16 a--b}$$

3.1.2.2. Konzol

$$y(o) = y'(o) = 0, \tag{3.17 a--b}$$

$$y''(1) = y'''(1) = 0. \tag{3.18 a--b}$$

A (3.18 a--b)-nek megfelelő sajátérték egyenletek (mivel $c_o = c_1 = 0$):

$$\left.\begin{aligned} c_2 f_2''(1) + c_3 f_3''(1) &= 0, \\ c_2 f_2'''(1) + c_3 f_3'''(1) &= 0. \end{aligned}\right\} \tag{3.19 a--b}$$

3.1.2.3. Befogott rúd

$$y(o) = y'(o) = 0, \qquad (3.20\ a\text{—}b)$$

$$y(1) = y'(1) = 0. \qquad (3.21\ a\text{—}b)$$

Mivel a (3.20 a—b) alapján $c_0 = c_1 = 0$, a (3.21 a—b)-ből következik, hogy

$$\left.\begin{aligned} c_2 f_2(1) + c_3 f_3(1) &= 0, \\ c_2 f_2'(1) + c_3 f_3'(1) &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (3.22\ a\text{—}b)$$

3.2. Eredmények

3.2.1. A sajátértékek és sajátfüggvények meghatározása

A λ_{cr} kritikus teherparamétereket a (3.16 a—b), (3.19 a—b) és (3.22 a—b) sajátérték egyenleteknek (peremfeltételi egyenleteknek) megfelelő 2 x 2 méretű **F** mátrixok szingularitási feltételéből ($|F| = 0$) numerikus módszerrel kaptuk meg.

A számítástechnikai részletekről (konvergencia stb.) /6/-ban írunk.

3.2.2. A kritikus teherparaméterek diagramjai

Emlékeztetünk arra, hogy a λ_{cr} = (3.5) paraméter a kritikus összteher paramétere.

A 2a. ábra kétcsuklós rúdjának λ_{cr} kritikus teherparamétere a 6. ábra a jelű diagramjának megfelelően változik.

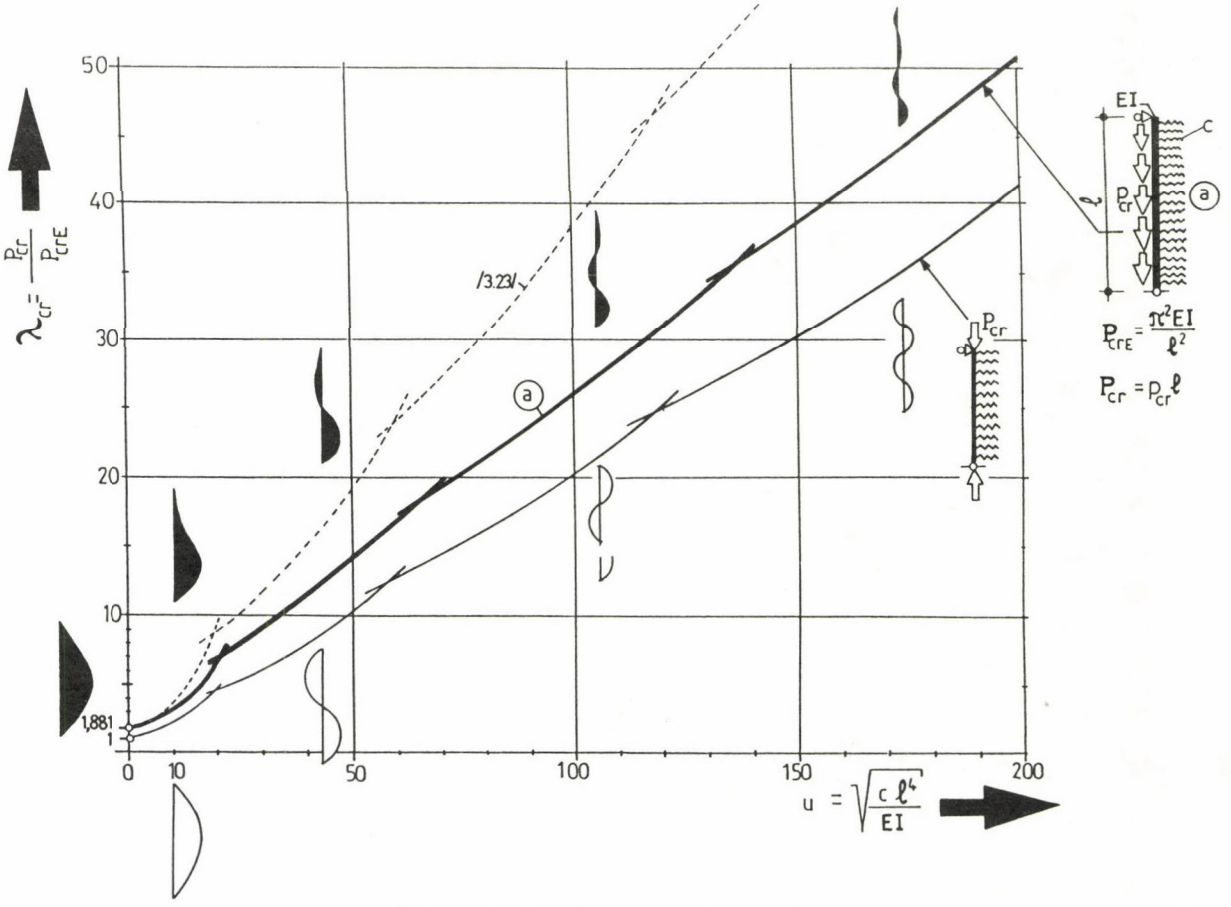
Feltüntettük azt is, hogy a sajátfüggvény jellege az u ágyazati paraméter ("karakterisztikus hossz" paraméter) nagyobb értékeinél a kezdeti ($u = 0$) sinushoz hasonló alaktól alapvetően különböző. Egytagú sinus alakú bázisfüggvénnyel egyébként a 3.2.4. pontban bemutatott, s a 6. és 10. ábrán (3.23)-mal jelölt szaggatott vonal szerinti közelítő megoldást lehetne kapni (felső korlát).

Az alsó vékony folytonos vonal a koncentrált erőre vonatkozó /8/ szerinti megoldás.

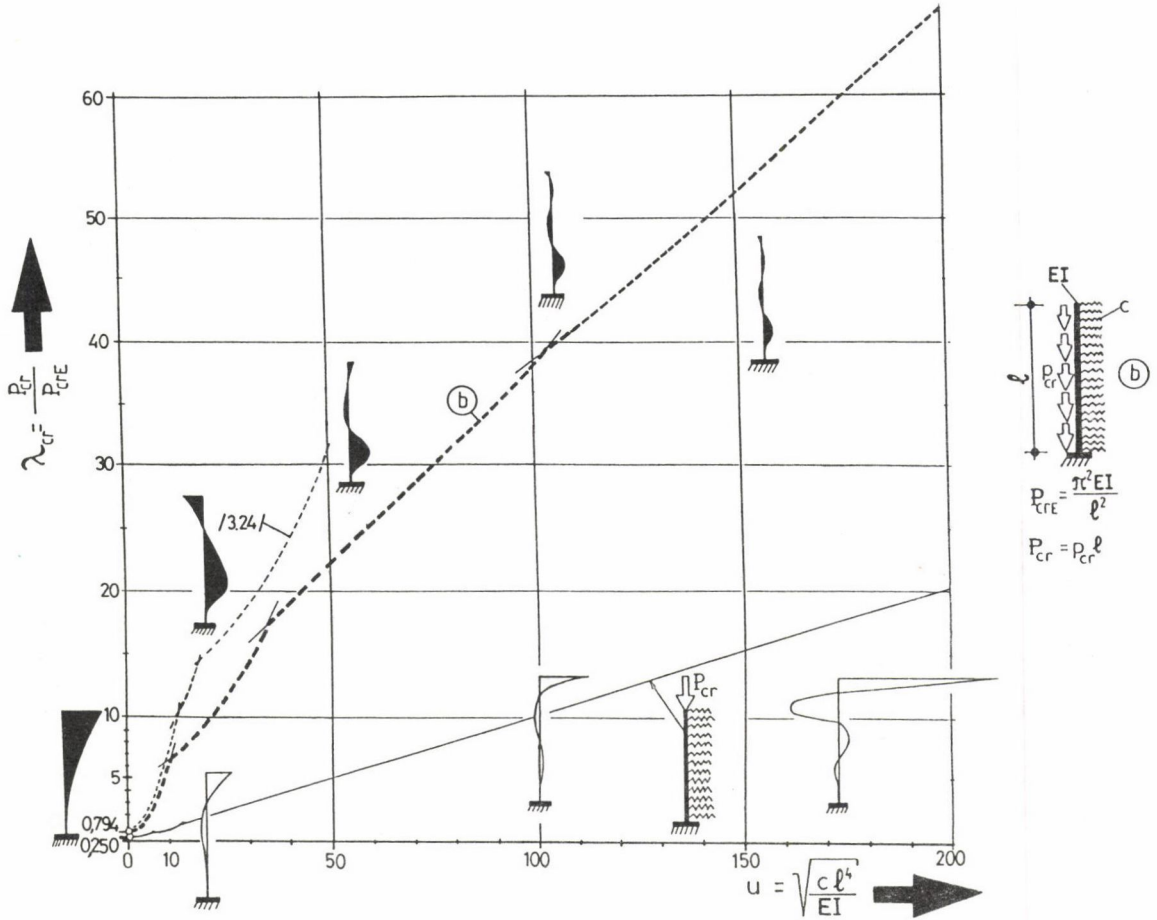
A 2b. ábra szerinti konzol "csipkegörbéjét" a 7. ábrán szemléltetjük: b jelű görbe.

A (3.24)-gyel jelölt felső szaggatott görbe a 3.2.4. pontban tárgyalt közelítő megoldást szemlélteti (felső korlát).

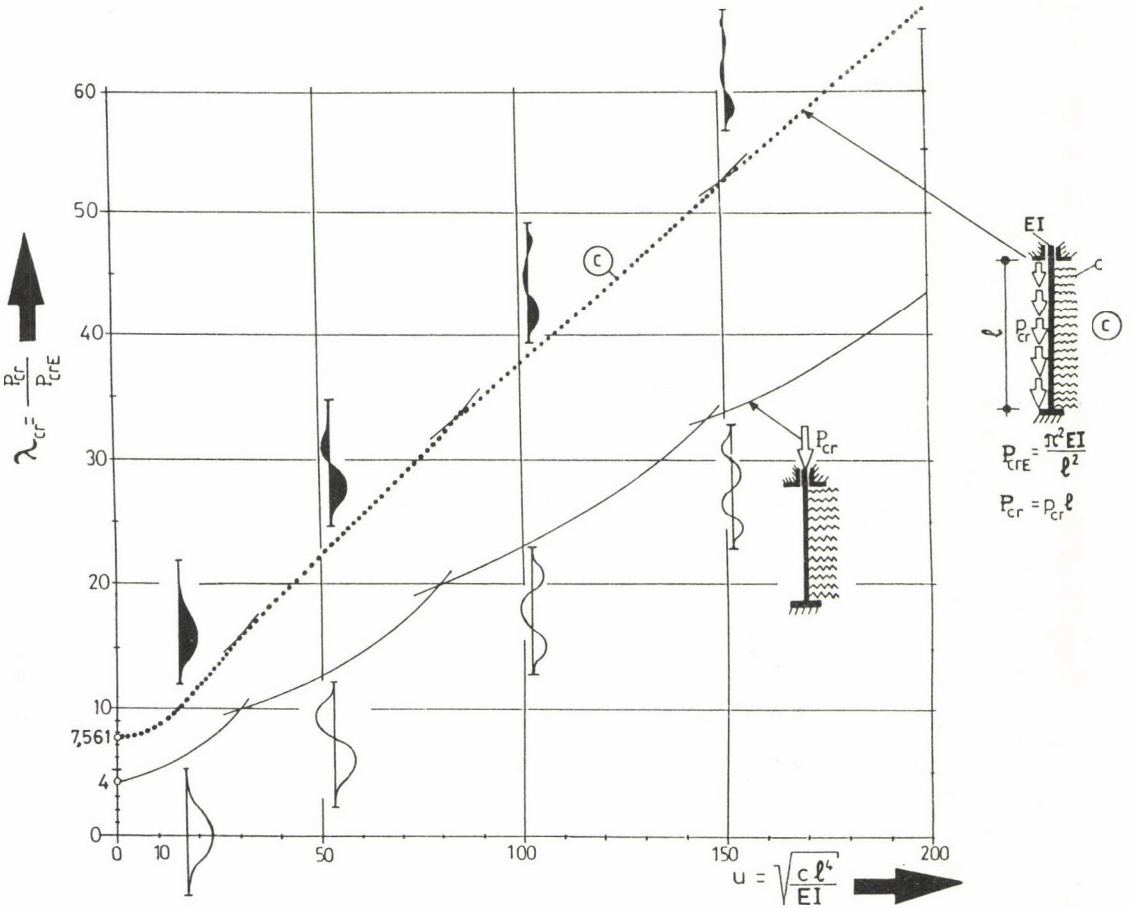
A 7. ábrán az alsó vékony vonallal a 3. ábra szerinti megoldásunkat is feltüntettük.



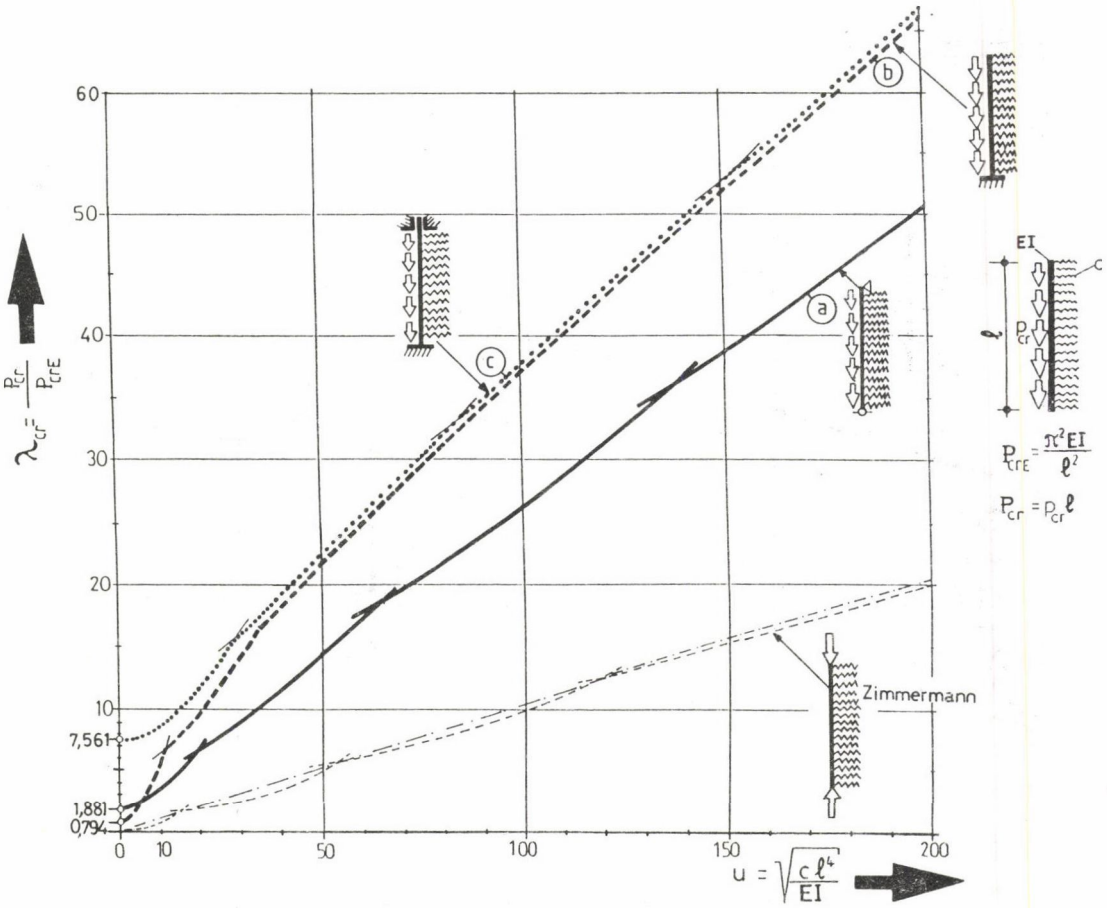
6. ábra. Kétcsuklós rúd kritikus teherparaméterei



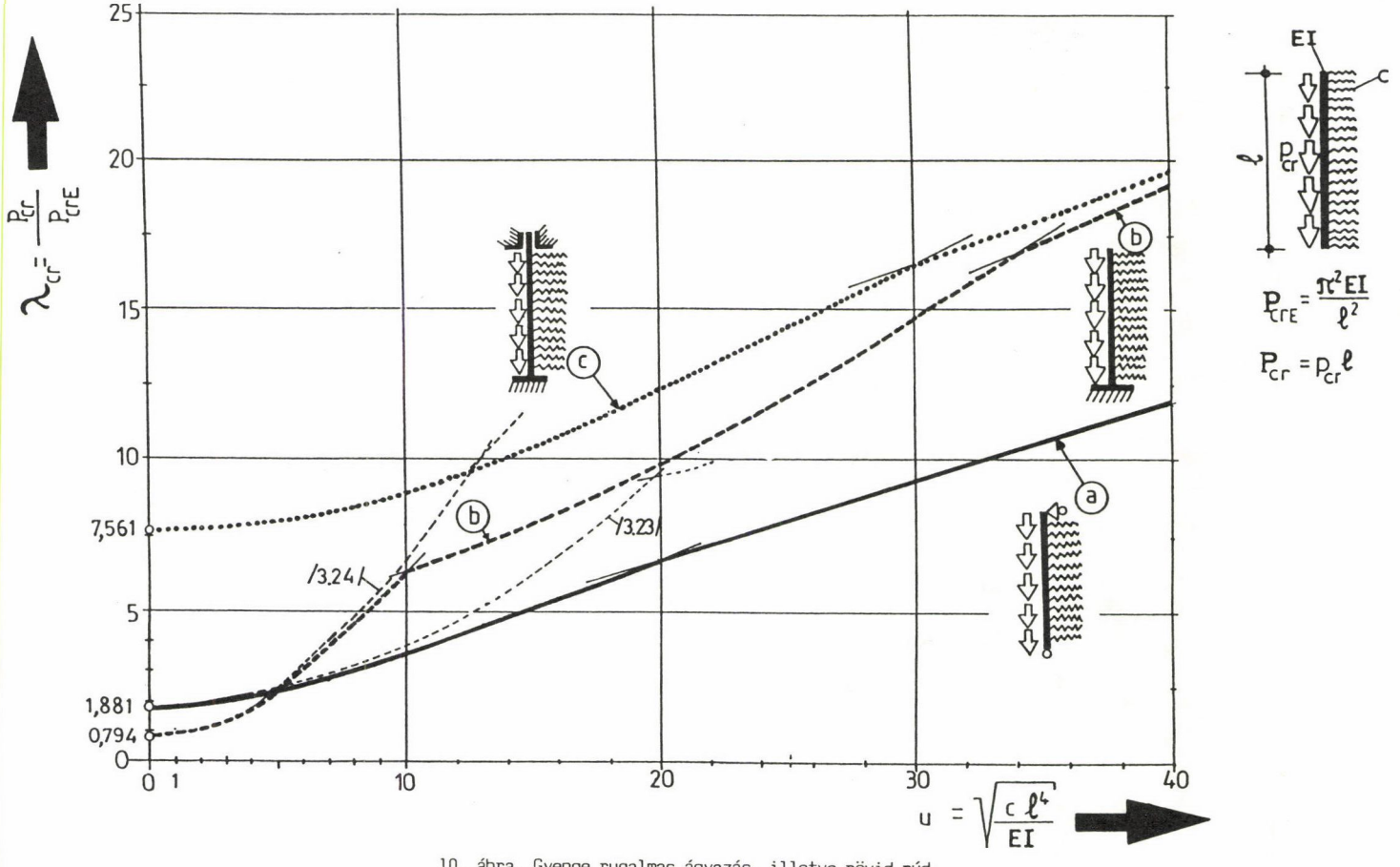
7. ábra. Konzol kritikus teherparaméterei



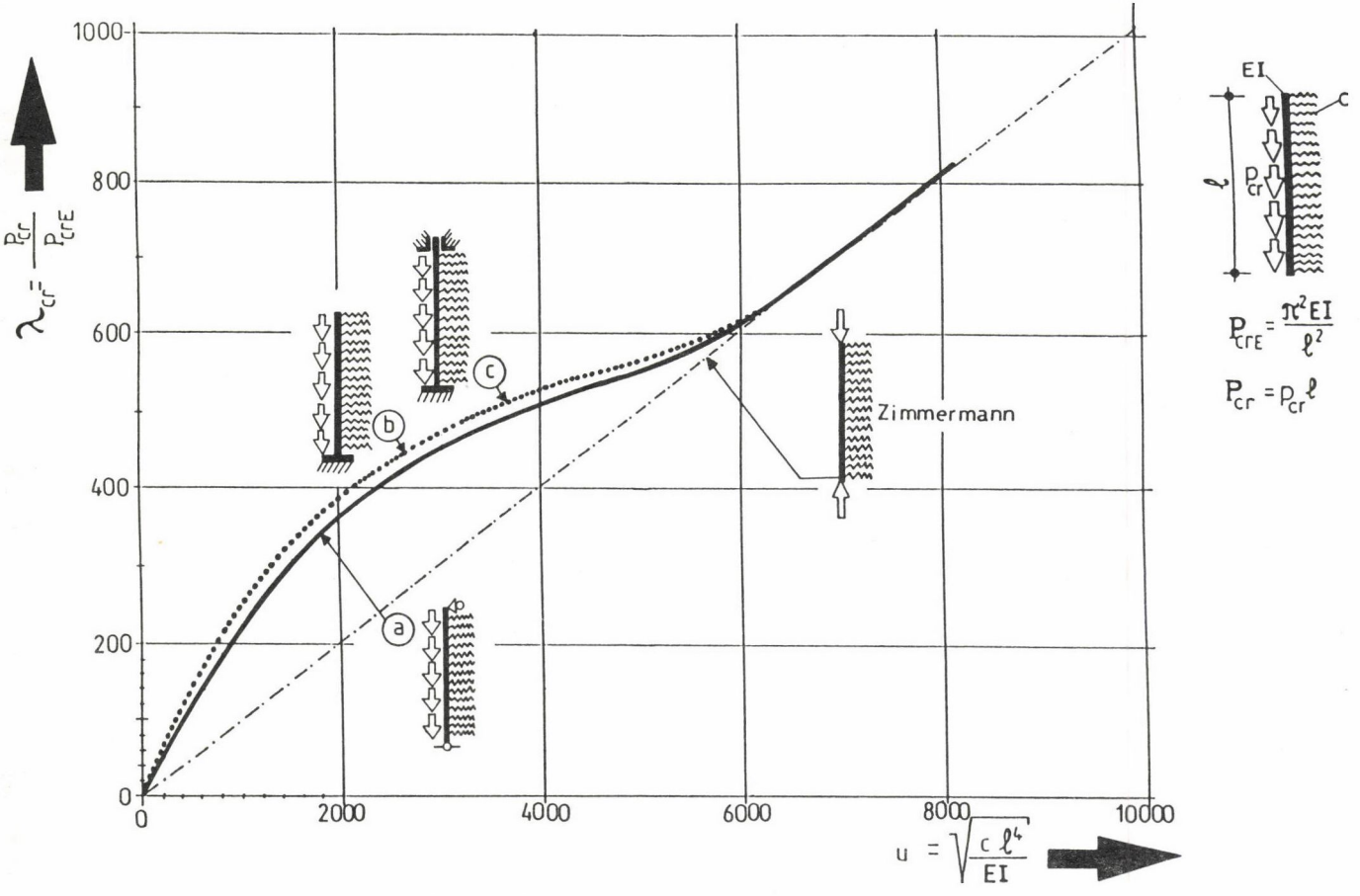
8. ábra. Befogott rúd kritikus teherparaméterei



9. ábra. Különböző peremfelvételi esetek összehasonlítása



10. ábra. Gyenge rugalmas ágyazás, illetve rövid rúd



11. ábra. Erős rugalmas ágyazás, illetve hosszú rúd

A 2c. ábra befogott rúdjára vonatkozó eredményeinket a 8. ábrán mutatjuk be: c jelű pontozott görbe.

A tetőponti koncentrált erővel kapcsolatos megoldást /8/-ból vettük át.

Látható még, hogy kétcsuklós rúdnál a kritikus összteher jóval közelebb esik a koncentrált terhelés kritikus összterhéhez, mint a konzolnál és a befogott rúdnál.

Igen érdekes következtetések adódnak a 9. ábrából, melyen a 6., 7. és 8. ábra diagramjait egymás mellett tüntettük fel.

A konzol (b) és a befogott (c) rúd kritikus teherparaméterei csak kb. az $u < 40$ tartományban térnek el egymástól jelentős mértékben.

Az u ágyazati paraméter nagyobb értékeire a két görbe majdnem egybeesik, ami arra utal, hogy a felső perem hatása egyre inkább elenyészik.

Könnyen belátható, hogy itt is a 2.2.2. pontban említett, a "magasfalú" hengerhéjéhoz hasonló viselkedésről van szó.

Eléggé szokatlan viszont az a, ill. a b jelű görbe egymáshoz képesti helyzete: esetünkben a kétcsuklós rúd kritikus teherparaméterei kisebbek a konzoléinál! Ez alól csak a kezdeti $u \leqslant 5$ tartomány kivétel. A jelenség magyarázata a sajátfüggvények jellegéből (3.2.3. pont) kiolvasható: a szerkezet teherbírását döntően az alsó perem kialakítása határozza meg, s a felső perem hatása az u ágyazati paraméter ("karakterisztikus hossz" paraméter) növekedésével elenyészik.

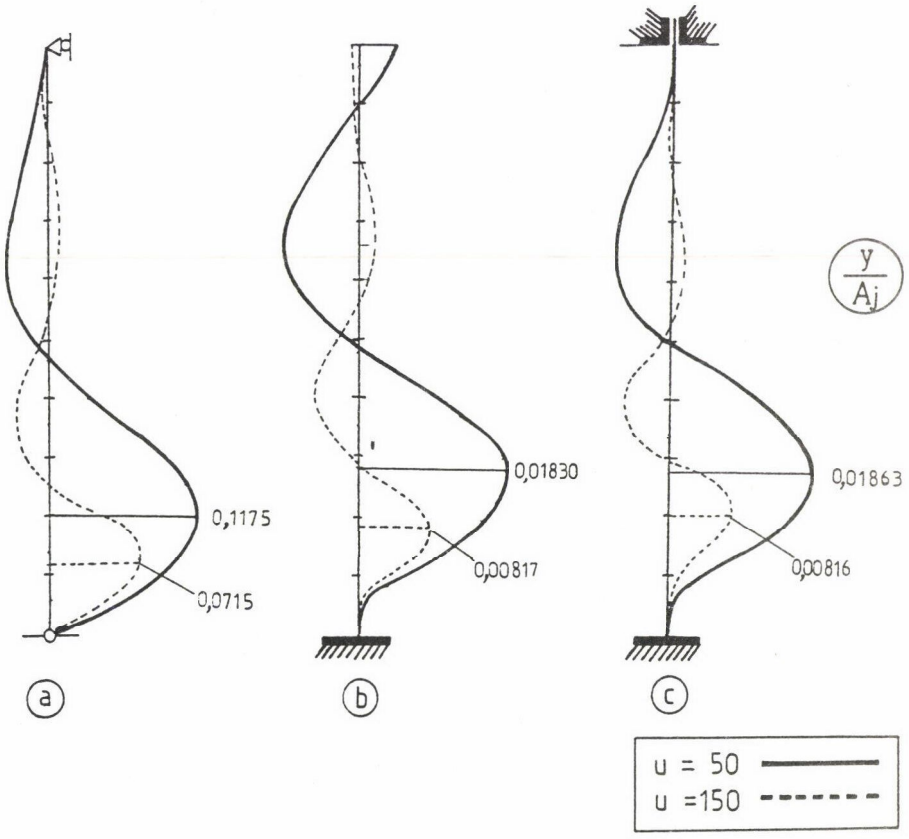
A 10., illetve 11. ábrán a gyenge, illetve az erős rugalmas ágyazásra (rövid, illetve hosszú rúdra vagy nagy, illetve kis hajlítómerevségre) vonatkozó eredmények láthatók. Elméleti szempontból fontos, hogy a 11. ábra görbéi az u paraméter igen nagy értékeinél (ill. $u \longrightarrow \infty$-nél) átmennek a 2.2.2. pontban tárgyalt Zimmermann-féle egyenesbe.

3.2.3. A sajátfüggvények

A 12. ábrán bemutatott kihajlási sajátfüggvények alakja jó összhangban van a λ_{cr} kritikus teherparaméterekre vonatkozó eddigi megállapításainkkal.

A konzol (b) és a befogott rúd (c) kihajlási alakjának ilyen hasonlósága nyilván megfelel a 9. ábra b és c jelű görbéinek $u > 40$-re érvényes majdnem teljes egybeesésének. A kihajlási jelenség jellegét ebben a tartományban az alsó peremfeltételek szabják meg, a felső peremek hatása elenyésző ("hosszú" rúd).

A kétcsuklós rúdra (a) vonatkozóan is érvényes az, hogy a kihajlási alak domináns része a rúd alsó peremhez közeli tartományában alakul ki.



12. ábra. Jellegzetes kihajlási alakok

Az a eset sajátfüggvényének jellege hasonló a b és c esethez tartozóéhoz, de lévén, hogy alul csukló van, a rúd teherbírása kisebb, mint a konzolé (9. ábra: a).

További fejtegetések találhatók még /6/-ban (pl. előzetes gondolatok a későbbi nem lineáris vizsgálatokhoz).

3.2.4. Közelítő eljárások

A Ritz-féle módszerrel, egytagú közelítő bázisfüggvény (sinus, ill. cosinus alakú) felvételével /6/-ban az alábbi közelítő összefüggéseket vezettük le kétcsuklós rúdra

$$\lambda_{cr} = \frac{P_{cr}\ell}{P_{crE}} \approx 1{,}881\ (i^2 + \frac{u^2}{\pi^4}\frac{1}{i^2}), \qquad i = 1, 2, 3, \ldots \tag{3.23}$$

ill. konzolra:

$$\lambda_{cr} \approx 0{,}4722 \frac{i^4 + \frac{32}{\pi^4}\left(\frac{3}{2} + k\frac{4}{\pi i}\right)u^2}{i^2 - \frac{4}{\pi^2}}. \qquad (3.24)$$

$$i = 1, 3, 5, \ldots$$

Ha i = 1, 5, ..., akkor k = -1, ha i = 3, 7, ..., akkor k = 1.

A fenti képletek az $u < 10$ tartományban a pontos megoldáshoz igen közeli eredményeket szolgáltatnak (6., 8., 10. ábra).

A gyakorlati számítások céljára a 6. és 7. ábrán látható a, ill. b jelű görbék az alábbi egyszerű függvényekkel közelíthetők:

Kétcsuklós rúd (6. ábra a):

$$\lambda_{cr} \approx 1{,}881 + 0{,}05410 \cdot u^{\frac{3}{2}}, \qquad (3.25\ a)$$

$$0 \leqslant u \leqslant 20$$

$$\lambda_{cr} \approx 6{,}72 + 0{,}2444(u - 20). \qquad (3.25\ b)$$

$$20 \leqslant u \leqslant 200$$

Konzol (7. ábra b):

$$\lambda_{cr} \approx 0{,}794 + 0{,}0535 \cdot u^2, \qquad (3.26\ a)$$

$$0 \leqslant u \leqslant 10$$

$$\lambda_{cr} \approx 6{,}14 + 0{,}4327(u - 10), \qquad (3.26\ b)$$

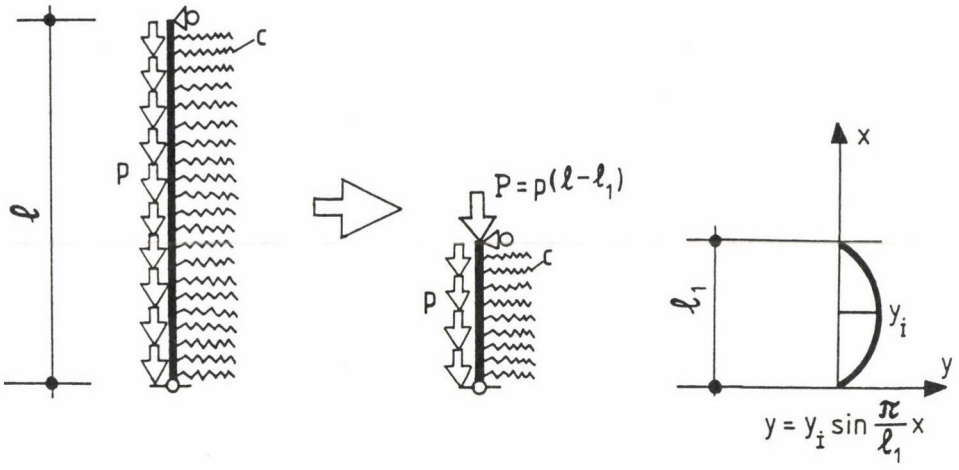
$$10 \leqslant u \leqslant 40$$

$$\lambda_{cr} \approx 19{,}12 + 0{,}2985(u - 40). \qquad (3.26\ c)$$

$$40 \leqslant u \leqslant 200$$

Megmutattuk, hogy a 3.2.2. pontban említett Zimmermann-féle szabadvégű rúd $u \longrightarrow \infty$-hez tartozó megoldását meg lehet kapni a 13. ábrán vázolt modell segítségével is:

$$\lambda_{cr} = \frac{u}{\pi^2}. \qquad (3.27)$$



13. ábra. Közelítő módszer az u $\longrightarrow \infty$ esethez

Mivel ez a modell a 3.2.2., 3.2.3. pontokban írtakból következik, eredményünk a 2a.--c. ábrákon vázolt feladatok megoldásainak u $\longrightarrow \infty$-hez tartozó határeseteként, illetve alsó korlátjaként fogható fel (11. ábra).

IRODALOM

/1/ Column Research Committee of Japan: Handbook of Structural Stability. Corona Company, Tokyo 1971.

/2/ **Gáspár, Zs.:** Imperfection — sensitivity at near-coincidence of two critical points. Journal of Struct. Mechanics 13 (1984).

/3/ **Gioncu, V.—Ivan, M.:** Bazele calculului structurilor la stabilitate. Facla, Timişoara 1983.

/4/ **Hetényi, M.:** Beams on Elastic Foundation. Ann Arbor, Michigan, London, Oxford 1955.

/5/ **Jankó, L.:** Buckling of a Cantilever on Elastic Foundation Loaded on Top by Concentrated Force. Acta Technica (sajtó alatt).

/6/ **Jankó, L.:** Buckling of Bars on Elastic Foundation Subjected to Uniformly Distributed Axial Loads. Acta Technica (sajtó alatt).

/7/ **Petersen, C.:** Statik und Stabilität der Baukonstruktionen. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden 1982.

/8/ **Pflüger, A.:** Stabilitätsprobleme der Elastostatik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1975.

/9/ **Ratzersdorfer, J.:** Die Knickfestigkeit von Stäben und Stabwerken. Springer Verlag, Wien 1936.

/10/ **Thompson, J. M. T.—Hunt, G. W.:** A General Theory of Elastic Stability. John Wiley & Sons, London, New York 1973.

/11/ **Timoshenko, S. P.—Gere, J. M.:** Theory of Elastic Stability. McGraw--Hill Company, New York, London 1961.

/12/ **Tuma, I. I.:** Engineering Mathematics Handbook. McGraw--Hill Company, New York--Toronto 1987.

Dr. Domokos Gábor*, a műszaki tudomány kandidátusa

RUGALMAS VONALKONTINUUMOK NAGY ELMOZDULÁSAI

1. BEVEZETÉS

Dolgozatunk célja a tetszőleges kezdeti alakkal, az ívhossz mentén tetszőlegesen változó fajlagos hajlékonysági mátrixszal rendelkező, ugyancsak tetszőleges, megoszló erő- és nyomatékrendszerrel terhelt és peremein tetszőlegesen megtámasztott vonalkontinuumok állapotváltozásának globális követésére alkalmas matematikai apparátus kiépítése. A célkitűzés pontosabb megfogalmazása érdekében röviden áttekintjük a téma szakirodalmát.

Vonalkontinuumok nem lineáris vizsgálatával **J. Bernoulli** (1694) kezdett foglalkozni, meghatározván a síkbeli, hajlított (húzás-nyomásra és nyírásra merev) rúd egyenletét. Az ebben az egyenletben található téves konstansot **D. Bernoulli** javaslatára **Euler** (1744) korrigálta, levezetvén az "elasztika" egyenletet. Az elasztika egyenlet egyik legátfogóbb numerikus vizsgálatát **Saalschütz** (1880) végezte el. Később **Kirchhoff** (1897) rámutatott a matematikai inga és az elasztika közötti analógiára. **Love** (1927) részletesen elemezte az analógiát, és e szempont szerint osztályozta az elasztika integrálgörbéit.

Az elasztikával kapcsolatos újabb vizsgálatok irodalmát elemzi **Eisley** (1963). Ezek többségükben konzoltartó lehajlását vizsgálják. Az újabb irodalomból külön figyelmet érdemel **Stern** (1979) és (1984) munkája, melyben az elasztika különböző megoldásait elemzi. **Stern** nem hivatkozik **Saalschütz** (1880) könyvére, és részben ehhez igen hasonló ábrákat közöl. Vizsgálatai azonban túlmutatnak **Saalschütz** művén, ugyanis egyrészt számítógépre támaszkodva közöl rendkívül alaposan kidolgozott összehasonlító számításokat, másrészt a numerikus eredményeket fényképpel is dokumentált kísérletekkel veti össze. A szerző nem figyel fel a két rúdvégi csukló fedésbe kerülésekor

*BME Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani Tanszék, Budapest, 1990.

keletkező szingularitásra. Ezt a problémát a 3.2.3. alpontban fogjuk megvizsgálni.

Pflüger (1950) az elasztikánál némileg általánosabb problémát vizsgál: csak nyírásra tekinti merevnek a síkbeli rudat. Az egyensúlyi feltételt két másodrendű, implicit differenciálegyenlet formájában fogalmazza meg, majd az elfordulás mint változó bevezetésével egy másodrendű, explicit alakra hozható egyenletre jut. Szintén nyírásra merev rudakat vizsgál **Clemens** (1983), elsősorban stabilitás szempontjából. Részletesen foglalkozik a forgatómátrix szerkezetével, de nem világít rá a különböző dimenziókban értelmezett forgatómátrixok közötti kapcsolatra. A rúd geometriáját klasszikus differenciálgeometriai módszerrel tárgyalja. A rúd összenyomhatóságának hatását elemzi numerikusan **Kokarakis** és **Bernitsas** (1987). Korlátozottan nagy elmozdulások esetén hasonlítja össze a különböző közelítő módszereket a **Pflüger** által közölt általánosított elasztika numerikus megoldásával **Kounadis** és **Mallis** (1988).

A vonalkontinuum másik speciális esete a kötél. A láncgörbe egyenlete már **Lagrange** (1788) előtt ismert volt. Ő ennél jóval általánosabb problémát is vizsgált: levezette az általános teherrel terhelt, térbeli, tökéletesen hajlékony, nyírásra merev, tengelyirányban rugalmas kötél egyensúlyi feltételét az anyagegyenlet részletesebb megadása nélkül. Az egyensúlyi feltételt variációs elven írta fel, a lánc esetében az ívhossz nyújthatatlanságát a róla elnevezett multiplikátorral vette figyelembe. Megállapítja, hogy a variációs feladat alapját képező funkcionál a rugalmas kötél és a lánc esetében analóg. A rugalmas kötélnél a terhet a megnyúlt ívhossz szerint tekinti adottnak. Erre az esetre nem vezeti le a variációs feladathoz tartozó differenciálegyenletet. A **Lagrange** által vizsgált problémának mérnöki szempontból érdekes speciális esete, amikor a kötelet csak saját súlya terheli. Ekkor egyetlen skalár differenciálegyenlettel megadható az egyensúlyi alak. Ennek az egyenletnek egy partikuláris megoldását mutatja be **Egerváry** (1954), magát az egyenletet azonban nem adja meg. Ugyanezt a megoldást vizsgálja numerikusan **Vermes** (1986). Implicit, ívhossz szerinti differenciálegyenlet-rendszer formájában tárgyalja a feladatot **Dickey** (1976), és kvalitatíve osztályozza a megoldásokat. A csekély hajlítómerevséggel rendelkező, tengelyirányban merev kötelet elemzi numerikusan **Wang** és **Watson** (1982). Kötelekkel merevített szerkezetek rezgésével kapcsolatban vizsgálja a feszítőkötelek nem lineáris viselkedését **Kollár** (1972) másodrendű elmélettel.

Az elasztika és a rugalmas kötél egyenleténél jóval általánosabb problémát tárgyal könyvében **Clebsch** (1862). Annyi megszorítást tesz csupán, hogy

feltételezi a fizikai linearitást, és a vonalkontinuum kezdeti alakját és önfeszültségeit csak meglehetősen speciális esetben tudja figyelembe venni. Feltételezi továbbá, hogy a fajlagos merevségi mátrix diagonális. **Clebsch** nem vizsgálja az általa levezetett egyenletrendszer kapcsolatát a kötél-egyenletekkel. A **Clebsch**-egyenleteknél elemzi a hőmérséklet-változás hatását **Klinger** (1942). Ugyanezen egyenleteket általánosítja később kismértékben **Schröter** (1972), megengedvén, hogy a csavarási középpont ne essék egybe a súlyponttal. Munkájában numerikus eredményeket és számítógépi programrészleteket is közöl rudak számításával kapcsolatban. (A továbbiakban az "n dimenziós vektorra vonatkozó" jelző helyett az "n dimenziós" jelzőt használjuk.) Az általa általánosított differenciálegyenleteket a 3 dimenziós esetben egy elsőrendű, 12 dimenziós differenciálegyenletben foglalja össze, amely lényegében a **Clebsch**-féle egyenletek átírásának tekinthető. Kötelek vizsgálatával — **Clebsch**-hez hasonlóan — nem foglalkozik.

Schröterhez hasonlóan **Ahrens** (1969) is 12 dimenziós, elsőrendű differenciálegyenletre jut. Részletesen foglalkozik a rugalmas ágyazással. Csak lineárisan rugalmas anyagot vizsgál, és a rúd kezdeti alakjára, illetve önfeszültségeire korlátozásokat tesz. Kötelekkel ő sem foglalkozik. **Bürgermeister, Steup** és **Kretzschmar** (1957) eredményeit továbbfejlesztve **Gáspár** (1976) az átviteli mátrixok módszerét alkalmazza vonalkontinuumok vizsgálatára. Dolgozatában csak a végein terhelt rúdra írja fel a differenciálegyenletet. Módszerének előnye **Clebsch** vizsgálataival szemben, hogy a kezdeti alakot korlátozás nélkül figyelembe tudja venni, az alkalmazott szimbolika révén az összefüggések tetszőleges dimenzióban igazak, a fajlagos hajlékonysági mátrix nem szükségszerűen diagonális és a feladat numerikusan (számítógéppel) lényegesen könnyebben kezelhető. **Gáspár** egyszerűsítő feltételezése (csak rúdvégi koncentrált teher) révén elsőrendű differenciálegyenlet-rendszerre jutott, szemben **Clebsch** másodrendű egyenleteivel.

Ezek után az első rész-feladat (amelyet a dolgozat 2. pontja fog tárgyalni) **Gáspár** apparátusának kiterjesztése a **Clebsch** által vizsgált problémára oly módon, hogy elvileg a fizikai nem linearitás is figyelembe vehető legyen. Külön feladat a lineárisan rugalmas anyag esetére felírható összefüggések vizsgálata. A kitűzött célok érdekében be fogjuk vezetni az ismert átviteli mátrix ívhossz szerinti deriváltját, ezzel általánosítva az eddig csak véges távolságokra alkalmazott átviteli mátrix fogalmát. Meg szeretnénk vizsgálni, hogy az alkalmazott differenciálegyenletek rendjének van-e mechanikai tartalma, vagyis a fizikai megértés szempontjából közömbös-e, hogy egy

d-dimenziós másodrendű egyenletet vagy annak **Cauchy**-átírásával kapott (matematikailag ekvivalens) 2d-dimenziós elsőrendű egyenletet vizsgálunk.

Az elemi statika és szilárdságtan többségében olyan problémákat tárgyal, amelyek egy explicit, skalár differenciálegyenlettel megadhatók, és amelyekből ráadásul az ívhossz ki is van küszöbölve. További célja a 2. pontnak, hogy ezen ismert egyenletek és az általános egyenlet közötti összefüggést tisztázza. Megkíséreljük levezetni a síkbeli, tengelyirányban rugalmas kötél egyenletét is. Célunk, hogy ezzel megmutassuk, miszerint a rudak és kötelek (az elemi szilárdságtanban) egységes elmélettel kezelhetők, tehát az itt levezetett egyenletekből felépített matematikai modell ellentmondásmentes. Az egyes speciális eseteknek az általános egyenletből való levezetése többek között egyértelművé teszi, hogy melyik egyenlet milyen közelítést tartalmaz. Az általunk használt (tehát az elemi szilárdságtan feltételezéseit elfogadó) modell és más, általánosabb rúdmodellek kapcsolatát mutatja be **Antman** (1976).

A harmadrendű elmélet alkalmazásával kapcsolatos további probléma, hogy a nagy elmozdulások leírására olyan apparátusra van szükség, mely az egyensúlyi utat egy véges dimenziós térben vizsgálja. Ezt az irodalomban általában úgy valósították meg (**Thompson** és **Hunt**, 1983), hogy a vizsgált függvény harmonikus sorfejtésének első véges sok tagját tekintették. Arra azonban, hogy hány tagot kell tekinteni, ha globálisan vizsgáljuk az egyensúlyi utat, nincs matematikailag alátámasztott, általános érvényű szabály. A 3. pont célja egy olyan apparátus kiépítése, mely matematikai garanciával lehetővé teszi a 2. pontban tárgyalt vonalkontinuumok egyensúlyi útjainak globális leírását véges dimenziós térben.

2. A DIFFERENCIÁLEGYENLETEK SZÁRMAZTATÁSA

Az egydimenziós (vonal-) kontinuumok differenciálegyenleteinek származtatásánál az elemi szilárdságtan szokásos feltételezéséből indulunk ki.

— A kontinuumot infinitezimális vastagságú merev szeletek rugalmasan kapcsolt láncolataként kezeljük.

— A szeleteket kapcsoló rugók dolgozhatnak húzás-nyomás, nyírás, hajlítás vagy csavarás ellen.

— A rugók linearitását nem követeljük meg.

2.1. Az általános egyenlet

Célunk olyan egyenlet levezetése, mely 1, 2, és 3 dimenzióban egyaránt alkalmazható. Az egyik lehetőség az volna, hogy mindent 3 dimenzióban veze-

tünk le és később a megfelelő változókat elhagyjuk. A másik lehetőség, hogy n-dimenziós ($n \leq 3$) egyenletet vezetünk le, melybe bármely n behelyettesíthető. Az utóbbi módszer előnye, hogy talán jobban feltárja a különböző dimenzióban felírt egyenletek közös vonásait és szükségtelenné teszi az ismert, de hosszadalmas 3 dimenziós képletek közlését, mivel a későbbiekben elsősorban 2 dimenziós eseteket fogunk tárgyalni.

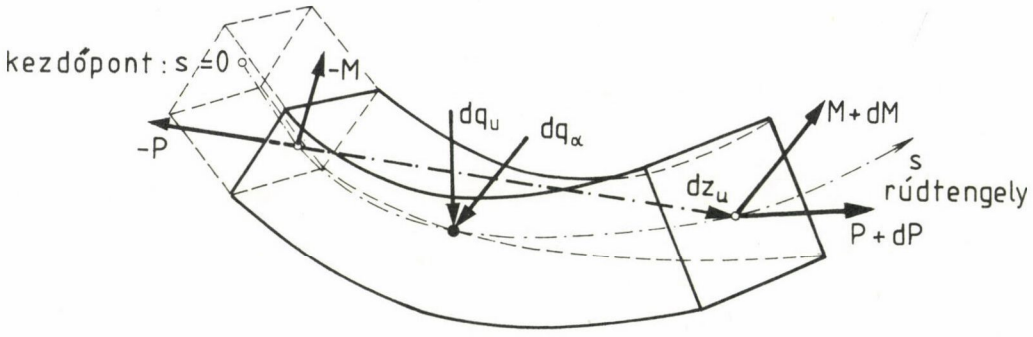
2.1.1. A statikai egyenlet

Egy merev test mozgási szabadságfoka az n-dimenziós euklideszi térben $\binom{n+1}{2}$, ugyanis $\binom{n}{1}$ = n eltolódási és $\binom{n}{2} = \frac{1}{2}(n^2 - n)$ elfordulási szabadságfokkal rendelkezik. Ennek megfelelően a vonalkontinuum helyzetét egy n-dimenziós $z_u(s)$ eltolódás-vektor és egy $\binom{n}{2}$-dimenziós $z_\alpha(s)$ elfordulás-vektor rögzíti, ahol s a kezdőponttól mért nyúlásmentes ívhosszat jelenti. A megnyúlt ívhosszat S-sel jelöljük. A terhet analóg módon az n-dimenziós $q_u(s)$ erő-vektor és az $\binom{n}{2}$-dimenziós $q_\alpha(s)$ nyomaték-vektor írja le. Ezek a vektorok a kezdőponttól az s pontig mért teher integrálját jelentik, tehát a szokásos teher-intenzitást a $\dot{q}_u$ és $\dot{q}_\alpha$ nyúlásmentes s ívhossz szerinti deriváltak szolgáltatják. A $\frac{d}{ds}$ operátort ezután mindig felső ponttal jelezzük. Az egyes tehervektorok természetesen csak a saját komponenseikből származó integrálokat tartalmazzák, tehát a nyomatéki teherbe nem számít bele az erő jellegű teher nyomatéka. Ennek az integrálos megoldásnak az a célja, hogy a különböző vetületekben adott terheket a későbbiekben mint ugyanazon vektor különböző változók szerinti deriváltjait kezelhessük. A kontinuum belső erőit úgy értelmezzük, mint a kezdőpontot tartalmazó darabra az átmetszés helyén ható n-dimenziós P erő-vektort és $\binom{n}{2}$-dimenziós M nyomaték-vektort. Megjegyezzük, hogy háromnál magasabb dimenzióban a nyomatékot már nem lehet vektorként értelmezni, ugyanis ekkor egy kétdimenziós altérnek nincsen egyértelmű normálisa. A kontinuum akkor van egyensúlyban, ha elemei is egyensúlyban vannak. Az egyensúly feltételét tehát az ívelemre ható dinámrendszer alapján írjuk fel, amelyet az 1. ábra illusztrál 3 dimenzióban.

Az egyensúlyi feltételt az

$$\begin{aligned} 1. \quad & dP = -dq_u \\ 2. \quad & dM = dz_u \times P - dq_\alpha \end{aligned} \tag{1}$$

egyenletrendszer szolgáltatja. A fenti egyenletrendszerről, amely csak differenciálokat tartalmaz, tehát a megnyúlt és nyúlásmentes állapotban egyaránt igaz, célszerűen a nyúlásmentes s ívhossz szerinti deriváltakat tartalmazó



1. ábra. Az ívelemre ható dinámok

$$\begin{aligned} 1.\quad & \dot{P} = -\dot{q}_u \\ 2.\quad & \dot{M} = \dot{z}_u \times P - \dot{q}_\alpha \end{aligned} \tag{2}$$

egyenletrendszerre térünk át. A (2/2) egyenletben szereplő vektoriális szorzat egy, a P vektorra alkalmazott $\dot{B}_M$ lineáris operátornak is tekinthető:

$$\begin{aligned} 1.\quad & \dot{P} = -\dot{q}_u \\ 2.\quad & \dot{M} = \dot{B}_M P - \dot{q}_\alpha . \end{aligned} \tag{3}$$

A fenti egyenletrendszer tovább tömöríthető, ha bevezetjük a **Szabó** és **Roller** (1978) által javasolt B átviteli hipermátrixot, melynek szerkezete n dimenzióban a következő:

$$B = \begin{bmatrix} E_{(n_1)} & 0 \\ B_M & E_{(n_2)} \end{bmatrix}, \tag{4}$$

ahol E_i az i-edrendű egységmátrixot jelöli. Az igénybevételeket, terheket és elmozdulásokat is hipervektorokba írhatjuk:

$$M = \begin{bmatrix} P \\ m \end{bmatrix}, \quad q = \begin{bmatrix} q_u \\ q_\alpha \end{bmatrix}, \quad z = \begin{bmatrix} z_u \\ z_\alpha \end{bmatrix}. \tag{5}$$

A (4) és (5) egyenletek a koordinátás tárgyalást feltételezik, míg erre a (3) egyenletben nem volt szükségünk. Visszahelyettesítve a (4) és (5) alakokat a (3) egyenletrendszerbe, a

$$\dot{D} = \dot{B}D - \dot{q} \tag{6}$$

tömör összefüggést nyerjük. A koordinátás tárgyalásmódban minden vektort egy külső, globális descartes-i koordináta-rendszerben adunk meg. A későbbiekben szükségünk lesz ugyanezen vektoroknak a rúd keresztmetszetéhez illesztett, lokális koordináta-rendszerben számítható komponenseire. A lokális rendszert mindig a globális rendszer merevtest-szerű elforgatásával származtatjuk. A nyomatéki- és erő-vektor komponensei külön-külön az ortogonális forgatócsoport egyik elemével transzformálódnak. Ez a transzformáció-csoport Lie-csoport, és ezért egy infinitezimális generátor segítségével egy differenciálegyenlettel adható meg. Ez a generátor **Boerner** (1967) szerint nem más, mint az egyes tengelyek körüli virtuális szögsebességekből alkotott ferdén szimmetrikus A mátrix, melynek $a_{ij} = -a_{ji}$ eleme az [ij] síkban értelmezett virtuális szögsebesség. E mátrix segítségével az elforgatott u vektorra az

$$\frac{du}{dt} = Au \tag{7}$$

differenciálegyenletet írhatjuk fel, melynek megoldása a szokásos értelemben vett $T_{(\frac{n}{1})}$, ill. $T_{(\frac{n}{2})}$ forgatómátrix, aszerint, hogy az erő- vagy nyomaték-vektort forgatjuk. A (7) egyenlet megoldását síkbeli rúd esetében a következő pont elején illusztráljuk. A 3 dimenziós esetet **Sneddon** (1976) tárgyalja. A $T_{(\frac{n}{1})}$ és $T_{(\frac{n}{2})}$ mátrixok ismeretében könnyen megadható a T hipermátrix, amely a teljes D belsőerő-dinámot forgatja:

$$T = \begin{bmatrix} T_{(\frac{n}{1})} & 0 \\ 0 & T_{(\frac{n}{2})} \end{bmatrix}. \tag{8}$$

2.1.2. Az alakváltozási egyenlet

Az alakváltozások meghatározásaihoz szükségünk van a vonalkontinuum kezdeti formájára, térbeli helyzetére azonban nem, ugyanis ez már kezdeti értékeket is tartalmaz, mi pedig csak a differenciálegyenletet szeretnénk felírni. A kezdeti formát leíró vektort azonban a teljes kezdeti térbeli helyzetet leíró

$$v(s) = \begin{bmatrix} v_u(s) \\ v_\alpha(s) \end{bmatrix}$$

$\binom{n+1}{2}$ dimenziós hipervektorból vezetjük le, melyet a z(s) hipervektorral teljesen analóg módon a globális koordináta-rendszerben értelmezünk. Célunk, hogy a formát olyan $\binom{n+1}{2}$ skalár függvénnyel adjuk meg, mely a vonalkontinuum fizikai, n dimenziós terében értelmezett ortogonális koordináta-transzformációkra, tehát a párhuzamos eltolásra és forgatásra nézve invariáns.

Ez a megadási forma az eredeti állapotvektornál kevesebb információt fog tartalmazni, éppen az információ hiánya engedi meg, hogy ebben a megadási formában az említett transzformációkra nézve invariáns maradjon a vektor. A továbbiakban azt kíséreljük meg nyomon követni, hogy azon matematikai átalakítások során, melyekkel az eredeti állapotvektorból eljutunk az általunk keresett reprezentációig, mikor és milyen információ vész el.

A v(s) vektor $\dot{v}(s)$ deriváltja az $\binom{n+1}{2}$ dimenziós térben értelmezett párhuzamos eltolásokra nézve invariáns. Bennünket ebből csak az első $\binom{n}{1} = n$ mozgási szabadságfok érdekel, hiszen a maradék $\binom{n}{2}$ csupán matematikai értelemben jelent eltolódást, fizikailag a keresztmetszetek és a rúdtengely által bezárt szögek változtatásával egyenértékű. A Z állapotvektor deriválása azért jelent információveszteséget, mert ez a transzformáció nem invertálható, hiszen az integrálási konstansok határozatlanok.

Az n dimenziós fizikai térben való elforgatásra úgy tehetjük invariánssá az első n komponenst, ha őket a maradék $\binom{n}{2}$ komponens által rögzített helyzetű koordináta-rendszerben értelmezzük, más szóval áttérünk a lokális koordináta-rendszer használatára. Ez a transzformáció pusztán matematikai szempontból invertálható ugyan, de a transzformációnak, illetve inverzének végrehajtásához éppen a globális koordináta-rendszerben megadott eredeti állapotvektorra van szükségünk. Ez azonban a lokális rendszerre való áttérés után már nem tekinthető ismertnek; így jönnek tehát létre a merevtest-szerű elfordulást jelentő szabadsági fokok.

Ezek szerint tehát a $\dot{v}(s)$ vektort a lokális koordináta-rendszerbe transzformáljuk:

$$\tilde{\dot{v}} = \tilde{T}\dot{v}. \qquad (9)$$

Ebben az egyenletben $\tilde{T}$ a korábban definiált T forgatómátrixszal azonos szerkezetű, de nem a z_α, hanem a v_α szögek szögfüggvényeit tartalmazza. Ezt jelzi a transzformált vektor feletti hullámvonal. A $\tilde{\dot{v}}$ vektort T^{-1}-gyel szorozva nem a $\dot{v}$ vektort nyernénk vissza. Erre a visszaforgatott vektorra később egy új jelölést fogunk bevezetni.

A kezdeti állapot ívhosszát s_0-lal jelölve könnyű megmutatni, hogy a $\tilde{\dot{v}}$ vektor tengelyirányú $\tilde{v}_{\bar{x}}$ komponense

$$\tilde{v}_{\bar{x}} = \dot{s}_0, \tag{10}$$

speciálisan, ha a kezdeti ívhossz egyben nyúlásmentes is, akkor $\tilde{v}_{\bar{x}} = 1$.

A lokális koordináta-rendszerben való megadás igen élesen mutatja, hogy a vizsgált vonalkontinuumok csak kvázi-egydimenziósak. Egydimenziós sokaságok ugyanis mindig euklideszi belső geometriával rendelkeznek, tehát a magasabb dimenziójú euklideszi térbe végtelenül sok eltérő formában ágyazhatók be. A vizsgált vonalkontinuumot leginkább úgy képzelhetjük el, mint egy egydimenziós sokaságot, melyhez egy δ sugarú magasabb dimenziós környezetet is definiálunk, amelybe a sokaság be van ágyazva. A környezet és a sokaság együttesen már természetesen megőrzi formáját. Iménti tárgyalásunkban a sokaságot az első n koordináta, a beágyazó környezetet a maradék $\binom{n}{2}$ koordináta jelentette.

Az igénybevételek és alakváltozások között az f anyagegyenlet rögzíti a kapcsolatot:

$$\bar{D} = f(T\dot{z}, \tilde{T}\dot{v}). \tag{11}$$

Feltéve, hogy a kezdeti alak feszültségmentes és az anyag lineárisan rugalmas, ez speciálisan így írható:

$$\bar{D} = \bar{F}^{-1}(T\dot{z} - \tilde{T}\dot{v}),$$

ahol $\bar{F}^{-1}$ a rúd fajlagos merevségi mátrixa. A fajlagos hajlékonysági mátrixot $\bar{F}$-fel fogjuk jelölni, és a két mátrixot egymás inverzének tekintjük. Szinguláris mátrixok esetén kis zavarással érhetjük el az invertálhatóságot, ezt azonban a levezetésekben a rövidség kedvéért nem fogjuk jelezni.

A továbbiakban mindig a lineárisan rugalmas anyagú, kezdetben (ill. terheletlen állapotban) feszültségmentes esetet vizsgáljuk, de megjegyezzük, hogy a (6) és (11) egyenletek segítségével számítógépen kényelmesen nyomon követhető fizikailag sem lineáris, önfeszültségi állapotban lévő rúd viselkedése is. Az egyszerűség kedvéért bevezetjük továbbá a

$$T^{-1}\tilde{T}\dot{v} = \dot{z}_0 \tag{12}$$

jelölést, melynek segítségével anyagegyenletünk a

$$\bar{D} = \bar{F}^{-1}T(\dot{z} - \dot{z}_0) \tag{13}$$

alakot ölti. Figyelembe véve, hogy

$$\bar{D} = TD, \tag{14}$$

a (13) összefüggés így írható:

$$D = T^{-1}\bar{F}^{-1}T(\dot{z} - \dot{z}_0). \tag{15}$$

Ez viszont nem más, mint

$$D = F^{-1}(\dot{z} - \dot{z}_0), \tag{16}$$

ahol F^{-1} a globális koordináta-rendszerben értelmezett fajlagos merevségi mátrix, hiszen a fajlagos merevségi mátrix egy koordináta-invariáns vektor—vektor függvény reprezentációja.

A (6) és (16) egyenlet együttesen meghatározza az általános alakváltozási egyenletet. A numerikus vizsgálatok szempontjából kedvezőbb ez a szétválasztott alak, de az áttekinthetőség szempontjából nem. Ezért behelyettesítjük a (16) egyenletet (6)-ba:

$$[F^{-1}(\dot{z} - \dot{z}_0)]^{\cdot} = \dot{B}F^{-1}(\dot{z} - \dot{z}_0) - \dot{q}. \tag{17}$$

Elvégezve a kijelölt deriválást:

$$F^{-1}\ddot{z} - F^{-1}\ddot{z}_0 + F^{-1}\ddot{z} - F^{-1}\ddot{z}_0 = \dot{B}F^{-1}(\dot{z} - \dot{z}_0) - \dot{q}, \tag{18}$$

illetve explicit alakra hozva

$$\ddot{z} = (F\dot{B}F^{-1} - FF^{-1\cdot})(\dot{z} - \dot{z}_0) + \ddot{z}_0 - F\dot{q}. \tag{19}$$

Mivel $FF^{-1} = E$, ezért a szorzat deriválási szabálya szerint

$$(FF^{-1})^{\cdot} = \dot{F}F^{-1} + FF^{-1\cdot} = 0.$$

Ezek szerint tehát

$$FF^{-1\cdot} = -\dot{F}F^{-1}, \tag{20}$$

amit a (19) egyenletbe helyettesítve a

$$\ddot{z} = (F\dot{B}F^{-1} + \dot{F}F^{-1})(\dot{z} - \dot{z}_0) + \ddot{z}_0 - F\dot{q}. \tag{21}$$

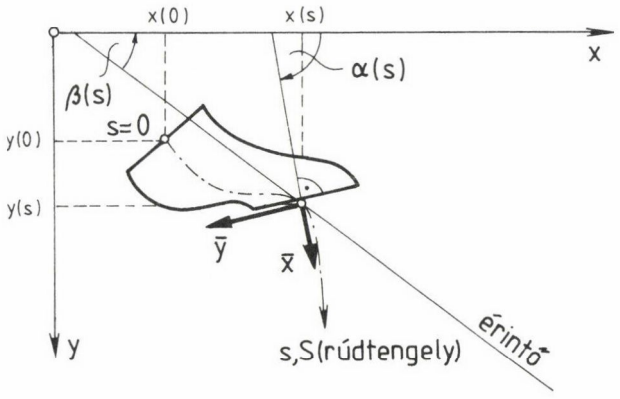
alakot kapjuk. Ez a másodrendű, közönséges, $\binom{n+1}{2}$ dimenziós explicit differenciálegyenlet a lineárisan rugalmas anyagú vonalkontinuumok általános alakváltozási egyenletének egy célszerű alakja. A további levezetések szempontjából hasznos lesz az ezzel egyenértékű

$$\ddot{z} = (F\dot{B} + \dot{F})D + \ddot{z}_0 - F\dot{q} \tag{22}$$

alak, melyet (16)-nak (21)-be való helyettesítésével nyertünk. A fenti egyenletet az itt leírttól kissé eltérő módon vezeti le **Domokos** (1988a).

2.2. Speciális esetek

Ebben a pontban elsősorban (az utolsó alpont kivételével) síkbeli feladatokkal foglalkozunk, ezért most elöljáróban levezetjük az ekkor érvényes speciális összefüggéseket. Koordináta-rendszereinket a 2. ábra illusztrálja:



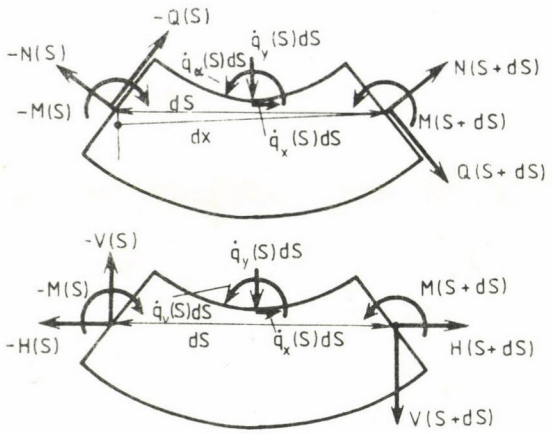
2. ábra. Koordináta-rendszerek

A rúd alakját a

$$z(s) = \begin{bmatrix} x(s) \\ y(s) \\ \alpha(s) \end{bmatrix}$$

vektor rögzíti. A keresztmetszetenként értelmezett $\bar{x}\bar{y}$ lokális koordináta-rendszert oly módon illesztettük a kezdőpontot tartalmazó rúdrészhez, hogy az $\bar{x}$ tengely a keresztmetszet külső normálisa legyen. A rúdtengely érintőjének irányszögét β, a keresztmetszet külső normálisának irányszögét α jelöli, és, mint az ábrán is látható, általános esetben $\alpha \neq \beta$. A koordináta-rendszerekkel összhangban értelmezzük az ívelemre ható belsőerő-komponenseket is, amit a 3. ábra mutat.

A továbbiakban minden olyan mennyiséget, amelyet ugyanaz a betű jelöl a globális és lokális rendszerben, felülvonással tüntetünk ki, ha a lokális rendszerben értelmezzük.



3. ábra. A síkbeli ívelemre ható dinám-komponensek

Az egyensúlyi egyenlet felírásához meg kell határoznunk a $\dot{B}$ hipermátrixot. A $\dot{B}_M$ mátrix a vektoriális szorzat determináns-kifejtése alapján

$$\dot{B}_M = \left[-\dot{y}, \dot{x}\right] \tag{23}$$

alakú, és a (4) képlet szerint

$$\dot{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -\dot{y} & \dot{x} & 0 \end{bmatrix} . \tag{24}$$

A (6) hipermátrix-egyenlet ezek szerint síkban az alábbi három skalár egyenletre bomlik:

$$\begin{aligned} 1.\quad & \dot{H} = -\dot{q}_x \\ 2.\quad & \dot{V} = -\dot{q}_y \\ 3.\quad & \dot{M} = -\dot{y}H + \dot{x}V - \dot{q}. \end{aligned} \tag{25}$$

Ebben a három egyenletben összesen 8 függvény szerepel, melyek közül ha a terheket adottnak tekintjük, 5 marad ismeretlen. 3 egyenlet lévén, a megoldhatóság feltétele, hogy az 5 függvény közül kettőt ismerjünk, vagy amennyivel kevesebbet ismerünk, annyi kiegészítő egyenletet adjunk meg. (Megoldhatóságon egy legalább numerikusan integrálható differenciálegyenlet felírását értjük.) A furcsa aszimmetriát, mely szerint 3 belsőerő, de csak 2 elmozdulás-komponens van, az eredményezi, hogy a statikai vizsgálatok szempontjából a keresztmetszet elfordulását leíró α szög érdektelen, "belső" változó.

Ugyanezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy egy adott teher esetén egy merev rúd igénybevételei párhuzamos eltolásra invariánsak, de forgatásra nem. A továbbiakban különböző változatokat vizsgálunk a (25) egyenletrendszer megoldhatóságára, és ezáltal a statika ismert differenciálegyenleteihez fogunk jutni.

Mielőtt azonban rátérnék a megígért esetekre, levezetjük a forgatómátrix képletét a (7) egyenletből. Síkban n = 2, tehát a T_2 és T_1 mátrixot képletét keressük. A T_2 mátrix meghatározásához a 2 x 2-es ferdén szimmetrikus mátrixra van szükségünk. A síkbeli forgatáskor fellépő egyetlen szögsebességet ω-val jelöljük:

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix}. \tag{26}$$

A fenti egyenletből u_y kiküszöbölésével a

$$\frac{d^2u_x}{dt^2} = -\omega^2 u_x \tag{27}$$

egyenletet kapjuk, melynek általános megoldása **Korn** és **Korn** (1968) szerint

$$u_x = C_1\cos(\omega t) + C_2\sin(\omega t). \tag{28}$$

Az $u_y = \frac{1}{\omega}\frac{du_x}{dt}$ helyettesítéssel

$$u_y = -C_1\sin(\omega t) + C_2\cos(\omega t). \tag{29}$$

A (28) és (29) egyenletet együttesen így írhatjuk:

$$u = T_2 C, \tag{30}$$

ahol

$$u = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix} \qquad T_2 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix}, \qquad C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix}.$$

Az integrálási konstansokat azzal a triviális kezdeti feltétellel küszöbölhetjük ki, hogy $\omega t = 0$ elforgatási szög esetén az u vektor koordinátái a kezdeti u_0 vektor koordinátáival egyeznek meg. Ezek alapján

$$u = T_2 u_0. \tag{31}$$

A T_1 mátrix meghatározása egyszerű feladat, hiszen az 1 x 1-es ferdén szimmetrikus mátrix egyetlen zérus elemből áll. Ezt behelyettesítve a (7) egyen-

letbe, a triviális $T_1 = 1$ összefüggéshez jutunk. A (8) képlet alapján felírhatjuk a T hipermátrixot is:

$$T = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \qquad (32)$$

Ugyanezt a mátrixot pusztán szemlélet alapján is le lehet vezetni, a fenti absztraktabb tárgyalásmód célja mindössze a különböző dimenziókban érvényes forgómátrixok közötti kapcsolat bemutatása.

2.2.1. A kötél-egyenletek

Elsőként a statikai kötél-egyenletekkel foglalkozunk. A kötelek elméletében abból szoktak kiindulni, hogy

$$M = 0, \qquad (33)$$

azonban a statikai kötél-egyenletek levezetéséhez elegendő az

$$\dot{M} = 0 \qquad (34)$$

feltétel. Mivel így 3 egyenletünk lesz 4 ismeretlennel, várható, hogy egy ismeretlen függvény fog szerepelni a megoldásban. További szokásos feltételezés, hogy

$$\begin{aligned} &1. \quad \dot{q}_x = 0 \\ &2. \quad \dot{q}_\alpha = 0, \end{aligned} \qquad (35)$$

ami csupán a megoldást egyszerűsíti, de annak nem feltétele. A (34) feltétel és (25/3) alapján:

$$V = H\frac{\dot{y}}{\dot{x}} = Hy', \qquad (36)$$

ahol a ' a $\frac{d}{dx}$ operátort jelöli. Deriváljuk a fenti egyenletet:

$$\dot{V} = \dot{H}y' + H\dot{y}'. \qquad (37)$$

A (35/1) feltétel és (25/1) alapján azonban a jobb oldalon az első tag eltűnik:

$$\dot{V} = H\dot{y}'. \qquad (38)$$

A jobb oldalt tovább alakíthatjuk:

$$\dot{V} = H\dot{x}y'', \tag{39}$$

a bal oldalon pedig (25/2) miatt a függőleges teher áll:

$$-\dot{q}_y = H\dot{x}y''. \tag{40}$$

Vegyük figyelembe, hogy

$$\dot{x} = \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{dS}\frac{dS}{ds} = \dot{S}\cos(\beta) = \frac{\dot{S}}{\pm\sqrt{1 + y'^2}}.$$

Ennek alapján (40) a

$$y'' = -\frac{\dot{q}_y}{H\dot{S}}\left(\pm\sqrt{1 + y''^2}\right) \tag{41}$$

formában írható. A szokásos esetekben $\dot{x} > 0$, vagyis a kötél saját kezdőpontjától jobbra helyezkedik el, ekkor a zárójelben a + jel veendő figyelembe:

$$y'' = -\frac{\dot{q}_y}{H\dot{S}}\sqrt{1 + y'^2}. \tag{42}$$

Várakozásunknak megfelelően tehát egy olyan egyenletet kaptunk, amely egy ismeretlen $\dot{S}$ függvény erejéig leírja a kontinuum alakját. A statikai számításokban fel szokták tételezni, hogy a kötél (ívhossz) nyújthatatlan, tehát $\dot{S} = 1$, ekkor a (42) egyenlet az ismert

$$y'' = -\frac{\dot{q}_y}{H}\sqrt{1 + y'^2} \tag{43}$$

összefüggéssé alakul. Ennek a másodrendű, egyparaméteres differenciálegyenletnek a megoldása a láncgörbe $\dot{q}_y$ = konstans esetén. Ezek után foglalkozzunk a nyújtható kötél esetével.

Meghatároztuk tehát a rugalmas kötél "elvi" egyenletét, a (42) egyenletet, melyben az $\dot{S}$ függvényt nem rögzítettük.

A kötelek rugalmas tulajdonságaival kapcsolatban a szokásos feltételezés szerint

$$\overline{F} = \left\langle \frac{1}{EA}, 0, 0 \right\rangle, \tag{44}$$

ennek megfelelően annak érdekében, hogy ne jöhessenek létre végtelen fajlagos alakváltozások, fel kell tételeznünk, hogy

$$M = Q = 0. \tag{45}$$

Megemlítjük, hogy a statikai kötél-egyenleteknél az ennél gyengébb $\dot{M} = 0$ feltételezéssel éltünk. A (13) összefüggés felhasználásával az

$$\dot{\bar{x}} = \dot{\bar{x}}_0 + \frac{N}{EA} \tag{46}$$

egyenletet nyerjük, a másik két egyenlet határozatlan, $0 \times \infty$ alakú mennyiségeket tartalmaz. Felhasználva, hogy

$$\bar{x}_0 = ds, \qquad \bar{x} = dS,$$

azt kapjuk, hogy

$$\dot{S} = 1 + \frac{N}{EA}. \tag{47}$$

A normálerőnek a (14), (32), (44) és (45) egyenlet alapján nyert

$$N = \frac{H}{\cos(\alpha)} = \pm H \sqrt{1 + y'^2} \tag{48}$$

alakját behelyettesítve a (47) egyenletbe és ezt visszahelyettesítve a (42) egyenletbe, azt kapjuk, hogy

$$y'' = - \frac{\pm \dot{q}_y EA \sqrt{1 + y'^2}}{EAH \pm H^2 \sqrt{1 + y'^2}}. \tag{49}$$

A $\pm$ jeleket, hasonlóan a korábbiakhoz, azzal a szokásos kikötéssel tüntethetjük el, hogy a kötél saját kezdőpontjától jobbra helyezkedik el. Ekkor a + jel veendő figyelembe:

$$y'' = - \frac{\dot{q}_y EA \sqrt{1 + y'^2}}{EAH + H^2 \sqrt{1 + y'^2}}. \tag{50}$$

Az (50) egyenlet konstans $\dot{q}_y$ mellett integrálható, és az

$$y' = \operatorname{sh}\left(\frac{\dot{q}_y}{H}(C - x) - \frac{H}{EA} y'\right) \tag{51}$$

elsőrendű, implicit differenciál-egyenletre vezet, ahol C integrálási konstans. A fenti egyenlettel a lineárisan rugalmas feszítő kábelek tetszőlegesen nagy elmozdulásai követhetők.

Ezek után még egy speciális feladatot vizsgálunk, melyet általában a statikai feladatok között szoktak tárgyalni, mivel pusztán statikai megfontolások alapján levezethető az egyensúlyi egyenlet. Látni fogjuk azonban, hogy legalább olyan jogos a feladatot a "nyújtható" kötelek közé sorolni.

Gyakran vizsgálják azt az esetet, amikor a függőleges teher vízszintes vetületre vonatkoztatva adott. Ez nem-konzervatív terhelést jelent, tehát nem a kötél egyes pontjaiban megadott teher hatására felvett egyensúlyi alakot keressük, hanem egy olyan alakot, amely egy külső koordináta-rendszerben rögzített teherre egyensúlyban van. A vízszintes vetületre vonatkoztatott terhet a tehervektor x szerinti q_y' deriváltja szolgáltatja.Ezzel fejezzük ki a régi terhet:

$$\dot{q}_y = \dot{x} q_y' . \tag{52}$$

A fenti egyenletet a (40) összefüggésbe helyettesítve $\dot{x}$-tal egyszerűsíthetünk és az ismert

$$y'' = - \frac{q_y'}{H} \tag{53}$$

összefüggést nyerjük. Az (53) egyenlet a kötél rugalmas tulajdonságaitól függetlenül igaz. Elsősorban a grafo-analitikus módszereknél és közelítő számításoknál van jelentősége.

Megjegyezzük, hogy a kötél statikai egyenletének levezetéséhez csak azt tettük fel, hogy a nyomaték konstans. Azért viseli a kötél nevet, mert a hajlékony kötelek alakját is ezen egyenlet megoldásai között kell keresnünk.

2.2.2. Az Euler-egyenlet

Célunk, hogy az **Euler** (1744) által levezetett elasztika egyenletet a (21) egyenlet speciális eseteként vezessük le. **Euler** feltételezi, hogy a rúd összenyomhatatlan és nyírásra is merev. Ezért a fajlagos hatékonysági mátrix az

$$\overline{F} = \left\langle 0,\ 0,\ - \frac{1}{EI} \right\rangle \tag{54}$$

alakot ölti. (A negatív előjel a síkgörbék görbületére vonatkozó előjel-szabályból következik.) A rudat kezdetben egyenesnek tételezzük fel, tehát

$$\tilde{\dot{v}} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{55}$$

és így (12) alapján

$$\dot{z}_0 = T^{-1}\tilde{\dot{v}} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \\ 0 \end{bmatrix}. \tag{56}$$

A tehernek függőleges és vízszintes komponense egyaránt lehet, csak a nyomatéki terhet zárjuk ki:

$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{q}_x \\ q_y \\ 0 \end{bmatrix}. \tag{57}$$

Mivel a lokális és globális fajlagos hajlékonysági mátrix ebben az esetben speciálisan megegyezik, ezért a fenti egyenletet a (21) egyenlettel ekvivalens (22) egyenletbe helyettesítve az alábbi mátrix-egyenletre jutunk:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\alpha} \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{EI} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -\dot{y} & -\dot{x} & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} H \\ V \\ M \end{bmatrix} + \tag{58}$$

$$+ \begin{bmatrix} \cos'(\alpha) \\ \sin'(\alpha) \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{EI} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_x \\ \dot{q}_y \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Ezt három skalár egyenletre bonthatjuk:

$$\begin{aligned} &1. \quad \ddot{x} = \cos'(\alpha) \\ &2. \quad \ddot{y} = \sin'(\alpha) \\ &3. \quad \ddot{\alpha} = \frac{1}{EI}(\dot{y}H - \dot{x}V) \end{aligned} \tag{59}$$

A rúd nyújthatatlansága miatt $\dot{x} = \cos(\beta), \dot{y} = \sin(\beta)$. Ha **Euler** nyomán feltesszük, hogy a keresztmetszetek merőlegesek a rúdtengelyre, tehát $\alpha = \beta$, akkor az (59) 1. és 2. egyenlet azonosság. A 3. egyenlet pedig (25/3) alapján

$$\ddot{\alpha} = -\frac{\dot{M}}{EI} \tag{60}$$

alakra hozható. Az elasztika megszokott alakját a (60) egyenlet integrálásával nyerjük:

$$\dot{\alpha} = -\frac{M}{EI} + C. \tag{61}$$

Az anyagegyenlet 3. összefüggése miatt C = 0.

Megjegyezzük, hogy ha nem a (21) egyenlet illusztrálása lett volna részben a célunk ebben az alpontban, akkor némi okoskodással az anyagegyenlet 3. összefüggését behelyettesíthettük volna a statikai egyenletrendszer 3. összefüggésébe.

2.2.3. A gerenda-egyenletek

Ebben az alpontban a gerendák elsőrendű elméletében használatos differenciálegyenleteket szeretnénk levezetni az általános egyenletekből. Elsőként a gerenda-igénybevételekkel foglalkozunk, és azt a változatot vizsgáljuk, amikor a (25) egyenletben az alakot leíró y(s) és x(s) függvények (illetve ezek deriváltjai) adottak és az igénybevételeket keressük. Ez az eset fordul elő például, ha az elsőrendű elméletnek megfelelően a megmerevítés elvét alkalmazzuk, vagyis az egyensúlyi összefüggéseket a kezdeti alakban írjuk fel. A (14) egyenletet a (25)-tel egyenértékű (6)-ba helyettesítve a láncszabály alkalmazásával a következő összefüggést nyerjük:

$$\dot{T}^{-1}\overline{D} + T^{-1}\dot{\overline{D}} = \dot{\beta}T^{-1}\overline{D} - T^{-1}\dot{\overline{q}}. \tag{62}$$

Ezt kifejtve az alábbi egyenletrendszerre jutunk:

$$\begin{aligned}
&1.\ \dot{N}\cos(\alpha) - \dot{Q}\sin(\alpha) + N\dot{\cos}(\alpha) - Q\dot{\sin}(\alpha) = -\dot{q}_x\cos(\alpha) + \dot{q}_y\sin(\alpha)\\
&2.\ \dot{N}\sin(\alpha) + \dot{Q}\cos(\alpha) + N\dot{\sin}(\alpha) + Q\dot{\cos}(\alpha) = -q_x\dot{\sin}(\alpha) - \dot{q}_y\cos(\alpha)\\
&3.\ \dot{M} = Q(\dot{y}\sin(\alpha) + \dot{x}\cos(\alpha)) - N(\dot{y}\cos(\alpha) - \dot{x}\sin(\alpha)) - \dot{q}_\alpha.
\end{aligned} \tag{63}$$

Az elsőrendű gerenda-elméletben

a rúd nyújthatatlan, tehát

1. $\dot{y} = \sin(\beta)$, $\dot{x} = \cos(\beta)$,

a keresztmetszetek merőlegesek a rúdtengelyre, tehát

2. $\alpha = \beta$,

feltesszük továbbá, hogy (64)

a rúdtengely egyenes

3. α = konstans,

és a nyomatéki teher zérus, tehát

4. $\dot{q}_{\alpha} = 0$.

A fenti összefüggések közül az 1. egyenlet a (25) egyenletrendszer megoldhatóságának feltétele, a többi összefüggés csupán a megoldást teszi egyszerűbbé. Behelyettesítve a (64) összefüggéseket a (63) egyenletbe, a jól ismert képleteket nyerjük:

$$\begin{aligned} &1. \quad \dot{N} = -\dot{q}_x \\ &2. \quad \dot{Q} = -\dot{q}_y \\ &3. \quad \dot{M} = Q. \end{aligned} \tag{65}$$

A (65) egyenletrendszerhez 5 kezdeti feltétel tartozik. Három ezek közül a belső erőket rögzíti a rúd kezdőpontjában (támaszreakciók), a maradék kettő pedig a kezdőpont helyzetét a síkon, ugyanis a (64/2.) feltétel csak a deriváltakat tartalmazta. A (65) egyenletből következik a szintén ismert

$$\ddot{M} = -\dot{q}_y \tag{66}$$

összefüggés is.

Röviden kitérünk a gerendák alakváltozását leíró egyenletre is. A gerendák kis lehajlásainak elméletében fel szokták tételezni, hogy

$$\begin{aligned} &1. \quad \dot{\alpha} \simeq y'' \\ &2. \quad dx \simeq ds. \end{aligned} \tag{67}$$

és

A fenti két feltételt figyelembe véve a (61) és (66) egyenlet egy negyedrendű differenciálegyenletet határoz meg:

$$y^{IV} = \frac{q'_y}{EI}. \tag{68}$$

2.2.4. A csak a végein terhelt rúd

Gáspár (1976) munkájában hasonló apparátussal a csak a végein koncentrált dinámmal terhelt rúd nagy elmozdulásait vizsgálja. Célunk, hogy megmutassuk, miszerint a **Gáspár** által használt elsőrendű differenciálegyenlet a (21) egyenlet speciális esete. Ennek érdekében a (3) statikai egyen-

letrendszerből indulunk ki. Zérus megoszló teher esetén ez így alakul:

$$\begin{aligned} &1. \quad \dot{P} = 0 \\ &2. \quad \dot{M} = \dot{B}_M P. \end{aligned} \tag{69}$$

Az első egyenletet integrálva és a másodikba helyettesítve az

$$\dot{M} = \dot{B}_M C_P \tag{70}$$

alakot kapjuk, ahol C_P egy n dimenziós integrálási konstans. Ezután (70) már integrálható:

$$M = B_M C_P + C_M. \tag{71}$$

Felhasználva a (4) jelölést a B hipermátrixra, és az (5) hipervektorokat, eredményünket a

$$D = BC \tag{72}$$

hipermátrix-egyenletben foglalhatjuk össze, ahol

$$C = \begin{pmatrix} C_P \\ C_M \end{pmatrix}. \tag{73}$$

Felhasználva, hogy B(0) = E, kiküszöbölhetjük az integrálási konstansokat:

$$D(0) = EC = C, \tag{74}$$

és így (72)-be helyettesítve a

$$D = BD(0) \tag{75}$$

összefüggést nyerjük. Érdemes megfigyelni, hogy bár a (75) egyenlet deriválásával megkapható a (6) egyenlet, az utóbbi egészben kezelve nem integrálható, csak a szétbontott (3) változatban. Ez a hipermátrix-egyenletek alkalmazásának egyik nehézségére utal. Megjegyezzük, hogy a D(0) dinám ellentettje hat a rúd kezdőpontjára kívülről. A (75) egyenletbe helyettesítve a (16) anyagegyenletet, a

$$\dot{z} = \dot{z}_0 + FBD(0) \tag{76}$$

elsőrendű differenciálegyenletet nyerjük. Ez tartalmilag azonos **(Gáspár,** 1976) (2. 72) egyenletével. A formai azonosságot úgy érhetjük el, hogy **Gáspár** jelöléseit átvesszük, melyek a következőek:

$$D(0) = \underline{s}, \quad \dot{z}_0 = T^{-1}\begin{pmatrix}\underline{\underline{\epsilon}}_0\\ g_0\end{pmatrix}, \quad F = \underline{\underline{T}}^{-1}\underline{\underline{F}}\underline{\underline{T}}.$$

A **Gáspár**-egyenlet speciális eseteként tárgyalható a lineáris rugó.

Elsőként egy vízszintes helyzetű, két végén vízszintes P húzóerővel terhelt lineáris rugó alakváltozási egyenletét mutatjuk be az általános egyenlet levezetése előtt a dimenzió számával kapcsolatban tett megjegyzésünket illusztrálja. A rugó ugyanis alakváltozás után is egyenes marad, tehát az egyenlet minden mátrixa skalárrá egyszerűsödik. Csak rúdvégi teherről lévén szó, használhatjuk a **Gáspár**-féle egyenletet a következő helyettesítésekkel:

$$B = 1, \quad F = \frac{1}{EA}, \quad D(0) = P, \quad \dot{z}_0 = 1, \tag{77}$$

és ennek alapján a jól ismert

$$\dot{z} = 1 + \frac{P}{EA} \tag{78}$$

összefüggést nyerjük.

Teljesen analóg módon juthatunk az egyenes csavarrugó egyenletére is. Ezt a későbbiek miatt részletezzük. Az egyetlen elmozdulás-komponens ekkor a φ elcsavarodási szög, a rugó végeit M_{cs} csavarónyomaték terheli. Ezek szerint a **Gáspár**-egyenletbe a következő skalárok kerülnek:

$$B = 1, \quad F = \frac{1}{GJ}, \quad D(0) = M_{cs}, \quad \dot{\varphi}_0 = 0, \tag{79}$$

és ennek alapján a szintén ismert

$$\dot{\varphi} = \frac{M_{cs}}{GJ} \tag{80}$$

összefüggést nyerjük.

2.3. Összefoglaló megjegyzések

Ebben a pontban levezettük a rugalmas vonalkontinuumok általános egyensúlyi egyenleteit az átviteli mátrixok módszerével, és ezzel a **Clebsch**-féle egyenleteknél átmenetileg általánosabb, gyakorlatilag (numerikusan) könnyebben alkalmazható matematikai eszközhöz jutottunk. Megmutattuk, hogy nemcsak az elemi szilárdságtan, hanem a statika ismert egyenletei is leszármaztathatóak az általános egyenletből.

Érdemes megfigyelni, hogy ezek a speciális egyenletek sokszor az általános egyenletétől eltérő számú integrálási konstanst tartalmaznak.

Például a (43) egyenlethez látszólag 3 integrálási konstans tartozik. (A vízszintes erő maga is a (25/1) egyenletnek a (35/1) feltétellel való integrálásából adódó konstans.) Szemléletből viszont tudjuk, hogy egy kötél két végét rögzítve a kötél alakját meghatároztuk. Mivel a kötélvégek síkbeli mozgási szabadságfoka 2, ezért szemléletünk alapján 4 integrálási konstansra lenne szükségünk a peremérték-feladat megoldásához. Ezzel összhangban van, hogy a (25) egyenletrendszer a nyomaték-függvény (33) megadásával 4 ismeretlen függvény deriváltját tartalmazza. A negyedik, "bújtatott" integrálási konstans az ívhossz, hiszen a teher az ívhossz függvényében van megadva, ezért rögzítenünk kell, hogy a baloldali (kezdeti) peremnél az ívhossz milyen értéket vesz fel. Természetesen az egyetlen józan feltételezés az, hogy itt az ívhossz zérus, de ez matematikailag nem szükségszerű. A láncgörbével kapcsolatban **Bieberbach** (1923) vizsgálja az integrálási konstansokat, de a hiányzó negyedik konstansra nem utal.

Másik példaként említjük, hogy a (68) differenciálegyenlethez 4 integrálási konstans tartozik. Szemléletből könnyen megállapíthatjuk azonban, hogy a valóságban 6 peremfeltétel van, ugyanis szabadon megválaszthatjuk mindkét rúdvég síkbeli helyzetét ($2 \times 2 = 4$) és elfordulását ($2 \times 1 = 2$). Azt is megállapíthatjuk, hogy a (21) másodrendű, 3 dimenziós differenciálegyenlet-rendszernek 6 integrálási konstansa van. Felmerülhet a kérdés, hogy vajon a (67) közelítések okozták-e az integrálási konstansok (és ezzel az előírható peremfeltételek) számának csökkenését, vagy más? Hasonlóan a (43) egyenlet kapcsán megállapítottakhoz, itt is az ívhossz kiküszöbölése csökkentette a peremfeltételek számát. Eredetileg ugyanis a (21) egyenletnél az s ívhossz konstans értékei jelölték ki a peremeket, amelyeken az x, y és α változók és azok deriváltjainak értékét előírhattuk. A kiküszöbölés után az x változó konstans értékei jelentik a peremeket, de nem szabad elfelejtenünk, hogy ezeken a peremeken az ívhossz értékét is elő kell írnunk, hogy fizikailag értelmes feladatot vizsgálhassunk. A (67) feltételezések éppen az ívhossz kiküszöbölését jelentik.

