

MÉRNÖKGEOLÓGIAI

SZEMLE

A Magyarhoni Földtani Társulat
Mérnökgeológia-Építésföldtani
Szakosztályának időszakos kiadványa.

Szerkeszti a Szakosztályvezetőség közreműködésével:

DR. GRESCHIK GYULA

és

HORVÁTH TIBOR

25.

Kézirat

Budapest, 1980 május hó

MÉRNÖKGEOLÓGIAI SZEMLE

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT

Mérnökgeológia - Építésföldtani Szakosztályának
időszakos kiadványa

Szerkeszti a Szakosztályvezetőség közreműködésével

Greschik Gyula

és

Horváth Tibor

25.

Kézirat

Budapest, 1980. május hó

TARTALOMJEGYZÉK

- + A Mérnökgeológiai Szemle ezen száma a Budapesten, 1980. április 22-23-án rendezett "A HELYSZINI MÉRNÖKGEOLOGIAI VIZSGÁLATOK JELENTŐSÉGE ÉS FEJLESZTÉSE" című ankéton elhangzott előadásokat tartalmazza. +

- JUHÁSZ JÓZSEF: Elnöki megnyitó
- VÁGÓ ISTVÁNNÉ - TÉNYI VARGA LÁSZLÓ:
Tájékozódó szondázások és a szondajellemzők felhasználási lehetőségei
- KRÁLIK BÉLA: A dinamikus szondázás jelentősége a geotechnikában
- SZVÁK MIHÁLY: Szivárgási tényező meghatározása szondázással
- GRESCHIK GYULA: Talajszilárdsítással kapcsolatos helyszini vizsgálat
- GAJDOS GYÖRGY: A pressziometer alkalmazási területei és mérési eredmények értékelése
- SZABÓ GYULA: A lapdilatometer és alkalmazhatósága
- MARCZAL LÁSZLÓ: Inklinometeres vizsgálatok alkalmazása talajmozgások észlelésén
- FÁY MIKLÓS - SZLABÓCZKY PÁL: A karottázs-programból nyerhető "in situ" információk a budapesti metró furásainál
- CSÓKÁS JÁNOS: Furómagok kőzetmechanikai állandóinak dinamikus meghatározása és összehasonlítása a statikus adatokkal.

ELNÖKI MEGNYITÓ

Dr. Juhász József *)

Tisztelt Ankét, kedves Kolleginák és Kollegák !

A mérnökgeológiai feladatok megoldásakor minden célszerű vizsgálati eszköz és vizsgálati módszert figyelembe veszünk. Már a mult század első felében a nagy vasutépítkezések kezdetekor ismerni kellett mindazokat a rétegeket, amikre építettek, mindazokat amikből építettek. Ezidőtájt szinte kizárólag a helyszini megfigyelések és egyszerű vizsgálatok - nem egyszer a mérnök sétabotja, mint szonda - biztosították az akkor lehetséges információkat.

A nagy mélyépítési munkálatok tartós fellendülése, a földmunkák mennyiségének hirtelen megnövekedése, az elméleti vizsgálatok gyors előretörését eredményezték. Megszülettek azok az elméleti, mechanikai eredmények, amelyek közül nem egy ma is használatos. A mechanika - különösen a laza kőzetek, a "talajok" mechanikájának - felfutása magával hozta az igényt azon kőzetfizikai és állapot-jellemzők meghatározására, amik az elméleti összefüggésekbe helyezve megfelelően pontos és megbízható eredményeket szolgáltatnak. Ebben az időben a furásos, aknás, tárós feltárás - az ugynevezett közvetlen feltárások - már első virágkorukat élték. Az elektromos és szeizmikus műszerek sorozat-használata még váratott magára. Természetes volt tehát, hogy a rétegek fizikai és állapot-paramétereinek meghatározására a furásokból vett mintaanyagot használták fel la -

*)

A Mérnökgeológia-Építésföldtani Szakosztály elnöke

boratóriumi körülmények közötti vizsgálattal. Ez a módszer olyan szerencsésen elégitette ki az elmélet igényeit, a közvetlen feltárásból kikerülő kőzetanyag megismerését és a gazdaságosságot, hogy közel egy századra meg is határozta a mérnökgeológiai vizsgálat rendszerét és módszereit.

A század első felében az elektromos és a szeizmikus mérések pontosságának növekedése, egyszerűségének fokozódása lehetővé tette azok mérnökgeológiai használatát, új szint hozott a vizsgálatokba. Tudjuk, hogy a mechanikus szondák mint objektív vizsgáló eszközök néhány elszigetelt alkalmazástól eltekintve ugyancsak e század első felében indultak komoly fejlődésnek.

A század huszas éveiben a technikai haladás olyan fokot ért el, hogy a közvetlen anyagleírást már segítette a geofizikai lyukszelvényezés, a szilárdsági tulajdonságok vizsgálatára kis mélység esetén terjedt a mechanikai szondázás és a felszínről történő réteg elhatárolásban is fokozatosan helyt kaptak a geofizikai módszerek. Ez a nagy fejlődés eleinte – a pontossági igények és a költségesség miatt – a legtőkeerősebb alkalmazott földtani területen a kőolaj-kutatásban került felhasználásra.

A kisebb mélységben dolgozó, sokkal nagyobb szelektivitást és pontosságot igénylő, mechanikai, ill. fizikai szempontból kvantitatív jellemzőket igénylő mérnökgeológia ezeket az eredményeket csak évtizedekkel később, a bekerülési költségek csökkenése, a műszerek miniaturizálása és érzékenységük jelentős növekedése után tudta vizsgálati eszközei és módszerei közé sorolni. A 60-70-es évek voltak gyakorlatilag a két évtizedes kezdeti kísérletezések után a sorozatvizsgálatok megkezdésének és e vizsgálatok fokozatos térhódításának évei.

A műszeres helyszíni vizsgálatok, vagyis a közvetett vizsgálatok ebben az időben lényegében ketté váltak: azokra a módszerekre, amik a rétegek szétválasztását és térbeli elhelyezkedését szolgálják és azokra, amik az egyes

rétegek, összletek bizonyos terheléssel kapcsolatos tulajdonságait és várható viselkedését elemzik.

Az első csoportba tartozik a mechanikai szondák és a geofizikai vizsgálatok jelentős része. Ezek a vizsgálatok fejlődésük során egyre finomodva, egyre alkalmasabbá váltak a rétegek olyan tulajdonságainak számszerű meghatározására is, amiket a vizsgálatkor nem mérnek. Különösen a geofizikai lyukszelvényezés mutat e téren nagy fejlődést, de újabban a szondázás is egyre sokoldalubb eredményeket szolgáltat.

A második csoportba a hagyományos próbaterhelésen, próbacölöpözésen, próbaszádfalazáson, próbainjektáláson és próbarésfalazáson kívül elsősorban speciális céllal szerkesztett vagy átalakított műszerek és berendezések tartoznak például egy-egy kőzetcsoporthoz rogyásának, kuszásának stb. vizsgálatára.

Hazánkban is számos kutatócsoport dolgozott és dolgozik a műszerek és módszerek kidolgozásán figyelemre méltó eredménnyel. Talán nem bizonyulok rossz jósznak, ha azt mondom, hogy a hazai kutatások és külföldi eredmények átvételeként a helyszíni vizsgálatok hazánkban is fokozottabban tért hódítanak a 80-as évtizedben és felsorakoznak a hagyományos vizsgálatok mellé mint azok helyettesítői, kiegészítői, ill. pontosabbá tevői.

A hagyományos vizsgálatoknak a szálban álló kőzetekre való extrapolálása elég nehéz. Egyrészt azért, mert a kivett mintaanyagról nem tudjuk, hogy mennyire reprezentálja magát a réteget. Lehet, hogy egy kevésbé jellemző minta értékét extrapoláljuk. Másrészt azért, mert a kivett mintaanyag zavartalansága nagyon nehezen, gyakorlatilag alig biztosítható addig, amíg vizsgálatra kerül. Különösen a nedvességre érzékeny anyagok szenvednek szabályos hibában a laboratóriumi vizsgálatok során.

Harmadrészt a hagyományos laboratóriumi vizsgálatok pontossága köztudottan korlátozott. Az ismert prágai egyetemi vizsgálatok szerint akár 35 % eltérés is lehet azonos anyag ugyanazon állapotában folyási határának megállapításánál, hogy csak a legegyszerűbbeket említsem. Ezeket a pontossági korlátokat a vizsgálatok sokaságával igyekeznek csökkenteni, s kétségtelen, hogy a szabályos hibákon kívül a vizsgálat-tömeg az eredményeket pontosabbá teszi.

A szabályos és véletlen hibákkal terhelt vizsgálatoknak még egy nagy problémája, az, hogy a mintaanyagot egymástól elszigetelt egyedeként kezeli. A valóságban azonban a rétegek összeteteket, rétegcsoportokat alkotnak, s önmagukon belül is összillációs, tranzgresszív, vagy regresszív jellegűek lehetnek, és viselkedésüket nem egyszer éppen ezek szabják meg, vagy hatnak azokra. A laboratóriumi vizsgálatok ezeket az összefüggéseket nem derítik fel.

A helyszini vizsgálatok kétségtelenül elsősorban azért nagy jelentőségűek a mérnökgeológiai vizsgálatokban, mert az anyagot eredeti környezetében és eredeti állapotában vizsgálják meg. Hátrányuk az, hogy a vizsgálat során anyag nem jut a vizsgáló elé, s így kénytelen az egy, vagy két jellemző mérő berendezés adataira támaszkodva véleményt mondani. Ezt a veszélyt nem szabad lebecsülni különösen nem a mérnökgeológiában, ahol az anyagnak nagyon sokrétű fizikai, kémiai tulajdonsága, pórustartalma és annak jellemzői egyaránt szükségesek.

A jelen és a jövő egyik fontos feladata, hogy a helyszini vizsgálatok sokoldalúságát és megbízhatóságát fokozzuk. Erre ma már minden lehetőség biztosított. Ugyancsak a ma feladata a helyszini és a hagyományos laboratóriumi vizsgálatok összhangjának és arányainak kialakítása különös tekintettel a szükséges pontosság mellett a gazdaságosságra.

Az a véleményem, hogy a helyszíni vizsgálatok fejlesztése mellett szinte vele azonos fontosságú többek között a kőzetek egységes, minél általánosabban alkalmazható olyan kvantitativ nevezéktanának kialakítása és elfogadása, amely lehetőséget ad arra, hogy a kőzetnév mellett a legtöbb kőzetjellemző mennyiségi adatai egyértelműen huzódjanak meg. Ebben az esetben ugyanis néhány jellemző fizikai tényből meg lehet állapítani a helyes kőzetnevet és ebből számos más, nem vizsgált jellemző mennyiségi értékére tudunk következtetni.

A mai ankétot fontos láncszemnek tartom a hazai in situ kőzetvizsgálatok végrehajtására, hasznosságára és az eddig elért eredmények megbeszélésére vonatkozóan. Remélem, hogy a mai ismertetések és a holnapi bemutatók segítenek bennünket a hagyományos és a helyszíni vizsgálatok helyes kapcsolatának és ésszerű együttalkalmazásának fejlesztésében.

Ezekkel a gondolatokkal nyitom meg a Magyarhoni Földtani Társulat Mérnökgeológia-Építésföldtani Szakosztályának a helyszíni mérnökgeológiai vizsgálatok jelentősége és fejlesztése című ankétját. Kivánok az Ankétnak eredményes munkát és minden résztvevőnek jó szerencsét !



TÁJÉKOZÓDÓ SZONDÁZÁSOK ÉS A SZONDAJELLEMZŐK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

Vágó Istvánné - Tényi Varga László^{x)}

A geotechnika (mérnökgeológiai, alapozástervezési) talajfelderítés ma még a legtöbb országban furásokkal, mintavételekkel és laboratóriumi vizsgálatokkal készül. Ez a gyakorlat időigényes és költséges. Közismertek a mintavételek elkerülhetetlen hibái, a laboratóriumi módszerekben rejlő sok közelítés és bizonytalanság. Ezek elkerülése érdekében egyre inkább előtérbe kerülnek a helyszíni vizsgálatok, melyek gyorsan végrehajthatók és a talajjellemzőket eredeti fekvésben határozzák meg. A helyszíni vizsgálatok a furásokat nem pótolják, de lehetővé teszik azok számának jelentős csökkentését.

A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat az "in situ" vizsgálati módszerek bevezetésében hazánkban úttörő szerepet vállalt és ma már a talajfeltárásokban ezeket a módszereket rendszeresen alkalmazza. A helyszíni vizsgálatok közül a penetrációs eljárásokkal foglalkozunk, rámutatva az azokkal szerzett újabb tapasztalatokra.

A szondázások alkalmazására a talajfeltárások területén tág lehetőség nyílik, csak ügyelni kell a berendezés, a hely, az időpont és a módszer alkalmas megválasztására.

A berendezések közül az FTV rendszeresen alkalmazza az SZ-832 típusú szovjet regisztráló statikus szondát, a Borro statikus szondát, és a Borro dinamikus szondát.

^{x)} Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

A statikus szondáknál elektronikus úton külön mérhető a csucsellénállás és külön a palástfelületen fellépő ellenállás. Ezek értékeit a mélység függvényében a regisztráló berendezés folyamatosan rajzolja. Borro dinamikus szonda kétkerekű utánfutóra szerelt igen könnyen mozgatható berendezés minimális helyigénnyel. A szonda a DIN szabvány szerinti paraméterekkel készült, így 50 kg tömegűt ejt 50 cm magasságról. Kiértékelő adat a 20 cm behatoláshoz szükséges ütésszám.

A vizsgálat helye mindenkor megadott. A helyszíni vizsgálat időpontjának megválasztása a korábbiakhoz képest újabb elvek figyelembevételével történik. A geológiai adottságokhoz a feltáróberendezés alkalmas megválasztásával kell igazodni. Statikus szondák puha kőzetek, dinamikus szondák (könnyű, nehéz és igen nehéz verőszondák) a keményebb kőzetek feltárására alkalmasak.

A furásokat megelőző "tájékozódó szondázás" általában háló rendszerben az azonos jellemzőjű talajrétegeket vízszintes és magassági értelemben lehatárolja, és a hagyományos talajfizikai jellemzőkön kívül még eddig nem kimutatható talajtulajdonságokra hívhatja fel a figyelmet. A furásokkal párhuzamosan végzett szondázások a réteghatárok ellenőrzésén kívül főleg a szemcsés talajok tömörségére, talajok összenyomódási modulusára és a cölöpalapok várható teherbirására nyújtanak tájékoztatást. Az alapkőzet fedője dinamikus szondával határozható meg a legmegbízhatóbb módon, így az alapozási tervek ismeretében a cölöpalapozás feltámaszkodási síkja valamennyi pillér esetében ellenőrizhető.

A szondázási módszer megválasztása a tervezési feladat és geológiai adottságok függvénye. Általános esetben a statikus szonda folyamatos szondázási eredményei adják a legtöbb információt a talajrétegről. A statikus szondázás adataiból a réteghatárokat, a talaj jellegét (kötött, szemcsés), az összenyomódási modulusot, a surlódási szöget és tömörséget lehet meghatározni.

cia index) kívánnánk a szondajellemzőkből meghatározni, - egyenlőtlen süllyedésből származó épületkárok esetében célravezetően megvalósítható.

A tömörségre, ill. a talajállapokra jellemző ütésszám (csucsellenállás) különbsége segít térben-mélységben és vízszintes kiterjedésben - a süllyedést okozó rétegek lehatárolásában, az eltérés nagyságának meghatározásában.