A peremfeltételek számának szempontjából érdekes a (76) egyenlet. Ez egy elsőrendű differenciálegyenlet, mely síkban csak 3 integrálási konstanssal rendelkezik, tehát csak merevtestszerű elmozdulásokat enged meg. Vegyük azonban figyelembe, hogy a D(0) vektor maga is integrálási konstans, tehát a vektor komponenseit változtatva valóban létrejön a 6 szabadságfok. Végül megemlítjük, hogy a merev rúd alakját leíró triviális

$$\dot{z} = \dot{z}_0 \tag{81}$$

differenciálegyenlet (amelyet F = 0 helyettesítéssel kapunk (76)-ból, és amely nem kapcsolatos a statikai alapegyenlettel, hiszen az alakot és igénybevételeket írja le együttesen) valóban csak 3 integrálási konstanssal rendelkezik, amelyek éppen a rúd merevtest-szerű mozgását jellemzik.

A fenti példákkal a (21) általános egyensúlyi egyenlet fizikai tartalmát szerettük volna illusztrálni. Megjegyezzük, hogy megítélésünk szerint szoros összefüggés van ezen egyenlet másodrendű volta, és azon tény között, hogy a rugalmas vonalnak két vége van. Ezt az állítást a peremfeltételekkel kapcsolatos előző szemléletes érvelés támasztja alá. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy az általános egyenletből származtatott nem másodrendű egyenletek helytelenek, csak talán kevésbé tükrözik a vizsgált jelenség fizikai tartalmát.

Az általános egyenlet fizikai létjogosultságára és a másodrendűség jelentőségére mutat a **Kirchhoff**-analógia is.

Ha a rudat a (60) egyenletben csak egy rúdvégi vízszintes P nyomóerő terheli, akkor $M = Py$, illetve $\dot{M} = P\sin(\alpha)$, és az egyenlet a

$$\frac{d^2\alpha}{ds^2} EI = -P\sin(\alpha) \tag{82}$$

formát ölti. Ez teljesen analóg a matematikai inga mozgásegyenletével, ha az ívhossz helyett időt, az erő helyett súlyt, a hajlítási merevség helyett a tömegpontnak a forgásközéppontra vonatkoztatott inerciáját írjuk.

Láthatjuk, hogy az elasztika megszokott alakját egyszer deriválni kell, hogy a **Kirchhoff**-analógia teljes legyen, de ha az általános alakváltozási egyenletből vezetjük le ezt az esetet, akkor közvetlenül az analóg alakot kapjuk.

3. EGYENSÚLYI UTAK GLOBÁLIS VIZSGÁLATA

Ennek a pontnak a célja az 1. pontban levezetett differenciálegyenletekkel leírható, lineárisan rugalmas vonalkontinuumok egyensúlyi útjainak globális vizsgálata.

Az egyensúlyi út fogalmát több módon lehet definiálni. Minden definíció megegyezik azonban abban, hogy az egyensúlyi út a λ teherparaméterből és alkalmasan megválasztott x_i, $(i = 1, 2, \ldots, n)$ koordinátákból alkotott $u(\lambda, x_i)$ vektor által az R^{n+1} euklideszi térben kijelölt $\mathcal{R} \subset R^{n+1}$ ponthalmazhoz a szerkezet geometriai helyzeteinek Ω halmazát rendeli hozzá. Ez tehát szükséges feltétel, gyakorlati szempontból viszont aligha elégséges, hiszen a

"hozzárendelés" módját nem írtuk körül. Ad absurdum eleget tesz a fenti definíciónak egy skalár intervallum, amely a teherparaméter vizsgált tartományát határozza meg (tehát n = 0), és egy harmadrendű elmélet alapján működő univerzális programcsomag, amely a teherparaméter minden értékéhez előállítja a szerkezet egyensúlyi konfigurációit. Definíciónkat ezért tovább élesítjük, és kikötjük, hogy a $\mathcal{R} \Longleftrightarrow \Omega$ hozzárendelés kölcsönösen egy-egy értelmű legyen. Ekkor azt mondjuk, hogy az R^{n+1} dimenziós térben az egyensúlyi út egyértelműen leírható.

Kontinuumok esetén az jelenti a problémát, hogy a szerkezet alakját általában csak végtelen sok skalár paraméterrel lehet rögzíteni, és ezért az egyensúlyi út tetszőlegesen nagy elmozdulások esetén ebben a tárgyalásmódban egy végtelen dimenziós térben halad. Ezen úgy szoktak segíteni, hogy a kontinuum alakját leíró függvény valamely sorfejtésének véges sok kezdőtagját veszik figyelembe. Leggyakrabban a Fourier-sort használják erre a célra. Ennek a módszernek az az előnye, hogy az egyensúlyi út egy (de nem minden) koordináta n-eshez csak egy teherparamétert rendel (ez nem volt követelmény), és a kontinuum alakja szemléletből viszonylag könnyen rekonstruálható. További előny, hogy felület-kontinuumok vizsgálatára is alkalmazható. A módszer hátránya, hogy matematikailag nem bizonyított, hogy tetszőlegesen nagy elmozdulások (globális vizsgálat) esetén van-e a figyelembe veendő tagok számára felső korlát.

Vizsgálataink céljára más módszert javaslunk, ugyanis globális elemzést szeretnénk végrehajtani.

3.1. Általános összefüggések

3.1.1. A Peano-féle unicitási tétel

A **Peano**-féle unicitási tétel értelmében (**Bieberbach,** 1923), ha a differenciálegyenlet eleget tesz a **Lipschitz**-feltételnek, akkor a **Cauchy**-problémában a kezdeti feltételek egyértelműen meghatározzák a megoldást, ha ez utóbbi létezik. Az egzisztencia problémájával itt nem foglalkozunk. A **Lipschitz**-feltétel automatikusan teljesül, ha a legmagasabb derivált az alacsonyabb deriváltaknak és a független változónak legalább egyszer deriválható, folytonos függvénye. Lineárisan rugalmas vonalkontinuumok esetén ezt fizikai megfontolások alapján feltételezhetjük. A **Cauchy**-problémában a kezdeti feltételek külön-külön írják elő az egyes alacsonyabb deriváltak és függvények értékét a kezdőpontban (például síkban $x(0), y(0), \alpha(0), \dot{x}(0), \dot{y}(0), \dot{\alpha}(0)$ értékeit kell külön-külön megadni).

A fentiek alapján tehát a vonalkontinuum egyensúlyi útja leírható a **Cauchy**-féle kezdeti feltételek és a teherparaméter terében, amelynek dimenziója független a vizsgálat pontosságától és globális vagy lokális jellegétől. A fentiek alapján érvényes a következő

Tétel:

Konzervatív, k paraméteres teherrel terhelt vonalkontinuumok egyensúlyi útja a $d = 2\binom{n+1}{2} + k$ dimenziós térben egyértelműen leírható, ahol n a vonalkontinuum fizikai terének dimenziója. (83)

Megjegyezzük, hogy ebben a fejezetben csak azokkal az esetekkel foglalkozunk, amikor a (22) egyenlet levezetésében szereplő hajlékonysági ill. merevségi mátrix nem szinguláris, ellenkező esetben ugyanis nem mindig hozható explicit alakra az egyenlet.

3.1.2. A peremek vizsgálata

Nem közömbös, hogy ismerünk-e a kezdeti feltételekre vonatkozó előírásokat, hiszen ezek segítségével a (83) tétel várhatóan tovább élesíthető. Mechanikai feladatokban mindig található ilyen előírás, ugyanis mindig vannak peremfeltételek. Mivel a (21) egyenlet egy másodrendű, $\binom{n+1}{2}$ dimenziós vektor-differenciálegyenlet, ezért mindkét peremen pontosan $\binom{n+1}{2}$ feltétel írható elő. Például az s = 0 peremen:

$$
\begin{aligned}
f_1 &\left(z_1(0), z_2(0), \ldots, z_{\binom{n+1}{2}}(0), \dot{z}_1(0), \dot{z}_2(0), \ldots, \dot{z}_{\binom{n+1}{2}}(0) \right) = 0 \\
f_2 &\left(z_1(0), z_2(0), \ldots, z_{\binom{n+1}{2}}(0), \dot{z}_1(0), \dot{z}_2(0), \ldots, \dot{z}_{\binom{n+1}{2}}(0) \right) = 0 \\
&\vdots \\
f_{\binom{n+1}{2}} &\left(z_1(0), z_2(0), \ldots, z_{\binom{n+1}{2}}(0), \dot{z}_1(0), \dot{z}_2(0), \ldots, \dot{z}_{\binom{n+1}{2}}(0) \right) = 0,
\end{aligned}
\qquad (84)
$$

ahol a z_i $(i = 1, 2, \ldots, \binom{n+1}{2})$ mennyiségek a z vektor komponenseit jelölik.

Definíció:

Ha található olyan $\binom{n+1}{2}$ skalár p_i paraméter $(i = 1, 2, \ldots, \binom{n+1}{2})$, amelyek értékeit megadva a (84) egyenletrendszer $2\binom{n+1}{2}$ változója (tehát a **Cauchy**-feladat) egyértelműen meghatározható, akkor a peremet **Cauchy**-peremnek nevezzük. (85)

Legegyszerűbb **Cauchy**-peremként azt az esetet említjük, amikor a z(0) vektor komponensei ismertek (teljes befogás), ekkor $p_i = \dot{z}_i(0)$. Előfordulhat az is, hogy az $s = \ell$ peremen előírt feltételekből egyértelműen kiszámíthatók az $s = 0$ peremen a **Cauchy**-féle kezdeti értékek, ez a **Cauchy**-perem speciális esete. Ekkor előre tudjuk, hogy az egyensúlyi út nem ágazhat el. A definícióban azért szerepel a "paraméter" megjelölés a változó helyett, mert a (84) egyenletrendszer változói (mint később látni fogjuk) paraméterektől is függhetnek. Ez azt jelentheti például, hogy egy ilyen paramétert megadva egyszerre több változó is kiszámíthatóvá válhat. Az imént említett egyszerű példában a változók (speciálisan) önmaguktól mint paraméterektől függöttek. A **Cauchy**-peremeket röviddel később módszeresen át fogjuk tekinteni.

A (85) definíció és a (83) tétel alapján adódik az alábbi

Tétel:

Konzervatív, k paraméteres teherrel terhelt, **Cauchy**-peremmel rendelkező vonalkontinuumok egyensúlyi útja a $d = \binom{n+1}{2} + k$ dimenziós térben egyértelműen leírható, ahol n a vonalkontinuum fizikai terének dimenziója. (86)

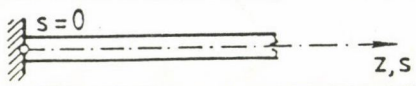
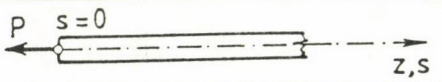
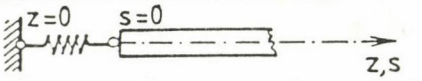
Mechanikai feladatokban többnyire **Cauchy**-peremek fordulnak elő, de ezt általánosan nem bizonyítjuk. Egyrészt azért nem, mert ehhez a "mechanikai feladat" fogalmát matematikailag definiálni kellene, másrészt mert a fenti tétel akkor válik érdekessé, amikor konkrét példákon tovább lehet élesíteni. A továbbiakban csupán illusztrálni szeretnénk, hogy a megszokott mechanikai peremek valóban **Cauchy**-peremek. Ennek érdekében elsőként a $d = 1$ dimenziós feladatokat vesszük szemügyre.

Egy dimenzióban a (86) tétel szerint az egyensúlyi út egyparaméteres (λ) teher és **Cauchy**-perem esetén a $[\lambda, p_1]$ síkon fog haladni, hiszen $d = \binom{1+1}{2} + 1 = 2$. Az egy dimenzióban mechanikailag lehetséges változatokat és a **Cauchy**-feladat meghatározásához szükséges egyetlen p_1 paramétert az 1. táblázatban rögzítettük.

A megjelölt p_1 paraméterek helyett természetesen esetenként mást is választhatunk. A rúdvégi P erő és a $\dot{z}_0$ mennyiség között a (78) egyenlet teremt kapcsolatot.

Ezután a diagonális $\bar{F}$ mátrixszal rendelkező síkbeli rudakat vizsgáljuk. A síkbeli esetben a **Cauchy**-feltételek megadásához **Cauchy**-perem esetén $\binom{2+1}{2} = 3$ paraméterre (p_1, p_2, p_3) van szükségünk. Egyelőre csak merev megtámasztásokat tekintünk. Ha az $\bar{F}$ mátrix diagonális, akkor az első két egyenlet feltételei kapcsoltak, tehát a 3 feltételből kettőnek az első két egyen-

1. táblázat. Egydimenziós peremek

Sorszám	Elrendezés	Peremfeltételek	p_1 paraméter
1		$z(0)$ =const.	$\dot{z}(0)$
2		$\dot{z}(0)$ =const.	$z(0)$
3		$f(z(0),\dot{z}(0)) = 0$	$z(0)$

letre, egynek az utolsó egyenletre kell vonatkoznia. Ennek alapján matematikailag kiszűrhetők a lehetséges változatok. A mechanikailag elképzelhető peremeket a 2. táblázat szemlélteti.

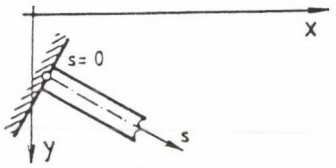
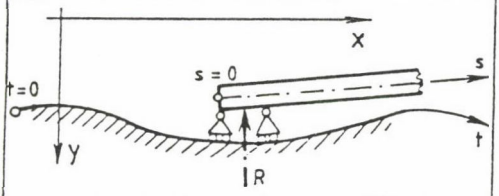
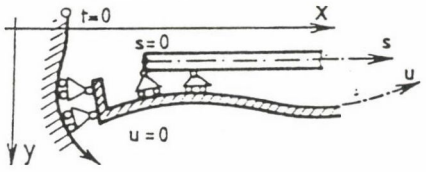
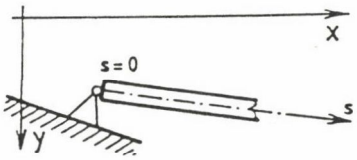
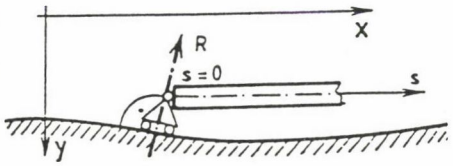
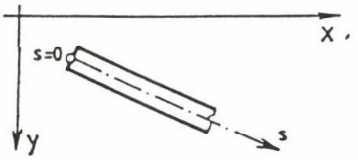
A táblázatban szereplő R paraméter a felületre merőleges reakció előjeles nagyságát jelöli. A 2. táblázatról leolvasható, hogy minden esetben található olyan (p_1,p_2,p_3) paraméterhármas, melynek megadása esetén a peremfeltételekből a **Cauchy**-féle kezdeti feltételek egyértelműen kiszámíthatók.

Megjegyezzük, hogy a táblázat "Peremfeltételek" rovatában az implicit formában felírt (84) egyenletrendszert explicit formában írtuk fel, és ahány új (a **Cauchy**-problémában nem szereplő) paramétert szerepeltettünk, annyival több egyenletnek kell lennie.

Rugalmas megtámasztásokat ott alkalmazhatunk, ahol szabad elmozdulás-komponensek vannak (x,y,α). A lehetséges peremek száma jelentősen megnő ugyan, de ha a rugalmas megtámasztásokban ébredő erő a gátolt elmozdulás komponensek egyértelmű függvénye, akkor az összes ily módon létrehozható perem is **Cauchy**-perem. Az elmozdulás-komponenseket ugyanis a (p_1,p_2,p_3) paraméterekből egyértelműen meghatároztuk, és a rugalmas kényszerekből adódó többlet-erők ezekből kiszámíthatók.

Bemutattuk tehát, hogy a mechanikai peremérték-feladatok egy gyakorlatilag érdekes osztályában csak **Cauchy**-peremek fordulnak elő. A továbbiakban olyan esetekkel foglalkozunk, amikor a (86) tételben meghatározott d dimenziószám tovább csökkenthető.

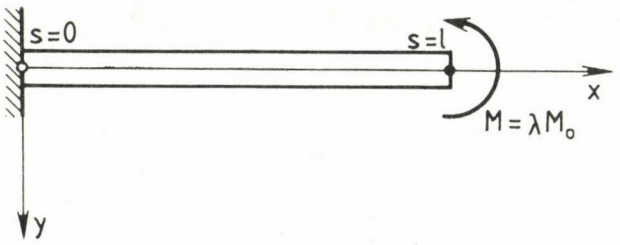
2. táblázat. Kétdimenziós peremek

Sorszám	Elrendezés	Peremfeltételek	paramćterek
1		$x(0) = const.$ $y(0) = const.$ $\alpha(0) = const.$	$p_1 = \dot{x}(0)$ $p_2 = \dot{y}(0)$ $p_3 = \dot{\alpha}(0)$
2		$x(0) = f_1(t)$ $y(0) = f_2(t)$ $\dot{x}(0) = f_3(t, R)$ $\dot{y}(0) = f_4(t, R)$ $\alpha(0) = f_5(t)$	$p_1 = t$ $p_2 = R$ $p_3 = \dot{\alpha}(0)$
3		$\dot{x}(0) = f_1(t, u)$ $\dot{y}(0) = f_2(t, u)$ $x(0) = f_3(t, u)$ $y(0) = f_4(t, u)$ $\alpha(0) = f_5(t, u)$	$p_1 = t$ $p_2 = u$ $p_3 = \dot{\alpha}(0)$
4		$x(0) = const.$ $y(0) = const.$ $\dot{\alpha}(0) = const.$	$p_1 = \dot{x}(0)$ $p_2 = \dot{y}(0)$ $p_3 = \alpha(0)$
5		$x(0) = f_1(t)$ $y(0) = f_2(t)$ $\dot{x}(0) = f_3(t, R)$ $\dot{y}(0) = f_4(t, R)$ $\dot{\alpha}(0) = const.$	$p_1 = t$ $p_2 = R$ $p_3 = \alpha(0)$
6		$\dot{x}(0) = const.$ $\dot{y}(0) = const.$ $\dot{\alpha}(0) = const.$	$p_1 = x(0)$ $p_2 = y(0)$ $p_3 = \alpha(0)$

3.2. Példák

3.2.1. A nyomatékkal terhelt konzol: d = 1

A vizsgált szerkezetet a 4. ábra mutatja:



4. ábra. A nyomatékkal terhelt konzol

Az s = 0 peremen a

$$z(0) = \begin{bmatrix} x(0) \\ y(0) \\ \alpha(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{87}$$

előírás érvényes. A (75) egyenlet alapján

$$D(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \lambda M_0 \end{bmatrix}. \tag{88}$$

Az $\overline{F}^{-1}$ mátrixról feltételezzük, hogy diagonális:

$$\overline{F}^{-1} = \left\langle EA, \frac{GA}{\varrho}, -EI \right\rangle, \tag{89}$$

és a rúd kezdeti alakját (12) alapján a

$$\dot{z}_0 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \\ 0 \end{bmatrix} \tag{90}$$

függvény írja le. Mivel $\alpha(0) = 0$, ezért $T(0) = E$ és a $D(0)$ vektort a (88) egyenletben (z-től függetlenül) megadtuk, a (15) lineáris egyenletrendszerből a $\dot{z}(0)$ vektor elemei könnyen kifejezhetők:

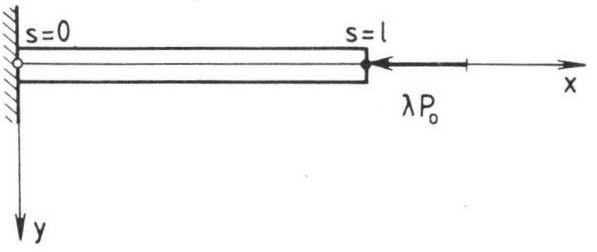
$$\dot{z}(0) = \begin{bmatrix} \dot{x}(0) \\ \dot{y}(0) \\ \dot{\alpha}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -\frac{\lambda M_0}{EI} \end{bmatrix}. \tag{91}$$

A (87) és (89) egyenletből kitűnik, hogy a **Cauchy**-feladathoz tartozó kezdeti feltételek a λ teherparaméterből egyértelműen kiszámíthatók a kezdetiérték-feladat megoldása előtt, vagyis a z(s) vektor ismerete nélkül. Ezek szerint a (86) tételben megadott d = 4 felső korlát itt speciálisan d = 1-re csökkenthető, tehát az egyensúlyi út azonos a λ tengellyel. (Nem ábrázoljuk.)

Megjegyezzük, hogy egyrészt a konzol kezdeti alakja (a $\dot{z}_0$ vektor) ezt a tényt nem érinti, másrészt, hogy az egyensúlyi út a térbeli esetben is d = 1 dimenziós.

3.2.2. A nyomott konzol: d = 2

A vizsgált szerkezetet az 5. ábra mutatja:



5. ábra. Az erővel terhelt konzol ($\lambda < 0$)

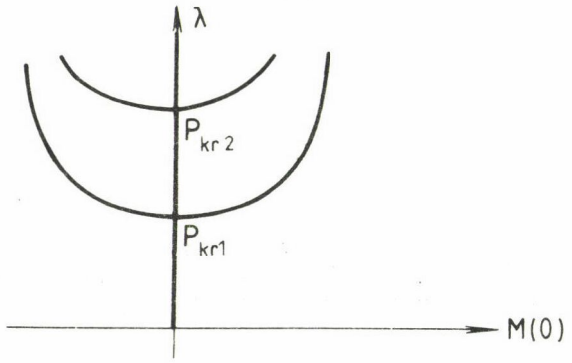
Az s = 0 peremen itt is a (87) előírás érvényes. A (75) egyenlet alapján

$$D(0) = \begin{bmatrix} \lambda P_0 \\ 0 \\ M(0) \end{bmatrix}, \tag{92}$$

ahol M(0) a deformáció utáni $y(\ell)$ koordinátától függ, tehát ismeretlen. Az $\overline{F}^{-1}$ mátrixot most is a (89) egyenlet adja meg, a kezdeti alakot pedig a (90) összefüggés. Most is igaz, hogy T(0) = E, és így (15) alapján könnyen meghatározható a $\dot{z}(0)$ vektor:

$$\dot{z}(0) = \begin{bmatrix} \dot{x}(0) \\ \dot{y}(0) \\ \dot{\alpha}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\lambda P_0}{EA} \\ 0 \\ -\frac{M(0)}{EI} \end{bmatrix}. \qquad (93)$$

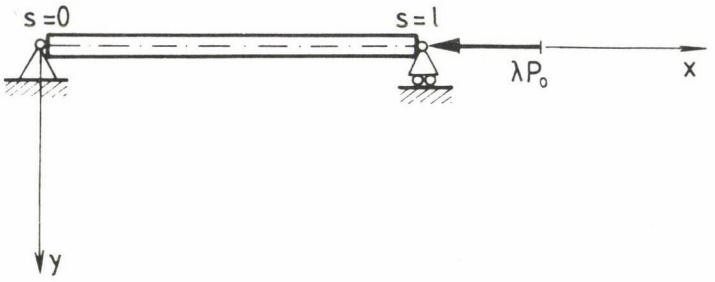
Mint látjuk, a **Cauchy**-feladathoz tartozó kezdeti feltételek egyértelműen kiszámíthatók a λ és $M(0)$ értékek birtokában, ezért az egyensúlyi út a $[\lambda, M(0)]$ síkon egyértelműen ábrázolható. Az egyensúlyi út "ki is használja" a $d = 2$ dimenziót, hiszen elágazások sorozata jön létre. Az egyensúlyi utat a 6. ábra illusztrálja:



6. ábra. Az erővel terhelt konzol egyensúlyi útja

3.2.3. A nyomott csuklós rúd: $d = 3$

A vizsgált szerkezetet (az **Euler**-feladatot) a 7. ábra mutatja ($\lambda < 0$):



7. ábra. Az erővel terhelt csuklós rúd

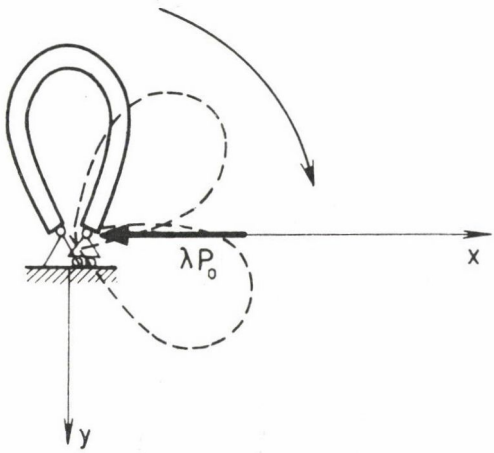
Az s = 0 peremen az

$$\begin{aligned} x(0) &= 0 \\ y(0) &= 0 \\ \dot{\alpha}(0) &= 0 \end{aligned} \tag{94}$$

előírás érvényes. A (75) egyenlet alapján

$$D(0) = \begin{bmatrix} \lambda P_0 \\ V(0) \\ 0 \end{bmatrix}. \tag{95}$$

A V(0) vertikális támaszerő a terhelési folyamat kezdeti szakaszán zérus, de ha a 8. ábrán látható helyzetbe kerül a rúd, akkor az origó körül az egész szerkezet körbeforgatható.



8. ábra. Az erővel terhelt csuklós rúd hurkolt helyzete

A forgás közben a rúdvégeket összenyomó erő abszolút értéke nem változik ugyan, de iránya és komponensei is változnak. Ekkor tehát V(0) ≠ 0. A rúd kezdeti alakját (90) szolgáltatja. Mivel most az s = 0 perem elfordulhat, tehát T(0) ≠ E, ezért a (15)-ből származó lineáris egyenletrendszer megoldása nem olyan kézenfekvő, mint a konzoltartónál volt. Bevezetve a

$$\begin{aligned} \cos(\alpha(0)) &= a \\ \sin(\alpha(0)) &= b \end{aligned} \tag{96}$$

jelöléseket, a (15) egyenlet az alábbi formát ölti:

$$\begin{bmatrix} \lambda P_0 \\ V(0) \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b & 0 \\ b & a & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} EA & 0 & 0 \\ 0 & \frac{GA}{\varrho} & 0 \\ 0 & 0 & EI \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ -b & a & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}(0) - a \\ \dot{y}(0) - b \\ \dot{\alpha}(0) \end{bmatrix}. \tag{97}$$

Ezt kifejtve az alábbi lineáris egyenletrendszerre jutunk:

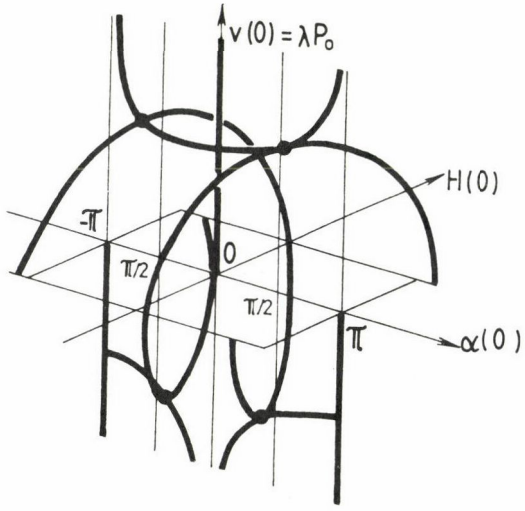
$$\begin{aligned} (\dot{x}(0) - a)B_1 + (\dot{y}(o) - b)B_3 &= \lambda P_0 \\ (\dot{x}(0) - a)B_3 + (\dot{y}(o) - b)B_2 &= V(0) \\ -\frac{\dot{\alpha}(0)}{EI} &= 0, \end{aligned} \tag{98}$$

ahol

$$\begin{aligned} B_1 &= A(a^2E + b^2\tfrac{G}{\varrho}) \\ B_2 &= A(a^2\tfrac{G}{\varrho} + b^2E) \\ B_3 &= abA(E - \tfrac{G}{\varrho}). \end{aligned} \tag{99}$$

A (98) egyenletrendszer harmadik egyenlete nem mond újat, az első két egyenletből $\dot{x}(0)$ és $\dot{y}(0)$ kifejezhető:

$$\begin{aligned} \dot{x}(0) &= a - \frac{B_3V(0) - B_2\lambda P_0}{B_1B_2 - B_3^2} \\ \dot{y}(0) &= b - \frac{B_1V(0) - B_3\lambda P_0}{B_3^2 - B_1B_2} \end{aligned} \tag{100}$$



9. ábra. Az erővel terhelt csuklós rúd egyensúlyi útja

Beláttuk tehát, hogy a **Cauchy**-feladathoz tartozó 6 változó közül 3 konstans (94), 2 pedig a λ és V(0) paraméterekkel kifejezhető (100). Harmadik paraméterként célszerűen a hiányzó $\alpha(0)$ változót bevezetve az egyensúlyi út a $[\lambda,\alpha(0),V(0)]$ térben ábrázolható. Az egyensúlyi utat a 9. ábra mutatja.

Megjegyezzük, hogy az $\alpha(0)$ tengely 2π szerint periodikus, és a kettős spirál egy körhenger palástján halad, melynek tengelye az $\alpha(0)$ tengely.

3.3. Összefoglaló megjegyzések

Az előző alpontok tételeivel és példáival bemutattuk, hogy lehetséges a vonalkontinuumok egyensúlyi útjának globális leírása véges dimenziós térben. A **Cauchy**-perem definíciójával a tér dimenzióját (síkbeli feladatoknál) d = 4-ben maximáltuk. A példákon bemutattuk, hogy ez a szám tovább csökkenthető. Ennek az eredménynek hasznát láthatjuk a szerkezetek stabilitásvizsgálata során.

A rugalmas szerkezetek stabilitásvizsgálatához a katasztrófaelmélet többek között azzal az érdekes megállapítással járult hozzá, mely szerint a szerkezet (legfeljebb 5 paraméteres) potenciál-függvénye bármely kritikus pont környezetében transzformálható olyan alakra, amelyben tipikusan legfeljebb két változó aktív (**Gáspár**, 1983). Ez gyakorlati szempontból azt jelenti, hogy a stabilitás, illetve a posztkritikus viselkedés vizsgálatát a passzív változók (adott algoritmus szerint történő) leválasztása után az aktív változókra korlátozhatjuk.

Az említett leválasztási algoritmus gyakorlatilag csak véges sok változó esetén hajtható végre, elvileg is legfeljebb megszámlálhatóan végtelen változóra alkalmazható. Iménti vizsgálataink arra mutatnak, hogy kontinuum szabadságfokkal rendelkező mechanikai rendszerek esetén van lehetőség "előzetes" leválasztásra. "Előzetes"-en azt értjük, hogy mielőtt egy-egy konkrét kritikus pont környékét megvizsgálnánk és alkalmaznánk a katasztrófaelmélet eredményeit, megkíséreljük a potenciálfüggvény azon változóinak elkülönítését, amelyek egyáltalán (vagyis a teljes terhelési folyamat során) a katasztrófaelmélet értelmezése szerint aktívvá válhatnak.

Másképpen ezt úgy is fogalmazhatnánk, hogy a katasztrófaelmélet által tárgyalt jelenségek, tehát a posztkritikus viselkedés különböző esetei, mindig a potenciál-függvény egyensúlyi halmazán játszódnak le. Ha ezen halmaz egy ismert (ismert módon koordinátázott) véges dimenziós euklideszi térbe beágyazható (ezt mutattuk meg ebben a pontban), akkor a posztkritikus viselkedés is tárgyalható ebben a térben. A stabilitási problémákat azonban csak

topológiai értelemben vizsgálhatjuk itt, tehát arra kaphatunk választ, hogy hol, milyen irányban és hány egyensúlyi út halad. Ezen utak stabilitását azonban közvetlenül nem elemezhetjük, csak következtethetünk rá. Ennek az az oka, hogy az egyensúly véges dimenziós tárgyalásánál kihasználtuk, hogy ismerjük a variációs feladathoz tartozó **Euler—Lagrange** differenciálegyenletet, amit úgy mondhatnánk, hogy a végtelen változóban felírt potenciális energia első deriváltja véges sok változó (a peremfeltételek) kivételével eleve zérus volt. Nem áll viszont rendelkezésünkre ilyen, "végtelen változópár szerinti parciális deriváltakat" eltüntető eszköz a stabilitást leíró **Hesse**-mátrix esetén, ezért a kapott egyensúlyi utak stabilitását közvetlenül nem ellenőrizhetjük. Itt láthatjuk azonban hasznát a katasztrófa-elmélet eszköztárának, amely a kritikus pontok környezetét éppen topológiai tulajdonságaik alapján osztályozza.

A felsorolt példák közül külön érdeklődésre tarthatnak számot azok az esetek, amikor az egyensúlyi utat beágyazó tér dimenzióját 3 alá szorítottuk. Ez ugyanis azt jelenti, hogy globális megfontolásokkal bizonyítottuk, hogy lokálisan nem jöhetnek létre egyes katasztrófatípusok.

4. FONTOSABB ÚJ EREDMÉNYEK

Összefoglaljuk a dolgozat főbb eredményeit:

a) Levezettük a konzervatív teherrel terhelt rugalmas vonalkontinuumok egyensúlyi egyenletét az átviteli mátrixok módszerével az elemi szilárdságtan feltételezései alapján. Lineárisan rugalmas anyag esetében egy explicit, másodrendű vektor differenciálegyenletre jutottunk. A levezetett egyenletek elméleti szempontból kismértékben általánosabbak az ismert **Clebsch—Kirchhoff**-egyenleteknél, gépi számításra lényegesen alkalmasabbak. Az áttekintett irodalomban elsőként alkalmaztuk az átviteli és a hajlékonysági mátrix deriváltját.

Megmutattuk a kapcsolatot a fenti általános egyenlet és a statika ismert differenciálegyenletei között, az általános egyenletből levezetvén

— a gerenda igénybevételeit és lehajlásait az elsőrendű elmélet szerint,

— a csak a végein terhelt rúd nagy elmozdulásait leíró egyenletet, valamint

— a kötél- és láncgörbét szolgáltató differenciálegyenleteket.

Ugyancsak az általános egyenletből kiindulva meghatároztuk a tengelyirányban rugalmas kötél skalár differenciálegyenletét. Megmutattuk a kapcsolatot az eltérő számú peremfeltétellel rendelkező egyenletek között,

illusztráltuk az általános egyenlet másodrendű voltának egy lehetséges magyarázatát.

b) Megmutattuk, hogy az **a)** pontban tárgyalt rugalmas vonalkontinuumok egyensúlyi útja véges dimenziós térben leírható. Definiáltuk a **Cauchy**-peremet, az ilyen peremmel rendelkező vonalkontinuumoknál szoros felső korlátot adtunk az egyensúlyi utat beágyazó tér dimenziójára. Ezt a tételt példákon illusztráltuk, bemutatván, hogy

-- a nyomott konzol egyensúlyi útja síkban,

-- a nyomott csuklós rúd (**Euler**-feladat) egyensúlyi útja a 3 dimenziós térben leírható.

IRODALOM

Ahrens, H. (1969): Der räumlich gekrümmte Stab. Egyetemi doktori értekezés, Braunschweig

Antman, S. S. (1976): Ordinary differential equations of non-linear elasticity. Arch. Rat. Mech. Vol. 61, pp. 307--393

Bernoulli, J. (1694): Acta eruditorum. Leipzig (Opera, Vol. 1, Genf 1744, p. 576)

Bieberbach, L. (1923): Differentialgleichungen. Springer, Berlin

Boerner, H. (1967): Darstellungen von Gruppen. Springer, Berlin

Bürgermeister, G., Steup, H. és **Kretzschmar, H.** (1957): Stabilitätstheorie. Akademie-Verlag, Berlin

Clebsch, A. (1862): Elastizität. Teubner, Leipzig

Clemens, H. (1983): Stabilitätsprobleme elastischer Stäbe und Platten mit nichtlinearer Verformungsgeometrie. Egyetemi doktori értekezés, Karlsruhe

Dickey, R. W. (1976): Bifurcation problems in nonlinear elasticity. Research Notes in Mathematics, Vol. 3. Pitman Publishing, London

Domokos, G. (1988a): Large Deflections of elastic bars subject to arbitrary, distributed loads. Newsletter of the Technical University of Budapest, Vol. VI., No. 2., pp. 6--11

Egerváry J. (1954): A mechanika differenciálegyenletei. BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest

Eisley, J. G. (1963): Nonlinear deformation of elastic beams, rings and strings. Appl. Mech. Rev. Vol. 16, No. 9., pp. 677--680

Euler, L. (1744): Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Lausanne--Genf (német kiadás: Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 175. W. Engelmann, Leipzig)

Gáspár Zs. (1976): Rugalmas rúdszerkezetek nagy elmozdulásai. Kandidátusi értekezés, Budapest

Kirchhoff, G. (1897): Vorlesungen über Mechanik. Teubner, Leipzig

Klinger, H.-J. (1942): Die Statik und Kinematik des räumlich gekrümmten elastischen Stabes. Egyetemi doktori értekezés, Wien

Kokarakis, J. E. és **Bernitsas, M. M.** (1987): Effect of extensibility on large deformation. Mech. Struct. and Mach. Vol. 15, No. 2., pp. 209--231

Kollár L. (1972): Kötelekkel merevített rendszerek rezgésamplitúdójának csökkenése a kötelek nem lineáris viselkedése következében. Mélyépítéstudományi Szemle, XXII. évfolyam, 3. szám, pp. 137--221

Korn, G. A. és **Korn, T. A.** (1968): Mathemathical Handbook. McGraw---Hill, New York

Kounadis, A. N. és **Mallis, J.** (1988): On the accuracy of various formulas for estabilishing large axial displacements of columns. Mech. Struct. and Mach. Vol. 16, No. 2., pp. 123--145

Lagrange, J. L. (1788): Mecanique Analitique (német kiadás: Analytische Mechanik, Springer, Berlin, 1887)

Love, A. E. H. (1927): Mathemathical theory of elasticity. Dover Publications (4th edition), New York

Pflüger, A. (1950): Stabilitätsprobleme der Elastostatik. Springer, Berlin

Saalschütz, L. (1880): Der belastete Stab. Leipzig

Schröter, H.-J. (1972): Beitrag zur statischen Berechnung von räumlich stark gekrümmten Stäben. Egyetemi doktori értekezés, Darmstadt

Sneddon, J. N. (1976): Encyclopedic Dictionary of Mathematics. Pergamon Press, Oxford

Stern, J. (1979): Der Gelenkstab bei grossen elastischen Verformungen. Ing. Archiv, Vol. 48, pp. 173--184

Stern, J. (1984): Der Gelenkstab mit Vorverformung. Ing. Archiv, Vol. 54, pp. 152--160

Szabó J. és **Roller B.** (1978): Rúdszerkezetek elmélete és számítása. Akadémiai Kiadó, Budapest

Thompson, J. M. T. és **Hunt, G. W.** (1983): On the buckling and imperfection-sensitivity of arches with and without prestress. Int. J. Solids Structures, Vol. 19, No. 5., pp. 445--459

Wang, C. Y. és **Watson, L. T.** (1982): The elastic catenary. Int. J-Mech. Sci. Vol. 24, pp. 349--357

Dr. Domokos Gábor,* a műszaki tudomány kandidátusa

CIKLIKUSAN SZIMMETRIKUS SZERKEZETEK NEMLINEÁRIS SZÁMÍTÁSA

1. BEVEZETÉS

A ciklikusan szimmetrikus szerkezetek számításával kapcsolatban számos speciális eredményt értek el és módszert dolgoztak ki. Statikailag határozott rácsostartók rúderőinek meghatározásával foglalkozik **Béres, Lovass-Nagy** és **Szabó** (1958), valamint **Hegedűs** (1978). A hengeres rácsok statikai és kinematikai jellemzőit vizsgálja **Tarnai** (1980). Hengeres rácsok dinamikai vizsgálatával foglalkozik **Tornyos** (1985). Hengeres rács példáján illusztrálja eredményeit **Gáspár** és **Tornyos** (1986).

Ciklikusan szimmetrikus szerkezetek számításánál sokszor az jelenti a gondot, hogy a szerkezet mechanikai jellemzőit leíró függvények (potenciális energia, merevségi operátor, feszültségi tenzormező) csonkolt **Taylor**-sora nem tükrözi a szerkezet, illetve a sorba fejtett függvény diszkrét forgásszimmetriáját, hanem folytonos körszimmetriát mutat. (Például a négyzet keresztmetszetű rúd inerciája minden súlyponti tengelyre azonos.) A továbbiakban azt szeretnénk megvizsgálni, hogy adható-e szükséges és elégséges feltétel a **Taylor**-sor figyelembe veendő tagjainak darabszámára, ha feltételül szabjuk, hogy a csonkolt sor megőrizze az eredeti függvény szimmetria-tulajdonságait, vagyis a csonkolásra mint operációra szimmetria-invariáns legyen. A dolgozat eredményeit részben **(Domokos**, 1989a) és **(Domokos,** 1989b) tartalmazza. A 2. pontban a matematikai apparátust építjük ki, a 3. pontban pedig analitikus és numerikus példákat mutatunk be az építési mechanika különböző területeiről.

*BME Építőmérnöki Kar, Mechanika Tanszék, Budapest, 1989.

2. TENZOROK SZIMMETRIA-INVARIANCIÁJA

Ebben a pontban csak síkbeli tenzormezőkkel foglalkozunk.

Definíció:

Konzervatív tenzormezőnek nevezünk egy olyan m-edrendű D_m tenzormezőt, melynek 2^m koordinátája egy [xyz] derékszögű koordináta-rendszerben értelmezett $z = F(x,y)$ skalármező m-edrendű, 2^m darab parciális deriváltjával egyezik meg.

(1)

A koordináták egy m-dimenziós egységkocka csúcsaiban helyezkednek el, tehát minden koordináta egy m hosszúságú bináris (0,1 elemekből álló) sorozattal azonosítható. A parciális deriválás sorrendje felcserélhető, ezért minden olyan csúcspontban, amely k darab 0-ból és m - k darab 1-esből álló sorozattal azonosítható, a

$$\frac{\partial^m F}{\partial x^k \partial y^{m-k}}$$

derivált áll. Tenzormezők koordináta-invariáns tárgyalásával és mechanikai interpretációjával **Domokos** (1990) foglalkozik behatóbban.

A továbbiakban csak konzervatív tenzormezőkkel foglalkozunk, ezért általában a "konzervatív" jelzőt elhagyjuk. Speciálisan m = 0 esetén nulladrendű konzervatív tenzormezőhöz jutunk, mely magával a $z = F(x,y)$ skalármezővel azonos.

2.1. Skalárok

Definíció:

Egy transzformációkból álló halmazt akkor nevezünk csoportnak, ha tartalmazza bármely két transzformáció sorozatát, bármely transzformáció inverzét és az identitás-transzformációt. A halmazban található eltérő transzformációk száma a csoport rendje (**Birkhoff** és **MacLane**, 1965).

(2)

Definíció:

Az $u_k = \frac{2k\pi}{n}$ szögekkel történő síkbeli forgatásokból álló C_n transzformáció-csoportot n-edrendű ciklikus csoportnak nevezzük (**Coxeter**, 1969). A körszimmetria ∞-rendű folytonos csoportját C_∞-nel jelöljük.

(3)

Definíció:

Az $\mathfrak{R}$ halmazt a C_n csoportra nézve invariánsnak nevezzük, ha a csoport bármely transzformációjára nézve invariáns. Az $\mathfrak{R}$ halmazt akkor nevezzük egy transzformációra nézve invariánsnak, ha a transzformált halmazt az eredetitől nem lehet megkülönböztetni. Ha n az a legnagyobb természetes szám, melyre igaz, hogy $\mathfrak{R}$ invariáns C_n-re nézve, akkor ezt a $C(\mathfrak{R}) = n$ módon fogjuk jelölni. C_n-et $\mathfrak{R}$ szimmetria-csoportjának nevezzük.

(4)

Definíció:

A kétdimenziós $z = F(x,y)$ skalármező n-edrendű **Taylor**-közelítését a $P(0,0)$ pontban $F^n(x,y)$ fogja jelölni. Az F^n **Taylor**-közelítést akkor nevezzük szimmetria-invariánsnak, ha $C(F) = C(F^n)$.

(5)

Tétel:

$$C(F^n) = C(F) \quad \text{csak akkor, ha} \quad n \geq C(F). \tag{6}$$

Bizonyítás:

Az F skalármező egyenletét fejezzük ki hengerkoordinátákkal úgy, hogy a henger tengelye a z tengellyel legyen azonos. Az alábbi helyettesítéseket alkalmazzuk:

$$\begin{aligned} x &= r\cos(\varphi) \\ y &= r\sin(\varphi). \end{aligned} \tag{7}$$

Ha ugyanezt a transzfromációt alkalmazzuk az F^n felületre, akkor a

$$F^n = \sum_{i=0}^{n} r^i \sum_{j=0}^{i} a_{ij}\cos^j(\varphi)\sin^{i-j}(\varphi) \tag{8}$$

kifejezéshez jutunk. Ha az F felületet egy r = konstans hengerrel elmetszszük, akkor tipikusan egy olyan

$$z = f(\varphi) \tag{9}$$

függvény lesz a metszésvonal, melyre teljesül, hogy

$$f(\varphi) = f\left(\varphi + \frac{2\pi}{C(F)}\right). \tag{10}$$

Definíció:

Az F felület k-adrendű H_k harmonikusának nevezzük azt a felületet, melynek hengeres metszete a

$$h_k(\varphi) = a_k\cos(k\varphi) + b_k\sin(k\varphi) \tag{11}$$

formában írható. Az a_k és b_k számok az $f(\varphi)$ függvény k-adik **Fourier**-komponensének együtthatói. Ha $|a_k| + |b_k| = 0$ (tehát $H_k = 0$), akkor azt mondjuk, hogy a k-adrendű H_k harmonikus eltűnik, ebben az esetben $C(H_k) = \infty$. Az egyszerűség kedvéért bevezetjük azt a konvenciót, hogy a ∞ minden természetes számmal osztható. Az F^n felület H_k^n harmonikusait hasonló módon értelmezzük.

Definíció:

A legkisebb (ill. legnagyobb) olyan i indexet, melyre $H_i^n \neq 0$, i_{min}^n-nel (ill. i_{max}^n-szal) jelöljük. (12)

Definíció:

Az $I_1,I_2,\ldots,I_k$ természetes számok legnagyobb közös osztóját $G(I_1,I_2,\ldots,I_k)$-val jelöljük. (13)

A fenti definíciók alapján, mivel

$$G(C(H_i^n)) = C(F^n), \quad (i = 1,2,\ldots,\infty) \tag{14}$$

és

$$C(H_i^n) = i, \quad \text{ha } H_i^n \neq 0, \tag{15}$$

megállapíthatjuk, hogy

$$C(F^n) \leq i_{min}^n. \tag{16}$$

Definíció:

Az x_1,x_2 változókban felírt n-edfokú polinomot $P^n(x_1,x_2)$-vel fogjuk jelölni. (17)

Ezek után metsszük el az F^n közelítő felületet is ugyanazzal a hengerrel, mint amivel az F felületet metszettük korábban. A metszésvonal egyenlete ekkor (8) alapján a

$$f^n(\varphi) = P^k(\cos(\varphi),\sin(\varphi)) \quad (n \geq k) \tag{18}$$

formában írható. Ezen függvény **Fourier**-komponenseinek megkeresésére a komplex számokra vonatkozó **Moivre**-tételt használjuk fel, melynek alapján

$$\begin{aligned} \cos(k\varphi) &= P_1^k(\cos(\varphi),\sin(\varphi)) \\ \sin(k\varphi) &= P_2^k(\cos(\varphi),\sin(\varphi)). \end{aligned} \tag{19}$$

A P_1^k és P_2^k k-adfokú, homogén polinomok együtthatóit (**Korn** és **Korn**, 1968) tartalmazza.

A (19) egyenletből következik, hogy az n-edrendű sorfejtésnek legfeljebb n-edrendű harmonikus komponense lehet, tehát

$$i_{max}^n \leq n. \tag{20}$$

Figyelembe véve, hogy

$$i_{min}^n \leq i_{max}^n, \tag{21}$$

a (16) és (20) egyenlőségből a

$$C(F^n) \leq n \tag{22}$$

összefüggésre jutunk. Beépítve ebbe a (6) tételben megkövetelt $C(F) = C(F^n)$ egyenlőséget, a tétel állításához jutunk.

Q.e.d.

A fentiekben a sorfejtés rendjét jelentő n számra egy szükséges feltételt láttunk be. Ezt a feltételt annak alapján tudtuk megfogalmazni, hogy ismertük az F felület szimmetria csoportjának C(F) rendjét. Nem meglepő, hogy ha több információ áll rendelkezésünkre, akkor a szükséges feltétel tovább élesíthető. Azt az esetet fogjuk vizsgálni, amikor, valamilyen megfontolás alapján, előre tudjuk a henger palástján futó $f(\varphi)$ függvényről, hogy mely **Fourier**-komponensei tűnnek el, és melyek nem. Mint a későbbiekben látni fogjuk, ez a gyakorlatban előforduló eset.

Mielőtt a tételt kimondanánk, egy lemmát kell belátnunk:

Lemma:

$$\text{Ha } H_i = 0, \text{ akkor } H_i^n = 0. \quad (n = 1,2,\ldots) \tag{23}$$

Bizonyítás

Ez a lemma azt mondja ki, hogy az F^n **Taylor**-sornak nem lehet olyan harmonikus komponense, amely az eredeti F függvényből hiányzik. Mint a (25) té-

tételben látni fogjuk, az állítás megfordítva nem igaz: a **Taylor**-sorfejtés rendjét fokozatosan növelve átmenetileg hiányozhatnak olyan harmonikusok, amelyeket a sorba fejtett függvény tartalmaz. Mivel $n = \infty$ esetén analitikus függvényekre $F^n = F$, erre az esetre a (23) lemma állítása triviális.

Véges n esetén elsőként a (20) egyenletre hivatkozunk. Ott ugyanis beláttuk, hogy a **Taylor**-sor k-adrendű tagjainak csak ($k \leq n$)-ed rendű harmonikusai lehetnek. Tételezzük fel ezután, hogy van olyan $n < \infty$, melyre a (23) lemma állítása nem teljesül. Mivel $n = \infty$-re az állítás mindig teljesül, ezért kell lennie a magasabb ($m > n$) rendű tagok között olyanoknak, melyek alacsonyabb ($k < m$) rendű harmonikusai az n-edrendű tag nemkívánatos harmonikusait lenullázzák. Ehhez az szükséges, hogy az m-edrendű és n-edrendű tagok együtthatóinak arányát előírhassuk r (a sugár) minden értékére. Az m-edrendű tagok együtthatóit r^m-mel, az n-edrendű tagok együtthatóit r^n-nel kell szorozni a (8) képlet tanúsága szerint, tehát r minden értékéhez új feltételt kell szabnunk. Mivel az n-nél magasabb rendű tagok együtthatóinak száma megszámlálhatóan végtelen, r pedig kontinuum számosságú értéket vehet fel, ezért a feltétel nem teljesíthető. Ezzel indirekt módon beláttuk a (23) lemma állítását.

Q.e.d.

Tétel:

Ha s(F) az a legkisebb természetes szám, amelyre $G(C(H_1), C(H_2), \ldots, C(H_{s(F)})) = C(F)$, akkor a $C(F^n) = C(F)$ egyenlőség szükséges feltétele, hogy $n \geq s(F)$.

(24)

Bizonyítás:

Ha $i \geq s(F)$ esetén C(F) a harmonikusok frekvenciáinak legnagyobb közös osztója, akkor ez azt jelenti, hogy az s(F)-ed rendű harmonikusig kell elmenni az F függvény "hengeres" **Fourier**-sorfejtésében, hogy a csonkolt **Fourier**-sor szimmetria-invariáns maradjon. A (23) lemmában beláttuk, hogy az F függvényből hiányzó alapharmonikus az F^n sorfejtésben sem fordulhat elő, tehát a **Taylor**-sorral addig kell haladnunk, hogy $H^n_{s(F)}$ létrejöhessen. Ehhez viszont a (20) egyenlet alapján $n \geq s(F)$ szükséges.

Q.e.d.

Megjegyezzük, hogy $H_{C(F)} \neq 0$ esetén $s(F) = C(F)$, és így a (6) és (24) tételekben szabott szükséges feltétel megegyezik.

Az eddigiek azt a látszatot gerjeszthették, mintha az $F(x,y)$ függvény **Taylor**-sorfejtése és az $f(\varphi)$ függvény **Fourier**-sorfejtése között nagyon szoros lenne a kapcsolat. Erre azonban bizonyos mértékig rá fogunk cáfolni, ugyanis azt fogjuk megmutatni, hogy a szimmetria-invariancia feltétele mellett a **Taylor**-sorfejtés n rendjére még a (24) tételben definiált $s(F)$ szám ismeretében sem adható elégséges feltétel. Állításunkat, negatív jellegénél fogva, elegendő, ha $C(F)$ és $s(F)$ egyetlen, konkrét értékére igazoljuk. Az egyszerűség kedvéért a $C(F) = s(F) = 1$ esetet vizsgáljuk.

Tétel:

Tetszőleges n természetes számhoz konstruálható olyan $F(n,x,y)$ felület, melyre

$$s(F) = 1, \quad C(F) = 1 \quad \text{és} \quad C(F) \neq C(F^n). \tag{25}$$

Bizonyítás:

Tekintsük a

$$F(n,x,y) = x^{2n+1} \tag{26}$$

felületet. Szemléletből igazoltnak tekinthetjük, hogy $C(F) = 1$. Mivel a $(2n + 1)$-nél alacsonyabb rendű deriváltak a $P(0,0)$ helyen eltűnnek, ezért $F^n = 0$, vagyis $C(F^n) = \infty$. Ezzel beláttuk, hogy $C(F) \neq C(F^n)$. A továbbiakban azt fogjuk megmutatni, hogy $s(F) = 1$ is teljesül. Ha az F függvényre alkalmazzuk a (7) transzformációt és elmetsszük egy $r = 1$ hengerrel, akkor a

$$f(\varphi) = \cos^{(2n+1)}(\varphi) \tag{27}$$

függvényre jutunk. Azt szeretnénk belátni, hogy $f(\varphi)$ **Fourier**-sorából nem hiányozhat 2π periódusú tag. Ezen harmonikus, a_1 együtthatója **Korn** és **Korn** (1968) alapján közvetlenül kiszámítható:

$$a_1 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(\varphi)\cos(\varphi)d\varphi = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \cos^{2(n+1)}\varphi d\varphi = \frac{1 \times 3 \times 5 \times \ldots \times (2n+1)}{2 \times 4 \times 6 \times \ldots \times (2n+2)} \neq 0.$$

Ezzel a tétel állítását beláttuk.

Q.e.d.

A továbbiakban n-edfokú polinomok szimmetria-viszonyait vizsgáljuk meg.

Korollárium a (6) tételhez:

$$C(P^n(x,y)) \leq n \tag{28}$$

Bizonyítás:

Mivel minden $P^n(x,y)$ polinom egyben önmaga n-edrendű **Taylor**-közelítése, ezért a korollárium állítása egyenes következménye a (6) tételnek, hiszen ezt átrendezve a $C(F^n) \leq n$ összefüggést nyerjük.

Q.e.d.

Tétel:

A $C(P^n(x,y))$-ra adható legkisebb felső korlát egyenlő n-nel. (29)

Bizonyítás:

Ha tudunk mutatni egy olyan $Z^n(x,y)(n = 1,2,...)$ polinom-családot, melyre (bármely n esetén) $C(Z^n) = n$, akkor a tétel állítását beláttuk. Ilyen polinom-családot úgy is nyerhetnénk, hogy a H_i harmonikusokra alkalmazzuk a (7) transzformáció inverzét, de talán érdekesebb, ha közvetlen geometriai konstrukció útján jutunk el a Z^n felületekhez.

Egy szabályos n-szög alapú gúla oldallapjainak síkjai lineáris $P_i^1(x,y)$; $(i = 1,2,...,n)$ polinomoknak tekinthetők. Hozzuk fedésbe a gúla szimmetriatengelyét a z tengellyel és fektessük alaplapját az $[xy]$ síkra. Képezzük a

$$Z^n = \prod_{i=1}^{n} P_i^1(x,y) \tag{30}$$

szorzatot, mely egy n-edfokú polinomot ad meg, amely szemlélet alapján is invariáns a C_n csoportra nézve. Mivel a Z^n felület az xy síkot n darab egyenesben metszi, ezért magasabb szimmetriával nem rendelkezhet.

Q.e.d.

A (28) korollárium és a (6) tétel analóg módon igazolható síkgörbékként értelmezett polinomokra is.

2.2. Általános konzervatív tenzorok

Definíció

A D_m m-edrendű, konzervatív tenzormező n-edrendű **Taylor**-közelítését D_m^n-nel fogjuk jelölni. (31)

A D_m^n közelítés a D_m tenzormező 2^m darab skalár koordinátájának n-edrendű **Taylor**-közelítéséből áll.

Tétel:

$$C(D_m^n) = C(D_m) \quad \text{csak akkor, ha } n \geq C(D_m) - m. \tag{32}$$

Bizonyítás:

Azok az F felületek, amelyek m-edrendű deriváltja D_m, egymástól egy (m - 1)-edrendű polinomban különbözhetnek. Válasszuk ki közülük azt az F_0 felületet, amelynél az említett polinom minden együtthatója zérus, vagyis a **Taylor**-sor az m-edrendű tagokkal kezdődik. Erre nyilván teljesül a

$$C(F_0) = C(D_m) \tag{33}$$

összefüggés.

Vegyük figyelembe, hogy az n-edrendű D_m^n **Taylor**-közelítés maga is m-edrendű tenzormező, hiszen azonos az F_0 felület (n + m)-edrendű **Taylor**-közelítésének m-edrendű kovariáns deriváltjával. Ily módon a (33) egyenletet a csonkolt **Taylor**-sorra is alkalmazhatjuk:

$$C(D_m^n) = C(F_0^{n+m}). \tag{34}$$

A (6) tétel alapján:

$$C(F_0^{n+m}) = C(F_0) \quad \text{csak akkor, ha } n + m \geq C(F_0). \tag{35}$$

A (33) és (34) egyenletet a (35) egyenletbe helyettesítve a

$$C(D_m^n) = C(D_m) \quad \text{csak akkor, ha } n \geq C(D_m) - m \tag{36}$$

összefüggésre jutunk.

Q.e.d.

Megjegyezzük, hogy a (32) tétel nem zárja ki, hogy $C(D_m) - m$ negatív értéket vegyen fel. Ebben az esetben biztosak lehetünk benne, hogy a szükséges és elégséges feltétel nem azonos. Van rá azonban mód, hogy a negatív értékeket kizárjuk a (32) feltételből. Ennek igazolásához a **Csebisev**-polinomokat használjuk fel (**Szász**, 1951):

Definíció:

A $\cos(\varphi) = u$ helyettesítés mellett

$$\cos(n\varphi) = T^n(u), \tag{37}$$

ahol $T^n(u)$ racionális egész függvény, melyet elsőfajú, n-edrendű **Csebisev**-polinomnak nevezünk.

Bevezetve a

$$a = \begin{bmatrix} \cos(0\varphi) \\ \cos(1\varphi) \\ \cos(2\varphi) \\ \vdots \\ \cos(n\varphi) \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} u^0 \\ u^1 \\ u^2 \\ \vdots \\ u^n \end{bmatrix} \tag{38}$$

jelöléseket, a **Csebisev**-polinomokat a

$$a = \Theta b \tag{39}$$

lineáris transzformációban foglalhatjuk össze. A Θ együtthatómátrixról **(Szász,** 1951) 400. 3' rekurziós képlete alapján megállapítható, hogy speciális szerkezetű alsó háromszögmátrix:

$$\Theta = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & X & 0 & X & 0 & 0 & \dots \\ X & 0 & X & 0 & X & 0 & \dots \\ 0 & X & 0 & X & 0 & X & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}. \tag{40}$$

A (40) sémában X-szel jelöltük a nem zérus elemeket. A fenti mátrix a páros és páratlan oszlopok és sorok egymás mellé és alá rendezésével hiperdiagonál alakra hozható, melynek főátlójában csupa zérustól különböző elem áll, tehát a mátrix invertálható. Az inverz mátrix ismét hiperdiagonál lesz, és a sorok és oszlopok visszarendezése után megállapíthatjuk, hogy ha $\theta_{ij} = 0$, akkor $\theta^{-1}_{ij} = 0$ is teljesül. Másképp fogalmazva a θ^{-1} mátrix szerkezete megegyezik a (40) sémában mutatottal, azzal a különbséggel, hogy az X-szel jelölt elemek nem-zérus voltát nem igazoltuk, de ezt nem is fogjuk kihasználni. Mivel a θ^{-1} mátrix a $\cos^n(\varphi)$ függvények **Fourier**-együtthatóit tartalmazza, ezért a séma alapján beláttuk, hogy páros rendű **Taylor**-tagok csak páros, páratlan rendű **Taylor**-tagok csak páratlan rendű (nem zérus) harmonikusokkal rendelkeznek. Egy m-edrendű D_m tenzor **Taylor**-sora az F_0 felület **Taylor**-sorának m-nél magasabb rendű tagjait tartalmazza. A fentiekből következik, hogy ha

$$[C(D_m) \bmod 2] = [m \bmod 2] \quad (C(D_m) \leq m),$$

akkor a konstans (0-adrendű) **Taylor**-sornak is lehetnek elvileg $C(D_m)$-edrendű harmonikus komponensei, egyébként legalább a lineáris (elsőrendű) **Taylor**-tagokig el kell menni. Ezek szerint $C(D_m) \leq m$ esetén a szükséges **Taylor**-tagok rendje 0 vagy 1. A (32) tétel állítását ezzel a megfontolással kiegészítve az 1. táblázat illusztrálja.

1. táblázat. A **Taylor**-sorfejtés szükséges rendje

$m \rightarrow$ / $C(D_m) \downarrow$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
∞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1
3	3	2	1	0	1	0	1	0	1	0
4	4	3	2	1	0	1	0	1	0	1
5	5	4	3	2	1	0	1	0	1	0
6	6	5	4	3	2	1	0	1	0	1
7	7	6	5	4	3	2	1	0	1	0
8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Ezek után a (24) tételhez hasonlóan egy élesebb szükséges feltételt fogalmazunk meg, melynél ismét az $s(F_0)$ szám ismeretére támaszkodunk. Az F_0 felület harmonikusait $H_{0,i}$-vel jelöljük.

Tétel:

Ha $s(F_0)$ az a legkisebb természetes szám, amelyre $G(C(H_{0,1}),C(H_{0,2}),\ldots, C(H_{0,s(F_0)})) = C(D_m)$, akkor a $C(D_m) = C(D_m^n)$ egyenlőség szükséges feltétele, hogy $n \geq s(F_0) - m$. (41)

Bizonyítás:

Gondolatmenetünk hasonló lesz a (24) tételnél alkalmazotthoz. Ennek alapján nem nehéz formálisan is belátnunk a (41) tétel állítását. A (24) tétel alapján, ha k az a legkisebb természetes szám, amelyre

$$G(C(H_{0,1}),C(H_{0,2}),\ldots,C(H_{0,k})) = C(F_0), \tag{42}$$

akkor a

$$C(F_0^{n+m}) = C(F_0) \tag{43}$$

egyenlőség szükséges feltétele, hogy

$$n + m \geq k. \tag{44}$$

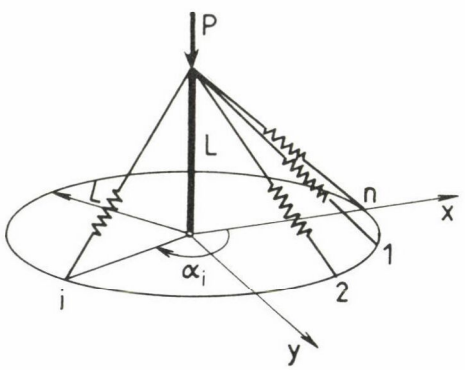
Ha a fenti összefüggésekbe helyettesítjük a (33) és (34) egyenletet, akkor a (41) tétel állításához jutunk.

Q.e.d.

3. PÉLDÁK

3.1. A potenciális energia: m = 0

A V potenciális energia skalár mennyiség, vagyis nulladrendű tenzor. A (6) tétel állítása szerint ekkor legalább a C(V)-edrendű tagokig kell menni a **Taylor**-sorfejtésben, hogy a szimmetria rendje ne változzon. Illusztrációként **Gáspár** (1977) munkáját említjük, melyben egy n ($n \geq 3$) szimmetrikusan elhelyezett lineáris rugóval megtámasztott merev rúd viselkedését vizsgálja. A szerkezetet az 1. ábra illusztrálja:



1. ábra. Az n rugóval megtámasztott rúd

Gáspár megállapítja, hogy a szerkezet potenciális energiájának ötödrendű **Taylor**-közelítése a

$$V^5 = KL^2\left(\frac{1}{8}r^2 + \frac{1}{8}C_3r^3 + \frac{15}{512}r^4 + \frac{5}{64}C_4r^4 + \frac{7}{128}C_5r^5\right) + PL\left(-\frac{1}{2}r^2 - \frac{1}{8}r^4\right) -$$

$$- \frac{1}{4}KL^2rr_0\cos(\varphi - \varphi_0) \tag{45}$$

formában írható, ahol

$$K,L,P \text{ konstansok},$$

$$C_3 = \begin{cases} \frac{1}{4}\cos(3\varphi) & \text{ha } n = 3 \\ 0 & \text{ha } n \neq 3 \end{cases}$$

$$C_4 = \begin{cases} \frac{1}{8}\cos(4\varphi) & \text{ha } n = 4 \\ 0 & \text{ha } n \neq 4 \end{cases}$$

$$C_5 = \begin{cases} \frac{5}{16}\cos(3\varphi) & \text{ha } n = 3 \\ \frac{1}{16}\cos(5\varphi) & \text{ha } n = 5 \\ 0 & \text{egyébként} \end{cases}$$

r_0, φ_0 tökéletlenségek.

Szemléletből megállapíthatjuk, hogy n rugó esetén a tökéletes ($r_0 = 0$) szerkezeten

$$C(V) = n. \tag{46}$$

A (45) képletből viszont leolvasható, hogy (ugyancsak n rugó esetén)

$$C(V^n) = n. \tag{47}$$

A fenti egyenletbe behelyettesítve a (46) egyenletet, a

$$C\left(V^{C(V)}\right) = C(V) \tag{48}$$

összefüggésre jutunk, amely szerint a (6) tételben megfogalmazott szükséges feltétel itt egyben elégséges is.

3.2. A merevségi operátor: m = 1

A K merevségi operátor az u elmozdulás-vektorhoz a q tehervektort rendeli hozzá:

$$K(u) = q. \tag{49}$$

A K operátor tehát egy vektormezőt, vagy másképp kifejezve, egy elsőrendű tenzormezőt definiál. A (32) tétel szerint ekkor legalább a (C(K)-1)-edren-

dő tagokig kell elmennünk a **Taylor**-sorfejtésben, hogy a szimmetria rendje ne változzék. Illusztrációként a kikötött árbocok korlátozottan nagy elmozdulásainak numerikus számítását említjük.

Korlátozottan nagy elmozdulások esetén az egyensúlyi feltételt kifejező nem lineáris egyenletrendszer iterációs megoldására a módosított **Newton—Raphson**-módszert (**Gáspár**, 1983) szokták alkalmazni.

Ennél az eljárásnál a kiindulási helyzet linearizált K^1 merevségi operátorát alkalmazzák az egész terhelési folyamat során.

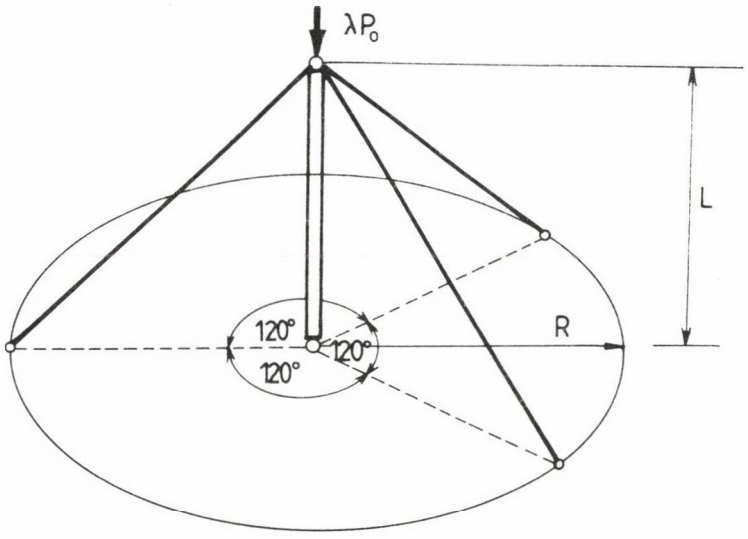
A lineáris közelítésben minden koordináta-irányú erő csak a saját irányába idéz elő elmozdulást, ami azt jelenti, hogy a K^1 mátrix diagonális. A további vizsgálatoknál csak azt fogjuk feltenni, hogy a vízszintes és a függőleges erők között nincs kapcsolat, vagyis hogy a $K(x,y,z)$ operátor egy $K_h(x,y)$ és egy $K_v(z)$ operátorra bontható.

Kikötött árbocok esetében a módosított **Newton—Raphson**-módszer közvetlen alkalmazása több szempontból is hátrányos lenne. Ennek egyik oka, hogy $n > 2$ kötél esetén a tökéletes szerkezet K_h^1 merevségi operátora a (32) tétel értelmében C_∞ szimmetriát mutat, tehát elfedi a szerkezet diszkrét forgási szimmetriáját. Másrészt a K_v^1 egydimenziós vektormező C_2 szimmetriát mutat, tehát a szerkezet látszólag húzásra és nyomásra egyformán viselkedik, a valóságban azonban ilyen szimmetria nincs, tehát $C(K_v) = 1$. Mindkét tény arra mutat, hogy a lineáris operátor segítségével csak meglehetősen torz képünk alakulhatna ki a szerkezet viselkedéséről. Ezért, megtartva a módosíott **Newton—Raphson** módszer alapgondolatát, az eljárást azzal a követelménnyel egészítjük ki, hogy a kezdeti (terheletlen) állapotban számított, és a teljes terhelés alatt alkalmazott csonkolt K_h^n és K_v^m merevségi operátoroktól megkívánjuk, hogy szimmetria-invariánsak legyenek, vagyis $C(K_h^n) = C(K_h)$ és $C(K_v^m) = C(K_v)$ teljesüljön.

Példaként egy 3 kötéllel merevített árbócot mutatunk be. Ekkor

$$\begin{aligned} &1. \quad C(K_h) = 3 \\ &2. \quad C(K_v) = 1. \end{aligned} \tag{50}$$

Az (50/2) egyenlőség természetesen $k > 0$ kötél esetén mindig teljesül. A szerkezet elrendezését a 2. ábra mutatja ($\lambda < 0$):



2. ábra. A vizsgált árboc

Számszerű adatok:

$$R = 2000 \text{ cm}$$

$$L = 1000 \text{ cm}$$

$$EA_{rúd} = 2{,}10 \times 10^{6} \text{ kN}$$

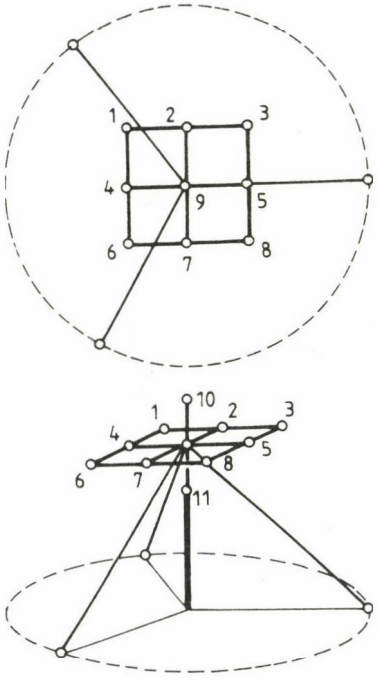
$$EA_{kötél} = 2{,}92 \times 10^{4} \text{ kN}$$

$$EI_{rúd} = 1{,}75 \times 10^{7} \text{ kNcm}^2$$

$$\ell_{kötél} = 2231{,}2 \text{ cm (nyúlásmentes hossz)}$$

$$P_0 = 1 \text{ kN}$$

A (32) tétel alapján megállapíthatjuk, hogy a K_h^n csonkolt sorfejtésben $n_{szükséges} = 2$. Ugyanezen tétel alapján a K_v^m csonkolt sorfejtésben $m_{szükséges} = 0$. Mivel $C(K_v^1) \neq C(K_v)$, ezért ez nyilván nem elégséges. (Ennek oka, hogy a $H_{C(K_v)} = H_1$ harmonikus hiányzik.) A (41) tétel szerint ekkor itt $m_{szükséges} = 2$. Megjegyezzük, hogy n és m szükséges értékei csak 3 kötél esetén esnek egybe. Feladatunk a K_h^2 és K_v^2 operátorok numerikus előállítása. A deriváltak értékeinek kiszámítására a differenciamódszert alkalmaztuk. A vizsgált "rácsot" a 3. ábra mutatja (a rácsoldalak méreteit nagyítottuk):



3. ábra. A differencia-rács

Az i-edik rácspontban számított erőt F_i-vel jelöljük, komponenseit pedig az $F_{i,x}$, $F_{i,y}$, $F_{i,z}$ módon. A 9. rácspont azt a helyzetet jelöli, amikor a szerkezet $\lambda = 0$ mellett egyensúlyban van. Szemléletünk alapján megállapíthatjuk, hogy

$$F_9 = 0, \quad F_{10,x} = F_{10,y} = 0, \quad F_{11,x} = F_{11,y} = 0. \tag{51}$$

Az egyszerűség kedvéért a K^2 operátorokat is mátrixos alakban foglaljuk összse, annak ellenére, hogy nem lineáris transzformációt definiálnak. A kétdimenziós K_h^2 operátort a

$$K_h^2 = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} & h_{15} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} & h_{25} \end{bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow F_x \\ \leftarrow F_y \end{matrix} \tag{52}$$

$$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow$$

$$u_x^2 \quad u_y^2 \quad u_x u_y \quad u_x \quad u_y$$

alakban írhatjuk. A bevezetett konvenciót is jelöltük: az oszlopok alatt az u(x,y) vízszintes eltolódásvektor komponenseinek azon hatványait (illetve

szorzatát) tüntettük fel, amelynek együtthatói az adott oszlopban állnak. A sorok mellett azokat az erő-komponenseket tüntettük fel, amelyeket eredményül kapunk a beszorzás után. Bevezetve a

$$u_h^2 = \begin{bmatrix} u_{x_2}^2 \\ u_y^2 \\ u_x u_y \\ u_x \\ u_y \end{bmatrix}, \qquad q_h = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} \tag{53}$$

jelölést, az erő-elmozdulás összefüggés a

$$K_h^2 u_h^2 = q_h \tag{54}$$

formában írható. A K_h^2 mátrix h_{ij} elemeit a 3. ábra alapján a következő módon fejezhetjük ki:

$$h_{11} = \frac{F_{5,x} + F_{4,x}}{2\Delta x^2} \qquad h_{21} = \frac{F_{5,y} + F_{4,y}}{2\Delta x^2}$$

$$h_{12} = \frac{F_{2,x} + F_{7,x}}{2\Delta y^2} \qquad h_{22} = \frac{F_{2,y} + F_{7,y}}{2\Delta y^2}$$

$$h_{13} = \frac{(F_{3,x} + F_{6,x}) - (F_{1,x} + F_{8,x})}{4\Delta x \Delta y} \qquad h_{23} = \frac{(F_{3,y} + F_{6,y}) - (F_{1,y} + F_{8,y})}{4\Delta x \Delta y} \tag{55}$$

$$h_{14} = \frac{F_{5,x} - F_{4,x}}{2\Delta x} \qquad h_{24} = \frac{F_{5,y} - F_{4,y}}{2\Delta x}$$

$$h_{15} = \frac{F_{2,x} - F_{7,x}}{2\Delta y} \qquad h_{25} = \frac{F_{2,y} - F_{7,y}}{2\Delta y}$$

Megjegyezzük, hogy a

$$\begin{bmatrix} h_{14} & h_{15} \\ h_{24} & h_{25} \end{bmatrix}$$

mátrix azonos az elsőrendű K_h^1 merevségi mátrixszal.

A K_v^2 operátornál lényegesen egyszerűbb a helyzet, hiszen ez csak egydimenziós, így összesen 2 komponense van:

$$K_v^2 = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} \\ \uparrow & \uparrow \\ u_z^2 & u_z \end{bmatrix} \leftarrow F_z \qquad (56)$$

A konvenciót az (52) képlethez hasonlóan jelöltük, és az erő-elmozdulás összefüggés itt is a

$$u_v^2 = \begin{bmatrix} u_z^2 \\ u_z \end{bmatrix}, \qquad q_v = F_z \qquad (57)$$

jelölés bevezetése után a

$$K_v^2 u_v^2 = q_v \qquad (58)$$

formában foglalható össze. A K_v^2 mátrix komponensei az előzőekhez hasonlóan számíthatók:

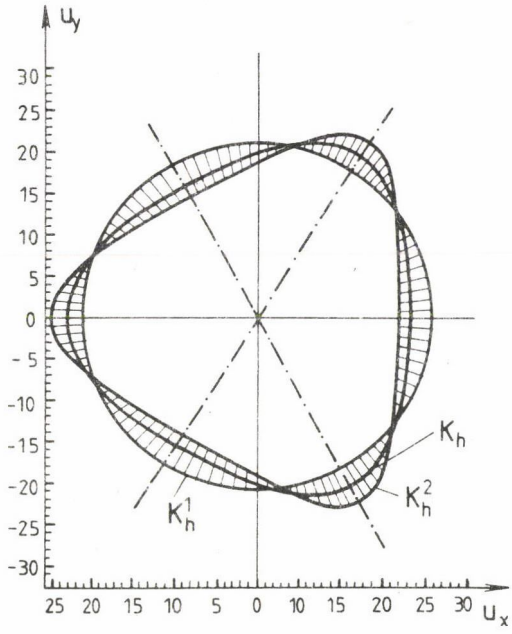
$$v_{11} = \frac{F_{10} + F_{11}}{\Delta z^2}, \qquad v_{12} = \frac{F_{10} - F_{11}}{2\Delta z}. \qquad (59)$$

A peremérték feladatok megoldása után az alábbi numerikus eredményekre jutottunk:

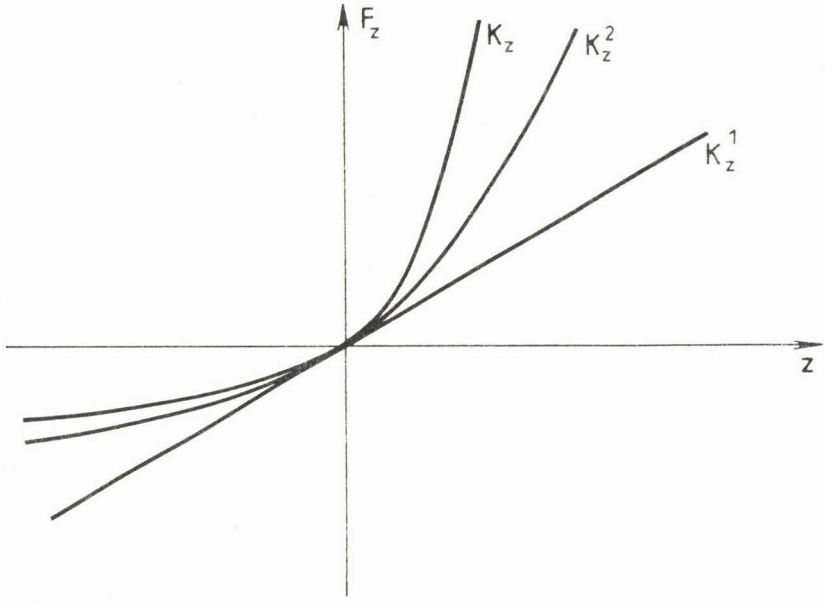
$$K_h^2 = \begin{bmatrix} -10.511 & 10.427 & \underline{0.003} & 41.762 & \underline{0.005} \\ \underline{0.007} & \underline{0.011} & 20.348 & \underline{0.003} & 41.810 \end{bmatrix} \qquad (60)$$

$$K_v^2 = \begin{bmatrix} 12.344 & 82.505 \end{bmatrix}.$$

Mivel a szerkezet az x tengelyre is szimmetrikus, ezért a K_h^2 mátrixban aláhúzott elemeknek pontosan zérusnak kellene lenniük, az eltérés csak a numerikus módszer pontatlanságából adódik. Az operátorok birtokában már rajzolható erő-elmozdulás diagram. A vízszintes síkban egy $u_x^2 + u_y^2 = \underline{\text{konstans}}$ körpályán mozgattuk a felső csomópontot. Kiszámítottuk az ehhez az elmozduláshoz rendelt erőket a K_h^1, K_h^2 és K_h operátorok alkalmazásával. (Az utóbbi görbéhez 64 pontot számítottunk ki.) Az eredményt a 4. ábra mutatja. Láthatjuk, hogy a (32) tétel által meghatározott szükséges feltétel itt elégségesnek is bizonyult, hiszen a másodrendű operátorral számított görbe C_3 szimmetriát mutat. A függőleges irányban a teljes (egydimenziós) elmozduláshoz rendelt erőt ábrázoltuk az 5. ábrán. Itt is megfigyelhetjük, hogy a (41)



4. ábra. A kiegyensúlyozatlan vízszintes erő diagramjai

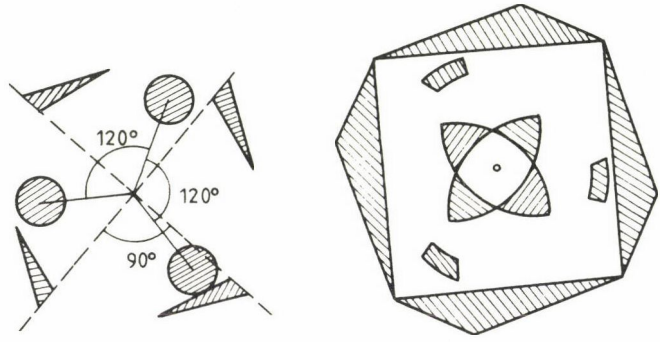


5. ábra. A kiegyensúlyozatlan függőleges erő diagramjai

tétel által meghatározott szükséges feltétel egyben elégséges is, hiszen a K_v^2 segítségével számított erők C_1 szimmetriát mutatnak.

Megjegyezzük, hogy a (32) tétel által kimondott szükséges feltétel elégségességét illusztrálja hajlított rudakra (de természetesen nem elemi rúdelmélettel) **Buzano** et al. (1985).

Ezek után a (41) tételt is megpróbáljuk egy példán illusztrálni, melyet az elemi szilárdságtanból merítünk. A tisztán hajlított rudak esetét tárgyalva vizsgáljuk a **Hacar** (1987) által bemutatott keresztmetszeteket:



6. ábra. A **Hacar** által bemutatott keresztmetszetek

Az elemi szilárdságtan hipotézisei szerint a keresztmetszetek a deformáció után is síkok, vagyis lineáris polinomok maradnak. Ez azt jelenti, hogy az elemi szilárdságtanban az α keresztmetszet K merevségi operátora helyett eleve annak lineáris K^1 közelítését használjuk, amely az ismert

$$K^1 = \begin{bmatrix} I_x & D_{xy} \\ D_{xy} & I_y \end{bmatrix} \tag{61}$$

formában írható. Szintén ismert tény, hogy ha $C(\alpha) \geq 3$, akkor $C(K^1) = \infty$, vagyis a szabályos sokszög alakú keresztmetszetek inerciája minden tengelyre megegyezik. Ez alátámasztja a (32) tétel állítását, mely szerint $n_{\text{szükséges}} = C(\alpha) - 1$.

A fent bemutatott keresztmetszetekre szemléletből igaz, hogy $C(\alpha) = 1$, de a lineáris szuperpozíció alapján azt is könnyű belátni, hogy $C(K^1) = \infty$. Ekkor tehát a (32) tételben meghatározott $n = C(\alpha) - 1 = 0$-adrendű közelítés nem elégséges, sőt, mint láttuk, az elsőrendű sem. Mit állapít meg a (41)

tétel szükséges feltételként? Ennek kiszámításához ismernünk kell a harmonikus komponenseket. Szemléletre támaszkodva:

$$H_{0,1} = H_{0,2} = 0 \quad \text{és} \quad H_{0,3} \neq 0 \quad H_{0,4} \neq 0. \tag{62}$$

Ennyi harmonikus ismerete elegendő, hiszen $G(3,4) = 1 = C(\alpha)$. Ezek szerint esetünkben $s(F_0) = 4$, ezért (32) alapján $n_{\text{szükséges}} = 3$.

Megjegyezzük, hogy feszített árbocok merevségi operátorát vizsgálva **Hathout** et al. (1979) megállapítják, hogy a C_3 szimmetriával rendelkező szerkezet linearizált K^1 operátorára $C(K^1) = \infty$ teljesül.

3.3. A feszültségi tenzor: m = 2

A feszültségi tenzor a vizsgált test minden pontjában egy irányhoz egy feszültségvektort rendel hozzá, tehát másodrendű tenzor. Illusztrációként a membránhéjak feszültségállapotát vizsgáljuk egy **Csonka** (1981) által közölt példa alapján. **Csonka** a vetületi $\bar{N}_x$, $\bar{N}_{xy}$, $\bar{N}_y$ membránerőkkel dolgozik. Ezek az $F(x,y)$ feszültségfüggvény második parciális deriváltjaiként állnak elő, tehát az N_2 membrántenzor eleget tesz a konzervatív tenzormező (1) definíciójának.

Szabályos háromszög alaprajzú, tehát C_3 szimmetriával rendelkező, egyenletesen megoszló teherrel terhelt héjakra **Csonka** (1981, 5.1. (4), p. 281) az alábbi membránerőket közli:

$$\bar{N}_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = -\frac{\bar{p}_0 a_0}{h_0}(a_0 - x)$$

$$\bar{N}_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x} = -\frac{\bar{p}_0 a_0}{h_0} y \tag{63}$$

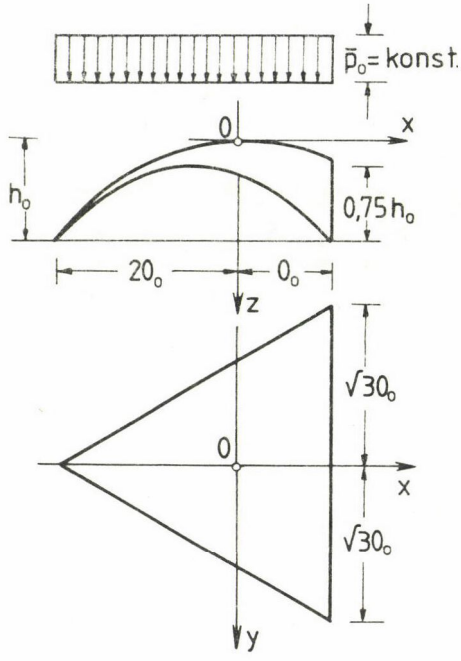
$$\bar{N}_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = -\frac{\bar{p}_0 a_0}{h_0}(a_0 + x).$$

Mint látjuk, a vetületi feszítőerők kivétel nélkül az x és y változók lineáris függvényei, tehát

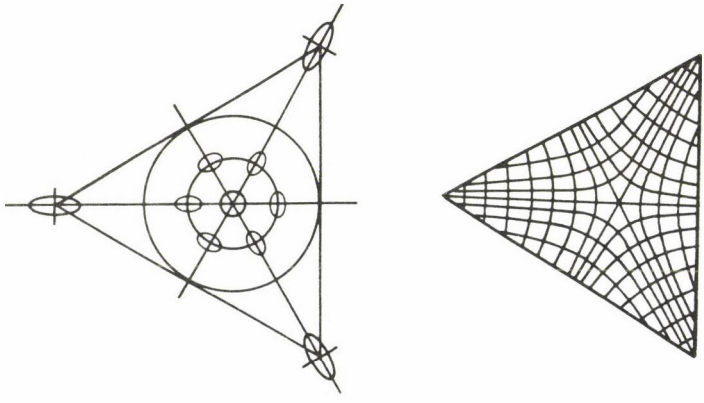
$$N_2 = N_2^1, \tag{64}$$

amiből természetesen

$$C(N_2) = C(N_2^1) \tag{65}$$



7/a. ábra. A vizsgált héj



7/b. ábra. Membránfeszültségek C_3 szimmetriája

is következik. Mivel $C(N_2) = 3$ és $m = 2$, ezért a (32) tétel szerint $n_{\text{szükséges}} = 1$. A (65) egyenlőség azt mutatja, hogy ez az érték egyben elégséges is.

Csonka könyvében más szimmetrikus héjak is illusztrálják a (32) tétel állítását. Az N_2 tenzormező C_3 szimmetriáját **Csonka** könyvéből átvett ábrákkal próbáljuk szemléltetni. Elsőként a feladatot mutatjuk be (7/a. ábra, **Csonka** 5.1.2. ábrája alapján), majd a számítási eredményeket (7/b. ábra, **Csonka** 5.1.5.—5.1.14. ábrái alapján).

4. ÖSSZEFOGLALÓ MEGJEGYZÉSEK

A mérnöki gyakorlatban általánosan elterjedt az a feltételezés, hogy a **Taylor**-sorfejtés rendjét növelve a vizsgálat eredménye egyre pontosabb lesz, ez csak kvantitatív információt nyújt.

Viszonylag kevés olyan tétel van azonban, amely a **Taylor**-sor egy adott n rendjéhez a matematikai modellben jelentkező minőségi ugrást rendel hozzá. Talán a legismertebb ilyen jellegű megállapítás, hogy az elsőrendű (n = 1) elmélettel nem lehet kritikus terhet, a másodrendű (n = 2) tagok figyelembevételével pedig nem lehet posztkritikus viselkedést számolni. Közvetlenül az utóbbi megállapításhoz csatlakozik **Thom** (1975) tétele. **Thom** legfeljebb 5 paraméterig osztályozza a potenciális energia függvény kritikus pontjait. Minden esetre megadja a lokális vizsgálathoz (tehát a kezdeti posztkritikus viselkedés meghatározásához) elégséges n értéket.

Ebben a dolgozatban azt mutattuk meg, hogy a diszkrét forgási szimmetriával rendelkező konzervatív tenzormezők, illetve az ezek által leírt mechanikai jelenségek sok esetben véges sok tagból álló **Taylor**-sorukkal helyettesíthetők anélkül, hogy a szimmetria-csoport rendje megváltozna. Attól függően, hogy mennyi információ állt rendelkezésünkre a vizsgált függvényről, különböző élességű szükséges feltételeket fogalmaztunk meg n-re. Ezzel azt mutattuk meg többek között, hogy van olyan n, amelyet átlépve a csonkolt sor szimmetriájának rendje megváltozik, amit joggal nevezhetünk minőségi ugrásnak. Megmutattuk, hogy a vizsgált függvényről viszonylag bőségesen rendelkezésre álló információ birtokában is lehetetlen elégséges feltételt adni n-re. A bizonyított tételek alapján meghatároztuk a kétváltozós polinomok szimmetria-csoportja rendjének legkisebb felső korlátját.

Birkhoff, G. és **MacLane, S.** (1965): A survey of modern algebra. Macmillan, New York

Buzano, E., Geymonat, G. és **Poston, T.** (1985): Post-buckling behaviour of a non-linearly hyperelastic thin rod with cross section invariant under the dihedral group D_n. Arch. for Rat. Mech. Vol. 89., pp. 307--388

Coxeter, H. S. M. (1969): Introduction to geometry. John Wiley, New York

Csonka P. (1981): Héjszerkezetek. Akadémiai Kiadó, Budapest

Domokos, G. (1989a): Symmetry-invariance of truncated stiffness operators. Newsletter of the Technical University Budapest, Vol. VI., No. 4., pp. 5--15

Domokos, G. (1989b): Berechnung des nichtlinearen Verhaltens von Tragwerken mit diskreter Rotationssymmetrie. ZAMM Bd. 70 (4) pp. T 224--T 225

Domokos, G. (1990): The equilibrium equations of membrane shells expressed in general surface coordinates. Periodica Polytechnica T.U. Budapest (Arch.) Vol. 34, No. 1--2., pp. 85--134

Gáspár, Zs. (1977): Buckling models for higher catastrophes. J. Struct. Mech. Vol. 5, pp. 357--368

Gáspár Zs. (1983): A katasztrófaelmélet alkalmazása a szerkezetek stabilitásvizsgálatában. BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest (kézirat)

Gáspár Zs. és **Tornyos Á.** (1986): Rúdszerkezetek állapotjellemzőinek számítása csomóponti koordináta-rendszerben. Magyar Építőipar No. 3, pp. 161--163

Hacar, M. A. (1987): Discussion to Dean's paper. ASCE Vol. 113, NO. ST9, pp. 2066--2068

Hathout, I. A. et al. (1979): Buckling of stayed columns. ASCE Vol. 105., No. ST9, pp. 1805--1822

Hegedűs I. (1978): Egyrétegű hengeres rácsok vizsgálata mátrixok segítségével. Műszaki Tudomány 56. kötet, pp. 431--443

Korn, G. A. és **Korn, T. A.** (1968): Mathematical Handbook. McGraw--Hill, New York

Szász P. (1951): A differenciál- és integrálszámítás elemei. Közoktatásügyi Kiadóvállalat, Budapest

Tarnai, T. (1980): Simultaneous static and kinematic indeterminacy of space trusses with cyclic symmetry. Int. J. Solids Struc. Vol. 16, pp. 347--359

Thom, R. (1975): Structural stability and morphogenesis. Benjamin, New York

Tornyos, Á. (1985): Dynamic analysis of space frameworks with cyclic symmetry. Space Structures Vol. 1., pp. 111--115

Zalka Károly

KERETSZERKEZETEK KONTINUUM MÓDSZERÉNEK PONTOSSÁGÁRÓL

1. BEVEZETÉS

Építőipari teherhordó szerkezeteink között a keretszerkezetek meghatározó szerepet töltenek be. Fontosságukat a statikai számításukkal foglalkozó számtalan cikk és könyv is mutatja. A pontos — vagy bizonyos feltételek teljesülése után pontosnak ítélt — megoldások általában a tervező mérnökök rendelkezésére állnak. Ezek a megoldások azonban gyakran túlságosan bonyolultak és munkaigényesek, így inkább elméleti jelentőségűek. A pontos megoldás iránti igényt csökkenti az a tény, hogy a kivitelezés során olyan pontatlanságok (anyagminőségben, összeszereléskor stb.) "épülnek be" a szerkezetbe, amelyek megkérdőjelezhetik a pontos módszerek alkalmazásának értelmét is.

A különböző közelítő módszerek kialakulását és elterjedését néhány további tényező is elősegítette. A pontos megoldás előállítása bizonyos esetekben (például nagyméretű keretek stabilitásvizsgálatánál) meglehetősen bonyolult. Ilyen szerkezetek vizsgálatához nagy teljesítményű számítógépekre és költséges szoftverre van szükség. A bemenő adatok összeállítása esetenként nagy manuális munkát és többszörös ellenőrzést igénylő feladat.

A közelítő módszerek közül a kontinuum módszer az egyik legjobban elterjedt eljárás. Sikerrel alkalmazták különböző építőmérnöki problémák megoldásához. A következő felsorolás — a teljesség igénye nélkül — a magyarországi kutatásoknak csak egy keresztmetszetét adja: rezgéstan **(Kollár,** 1967), keretszerkezetek **(Csonka,** 1950, 1965), **(Asztalos,** 1971), **(Zalka,** 1981), **(Kollár L. P.,** 1986), nyílásokkal áttört falak **(Szmodits,** 1975), **(Szerémi,** 1975), térrácsok **(Kollár** és **Hegedűs,** 1985), szendvicsrudak **(Hegedűs** és **Kollár L. P.,** 1984), **(Kollár L. P.,** 1986), elcsavarodó kihajlás **(Kollár,** 1977), **(Zalka,** 1981). A Council on Tall Buildings and Urban Habitat rendszeres, több kötetes kiadványai (1972, 1978, 1983, 1986, 1988) is bizonyítják, hogy a kontinuum módszer a nemzetközi kutatásokban is kiemelkedő szerepet ját-

szik. A módszer legnagyobb előnye az egyszerűség mellett az, hogy szemléletes képet ad a szerkezet viselkedéséről. Megmutatja, hogy az erőjátékot alapvetően befolyásoló szerkezeti jellemzők változása hogyan hat a szerkezet teherbírására.

Ebben a dolgozatban néhány jellegzetes merevségaránnyal és megtámasztási rendszerrel rendelkező keretszerkezetet vizsgálunk meg. Arra a kérdésre adunk választ, hogy a vizsgált esetekben a kontinuum módszer alkalmazásával mekkora hibát követünk el a stabilitásvizsgálat során. Értékeljük az eredményeket és rámutatunk arra is, hogy a különböző közelítések milyen szerepet játszanak a különböző megtámasztású és merevségaránnyal rendelkező keretek esetében.

Ez a dolgozat egy korábbi vizsgálat folytatásának is tekinthető (**Zalka,** 1977). A korábbi vizsgálat végrehajtásakor a pontos módszer numerikus eredményei csak bizonyos esetekre és korlátozott nagyságú keretekre voltak elérhetők. Időközben a kontinuum módszer alkalmazásával levezetett összefüggéseket is tovább pontosították és ma már lehetséges korábban elhanyagolt hatások figyelembevétele is. A vizsgálható szerkezettípusok köre is szélesedett. A kontinuum módszer általánosításával lehetőség nyílt csuklós megtámasztású keretszerkezetek vizsgálatára is (**Zalka,** 1987). Éppen a csuklós megtámasztású keretek vizsgálata mutatott rá a módszer alkalmazásának veszélyeire (**Hegedűs,** 1987).

A **Csonka Pál** (1950) által kifejlesztett kontinuum módszer lényege a következőképpen foglalható össze. A keretet egy olyan oszloppal helyettesítjük, amelynek merevsége megegyezik a keretoszlopok merevségének összegével, és amelyre a keretgerendák befogó hatásának pótlása céljából a teljes magasság mentén elosztott rugalmas nyomaték hat. A helyettesítő oszlop külső terhe úgy állítható elő, hogy vízszintes értelemben szintenként összegezzük a keret eredeti terhelését, majd ezt a terhelést a függőleges mentén elosztjuk. A helyettesítő oszlop egy elemi darabjának vizsgálata rendszerint olyan differenciálegyenletre vezet, amelynek zárt alakú -- vagy valamely függvénysor formájában előállítható — megoldása van. A kontinuum módszerrel közvetlenül figyelembe nem vehető hatásokat bizonyos korrekciós tényezők segítségével általában be lehet építeni az eljárásba. Részletes útmutatót és ismertetést a kontinuum módszerről a fent említett források, valamint **Kollár** (1990) könyve ad. **Kollár** (1990) könyvében részletes magyarázattal megtalálható a felhasznált összefüggések nagy része is.

Csak derékszögű hálózatú, egyenlő emeletközű kereteket vizsgálunk. A keretek három- és ötlábasak, és 4, 8, 12, 16, 20 és 24 szintesek. A keretek

rúdjait tökéletesen rugalmas anyagúaknak tekintjük, amelyek merev kapcsolatokkal csatlakoznak egymáshoz. Minden rúd 3,0 m hosszú. A rudak keresztmetszetét az egyes ábrákon adjuk meg.

A különböző szintszámú és különböző merevségarányokkal rendelkező keretek esetében összehasonlítjuk a pontos kritikus terhet a kontinuum módszerrel és az összegző tételekkel (**Southwell** és **Föppl-Papkovics**) kiszámított értékekkel. Csak kilendülő kereteket vizsgálunk és a kritikus terhen az elágazáshoz tartozó terhet értjük. Feltételezzük azt, hogy a terhelés ún. egyparaméteres erőrendszerből áll.

A kontinuum módszer segítségével nyert értékeket az épületek merevítőrendszerének síkbeli stabilitásvizsgálatára kifejlesztett számítógépes eljárással határoztuk meg (**Fazekas, Kaján, Soós** és **Zalka,** 1989).

Az összehasonlításhoz felhasznált pontos értékeket **Gáspár Zsolt** (1976) módszerének felhasználásával készült programmal szúrópróbaszerűen is ellenőriztük (**Gáspár** és **Tornyos**, 1979).

A pontos számítás során a szintenként egyenletesen megoszló terhet a kéttámaszú átvitel feltételezésével meghatározott és a csomópontokban ható koncentrált erőkkel helyettesítettük.

A vizsgált szerkezetek jellemző tönkremeneteli formáját is megadjuk. Az ábrákon a kihajlási alak jellegét hangsúlyozzuk; a csomópontok között létrejövő többlet-meggörbüléseket csak akkor ábrázoljuk, ha ez a (helyi) tönkremenetel határozza meg a keret alakváltozását.

Ha másként nem jelöljük, a numerikus vizsgálatokban szereplő kritikus terhek dimenziója MN. A rugalmassági modulus értéke a vizsgált szerkezeteknél $E = 3 \cdot 10^4$ MN/m^2.

2. BEFOGOTT KERETSZERKEZETEK STABILITÁSVIZSGÁLATA

Ebben a pontban olyan kereteket vizsgálunk, amelyeknek alsó megtámasztása mereven befogott (2-1. ábra).

A kontinuum módszer alkalmazásával a koncentrált erőkkel terhelt keretek kritikus terhére a

$$P_{kr} = \frac{rP_o + K + \frac{rP_oK}{P_h}}{1 + \frac{K}{P_h}} \qquad (2.1)$$

összefüggés vezethető le. A **Southwell**-tétel és a **Föppl-Papkovics**-tétel ismételt alkalmazásával a kritikus teher értékére a

$$P_{kr} = P_o + \left(\frac{1}{P_h} + \frac{1}{K}\right)^{-1} \tag{2.2}$$

képlet írható fel. A (2.1) és (2.2) összefüggések hasonlósága némi átalakítás után könnyen belátható. Ebben az esetben a kontinuum módszer és az összegzési tételek alkalmazásával nyert eredmények csak az $\underline{r}$ redukciós tényező alkalmazásában térnek el egymástól.

A szintenként megoszló erőkkel terhelt keretek kritikus terhét a kontinuum módszer alkalmazásával az

$$N_{kr} = \frac{(\alpha - \beta) r N_o + K + \frac{r N_o K}{N_h}}{1 + \frac{rK}{N_h}}, \tag{2.3}$$

az összegzési tételek alkalmazásával pedig az

$$N_{kr} = N_o + \left(\frac{1}{N_h} + \frac{1}{K}\right)^{-1} \tag{2.4}$$

összefüggésből határozhatjuk meg. A fenti képletekben

$$K = \left(K_o^{-1} + K_g^{-1}\right)^{-1} \tag{2.5}$$

a keret nyírási merevsége, illetve a hozzá tartozó kritikus teher,

$$P_o = \sum_i^n \frac{\pi^2 EI_{o,i}}{4H^2} \tag{2.6}$$

és

$$N_o = \sum_i^n \frac{7{,}837 EI_{o,i}}{H^2} \tag{2.7}$$

az oszlopok saját hajlításával kapcsolatos kritikus teher, ahol a hajlítási merevséget az oszlopok saját merevsége határozza meg,

$$P_h = \frac{\pi^2 EI_h}{4H^2} \tag{2.8}$$

és

$$N_h = \frac{7.837EI_h}{H^2} \tag{2.9}$$

a keret egészének hajlításával kapcsolatos kritikus teher, ahol a hajlítási merevséget az oszlopkeresztmetszeteknek súlyponti tengelyükre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka (I_h) határozza meg,

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} \qquad \text{redukciós tényező,} \tag{2.10}$$

$$K_o = \sum_1^n \frac{\pi^2 EI_{o,i}}{h^2} \qquad \text{összegzett oszlopmerevség,} \tag{2.11}$$

$$K_g = 2\sum_1^{n-1} \frac{6EI_{g,i}}{lh} \qquad \text{összegzett gerendamerevség,} \tag{2.12}$$

$$I_h = \sum_1^n A_{o,i} t_i^2 \qquad \text{az oszlopkeresztmetszetek tehetetlenségi nyomatéka a keresztmetszetek súlypontjára,}$$

$I_{o,i}$ az i-edik oszlop tehetetlenségi nyomatéka,

$I_{g,i}$ az i-edik gerenda tehetetlenségi nyomatéka,

E a keret anyagának rugalmassági modulusa,

h emeletmagasssság,

H a keret magassága,

l oszloptávolság,

n az oszlopok száma,

α és β állandók, melyek értékeit táblázatok tartalmazzák **(Kollár,** 1990).

A (2.1), (2.2), (2.3) és (2.4) képletekben szereplő mennyiségek egyben kijelölik a keretkihajlás három meghatározó tényezőjét is.

Az oszlopok saját hajlítási merevsége, illetve a hozzá tartozó kritikus teher általában alig befolyásolja a keret kritikus terhét.

A nyírási merevség a gyakorlati esetek túlnyomó részében meghatározó szerepet játszik. Két részből áll. Az "általános" nyírási merevséget a ge-

rendák merevsége határozza meg. Ez a merevség a keret egészére kiterjedő, "általános" alakváltozással párosul. A "helyi" nyírási merevség pedig főleg az oszlopok merevségétől függ. Ha az oszlopok saját hajlítási merevsége kicsiny, akkor a nyírási merevséget túlnyomó részben a helyi nyírási ellenállás határozza meg.

A keret egészének hajlítási merevséget jelentősen befolyásolhatja a keret erőjátékát. Magas, karcsú és számottevő keresztmetszetű oszlopokkal rendelkező keretek esetében hatása domináló lehet. Helyi nyírási tönkremenetelre hajlamos kereteknél viszont ez a globális hajlítási merevség esetleg szerephez sem jut, mert a keret előbb megy tönkre az emeletek között bekövetkező (nyírási jellegű) kilendülés következtében.

A tetőn koncentrált erőkkel és a gerendákon megoszló erőkkel egyidejűleg terhelt keretek stabilitási biztonságát a **Dunkerley**-tétel segítségével vizsgáhatjuk meg:

$$\frac{P}{P_{kr}} + \frac{N}{N_{kr}} \leq 1. \tag{2.13}$$

Ebben a képletben P a szerkezet tetején működő koncentrált erők összege, N pedig a gerendákon megoszló erőkkel terhelt keret összegzett terhelése. A **Dunkerley**-tétel azt is lehetővé teszi, hogy a gerendákon megoszló erőkkel terhelt kereteknél a tetőn esetleg jelentkező koncentrált többletterhet is figyelembe vegyük. Ez gyakorlatilag a (2.3) képlet (esetleges) módosítását jelenti:

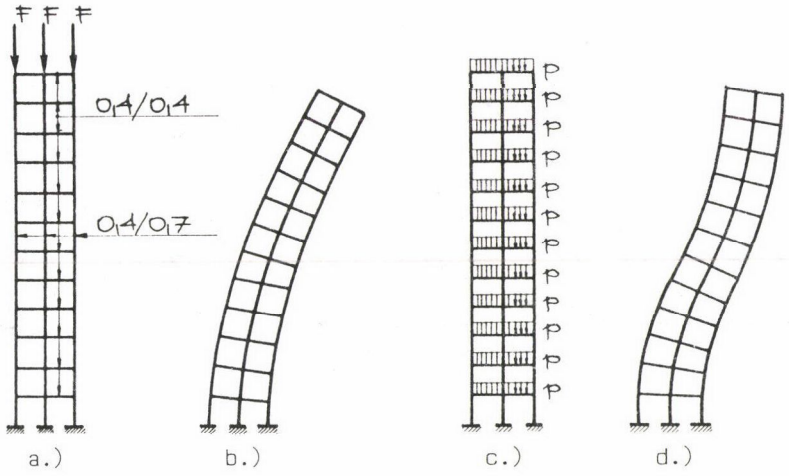
$$N_{kr}^{D} = \left(\frac{r}{2eP_{kr}} + \frac{1}{N_{kr}} \right)^{-1}. \tag{2.14}$$

A (2.14) összefüggésben e a szintek száma, a P_{kr} és N_{kr} értékét pedig a (2.1) és (2.3) adja meg.

Tegyük először vizsgálatunk tárgyává a 2-1. ábrán vázolt K1B jelű háromlábas keretszerkezetet.

A szerkezet olyan ún. nem-arányos keret (**Csonka**, 1956), amelynek az oszlopai és a gerendái külön-külön azonosak. A keretoszlopok és keretgerendák tehetetlenségi nyomatékának aránya

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{11.43 \cdot 10^{-3}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 5.36.$$



2-1. ábra

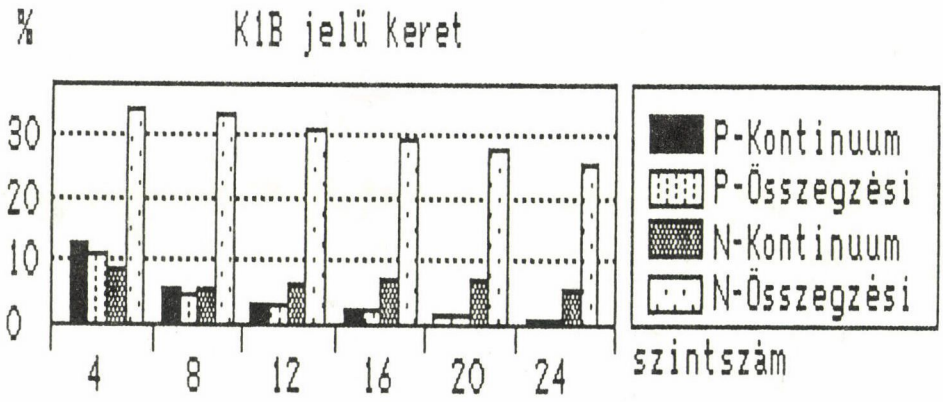
A keret viselkedésére jellemző az oszlopmerevség és gerendamerevség aránya. Ezt az arányt a korábban már bevezetett redukciós tényezővel jellemezzük:

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{1128}{1128 + 171} = 0.87.$$

A keret terhe három egyforma nagyságú koncentrált erő a tetőn (2-1/a. ábra), illetve minden gerendán azonos intenzitású egyenletesen megoszló teher (2-1/c. ábra). A kritikus teher jellemző értékeit a 2-1. táblázat, a stabilitásvesztés pillanatára jellemző kihajlási alakot a 2-1/b. és 2-1/c. ábra, a kontinuum módszer és az összegzési tételek hibáját pedig a 2-2. ábra tartalmazza. A kontinuum módszerrel kiszámított értékek a (2.1) és (2.14), az összegzési tételekkel meghatározott értékek pedig a (2.2) és (2.4) összefüggésekből származnak.

2-1. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	177.45	157.86	155.54	305.28	201.63	278.80
8	131.76	125.04	124.46	226.69	152.28	214.05
12	102.96	99.81	99.55	192.00	133.79	179.89
16	80.10	78.49	78.35	166.75	118.58	154.62
20	62.55	61.70	61.61	143.62	104.45	133.60
24	49.41	48.94	48.87	122.02	91.48	115.61



2-2. ábra

A kihajlási alak és a táblázat eredményei is azt tanúsítják, hogy a keret viselkedésében a keret egészére kiterjedő hajlítási alakváltozás jelentős szerepet játszik. Ez a szerep a koncentrált terhelésű keretnél markánsan jelentkezik, a szintenként megoszló teherrel terhelt keretnél pedig a nyírási alakváltozással ötvöződve.

A 2-3. ábrán látható K2B jelű ötlábas, nem-arányos keretszerkezet oszlopai és gerendái külön-külön azonosak. A keret gerendái merevebbek az oszlopoknál. A tehetetlenségi nyomatékok aránya

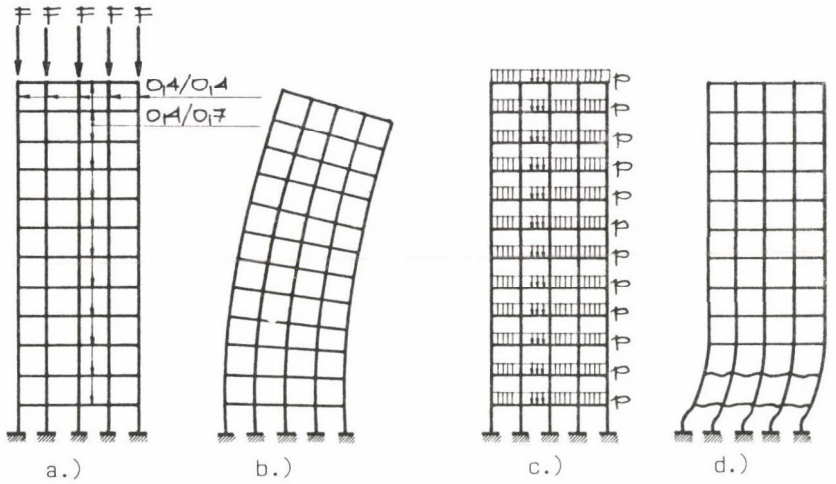
$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{11.43 \cdot 10^{-3}} = 0.19.$$

A jellemző merevség-arány

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{351}{351 + 1829} = 0.16.$$

A keret terhelése öt azonos nagyságú koncentrált erő, illetve minden szinten azonos intenzitású, egyenletesen megoszló teher. A kritikus teher értékeit a 2-2. táblázatban foglaltuk össze.

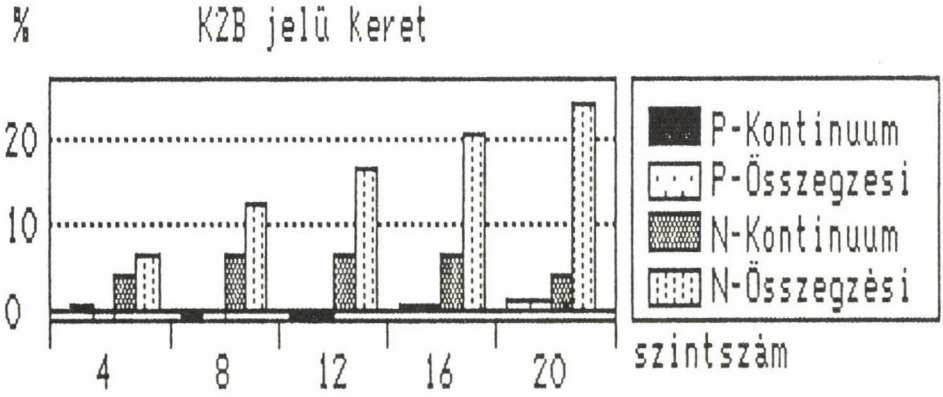
A kontinuum módszer és az összegzési tételek hibáját a 2-4. ábra grafikonjai szemléltetik. A fent koncentrált erőkkel terhelt keret alakváltozását a stabilitásvesztés pillanatában a keret egészére kiterjedő hajlítási alakváltozás határozza meg (2-3/b. ábra), míg a szintenként megoszló erőkkel terhelt keretnél a nyírási alakváltozás jellege dominál (2-3/d. ábra).



2-3. ábra

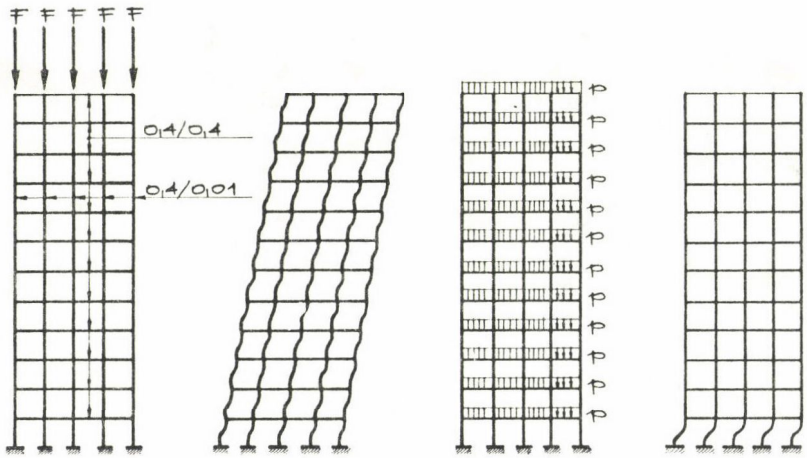
2-2. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	285.75	288.66	284.06	329.92	308.21	316.74
8	252.42	255.39	254.24	324.81	284.75	305.01
12	216.00	217.43	216.92	318.53	266.55	298.40
16	180.96	180.27	179.98	310.72	246.38	292.33
20	149.10	147.85	147.67	297.44	224.93	285.98



2-4. ábra

A 2-5. ábra a szélsőséges merevségarányokkal rendelkező K5B jelű keretet mutatja.



2-5. ábra

A keret gerendái nagyságrendekkel merevebbek az oszlopoknál. A jellemző arányok

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{3.33 \cdot 10^{-8}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 0.000016$$

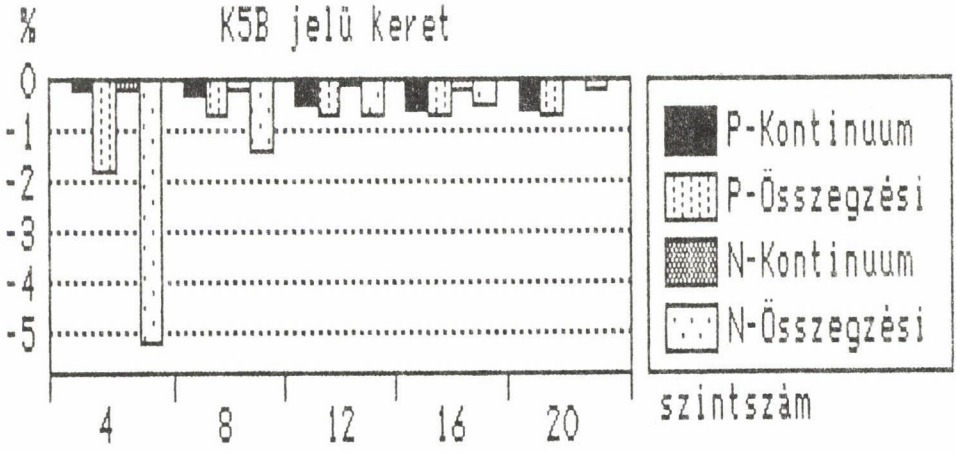
és

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{5.48}{5.48 + 341\,333} = 0.000016.$$

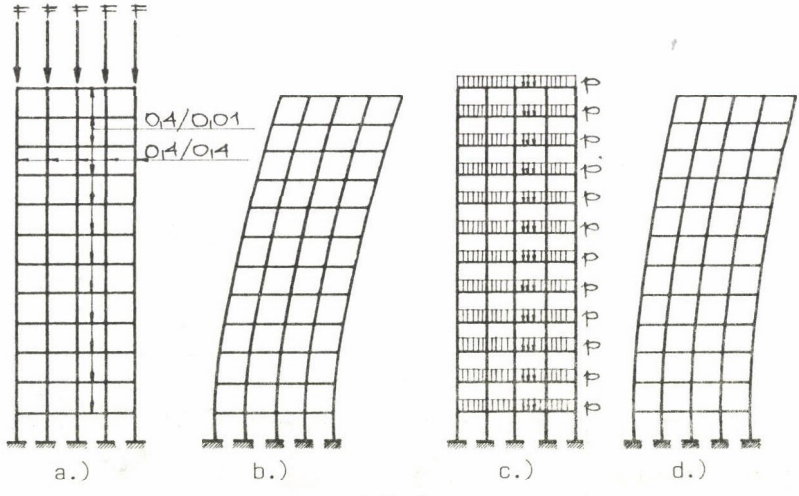
Az öt egyenlő nagyságú koncentrált erővel, illetve a gerendákon egyenletesen megoszló erőkkel terhelt keret kritikus terheit a 2-3. táblázat tartalmazza. A módszerek hibáját a 2-6. ábra diagramjai mutatják. Az igen gyenge oszlopok következtében a keret helyi, nyírási jellegű tönkremenetelt szenved (2-5/b. és 2-5/d. ábrák). A koncentrált erők esetében elméletileg minden szint egyenlő eséllyel jön szóba, a megoszló erőknél pedig a lefelé folyamatosan növekvő teher miatt a szintek közötti kilendülés a legalsó szintre koncentrálódik.

2-3. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	5.470	5.569	5.483	5.474	5.755	5.483
8	5.465	5.504	5.482	5.474	5.551	5.483
12	5.455	5.491	5.482	5.474	5.513	5.483
16	5.450	5.486	5.480	5.474	5.499	5.483
20	5.445	5.482	5.479	5.474	5.493	5.483



2-6. ábra



2-7. ábra

A 2-7. ábrán vázolt K7B jelű, és az előbb vizsgált keret azonos geometriai elrendezésű és terhelésű.

A két keret között az a különbség, hogy most a gerendák merevsége kisebb nagyságrendekkel az oszlopok merevségénél. A jellemző arányok

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{3.33 \cdot 10^{-8}} = 64\,000$$

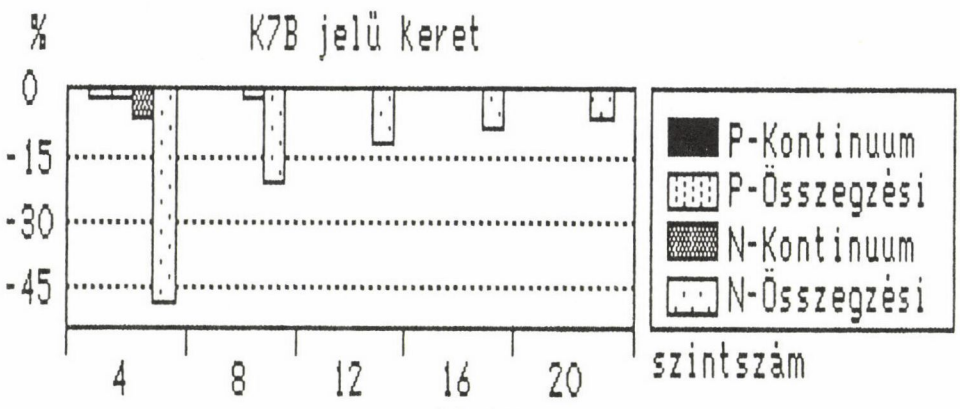
és

$$r = \frac{K_o}{K_g + K_o} = \frac{350\,919}{5.33 + 350\,919} = 0.999985.$$

A kritikus terheket a 2-4. táblázat, a kontinuum módszer és az összegzési tételek alkalmazásával elkövetett hibát pedig a 2-8. ábra tartalmazza. A keret most úgy viselkedik, mint egy alul befogott oszlopokból és az őket összekötő lágy gerendákból álló rendszer. A gerendák igen kicsiny merevsége alig befolyásolja az erőjátékot, amelyet az oszlopok hajlítási alakváltozása határoz meg (2-7/b. és 2-7/d. ábra).

2-4. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	5.381	5.489	5.488	11.734	17.421	12.478
8	1.376	1.376	1.376	3.592	4.359	3.646
12	0.616	0.615	0.615	1.725	1.940	1.723
16	0.349	0.348	0.348	1.007	1.094	1.005
20	0.225	0.225	0.225	0.662	0.702	0.660



2-8. ábra

3. CSUKLÓS MEGTÁMASZTÁSÚ KERETSZERKEZETEK STABILITÁSVIZSGÁLATA

A kontinuum módszer alkalmazásával a koncentrált erőkkel terhelt, csuklós megtámasztású keretek kritikus terhére a

$$P_{kr} = \frac{1}{1 + \frac{K}{P_h}} \tag{3.1}$$

összefüggés vezethető le, a **Southwell**-tétel és a **Föppl-Papkovics**-tétel ismételt alkalmazásával a kritikus teher értékére a

$$P_{kr} = \left(\frac{1}{P_h} + \frac{1}{K}\right)^{-1} \tag{3.2}$$

képlet írható fel. A (3.1) és (3.2) összefüggések azonossága kis átalakítás után könnyen belátható. Ebben az esetben a kontinuum-módszer és az összegzési tételek alkalmazásával azonos eredményre jutunk.

A szintenként megoszló erőkkel terhelt keretek kritikus terhét a kontinuum módszer alkalmazásával az

$$N_{kr} = \frac{(\alpha - \beta) r N_o + K}{1 + \frac{rK}{N_h}}, \tag{3.3}$$

az összegzési tételek alkalmazásával pedig az

$$N_{kr} = \left(\frac{1}{N_h} + \frac{1}{K}\right)^{-1} \tag{3.4}$$

összefüggésből határozhatjuk meg.

3.1. Csuklós keretek alsó gerendákkal

Ebben a pontban olyan csuklós megtámasztású kereteket vizsgálunk, amelyek támaszait gerendák kötik össze. A (3.1), (3.2), (3.3) és (3.4) képletekben szereplő mennyiségeket a 2. fejezet elején definiáltak szerint értelmezzük.

A 3-1. ábrán vázolt K3CSAG jelű keret 3 oszlopa azonos merevségű. A közbenső szinten elhelyezkedő gerendák merevsége azonos, de a legalsó és legfelső szinten lévő gerendák merevsége fele a többiek merevségének. Ez azt

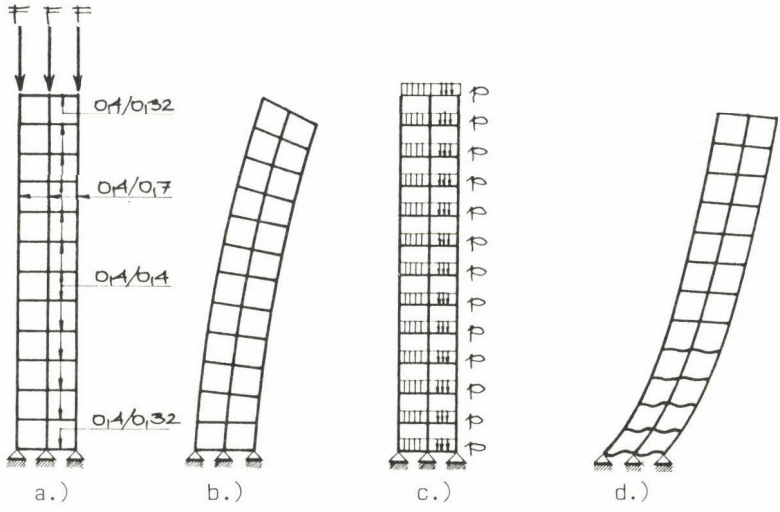
eredményezi, hogy a gerendák befogó hatása -- a kontinuum módszer követelményének megfelelően -- az oszlopok mentén egyenletes megoszlásban jelentkezik.

A keretre jellemző arányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{11.43 \cdot 10^{-3}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 5.36$$

és

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{1128}{1128 + 171} = 0.87.$$



3-1. ábra

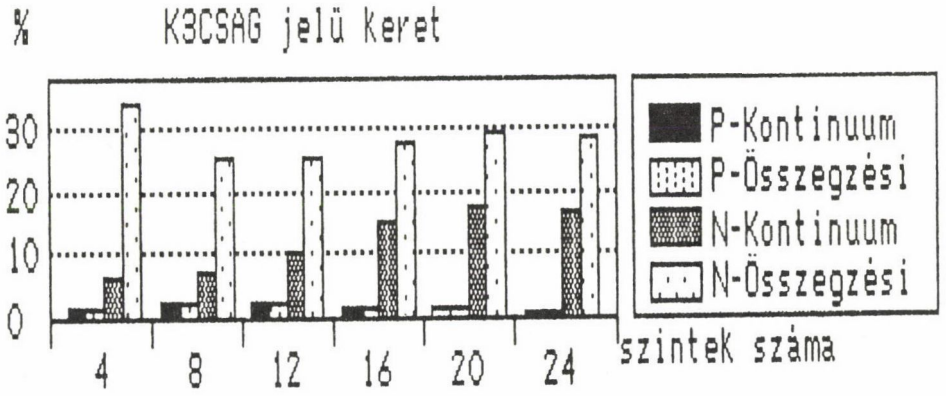
A kritikus terheket a (3.1), (3.2), (3.3) és (3.4) összefüggések segítségével határoztuk meg és a 3-1. táblázatban foglaltuk össze. A pontos értékektől való eltérést a 3-2. ábrán adjuk meg.

A keret alakváltozását a keret egészére kiterjedő hajlítási és nyírási alakváltozás határozza meg. A tetőponti koncentrált teher esetében a hajlítási (3-1/b. ábra), a szintenként ható megoszló tehernél pedig a nyírási alakváltozás hatása a domináns (3-1/d. ábra).

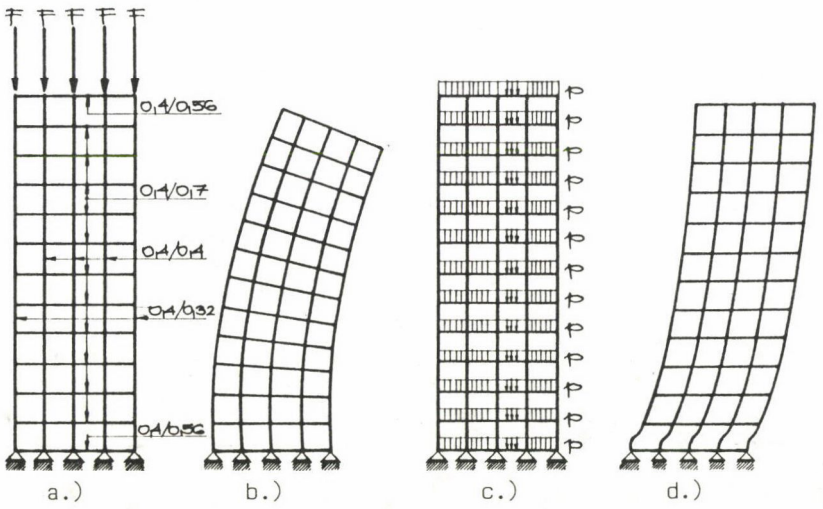
A 3-3. ábra ötlábas, arányos keretet mutat. A K4CSAG jelű keret szélső oszlopainak tehetetlenségi nyomatéka a közbenső oszlopok tehetetlenségi nyo-

3-1. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	142.68	140.22	140.22	220.32	145.62	206.31
8	123.60	120.63	120.63	185.28	138.28	172.79
12	99.84	97.85	97.85	170.69	127.56	152.68
16	78.66	77.39	77.39	159.36	115.08	135.32
20	61.80	60.99	60.99	144.67	102.21	119.34
24	49.02	48.45	48.45	125.57	89.93	104.80



3-2. ábra



3-3. ábra

matékának fele. Hasonló a helyzet a gerendákkal; a legfelső és legalsó gerenda tehetetlenségi nyomatéka fele a közbenső szinteken lévő gerendák tehetetlenségi nyomatékának.

A jellemző arányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{11.43 \cdot 10^{-3}} = 0.19$$

és

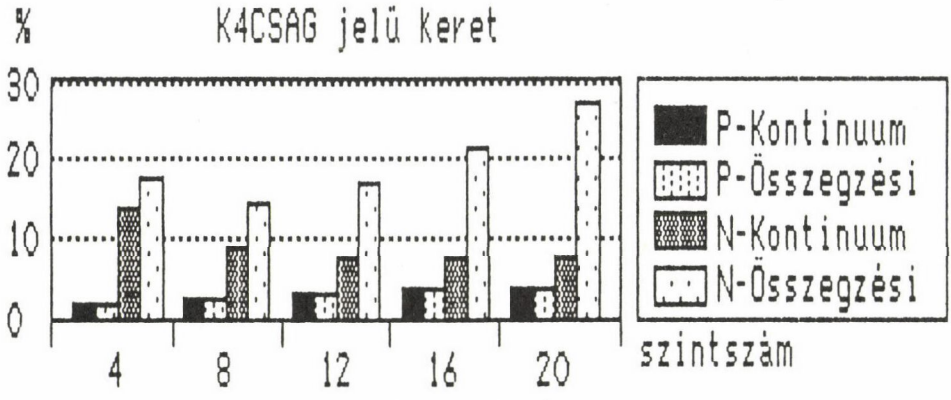
$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{281}{281 + 1829} = 0.13.$$

A különböző szintű keretek kritikus terheit a 3-2. táblázat tartalmazza. A (3.1), (3.2), (3.3) és (3.4) képletek alkalmazásával elkövetett hibát a 3-4. ábra diagramjai szemléltetik.

3-2. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	239.42	234.16	234.16	291.33	240.40	250.31
8	215.52	210.27	210.27	270.85	231.89	246.14
12	185.36	179.70	179.70	263.92	218.95	243.02
16	154.92	149.31	149.31	260.00	203.10	239.73
20	127.52	122.65	122.65	256.00	185.80	235.94

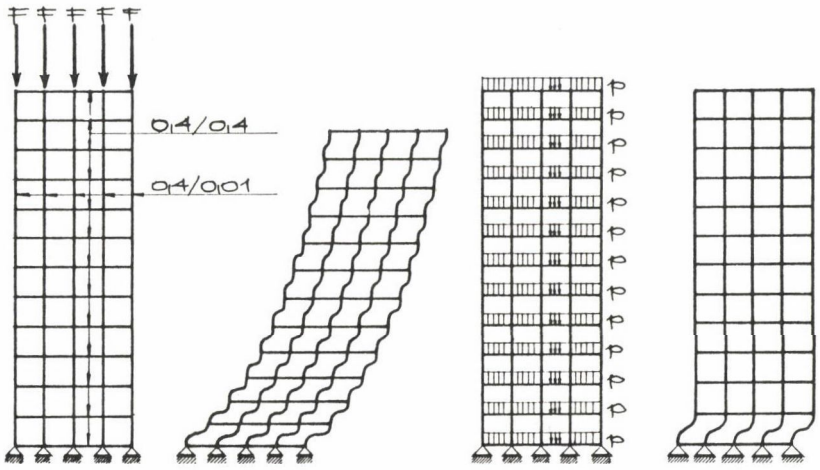
A koncentrált tetőteherrel terhelt keret alakváltozását hajlítási alakváltozás jellemzi. Ez a hajlítási alakváltozás a keret egészére kiterjedő



3-4. ábra

nyírási alakváltozással kombinálódik (3-3/b. ábra). A szintenként megoszló erőkkel terhelt keret alakváltozását a keret aljára koncentrálódó helyi nyírási alakváltozás határozza meg (3-3/d. ábra).

A 3-5. ábrán látható K6CSAG jelű keret azonos keresztmetszetű gerendákkal és nagyságrendekkel kisebb, de azonos keresztmetszetű oszlopokkal rendelkezik.



3-5. ábra

A jellemző arányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{3.33 \cdot 10^{-8}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 0.000016$$

és

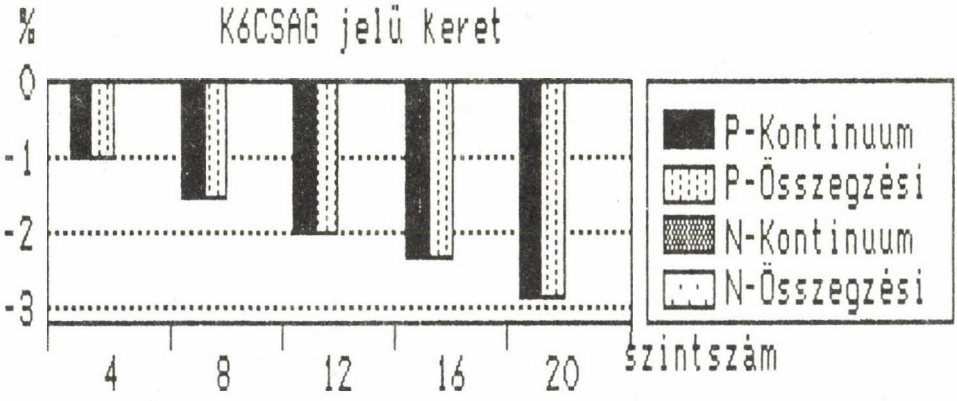
$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{5.48}{5.48 + 341\,333} = 0.000016.$$

A pontos és közelítő kritikus terhek a 3.3. táblázatban találhatók. Az alkalmazott képletek hibáját a 3-6. ábrán szemléltetjük.

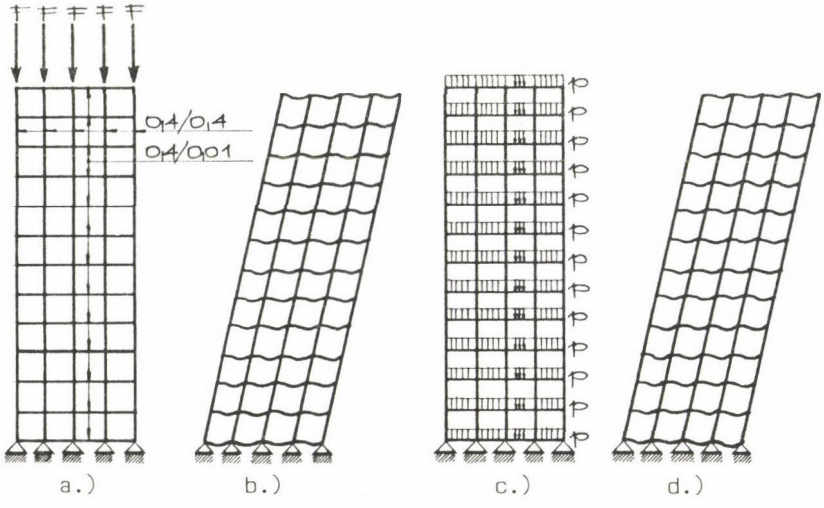
A keret alakváltozását a gerendák között létrejövő nyírási alakváltozás határozza meg. A koncentrált tetőteher esetében minden szint azonos terhet kap és így minden szint kilendül (3-5/b. ábra), a szintenként megoszló tehernél pedig a lefelé növekvő teher a legalsó szintnél éri el a maximális

3-3. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	5.430	5.483	5.483	5.483	5.483	5.483
8	5.400	5.482	5.482	5.483	5.483	5.483
12	5.375	5.482	5.482	5.483	5.483	5.483
16	5.355	5.480	5.480	5.483	5.483	5.483
20	5.340	5.479	5.479	5.483	5.483	5.483



3-6. ábra



3-7. ábra

értéket, így a legalsó szinten jön létre a gerendák közötti kilendülés (3-5/d. ábra).

Az előző eset ismétlődik meg a 3-7. ábrán, azzal a különbséggel, hogy most a K8CSAG jelű keret gerendái rendelkeznek nagyságrendekkel kisebb merevséggel.

A jellemző arányok

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{3.33 \cdot 10^{-8}} = 64\,000$$

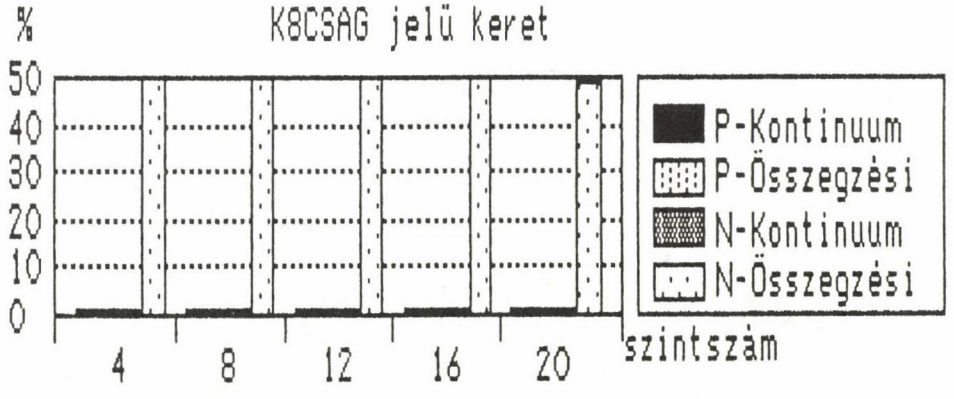
és

$$r = \frac{K_o}{K_g + K_o} = \frac{350\,919}{5.33 + 350\,919} = 0.999985.$$

A pontos és közelítő kritikus terheket a 3-4. táblázatban foglaljuk összesze. A pontos értékektől való eltérést a 3-8. ábrán adjuk meg.

3-4. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. t.
4	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.666
8	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.663
12	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.659
16	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.653
20	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.645



3-8. ábra

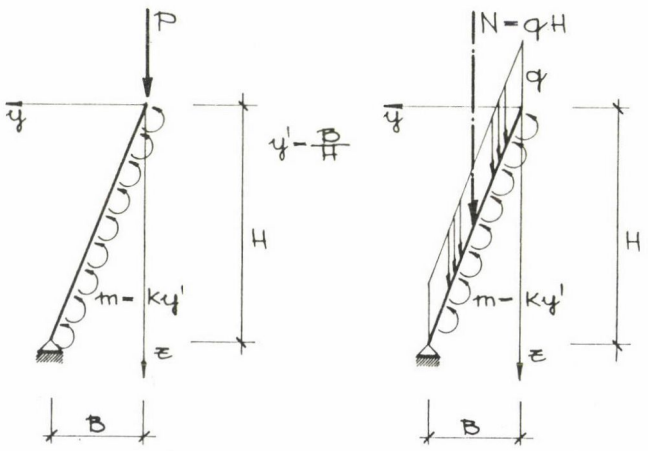
Itt jegyezzük meg, hogy a pontos értékeket a 3-9. ábrán vázolt helyettesítő diszkrét modellek egyensúlyának vizsgálatával elemi úton állítottuk elő, mert a rendelkezésre álló -- a pontos módszerre épülő -- számítógépes eljárás nem tudott megbirkózni a feladattal. A diszkrét modellek felvételénél azt tételeztük fel, hogy a keret oszlopai -- és így a helyettesítő rúd is -- a nagyságrendekkel merevebb oszlopok és a csuklós megtámasztás miatt merev testként fordul el a csuklós megtámasztás körül. Feltételeztük továbbá azt is, hogy a legfelső és legalsó gerenda merevsége fele a többi gerenda merevségének. A 3-9/a. ábra alapján így

$$P_{kr} = K, \tag{3.5}$$

a 3-9/b. ábra alapján pedig

$$N_{kr} = 2K. \tag{3.6}$$

A keret alakváltozása mindkét tehertípus esetén ferde egyenessel jellemezhető (3-7/b. és 3-7/d. ábra).



3-9. ábra

3.2. Csuklós keretek hiányzó alsó gerendákkal

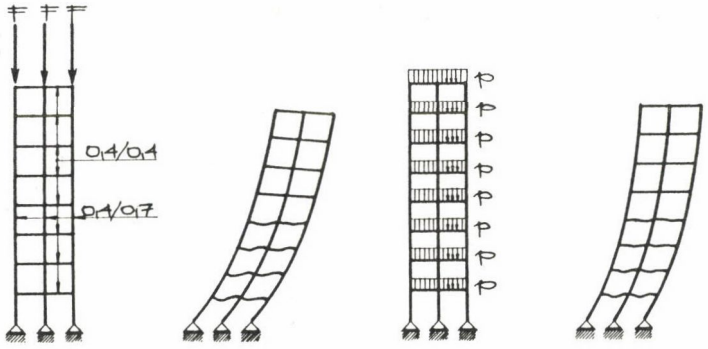
Ebben a pontban olyan csuklós megtámasztású kereteket vizsgálunk, amelyek támaszait nem kötik össze gerendák. Ide sorolható az a gyakorlati eset is, amikor vannak ugyan földszinti gerendák, de a szükséges merevség vagy a

megfelelő merev csomóponti kialakítás nem biztosítható, és a gerendákat a biztonság javára történő elhanyagolással inkább nem vesszük figyelembe. A közelítő kritikus terheket a (2.14), (3.1), (3.2), (3.3) és (3.4) összefüggések segítségével határozzuk meg. A képletekben szereplő K nyírási merevséget természetesen annak figyelembevételével kell meghatározni, hogy a földszinti oszlopok alsó megtámasztása csuklós és a földszinti gerendák hiányoznak. Ez azt jelenti, hogy a nyírási merevség (2.5) képletében szereplő összegzett oszlopmerevséget nem a (2.11) képletből, hanem a

$$K_o = \sum_i^n \frac{\pi^2 E I_{o,i}}{4h^2} \tag{3.7}$$

összefüggésből kell kiszámítani. A (2.14), (3.1), (3.2), (3.3) és (3.4) képletekben szereplő többi mennyiséget a 2. fejezet elején megadott összefüggések szolgáltatják.

A 3-10. ábrán látható K1CS jelű, háromlábas keret oszlopai és gerendái külön-külön azonos keresztmetszetűek.



3-10. ábra

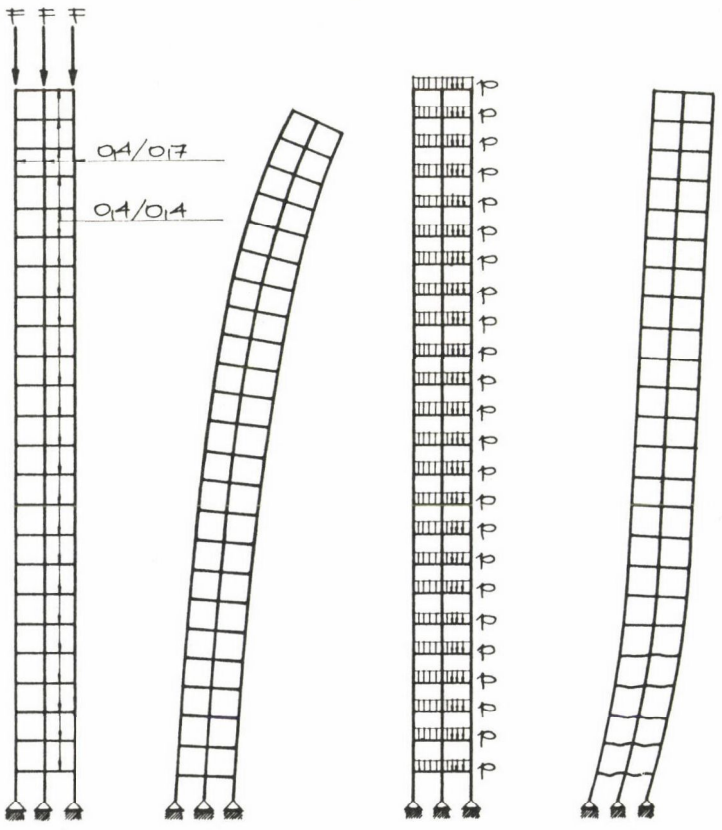
A keret jellemző arányai:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{11.43 \cdot 10^{-3}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 5.36$$

és

$$r = \frac{K_o}{K_g + K_o} = \frac{282}{171 + 282} = 0.623.$$

Igen érdekes a keret alakváltozása. Alacsonyabb kereteknél mindkét terhelési típusnál a nyírási alakváltozás jellemző (3-10/b. és 3-10/d. ábra). Az alakváltozás jelentős része a legalsó szintre koncentrálódik, ahol a csuklós támasz miatt a keret a legkisebb ellenállással rendelkezik az oldalirányú kilendüléssel szemben. Felfelé haladva ezután a vízszintes eltolódások már csak lassan nőnek. Gyakorlatilag ugyanez a helyzet a magasabb, szintenként megoszló erőkkel terhelt kereteknél (3-11/d. ábra). A koncentrált erőkkel terhelt kereteknél viszont a magasság növekedésével az alakváltozás jellege is változik. Helyi nyírási alakváltozás nem lép fel, helyette a keret egészére kiterjedő hajlítási és nyírási alakváltozás lesz a jellemző (3-11/b. ábra).

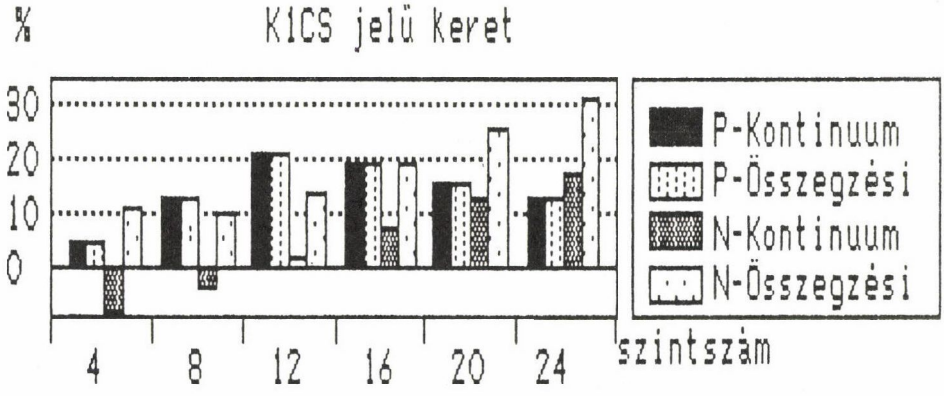


3-11. ábra

A pontos és közelítő kritikus terheket a 3-5. táblázat, a közelítő módszerek hibáját pedig a 3-12. ábra tartalmazza.

3-5. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /MN/			Emeletenként megoszló teher /MN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	107.10	102.14	102.14	117.52	104.98	127.32
8	105.24	91.34	91.34	112.67	101.11	116.96
12	98.28	77.65	77.65	110.59	95.26	109.13
16	79.38	64.19	64.19	109.25	88.12	101.76
20	62.28	52.48	52.48	108.00	80.37	94.40
24	49.32	42.92	42.92	105.70	72.57	87.09



3-12. ábra

A 3-13. ábrán látható K2CS jelű ötlábas keret gerendái és oszlopai külön-külön azonos keresztmetszetűek.

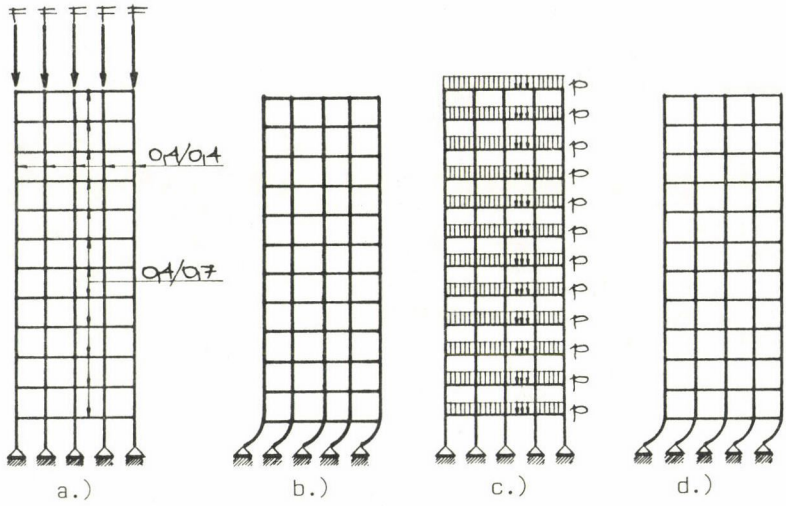
A jellemző arányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{11.43 \cdot 10^{-3}} = 0.19$$

és

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{88}{88 + 1829} = 0.046.$$

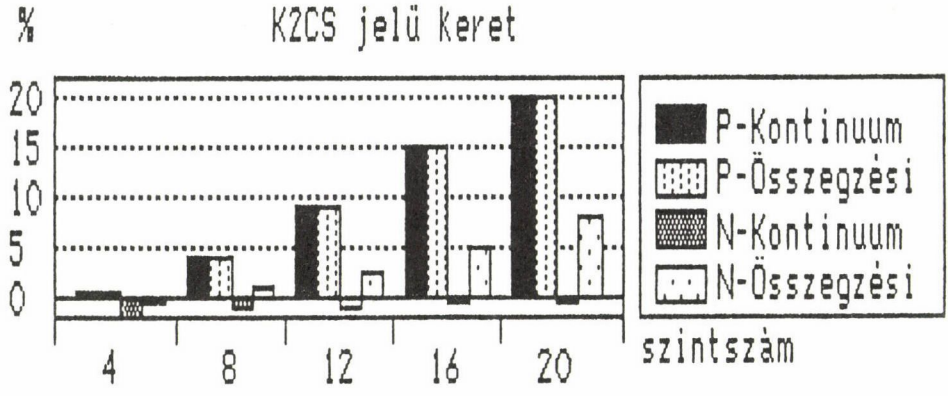
A pontos és közelítő kritikus terheket a 3-6. táblázat, a közelítő képletek hibáját pedig a 3-14. ábra tartalmazza.



3-13. ábra

3-6. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	83.475	82.78	82.78	83.20	83.42	84.64
8	83.475	80.09	80.09	83.28	82.54	84.24
12	83.475	75.98	75.98	83.36	81.12	84.03
16	83.475	70.89	70.89	83.36	79.20	83.86
20	83.475	65.26	65.26	83.36	76.87	83.68



3-14. ábra

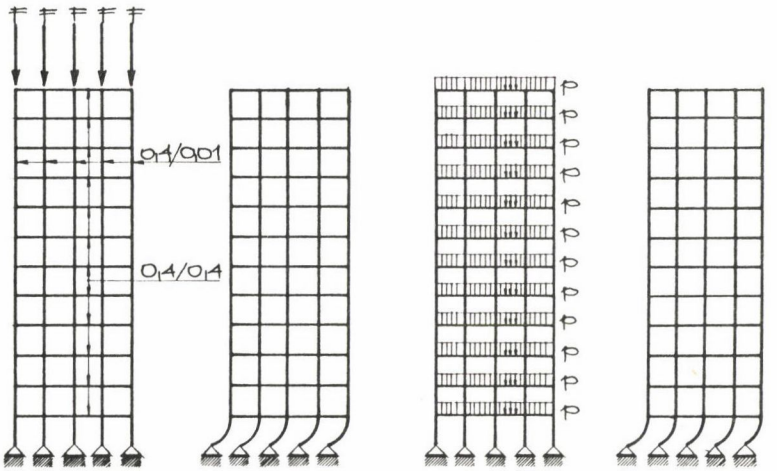
A keret alakváltozását mindkét terhelési esetben a helyi nyírási alakváltozás határozza meg: a földszinti oszlopok oldalirányban kilendülnek, de a keret többi része nem szenved alakváltozást (3-13/b. és 3-13/d. ábra).

A 3-15. ábrán vázolt K5CS jelű keret gerendái jóval merevebbek az oszlopoknál. A jellemző arányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{3.33 \cdot 10^{-8}}{2.13 \cdot 10^{-3}} = 0.000016$$

és

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{1.37}{1.37 + 341\,333} = 0.000004.$$



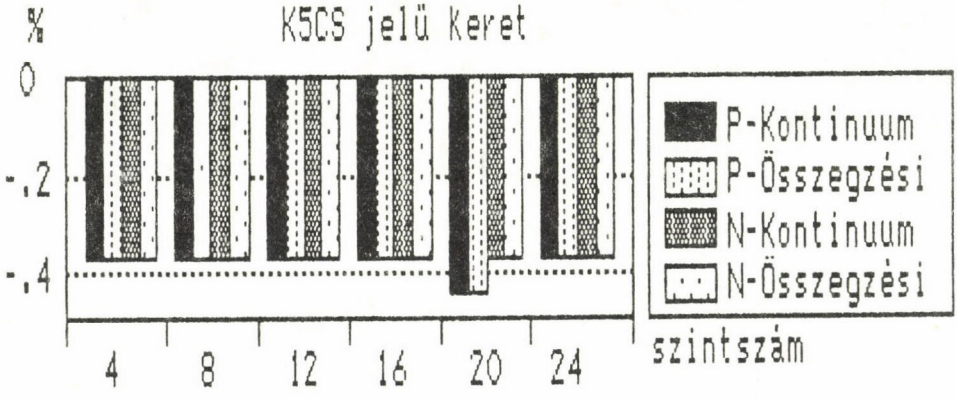
3-15. ábra

3-7. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	1.366	1.371	1.371	1.367	1.371	1.371
8	1.366	1.371	1.371	1.367	1.371	1.371
12	1.366	1.371	1.371	1.367	1.371	1.371
16	1.366	1.371	1.371	1.367	1.371	1.371
20	1.365	1.371	1.371	1.367	1.371	1.371
24	1.365	1.370	1.370	1.366	1.371	1.371

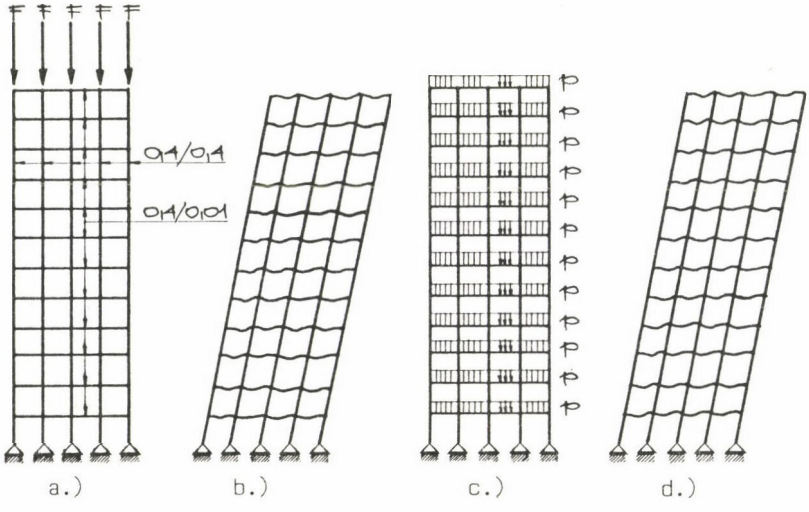
A pontos és közelítő kritikus terheket a 3-7. táblázat, a közelítő képletek hibáját a 3-16. ábra tartalmazza.

A keret alakváltozása most is a legalsó szintre koncentrálódó helyi nyírási alakváltozás (3-15/b. és 3-15/d. ábra).



3-16. ábra

A 3-17. ábra az igen hajlékony gerendákkal rendelkező K7CS jelű ötlábas keretet ábrázolja. A gerendák és az oszlopok keresztmetszete külön-külön azonos.



3-17. ábra

A keretre jellemző merevségarányok:

$$a = \frac{I_o}{I_g} = \frac{2.13 \cdot 10^{-3}}{3.33 \cdot 10^{-8}} = 64\,000$$

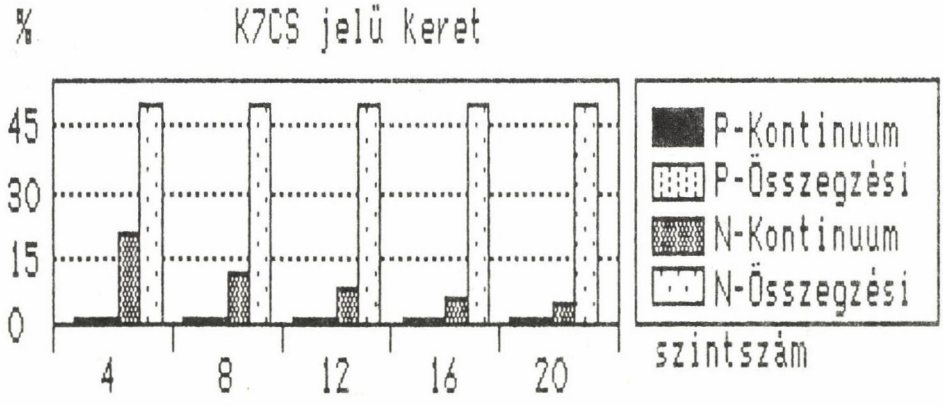
és

$$r = \frac{K_o}{K_o + K_g} = \frac{87\,730}{5.33 + 87\,730} = 0.999939.$$

A pontos és közelítő kritikus terheket a 3-8. táblázat, az alkalmazott módszerek hibáját a 3-18. ábra tartalmazza. A pontosnak tekintett értékeket most is a (3.5) és (3.6) összefüggések segítségével határoztuk meg, mert a pontos megoldásra támaszkodó számítógépes eljárás nem szolgáltatott eredményt.

3-8. táblázat

Szintek száma	Koncentrált tetőteher /kN/			Emeletenként megoszló teher /kN/		
	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.	Pontos m.	Össz. t.	Kont. m.
4	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	8.531
8	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	9.482
12	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	9.839
16	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.029
20	5.333	5.333	5.333	10.666	5.333	10.141

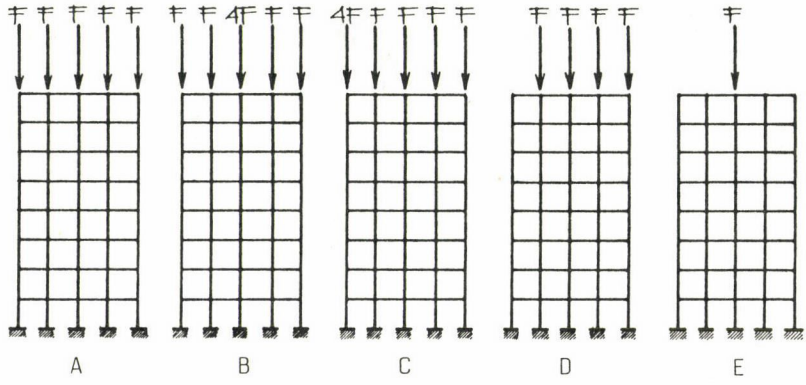


3-18. ábra

A keret alakváltozása egy egyenessel jellemezhető: a gerendákhoz képest végtelen merevnek tekinthető oszlopok merevtestszerűen elfordulnak a csuklós támaszok körül (3-17/b. és 3-17/d. ábra).

4. A NEM ARÁNYOS TERHELÉS HATÁSA

A kontinuum módszerrel levezetett összefüggések arányos terhelésű kereteket tételeznek fel. Megvizsgáltuk, hogy a különböző mértékben túlterhelt oszlopokkal rendelkező, koncentrált tetőteherrel terhelt K2B jelű keretnél (4-1. ábra) a túlterhelés mértéke hogyan befolyásolja a pontosságot. Az eredményeket a 4-1. táblázatban adjuk meg.



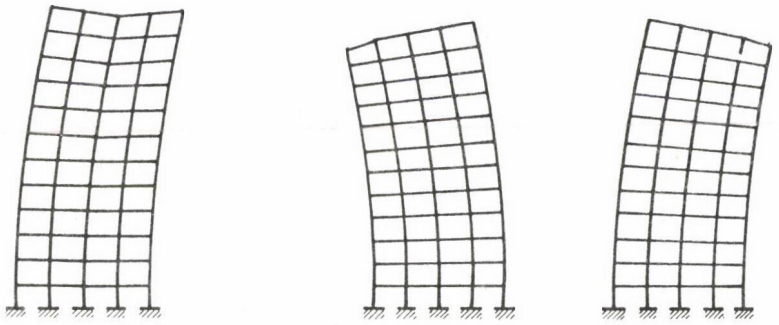
4-1. ábra

A kontinuum módszer nem tudja figyelembe venni a nem arányos terhelés hatását és a biztonság kárára elkövetett közelítéssel adja meg a kritikus teher értékét. A hiba azonban még jelentős túlterhelés esetén sem nagy. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a helyi többletteher hatása a szomszédos oszlopok és gerendák segítségével szétterjed és a túlterhelt oszlopokat segítik a kevésbé terhelt oszlopok. Az ily módon létrejövő teherátrendeződés következtében a keret alakváltozása csak kismértékben tér el az arányos terhelésű keret alakváltozásától.

4-1. táblázat

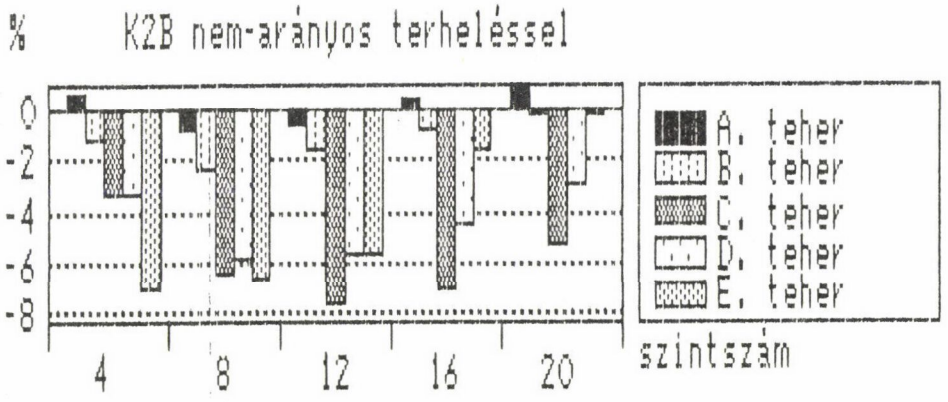
Szintek száma	Kontinuum módszer	Pontos módszer /MN/				
		"A" teher	"B" teher	"C" teher	"D" teher	"E" teher
4	284.06	285.75	280.80	274.80	274.80	265.50
8	254.24	252.42	248.40	238.80	240.00	238.50
12	216.92	216.00	213.60	201.60	205.20	205.20
16	179.98	180.96	178.80	168.00	172.20	177.45
20	147.67	149.10	147.60	140.40	143.40	147.45

A különböző mértékben túlterhelt keretek stabilitásvesztéskor bekövetkező kilendülését a 4-2. ábrán mutatjuk be.



4-2. ábra

A kontinuum módszer hibáját a különböző elrendezésű, nem arányos terhelések esetében a 4-3. ábra diagramjai foglalják össze.



4-3. ábra

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Több száz keret vizsgálata után — amelyek közül a legjellegzetesebbeket mutattuk be — a következő megállapításokat tehetjük.

1. A kontinuum módszer megbízhatóan alkalmazható és igen egyszerű vizsgálatot tesz lehetővé minimum négy, maximum húsz szintes, tetszőleges merevségi viszonyokkal rendelkező kereteknél.

2. A stabilitásvizsgálatnál a módszer általában a biztonság javára téved. A közelítések következtében keletkező hiba várhatóan nem haladja meg a -10 százalékot (a biztonság kárára), illetve a +20 százalékot (a biztonság javára).

3. A csuklós megtámasztású alsó (földszinti) gerendával nem rendelkező keretek tönkremenetele általában a földszinti oszlopok kilendülése következtében következik be. Ez a keret egésze szempontjából helyi nyírási tönkremenetel.

4. A tetőn függőleges erőkkel terhelt, befogott és alsó gerendákkal rendelkező csuklós keretek általában az egész keretre kiterjedő hajlítási alakváltozást végeznek, ami az egész keretre kiterjedő nyírási alakváltozással kombinálódik. A nyírási alakváltozás hatása a gerendák merevségének növekedésével nő. A szintenként egyenletesen megoszló függőleges erőkkel terhelt kereteknél a nyírási alakváltozás játszik meghatározó szerepet.

5. A stabilitáselmélet klasszikus összegzési tételei mind a biztonság kárára, mind a biztonság javára jelentős mértékben közelíthetnek. A hiba elérheti a -50 százalékot (a biztonság kárára) és a +50 százalékot (a biztonság javára).

6. A nem arányos terhelés hatását a kontinuum módszer nem tudja figyelembe venni és a kritikus terhet a biztonság kárára elkövetett közelítéssel adja meg. Az így elkövetett hiba azonban általában kicsiny: a vizsgált esetekben még szélsőségesen túlterhelt oszlopokkal rendelkező kereteknél sem haladta meg a 10 százalékot.

7. A pontosnak nyilvánított — általában valamilyen véges elemes módszerre épülő számítógépes — eljárásokat a stabilitásvizsgálat során fenntartásokkal kell kezelni. Vizsgálataink során — nemcsak szélsőséges merevségarányok esetén — a "pontos" módszer alkalmazásakor a következő érdekes esetekkel találkoztunk:

— nincs értékelhető eredmény,

— gyanús eredmény (magasabb keretnél nagyobb kritikus erő, mint az azonos kialakítású alacsonyabb keretnél),

– 250% eltérés a biztonság kárára,

– igen hosszú futási idő.

A fenti problémákat valószínűleg a rosszul kondicionált együttható mátrix okozza. Bizonyos merevségarányoknál a sajátérték-feladat megoldása a szokásostól eltérő, a pontossági igényeket rugalmasan változtató (növelő) megközelítést igényel. Ezt a követelményt a széles körben elterjedt numerikus megoldó módszerek általában nem teljesítik.

IRODALOM

Asztalos Z., 1972: Kétlábú sokszintes keresztmetszetek kihajlásvizsgálata a kontinuum-modellel, az oszlopok alakváltozásainak figyelembevételével. Magyar Építőipar, 471–474.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat
1972. Proceedings.
1978. Proceedings.
1983. Proceedings.
1986. Proceedings.
1988. Proceedings.

Csonka P., 1950: Eljárás elmozduló sarkú derékszögű keretek számítására. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai, Építészet **33**, Tudományos Könyvkiadó.

Csonka P., 1956: Über proportinierte Rahmen. Die Bautechnik **33**, 19–20.

Csonka P., 1965: Szélerőkkel terhelt sokemeletes keretek legnagyobb nyomatékai. Az MTA VI. Oszt. Közl. **35** (1965), 271–275.

Fazekas M., Kaján L., Soós Zs. és **Zalka K.,** 1989: Épületek merevítőrendszerének síkbeli stabilitásvizsgálata. Számítógépes eljárás, Budapest.

Gáspár Zs., 1976: Rugalmas rúdszerkezetek nagy elmozdulásának vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Budapest.

Gáspár Zs., Tornyos Á., 1979: Síkbeli rúdszerkezetek stabilitásvizsgálata. 227040/1978. BME, Építőmérnöki Kar, Mechanika Tanszék.

Hegedűs, I., 1987: Comment on "Stability of large frameworks on hinged supports", a study by K. A. Zalka. Acta Technica, **100** (3–4), pp. 385–386.

Hegedűs, I., Kollár, L. P., 1984: Buckling of sandwich columns with thick faces subjected to axial loads of arbitrary distribution. Acta Tech. Hung. **97**, 123–131.

Kollár, L., 1967: Bestimmung der horizontalen Eigenfrequenz von Hochhaus-Stockwerkrahmen. Die Bautechnik **44**, 385–388.

Kollár L., 1977: Épületek merevítése elcsavarodó kihajlás ellen. Magyar Építőipar, 1977, 150–154.

Kollár L. (szerk.), 1990: A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái. Budapest, Akadémiai Kiadó.

Kollár, L., Hegedűs, I., 1985: Analysis and design of space frames by the continuum method. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Kollár L. P., 1986: Keretek és merevítőfalak stabilitásvizsgálata a differenciaegyenletek módszerével és a kontinuum-módszerrel. Kandidátusi értekezés. Budapest.

Szmodits K., 1975: Útmutató panelépületek statikai tervezéséhez. Építéstudományi Intézet, Budapest.

Szerémi L., 1975: Magasházak merevítőrendszerének számítása a kontinuum-modell alkalmazásával. BME Építőmérnöki Kar, Építőanyag Tanszék, Tudományos Közlemények 21. Beton és Vasbeton, 123--140.

Zalka K., 1977: Keresztmetszetek kontinuum-módszerének pontossági vizsgálata. Mélyépítéstudományi Szemle. 168--173.

Zalka K., 1981: Épületek merevítőrendszerének stabilitása. Kandidátusi értekezés. Budapest.

Zalka, K., 1987: Stability of large frameworks on hinged supports. Acta Techn. Hung. **100** (1987), 355--383.

Gyuris Zsolt—Kollár Péter W.

GERENDÁKKAL MEREVÍTETT LIFTAKNÁK CSAVARÁSI MEREVSÉGE

BEVEZETÉS

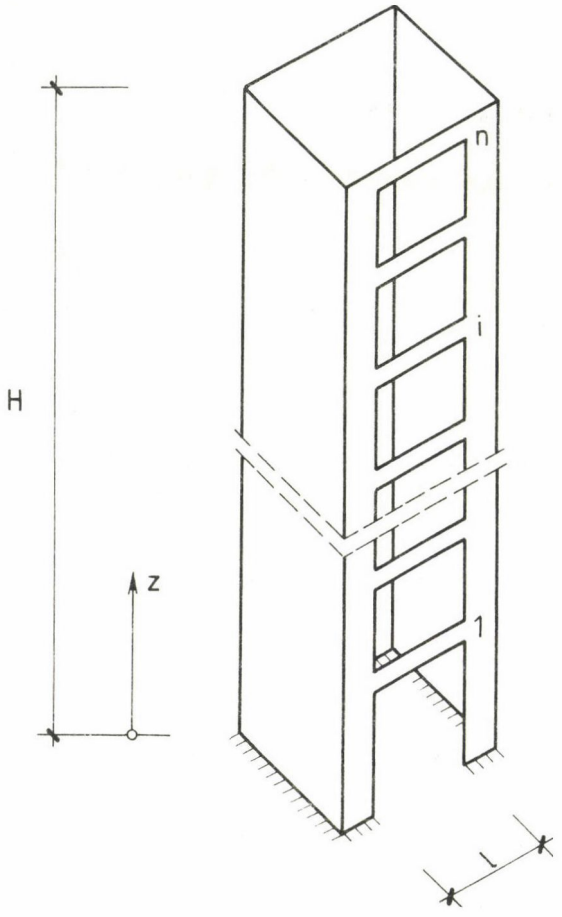
Az építőmérnöki gyakorlatban gyakran találkozunk olyan jellegű csavarási problémákkal, amelyeknél az adott szerkezet mechanikai modelljét a zárt, nyílásokkal áttört, alul befogottnak feltételezett konzolos vékonyfalú rúd alkotja. Ez az eset fordul elő például magas épületek monolitikus liftakna kiképzésénél. A nyílásokkal áttört vékonyfalú konzol csavarásának analitikus megoldása csak speciális esetekben létezik /5/.

Nagy számítógép és végeselem-módszer segítségével természetesen bármilyen kialakítást meg lehet vizsgálni, azonban ezek a vizsgálatok hosszadalmasak, gépidő- és energiaigényesek. Az alábbiakban **E. Absi** /1/ nyomán először vázoljuk a probléma viszonylag egyszerű megoldását, majd számpéldákat mutatunk be.

ALAPFÖLTEVÉSEK

Tekintsük az 1. ábrán vázolt szerkezetet. Az alul tökéletesen befogottnak föltételezett, egyszeresen szimmetrikus keresztmetszetű vékonyfalú rudat a szimmetriatengelyében n darab "kiváltó" köti össze. A gerendák kialakítása nem kell hogy azonos legyen, de azt megkötjük, hogy gerendaszerűen működjenek. A vékonyfalú rúd és a kiváltók anyagát lineárisan rugalmasnak tételezzük föl (de nem szükségszerűen azonosnak!). Külső teherként a rúdon tetszőleges helyen ható M = 1 nagyságú csavarónyomaték terhel.

A megoldás az erőmódszerre épül. Vágjuk át képzeletben az n darab kiváltót középen, és minden átvágott kiváltóban működtessünk ismeretlen függőleges R_1 értékű erőt (2. ábra). A szimmetrikus szerkezet és az aszimmetrikus teher miatt a kiváltó közepén a nyomaték zérus, így elegendő, ha csak erőt működtetünk az adott helyen. A külső csavarónyomaték okozta kiváltó eltolódások és a kiváltóban működő R_i nyíróerőből keletkező relatív eltolódások



1. ábra

összege együttesen zérus kell legyen, vagyis a kiváltókban folytonosság van. Ha ezt a feltételt fölírjuk minden kiváltóra, egy n ismeretlenes egyenletrendszert kapunk, amelyben az ismeretlenek a kiváltókban működő R_i nyíróerők. Ezek segítségével számítható a szerkezet helyettesítő merevsége.

Jelen dolgozatban csak olyan, egy szimmetriatengellyel rendelkező szelvényt vizsgálunk, ahol a nyílások egymás fölött ugyanolyan szélesek (ℓ állandó) és a külső terhelés a tetőpontban hat.

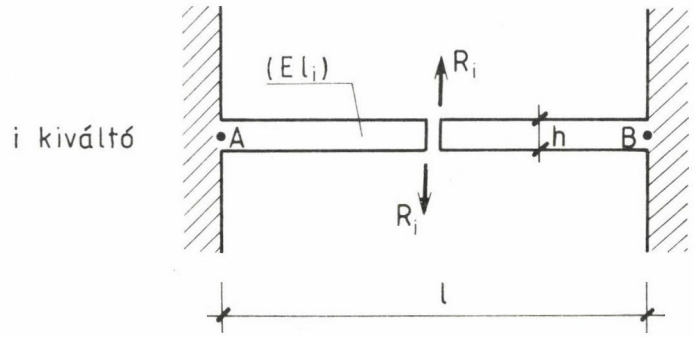
A feladat alapját képező gátolt csavarással jelen dolgozatunkban nem foglalkozunk, csupán utalunk az irodalomra: /2/, /3/, /4/.

A képzeletben elvágott i-edik kiváltó (2. ábra) a következő erők és igénybevételek hatására szenved eltolódást:

A: a tartóra működő külső csavarónyomaték,

B: a kiváltókban működő nyíróerő hatása az egész szerkezetre,

C: az i-edik kiváltóban működő nyíróerő közvetlen hatása (hajlítás, nyírás) az i-edik kiváltóra.

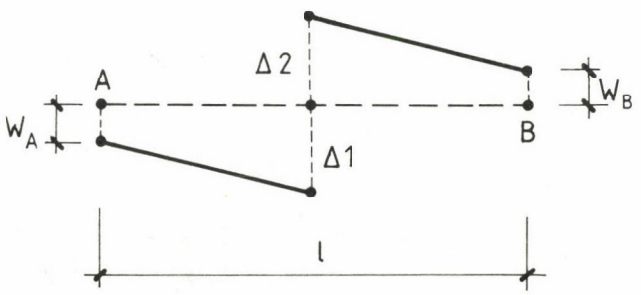


2. ábra

Mivel a kiváltót csak képzeletben vágtuk át, az A, B és C hatásokból származó relatív eltolódások összege zérus kell hogy legyen. A továbbiakban ezt az egyenlőséget írjuk föl mindegyik kiváltóra.

A: a tartóra működő külső csavarónyomaték hatása

Tekintsük a 3. ábrát: az ábrán a külső csavarónyomatékból az egységnyi elcsavarodást szenvedett i-edik kiváltó eltolódásait láthatjuk, amelyek két részből állnak: egyrészt az elcsavarodás hatására a keresztmetszet A és B pontja kilép a vízszintes síkból (a keresztmetszet torzul), másrészt az átvágott kiváltó merevtest-szerűen el is fordul. Ha Δ_1-gyel, ill. Δ_2-vel je-



3. ábra

löljük a kiváltó két részének az eredeti síkjából való kilépését, akkor Δ_1-re és Δ_2-re a következő összefüggések írhatóak föl:

$$\Delta_1 = w_A - \left(\frac{dw}{ds}\right)_A \cdot \frac{\ell}{2}, \tag{1}$$

$$\Delta_2 = w_B - \left(\frac{dw}{ds}\right)_B \cdot \frac{\ell}{2}, \tag{2}$$

ahol w_A és w_B az A, ill. B pontoknak a vízszintes síkból való kilépése,

ℓ: a kiváltó hossza,

$\left(\frac{dw}{ds}\right)_A$ és $\left(\frac{dw}{ds}\right)_B$ az A és B pontokbeli érintő hajlásszöge.

A félbevágott kiváltó közepének teljes relatív eltolódását e két érték előjelhelyes összege adja:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = w_A - w_B - \left[\left(\frac{dw}{ds}\right)_A + \left(\frac{dw}{ds}\right)_B\right] \cdot \frac{\ell}{2}. \tag{3}$$

Másrészről tudjuk, hogy /1/:

$$w_A - w_B = (\omega_A - \omega_B) \cdot \frac{d\varphi}{dz}, \tag{4}$$

ahol ω_A és ω_B az A és B pontokhoz tartozó torzulási mérték,

φ: a keresztmetszet elcsavarodása,

z: a talpponttól függőlegesen fölfelé induló tengelyt jelenti,

valamint a szimmetria miatt

$$\left(\frac{dw}{ds}\right)_A = \left(\frac{dw}{ds}\right)_B = -\left(\frac{dw}{ds}\right) \cdot \frac{d\varphi}{dz} = -\gamma \cdot \frac{d\varphi}{dz}, \tag{4a}$$

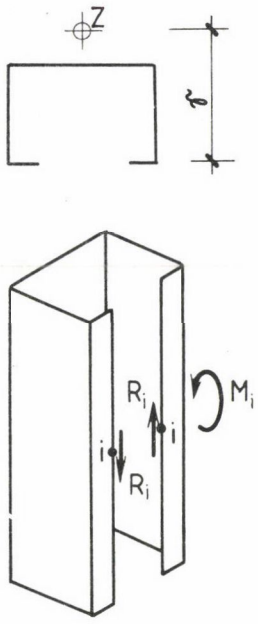
ahol γ nem más, mint a kiváltó távolsága a csavarási tengelytől (ld. 4. ábra).

(3), (4) és (4a) alapján a Δ távolság így írható föl:

$$\Delta(z) = \delta \cdot \frac{d\varphi}{dz}, \tag{5}$$

ahol $\delta = \omega_A - \omega_B + \gamma \cdot \ell$.

Az (5) egyenletben δ csak a keresztmetszet alakjától függ, a φ elcsavarodási szög viszont a rúd egyéb paramétereinek is függvénye. Abban a speciá-



4. ábra

lis esetben, ha a külső M_{cs} csavarónyomaték a tetőponton hat, az elcsavarodás első deriváltja egyszerűen fölírható /3/, /4/:

$$\frac{d\varphi}{dz} = M_{cs} \frac{\operatorname{ch} \alpha H - \operatorname{ch} \alpha (H - z)}{\alpha^2 C_1 \operatorname{ch} \alpha H}, \qquad (6)$$

ahol M_{cs}: a tetőponti külső csavarónyomaték,

$\alpha = \frac{G \cdot Jcs}{E \cdot J\omega}$, ahol G: a nyírási rugalmassági modulus,

E: a hajlítási rugalmassági modulus,

Jcs: a szelvény csavarási merevsége,

$J\omega$: a szelvény öblösödési merevsége,

H: a vizsgált rúd teljes magassága,

$C_1 = E \cdot J\omega$.

A teljes elmozdulás a (6)-nak az (5)-be helyettesítésével egyszerűen előállítható:

$$\Delta(z) = \delta \cdot M_{cs} \frac{\operatorname{ch} \alpha H - \operatorname{ch} \alpha (H - z)}{\alpha^2 C_1 \operatorname{ch} \alpha H}. \qquad (7)$$

A (7) egyenlet segítségével a létrejövő eltolódást minden kiváltónál ki lehet számítani.