A szondázás a furásnál gyorsabban és sok esetben, - amint azt a példákban látni fogjuk - eredményesebben segített hozzá, hogy a talajállapot eltéréseit és azok okát kimutassuk.

Egy kb. 200 x 100 m alapterületű, pillérvázaz, határozott szerkezetű, - 2 m-en, finom homokra alapozott csarnok keleti oldala dm nagyságrendben jobban megsüllyedt, mint a Ny-i oldal. Az alapok alatti maximális talajigénybevétel $1,5 \text{ kp/cm}^2$. A tervezést megelőző rövid furások a két oldal között nem jeleztek említésreméltó különbséget, ennek ellenére még az építkezés befejezése előtt a keleti pillérsornál ("A" sor), (2. ábra) kb. 20 cm süllyedést észleltek és a süllyedés a mérések során nem mutatott a konszolidáció irányába.

Statikus szondával, összesen 20 ponton mindkét oldalt végigszondáztuk 10-16 m mélységig. A két oldal szondadiagramjait felrakva és ezek burkolóját külön-külön megrajzolva (3. ábra), két igen eltérő diagramot kaptunk. A keleti pillérsornál a csucsellenállás 8-12 m mélységig $R = 40 \text{ kp/cm}^2$ -nél sehol sem nagyobb, általában $E = 20 \text{ kp/cm}^2$, de volt olyan mélység is, ahol szinte ellenállás nélkül haladt a szonda. Az eredmények a mélységgel sem javultak.

Ezzel szemben a nyugati pillérsor mellett a csucsellenállások a felső 2-3 m-től eltekintve - $R = 100 \text{ kp/cm}^2$ körül adódtak.

Az egyenlőtlen süllyedést a keleti oldalon lévő igen laza település és szerves szennyeződés okozta. A talajviz alatt fekvő, folyós homok tömörségében rejlő

lényeges különbséget furásokkal nem lehetett kimutatni - a magmintavétel közismert nehézségei miatt, - a szondázás azonban ezt egyértelműen jelezte.

Az előbbieken ismertetett csarnoktól (továbbiakban I) kb. 100 m-re K-re terveztek egy másik, hasonló szerkezetű épületet (II. csarnok). Természetes, hogy az I. üzemnél tapasztaltak után itt is felmerült a kérdés, nem várhatók-e hasonló problémák. Ezért az I. csarnok szondázásaival egyidőben, ugyanazzal a berendezéssel 25 db 10 m mély szondázás készült a II. területén. Az összehasonlítás ebben az esetben elsősorban nem egymás között, hanem a két üzem diagramjai között volt érdekes. Az összehasonlítást elvégezve megállapíthattuk, hogy a II. csarnoknál a leggyengébb eredmények is jobbak, mint az I.-nél az "A" soriak és itt a mélységgel a talaj teherbírása javul. Az ÉK-i sarokban - az I. csarnokkal éppen ellentétes oldalon - találtunk kisebb teherbírású rétegeket. Az itt készült szondadiagramok is azonban gyakorlatilag az "A" és "L" burkológörbék közé esnek, kivéve a 101 és 101/A jelű szondázások -4,5 - 7,0 m közé eső diagramszakaszait (4. ábra).

A szondadiagramok alapján - a szondázási pontok szükség szerinti sűrítésével - le tudtuk határolni a kedvezőtlenebb sávot (2. ábra), és javaslatot lehetett tenni gazdaságos és biztonságos alapozásra.

Következő vizsgálatunk egy 10 emeletes, UNIVÁZ szerkezetű, -4,5 m-en, áthalmazott löszre alapozott lakóház süllyedésével volt kapcsolatos. A talajviz a területen mélyen mozog. Az épület Ny-i irányba kissé megdőlt, középső része jelentősen megsüllyedt. A süllyedések oka részben a talaj utólagos elázása, sorozatos csőtörések következménye volt.

Az azonos település - eredeti fekvésben, tehát elázás előtt - közel azonos teherbírást is jelentett.

Az elázás tényét a furásokból vett minták nem támasztották alá, ezért szondázáshoz folyamodtunk. Az épület mindkét oldalán, két-két sorban a ház falától 3 és 10 m-re szondáztunk. Miután a diagramok a két párhuzamos sor és a két oldal szondázási ellenállásai között szemre könnyen érzékelhető különbséget nem mutattak, a csucsellenállások (R_{kp/cm^2}) átlagolásával kíséreltük meg, a két oldal talajviszonyai közötti különbség kimutatását.

A Ny-i oldalon a szondázás teljes mélységét (10 m) figyelembevéve az $R_{\text{átl}} = 13-20 \text{ kp/cm}^2$ -re, az épület keleti felén $R_{\text{átl}} = 16-25 \text{ kp/cm}^2$ -re adódott. Az eltérés így sem volt olyan látványos, mint az előző példánkban, azonban a talajállapotban fellelhető különbséget és a csőtörés, valamint a csatornaszivárgások helyét egyértelműen jelezte.

Harmadik példánk Dunaujvárosból származik. Itt is egy 10 emeletes lakóház egyenlőtlen süllyedésének okát kellett megállapítanunk. A panelépület -4.0 m-en, típusos löszön, lemezalapozással készült. A talajviz a területen szintén nagy mélységben helyezkedik el.

Az épület két oldalán, valamint ettől távolabb 3 ponton szondáztunk -10 m-ig. Az összehasonlítást e három - a feltételezett elázástól már mentes területen készült és így etalonnak tekinthető - szondázás és a két egyenlőtlenül süllyedő oldal szondázási eredményei között végeztük el.

A 6. ábrán látható két szondázási diagram az épület keleti, kevésbé (X szondázás) és nyugati, jobban megsüllyedt oldalán készült. A kettő közötti eltérés egyértelműen érzékelteti a csőtörés okozta talajállapot romlást.

A talajviszonyokban meglévő különbségek számszerű érzékeltetésére mind az etalon szondázások, mind az épület körüli szondázások csucsellenállásait különböző rétegvastagságokban összegeztük. Ezek közül a 2-8 és 5-8 m közötti-eket tettük elemzés tárgyává. Az utóbbiak gyakorlatilag csak az alapozási

sik alatti rétegek talajállapotára jellemzőek, az előbbieket a közművek fektetési mélységéről származó adatokat is tartalmazzák.

Az etalon szondázások csucsellenállásainak összegzett értékeit átlagolva 2 és 8 m között $R_{2-8} = 205 \text{ kp/cm}^2$, 5 és 8 m között $R_{5-8} = 125 \text{ kp/cm}^2$ értéket nyertünk. Az épület körül ugyanezekben a mélységi tartományokban a csucsellenállások összegzett értékei $R_{2-8} = 104-200 \text{ kp/cm}^2$, $R_{5-8} = 72-144 \text{ kp/cm}^2$ között változtak. A legkisebb csucsellenállások a Ny-i oldalon jelentkeztek, olyan értékekkel is, melyek az etalon 52-66 %-ának felel meg.

Az a körülmény, hogy az etalonhoz viszonyítva általában az épület mindkét oldalán alacsonyabb csucsellenállás összegeket kaptunk, várható volt, mivel az épület egész területén - ha különböző időpontban is - voltak közmű hibák.

A szondázások számszerű adatait helyszínrájon ábrázolva kiadódott az a pont, ahol - a legkisebb csucsellenállások helyén - a károsodást kiváltó ok - adott esetben a csőtörés, ill. a hibás csatornaszakasz - keresendő (6. ábra).

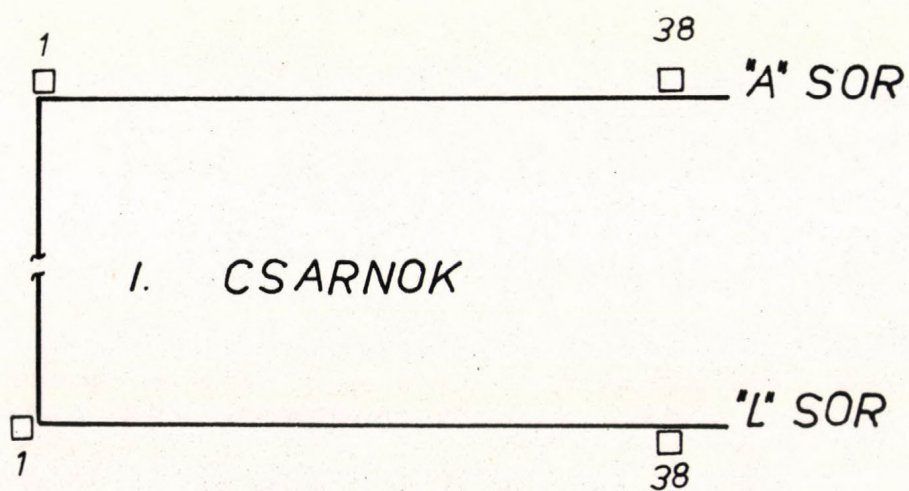
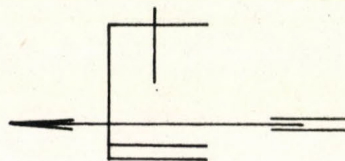
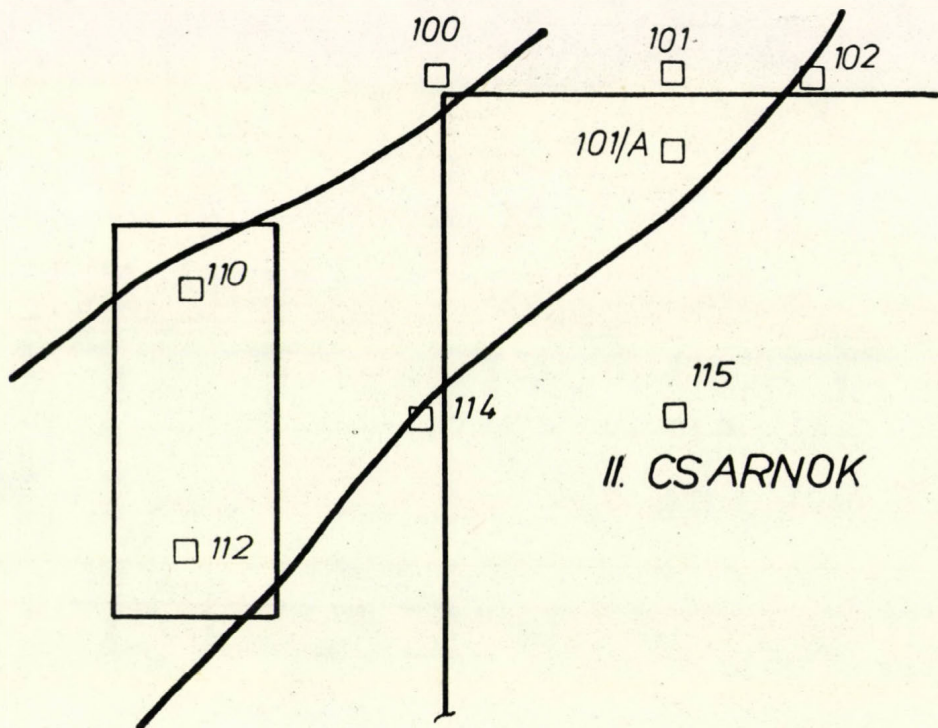
Az ismertetett mindhárom példa egyenletes rétegződésű, azonos földtani felépítésű területről való. Ez bizonyos fokig előfeltétele ilyen jellegű feladatok szondázással való megoldásának, mivel ezzel a módszerrel csak akkor lehet egyértelműen a talajállapotban bekövetkezett változást meghatározni, ha közben nincs rétegváltás.

IRODALOM

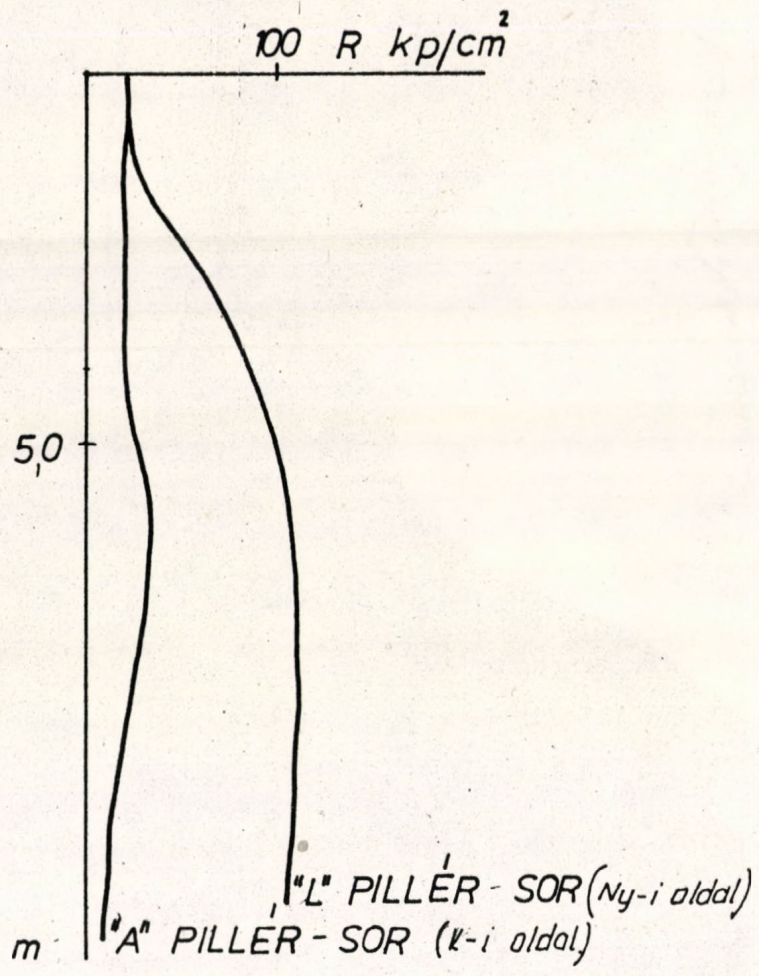
- 1.) GOSZT 20069-74 Talajok helyszini vizsgálati módszere statikus szondázással
- 2.) O.V.Voszkovcsuk: Módszertani utmutató a statikus szondázás alkalmazásához a talajfeltárásoknál (1973)
- 3.) Robert Alperstein: Site Investigation With Static Cone penetrometer (1976)
- 4.) National Swedich Building Research 1974.
Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing (ESOPT) in Stockholm (1974)
- 5.) Schmertmann: Static vone to compute static settlement over sand.
I. Soil Mech. and Found.
Div. ASCE. SM. 3. (1970)
- 6.) G. Stenzet, J. Melzer: Bodenuntersuchungen durch Sondierungen nach DIN 4049. (1978)

Ábrajegyzék

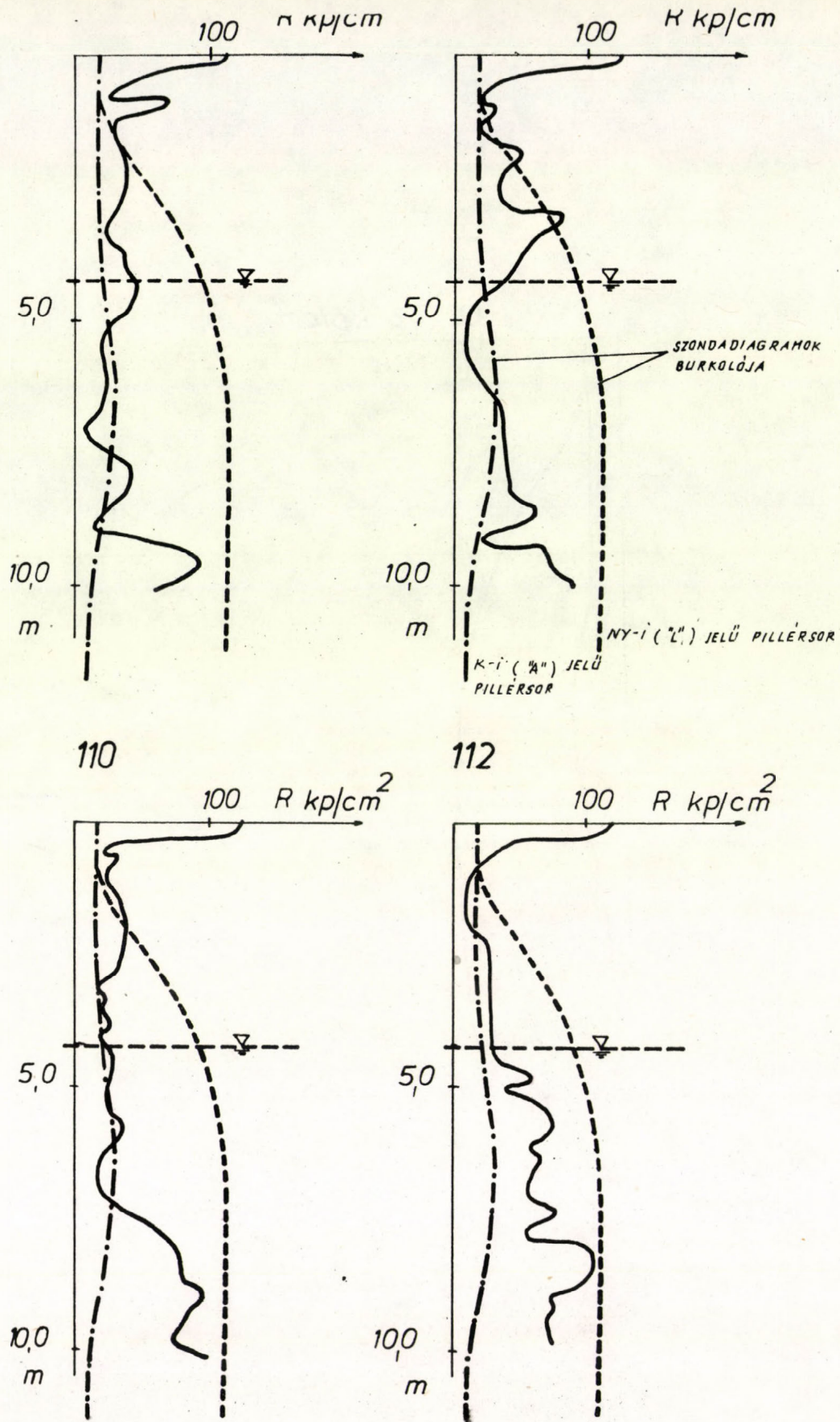
1. ábra: Szondázási diagramok
2. ábra: Károsodott I. II. csarnok helyszínrajza
3. ábra: I. csarnok szondázási diagramok
4. ábra: II. csarnok szondázási diagramok
5. ábra: II. csarnok szondázási diagramok
6. ábra: Lakóház épületkárvizsgálat szondázással



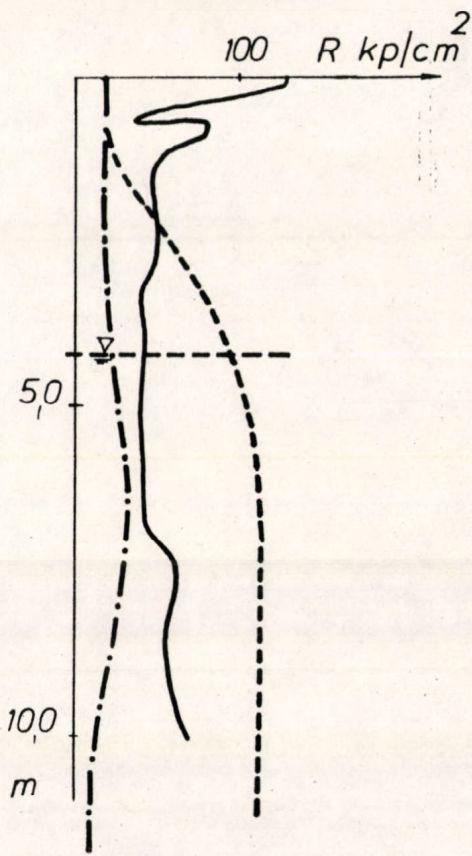
2. ábra



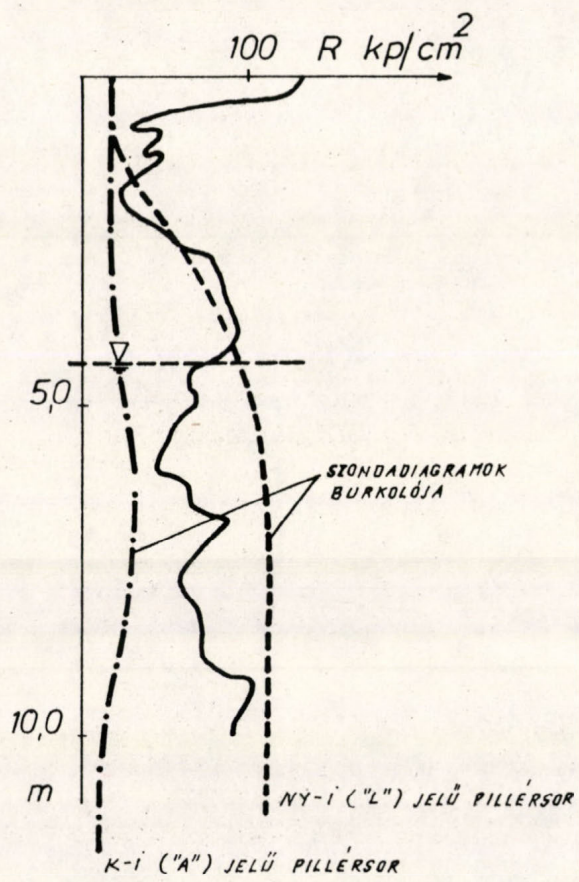
3. ábra



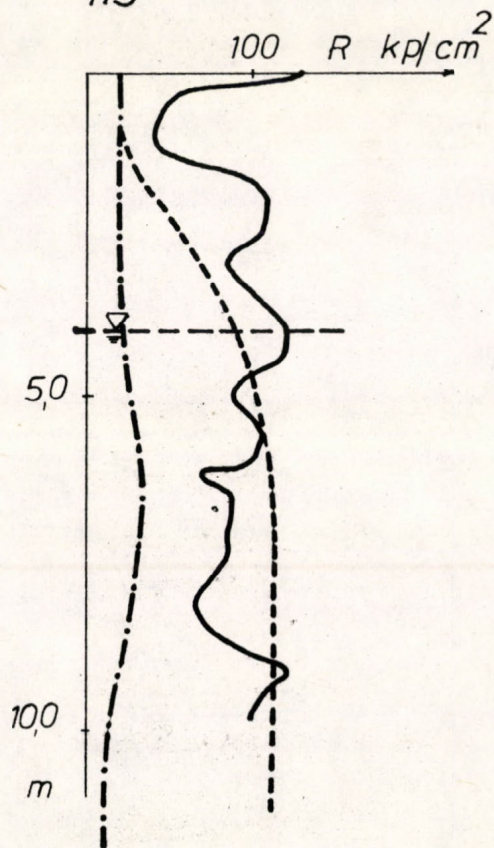
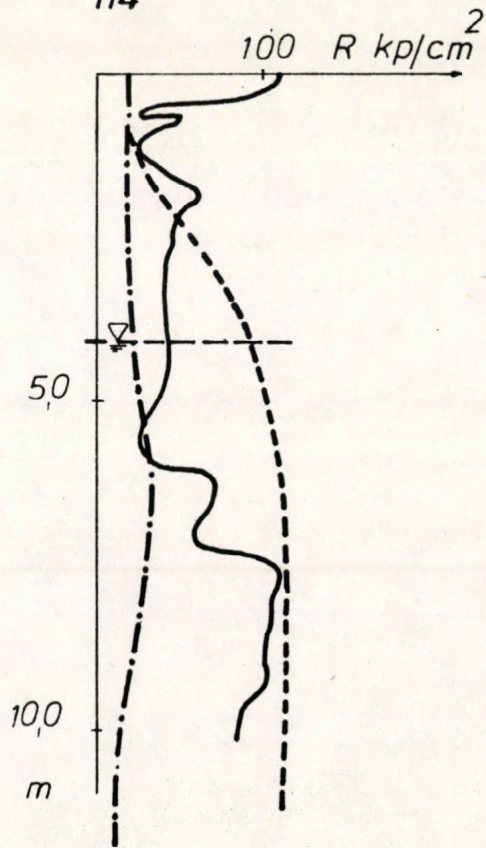
4. ábra



114



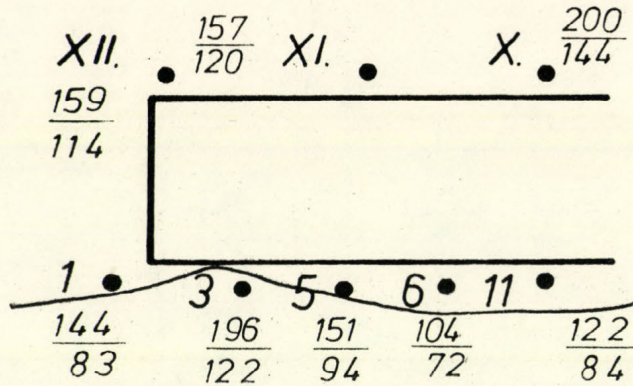
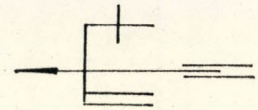
115



5. ábra

MEGJEGYZÉS:

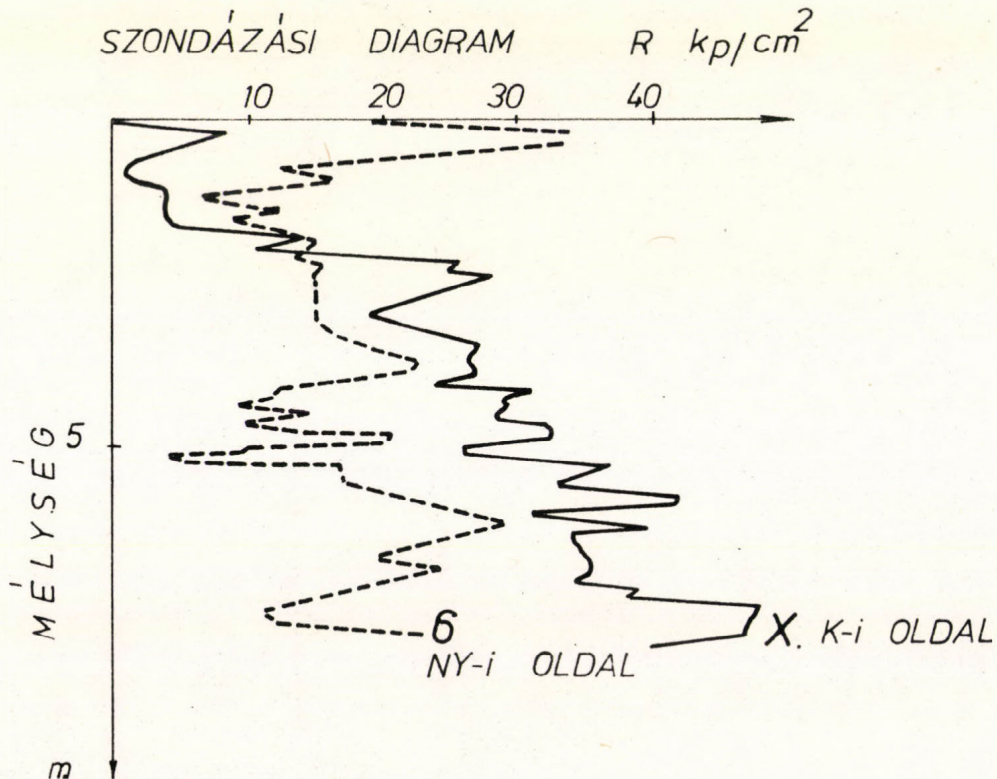
ETALON SZONDÁZÁSOKBAN $\frac{205}{125}$



JELMAGYARÁZAT:

$\frac{104}{72} \text{ kp/cm}^2$ CSÚCSELLENÁLLÁS ÖSSZEGE $|\Sigma R|$ 2 ÉS 8 m
 $\frac{72}{72} \text{ kp/cm}^2$ CSÚCSELLENÁLLÁS ÖSSZEGE $|\Sigma R|$ 5 ÉS 8 m KÖZÖTT

ΣR KISEBB, MINT AZ ETALON 52-75% -a



6. ábra

A DINAMIKUS SZONDÁZÁS JELENTŐSÉGE A GEOTECHNIKÁBAN

Králik Béla ^{x)}

1. Alkalmazási területek

A dinamikus szondázás a talajmechanikai helyszíni vizsgálatok sorában mind jelentősebb helyet foglal el. A szondázások révén és így a dinamikus szondázás által a talajmechanikai vizsgálatok pontosabbá válnak.

A dinamikus szondázások önállóan még nem alkalmazhatók, azonban általuk bizonyos mennyiségű furási kapacitástakarítható meg.

Természetesen olyan területeken, ahol korábban számos furás készült, kisebb volumenű létesítmények esetében elegendő szondázás végrehajtása.

A dinamikus szondázások alkalmasak könnyűszerkezetes épületekhez készülő talajvizsgálatok készítéséhez is. Ilyenkor megfelelő jellemző adatot kapunk a felszint alkotó felső rétegről. A szondázás mellett csak 1-2 ellenőrző furás és helyszíni CBR vizsgálat alkalmazása szükséges. Önállóan alkalmazhatók a dinamikus szondák az üregkutatás területén, amikor földalatti üregek, pin - cék körülhatárolása, elhelyezkedésének megállapítása a feladat.

2. Szondaparaméterek, a szondázás végrehajtása

A használatos szondák igen eltérő paraméterűek, hazánkban a DIN szabvány szerinti 50 kg tömegű verőkossal rendelkező 50 cm ejtési magasságu verő -

^{x)} Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

szondák terjedtek el. A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatnál használatos Borro dinamikus szonda főbb paraméterei az alábbiak:

| | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| verőkos tömege: | 50 | kg |
| ejtési magassága: | 50 | cm |
| szondaszár átmérője: | 32 | mm |
| szondaszár tömege: | 6,25 | kg |
| szondaszár hossza: | 1,0 | m |
| szondacsucs átmérője: | 43,7 | mm |
| keresztmetszeti területe: | 15 | cm ² |
| köpeny hosszúsága: | 43,7 | mm |
| szonda csucsszöge: | 90 ^o | |

Az egyes szondák paramétereinek ismerete igen fontos a szondázási eredmények kiértékelése szempontjából.

Az említett Borro dinamikus szonda alkalmazható kötött, szemcsés és átmeneti talajokban is.

A dinamikus szondázás során a szondaszár bizonyos behatolása függvényében az ütésszámot mérjük. A szokásos behatolási intervallumok 10 cm, ill. 20 cm. $N_{20} = 30$ ütésszám az előbbieken alapján tehát azt jelenti, hogy 20 cm behatoláshoz 30 ütésre volt szükség az adott esetben.