B: a kiváltóban működő nyíróerő hatása

A 2. ábrán látható R_i erő hatása két részből tevődik össze. Egyrészt az átvágott kiváltót, mint konzolokat terheli az ellentétes értelmű R_i erő. Evvel a hatással a C pontban foglalkozunk. Másrészt az R_i erő az egész tartót csavarásra veszi igénybe. Ezt a következőképpen vehetjük figyelembe:

Működjék a kiváltóban R_i erő, és legyen a kiváltó merevtestszerű eltolódása ennek hatására $\Delta^*(z)_i$ (4. ábra). A szelvény elcsavarodás az i-edik kiváltónál φ_i. Ez a hatás ugyanaz, mintha a rúdra az i-edik kiváltónál M_i csavarónyomatékot működtetnénk, amelynek hatására az elfordulás az i-edik kiváltónál éppen φ_i lenne. Fölírható tehát a következő egyenlőség **Maxwell** tétele alapján:

$$R_i \cdot \Delta^*(z)_i = M_i \cdot \varphi_i .$$

Legyen $M_i = 1$, ekkor

$$R_i \cdot \Delta^*(z)_i = \varphi_i = (\varphi)_{z=i} . \tag{8}$$

Az (5) egyenlet alapján

$$\Delta^*{}_i(z) = \delta \cdot \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)_{z=i} . \tag{9}$$

Az (5), (8) és a (9) egyenletek alapján

$$\Delta^*(z)_i = \delta \cdot R_i \cdot \left(\frac{\Delta^*(z)}{dz}\right) = \delta^2 \cdot R_i \cdot \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^1 \partial z^2}\right)_{\substack{z^1=i \\ z^2=j}} . \tag{10}$$

Evvel megkaptuk a kiváltóban működő nyíróerő okozta merevtestszerű elmozdulásokat. A zárójelben lévő derivált értéke attól függ, hogy $i \leq j$ vagy $j \leq i$ /3/, /4/. Ha $i \leq j$, akkor:

$$\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^1 \partial z^2}\right) = \frac{1}{\alpha \cdot C_1 \cdot \operatorname{ch} \alpha H} \operatorname{sh} \alpha Z \cdot \operatorname{ch} \alpha (H - Z), \tag{11}$$

ha $j \leq i$, akkor

$$\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^1 \partial z^2}\right) = \frac{1}{\alpha \cdot C_1 \cdot \operatorname{ch} \alpha H} \operatorname{sh} \alpha Z \cdot \operatorname{ch} \alpha (H - Z), \tag{12}$$

ahol az eddigieken kívül

Z: az i-edik kiváltó súlyvonalának távolsága a befogástól.

A továbbiakban számítjuk a kiváltókban mint konzolokon működő nyíróerő okozta alakváltozásokat.

C: Az általános szilárdságtanból ismeretes, hogy az egy oldalon befogott konzol szabad végén működtetett parabolikusan megoszló függőleges teher okozta lehajlásokat a tárcsa középvonalában az alábbi összefüggés szolgáltatja:

$$\Delta m_i = \frac{\ell^3}{24\, E_i \cdot I_i} R_i \cdot 2, \qquad (13)$$

ahol Δm_i: a konzol végének elhajlása hajlításra,
ℓ: a gerenda teljes hossza,
E_i: az i jelű kiváltó rugalmassági modulusa,
I_i: az i jelű kiváltó hajlítási inerciája,
R_i: az i jelű kiváltó közepén működő erőpár.

Andermann vizsgálatai megmutatták, hogy ameddig a konzol méretei arányukban nem haladják meg az egységet, úgy a fenti összefüggés jó közelítésnek tekinthető abban az esetben is, ha a terhelő erő nem parabolikus, hanem egyenletesen megoszló a szabad végen /6/. Közelítésként mi is elfogadjuk a fenti összefüggést. Ez azt jelenti, hogy a gerenda aránya 1 : 2 lehet. Ennél magasabb tárcsa esetén **Andermann** számításai szerint az eltérés igen jelentős. Ebben az esetben még közelítésként sem beszélhetünk gerendáról, és a probléma lényegesen bonyolultabbá válik. A gyakorlat szempontjából fontos esetek nagy része azonban az általunk vizsgált tartományba esik. Ezzel rendelkezésünkre áll egy tetszőleges helyen lévő kiváltó közepén létrejövő összes eltolódás komponens.

AZ EGYENSÚLYI EGYENLETRENDSZER FELÍRÁSA

Az előbbiekben felírtuk egy tetszőleges i jelű kiváltó összes elmozdulásait. A felírható egyenletrendszer minden sora azt fejezi ki, hogy az adott kiváltón létrejövő elmozdulások összege zérus.

Az eddigi jelöléseket fölhasználva az i-edik kiváltóban létrejövő elmozdulások összegét a következő módon lehet fölírni (7), (10), (16) egyenletek alapján:

$$\Delta(z)_i + \sum_j \Delta^*(z)_j + \Delta t(z)_i = 0, \qquad (14)$$

ahol $\sum_j$ a kiváltók szerinti összegzést jelenti, a (11) ill. a (12) egyenlet figyelembevételével. A (14) egyenlet első tagja egy konkrét szám minden kiváltóra, a második és a harmadik tagjából pedig R_i kiemelhető, mint ismeretlen (10), (13). A (14) egyenlet mátrixos formába átrendezve a következőképpen írható föl:

$$\underline{\underline{A}} \cdot \underline{R} = \underline{M}\,, \tag{15}$$

ahol $\underline{\underline{A}}$: az együtthatómátrix,

$\underline{R}$: az ismeretlen nyíróerőpár,

$\underline{M}$: a külső csavarónyomaték okozta eltolódások értéke.

Az egyenletet megoldva a keresett R_i nyíróerők megkaphatók.

A KIVÁLTÓKKAL MEREVÍTETT SZELVÉNY MEREVSÉGE

A nyitott szelvény tetőponti elcsavarodása $\varphi_{z=H}$. Ha a szelvényt kiváltókkal összeköt jük, akkor a tetőponti elcsavarodás módosul, annyival csökken, amennyivel a kiváltókban működő nyíróerők azt "visszaforgatják". Így a tetőponti elcsavarodás két részből tevődik össze:

$$\varphi(H) = \varphi_{z=H} + \sum_i R_i \cdot \Delta^*(z)_i\,, \tag{16}$$

ahol a második tag a nyíróerők okozta tetőponti elcsavarodást fejezi ki (8). Ha a szelvénymerevséget a nyitott szelvény elcsavarodásához viszonyítjuk, és K_1-gyel jelöljük, K_1 a következőképpen írható fel:

$$K_1 = \frac{\varphi_{z=H}}{\varphi_{z=H} + \sum_i R_i \cdot \Delta^*(z)_i}\,. \tag{20}$$

K_1-et a továbbiakban relatív merevségnek nevezzük.

Ez az érték egy 1-nél nagyobb szám lesz. Ha a zárt szelvény merevségét is a nyitott szelvény merevségéhez mérjük, egy, a K_1-nél nagyobb számot kapunk. Legyen a zárt szelvény merevsége K_2. Ezt az értéket úgy kaphatjuk meg, hogy a zárt szelvény merevségét elosztjuk a nyílt szelvény merevségével. A kiváltókkal merevített szelvény merevségi viszonyait tehát e két érték közé tudjuk behatárolni.

A NEM SZIMMETRIKUS SZELVÉNYEK ESETE

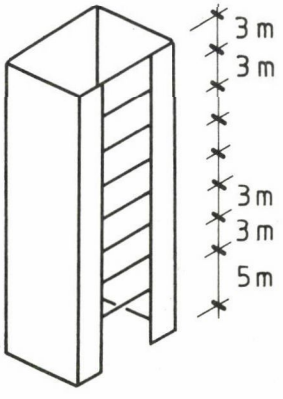
A föntebb vázolt gondolatmenethez hasonlóan meg lehet oldani a nem szimmetrikus keresztmetszetű szelvények esetét is, és azt sem kell kikötni, hogy a teher csak a szelvény tetején hathat.

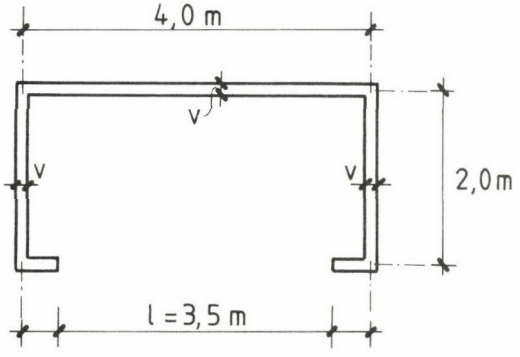
A nem szimmetrikus szelvények esetén azt kell figyelembe venni, hogy az átvágott kiváltókban nem feltétlenül teljesül az a feltétel, hogy a nyomaték zérus, ezért ismeretlenként a kiváltóban R_i nyíróerőt és M_i nyomatékot kell feltételezni. Ez egyrészt az ismeretlenek számát a kétszeresére növeli, másrészt az egyenletek fölírásakor nem tesz lehetővé egyszerűsítéseket.

A nem tetőpontján terhelt csavart rúd megoldására /4/-ben zárt képletek találhatók, így elvileg ennek beépítése az egyenletekbe nem jelent problémát.

SZÁMPÉLDÁK

1. Tekintsük az 5. ábrán vázolt C szelvény keresztmetszetű merevítőmagot. A merevítőmag anyaga vasbeton, E = 18000000 KN/m^2 anyagjellemzővel. A kiváltók anyaga ugyanaz, mint a merevítőmagé. A merevítőmagot a tetőpontján egységnyi csavarónyomaték terheli. Változtassuk a merevítőgerendák magasságát oly módon, hogy a gerendák magasságának és hosszúságának aránya (h/ℓ) 0 és 0,5 közé essen. A gerendákkal merevített szelvény relatív merevségét a



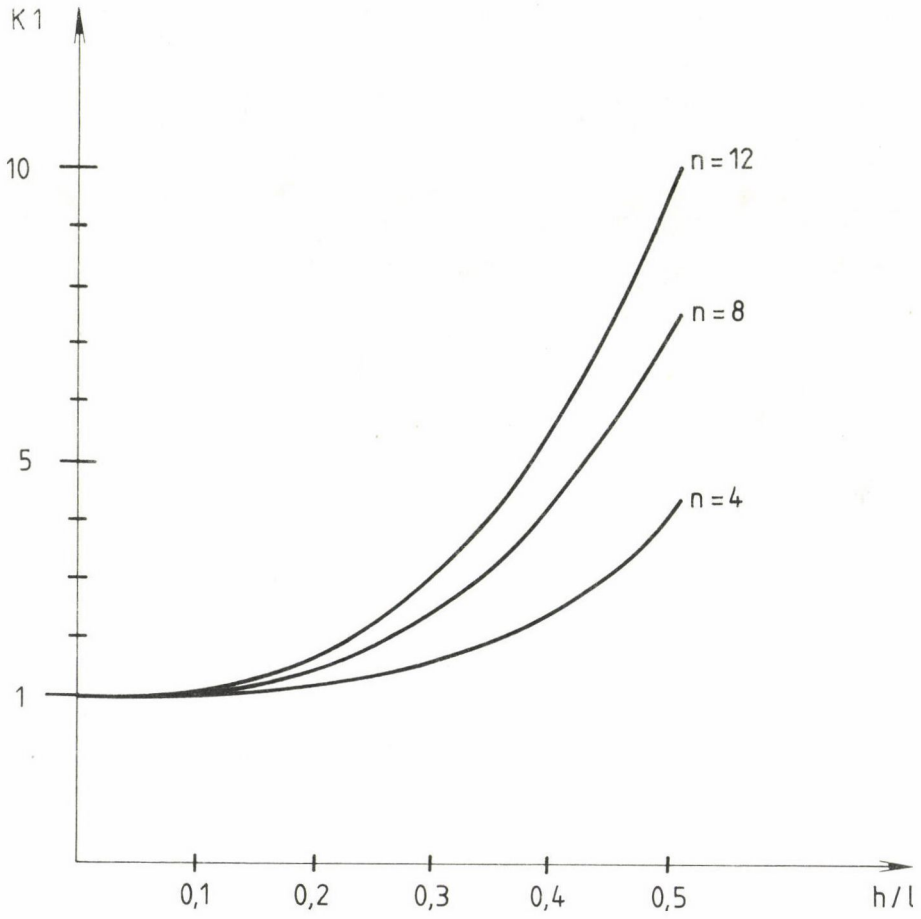


v = 0,15 m

E = 18 · 10^6 kN/m^2

G = 7,5 · 10^6 kN/m^2

5. ábra

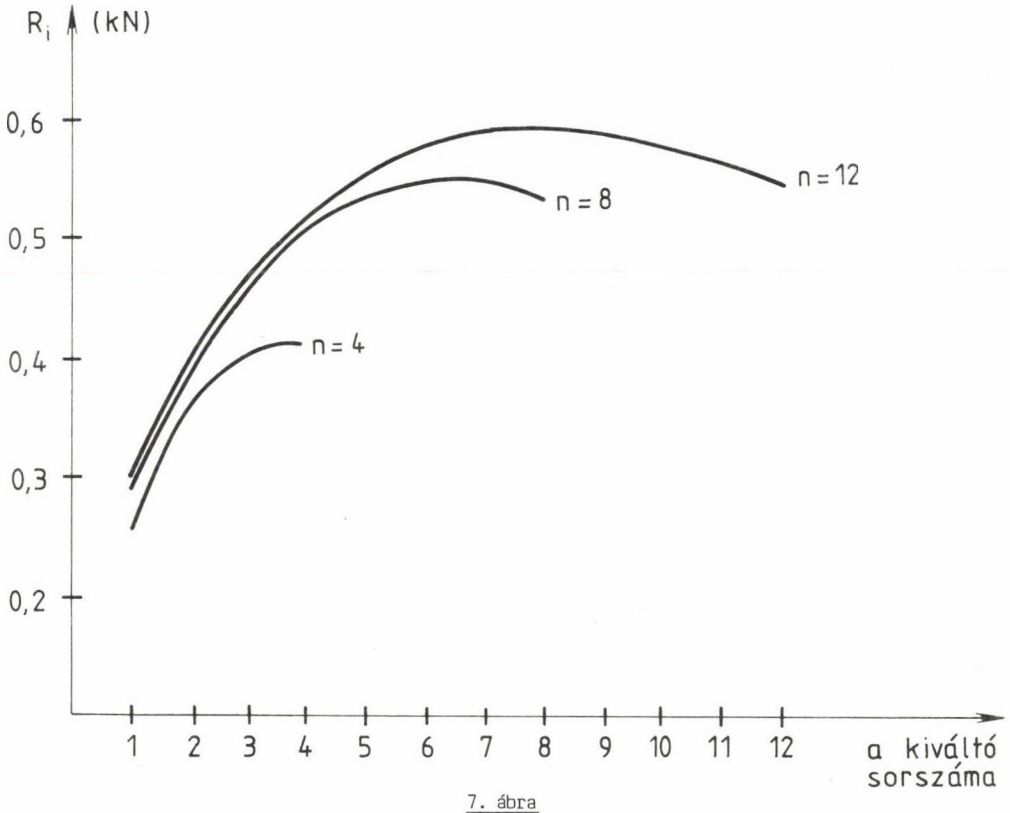


6. ábra

6. ábrán mutatjuk be. A függőleges tengelyen a K_1 relatív merevséget tüntettük föl, a vízszintes tengelyen pedig a gerenda magasságának és hosszúságának arányát. Az ábrán látható n számok a szintmagasságot jelzik.

Az ábráról leolvasható, hogy körülbelül 0,1 h/ℓ arányig a merevség-növekedése nem számottevő. 4 szintes épületnél a merevségi növekedés még magas kiváltó esetén sem túl nagy, körülbelül a nyitott szelvény négyszeresét éri el, 8, ill. 12 szintes épületnél viszont már jelentős merevség-növekedés tapasztalható. 8 szintes épületnél kb. 0,40 h/ℓ esetén érjük el a 4-szeres merevséget, 12 szintes épületnél már kb. 0,34 h/ℓ arányál.

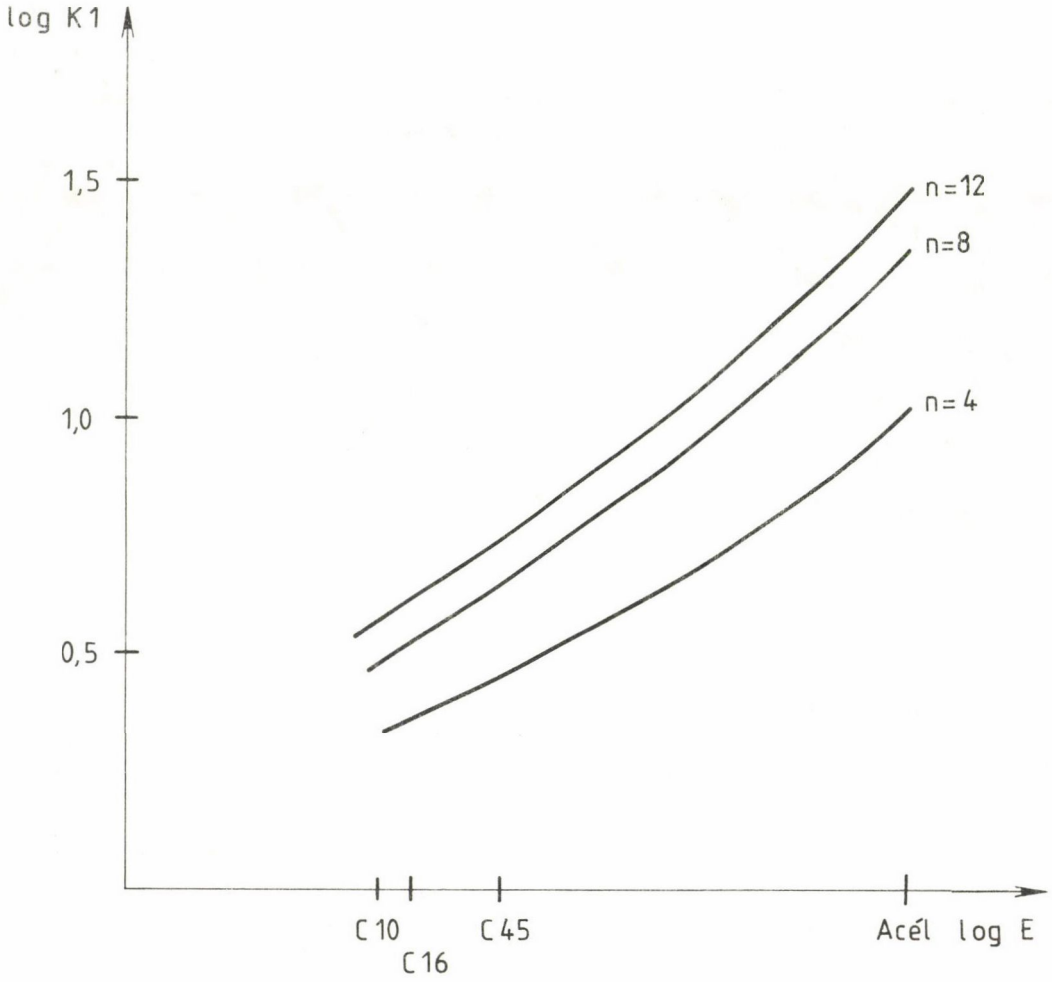
2. A második számpéldában megvizsgáltuk a különböző szinten lévő gerendák hatását a merevítés egészére.



7. ábra

Tekintsük újból az 5. ábrán vázolt merevítőmagot. A merevítés anyaga továbbra is vasbeton, a teher a tetőponton ható egységnyi csavarónyomaték. A kiváltó magasságának és hosszúságának aránya legyen 0,35 h/ℓ. Vizsgáljuk meg, hogyan részesülnek egyes gerenda kiváltók a teherviselésből.

A 7. ábrán fölrajzoltuk a 4, 8, 12 szintes épület különböző szintjein lévő gerendákban ébredő nyíróerők nagyságát. A nyíróerők értéke azt jelenti, hogy egységnyi csavarónyomaték hatására a kiváltókban ekkora nyíróerők ébrednek. Az adatokat elemezve látható, hogy a kiváltók nem egyforma módon vesznek részt a merevítésben. A gerendákban működő nyíróerők közt a maximális eltérés körülbelül kétszeres. Ez azért nagyon fontos, mert a gerendákban az egyenletes nyíróerő feltételezése jelentős hiba forrása lehet a gyakorlati tervezés szempontjából. Érdemes még azt megfigyelni, hogy nem a legfölső kiváltóban ébred a legnagyobb nyíróerő, hanem körülbelül az épület kétharmadánál.



8. ábra

3. A harmadik számpéldában azt vizsgáltuk, hogy hogyan változik egy adott szerkezet relatív merevsége, ha adott geometriai kialakítás mellett a kiváltók anyagát változtatjuk. A merevítőmag anyaga továbbra is legyen ugyanaz, mint az 1. példában vázolt merevítőmagé, a kiváltók anyagát pedig változtassuk a 8. ábrán föltüntetett határok között. A merevítőmag anyaga a jelenlegi szabványban rögzített C16-os betonnak, a változtatás alsó határa a C10-es, fölső határa pedig a C45-ös beton minőségének felel meg. Külön jelölve föltüntettük azt az esetet is, ha a kiváltót az adott geometriai méretek mellett acélból építjük.

Az eredmények vizsgálatából kitűnik, hogy a beton minősége alig változtat a teljes szerkezet relatív merevségén. A C50-es beton nyomási határfeszültsége majdnem háromszorosa a C16-os beton nyomási határfeszültségének, a relatív merevség ennek ellenére a 12 szintes épület esetén is csak 40%-kal nőtt meg. Ugyanígy a kiváltóknál használt gyengébb minőségű beton a relatív merevséget alig változtatta. Ugrásszerű változás tapasztalható acél használata esetén, de ennek gyakorlati jelentősége a kivitelezési nehézségek miatt csekély.

Az alábbi táblázatban feltüntetjük a $h/\ell = 0{,}5$ arányú gerendákkal merevített 4, 8, 12 szintes épületek K1 relatív merevségét és ugyanezen szintszámhoz tartozó K2 merevségeket is, amelyek a zárt szerkezetek merevségeit adják a teljesen nyílt szelvényhez képest.

Szintszám	4	8	12
K1 ($h/\ell = 0{,}5$)	4,08	7,54	9,74
K2	25,96	58,35	80,21

A táblázatból rögtön lehet látni, hogy noha a gerendákkal merevített liftakna merevsége lényegesen nagyobb, mint a nyílt liftaknáé, ez a merevség még mindig nagyon elmarad a zárt liftaknák csavarási merevségétől. Az átlagos tervezési adatok szerint a gerendákkal merevített liftaknák csavarási merevsége a teljesen nyílt liftakna csavarási merevségének az 5-10-szerese, viszont kb. csak az 1/8-a a teljesen zárt liftakna csavarási merevségének. Ez különösen olyan épületek esetében lehet jelentős, ahol az épület térbeli merevségét csak a liftaknák biztosítják.

Az itt bemutatott példák ha nem is adnak minden gyakorlati esetre útmutatást, jellegében jól mutatják a vázolt mechanikai modell viselkedését. A példák elemzéséből látható, hogy alacsony szintszám esetén a kiváltók merevség-növelő hatása elhanyagolható. Magasabb szintszámok esetén is többet ér a kiváltó magasságának növelése, mint a jobb anyagra való törekvés. Nagy szintszámú szerkezetek esetén is el kell egy bizonyos arányt érnie a kiváltók magasságának ahhoz, hogy számottevő merevségnövekedést érhessünk el.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen dolgozatunkban bemutattuk a csavart liftakna megoldásának egy lehetséges módját. Röviden ismertettük a megoldás gondolatmenetét és a megoldáshoz szükséges egyenleteket. Vázoltuk a bonyolultabb kialakítású feladatok

megoldási lehetőségét. Végül konkrét számpéldákon vizsgáltuk 4, 8, 12 szintes liftaknák kialakítása esetén a liftaknák elcsavarodás elleni merevségének változását.

IRODALOM

/1/ **Absi, E.:** Contribution a l'étude des profils minces ouverts raidis par des linteaux. Annales de l'institut technique du batiment et des travaux publics. No. 379. 1980. január

/2/ **Csellár—Halász—Réti:** Vékonyfalú acélszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

/3/ **Bronschauer, F. W.:** Systematische Darstellung des Biege- und Verdrehvorganges unter besonderer Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion. Der Stahlbau, 21. évf. (1952) No. 1.

/4/ **Bronschauer, F. W.:** Beispiel und Formelsammlung zur Spannungsberechnung dünnwandiger Stabe mit wölbbehiderten Querschitt. Der Stahlbau, 21. évf. (1952) No. 12.

/5/ **Vlaszov, V. Z.:** Tonkosztennüe uprugie szterzsni. Moszkva 1959.

/6/ **Andermann, F.:** Statik der rechteckigen Scheiben. Werner-Verlag, Düsseldorf 1968.

Dr. Komárik Dénes

A HISTORIZÁLÓ ÉPÍTÉSZET FŐ TENDENCIÁI BUDAPEST KÖZÉPÍTKEZÉSEINEK TÜKRÉBEN[1]

A XIX. század építészetével kapcsolatban általában klasszicizmusról, romantikáról és eklektikáról szoktunk beszélni. Ez az épületek külső jegyeit tekintve és sommás eligazodás céljára meg is felel. Eszerint a század első évtizedeiben a klasszicizmus az antik formák felújításával, a század derekán a romantika a középkori stílusok felelevenítésével, a hatvanas--hetvenes évektől kezdődően pedig az eklektika valamennyi stílus, de főleg a reneszánsz és a barokk egyidejű és válogató felhasználásával formálta épületeit. — Ha azonban alaposabb és helyesebb képet akarunk kapni e század építészetéről, mélyebbre kell néznünk, és tüzetesebben, árnyaltabban kell megvizsgálnunk alkotásait és törekvéseit.

A XIX. század építészete, egyáltalán művészete főleg két nagy szellemi áramlattal függ össze: a romantikával és a historizmussal. A múlt formáihoz való fordulásnak egyaránt van romantikus és historizáló aspektusa. Ennek megfelelően van törekvés, mely az egész századot a romantika jegye alá akarja fogni, s van olyan, mely a historizmus különböző jellegű megnyilatkozásaként értelmezi.

Az európai romantika XVIII. században kezdődő korának három nagy építészeti áramlata, a forradalmi építészet, a gótizálás és a klasszicizmus közül az utóbbi kettő régi stílusok felhasználásával fejezte ki mondanivalóját.[2] Hogy a régi stílusok külsőségei, alaktani elemei még nem jelentenek mindent,

[1] Tanulmányunk tárgyával foglalkozó főbb forrásjellegű és összefoglaló munkák: Dr. Országh Sándor: Budapest középítkezései 1868—1882. Bp. 1884.; Edvi Illés Aladár: Budapest műszaki útmutatója. Bp. 1896.; Siklóssy László: Hogyan épült Budapest? (1870—1930). Bp. 1931.; Dr. Kismarty-Lechner Jenő: Építőművészetünk a XIX. század második felében. Bp. 1945.; Ybl Ervin: Ybl Miklós. Bp. 1956.; Gerő László: A XIX. század végi késő eklektikus építészet jelentősége Budapesten. "Műemlékvédelem" IV. (1960) 162—175.; Merényi Ferenc: A magyar építészet 1867—1967. Bp. 1969.; Zádor, A.: Palladianism in the Eclectic Architecture of Hungary. "Acta Technica" 67 (1970) 1—4. sz. 125—163.; Német Lajos (szerk.): Magyar művészet 1890—1919. Bp. 1981. (A historizmus építészetéről szóló részek Gábor Esztertől).

[2] Komárik Dénes: A korai gótizálás Magyarországon. In: Művészet és felvilágosodás (szerk. Zádor Anna és Szabolcsi Hedvig), Bp. 1978. 209—300.

a klasszicizmussal kapcsolatban is megállapíthatjuk. Az általa felhasznált oszloprendes antik formák a reneszánsz óta megszakítatlan folyamatossággal jelen vannak az építészetben, s elegendő pusztán egy pillantást vetni az építészettörténet e fél évezredére, hogy lássuk, mi mindent jelenthet, hányféle arcot ölthet az antik forma. Ha meggondoljuk, hogy oly különböző világnézeteket kifejező építészetek, mint a görög, a római, a reneszánsz, a manierizmus, a barokk, a klasszicizmus, majd utána a historizmus -- többé-kevésbé módosítva és válogatva ugyan, de -- ugyanazzal a formakinccsel éltek, kézzelfoghatóvá válik: pusztán formaelemek jelenléte még távolról sem árul el mindent az őket magába fogadó aktuális építészet világáról. Ezért csak közelebbi formai analízistől várhatunk felvilágosítást az egyes korszakok építészetének mibenlétéről, így esetünkben az említett három nagy építészeti áramlat gyökereinek azonosságáról.

De hasonlót láthatunk, ha tovább megyünk. A gótizáláshoz és a klasszicizmushoz viszonylag korán csatlakozott -- eleinte szórványosan s olykor a klasszicizmushoz hasonulva -- a reneszánsz, illetve elemeinek felújítása. A reneszánsz köntös mögött azonban ugyanazokat a tendenciákat fedezhetjük fel, mint a fő áramlatoknál, ahogyan ezt legelőször Giedion kitűnő elemzései kimutatták. Ugyanezt mondhatjuk az 1850-es évek előtt megjelenő ókeresztény, bizánci, iszlám formákkal kapcsolatban is. A régi stílusok felújítása a század második felében megszakítatlanul tovább folyt, sőt egyre változatosabb képet mutatott, s kialakult az az irányzat, melyet historizmusnak nevezünk.

A romantika és a historizmus említett kapcsolata e kevésből láthatóan is szoros, mind belső, mind külső jegyeit tekintve. Már a romantika idején egyre erősebben tért hódít az építészeti historizálás, melynek gyökerénél ott van az a reneszánsz óta szinte megszakítatlanul ható szemlélet, mely változó módon ugyan, de mindig a réginek mintaképszerűségét vallotta (vitruvianizmus, Palladio, Vignola, mintakönyvek használata). Ugyanakkor viszont a romantika elmúltával is e nagy szellemi áramlat számos vonása tovább él, hatása tovább gyűrűzik, nemcsak az építészetben, hanem a művészet, a szellem, az élet egész területén. Ennek az összefonódottságnak, ill. a romantika és a historizmus XIX. századi alapvető fontosságának kifejeződését láthatjuk újabban olyan építéstörténeti fogalmak megjelenésében, ill. elterjedésében, mint a klasszicizmus helyett a "romantikus klasszicizmus" (Giedion nyomán), vagy a századközép építészetet jelölő "romantikus historizmus" (pl. Renate Wagner-Riegernél).[3]

[3] Giedion, Sigfried: Spätbarocker und romantischer Klassizismus. München, 1922.; Wagner-Rieger, Renate: Wiens Architektur im 19. Jahrhundert. Wien, 1970.

Ahogy a századforduló szecessziója Európa különböző országaiban más nevet kap és más jelleget ölt, így a XIX. század második felének historizmusa is eltérő módon és különböző néven jelentkezik az egyes országokban. Így Angliában "Victorian Architecture"-ről, Franciaországban a második császárság stílusáról, német nyelvterületen s nálunk inkább eklektikáról beszélnek. Az újabb kutatás a "romantikus historizmus" logikus folytatásaként szívesen beszél "szigorú historizmus"-ról, majd az azt követő "késői historizmus"-ról.

A historizmus kibontakozása során egyre szigorúbban ragaszkodnak a részletformák hű követéséhez, míg az épület egészében gyakran sok szabadsággal társítják, válogatják ezeket az elemeket. Ugyanakkor, kivált a század vége felé, nő a plaszticitás, a díszítés iránti igény, az így keletkező festői hatás, oldottság az impresszionizmussal, a díszítés túlburjánzása a szecesszióval rokonítható.

A romantikát követő, már 1860 körül mutatkozó, s a következő századba áthúzódó hazai historizmus ugyanúgy nehezen tagolható időben egymás után következő korszakokra, mint a rövid életű romantika. Először a tartózkodó, egyszerűbb példáiban is bizonyos eleganciát sugárzó, artisztikus hangvételű architektúra volt általános. Erre bizonyos mértékű, dekoratív formában megnyilatkozó "hellén reneszánsz" jelleg volt a jellemző — ahogyan Ybl Ervin helytálló, finom megfigyeléseit Theofil Hansen szavaival kifejezte. Ezt követte az erőteljesebb, de még fegyelmezett plasztikájú irányzat, melynek legszebb példája az Opera. Végül a gyakran túlburjánzóan díszítő, ugyanakkor nemritkán akadémikusan kiüresedő változat jutott érvényre. Ezek azonban annyira közel kerülnek egymáshoz, gyakran egyidejűleg jelentkeznek, hogy egymásutánjukkal csak a tendenciákat lehet jelezni. Ugyanakkor jellemző, hogy az addig általános vakolat és kő mellett megnő a nyerstégla, a kerámiaburkolat és a vasszerkezet használata, s éppen a középületek terén.

Neoreneszánsz vonások korai, szórványos jelentkezésével az 1840 körüli évektől kezdve már hazánkban is találkozunk. Így pl. — hogy csak középületeket említsünk — Hild József kivitelre nem került pesti Harmincadhivatal tervének első alternatívájánál (1836), Pollack Mihály pesti Országháza tervénél (1840), Kagerbauer Antal kolozsvári városháza épületénél (1842—45) vagy a bécsi tervezésű, hatalmas méretű temesvári kormányszéki épületnél (1856—60). Ezeket az épületeket bizonyos kubusos jelleg, az oszloprendes architektúra minden formájának kerülése és a homlokzati plasztikának a reneszánsz mintaképekkel szembeni szerényebb, fonnyadtabb jellege jellemzi,

egész megjelenésük, hangvételük még az előző korszakhoz sorolja őket.[4]

A historizmus első nagyszabású hazai alkotása a Magyar Tudományos Akadémia palotája (1862--65) volt, mely sajátos módon a magyarországi romantika főművével, Feszl Frigyes pesti Vigadójával (1860--64) egy időben épült fel, Friedrich August Stüler berlini építész terve szerint, Ybl és Szkalnitzky vezetésével, ill. közreműködésével. Idegen építész műve lévén, a historizmusnak — nem értékben, hanem az immanens stílusfejlődés rendjében — előrehaladottabb stádiumát képviselte, mint a vele egy időben, ill. közel egy időben épült hazai épületek. Így például a Budai Takarékpénztár épülete (Ybl, 1860--62), mely az első teljes egészében kővel burkolt homlokzatú ház volt Pest-Budán; Ybl Miklós nagyszabású Akadémia-pályaterve (1861), melyet szerzője a benyújtást követő napon visszavont; az ideiglenes képviselőház szerény, de finom pályaterve (Kauser Lipót, 1861); az ideiglenes képviselőház megépült épülete (Ybl, 1865--66) stb.

Az Akadémia épülete azonban — az egykorú hazai építészettel való ilyen viszonya ellenére is — a historizmus egészében a korai szakaszhoz tartozik s bizonyos mértékig kubusos jellege még az előző korszakhoz való közelségéről árulkodik. Kubusok jelenlétét hangsúlyozza a középrész erőteljes felmagasodása és előreugrása, érvényesülésüket segítik az alacsony hajlásszögű s még attika baluszterssor mögé is rejtett fedélszékek, valamint a homlokzati architektúra viszonylagos síkban tartása, az oldalszárnyakon raszteres temperáltsága. A középrészt ünnepélyesen hangsúlyozó, emeleteket összefogó páros 3/4 oszlopok sora is feszesen fegyelmezett architektonikus rendnek része.

Az épület jelentősége abban is megmutatkozik, hogy nagyszabású polémiát kavart fel a nemzeti építőstílus szükségessége és mibenléte felől, s először mutatkozott meg a hírlapi csatározásokban a polgáriasuló társadalom igénye, hogy az építkezés közügyeibe beleszóljon.

Ez a vita a nemzeti építőstílus problémája mellett egy másik kérdést is felvetett, mely az elkövetkező évtizedek építészete számára fontos és jellemző volt, a rendeltetéshez illő stílus problémáját. E kérdésben Henszlmann, bár eredménytelenül, de nagy energiával és erudícióval képviselte azt a meggyőződését, hogy az akadémia eszméjéhez csak a csúcsíves stílus illik. "E styl nem szerzetesi vagy kolostori styl ... e styl épen akkor indul vi-

[4]Komárik Dénes: Egy sajátos tendencia a romantika korának építészetében (Az ún. kubusos stílus kérdése). In: Művészet Magyarországon 1830—1870. Katalógus. Bp. 1981. 24—30.

rágzásnak, midőn az építészet a szerzetesek kezéből a laikus mester kezébe ment át, ... az északi francia városoknak a XII. században történt felszabadulása" következtében. "E styl tehát ... a szabadság styljének nevezhető", és e "stylben épültek valaha valamennyi tudományos intézetek, minek példányai a még ma is fennálló oxfordi és cambridgei collegek."[5] Kortársainak nagy része azonban megütközve utasította el a "szabadság építészeti stílusának" e koncepcióját, lévén a "sötét középkor" történetietlen elképzelésének híve, s a tudomány székhelyéhez az antikban gyökerező, derűt és szabadságot kifejező reneszánszot tartotta illőnek. Ez a kis epizód mutatja, hogy az egyes stílusoknak tulajdonított jelentés-tartalom nem tárgyi, hanem szemléleti és asszociatív jellegű volt, továbbá azt, hogy a hazai gondolkodás már elkezdte magáévá tenni a Nyugat-Európában kialakulóban levő szemléletet. Eszerint a középkori stílusok, kivált a gótika, a templom-építés céljára alkalmasak, a reneszánsz igazgatási és kormányzati célokra. Ez utóbbi ugyanakkor — mint a humanizmus művészi megnyilatkozása — a művelődési és oktatási intézmények (múzeumok, egyetemek, iskolák) megfelelő stílusa is, míg a barokk a paloták, kastélyok, színházak számára ideális stb. Az egyes feladatok bizonyos történeti stílussal való összekapcsolását párhuzamba állíthatjuk a korábbi építészetben a (különböző jelentést hordozó) oszloprendek kiválasztásának szigorú szabályokat követő gyakorlatával.

Megjegyzendő, hogy ezt a stílusszimbolikát nem túl szigorúan alkalmazták, az irodalmi-asszociatív szempontot nemritkán megelőzte művészi vagy egyéb meggondolás. Ugyanakkor a korábbi szakaszban általánosabb volt a reneszánsz iránti vonzalom, mely később a barokk kedvelésének adott helyet. Ilyen eltérő módon például gótikus modorban épült a Központi Vásárcsarnok, az Új Pénzügyminisztérium, a Műegyetemi Könyvtár s az Országháza, vagy reneszánsz stílusban nem egy templom, színház — így az egykori Népszínház és az Operaház —, nem kevés kastély stb.

A stílusválasztás nem szorosan kötött jellegét jól példázza már a korai időszakban a Váci utcai Újvárosháza (Steindl Imre, 1870—75) esete. Mivel a rohamosan növekedő város számára az 1863-ban emeletráépítéssel bővített városháza nem volt elegendő, 1867 őszén elhatározták, hogy a városi hivatalok és a törvényszék részére új épületet építenek. A következő évben lezajló pályázatot ugyan Szkalnitzky és Koch nyerte meg, de a megbízás a második díjas Steindlnek jutott, aki egyébként egy gótizáló és egy reneszánsz tervet nyújtott be. Időközben eldőlt, hogy a törvényszéket a városi közigazgatástól el-

[5] Henszlmann Imre: A magyar Akadémia épülete. "Budapesti Szemle" XII. (1961) 374.

veszik, ezért csekély módosítással átdolgozták városháza céljára. A gótizáló terv alapján 1870. június 1-jén a kivitel elkezdődött. Novemberben viszont utasítják az építészt, hogy olcsóbbítás céljából dolgozza át tervét "a városhoz szokásos stílű" formában, a már meglevő alapok megtartásával. Ez megtörténik, de Steindl egy olcsóbb, a neoreneszánsszal lényegében azonos költségű gótizáló változatot is előterjeszt. Ennek ellenére 1871. március 29-én a neoreneszánsz változatot fogadják el, ami mutatja, hogy nem a gazdasági szempont játszotta a döntő szerepet.[6] Hogy a közvélemény e kérdésben nem volt teljesen egységes, tanúsítja az a tiltakozás, mely a Rómer Flóris szerkesztette "Archeologiai Értesítőben" jelent meg "Egy monumentális épülettől megfosztattunk" címmel.

Az épület architektúrájára jellemző a polikróm nyerstégla modor és terrakotta díszítmények alkalmazása. Belsejében külön említésre méltó az öntöttvas szerkezetű, gótizáló főlépcsőház, melynek ötkarú, monumentális elrendezése barokk koncepciót követ. Mindezek jól érzékeltetnek néhány, a historizmus egészére jellemző (részben egymással ellentétes) tendenciát. Így a konstruktivitás hangsúlyozását, a konstruktív váz megmutatására való törekvést (Viollet le Duc, Ungewitter); a konstruktivitás leplezését, formaköntös mögé rejtését, burkolását (Semper); bizonyos anyagszerűségre, mint annak idején mondták "színanyag" építési módra ("Materialbau") való törekvést.

A formaköntös alkalmazása a historizmus általános gyakorlata volt, Sempertől csupán legjelentősebb elméleti megformulázása ("Bekleidungstheorie"), s egy nagyszabású építészetelméleti koncepcióba való helyezése származik. E szemléletet már korán jól érzékelteti, hogy az Akadémia tervezésével kapcsolatos nyilvános vita főleg akörül zajlott, milyen stílusban épüljön, miközben nyilvánvaló volt, hogy az alapvető szerkezet mindegyik esetben ugyanolyan lesz. Vagy az, hogy az Újvárosháza esetében végig párhuzamosan szerepelt gótizáló és reneszánsz tervváltozat, s építés közben az architektúrát valóban szinte mint egy köntöst cserélték ki rajta. De ez mutatkozik meg később is, pl. Ybl Miklós Operaház tervváltozatain, ha nem is olyan szélsőségek közt, mint előző példáinkon. Ugyanakkor megállapíthatjuk, hogy -- kivált monumentális épületek esetében — a szerkezetiség megmutatásával, különösen annak művészi felhasználásával, alig találkozunk.

A formaköntös alkalmazásával csak látszólag, vagy bizonyos szempontból ellentétes a homlokzati vagy a belső architektúra anyagszerűségére való törekvés. Gyökere az, hogy a "köntöst" nem valami másodagos, felszíni dolog-

[6] Sisa József: A pesti Új Városháza. "Ars Hungarica" XI. (1983) 2. sz. 251—268.

nak, nem díszletnek tekintették, hanem a művészi lényeget hordozónak, s ezt méltóan, nem utolsósorban a régi építészet mintájára akarták megoldani. A "színanyag" építésen terméskő, nemes kövek (márvány stb.), nyerstégla használatát értették, a vakolás, szurrogát anyagok alkalmazásának kerülését. E törekvés már a korábbi évtizedekben jelentkezett, nálunk a Dohány utcai neológ zsinagóga (1854--59) és a Toldy Ferenc utcai egykori budai reáliskola (1857--59) nyerstégla épületei példázzák. A "színanyag" építés költségesebb technikájának alkalmazására elsősorban természetesen a középületeken nyílott lehetőség, különösen ami a kő és márvány felhasználását illette. De a középületeken is jóval elterjedtebb lett a kőnél olcsóbb s ugyanakkor a vakolt homlokzatokkal szemben kevesebb karbantartási költséget igénylő nyerstégla homlokzatok divatja. A középületek jelentős, talán nagyobbik része így épült, gondoljunk a klinikákra, törvényszéki, oktatási (egyetemek, középiskolák) épületekre stb. Még reprezentatívabb épületeken sem ritka, ezeknél gyakori, hogy az erőteljes és jelentős mennyiségű tagozatok terméskőből vannak, s az esztétikai látványt ez uralja. Így pl. a Vámház, a margitszigeti fürdő vagy a Várkert-kioszk esetében. Polikróm nyerstégla épületek egyszerű vagy mázas terrakottával való kombinálása is gyakori, olykor terméskővel párosítva. Ez a tartós anyag is "anyagszerűnek", viszonylag nemesnek számított a vakolattal, stukkóval szemben, így összeillőnek ítélték nyerstéglával, kővel. Az Újvárosháza mellett említhetjük a Múzeum körúti egyetemi épületeket, egyes klinikákat, az állatorvosi főiskolát, a Technológiai Iparmúzeumot stb. — "Valódi" anyag alkalmazásának és leplezetlen megmutatásának lazábban ide tartozó területe az öntöttvas alkalmazása, mely bizonyos mértékig mindig a szerkezetiséghez is kapcsolódik. A kapcsolódás laza voltának magyarázata az öntöttvassal mint építőanyaggal, annak "nemességével" szembeni ambivalens magatartás. Az igazság az, hogy az öntöttvas szerény művészi elemként inkább otthonos az előző évtizedekben, a romantika korában, s érthető, hogy ilyen megjelenésével inkább találkozunk a historizmusnak a romantikához még közeli, korai időszakában. Ezzel párhuzamos jelenség, hogy a romantika szinte kivétel nélkül öntöttvas (mellvéd, kapu, lépcső stb.) rácsokat alkalmaz — eltekintve az udvari függőfolyosók kovácsoltvas rácsaitól —, míg a historizmus évtizedeiben fokozatosan egyeduralomra tesz szert a kovácsoltvas művesség, és olyan mesterei jelennek meg, mint Jungfer Gyula.

A konstruktivitás hangsúlyozása, a konstruktív váz megmutatására való törekvés tendenciaként megvan, de a historizáló építészet egészében nem válik manifesztté. A művészi igény nélküli, mérnöki alkalmazást nem számítva, csak kivételesen találkozunk vele teljes építményre kiterjedő módon, vala-

mivel gyakrabban szeparált épületrészeken, s csak egy-két esetben művészi formáló szerepben. -- Teljes építményre terjedően mutatkozik meg e törekvés az erősen szerkezeti hajlamú, gótizáló modorban dolgozó Pecz Samunál pl. a Központi Vásárcsarnok (1894--96) esetében, ahol az architektúra csarnokkonstrukcióval párosul, vagy a Műegyetem Központi Könyvtáránál (1909), amely történeti stílus alkalmazása mellett is ezt a mentalitást érvényesíti. Itt az alkalmazott szerkezet (boltozati rendszer stb.) nemcsak látvány, más szerkezetre felfüggesztett rabitz-kulissza, mint volt például az Új Pénzügyminisztérium esetében, hanem valódi szerkezet. Bizonyos mértékig ide sorolhatók az 1890-es években épült vásárcsarnokok, melyek közül csak kettő érzékelteti homlokzatán is a szerkezetet. -- Szeparált épületrészekre leginkább az öntöttvas szerkezetű lépcsőházak szolgálhatnak példaként, így az Újvárosháza, a Pesti Hazai Első Takarékpénztár székháza, más terüeten az Akadémia könyvtár-részének öntöttvas-konstrukciója vagy a Nyugati Pályaudvarnak a fogadócsarnokon kívüli, öntöttvas szerkezettel megoldott finom részei: a bejárati csarnok, az uralkodói várócsarnok nyitott előfolyosója stb. -- Legsajátosabb művészi hatás forrásaként azok a vas--üveg szerkezetek tekinthetők talán, melyek transzparens hatásukkal különleges új térélményt nyújtanak. A felülről jövő világítás egyébként is különös hatás forrása, ahogyan ez így először a francia forradalmi építészet tervein, majd Gilly s mások műveiben jelentkezett. Ennek példái főleg a kevés számú passage-ok s bizonyos mértékig, ha nem is olyan artisztikusan, a pályaudvarok fogadócsarnokai, de távolabbról ide sorolhatjuk a templomoknál megszokott, de középületeknél ritka bazilikális világítást, mint a margitszigeti Szt. Margit-fürdőnél. A felülvilágítás különös hangulati effektusát nyújtják néha a lépcsőházak, mint az említett Takarékpénztár esetében, de ez a megoldás előfordul igényesebb lakóházaknál is, és korábban is, mint pl. a Múzeum körúti romantikus Ungerházban (Ybl, 1952--53). Funkcionális igényből származik ugyan, de szerkezetileg és hatása jellegében ide sorolható a képzőművészeti gyűjteményének felülvilágítása: az Akadémia egykori képtár terme, a Szépművészeti Múzeum kiállítási termei és nagy csarnokai.

A konstrukció és a stílusköntös kettősségének jelenségével párhuzamos az alaprajz és a homlokzat kettősségének jelensége. Ennek gyökere egymással szembeni viszonylagos autonómiájuk kialakulásában rejlik. Az alaprajz a forradalmi építészet megjelenése óta nagyobb önállóságot, önértékűséget élvezett, mint korábban, ugyanakkor a XIX. század, különösen annak második fele optikai-impresszionista beállítottságú volt, s a homlokzati látvány viszonylagos önállóságának, önértékűségének hangsúlyozására hajlott. Így a histo-

rizmusra az a feladat hárult, hogy az épület e két autonóm része, az alaprajz és a homlokzat között egyensúlyt teremtsem. Ez meg is történt, s az épületeket — kivált a kiemelkedő színvonalúakat — a két elem szubordináció nélküli kiegyenlítettsége jellemezte. Ez csak a késői jellegű architektúráknál tolódott el impresszionisztikus oldottság, vibráló dekorativitás felé, mint pl. az egykori Somossy Orfeum esetében, de a méltóságra, súly képviselésére törekvő középületek esetében ez általában kevésbé volt jellemző.

A monumentalitásra, ezzel kapcsolatban gazdagságra, reprezentatív megjelenésre való törekvés általános a historizmusban, a klasszicizmus puritánsága idegen ettől a korszaktól. A korai időszakban ez természetesen alig, vagy csak tartózkodóan mutatkozik meg, később azonban egyre erősebbé válik. Növekszenek a méretek, nagyobb léptékűek lesznek az uralkodó építészeti elemek, erőteljesebben plasztikus az architektúra, nagyobb mértékű az épületszobrászat alkalmazása s gazdagabb a dekoráció. Mindez a historizmus egyetemes sajátsága volt, de nálunk különös visszhangra talált, mert a kiegyezés utáni fellendülés idején Budapestből, egy vidéki ország vidéki fővárosából európai léptékű, Béccsel rivalizáló nagyvárost akartak teremteni. S ha ez a világháború kitöréséig tartó néhány évtized alatt csak bizonyos mértékig sikerülhetett is, rendkívüli volt az, amit ez alatt az idő alatt megvalósítottak. S mindezt nagy távlatban gondolkodó, előrelátó tervezéssel, a műszaki, adminisztratív, intézményes keretek időben való biztosításával — gondoljunk a városegyesítés előtti nagyszabású és mintaszerű városmérésre, városrendezési tervpályázat hirdetésére vagy a Fővárosi Közmunkák Tanácsának létrehozására.

A monumentalitásra való törekvés természetesen a középületeknél kevésbé szembeötlő, hiszen itt ez magától értetődő, legfeljebb mértékében lehet eltolódás, olyanformán, ahogy előbb mondtuk. E törekvésnek, szemléletnek talán feltűnőbb és sajátosabb megnyilatkozása az a gyakorlat, mellyel nem középületeknek, hanem lakóházaknak igyekeztek monumentális, középületszerű megjelenést adni. Nem utolsósorban azért, hogy minél több nagyléptékű urbanisztikai elem emelje a város megjelenését. Ennek két módja volt. Több lakóház egyetlen tömbbe való komponálása, egyetlen épületet mutató architektúrával, vagy egyetlen, nagy lakóház architektúrájának monumentális kiképzése.

Az első változatnak szerény, de igen finom előfutára az I. Jégverem utca 2. sz. alatti, három homlokzatos, kétemeletes, romantikus Masjon-ház a budai Duna-parton (Máltás Hugó, 1860—61). A homlokzatok semmit nem árultak el abból, hogy mögöttük egy kisebb, függőfolyosó nélküli és egy nagyobb függőfolyosós elrendezésű lakóház rejtőzött. Itt azonban még nem monumentalitást

akarnak elérni ezzel a megoldással, hanem az építési tömb érzékeltetésére törekedtek. Ez már bizonyos mértékig a klasszicizmusra is jellemző volt, de ott a nagy felületeket hangsúlyozó, azt nem megbontó tagolással-díszítéssel érték el.

Ugyanennek nagyléptékű, már a historizmus idejére eső és monumentalitást célzó példája az a két, egységes — bár tagolt — homlokzat mögé rejtett együttes, melyet az egykori Sugárúton egymással szemben terveztek a Nagymező utca és a Jókai tér, ill. Liszt Ferenc tér közt, s melyből csak az előbbi valósult meg (ma Andrássy út 36—44. sz., Unger Emil, 1872—74.). A másik együttest Ybl Miklós tervezte, a tervek hagyatékában maradtak ránk.

A középület-jellegű monumentalitással kiképzett lakóházak nem kisszámú csoportjából (melybe nem egy Sugár úti lakóház is tartozik) két olyan korai épületet említünk, melyek — több oldalról szabadon állván — még hatásosabbak: a Haas-palotát (Linzbauer István, 1872—73) és a Pesti Hazai Takarékpénztár Egyesület bérházát a Kálvin téren (Ybl Miklós, 1872—74). A kettő közül érdekes módon a kevésbé jelentős Linzbauer István műve sikerültebb, harmonikusabb, nagyobb szabású. Az egykori Német Színház helyén épült Haas-palota földszintje és I. emelete ugyan üzletház volt, de az épület nagyobb része — a további három emelet — lakóház célját szolgálta. A monumentális hatás elérésére az építész erőteljes rizalitokat alkalmazott, közülük a jobban előreugró középső fölmagasodva uralja az épületet. Ugyanakkor az öt szintet különböző eszközökkel kevesebb nagyobb egységbe csoportosítja az építészeti megoldás. Így az egyébként raszteresen egymás mellé rendelt azonos elemek helyett mind vízszintesen, mind függőlegesen nagyobb architektonikus egységek alakulnak ki. Ezek uralják, jellemzik a homlokzatokat, mintegy második, nagyobb léptékű rendszerként rávetülnek az emeletek és ablakok eredeti rendjéből adódó kisebb léptékű, akcentus és szubordináció nélküli rendszerre. Különösen jelentősek a középrizalitot uraló nagy motívumok: a földszintet és az I. emeletet elfoglaló három nagyíves nyílás, felette a két emeletet összefogó plasztikus 3/4 oszlopok, melyek golyvázódó párkánya fölött a IV. emeleten kariatidák állnak, s az egészet hatalmas attika-építmény koronázza, szobordísszel a tetején. — Ugyanilyen módszerekkel éri el célját Ybl Kálvin téri, szerényebb architektúrájú, rövidebb homlokzatú, de ugyancsak ötszintes épülete. A kisebb méretek következtében a Kálvin téri és Baross utcai homlokzatot csak középrizalit tagolja, a III. és IV. emeleten itt is emeleteket összefogó oszloprenddel.

Ha a historizmus bőven alkalmazta is a történeti stílusok teljes tárházát, egészére mégis a reneszánsz kedvelése nyomta rá a bélyegét, mint ahogy

— nem csekély változatosság ellenére is — a romantika szignifikáns stílusa a gótizálás volt. Bár találunk példát a francia reneszánsz, a német reneszánsz, de egyáltalán minden árnyalat érvényesülésére, domináló mégis az itáliai reneszánsz kedvelése és felhasználása lett. Ez követte, legalábbis a kezdeti, európai irányulást és kapcsolódott a hazai tradícióhoz, vonzalomhoz. Itt kell megjegyeznünk, hogy német és osztrák területen a reneszánsz változatainak értékelésében, ill. egyáltalán a stílusválasztásban idővel nemcsak művészi meggondolások vagy a stílusszimbolika követelményei játszottak szerepet, hanem nemzeti szempont is. Így jutott jelentőséghez a német reneszánsz és az osztrák barokk mint nemzeti stílus, s a nemzetire való törekvés a századforduló táján egyéb módokon is kereste a megvalósulás útját. Ebbe a végül is európai áramlatba kapcsolódott be a nemzeti építőstílusra való hazai törekvés is, ha a nyugat-európaitól erősen eltérő módon és más történeti előzményekből és körülményekből táplálkozva (Lechner, Toroczkai Wigand, Medgyasszai, Kós stb.). A történeti stílusok és a nemzeti törekvések nyugati mintájú összekapcsolása nálunk természetesen nem jöhetett számításba. Csupán arról lehetett szó, amit már 1860 körül Henszlmann megfogalmazott: "nem kell elfelejtenünk, hogy nemzeti történetünk fénykorai karöltve járnak a csúcsíves styllel", ezért ezt kell választanunk. Ha ez a gondolat a historizmus idején nem is éreztette hatását, s mint tudjuk, a nemzeti stíluskeresés mesterei sem támaszkodtak rá, karsztvízszerű rejtettségében eleven maradt. Ennek szemlélete éledt fel a korszak legmonumentálisabb, egyben annak mintegy zárókövet jelentő épületében, az Országháza stílus-választásában.

Visszatérve az itáliai reneszánsz szerepére a magyarországi historizmusban, említést érdemel, hogy abban számottevő helyet foglal el Palladio, ill. a venetói reneszánsz építészete. Különösen a középületek közt találunk szép példákat. Így a régi Műcsarnok (Lang Adolf, 1875—77), a veronai Palazzo Bevilaqua (Sanmicheli) és kisebb mértékben az udinei Palazzo Antonini (Palladio) hatását mutatja. A Múzeum körúti régi Műegyetem (Steindl Imre, 1880—83) majolika díszítésű nyerstégla épületének nem annyira összképe, mint egyes elemei olaszosak, így nagyléptékű oszloprendje és szabadon álló loggiája. A régi Műegyetem mellett álló egykori Ásványtani Intézet (Weber Antal, 1882—84) a Serlio-Palladio hatás szép példája, páros oszlopokkal képzett loggiájával, nagy íves nyílásaival. Nemcsak kvalitásával, hanem e példaképek követésével, feldolgozásával is kiemelkedik Ybl Miklós. Akár a formai megoldásokat tekintjük, pl. a régi Képviselőház, a kiemelkedő jelentőségű Fővámház (1870—74), mely utóbbinál a velencei Bibliotheca (Sansovino) mellett főleg a vicenzai Basilica hatását láthatjuk, azét az épületét, mely

főművére, az Operaházra is döntő hatást gyakorolt — akár a tájba helyezés módját a margitszigeti fürdő (1868—70) vagy a királyi palota Duna felőli kertjének díszépítményei, így a Várbazár (1875—78) és a Várkert kioszk (1875—78) esetében.

A korszak építészetének alakulására nem kis hatással volt az építési feladatok milyensége. Ha nem is a historizmus évtizedeiben, de a XIX. században sok új feladat jelent meg, ugyanakkor régi korokban is meglevő feladatokat kellett az új követelményeknek megfelelően megoldani, újrafogalmazni, de természetesen régi feladatok, funkciók is éltek tovább. Ezek kavargó, eleven együttese jellemezte korszakunk egészét. Mindehhez szorosan kapcsolódott annak a követelménynek a kielégítése, hogy a történeti stílusokat, azok elemeit az új feladatokhoz, azok rendszerint eltérő léptékéhez alkalmazzák. Analóg feladat volt ez azzal, amivel a reneszánsz alkotóinak kellett szembenézniök, mikor antik formákat, görög templomok elemeit, a Colosseum formavilágát, rendszerét stb. vitték át más jellegű, más léptékű keresztény templomokra, középületekre, villákra, palazzókra.

A különböző feladatoknak mind alaprajzi, mind építészeti megoldásához — bármily újszerűek voltak is — a hazai építészek számára ekkor már bőségesen álltak rendelkezésre mintakönyvek és színvonalas európai műszaki folyóiratok. Az itt működő építész generációknak azonban mégis akkor kellett az ezekben való jártasságot megszerezniök, ill. a hazai viszonyoknak megfelelő megoldásokat kidolgozniok.

A közigazgatás számára régen is készültek épületek (pl. városházák, megyeházák), de a demokratikus eszme térhódítása, a bürokrácia növekedése és a szakosodás erősödése az ilyenek újrafogalmazását kívánta, így különösen a minisztériumok esetében. Teljesen új volt viszont a parlament építési feladata. Az igazgatási épületekhez hasonló volt a helyzet a törvénykezési, oktatási és a pénzintézetek terén. Bíróságok, egyetemek, iskolák, bankok régen is voltak, de a velük szemben támasztott követelmények erősen megváltoztak. Pl. önálló épület igénye (bíróságok), más tudományos és oktatási igények (pl. a természettudományok terén) stb. Ugyanakkor gyakori volt a vegyes típusok keletkezése, pl. takarékpénztár és lakóház, üzletház és lakóház párosítása, ugyanez egyesületi székházak, kaszinók esetében, vagy színház kiegészítése vendéglővel és kávéházzal. De ilyennek tekinthetjük az Akadémia összekapcsolását képtárral (az Esterházy-gyűjtemény részére), vagy — bizonyos mértékig — több intézménynek vagy hivatalnak egy épületben való elhelyezését, mint pl. a Fővámház esetében (négyféle rendeltetés!). Bár könyvtárak, nagy méretűek is, akadtak az előző századokban is, a nagy forgalmat lebonyo-

lító közkönyvtár építészeti megfogalmazása e század feladata lett. Új funkció, kivált nálunk, a múzeum is, hiszen addig csak a néhány évtizeddel korábban épült Nemzeti Múzeum volt az egyetlen. Teljesen új funkció volt az áruház, de historizáló formában nem épült a fővárosban e korszak folyamán egy sem. Az üzletházak viszont lakóházak földszintjén és esetleg I. emeletén helyezkedtek el. A kórházak, klinikák, szanatóriumok a régi hagyományokhoz csatlakoztak, de a körülmények annyit változtak, hogy szinte új feladatot jelentettek. Teljesen új volt azonban a kiállítási épületek és a csarnoképületek (pályaudvarok, vásárcsarnokok) műfaja.

Tekintsük át ezek után — terjedelmi okokból kényszerű módon csak vázlatosan — a főváros historizáló középítkezéseit, építési feladatok szerint csoportosítva. Talán így is érzékeltetni tudunk valamit abból a terjedelmes építési tevékenységből, mely a fő vonásaiban megismert historizmusnak megvalósítója, törekvéseinek kiteljesítője volt.

A törvényhozás, végrehajtás, bíráskodás hajlékai közül messze kiemelkedik jelentőségben az Országháza (Steindl Imre, 1885--1904), a hazai historizmus ez idő szerint talán legismertebb épülete a nemzetközi irodalomban. A nagy gonddal, elmélyüléssel tervezett, a régi formákat az új feladathoz kiérlelten átlényegítő alkotás nemcsak a magyarországi historizmus nagystílű záróakkordja, hanem az európai gótizálás XVIII. században induló vonulatának utolsó nagy műve is. Nagyszerűen sikerült a középrésznek kupolával történő barokk szellemű hangsúlyozása, mely egyben a nagyméretű, erősen tagolt épület összefogásának is eszköze. Gótikának kupolával való párosítására már Schinkelnél látunk kísérletet, de formailag közvetlenebb előzmény Steindl mesterének, Friedrich Schmidtnek a Bécs mellett Fünfhaus részére 1867/69-ben épült temploma (Maria vom Siege), vagy még inkább a bécsi parlament 1864/65-ben általa készített gótizáló pályaterve kupolával. De ugyanez a gondolat valósult meg George Gilbert Scottnak a berlini Reichstag épületére készített pályatervén (1872), amit még abban az évben publikáltak is.

A kiegyezés után megelevenedő politikai élet, önállósuló igazgatás sürgető szükséggé avatta minisztériumok építését. Korai a Földművelésügyi és Igazságügyi Minisztérium hatalmas, kissé nehézkes és nem igazán monumentális hatású épülete volt (Bukovics Gyula, 1885--87), robusztus földszinti árkádsorral, erőteljes középrizalittal, kétemeletes oszlopsoros loggiával. Ugyancsak neoreneszánsz az elsőként épült Honvédelmi Minisztérium (Kallina Mór, 1879--81) és a Külügyminisztérium (1900--1902), valamint kicsit később az önálló Igazságügyminisztérium (Fellner Sándor, 1913--18). Zsúfoltan díszített, környezetét túlharsogó gótizált épület volt az Új Pénzügyminisztérium

(Fellner Sándor, 1901--1904). -- Városház egyetlen épült korszakunkban, a már említett Újvárosháza. Szerényebb mértékben hasonló funkciót töltöttek be a viszonylag későn sorra kerülő, többnyire neoreneszánsz homlokzatú kerületi elöljáróságok (VIII., IX., X. kerületi). -- Két jelentős és nagyméretű, teljes háztömböt elfoglaló törvényszék épült Hauszmann Alajos terve szerint, a Markó utcai Törvénykezési Palota (1888--91) itáliai (bolognai) reneszánsz épülete és a Kúria (1891--96) markáns, több tornyos, a reneszánsz elemeket szabadabban csoportosító kolonnádos épülete.

Egyéb hivatali épületek közül megemlítjük a neoreneszánsz Főpostát (Szkalnitzky és Koch, 1873), valamint Czigler Győzőtől a Központi Statisztikai Hivatal és a Veres Pálné utcai egykori volt Főszámvevőszék ugyancsak neoreneszánsz otthonát.

A kereskedelemnek az épületek széles skálájára volt szüksége. Lakóházak földszintjén -- I. emeletén elhelyezkedő üzletházak közül említésre méltó a Váci utcai Formágyi-ház (Unger Emil, 1870--72), az első vasszerkezetű üzletház, ugyanitt a Thonet-ház (Lechner Ödön és Pártos Gyula, 1888--90) és a Haas-palota. Hangulatos épülettípus volt a vas--üveg szerkezettel fedett passzázs, sajnos kevés épült belőlük. A legnagyobb, egyben legkorábbi lett volna az egykori Aldunasoron a Lloyd-palotától a görögkeleti templomig terjedő szakaszon két nagy tömbre bontva tervezett, lakóházzal kombinált hatalmas bazár (Gerster Károly és Frey Lajos, 1865), de nem valósult meg. Megépült viszont a Haris-bazár (Feszty Adolf, 1878) és a Belvárosi Takarékpénztár épületén végighúzódó Párizsi udvar (Schmahl Henrik, 1909--13). Ugyanezt a funkciót töltik be, de nem olyan hatásosak a belső udvarokat felhasználó üzletsorok, "bazárok", mint a Ferenciek bazára (Frey Lajos, 1876--77) vagy a Röser-bazár (Kauser József, 1896 előtt). -- A kereskedelmi élet fontos, egyben kiemelkedő épülete volt a már említett Fővámház. -- A pénzintézetek közül szó volt már a Pesti Hazai Első Takarékpénztár különösen finom architektúrával képzett székházáról és a több funkciónak helyt adó Belvárosi Takarékpénztár épületéről. Említést érdemel még fegyelmezett, harmonikus neoreneszánsz homlokzatával az Egyesült Fővárosi Takarékpénztár (Weber Antal, 1872--73) székháza. Historizáló formákat használó, de a historizmustól távolodó építészetre példa az Osztrák--Magyar Bank székháza (Alpár Ignác, 1900--1905) vagy az Anker-palota (Alpár Ignác, 1909--1910). -- Részben a kereskedelem világához kapcsolódnak a kiállítási épületek, melyeknek legnagyobb példája a városligeti Iparcsarnok (Ulrich Keresztély, 1885), leggazdagabb együttese a millenniumi kiállítás volt. -- Csarnokszerkezet volt a főeleme a már tárgyalt vásárcsarnokoknak és a pályaudvaroknak, melyekből

kettő épült korszakunkban, a Nyugati pályaudvar (Eiffel cég, 1874—77) és a Keleti pályaudvar (Rochlitz Gyula és Feketeházy János, 1881—84). A városi közlekedés épületei közül figyelmet érdemelnek a lóvasút, a fogaskerekű vasút nyerstégla-favázas, svájci modorú állomásai, mint pl. a városligeti lóvasúti végállomás (Szkalmitzky, 1868).

A közművelődést szolgálta az Akadémia mellett a korszakunkban páratlanul fellendülő iskolaépítés (egyetemek, közép- és elemi iskolák), valamint a könyvtárak, múzeumok. Mindezeket csak néhány példával tudjuk érzékeltetni. Az egykori füvészkert területén sorakozó neoreneszánsz egyetemek közül már említett két Múzeum körúti épületen kívül kiemeljük még az egykori Élettani Intézetet (Szkalnitzky és Koch, 1873—76). A Sugárúton egymás közelében találjuk a régi Zeneakadémia (Lang Adolf, 1877—79) egyszerűbb otthonát és a sgraffitos Országos Mintarajz tanodát (Rauscher Lajos, 1874—76). Barokkos megoldást követ a Tuzdomány Egyetem központi épülete (Baumgarten—Herzog—Knötgen, 1898—99). Telepszerűen épültek a Baross utcai és a külső Üllői úti klinikák, orvosi egyetemi épületek, Kolbenbayer Ferenc, Weber Antal, Kiss István, Hauszmann Alajos, Kauser József tervei szerint. Ezekhez hasonló nyerstégla modorban épültek az Állatorvosi Főiskola (Steindl Imre, 1874—76) épületei. — Könyvtárak közül, a már tárgyaltakon kívül említést érdemel az Egyetemi Könyvtár (Szkalnitzky és Koch, 1873—76) önálló szép épülete. — Múzeumok, kiállítási épületek a régi Műcsarnok mellett az új Műcsarnok (Schickedanz és Herzog, 1895—96) mázas kerámiát bőven alkalmazó, portikuszos épülete, a vele szemben elhelyezkedő, artisztikus, hellenisztikus elemekkel is operáló kitűnően funkcionáló Szépművészeti Múzeum (Schickedanz Albert, 1899—1906), a bolognai palotákat idéző, választékos architektúrájú Technológiai Iparmúzeum (Hauszmann Alajos, 1887—89) és a Feszty körképnek otthont adó városligeti panorama-épület (Feszty Adolf és Graf, 1894 k.), egy kedvelt XIX. századi épülettípus egyetlen hazai példája.

Az egészségügyi építkezések sorában kiemeljük, hogy e korszakban épült a főváros négy nagy kórházegyüttese, nyerstégla modorban, neoreneszánsz ízlésben (Hauszmann, Kiss István, Kauser József, 1880-tól) és megemlítjük a margitszigeti fürdő mellett a késői, barokkos formálású városligeti Széchenyi fürdőt (Czigler Győző és Dvorák Ede, 1909—13).

A nagy lendülettel folyó szállodaépítkezést a Duna-parti Hungária-szállóval (Szkalnitzky és Koch, 1869) és a Szent Lukács fürdőszálló (Ray Rezső, 1891—92) franciás reneszánsz épületével jellemezzük.

A színházépületek közül kiemelkedik a korszaknak legjelentősebb historizáló épülete, a hazai neoreneszánsz főműve, az Operaház (Ybl Miklós,

1875--84), ez a kívül-belül mesterien megoldott, feladatát minden tekintetben maradéktalanul betöltő alkotás. Egészében világosan visszacseng a vicenzai Basilica hatása, de formálásában ennél jóval több apró, szinte észrevétlen elemet ötvöz művészi egységbe, s észrevehető franciás elemek ellenére is uralkodóan itáliai reneszánsz világot sugároz, némi szigorú-fegyelmezett barokk színezettel.

A színházépítésbe a bécsi Fellner és Helmer cég[7] is bekapcsolódott, ez építette a Népszínházat (1874--75), valamint a Vígszínház (1895--96) és a Somossy-orfeum (1890--93) barokkos épületét. -- A szórakozás épületei közt kedves helyet foglalnak el a kis kioszkok, a Várkert-kioszk mellett említést érdemel az Erzsébet-téri kioszk (Hauszmann Alajos, 1872--73).

Ahogy díszépítmények többnyire valamilyen utat, látványt voltak hivatottak lezárni, befejezni -- fejezzük be mi is az áttekintést ezekkel, melyeknek szép példái a Várkert-bazár mellett a Halászbástya (Schulek Frigyes, 1899--1905) mese-építménye és az egykori Sugárutat lezáró Millenniumi-emlék (Schickedanz Albert, 1894--1900).

[7]Egész tevékenységüket áttekinti Hoffman, Hans-Christoph: Die Theaterbauten von Fellner und Helmer. München, 1966.

INHALT

Dr. Sándor Kaliszky: Optimales Entwerfen von Tragkonstruktionen 3

Dr. László Jankó: Ausknickung elastisch gebetteter Stäbe 33

Dr. Gábor Domokos: Grosse Verschiebungen von elastischen Linien-Kontinua 57

Dr. Gábor Domokos: Nichtlineare Berechnung von Tragwerken mit diskreter Rotationssymmetrie 95

Károly Zalka: Über die Genauigkeit der Kontinuummethode der Rahmenkonstruktionen 119

Zsolt Gyuris—Péter W. Kollár: Torsionssteifigkeit mit Hilfe von Balken versteifter Aufzugschächte 151

Dr. Dénes Komarik: Haupttendenzen der historisierenden Architektur im Spiegel der öffentlichen Bauten von Budapest 165

SOMMAIRE

Dr. Sándor Kaliszky: Établissement optimal des plans des systèmes porteurs 3

Dr. László Jankó: Flambage de barres posées sur paliers et ressorts .. 33

Dr. Gábor Domokos: Grands déplacements des continus linéaires élastiques 57

Dr. Gábor Domokos: Calcul non linéaire des constructions cycliquement symétriques 95

Károly Zalka: Sur la précision de la méthode du continu des construction en cadres 119

Zsolt Gyuris—Péter W. Kollár: La frigidité de torsion des cages d'ascenseur raidies à l'aide de poutres 151

Dr. Dénes Komarik: Les tendances principales de l'architecture de l'historicisme, vues à travers la construction des batiments publics à Budapest 165

CONTENTS

Dr. Sándor Kaliszky: Optimum Design of Structures 3

Dr. László Jankó: Buckling of Bars with Elastic Bedding 33

Dr. Gábor Domokos: Important Displacements of Elastic Line Continua .. 57

Dr. Gábor Domokos: Nonlinear Analysis of Cyclically Symmetric Structures 95

Károly Zalka: On the Accuracy of the Continuum Method for Frameworks . 119

Zsolt Gyuris—Péter W. Kollár: Torsion Stiffness of Elevator Shafts Braced by Beams 151

Dr. Dénes Komárik: Main Trends of Historicism Apparent on Public Buildings of Budapest 165

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Шандор Калиски: Оптимальное конструирование несущих конструкций .. 3

Д-р Ласло Янко: Изгиб стержней на упругом основании 33

Д-р Габор Домокош: Большие перемещения линейных сплошных сред 57

Д-р Габор Домокош: Нелинейный расчет циклическо-симметрических конструкций 95

Карой Залка: О точности метода сплошных сред рамных конструкций 119

Жолт Дюриш—Петер Коллар: Крутильная жесткость шахт подъемников, укрепленных балками 151

Д-р Денеш Комарик: Основные тенденции историзирующей архитектуры в свете общественно-коммунального строительства Будапешта 165

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte
Felelős vezető: Zöld Ferenc
Budapest, 1992. - Nyomdai táskaszám: 20400
Felelős szerkesztő: Szabó János
Műszaki szerkesztő: Sándor István
Megjelent: 16,1 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0013--9661

Ára: 204,— Ft
Évi előfizetés: 408,— Ft

ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYE

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXII. KÖTET
3—4. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1991

ÉPÍTÉS-
ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

DR. KALISZKY SÁNDOR, DR. PERÉNYI IMRE, DR. SZABÓ JÁNOS,
DR. VÁMOSSY FERENC

TECHNIKAI SZERKESZTŐK:

HORVÁTHNÉ DR. SIPOS EDIT ÉS DR. VÁMOSSY FERENC

1521 BUDAPEST, MŰEGYETEM RAKPART 3. BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
K. II. 60. (ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI ÉS ELMÉLETI INTÉZET)

A kiadvány példányonként megvásárolható:

Az Akadémiai Kiadó *Stúdium* (1368 Budapest, Váci utca 22., tel.: 118-5881) és *Magiszter* (1052 Budapest, Városház utca 1., tel.: 138-2440) könyvesboltjaiban.

Előfizetési díj 1992-re: 600,— Ft.

Külföldön terjeszti a

KULTURA KÜLKERESKEDELMI VÁLLALAT

1389 Budapest, Fő utca 32. Telefon: 142-9760
Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10 990.

ÉPÍTÉS-ÉPÍTÉSZET-TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXII. KÖTET
3—4. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1991

TARTALOM

"Hagyomány és intuíció" 183

A Budapesti Műszaki Egyetem Építészettörténeti és Elméleti Intézetének 1990. december 13--14-i tudományos ülésszaka

Dr. Michelberger Pál: Megnyitó 185

Hofer Miklós: Köszöntés 187

Az első nap előadásaiból:

Dr. Hajnóczi Gyula: Hagyomány és intuíció 189

Dr. B. Szűcs Margit: A firenzei Dómkupola titka 197

Dr. Sódor Alajos: Klasszicizmus és romantika mai építészettörténeti szemléletünkben 203

Dr. Merényi Ferenc: Itália '61. Egy évszázad építészete Olaszországban, 1861--1961 211

Dr. Bonta János: Építészet a posztindusztriális kor küszöbén 219

Dr. Friedrich Gollmann: Zur Rekonstruktion des Diana Tempels in Carnuntum 229

Dr. Kurt Milde: Die gute Form 241

Dr. Peter Schweger: Elméletek és filozófiák napjaink építészetében ... 249

Dr. Finta József: Az illeszkedés dilemmája avagy a káosz 255

Dr. Horler Miklós: Az utóbbi 25 év műemléki elvei 261

A második nap előadásaiból:

Dr. Istvánfi Gyula: A rejtőzködő múlt építészeti felkutatása -- a csoltmonostori emlékhely 269

Dr. Mezős Tamás: A hagyomány szerepe a nyugati görög kolóniák építészetében 275

Szalai András: Néhány észrevétel a szentendrei "Villa rustica" helyreállításáról 281

Dr. Guzsik Tamás: Tradíció és fejlődés az örmény szakrális építészetben 285

Krähling János: A Dél-Dunántúl késő barokk lutheránus templomépítészete 293

Dr. Simon Mariann: A természetelvű építés hagyományértelmezése 299

Dr. Horváth Alice: Vázlat kétszáz év magyar építészettörténet-írásáról 303

Borvendég Béla: Megnyitóbeszéd a kiállítás alkalmából 313

*

Bibliográfia

Dr. Bonta János, Dr. B. Szűcs Margit, Dr. Hajnóczi Gyula, Dr. Merényi Ferenc és Dr. Sódor Alajos szakmai munkásságáról 317

"HAGYOMÁNY ÉS INTUÍCIÓ"

A Budapesti Műszaki Egyetem Építészettörténeti és Elméleti Intézetének 1990. december 13—14-i ülésszakáról

A Budapesti Műszaki Egyetem Építészmérnöki Kara e tudományos ülésszakot **B. Szűcs Margit, Bonta János, Hajnóczi Gyula, Merényi Ferenc** és **Sódor Alajos** tiszteletére rendezte, egymáshoz közel eső nyugalomba vonulásuk alkalmából. Egy építészettörténész nemzedék búcsúzott ez alkalommal a mindennapos oktatómunka kötöttségeitől. Nem szűnik meg kapcsolatuk természetesen az oktatással sem, és különösen nem a kutatással; tudományos tevékenységük, életpályájuk azonban mindenképpen megérdemli, hogy eddigi életművüket lapunkban ne csak e konferencia előadásainak közlésével, hanem életművük egyik legfontosabb részének, szakirodalmi tevékenységüknek összefoglalásával is méltassuk.

A tudományos ülésszakot a Műegyetem Aulájában rendezett kiállítás egészítette ki; a kiállítás könyveik bemutatása mellett — az adott szűk keretek lehetőségei között — építészeti alkotó tevékenységüket is összegezte. Borvendég Béla, a Magyar Építőművészek Szövetsége elnökének írásával nyitotta meg a kiállítást e sorok szerzője, aki egyúttal ismertette a kiállítás szándékait: a legfontosabb írások, könyvek mellett legalább felidézni építészeti és műemlékvédelmi alkotótevékenységük jelentőségét. Közel fél évszázad, öt jelentős alkotói élet eseményeit-értékeit kellett érzékeltetnie e kiállításnak, amelyet az Intézet fiatal oktatói rendeztek meg — műgonddal.

E számunk az ünnepeltek mellett külföldi és hazai meghívott vendégeink első napon elhangzott előadásait tartalmazza.

A második napon az Intézet oktatói és kutatói tartottak referátumokat, ezekből azonban csak válogathattunk, annak érzékeltetésére, hogy az Intézetben ma is aktív kutatómunka folyik.

A konferencián a művészettörténet-tudomány olyan kiemelkedő tudósai köszöntötték írásaikkal vagy szóban az ünnepelteket, mint dr. Zádor Anna, aki B. Szűcs Margit építészettörténészi és elméleti tevékenységét méltatta, dr. Entz Géza, aki "Előrenéző emlékezés" című áttekintésében a tudós generáció építészettörténeti munkásságát értékelte e tudományág fejlődési folya-

matában, Póczy Klára, aki a régész felelősségéről szólt és dr. Németh Lajos, akinek — fájdalmas az immár változtathatatlan tény — gondolatait "Az építész felelősségéről" ma már nem tudjuk részleteiben felidézni, csak arra emlékezhetünk, hogy építész-hivatásunk nézőpontjából dr. Németh Lajos most is a legaktuálisabb, a szakmát gyötrő kérdésekről, arról az erkölcsi felelősségről beszélt, amely az alkotó építészet és a tudomány művelőinek egyaránt legbensőbb hajtóereje, s e tudósnemzedék megőrzendő emléke; egy új nemzedék öröksége.

Dr. Vámossy Ferenc

Dr. Michelberger Pál, a Budapesti Műszaki Egyetem rektora

MEGNYITÓ

Jó érzéssel nyitom meg az Építészmérnöki Kar Építészettörténeti és Elméleti Intézetének ünnepi tudományos ülésszakát, egy nyugalomba vonuló nemzedék — mint ahogy a program nevezte — tiszteletére.

A cím, "Hagyomány és intuíció", a kívülálló, a nem építész számára szinte paradoxonnak tűnik, hiszen a hagyományt, a jelen esetben az építészettörténetet, befejezett múltnak érzik és az új gondolatot, az intuíciót éppen a múlttal ellentétesnek tekintik. Pedig nem így van, és éppen ennek az intézetnek a hagyománya szerint nem is így volt. A század elején, a Műegyetem nagy korszakában nem is voltak tervezési tanszékek, hanem éppen a történelmi korszakok szerint rendeződtek a tanszékek és vezetőik, a híres nagy tanárok egy-egy korszak és építészeti stílus neves művelői voltak, mint Steindl, Schulek, vagy később Hültl, Wälder.

A modernizmus, amely hátat fordított a történetiségnek, ugyan veszélyeztette az építészettörténeti hagyomány művelését, jelentőségét, de itt, ebben az intézetben éppen a nagy tanárok nimbusza tovább éltette ezt a történeti kultuszt. Már az ókori szerző így indítja munkáját:

> "Szükséges tehát, hogy az építész tehetséges legyen és jártas a tudományokban — mert sem a tudomány nélküli tehetség, sem a tehetség nélküli tudomány nem bír tökéletes művészt teremteni —; legyen tájékozott az irodalomban, ügyes a rajzolásban, képzett a geometriában, tudja az optikát, főleg pedig a mennyiségtanban legyen jártas; a nevezetesebb történeti eseményeket ismernie kell, a bölcselőket hallgassa szorgalmasan, és értse a zenét és értsen az orvosi tudományokhoz is; ne legyen járatlan a gyógyításban sem, ismerje a jogtudósok véleményét, legyen tudomása a csillagászatnak és az égi térben foglalt testeknek alaptörvényeiről.
>
> És kutassuk most, hogy miért van mindezekre szüksége!"
>
> (Vitruvius I, 1.)

Bármennyit is fejlődött a társadalom — az építészet feladata mit sem változott; bármennyire megnőtt a tudásunk, megnövekedett a szakterületek sora — az összefogás igénye nem szűnt meg; és bármennyire megváltozott történetszemléletünk — a múlt eredményeinek ismerete nem vált szükségtelenné.

És most, hogy a ma ünnepeltekre fordítsam a szót, Hajnóczi Gyula Kossuth-díjas professzorra, Bonta János, Merényi Ferenc, Sódor Alajos és Szűcs Margit tanárainkra, akiknek a működése átível a háború utáni évtizedeken egészen napjainkig — azt szeretném kiemelni, hogy jelentőségük éppen az, hogy az építészettörténet ismeretét, a múlt tiszteletét ápolták. Az ülésszak előadói hivatottak majd arra, hogy az elméleti munkát, az építészettörténészek tudományos munkásságát méltassák. Azt hiszem érthető, hogy mint az egyetem rektora, a nevelők, a tanárok teljesítményét méltattam megnyitó szavaimmal. A magyar építészet nemzetközi elismertségében és a Műszaki Egyetem építész-képzésének a tekintélyében jelentős a gondolkozás komplexitása, a hagyomány iránti érzékenysége. Ezt a vonását köszönheti a szakma és a Műszaki Egyetem a közelmúlt nagy tanárainak, Rados Jenőnek, Pogány Frigyesnek, Major Máténak csakúgy, mint a ma ünnepelt nemzedéknek. Az ő érdemük az, hogy a háború utáni évtizedek magyar építészei történeti képzettséggel, klaszszikus műveltséggel, az építészeti hagyomány iránti érzékenységgel léptek a pályára és úgy is dolgoztak akár idehaza, akár külföldön.

Köszöntöm Hajnóczi Gyulát, Bonta Jánost, Merényi Ferencet, Sódor Alajost és B. Szűcs Gittát, és az Egyetem nevében megköszönöm sok évtizedes, áldozatos tanári munkásságukat.

Hofer Miklós, az Építészmérnöki Kar dékánja

KÖSZÖNTÉS

Engedjék meg, hogy az Építészmérnöki Kar nevében tisztelettel és kollegiális szeretettel köszöntsem Önöket, a tudományos ülésszak résztvevőit és kiváltképp a konferencia ünnepelt vendégeit:

B. Szűcs Margitot,
Bonta Jánost,
Hajnóczi Gyulát,
Merényi Ferencet,
Sódor Alajost.

A meghívó a jól megválasztott szópárral: HAGYOMÁNY és INTUÍCIÓ — nagyszerűen megvilágította a tradíció szerepét a kreatív alkotásban, hiszen nincs maradandó megújulás a hagyományra épülés nélkül. A nyugalomba távozó építészettörténész generáció életművét is éppen ez minősíti, mert négy évtizeden át azon munkálkodtak, hogy a fiatal építészek tudatában ott éljen a hagyomány ismerete, és eleven legyen a történeti értékek megőrzésének felelősségérzete.

Talán helyénvaló, ha ennek az ülésszaknak a köszöntő gondolataként — elszakadva a kortársi kötődés személyességétől — szubjektívan bár, de egy távolabbi időből nézve szemléljük korunk változásait és ezen belül a hagyományok szerepét. Úgy tűnik ugyanis, hogy a XX. század hatalmas változásai után az emberiség most, a század utolsó évtizedének küszöbén, rendezni kívánja eddig való dolgait, mérlegre téve jót és rosszat, hogy tiszta lelkiismerettel kezdhesse meg a következő évezredet.

Hatalmas dolgok történtek: a termelés forradalma, a szociális robbanás, egy új világrendszer születése, majd megingása, amelyből talán nem marad más, mint a szociális igazságérzet, vagy az energiaválság és a környezet elpusztításának reális veszélye. Vagy ott van a morális hanyatlás, az erőszak terjedése és a terrorizmus, egyáltalán az egész KULTÚRA problémája, a nagy kérdés, hogy mi lesz a kultúrával. Konkrétan az építészethez közelítve, a XX. sz. nagy mozzanatait vizsgálva, meg kell állapítani, hogy a modernizmus át-

ütő erejű progresszív jelentkezése a húszas években, a történetiség, a hagyomány tagadásával, a klasszikus esztétika elvetésével -- magában hordozta a végzetes veszélyt, a kultúra folyamatosságának a törését. A második világháború után, mikor az építészet tömegessé vált, és a modern építészet, amely esztétikai tartalmát már korábban veszni engedte, most már utolsó értékét, az egyediségét is elvesztette. És be kellett következni a tagadás tagadásának, a posztindusztriális vagy posztmodern építészeti mozgalomnak. De volt a tévedésekben, a gyorsuló sodródásban egy biztos támpont, az igazodás fénye a ködben: a hagyomány. És volt egy szerény, de következetes vonulat itt Magyarországon, az építészet eltömegesedése idején is: a történész építészek, a műemlékvédők, hagyománymentők csoportja. Ma már tudjuk, hogy az Ő szerepük a magyar építészet közfelfogásának alakulásában egyértelműen pozitív volt, Rados Jenőtől Gerő Lászlón keresztül Hajnóczi Gyuláig, mert ez a hagyományőrző, értékmentő szolgálat és itt az egyetemen tanított, hirdetett elkötelezettség gerjesztette azt a sajátos magyar építészeti mozgalmat, amely elevenen tovább élteti építészetünk nemzeti, népi hagyományát.

Ez a kultúránkban hidat képező, kontinuitást teremtő igyekezet volt a most ünnepelt öt építészettörténész oktató-nevelő tanár kollégánk szerény, sokszor el sem ismert, küzdelmes életműve is. Ők öten, az előttük járó és az utánuk jövő történész, műemlékvédelmi kollégáikkal közösen, tudatosították négy évtized több ezer fiatal magyar építészében az építészeti hagyomány ismeretét, tiszteletét és áldozatos szolgálatát.

Hajnóczi Gyula az ókori görög és római építészet megismertetésével,

B. Szűcs Gitta a reneszánsz értékeinek a szenvedélyes tolmácsolásával,

Sódor Alajos a XIX. sz. klasszicizmusának és az eklektikának a bemutatásával,

Merényi Ferenc a századforduló építészetének a megismertetésével,

Bonta János pedig a modernizmus és a legfrissebb jelenkor vizsgálatával mélyítette el az építészhallgatók történeti műveltségét, erősítette szemléletük kialakulását.

Mit mondhat a kortárs, a tanártárs ezen az ünnepi ülésen? Köszönjük, hogy életeteket egy ilyen nemes ügynek szenteltétek, köszönjük az áldozatos elméleti és nevelőmunkát, jó egészséget kívánunk és erőt, jókedvet a további tudományos munkához!

Hajnóczi Gyula

HAGYOMÁNY ÉS INTUÍCIÓ

Tudományos ülésszakunknak ez a sokat ígérő címe magyarázatra szorul. Amikor tervezgetni kezdtük ennek a familiárisnak szánt kollégiumnak a jellegét, tartalmát és formáját, akkor az nem volt kétséges, hogy valamiféle emlékezés lesz a kerete a búcsúnak. Ámde fiatal kollégáinkat is be akartuk vonni (valójában ők is így gondolták), s egyikőjüket kapacitáltam, hogy ő, aki méltó építész partnere volt neves szobrászunknak a székesfehérvári Mátyás-kút megalkotásában, mesélje el, hogy megbízója, ez a nem-építész-művészember, intuitíve hogyan értelmezi és kezeli a formai hagyományt. Ebből az epizódból született meg azután az egész ülésszak címe.

Ámde ezzel saját fejemre zúdítottam a bajt. Úgy gondoltuk ugyanis, hogy aszerint szólalunk meg, ahogyan érdeklődési körünk kijelöli. Ebben a "kronológiában" azután én kerültem a sor elejére, mint ókoros, azzal a feladattal, hogy előadásommal adjam meg az egész összejövetel alaphangját. Olyan előadással, ami mélyenszántó gondolatoktól terhes, a tudományosságot-ünnepélyességet demonstrálandó.

Nos, az efféle megnyilatkozással adós maradok. Persze lehetett volna írni ilyet, hiszen Fülep Lajos is az emlékezést művészetinspiráló kategóriává emelte. Ehelyett azonban — szerénytelenül — nem általánosságban, hanem szubjektíve értelmezem a hagyományt, jelesül úgy, hogy saját kis curriculum vitae-jét milyen hatások érték, és még inkább: kik határozták meg ide-oda döcögésének a pályáját. Jól tudom, hogy ezzel az exhibicionizmus ingoványos talajára lépek, és azoknak a sorát szaporítom, akik saját fontosságukat azzal igyekeznek kidomborítani, hogy hány "nagy emberrel" volt ilyen-olyan kapcsolatuk. Mégis vállalom ezt a veszélyt, már csak azért is, mert ettől azt remélem, hogy — egy bensőséges, családias síkon — az ülésszak egészének a captatio benevolentiae-jét mégis kivívom. Objektíve meg azért, mert ha jól csinálnak ilyesmit, akkor az egy falatnyi kultúrtörténeti adalék is lehet.