A dinamikus szondázási eredmények felhasználhatók

- talajrétegek vastagságának, azonos állapotú és összetételű talajok kiterjedési határainak megállapítására,
- talajok vízszintes kiterjedés és mélység szerinti homogenitásának meghatározására,
- sziklás és durva törmelékes talajok felszínének és települési mélységének meghatározására,

- talajfizikai jellemzők, főleg tömörség, összenyomódási modulus megközelítő mennyiségi értékelésére,
- feltöltések tömörségi foka térbeli és időbeli változásának meghatározására.

Fagyott állapotban lévő talajban, sziklában, kőzetekben, vas-, kő, beton-darabokat, vagy ezekhez hasonló anyagokat tartalmazó feltöltésben durva kavicsban, görgetegben a szondázás nem alkalmazható, mivel az irreális eredményekhez vezetne.

Szondázás során a száraz felülete is felvesz bizonyos ellenállást, ami az ütésszám értékeket megnöveli. Ezért ajánlatos 10 m mélység után a szondázás közben a szondaszárat elforgatni, hogy a rud torzióját kiküszöböljük. Térfogatváltozó talajokban is ezt a módszert kell alkalmazni.

A szondázási eredményeket szondázási naplóban rögzítjük, azonban az említett Borro dinamikus szondánál az automata folyamatos kijelzés és adattárolás is megoldott vállalatunknál. Ily módon lehetőség nyílik az eredmények számítógépes feldolgozására is.

Szondázás során szemcsés és átmeneti talajok esetében talajviz jelenléte befolyásolja az eredményeket. Szemcsés talajok esetében végzett kísérletek azt bizonyították, hogy az ütésszám talajviz alatt lecsökken. (1. ábra).

3. A szondázási eredmények feldolgozása

A verőszondázási eredményeket szondázási diagramokban ábrázoljuk. Kétfajta ábrázolásmód használatos, a 20 cm, ill. 10 cm behatoláshoz szükséges ütésszámokat feltüntető differenciálgörbe, ill. az ütésszámot ábrázoló integrálgörbe forma, melyek az ütésszámokat a mélység függvényében mutatják. (2. ábra)

A dinamikus szondázási eredmények és az egyes talajfizikai jellemzők között kapcsolat mutatható ki. A talajok tömörsége és az ütésszám közötti összefüggésre mutat be példát a 3. ábra, homokos kavics esetére.

A 4. ábra talajviz feletti homok relatív tömörségét ábrázolja az ütésszám függvényében.

A szondázási eredményekből a

$$Tr_e = 0,340 + 0,270 N_{20} \quad \text{tapasztalati}$$

képlet felhasználásával is számolható a relatív tömörség.

Az ütésszám és a talajok összenyomódási modulusa közötti kapcsolatra utal az

$$\log E_s = 0,854 \cdot \log N_{20} + 0,183 \pm 0,017 \quad (\text{MN/m}^2)$$

képlet (5. ábra).

A talajfizikai jellemzők meghatározása mellett a szondázási eredményekből talajkutató furások felhasználásával réteghatárok is megállapíthatók. A rétegváltás ott következik be, ahol az integrálgörbének töréspontja van.

4. Összefoglalás

Összefoglalóan megemlíthetjük, hogy a dinamikus szondázás a talajok feltárása szempontjából a helyszíni vizsgálati berendezések és módszerek sorában igen hasznos eszköz. Az eredmények kiértékelése még azonban a kutatás stádiumában van, a jövő tendenciája mindezek mellett a szondázások számának növekedése és ezáltal minél nagyobbfokú megtakarítás elérése a talajkutató furások terén.

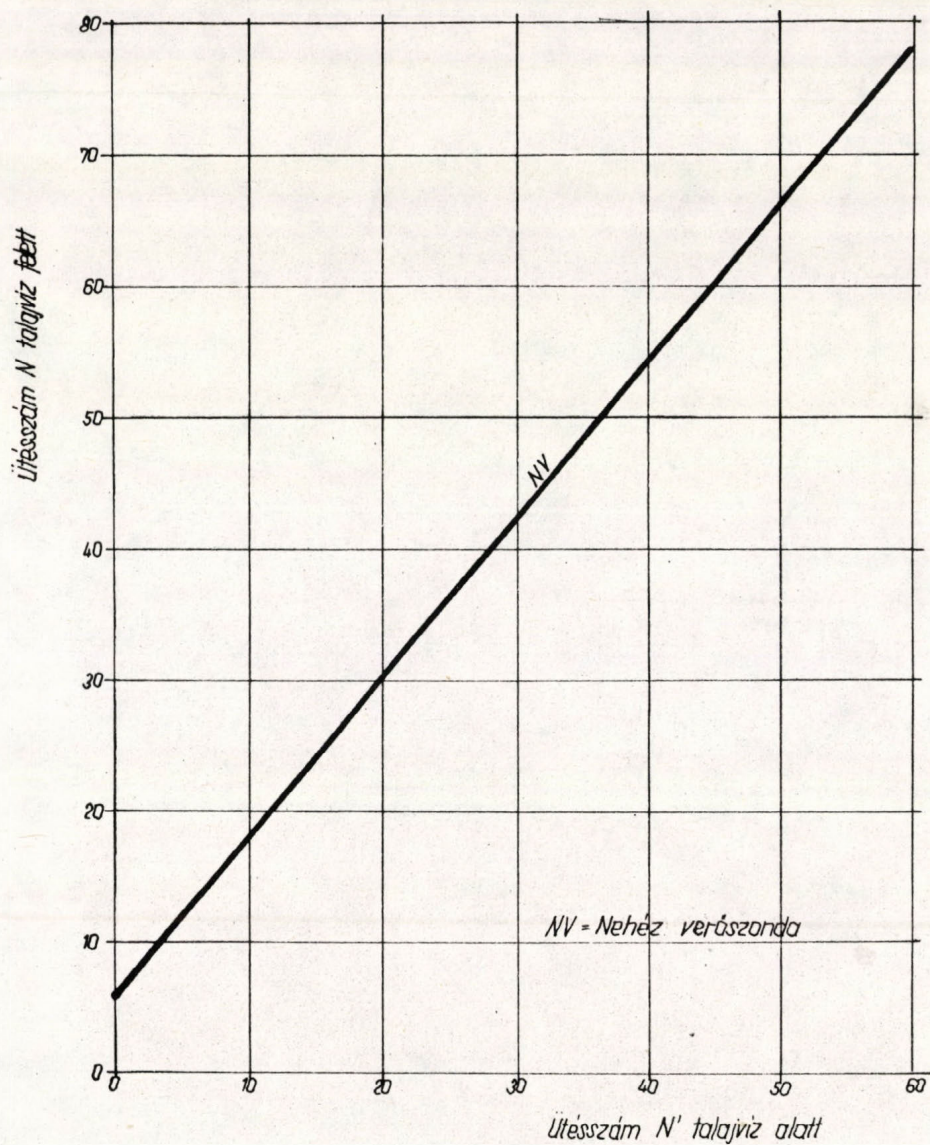
Mindig szem előtt kell tartanunk azonban, hogy a szondázások, a szondázási tevékenység a talajmechanikai gyakorlatban az esetek többségében kiegészítő jellegű. Nem pótolja a mérnöki gyakorlatban bevált direkt feltárási módot, ahol a mérnöknek lehetősége nyílik a közvetlen szemrevételezésre, a talajállapot értékelésére.

E rövid cikk célja a dinamikus szondázás rövid ismertetése, figyelemfelkeltés és tájékoztatás volt.

Ábrák jegyzéke

1. Talajviz befolyása az ütésszámokra szemcsés talajokban
2. Szondázási eredmények ábrázolása
3. Összefüggés a relatív tömörség és az ütésszám között homokos kavicsban, talajviz felett
4. Összefüggés a relatív tömörség és az ütésszám között egyenletes szemszerkezetű homoktalajokban talajviz felett
5. Összenyomódási modulus meghatározása

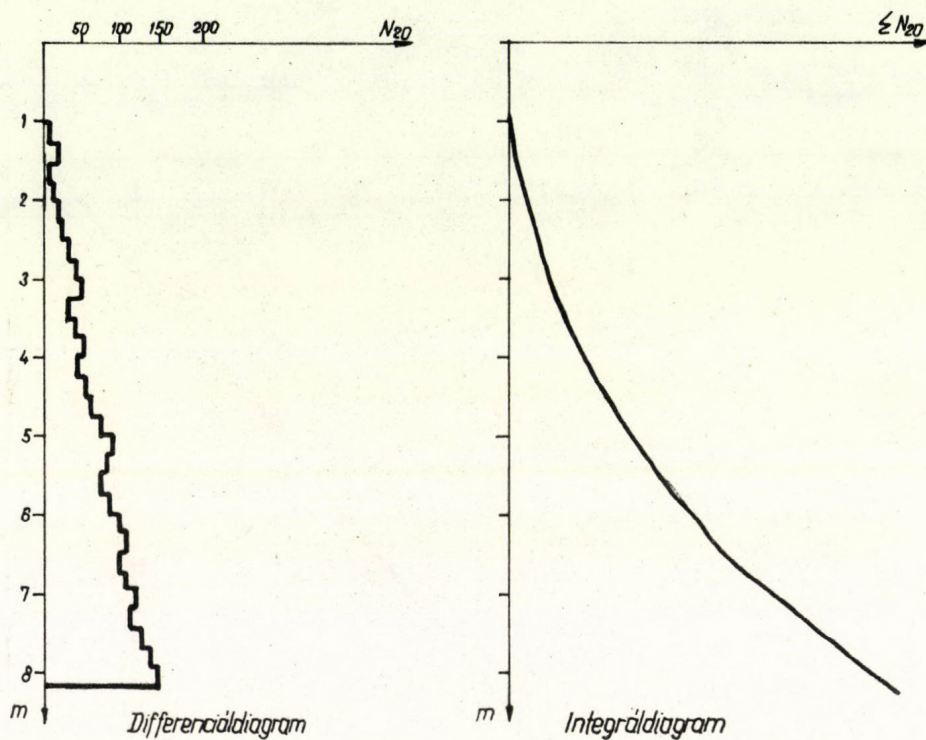
TALAJVIZ BEFOLYÁSA AZ ÜTÉSSZÁMOKRA SZEMCSÉS TALAJOKBAN



1. ábra

4258

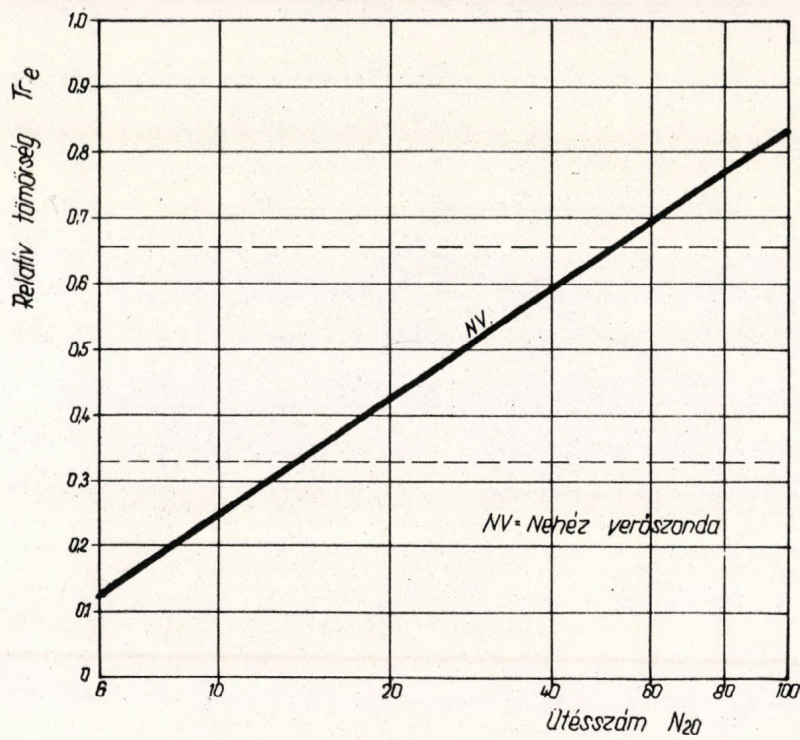
SZONDÁZÁS EREDMÉNYEINEK ÁBRÁZOLÁSA



2. ábra

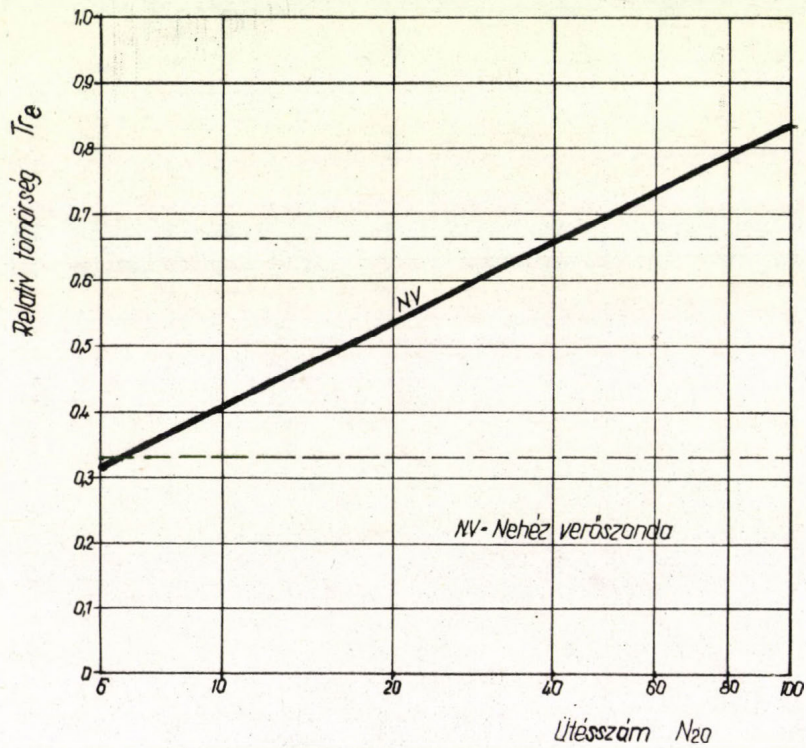
4258

ÖSSZEFÜGGÉS A RELATÍV TÖMÖRSÉG ÉS AZ
ÜTESSZÁM KÖZÖTT
HOMOKOS KAVICSBAN TALAJVIZ FELETT



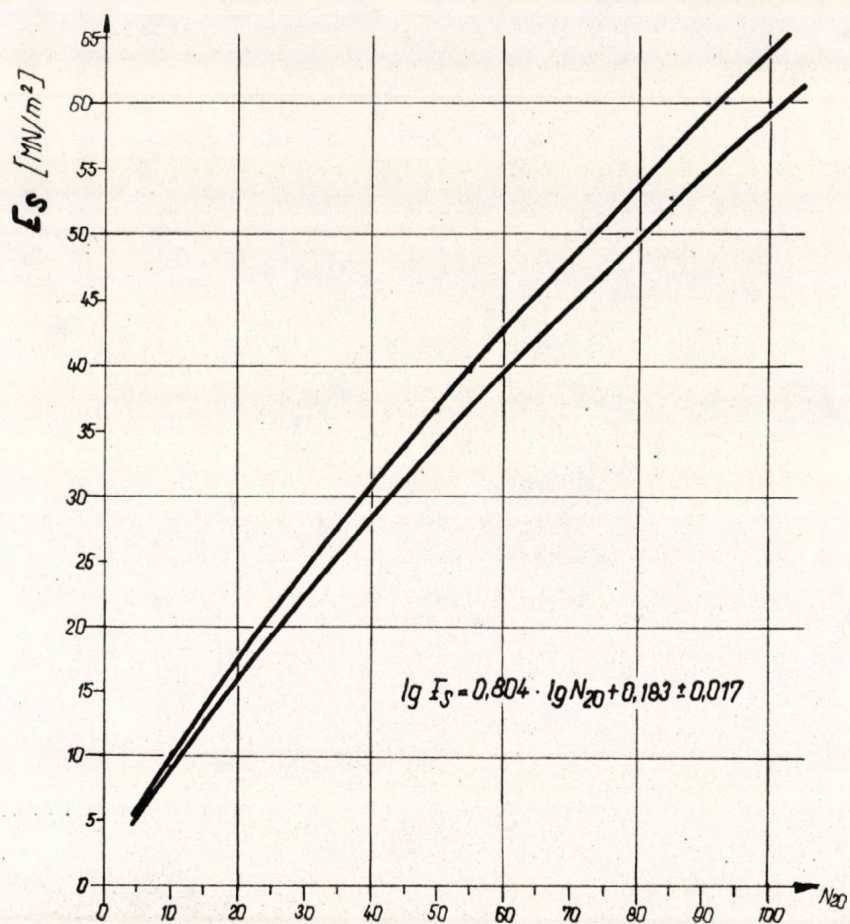
3. ábra

ÖSSZEFÜGGÉS A RELATÍV TÖMÖRSÉG ÉS AZ
ÜTÉSSZÁM KÖZÖTT
EGYENLETES SZEMSZERKEZETŰ ($U < 3$)
HOMOKTALAJOKBAN TALAJVIZ FELETT



4. ábra

ÖSSZENYOMÓDÁSI MODULUS MEGHATÁROZÁSA



5. ábra

SZIVÁRGÁSI TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA SZONDÁZÁSSAL

Szvák Mihály^{x)}

A felszinközeli, porózus talajrétegek szivárgási tulajdonságainak, szivárgási tényezőinek ismerete az építésföldtani, mérnökgeológiai vizsgálatok egyik fontos eleme. Ismeretük mind az építéstervezési és kivitelezési, mind a környezetvédelmi feladatok többségében elengedhetetlen. A talajszilárdítási munkáknál a rétegzett talajok nyelőképessége, azaz egyes rétegek szivárgási tényezője elsődleges meghatározó. Külön jelentőséggel bír a szivárgási tényező megállapítása olyan területek állékonysági vizsgálatánál, melyek talajában agyagba ágyazódó vékony, csuszásveszélyt magukban hordozó vízvezető rétegek fordulnak elő; ezen vékony rétegek jelenlétének még furással történő feltárása is nehéz.

A fentiekből következően már régebben kialakultak olyan - furásokban történő szivattyuzásos, illetőleg víznyeletéses - eljárások, melyek a porózus rétegek "in situ" vizsgálatára alkalmasak.

A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat Mérnökgeológiai Irodája 1977 óta foglalkozik - műszaki fejlesztési téma keretein belül - a felszinközeli rétegek szivárgási tényezőjének meghatározására alkalmas módszerekkel. E téma keretében merült fel igényünk olyan eszköz, szonda szerkesztésére, mely nem igényel talajmechanikai furást és mintavételezést, vizet nem tároló rétegekre is használható, alkalmas pár centiméteres rétegződés kimu-

x) Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

tatására, és a talajmechanikai szondákhoz hasonló módon, statikus vagy dinamikus eljárással a talajba juttatható.

A szonda - mely a későbbiekben a hidroszonda nevet kapta - kialakítása a szivárgáshidraulikai problémákon túlmenően számos technikai nehézséget vetett fel. Az alapformáció egyszerű üreges rudazat volt, melyet a végén csuccsal láttunk el, 0,1 m hosszban perforáltunk és szitaszövettel burkoltuk. Talajba juttatását dinamikusán, 50 kg tömegű verőkos 0,5 m magasságu ejtésével végeztük. A rudazat végére tömlőt csatlakoztatva, egy 300 l-es tartályból kompresszorral adagolt levegő nyomásával különböző mennyiségű vizet préseltünk a szondaszárba. Mivel a víz gyakorlatilag minden esetben feltört a szondaszár mellett, egy - a cső és a kialakuló lyuk fala között zárást biztosító - gumigyűrűt helyeztünk el a szondaszáron a szűrőzés felett, az 1. ábrán látható módon. Az első kísérletsorozatokat Tolna megye térségében, laza, kis permeabilitású iszapos-agyagos ártéri üledékben hajtottuk végre, különböző nyomással, különböző vízhozamokkal. A talajba vert szonda közvetlen környékére \varnothing 50 mm átmérőjű szűrőzött PVC piezométer csöveket telepítettünk, hogy a létrejövő talajvízszint emelkedésből következtethessünk a lejátszódó szivárgási folyamatokra. A piezométer csövek mélyítése közben zavartalan talajmechanikai mintavételezést eszközöltünk, a mintákból laboratóriumban - összehasonlítás céljából - változó víznyomás mellett meghatároztuk a függőleges szivárgási tényező értékeit.

Egy jellemző mérést közlünk az I. táblázatban, illetőleg a piezométer csövekben mérhető feltöltődési vízszintfelületek időbeni, vízhozamtól függően változó alakulását ábrázoljuk a 2. ábrán. A vízszintek logaritmikus jellege szembetűnő, a görbék első vizsgálatra

$$y = \ln \frac{b}{x} \quad \text{függvényalakot írunk le.}$$

A mérési adatsorokból, illetőleg a görbék grafikus kiegyenlítésével nyert függvényértékek alapján megállapítottuk, hogy az egyes görbék pontjai közelítőleg a

$$\frac{S_i}{\ln \frac{R}{x_i}} = \text{const.} \quad (1)$$

függvénynek tesznek eleget. A szakirodalom számos, hasonló logaritmikus képletet közöl, oldalt perforált szűrőcső esetére is.

Formailag a

$$k = \frac{Q}{2 \pi s \cdot C} \ln \frac{R}{r_o} \quad (2)$$

képlettel lehet a mért adatainkkal a szivárgási tényezőt számolni.

A laboratóriumi minták iszapos homokliszt minősítéssel ($I_p = 3,2 - 9,8 \%$) $10^{-5} - 10^{-7}$ m/s nagyságrendű szivárgási tényező értéket adtak. A (2) képlettel számolva $R = 2,6 - 3,4$ m kihatási távolság, $r_o = 0,02$ m szonda-cső sugár, $s_i = 10 - 15$ m nyomómagasság és $C = 1$ m geometriai konstans esetében $k = 5,1 - 6,8 \times 10^{-6}$ m/s szivárgási tényezőt ad, a laboratóriumi értékek szórásán belül. Több mérés hasonló eredményeket hozott.

Hibája a kialakított típusnak, hogy nem lehetett biztonsággal továbbjuttatni a mélységbe, mivel a szárra helyezett záró gumigyűrű a falsurlódástól tönkrement, a mérést nem lehetett függély mentén végrehajtani.

A kísérletsorozat második szakaszában olyan szondafej kialakítására törekedtünk, mely az előző kísérleti típus mechanikai hiányosságait kiküszöböli.

Több próba után a 3. ábrán látható összetett szondafej típus vált be. A 20 mm átmérőjű szivárogtató csucst háromféle (1 = 20 mm; 40 mm és 50 mm) hosszban, cserélhető módon képeztük ki. A csucs felett kupos közdarabot helyeztünk el.

Ezzel a szondatípussal kísérletsorozatainkat a Bonyhádi Vizmű területén végeztük, a Völgységi patak kavicsterasztát fedő finomszemcsés, agyagos-iszapos, átmosott, zavart fedőrétegeiben. Bebizonyosodott, hogy 0-4,5 bar nyomástartományok között a szűrőzés felett elhelyezett kupos közdarab tökéletes zárást biztosít, egy esetben sem tapasztaltuk a viznek a szondaszár melletti feltörését.

A hidroszonda talajba juttatását változatlanul dinamikusan végeztük, 0,1 m-kénti szakaszos előrehaladással. Számoltuk az előrehaladáshoz szükséges ütésszámot, majd 0,1 m-ként mértük a nyelethető vízhozamot (Q), valamint az ehhez szükséges nyomást (P).

Igy a talajszelvény mentén a szonda szivárogtató csucsával érintkező "1" vastagságú talajsáv "k" tényezőjének függvényében változó Q - P értékpárokat kaptunk.

Több pontban mértük az egyes szondacsucok Q - P jelleggörbáját.

(4. ábra). Bebizonyosodott, hogy a $Q = c \cdot P$ ($c = \text{konstans}$) lineáris összefüggés érvényes mindegyik szondacsucsra. Így lehetséges, hogy a pillanatnyi H_i mélységben lévő csucs által nyeletett vízmennyiséget valamely állandó (esetünkben $P_i = 2 \text{ bar}$) szűrőponti nyomásra számíthatjuk át a teljes mérési szelvény minden pontjára.

Kísérletsorozatunkat 8 m sugarú körön belül kb. 0,8-6,5 m mélységek között mindhárom szondacsucsal többször elvégeztük. A mérési adatokat $Q = 0-28 \text{ l/min}$ és $P = 0,8 - 4,5 \text{ bar}$ intervallumban kaptuk. Bebizonyo-

sodott, hogy amennyiben a szondát verés közben is állandóan nyomás alatt tartjuk, akkor a perforált csucs nem szállítja magával az átharántolt rétegek anyagát.

A szondával végzett kísérletek területének környezetében ugyancsak telepítettünk 1 m-es térközzel vonalmenti piezométer cső sorozatot, egyben a terület részletes talajmechanikai feltárását is elvégeztük. A korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan meghatároztuk egyes mélységekben a feltöltődési görbe pontjait, megállapítva, hogy a távolhatás tartós nyeletés esetében átlagosan $R = 2,5$ m.

A talajmechanikai feltárások jellemző szelvényét közli a II. táblázat. Sajátos jellemzője a rétegnek, hogy nagyobb rétegváltozékonyság mellett is közel azonos függőleges "k" értékeket kaptunk a zavartalan mintákból.

Nem közöljük a teljes mérési sorozatot. Három átlagos, $l = 0,05$, $l = 0,04$ és $l = 0,02$ m szűrőhosszal végzett szondázás eredményeit ábrázolja grafikusán az 5., 6. és 7. ábra. Párhuzamosan ábrázoltuk a 0,1 m előrehaladáshoz szükséges ütésszámot, a Q' -szondacsucs szintre redukált $P' = 2$ bar nyomásra átszámított, 0,1 m-ként nyelt vízhozam értékeket.

A görbék gyakorlatilag tartalmazzák a hidroszondával történő méréssel nyerhető ujszerű információkat. A pontonként mér nyelési értékek kb. hetvenszeres - gyakorlatilag két nagyságrend - eltérésű vízszintes nyelési értékeket (Q') mutatnak, míg az összehasonlító laboratóriumi "k" tényező értékek viszonylag egyöntetűen $k = 2 \cdot 10^{-7}$ m/s függőleges szivárgási értékeket adtak. A hidroszonda pontszerűen lényegesen finomabb rétegzést mutat.

A (2) képlettel számolt "k" tényezők $2,1 \cdot 10^{-5}$ - $3,7 \cdot 10^{-7}$ m/s között változnak, egyenesen arányosan a Q' értékekkel. E képlettel történő számítás hibája, hogy nem tükrözi a szűrőhossz változását. Az adatok megbízhatóságát illetően az egyes mérési adatsorok között korrelációs számítás végeztünk. Az átlagosan 0,45-0,65 értékű korrelációs tényező közepes összefüggést mutat az egyes mérések között, bár a talajrétegződés 8 m körzetben történő legkisebb változásai is tükröződnek a korrelációs számításban.

Néhány- a szakirodalomban közölt -közelítő képlettel is kiszámítottuk a Q' - P' értékpárjaiból a "k" lehetséges értékeit.

A lengyel GEOPROJECT Vállalat által használt

$$k = \frac{Q'}{s} \cdot \frac{\ln \frac{1}{r}}{2 \cdot 1} \quad (3)$$

képlettel $3 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-7}$ m/s intervallumban, W. Richter-W.Lillich szerzők által közölt szűrőzött furatokra vonatkozó

$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot s} \quad (4)$$

képlettel $7,5 \cdot 10^{-6}$ - $4,2 \cdot 10^{-4}$ m/s intervallumban kaptuk a szivárgási tényező értékeit.

Az alábbiak nehezítik az egyes számítási értékek és a talajmechanikai mintákból számított szivárgási tényezők értékeinek összehasonlítását :

1. A szondacsucs környezetében feltehetően turbulens szivárgás lép fel, bár a Q' - P' görbe linearitása inkább lamináris áramlásra utal.
2. A laboratóriumi "k" tényező függőleges, a hidroszonda által szolgáltatott "k" vízszintes szivárgásra vonatkozik.

3. A szivárgás nem teljesen oldalirányú párhuzamos, hanem pontszerűen gömbi áramlást hoz létre.
4. Kísérleteink során tartósan (kb. 10 min) nyelettünk pontonként, így a nyelési felület kimosódások miatt nőhet.
5. A rövidebb mérési periódus nempermanens szivárgási állapotot tükröz.

Kísérleteinket 1979. augusztusa óta az Ybl Miklós Építőipari Műszaki Főiskola Mélyépítési Tanszékével közösen végezzük. A Tanszék a francia gyártmányú MÉNARD-féle pressziopermeométer honosítás előkészítését végzi. Ezen eszköz \varnothing 65 mm furatban, 0,34 m intervallumban, hasonló módon nyomás alatti nyeletéssel határozza meg a talajrétegek vízszintes szivárgási értékeit.

A hidroszondával és a MÉNARD-féle pressziopermeométerrel közös laboratóriumi kisminta vizsgálatok végzését, valamint a helyszíni kísérletek folytatását tervezzük. E kísérletek során igyekszünk tisztázni a felsorolt problémákat. Tervünk a hidroszondát statikus eljárással talajba juttatva, a folyamatos nyomás és vízhozam mérést megoldani.

Eddigi méréseink, és az azokból nyerhető információk biztatóak. A módszer – függetlenül a szivárgási tényező számszerű értékétől – a finom talajrétegződés kimutatására különösen alkalmasnak tűnik. A hidroszonda fejlesztési kísérletei előreláthatólag 1980. decemberében fejeződnek be.