Ádám és Évánál kezdve hát a dolgokat, a bajai ciszterci gimnáziumi éveimet idézem elsőként. Negyedikes vagy ötödikes lehettem, amikor új rajztanárt kaptunk: **ifj. Éber Sándort**. Művészettörténeti irodalmunk nem őt, hanem édesapját, id. Éber Sándort regisztrálja, aki Székely Bertalannak volt a tanítványa, és akinek "a művészi nevelés allegóriái" c. freskója a gimnáziumunk színpada feletti falmezőt díszítette, mint ahogyan több templomot is, hasonló szépségekkel. Fia, a nagy ambícióval nekiinduló rajztanárunk, a pasztellnek kötelezte el magát. A gemenci erdei holtágak meg a Duna-part sárgahomok dűnéi ihlették meg. Rendes és külön tartott rajzóráin szuggesztív kiselőadásokat tartott a színek változékony világáról, arról, hogy a fehér hó lehet lila, hogy a falevelek buja naturális zöldje lehet kék, piros vagy akár fekete is. Vetített képes művészettörténeti előadásai folytatták a művészi látásba való beavatásunkat — és ez így történt annak idején, szerte Magyarországon, a harmincas évek gimnáziumaiban.

Az első hagyományt tehát a "szemek felnyitása" élménye jelentette, anélkül, hogy akkor tudtam volna már, hogy mi is akarok lenni: tornatanár vagy teológus.

Helykeresésem a világban 1939/40-ben Pécsre vitt, ahol olasz—magyar—művészettörténet szakos egyetemista lettem. Főleg azért, mert jól tudtam, hogy **Fülep Lajos** ott magántanároskodott.

Nem tartozom — a szakmai berkek nyilvántartása szerint — Fülep Lajos "hivatalos" tanítványai közé, mint pl. Németh Lajos vagy Urbach Zsuzsa. Annyi szál fűzött azonban hozzá gimnazista korom óta, és végül "érteni" kezdtem őt, úgyhogy magamban annak tekintem magam. Bajai lelkészkedése óta ismerte szüleimet, a protestánsság hozta össze a két családot. Édesanyám volt a Lorántffy Zsuzsanna Nőegylet vezetője, a nagytiszteletű asszony, a szépséges Zsuzsa Néni a szellemi irányítója. Ők ketten műsoros, melodrámás teadélutánokat rendeztek, de efféle kis kultúrestek otthon nálunk is megestek, ahol egyszer Zsuzsa Néni a Diligenter frequentáltam megtanulására ösztökélt, és el is szavaltatta velem. Ott mindig történik valami hangulatos — így Fülep Lajos —, az egyik fiú gordonkázik, a másik Chopint zongorázik, meg festegetnek is a gyerekek. Persze már akkor megismerhettük precíz hajthatatlanságát: jó atyám egy hétköznap délelőtt ellátogatott hozzá a lelkészlakba, ahol azt mondották neki, hogy a nagytiszteletű úr a templomban van. Apám bement az udvari bejáraton, és az ajtóban megállt. Fülep Lajos feszült ábrázattal rótta a padsorok közötti mezsgyét fel és alá, s bár meglátta vendégét, nem hagyta abba vonulását. Jó tíz perc vagy egy negyedóra után lépett

csak oda hozzá, mondván, hogy nem lett volna célszerű gondolatsorát megszakítani: de mi szél hozta erre, bíró uram...

Édesanyám nagyon szépen tudott varrni, régebben még afféle kis vidéki szalont is vezetett. Ennek az lett a következménye, hogy miután Fülepék Zengővárkonyba költöztek, édesanyám elég gyakori vendég volt náluk, Zsuzsa Néni toalettjeit elkészítendő, amelybekben szívesen járt föl Pestre. Egyszer meglátogattuk anyámat bátyáimmal, gyalogszerrel Bajáról Várkonyba. Sok érdekes dolgot mesélt, egyre emlékezem különösen. Halasi Nagy József professzortársa egyszer sokáig ottmaradt, és nem volt már vonatja Pécsre, így el kellett szállásolni. Nos, két hálóvendég sok volt Fülepéknél, így jó anyámnak ágyaztak a könyvtárban, nem Halasinak. Fülep Lajos ui. kijelentette az asszonyoknak: semmi szükség arra, hogy Halasi turkáljon az íróasztalomon...

Így hát szinte természetes, hogy hallgatója lettem Pécsett, egy sovány kis szemeszterre 1940 tavaszán. Bevezetés a művészettörténetbe, valami ilyesmi volt kollégiumának címe, és akkor három hallgatója volt csupán: az egyik egyetemi tanár kancsal lánya, egy jellegtelen srác, meg jómagam, aki akkortájt még csak érzelmileg kötődtem hozzá valami olyan sejtelemmel, hogy egy nagy ember árnyékában hűsölgetek. Az egyetem kertjében tartotta óráit -- egy padon elfért a professzor és a tres faciunt collegium -- és mesélt, mesélt élvezettel, és mi alig értettük, hogy mit is mond. Annyira emlékszem, hogy egyszer azt fejtegette, hogy minden jelent valamit, és egy madár röptét, eltűnését elemezte hosszan -- így visszatekintve, olyan panofskys volt a mondókája. A félév végén megkérdezte, ki akar kollokválni, mi, akár a sült halak hallgattunk. Erre mosolyogva beírt indexünkbe egy igen jeles kalkulust. Érdeme szerint Kolozsvárott kezdtem ismerkedni vele, ahová a pécsi bölcsészkart áthelyezték, akkor, amikor Lőrincz Ernőtől megkaptam a Magyar művészetet. Ernő életét szánta szinte a Fülep-mítosznak, Pestre költözvén antiquáriumot nyitott a várban, és Fülep Lajos udvari könyvszállítója lett mestere élete végéig.

Még két epizód fűz Fülep Lajoshoz. Az első az, hogy életem első cikkének megjelenését ő hozta tető alá a Művészettörténeti Értesítőben. Térszemlélet az építészetben és a képzőművészetben volt a címe próbálkozásomnak, és Egyiptommal foglalkozott. Három megjegyzése volt a kéziratomhoz. Az első az volt, hogy ezt a mitugrász Dobrovitsot miért idézed háromszor, elég egyszer. A második így hangzott: ahogyan te írsz, azért nem huszonötöt, hanem százhuszönötöt érdemelnél a fenekedre, írásod tele van germanizmussal. Hogyan lehet hát szépen magyarul írni -- kérdeztem félve. A válasz ez volt: ha a mondatot könnyen le tudod fordítani németre, az nem magyar mondat, elölről kell

kezdeni az egészet. Végül a verdikt: nem támogatom, de nem is ellenzem. Próbálkozásaim zsengéje így mégis napvilágot láthatott.

A második élmény az ókori tankönyvemmel kapcsolatos. Bejelentkeztem hozzá a Széher utcába, hogy átadjam művemet. Este nyolcra voltam hivatalos. Ismervén őt, már fél 8-kor ott téblábóltam a villája előtt, de azután eluntam a dolgot és becsengettem 10 perccel 8 előtt. A házvezetőnő fogadott, bevezetett a dolgozószobába, a szomszéd szobából még evőeszköz-csörrenés hallatszott át: a vacsora még nem fejeződött be. Pontban nyolckor megjelent mosolyogva, mondván: a pontosság az pontosság, sem előbb, sem később. Azután forgatni kezdte a könyvemet és megkérdezte, hogy mi az, album-e avagy múlt századi kisasszonykák emlékkönyve-e. Könyvet csak olyat szabad csinálni, mint amilyent Knerrék Gyomán. Napokkal később azután felhívott, és közölte, hogy a belseje jobbnak látszik, mint a külleme, becsületesen megírtnak tűnik. Recenzálásra odaadta valakinek, azután odébbadták, majd végül Szabó Miklósnál kötött ki, aki jól letette, mondván, hogy az építészek legújabban nagy feneket kerítenek a históriának, ahelyett hogy csak az architektúráról írnának.

Fülep Lajosnak néhány levelezőlapját is őrzöm, az egyikben megkért, szerezzek neki villanyszerelőt, a másikban olyan olvasószék után nyomozott, amelynek karfája nem töri fel a könyökét. Én is úgy jártam vele, mint Lőrincz Ernő, aki halálakor keserűen jegyezte meg, hogy annyira tisztelte, hogy nem merte sokszor zavarni, pedig megtehette volna, ellenkezésre nem talált volna.

Ez volt hát a második hagyomány: példa, hogy miként lehet, szinte szerzetesi önfegyelemmel, kora ifjúságtól kezdve, egy hosszú élet végéig termékennyé tenni az időt, minutumát sem fecsérelve el. Persze ez önmagában nem volt elegendő, ehhez más is kellett. De ez már nem hagyomány, ez isteni adomány.

Kardos Györgynek köszönhetem, hogy most itt állok, őáltala lettem "egyetemi" ember. A jegyzeteimre figyelt föl. Amikor visszaadta az újkori jegyzetemet — annak idején a professzor maga nézte végig azokat, szignálta és megjegyzésekkel látta el —, azt kérdezi, hogy maga az a Holéczy? Mondom, nem egészen, de valami efféle. Szó ami szó, negyedikes egyetemista koromban demonstrátort csinált belőlem, ahogyan mondta, azért: mert kedvelem a rajzmodorát. Ez nagy dicséret volt, hiszen ő — mint ahogyan az építészettörténész professzorok mindahányan — zsebre tehetett minket rajztudás dolgában. Felvitt a Phoenix Biztosító lakóházának a tetejére az Aranyhal utcában — ő tervezte vagy művezette a bérházat — és azt mondta: na, innen rajzolja le a

Szent Anna-templomot, amíg látni, mert a Rákosi le fogja bontatni. Az Erzsébet-apácákét is meg akarta örökíttetni velem, de az azután valahogyan abbamaradt, mivel végül egyik templomot sem bontották le. Abban az időben a friss diplomásoknak kijelölték a munkahelyét, az enyémet a Belkereskedelmi Minisztériumban, mint építési ellenőr. Kardos György megkérdezte, nos, kimegy az életbe vagy benn marad? Bár azért jöttem a műegyetemre, hogy tervezőépítész legyek, de a mellette eltöltött demonstrátori évem megszerettette velem az egyetemi légkört, meg talán régebbi művészettörténeti érdeklődésem is felelevenedett — így a tanszékre kerültem asszisztensnek.

A nagy tudású, nagy tehetségű "kis barokk emberke" — ahogyan szeretettel a hallgatók nevezték, hivatása áldozata lett. Túlhajszolta magát, még az estiek oktatását is maga végezte. A katedrán halt meg, egy esti órán. Szerénysége és magát nem kímélő önfeláldozó élete volt a harmadik hagyomány.

Rados Jenővel nem kezdődtek egészen felhőtlenül a dolgaim. Középkori építészettörténetből — a másodikban — ui. annak rendje-módja szerint elbuktatott, mert nem tudtam megbirkózni a táblánál egy boltozati bordaösszemetsződés ábrázolásával. Persze az utóvizsga annak idején nem volt olyan nagy ügy, hamarosan kikorrigáltam a lapsust, és az úvén, a Hagia Sophia metszetének a felrajzolásával kiérdemeltem a jót. 1950 szeptemberében — fizetett állásom első havában — nősültem, és kis szabadságra szerettem volna menni. Nehezményezte, hogy az oktatási idő megkezdésekor teszek ilyet, így a nászútból egy násznap lett, a Szigeti Szállodában.

Persze azután megváltozott minden. Nagy Elemér, Ferenczy Károly meg jómagam volt az asszisztens-gárdája. Mi hárman "szent kommunizmusban" éltünk és tevékenykedtünk. Bárhonnan is tettünk szert külön munkára, egymástól függetlenül is, minden befolyó pénzt megharmadoltunk, még az egyetemi prémiumot is, ha nem volt egyforma. S vitt a lendület, ami szeretett principálisunk egyéniségéből áradt. Vitalitása, rendkívüli munkabírása és mégis, a lényéből sugárzó nyugodt derű, olyan biztatás volt számunkra kimondatlanul is, ami sok minden jót hozott ki belőlünk. Gyertek fiatalos ötletekkel! — volt a szavajárása, és mi megpróbáltuk. Közösen professzorommal állítottam össze egy jegyzetet az építészeti alaktanból. Ismeretterjesztő előadássorozatokba vont be, jómagam Budapest hídjairól tartottam egyszer előadást. Ismerd meg Budapestet! című volt a másik akciója, ebben vasárnap délelőttönként népes diákcsapattal jártuk a várost, építészetét megismerendő. Műemléki helyreállításokba vont be: Székesfehérváron és Vácott állítottunk helyre több műemléki lakóházat. A klasszicista alaktanhoz gyűjtöttünk adatokat irányításával, bebarangolva az országot. A romos nagycenki és fertődi kastély

műemléki felmérését személyesen irányította a helyszínen. Mi, fiatalok, családostul voltunk lenn, késő délutáni sétáinkból megtérvén, elfáradt kisfiamat ő is a nyakába vette Christoforosként. Úgy osztotta be a munkaidőmet, hogy délelőttönként átjárhattam az ELTE-re, classica archeologiai tanulmányaim végzésére. Később azzal tüntetett ki, hogy a Magyarország építészettörténetének első fejezetét -- a honfoglalás kor előttiét -- engedte megírnom. Még később, meglehetősen konfúzus nagydoktori disszertációm pártoló opponense lett. És még folytathatnám, szerencsére, mindmáig.

Ez volt hát a negyedik hagyomány, olyan ember irányító, megértő patronálása, akiben a tudóst és az alkotó építészt egyszerre tisztelhettem.

Oroszlán Zoltánról, az egyetemes ókori régészet és művészettörténet professzoráról tücsköt-bogarat elmondtak a fiatal művészettörténész titánok. Hogy anakronisztikus, hogy pozitivista, hogy nem invenciózus. Amikor tanítványa lettem, én nem ilyennek láttam őt. Építészeti alapműveltségem a szerkezeti-formai dolgokban meglehetősen pallérozott volt, tartalmilag-történetileg azonban kevésbé, mivel a technikán ebből csak a legszükségesebbeket oktatták. Így mindaz, amit tőle kaptam, szépen-rendre csordogált históriai tudásom hézagaiba, kitöltvén a hiátusokat. Állandóan emlegette, hogy egyszer Rados Jenővel együtt nyaralt valamelyik akadémiai üdülőben és együtt mérlegelték közös deliquensük sorsát. Megtisztelt azzal, hogy egy szeminárium alkalmával, régész hallgatótársaimnak én tarthattam előadást az ókori építészet morfológiájáról. Bölcsészdoktorátusom majdnem kudarcba fulladt, mert nála és Dobrovitsnál ugyan nagyvonalúan szerepeltem, de ideológiából kevésbé, és -- ahogyan utólag elmesélték -- nagy erőfeszítésükbe került, hogy megmagyarázzák, hogy ez a jelölt már cikkeket írt, ezt meg ezt tette -- így mentve meg a summa cum laudét. Amikor meglátta a savariai Iseumot, azt mondta, na, Gyula, itt az építész szólalt meg benned, nem a régész. Még átnyújthattam neki az ókori könyvemet, amiben a tőle tanultak is benne voltak.

Ez volt hát az ötödik hagyomány: a sallangmentes tiszta tudás, a megértő emberi jóság.

Életsorom komoly, egzisztenciális eseményei **Major Máté**hoz fűznek. Intézeti igazgatósága alatt értem el oktatói beosztásom legmagasabb grádicsait, az ő segítségével és az ő oltalma alatt. 56 után elég cifra idők jártak, jómagam mindig valamiféle bizonytalan megítélésnek örvendettem. Merem hinni, hogy nem azért, mert falubélije voltam -- mindketten bajaiak --, hanem talán másokért is, mindig elhessegette a fejem felett tornyosuló fellegeket. Megbízást kapott egy ókori tankönyv írására, de ezt mondta: nézd, én megír-

tam már a magamét, próbáld meg most te. Így lehettem még adjunktus koromban egy nagy munka szerzőjévé. Ő tette lehetővé, hogy a nagydoktorim is napvilágot láthatott az Akadémiai Kiadónál.

Közvetlen tanúja voltam ideológiai-eszmei állhatatossága megpróbáltatásainak. Nem tudom, hogyan kerültem arra a nagygyűlésre — itt e falak között —, amelyiken Aczél György nemcsak megleckéztette, de szinte megalázta Major Mátét. Nem volt debatter, az írás volt a kifejezésformája, alig tudott védekezni. Egyedül Gábor László állt ki mellette, még Aczél ellenében is. Csendes magabiztossága végül is győzedelmeskedett, de sohasem dicsekedett azzal, hogy lám, a történelem őt igazolta. Később azután históriai érzéke mégis cserbenhagyta, áldatlan vitába keveredett a legújabb építészeti kísérletek ellenében. Ezzel korábbi általános megbecsülése megtépázódott, főleg a fiatalok fordultak el tőle. Persze elgondolkoztatott az a párhuzam, amit Fülep Lajos és Major Máté között felfedeztem: Fülep az eklektikát nem tudta már akceptálni, Major a posztmodernet. Úgy tűnik hát, hogy még a nagy lelkek sem tudnak túllépni fiatalkori önmagukon.

Ez volt hát a hatodik hagyomány: egy gondosan, körültekintéssel kialakított életszemlélethez való ragaszkodás, nem dérrel-dúrral, hanem következetes, csendes hittel, hűnek lenni önmagunkhoz.

Last but not least: **Zádor Anna**. Személyes nexusaim kevesek voltak hozzá, ő mégis — mindmáig — figyelte pályafutásomat. Már egészen süldő asszisztens koromban Kardos György delegált az egyik akadémiai építészettörténeti albizottságba, ahol is csak füleltem, hogy mi is hangzik el ottan: akkor ismertem meg Zádor Annát. Amikor a klasszicista alaktanhoz gyűjtöttük az anyagot, és én a Verschönerungskommosion tervrajzait másolgattam a Bazilika pincéjében, hogy homlokzati rendszereket kíséreljek meg összeállítani, elismeréssel nézegette próbálkozó vázlataim. Amikor beadtam Oroszlán Zoltánnak a disszertációmat, hozzá szaladt vele, kérdezvén tőle: lehet ilyennel doktorálni? Azt válaszolta — mint később elmesélte nekem —, nézze, Zoltán, ez egy építész, ez nem bölcsész. Ezek szeretnek valami nagy összefüggést látni, hirtelen. Ha tipológiát csinált a római terekből, ám legyen, így különben sem foglalta össze ezeket senki. Amikor Rados Jenő és Entz Géza mellett elvállalta a nagydoktorim opponenciáját, elkészítvén véleményét, magához kéretett és felolvasta azt. Azután megkérdezte: mondja Gyula, volt már maga valamiféle mélylélektani analízisen? Most, hogy emeritusként arra vállalkoztam, hogy jegyzetet írok az építészetelmélet történetéből, kézbe vettem a reneszánsz és a barokk teoretikusokról írt tanulmányát. Jól tudom, hogy ma már fenntartással él ezzel az írásával szemben, de tudva azt, hogy mikor írta ezt, döb-

bentem rá, te jó Isten, micsoda tudással rendelkezett ő akkor, amikor alig nőtt ki a teenager korból. Ő volt az egyik első, aki életem nagy kitüntetéséhez gratulált, és ugyanezt tette a nemrégen bemutatott portréfilmemmel kapcsolatban.

A hetedik hagyomány tehát ez: egy tudományos szakma minden mozzanásának-rezzenésének szeizmográfszerű érzékelése, a fiatalság bensőséges szeretete, bátorítás, még akkor is, ha eleinte nem minden úgy megy, mint ahogyan kellene.

Mindezek után az intuícióra kevés szavam maradt. Méltán vetődik fel valakiben a kérdés: hogyan lehet, hogy ebből a televény talajból ilyen csenevész venyige fakadt. Reális épületeket akartam emelni, ehelyett azok torzóival foglalkoztam, a romokkal, meg a megfoghatatlan részével, a spáciummal, a térrel. Ezekből építettem légvárakat.

B. Szűcs Margit

A FIRENZEI DÓMKUPOLA TITKA

Meglehet, különösen hangzik egy tudományos ülésszakon, ha az előadás címében a rejtélyes kalandokat idéző "titok" szó szerepel, de eltekintve attól, hogy a tudományban is voltak és vannak kalandos fordulatok, ezúttal a titok valóságos. Az építészet történetében új korszakot nyitó firenzei Dómkupola szerkezetének működése mindmáig felderítetlen.

Részletes építési jegyzőkönyvek örökítették meg a kupolával kapcsolatos előmunkálatokat és a megvalósítás menetét. A közel 42 m átmérőjű nyolcszögletes tér boltozatának megoldása akkor vált különösen sürgető feladattá, mikor a XV. század elején befejezéshez közeledett az 1296-ban megkezdett Dóm építése. Szinte lehetetlen vállalkozásnak tűnt a beboltozás, hiszen bármilyen gyakorlottak voltak a gótikus templom mesterei, sohasem építettek nagyméretű kupolát. 1300 évvel korábban született az egyetlen ismert példa, az antik római Pantheon, amely kétségtelenül az építészettörténet egyik legnagyszerűbb belsője, de a kör alaprajzon emelt félgömbkupolának nincs jelentős tömeghatása.

A firenzei Dómkupolát egy 1367-ben elfogadott terv szerint eleve magas kolostorboltozatként kívánták felépíteni. Az ilyen boltozatnál a befejezésig alátámasztó állvány szükséges, vagyis mindaddig, amíg a szemközti boltsüvegek nem támasztják meg egymást. A nyolcszögű tér nagy méretein kívül jócskán nehezítette a feladatot, hogy a boltozat 55 méter magasságban kezdődött, és aláállványozása — hozzávetőleges számítások szerint is — roppant sok anyagot, rendkívül hosszú összeácsolási időt és óriási költséget igényelt volna.

A Dómépítő műhely hiába kért tanácsot tapasztalt ácsmesterektől, így 1418 nyarán pályázatot hirdetett a kupola felépítésére. A nyertesnek hatalmas összeget, 200 arany forintot ígértek. Felmérhető ennek nagysága abból, hogy később, a kupola kivitelezését irányító mesterek havi 3 arany forint fizetést kaptak. A 17 pályázó többsége ácsmester és kőműves volt, de a győzelmet két ötvös szerezte meg. Egyikük, Lorenzo Ghiberti, szobrászként már

neves és megbecsült művésznek számított; a másik, Filippo Brunelleschi, ekkor még nem alkotott jelentős műveket, viszont elmélyült tanulmányokkal készült az építészi pályára, és komoly tapasztalatokat szerzett az antik római emlékek pontos felmérése és vizsgálata során. Ő fogalmazta meg tehát a 12 szakaszból álló programtervezetet, amelyben tömör és világos ismertetést adott a kupola alakjáról, méreteiről, szerkezetéről, a szükséges építőanyagokról és a kivitelezés menetéről. Az utolsó szakaszban olvasható, hogy az egész munkát aláállványozás nélkül fogják végezni. Ez a merész elképzelés már kezdettől fogva általános kételyeket ébresztett, és ismételten táplálta az ellenállást, amelyet azok fűtöttek, akik nem tudták megérteni vagy egyszerűen csak irigyelték a kimagasló tehetséget. Végül 1420 nyarán mégis elfogadták a tervezetet, és megkezdődött a feszített ütemű kivitelezés. Átlag 50 munkás dolgozott a helyszínen, de jóval többen foglalkoztak az anyagok előkészítésével és szállításával. A Brunelleschi által szervezett és irányított nagyszerű összmunkát csak rendkívüli események fékezték, például 1423-ban erős havazás, 1429—30-ban pedig a Lucca ellen viselt háború. 16 év múlva, 1436 nyarán került helyére a boltozati zárógyűrű utolsó, 700 kilogrammos köve, megszületett a páratlan remekmű.

Mindezt ma könnyű leírni és elmondani, de véghezvinni 16 év sokoldalú szervező munkáját, napról napra megoldani a kisebb-nagyobb problémákat, miközben a kicsinyes gáncsoskodókkal is meg kellett küzdeni — mindehhez valóban különleges képességű, sőt zseniális személyiségre volt szükség. Visszatekintve is jóleső érzés, hogy büszke örömmel figyelhette a kupola növekedését, és talán minden rosszat elfelejtett a befejezés láttán.

A hihetetlenül merész kivitelezési módszer természetesen foglalkoztatta a gyakorló építészeket. Ifjabb Antonio da Sangallo a XVI. század első felében szerkezeti vázlatokat készített a kupoláról, és felirattal jelezte, hogy "állványzat nélkül épített téglaboltozatot" ábrázol.

Az első hiteles felmérés Giovanni Battista Nelli munkája 1688-ból. A látható részeket pontosan és szépen bemutató rajzokból a XVIII. században metszetek készültek, amelyeket sokan vettek alapul később a vizsgálódásokhoz. Az egyetlen hiányosság, hogy a jól szembetűnő téglarakási módszer nem szerepel. Kétszáz évvel később viszont Josef Durm főként a kívülről nem látható részek működését próbálta visszaadni rajzain, mert ezáltal vélte megoldani az állvány nélküli építés rejtélyét.

Mindmáig számos felmérés készült, jelentéktelen méretkülönbségekkel. A szerkezet megértéséhez néhány alapvető adat ismerete szükséges:

A nyolcszög szélessége kb. 42 méter, átlója kb. 45 méter. A két héjazatból a belső a teherhordó, de a kb. 33 méteres magassághoz képest elég vékony, alul 2,22 m, felül 2,0 méteres. A külső hézajat az indításnál sem éri el az 1,0 m vastagságot, és felül csak 40 cm-es. A közbenső térség több mint kétszeresre tágul, 1,20 méterről 2,60 méternyire.

A növekvő szélesség és a szerkezeti áthatások módosították a laternához vezető lépcső kialakítását; a legfelső szakaszon például a fokokat a belső héjazat vastagságából faragták ki. A vízszintes közlekedésre három körüljáró készült: az első a két héjazat indításánál húzódik, a második kb. 9 méterrel feljebb, a harmadik további 11,50 méterrel magasabban. Szerkezetileg döntő fontosságúak a két héjat összefogó sarokbordák, de a vázrendszer szerves részét képezik a nyolc oldal mindegyikén felívelő keskenyebb bordapárok és az egymás fölött kilenc sorban húzódó vízszintes összekötő elemek. A teljes váz tehát 24 felfelé hajló és 144 vízszintes bordából áll, és az egész szervesen együtt dolgozik a köztes falazattal. Ez utóbbi kulcsszerepet játszik a felépítési módszerben. A merevítés további biztosítékát kő-, illetve fagyűrűk képezik, az indítás szintjétől a záró szakaszig, összesen négy sorban. A körüljárók és a lépcsők helyén nyílások törik át a szerkezeti elemeket. Az 1420-as program szerint vasrudakból készült merevítő gyűrűket is terveztek. 1977-ben mágneses műszerrel próbálták megkeresni őket. Folyamatos vasgyűrűt ugyan nem találtak, de rögzíteni tudták sok rövidebb és hosszabb, egymástól független, vízszintes, illetve függőleges vasrúd helyét. Részletes szerkezeti elemzéssel bizonyára felderíthető, hogy a hosszabb függőleges darabok miért főleg a bordák belső felületéhez közel találhatók.

A többszörösen merevített bordás szerkezet önmagában nem indokolja az állvány nélküli építést. Általánosan elfogadott vélemény, hogy Brunelleschi korszakalkotó leleménye olyan falazási rendszer volt, amely létrehozta a szerkezet folyamatos megszilárdításához szükséges erőjátékot. A téglasorok nem vízszintesen húzódnak a sarokbordák között, hanem enyhe, füzérszerűen ívelő vonalban. Szabályosan rakott szövetükbe halszálkásan falazott, jobbról balra spirálisan csavarodó bordák illeszkednek, amelyek a második körüljáró magasságától, azaz kb. 9 méternyire indulnak, 1,16 m körüli távolságra egymástól. A bordavázzal együttműködve, e falazat segítségével jön létre valamiképpen minden keresztmetszetben a szükséges szilárdság, amely feleslegessé tette az aláállványozást.

Több mint 550 év telt el a kupola befejezése óta, és bár nem történt súlyosabb károsodás, több ízben jegyeztek fel sérüléseket. Az 1471-ben elkészült laternát már 1492-ben villámcsapás rongálta meg, és ugyanez többször

ismétlődött a XVI. században. 1601 januárjában a korábbiaknál jóval nagyobb sérülést szenvedett, és ez átterjedhetett a kupolára, melyen 1639-ben repedések tűntek fel. A XVII. század végére ezek annyira megnövekedtek, hogy egy vizsgálóbizottság vaslánc-erősítések elhelyezését javasolta. Végül mégis elálltak ettől, de néhány évtizeddel később ismét alapos vizsgálat kezdődött. Újra elhatározták a vasláncok elhelyezését, de a megvalósítás ezúttal is elmaradt. Ebbe a folyamatba illeszkedik az a néhány éve ismertetett mérássorozat, amelyet a neves csillagász, Leonardo Ximenes végzett 1757-ben. Vizsgálatai összegezéseként pontosan leírt tizenhárom repedést, és megállapította, hogy a Dóm a Campanilével együtt enyhén dől déli irányba, az Arno felé.

Az újabb szerkezeti vizsgálatok csak 1934-ben kezdődtek meg, amikor közeledett a kupola elkészültének 500. évfordulója. (A bizottság munkájában részt vett Pier Luigi Nervi (1891—1979) is.) Néhány éven át folyamatos mérésekkel ellenőrizték a repedéseket, és megállapították, hogy hőingadozás váltotta ki keletkezésüket. A II. világháború alatt szüneteltek a vizsgálatok, majd az 1970-es években ismét felgyorsultak. A közvetlen ok az volt, hogy a kupolafreskó több darabja lehullott. (A freskót, amely az Utolsó Ítéletet ábrázolja, Giorgio Vasari kezdte meg 1572-ben, és Federici Zuccari fejezte be 1579-ben.) 1975-ben bizottság alakult az egész Dóm szerkezetének felülvizsgálatára. Vezetője, Salvatore Di Pasquale, a firenzei egyetem építészkarának szerkezetépítő tanára, 1983-ban nemzetközi kongresszuson számolt be a tapasztalatokról és eredményekről. A bizottság megállapította, hogy a kupola repedései már az építés közben keletkeztek, majd különféle hatásokra fokozatosan tágultak. A szerkezet biztonsága azonban nem kerül veszélybe, mert az ellenőrző mérőműszerek legcsekélyebb figyelmeztetésére elvégezhetők a szükséges erősítések. Di Pasquale professzor az egyik olyan kutató, aki új kísérletekkel kívánja alátámasztani a hagyományosnak nevezhető felfogást, amely szerint a vízszintes bordák és a halszálkásan falazott téglabordák úgy alakítják át a nyolcszöget, hogy az épülő boltozat forgástestként működik. Eszerint az alállványozást azért lehetett elhagyni, mert a fellépő gyűrűfeszültségek minden szakaszában önhordóvá tették a boltozatot.

A bizonyító kísérletek nem hoztak tökéletesen kielégítő eredményt, és hangot kaptak az ellenvélemények. Különösen figyelemreméltó nézet, amely szerint Brunelleschi jóval tudományosabban kezelte a feladatot, mint általában hiszik, és számításainak eredményeként a sarokbordák és a falazat dinamikus összjátéka, a hatás—ellenhatás hozta létre a folyamatos szerkezeti szilárdságot. A forgástest-elmélet cáfolatául főleg azzal érvelnek, hogy a

halszálkás téglabordák pontos helyét a teljes szerkezeti vastagságban még senki sem tudta felderíteni.

Az eltérő szakértői vélemények rövid felvillantása is eléggé bizonyítja, hogy a szerkezet titka szilárdan tartja magát. A repedések vizsgálatát viszont folytatni kell, és minden újabb vizsgálat közelebb vihet az erőjáték megismeréséhez.

Különösen érdekes munkatervet állított össze öt olasz mérnök, és egy 1987-ben tartott nemzetközi kongresszuson már beszámolhattak tapasztalataikról. A legkorszerűbb komplex vizsgálatokat végezték el, például a statikus és dinamikus terhelések, a járművek és a széllökések által keltett rezgések, valamint mesterségesen fejlesztett rezgések hatásának mérése automatikus érzékelők hálózatával. A vizsgálat főleg a teljes szerkezeti vastagságot átfogó repedésekre irányult, de kiterjedt a tambur és a négy tartópillér torzulásaira is. Az eredmények összegzéséből kívánják létrehozni majd a matematikai modellt, amellyel a szerkezet szilárdsága tökéletesíthető. Mindezekből bízvást következtethetünk arra, hogy a kupola még jócskán ad munkát a kutatóknak. A vizsgálati eszközök nyilván egyre fejlettebbek lesznek, de legalább ugyanilyen fontos, hogy a szükségszerű tapasztalatszerzésen túl, újra meg újra felébred majd a pusztán elméleti kíváncsiság, amelyből oly sokszor születtek új gondolatok. A reneszánsz embereket is a csillapíthatatlan kíváncsiság sarkallta állandó kutatásokra. A páratlan kupola ugyancsak az újító szellemű kísérletezés eredményeként épülhetett fel. Reméljük, még sok-sok évszázadon át hirdeti majd az építészi tudás és képzelet diadalát, és jön egyszer valaki, aki megfejti a több mint 550 éve rejtőző titkát.

Sódor Alajos

KLASSZICIZMUS ÉS ROMANTIKA MAI ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI SZEMLÉLETÜNKBEN

A hagyományos művészettörténet az európai művészeti stílusok kronológiai egymásutánját általában a XVIII. sz.-i barokk—rokokó művészettel zárta. Egyes esetekben ezt a kronológiai sort megtoldották a XIX. sz. első felének klasszicizmusával abból a meggyőződésből, hogy az még hordozója a művészettörténet alkotó korszakai jellegzetes stílusjegyeinek. Így a művészeti-építészeti alkotások értékelésének rendjében a klasszicizmus korának művészeti emlékei egyenrangúvá váltak a romantika, a gótika, a reneszánsz és a barokk stíluskorszakok alkotásaival, de ami a XIX. sz. első felének klasszicista művészete után jött létre, az már csak reproduktív művészetnek számított. A XIX. sz. 2. felének ún. neo-stílusai, a neo-gótika, a neo-reneszánsz és a neo-barokk ebben a megítélésben már csupán eklektikus formautánzások, melyekből hiányzik az igazi művészi alkotóerő. Ez annak a művészettörténeti szemléletnek volt az eredménye, mely a stílusfejlődésben sterilen csak a formai jegyek változásait vizsgálta, azok eredetisége érdekelte.

Az újabb szakirodalom az egyes történeti stíluskorszakok eredményeinek a gyökereit tágabb összefüggések keretében vizsgálja és különösen építészeti vonatkozású értékítéletében a pusztán formai megjelenésen túl jelentős tényezőként veszi számításba a kor gazdasági-társadalmi berendezkedését és technikai fejlettségét. A XIX. sz. látszólag igen heterogén historizáló eklektikus művészete ezen új szempontok figyelembevételével mind materiális, mind szellemi vonatkozásban egységbe foglalható és kronológiailag is jól körülhatárolható. Az a kapitalista fejlődés, amely ezt a legújabb kori művészetet serkentette, a XVIII. sz. közepén vett erőteljes lendületet, és lényegében az egész XIX. században át töretlenül érvényesült.

Ennek a legújabb kori művészetnek alapjául szolgáló, most már egységesnek felismert szellemi-művészeti áramlatnak a művészettörténeti irodalom — jobb híján — a romantika elnevezést adta. Ez az elnevezés az egész legújabb kori művészet mintegy másfél évszázadára vonatkoztatva még nem tudott

egyértelműen érvényre jutni, mert átfedésben van a régebbi terminológiának romantikaértelmezésével. Romantikus építészet alatt ugyanis a XIX. sz. első évtizedeinek klasszicizáló irányzata után uralomra jutott azon építészettörténeti korszakot értették, mely a középkori építészet formakincsének a feleelevenítésével fejezte ki építészeti-alkotói gondolatait, és nagyjából a XIX. sz. 2. harmadában volt uralkodó művészeti alkotó módszer. Azonban, ha a legújabb kori építészet vonatkozásában — annak elsősorban igen sokarcú megjelenése miatt is — nem a hagyományos stíluskategóriákban gondolkozunk, tehát a romantikát nem tekintjük stílusnak, hanem egy újfajta művészeti módszernek, sajátos esztétikai törekvésnek, beállítottságnak, mely alkotásaiban különböző európai, sőt azon kívül eső stílusformákat is felhasznált, akkor már jó megközelítéssel egyfajta művészeti kifejezésszándék azonos megnyilvánulását látjuk a klasszicizáló kései barokk, a görög-római formákat feleleventő XIX. sz. eleji klasszicizmus, vagy a középkori példákért lelkesedő gótizáló, romanizáló romantika, sőt a XIX. sz. második felében divatozó historizáló törekvések jegyében létrejött neo-stílusváltozatokban is.

Az így igen tágan értelmezett romantika fogalomnak van egy szűkebb lehatárolása is, mely a legújabb kor romantikus művészetét két részre osztja. Az első, a nagyobbik rész az 1750—1850 közötti tulajdonképpeni romantikát, az ún. aktív romantikát vagy haladó szellemi romantikát öleli fel és nagyjából az 1750—1800 közötti romantikus klasszicizmus vagy klasszicizáló kései barokk, az 1800—1830 közötti klasszicizáló romantika és az 1830—50 közötti gótizáló romantika periódusaira osztható, természetesen figyelembe véve az egyes periódusok közötti szükségszerű, nem kis átfedéseket, melyek éppen az egész legújabb koron át húzódó és jelenlevő azonos szellemi alapokra épült alkotó módszerből fakadnak.

A romantika második részét a XIX. sz. második felét kitöltő ún. passzív romantikának, illetőleg a historizmus-eklekticizmus korának nevezhetjük. Erre a sok ötlettel, frissen, alkotó módon jelentkező első periódusú romantikával szemben rutinszerűen, akadémikusan, lehetőség szerinti régészeti hűséggel, de éppen ebből fakadóan rutinszerű egykedvűséggel hozta létre neostílusait rendszerint tolakodóan monumentális, de ebben az időben már nem is egészen korszerű alkotások formájában.

Meg kell jegyezni, hogy a romantika korának a XIX. sz. végéig történő kiterjesztése csak fenntartásokkal fogadható el. Addig ugyanis, amíg az aktív romantika a történeti korokból átvett formákat átalakítva új összefüggésekbe helyezte és így egy meghatározott, semmi mással össze nem téveszthető kifejezési formához jutott, addig a XIX. sz. második felének passzív roman-

tikája neo-stílusú alkotásaival, nagyrészt a történeti formák és formakombinációk szolgai másolásainak szintjén rekedt meg.

Ha most a romantika ezen periodizációjához a magyar klasszicizáló romantika alkotásainak a helyét keressük, akkor mindenekelőtt több, az általános európai fejlődéstől eltérő vonást kell megvizsgálnunk. Meglepő, hogy nálunk a klasszicizáló kései barokkból szervesen, törés nélkül nő át az építészet a klasszicizáló romantikába — nevezhetjük egyszerűen klasszicizmusnak is, mivel megtartva mintegy fél évszázadon át kizárólagos klasszicista jellegét, az építészeti feladatok teljes spektrumában jelen van. Így inkább hozható kapcsolatba a mediterrán kultúrkör francia és itáliai, mint Európa északi részének német és angol fejlődésével.

Angliában a greek revieval, a gothic revieval és a classical revieval szinte átfedi egymást, egy időben jelentkezik a romantika első, ún. aktív periódusában. Ugyanez érvényes Németországra is, ahol Schinkel művészetében egyforma hangsúlyt kapott a gótikus és a klasszikus interpretáció egy időben Langhans vagy Klenze görögös formatörekvéseivel. Nálunk mintegy négy évtized tiszta klasszicizmusát egy rövid, de egységes középkori romantika követte, mely az 1860-as években ugyanolyan hirtelen átcsapott egy neoreneszánsz változatba, ismét viszonylagos egyöntetűséggel.

Ennek a tiszta, egységes klasszicizmusnak a gyökere a mediterrán kultúrkörhöz való évszázados — hol nyílt, hol burkoltabb — kapcsolódásunkban keresendő, s ez a magyar közélet latinitásában is kifejeződött. A magyar politikai közélet kizárólag a latin nyelvet használta, a politizáló nemesség jogi gondolkodása tisztára klasszikus római jogon csiszolódott még a XIX. sz. első felében is. Így, amikor a barokk hangulatnak elmúltával Európaszerte előtérbe került a racionalizmus és vele a görög-római kultúra szelleme, ez a divat könnyen hatalmába ejtette a művelt magyarságot. Szinte nem jelentett különösebben újdonságot számára, azonnal és fenntartás nélkül azonosulni tudott vele.

A latinitással való ősi kapcsolat eredményeként minden különösebb elméleti előkészítés nélkül is kifejlődött nálunk egy igen gazdag, más művészeti hatásoktól viszonylag független, európai viszonylatban jelentősnek mondható klasszicista építőművészet. Építészeink körében nem forogtak közkézen olyan jelentős klasszikus elméleti művek, mint Lodoli, Laugier, Winckelmann vagy Oeser írásai, a klasszikus formákat ismertető olyan reprezentatív kiadványok, mint Piranesi albumjai, Vitruvius és Vignola műveinek reprint kiadásai, vagy Durand mintakönyvei és Itáliát megjárt angol és francia építészek reprezentatív felmérési rajzai, a Society of Dilettanti építészeti kiadvá-

nyai, mely utóbbiak oly nagy mértékben hozzájárultak a klasszikus műveltség európai elterjedéséhez. Nem kétséges, hogy az említett művek nem voltak teljesen ismeretlenek jelesebb építészeink körében, de magyar szerzők műveit sem nagyon forgathatták, mert alig egy-kettő akadt belőlük.

J. N. Schauff 1790-ben Pozsonyban németül jelentette meg elméleti írását a klasszikus oszloprendekről. A szerző magyar mivoltát azonban jelzi, hogy az 5 klasszikus oszloprend mellett foglalkozott egy "magyar oszloprenddel" is, mely dór alapformájú, de ornamentális elemei között megtaláljuk a kettőskeresztet, a szentkoronát és egy csákómotívumot is. 1806-ban egy másik műve is megjelent a "szép építőművészet alapfogalmai" címen.

Megemlíthető még a Kazinczy köréhez tartozó **Kresznerics Ferenc** latin nyelvű kézikönyve, az 1804-ben kiadott "Architecturae civilis et hidrotechnicae". Volt még néhány kifejezetten a gyakorlati építéstudást segítő könyv, köztük a legismertebb a debreceni Beregszászi Pál 4 kötetes műve. Ezzel le is zárható a klasszikus építészetet propagáló magyar művek sora, mert Henszelmann Imre "Párhuzam"-a 1841-ből ugyan érvel még a nemzeti elem mellett, de az esztétikai követelmények megvalósulását már a német gótikában találta meg, és ezzel már a 40-es években bontakozó gótizáló romantika hazai apostolává vált.

Ez annál is figyelemre méltóbb, mivel legjelentősebb építészeink közül alig néhány tudott csak hosszabb-rövidebb időt Itáliában tölteni, az építészet klasszikus hazájában művészetét csiszolni, tökéletesíteni. Ezért hiányzik nálunk a klasszikus építészetnek az az archeológiai irányzata is, mely egynémely angol és német klasszicista alkotást élettelen díszletté fokoz le.

Antik emlékek régészeti hűségű másolása különösen ott volt kelendő, ahol azt a hivatalos művészetpolitika igényelte. Általában az uralkodó osztály kezdeményezte az antik Rómára emlékezve, de a saját dicsőségére. A magyar klasszicizmus fejlődésének rugója nem a központi hatalom volt, hanem a napóleoni háborúk során a Habsburg-hadsereg ellátását gabonával, hússal és lóval biztosító magyar nagybirtokos arisztokrácia, valamint a vele együtt tehetőssé vált középbirtokos nemesség és a gyorsan gazdagodó kereskedő polgári réteg. A fejlődésben Pest járt elöl, melynek fővárossá válása ezekben az évtizedekben körvonalazódott. A középkori városmaghoz a Duna mentén észak felé egy egészen új városrészt, a Lipót-várost építették. Ennek derékszögben metsződő egyenes utcáit szigorú városrendezési előírások szerint építették, formailag gondosan egymáshoz simuló kétemeletes bérházak sorát egy-egy középület díszítette.

Az a formai egyöntetűség, melyet az azonos párkánymagasság, a nyolc láb ablaktengely-távolság, a szerény, de az épületek téglaszerkezetének megfelelően kialakított vízszintes és függőleges architektonikus tagozás, valamint az egyöntetűen vakolattal ellátott homlokzatok jó arányai biztosítottak, különös helyi zamatot adott az utcáknak. Bizonyos polgári biztonságérzés sugárzott ezekből az egyszerű bérházakból, melyektől nem sokban különböztek a középületek sem, legfeljebb szabadon álló elhelyezésükkel, nagyobb épületvolumenükkel és timpanonnal hangsúlyozott középrizalitjukkal keltettek monumentálisabb benyomást. Tömbszerűen formált zárt sztereometrikus tömegük szinte idézte Winkelmann híres jellemzését a görög alkotások "derűjéről és fenségéről".

Ezekben az egyszerű házakban még a magyar klasszicizmus egy további, igen szembeszökő tulajdonsága is megnyilvánult: és ez az erős téralkotó hajlama. Klasszicizmusunk igazán nagy alkotásaiban a művészeknek különös gondját képezte a terek határozott és tudatos művészi egységbe forrasztása. Ez nemcsak a Nemzeti Múzeum két emeletén átnyúló csarnokainak kompozíciójára vagy az 1849-ben elpusztult Pesti Vigadóra vonatkozik, hanem ugyanannyira a lakóházakra is. Pollack, Hild, Hofrichter lakás-alaprajzai jó példákkal szolgálnak erre. A gondosan kialakított boltozott kapualj, melynek divatja nálunk a kései középkorig visszavezethető, a hozzá csatlakozó íves karú lépcsőház és az első emeleti díszes kialakítású lakások teremsora mindmegannyi példája a szerény, de öntudatos polgárság reprezentációs igényének, és nem utolsósorban művészi igényességének. Ez a művészi igény egyébként még a kisebb mesterek látszólag igénytelen homlokzat-megoldásáról is leolvasható. A finom arányokat eredményező tagolásra való készség még az igénytelen falusi építészetben is jól érzékelhető: nemcsak az alföldi kúriákon, hanem gyakran egyszerű, egészen igénytelen falusi házakon is, pl. Alsódabas tájának szép ritmusú, szép arányú tornácain, vagy a Nagykunság tornácainak kettős oszlopaiban, ami a minden iskolázást nélkülöző falusi építők megkapó ötletének tetszik.

Széchényi ugyan már a 30-as években kifogásolta a pesti utcák egyhangúságát, és szívesen látott volna erkélyeket — az ő szóhasználatában "ragaszmányokat" — és ki-beugró rizalitokkal elevenebben tagolt homlokzatú házakat, de ez mit sem von le azoknak a mestereknek eredményes munkásságából, akik százszámra népesítették be városainkat egyszerű kivitelezésű épületekkel, melyek már csak abból a szempontból is tökéleteseknek mondhatók, hogy építtetőik igényeinek mindenben megfeleltek. A magyar klasszicizmusnak ez a népszerűsége a lakosság körében fontos ismérve a korabeli építőművészetnek,

és másutt igen ritkán találkozhatunk csak vele. Ha e kor épületeit rendeltetésük és nagyságuk szerint magunk elé idézzük, akkor világosan látjuk, hogy Pollack Mihály Nemzeti Múzeumától a debreceni kurtanemesi kúriáig, a kunmadarasi és tiszaderzsi vagy Szatmár megyei parasztházig mintegy 40 éven keresztül egységes formaakarat uralkodott, a mutatkozó különbségek lényegében csak az ornamentális elemekre szorítkoztak. A klasszicista formák alkalmazása nálunk nemcsak a nagyurak, a gazdagok, a közéleti építészet sajátja volt, hanem a kisvárosoké és a falvaké is.

Végül szólni kell klasszicista örökségünk mai állapotáról is. Arról a nemtörődömségről, mellyel a műemléki hatóság és a városvédő egyesületek minden erőfeszítése ellenére szemünk láttára pusztulnak pótolhatatlan értékek. Nemcsak a háború után könnyelműen elbontott Roosevelt téri Lloyd-palotára, az Európa Szállóra vagy az alcsúti kastélyra gondolok, de azokra a csúfos átalakításokra is, melyeknek oly sok klasszicista épületünk esett áldozatul városban és vidéken egyaránt, igen gyakran helytelen, korszerűtlen felhasználásuk eredményeként.

Pedig olyan értékekről van szó, amelyekre a külföld művészettörténete is odafigyelne, ha ismerné. Az idegen nyelvű nagyobb építészettörténeti művek közül alig egy-kettőben találni valamit is a magyar klasszicizmusról, és a Nemzeti Múzeum úgyszólván az egyetlen, amelyet képben is bemutatnak. Rövid előadásomban csak felsorolni tudtam azokat a minden egyéb európaitól eltérő jellegzetesen magyar sajátosságokat, melyek külön helyet biztosítanak klasszicista építészetünknek az építészet egyetemes európai fejlődésében, és még csak nem is szóltam azokról az épülettípusokról, melyeknek művészi megfogalmazása egyedülálló eredménye klasszicista építészetünknek. Gondolok itt a kéttornyos kupolás templommegoldásokra, melyek az utolsó komoly eredményei az európai szakrális építészetnek egy olyan korban, melyben a vallásos irányú kultúrát a polgári racionalizmus és vele egy világias szellemű görög-római kultúra váltotta fel. Új épülettípusnak számít és másutt nem található meg a megyei székhelyeken gomba módra, közvetlenül a földre állított oszlopaival szinte szó szerinti értelemben is a földből kinövő megyeházák, a helyi önkormányzat büszke dokumentumai. Különleges az alaprajzuk is, mert lényegében a díszes kapualjon és lépcsőházon kívül csak egy első emeleti nagy termet tartalmaznak, kétoldalt a megyei tisztségviselők lakásaival.

A magyar embernek a termő anyaföldhöz való érzelmi közelsége mutatkozik meg a klasszicista kastélyépítészetben is, melyek általában szerény méreteikkel, a földszintre helyezett díszteremmel, előtte a földre állított osz-

lopokkal kialakított timpanonos középrizalittal, a sarkok tagolatlanságával szinte beleolvadnak a körülvevő kert fáinak sűrűjébe.

Ezek után meg merem kockáztatni azt az állítást, hogy noha a bevezetőben elmondott periodizáció szerint a romantika 150 éve alatt kialakult művészet összessége nem tekinthető olyan önálló stílusnak, mint amilyeneknek a korábbi művészettörténeti stílusokat tekintettük, hanem a legújabb kori művészet sokarcú, heterogén megnyilatkozásai mögött meghúzódó közös törekvést, alkotó módszert, esztétikai beállítottságot tekintettük a sokarcúságot egységes fejlődési folyamatba rendező erőnek, akkor a magyarországi klasszicizmussal kivételt tehetünk. A XIX. sz. első felében kialakult és nálunk páratlan kivételnélküliséggel uralomra jutott klasszicista művészetszemlélet ugyanis oly mértékben átjárta a lakosság minden rétegét és minden kulturális szintjét, oly tökéletesen igazodni tudott az építtető mindenkori gazdasági lehetőségeihez, hogy ez a művészeti igény már a stílus egyetemességével és erejével jelenik meg. Az a tény, hogy nálunk a klasszicista művészet stílussá tudott válni, igazolja és bizonyítja is különleges helyét az európai művészettörténetben, melynek egy összehasonlító építészettörténeti munka keretében történő részletes feltárása hasznos feladata lenne a magyar építészettörténet-írásnak és a magyar építőművészet külföldi propagálásának.

Merényi Ferenc

ITÁLIA '61. EGY ÉVSZÁZAD ÉPÍTÉSZETE OLASZORSZÁGBAN, 1861—1961

Az a gondolat, majd szándék, hogy ennek az igen bonyolult történelmi múltú, de hát mégiscsak alig több, mint száz esztendős országnak az építészetét a maga összefüggéseiben és ellentmondásaiban alaposabban megismerjem s egyszer talán meg is írjam, nem minden előzmény nélkül, mégis 1961 áprilisában fogant meg bennem véglegesen. Ezen a tavaszon Torino, a FIAT "fővárosa" centenáriumi ünnepségekre készült. Száz esztendővel ezelőtt, Toscana, majd Szicília, Nápoly, a Márkák (Marche) és Umbria csatlakozása után, 1861. március 17-én a torinói parlament II. Viktor Emánuelt Olaszország királyává kiáltotta ki, s így — egyelőre Velence és Róma kivételével — megszületett az egységes Olaszország. Ezt a történelmi eseményt megünnepelendő Torino városa és a FIAT művek vezetősége nagyszabású, a száz év gazdasági, társadalmi, politikai és kulturális fejlődését, eredményeit bemutató országos kiállítást rendezett "Italia '61" címmel. Nos, azon a bizonyos áprilisi délelőttön olasz és külföldi kollégák társaságában abban a felejthetetlen élményben volt részem, hogy én is ott állhattam a befejezés előtt álló Palazzo del Lavoro, a Munka Csarnoka közepén és hallhattam Pier Luigi Nervi tanár úr bölcs és türelmes válaszait a nem is mindig jóindulatú kérdésekre. Öncélú "oszloperdő"?! A magyarázkodásra kényszerülő sokat tudók kissé kesernyés mosolyával válaszolt: No, signori... Nem, uraim, de ha úgy vélik, hát legyen "erdő", ámde "ernyő-erdő". Azzal kinyitotta az addig sétabotként használt esernyőjét, a mellette állókat is erre kérte, s nekem azonnal egy — mesterségében is szikáran szigorú, alkatában is hozzá hasonló — egykori professzorom jutott az eszembe, aki alkalomadtán ugyancsak előszeretettel értetett meg velünk bonyolultnak tűnő problémákat ilyen "hétköznapi" evidenciákkal. Azután néhány órával később, fehér asztalnál egy torinói kolléga elmesélte, hogy egy ilyen nagy légterű csarnokra tulajdonképpen csak a pár hónapig tartó centenáriumi kiállítás időtartamára van szükség, igazság szerint egy olcsóbb — provizórikus — megoldás is megtette volna. De hát a Professore szerette volna ezt a régen dédelgetett gondolatát megvalósulva látni, hát most

itt az alkalom, a mecénás FIAT "meghajol" egy nagy építész-konstruktőr kísérletező kedve, tehetsége előtt. Nagy gondolat -- egyrészt, nemes gesztus -- másrészt, nem is kell hozzá más, "csak" egy Nervi meg egy FIAT. Ez az epizód, az, hogy szem- és fültanúja lehettem egy nagy alkotás, egy "potenciális műemlék" létrejöttének, az, hogy ráéreztem az erre az országra, erre a népre oly jellemző, jelentős alkotások létrejöttét lehetővé tevő légkörre, továbbá maga Torino városa, amely a történelmi kontinuitásra épülő, egymástól szakaszaiban is jól megkülönböztethető új és újabb irányzatok organikus egysége, nos, mindez együtt adta meg a végső impulzust a száz év építészetének elmélyültebb tanulmányozásához.

Félreértések elkerülése végett: első -- hét esztendeig tartó -- itáliai tartózkodásom kezdetén úgyszólván minden szabad időmet a tanulmányaim, majd oktatói munkám során megismert történeti építészetre vonatkozó ismereteim elmélyítése kötötte le. A történeti építészet szakirodalomból ismert és vágyott alkotásainak "in situ" bűvöletében egy bizonyos időnek el kellett telnie addig, amíg arra a következtetésre nem jutottam, hogy Olaszország mai és tegnapi építészete nem azonos a különböző országrészek, régiók, tartományok, városállamok tegnapelőtti történeti építészetének XIX--XX. századi eredőjével. Itt és most a témával kapcsolatban csak annak a megállapítására, leszögezésére kívánok szorítkozni, hogy addig, amíg Itália történeti építészetének ihlető, forrás-értékű vonzereje a világ bármely részéről ide zarándokoló építésze számára 1861 után továbbra is -- ma is -- változatlan, addig az olasz építészek előtt éppen az önálló és egységes Olaszország létrejöttének következményeként tárult és tágult ki a világ. A beáramló eszmék és irányzatok termékeny talajra leltek s a XIX. század első felében úgyszólván stagnáló itáliai építészet alig néhány év alatt -- a századfordulón már mindenképp -- eléri az átlagos európai színvonalat, hogy majd az első világháborút s főleg a másodikat követően -- erényeivel és hibáival egyaránt -- az élmezőnybe emelkedjék.

Állandó, fokozatos fejlődés, élvonalba érkezés: ez így túl sommás és általános. Mindazonáltal itt és most, a rendelkezésemre álló idő korlátai közt, nem tűzhetek magam elé más célt, mint azt, hogy a gyorsuló sebességű fejlődés során megtett út néhány mérföldkövére, néhány mesterre és műre utalva támasszam alá állításomat.

Előre kívánom bocsátani, hogy ami engem illet, az építészet, legalábbis a XIX--XX. századi építészet fejlődésében az alkotó építész személye után a legfontosabb tényezőnek a kellő anyagiakkal és intelligenciával rendelkező

építtetőt (mecénást) tartom, s ha ez igaz, akkor fokozottan áll Olaszország építészetének jobbik felére.

Megvallom, hogy egy-egy mű vagy irányzat vizsgálata során engem mindig nagyon érdekelt a kortárs — laikus és szakértő — közönség véleménye, ami természetesen többnyire nem azonos az utókor — egyébként az idővel ugyancsak változó — ítéletével.

Apró, eldugott kis hír a nagy tekintélyű, hetente kétszer megjelenő angol szakfolyóirat, a The Builder 1883. július 7-i számának 10. oldalán: "De Fabris úr, a firenzei székesegyház új homlokzatának építésze, a múlt hó 28-án, a nagy művének leleplezésére kitűzött nap előestéjén, Firenzében elhunyt." Néhány hét múlva ugyanott egész oldalas ábrával illusztrált három hasábos tudósítás a Santa Maria del Fiore főhomlokzatának hányatott sorsáról és a "szerencsés" megoldásról ("Florence Cathedral and Its New Facade", The Builder, 1883. aug. 18., pp. 230—231.). Tekintsünk most el attól a tengernyi újságcikktől, kritikától és szaktanulmánytól, melyek már a megelőző tervpályázatot követően, még inkább azonban a megvalósítás után — mind a mai napig — vitriolba mártott tollal bírálta és bírálja ma is ezt a megoldást. Legyünk inkább elnézőek a gyanútlan turisták százezreivel, akik mit sem sejtve, a fotócikk-ipar fejlődésének jóvoltából immár jó néhány évtizede készítik a maguk "obligát" homlokzati fotóit, természetesen a Giotto-féle campanilével együtt. Legyünk elnézőek, mondom, arra gondolván, hogy vajon a mi Velencei Carta jegyében fogant helyreállításainkat is ilyen tetszéssel fogadja-e majd s ilyen buzgalommal fogja-e fényképezni az utókor? Én itt inkább az idézett cikk befejező soraira hívnám fel a figyelmet: "... Itália újjászületése gyógyírt jelentett a firenzei székesegyház esetében is. 1860 áprilisában Viktor Emánuel király lerakta az új homlokzat alapkövét..." (uo. 231. o.). S jóllehet maga a munka csak 1875 őszén kezdődött meg, az uralkodói kezdeményezés példamutatónak bizonyult. Az új Olaszország számos jelentős templomának és székesegyházának homlokzatát "öltöztették fel" többé-kevésbé stílushűen, de mindenképpen nemes anyagokkal és jelentős költséggel. Így kapott vadonatúj homlokzatot a század utolsó harmadában, hogy csak a legismertebbeket idézzem, a "... firenzei Santa Croce (1857—1863, Nicola Matas), ... a milánói Sant'Eustorgio (1863—1865, Giovanni Brocca), a San Simpliciano (1870, Carlo Maciachini), a San Marco (1871, ugyanő), a Santa Maria del Carmine (1880, ugyanő), a San Sepolcro (1894, Gaetano Moretti és Cesare Rava), a San Lorenzo (1894, Cesare Rava), a San Babila (1905—1906, Paolo Cesa Bianchi); az arezzói (1901—1914, Dante Viviani), a nápolyi (1877—1905, Errico Alvino) és az amalfi székesegyház (1891, ugyanő)..."

(Perogalli, Carlo: Storia dell'architettura, Görlich kiad., Milano, 1964. vol. II. 883—884. o.). Bocsássuk meg most egy percre, hogy ezek az építészek nem az Athéni (1931), a Római (1931) vagy éppen a Velencei (1964) Carta szellemében oldották meg feladataikat. Ahhoz ugyanis egy fél évszázaddal később kellett volna születniük. Végül is nem tettek mást, mint amit akkor Európa-szerte mindenütt műveltek kollégáik. Sokkal fontosabb számunkra maga a jelenség: az újjászületett országban északtól délig úgyszólván mindenütt ilyen és ehhez hasonló munkálatokkal indul, de csakhamar új feladatokkal gazdagodik a kibontakozó építkezési hullám, amely kisebb stagnálásoktól és a két világháború kényszerű szüneteitől eltekintve gyakorlatilag mindmáig jellemzőnek mondható. Olaszország akkor és azóta is építkező ország.

Azt ígértem, hogy csak mérföldkövekre fogok hivatkozni. A historizmus korában ilyennek tartom **Alessandro Antonelli** (1798—1888) munkásságát, ezen belül is a novarai San Gaudenzio késői reneszánsz templom négyzete fölé emelt merész szerkezetű, 121 m magas kupolát (1841-től folyt.), valamint — és főleg — a torinói Mole Antonelliana 165 m magas tornyú szerkezeti bravúrját (terv: 1863, kivitel: 1878-tól folyt.). Antonelli ezekkel az alkotásaival mintegy összekötő kapocs az olasz építészet történeti folytonosságában a nagy barokk szerkezeti újítók és a huszadik század konstruktőr építészei között. Az első világháborúban 28 évesen elpusztult Antonio Sant'Elia (1888—1916) új szerkezeti igényeket tükröző alkotói dinamizmusát ugyan — sajnos — csak a comói Villa Olmo-ban látható rajzai őrzik, de alig egy évtized múlva **Pier Luigi Nervi** (sz. 189i) Augusteo filmszínháza (1926—1927) már egy európai léptékű konstruktőr-építész indulását jelzi, akárcsak **Riccardo Morandi** (sz. 1902) római autógarázsa (1932—1933).

A XIX. és XX. századi historizmus olaszországi hibáinak és bűneinek felsorolásával én itt és most nem foglalkozom. **Giuseppe Mengoni** (1829—1877) milánói galériájának túlzott méretű (?) diadalív-motívumú bejáratát (1865—1878), **Giuseppe Sacconi** római Viktor Emánuel emlékművét (1884—1911), **Guglielmo Calderini** neomanierista, berniniánus és garnieri Igazságügyi Palotáját (1888—1910), az apa, Pio (1846—1928) és a fiú, **Marcello Piacentini** (1881—1960) egész életművét (meg a többiekét) oly sokan bírálták ízzé-porrá énelőttem, hogy azokhoz alig lenne mit hozzátennem. Viszont az idő mindent kiegyenlítő távlatában — sine ira et studio — esetleg lenne egy s más felhoznivalóm a védelmükre.

Maradjunk meg továbbra is a mérföldköveknél. Ilyeneknek tekintem én a két világháború közti racionalista irányzat képviselőit, akár a CIAM olaszországi csoportja vagy a Gruppo 7 tagjaként, akár "szabadúszóként" működtek.

Közülük is **Giuseppe Terragni** (1904—1942) comói "Novocomum" bérháza (1927—1928), de még inkább fasiszta pártszékháza ugyanott (1932—1936) precedenst teremtő, úttörő alkotás. Terragni nem érte meg Olaszország második világháború utáni gazdasági, társadalmi és kulturális felemelkedését, csakúgy, mint a koncentrációs táborban elpusztult **Giuseppe Pagano** (1896—1945) és **Gian Luigi Banfi** (1910—1945), egykor a felszabadulás után is alkotó **BBPR** (Banfi, Belgiojoso, Peressutti, Rogers) **Studio** tagja, vagy a modern építészet harcos propagálója, a szakíró **Edoardo Persico** (1900—1936).

Az 1933-as esztendő egyébként egy nagy építészgeneráció színrelépését jelenti. Egy **Giovanni Michelucci** (sz. 1891) által vezetett építészcsoport ekkor nyeri meg a firenzei pályaudvar építésére kiírt pályázatot, s a Santa Maria Novella apszisa mögött így megvalósult épület új fejezetet nyit a műemléki környezetbe építés problematikájának történetében. **Annibale Vitellozzi** (1903—1990) és munkatársai római Termini pályaudvara (1948—1950) e gondolat szerves folytatása. Az áttörést jelzi, hogy még ugyanebben az évben a konzervatív építészet központjában, Rómában négy postapalota megtervezésére kiírt pályázat közül hármat az új építészet olyan reprezentánsai nyertek meg, mint **Adalberto Libera** (1903—1963), **Giuseppe Samona** (sz. 1898) és **Mario Ridolfi** (sz. 1904). Az okok részletezésére itt most nincs mód, de fel kívánom hívni a figyelmet egy sajátosan olasz jelenségre. A harmincas évek közepén-végén Európa-szerte, de még az Amerikai Egyesült Államokban is — legalábbis a középületek terén — a konzervatív irányzatok dominálnak. Tehát nemcsak a diktatórikus államokban, de a demokráciákban is. Olaszországban is létezik egy "hivatalos", a klasszikus formák leegyszerűsítésével operáló irányzat. Reprezentáns vezéregyénisége **Marcello Piacentini** (1881—1960). Az ő szava döntő minden jelentős állami megbízásnál. Ami különös, sajátos, csak az olasz mentalitásra jellemző, az az, hogy Piacentini a kor két legjelentősebb római középület-együttesében a konzervatív irányzat képviselői mellett a racionalista építészek jelentősebb személyiségeit is szóhoz juttatja. A római egyetemi város (1932-től folyt.) tanszéki-intézeti épületeinek tervezői között egy-egy épülettel képviselve van **Giuseppe Capponi** (1893—1936), **Gio Ponti** (sz. 1897), **Giovanni Michelucci** és **Giuseppe Pagano** is. Az 1942-re tervezett s a második világháború miatt elmaradt világkiállítás akkor "E/42" (ma EUR) városrész együttesében, igaz, némi kompromisszumok árán, az egyik legexponáltabb épületet **Adalberto Libera** kapta.

A korszak legjelentősebb, mennyiségében mindenképpen figyelemre méltó városépítési tevékenységéről, a pontusi mocsarak lecsapolása során épített új városokról, Pomesiáról, Littoriáról (ma Latina), Guidoniáról, Pontiniáról

— pusztán létesítésük pozitívumán túl — nem sok jót tudnánk mondani, ha két jelentős, a korszerű elveket képviselő építész is nem kapott volna feladatot e munkák keretében. Sabaudia városát **Luigi Piccinato** (sz. 1899) tervezte (1933—1934, munkatársai: E. Montuori, A. Scalpelli és G. Cancelotti), s ez volt Olaszországban az első település méretű korszerű városépítészeti megoldás. Áprilia hasonló szellemű tervét **Lodovico Quaroni** (sz. 1911) készítette (1936, F. Fariello és S. Muratori közreműködésével).

Mecénás és alkotó közti optimális viszony jellemző példája a **Luigi Figini** (sz. 1903) és **Gino Pollini** (sz. 1903) építészpáros, valamint az Olivetti Művek közti több évtizedes gyümölcsöző együttműködés. Az történt ugyanis, hogy a milánói V. Triennálén bemutatott műteremházuk s néhány más — kisebb — munkájuk alapján a modern olasz építészet és ipari formatervezés széles látókörű animátora és mecénása, Adriano Olivetti, a nevét — pontosabban: atyja nevét — viselő irodagépgyárak tulajdonosa, időben felfigyelt a két tehetséges ifjú építészre, s évtizedekig tartó együttműködésük egyaránt hasznosnak bizonyult mind a világhírű cég, mind pedig az olasz modern építészet szempontjából. 1934-től az 50-es évek végéig ők bővítették folyamatosan az Olivetti Művek ivreai üzemét, s különösen az 1947—49-ben épített üzemrészekben adtak tanúbizonyságot arról, hogy a korszerű ipari építészet funkcionális és esztétikai követelményeit egyaránt képesek magas színvonalon megoldani. Ivreai tevékenységük azonban nem szorítkozott csupán a szoros értelemben vett gyárépítkezésekre. Az Olivetti cég üzletpolitikájához hozzátartozik, hogy munkásait és alkalmazottait minél több eszközzel, így lakásokkal és korszerű szociális létesítményekkel is magához kösse. Figini és Pollini egész lakónegyedeket épített Ivreában (1936—37, 1940). Ugyanott, egy kis domb tetején épített óvodaépületük (1939—1941) a tájba illeszkedés mesterműve, mint ahogyan a dolgozók részére épített új szociális létesítményeik (1954—57) is a város szerves alkotóelemeivé váltak. Figini és Pollini mindazonáltal nem monopolizálta az Olivetti művek építészeti feladatait, mint ahogyan az Olivetti sem monopolizálta az építészpáros tehetségét. Így vált lehetségessé, hogy mély vallásos meggyőződésüktől vezettetve Figini és Pollini az elsők között vegyék ki a részüket az egyházi építészet megújításából. A milánói "Madonna dei Poveri" ("A szegények Madonnája") templomuk (1952—54) szerkezeti tisztaságával, az alkalmazott anyagok (elsősorban a vasbeton és a márvány) őszinte és tárgyilagos kezelésével-bemutatásával, a belső tér — nem formai elemek segítségével — ókeresztény egyszerűséget, hangulatot idéző, nemesen egyszerű kialakításával úttörő jelentőségű az egyházi építészet megújításában. E folyamat sokszínűségét, gazdagságát jelzi

Giovanni Michelucci alig tíz évvel később épült San Giovanni Battista temploma (1962) az Autostrada del Sole-n, Firenze közelében. Az utazás fáradalmainak enyhítésére, megpihenésre, testi-lelki felüdülésre hívó, sátort idéző épület a vasbeton szerkezet plaszticitásának minden lehetőségét gyümölcsöztető mesterműű.

Az eddigiek során — egy-egy mérföldkő jelentőségű művükre utalva — valamilyen formában már említettük egyebek közt **Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi, Giovanni Michelucci, Adalberto Libera, Giuseppe Samona, Mario Ridolfi, Luigi Piccinato, Lodovico Quaroni, Luigi Figini** és **Gino Pollini** munkásságát. A teljességre való törekvés igénye nélkül egészítsük ki ezt a felsorolást **Luigi Cosenza** (sz. 1905) pozzuoli Olivetti-gyárépületegyüttesével (1955), **Gio Ponti** és munkatársai milánói Pirelli-toronyházával (1961), a BBPR műterem iroda- és lakóház rendeltetésű Torre Velasca felhőkarcolójával (1956—1958), **Franco Albini** (1905—1977) római Rinascente áruházával (1961), **Ignazio Gardella** (sz. 1905) környezetbe illeszkedő lakóházával a velencei Zatterén (1957), **Carlo Scarpa** (1906—1978) ugyancsak velencei Olivetti-üzletével (1959). A névsor bizonyára korántsem teljes, mindazonáltal alkalmas annak demonstrálására, hogy milyen sok jelentős, nemegyszer iskolateremtő olyan alkotóművész munkássága bontakozott ki a második világháború után, akik még a harmincas évek közepén kezdték meg tevékenységüket. A gazdasági fellendülés időszakában az ő munkásságuk nyomán, de már egy újabb nemzedék mind aktívabb közreműködésével bontakozott ki az a tematikájában és nyelvezetében gazdag, irányzataiban szétágazó építészet, melyben az újabb, művészettörténeti beállítottságú szakirodalom megkülönböztet organikus, neorealista, neoracionalista, neoliberty, posztmodern szakaszokat, illetve római, firenzei, lombardiai "iskolákat"-irányzatokat. Anélkül, hogy ezek megtárgyalásába bocsátkoznánk, az eddigiek alapján bízvást megállapíthatjuk, hogy a tegnapi és mai Olaszország építészetének jobbik fele (az árnyoldalakról most szándékosan nem esett szó) méltóan a páratlan hazai örökséghez, legjobb alkotásaiban az egyetemes építészet, az egész emberiség értékeit gyarapítja.

Quod erat demonstrandum.

Bonta János

ÉPÍTÉSZET A POSZTINDUSZTRIÁLIS KOR KÜSZÖBÉN

Posztindusztriális kor — a megnevezés Ch. Jencks szerint David Belltől, a Harvard Egyetem tanárától származik. Iparon túli kor persze nincsen. A kifejezés költői túlzás, de jól rímel a többi poszt-előtaggal képzett megjelöléssel, mint amilyen a posztmodern is.

Az "ipari korszakot" kohók, hengerdék, szövödék, füst, korom, pára, kényerdő, megfeketedett tájak, bányászkolóniák jellemzik. Az ember igába fogta a természet nyers erőit, és segítségükkel megsokszorozta fizikai erejét, produktivitását. Az "iparon túli kort" az atom-, a biotechnika, és legegyetemesebben a mikroelektronika képviseli. Az információáram sebességének robbanásszerű fokozódásával az emberi érzékek, az idegrendszer és az agy teljesítőképessége megsokszorozódik. Laboratóriumi tisztaságú kapcsolótermek, szerelőcsarnokok, halkan duruzsoló robotok, miniatűr alkatrészeket szerelő háziasszonyok — ez a posztindusztriális ipar. Kevesen termelnek, még kevesebben végeznek fizikai munkát; a lakosság többsége — az USA-ban 60%-a — információt vesz, dolgoz fel, továbbít.

A produktivitás nagyságrendekkel nő. Évről évre több a megtermelt kemikáliák, a beszedett gyógyszerek, a lassan vagy soha el nem bomló mérgek mennyisége a talajban, vízben, levegőben és — természetesen — az élő szervezetekben is. A városok szétterülnek és megalopoliszokká nőnek össze. A természet rezervátumokba szorul. A zabolátlan termelésnövekedés következménye — a termodinamikától kölcsönzött fogalommal kifejezve — az entrópianövekedés, ami a föld és légköre zárt rendszerében potenciaveszteséghez, koncentrációcsökkenéshez, széteséshez, hulladékképződéshez, káoszhoz vezet. A változás egyirányú és megfordíthatatlan. Korunk természetpusztító tevékenységének robbanásszerű felgyorsulásával határaihoz közelít, mert a bioszféra megsemmisülésével fenyeget.

A biológia és az orvostudomány eredményeinek hatására, a higiénia terjedésével az emberiség létszáma exponenciálisan nő. De — mint tudjuk — éppen a fejletlenek száma nő megállíthatatlanul. Miközben adva vannak a minden-

kit ellátni képes termelés feltételei, mind nagyobb tömegek éheznek, hajléktalanok.

De a legfejlettebb technikát működtetők fizikai és idegi potenciálja is kimerülőben van. Megőrizhető-e az emberi szervezet egyensúlya a teljesen művi jellegű környezetben? A szuperhatékony rendszereket működtető ember alkati labilitása valamiféle hiba bekövetkezését statisztikailag nagyon is valószínűvé teszi. Aki pedig ezt a szupertechnikát tudatosan használná fel — például egy őrült diktátor —, az történetünk végére tenne pontot.

Az emberiség történelme folyamán először megpillantja fejlődésének objektív határait, fenyegető végzetét.

A megidézett problematika hatására, és a szellem, a művészet történetének belső logikájából következően — elsősorban a technika által meghódított körzetekben — megváltozik a közérzet és közhangulat. A század első évtizedeinek töretlen optimizmusát, eufóriáját, ami a modern avantgárd mentalitás hátterét alkotta, általános aggodalom, szorongás és rettegés váltja fel, ami a posztmodern szemlélet és állapot érzelmi talaja.

A modern avantgárd filozófiájának és közgondolkodásának alapja — a felvilágosodással kezdődött — univerzális racionalizmus, a hit az egyetlen, egyetemesen érvényes tudományos világmagyarázatban, a meggyőződés, hogy a progresszió folyamatos és örök: ami későbbi fejlettebb, értékesebb. Ezért a régit szüntelen támadni, pusztítani, a jövendő utópia elkövetkezését pedig türelmetlenül siettetni kell, mert a folyamatos fejlődés és felhalmozódás eredményeképpen minden emberi-társadalmi nyomorúságra szükségképpen gyógyír terem.

A modern avantgárd minden lényegi sajátossága ebből az alapállásból következik. Intoleranciája abból a meggyőződésből fakad, hogy az abszolúte érvényes elv, s az ebből levezetett értékek birtokában van. Kánon meghatározó autoritások — amilyen Le Corbusier az építészetben — megfellebbezhetetlen határozottsággal hirdetik meg azokat a normatívákat, amelyek alapján ítélkezni kell és lehet. A szembefordulókat kíméletlenül kirekesztik. Sem a köznapi ember ízlésére, sem a piac várakozásaira nincsenek tekintettel. Még az arisztokratikus elszigeteltséget is vállalják, semmint hogy dogmáikon puhítsanak.

A posztmodern mentalitás — az egységes tudományos világértelmezés naiv illúziójának szétesését követő macskajaj állapota. A világ nem kiszámítható, még kevésbé vezényelhető. A megismerésnek szükségszerű korlátai vannak. A világ, a történelem többféle módon értelmezhető. A posztmodern a sokféleség természetes zavarához vonzódik, az "is-is-hez, a vagy-vagy-gyal szemben"

(Venturi), a szabad választás lehetőségéhez. A polifon békét áhítja: a súlytalanság, az elkötelezettség nélküli pillanatnyiság édes derűjét. Nincs egyetlen királyi út, nincsenek külső mércék, ítéletosztó tekintélyek. Az alkotó szabadon választhatja meg művének kifejező eszközeit, stílusát, a műélvező szabadon interpretálhatja élményét. A posztmodern a mai ember esetlegesség-tudatának pontos kifejeződése (Heller Á.). A posztindusztriális korban a földgolyó lakosait egységbe fűzi a telekommunikáció. Bárhol, bármi jelentős történjen is, azt bárhol, bárki megtudhatja. Ilyen körülmények között a pluralizmus szükségszerű. A posztmodern művész válogatni kényszerül: sokféle világgal és sokféle stílussal él együtt -- történetivel és avantgárddal, egyetemessel és lokálissal; dolgozhat áthallásokkal, kifordításokkal, aránytorzításokkal, rájátszással stb., idézhet iróniával vagy tiszteletteljes komolysággal. Megengedheti magának, hogy bármely korban és kultúrában éljen (Ch. Jencks).

A posztmodern kapcsolatot keres a közönséggel, a megrendelőkkel. E célból megpróbál kettős kóddal dolgozni, egy populárissal a hagyományokhoz ragaszkodó tömegek számára, s a konvenciókat megmosolyogtató iróniával az elit számára.

RÖVID TÖRTÉNETI VISSZAPILLANTÁS

Az európai építőművészet évezredek alatt kiérlelődött néhány formarend különféle stílusokká rendezett elemeit variálta. A XIX. századi nagyipari fellendülés korában azonban a történelmi klisék a modern igényekkel, szerkezetekkel, technológiákkal mind élesebb ellentmondásba kerültek. Tömeges, köznapi használatuk tekintélyt sugárzó konvencionális jelentésüket elkoptatta. A századforduló újítói a kiüresedett kliséket életszerű, organikus formákkal helyettesítették. Újításaik azonban nagyobbrészt a felületet érintették. Velük szemben a modern avantgárd forradalmárai radikálisabban jártak el: a több ezer éves fejlődési folyamatot erőteljesen megszakítva az építészet létalapjaihoz, elemi tényezőihez nyúltak vissza: és ezzel új fejlődési ívet indítottak el pályájára.

A modern avantgárd építészet a természet feletti uralomra törő emberi tudás és értelem, a tiszta logika és a racionális gondolkodás világosságát árasztja: a természeti környezetet absztrakt geometrikus foglalatba helyezi; a táj antitézisét alkotja meg. Táj és építészet együttélésének hagyományos formáit elveti. A természet behatásait nem alkalmazkodással, hanem a technika kemény eszközeivel védi ki.

Az avantgárd viszonyát a korabeli tudományhoz és technikához az abszolút bizalom és lelkes odaadás jellemzi. Példaképeik: a modern járművek, az elemző-tudományos gondolkodás, a futószalagszerű gyártás. Ezt a gondolkodásmódot és technikát igénylik az építészet számára is. Az új technikával összhangzó építészet lehetőségeit kutatják, propagálják.

Az avantgárd forradalmárok a tömeges szükségletek kielégítését, a lakásnyomor enyhítését tekintik elsődleges feladatuknak. A megoldáshoz vezető első lépésnek pedig: a tudományos analízist. Mindenekelőtt az elemi-anyagi funkciókkal számolnak. De látókörük szűkösnek bizonyul, mert majdnem kizárólag csak a számszerűsíthető elemi funkciókat veszik figyelembe; az ember anyagi-szellemi, privát és társadalmi teljességét azonban szem elől tévesztik.

A rendíthetetlen bizalom a rációban a moderneket saját utópiáik közeli beteljesülésének illúziójában ringatja. Ezek szerint: a régi város csak ideiglenesen marad fenn; helyébe napfényben fürdő fehér hasábok épülnek (Le Corbusier, Plan Voisin). Illeszkedni, alkalmazkodni a régihez; ez a gondolat fel sem merül (G. Th. Rietveld Schröder-háza Utrechtben tudomást sem vesz arról a hagyományos, magastetős, téglafalú házsorról, melynek tűzfalához tapad). Néhány kiválasztott műemlék, ha mint múzeumi kincs fennmarad is, nem szervül környezetébe, csak mint zárvány ékelődik abba bele.

A modern ház elemi funkciókból kiindulóan tagolt tömegei, homlokzatai szabadon bontakoznak ki a térben. A dessau-i Bauhaus épület Segner-kerékre emlékeztető módon terjed szét. De környezetével semmi affinitást nem mutat. Az öntörvényeik szerint formált épületek sokasága azonban szükségképpen anarchiához, a város széteséséhez vezet.

A forma nem kiindulás, hanem csakis — az elemi tényezőkből levezetett — végeredmény. Breuer Marcel szerint az elemi tényezők 99%-ban meghatározzák a végeredményt. Ezek szerint az intuíció és a fantázia számára csak 1%-nyi mozgástér marad. Az új építészet nem stílus, hanem módszer (W. Gropius). Nem megengedhető, hogy hagyománnyá, stílussá merevedjen. A formát minden egyes feladat esetében újra kell teremteni. Mindez abszolút szakítás az építőművészet történetével, melyet az avantgárd felléptéig a stílusok hordoztak.

A kezdeményezők minden óvása ellenére azonban kialakul a modern építészet saját stílusa, melyben ugyanaz a formaakarat munkál, mint a korabeli kubista, futurista, konstruktivista képzőművészetekben, s a térnek és időnek — pontosabban: a tér-idő-nek hasonló szemlélete, mint amelyet a modern fizika is megfogalmazott.

A modern avantgárd merész álmaival szemben, ami bennünket mindennapjainkban körülvesz, az nem más, mint az avantgárd törekvések eltorzításával, elszürkítésével, kizárólag gazdasági-termelési szemszögből kialakított sivár környezet. A kifejezéstelen panelházak és a sematikus irodatornyok a bürokrácia és a technológia lenyűgöző hatalmára és saját tehetetlenségünkre figyelmeztető szimbólumok.

A posztmodern e modern avantgárd törekvések kritikája. A természet, a bioszféra végveszélybe került. Az aggodalom, a féltés, az érintetlen természet iránti nosztalgia érzései mindinkább elhatalmasodnak rajtunk. A posztmodern építész a természetnek a technika kemény eszközeivel történő leigázása helyett inkább — puha energiák, hagyományos szigetelési, árnyékolási módok stb. felhasználásával — alkalmazkodásra, illeszkedésre, harmonikus viszonyok kialakítására törekszik.

Ez szükségképpen a technika korlátozásával, a mai technika mellőzésével, a primitív barkácsoláshoz és kézimunkához való visszatéréssel jár. A lázadás a technika és a vele járó perfekcionizmus — a Mies-féle tökéletesség és befejezettség, az intenzív, mindent átfogó szervezettség ellen, különféle más érzésekkel keveredve sajátos stílusokban jelenik meg. Az USA-ban a természeti építészet pop elemekkel elegyedik. A fát, a követ az ipari termelés hulladékaival barkácsolják össze (H. Greene, Prairie-ház, Ch. Moore, nyugati parti cottage-ok), vagy az egész épületet ipari hulladékból tákolják össze (J. Johanesen, Mummers Theater). Fr. Gehry befejezetlen házakat ad át. "Az emberek képesek rá, hogy néhány szöget maguk verjenek be a falba..." — mondja. Általában a szépelgés kerülése, a pátosz nélküli egyszerűség, spontaneitás, véletlenszerűség, esetlegesség esztétikai kategóriává lesz. R. Venturi a reklámvilág csúf, groteszk, közönséges vonásaira hívja fel a figyelmet, melyek azonban "... a találékonyság, az irónia és a humor kiapadhatatlan forrásai". Makovecz Imre műveiben a posztmodern indulatok a paraszti építészet iránti nosztalgia érzésével elegyedve sajátos organikus-természeti-paraszti stílusba ötvöződnek.

A posztmodern a társadalmi igényekhez nem a tudományos elemzés eszközeivel, hanem a közönség, a megrendelő, a piac s annak kívánságai, ízlésvilága akceptálásával közelít.

A participation-mozgalom építészeti céljait a lakók, a megrendelők közreműködésével, velük folyamatosan kommunikálva kívánja realizálni (Ralf Erskine, The Byker Wall; Lucien Kroll, Orvosi Fakultás épülete Louvainben). A végeredmény azonban csak az építész hatásos koordináló tevékenysége esetén

elfogadható. Egyébként az esetlegesség és spontaneitás az anarchikus lázadás megjelenési formájává lesz.

A posztmodern az épített környezet vonatkozásában is átmenetre, illeszkedésre törekszik. A kontextualizmus tanítása értelmében az egyes épület csak környezetében fedi fel értelmét; elszigetelten szemlélve olyan, mint a szó, melyet a mondatból kiragadtak; értelmezhetetlen. O. M. Ungers, J. Stirling és mások összetett funkciójú, a környezet léptékét megzavaró egyetlen nagy tömb (konténer) helyett, sajátos karakterű kisebb épületekből, építészeti tájat, dekompozíciót terveznek. Bodonyi Csaba és társai Békésen hagyományos kisvárosi házakat is bevonnak a dekompozícióba, miáltal a mezővárosi szövetből szervesen kinövő építészeti táj bontakozik ki. A posztmodern legnagyobb érdeme és maradandó tanulsága az építészeti környezet iránti tisztelet felélesztése, az illeszkedés feladatának felismerése és vállalása.

Hasonló érzékenységgel vállalja a posztmodern a történelmi előzményeket is. Az emberiség nem tagadhatja meg múltját, nem élhet az absztrakt utópiának; identitástudata történetiségéből táplálkozik. A posztmodernek újra felveszik történetnek a modernek által elejtett fonalat. Olyan formákkal kívánnak szólni az emberekhez, amelyek számukra megszokottak, érzelmileg feldolgozottak, amelyekben magukra, saját világukra ismernek rá. Még az új információkat is hagyományosakkal asszociálódott formák szárnyán repítik útjukra.

A különféle alkotók és irányzatok mindegyike a maga sajátos módján idézi a történelmet. R. Venturi és követői pátosztól megfosztott, eredeti helyükről elmozdított, léptékükben eltorzított berakásokkal dolgoznak, ami inkább ironikus, mosolyt fakasztó játék, vagy egyenesen tréfa (Ch. Moore, Piazza d'Italia), semmint a kulturális örökség komoly átvétele és továbbadása. Ph. Johnson az említettekkel szemben szabályos eklektikus. Formáit a világkultúra örökségéből teljesen önkényesen választja (AT+T épület, New Yorkban), és akadémikus pedantériával alkalmazza.

Az európai racionalisták, A. Rossi és követői — a posztmodern megnevezést jellemző módon elutasítják — az építészet archetípusaihoz nyúlnak vissza. Szemben az amerikaiak iróniájával, műveikből metafizikus komolyság sugárzik, mint Giorgio de Chirico lakatlan, időtlen tereiből. Az építészet jelentős művei a kollektív öntudat hordozói, emlékművek, középületek — vallják —, melyeket klasszikus, geometrikus kompozíciókba rendeznek. A néma geometriából azonban gazdag szimbolikus jelentésű drámát bontanak ki (A. Rossi, a modenai temetőben, az üres lakóház és az üres gyárüzem szimbólumai).

A posztmodernek egy elcsendesült forradalom kiábrándult, megfáradt alkotói, akik az emberi-szakmai öneszmélés útját járják. Történeti érdemük az építészet művészi öntudatra ébresztése, hagyományos kifejezőeszközeinek újra birtokba vétele és finomítása. A forma számukra nem levezetett végeredmény, hanem önálló, aktív tényező, melyet tudatosan, mint nyelvet, mint a kommunikáció eszközét használnak. A modernek ideálja az ellentmondásmentes, homogén épület. Venturi a "Complexity and Contradiction in Architektur" c. művében tudatosítja és az építészettörténet gyakorlatában is kimutatja, hogy a forma kifejezővé, az élet feszültségeinek megjelenítőjévé a benne és a környezetében támadó ellentmondások révén lesz. Ellentmondás támad — például — az öntörvényei szerint alakított belső, és a külső között; drámájuk a homlokzaton, a bejáratnál éri el tetőfokát. Szükségszerű az ellentmondás a korszerű struktúra, valamint a történeti folytonosságot képviselő elemek között. A tudatos posztmodern ilyen és ilyenekhez hasonló ellentmondásokat épít bele művébe, hogy általuk a történelem folyamatát, az élet mozgalmasságát és végtelen sokszínűségét jelenítse meg.

A posztmodern építész eklektikus kétféle értelemben is: azáltal, hogy a stílust annak a szociális (szemiotikai) csoportnak befogadóképessége, szokásai, tradíciói szerint választja meg, amelyik számára épít; másodszor azáltal, hogy a világot behálózó telekommunikációba kapcsolódva mindenről értesülten, szabadon választja meg a stílust, a formát. A különféle elemek együttes alkalmazása feszültséget visz az épületbe, mozgalmassá, életszerűvé, a képzeletet megmozgatóvá, fiktív jelentések közvetítőjévé teszi azt.

Kis rekapituláció: Az építészeti környezet az ember és a természet közötti ütközőzónaként funkcionál. Eredendő rendeltetése, hogy az ember köré a természet ellenséges behatásai ellen védőövezetet vonjon. E kötelezettségének eleget téve az ember és természeti környezete, valamint a környezetet alakító tudomány és technika korunkra jellemző konfliktusában is állást foglal, megmutatva a kívánatos megoldás jelentősebb variánsait.

A posztindusztriális kor kihívásaira az építészet két, szellemében és érzelmi irányulásában különböző módon reagál:

— a veszélybe került emberi teljesség, természeti környezet, hagyományos kultúrértékek pusztulásának láttán feltámadó féltéssel, védő-óvó gesztusokkal, a környezetpusztítással szembeni ellenállással; mint a posztmodernek teszik.

Vagy

— előremeneküléssel; a mainál fejlettebb, ember- és természetbarát technikára támaszkodva, mint a neomodernek-neokonstruktivisták.