I. táblázat

I. szondaállítás 4 m mélységben
 nyugalmi vízszint: - 3,83 m terepszint alatt

| Eltelt idő t/min/ | Nyomás P/at/ | Viznyelés q/l/min/ | Észlelő kutak | | vízszintjei | | t.szinttől /m/ | |
|----------------------|-----------------|-----------------------|---------------|------|-------------|------|----------------|------|
| | | | 5/7 | 5/8 | 4/1 | 4/2 | 4/3 | 4/4 |
| 0 | 0 | 0 | 3,62 | 3,72 | 3,87 | 3,83 | 3,84 | 3,91 |
| 10 | 1,0 | 3 | 3,63 | 3,45 | 3,85 | 3,67 | 3,43 | 3,84 |
| 20 | 0,8 | 3 | 3,60 | 3,32 | 3,57 | 3,83 | 3,30 | 3,74 |
| 30 | 1,15 | 4 | 3,53 | 3,23 | 3,79 | 3,50 | 3,13 | 3,69 |
| 40 | 1,10 | 4 | 3,48 | 3,16 | 3,75 | 3,46 | 3,07 | 3,64 |
| 45 □ | 0,90 | 4 | 3,48 | 3,21 | 3,72 | 3,47 | 3,23 | 3,65 |

Nyugalmi vízszintre átszámított vízoszlop magasságok s; /m/

| t/min/ | P/at/ | q/l/min/ | 5/7 | 5/8 | 4/1 | 4/2 | 4/3 | 4/4 |
|--------|-------|----------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1,0 | 3 | 0 | 0,27 | 0,02 | 0,16 | 0,37 | 0,07 |
| 20 | 0,8 | 3 | 0,02 | 0,40 | 0,00 | 0,30 | 0,50 | 0,17 |
| 30 | 1,15 | 4 | 0,09 | 0,49 | 0,08 | 0,33 | 0,67 | 0,22 |
| 40 | 1,10 | 4 | 0,14 | 0,56 | 0,12 | 0,37 | 0,73 | 0,27 |
| 45 □ | 0,90 | 4 | 0,14 | 0,51 | 0,15 | 0,36 | 0,57 | 0,26 |

□ Vízartály kifogyott

II. táblázat

| Fúrás | Mélység | Anyaga | w _L % | w _p % | I _p % | k m/s |
|-------|---------|---------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| 1. | 0,0-0,9 | köv.agyag | 61,7 | 29,4 | 32,3 | |
| | 0,9-1,5 | köz.agyag | 52,8 | 27,4 | 25,4 | |
| | 1,5-1,9 | köv.agyag | 69,4 | 30,3 | 39,1 | |
| | 1,9-4,8 | köv.agyag | 64,5 | 29,2 | 35,3 | |
| | 4,8-5,7 | iszap | 34,7 | 22,3 | 12,4 | |
| | 5,7-7,0 | isz.h.liszt | 28,2 | 22,2 | 6,0 | 3,0.10 ⁻⁸ |
| | 7 m-től | isz.h.liszt | - | - | - | 1,3.10 ⁻⁶ |
| 2. | 0,0-0,9 | isz.homok- liszt | 31,0 | 22,8 | 8,2 | |
| | 0,9-1,9 | köv.agyag | 67,2 | 29,7 | 37,5 | |
| | 1,9-3,8 | köz.agyag | 54,9 | 25,0 | 29,9 | |
| | 3,8-4,9 | köv.agyag | 67,5 | 27,2 | 40,3 | |
| | 4,9-7,1 | isz.homok- liszt | 29,2 | 21,8 | 7,4 | 4,0.10 ⁻⁷ |
| 3. | 0,0-0,8 | köv.agyag | 65,3 | 30,0 | 35,3 | |
| | 0,8 | iszap | 35,7 | 24,3 | 11,4 | |
| | 0,8-3,2 | köv.agyag | 80,2 | 31,5 | 48,7 | |
| 4. | 0,0-0,9 | köv.agyag | 77,0 | 35,2 | 41,8 | |
| | 0,9-1,9 | köz.agyag | 45,8 | 25,6 | 20,2 | 1,0.10 ⁻⁷ |
| | 1,9-4,8 | köv.agyag | 70,3 | 28,7 | 41,6 | |
| 5. | 0,0-0,8 | köv.agyag | 82,0 | 34,2 | 47,8 | |
| | 0,8-3,8 | köz.agyag | 47,0 | 24,7 | 22,3 | 1,5.10 ⁻⁷ |
| | 3,8-4,7 | köv.agyag | 71,4 | 36,7 | 34,7 | |
| | 4,7-5,0 | köv.agyag | 98,5 | 35,3 | 63,2 | |
| | 5,0-6,7 | köv.agyag | 89,5 | 43,6 | 45,9 | |
| 6. | 0,0-1,0 | köv.agyag | 80,2 | 37,8 | 42,4 | |
| | 1,0-1,8 | sov.agyag | 42,2 | 24,4 | 17,8 | |
| | 1,8-2,8 | köz.agyag | 58,0 | 28,4 | 29,6 | |
| | 2,8-4,7 | köv.agyag | 73,5 | 30,9 | 42,6 | |
| | 4,7-6,0 | iszap | 32,2 | 21,1 | 11,1 | 2,7.10 ⁻⁷ |
| 7. | 0,0-0,8 | köz.agyag | 54,6 | 27,1 | 27,5 | |
| | 0,8-1,8 | köv.agyag | 64,1 | 29,0 | 35,1 | |
| | 1,8-2,3 | köz.agyag | 47,5 | 29,1 | 24,4 | |
| | 2,3-3,5 | köz.agyag | 42,4 | 22,4 | 20,0 | |
| | 3,5-4,6 | köv.agyag | 93,2 | 35,5 | 57,7 | |
| | 4,6-5,8 | köv.agyag | 96,0 | 51,8 | 44,2 | 2,1.10 ⁻⁷ |
| | 5,8-6,5 | sov.agyag | 36,6 | 20,8 | 15,8 | |

| | | | | | | |
|----|---------|-----------|------|------|------|---------------------|
| 8. | 0,0-1,8 | iszap | 34,3 | 23,6 | 10,7 | $2,7 \cdot 10^{-7}$ |
| | 1,8-3,6 | köv.agyag | 66,2 | 29,3 | 36,9 | |
| | 3,6-4,6 | köv.agyag | 67,5 | 27,1 | 40,4 | |
| | 4,6-6,8 | iszap | 31,2 | 21,2 | 10,0 | $2,2 \cdot 10^{-7}$ |

(köv. = kövér

(köz. = közepes)

Ábrák jegyzéke

1. ábra A szonda üzemeltetésének elvi sémája, a szondafej első kialakítása
2. ábra Szonda környezetében kialakuló feltöltődési görbék
3. ábra Módosított szondafej kialakítás
4. ábra Különböző hosszúságú szondacsucok nyomás-vizhozam jelleggörbéi
5. ábra Nyeletési szelvény $l = 0,05$ m szondacsucshossz esetében
7. ábra Nyeletési szelvény $l = 0,04$ m szondacsucshosszal
8. ábra Nyeletési szelvény $l = 0,02$ m szondacsucshosszal

IRODALOMJEGYZÉK

Széchy K.: Alapozás II. (Műszaki Kiadó, Bp. 1963.)

Juhász J.: Hidrogeológia (Akadémia Kiadó, Bp. 1976.)

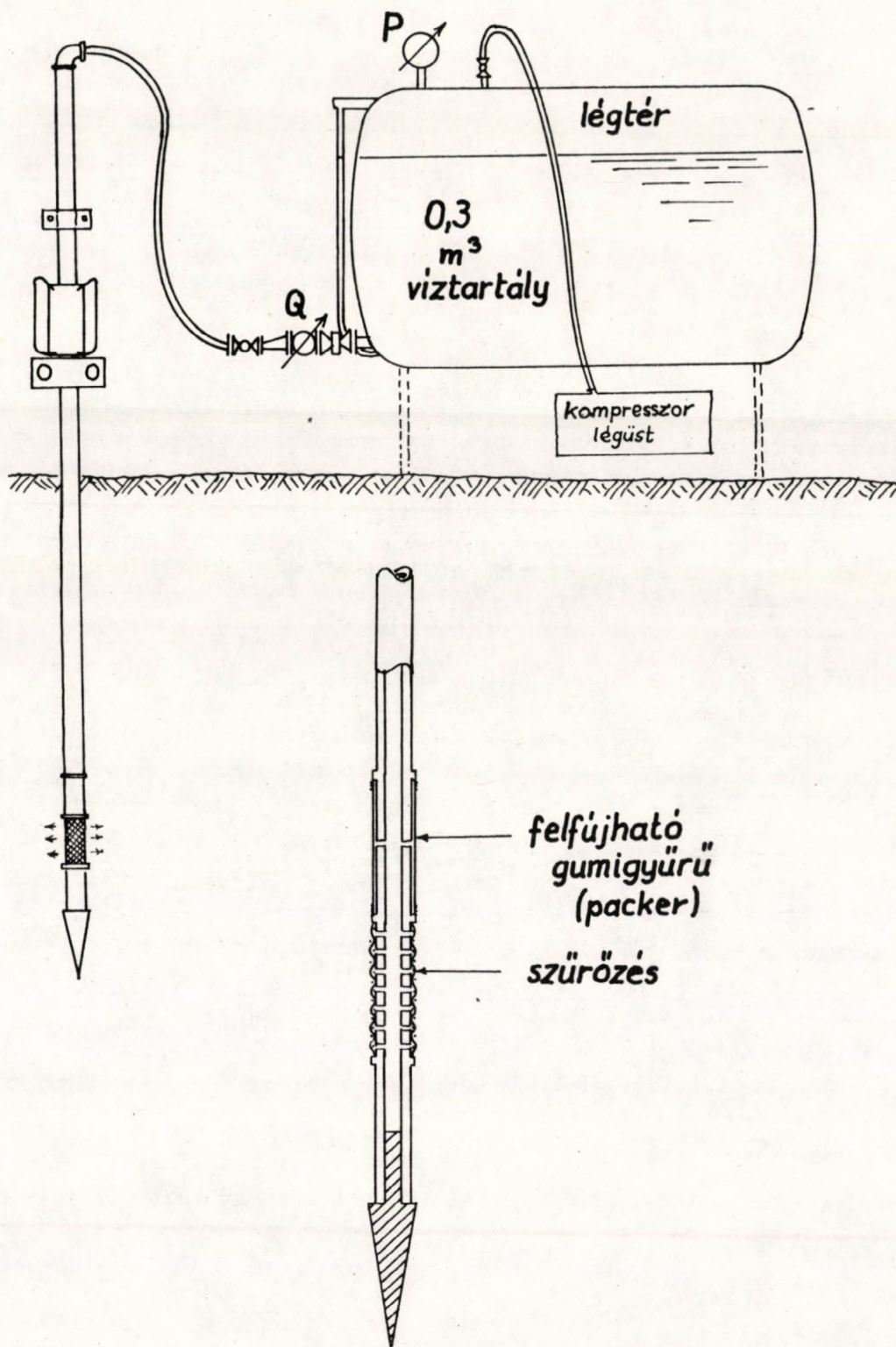
A. Klebek - R. Puchalsky: Methods and equipment used by GEOPROJECT in geotechnical investigations of soil in Poland (kézirat, 1975.)

V. L. Juva: OY - VESI HYDRO AB for the FTI 25 - jubilee session (kézirat, 1975.)

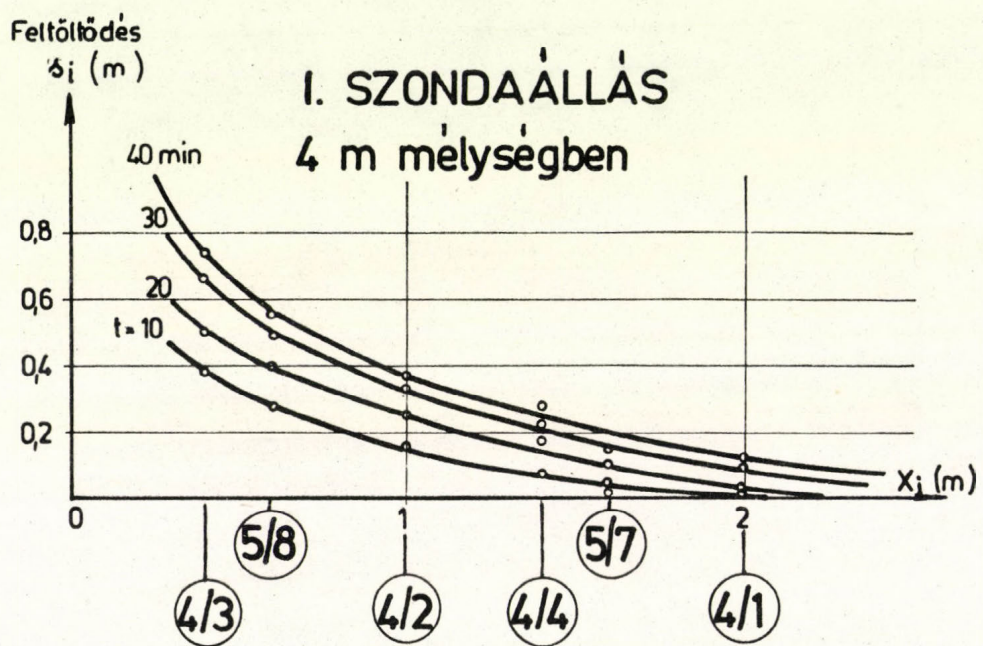
W. Richter - W. Lillich: Abriss der Hydrogeologie
(E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung - 1975, Stuttgart)

FTV 77/77/24. Zárójelentés: Talajok szivárgási tényezőjének meghatározása nem szivattyuzható furásokból (kézirat, 1978. Budapest)

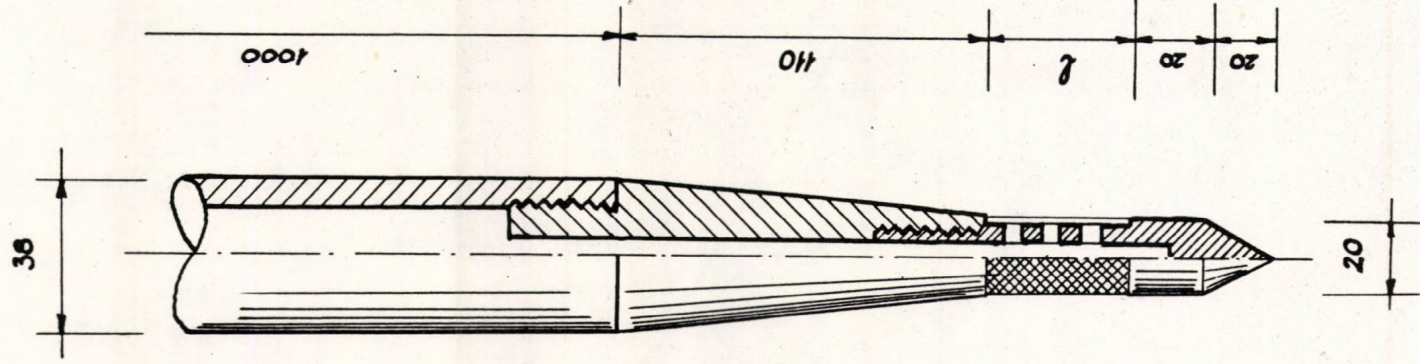
Dr. Bolgár P. - Szandtner G.: Új vizsgálati módszer talajok szivárgási tényezőjének helyszíni meghatározására (kézirat, 1980. Bp. YMÉMF)