Néhány szót az utóbbiakról: a neomodernek-neokonstruktivisták nem azonosak a produktivizmus művelőivel, akiket kizárólag a gazdaságos építés, a maximális profit szempontjai vezetnek, és akiknek termékei sajnos a poszt-indusztriális kor környezetét is meghatározzák. De élnek és alkotnak korunkban a technika rajongói is, akik a költészet és technika közös gyermekeit, mesés utópiáit keltik életre (angol Archigram csoport). A tömegtermelés néma és embertelen technicizmusával szimbolikus jelentésű technikai látomásokat állítanak szembe. A forma kezükben is a képzeletet megmozgató nyelvként funkcionál. De a szavakat a technika szótárából merítik. H. Klotz ezért posztmodernnek tekinti őket. A világnézet, a közérzet, amelyet közvetítenek, azonban diametrálisan különbözik a posztmodernekétől.

A "New York-i ötök" és még mások az avantgárd hőskorból mint történeti forrásból merítenek; R. Meier a korai Corbusier "hófehér hajó"-ján utazik tovább, P. Eisenmann Le Corbusier mellett G. Terragni tiszta geometriájából merít ihletet, de van, aki Mies-től indul el, vagy a húszas évek szovjet konstruktivistáiból. A visszanyúlás azonban nem azonosulás. Az atmoszféra itt egészen más. A modernek őszinte hite, puritán egyszerűsége tovatűnt. A neomoderneknél minden túl tudatos, szándékolt, túlspekulált. Hejduk és Eisenmann geometriája fokozódó mértékben hermetikus. A teoretikus indítás irracionalitásba csap át. Persze a manierista módon túljátszott modern már maga a posztmodern.

A mitikus konstruktivizmus a technikát nem praktikus eszközként alkalmazza, hanem művészi kifejezésmódként, amellyel mágikus erővel hat az érzékekre. A Berlini Kísérleti Vízügyi Intézet épületéhez L. Leo gyengéd rózsaszínű csőrendszert szerkeszt, amely abszurd méreteivel megzavarja az embert, aki valami fontos tudományos-technikai funkciót sejt mögé, holott az egész indokolatlan és megmagyarázhatatlan.

Az osztrák experimentalisták, szkeptikus, ironikus módon arra használják fel a technika eszközeit, hogy általuk az emberi életet fenyegető veszélyekre figyelmeztessenek (Hans-Rucker-Co, Gelbes Herz, Grüne Lunge, Coop-Himmelblau, Villa Rosa).

A fejlett technika birtokosai között a legelterjedtebb a High-Tech építészet, amelynek célja "... nem a magas szintű technika bemutatása önmagáért, hanem az esztétikailag hatékony forma, amelyet a technikával mint eszközzel juttatnak kifejezésre" (R. Rogers, Centre Pompidou, Lloyd Biztosító Társaság székháza).

Szólnunk kell még a dekonstruktivistákról is, noha ők mind a modernt, mind az elmeszesedett posztmodern klasszicizmust elvetik és a Dadához hason-

lóan a formát közvetlenül a tudatalattiból merítik. Esetlegesen, könnyedén, összebarkácsolt technikai elemekből, áttekinthetetlen, kusza és kiegyensúlyozatlan, sőt a térérzéket egészen megzavaró műveket hoznak létre, melyekben szabadon csaponghat a képzelet. Mindezzel -- szándékuk szerint -- anarchiába torkolló korunkat kívánják megidézni.

Befejezésül felteszem a kérdést: mit hoz a jövő? Természetesen nem tudom. De abban bízom, hogy a szélsőséges kísérletek mámorából felocsúdott építészeti szellem megtalálja az utat a modernek és a posztmodernek vívmányait tudatosan felhasználó szintézishez.

K. F. Gollmann

ZUR REKONSTRUKTION DES DIANA-TEMPELS IN CARNUNTUM

Vor diesem auserwählten Auditorium ist es nicht notwendig, eine lange Erklärung zur Lage, Bedeutung und Situation von Carnuntum abzugeben. Die Entwicklung der beiden seinerzeit wichtigsten Siedlungsplätze der römischen Provinz Pannonien mit Budapest /Aquincum und Petronell/ Carnuntum sind Ihnen allen, die sich mit der Geschichte dieses Landes beschäftigt haben, wohlbekannt.

Für mich gibt es eine weitere, jedoch sehr persönliche Verbindung. Durch meine Arbeit am Projekt Archäologiepark Carnuntum habe ich Herrn Professor Dr. Hajnóczi kennengelernt und einen lieben Freund gewonnen. Hiermit möchte ich mich bei ihm für die Einladung zu diesem Vortrag ganz herzlich bedanken.

Vor einigen Jahren fasste die Landesregierung Niederösterreichs den Entschluss, mit Mitteln des Regionalisierungsfonds im Bereich der archäologischen Landschaft Carnuntum einen Archäologiepark zu errichten.

Das Projekt dieses Archäologieparks umfasst mehrere Bereiche in den beiden Gemeinden Bad Deutsch Altenburg und Carnuntum/Petronell: das Amphitheater I, das Museum Carnuntinum, die Zivilstadt, die Palastruine, das Amphitheater II und das Heidentor. In einer ersten Projektstufe soll vordringlich die Sanierung, Sicherung und die museologische Präsentation der Ruinen vorgenommen werden.

Eine der in diesem Zusammenhang vorgesehenen Massnahmen war die Rekonstruktion des sogenannten Dianatempels in der Zivilstadt von Carnuntum, die ich übernommen habe und über die ich im Zusammenhang mit dem Generalthema "Tradition und Intuition" berichten möchte.

Die Voraussetzungen für die Rekonstruktion des Dianatempels und der vorgelagerten Portikus in der Zivilstadt von Carnuntum können als nahezu ideal bezeichnet werden.

Die sogenannte "Nordstrasse", eine wichtige Ost-West verlaufende Strasse der Zivilstadt von Carnuntum, wird im Süden auf der ganzen Länge durch eine Reihe von grossen Steinpodesten, von einigen dazugehörigen Säulenbasen und

einer davon südlich liegenden, von Türöffnungen unterbrochenen Abschlussmauer begleitet. Die Vermutung, dass es sich bei dieser baulichen Situation um eine die antike Strasse begleitende Säulenhalle (Portikus) gehandelt hat, ist augenscheinlich; ein Vergleich mit anderen römischen Ansiedlungen bestätigt dies.

Wurde auch dieser Bereich der Zivilstadt schon in den späten Fünfzigerjahren ausgegraben, so kamen eine Anzahl von neuen Erkenntnissen, die entscheidend zur Klärung der Situation um den Dianatempel beigetragen haben, erst im Zuge einer Nachuntersuchung durch Prof. Dr. W. Jobst in den Jahren 1986/87 zutage. Durch sie wurde die Idee der Rekonstruktion erst möglich.

Die Grundlage für weitere Schritte zur Rekonstruktion bildete der neuaufgenommene Lageplan der Nordostecke der Insula VI, der vier verschiedene Bauperioden zeigt, wobei die erste durch eine Lehmziegel-Architektur gekennzeichnet ist.

Mit einem eingehenden Studium der Grabungsbefunde und einem ständigen Vergleichen, Sammeln, Kontrollieren und Auswerten von Informationen der Ausgrabung beginnt die Arbeit des Bauforschers an der Rekonstruktion. Zu diesem Zeitpunkt muss bereits eine Vorstellung über das mögliche Aussehen des Bauwerks, in der Form einer zeichnerischen Idealrekonstruktion, entstanden sein. Beispiele ähnlicher römischer Bauten sind bei der Durchführung einer Rekonstruktion unerlässlich; die Vergleichbarkeit muss jedoch in jedem Einzelfall genau geprüft werden. Im gegenständlichen Fall bildete die im Jahr 1987 entstandene Arbeit von Prof. Dr. Hajnóczi eine ausgezeichnete Grundlage.

Vom Studium des Baubefundes ausgehend, lässt sich anhand der vorhandenen Mauern und der ihnen vorgelagerten Säulenpodeste die grundlegende Struktur der ehemaligen Portikus erstellen. Die Frage, ob es sich bei der Portikus um eine Bogen- oder eine Architravarchitektur gehandelt hat, lässt sich heute aufgrund von konstruktiv-statischen Überlegungen mit dem Vorhandensein einer Architravarchitektur aus Holz an dieser Stelle beantworten.

Die Werksteinstücke, besonders die Steinpodeste aus einem ziemlich grobkörnigen und stark von Muschelresten durchsetzten Kalksandstein (Leithakalk), sind sehr aussagekräftig. Neben den unterschiedlich starken Spuren der Verwitterung und der Abnützung durch die Bewohner, die auf deren Verwendungsart in der Antike schliessen lassen, waren an mehreren Stellen deutliche Bearbeitungsspuren von Werkzeugen des Steinmetzes erkennbar. Gerade diese bearbeiteten Stellen erwiesen sich bei der Festlegung der Höhenlage der einzelnen Steinteile zueinander als besonders wichtig.

Auf den oberen Flächen aller Podeste sind die geringeren Verwitterungsspuren mit quadratischer Form und den Massen von ca. 62 x 62 cm gut erkennbar abgezeichnet. Dies lässt darauf schliessen, dass auf den Podesten Plinthen mit den entsprechenden Massen versetzt waren. Auch hier ist eine Kontrolle dieser Annahme wiederum möglich, da der Durchmesser des untersten Wulstes einer im Bereich der Portikus aufgefundenen Säulenbasis 60 cm beträgt (Abb. 1).

Eine Kontrolle erbrachte die Umrechnung aller Hauptmassen in römischen Fuss (1 röm. Fuss = 29,6 cm).

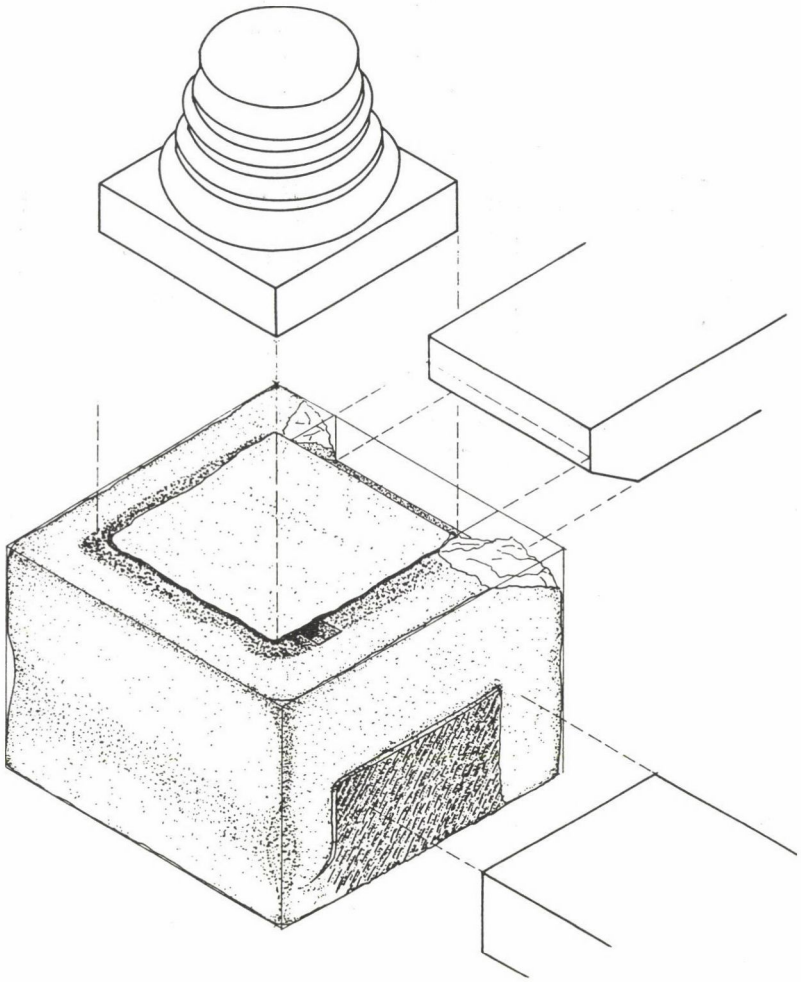


Abb. 1.

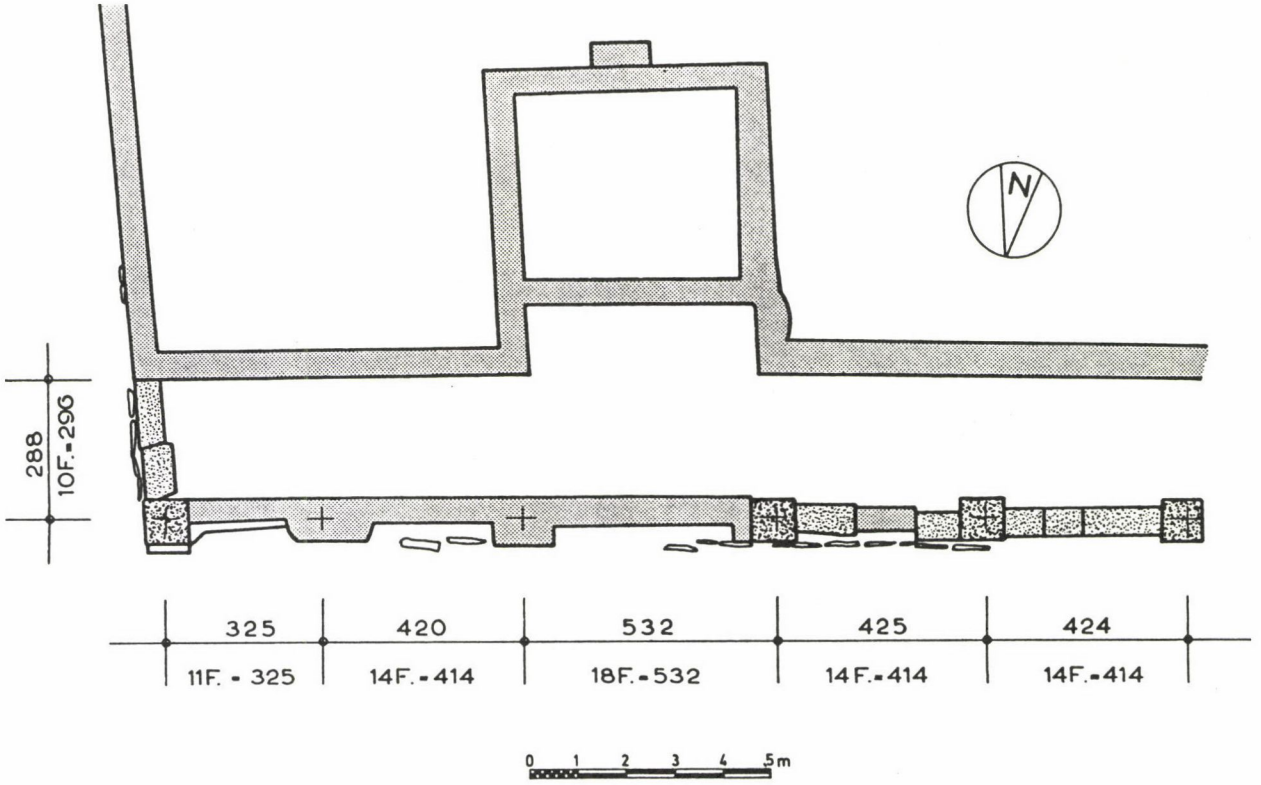

N
288
10F.-296
325
11F. - 325
420
14F.-414
532
18F.-532
425
14F.-414
424
14F.-414
0 1 2 3 4 5m

Abb. 2.

Der lichte Abstand zwischen dem ersten und dem letzten Podest ("1" und "6") beträgt 20,12 m, also genau 68 röm. Fuss; der Achsabstand der beiden äusseren Säulen konnte genau mit 72 röm. Fuss (= 21,31 m) festgestellt werden. Die Achsmasse der Interkolumnien "4" und "5", deren Podeste sich in situ befinden, betragen 4,20 m und 4,25 m; auch sie kommen nahe an ein ganzes Fussmass heran (14 Fuss = 4,14 m) (Abb. 2).

Etwas schwieriger gestaltete sich die Situation beim Interkolumnium "2". Trotz des Fehlens beider Steinpodeste ist deren Vorhandensein durch die Verbreiterungen in den Fundamentmauern gesichert, ohne jedoch einen brauchbaren Hinweis (Abdruck) auf ihre genaue Lage in der Längsrichtung zu geben. Das grösstmögliche Mass der Längsabweichung liegt bei einem römischen Fuss. Geht man aber davon aus, dass das vor dem Tempel liegende Interkolumnium durch die beiden vorgezogenen Mauerscheiben (Anten) bestimmt wird — von Mauermitte zu Mauermitte beträgt ihr Achsabstand 5,33 m, das entspricht genau 18 Fuss —, so passt das östliche Podest "3" auf das vorhandene Fundament. Das Interkolumnium "2" kann daher in Übereinstimmung mit dem Fundament der Säule "2", mit einem annähernd gleichen Mass wie das symmetrisch dazu liegende Interkolumnium "4", also mit 4,20 m (= 14 röm. Fuss + 6 cm), festgelegt werden. Für den Säulenabstand zwischen Podest "1" und "2" (Interkolumnium "1") verbleiben demnach 3,25 m (= genau 11 röm. Fuss).

Eine Kontrolle ist auch für die östliche Hälfte der Portikus gegeben. Vom bestehenden Podest "4" zum Podest "1" beträgt der Abstand 14,65 m = 49,5 Fuss. — Einen halben Fuss, 14,8 cm, gilt es auf 4 Abschnitte aufzuteilen; die mögliche Fehlerquote liegt bei 1/8 Fuss oder 3,7 cm. Allein die Steinpodeste weisen untereinander schon grössere Massunterschieds auf, sodass diesem Punkt keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Die lichte Breite der Portikus ist durch die Lage der Podeste "1", "4", "5", "6", durch die Fundamente der die Podeste verbindenden Mauern und durch die südliche Abschlussmauer gegeben, sie beträgt 8 röm. Fuss (2,36 m).

Die Tempelcella ist in ihrem Grundriss durch den archäologischen Befund klar vorgegeben; sie zeigt ein um 3^{o} vom rechten Winkel abweichendes Parallelogramm. Interessant war die Tatsache, dass die westliche Aussenwand im Bereich der Cellanordwand eine Versetzung aufweist, die ihren Grund darin zu haben scheint, dass seinerzeit beim Bau versucht wurde, eine Flucht zur Achse der Säule "4" herzustellen. Der im Süden der Cella an die Aussenwand angelenkte, durch eine Baufuge getrennte Mauerpfeiler dürfte als später hinzugefügter Stützpfeiler gedient haben, da die Cellasüdwand über einer Abfallgrube einer früheren Bauperiode errichtet wurde.

Bislang wurde nur die Rekonstruktionsarbeit in der Grundrissebene besprochen. Es soll aber keinesfalls der Eindruck entstehen, dass bei allen Bemühungen nicht von Anfang an der dritten Dimension die allergrösste Bedeutung beigemessen wurde. Es ist selbstverständlich, dass laufend Entwurfsskizzen erstellt wurden, welche die räumliche Situation erfassten und diese mit einem Leitbild -- einer zeichnerischen Idealrekonstruktion -- in Kongruenz gebracht wurden (Abb. 3).

Aufgrund der Tatsache, dass neben ausreichenden Beweisen für die Stellung der Portikussäulen die bereits erwähnte Säulenbasis und ein für die Zwecke der Rekonstruktion ausreichend grosses Fragment eines Blattkranzkapitells vorhanden waren, konnte in weiterer Folge auch an den Bau der Strassenhalle gedacht werden.

Mit diesen beiden Bauteilen standen neben der Möglichkeit einer Datierung die für die Rekonstruktion der Bauwerkshöhe wichtigen unteren und oberen Säulendurchmesser fest. Eine Berechnung der Säulen- und damit auch

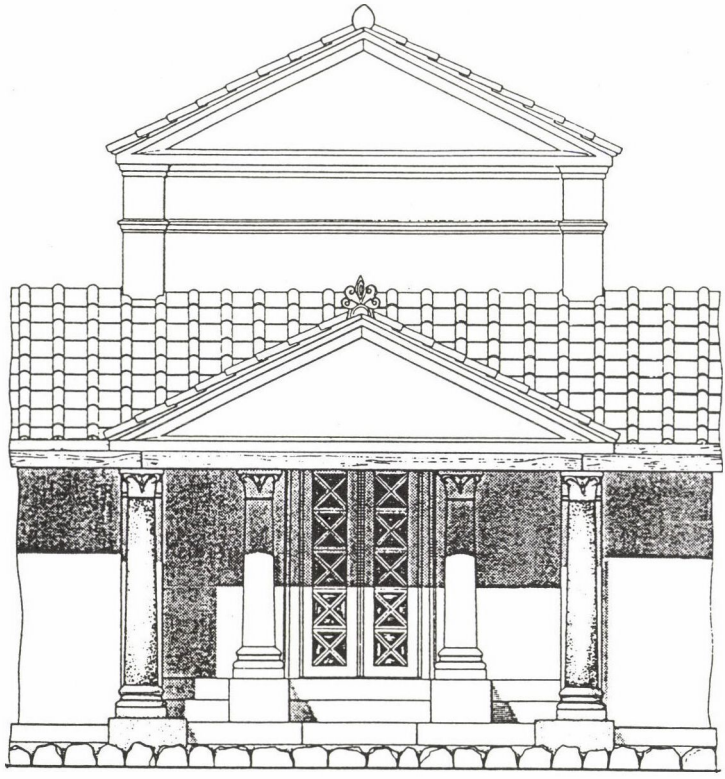


Abb. 3.

der Porkikushöhe nach den in der antiken Architektur üblichen und bereits bei Vitruvius beschriebenen Massverhältnissen war nun naheliegend. Die Entscheidung, welche der Ordnungen seinerzeit Verwendung gefunden hat, war aufgrund des Kapitells leicht zu treffen. Es kam nur eine Kompositordnung in Frage. Den extremsten Fall als Beispiel angewendet, beträgt die Höhe der Säule einer Kompositordnung bei einem Verhältnis von 10 unteren Säulendurchmessern 10 x 42 cm = 4,20 m. Gegen diese Höhe war vorerst nichts einzuwenden, doch zeigte bereits der nächste Schritt der Untersuchung, dass in der Folge die Portikus-Südmauer eine Höhe von etwa 6,50 m erreicht hätte. Die Standfestigkeit dieser nur im Bereich der Cella querversteiften Mauer wäre nicht mehr gegeben. Die zur Überprüfung durchgeführten Proportionsstudien erbrachten ein ebenfalls nicht zufriedenstellendes Resultat; der subjektiv-optische Eindruck war unbefriedigend.

Eine Reihe von Varianten wurde erwogen, bei der die Konstante, der Säulendurchmesser, mit den variablen Randbedingungen in Abhängigkeit gebracht wurde. Das Ergebnis war eine Säulenhöhe von 7,0 unteren Durchmessern.

Am Rande sei vermerkt, dass für alle sechs der äusseren Portikussäulen die gleichen Säulendurchmesser angenommen wurden. So erschien die Ecksäule im Nordosten (Säule 1) daher merklich dicker als die anderen, da sie Aufgrund des höher liegenden Podestes eine geringere Länge aufweist. Dieser Eindruck kehrte sich nach dem Einbau bzw. nach Abschluss der Arbeiten eher ins Gegenteil um und bestätigt die immer wieder beschriebene Usance der Verstärkung der Ecksäulen in eindrucksvoller Weise.

Ein Aspekt, dem anfangs zuwenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, stellte sich schliesslich als ganz entscheidend für alle weiteren Schritte heraus: die vorhandene Basis hat Anstelle eines Dübelloches üblicher Grösse eine Öffnung von ca. 14 x 14 cm, bei einer Tiefe von über 10 cm. Für einen Metalldübel ein viel zu grosses Dübelloch. Selbst die Verwendung eines Hartholzdübels hätte zu keiner so grossen Öffnung geführt. Ein Holzdübel, der mit Druck in die Dübellöcher gepresst werden muss, würde zu einer beträchtlichen Schwächung des Säulenschaftes führen, es könnte sogar zu einer Absprengung desselben kommen.

Die in diesem Zusammenhang geäusserten Vermutungen wurden immer wahrscheinlicher: es wurden bei diesem Teil der Portikus Holzsäulen verwendet!

Die Strassenhalle kann als eine ausgesprochene Alltags- und Gebrauchsarchitektur bezeichnet werden; es war also beim sprichwörtlichen Holzreichtum Pannoniens naheliegend, einen Baumstamm zu entrinden, diesem zur Aufnahme in der Basis und im Kapitell je einen Vierkantzapfen anzuarbeiten, um

ihn dann in die im Stein vorbereiteten Öffnungen einzufügen. Eine natürliche Entasis ist bei dieser Art von Säule bereits vorhanden.

Das völlige Fehlen von Fundmaterial, das auf Steinsäulen hinweist, kann ebenfalls als Indiz für Holzsäulen gewertet werden. Um die zeichnerischen Proportionsuntersuchungen einer weiterreichenden Überprüfung zu unterziehen, wurde ein Strukturgerüst aus Holz errichtet. Dieses Strukturmodell, das die wichtigsten körper- bzw. raumbildenden Elemente des zukünftigen Bauwerks aufwies, war für Fachleute wie auch für Laien eine sehr gute Anschauungshilfe und Diskussionsgrundlage. Uns heutigen Menschen sind bei aller Kenntnis antiker Vorbilder, die meist nur die Werke der Hochkultur zeigen, kaum Beispiele der viel vergänglicher gebauten Alltagsarchitekturen geläufig. Es wird durchaus vonnöten sein, das "Sehen" einer kritischen Überprüfung zu unterziehen.

Das Einsetzen eines Giebels in die Dachfläche der Portikus war lange Zeit ein umstrittenes Vorhaben. Fest steht, dass die Vergrösserung des 3. Interkolumniums um 4 röm. Fuss nicht zufällig vorgenommen wurde und dass Interkolumnium und Achsmass der Anten übereinstimmen. Dies deutet auf eine bewusste Betonung dieses Bereiches hin. Ein in einem Strassenverband mit durchgehender Portikus liegender Kultraum wird kaum wahrgenommen. Es bedarf dazu eines Zeichens, um für den auf der Strasse oder auch am gegenüberliegenden Gehsteig vorbeigehenden Menschen als solcher erkannt zu werden. Ein Giebel würde die Funktion des Zeichens gut erfüllen und auch die bei einer Spannweite von 5,32 m auftretenden statischen Fragen lösen.

Ein besonderes Problem stellte die Rekonstruktion des Daches mit den entsprechenden Anschlüssen und Details dar. Am Beginn musste in einer Messreihe ein durchschnittliches Mass der in Carnuntum verwendeten Leistenziegel und Abdecksteine gefunden werden. Davon ausgehend erfolgte unter der Vorstellung, nur die in der Antike verwendeten Werkzeuge und Materialien zur Verfügung zu haben, die Konstruktion der Detailpunkte. Eine weitere der selbst gestellten Bedingungen war, die Eindeckung der Dachflächen nur mit ganzen Ziegelformaten durchzuführen. Es sollten keine Ziegel geschnitten oder gebrochen werden. Die zu diesem Zeitpunkt bereits in ihrer Grösse festgelegten Dachflächen liessen sich dann auch ausschliesslich mit ganzen Dachziegeln eindecken. Damit ist der Nachweis erbracht, dass die gewählte Dachneigung von 1:2 ($= 26{,}5^{o}$), das gefundene Ziegelformat und die rekonstruierten Bauwerksteile in einem zusammenpassenden, modularen Verhältnis stehen.

ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

XXII. 3—4.

INHALTSAUSZÜGE

*

PE3ЮME

*

SUMMARIES

*

RÉSUMÉS

Mitteilungen der Ausschüsse für Bauwissenschaft, Theorie und Geschichte der Architektur, Boden- und Gebirgsmechanik, Mechanik der Tragwerke und Siedlungswesen der Abteilung für Technische Wissenschaften der Ungarischen Akademie der Wissenschaften

*

Сообщения Строительной Комиссии, Комиссии по теории и истории архитектуры, комиссии по механике грунтов и пород, механике несущих конструкций, а Градостроительству при Отделении Технических Наук Венгерской Академии Наук

*

Reports of the Committees of Constructional Engineering, Architectural Theory and History, Soil and Rock Mechanics, Structural Engineering and Civic Developments included in the Hungarian Academy of Sciences, Technical Department

*

Revue des Comités de la Construction, de la Théorie et de l'Histoire de l'Architecture, de la Mécanique des sols et des roches, de la Mécanique des Structures et de l'Urbanisme, de la section des Sciences techniques de l'Académie des Sciences de la Hongrie

"TRADITION UND INTUITION"

Über die Tagung des Instituts für Geschichte und Theorie der Architektur, Technische Universität Budapest, 13.–14. Dezember 1990

Diese wissenschaftliche Tagung wurde von der Fakultät für Architektur, TUB, zu Ehren von Margit B. Szűcs, János Bonta, Gyula Hajnóczi, Ferenc Merényi und Alajos Sódor und anlässlich ihres beinahe gleichzeitigen in den Ruhestand Tretens veranstaltet. Bei dieser Angelegenheit nahm eine Generation Abschied von den Gebundenheiten der täglichen Unterrichtsarbeit. Sicherlich wird ihre Verknüpfung mit dem Unterricht und hauptsächlich mit der Forschung nicht aufhören; ihre wissenschaftliche Tätigkeiten, Lebensläufe verdienen jedoch, ihre bisherige Lebenswerke in unserer Zeitschrift nicht nur durch die Publizierung der Vorträge dieser Konferenz, sondern auch durch die Zusammenfassung ihrer fachliterarischen Tätigkeit — eine der wichtigsten Teile ihrer Lebenswerke — zu würdigen.

Diese wissenschaftliche Tagung wurde mit einer Ausstellung in der Aula der Technischen Universität ergänzt: neben der Vorstellung ihrer Bücher wurden an der Austellung — unter den Gegebenheiten der vorhandenen engen Möglichkeiten — auch ihre baukünstlerischen schöpferischen Tätigkeiten zusammengefasst. Die Ausstellung wurde von Béla Borvendég, Vorsitzender des Verbandes Ungarischer Architekten, eröffnet.Die Ausstellung hatte den Zweck, neben den wichtigsten Schriften und Bücher mindestens die Bedeutung ihrer baukünstlerischen und Denkmalschutztätigkeiten zu bewerten. Diese Ausstellung — die von den jüngeren Lehrkräften des Instituts sorgfältig organisiert wurde — sollte die Ergebnisse beinahe eines halben Jahrhunderts von fünf bedeutenden schöpferischen Leben widerspiegeln.

Dieses Heft unserer Zeitschrift enthält — neben Vorträgen der Gefeierten — Vorträge am ersten Tag von eingeladenen ausländischen Gästen: Fridrich Gollman aus Graz, Prof. Kurt Milde aus Dresden und Prof. Peter P. Schweger aus Hannover, sowie von ungarischen Fachleuten: Miklós Horler und József Finta.

Am zweiten Tag hielten Lehrer und Forscher des Instituts Referate, aus denen aber nur eine Auswahl vorsteht, um zu zeigen, dass im Institut auch heutzutage eine aktive Forschungsarbeit geleistet wird.

An der Tagung wurden die Gefeierten schriftlich oder mündlich von hervorragenden Wissenschaftlern begrüsst, wie Prof. Jenő Rados, Anna Zádor, die die bauhistorische und theoretische Tätigkeit von Margit B. Szűcs schätzte; Géza Entz, der unter dem Titel "Vorschauerinnerung" die architekturtheoretische Tätigkeit der Wissenschaftlergeneration im Entwicklungsprozess dieses Wissensbereiches bewertete; Klára Póczy, die über die Verantwortlichkeit des Archäologs sprach; und der — leider seitdem verstorbene — Professor Lajos Németh, deren Gedanken über die "Verantwortlichkeit des Architekten" nicht mehr vereinzelt heraufbeschwört sein können, nur lässt es sich erinnern, dass er damals über die aus der Sicht unseres Architekten-

berufs aktuellsten, beruflich quälenden Fragen, über die moralische Verantwortlichkeit sprach, die die innerste Triebkraft sowohl des schöpfenden Architekts als auch des Wissenschaftlers darstellt, und ein zu bewahrendes Gedächtnis dieser Generation der Wissenschaftler Erbschaft der neuen Generation ist.

"TRADITION AND INTUITION"

On the Session of the Institute of History and Theory of Architecture, Technical University of Budapest, December 13—14, 1990

This Scientific Session was organized by the Faculty of Architecture of the Technical University of Budapest in honour of Margit B. Szűcs, János Bonta, Gyula Hajnóczi, Ferenc Merényi and Alajos Sódor, in comemoration of their close retirements. By this occasion, a generation of architecture historians bade farewell to ties of everyday education work. Of course, their relation neither to education — and the less to research — takes and end thereby; their scientific activities, carriers merit, however, to appreciate their hitherto lifeworks in this periodical not only by publishing papers at this Conference but also by recapitulating essentials of their oeuvres, special literary activities.

The scientific session was complemented by an exhibition in the Aula of the Technical University: in addition to their books — within the available narrow limits — also their architectural creative activities were presented. This exhibition was inaugurated by Béla Borvendég, chairman of the Association of Hungarian Architects. It was expected — in addition to presenting essential books, papers — at least to recall the significance of their activities in architecture and in monuments preservation. This exhibition organized with much care by young members of the teaching staff of this Institute was expected to give an impression of events of nearly half a century, of five significant creative lives.

In this issue — in addition to first-day lectures by the celebrated — those by invited lecturers from abroad will be published, such as Fridrich Gollman from Graz, Prof. Kurt Milde from Dresden, and Prof. Peter P. Schweger from Hannover, as well as by Hungarian specialists, such as Miklós Horler and József Finta.

The second day was reserved for reports by teachers and researchers of this Institute, of them, however, only a selection can be given, to demonstrate that there is still an active research work going on at this Institute.

The celebrated were greeted by papers or verbally by outstanding personalities of the history of arts such as Prof Jenő Rados, Anna Zádor appreciating activities in history and theory of architecture by Margit B. Szűcs; Géza Entz evaluating in his paper "Recollection Looking Ahead" architecture historian activities of this generation of scientists within the process of development of this discipline; Klára Póczy referring to the archaeologue's responsibilities, and Professor Lajos Németh — deceased since — the ideas of whom "On the Architect's Responsibilities" cannot be quoted in detail any more, only remembered that also then he spoke of the most actual, harassing problems of the architect's profession, of the moral responsibility, innermost mover both for creative architects, and for scientists, memory from this generation of scientists — heredity of a new generation — has to be preserved.

Bautechnik und Bauausführung: Alle Bauten im Bereich der Zivilstadt hatten, wie es die Ruinen zeigen, ein ähnliches Bauschema. Es wurden die gleichen Materialien und Bautechniken angewandt — Steinschüttungen im Fundamentbereich, aufgehende Mauern als Bruchsteinmauern mit Kalkmörtel vermauert. Auch die Mauerstärken zeigen ein sehr einheitliches Bild: ca. 60 cm Mauerstärke für die Aussenmauern von Wohnbauten und etwa 30 cm für Innen- oder Zwischenwände. Nur Bauten für besondere Funktionen und öffentliche Bauten weisen oft auch wegen ihrer grösseren Räume stärkere Mauern auf.

Wenn auch die Bauten der ersten Bauperiode der Zivilstadt zumindest im Bereich der Nordostecke der Insula VI noch mit luftgetrockneten Lehmziegeln errichtet wurden, so dürfte diese Bauweise in der Folge nur mehr ausserhalb der Stadt für untergeordnete Bauten Verwendung gefunden haben. Ähnliche Verhältnisse werden auch für die verschiedenen Holzbauweisen und deren Mischformen (Fachwerksbauten, Flechtwerke etc.) gegolten haben. Der gebrannte Ziegel, für Jahrhunderte der wichtigste Baustoff in Rom oder Ostia, findet als Mauerziegel im Wohnhausbau Carnuntums nur wenig Verwendung.

Bedeutend häufiger in Verwendung waren die Dachziegel (tegula = Dachplatte oder Leistenziegel und imbrex = Abdeckstein); man kann annehmen, dass jedes Haus in der Zivilstadt ein Ziegeldach hatte. Das System der römischen Dachziegel ist technisch hoch entwickelt, überaus variabel, anpassungsfähig und auch sehr widerstandsfähig.

Bei der Errichtung der Rekonstruktion wurde nach reiflichen Überlegungen und auch aus Kostengründen für Betonfundamente und Ziegelmauerwerk entschieden. Die Aufmauerung der Sockelzonen erfolgte mit einem Kalk-Trassmörtel gebundenen Natursteinmauerwerk bis in die Höhe des antiken oder restaurierten Mauerwerks vor Baubeginn. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass der Grossteil des Mauerwerks, das durch die Rekonstruktion des Dianatempels und der vorgelagerten Portikus abgetragen werden musste, kein original antikes, sondern vielmehr restauriertes, nach den Ausgrabungen der Fünfzigerjahre mit Zementmörtel widererrichtetes Mauerwerk war.

Alle für die Rekonstruktion nachgebauten Steinteile, mit Ausnahme der Kapitelle, sind aus Naturstein gearbeitet — ein Kalksandstein aus einem Steinbruch bei Mannersdorf, der eine sehr grosse Ähnlichkeit mit dem originalen Steinmaterial aufweist. Bis heute ist die Herkunft der in der Zivilstadt verwendeten Werksteine nicht geklärt. Die Kapitelle sind nach Abformung und Ergänzung des vorhandenen Kapitellfragments in Kunststein abgegossen. Das Eingangstor in den Tempel ist einem antiken Vorbild nachempfun-

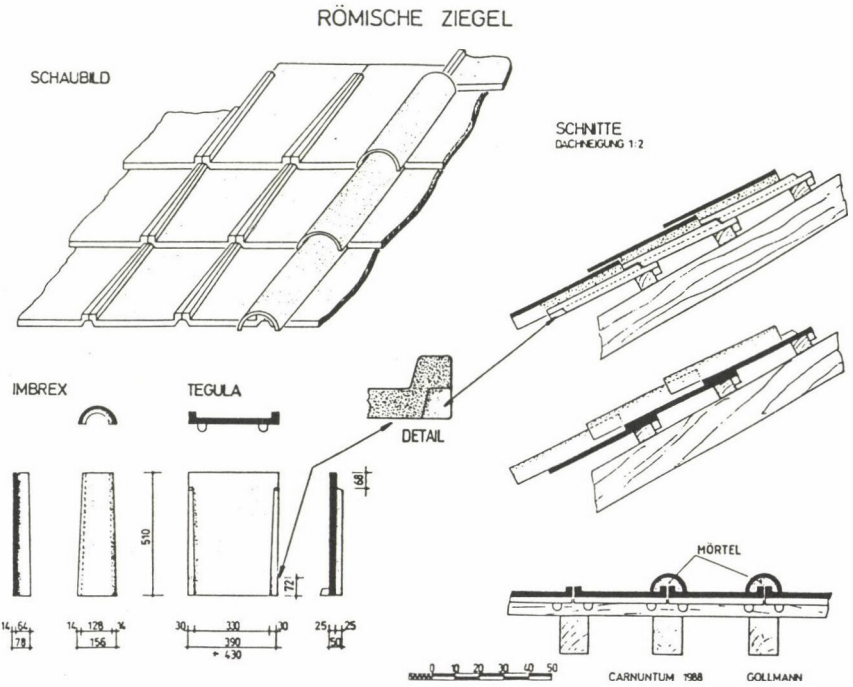


Abb. 4.

den, dagegen ist das Steingewände durch ein Stück der antiken Türumrahmung weitgehend belegt.

Für das Erscheinungsbild eines Bauwerks und besonders das einer Rekonstruktion ist die Wirkung des Daches von grösster Bedeutung. Für die Eindeckung der Dächer musste daher eine Ziegelei gefunden werden, die römische Dachziegel möglichst originalgetreu herstellen konnte. Schliesslich ist es gelungen, eine steierische Ziegelei für diese Aufgabe zu gewinnen (Abb. 4).

Eine Unsicherheit bei dieser und bei den meisten anderen Rekonstruktionen liegt im Aussehen und in der Lage der Fenster. Jedoch steht fest, dass den Römern verglaste Lichtöffnungen bekannt und dass für die Cella Belichtungsöffnungen erforderlich waren. Dieser Kompromiss musste eingegangen werden.

Die Vollrekonstruktion des Dianatempels und der Strassenhalle erfüllt seit der Eröffnung im Juni 1990 den Zweck eines Grabungsmuseums.

VERWENDETE LITERATUR

W. Jobst, E. Rudolf u.a., Carnuntumjahrbuch 1987, S. 151 ff.

J. G. Hajnoczi, Versuch einer ideellen Rekonstruktion eines Siedlungsteiles aus der Römerzeit, Carnuntumjahrbuch 1988.

A. Kieslinger, Gesteinskunde für Hochbau und Plastik, österr. Gewerbeverlag 1951.

R. M. Swoboda-Milenovic, Carnuntumjahrbuch 1955 (1956), S. 42.

Vitruvius Pollio, Zehn Bücher über Architektur, 3. u. 4. Buch, übersetzt und erläutert von Jakob Perstel, Verlag Valentin Koerner, Baden-Baden 1985.

A. Glaser, Die Bayern und ihre Nachbarn, Verlag der österr. Akademie der Wissenschaften, 1985. (Glaser errechnet aufgrund des Standsicherheitsnachweises für ein mörtelvermauertes Bruchsteinmauerwerk bei einer Mauerstärke von 0,5 m eine max. Höhe von 4,50 m).

J. Durm, Die Baukunst der Römer, Alfred Körner Verlag, Stuttgart 1905, S. 372 ff.

K. F. Gollmann, Architektur und Archäologie, Schutz von antiken Ausgrabungen, Habil.-Schrift Graz (1987).

Kurt Milde

DIE GUTE FORM

Tradition und Neurertum — das Thema unseres Ehrenkolloquiums — umfasst das Spannungsfeld menschlicher Entwicklung. Und der Historiker ist verpflichtet, die von ihm behandelten gesellschaftlichen Geschehnisse der Geschichte nicht zuletzt unter diesem Blickwinkel zu betrachten, wenn es ihm gelingen soll, jene Seiten der Geschichte zu bestimmen, die durch die Synthese von Bewährtem und notwendigem Neuen zu einer höheren Qualität der menschlichen Kultur geführt haben.

Tradition und Neurertum sind daher auch die Schlüsselbegriffe für das Verständnis jenes kulturellen Umbruchs, der sich um 1900 vollzogen hat. Eins der wesentlichen Momente im Bemühen um die Überwindung des seelenlos gewordenen Historismus war das Suchen nach der guten Form. Da gerade dazu in Dresden ein wesentlicher Beitrag geleistet worden ist, möchte ich mich mit diesem Bemühen eingehender auseinandersetzen.

Zugleich widme ich diese Überlegungen meinen verehrten Kollegen, die nun aus dem aktiven Dienst als Hochschullehrer ausscheiden und mit denen mich eine langjährige, sehr fruchtbare Zusammenarbeit und Freundschaft verbindet.

Wer die Geschichte Dresdens im vorigen Jahrhundert kennt, weiss, dass es keine direkte Verbindung zwischen der entwicklungsträchtigen Zeit von 1830 bis 1848 und den grossen Ausstellungen um 1900 gibt, denn Dresden war in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts alles andere als ein Hort des Fortschritts. Daraus resultiert sofort die Frage, wieso dann Dresden so plötzlich einen bevorzugten Platz in der europäischen Kulturentwicklung einzunehmen vermochte?

Die Lösung des Problems muss offenbar im gesellschaftlichen Strukturwandel gesucht werden, der sich in den neunziger Jahren mit der rasch hintereinander vorgenommenen Eingemeindung der rings um Dresden entstandenen

*Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. Kurt Milde, Technische Universität Dresden, Institut für Baugeschichte, Architekturtheorie und Denkmalpflege

Industriedörfer vollzogen hatte. Dieser Prozess führte dazu, dass der Unternehmen sowie alle von seiner Lebensweise geprägten Bevölkerungsschichten nun politischen und kulturellen Einfluss in der bisherigen Beamten- und Pensionärstadt Dresden gewannen. Das Besondere an diesen neuen gesellschaftlichen Kräften war, dass sie nicht der Grundstoffindustrie, sondern der konsumbestimmten Industrie zugehörten, die sich damals sehr rasch in Dresden entwickelte und deren führenden Köpfe meist selbst aus unteren Schichten kamen.

Als Beispiel für diesen Unternehmertyp sei der Zigarettenfabrikant Hugo Zietz genannt.[1] Er konnte sich 1907 ein neues Werksgebäude für seine 1886 gegründete "Orientalische Tabak- und Zigarettenfabrik Yenidze" durch den damals noch recht unbekannten Architekten Martin Hammitzsch errichten lassen. Es hat heute für Dresden fast ebenso grossen Symbolgehalt wie der Zwinger. Zietz hatte seiner zunächst bescheidenen Fabrik den Namen einer kleinen türkischen Ortschaft in einem der bekanntesten Tabakanbaugebiete gegeben, aus dem er unter anderem seinen Rohtabak bezog. Binnen kurzem vermochte er bei einer Gewinnspanne von 90% (!) seine Produktion so zu steigern, dass er bereits um 1900 als Sieger aus dem Konkurrenzkampf mit 80 anderen Fabriken hervorgehen konnte. Die nach weiterem rasantem Aufschwung in Angriff genommene neue Zigarettenfabrik ist aber nicht nur wegen ihres orientalischen Äusseren erwähnenswert. Sie ist auch ein historisch beachtlicher Stahlbetonbau, ja, wenn man der Literatur Glauben schenken darf, ist sie sogar der erste Industriebau in Deutschland, der durchgängig in Stahlbetonskelettbauweise errichtet worden ist. Diese Bauweise hat sich bewährt, denn in der Folgezeit konnte so ohne allen Aufwand den immer wieder nötigen technologischen Veränderungen entsprochen werden. Ebenso bemerkenswert ist aber auch der hohe soziale Standard dieser Fabrik. So befand sich im fünften Stockwerk eine Küche mit Speisesaal für 1000 Arbeiter, der — so hiess es in der zeitgenössischen Literatur — den "Eindruck eines Fürstensaales in einem alten romanisch-byzantinischen Schloss" gemacht habe.[2] Ferner gab es eine Badeanlage, die den Arbeitern unentgeltlich zur Verfügung stand und deren "weisse Kacheln und weisse Emaillewannen" ihr "das Äusserste von Sauberkeit

[1] Kube, Ricarda: Schilling und Graebner (1889—1917). Das Werk einer Dresdner Architektenfirma. Diss. A, Dresden TU 1988. Maschinenmanuskr. Teil I. S. 22f.

[2] Bohmann, Regina: Die Baugeschichte der Yenidze vom Baubeginn bis in die Gegenwart. Übungsarbeit, Dresden TU 1985. Institut für Baugeschichte, Architekturtheorie und Denkmalpflege. Maschinenmanuskr.

und Eleganz" gegeben hätten.[3] Im Kuppelraum waren schliesslich Ruhehallen für die Frauen und Männer eingerichtet worden, wo Zeitschriften auslagen und Feldbetten und Liegestühle standen, auf denen "ältere Arbeiter in den Pausen, völlig ungestört, ausruhen und ihr Mittagsschläfchen halten" konnten.[4] Nicht zuletzt ist zu erwähnen, dass der Energiebedarf durch ein eigenes Kraftwerk gedeckt wurde, dass das gesamte Gebäude innerhalb einer halben Stunde erwärmt werden konnte und dass die Arbeitssäle ausgezeichnet belichtet und belüftet waren. Zwar ist es verständlich, dass Walter Gropius mit seinem Fagus-Werk bei den Architekten und schon gar bei den Architekturhistorikern mehr Beifall gefunden hat als Hammitzsch, aber für die Antwort auf die Frage, welche geistigen Grundlagen wohl in Dresden wirksam gewesen sein mögen, auf denen der beachtliche Beitrag zur europäischen Kunstentwicklung geleistet werden konnte, scheint mir die Kenntnis solcher Bauvorhaben doch von Bedeutung zu sein: All das, was Gropius um 1911 im Hinblick auf die Gestaltung des Arbeitsplatzes fordern sollte, ist hier durch Tietz und Hammitzsch 1907 verwirklicht worden.

In allen diesen damals für Dresden massgebenden Werken, in der Nähmaschinenfabrik von Seidel und Naumann, den Kamerawerken Heinrich Ernemanns oder der Sanitärkeramischen Fabrik von Villeroy und Boch -- um nur einige zu nennen -- war nicht der schwer arbeitende Werktätige, sondern der intelligente Facharbeiter erforderlich, der dementsprechend gut verdiente und auch einige Ansprüche an seine Wohnung und die Freizeit stellte. Das wiederum gab weitsichtigeren Künstlern und Unternehmern den Anreiz, sich mit dem Wohnumfeld des Arbeiters zu befassen -- vor allem waren billige Möbel gefragt. Das war der Boden, auf dem durch den Initiator von Hellerau, Karl Schmidt, 1899 die Dresdener Werkstätten für Handwerkskunst gegründet werden und auch erfolgreich arbeiten konnten. Auch Schmidt war ein einfacher Handwerker gewesen, der in ausgiebigen Wanderfahrten in den verschiedenen Ländern Europas sein Handwerk als Tischler gründlich gelernt hatte, bevor er eine kleine Werkstatt in Dresden-Laubegast eröffnen konnte. Sein Gespür liess ihn auf die Möbelproduktion für die unteren Schichten setzen und das führte ihn zum wirtschaftlichen Erfolg.

1902, also drei Jahre später als die Dresdener Werkstätten, entstanden auch noch die Werkstätten für deutschen Hausrat. Welche grosse Bedeutung dieser neue, gleichsam innere Markt hatte, zeigte die bereits 1899 erfolg-

[3]Bohmann, Regina. 1985

[4]Bohmann, Regina. 1985

reich durchgeführte "Volkstümliche Ausstellung für Haus und Herd", die erstmalig einfache Wohnungseinrichtungen für minderbemittelte Bürger zeigte. Die Entwürfe dafür waren im Rahmen eines Wettbewerbs entstanden, der eigens für diese Ausstellung ausgeschrieben worden war. Karl Gross sowie Gertrud und Erich Kleinhempel lieferten die Entwürfe, die von den Dresdener Werkstätten ausgeführt wurden. Die damals gebauten Möbel waren noch unter dem geforderten Kostenlimit geblieben.[5]

Gerade diese Zielstellung der Ausstellung, die Qualität der Exponate und der Anklang, den sie fand, lassen vermuten, dass das geistige Klima, das mit dem wirtschaftlichen Aufschwung Dresdens verbunden war, sehr anziehend auf alle Reformer gewirkt haben muss, zumal sich die führenden Industriellen der Stadt zum Teil selbst sehr aktiv in der Reformbewegung engagiert haben.

Es ist vorstellbar, dass diese Industrie sowohl wegen ihrer Zielrichtung als auch — und wohl vor allem: wegen der Gestaltung des Produktionsprozesses selbst als neue Hoffnung für alle jene erscheinen konnte, die auf die Ideen setzten, die das 19. Jahrhundert zur Verbesserung der Lage der Arbeiter hervorgebracht hatte. Vor allem jene mussten sich bestätigt fühlen, die nicht so sehr das kapitalistische System, sondern die mit ihm verbundene Entfremdung der Arbeit als die Quelle des kulturellen Verfalls ansahen und in ihrer Überwindung die Möglichkeit kultureller Besserung suchten: Arbeit für den Menschen, Verwirklichung des Menschen in der Arbeit, Freude am Geschaffenen, damit völlig andere Einstellung zur Arbeit selbst schienen nun als neue Qualitäten der Arbeit erreichbar und das um so eher, als auch die neuen Fabrikherren solchen Gedanken entgegenzukommen bereit waren.

Hinreichende Aufklärung und Erziehung sowie bewusstes Bemühen um eine entsprechende Umwelt mussten es ermöglichen, die gesellschaftliche und kulturelle Gesundung zu verwirklichen. So äusserte Lux — einer der massgeblichen Pioniere der modernen Bewegung — anlässlich der Eröffnung der Lehrwerkstätten der Dresdener Werkstätten im Jahre 1907: "Die Ausübung eines edlen Handwerks erfordert den Einsatz der besten menschlichen Kräfte, weil keine Arbeit gut getan werden kann, wenn nicht Herz und Hirn an der Leistung der Hand beteiligt sind. Es gibt keine höhere Bildung als die Fähigkeit, edle Arbeit hervorzubringen oder echte Arbeit zu erkennen oder zu fördern. Von der Höhe der gewerblichen Arbeit hängt die Höhe der nationalen Kultur ab, das soziale Ansehen und die Menschenwürde des gewerblichen Arbeiters".[6]

[5]Kube, Ricarda. 1988. S. 49f.

[6]Zitiert nach Hartmann, Kristiana: Deutsche Gartenstadtbewegung. München 1976. S. 41.

Unter solchen geistigen Voraussetzungen erlosch auch die Notwendigkeit, an den alten historisch orientierten Idealen als Schutzwall für die menschlichen Werte festzuhalten. Aus der Zeit heraus, aus ihrem unmittelbaren Wesen bot sich nun die Gelegenheit zu selbstbewusster Verwirklichung des Menschen. Diese Hoffnung war damals offenbar weit verbreitet und führte zu umwälzenden Konzeptionen für eine wirklich menschliche Umwelt.

Wie weit solche Konzeptionen getrieben wurden, wird daran klar, dass der Entwurf für eine Industriestadt, der auch für das Jahr seiner Veröffentlichung — 1907 — noch aufsehenerregend genug war, bereits ab 1903 durch Tony Garnier bearbeitet worden ist.[7] Sein Entwurf ist die allgemeine Huldigung an eine menschliche Funktion der Industrie. Das ist aus der suggestiven Gestaltung des Werkes ohne weiteres zu erkennen. Zugleich aber ist diese so segensreich gedachte Industrie wohl mehr als eine abstrakte, allgemeine Grundlage des menschlichen Wohlstandes zu sehen. Dafür spricht die konsequente Trennung der Industrie von den Wohngebieten und deren gleichsam paradiesischen Atmosphäre.

Vergleicht man diese Vision mit dem Riemerschmidschen Grundkonzept für Hellerau und zieht man die weitere, durch die funktionalistischen Grundsätze gekennzeichnete Entwicklung, wie sie mit dem Fagus-Werk 1911 eingeleitet und in den zwanziger Jahren zur Wirkung gebracht wurden, in Betracht, so kann leicht der Eindruck entstehen, dass das Experiment Hellerau nur einen recht beschränkten Wert als Zeugnis einer zeitlich eng begrenzten Übergangsetappe zwischen Historismus und Funktionalismus haben könne. Doch dieser Schluss würde wohl ein Kurzschluss und damit fehlerhaft sein, denn Riemerschmid und seine Gesinnungsgefährten gingen von anderen Prämissen aus. Für sie war die Arbeit als konkreter Prozess und ihr ebenso konkretes, durch den Arbeiter geprägtes Produkt Ausgangspunkt und Ziel.

Diesen hier in Dresden wirksam werdenden Kräften der Kunsterneuerung ging es darum, mit der Reform der Arbeit die Kunst zu reformieren und über sie auch die Reform des Lebensrahmens und letztlich die Besserung des Menschen selbst zu erreichen. Es ging um den guten Menschen, durch gute Lebensbedingungen und gute menschliche Beziehungen gebildet. Diesem ethisch orientierten Ziel konnte die schlechthin schöne Form, wie sie viele der Jugendstilmeister im Bemühen um die Erneuerung der Kunst gesucht und in der unein-

[7]Mollerup, Jens: Den verdensberomte, men ukendte franske byplanlaegger Tony Garniers skjulte liv og glemte bygningsvaerker. In: Arkitekten. Meddelelser fra Danske Arkitekters Landsforbund/Akademik Arkitektforening. 88. Jg. 1986. Nr. 15. S. 341ff.

geschränkten Individualität der Form zu finden geglaubt hatten, nicht genügen. Die gute Form — also die den Menschen im Sinne des Guten beeinflussende Form — galt es zu finden, das heisst: Es wurde die praktisch taugliche, solide, mit gediegenem Material und ihm entsprechenden Werkzeugen und Bearbeitungsverfahren hergestellte und eben deshalb gute Form gesucht.

Diesem Ziel, die gute Form zu propagieren, war die grosse Kunstgewerbeausstellung von 1905 ausdrücklich gewidmet worden, und was man unter solcher guter Form verstand, kann die von der Dresdener Architektenfirma Schilling und Gräbner ausgestellte Einrichtung einer Wohnküche in einer Arbeiterwohnung verdeutlichen. Aber auch das von Peter Behrens entworfene Empfangszimmer genügte diesen Ansprüchen, die dann Riemerschmid mit der Einrichtung des grossen Büros — des sogenannten Schreibsaales — im neuen Hellerauer Werk in besonders charakteristischer und überzeugender Form verwirklichen konnten. Der ganze Unterschied der doch recht weit voneinander abweichenden Zielsetzung innerhalb dieser als "Jugendstil" etikettierten Strömung wird klar, wenn man Gläser von Tiffany und Riemerschmid vergleicht: Tiffanys Gläser sind vergegenständlichter Gestaltungswille, Suche nach dem Neuen schlechthin, Riemerschmids Gläser benutzen bereits die neu gewonnene Formkultur, ohne sie demonstrativ vorzutragen für gute, nämlich auch praktisch taugliche Gläser.

Dieser, dem Produktionsvorgang und der praktischen Tauglichkeit der Form verpflichteten Gestaltungsweise folgt Riemerschmid unter anderem auch bei seinen Bauten in Hellerau: Ohne Frage wäre es falsch zu behaupten, dass die städtebauliche Konzeption oder die des Hauses oder auch die formale Durchbildung des Details allein aus der Funktion hergeleitet sei. Ohne Frage hat Riemerschmid Formvorstellungen verwirklicht, denn nicht einmal die scheinbar funktional bedingte Verteilung der Fenster in den Ansichtsflächen seiner Häuser ist tatsächlich durch funktionale Erfordernisse bedingt. Die Fenster sind nicht zuletzt nach ästhetischen Gesichtspunkten verteilt. Aber alle diese Formen sind handwerklich und bautechnisch beherrscht. Aufgrund dieser Beherrschung des Bauvorganges ist es ihm möglich, auch in den einfachsten Gebäuden hinreichend formale Belebtheit zu schaffen. Bei den Kleinhäusern gibt die kräftige, leicht gegenüber der Wandoberfläche vorspringende Fensterbank der Fassade Relief, unterstützt durch den einfachen Fensterladen oder das leichte Zurücksetzen des Sturzes gegenüber der Wandoberfläche. Der Bruchsteinsockel, der glatte Putz und die sanft modellierte Biberschwanzdeckung des Daches geben ebenso Abwechslung wie die leicht bewegte Linienführung von Sockel und Traufe im einzelnen Haus. Der Hausgruppe und dem

städtebaulichen Raum verleiht die harmonische Bewegtheit der Baukörper eine angenehme Vielfalt. Man ist in der Lage, dem Zusammenspiel unterschiedlicher Teile zu einem reizvollen Ganzen nachzuspüren, und erkennt dabei, dass auch die letzte, kleinste Form notwendig und auf das Ganze bezogen ist.

Bemerkenswert und sehr charakteristisch für dieses Suchen nach der guten Form ist es auch, dass Karl Schmidt auf Anraten von Riemerschmid vor dem Beginn der Planungen für Hellerau eine Kommission ins Leben gerufen hatte, die sich damit befasste, die Lebensverhältnisse und Wünsche der künftigen Bewohner an ihre Wohnung zu ermitteln. Dazu wurde ein spezieller Fragebogen ausgegeben, in dem unter anderem auch gefordert wurde, den Grundriss der derzeitigen Wohnung und den der gewünschten aufzuzeichnen.[8] Aus diesen Fragebögen wurden dann die Raumprogramme abgeleitet. Wohnung und Aussenraum wurden von vornherein als gestalterische Einheit betrachtet. "Wenn so alles bedacht und gemacht ist", schrieb Riemerschmid 1907, seine Vorstellungen vom Arbeiterwohnungsbau erläuternd, "dann müsste das Ergebnis sein, dass die Wohnstätten aussen wie innen dieselben Eigenschaften zeigen, die wir auch an den Bewohnern finden möchten: ehrlich, anständig, schlicht, genügsam und dazu stolz und ruhig, selbstbewusst, heiter und treu. Wenn man an einem Feierabend in einer Gasse eine Schar gemütlich beieinander stehen sieht, nicht in Reih und Glied, nicht aufgeputzt, nicht irgendwie zur Schau sich stellend, sondern ohne strenge Ordnung, aber auch ohne dass sich einer bestätigend vordrängte, in Hemdsärmeln, vielleicht auch die Pfeife zwischen den Zähnen, in behaglichem Gespräch, dann sollte man sich denken müssen: ja, die passen zueinander, die Häuser und die Menschen".

Diese Passage von Riemerschmid belegt wohl am ehesten, dass "gute Form" mehr war als eine neue Vokabel — sie war bewusst gewählt, um den neuen und auch betont sozialen Inhalt der Bemühungen um die Erneuerung von Kunsthandwerk und Architektur zu verdeutlichen.

Würde es die Zeit erlauben, auch das Werk anderer Architekten und Künstler — vor allem jener, die an Hellerau mitwirkten — näher zu betrachten, so wäre es leicht zu zeigen, dass unter den vielen, die damals für eine Kunsterneuerung eintraten, über alle formalen Nuancierungen hinweg grundsätzliche Übereinstimmung in der Zielsetzung bestand: Nicht der Stil als eine neue formale Qualität, sondern die gute, weil Geist und Leben positiv beeinflussende Form wurde gesucht. Um dieses Neue zu erreichen, wurde an die

[8]Hartmann, Kristiana. 1976. S. 49.

[9]Zitiert nach Hartmann, Kristiana. 1976. S. 83.

Tradition angeknüpft. Es wurde die im Handwerk gegebene unmittelbare schöpferische Beziehung zwischen Mensch und Arbeitsgegenstand zum Ausgangspunkt für die Kunsterneuerung gemacht. Das war zugleich ein historischer Wendepunkt. Hier endete das 19. Jahrhundert als der grosse Versuch, ein geschichtlich begründetes Ideal zu verwirklichen, und es begann das 20. Jahrhundert mit seinem neuen Bemühen, den Menschen selbst in Kunst und Leben zu verwirklichen: Ein dornenreicher, durch lange Umwege mühsamer und durch manche Fata Morgana auch beeinträchtigter Weg — aber der einzige, der in unserer Zeit für Leben, Kunst und Architektur eine Hoffnung lässt.

Peter P. Schweger*

ELMÉLETEK ÉS FILOZÓFIÁK NAPJAINK ÉPÍTÉSZETÉBEN

Bonta Jánost az 50-es évek közepe táján úgy ismertem meg, mint hallgató a tanársegédet.

A 60-as évek második felében Párizsban az U.I.A. Kongresszus alkalmából váratlanul újra találkoztunk. A közös utazás — ez alkalomból a Loire-völgyi kastélyokhoz — volt kezdete a sok éven át tartó írásbeli és szóbeli párbeszédnek.

Nézeteink az évek folyamán változtak tartalmukban, dialógusunk különféle súlypontok köré rendeződött, de ami bennük folyamatosan közös maradt, az igény volt: valamit mindig hozzátanulni, még egy lépéssel mélyebbre hatolni, a megismertek körét tovább szélesíteni, s teljesebben megalapozni.

Szakmai és szociális nézőpontjaink különböztek, következésképpen értékpreferenciáink is, melyek elméleti álláspontunkat meghatározták.

Az építészetről szóló tanítás nem más, mint elmúlt és jelenkori építészetelméletek összevetése és értékelése. Az építészeti tervezés, mely az így nyert ismereteken alapul, önálló álláspont keresésére ösztönöz a tanításban és az egyéni cselekvésben.

Építészeti művek létrejöttét mindig is elméletek és személyes "filozófiák" befolyásolták. Minden építészeti kifejezés új elméleti kezdeményezésekből ered, függetlenül azok minőségétől. Saját műveink értelmezése és magyarázata sem más, mint személyes építészetfilozófiánk vagy elméleteink érzékeltetése. Ez rendszerint a tapasztalati úton gyűjtött ismereteknek és tudományos tényeknek szubjektív szemszögből összeállított kombinációja, továbbá elfogadott filozófiák átvétele.

A tanulás előrehaladó folyamatnak tekintendő. Visszatekintve, az évek folyamán kiegészülnek és megváltoznak a nézetek. Az építészettel való foglalkozás tágítja látószögünket, és minél többet kérdeztünk rá egyéni cselek-

*Prof. Peter P. Schweger, Technische Universität Hannover

véseink értelmére, annál közelebb kerültünk Lukács György filozófiai meghatározásához az építészetről, mely szerint: "az építészetnek valóságos szükségleteket kielégítő teret kell alkotnia, mely rendeltetését optikailag világosan kifejezésre juttatja". E definícióból kibontható az elmélet, mely az építészet identitását és sajátszerű minőségét minden kétértelműség nélkül körvonalazni képes. Rámutat az építészet használati értékének és szimbolikus funkciójának szétválaszthatatlanságára, a használati mű és az esztétikai jelenség érzékelésének és értelmezésének differenciáltságára.

Az építészet a használati eszközök "világához" tartozik, s mint ilyen a mindenkori társadalmi szükségletek által meghatározott. Az építészet ezek kielégítésére alkalmas anyagi-technikai alakzatokat teremt, melyeket egy második tükrözési folyamatban önmagáért való valóságból számunkra való valósággá, építményből emberi érzékelés számára megjelenő művészi művé alakít át.

Meg kellett tanulnunk, hogy az eufórikusan elrendelt "szociális utópia" és ennek esztétikai szimbolizálása nem felel meg az építészettel szemben támasztott igények teljességének; hogy nem kevesebbet, hanem többet kell kérdeznünk, mint amennyit a "modernek" kérdeztek. Utóbbiak a történeti kontinuitásra és a hely identitására egyáltalán nem kérdeztek rá, ezeket a problémákat elhessegették maguktól.

Mindez a "modern" kritikai továbbfejlesztését, az építészet fogalmának kiszélesítését követelte tőlünk.

Mert minden épület saját történetét, valamely helyből való eredetét, a változásokat a rombolásokat, amelyek érték, meséli el. Minden építmény az "építészeti emlékezet" egy darabja, mert minden kor magától értetődő természetességgel a mindenkori társadalmi igényeknek megfelelő sajátos kifejezőeszközök alkalmazásával alakította át örökölt építészeti környezetét.

A tradícióhoz való viszony szemszögéből két, egymással sarkítottan ellentétes felfogás ismerhető fel: az egyik épülettípusokra, formákra és formarendszerekre vonatkozik, a másik ezzel szemben a múltban a cselekvés igazolását keresi. Meghatározott elveket ismer fel, amelyek az időszerű formák mögött rejlenek, és amelyek ma is még érvényesek, és amelyek a megjelenési formák történetiségét interpretálják.

Figyelemmel a tradícióra és a kontinuitásra, e felfogás erejének érvényesítése nem jelentheti a múlt rekonstrukcióját, hanem csak interpretációját: mai méreteknek és méretviszonyoknak átvételét, a tagozatok redukálását, a részletek leegyszerűsítését, az összefogottnak és mesterkéletlennek a múltbelivel való szembehelyezését; egészében a mai építészetformálás törvé-

nyeinek kidolgozását és a formáknak ezeken az alapokon történő variálását, s mai eszközökkel, mai anyagokba való transzponálását.

Az évek múlásával az is egyre inkább tudatosodott bennünk, hogy a város részei, és maga a város történeti és társadalmi folyamat eredménye, melyet feltartóztatni nem, mind ez ideig csak szabályozni lehetett. A városkép is úgy érthető, mint "kontinuitás", mint a fejlődés folyamatában létrejött és egymásra épült ellentmondások és töredékek sokféleségének együttese, melyhez minden nemzedék saját értelmezésének szellemében járult hozzá.

Éppen ezért a mi nemzedékünknek nemcsak joga, de kötelessége is, hogy saját korunk szellemében készült alkotásokat hagyjon örökül. De a változásoknak a fejlődés kontinuitásának tudatában kell bekövetkezniök. A város építészetének mint egésznek a megragadása tiszteletteljes és öntudatos megközelítést igényel. Funkcionális és városépítészeti szemszögből egyképpen elmélyült figyelemre és illeszkedőképességre van szükség a hely karakterisztikumának, a tradíciók folytonosságának, az építészet lényegének elemeik és jeleik által történő megértéséhez.

Így például a város terei — utcák, terek, udvarok —, melyeket különféle típusú épületek jelölnek ki, felvilágosítást adnak az életmódról és a konvenciókról. Az épületek zárt blokkjában, melyet történetileg ellentéte, az utca jelöl ki, s melynek alakját, mint a reprezentáció helyét, előírások és konvenciók befolyásolják — éppúgy, mint az udvartérben, amelyben az elsajátítás, az átalakítás és a megjelölés cselekményei kibontakoznak, a használat életszerűsége jut kifejezésre.

Az önálló ház homlokzata, mellyel az a nyilvánosság, az utcatér felé megmutatkozik, mindenekelőtt kollektív egyetértést fejez ki, elismeri a konvenciókat, szokásokat, divatokat, amelyek a város mint teljesség kifejezésre juttatásához közös nyelvet kínálnak.

Lukács nézeteihez csatlakozva valljuk, hogy minden egyes épület, a város és alaprajza olyan szimbólumokat képeznek, amelyekben az egyén mint a társadalom eleme találja meg önmagát. Az, hogy egy terv vagy egy épület betölti célját, még nem elegendő; de még az sem, ha ez leolvasható róla (habár ez utóbbi lényegesen fontosabb, mint a célbetöltés önmagában). Nem a célszerűségnek — önmagában — kell leolvashatónak lennie, hanem az emberi, életmódbeli rendszernek, amelyben a cél érvényre jut. Ezért inkább "a funkció transzcendentálásáról beszélhetünk társadalmilag meghatározott szimbólummá". A társadalom önmaga-értelmezésétől függ, hogy valamely hely tipológiája vagy valamely építészeti elem formája szimbólummá lesz-e.

Általános egyetértés szerint a külső forma tökéletességéről alkotott elképzelés gondosan mérlegelt egyensúlyt, összhangot és bizonyos fokú pompa kifejtését előfeltételezi. A harmóniával valamely tökéletes állapot tartósságának kifejezésére törekszünk. A tökéletesség érzetének, mint a művészi kifejezés egyik lehetőségének, és mint a különféle válaszok lehetőségét hordozó kérdésfelvetésnek alapja azonban a nyitottság, a rend és a sokféleség egyensúlya. A nyíltság tulajdonképpen tehát a mű befejezetlenségét jelenti, mely azonban nem végérvényes, az alkotó esetleges ügyetlensége által létrehozott hiányosság, hanem olyan, amelyik a kiegészítés lehetőségét hordozza magában és a tökéletesítésnek kínálkozik fel.

Mert a befogadó, a néző, a hallgató, akiben a mű visszhangot ver, felszólítást kap arra, hogy a művet magában befejezze s így a nem láthatóban és nem hallhatóban teremtse meg tökéletességet. Ily módon az alkotás — a dologi és az ideális —, valamint a befogadó, egységgé lesznek. Ez több tematikus rétegben jut kifejezésre, melyek mindegyike saját jelentését hordozza. Az egymást átfedő rétegek és jelentések együttesen a többértelműség és nyitottság irányában hatnak.

A "nyitottság rendjé"-nek fogalma "a véletlen rendje"-ként is interpretálható. Ph. Johnson 1989-es New York-i kiállítása is különféle szándékok spektruma, amelyek minden esetben más és más esztétikai elképzelésekhez kapcsolódnak, és kizárólag a választott tartalomra szorítkoznak. A 20. századi ismeretelméletben növekvőben van az egységes filozófiai rendszerekkel szembeni kritika, éspedig nemcsak filozófiai szinten. Az időszerű filozófiai vita Franciaországban is ezt a témát helyezi érdeklődésének középpontjába. Jacques Derrida, a grammatológus egyenesen a gondolkodási rendszer dekonstrukciójára szólít fel. A nyugati filozófia, különösképpen annak utolsó retorikus vonulata ugyanis a generalizálás áldozatává vált, és most arra megy a játék, hogy a racionalisztikus mítoszokat alkotóelemeikre szedjék szét. Az érvelés folyamatában felvonultatott jelen-diagnózisok arra késztetik a dekonstruktivistákat, hogy az építészeti tervbe párhuzamosan alternatív megoldásokat irányozzanak elő. "Milyen módon képes az építészet arra, hogy szilárdságából, s a biztonság iránti igényéből valamennyit megőrizzen?" ... "úgy döntenek (az építészek), hogy a véletlen szerencsétlenséget és a robbanást az új rend törvényszerűségének tekintik".

A dekonstruktivisták a posztmodern tradicionalisták ellenfelének tekintik magukat. Utóbbiakat azzal a szemrehányással illetik, hogy megszépítik a historizmust és anakronisztikus városi térklisékkel álcázzák az autentikus realitást. Megoldásként a modern álláspont radikalizálását ajánlják.

A dekonstruktivisták öninterpretációjában két szempont játszik jelentős szerepet:

— A tér és idő egységének feloldása: Már a húszas évek nagyvárosa a népességrobbanás, valamint a közlekedési eszközök és médiák dühödt fejlődése után már csak töredékesen és térbeli átmetszések formájában volt érzékelhető. Költők, mint James Joyce vagy Alfred Döblin azzal kísérleteznek, hogy a nagyváros specifikus élményét elbeszélő nélküli montázs-regény formájában jelenítsék meg. A mai élménystruktúra, ahogy azt az urbanista és sebességteoretikus Paul Virilio megállapítja, csak futó kép-szekvenciákból állítható össze; az urbánus tér szertefoszlik.

— A logikai egység feloldása: Albert Einstein, aki a relativitáselmélettel többek között a tér és idő egységét is kérdésessé tette, a rendszer növekvő meghatározatlansága ellenére is, valamiféle egységes világformulát keresett. A kételkedőknek szokta volt válaszolni: "Isten nem játszik kockákkal!" Ma már tudjuk, hogy a véletlen törvényei ténylegesen hatnak a kozmoszban.

Míg az egyik csoport az építészeti objektumok szubjektív-érzelmi tartalmának feltöltésével törődik, addig a másik számára az építészeti tér érzelemmentessége a fontos követelmény. Már a húszas évek orosz avantgárdja (Malevits szuprematizmusára, a racionalisták formálesztétikájára és különösképpen El Liszicky Prounjaira célzok) a megváltozott tér—idő-viszony kutatásával foglalkozott és rajzokban és modellekben absztrakt, meghatározott funkcionális cél nélküli, építészeti teret alkotott.

A mai városi teret, amely egyébként sem képes már semmiféle időtálló tartalom hihető megtestesítésére — a tézis szerint — önállósulásában kellene akceptálni és üres térkontinuumként, amelyben épülettestek foglalnak helyet, kellene olvasni. Ezen az absztrakt esztétikai szinten jutna legtisztábban kifejezésre a mai város vezérmotívuma is: "a véletlen rendje".

A formálesztétikus dekonstruktivisták tervei ebben a kontextusban értendők. A logikai egység feloldódását tematizálják, amelynél az orosz forma-repertoár újra alkalmazását a modernekre való tiszteletteljes megemlékezésnek szánják.

A dekonstruktivisták többsége feltűnően fatalistának mutatkozik. Az idő és tér inflációs feloldási tendenciáit úgy fogadják, mintha valamiféle kényszerű fejlődésről lenne szó, amelynek hatása alól senki sem vonhatja ki magát. Emellett éppen a dekonstruktivista filozófia — például Lyotardé — fordul az egységes történetet feltételező ilyesfajta rögeszmék ellen. Amennyiben az ilyen rögeszmék ellen kritikai álláspontot foglalunk el, nem szük-

ségszerű-e, hogy az emberi lét, a saját idő és a humánökológiailag megalapozott saját környezet konkrét feltételeit is figyelembe vegyük?

Az egység felé törekvés még esztétikailag sem túlhaladott. Cinikus vagy hősies pózban is sejteni engedik a teljesség végét. De ebben a töredékességre irányuló elfogultságba rögződve, szükségképpen csak széttöredezett egész jöhet létre. Szimptomatikus, hogy mennyi szó esik az ábrázolásról, és nem ok nélkül képeznek a dekonstruktivisták rajzai, mint Carceri-színpadok, önálló huszadik századi műfajt. Ezekben a rajzokban és nem a reális városi térben a téma pszichikai feldolgozása van jelen.

A véletlen törvényeit és a látszólagos rendellenességet másféle módon is szemlélhetjük, a teljesség feloldódását nem kell szükségképpen dramatizált szerencsétlenségnek tekinteni. Pozitív értelemben is beszélhetnénk a káosz szabályozásáról, ha a káosz fogalmát a zárt egész barátai nem foglalnák le a maguk számára és használnák kizárólag negatív értelemben. Nem mint szenvedésként megélt szétesés és szerencsétlenség, hanem ellenkezőleg, mint boldogságot ígérő folyamat is felfogható a teljesség feloldódása.

A zárt egész felhasználása egy bensőségesen végbemenő emancipáció szükségszerű következménye, amely egy lényegében más típusú rend kialakulásának esélyeit szabadítja fel. Olyan rendét, amely eleve egy fellazult állapotból indul ki, s amelynek kereteiben a megelőzően már egymástól függetlenedett elemi részek önszerveződéssel egy fejlettebb rendszerben találnak újra egymásra.

Tartalmi jellegű, emberre irányuló elvről van itt szó. Egyáltalán nem destruktív, hanem konkrétan a megoldandó feladatra vonatkozó reményteljes szemléletről.

Ha az ember egy meghatározott hellyel azonosítja magát, mondjuk róla, hogy "lakik". Lakni a legtágabb értelemben azt jelenti, hogy érzelmileg mélyen kötődni a hely differenciált kvalitásaihoz, annak használati módjához és megjelenéséhez, miáltal az építészeti környezetet életszerű meghatározottságában sajátítjuk el a magunk számára. Az építészet helyeket tud teremteni, amelyek a lakás folyamatát ebben az értelemben segítik.

Fordította: **Bonta János**

Finta József

AZ ILLESZKEDÉS DILEMMÁJA AVAGY A KÁOSZ

Szíves elnézésüket kérem, hogy elkövetkező kis előadásom nem csupán vagy nem elsősorban előre megfogalmazott címéről beszél -- ennek oka az, hogy pár napja, egy önmarcangoló beszélgetés beindításaként néhány, önemésztő gondolatomat már leírtam --, s hol, milyen alkalommal tárhatnám fel saját kérdőjeleimet őszintébben, mint éppen most, kedves barátaimat ünnepelvén.

A káosz öngerjesztően hatványozódik -- bekalibrálhatatlanul, roncsoló hatásmechanizmusában rangsorolhatatlanul; -- funkcionális -- használati káosz, az értelmezés -- a látás -- a verbalitás káosza, az akarat tendálása -- a hierarchiák -- az etalonok káosza, -- a hit-hitetlenség, a gazdagság és szegénység, az arisztokratizmus és populizmus káosza, -- az internacionalizmus és nacionalizmus káosza, -- a formátlan és "formált" formák -- a spontán és programozott belső és oktrojált sejtések káosza, a "miértek" saját kérdőjeleinek és kikiáltott deklarációinak káosza, a politika és apolitika, az önszuggesztió és manipuláció káosza, -- ismét és ismét -- al- és felépítményvoltában -- az építés -- az építészet -- a TÉR káosza...

Nem tudom, mikor kezdődött el a zavar -- talán Lutherrel indult --, talán a múlt század forradalmaival -- vagy előbb, a franciával -- netán a századvég technikai forradalmával és urbanizációs robbanásával -- esetleg az első világháborúval, esztétikai értelemben a modernnel --, de igazán csak most, a 70-es, 80-as évekkel deklaráltatta magát -- nálunk meg éppen a jelennel, a mával.

A káosz saját kérdőjeleiben él -- abban, hogy "miért", abban, hogy "érdemes-e"? Én csupán egy-két éve teszem fel magamnak ezt a kérdést -- most pedig már naponta. Miért "hajtok", miért indulok reggel 3/4 7-kor munkába, miért ülök műtermemben este 8-ig, miért a rossz íz a számban, miért a kedvetlenség -- miért a bizonytalanság. Lehet a rosszkedv össznépi is -- ma oly divatos ezt mondani, s van is persze valami benne. Politikai és társadalmi zűrzavar, megdőlt (sohasem hitt) hitek, s újra nem építhető, újra fel nem lelhető régebbiek. Türelmetlenség, idegesség, nagyítólencsén át bámult

bajok — előre érzett fájdalmak, amatőr küzdelmek — s penetráns dilettantizmus mindenütt. Féltése nemzetnek, családnak, önmagamnak — Országnak és Városnak —, féltése megszerzett s megérdemeltnek gondolt, mások által meg folyton-folyvást perelt előnyöknek és rangoknak, — egy grádicsnak, amelyre azt hittem, hogy lelökhetetlenül felértem, — ijedt látomása a levetett régi megaláztatások új formájú reinkarnációjának, — rettegés az ÉLET, a MUNKA új formáitól, — s önvád e rettegés jelenléte miatt.

Más lett körülöttem — körülöttünk a Világ, — más a beszéd lüktetése és stílusa, más a mozgások irama, más a viselkedések ceremóniája, más a fontossági sorrend; — más az autókkal agyontorzított utca, más az elarabosodott zsibvásár-Belváros, más a minutum alatt lehajtott sör íze is. És más, új a sok koldus, a részeg, a metróban fetrengő, más a dulakodó, a harsány — más, más, más!

Ezt az új Világot akartam, s nem szeretem. Erre a "szabadságra" vágytam, s "még" nem szeretem. A "PIACRA" vágytam — s zavar e rám oktrojált tolakodás. Bőségre vágytam, s zavar a kínálat tobzódása. Zavarnak a blöffök, az ágálások, az újmódi hazudozások; zavar a szemtelenség, az agresszivitás neostílusa — zavar az, amit más csinál, s az is, amit én kreálok. Zavar a TÁRGYAK világának totális szétesése, zavar az építészet széthullása, az igények megfogalmazatlansága, a kultúra, az ízlés koldus-állapota, zavar a szabadság, a teóriák gátlástalan tobzódása, a felszínesség, a modortalanság egzisztenciális brutalitása, a törvények megfogalmazatlansága, zavar a tekintetek zavara.

Nemrég kiszámoltam, hogy mikor szerettem volna születni — mikor lett volna érdemes élni ebben az ÚJ KORBAN. Nem szabad tévedni a számításnál —, néhány év tragikus hátrányokat jelenthet. Tehát, úgy 1850—52 körül kellett volna születni — beleifjodva a KIEGYEZÉSBE —, produkálni, élni a MILLENIUM — a századforduló, a szétáradó szecesszió idején, s velebutulni, belerokkanni a VILÁGHÁBORÚBA (vagy egy csendes, de gyors kórral befejezni előtte...)!

S a MÁRÓL? Milyen szépek voltak a 60-as, 70-es évek. Csendes, óvatos, toleráns terror, megértő keretlegényekkel; TÁGAS börtönudvar, alig látható falak — azok is lombokkal és virágokkal díszítve; jó volt dolgozni, szinte hagyták. Megfogalmazott, bedermesztett — de kéjes borzongással kissé áthágható törvények, — a szabadság távoli — alig érzékelhető érintése, — s persze, a STÍLUS, az ETALONOK egyértelműsége.

Háborogtunk persze mindannyian, építészként és emberként. Felháborított — akkor is — a hatalom buta dilettantizmusa, a funkciók megfogalmazatlan-

sága, a hierarchia természetellenessége, a gerinchajlító adminisztáció megalázó gőgje. S mégis, építészként, egyszerű volt hinnünk valamiben. Hittünk a klasszikus modernben — Gropiusban, Mies van der Rohe-ban, Wrightban, Aaltóban, Kenzo Tangéban, Kahnban —, s persze, Corbusier-ben, később Sirenben, Korhonenban, Paul Rudolphban, s hosszú még a sor. Hittünk ÉSZAK léptékében, Anglia komolyságában, Amerika technikájában, az olaszok játékaiban, Japán meglepetéseiben. Tágas és kikövezett volt az út — lehetett rajta egyenesen, ívesen, körkörösen, cikcakkban járni —, az irány tendált volt, tévészthetetlen. S a szegény és bornírt itthoni valóság, a torz igények, a lehetetlen kivitelezés, az anyagok minősíthetetlen hiány-piaca ellenére sem maradt oly szégyenletesen el az áhítattal bámult Nyugat produkcióinak szintjétől, mint most, nyitott ajtaja előtt ácsorgó állapotunkban.

Mai zavarunk, persze, többrétegű, s indíttatása távolról sem csak saját. Ha csak stiláris értelemben nézzük is, látszólag s talán időlegesen, de összezuhant a MODERN; — populárisabb, deklamálóbb, eladhatóbb gesztusok jönnek, ágálnak, vagy éppen — bizonyítanak. Megfogalmazásra vár ugyanakkor az az állapot, az a TÉNY is, hogy nálunk a modernizmus csődje messze nagyobb teret, nagyobb cirkuszi porondot kapott, mint a stiláris értelemben is jóval túllakatottabb, kirafináltabb "NYUGATON". Pedig a csőd a jólét csődje — s nem elsősorban a tömegigényé, a szociális kérdőjeleké —, vagyis nem elsősorban a mienk. Tagadhatatlan, hogy e stiláris túlkínálat mögött kvázi egzaktálható ősi emberi vágyak is megülnek — vágyak, amelyek a mozgások koreográfiájából, a térérzet ősi ösztöneiből, a védelem gesztusaiból, a formák cizelláltságának lépték-törvényeiből táplálkoznak, s amelyeket a MODERN klasszikusai jócskán kiéheztettek. Az építészet primer szolgáltatás, csak populáris alapozottsággal élhet s dolgozhat, ez az értelme. Bármely más művészet megengedheti magának, hogy akár fél évszázadra is előretekintsen — gondjaival s gondolataival átnyúljon generációk feje felett —; ezt teszi ma a zene, a szobrászat, a festészet; — önbizalma s értelmiségi gőgje átsegít azon az egyszerű tényen, hogy senkinek sem kell. Megteheti, hogy nem a mára figyel, s etikusságát csupán saját HITÉVEL kell magyarázza, bizonyítsa.

Ám az az építészet, amely nem tetszik a mának, nem etikus — az a ruha, amely nem viselhető, nem áru —, egyszerű rongy. Őszintén, nem tudom, hogy saját korában kiknek tetszett az avantgárd, kiknek a BAUHAUS — lehet, hogy AKKOR befogadták. Persze, ma sem tudom, kinek tetszik ROSSI, vagy TADAO ANDO; — van megbízásuk, van BEFOGADÓ. A POSZTMODERN egyszerű, túl- vagy előre megemésztett válaszokat fogalmaz — popularitása tényszerű, de lehet,

hogy csupán játszik; talán cinikus, talán lekezelő, talán debilis —; de talán etikus is lehet. Richard Meier vagy Stirling biztosan erkölcsös, HARA is — de hogy GRAVES vagy VENTURI az-e, kérdőjeles. Az épített világ cizelláltabb lett, érdekesebb, komponáltabb, s eszmei-esztétikai értelemben zavartabb, ellentmondásosabb.

A "mindent lehet" elmélete kitágíthatja a jövő útjait, — a kísérletezés értelmet is nyerhet, ám az eklektikus gondolkodás aligha. Pedig ez is populáris — ez a historizáló, amerikáner, de mégis majdnem hitlerista-sztálinista HIGH-TECH —; hol van hát az igazság, az erkölcs, a fejlődés, a jövő?

Néhány hónapja voltam Londonban, s láttam a "DOCK-LAND"-et: kiváló építészirodák építik acélból a Lomonoszov Egyetem másolatait — a bronzlovak ágaskodnak ál-barokk szökőkutak közepén —, a "Nagyszentmiklósi kincs" motívumaira emlékeztető ábrázolatok nyomatnak bele acélzsaluzatú előregyártott beton akantuszlevelek közé! S e fura, képtelen méretű építészeti panoptikum közepén ott fut a gyönyörű DESIGN függővasút — számítógép-vezérléssel, ember nélkül irányítottan — pirosra festett acél bordák s akril-héjak között. Melyik tárgynak van ott igazsága — s melyik embernek —; annak-e, aki megütközik e tébolyult anakronizmuson, vagy annak, aki befogadja, természetesnek veszi?

S itthon — itthon hol az igazság? A nagy százalékában URBANIZÁLT magyarság mire vágyik; nemzeti építészetre, amely ma elképzelt sterilitásában sohasem létezett, de amelynek szükségességét nemes, szép "bolti" gesztusokkal belesulykolják; megroggyant, íves tetőkre vágyik s TURÁNI fajtiszta formákra, emberi gerinc-motívumokra; avagy létrehozható és lakható-beélhető lakás-cellák tömegére, amely lélekben talán nyomorít, de primer szolgáltatásként megvéd a fagyhaláltól! Ismét a kérdés: hol a vélt vagy valós, hosszú távú vagy "ad hoc" érvelésű popularitás etikájának határa; hol az építészet önámító és öngerjesztő játékainak határa, hol az általunk elképzelt REND vagy éppen a REND hiányának elviselhető határa, hol a mesterségesen komponálható ÉLET határa, — hol a TEÓRIÁK büntetlen gyárthatóságának határa — meddig érhet a RÉGI SZÉP álomkóros védettségének határa, — meddig a kontaktáció, az ILLESZKEDÉS kötelezettségének határa?

A DILEMMA megfogalmazható — válasza aligha. Hol húzódik az a választóvonal, amely egyértelmű határt húz a MÚLT lényegének ismeretére fundamentált tisztelet — tehát a kreatív és hasznos tisztelet — és a lényegtől leválasztható, adminisztratív, eminens és unkreatív túltisztelet között?! Hol van, s milyen természetű az a szilárd pont, amelyről az ILLESZKEDÉS akaratának gesztusa elrugaszkodhat; mennyire lehet — morális és esztétikai érte-

lemben is — stiláris, formai, léptékbeli — képletszerűen külsődleges-tartalmú ez a gesztus, mennyire lehet vulgárisan aprópénzre váltható, hatóság és HATALOM által megkövetelhető és előírható szabvány, mennyire lehet egy magát kifejezni nem tudó heterogén társadalom gyáva divatlap-olvasata a kontaktuskeresés félművelt határozatlansága? Hol és mikor kell gátakat szabni egy KOR (egy átmeneti, tehát nem szilárd kultúrájú kor) útkereső önkifejezési akcióinak, s hol és mikor amorális ez a beavatkozás, hol ördögűző-inkvizítori-jezsuita gesztus az önmagát felhatalmazó TÖRVÉNY rettegése az általa meg nem értett akciókkal szemben, s hol kötelező — szintén morális alapon is — a tudós és értő fékezés, a kordában tartó szigor, az értelmes határokat kontúrozó józanság akcionálódása? Valóban illeszkedésnek, kontaktációnak nevezhető-e letűnt életformák, régmúlt, elfelejtett mozgások, gondolatok, akaratok, érzelmek mesterséges újratermelése, önámító és erőszakos beleinjektálása más hitű, más mozgásritmusú, más értékrendű korba, — illeszkedésnek mondható centikkel mérni túldimenzionált fontosságú párkánymagasságokat, majom módra utánozni rég hátrahagyott használati szokásokra szerkesztett formákat, — azok értelmének megértése nélkül? Valóban nem deklarálhatja saját akaratát a JELEN olyan épített környezetben, amely éppen saját, mai mozgásainak jelenléte által menthető át a jövőbe; valóban nem képes új, többletértékekkel (használattal és formaival) tovább gazdagítani olyan térstruktúrákat, amelyekre a védettség érinthetetlenségének bélyege ragasztatott fel? Félek, hogy ezekre a kérdőjelekre nem az építészet adja majd meg a választ, — hanem nála erőszakosabb, brutálisabb, s egészen más törvények passzusaira mozgó idegen (ma még idegen) erők: az invesztíció, a nyereség, a megtérülés, a kamat, a TŐKE.