1. rajz

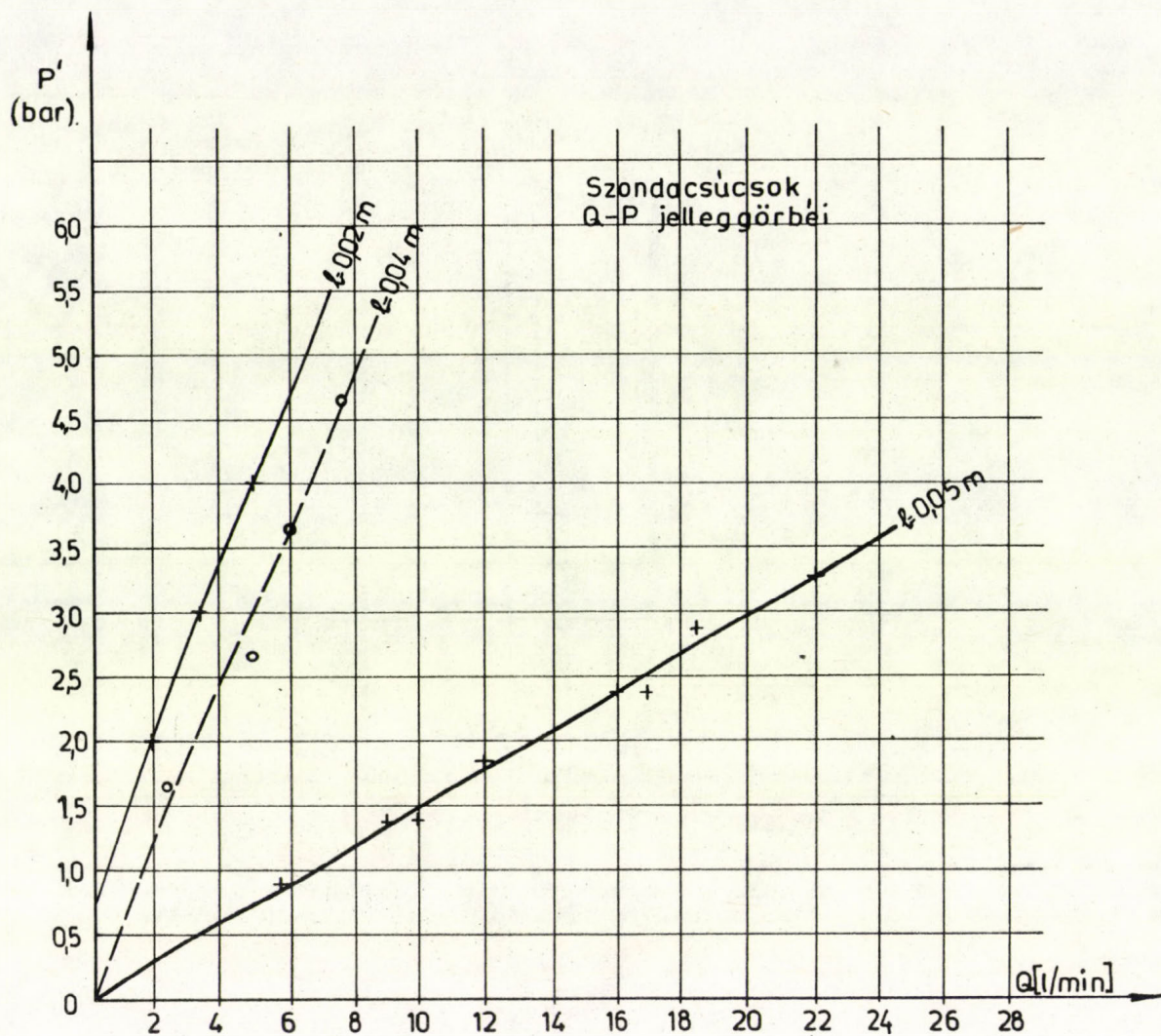


2. rajz



4258

3. rajz

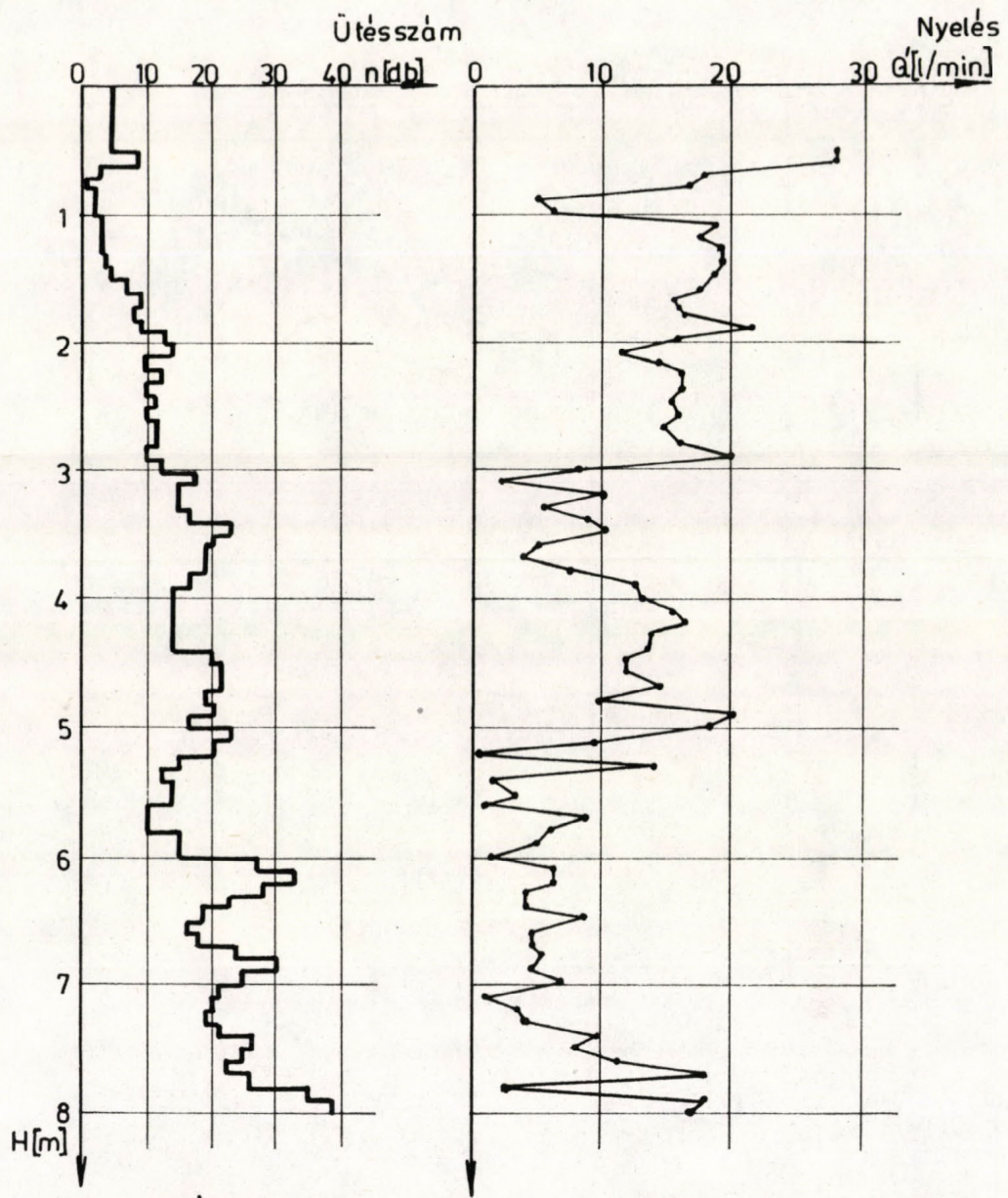


$$P' = P + 0,1 H \text{ (bar)}$$

P = mért nyomás (bar)

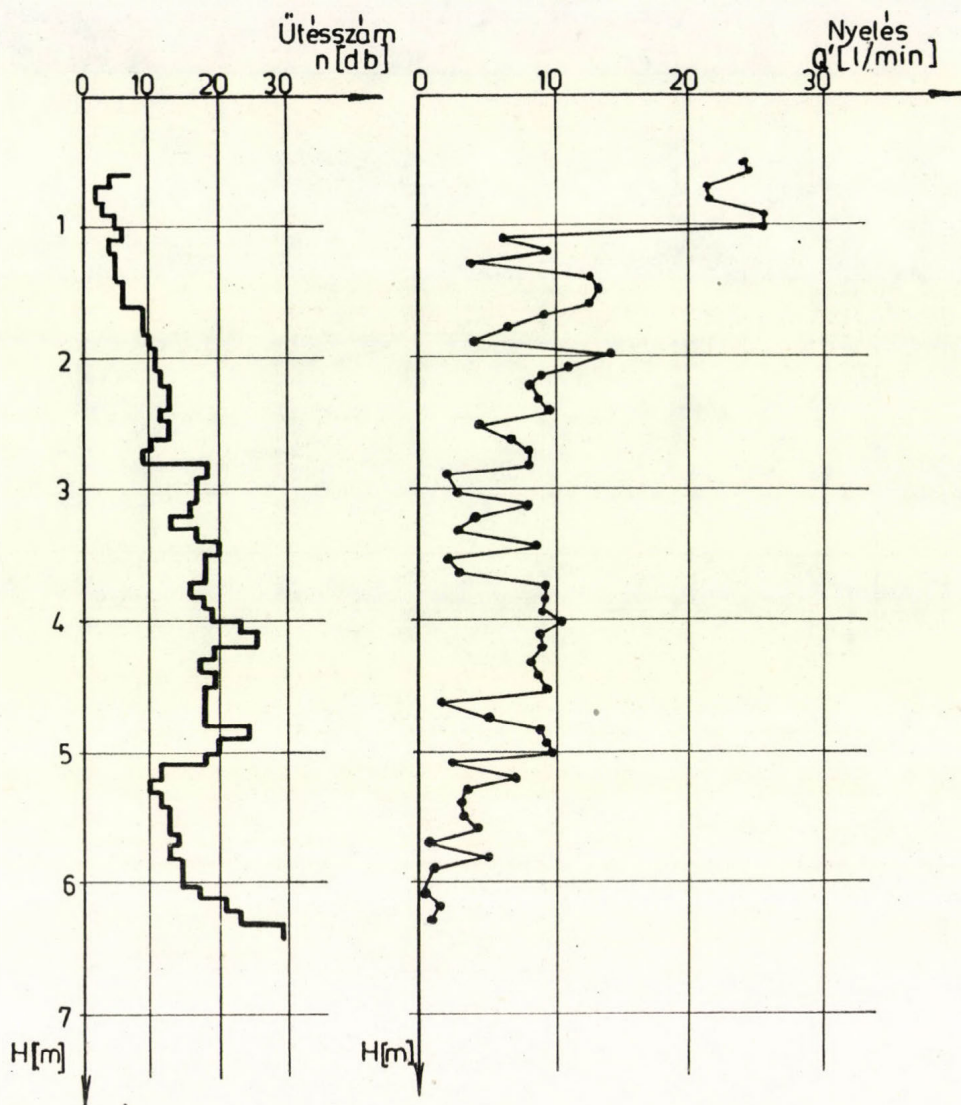
H = terepszint alatti mélység

4. rajz



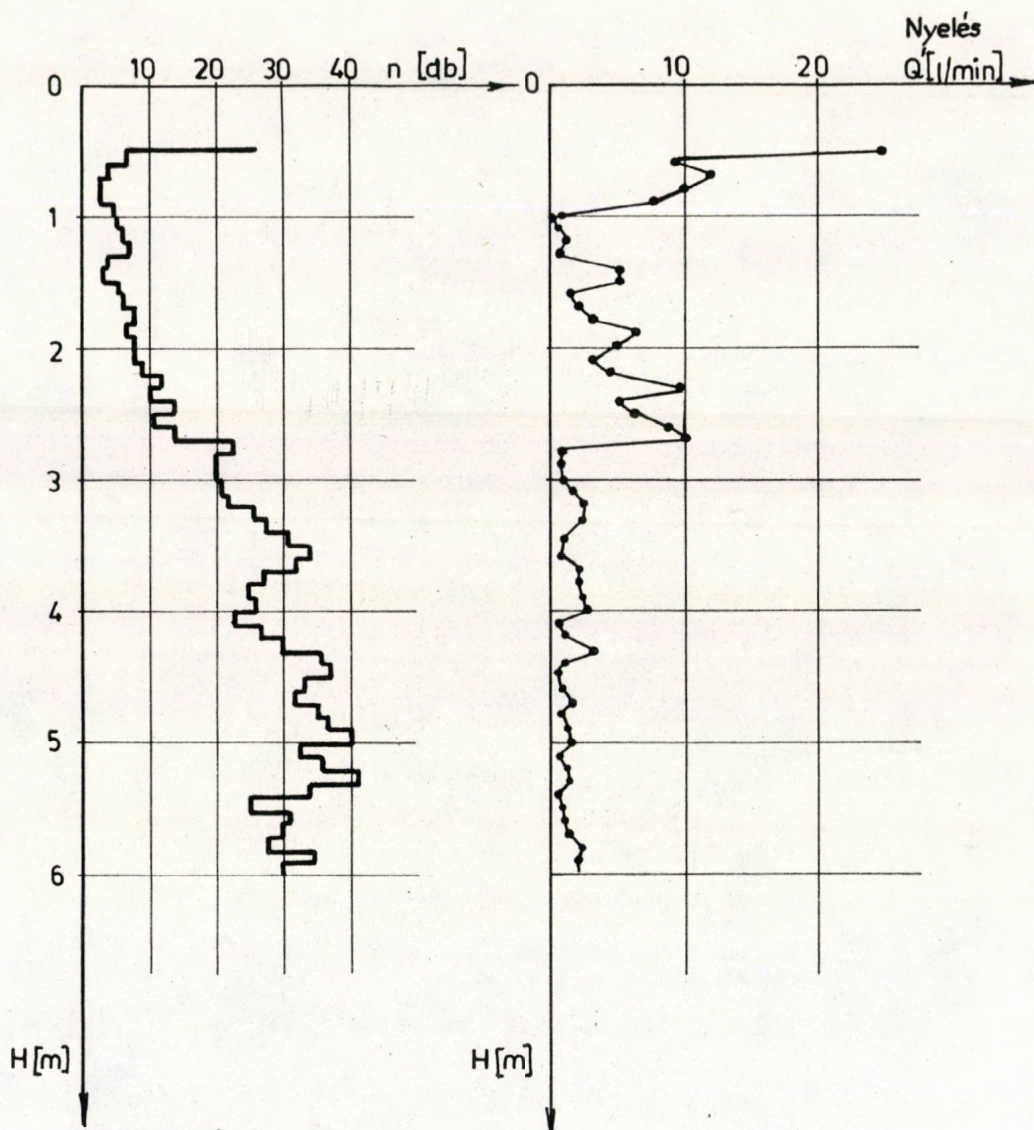
Bonyhád
 II.szondapont
 1979.VIII. 19.
 l-0,05 m

5. rajz



Bonyhád
 IV. szondapont
 1979 VII. 22.
 $l = 0,04$ m

6.rajz



Bonyhád
szondapont: VI.
1979. IX. 11.
 $l = 0,02\text{m}$

7. rajz

TALAJSZILÁRDITÁSSAL KAPCSOLATOS
HELYSZINI VIZSGÁLAT

Dr. Greschik Gyula^{x)}

A talajszilárdítási technológiák egyik kulcskérdése a talaj nyelőképesége, illetve a talajjellemzőként kezelhető szivárgási tényező. A nyelőképeség különböző viszkozitású és reológiai tulajdonságú folyadékokra más és más. A szivárgási tényezőből - mely vízre vonatkozó tulajdonság - számítható. A mintavételre alapuló laboratóriumi vizsgálatok túl kis mintaanyagra, a helyszíni szivattyúzással végzett vizsgálatok túl nagy tömeg tulajdonságára adnak adatot, így a 30 cm - 1,5 m-es távolságban lévő injektálási pontok környezetében várható értékekre a talajvizsgálatok alapján csak durva közelítést lehet tenni. Különösen a nem nagyon vastag iszapos-agyagos rétegek jelenléte okozhat nehézséget a kémiai anyag, vagy cement-bentonit zagy besajtolásánál, tehát a talajszelvény pontos ismerete az injektálható és nem injektálható zónák elkülönítése a legfontosabb.