Destabilizált tudatú, destabilizált értékrendű, megfogalmazatlan igényrendszerű VILÁGUNK az építész számára sem kreál szilárd talajt az őt befogadó nemzet—társadalom—közösség TÉRBEN materializálandó akaratának kifejezésére, — mozdulatai ekként és ezért válnak utánzóvá, tudatában ezért zavarodik össze a megemészthetetlen múlt, az értelmezetlen jelen s a megálmodhatatlan-kiszámíthatatlan jövő diszharmóniája. Szemei rátárulkoznak a befogadhatatlanul kommunikatívvá vált UNIVERZUM minden akciójára, — s e feldolgozhatatlan impulzus-rengetegbe belevész saját énje, saját mondandója: TÉRRŐL, FORMÁRÓL — EMBERRŐL. Ily módon hiszi és használja humánusnak és emberléptékre cizelláltnak az anakronisztikus giccset, népinek a valahai — használati józanságból, funkcióból, életformából eredeztethető internacionálist, kontaktálónak a többszörös áttételű eklektikust, korszerűnek a technista ágálást.

Félre ne értsenek: nem vádakat sorolok fel; nem vagyok kívülálló, kételyeim, kérdőjeleim visszahullóak. Lehet, hogy nincs megoldás. Lehet, hogy végig kell járjunk egy olyan utat, amelynek csupán névtáblái vannak, de iránya és célja alig.

Mégis, az építés ős-emberien optimista ösztönű, — mind szolgáltatás-jellegéből, mind pedig önkifejező-játékos hajlamaiból következően — erkölcsös habitusú. Az Oktatás sem tehet mást, — ezt az erkölcsöt kell alapozza, tanítsa, prédikálja. Ezt a szakmát morális alapon lehet megmenteni, — értelmezve a múltat, annak kútja mélyéig lenyúlván, elemezni a jelent, — lehúzatva róla a manipulációk színes rongyait s bátor, de realista álmokat kreálni olyan jövőről, amelyben nem ilyen dallamú előadások hangzanak el, mint az enyém. Igen, a "megváltás" csupán morális értelmű, morális eredetű lehet, — olyasféle gyökérzetű, mint amilyennel azon örök-fiatal barátaim rendelkeznek, akik ezt az ankétot címerezik.

Horler Miklós

AZ UTÓBBI 25 ÉV MŰEMLÉKI ELVEI

Hozzászólásom meghirdetett címe messze meghaladná annak lehetőségét, amire egy ilyen rövid referátumban vállalkozhatom. Az elmúlt negyedszázad műemlékvédelmi elveinek fejlődése világméretű összefüggéseiben: olyan téma, amely önmagában egy doktori disszertáció kereteit is kitölthetné. Amit itt most megkísérelhetek, az csupán egy szerény meditáció, amelyhez a Velencei Carta születésének 25. évfordulója ad aktualitást és indítékot.

1964-ben Velencében szinte eufórikus örömmel fogadtuk azt a nemzetközi keretek között megfogalmazott és elfogadott dokumentumot, amelyről úgy tűnt, hogy egyetemes rendet teremtett a műemlékvédelemmel kapcsolatos gondolkodásban és nagy távlatú utat mutatott a második világháború utáni első évtizedek útkereső szellemi újjáépítésben.

Ez az öröm nem sokáig maradt zavartalan, s csakhamar kiderült, hogy az egyetemesnek ítélt gondolatok megvalósítása terén távolról sincs meg az a lelkes egyetértés, amely bölcsőjüket körülvette a San Giorgio Maggiore kolostorában. Ha a Velencei Carta történetét meg akarnánk írni, legalább annyit kellene foglalkozni az értelmezése, alkalmazása, kiegészítése, átdolgozása, újrafogalmazása körüli vitákkal és kísérletekkel, mint a benne foglaltak megvalósulásával.

Miután 25 éven át magam is mindmáig hirdettem, védtem és alkalmaztam a velencei gondolatot, és annak szellemét és betűjét egyaránt érvényesnek vallottam itthon és idegenben, engedtessék meg, hogy most negyedszázad tapasztalatai, vitái, eredményei és kétségei, táguló ismeretei és töprengései által érlelődve, arról vázoljak fel néhány gondolatot, hogy valójában miért nem vált igazán egyetemessé a Velencei Carta, és merre keressük a jövő útját a harmadik évezred küszöbén.

A Carta Európában született, és 23 tagú szerkesztőbizottságában mindösszesze hárman képviselték az Európán kívüli világot: egy tuniszi, egy perui és egy mexikói. Ennek ellenére a fogadtatása magában Európában kezdettől fogva

nem volt egyértelmű és elég jól körvonalazható határok mentén osztotta meg a kontinens szakmai gondolkodását.

Az európai művelődés történetében az Itália és Görögország antik emlékei iránti érdeklődéssel kezdődött a műemlékvédelmi gondolat és a műemlékek restaurálására irányuló tudatos tevékenység kialakulása. Az anyag és forma kapcsolata, a történelmileg fennmaradt állapot hitelessége, a kiegészítések elutasítása, majd megkülönböztetése, a szétszóródott kőelemek újbóli összeállítása adták az első impulzusokat a műemlékekkel való bánásmód terén.

A középkor újrafelfedezése adta a továbbiakat, ami egyrészről a ruskini romfelfogást, másik irányban pedig a felületesen máig Viollet-le-Duc-nek tulajdonított purizmust szülte.

Mintegy ennek ellenhatásaként jelent meg a történetiség, a történelmi folyamat jelentőségének értékelése, az egymásra rétegződött korok élményének igénye,

Valahol ebben a folyamatban rejlik az európai műemlékvédelmi felfogás máig meglévő polarizálódása is: a szigorúbb vagy liberálisabb, a hitelességet vagy a szépséget preferáló, az inkább tudományos vagy inkább művészi, érzelmi indíttatású, az archaeologikus vagy didaktikus megközelítésű, az anyag vagy a forma jelentőségét értékelő, a pusztulást elfogadó vagy elutasító, az idő folyamata iránt jobban vagy kevésbé érzékeny magatartások egymás mellett élő, egymással szembenálló, egymással keveredő tendenciáinak egyidejű jelenléte és érvényesülése.

Az ókor maradványain felnőtt civilizációk számára a múlt emlékeit az antik romok testesítették meg, a múlthoz való viszonyukat valamiképp ezekhez mérték. A mediterrán kultúrtáj antik romok maradványaira rátelepülő, azok törmelékeiből épülő középkori-újkori településeiben a töredékesség és az egymásra rétegzettség élményei az idő több ezer éves dimenzióit sugározták. Az otthon, a környezet hagyományai szorosan kapcsolódtak ezekhez és igazából senki sem gondolt arra, hogy a töredékeket kiegészítse, az esetlegesen egymásra épült épület-konglomerátumokat szétválassza.

Ezért is kaptak egyaránt kemény kritikát a Mussolini-kor Rómájában a középkori városszerkezet nagyarányú bontásai éppúgy, mint az ötvenes évek Athénjában az Attalos stoa rekonstrukciójának amerikai attrakciója.

A mediterrán régió éghajlata — korunk vegyi szennyeződéseinek beköszöntéséig — nem veszélyeztette az épületek anyagát, így természetes volt, hogy a múlt formái eredeti anyagukban őrzik szépségük hitelességét.

Az északi népek városai, melyek antik előzményekkel nem rendelkeztek, a középkor végére a szigorúbb, józan polgári rend otthonaiként alakultak ki,

és lettek ilyenként a nemzeti sajátosságok hordozóivá. Ezek a középkor embere számára még alig 5-600 évre visszatekintő települések később maguk váltak a múlt jelképeivé, a nemzeti kultúra kontinuitásának megtestesítőivé, és a 18. század vége bennük fedezi fel a nemzeti identitás kifejeződését.

Ezeket a gótikus polgárházakat, városházákat, templomokat generációkon keresztül gondozták, javították, jó karban tartották, a zord éghajlat által állandóan rongált, kopott köveit újjal pótolták, átörökítve ily módon a formákat és nem törődve az anyagok fokozatos kicserélődésével. Ez a hagyomány él lényegében mindmáig, és egy-egy anyagában megújult gótikus épület előtt állva joggal mondhatják, hogy mi ma ugyanazt a hiteles képet látjuk, mint a középkor embere annak megépülte után. Ebben a környezetben minden, ami kopott, romos és töredékes, az idegenül hat, és a történelmi környezet eszménye a jó állapotban fenntartott épület képének hiteles szépsége.

Vajon véletlen-e hát, hogy az anastylosis az antikvitás, a purizmus a gótika emlékei között fejlődött ki? És — visszatérve Velencéhez — hogyan értelmezzük azt az érdekes körülményt, hogy a Velencei Carta szerkesztőbizottságának 20 európai tagja közül az egykori római birodalom területén kívül eső országokat csak egy holland és egy dán szakember képviselte?

Mindezek csupán gondolatok, de továbbgondolásuk talán hozzájárulhat annak megértéséhez, hogy az európai műemlékvédelmi gondolkodás miért nem vált Velence után sem egységessé. A kissé sarkítottan felvázolt ellentétpárok természetesen nem jelentik azt, hogy a különböző eltérő tendenciák nem keveredtek Európa különböző régiói között és ugyanazon a vidéken nem találkozunk egymás mellett ellentétes felfogással is. Velence kétségtelenül megindított egyfajta szellemi mozgást a műemlékvédelemben, amelynek eredményeit nem szabad lebecsülni, de az ellentétek ugyanakkor mindmáig fennmaradtak és tovább élnek.

Kétségtelenül hozzájárultak ehhez a második világháború pusztításai is és az azok által okozott megrázkódtatások a legjobban sújtott népek körében. A Velencei Carta diszkréten megkerülte ezt a problémát és nem tartalmazott semmi utalást a teljesen elpusztult épületek és együttesek újjáépítésére vonatkozóan, noha ez Európa-szerte élő gyakorlat és egyben nyitott elméleti probléma volt. Bár voltak bátor és megrendítően szép példák a pusztulást történelmi mementóként elfogadó megoldásokra is, de az újjáépítések folytatódtak, és azokról csak Cartán kívüli magánbeszélgetésekben folytak viták. Kicsit olyanná vált az egész kérdés, mint bizonyos erkölcsi vétségek, amelyeket a társadalom hivatalosan nem fogad el, de szemet huny felettük.

A Carta revíziójának kísérletére 1977-ben összehívott értekezlet elé a lengyel és az angol ICOMOS Nemezeti Bizottság ugyan beterjesztett egy módosító javaslatot, amellyel legalizálni kívánta a kivételes esetekben, rendkívüli katasztrófák által elpusztított műemlékek újjáépítésének lehetőségét, de ezt a bizottság nem fogadta el. A probléma megkerülése máig kiható konfliktust hagyott a szakmára, amely újabban főleg a teljesen elpusztult ókori romemlékek didaktikai kiépítése területén okoz élénk vitákat. A velencei kongresszuson — szóban — még botránykőként emlegetett Attalos stoa napjainkban kezd újból polgárjogot követelni magának, annak ellenére, hogy a Carta ásatásból előkerült romok esetében ezt világosan kizárja.

Egy másik olyan történelminek mondható jelenség, amely a Velencei Carta óta drámai gyorsasággal felgyorsulva ostromolja Európa műemlékeit és ezen keresztül a restaurálás elméleti koncepcióit: a kőanyagok pusztulásának katasztrofális folyamata. A Velencei Carta születésekor ez a probléma még messze nem jelentkezett olyan élesen, hogy az okmány ezzel szembesülve valamilyen elvi álláspontot tartott volna megfogalmazandónak, így az egész a technológia területére tolódott át, nyitva hagyva annak elméleti vonatkozásait. Bár kétségtelen, hogy a pusztulás drasztikus módon a praktikum oldaláról diktálja a lehetőségeket, mégis egyre nagyobb annak a veszélye, hogy elvi megfontolások nélkül az anyag és forma összefüggései, a forma hitelességének kérdése, az idő dimenziójának átélhetősége háttérbe szorulnak. Mivel a kőpusztulás a mediterrán területeket is egyre jobban támadja, félő, hogy az anyag eredetisége végül lekerül az elmélet napirendjéről.

A velencei kongresszus, az ICOMOS nemzetközi szervezetének megalakulása, a Carta geneziséből következő korlátai ellenére mindinkább a világméretűvé szélesedő mozgásokat indított meg a műemlékvédelem területén. Ezek a mozgások a műemlékfogalom kiterjedésével jártak, ami viszont újabb és újabb elméleti és módszertani problémák forrásává vált, amelyekkel a Velencei Carta születésekor még senki se számolt.

Így sorra kerültek napirendre a történelmi kertek, a népi építészet és a gyorsan romló anyagokból készült épületek, a téglaépítészet, az ipari építészet, a modern építészet, nem utolsósorban pedig a városi és falusi települések együtteseinek védelmével kapcsolatos elvi és módszertani kérdések, amelyekre a Velencei Carta alig tudott érdemi válaszokat adni.

Ehhez járultak azok a problémák, amelyeket az Európán kívüli földrészek sajátos civilizációinak életmódbeli és kultikus hagyományai, történelmi fejlődése és mindennek építészeti kifejezőeszközei jelentettek, amelyek hovatovább európai gondolkodásmóddal megközelíthetetlenekké váltak.

A japán Kobayashi professzor már 1977-ben a Ditchley Parkban összehívott ICOMOS Bizottság elé terjesztett anyagban felhívta a figyelmet a shinto vallás templomainak periodikus megújítására, mint olyan gyakorlatra, amely a Velencei Carta elveinek értelmezésével nem hozható összhangba. Ennek egyik kiemelkedő példája az Ize-i templomegyüttes, ahol egymás mellett két teljesen egyforma méretű templomkerület helyezkedik el, rajta különböző kultikus épületekkel. Ezek egyikét minden 20 évben lebontják és porrá égetik anyagukat, majd helyükön teljesen új anyagokból felépítik azok végtelenül pontos mását. Amint ez elkészül és használatba veszik, elkezdik a másiknak bontását és megsemmisítését. Ez a folyamat periodikusan ismétlődik évszázadok óta, rituális szigorúsággal őrizve a történelmi formák pontos továbbörökítését.

Az egész folyamat eszmei alapja abban rejlik, hogy a shinto vallás felfogása szerint az Istenségnek csak a legjobb, legépebb állapotban lévő szentély elég méltó, ha ez már kezd a használat során és az idő következtében megkopni, azt meg kell semmisíteni és helyette újat építeni, mert a javítgatott, tatarozott templom méltatlan volna a kultikus funkciók betöltésére.

Ez a felfogás szöges ellentétben áll a Velencei Cartában kifejeződő európai gondolkodással, amely szerint a forma hitelessége csak az alkotó keze nyomán, az eredeti anyagban tekinthető teljesen hitelesnek, és minden másolat csökkenti ennek értékét. A keleti gondolkodás úgy tűnik, kevésbé materialista, és a formát mintegy az anyagtól függetlenítve átszellemíti és transzcendens szférába emeli, nem törődve a tárgyiasulás folyamatának anyagi vonatkozásaival.

Mindezek az egyre sokasodó új jelenségek azzal a következménnyel jártak, hogy világszerte megindult a felmerült problémák megoldását célzó tematikus és regionális konferenciák, kollokviumok, kongresszusok rendezése, amelyek nagyobbrészt az ICOMOS keretein belül, de azon kívül is igyekeztek választ keresni az egyre sokasodó kérdésekre.

A különböző ilyen összejövetelek rendszerint egy-egy záródokumentumot, ajánlást fogalmaztak meg, amelyekben az addig nem érintett, és a Velencei Cartában nem szereplő témákra nézve rögzítették a tanácskozások eredményeit.

Az ICOMOS számára már az 1977. évi Ditchley Parkban megrendezett revíziós konferencia eredménytelensége óta világossá kellett hogy váljon, hogy a kérdés a Velencei Carta valamilyen megreformálásának, kiegészítésének útján nem oldható meg. Az 1978. évi Moszkvai Közgyűlés a Carta eredeti állapotban való megtartása mellett értelmező és magyarázó függelék szerkesztését javasolta, amely a felmerült kérdésekre nézve eligazításokat adhatna. Ezzel

együtt javasolta a történelmi városok védelmére vonatkozóan egy külön okmány kidolgozását. Ez akkor nem valósult meg.

Magam jó ideig úgy véltem, hogy az állandóan változó, fejlődésben lévő szakma környezetében talán az nyújthatna segítséget, ha a velencei alapeszméket folyamatosan szembesítenénk a felmerülő új feladatokkal, és a konkrét esetek tükrében próbálnánk állandóan továbbfejleszteni magát az elméletet, ezzel mintegy karbantartani az elvek és módszerek alakulását.

Mivel az ICOMOS-nak időközben 14 szakbizottsága alakult, de ezek között egy sem volt, amelynek feladata az elmélet alakítása lett volna, az 1981. évi római közgyűlésen a kollokvium elméleti szekciójának elnökeként javasoltam egy ilyen elméleti és módszertani szakbizottság létrehozását. A közgyűlés a javaslatot elfogadta, de az elméleti bizottság ezután sem alakult meg.

A Róma óta eltelt idő alatt a helyzet egyre bonyolultabbá és áttekinthetetlenebbé vált. Az egyre szaporodó különböző tárgyú konferenciák nyomán több tucat okmány született, és az egyre szaporodó Carták, Deklarációk, Ajánlások, Határozatok közepette a Velencében oly biztosnak és szilárdnak látszó elvi koncepció mindinkább elbizonytalanodott, fellazult. Az okmányok szaporodása inkább nehezítette, mint segítette a tisztánlátást, és egyre világosabbá vált egy új szintézis szükségessége.

25 évvel a Velencei Carta megalkotása után és 10 évvel a 2000. év előtt, az ez évben Lausanne-ban megrendezett ICOMOS-közgyűlés méltó alkalom lehetett volna arra, hogy megszerkesszünk egy új, átfogó nemzetközi okmányt: az Építészeti és Településtörténeti Örökség védelmének Nemzetközi Cartáját, amely a 20. század eszméinek szintézisét tartalmazta volna mindarra nézve, amit korunk emberisége helyesnek és követendőnek tart saját sok évezredes fejlődését kifejező és megtestesítő építészeti környezetének védelme érdekében.

Ez az okmány nem egyszerű átdolgozása vagy kiegészítése lett volna a Velencei Cartának, vagy gyűjteménye az azóta megszületett dokumentumoknak. Egy összefüggő, valamennyi kultúrát és régiót átfogó, árnyalt és differenciált szövegről van szó, amely egyidejűleg figyelembe veszi az egyes kontinensek kulturális és építészeti hagyományait, valamint századunk történelmi, társadalmi, szellemi, erkölcsi, technikai és gazdasági fejlődését, és amely érvényes válaszokat tud adni szakmánk valamennyi felmerülő kérdésére.

Egy ilyen új Carta a huszadik század számadása és üzenete lehetne a harmadik évezred emberisége számára mindarról, amit a mögöttünk lévő évezredek építészeti alkotásaiból örököltünk, amit ennek az örökségnek a megismeréséért, értékeléséért, védelméért és továbbörökítéséért tettünk, az elvekről

és módszerekről, amelyeket kialakítottunk, a veszélyekről, amelyeknek okozói voltunk, és a problémákról, amelyeket nem tudtunk megoldani, és amelyek megoldását a jövő generációkra hagyjuk.

Másfél évvel a Lausanne-i közgyűlés előtt javaslatot tettem a rendezőségnek, hogy a Rómában már elhatározott elméleti bizottság felállításával hozzon létre egy olyan nemzetközi szakemberekből álló munkacsoportot, amely egy ilyen okmány tervezetét elkészíthetné és az ICOMOS 25. éves fennállására a nemzetközi szervezet elé terjeszthetné. A rendezőség -- bár elvben helyeselte azt, az idő hiányára hivatkozva nem vállalta annak előkészítését. Így Lausanne-ban a közgyűlés csupán annyit határozott, hogy most már valóban létrehozza az ICOMOS a hiányzó elméleti bizottságot és annak feladatává teszi, hogy vizsgálja meg egy ilyen dokumentum kidolgozásának a lehetőségét.

Talán még nem késő, hogy az évezredből hátralévő tíz év alatt ez megvalósuljon.

Istvánfi Gyula

A REJTŐZKÖDŐ MÚLT ÉPÍTÉSZETI FELKUTATÁSA — A CSOLTMONOSTORI EMLÉKHELY

Úgy gondolom, elöljáróban magyarázatot kell adnom a címben megadott furcsa fogalomra. Kiindulásul veszem a konferencia egyik alapfogalmát, a hagyományt. A hagyomány alatt, közismert értelme szerint, szellemi örökséget, tudást, szokást, felfogást értünk, amit tudatosan ápolunk azért, hogy a világban való helyünket érzelmileg kijelöljük. Van a hagyománynak azonban egy másik, anyagi természetű értelme is, a jog használja így a fogalmat az örökhagyótól hátramaradt vagyontárgyakra. E kétféle hagyomány-értelmezésből származik egy harmadik eset. Az az eset, amikor a hátrahagyott anyagi természetű tárgy nyilvánvaló szellemi értéket hordoz, például történelmi, technikai, művészeti, illetve személyekhez vagy csoportokhoz, akár nemzetekhez kötődő érzelmi tartalmakat, vonásokat. Ez a harmadik eset pedig — ki ne venné észre — a műemlék fogalmának kissé nyakatekert megközelítése. Vagyis a műemlék, s vele együtt a műemlékvédelem is kétarcú diszciplína, mindig van egy szellemi és egy anyagi vonatkozása. De az anyagi vonatkozás akkor kap igazán kifejezett formát, ha a műemlék valami célra használható. És ha mindkét oldal — az anyagi hasznosság és a szellemi-kulturális többlet — együtt van, akkor beszélhetünk reális építészeti műemlékről. Az ilyen műemlékek védelmének megoldására vannak jól működő tervezési, döntési és megvalósítási technikáink, vagy egyszerűbben szólva eljárásaink. Van azonban építészeti műemlékeinknek egy jelentős tartománya, ahol az épületek már nem rendelkeznek hasznosítási lehetőséggel, s így hasznosítási, anyagi értékük egyenlő a nullával. A rom állapotú műemlékekre gondolok. S még ezek között is van több fokozat, ún. romos, alapjáig lepusztult és elfedett, elfeledett épületmaradvány, amit csak a régészeti feltárás hoz ismét napvilágra. A műemlékvédelem számára ez utóbbiak a legnehezebb esetek. Ugyanis

— az ilyen maradványok már nem tekinthetők épületnek. Hiszen gondoljuk meg, egy leromlott állapotú épület nyilván beteg, tehát feladat lehet a gyógyítás; romos állapotban az épület már agóniáját éli, de még elképzelhető az újraélesztés; ám egy kiásandó épületmaradvány — folytatva a hasonlatot —

már exhumálásban részesül, s az ilyen maradványok pátyolgatása..., ugye nem kell befejeznem a mondatot, a szituáció meglehetősen bizarr.

— Ezek szerint az ilyen maradványoknak használati funkciót adni képtelenség; s így — pusztán gazdasági megfontolásból — az ilyen maradványokra a megőrzés céljából pénzt áldozni igen kritizálható vállalkozás. Az egyetlen indok, amivel az anyagi áldozat igazolható, a népművelési, illetve muzeológiai feladat. Ezzel viszont azt állítjuk, hogy az ilyen építészeti emlékek már nem is műemlékek, vagy legjobb esetben irreális műemlékek.

És mégis, az ellentmondások ellenére is azt kell mondanunk, hogy a régészeti feltárásból származó épületmaradványok is műemlékek. Számos logikus érv szól emellett is.

Ezek felsorolása helyett azonban én itt az érzelmiekről kívánok szólni, olyanokról, amiket ugyan logikus érvekkel is meg lehet támogatni, de ezeknél talán fontosabbak azok, amelyek egy régészeti lelet "belső szemléletéből", "felismerésszerűen" fakadnak, vagyis az élménnyel kapcsolatos intuíciókkal kapcsolatosak, s amik az alkotói szubjektum oldaláról szemlélődve talán a legfontosabbak.

Jelentéktelen szakmai működésemből is sokat töltöttem el Békés megye egy alig ismert szegletében azzal, hogy az egyetemes és a magyar történelemből magamnak is, de leginkább embertársaimnak felmutassak valamit, valamit, ami egyidejűleg banális és megrendítő, valahogy úgy, mint gyermekkori emlékeimben a kötelező istentisztelet alatt az Úrfelmutatás.

Kevésbé érzelmesen folytatva, a Vésztőtől iramodásnyira levő Mágor dombja — középkori falu emléke rejtőzik a névben — senki számára nem rejtett talányokat úgy húsz évvel ezelőtt, ámbár a Sebes-Körös kanyarulatai — ma már pangó vízárok mindegyik — sugalltak még valamit a Sárrét ősi világából. A domb oldalába vágott és épített derék pince, homlokzatán egy latin felirattal ősi romokról tudósított, meg arról, hogy 1812-ben gróf Wenckheim itt borospincét építtetett. Az Alföldön ugyanis minden kis emelkedő szőlőheggyé változott a gazdálkodás racionális logikája szerint.

A 70-es években itt kezdtek régészeti feltárásokat a magyar középkori és az időszámításunkat megelőző őskori élet kutatására. Mindkét törekvés szenzációs eredményekkel járt. A déli dombtetőn a X—XII. századok során négyszer átépült nemzetségi monostort, a Csolt-nemzetség monostorát tárta fel Juhász Irén szarvasi régész. A romok azonban nagyon rossz megtartásúak és töredékesek voltak, ráadásul a szentélyrészbe belevágott a pince, s első látásra olyan szánalmas volt az egész, mint a bús magyar sors. Az OMF részéről

Entz Géza mégis merte kimondani a döntő igent: a romokat helyre kell állítani, be kell mutatni.

Az északi dombtetőn a Hegedűs Katalin által vezetett őskori feltárás Közép-Európa egyik legnagyobb, illetve legmélyebb településhalmát, arab szóval tell-jét szondázta meg. Szokványos és rendkívüli leletek, 7,20 m függőleges kultúrréteg-sor, illetve mintegy 3000 év során, az újkőkortól a bronzkorig itt élt parasztok csontjai és tárgyai voltak az ásatás tanúságtevői.

Számomra, a Havasi Pál főmérnök kérésére idevetődött építész számára ez az ásatás értelmezte és élményeztette a helyszín 6000 éves történelmi erózióját. Ez az őstemető ismeretlen népvándorlásokat, a magyar honfoglalók megülésének, a keleti és a nyugati kereszténység ütközésének és a magyarság nemzetté szervülésének eseményeit idézte, meg a tatárok dúlását, törökök pusztítását, az újrakezdés eseményeit, a megtelepedést — már Vésztőn —, a grófi birtok vagy a pákászok és pásztorok világát, az itteni parasztértelmiség tetteit, az oroszok messianisztikus igazságosztását, meg a néphatalom torzszületményét, a Vésztői Köztársaságot idézte a hely. Micsoda történelem!

És végül, de nem utolsósorban itt találkoztam egy olyan helyi vezetővel, Komáromi Gábor tanácselnökkel, aki mindezt érezte és értette, aki állami támogatásokat hajtott fel érvelve és bízva az építészben akkor is, ha az józanul tervez és akkor is, ha az már álmodik.

A Csolt-monostor maradványait annak rendje és módja szerint — melynek mikéntjét Hajnóczi Gyulától tanultam el — értelmezhető állapotba hoztuk. A jó ötletek értékét olykor balszerencsés körülmények rontották el, de mint említettem, a Csolt-monostor műemléki problémái nem állnak egyedül az országban és szakmai gyakorlatunkban.

1982-ben Pozsgay Imre, akkor a Hazafias Népfront elnöke avatta fel a helyreállítást és a pincében berendezett múzeumot. Először csak egy kis fogadó építmény készült — pénztárnak szántam, büfé lett belőle. Ezután felmerültek a nagy kérdések. Megérte-e a helyreállítás a ráköltött pénzt? Elég-e a 6000 év történetéből csupán 300-at bemutatni? Lesz-e a monostormaradványoknak akkora vonzereje a puszta közepén, hogy ide érdeklődve jöjjenek az emberek? Súlyos kérdések voltak ezek építésznek, községvezetőnek és a mecénás községnek egyaránt. De aztán szinte jöttek a tennivaló feladatok egymás után.

A legcsábítóbb volt a domb őskori rétegeinek in situ — helyben történő és nem múzeumi — bemutatása. Hiszen bárhol ásnak le a dombon, minden köbméter földre jut egy ládányi lelet. Ritka műfajú épületet, ún. régészeti krip-

tát terveztünk. A mintaszelvényt Makkai János vésztői születésű jeles régészünk ásatta ki, s e fölé Vámossy Ferenccel egy beton védőépítményt terveztünk, tetején földvisszatakarással, s így a pince ellenpontjaként nyílik fel az a megszemlélhető üreg, amelyben bepillantást kapunk a domb belsejébe, a domb történetébe. Ezzel, ha nem is ebben a sorrendben, a Mágorhalom történelmi emlékhellyé vált, s leletei 5-6 évezredet átöleltek, de még hiányzott az utolsó 200 év.

A régi vadvíz-világ pákászait, de a legszegényebb sárréti parasztok világát is idézi egy ún. pákásztanya, mely szinte minden ízében — fal, tető, ágy, ülőpad, tűzhely, kemence — nádból és sárból készült. A régi puszták, rétek pásztorvilágát idézi egy falka racka-juh, s néhány fogatos- vagy hátasló, nekik való régi karámmal és istállóval. A birkák dolga, hogy legelnek — tulajdonképpen génfenntartóként tartják őket — meg arra, hogy ott legyenek mint látvány és emlékeztető. A lovak pedig jó időben körbeviszik a látogatókat a sárréti tájon.

A jelentősebb fellendülést Vésztón a századforduló hozta meg. Elég megnézni a község református templomát, a községházát, a rátarti, szorgalmas parasztságra utaló házakat, s belátható, emögött komoly társadalmi mozgalmak húzódtak. Ami ebből Mágorra kivihetőnek tűnt, az végül a Tiszántúl népi íróinak, gondolkodóinak emlékhelye lett, az ún. Sárréti Pantheon. Ennek helyszínéül azt a helyet választottuk, ami már nem a domb, de még erőteljes vizuális kapcsolatban van vele. Egy töltésoldal inspirálta az ókori görög színházra emlékeztető lelátó kialakítását, előtte kör alakú térséggel. A színpadnak megfelelő helyre terveztünk egy emlékkaput, régi főszerkezetek és népi építészeti motívumok felidézésével, ami két irányban is előadói emelvényül szolgálhat. Ezzel kialakult a szoborpark centruma, ami lehetőséget ad kisebb szabadtéri előadások vagy iskolai órák megtartására is. Ehhez csatlakozik két oldalról egy kosárgörbe vonalvezetésű sétány, amelyre felfűződik a mellszobrok sora. (Az eddigiek során Szabó Pál, Erdei Ferenc, Veres Péter, Németh László, Barsi Dénes, Győrffi István, Féja Géza és Erdélyi József szobrait állították fel.) Egy ivókút és az ünnepi zászlórúd mellett a kosárgörbe harmadik szerkesztőpontját egy úgynevezett "időfa" foglalja el.

Az ötlet abból fakadt, hogy a hat évezrede lakott helyszín régvolt emberei létük, küzdelmeik, közeli nyugvóhelyeik és emlékük jogán éppúgy megérdemlik az emlékállítás tisztességét, mint századelőnk kiemelkedő szellemei. Úgy gondoltam, hogy kultusztárgyaikkal, sírjeleikkel emlékeztetünk rájuk. Így idézi a vaskos tölgyfa törzsön spirálisan emelkedő sorrendben a kövér asszonytest az újkőkori termékenységkultusz híveit, az uralkodói bárd vala-

mely bronzkori népet, a szarvak az erő--bika-kultusz követőit, a szkíta szarvas az avar puszták lakosságát, a fatörzs sírszobor a pogány honfoglalókat, a görög kereszt, a kard és a latin kereszt az államalapítást és az Európába illeszkedő őseinket, majd a környéken ismert protestáns fejfák és kopják a középkori, meg a töröktől-tatártól nyomorított parasztságot és az újra megtelepülőket, a küzdőket és reménykedőket.

Az elvadult szőlő és sziki legelő halotti leple alól feltámasztott múlt tehát többféle — régészeti, múzeumi, építészeti, néprajzi — oldalát mutatja egyszerre, s talán keretezi az intuíció halvány aurája is.

Mezős Tamás

A HAGYOMÁNY SZEREPE A NYUGATI GÖRÖG KOLÓNIÁK ÉPÍTÉSZETÉBEN

A hazai római kori építészeti emlékek helyreállítása során vetődött föl bennem a kérdés: mi a kapcsolat a Róma városi és a provinciák, közelebbről az északi provinciák építészete között. Illetve, hogy mivel magyarázható a birodalom keleti és északi területeinek építészete közötti markáns különbözőség? A kérdés nem a görög területek — Hellas és Kis-Ázsia —, valamint Pannónia építészetében megmutatkozó triviális különbözőségekre vonatkozik, hanem a sokkal fontosabb, gazdaságilag és társadalmilag is jelentősebb, germániai és galliai provinciák és mondjuk a szerényebb kulturális hagyományokkal római uralom alá került észak-afrikai vagy hispániai tartományok kínálta összevetésre.

Ugyanakkor tágabb értelemben is számos kérdés vetődik fel egy nép által meghódított terület és az anyaország polgári építészetének viszonyáról. Elég itt utalni a Kelemen Pál kutatásai alapján megismert közép-amerikai spanyol vagy az angol koloniális építészetre. Saját korábbi vizsgálataim alapján hasonló kérdést vet fel a görög építészettörténet anyaországi és gyarmati emlékeinek vizsgálata is.

A római provinciális építészet vizsgálatát és megértését nagyban segíti az adott korszak társadalmi-politikai mozgásainak ismerete, bár ezek párhuzamos vizsgálatára néhány cikk és egy kis könyvecskén kívül nem ismerek példát. Látványosak és részben magyarul is hozzáférhetőek Kelemen Pál publikációi. A társadalmi hátteret is felvázoló művészettörténeti és építészeti fejlődéstörténet hihetően magyarázza a túldíszített, súlyos spanyol koloniális építészet kialakulását, fejlődését és szükségszerű hanyatlását.

A klasszikus görög építészet kutatásával és értékelésével — közhely, de — könyvtárnyi irodalom foglalkozik. Az anyaország és a Ny-i kolóniák építészetének — minden hasonlóságuk ellenére meglévő — különbözőségeit azonban csak az elmúlt évtizedben, a római Német Régészeti Intézet építész munkatársa, Dieter Mertens kezdte behatóan vizsgálni.

Előadásomban az ő kutatásaira és az én doktori disszertációm eredményeire támaszkodó, évek óta íródó, tervezett kandidátusi disszertációm alapján tömören összefoglalom a görög gyarmatosítás 4 évszázados történetét meghatározó momentumokat. Tézisszerűen értékelem az anyaország és a kolóniák építészetének azonosságait és különbözőségeit; felhívom a figyelmet néhány, feltehetően az őslakosság építészetéből átvett, de hellenizálódott építészeti megoldásra is.

A hellén gyarmatosítás jelentősége a poliszok belső életére gyakorolt hatásán túl tágabb, kultúrtörténeti horizonttal is megfogalmazható. A Földközi-tenger medencéjét mint régiót tekintve a városállam parányi, de gazdasági, társadalmi és kulturális szempontból egyaránt önálló egységként definiálható. A Fekete-tenger partvidékén, Afrika líbiai partvidékén és Dél-Európában létrehozott kolóniák ezt a szellemiséget örökítették át, ápolták és maguk is — új települések alapításával — terjesztették.

Stratégiai szempontból azok a területek váltak a letelepedés potenciális területeivé, amelyeket nem veszélyeztette a tengeren erős nagyhatalmak — Fönícia, Etruria és Egyiptom — valamelyike, és ahol az őslakosság még nem alkotta meg markáns államszervezetét. Geográfiailag elsősorban a tengeri útvonalakba eső szigetek vagy a szárazföld jól védhető és biztonságos kikötési lehetőséget adó parti sávját igyekeztek elfoglalni.

Az időben a Kr. előtti VIII. században induló gyarmatosítási hullám okát egyetlen ténnyel nem lehet meghatározni. A kereskedelmi útvonalak szaporodása közvetlenül talán nem befolyásolta az új városok alapítását. Görög áruk ugyanis már a Kr. előtti VIII. sz. elején is eljutottak Itáliába, Hispánia K-i partvidékére és Észak-Afrikába. Fontosabbnak tűnik a tény, miszerint ki kellett elégíteni az ércek és fémek iránt egyre növekvő igényeket. A gazdasági árutermelő képességének megnövekedése, eladatlan árukészletek felhalmozódása, a poliszok túlnépesedése, a kalózkodás mint iparág kialakulása és nem utolsósorban az új harminc- és ötvenevezős gyors, mozgékony és nagy teherbírású hajók megjelenése a tengereken, mind közrejátszottak a kolonizáció kialakulásában. A gyarmatváros (apoikia = az otthontól távoli település) megalapítását az anyaváros körültekintő gondoskodással szervezte meg. Az expedíció vezetőjét, az oikistest is megfontoltan választották ki. A polisz vezetői az istenekkel való konzultáció után, a jóslatok messzemenő figyelembevételével határozták meg a kolónia tervezett helyét. Például az ázsiai partok iónjai a didymai Apolló orákulumával konzultáltak. Hellasban a delphoi Apolló és talán a dodonai Zeusz jóshelyei voltak — ebből a szempontból — a legkedveltebbek. Az istent az expedíció isteni vezetőjének (archegetesnek)

tekintették. Konkrétan bizonyított, hogy a didymai Apollónak Apollonia Rhyndacia, a delphoi Apollónak pedig a szicíliai Naxos alapításában meghatározó szerepe volt. Mindkét helyen ápolták is a későbbiekben Apollo Archegetes kultuszát. A kultuszhellyel fenntartott kapcsolat pedig az anyavárossal megromlott kapcsolatok után is fennmaradt.

A telepesek társadalmi összetételére vonatkozó relatíve megbízható ismereteink alapján állítható, hogy — akár pozitív, akár pedig negatív értelemben — nem kitüntetett rétegek tagjaiból verbuválódtak az első expedíciók. Talán a korai telepítésű Apollónia Illyrica példája lehet kivétel, ahol ugyanis 200 fegyveres, két penteconteren (ötvenevezős hadihajón) foglalta el az új területet. Syracusa alapítói között a Corinthia belsejéből, Teneából való parasztok voltak többségben. Strabon tudósításából ismert, hogy a therai alapítású Cyrenében a sziget valamennyi családjából kiválasztott egy-egy gyermek alkotta a telepesek első csoportját.

A vallási hagyományokat, a társadalmi berendezkedést, a törvényeket, a naptárt, a nyelvjárást, sőt az abc-t is az anyaváros adta. Milétos gyarmatvárosaiban a névadó tisztviselő Apollo papja, a Stephanephoros, vagy a városi kormányzat vezetője, a főmagiszter, a Prytanais — éppúgy, mint az anyavárosban. A Kr. előtti VII—VI. sz. fordulójáig jellemző szoros kapcsolatra utal még az is, hogy az apoikia által alapított újabb város oikistesét gyakran az anyavárosból hívták.

A gyarmatvárosok alapítása után a közvetlen politikai irányítás köldökzsinórja elszakadt. Néhány kivételtől eltekintve — pl. Zancle esetében — Korinthos évente városi tisztviselőket küldött ki az apoikia kormányzatának ellenőrzésére.

A Hellasban meggyengülő arisztokratikus uralmat felváltó tyrannis kialakulásának kedvezőek voltak a feltételei a nyugati gyarmatvárosokban. Az átvett politikai berendezkedés ellenére nyugaton mindig egy erőskezű vezető irányította a polisz életét, elsőként az egyenrangúnak tekintett arisztokráciával. Az első valódi tyrannusok között találtuk az arisztokrata Leontinibeli Panaetiust, aki a Megara Hylaea elleni győztes háború vezéreként ragadta magához az egyeduralmat. Az akragasi Phalaris egy népünnepélyen meggyilkoltatta a város előkelőségeit és csőcselék terrorjával szilárdította meg a hatalmát még a VII. sz. vége előtt. Dél-Itáliában és Szicíliában, az arisztokrácia gyengesége és a hatalom bizonytalansága miatt a VI. sz. közepéig mindenütt tyrannusok ragadták magukhoz a hatalmat.

A kialakuló új hatalmi struktúra lerombolta a régi arisztokratikus kormányzatot, de stabil államvezetést nem volt képes kialakítani. Közrejátszott

ebben egyrészt a fokozódó karthagói fenyegetés délről, másrészt az erősödő etruszk támadások észak felől. A helyzetet csak súlyosbította a Kr. előtti VI. sz. utolsó harmadától, hogy a gazdaságilag megerősödő poliszok a piacok megszerzéséért folytatott versenyben egymás érdekeit is sértették, egymással is háborúkba keveredtek. A poliszon belüli problémákat is többnyire erőszakkal igyekeztek megoldani.

A történelmi és társadalmi háttér vázlata után tézisszerűen mutatom be Hellas és a Ny-i kolóniák építészetében kimutatható azonosságokat és különbözőségeket. Az összevetést mindig azonos időszakban végeztem el, tehát az archaikus vagy a klasszikus korban. Vizsgálataim pedig csak a dór stílusú templomokra korlátozódnak, mivel Dél-Itáliában és Szicíliában — érdekes módon — a kimutatható ión hatás ellenére, alig néhány korai kis ión stílusú templomot ismerünk.

A TEMPLOMOK ELHELYEZKEDÉSE ÉS TÁJOLÁSA

A VII. sz.-ig egyértelmű, hogy az anyaországban követett gyakorlat érvényesül a templomok helyének kiválasztásában, sőt tágabb értelemben a temenos elrendezésében. Lehetőség szerint a város fölött vagy annak közelében emelkedő domb tetején építik meg a szent ligetet, ahol nemcsak egy, de egy nagyobb — a várost kegyeibe fogadó — istenség temploma áll. Az elhelyezésből adódóan érvényesül az épület szoborszerű, mindegyik homlokzatát egyenlőnek tekintő kiképzése.

A templomok tájolása kortól és területtől független tényező. Kevés kivételtől eltekintve a főhomlokzatok K felé néztek, míg az istenszobor, az agalma, a szentély Ny-i végébe került. Az oltár az épület főhomlokzata előtt, tehát a K-i oldalon helyezkedik el. Mivel a tájolásra vonatkozó korabeli szabályokat, előírásokat nem ismerünk, nem érdemes vizsgálni az égtájtól való eltérés számszerű értékeit. Elég annyit megjegyezni, hogy a templomok hossztengelye az ÉNy—DK-i és az ÉK—DNy-i tengelyek közé esik. Kivétel pl. a delphoi Athéna Pronaia szentélykerület két Athéna-temploma vagy az Olympiában lévő Metroon. Az előbbiek D-re, az utóbbi pedig Ny-ra orientált.

AZ ÉPÜLETEK TERVEZÉSI ELVEI

Régebbi dolgozatomban részletesen elemeztem 49 görög dór templom jellemző méreteinek egymáshoz való viszonyát. Az alaprajzi méretek közismert adatain túl a stylobates, az oszloptörzs és -fő, a párkány és a tetőzet — ill.

az épület teljes magassági méretét is — egymáshoz való viszonyukban vizsgáltam. Az eredmények egyértelmű, számszerűsíthető adatokon túl grafikusan is igazolhatóak. A Hellas-beli és a dél-itáliai épületek geometriai méreteinek összehasonlítása a következő, általánosítható eredményekkel szolgált:

1. Alaprajzilag a stylobates és a cella méreteinek viszonyában hasonló tervezési elvek feltételezhetőek mindkét területen, az archaikus korban.

2. A klasszikus korban Hellasban és Dél-Itáliában épült templomok arányai között összefüggés nem állapítható meg, inkább az archaikus kori anyaországi templomokra hasonlítanak a klasszikus kori dél-itáliaiak.

3. Alapvető és nyilvánvaló különbözőség van az oszlopkoszorún belül a cella elhelyezésében. A Ny-i területeken a Kr. előtti VI. sz.-ban tapasztalható és futótűzként elterjedő építési lázban épült templomok gyökeresen szakítanak az anyaországi hagyományokkal. A K-i oldalon megnövelik az oszlopkoszorú szélességét, általában pseudodipteros vagy dipteros mélységig. Ezáltal a cella a stylobates közepéről a Ny-i homlokzat felé tolódik el. A szicíliai prostazisznak nevezett előcsarnok hangsúlyossá teszi az épület bejáratát, elvész általa a homlokzatok és oldalak egyenértékűségének a gyakorlata. A K-i homlokzat kiemelését tovább növeli a Hellasban alkalmazott — szabályszerűen háromlépcsős — stylobates megemelése és a felvezető lépcsők pofafalakkal történő hangsúlyozása. Pl. a selinusi E templomnál.

Szintén D-Itáliára és Szicíliára jellemző sajátosság, hogy a pronaosz és a naosz mögött nem opisthodomos, hanem adyton van. Az alaprajzi megoldás gyakorisága az archaikus korban előrevetíti a frontoldal hangsúlyos kiemelését.

4. Hellasban a klasszikus korban a szerkezeti érzék fejlődése miatt a cellát bekötötték az oszlopkoszorúba. Ez annyit tesz, hogy a cella falainak külső síkja vagy tengelye egybeesik a homlokzati 2. vagy 3. oszlop egyik érintősíkjával vagy tengelyével. Magna Graeciában ez csak azokon a klasszikus kori templomokon figyelhető meg, mint pl. az akragasi Héra Lacinia (D), vagy a paestumi Poseidón, amelyek anyaországi kapcsolata bizonyított.

5. Jellemző kormeghatározó adat a templomok homlokzati oszlopainak száma, ill. ezek egymáshoz való viszonya. A nyújtottabb, archaikus alaprajzi elrendezést követő épületeken a gyakori 6 frontoszlop mellett a hosszoldalon 15 vagy több oszlop áll, mint pl. az akragasi Héraklés esetében. A klasszikus alaprajzi arányú stylobateseken ez a szám 13-ra csökken. Ilyen pl. az előbb említett, szintén akragasi Héra Lacinia.

6. Szintén az építés idejének meghatározását segítő adat az intercolumniumok, pontosabban a szélső és a közbülső oszlopközök méreteinek azonossá-

ga vagy különbözősége. Egyszóval a sarokösszevonás megléte vagy hiánya. Nyugaton az először az akragaszi Héraklész 580-ra datált K-i homlokzatán jelenik meg bizonytalanul, mindössze 11 cm-es értékkel. A klasszikus arányokat követő, szintén akragasi Concordiánál pedig az V. sz.-ban már a két szélső oszlopközre elosztják a sarokösszevonás miatti méretcsökkenést. Ez a szabályosság azonban nem jellemző a vizsgált területre. Tipikusabb a selinusi C templom példája. Ennél a fronton és a hosszoldalon az oszlopközök megegyeznek, az előbbinél 4,40, míg az utóbbinál 3,86 m átlagos értékkel. A szórás viszont roppant nagy, 28 cm.

Egy rövid előadás keretei nem teszik lehetővé a részletek méret- és arányszerű elemzését. Igazolható viszont az a feltételezés, ami mondandóm lényege lenne, hogy tudniillik az archaikus formák továbbélése határozottan kimutatható a görög gyarmatvárosok hanyatlásáig, majd a római uralomig a területen. Az elmondottakon túl példák sorával illusztrálható a párkányzat nagyobb magassági mérete vagy a tetőhajlás nagyobb meredeksége Ny-on, mint az anyaországban.

Érdekes adalék, az előadásom elején említett tény, hogy viszonylag kevés ión stílusú templom került elő a régészeti kutatások során. (Abszolút értékben is csekély a számuk, mert csak két templom ismert: egy Szicíliában, egy másik pedig Pompeji közelében.) Külön előadás tárgya lehetne az ión hatás vizsgálata a dór templomokon. Hellas klasszikus kori építészetére jellemző stíluskeveredés Nyugaton nem vált általánossá. Még akkor sem, ha tudjuk, hogy a megalománia, a szomszédénál nagyobbat akarás a kis-ázsiai ión óriások méreteit is meghaladó gigászokat szült.

Röviden összegezve az elmondottakat, úgy gondolom, hogy a kolóniák története és a társadalmi háttér megismerése hozzásegíthet egy különleges építészet sajátosságainak megértéséhez.

Szalai András

NÉHÁNY ÉSZREVÉTEL A SZENTENDREI "VILLA RUSTICA" HELYREÁLLÍTÁSÁRÓL

Rövid beszámolóm a szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múezum területén található római villa romjairól és a romok állagmegóvására szervezett nemzetközi építésztáborokról, ahhoz a hagyományhoz illeszkedik, amit jó néhány évvel ezelőtt Hajnóczi Gyula tanár úr teremtett meg az aquincumi "Interstudex" régésztáborokkal.

Aquincum után az építészhallgatók részvételével szervezett nemzetközi régésztáborok Gorsiumban folytatódtak. Az utolsó gorsiumi táborok egyikének, másodéves építészhallgatóként, magam is résztvevője voltam, s voltaképpen innen ered a szentendrei "Villa Rustica" nemzetközi építésztábor ötlete is.

Az "Interstudex" táborok hagyományának szentendrei folytatását a villa rustica romjai körül kialakult patthelyzet idézte elő.

Mikor 1978-ban friss diplomával a szentendrei skanzen munkatársa lettem, a római villa romjait három évvel az ásatások befejezése (félbehagyása) után már alig lehetett a mellig érő gaz és földkupacok között észrevenni.

A leletmentő ásatások 1973-ban kezdődtek. Később — észlelve, hogy az épületmaradvány jelentősebb, mint várták — áttértek a szelvényrendszerű feltárásra. Az 1975 augusztusáig tartó feltárások során az egykori Pannónia provincia legnagyobb kiterjedésű vidéki villája, villa rustica-ja került napvilágra. (A törzsépület 67 x 78 m; az alapterület 5226 m^2; a központi udvar mérete kb. 20 x 25 m; az udvar körül 52 helyiség volt.) Az építés i. sz. 230 körül kezdődhetett. A teljes kiépülés további három periódusban történt, és valószínűleg a IV. sz. legvégéig használták a villát.

Az ásatásokat irányító régész, dr. Topál Judit — elsősorban amiatt, hogy a rom egy épülő és (népi) építészeti értékeket bemutató múzeum területén van — már 1975-ben javasolta a teljesen feltárt épületszárnyak konzerválását. "A szándék az illetékes intézmények ... óvatos, sőt ellenséges magatartása és a várható borsos költségek miatt meghiúsult." A kinyitott épületmaradványok rohamos pusztulása miatt az ásató régész újabb beadványokban kérte most már a rom visszatemetését, "de ennek költsége 8-10-szerese lett

volna a feltárás összegének, ennél fogva az illetékesek újfent elzárkóztak, ugyanakkor Pannónia legnagyobb villájának, s egyben Szentendre (a római Ulcisia Castra) egyetlen feltárt római emlékének pusztulásáért egyikük sem vállalt felelősséget"! (Az idézetek dr. Topál Judit egyik feljegyzéséből valók.)

Ebben a helyzetben vetődött fel részünkről — később már a múzeum vezetősége által is jóváhagyottan — egy nemzetközi építésztábor szervezésének gondolata.

A "Villa Rustica" építésztábor létrejöttében Hajnóczi Gyula professzor úr szakmai tekintélyének jelentős szerepe volt. Az ő és Istvánfi Gyula elvi irányításával végeztük az állagmegóvási munkát is az első években.

A táborok nemcsak elmozdulást jelentettek a patthelyzetből, de hatékonynak és gazdaságosnak is bizonyultak. A meghiúsult konzerválás — ami csak a fele területre vonatkozott volna, az udvar közepén (!) kettévágta az alaprajzot, az épület déli felét mintegy a "szőnyeg alá söpörve" — 8 millió forintba került volna 1978-ban. A szakszerű visszatemetés ára pedig — ami az épületmaradványok végleges pusztulásához vezetett volna, hiszen a kiásott falak néhány év múltán helyenként teljesen szétmállottak — három millió forint körül lett volna 1981-ben. Ezzel szemben a táborokra fordított pénz 1981—89 között összesen kevesebb volt másfél millió forintnál.

Az első évben a pénzt különböző szervezetek, intézmények adták. 1982-ben a tábor anyagi fedezetét teljes egészében a Művelődésügyi Minisztérium biztosította, megígérve azt is, hogy a szükséges évi összeget — 100-120 ezer forint — minden évben átutalják a múzeumnak. 1984-ben azonban már a múzeum saját költségvetésből "gazdálkodta ki" a tábori költségeket, jóllehet csak annyiban tulajdonosa a romnak, hogy a területén található. Az igazán illetékes, és az állagmegóvásban érdekelt, a Nemzeti Múzeum, a Pest megyei Múzeumok Igazgatósága és az Országos Műemléki Felügyelőség lett volna. A munkát azonban egyik intézmény sem támogatta. 1985—89 között ismét különböző támogatásokból sikerült megrendezni a táborokat. A támogatások megszerzése és ennek következtében a táborok szervezése évről évre problémát jelentett. Nem kis mértékben ez lett az oka annak, hogy az utolsó tábort 1989-ben már csak mint nyári termelési gyakorlatot sikerült megszervezni.

1985-től a Nemzetközi Építész tábor mellett a részlegesen feltárt terület további feltárására középiskolás tábort is szervezett a Szabadtéri Néprajzi Múzeum.

A három hétig tartó nemzetközi építésztáboroknak, amelyek a Műszaki Egyetem építészmérnök hallgatóinak közreműködésével szerveződtek, a kilenc

év alatt Európa 14 országából és a tengerentúlról is voltak résztvevői. Sokan közülük évekig visszatértek.

A táborok eredményeképpen a rom teljesen feltárt felének (a "nyolcmillió forintos fele") állagmegóvása elkészült és jelentősen előrehaladt a részlegesen feltárt részek konzerválása is. Az állagmegóvást megelőző (újra)feltárás és a további ásatások során folyamatosan kerültek elő újabb leletek. Többek között porticushoz tartozó oszlopok, az egyik legértékesebb freskótöredék, fibulák, köztük egy ritkának számító hun kori cikáda-fibula is.

Röviden ennyi a szentendrei villa rustica és a "Villa Rustica" nemzetközi építésztáborok története. Bár minden évben ott lebegett a táborok felett Damoklész kardjaként a támogatások elmaradásának veszélye és voltak ellendrukkerei is a kezdeményezésnek, a történet végül is nem végződött rosszul. Annak ellenére, hogy a szervezési nehézségek következtében a tábor tulajdonképpen elhalt, a romot már nem veri fel a gaz, értelmezhető és elvileg látogatható romterület alakult ki a Szabadtéri Néprajzi Múzeum területének súlypontjában.

Fekvése miatt a romterület domináns eleme a múzeumi tájegységek közötti zöldterületnek. Indokolt lenne az intenzívebb hasznosítás, múzeumi kiállítások rendszerébe való illesztés. A táborok kilenc éve alatt erre vonatkozóan is született több elképzelés, terv, többek között az Építészettörténeti Tanszéken folyó komplex tervezés keretében. A romterület környezete alkalmas lenne a múzeum végleges központi épületének elhelyezésére is. Ugyanakkor a római villa egyes részei — például az első építési periódus — a skanzeni házrekonstrukcióhoz hasonlóan akár meg is épülhetnének. Ez azonban egyelőre csak papíron létező "ábránd". Talán egyszer majd ezek az elképzelések is valósággá válhatnak. Az állagmegóvásra szervezett táborok munkájának ez méltó megkoronozása lenne.

Guzsik Tamás

TRADÍCIÓ ÉS FEJLŐDÉS AZ ÖRMÉNY SZAKRÁLIS ÉPÍTÉSZETBEN

A keresztény liturgiák történetében az örmény szertartásrend elég perifé-rikus kérdés: földrajzi, történelmi, etnikai, nyelvi elszigeteltsége miatt hatása csak korlátozott lehetett, így nem is kerülhetett az érdeklődés előterébe. Ennek a viszonylagos elzártságnak a liturgiatörténeti és építészettörténeti vizsgálatok szempontjából előnyei is vannak. Szinte "laboratóriumi" körülmények között figyelhető meg a belső fejlődés a rítusokban, és ezzel összefüggésben a templomépítészet alakulásában, tipológiájában. Emellett az örmény szakrális építészet alaposabb megismerése a keresztény Nyugat néhány korai templomára is ráirányítja a figyelmet. Lehet, hogy a középkor egyes szakaszaiban nem is volt annyira elszigetelt az örmény liturgia, mint ahogyan azt ma feltételezzük? Az alábbi, rövid összefoglaló ezekre a kérdésekre keresi a választ.

Az egyházi hagyomány a keresztény tanok első hirdetését, terjesztését Sz. Tádé apostolnak tulajdonítja Hajasztánban. Személye az Örmény Egyházban különös tiszteletben áll, kar-ereklyéjét Szurp-Ecsmiadzinban őrzik, s a liturgiában is használják (pl. nagycsütörtöki olajszentelés). Másik hagyomány az Antiochiai (szír) Patriarchátus keleti területén, Edessza környékén Addai és Mar térítő tevékenységéről tud (ők Jézus első 70 tanítványa közül valók voltak, személyükről többet nem tudunk). A keleti szír (kháld) liturgia-csoport ma is őrzi Addai és Mar szöveghagyományát. Az Örmény Egyház kezdetben szoros kapcsolatban állt Edesszával, a liturgia legősibb rétegeiben felismerhető ez a kelet-szír eredet. Túl a hagyományokon, az történeti tény, hogy a III. század folyamán Hajasztánnak már kialakult egyházi hierarchiája volt. Euszebiosz Egyháztörténete (VI. 46,2.) e korból idézi Meruzanész örmény püspök és alexandriai Dionüsziosz levélváltását. Az Alexandriával való kapcsolat — esetenként **Bizánc** ellenében — a későbbiekben is meghatározó volt. A Diocletianus-féle nagy keresztényüldözés (287) után vett új lendületet az Örmény Egyház szervezése. III. Tirdat király (287—330) uralkodása alatt az örmények nagy része keresztény lett, s 305-től — a világon elsőként — itt

vált államvallássá a kereszténység. Az egyházszervezés vezéralakja Krikorisz Luszavorics, Világosító Sz. Gergely püspök volt. Az Első Egyetemes Zsinaton (Nikaia, 325) a püspök fia, Arisztakesz képviselte az Örmény Egyházat, majd 355-ből már önálló örmény nemzeti zsinatról tudunk. Még a IV. században Nerszesz szerzetes rendezte és rögzítette a liturgia első formáját. Az ó-szír nyelvet felváltotta az óörmény, a krapar. Nagy Szahak 433-ra fejezte be a Biblia lefordítását. A nemzeti nyelvű és karakterű liturgia rögzítésében meghatározó jelentőségű Meszrob Mastoc (361--441) működése, aki 396-ra megalkotta a 36 betűből álló, máig használatos örmény abc-t. A liturgikus rendezés fő műhelyei a kolostorok voltak, ahol kezdetben a szír szerzetesség szabályai szerint éltek és dolgoztak. De nem alakultak ki olyan szélsőséges, önsanyargató szerzetesi mozgalmak (oszlop-állók, nem-alvók stb.), mint Bizáncban vagy Szíriában. A nagy hitvitákat eldöntő V. századi zsinatokon (431. Epheszosz, 451. Kalchédon) az Örmény Egyház nem tudta képviseltetni magát. Az elszigeteltség eredménye az lett, hogy a zsinati határozatokat nagy késéssel, sokszor rossz fordításban kapták meg. A 451-es Kalchédoni Zsinat elítélte a monofizita tanokat hirdető ún. jakobita szíreket, ezek Antiochia környékéről elvándoroltak. Ilyen szír bevándorlás is motiválta az V. század végén az Örmény Egyház önállósulását. Ezt a helyzetet az egyháztörténészek legnagyobb része "verbális" monofizitizmusnak, "verbális" skizmának tekinti. Találó az elnevezés, ha benne a "mondvacsinált" magyar szót használjuk a "verbális" helyett. Mert sokkal inkább nem-megértésről, félreértésről volt szó, mint tudatos teológiai szembenállásról (ennek kifejtésére, kifejezésére nem is volt lehetőség). Ilyen előzmények után mondta ki 506-ban a dvini nemzeti zsinat az Örmény Egyház önállósulását.

Talán a kelleténél többet időztünk az egyházi önállóság kérdésénél. De a liturgia szempontjából meghatározó volt ez az időszak: a legkorábbi, talán még a Sz. Tádé-féle apostoli szertartást az V. század folyamán váltotta fel egy jakobita-szír típusú rítus. Az első három évszázad "szükségleti" templomépítészetéről eddig nem ismerünk példákat, a szíriaiakhoz hasonló háztemplomok (Dura-Europosz, Qirqbiza) bizonyára működtek itt is. A legkorábbi templomok a IV. század elején épültek, ezek ma vagy romokban vannak, vagy átépültek (Avan I., Dshards'harisz, Garni I., Ecsmiadzin I.). Ezek egyhajós teremtemplomok voltak egyetlen félkörös vagy patkóívű apszissal. A hajót famennyezet vagy hevederes donga fedte, az apszist félkupola. Bejárat a déli és a nyugati oldalon nyílt, s gyakran az egész épület egy háromlépcsős krepidomán állt (mint az antik templomok). Nerszesz liturgikus rendezése (374) nyomán, a IV. század utolsó évtizedeiben már némileg összetettebb templomtér

alakult ki: az egyhajós teremtemplom a déli oldalon tornáccal és az apszishoz csatlakozó melléktérrel (sekrestye) gazdagodott (Tanahat, Gjulagarak, Karnut). Ez az "oldaltornácos" típus a IV. században Szíria középső részén volt általános (Nurijeh, Rbé'ah, Kfer, Srir). Különbség, hogy a szír templomoknál gyakoribb, később általános a hármas szentélyfej, a madbah: az apszis mindkét oldalához kapcsolódik melléktér (protheszisz, diakonikon). A legkorábbi örmény templomokban tehát olyan szertartást végeztek, mely semmiféle járulékos teret nem igényelt. Ezekben sejtjük az Addai-Mar-féle liturgia építészeti keretét. Nerszesz első örmény rítusa már megkívánta az előkészületi helyiséget. Az első háromhajós templomoknál is még ez a melléktér szervetlenül kapcsolódik a templom keleti részéhez, de mindig a hajóhoz (Kaszach, 400. k.). Az V. században általánossá vált a háromhajós tértípus, esetleg "oldaltornácos" változatban is (Jeghvard, Astarak, Ereruk, Tekor). Ezeknél már minden esetben kiépült a hármas szentélyfej, a madbah. A szír liturgia követelményeinek megfelelően a mellékterek mindig a mellékhajók felé nyitottak, magával az apszissal nincs közvetlen átközlekedésük (szír analógiák: Bankusza, Babiska, Djeradeh, Dar-Kita). Fokozatosan megjelent viszont az apszis terének felmagasítása, pódiumra helyezése, a choran. Kezdetben a főhajó tengelyében volt ennek a lépcsőfeljárata (szír mintára), később a kétoldali feljárat vált örmény "specialitássá". Megjegyzendő, hogy ilyen, nem-tengelyes megközelítése az oltárnak a keleti rítusokban csak az örményeknél ismert, a korai, gallikán nyugati rítusokban helyenként előfordul — sejtésünk szerint örmény hatásra.

A VI. században szír mintára tehát véglegesedett az örmény rítus, s ennek meghatározó eleme a hármas szentélyfej (madbah) a hajók felé nyitott mellékterekkel, valamint a choran, a szentélypódium kétoldali feljárattal. A kb. 100-120 cm magas choran előlapján néha képi ábrázolás is lehet, ez azonban nem általános, s nem mutatható ki, hogy már a VI. században is alkalmazták. Ez inkább bizánci hatás, melyről a későbbiekben még szólunk. Hasonló szír-örmény jellegzetesség, hogy az oltár terét függöny (varakojr) takarja a szertartás bizonyos részei alatt. Ismereteink szerint a choran először a masztarai Sz. János-templomon jelent meg a VI. század elején, a máig használatos formában; a VII. században már mindenhol alkalmazták (Voszkepar, Arthik, Harics). A szorosan vett liturgikus téren túlmenően az egész masztarai épület talán kezdetét jelenti a jellegzetes "örmény" templomtípusnak: a szakirodalom "Hripszime-típusnak" nevezi, a Vagharsapatban 614—618 között épült memoria-tér nyomán. Az oktogonális, középkupolás térhez a sarkokban mellékterek, az oldalak mentén apszisok kapcsolódnak (tetrakonchás

rendszer). Hasonló elrendezés a VII. században több is van (Avan, Tartmancsazvank, Garnahovit, Szisszavan). Ezt a térformát a szíriai (Eszre, Boszra, Rusafah, Gerasa), egyiptomi (Dongola, Tamit) és a grúz (Mcheta-Dzsvári) hasonló terekkel lehet kapcsolatba hozni. Túl messze vezetne a konstantinápolyi monofizita templom (Hagioi Szergiosz és Bakkhosz, 527—536) és a "Hripszime-típus" között a lineáris összefüggés keresése: valószínűleg nincs is ilyen. De a sarokterekkel bővített oktogon, mint liturgikus térforma — Szíria mellett — ide is mutat. Az Örmény Egyház vezetői 591-től egyre erősödő Bizánc-barát politikát folytattak, így a VII. század elején ezzel a hatással is számolni kell. A klasszikusan bizáncinak kikiáltott ún. kilencosztású tér néhány örmény emléken is feltűnt: Bagaran (624—631), Garni (VII. sz.), Ecsmiadzin átépítése (641—661) és az építő Hovhan mester bizánci kapcsolata a feljegyzésekből is ismert. A többi esetben viszont a közvetlen bizánci származtatás megfontolandó. A kilencosztatú térnek ez a tetrakonchás változata az egykorú bizánci építészetből hiányzik, s a bizánci érdekeltségű területen is jóval később jelent meg (Athosz, 963, Athen, Hagioi Aposztoloi, XI. sz., Grúziában Oski, X. sz., Kutaiszi, 1003 stb.), de általánossá nem vált. A nyugat- és közép-európai előfordulások (S. Germigny-des-Prés, Linz, Feldebrő) sem egyértelműen bizánci indítékúak. A középkupolás, a kereszt-térben apszisokkal bővített típus viszont Hajasztanban annyira általánossá vált, hogy a VII. században az alapvetően hosszházas templomok is ezt alkalmazták. Itt a példa talán a dvini székesegyháznak a 3. átépítése (607) lehet. Hasonló emlékek szép számmal akadnak: Mren (623—640), Ecsmiadzin-Gajane (630—636), Bagaran (631—639), Odszun (650. k.), Thalin, Lovani, Arucs (VII. sz.) stb. Később, a X—XIII. századi kolostorok is lényegében ezt a térformát vették át. Az "aranykor" (VII. sz.), majd az "ezüstkor" (X—XI. sz.) néhány jelentős főúri-főpapi magánegyházat hozott létre (Zvartnoc, 641—652., Jeghvard-Zoravor, 662—685., Ani, Gaghik templom, 1001—1013, Ani, Abugamrenc templom, X. sz. 2. fele stb.). Más vonatkozásban ezek az örmény építészet bemutatásra érdemes, kiemelkedő alkotásai, a liturgiatörténeti vizsgálatokban azonban a szerepük másodlagos. Magánegyházakról lévén szó, ezeknél keveredett a hagyományos közösségi istentiszteleti funkció, a kultusz-jelleg és az egyéni reprezentáció speciális igénye.

A szakrális építészet és liturgiatörténet harmadik, egyben utolsó fázisát a bizánci hatású kolostori szertartásrend képviseli. Ennek oka többrétű. Valamennyi keleti egyházban általánossá vált a nős, családos papok ténykedése. Ugyanakkor kialakult az a gyakorlat, hogy magasabb egyházi méltóságot csak nőtlen papok tölthetnek be. Ez praktikusan a szerzetesség előtérbe

kerülését jelentette. Keleten mindenhol, de Nyugaton is gyakran úgy alakult, hogy a püspök mellett működő papi testület tagjai szerzetesek voltak, majd közülük került ki a püspök utódja. Ugyanakkor az egyházi szolgálattal elkötelezett szellemi erők olyan koncentrációját is jelentette mindez, hogy a kolostorok a tudomány, kultúra, művészet és hagyományőrzés fellegváraivá válhattak. Az örmény szerzetesség kezdettől nagy szerepet játszott az egyházszervezésben, liturgia-fejlesztésben, tudományos életben. Így már a IV. századtól kialakult a nőtlen, tanító-papok (vartabed) rétege, mint az örmény egyházi "elit" szellemi letéteményese. A helyi szerzetesi regulákban, szokásokban keveredtek a bizánci és a szír (antonita) hagyományok. Kolostorokról már a IV. századtól tudunk, elterjedésük a IX—X. századra tehető. Már az iszlám előretörés idején, a VII. századtól a kis-ázsiai és szíriai örmény alapítású kolostorok lakói visszatértek az anyaországba. Majd 928-tól a Bizánci Birodalom területéről űzték el a monofizita, szír és örmény szerzeteseket, akik szintén Hajasztanban működtek tovább. A Bizáncban szerzett "tapasztalatokat" magukkal hozták, s ezek gyökeresen megváltoztatták a korábbi — alapvetően szír típusú — örmény liturgiát. Az építészetben három térforma-változás jelzi ezt a korszakot: a zsamatun, a kavit és a szentélyfej kialakítása.

A zsamatun és a kavit (gavit) fogalmát a szakirodalom gyakran szinonimaként használja. A jelentése mindkettőnek "előcsarnok", "előtemplom", "udvar". De a tényleges funkció nem azonos. A zsamatun a templom nyugati részén kialakított oltárhelyet, kápolnát jelent. Funkciója a temetéshez, a halotti, részben a húsvéti szertartáshoz kötődik. Ez is kétségtelenül bizánci elem, bár önálló térként való megjelenése a szír és a kopt építészet sajátja (Turmanin, Qalb-Luzeh, Gerasa, ill. Núbiában Tamit, Sonqi-Tino, Farasz stb.). Utóbbiaknál gyakori, hogy a halottkultusz helye a templom tengelyében, a nyugati végpontban van — természetesen ekkor a bejárat a déli oldalra került (Sahaba, Abdallah-Nirqi). A kopt rítus hatásterületén, Etiópiában szinte mindenhol kiképeztek ilyen nyugati, halotti "kápolnákat" (Axum, Lalibela). A bizánci liturgiában ez úgy jelentkezik, hogy a Húsvét előtti napokban a templom nyugati felében önálló "szentsír-oltárt" állítanak, és a liturgia nagy részét itt végzik, nem a keleti oldalon, az apszis oltárán. A zsamatunnak, mint halotti kápolnának a megjelenése már a VII. századi örmény memoriális templomoknál, az ún. "Hripszime-típusnál" is megfigyelhető, általánossá a IX—XI. századi kolostori építészetben vált (Tatev, 895—906, Szanahin, 928—944, ill. 967—977, Hachpat, 972—991, Gosavank, X. sz., Hovannavank, X. sz., Geghard, XII. sz.). Mivel ugyanebben az időben vált feleslegessé az

apszis melletti északi melléktér, a protheszisz (ld. alább), sokszor ezt alakították át halotti kápolnává. Ilyeneket napjainkig is használnak. Messze vezetne, ha ezzel a tértípussal kapcsolatban most kitérnénk a nyugati, gallikán liturgiák Westwerk-jeire.

A kavit (gavit), a kolostortemplom nyugati oldalához csatlakozó hatalmas, háromhajós csarnok egyértelműen a bizánci szerzetesi liturgia terméke, ott lité-nek nevezik. Az athoszi, 850—963 között szerzetes-közösségekben a zsolozsma egyes részeit ebben a nyugati csarnokban végezték. Az első reprezentatív építészeti megfogalmazás Athoszban, a Megiszté Laurából ismert (963), de a funkcionális csírák korábbiak. Valószínűleg a zsolozsma-végzésnek ezt a gyakorlatát a 928 után Bizáncból kitelepített örmény szerzetesek honosították meg Hajasztanban. A X—XI. században a nyugati csarnok (lité = kavit) minden kolostori templom elé felépült: Gnadevank (996), Horomosz (1035), Hachpat (1161), Szanahin (1185 ill. 1211), Geghard (1225). A püspökségek mellett működő szerzetesi közösségek csak ritkán építettek kavitot (pl. Aghtamar: a templom 915—921 között épült, önálló püspökség 1113-tól, a kavit XII. századi).

Az örmény liturgiatörténet harmadik, bizánci periódusának talán a legmeggyőzőbb bizonyítéka a szentély-kialakításban történt változás. A korábbi, "szír" periódusban a madbah három eleme, a protheszisz, apszis, diakonikon egymástól függetlenül működött: mindhárom csak a templomhajó felé volt nyitott, közöttük átközlekedés nem volt. A szír rítus szerint ugyanis minden "vonulás" a templomhajón keresztül történt. A bizánci liturgiában kezdettől ezeknek a mellékthereknek differenciáltabb volt a szerepe. Mivel a pap a liturgia legnagyobb része alatt a szentélyrekesztő fal (ikonosztászisz) mögött tartózkodott, szükség volt az apszishoz csatlakozó terek közötti belső "közlekedésre". A X. századtól ez a változás nyomon kísérhető az örmény szerzetesi templomokon. Folyamatosan, de nem kizárólagosan jelentek meg olyan szentélyfejek, ahol a három egység között belső közlekedés volt. A már idézett kolostorok közül Tatev, Gosavank és Szanahin első temploma (928—944) még nem alkalmazta, de Szanahin második (966), Hachpat (972—991) és Geghard (XII. sz.) temploma már megépítette a bizánci típusú szentélyfejet. A jelek szerint a nem-szerzetesi templomok nem követték ezt amegoldást, hanem a rítust "ennek szellemében" tovább egyszerűsítették. A déli melléktér, a diakonikon független sekrestyévé alakult, az északit, a protheszisztpedig az apszis északi falában kialakított fülke vagy készületi asztal helyettesítette. Az újkori és jelenkori örmény templomok már eszerint épültek és épülnek.

E rövid összefoglaló a liturgiatörténet és építészettörténet egy viszonylag kevéssé ismert kérdését vette alaposabb vizsgálat alá. A történeti, egyháztörténeti adatok alapján sikerült nyomon követni azt a folyamatot, melyben — lényegében három fázisban — az örmény liturgia eljutott a ma is használatos formájához. A periódusokat a kezdeti útkeresés és kialakulás, az erős szír hatás, majd a bizánci befolyás jelentik. A töredékesen ismert emlékanyag szerint a templomépületek minden periódusban hűen kiszolgálták a bennük végzett szakrális funkciót, ennek megfelelően időről időre változtak. Az "időtlenség", állandóság a keresztény Keletnek ezen a területén is csak felszínes megállapítás lehet. A hagyományok megőrzése, konzerválása itt is csak a mindenkori reális körülmények között lehetett, miközben egy "hagyományőrző" belső fejlődésnek lehetünk tanúi.

Krähling János

A DÉL-DUNÁNTÚL KÉSŐ BAROKK LUTHERÁNUS TEMPLOMÉPÍTÉSZETE

A magyar építészettörténetben az alig ismert, s még kevésbé kutatott témák közé tartozik a Dél-Dunántúl evangélikus templomépítészete. Nemcsak e szűk terület feldolgozatlan, általánosságban elmondható, hogy hiányoznak a témát feltáró alapkutatások.[1] A magyar protestáns — ezen belül evangélikus — templomépítészet egyes emlékeiről, illetve regionális jellegzetességeiről az elmúlt időszakban több jelentős tanulmány született.[2] Jelen munkánk rövid áttekintést kíván nyújtani e vidék evangélikus templomépítészetéről, belehelyezve azt a magyar protestáns templomépítészet egészébe.

Mi indokolja a téma ilyen mértékű lehatárolását?

A református és evangélikus templomépítészetet alapvetően az alaprajzi, téralakításbeli eltérések különböztetik meg egymástól. Ez a határvonal nyilván nem olyan éles, mint amely a katolikus és a protestáns templomépítészet között húzódik. A protestánsok által épített templomok többsége II. József

[1] A témában mindmáig egyetlen részletes áttekintés Kemény Lajos—Dr. Gyimesi Károly (szerk.): Evangélikus templomok c. műve (Athenaeum, Bp. 1944.). E könyv harmadik része topográfiaszerűen dolgozza föl azokat a templomokat, amelyekről a gyülekezeti lelkészek adatokat közöltek. Az adatgyűjtés módszere miatt a mű szükségképpen hiányos lett, sőt a háborús körülmények alatt a topográfiai résznek csak a képanyaga került a kötetbe, a szövegrész megsemmisült. (Így pl. Tolna megye 35 evangélikus templomából 26-ot említ, a hiányzó emlékek általában filiális egyházak.) 1945 után sok topográfia (pl. Genthon: Magyarország művészeti emlékei) Kemény—Gyimesi adatait veszi át. A magyarországi XVIII. sz. végi—XIX. sz. eleji protestáns templomépítészet alapvető tipológiai összefoglalását adja Bibó István: Der protestantische Kirchenbau in Ungarn um 1800 (Mitteilungen der Gesellschaft für Vergleichende Kunstforschung in Wien 1984. September p. 1—4 és 1985. Februar p. 1—5). (A továbbiakban: Bibó: Der protestantische Kirchenbau...).

[2] A legfontosabbak közül: az Alföldre vonatkozóan lásd Bibó I.: Az Alföld késő barokk és klasszicista építészetének néhány kérdése (Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, Bp. 1967/3—4. p. 525—564), ill. uő: Egy sajátos késő barokk építészeti emlékcsoport az Alföldön (Építés- és Közl.tud. Közlemények 1974/3—4. p. 509—515.). A nyugat-magyarországi evangélikus templomépítészet főbb emlékeiről alapvető Winkler Gábor: A soproni evangélikus templom helye Sopron építészetében (in: Zádor—Szabolcsi szerk.): Művészet és felvilágosodás. Akadémiai Kiadó, Bp. 1978. p. 161—207.), illetve uő: Korai nagytemplomaink térművészete (Diakónia, Bp. 1986/2. p. 52—60.). A felvidéki korai evangélikus templomokra vonatkozóan lásd többek közt Katarina Biathová: Dreveny Panteón (Tatran, Bratislava 1976), illetve Alexander Frický: Drevené artikulárne kostoly na Slovensku (Vlastivedný Casopis 1978/2. p. 89—93.).

Türelmi Rendelete (1781) utáni évtizedekben keletkezett. A református és evangélikus gyülekezetek az ellenreformációs időkben gyakran közös imaházat használtak, és vallási tolerancia idején fellendülő templomépítészetük is sok tipikus "protestáns" vonást hordoz. Ilyen jellegzetességek többek között, hogy az oltár mellett a szószék is a templom és a liturgia középpontjába kerül, valamint a szigorú kötöttségek miatt kialakuló helyszűke karzatok alkalmazását teszi szükségessé. Mindezek ellenére alapvető térszervezésbeli különbség a két protestáns felekezet között, hogy a református templomokban a centrális tér iránti igény nemcsak eszmei vonalon: az igehirdetés (szószék) és úrvacsora (úrasztala) mint liturgikus fő funkciók egy központba szervezésével valósul meg, hanem a tér funkcionális szervezése is központos: az úrasztala és a hozzá kapcsolódó szószék a lehetőségekhez képest az ülőhelyek között, azok középpontjában található. Itt a szószék s az előtte lévő úrasztala a hosszházas teremtér vagy mellékhajókkal övezett főhajó hosszanti oldalfalának közepén található. Ez az elrendezés (az ún. "széles templom") a mándi fatemplomtól a debreceni Nagytemplomig minden közbülső igényszinten a magyar református templomépítészetben általános. Az evangélikusoknál előfordul ez az elrendezés, kizárólag az Alföldre jellemző,[3] viszont itt igen gyakori (pl. Tótkomlós (1792—95); Mezőberény II (1792—97); Kiskőrös (1794); Harta (1791—98); Dunaegyháza (1774—75) s még sorolhatnánk). További jellegzetes eltérés mutatkozik a belső berendezések terén. A reformátusok szó szerint értelmezték a második parancsolatot ("ne csinálj magadnak faragott képet"), ezért minden "figurális" ábrázolás tilos.[4] Ennek teológiai alapját az adta, hogy az ószövetségi törvény és a próféciák tanításai Keresztelő Jánosig voltak érvényben, Krisztus megváltásával azok feleslegessé váltak. Az evangélikusoknál azok a belső berendezési tárgyak maradhattak meg elvileg, amelyek a Bibliában az Ó- és Újszövetségben szerepelnek. Ebből adódóan a vizsgált területen, a Dél-Dunántúlon éles eltérés mutatkozik a református és evangélikus templomok belső elrendezésében, s a díszítések tematikájában. A dél-baranyai református templomok festett famennyezetein és karzatain a "virágos reneszánsz" motívumai élnek tovább. A Dél-Dunántúl lutheránus templomaiban szószékoltárokat találunk, oltárképpel és szobrászati (figurális)

[3]Az "Egyházi épületek és műtárgyak gondozása" (Képzőművészeti Alap, Bp. 1971) c. kézikönyvben Kotsis Iván az "Evangélikus szempontok" c. fejezetben írja, hogy az Alföldre jellemző ún. "Széles templomok" Hollandiából és Poroszországból származnak s vették át az evangélikusok református közvetítéssel.

[4]Vö. Bobrovszky Ida: A XVI. századi magyar református zsinatok végzéseinek művészeti vonatkozásai (Ars Hungarica 1976/1. p. 65—70) p. 66, 67.

díszekkel, a karzatmellvédeken provinciális ízű "biblia pauperum"-szerű üdvtörténet-ábrázolások jelennek meg, a magyar anyagban nem túl gyakori, gazdag ószövetségi ábrázolásokkal. Így tehát a térszervezés és a belső berendezés alapján az evangélikus és református templomok elkülöníthetők egymástól.

A területi lehatárolás az evangélikus templomépítés regionális sajátosságaiból következik. Korábban már említettük az alföldi evangélikus templomok sajátos "széles" elrendezését. Ehhez a belsőhöz a katolikusoknál szokásos, "homlokzati" vagy "homlokzat előtti" tornyos, sokszögletű vagy egyenes záródású hosszházas külső járult. Mint említettük, a belső elrendezést a reformátusoktól vették át, viszont a (katolikus) templomformához mindenáron való hasonulás okát pszichológiai tényezőkkel magyarázhatjuk. Az ellenreformáció protestánsokra vonatkozó építészeti előírásait nincs módunkban áttekinteni,[5] összefoglalva: a korlátozások mindig a külsőre vonatkoztak (torony, díszek, szentélyzáródás, utcáról való közvetlen megközelítés tilalma, méretbeli korlátozások). A Türelmi Rendelet után e tilalmak hatása tovább gyűrűzött: a gyülekezetek igyekeztek "rendes", "templomformájú" tornyos, szentéllyel ellátott templomot emelni, amilyen a katolikusoké; sőt, ha lehet még magasabb toronnyal. Az alföldi templomok között sajátosan elkülönül egy csoport, melyet az oldalhomlokzaton végigfutó íves lezárású fülkesor jellemez.[6]

A másik jól elkülönülő emlékcsoport Nyugat-Magyarországon található. Ez az ún. torony nélküli teremtemplomok csoportja.[7] Itt az egyéb épületeknél a szentély hagyományára utaló sokszögű záródás is "kiegyenesedik", a külső megjelenés magtárszerű, zárt kubus, kontyolt nyeregtetővel lefedve. Eredetileg ilyen volt Pozsony, Sopron, Győr, Kőszeg, Tét, Somorja temploma — hogy csak a legfontosabbakat említsük.[8] A belső kialakításra a rövid oldal mellé állított szószékoltár és az ezt három oldalról körbefogó karzat a jellemző. Itt a német protestantizmus építész-teoretikusainak, illetve a hugenották templomépítészetének hatása igen valószínű.

Az ország északi és középső részén (tehát a Felvidéken és Pest környékén) centrális alaprajzi típus terjedt el: ovális, görögkereszt alaprajzú formációk és ezek redukált, illetve bővített változatai. Itt a sziléziai és

[5]Bibó: Der protestantische Kirchenbau... 1984. p. 2—3.

[6]Ld. a 2. számú jegyzetet: Bibó I.: Egy sajátos késő barokk építészeti emlékcsoport...

[7]Vö. Bibó I.: Der protestantische Kirchenbau... 1984. p. 3.

[8]Vö. többek közt: Leonhard Christoph Sturm: Vollständige Anweisung alle Arten von Kirchen wohl anzugeben (Augsburg 1746.), der. Winkler Gábor: Győr, Evangélikus öregtemplom (Tájak, korok, múzeumok kiskönyvtára 200. 1985.) p. 14.

szászországi német protestáns előképek (Hirschberg, Landeshut, Schweidnitz, Grossenhain) hatása egyértelmű.[9]

A Felvidéken többek közt Késmárkon, Kassán, Garamszegen, Nagypalugyán, Lőcsén találkozunk ilyen típussal. Innen terjedhetett tovább Pest környékére: Maglódra, Domonyra, illetve szlovák evangélikusok telepítésével az Alföldre. Talán e felvidéki típus mintájára bővíthették az orosházi templomot T alakúra, a békéscsabai kistemplomot görögkereszt alakúra.[10]

Hozzá kell tennünk, hogy az egyes vidékekre jellemző XVIII. század végi típusok nem kizárólagosak, az idő múlásával változnak, és az egyes csoportok közti határvonalak sem élesek. Az alaprajzi típusok inkább egy alaprajzi forma, a nyújtott négyszög szószék- és kóruselhelyezési variánsainak tekinthetők, amelyhez külsőleg tornyos vagy torony nélküli homlokzat társul.[11]

A magyarországi evangélikus templomépítészet e vázlatos áttekintése után indokolt "dél-dunántúli" lutheránus templomépítészetről beszélnem, ugyanis az általam végzett felmérések szerint e területen az alföldi, nyugat-magyarországi és északi "típusok" jellemzői tiszta formában nem találhatók meg. Felméréseimet összefoglalva: a XVIII. század végén a Dél-Dunántúlon a hosszházas, hosszanti elrendezésű, oldalkarzatos, "szentély"-be állított szószékoltáros evangélikus templomtípus egyeduralkodó. E típusjegyek az alföldi tornyos, sokszögzáródású külső kialakítás és a nyugat-magyarországi hosszanti belső elrendezés "összeházasításával", vagyis közbülső típusként is értelmezhetők.

Mi az oka a Dunántúl déli részén e "hagyományos", "templomformájú" elrendezés kizárólagosságának?

E kérdésre a vizsgált terület felekezeti tagoltságának településtörténete adja meg a választ. A Dunántúl déli és középső részén a hódoltság után csaknem teljesen kihalt falvak romjai maradtak. Benépesítésük a XVIII. század folyamán három nagy telepítési hullámban történt, ezek közül az első és legfontosabb az 1720-as évek elején zajlott.[12]

A tolnai, vasi és somogyi protestáns gyülekezetek evangélikussága kisebbrészt a területen maradt őslakosokból, de mindinkább Győr és Sopron kör-

[9]Bibó I.: Der protestantische Kirchenbau... 1985. p. 2.

[10]Kemény—Gyimesy, i. m. p. 178—180.

[11]Bibó, i. m. 1984. p. 4.

[12]Vö. dr. Weidlein János: A Tolna megyei német telepítések (kiadja Tolna vármegye közönsége, 1937), p. 16—21.

nyéki magyar protestánsokból, ill. német tartományokból verbuvált telepesekből alakult.[13]

Kérdés, hogy a német betelepülők hoztak-e magukkal építészeti tradíciókat? Erre a felmért templomok alapján egyértelműen nemmel kell válaszolnunk. Építészeti tradícióikat, térformáikat nem hozták magukkal, azonban templomaik sokféle, német eredetre utaló elemet hordoznak. Ilyenek a német nyelvű feliratok a karzatokon és a kapukon, a magyar és a német címer és korona együttes, ill. "összevegyített" /!/ használata. Így ha pl. a sárszentlőrinci "magyar" és a györkönyi "német" templomot összehasonlítjuk, inkább alaprajzi, téralakítási és díszítésbeli hasonlóságok tömegét kell tudomásul vennünk a feliratok különbözősége mellett. A telepesek a földesúrral kötött szerződések szerint szabad vallásgyakorlatot kaptak, s nem maradandó építőanyagból pajta formájú imaházat is építhettek.[14]

A canonica visitatiok szerint ezek az oratóriumok sárfallal, paticsfallal vagy boronafallal készültek, méretük a 4 x 8 ölet (cca. 7,5 x 15 m-t) ritkán haladta meg, és náddal vagy szalmával fedték őket.

Belső berendezésük középpontja a "prédikáló szék" s előtte az oltár fából, amelyet asztalossal csináltattak. Karzatokat is ácsoltak a befogadóképesség növelésére. A belső fontos elemei lehettek még az asztalosmunkával készített padok. Előfordult, hogy az iskolát és az imaházat egy tető alatt építették föl (pl. Bikalon, Gerényesen). A XVIII. század első harmadának konszolidációját, sőt enyhe ívű fejlődését az 1731-es Carolina Resolutio törte meg. Ezután egyre inkább a hivatalos akadályok, sőt a század második felére a szigorú korlátozások kerültek napirendre. A régi oratóriumok hosszházas, szentélyzáródásos alaprajzi kialakítása, ennek népszerűsége több okkal is magyarázható.[15] Elsőként említendő az oratórium és a lakóház szerkezeti hasonlósága, formálásbeli rokonsága, ezért egy lakóházépítéshez értő ács is könnyen fölépíthette. Második szempont: a templomnak "templom-formájúnak" kellett lennie. Ez indokolja a ragaszkodást a szentélyzáródás imitálásához. A harmadik fő érv technikai jellegű: az azonos alapterületű terek közül a téglalap alaprajzú nyújtott tér könnyebben áthidalható, mint a szabályos négyszög, és ez is hozzájárult a hosszhajós forma állandósulásához.

[13]Fontos adatokat tartalmaz erre vonatkozóan a Tolna Megyei Levéltár (Szekszárd) ún. Egyedféle összeírása 1829-ből.

[14]Az Evangélikus Országos Levéltárban a Dunántúli Levéltár fasc. 5—7. "Tolna—Baranya—Somogy megyei canonica visitatiok" jelzet szerinti anyag alapján.

[15]Bibó István: Az Alföld késő barokk és klasszicista építészetének néhány kérdése (ÉKTK Bp. 1967/3—4.) p. 542—544.

Ez az imaházforma azután a kőépítészetben lelt utánzóra. Az 1781-es Türelmi Rendelet után fellendülő templomépítkezések iratanyagát vizsgálva sokszor találunk arra példát, hogy az új templom a régi imaház mellett, esetleg helyén, sőt gyakran alapfalainak felhasználásával épült. (Kalaznó ma is álló temploma a régi imaház mellett;[16] Bábony temploma a régi oratórium helyén,[17] Iharosberény temploma a régi oratórium alapfalainak nyomvonalán épült föl.[18])

A kőépítészetben azután e hosszházas szervezésű alaprajzi forma nem fejlődött tovább. Ennek pszichológiai magyarázatára már a fentiekben utaltunk. További oka ennek az egy helyben maradásnak, hogy a terület építészetére semmilyen jelentős külső tényező nem hatott, s később is megmaradt e falvak elszigetelődött, zárt jellege. Így a Dél-Dunántúl lutheránus késő barokk templomépítészetére a fa-, ill. földfalú imaházépítészetből átvett "átmeneti" alaprajzi forma kizárólagossága jellemző. Az ilyen "tucat"-templomok nagy számban fordulnak elő a hazai falusi evangélikus templomépítési gyakorlatban. Egyedi művészi értékük mellett -- ha van egyáltalán -- megjelenésükkel a faluképet jelentős mértékben gazdagítják. Helyreállításuk, fenntartásuk problémája az elkövetkező években valószínűleg fokozatosan előtérbe fog kerülni.

[16]Evangélikus Országos Levéltár (EOL) Dunántúli Levéltár fasc. 5. Kalaznó 1801. máj. 15-i Canonica visitatio "...oratorium jam antea habeant, templum novum exstructum..."

[17]EOL Dt. Levéltár fasc. 6. p. 45—77. Canonica visitatio Bábony, 1814. máj. 15.

[18]EOL Dt. Levéltár fasc. 5. p. 8—22. Canonica visitatio Iharosberény, 1814. máj. 7.

Simon Mariann

A TERMÉSZETELVŰ ÉPÍTÉS HAGYOMÁNYÉRTELMEZÉSE

Az utolsó két évtizedben az építészet számára ismét fontos lett a hagyományhoz, saját előzményeihez való kapcsolódás. Az általában vett hagyomány azonban nem létezik, hiszen a kultúrának, az építészeti kultúrának is több rétege van. Lehet meríteni a hagyomány stiláris és formai jegyeiből, szerkesztési szabályaiból, vagy éppen gondolkodási módjából. S a legtöbb kornak megvan a maga "nagy" és "kis" tradíciója, vagy másként magas és alacsony kultúrája, klasszikus és népi építészete. A számos lehetőségből bármely minta vagy előkép kiválasztása, a velük való kontinuitás vállalása így az általuk hordozott érték választását, vállalását is jelenti.

A hagyományok, a múlt és a történeti kapcsolódások iránt fogékony közelmúlt szellemi környezetében jelent meg — részben a természeti környezet ökológiai válságának építészeti lecsapódásaként — az építészeti ökológia gondolata. Az építészeti ökológiai szemlélet legismertebb eleme a természet védelme a környezetbarát anyagok és az alternatív technika alkalmazása által, az energia- és anyagtakarékosság elvének betartása. De ugyanilyen fontos a mennyiség helyett a minőségre figyelő szemléletmód, amelyből az emberi lépték megteremtésének az igénye következik. A méretek csökkentése itt nemcsak konkrétan, a térben értendő, hanem társadalmi méretekben is: az ökológiai szemlélet integráns eleme a helyhez, a természethez és a kisebb társadalmi közösségekhez való alkalmazkodás.

Az ökológia szó eredeti jelentése: a természet háztartásának a tudománya; vagy tágabb értelemben: egy organizmus és a külvilág kapcsolatának a tudománya. Az építészeti ökológiai szemlélet számára a minta tehát a természet, s annak is elsősorban önfenntartó, önszabályozó működése. A természet mint előkép felhasználása — amelynek legfeljebb történetisége van, de történelme és hagyománya nincs — a hagyománytól és időtől független építés megértését és megvalósítását ígéri. A természeti alapszerveződéseknek (hálózatok, hierarchiák stb.) és alapműködéseknek (fluktuáció, szimbiózis stb.)

az építési folyamatokra való mechanikus átvetítése azonban a gyakorlatban leegyszerűsítéseket és erőltetett hasonlatokat eredményez.

Szerencsére az ökológiai szemléletű vagy természetelvű építésre jellemzőbb a nemcsak természeti, hanem egy tágabb-teljesebb rendszerben, a környezet egészében való gondolkodás. Ebbe a környezetbe beletartozik a természeti, a társadalmi, a gazdasági, a kulturális és az épített környezet egyaránt, s ezek részeként természetesen a hagyomány is. Az ökológiai szemléletű építészetelméleti írásokban mégis hiába keressük a tudatos történeti előképekre való utalást, s ez érthető is, hiszen az ökológia nem történeti, hanem gondolkodásbeli, szemléleti mintákat keres.

Azok az építészettörténeti korok és forráselemek, amelyekkel a természetelvű építés rokonságot vállal, végül mégis egységes rendszerré állnak össze: valamennyiükben közös elemként fedezhető fel a természet és az ember megteremtett, de legalábbis megteremteni vélt összhangja. A természet részeként, az abból kinövő ember és útjára bocsátója, a természet között a még alig megbomlott egység szintjén éltek és élnek a primitív vagy természeti népek; építészetük, talán inkább építésük kimeríthetetlen forrás az építészet ökológiai vonásait keresők számára. Korban a mához közelítve a népi építészet, a városi vernakuláris és a nagyvárosi populáris építészet az a vonal, amely a természetelvű építés hivatkozásaiból kirajzolódik. Bár az anonim építészet iránti vonzódás feltűnő, egyes munkákban a "nagy tradíció" elemei is pozitív példaként tűnnek fel, így a görög vagy a középkori román építészet. Az építészeti elvek, eszmék közül a ruskini—morrisi szociál-romantikus és a wrighti organikus gondolatokkal — "az építészet igazi funkciója az élet interpretálása" — való rokonság az, ami ha nem is feltétlenül idézetekkel és nevekkel, de tartalmában mindenképpen kimutatható. Az ökológiai szemléletű építészetelmélet közvetlen eszmei háttere persze a politikai ökológiai mozgalmaknak is ideológiát adó alternatív filozófia; s ezzel egyértelművé válik az, ami már a görög építészet vagy a morrisi gondolatok példájából is érezhető volt: a természet és az ember harmóniájának az eszméje az egyén és a társadalom harmonikus viszonyának az eszméjével társul.

A természetelvű építés hagyományait áttekintve felismerhető a népi—középkori—romantikus láncolat, azonban hiányzik az ehhez a tradícióhoz általában hozzátartozó hangsúlyozása a nemzeti jellegnek, és az individuum, az intuitív alkotó szabadság, az egyéni műalkotás kiemelése. Az össztársadalmi fogalmával szemben az ökológiai szemlélet valóban az egyénit emeli ki, de inkább annak helyi-közösségi, mint egyszemélyi jellegét. A "hely" szónak éppen kettős — természeti és történeti — kapcsolódása miatt van különös

jelentősége. A közösség lényege pedig a közös cselekvés, valaminek a közös létrehozása és közös megőrzése, továbbvitele. Ezzel a hagyomány legáltalánosabb, lexikoni fogalmához jutottunk: a hagyomány a "közösségben tovább élő (tudatosan ápolt) szokás, ízlés, felfogás, ill. szellemi örökség".

A fenti meghatározás a hagyománynak egy olyan elemét is tartalmazza, amely a természetelvű építés hagyományértelmezése számára alapvető; s ez a tradíció tovább élő jellege, folyamatosan jelenlevősége. Az energiatakarékosság jegyében választott helyi, környezetbarát anyagok, a fa, a nád, a vályog anyagukban hordozzák a tünékenységet; míg a beépített továbbépíthetőség alternatív technikája a mindig kiegészíthető szerkezetet, a befejezetlen formát teremti meg. A látszólag szigorú racionalitás elve alapján született épületek egyes esetekben a ráción és a funkción túllépve önmaguk jelképévé lesznek, s a folytonosság és a kontinuitás imázsát megteremtve műalkotásokká válnak, válhatnak.

Az ökológiai szemléletet és gondolkodást megismerve és megértve azonban nyilvánvaló, hogy a természetelvű építésnek nem célja az egyedi műalkotás létrehozása. Sokkal inkább az egy másfajta műfelfogás megvalósítása: ahol az alkotás célja közvetítés múlt és jelen között; ahol a hagyomány, miközben mindig jelen van, mindig-jelen-létében új és új értelmet kap.

Horváth Alice

VÁZLAT KÉTSZÁZ ÉV MAGYAR ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI-ÍRÁSÁRÓL

1760-ban jelent meg Nagyszombatban "Molnár Jánosnak Jézus Társaság szerzetes papjának a régi jeles épületekről Kilentz Könyvei", az első magyar építészettörténeti munka, és 1960-ban jelent meg Major Máté "Építészettörténet" című művének harmadik, befejező kötete. A két évszám közötti kétszáz esztendő egy tudományág önállóvá válásának és fejlődésének tanúja, mely része ugyan a művészettörténetírás általános folyamatának, tárgya által meghatározott belső sajátosságai azonban el is különítik attól.

Molnár János művének szellemi őse talán Johann Bernhard Fischer von Erlach "Entwurf einer historischen Architektur" című, Magyarországon álló épületeket is közlő könyve. A rokonság ellenére két eltérő szellemi magatartás elindítói. Molnár János műve történeti leírás Mojzer Miklós szép jellemzése szerint: "a XVIII. századi magyar irodalomnak egyik remekműve. Építészeti érdeklődése elsősorban irodalmi, sokszínű élvezetes írása boldog öntudattal veszi birtokba a magyar nyelv számára a bibliai, a kínai, a görög és római építészet nagy emlékeinek történetét"... Fischer von Erlach építész: "Az építészet régi emlékeinek leírása a tudomány mellett a művészetet is szolgálja, és magam olyan történetíró vagyok, aki a művészet megszokott és általános folyamatához tehetsége szerint valaminek a hozzáadására törekszik" -- írja. Szerinte az épületek elméleti rekonstruálása is az építész feladata: "... az épületeket oly sokszor elpusztult vagy átépített formában találjuk, hogy csak leírások, okmányok, régi érmék tanúsítják, milyenek lehettek, s tiszteletre méltó elődeink, Palladio, Serlio, Donato tudományából, vagy a por és a hamu alól előbukkanó sírfeliratok betűiből hozhatjuk napfényre a régi építészet emlékeit."

A "por és hamu" eltakarítása, a pompeji és a herculaneumi ásatások, Winckelmann és Lessing munkásságának hatása élesztette fel a XVIII. század végén hazánkban is az archaeologizáló magatartást és hozta az első építészettörténeti eredményeket. Az Óbuda melletti római maradványokat már Kézai említi ugyan, s ettől kezdve mint történeti dokumentumok pl. Bonfini munká-

jában is perdöntőek a magyarság első századairól szóló írásokban, a település valódi nevét azonban csak az 1798-ban megjelent művében azonosította a hiteles feliratok alapján Schönwiesner István (1778—1838). Ő tárta fel először a Flórián téri római fürdő maradványait, közölte Savaria romjait is könyveiben. Az építészet ókori emlékeinek feltárása azonban nem vezetett azonnal a hazai építészeti folyamatok megismeréséhez.

A XIX. század első évtizedeiben az építészettörténet emlékeinek időbeli rendszerezése a mai ismereteink szerint Packh János, majd az építészettörténet számára most újra felfedezett Novák Dániel írásaiban található.

Novák Dániel építészi életművének csak töredékeit ismerjük még, írásainak puszta felsorolása is azt mutatja azonban, hogy az egyetemes építészettörténet rendszeres feldolgozásának szándéka vezette, az egyes építészeti korszakok teljesítményeinek összefoglalásánál csakúgy, mint a kiemelkedő építészek életrajzainak közlésénél. "Az architektúra történetéről, művészek, technikusok s dilettánsok hasznára s ízlésterjesztésre" című összefoglaló könyve elveszett, ennek és más építészeti műveinek címét is csak az Akadémia elutasító bírálatából ismerjük.

Nováknál a "helyes ízlés" mértéke a klasszicizmus: "Tartanunk kell attól, nehogy ezen helyes ízlés, mely ... hasonlóvá teszi azokhoz emlékeinket, melyek Athénben és Rómában felkészültek, képzelményi makacsság által elfojtassék, s végre elnyomassék a durva góth ízlés által..."

Ezekben az években azonban már az írók és tudósok érdeklődése egész Európában a középkor felé fordul. A régi templomok kiegészítésének, s végül a kölni dóm "befejezésének" korszaka ez. Schnaase nagy általános művészettörténete, Viollet-le-Duc irodalmi munkássága, Mertens tipológiája a nemzeti stílus keresését az építészet emlékeinek szisztematikus feltárása felé irányítja.

"... a nemzeti művészet vágyának kellett fölébrednie ... hogy a külföldi művészettörténelemnek legyen mire hatnia ... Henszlmann, Rómer, Ipolyi ... a nemzeti önfenntartás útját kívánta megmutatni a nemzeti műveltségben..."

Johann Nepomuk Schauffnak a "magyar oszloprend" kidolgozására irányuló századfordulós kísérletei után Henszlmann Imre az első, aki a hazai építészet emlékeit feltárni, rendszerezni és az európai építészet történetébe beilleszteni igyekezett.

Korszakalkotó műve a hazai építészettörténet-írásban a kassai dómról 1846-ban közzétett ismertetése, amely először elemez levéltári adatokat s ugyanakkor "ideális" építészeti rekonstrukciót is közöl.

1861. december 22-én Ipolyi Arnold egri kanonok nagy feltűnést keltett a Magyar Tudományos Akadémián "A középkori emlékszerű építészet Magyarországon" című értekezésének felolvasásával. Az általános és a magyar művészet összefüggő fejlődési vonalait először kitapintó tudós így fejezte be előadását: "...Őrizzük tehát, gyűjtsük össze emlékeinket, nehogy végleg elvesszenek, s ezáltal is üresebb legyen a múlt, szegényebb a jelen, kétségesebb a jövő..."

Ettől a felhívástól számíthatjuk hazai építészettörténetírásunk jelentős, századunkba is átnyúló "inventarizációs" iránynak nevezhető folyamatát.

A hatalmas energiával meginduló építészettörténeti kutatás résztvevői egyháziak, művészettörténészek, Rómer Flóris, Ipolyi Arnold archaeológusok. Mellettük megjelennek az építészek, pl. Fröhde Vilmos. Sorra jelentetik meg vizsgálódásaik eredményét, felmérésekben, topográfiai összefoglalókban, "történeti búvárlatokban".

A sor elején az 1869-ben indult Archaeológiai Értesítő feltáró anyagai, a sorra megjelenő helytörténeti és épülettörténeti monográfiák állnak, pl. Henszlmann: Monumenta Hungariae Archaeologica című sorozatának darabjai, Pécs, Nagyszeben, Székesfehérvár templomának monográfiái. Ennek a munkának az eredménye végül a Gerecze Péter hatalmas vállalkozása, Magyarország Művészeti Emlékeinek első rendszerezett lajstroma, majd a rájuk vonatkozó irodalom összegyűjtése.

Hihetetlenül gazdag építészettörténeti anyagot regisztrált Gerecze, a műemlékek rajzi felvételeinek összefoglalásában is, s ez a -- máig nagyrészt kiadatlan -- dokumentumtömeg csak kis részben használható építészettörténeti kutatásainknál. Steindl Imre és tanítványai műemlékfelvételein nyomtatásban ötven évvel később Foerk Ernő, majd Rados Jenő munkásságához kapcsolódó "felvételi" anyagok láttak napvilágot összefoglaló formában.

A tudományegyetem művészettörténeti tanszéke az 1860-as években alakult meg -- s ugyancsak ezekben az években vette kezdetét a József Polytechnikumon, majd a későbbi Műegyetemen az építészettörténet oktatása és kutatása.

A tudományos megközelítések sokszínűségét elősegítette, hogy a Műegyetem építészettörténet tanárai egyben tervező építészek is voltak, s történeti stúdiumok célja itt az építészeti tanulságok megismertetését képezte. Vázlatunkban a magyar építészettörténet-írás, ill. -kutatás műegyetemi hagyományait ismertetjük részletesebben.

Az 1870-ben alakult középkori építészeti tanszék professzorai a bécsi Friedrich Schmidt tanítványai: Schulz Ferenc, Steindl Imre, majd Schulek Frigyes. Mindhárman a középkori építészet emlékeinek kutatói -- és Schmidt

iskolájának vezető hazai képviselői. Nem véletlen tehát, hogy a hazai építészektől az 1867-től meginduló Magyar Mérnök Egylet (később Magyar Mérnök és Építész Egylet) Közlönyében, elsősorban műemlékek felvétele és restaurálása kapcsán több száz építészettörténeti közlemény jelent meg, sokszor az Egyleten kívüli, főként építész szakemberek tollából. Az "Építő Ipar-Építőművészet" és a "Magyar Építőművészet" évfolyamaiban is jelennek meg építészettörténeti tárgyú dolgozatok.

A századforduló az első hazai monográfiák megjelenésének ideje is. Könyöki József a "középkori várról" 1905-ben, Szabó László az "Árpád-kori magyar építőművészetről" 1913-ban ad ki monográfiát. Szintén ezekben az években keletkezett egy "ismeretlen építészettörténet", Gerecze Péternek a magyar középkori építészetről szóló könyve, amely a korabeli ismeretanyag olyan gazdag összefoglalása, hogy ma is érdemesnek tartották kiadását.

A századforduló körül megjelent Pasteiner-féle (1885) vagy Beöthy Zsolt-féle (1902) általános művészettörténeti kompendiumok rideg rendszertani összefoglalások. Ezek párhuzamos építészettörténeti megfelelői közül kiemelkedik a Mérnök és Építész Egylet gondozásában megindult építészettörténeti sorozat, melynek csak első kötete készült el Kabdebo Gyula szerkesztésében, és az ókori és keleti népek építészetét tárgyalta (1902). Szintén gyakorlati oktatási és építészeti célt szolgált: Palóczi Antal "Vignola oszloprendjei" és "A görög és római építés alaktana", Nagy Virgil és Wälder Gyula munkái. A Műegyetem építészoktatásának igényei hozzák létre Foerk Ernő általános építészeti alaktanát (1924), Kotsis Iványnak a reneszánsz (és mai szóhasználatunkkal élve barokk és klasszicista) építészet tér, tömeg és szerkezeti formáit, valamint alaktanát feldolgozó, rajzanyagában páratlanul gazdag köteteit (1921, 1929).

A század első éveinek jellemző áramlata az "exotikus népek" építészetének újrafelfedezése, így Kós Károly kitűnő városépítés-történeti monográfiája Konstantinápoly építészetéről, vagy Kertész K. Róbert "Képek Ázsia keletéről" és "Ceylon építészete" a keleti ornamentika népszerűvé vált gondolatának felvetéséhez bizonnyal hozzájárulnak.

Újra felmerül a magyar építészeti stílus megteremtésének igénye is. A főként Lechner Ödön nevéhez kapcsolódó stílusteremtés igényének eszmei megalapozásához hozzátartozik a magyar nép ornamentikájának, sőt építészetének felfedezése. A sort Huszka József "Magyar Ornamentika" című kötete nyitja, amely korábban a Mérnök-Építész Egylet Közleményeiben jelent meg. A Malonyai-kötetek épületfelvételeit Medgyaszay István építész készítette.

A "Székely Ház" Huszkától, a "Magyar paraszтház" Kertész K. Róberttől és Sváb Gyulától, a vidék építészetének már akkor eltűnőfélben lévő képét igyekeztek dokumentálni. Az előbbiek ugyanúgy, mint a Kós Károly köré csoportosuló építészek, köztuk Zrumeczky Dezső vagy Thoroczkay Wigand Ede a "Hímes udvar" (1917) kiadásával a történeti dokumentumokon túl a vidék építészetének tanulságait saját építőművészetükben igyekeztek hasznosítani.

A következő építésznemzedék idején ezt az irányt Lechner Jenő folytatja, 1913 és 1917 között megjelent munkái a pártázatos reneszánsz építészetről végül stílusának kifejlesztését szolgálták.

A húszas évektől kezdve az építészeti irodalom az európai szellemi irányzatokhoz is kezdett közeledni — jellemző Ligeti Pál "Új Pantheon felé" című, Sprengler kultúrafelfogására épülő műve, vagy Möller Károlynak Brinckmann hatását mutató városépítés-történeti műve.

A tudományegyetemek építészettörténeti kérdések iránti specializálódása is megindult. A századelő Vitruvius és Alberti ismertetései után 1926-ban Zádor Annának a reneszánsz építészetelméletekről szóló könyve az építészettörténet-kutatás új minőségét is jelzi. A húszas években főként a magyar barokk építészet folyamatait és mestereinek életművét kutatják Kapossy János, Pigler Andor, a harmincas évek elejétől Révhelyi Elemér, Ybl Ervin, Schoen Arnold. A magyar barokk monumentális emlékeinek feltárása, az egri barokk emlékek építészeti felmérése a Műegyetem újkori építészettörténeti tanszékén működő Wälder Gyula és tanítványai programja. Ez a historizáló irányzat összefügghetett a "neobarokk" építészeti felfogás térhódításával is.

A húszas évektől kezdve publikált Bierbauer Virgil építész is. A magyar klasszicizmus emlékeinek kutatásával, mestereinek életrajzaival az építészeti alkotások minőségének olyan avatott ismerőjévé vált, hogy a harmincas évek modern építészeti mozgalma folyóiratának, a "Tér és formá"-nak szerkesztésekor is tévedhetetlenül ismerte fel a progresszív, felmutatandó értékeket kortársainak "racionális", a Bauhaus építészetének hatása alatt álló munkáiban.

A harmincas években új lendületet kap a hazai építészettörténet kutatása. Külföldi építészeti hatások, kapcsolatok, hazai mesterek életművének rekonstruálása, összefoglaló tipológiai művek (1931-ben Rados Jenő "Magyar kastélyok" című műve jelenik meg) korszaka ez.

A magyar építészettörténet szinte minden korszakáról gazdagodnak az ismeretek: Pasteiner Gyula 1904-ben és Foerk Ernő 1929-ben kiadott magyar építészettörténeti összefoglalása után művészettörténeti áttekintést ad Hekler

Antal (1934) és Péter András (1930) a magyarországi művészettörténet folyamatain belül az építészet emlékeinek bemutatásával.

A mai szóval talán "alapkutatásnak" nevezhető feltárás—rendszerezés—értékelés komplex példáját látjuk Zádor Anna—Rados Jenő: A klasszicizmus építészete Magyarországon (1943) és Balogh Jolán: Az erdélyi reneszánsz (1943) c. művében. 1938-ban jelent meg Gerevich Tibor "Magyarország román kori emlékei" című műve. Ennek építészeti része példázza talán legjobban az épületarcheológiától, illetve a műemlékvédelemtől kapott hatalmas lendületet a harmincas-negyvenes években, amikor az esztergomi középkori palota és a visegrádi palota feltárása, majd rekonstrukciója új távlatokat nyitott a kutatás előtt.

Ez az időszak újra közel hozta egymáshoz az építészettörténet humán és műszaki oldalának kutatóit: Lux Kálmán, Várnai Dezső és Lepold Antal, Bogyay Tamás és Csemegi József az építészettörténet európai élvonalában járó helyreállításokat, és élvonalbeli tudományos műveket hoztak létre.

1945 után a háború pusztításainak helyreállítása, a műemlékvédelemmel kapcsolatos feladatok specializálódása során a két vonal -- a műemlékvédelem új szervezeti formáinak kialakulása miatt is -- távolodni látszik egymástól.

A hazai emlékanyag építészettörténeti kutatásának súlypontja áttevődik a műemléki feltárások és helyreállítások területére, az egyetemes építészettörténetírás és az építészetelmélet kérdései pedig a Tudományegyetem művészettörténeti és a Műegyetem építészettörténeti tanszékeinek gondozásába kerülnek.

Az új lendületet kapott építészettörténeti kutatás eredményei folyamatosan látnak napvilágot a budai Mátyás-templom, a Bakócz-kápolna, a budai vár feltárásának monográfiáiban, megindulnak a szakfolyóiratok és évkönyvek.

Fülep Lajos 1951-ben írt indulatos röpiratában a magyar művészettörténelem feladatairól több mint 20 évvel előbb írt művészettörténeti összefoglalásokat vesz bírálat alá, s megállapítja, hogy a magyarországi "többtengelyű" és a "magyar egytengelyű" művészet története még nincs elhatárolva, megkülönböztetve, kikutatva, hogy "... magyar művészettörténet nem viszonylagosan nincs, nem úgy nincs, mint aki kevésbé van -- egyáltalán nincs..."

Ezt az állapotot felszámolni Fülep szerint csak teljes újrakezdéssel lehet: "a végső cél a teljes magyar művészet a teljes magyar létben" ... "a gyakorlati megvalósítás kezdete az egész ország tervszerű felosztása ... rendszeres földolgozása topográfiákban és monográfiákban ... s ezeknek mindenre ki kell terjedniök, amit vizsgált területeiken a kutatás feltárhat." Sajnos, ma is megfontolásra késztető, hogy hévvel fogalmazott programjában

mindössze egy töredék mondat jut a hazai művészet- és építészettörténet minden addig felhalmozott eredményének: "... semmi használható eddigi valamilyen eredményt se kell elvetni, hanem az új cél szerint felhasználni...".

Valóban megkezdődik 1950 után (még 1920-ra visszanyúló sikertelen kísérletek után) a német topográfiák módszertani feldolgozásához közeli topográfiasorozat kiadása, rengeteg új építéstörténeti adat felszínre hozásával, s újra egyesítve a művészettörténeti és építészettörténeti szakma képviselőit. 1955-re Fülep Lajos is megszerkeszti a magyar művészet történetének, benne az építészet irányainak új szintézisét. A Műegyetem Építészettörténeti Tanszékén izgalmas munkálatokra alkalmas műhely bontakozik ki, egy évtized alatt, 1951—1960 között, szinte évtizedekre elegendő építészettörténeti probléma merül fel, és történik megoldására kísérlet.

Itt bontakozik ki a "Vita építészetünk helyzetéről" egyik ága 1951-ben. Itt történik a "műemlékvédelem" elméleti megalapozása Csemegi József, majd Pogány Frigyes munkásságában, itt dolgoznak a "Magyar klasszicizmus stilisztikai kérdésein" Kardos György vezetésével (1951), és megkezdik a városépítészet esztétikai történeti aspektusainak vizsgálatát, valamint az építőművészet és a képzőművészet viszonyára vonatkozó elméleti tanulmányokat (Pogány Frigyes).

Ekkor kapcsolódik a munkához mostani konferenciánk ünnepelt nemzedéke is. Pályájuk kezdete az építészettörténeti kutatások újabb intenzív szakaszát jelenti. Hajnóczi Gyula az ókori építészettörténet, Sódor Alajos a gótika és a 19. század, B. Szűcs Gitta a reneszánsz, Merényi Ferenc az eklektika és a modern építészet egyetemes történetének művelésére kap indíttatást, Bonta János a tervezés oktatásától később jut el az építészetelmélet kutatásához.

Az évtized végére olyan művek születnek meg, mint Rados Jenő máig páratlan összefoglalása a magyar építészet történetéről (1961), Hild József élete (az első hazai építészmonográfia — párhuzamosan természetesen Zádor Anna Pollack-kötete és Ybl Miklós életrajza említendő). Komplex kutatást végez, a körülmények miatt nehezen publikálható szakirodalmi eredménnyel Révhelyi Elemér. Itt készül el Pogány Frigyes "Terek és utcák művészete", valamint "Festészet és szobrászat az építészetben" című, Balázs Évával és Szentkirályi Zoltánnal együtt készített, máig páratlan, újszerű építészettörténeti-esztétikai összefoglalása. 1960-ra elkészül Major Máté háromkötetes nagy építészettörténeti összefoglalója. A feladat és megoldása szinte példa nélkül áll a XX. század építészettörténeti irodalmában. Földrészünk teljes építészetének történetét azonos rendszerben, a társadalom és más művészetek

fejlődésével szinkronban, egyetlen rendező elv szerint dolgozza ki. Ez a rendező elv — természetesen a végletekig leegyszerűsítve — a fejlődés. Fejlődés a tökéletes építészet, a "modern" építészet felé. Az építészet feladata, hogy az ember mindennapi szükségleteit a lehető legmagasabb szinten elégítse ki. Erre — szemben a történeti múlttal — a "modern" építészet korában megvan minden lehetőség, "hiszen kitűnő építőanyagok, nagyszerű szerkezetek, olyan új technika áll máris rendelkezésre, melyek segítségével az épületeket fel lehet szabadítani a hagyományos szerkezetek kötöttségei alól, és az ember biológiai-szellemi életének, társadalmi lény voltának alaposabb megismerésével, valódi szükségleteinek jobb megközelítésével az emberi életet is fel lehet szabadítani az elavult konvenciók nyűge alól, vagyis a hatalmasan kibővült és megújult technikai lehetőségekkel nagyszerűen lehet szolgálni az embert, a XX. század emberéhez méltó építészetet lehet kialakítani".

Az idézett mondat egy részletére szeretném felhívni a figyelmet: "... szemben a történeti múlttal...". Ez az 1960-as állásfoglalás, azt hiszem, sok mindent megmagyaráz környezetkultúránk, hazai építészetünk, műemlékvédelmünk helyzetéről, eredményeiről és kudarcairól, az azóta eltelt harminc év építészettörténeti kutatásainak hátteréről.

Rövid összefoglalásom, amely vázlatosan kívánta a magyar építészettörténet-írás első kétszáz évét bemutatni, terjedelme miatt csak a fő irányokat jelezhette. Így is kiderül azonban, hogy az építészettörténet-írás jeles művelőinél a szemléletet, sőt a kutatások módszerét és célját is meghatározta, hogy alkotó építészek voltak. Megemlítjük csak Kertész K. Róbert városrendezési terveit, Lechner Jenőt, aki, mint maga írja, a Rezső téri "... emléktemplom kupolás konceptusában a József nádor korabeli pesti stílushagyományokat kívánta új életre kelteni...", vagy Rados Jenőt, aki a budavári Pénzügyminisztérium palotájának helyreállításával reménytelennek tűnő feladatot oldott meg, szuverén, s mégis a hagyományokat éltető építészi gondolkodásával. A példák sora folytatható, s ha ezt a folyamatot szemlélve kissé eltávolodunk a historizmus ellentmondásaként elterjedt, leegyszerűsítő kriticizmus szemléletétől, fel kell figyelnünk a "hagyomány és intuíció" egységének mára sajnálatosan megszakadt és oly nehezen visszahozható, jelszavakkal és ál-megoldásokkal nem pótolható egységére is. Fel kell figyelnünk arra, hogy ezt az egységet csupán a hagyomány tudatos és lehetőségekhez képest teljes feltárása teheti hitelessé.

A hazai építészettörténet-írás elméleti alapjainak felkutatása, forrásainak és az európai szellemi áramlatokhoz való viszonyának elemzése, a ma-

gyar építészettörténet sajátosságainak és "építészettörténetünk fantomjainak" szétválasztása még előttünk áll.

Az emlékek történetét és értékelésünk változását kutató, a hagyomány hitelességét és az intuíció fényét kereső építészettörténet-írás fáradságos és hálátlan feladatokkal, sok iránytévesztéssel, sok lehangoló összefüggéssel találkozik. Érvényesnek tűnnek ma is Babits Mihály 1933-ban leírt szavai:

"A történet csüggesztő tanulmány. ... Egészen természetesnek találom tehát, ha a történetíró bizalmatlan és szigorú a forradalmakkal és az újításokkal szemben, s a múltnak csipetnyi tényleges vívmánya többet jelent neki, mint a jövő minden kockázatos álma. S kivált ma, amikor itt állunk ránk szakadt függetlenségünkben, egy gyúlékony Európa közepén. Persze az élet mégis csak cselekvés... ...ezért nem baj, ha a történetíró konzervatív ... és nem baj, ha a költő forradalmár."

Borvendég Béla, a MÉSZ elnöke

MEGNYITÓBESZÉD A KIÁLLÍTÁS ALKALMÁBÓL

Hogy mélységesen mély a múlt kútja, már régtől tudjuk. Ám azt, hogy vize milyen zavaros, mégis most kezdjük fölismerni. Persze vélhetően mindig is hullott alá a kávájáról balhiedelem és hazugság bőven. Ám ameddig a történelem ritmusa ráérősen vert, elegendő időt hagyott arra, hogy a hulladék leülepedjék vagy elbomoljék. Századunkban azonban, ahogyan az idő gyorsulása megnőtt — hogy pozitív vagy negatív-e ez a gyorsulás, ebből a szempontból akár közömbösnek is volna mondható —, úgy vált az egykor kockázatmentesen fogyasztható víz zavarossá. Átlátszatlanná, melynek felszínén jócskán úszkál gyanús eredetű látszat-igazság. És történik ez éppen akkor, amikor talán közösségek és népek soha nem volt sokasága jár a kútra, hogy igazságszomját oltaná.

Érthető, hogy a nagy utópiák és a belőlük erjesztett népboldogító lötytyök utáni másnaposság keserves időszakában a feltörekvő új a saját azonosságát a múlthoz való viszonyán keresztül igyekszik definiálni elsősorban. A jövőre mutogató lendületes extrapolációkra ugyanis — érthető okokból — igen lanyha fizetőképes kereslet mutatkozik.

A közeli építészeti múlt interpretálása különösen kockázatos vállalkozás. Végtére is a szavak azért mégiscsak viszonylag gyorsan bomlanak és igen sok olyan gyors felezési idejű halandzsa keletkezik nap mint nap, ami a mélyben lévő vízfelszínt el sem éri. Az épület, az épített környezet azonban tartós valóság, tekintet nélkül arra, hogy valós emberi értékek hordozója-e, avagy vásári hamisítvány. Sőt még ez a bizonyos érték sem megbonthatatlan végső ismérv, hiszen létéhez hozzá kell rendeljük a konform társadalmi környezetet, a közönség jóindulatú — mondjuk ki — alkotó befogadási hajlandóságát. A Vicinális Dugóhúzó valamelyik számában olvastam a kegyetlen-gyilkosnak szánt próféciát: egyszer még talán az Anker-palota is műemlék lesz. S ímé, lássatok csodát! A jövendölés mára kis híján bekövetkezett, és alkalmasint már csupán a televízión múlik, hogy unokáink lelke mikortól kezdve fog megvilágosodni...

Ámbár az ilyesmi még akár tréfás fordulatként is értelmezhető. Ha azonban meggondoljuk, mint kényszerültek a progresszív építészeti gondolkodás elkötelezett hívei meggyőződésük épületekben történő megtagadására, hogy azután röstellkedve brummogjanak mentséget szellemi zabigyerekeik védelmében; ha meggondoljuk, hogy e bűnöket még csak megbocsátja a kerekre nyitott szemű utókor, ám mélyen megveti a heroikus erőfeszítéseket, amelyeket (vezeklésként is) e "megtévedt" nemzedék azért hozott, hogy megkísérelje a magyar építészet európai egyidejűségét visszaállítani, ha meggondoljuk, hogy az építész szakma és az eredetileg a szocreál erők repülőgép-anyahajójaként vízre bocsátott MÉSZ az elmúlt évtizedekben milyen óriási energiákat mozgósított az építészet tényleges társadalmi szerepének elismertetése érdekében egy olyan társadalmi rendszerben, amelyik a szürrealizmus ellen valójában a szürrealizmus monopóliumáért harcolt, nos, akkor és csakis akkor válik nyilvánvalóvá, mire vállalkozik az, aki majd át kívánja tekinteni azt, hogy mi is történt valójában ennek a térségnek az építészetében a XX. század folyamán.

A majdani kutató persze semmiképpen sem hagyhatja figyelmen kívül azt az építészettörténeti és elméleti munkásságot, amely a Műegyetem falai között folyt és mint ilyen, közvetlenül is formálta és alakította annak a fiatal építésznemzedéknek a szemléletét is, amelyik éppen most foglalja el a megújuló szakma fontos hadállásait. Az Építészettörténeti Intézet kiállítását mondhatnók akár számadásnak is. Hajnóczi Gyula, Bánátné Szűcs Margit, Bonta János, Merényi Ferenc és Súdor Alajos egy olyan, a nyugalomba vonulás közelébe jutott történész generáció kiemelkedő személyiségei, amelyik korszak-meghatározó ugyan nem lehetett — mint ahogyan a magyar értelmiség egésze sem lehetett az —, de amelyik munkássága nélkül az elmúlt korszak "mégis" vonulata nem volna érthető és sokkal bizonytalanabb lábakon állanánk egy olyan különös korszak küszöbén, amelyik akaratlanul is megkülönböztetett szerepet fog osztani az építészetnek a kulturális azonosságtudat megőrzésében és erősítésében.

Bízom benne, hogy ezt a kiállítást sokan fogják megnézni és sokan okulnak majd belőle. Szembe kell ugyanis nézzünk azzal a ténnyel, hogy a sztálini rendszer az építészetelméleti munkát előbb megkísérelte maga alá gyömöszölni, majd érdeke múltával a peremre szorította. S lényegében ugyanezt tette a műemlékek védelmével is, amikor az emlékanyag egy részét preferálta ugyan, más részét viszont cinikusan veszni hagyta vagy éppen tudatosan lerombolta.

Korszakváltás időszakában különösen fontos észben tartani, hogy tisztázott múlt nélkül nincsen jövő. Ám a múltat nem elég csupán "érezni". Tudni és érteni is kell csakúgy, miként magát a szakmát és az építészet csodálatos világát is. Ha már egyszer megtanultuk, hogy az új nem szükségszerűen esztétikai érték is, ne gondoljuk, hogy magától értetődően az, ami régi. Különösen fontos tanulság ez a mai építész számára, aki friss szemmel tekint a régi korok építészetére. Vigyázzunk, nehogy dadogó pallérok bugyuta nyelvbotlásaival cseréljük fel azt a szótárat, amelyből építészeti formakincsünket megújítani reméljük.

Minthogy szegedi kötelezettségeim sajnos megakadályoznak abban, hogy az Intézet és a kiállítók iránti tiszteletemet a MÉSZ elnökeként és volt tanítványként is személyesen kifejezésre juttassam, kérem fogadják el ebben a formában. Azt kívánom, hogy ez a kiállítás ne csupán tanúság legyen és számvetés, de mérce is a színre lépő új építészettörténész és oktató generációk számára.

Bibliográfia dr. Bonta János, dr. B. Szűcs Margit, dr. Hajnóczi Gyula, dr. Merényi Ferenc és dr. Sódor Alajos szakmai munkásságáról*

BONTA JÁNOS
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK BIBLIOGRÁFIÁJA

Könyvek

Építészet és tömegtermelés.
Műszaki Kiadó, Budapest, 1963.

A korszerű építészeti környezet.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972.

Ludwig Mies van der Rohe.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978.

Ludwig Mies van der Rohe, német nyelven.
Akadémiai Kiadó és Henschel Verlag, Budapest—Berlin, 1983.

Ludwig Mies van der Rohe, lengyel nyelven.
Akadémiai Kiadó és Vydawnietvo Arkady, Budapest—Warsawa, 1983.

SOM, Skidmore—Owings—Merrill.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.

SOM, Skidmore—Owings—Merrill, lengyel nyelven.
Akadémiai Kiadó és Vydawnietvo Arkady, Budapest—Warsawa, 1988.

Munkatárs könyvekben

Magyar építészet 1945—1955. (Dr. Szendrői Jenő vezetésével, Bajnay Lászlóval.)
Képzőművészeti Alap Kiadó Vállalat, Budapest, 1955.

Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Építészmérnöki Kar. Dr. Széll Lászlóval, Jurcsik Károllyal és Rojkó Ervinnel.
Budapest, 1963.

Modern építészeti lexikon: Bakema és van den Broek, Bodon Sándor, Budapesti Műszaki Egyetem Építészmérnöki Kar, De Stijl, Doesburg, Dudok, Függönyfal, Hollandia építészete, Mies van der Rohe, Oud, Rietveld, Skidmore, Owings, Merrill — címszavak.
Szerk.: Kubinszky Mihály, Műszaki Kiadó, Budapest, 1978.

Realizmus, pártosság és népiség a mai magyar építőművészetben. In: Realizmus a képzőművészetben.
Szerk.: Szerdahelyi István, Kossuth Kiadó, 1979. 119—157. pp.

Dániel Péterrel és Érdi Tamással: Modernista építészet — szovjet építészet, 118—139. pp. (Építés-Építészet, 1951/9—10. sz.) — Tanulságok és prognózis,

*Önálló könyvek aláhúzással kiemelve.

181—187. pp. (Magyar Építőművészet, 1960/2.) — Az iparosított építészet esztétikuma — tézisek. 445—449. pp. (Magyar Építőművészet, 1976/2.) In: Új építészet — új társadalom 1945—1978.
Szerk.: Major Máté és Osskó Judit. Corvina Kiadó, Budapest, 1981.

Építészettörténeti és Építészetelméleti Értelmező Szótár.
Szerkesztő: Major Máté. Modern építészeti és építészetelméleti címszavak. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.

Egyetemi jegyzetek

Bevezetés az építészetbe. Major Máté előadásai nyomán.
Egyetemi jegyzet. Budapest, 1950.

Szovjet sokemeletes házak építészete.
Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1953.

Szovjet toronyházak és a szocialista építészeti együttesek.
Mérnöki Továbbképző Intézet. Budapest, 1954.

Nagyipari tervezés — nagyipari építés.
BME Továbbképző Intézet. Budapest, 1970.

Az építészet esztétikai sajátossága. Megjegyzések Lukács György esztétikájázoz. In: Fejezetek az esztétika köréből, szöveggyűjtemény, egyetemi jegyzet. Budapest, 1978.

Építészetelmélet.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1981. 3—76. pp.

Építészetelmélet.
Második, bővített kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1983. 2—126. pp.

Modern építészet — Posztmodern építészet.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 1—154. pp.

Idegen nyelvű pulikációk

Ob architekture vengerszkoj narodnoj demokracii.
Architektura i Budivnisztvo. Kiev, 1954.

Die nationale Form in der Baukunst.
Deutsche Architektur. Berlin, 1958.

Népszabadság, Dunaújváros.
The New Hungarian Quarterly, Vol. V. No. 15. Budapest, 1964.

L'Architecture et la Construction an masse.
Architecture, mouvement, continuité. SADG. 11. Paris, 1967.

Der Architekt als Koordinator.
Der Architekt. BDA. Frankfurt, 1969.

L'Architecte, un coordinateur?
Architecture, mouvement, continuité. SADG. 15. Paris, 1970.

Budapest, Faculté d'architecture.
Architecture, mouvement, continuité. SADG. Paris, 1972.

Begriffbestimmung der architektonischen Umgebung.
Periodica Polytechnica. Vol. 18. No. 1—2. Budapest, 1974.

Architekten Ausbildung und deren Verwendunsmöglichkeiten in Ungarn. Aspekten des Strukturwandels der Architektenleistung c. jegyzet.
TU Hannover, 1974. 215—234. pp.

Begriffbestimmung der architektonischen Umgebung.
Periodica Polytechnica. Vol. 18. No. 1—2. Budapest, 1974. 19—28. pp.

Die Grenzen des Ästhetischen. Bemerkungen zur Ästhetik von Georg Lukács.
Acta Technica Academiae Scientiarum Hungariae, Tom. 88. (1—4), 1974. 3—23. pp.

Das Ästhetische im industriellen Bauen.
Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 25/1976. Heft 4.

Neue Architektur in einer alten Umwelt.
Periodica Polytechnica. Vol. 21. No. 3—4. 1977.

Architektur und Umweltästhetik.
Periodica Polytechnica. Vol. 22. No. 3—4. 1978. 141—148. pp.

Hungary.
In: International Handbook of Contemporary Development in Architecture. Ed. Warren Sandersen. Greenwood Press Westport, Connecticut—London, England, 1981. 341—349. pp.

L'architecture hongroise au XX^{e} siecle.
In: Reflèts 21. 16—18. pp. és Reflèts 22. 14—17. pp.
Periodique mensuel d'Architecture édité a l'université de Liege, 1982.

Die ungarische Architektur im 20. Jahrhundert.
In: Peter P. Schweger, Wolfgang Schneider, Wilhelm Mexer: Architekturkonzepte der Gegenwart. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz, 1983.

Hungarian Architecture from 1960 to now (A survey).
Periodica Polytechnica. Vol. 30. No. 1—4. Budapest, 1986.

Magyar nyelvű publikációk

Modernista építészet — szovjet építészet. (Dániel Péterrel és Érdi Tamással.)
Építés-Építészet, Budapest, 1950.

Felszólalás az MDP KB Agitációs és Propaganda Osztálya kultúrpolitikai munkaközösségének ülésén. Vita építészetünk helyzetéről. Budapest, 1951.

A Gödöllői Agrártudományi Egyetem tervpályázata.
Építés-Építészet, Budapest, 1951. .

A Budapesti Műszaki Egyetem új épületei.
Magyar Építőművészet, Budapest, 1952.

Magyar Építőművészek Szövetsége I. Kongresszusa.
Hozzászólás. Budapest, 1952.

Az építészeti vita és az építész oktatás.
Felsőoktatási Szemle. Budapest, 1952.

Harc a szocialista építőművész oktatásért.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1952.

Major Máté: Építészet és társadalom c. könyvéről.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1953.

Irányelvek a Budapesti Földalatti Vasút Állomások építőművészeti eszmei tartalmának kimunkálásához.
Az Építészeti Tanács megbízásából készült tanulmány (kézirat). Budapest, 1953.

Az építészeti tervezés oktatásának kérdéseihez.
Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem. Módszertani anyagszolgáltatás. Budapest, 1953.

Nagy Szovjet Enciklopédia. B. F. Mihajlov: Építészet c. fejezetéről. — Magyar Építőművészet. Budapest, 1954.

Budapesti Városrendezési Konferencia. Hozzászólás.
É.M. Építőipari Könyv- és Lapkiadó. Budapest, 1954.

Magyar Építőművészek Szövetsége Konferenciája és Közgyűlése. Hozzászólás.
Építésügyi Kiadó. Budapest, 1954.

Az építészeti tervezés oktatásának néhány időszerű kérdéséről.
Jövő Mérnöke. II/12. Budapest, 1954.

Négy tantermes tagozatú iskola tervpályázata.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1955.

A magyar népi demokrácia építészete.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1955.

A Magyar Építőművészek Szövetsége MDP aktíva vezetősége 1955. évi IV. 26-i ülésének anyagából.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1955.

Kényelmes, gazdaságos és szép házakat építsünk.
Jövő Mérnöke. Budapest, 1955.

A nemzeti forma problémája az építészetben.
ÉKME Tudományos Közleményei. Budapest, 1955.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1956.

Építész szemmel a Szovjetunióban.
Vengerszkie Novoszti. Budapest, 1956.

A formalizmus elleni küzdelem az építészeti tervezés oktatásában.
Felsőoktatási Szemle. Budapest, 1958.

Vigadó Koncertház építése.
ÉKME Tudományos Közleményei. Budapest, 1958.

Az építészet sajátszerűsége, különös tekintettel a gépi tömegtermelés problémáira. Kandidátusi értekezés.
Kézirat. 1960. 1—168. pp.

A modern éptészet néhány új vonásáról.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1959.
ÉKME Tudományos Közleményei. Budapest, 1960.

A formalizmus elleni küzdelem jelentősége az építésznevelésben.
Felsőoktatási Szemle. Budapest, 1959.

Napjaink építészetéről.
Műszaki Élet. Budapest, 1959.

Építész szemmel Rómáról. Rádióelőadás.
Budapest, 1959.

Tanulságok és prognózis.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1960.

Mit láttam Olaszországban? Cikksorozat.
Jövő Mérnöke. Budapest, 1960.

A Magyar Építőművészet-ről és a magyar építészetről.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1961.

Major Máté: Építészettörténet III. -- Tőkés és szocializmust építő társadalmak építészete c. könyvéről.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1961.

Az építészet hovatartozása.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények. Budapest, 1961.

A szovjet építészet új utakon.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1962.

Dunaújváros, a szocialista városépítés iskolája.
Népszabadság. Budapest, 1964.

Új Mecsekalja legfiatalabb városunk.
Népszabadság. Budapest, 1965.

Építészet és tömeges építés.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények. Budapest, 1966.

Bruno Zevi: Az építészet megismerése c. könyvéről.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1966.

Új tanév elé.
Jövő Mérnöke. Budapest, 1966.

Az oktatási reform további feladatai az Építészmérnöki Karon.
Magyar Építőipar. Budapest, 1967.

Az építészettudomány tartalmi, metodikai és kapcsolódási kérdései.
ÉVM. 1. Cpr. Sokszorosítás, kézirat gyanánt. Budapest, 1967.

Az Építészmérnöki Kar profilja és struktúrája.
Felsőoktatási Szemle. Budapest, 1968.

Paskál-fürdő tervpályázat. Néhány gondolat a zsűrizés problémáiról.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1968.

Az építés és az építészet tudományai.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények. I/1--2. sz. Budapest, 1969. 420 pp.

Az építészeti tervpályázatokról. (Molnár Péterrel.)
Magyar Építőművészet. Budapest, 1969.

Az Építészmérnöki Kar oktató és nevelő munkája.
BME Építészmérnöki Kar, ezüst könyv. Budapest, 1971.

A városépítés és a technika kölcsönhatása.
Az Urbanisztikai Társaság tájékoztatója. Budapest, 1971.
Településtudományi Közlemények, 23. sz. Budapest, 1974.

Perényi Imre: A város központja c. könyvéről.
Építés-Építészettudomány. Budapest, 1972.

Az építészeti környezet fogalma. Akadémiai doktori értekezés.
Budapest, 1972. 1--204 + 1--23 pp. Kézirat.

Az építészeti környezet legkedvezőbb kialakítása.
Az ember makro- és mikrokörnyezete legkedvezőbb kialakítása.
ÉVM Célprogram keretében. Budapest, 1972. Kézirat.

Szendrői Jenő és társai: Magyar Építészet 1945—70. c. könyvről.
Magyar Építőművészet. Budapest, 1973.

Preisich Gábor: Walter Gropius c. könyvéről.
Építés- Építészettudomány V. kötet, 1—2. sz. Budapest, 1973. 157—262. pp.

Az építészeti környezet esztétikuma.
Építés- Építészettudomány. VI. kötet, 1—2. sz. Budapest, 1974. 167—181. pp.

Az építészeti környezet fogalma. A tudományos és technikai forradalom építészete.
Építés- Építészettudomány. VII. kötet, 1—2. sz. Budapest, 1975. 251—256. pp.

A nagyipari építészet esztétikuma.
Építés- Építészettudomány. Budapest, 1976.

Világnézeti nevelés az építészmérnök hallgatók képzésében.
BME. A világnézeti nevelés módszertani kérdései. 1977.

Új építészet régi környezetben. In: Conference Education in History and Theory of Architecture. Technical University Budapest, 20—25 Sept. 1976. 23—29. pp.

Az építészetelmélet alapjai.
Sokszorosított kutatási jelentés. Budapest, 1977.

Építészet és környezetesztétika. Előadás a környezetesztétikai konferencián.
Megjelent a hasonló című sokszorosított kiadványban.
Salgótartján, 1978.

Lukács György esztétikájának építészeti vonatkozásai.
(Az építészet határai) Akadémiai fölolvasó ülés anyaga.
Megjelent: Építés- Építészettudomány. X. kötet, 3—4. sz., 1978. 341—354 pp.

Az iparosított építészet elmélete (Tézisek).
Sokszorosított kutatási jelentés. Budapest, 1979. 1—68. pp.

Városképi felmérések és vizsgálatok Ausztriában. Kiállításmegnyitó.
Magyar Építőművészet. 1979/6.

Posztmodern építészet felé?
Kritika. 1981/3. 21—22. pp.

Böhm Viktor (1900—1981). Megemlékezés.
Magyar Építőművészet. 1981/4. 61 p.

A racionalistáktól a romantikusokig. Helyzetkép korunk építészetéről.
Sokszorosított kutatási jelentés. Budapest, 1981. 1—81. pp.

Magyar építészet a XX. században.
Építés- Építészettudomány, XIV. 3—4. kötet. 1982. 503—510. pp.

Ernyei Gyula: A modern design fejlődésének fő vonásai.
Kandidátusi értekezés opponensi véleménye.
Építés- Építészettudomány, 1982. 539—543. pp.

A gellérthegyi víztároló építészeti foglalata.
Magyar Építőművészet. 1982/3. 14—7. pp.

Új városok Franciaországban.
Kiállítás a Budapesti Műszaki Egyetemen. Megnyitó.
Magyar Építőművészet. 1983/4. 57 p.

Modernizmus—Szocialista realizmus—Posztmodernizmus I. rész.
Sokszorosított kutatási jelentés.
Budapest, 1983. 1—121. pp.

Modernizmus—posztmodernizmus.
Kritika 1984/2. 13 p.

Fülep Lajos és Lukács György az eklektikáról és az új építészetről.
Magyar Építőművészet, 1984/1. 2—5. pp.

Guy Ankerl: Experimental Sociology of Architecture. Recenzió.
Magyar Építőművészet, 1984/1. II—III. pp.

Polonyi Károly: Klíma — Energia — Épített környezet. Recenzió.
Magyar Építőművészet 1984/2. I—II.

A posztmodernizmus világszemléleti és társadalomszemléleti feltételei.
Sokszorosított kutatási jelentés, 1984. 1—92. pp.

Új építészeten túl újabb építészet felé.
Mozgó Világ 1985/4. 53—66. pp.

Új építészeten túl újabb építészet felé.
Reflektor. Válogatás a politikai sajtó cikkeiből. 1985/4. 487—507. pp.

Hol tart a magyar építészet?
Társadalmi Szemle 1985/11. 34—43. pp.

Csiha Katalin: Óvoda 100 gyermek számára. Kritika.
Mozgó Világ 1986/1. 125—126. pp.

Szabó Tibor: Lakások tetőtérben. Kritika.
Mozgó Világ, 1986/2. 126—127. pp.

Dévényi Sándor: Lakodalmas ház. Kritika.
Mozgó Világ, 1986/6. 127—128. pp.

Bordács László—Gergely Katalin—Pályi Gábor: Sorházak Kecskeméten. Kritika.
Mozgó Világ 1986/9. 120—122. pp.

Udo Kultermann: Zeitgenössische Architektur in Osteuropa. Recenzió.
Magyar Építőművészet, 1986/9. 59—60. pp.

Major Máté búcsúztatása 1986. április 30-án.
Magyar Építőművészet, 1986/3. 7 p.

100 éve született Ludwig Mies van der Rohe.
Magyar Építőművészet, 1986/4. 58—59. pp.

Emlékezés Major Mátéra.
Városépítés, 1986/5. 39 p.

Három kérdés és három válasz a posztmodernről.
Ipari Forma, X. évf. 1986/3. 6—7. pp.

Gábor László—Párkányi Mihály: A nem tektonikus építés alapvető szerkezetelméleti kérdései. Recenzió.
Építés- Építészettudomány, XVIII, 1986. 1—2.

Vidor Ferenc: Technika, Architektúra, Urbanisztika. Doktori disszertáció opponensi véleménye.
Építés- Építészettudomány, XVIII. 1986. 1—2.

Taba Benő: Bükki Nemzeti Park, Keleti Kapu. Kritika.
Mozgó Világ, 1987/2. 127—128. pp.

Az új építészettől a legújabb építészetig.
(Kb. 330 oldal, kb. 100 ábra.) Kézirat. 1988.

Gondolatok, Hipotézisek, Teóriák. Az építészetelméleti kutatások tizenöt éve. In: 15 év tudományos kutatásai 1972--1987. Összefoglalás és kitekintés. Építészettörténeti és Elméleti Intézet. Konferencia Kiadványok 1. 1988. 35--51. pp.
Építés- Építészettudomány 1989/1--2. sz. 163--173. pp.
Magyar Műemlékvédelem XXXIII. 1989/1. 12--18. pp.

Alkotni árral szemben. Interjú Virág Csabával.
Valóság 1988/1.

Építésiparosítás -- Előregyártás.
Tizenhárom kérdés, tizenhárom szakemberhez az előregyártásról, az építésiparosításról: Dr. Bonta János egyetemi tanár, Budapesti Műszaki Egyetem.
Magyar Építőipar 1988/3. 99--101. pp.

Hajnóczi Gyula: Vallum und Intervallum. Recenzió.
Magyar Építőművészet 1989/4. 59--61. pp.

"Több ez, mint divat..." Hozzászólás.
Ipari Forma 1989/4--5. 39 p.

A világépítészet főbb irányzatai.
Új irányzatok építészetünkben c. tudományos kutatás keretében.
1989/11. 1--58. pp. Sokszorosított kézirat.

Építészet a posztindusztriális kor küszöbén. Esszé.
Mozgó Világ 1991/3. 67--82. pp.

Párkányi Mihály 1924--1991. Megemlékezés.
Magyar Építőművészet 1991/3. 29 p.

A magyar organikus építészet. Kiállítás a Velencei Biennálén, 1991.
Mozgó Világ 1992/4. 43--55. pp.

B. SZŰCS MARGIT
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK BIBLIOGRÁFIÁJA

Leon Battista Alberti munkássága.
ÉKME Tudományos Közleményei IV. 4. 1958.

A Quattrocento építészete.
Művészettörténet 27. Képzőművészeti Alap, Budapest 1959. 51 pp. 34 kép.

Gondolatok egy építészmonográfia írása közben.
ÉKME Tudományos Közleményei X. 5. 1964. 13--18. pp.

Leon Battista Alberti.
Corvina. Budapest, 1967. 136 p. 110 illusztráció.

Elmélet és gyakorlat összefüggése a francia reneszánsz és barokk építészetben.
Építés- Építészettudomány I. 3--4. 1970. 319--339. pp.

Pogány Frigyes: Firenze. Lektorálás.
Corvina, 1971.

Nikolaus Pevsner: Az európai építészet története. Ellenőrző szerkesztés.
Corvina, 1972. (2. kiadás 1974, 3. kiadás 1983.)

Franciaország építészete I.
Az építészet világa 3. Corvina, Budapest 1972. 122 pp. 48 képtábla, 39 rajz.

Ewige Gedanken aus alten Büchern.
Periodica Polytechnica Vol. 18. No. 1—2. 1974. 7—17. pp.

Régi könyvek — maradandó gondolatok.
Építés- Építészettudomány VI. 1—2. 1974. 139—146. pp.

J. L. De Cordemoy építészetelmélete.
Építés- Építészettudomány VII. 3—4. 1975. 295—301. pp.

Pogány Frigyes: Itália építészete II. (Az építészet világa 6.) Lektorálás.
Corvina, 1975.

Franciaország építészete II.
Az építészet világa 8. Corvina, Budapest 1977. Nívódíj 1978.
119 pp. 48 képtábla, 34 rajz.

Kozma Lajos: Az új ház. Fordítás németből.
Corvina, 1978.

Pogány Frigyes: Velence. Lektorálás.
Corvina, 1979.

Marc-Antoine Laugier építészetelmélete.
Építés- Építészettudomány XIII. 3—4. 1981. 343—351. pp.

Die Architekturtheorie von Marc-Antoine Laugier.
Periodica Polytechnica Vol. 25. No. 1—4. 1981. 13—23. pp.

Alberti. Bevezető és fordítás a Tíz Könyvből.
Bercsényi 28—30 kiadás, 1982. 1—73. pp.
(A BME építészhallgatók szerkesztésében.)

Nagy-Britannia építészete I.
Az építészet világa 12. Corvina, Budapest 1983. 134 p. 48 képtábla, 38 rajz.

Czellár Katalin: Spanyolország építészete II. Lektorálás.
Corvina, 1983.

Az építészet története. Újkor. Reneszánsz.
Tankönyvkiadó, Budapest 1985. Nívódíj. 294 pp. 435 illusztráció.
(2. kiadás 1986, 3. kiadás 1990.)

É.-L. Boullée: Az építészet poézise. (Művészet és elmélet) Fordítás franciából.
Corvina, 1985.

J. L. De Cordemoy's Theory of Architecture.
Periodica Polytechnica Vol. 30. No. 1—4. 1986. 9—17. pp.

Szentkirályi Zoltán: Az építészet története. Újkor. Barokk. Lektorálás.
Tankönyvkiadó, 1986.

Eckhardt Götz: Diego Velazquez. Ellenőrző szerkesztés.
Corvina, 1987.

Hugh Honour: Klasszicizmus (Pantheon). Ellenőrző szerkesztés.
Corvina, 1991.

Panoráma "mini" útikönyvek lektorálása:
Lindner L.: A Loire völgye, 1979.
Verzár I.: Elzásztól Párizsig, 1981.
Pálfy J.: Provence és a francia Riviera, 1985.
Czellár K.: Stájerország, 1990.

"Válaszúton az építészet" c. tízrészes építészeti filmsorozat szövegének fordítása angolból a TV részére, 1989.

HAJNÓCZI GYULA

TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK BIBLIOGRÁFIÁJA

Építészeti alaktan. Egyetemi jegyzet.
Közoktatásügyi Jegyzetellátó Vállalat, Budapest 1952. 1—74. pp. I—XLVI. tábla. (Társszerző: Rados Jenő.)

Budapest művészi vasrácsai.
Az MTA által jutalomban részesített tanulmány, 1953. Kézirat.

Műemlékfelmérés.
ÉKME Tudományos Közleményei I. 6. 1956. 1—69. pp. I—XXX. tábla. (Társszerzők: Ferenczy Károly, Horn Antal, Laboda Zsigmond, Nagy Elemér, Sódor Alajos, Vargha László.)

Witruwiusz: O Architekturze Ksiag Dziesiec. Recenzió.
Műemlékvédelem, 1958. 3. 192 p.

Térszemlélet a képzőművészetben és az építészetben.
Művészettörténeti Értesítő, 1959. 2—3. 97—100. pp.

Az építészeti forma jelentéséről.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, 1960. 1—2. sz. 51—59. pp.

Róma enciklopédiája.
Magyar Építőművészet, 1960. 5. sz. 10—16. pp.

Római fürdők Budán.
Műemlékeink. Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, Budapest, 1960. 1—44. pp. (Társszerző: Póczy Klára.)

Római épületemlékeink műemlékvédelmi és műszaki kérdései.
Archeológiai Értesítő, 88. k. 1961. 92—94. pp.

A térformálás alaptendenciája.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, 1961. 3. sz. 345—360. pp.

Építészettörténetünk előzményei Magyarország területén.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961. 11—24. pp. (Rados Jenő: Magyar építészettörténet c. könyve első fejezetének munkatársaként.) 2. kiadás: 1971.

Magyar Műemlékvédelem 1949—1959 I. évkönyve. Recenzió.
Magyar Építőművészet, 1961. 1. sz. 62—63. pp.

Építészet és imitáció.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, 1962. 1. sz. 117—127. pp.

Aquincum polgárváros műemléki helyreállításának távlati terve.
Műemlékvédelem, 1962. 4. sz. 206—211. pp. (Társszerző: Vladár Ágnes.)

Abu Simbel megmentése — post festa.
Magyar Építőművészet, 1963. 6. sz. 48—49. pp. (Társszerző: Györgyfi Gábor.)

Római kori homlokzathelyreállítás Szombathelyen.
Magyar Műemlékvédelem Évkönyve 1959—1960. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964. 129—135. pp. (Társszerző: Szentléleky Tihamér.)

Optical Corrections in Egyptian Architecture.
ÉKME Tudományos Közlemények, 1964. 5. sz. 99—106. pp.

Az építészet története II. A rabszolgatartó társadalmak építészete. Egyetemi jegyzet.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1964. 1—258. pp.

A térszemlélet fejlődése az ókor építészetében.
Kandidátusi értekezés, 1965. 321 pp. 9. lev. 9. tábla. Kézirat.

Aquincum felújítása.
"Budapest", 1966. júl. IV. 4. 33--34. pp. (Társszerző: Póczy Klára.)

Térformák és térkapcsolatok az antik római építészetben.
Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, 1967. 1. 91--138. pp. (Bölcsészdoktori értekezés alapján. 1961. 1--187. pp. I--VIII. tábla. Kézirat.)

Az építészet története. Ókor.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1967. 1--462. pp. 623 ábra. 1. kiadás. (2. kiadás 1969, 3. kiadás 1973, 4. kiadás 1976, 5. kiadás 1982.)

Az építészeti téralakítás értékelése Riegeltől Giedionig.
ÉKME Tudományos Közleményei XIII. 3--4. sz. 1967. 131--135. pp.

Ókori épületek műemlékvédelme I.
Műemlékvédelem, 1967. 4. sz. 216--224. pp.

Aquincumi panaszok.
"Budapest", 1967. aug. V. 8. 26--29. pp.

Ostia, Oszloprendek, Párkány, Pompeji, címszavak.
Művészeti Lexikon III. Akadémiai Kiadó, 1967.

Space anc Ideas.
Periodica Polytechnica. Architecture Vol. 12. No. 2. 1968. 1--99. pp. 4 tábla. (Kandidátusi értekezés.)

Ókori épületek műemlékvédelme II.
Műemlékvédelem, 1968. 2. sz. 169--278. pp.

Róma, Templom, Therma, Színházépítészet, Városépítészet, Villa, címszavak.
Művészeti Lexikon IV. Akadémiai Kiadó, 1968.

Egyiptom építészete.
Az építészet világa 1. Corvina, 1969. 1--118. pp. 48 tábla, 34 ábra. 1. kiadás. (2. kiadás 1971.)

Ókori épületek műemlékvédelme III.
Műemlékvédelem, 1969. 1. sz. 47--55. pp.

Form und Deutung in der altägyptischen Baukunst.
Mitteilungen des Deutschen Archeologischen Instituts Abteilung Kairo. 24. 1969. 184--193. pp.

W. Kozinski: The Investment Process Organization of the Cheops Pyramid. Recenzió.
Bibliotheca Orientalis XXVII. 5--6. 1970. Leiden. 344--345. pp.

Fragen der Methodik des Denkmalschutzes der Bürgerstadt Aquincum.
Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tom 67. 1--4. 1970. 195--203. pp.

Aquincumi védőépület.
Magyar Építőművészet, 1970. 3. sz. 36--37. pp.

Az aquincumi katonai amphitheatrum kitűzése és szerkesztésmódja.
Archeologiai Értesítő, 98. 1971. 2. 186--190. pp.

Pogány Frigyes: Firenze. Recenzió.
Fotóművészet, 1971. 4. 47--50. pp.

Kazimierz Michalowski: Karnak. Recenzió.
Fotóművészet, 1971. 1. 50--52. pp.

Építészképzés és műemléktudomány.
Műemlékvédelem, 1972. 1. 5--12. pp.

Gerhardt Haeny: Basilikale Anlagen in der ägyptischen Baukunst des Neuen Reiches. Recenzió.
Bibliotheca Orientalis XXIX. 3--4. 1972. Leiden. 171--175. pp.

Opgravingen in Romeins Budapest.
Catalogus bij de tentoonstelling in het Provinciaal.
Gallo-Romeins Museum te Tongeren 1972. (Társszerzők: Dr. Póczy Klára, dr. Kőszegi Frigyes.)

Pannóniai amphitheatrumok.
Építés- Építészettudomány, V. 1--2. 1973. 127--150. pp.

Irak építészete.
Az építészet világa 5. Corvina, 1974. 1--122. pp. 48 tábla, 47 ábra.

Pannónia fürdőépítészete.
Építés- Építészettudomány VI. 1--2. 1974. 63--100. pp.

Abdallah Nirqi 1964. Architectural Characteristics of the Settlement and Buildings.
Acta Archeologica Academiae Scientiarum Hungaricae 26. 1974. 339--368. pp.

La revisione del concetto del volume architettonoco.
Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae. Tom. 77. 1--3. 1974. 239--250. pp.

Lokaler und universaler Wert der Kunstdenkmäler.
Periodica Polytechnica. Architecture. Vol. 18. 1--2. 1974. 53--62. pp.

Pannonia villaépítészete.
Építés- Építészettudomány VII. 1--2. 1975. 3--61. pp.

Korszerű műemlékvédelem -- modern városkép.
Magyar--Szovjet Kulturális Kapcsolatok 1975. évkönyvében (orosz nyelven).

Fülep Lajos és az építészet.
Jelenkor, 1975. 9. sz.
Látóhatár, 1975. október. 184--193. pp.

Építészettörténetünk előzményei Magyarország területén.
(Rados Jenő: Magyar építészettörténet c. könyve első fejezetében.) 3. bővített kiadás 1975.

Dr. Révhelyi Elemér (1889--1976).
Magyar Építőművészet, 1976. 6. sz. 64. p.

Máté Major: Geschichte der Architektur. Band I. Recenzió.
Műszaki Tudomány, 51. 1976. 423--428. pp.

Zweiseitigkeit der Funktion als Grundprinzip des griechischen Tempels (Von Prinias bis Pergamon).
Beiträge der Winckelmann-Gesellschaft. Stendal. Band 8. 1977. 15--24. pp.

Zweck und moderne Methoden des Unterrichts in der Fachgebiete der Architektur und in der Architektenausbildung.
Periodica Polytechnica. Architecture. Vol. 21. 3--4. 1977.

Genevieve Sée: Grandes Villes de l'Egypte antique. Recenzió.
Bibliotheca Orientalis XXXIV. 3--4. 1977. Leiden.

Prolegomena az építészeti alkotás objektív értékeléséhez. Az építészeti tér analitikus elmélete.
1--267. pp. XXII tábla. A műszaki tudományok doktora fokozat elnyeréséért benyújtott értekezés. 1977. Kézirat.

Az építészeti tér értelmezése Giediontól Norberg-Schulzig.
Építés- Építészettudomány, IX. 4. 1977. 331--350. pp.

Jürgen Brinks: Die Entwicklung der königlichen Grabanlagen des Alten Reiches. Recenzió.
Bibliotheca Orientalis XXXIX. 3--4. 1982. Leiden. 298--303. pp.

Major Máté: Építészettörténeti és Építészetelméleti Értelmező Szótár. Akadémiai Kiadó, 1983. Munkatárs.

H. Büsing: Römische Militärarchitektur in Mainz. Recenzió.
Acta Archeologica Academiae Scientiarum Hungaricae 35. 1983. 455--457. pp.

A balácai központi villaépület műemléki helyreállítása.
Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei, 17. 1984. 53--58. pp.

Raumorganisation -- Raumschaffung -- Raumstruktur.
Periodica Polytechnica. Architecture. Vol. 28. 1--4. 1984. 17--23. pp.

Fülep Lajos és az építészet.
Fülep Lajos Emlékkönyv. Magvető, 1985. 243--249. pp.

Láthatatlan építészet -- térharmónia.
Építés- Építészettudomány XVII. 1--2. 1985. 73--80. pp.

Rados Jenő, a műegyetemi professzor.
Építés- Építészettudomány XVII. 1--2. 1985. 5--6. pp.

Unterrichtsreform an der Fakultät für Architektur.
Periodica Polytechnica. Architecture. Vol. 30. 1--4. 1986. 269--273. pp.

Architectural Meaning.
Periodica Polytechnica. Architecture. Vol. 30. 1--4. 1986. 71--79. pp.

The conceptual and actual Reconstruction of the Villa and the Burial Vault Kővágószőllős.
Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 30--31. 1985--1986.

Antik város új lakókörzeteink fókuszában.
Valóság, 1986. VIII. 39--48. pp.

A műemlékvédelemről Kaiser Anna--Póczy Klára: Budapest római öröksége című könyvének ürügyén.
Magyar Építőművészet 1986. 5. 19--20. pp.

Ursprünge der europäischen Architektur. Band I.
VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1986. 268 pp. 422 ábra.

Villamúzeum Balácapuszta.
Magyar Építőművészet, 1986. 5. 44--45. pp.

Pannónia római romjai.
Műszaki Könyvkiadó, 1987. 210 pp. 226 ábra, 13 színes melléklet.

Vallum und Intervallum. Eine analytische Theorie des architektonischen Raumes.
Akadémiai Kiadó, 1988. (A műszaki tud. doktori értekezés német nyelvű publikációja.)

Versuch zur ideellen Rekonstruktion eines Siedlungsteils aus der Römerzeit.
Carnuntum Jahrbuch, 1988. 55--85. pp.

Konservierung und Restaurierung antiker Architektur in Ungarn.
Carnuntum Jahrbuch, 1989. 27--42. pp.

Az építész szerepe a magyar műemlékek védelmében, helyreállításában és gondozásában. Kísérlet az Országos Műemléki Felügyelőség építészi tervező tevékenységének — s e tevékenység változásainak — jellemzésére.
Építés- Építészettudomány, 1989. 1—2. sz. 235—256. pp.

Tégla az ókor építészetében.
Téglaépítészet, 3. 1989. 16—25. pp.

Environmental Problems for Ruins of the Roman Age.
ICOMOS 1990. Actes du Colloque Symposium Papers Lausanne. 573—575. pp.

Bajáról indultam.
Bajai Honpolgár I. 5. sz. 1990. július.

Az építészetelmélet története I.
1990. 64 p. (Egyetemi jegyzet, int. soksz.)

Épület és településkarakterológia.
Hajnóczi Gy.: Vallum és intervallum. Hajnóczi P.: A lakókörnyezetek térstruktúrája.
1991. 436 p. (OTKA kutatási alapanyag, Műegy. soksz.)

Az építészet története. Ókor I. Keleti és átmeneti kultúrák.
Tankönyvkiadó, 1991.

Az építészet története. Ókor II. A klasszikus kultúrák.
Tankönyvkiadó, 1991.

Vallum és intervallum. Az építészeti tér analitikus elmélete.
Akadémiai Kiadó és Nyomda, 1992.

Ursprünge der europäischen Architektur. Band II.
Verlag für Bauwesen, Berlin 1992.

MERÉNYI FERENC
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK BIBLIOGRÁFIÁJA

Újkori építészettörténet.
Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1953.

Magyar építészek, 1890—1914.
Adatgyűjtemény. Aspiráns kutatómunka eredménye. Kézirat.
Budapest, 1955, I—II. kötet, 396 p. A BME Ép.tört. és Elm. Int. könyvtárában.

Épületfajták Magyarországon, 1890—1918.
Tipológiai adatgyűjtemény. Aspiráns kutatómunka eredménye. Kézirat.
Budapest, 1955. I—IV. kötet, 716 p. A BME Ép.tört. és Elm. Int. könyvtárában.

A magyar építészet története.
TIT, Budapest, 1956.

Romantikus és eklektikus építészet.
Gondolat és Képzőművészeti Alap, Budapest, 1959.

1867—1965. Cento anni architettura ungherese.
Appunti per una storia dell'architettura contemporanea ungherese.
Accademia d'Ungheria, Roma, 1965. 165 p, 367 ábra.

Ybl Miklós. (Halálának 75. évfordulójára.)
Népszabadság, 1966. jan. 22.

Gondolatok kastélyállományunkról.
Műemlékvédelem, 1966. 4. sz.

La conservazione dei monumenti in Ungheria.
Notiziario della Società Leonardo da Vinci, Firenze, 1968.

A magyar műemlékvédelem feladatai.
OMF kiadás, Budapest—Sárospatak, 1968.

A magyar építészet, 1867—1965.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969. 179 p. 562 ábra. (2. kiadás 1970.)

Prospettive e fini della tutela dei monumenti in Ungheria.
Acta Technica Academiae Sc. Hung., Tom. 67. 1—4. 1970. 283—297. pp.

A felszabadulás utáni 25 év műemlékvédelme.
Magyar Műemlékvédelem (Évkönyv). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970. (Németül is.)

A műemlékvédelmi tevékenység a szakirodalom tükrében.
Műemlékvédelem, 1971, 3. sz.

A műemlékvédelem célkitűzései és eredményei 1970-ben.
Építésügyi Évkönyv, 1970. ÉTK kiadás, Budapest, 1971.

A magyar műemlékvédelem új útjai.
OMF kiad., Budapest—Győr, 1971.

A műemlékvédelem célkitűzései és eredményei 1971-ben.
Építésügyi Évkönyv, 1971. ÉTK kiadás, Budapest, 1972.

A magyar műemlékvédelem száz esztendeje.
Építés- Építészettudomány, IV. 1—2. sz., 1973, 3—39. pp.

A műemlékvédelem célkitűzései és eredményei 1972-ben.
Építésügyi Évkönyv, 1972. ÉTK kiadás, Budapest, 1973.

A modern építészet beilleszkedése a történelmi környezetbe Magyarországon.
Művészet, 1972, XIII. 10—1. sz., 8—16. pp.

Il restauro dei castelli ungheresi.
Castellum, Rivista dell'Instituto Italiano dei Castelli, 1972, No. 15, 5—24. pp.

La funzione dell'architettura moderna nel rinnovamento della vita intellettuale in Ungheria durante il quarto di secolo del primo anteguerra.
Actes du XXII^{e} Congrés International d'Histoire de l'Art.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972. II. kötet, 268—274. pp.

La tutela dei monumenti in Ungheria.
Restauro, Napoli, 1972, 3. 3—43. pp. (A firenzei Galleria degli Uffizi-ben megtartott előadás annotált bibliográfiával bővített szövege.)

Magyar építészet, 1945—70.
Corvina, Budapest, 1972. (Társszerzőként.)

Műemlékvédelem és múzeumügy. Kunstdenkmalschutz und Museumwesen.
Az Egri Múzeum Évkönyve, 1970—72.

L'ultimo quarto di secolo della tutela dei monumenti in Ungheria.
Acta Historiae Artium Academiae Sc. Hung., Tom. XVIII, fasc. 1—2, 1972, 29—69. pp. 52 ábra.

Centi anni di letteratura spezializzata sulla tutela dei monumenti in Ungheria.
Assessorato alla Cultura, Firenze, 1972.

25 éves a szocialista műemlékügy.
ÉTK kiadás, Budapest, 1974.

L'insertion de l'architecture moderne dans les ensembles historiques en Hongrie.
Monumentum, Vol. XI–XII. Louvain, 1975. 63–70. pp.

Architettura e vita culturale in Ungheria nel primo Novecento.
Ungheria Oggi, Roma, 1977. No. 5–6. 19–25. pp.

Olaszország építészete.
In: Kubinszky Mihály (szerk.): Modern építészeti lexikon.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978. Ugyanitt: szócikkek magyar és olasz építészek munkásságáról.

Neue Architektur in Ungarn.
Corvina–Callwey kiad., Budapest–München, 1978. (Társszerzőként.)

Architettura a Budapest tra le due guerre.
Kiállítási katalógus bevezetője, Bibliotheca della Facoltà di Architettura, Roma, 1979.

Palazzo Falconieri. L'Accademia d'Ungheria in Roma ed il suo restauro.
A Cooperativa Nova és a Római Magyar Akadémia közös kiadása, Róma, évsz. nélkül (1979), 16 pp. (Társszerzőként.)

Il passato e il presente dell'architettura in Ungheria.
Assessorato alla P.I. e Cultura, Fermo, 1980.

L'architettura ungherese tra il 1890 e eil 1919.
In: "Budapest, 1890–1919, l'anima e le forme", Electa kiad., Milano, 1981. 112–145. pp. 57 ábra.

L'architettura ungherese dopo la seconda guerra mondiale.
Edilizia Popolare, Roma, Anno XXX°, 1983. 71–102. pp. 163 ábra. (Társszerzőként.)

Riflessi delle tendenze artistiche-spirituali dell'epoca nell'architettura magiara peculiare dei decenni precedenti la prima guerra mondiale.
Istituto per gli Incontri Culturali Mitteleuropei, Gorizia, 1986.

A legújabb kori (egyetemes) építészet története, 1850–1914.
Kézirat gyanánt. A BME Ép.tört. és Elm. Int. könyvtárában, 1986.

Az alapoktól a nemzetközi hírnévig. Szépművészeti Múzeum.
Társadalmi Szemle, XLII. 2. sz. 1987. 84–88. pp.

Il Museo delle Belle Arti di Budapest: l'edificio, le collezioni, il restauro.
L'Università di Bologna, Alma Mater Studiorum, Saecularia Nona, Bologna, 1988.

Adalékok az építészet XIX. századi történetének vizsgálatához.
Építés- Építészettudomány, 1989. 1–2. sz. 175–179. pp.

Il Museo delle Belle Arti di Budapest: storia, collezioni, concetto e problemi di ricostruzione e ristrutturazione della sua sede.
Korreferátum szövege a "Musei d'Europa, esperienze a confronto" c. nemzetközi kongresszuson.
Istituto Suor Orsola Benincasa, Napoli, 1989.

Budapest, 1867—1914, una capitale europea di "Fin de Siecle".
Seminari "Fin-de-Siecle", La construcció dels escenaris urbans.
Institut d'Humanitats, Area d'Arquitectura, Barcelona, 1990.

Modern építészet Rómában.
Útmutató építészek számára. Kézirat gyanánt. A BME Ép.tört. és Elm. Int. könyvtárában. 1991.

A magyar építészet története, XIX. sz., 1800—1914.
Kézirat gyanánt. A BME Ép.tört. és Elm. Int. könyvtárában. 1991.

SÓDOR ALAJOS
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉNEK BIBLIOGRÁFIÁJA

Sopron műemlékei.
Békemozgalom. 1953/2. sz.

Magyar barokk kastélyok.
Vengria. 1954/1.

Budapest műemlékei.
TIT, Budapest, 1955. (Zádor Mihállyal.)

Magyarország gótikus építészete.
TIT, Budapest, 1956. (Zádor Mihállyal.)

A feudális társadalmak építészete. A gótikus kor építészete.
Budapest, 1957. (Egyetemi jegyzet.)

Budapest építészettörténete, városképei és műemlékei.
Budapest. Műszaki Kiadó, 1959. (Borsos Bélával és Zádor Mihállyal.)

Terézváros műemléki kalauza.
Budapest, 1970.

Le Corbusier: Modulor (Kivonatos fordítás franciából).
MÉSZ Elméleti sorozat 2. Budapest, 1971. (H. Sipos Edittel.)

Az építészet története. Középkor.
Budapest, Tankönyvkiadó. 1971, 1975, 1978, 1986.
Egyetemi Tankönyv. (Cs. Tompos Erzsébettel, Zádor Mihállyal.)

Gótikus katedrális építészet Európában.
Budapest, 1974. Kandidátusi értekezés.

Az építészet története (francia nyelven).
Egyetemi jegyzet. Oran, 1977.

Modern építészeti lexikon. (Szerk.: Kubinszky Mihály.)
Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1978. 22 címszó.

A középkori építészeti tervezés alaptendenciái.
Periodica Polytechnica, 1978. (francia nyelven). Vol. 22. No. 3—4.

Mathes Roriczer 1486-ban megjelent fiatorony könyve.
Építés- Építészettudomány, 1978. X. 3—4. sz.

Budapest építészete a XX. században.
Budapest, Műszaki Kiadó, 1980. (Jékely Zsolttal.)

A romantika korának építészete.
Budapest, 1980. Egyetemi jegyzet.

Gottfried Semper hatása a legújabb magyar építészetre (német nyelven).
Drezda, Semper Szimpozion kiadása, 1980.

Karl Friedrich Schinkel és a XIX. századi magyar építészet (német nyelven).
Berlin, Schinkel Kollokvium kiadása, 1981.

Hans Schuttermayer kései középkori fiatorony könyve.
Építés- Építészettudomány, 1981. XIII. 1—2. sz.

Mathes Roriczer "Geometria Deutsch" és "Wimpergbüchlein" c. könyveiről (1486—1490).
Építés- Építészettudomány, 1982. XIV. 1—2. sz.

Steindl Imre.
Városépítés, 1982. 5. sz.

Magyarország műemlékeinek topográfiája.
Szabolcs-Szatmár megye c. kötetben: A Tiszalöki járás műemlékei.
Budapest, Akadémiai Kiadó, 1982.

Építészettörténeti és építészetelméleti értelmező szótár. 260 címszó.
(Szerk.: Major Máté.)
Budapest, Akadémiai Kiadó, 1983.

INHALT

"Tradition und Intuition" 183

Wissenschaftliche Tagung des Instituts für Geschichte und Theorie der Architektur, Technische Universität Budapest, am 13—14. Dezember 1990.

Dr. Pál Michelberger: Eröffnungsrede 185

Miklós Hofer: Begrüssung 187

Vorlesungen am ersten Tag:

Dr. Gyula Hajnóczi: Tradition und Intuition 189

Dr. Margit B. Szűcs: Das Geheimnis der Kuppel des Doms von Firenze ... 197

Dr. Alajos Sódor: Klassizismus und Romantik in der heutigen bauhistorischen Anschauung 203

Dr. Ferenc Merényi: Italien '61. Ein Jahrhundert italienischer Baukunst, 1861—1961. 211

Dr. János Bonta: Architektur an der Schwelle des postindustriellen Zeitalters 219

Dr. Friedrich Gollmann: Zur Rekonstruktion des Diana-Tempels in Carnuntum 229

Dr. Kurt Milde: Die gute Form 241

Dr. Peter Schweger: Theorien und Philosophien in der heutigen Architektur 249

Dr. József Finta: Das Dilemma der Anpassung, oder das Chaos 255

Dr. Miklós Horler: Denkmalprinzipien des letzten 25 Jahres 261

Vorlesungen am zweiten Tag:

Dr. Gyula Istvánfi: Architektonische Aufschliessung der verborgenen Vergangenheit — die Gedenkstätte von Csoltmonostor 269

Dr. Tamás Mezős: Die Rolle der Tradition in der Architektur der westlichen griechischen Kolonien 275

András Szalai: Einige Anmerkungen zur Wiederherstellung der "Villa rustica" in Szentendre 281

Dr. Tamás Guzsik: Tradition und Entwicklung in der armenischen sakralen Architektur 285

János Krähling: Spätbarocke lutheranische Kirchenarchitektur im südlichen Transdanubien 293

Dr. Marianne Simon: Traditionauslegung in der ökologischen Architektur 299

Dr. Alice Horváth: Skizze der ungarischen Bauhistoriographie von zweihundert Jahren 303

Béla Borvendég: Eröffnungsrede zur Gelegenheit der Austellung 313

*

Bibliographie der Fachtätigkeiten von Dr. János Bonta, Dr. Margit B. Szűcs, Dr. Gyula Hajnóczi, Dr. Ferenc Merényi und Dr. Alajos Sódor ... 317

CONTENTS

"Tradition and Intuition" 183

Scientific Session of the Institute of History and Theory of Architecture, Technical University of Budapest, December 13—14, 1990.

Dr. Pál Michelberger: Inauguration 185

Miklós Hofer: Greetings 187

First-day lectures:

Dr. Gyula Hajnóczi: Tradition and Intuition 189

Dr. Margit B. Szűcs: The Secret of the Cupola of the Dome of Firenze 197

Dr. Alajos Sódor: Classicism and Romanticism in the Actual Approach to History of Architecture 203

Dr. Ferenc Merényi: Italy '61. A Century of Italian Architecture, 1861 to 1961. 211

Dr. János Bonta: Architecture at the Threshold of the Post-Industrial Age 219

Dr. Friedrich Gollman: On the Reconstruction of the Diana Temple in Carnuntum 229

Dr. Kurt Milde: The Proper Form 241

Dr. Peter Schweger: Theories and Philosophies in the Architecture of Today 249

Dr. József Finta: The Dilemma of Fitting, or the Chaos 255

Dr. Miklós Horler: Monumental Principles of the Last 25 Years 261

Second-day lectures:

Dr. Gyula Istvánfi: Architectural Disclosure of the Hidden Past — the Memorial Place of Csoltmonostor 269

Dr. Tamás Mezős: The Role of Tradition in the Architecture of Greek Colonies in the West 275

András Szalai: Some Comments on the Restoration of the "Villa Rustica" in Szentendre 281

Dr. Tamás Guzsik: Tradition and Development in the Armenian Sacral Architecture 285

János Krähling: Late Baroque Lutheran Church Architecture in South-Transdanubia 293

Dr. Marianne Simon: Tradition in Ecological Architecture 299

Dr. Alice Horváth: Sketch of the Two Hundred Years of Hungarian Historiography of Architecture 303

Béla Borvendég: Inaugural Address at the Exhibition 313

*

Bibliography of Professional Works by Dr. János Bonta, Dr. Margit B. Szűcs, Dr. Gyula Hajnóczi, Dr. Ferenc Merényi and Dr. Alajos Sódor ... 317

SOMMAIRE

"Tradition et Intuition" 183

Session scientifique de l'Institut de l'Histoire et de la Théorie de l'Architecture, Université Technique de Budapest, du 13 au 14 décembre 1990

Dr. Pál Michelberger: Discours inaugural 185

Miklós Hofer: Compliments 187

Lectures du premier jour:

Dr. Gyula Hajnóczi: Tradition et intuition 189

Dr. Margit B. Szűcs: Le secret de la coupole du Dome de Florence 197

Dr. Alajos Sódor: Clasicisme et Romanticisme dans l'aspect actuel à l'histoire de l'architecture 203

Dr. Ferenc Merényi: Italie '61. Architecture d'une siècle en Italie, 1861—1961 211

Dr. János Bonta: Architecture au seuil de l'âge post-industriel 219

Dr. Friedrich Gollmann: Sur la reconstruction du temple de Diane à Carnuntum 229

Dr. Kurt Milde: La bonne forme 241

Dr. Peter Schweger: Théories et philosophies dans l'architecture d'aujourd'hui 249

Dr. József Finta: Le dilemme de l'accomodation ou bien le chaos 255

Dr. Miklós Horler: Les principles sur les monuments des derniers 25 ans 261

Lectures du deuxième jour:

Dr. Gyula Istvánfi: L'exploration architecturale du passé caché — le lieu commémoratif de Csoltmonostor 269

Dr. Tamás Mezős: Le rôle de la tradition dans l'architecture des colonies grecques à l'ouest 275

András Szalai: Remarques sur la reconstruction de la "Villa rustica" à Szentendre 281

Dr. Tamás Guzsik: Tradition et développement dans l'architecture sacrale arménienne 285

János Krähling: L'architecture des églises luthéranes du baroque tardif à la Transdanubie 293

Dr. Marianne Simon: Interprétation de la tradition dans l'architecture ecologique 299

Dr. Alice Horváth: Esquisse de deux siècles de l'historiographie de l'architecture hongroise 303

Béla Borvendég: Discours inaugural de l'exposition 313

*

Bibliographie des oeuvres professionnelles de Dr. János Bonta, Dr. Margit B. Szűcs, Dr. Gyula Hajnóczi, Dr. Ferenc Merényi et Dr. Alajos Sódor 317

СОДЕРЖАНИЕ

"Традиция и интуиция" 183

Научная сессия Института Истории и Теории Архитектуры Будапештсктго Политехнического Университета с 13 по 14 декабря 1990 г.

Д-р Пал Михелбергер: Вступительное слово 185

Миклош Хофер: Приветсвие 187

Из докладов первого дня:

Д-р Дюла Хаиноци: Традиция и интуициа 189

Д-р Маргит Б. Сюч: Секрет купола флорентинского собора 197

Д-р Алайош Шодор: Классицизм и романтика в нашем современном подходе к истории архитектуры 203

Д-р Ференц Мерени: Италия 61. Архитектура одного века в Италии, 1861—1961 гг. 211

Д-р Янош Бонта: Архитектура на пороге постиндустриальной эпохи 219

Д-р Фридрих Голлманн: К реконструкции храма Дианы в Карнунтуме 229

Д-р Курт Милде: Хорошая форма 241

Петер Швегер: Теории и философии в архитектуре нашего времени 249

Д-р Йожеф Финта: Дилемма приспособления или хаос 255

Д-р Миклош Хорлер: Принципы охраны памятников в последние 25 лет 261

Из докладов второго дня:

Д-р Дюла Иштванфи: Архитектурное выявление скрывающегося прошлого — памятник в Чолтмоношторе 269

Д-р Тамаш Мезёш: Роль традиции в архитектуре западных греческих колоний 275

Андраш Салаи: Некоторые замеиачния о реконструкции "Виллы Рустики" в г. Сентэндре 281

Д-р Тамаш Гужик: Традиция и развитие в армянской сакральной архитектуре 285

Янош Крелинг: Архитектура лутеранских церквей Южного Задуная в стиле позднего барокко 293

Д-р Марианн Шимон: Толкование традиций строительства на натуральном принципе 299

Д-р Ализ Хорват: Обзор истории венгерской архитектуры, написанной за 200 лет 303

Бела Борвендег: Речь по случаю открытия выставки 313

*

Библиография научных работ следующих авторов: Д-р Янош Бонта, Д-р Маргит Б. Сюч, Д-р Дюла Хайноци, Д-р Ференц Мерени и Д-р Алайош Шодор ... 317

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte
Felelős vezető: Zöld Ferenc igazgató
Budapest, 1992. — Nyomdai táskaszám: 21029
Felelős szerkesztő: Szabó János
Műszaki szerkesztő: Sándor István
Megjelent: 14,35 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0013—9661

Ára: 204,— Ft
Évi előfizetés: 408,— Ft