A talajszilárdítási munkákban nagy jártassággal bíró, világszerte ismert SOLETANCHE cég olyan eljárást dolgozott ki, mely az injektáló csövek elhelyezésére szolgáló furás készítése során a furási paraméterek rögzítésével ad értékes adatot a technológiai tervezés kezébe. Technikailag a paraméterek mélységgel arányos, tehát szelvényezés jellegű automatikus megrajzolása jelentett nehéz feladatot, melyet azonban sikeresen megoldottak.

x)

Közlekedési és Metróépítő Vállalat

A regisztrált furási jellemzők

- az öblítőfolyadék nyomása
- a furási nyomaték
- az előtolóerő
- a fajlagos előhaladás.

A négy regisztrált paraméter megfelelő gyakorlattal rendelkező kiértékelő mérnököknek jól jelzi a különböző tulajdonságu rétegek helyzetét. A bemutatott ábrákon (1, 2 ábra) a harántolt képződmények megnevezése is fel van tüntetve. Az áteresztőképesség változására az öblítőiszap nyomásának adatai adnak felvilágosítást. Kis öblítőfolyadék-nyomás nagy áteresztőképességet (és zagyvesztést) jelez. Kevésbé változó, egyenletes előtoló-görbe agyagos, képlékeny kőzetre utal. A furási teljesítmény a keményebb kőpadok jelenlétére hívja fel a figyelmet.

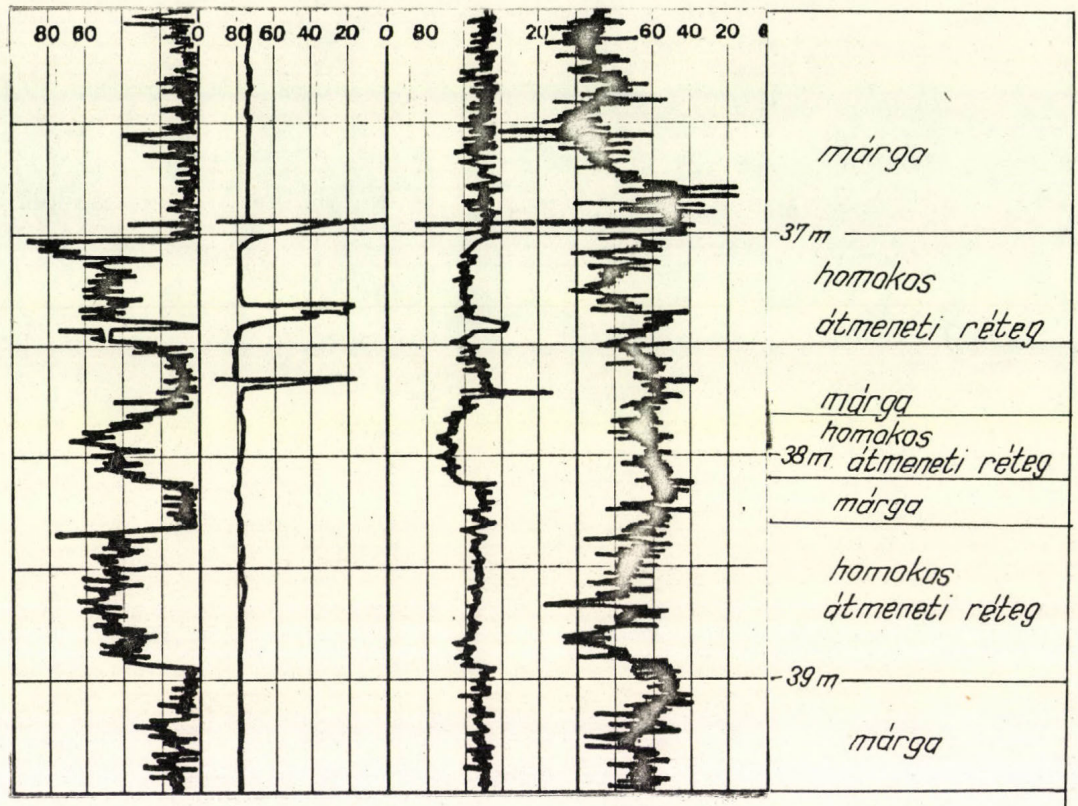
A furási tevékenységgel együtt felvett diagramok információja elsősorban nem az áteresztőképesség számszerű értékének megállapítását teszi lehetővé, hanem az előzetes feltárás egymástól (10-50 m) távol lépő pontjai között, azok pontos adataira támaszkodva ad olyan korrelációra lehetőséget, mely az injektálható - szilárdítható talajtömeg pontos meghatározását teszi lehetővé.

A talajszilárdítás költséges eljárás. Hazánkban, ma, talajköbméterenként 3500 - 5000 Ft közötti költséggel kell számolni. A ténylegesen szilárdítható talajrétegek meghatározása tehát a költségek meghatározásában is segítséget jelent. Az osztrák SWIBO cég a bécsi metró építésénél végzett talajszilárdítási munkáinál az egyik munkahelyen (a Schwedenplatz közelében) több millió Schilling megtakarítását köszönhette a homokos-kavics pleisztocén folyóhordalék és az agyagos harmadkori "Wiener Tegel" határának pontos megállapításának. Természetesen szondázással is ugyanezt az eredményt

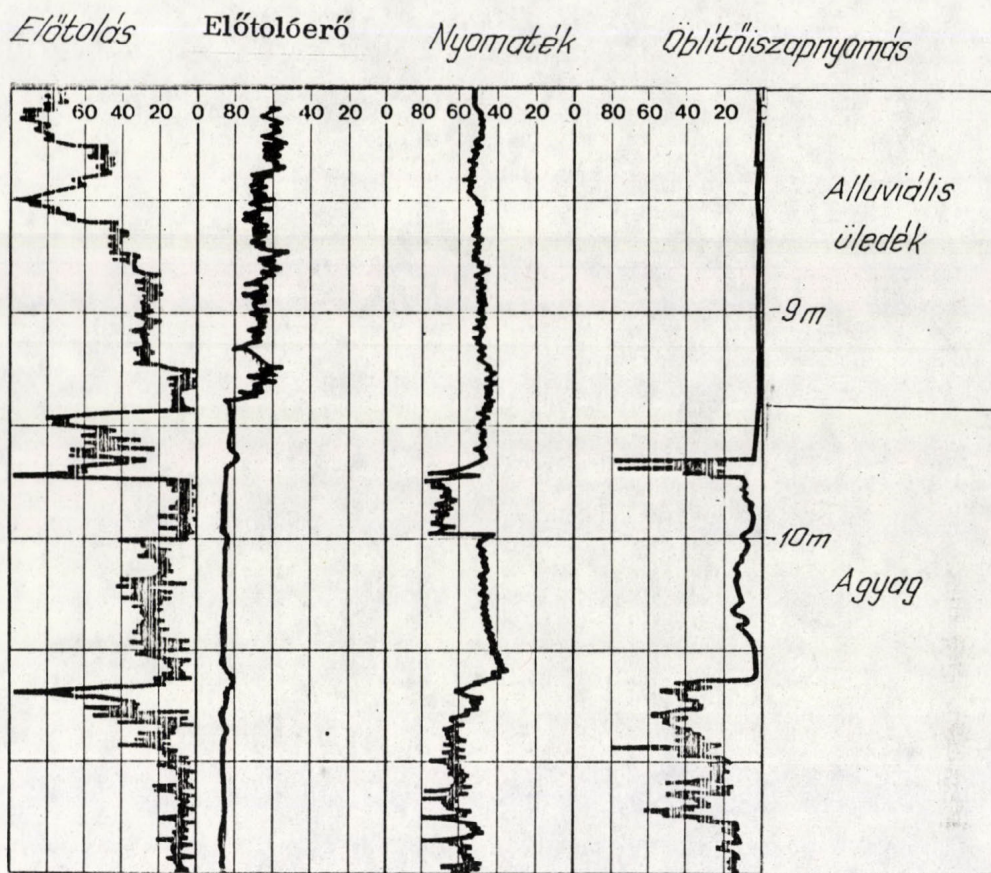
lehetett volna elérni. A furási paramétereket azonban külön tevékenység nélkül azokon a furási pontokon lehet meghatározni, melyeket a végrehajtott technológia miatt amugyis megfurnak, tehát többletköltség nélküli adatokat kapunk.

Az injektálható és nem injektálható zónák elkülönítése nem csak a költségek meghatározásánál segítség, de a kis átteresztőképességű, vagy vizátnem - eresztő rétegek erőszakolt meginjektálása esetén jelentkező kedvezőtlen jelenségek, a térszinemelkedés, és az épületkárok megelőzésében is fontos.

Előtolás *Előtolóerő* *Nyomatek* *Öblítőiszapnyomás*



1. ábra Enpasol regisztráló berendezéssel
felvett diagram márgás összletben



2. ábra Enpasol regisztráló berendezéssel felvett diagram homokos és agyagos összletben.

A PRESSZIÓMÉTER ALKALMAZÁSI TERÜLETEI ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEINEK ÉRTÉKELÉSE

Gajdos György^{x)}

Előadásomban a Ménard-féle presszióméter alkalmazási lehetőségeiről, a mérési eredmények feldolgozásáról és azok értékeléséről lesz szó, néhány példa kapcsán.

Meg kell említenem, hogy beszámolómat kellő számú hazai tapasztalatok hiányában elsősorban külföldi cikkek, könyvek és szabványok adatainak felhasználásával készítettem.

A geotechnikai kutatások során már a kezdet kezdetén foglalkoztak azzal a gondolattal, hogy a talaj terhelés hatására bekövetkező alakváltozását egyszerű kísérletekkel vizsgálják. Az is felismerést nyert, hogy a kapott eredmények csak akkor voltak használhatók, ha nagy modellkísérleteket végeztek, melyeknek gyakorlati kivitele viszont sok nehézséget jelentett, nemcsak a magas költségek, de sokszor a helyszini adottságok miatt is.

Számos kutató foglalkozott egy egyszerűbb, a gyakorlat, tervezés számára egyaránt hasznos készülék kifejlesztésével.

Ide tartozik Press (1932) és Kögler kezdeményezése is. Ennek során Kögler készített egy készüléket, amely a furólyuk falának benyomódását mérte vízszintes irányu terhelés hatására.

^{x)} Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

Az adatok kiértékelésénél azon alapvető feltételezésből indultak ki, hogy

- a vízszintes irányu terhelés hatására bekövetkező alakváltozás azonos a függőleges irányu terhelés hatására létrejövő alakváltozással.

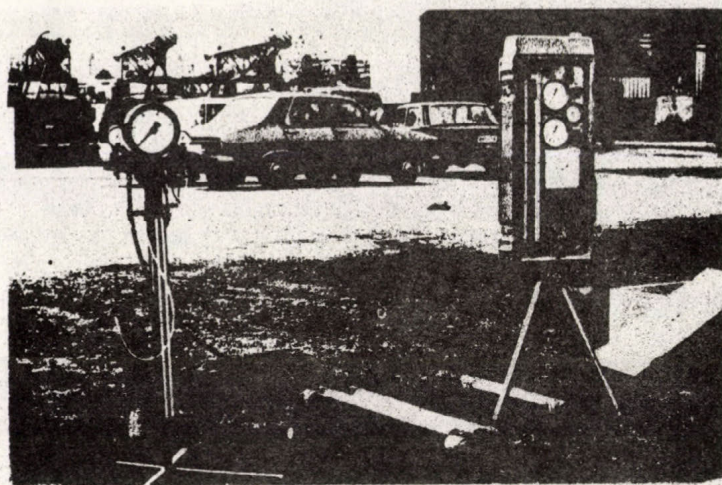
Ennek alátámasztására számos kísérletet végeztek, melynek eredményeképpen két fontos megállapítást tettek:

- a.) A kétféle irányu terhelés - alakváltozási görbék között az eltérés elhanyagolhatóan kicsiny értékű (max. 5 %) volt.
- b.) 600 cm^2 terhelő felület felett a felületnövekedés és a benyomódás között lineáris összefüggés van.

E tapasztalatokat figyelembe véve a második világháborút követően

L. Ménard kifejlesztett az előbbiekhöz hasonló elven működő készüléket, melyet 1957-ben mutatott be, a londoni talajmechanikai konferencián. E preszióméterrel, illetve ennek továbbfejlesztett változatával 1963 óta a világ különböző országaiban számos vizsgálatot végeztek. Ezek eredményeiről igen sok szakcikk jelent meg, alátámasztva az adatok használhatóságát a geotechnikai gyakorlatban.

A módszer elve egy olyan talajpróbaterhelés, amely során a helyszínen egy előre elkészített furólyukban vagy más módon a terep alá egy meghatározott mélységbe lehelyezett szonda segítségével a furólyuk falára terhelést adnak és ennek függvényében mérik a szonda térfogatváltozását. A mérés lehetővé teszi a talaj terhelés-alakváltozás viszonyának megállapítását, amelyből egyéb talajfizikai jellemzők számíthatók.



Példaképpen bemutatok két 100 bar (azaz 10 MPa) nyomásig alkalmazható presziómétert, melyek közül a baloldali az un. G. típusu, a jobboldali egy modernebb, GA. típusu készülék.

Elvi felépítése mindkettőnek ugyanaz, működésük azonos. A berendezésnek három fő része van:

- sonda
- koaxiális cső
- mérőkészülék.

A sonda egy henger alakú, kb. 60 cm hosszú fémtest, amelyet egy belső, un. "Gumimembrán" és egy külső gumiköpeny borít.

A sonda működés közben három cellára tagozódik. A középső cellát mérőcellának, a szélsőket pedig védőcellának hívják.

Meg kell említeni, hogy az első szondakialakításoknál csak egy gumi borítást alkalmaztak, ez azonban meglehetősen bonyolult térbeli feszültség eloszlást eredményezett. Ennek kiküszöbölésére fejlesztették ki a háromcellás szondát. Ezáltal ugyanis a középső mérőcella magasságában egyenletes teherátadást értek el. Különböző átmérőjű szondák ismeretesek, ezek 32-70 mm között változnak.

A koaxiális cső olyan kettős falu vezeték, amelynek belső csővezetékében víz, a külsőben gáz áramlik. E cső biztosítja az összeköttetést a szonda és a mérőkészülék között.

A mérőkészülék magában foglalja a víztároló hengeres tartályt, a szabályzókat, a nyomásmérőket, a szelepeket és a térfogatmérőt.

Az alkalmazott nyomást sűrített levegős palack szolgáltatja.

A palackban lévő kb. 100–150 bar (10–15 MPa) nyomást a mérőkészülékre szerelt redukter csökkenti a kívánt mértékre.

A mérés megkezdése előtt a mérőkészüléket a szondát és a vezetéket feltöltjük vízzel. A rendszert légtelenítjük, majd kalibrációs mérést végzünk. Ezt egy vizsgált területen belül a méréssorozatot megelőzően kell végrehajtani. A kalibráció célja a szonda gumi membránjának és köpenyének, a mérőkészülék, a manométerek és egyéb alkatrészek rugalmas alakváltozásából adódó korrekciós tényezőjének meghatározása.

A hitelesítés során jól megválasztott terhelési értékekkel nyomás alá helyezzük a berendezést. Az egyes terhelési lépcsőkön belül a térfogatmérőn 15, 30 és 60 MPa-os leolvasások szükségesek.

A terhelési lépcsők számát addig növeljük, amíg a térfogatmérőn leolvasott vízszint 700 cm^3 értékig süllyed. A kalibráció befejezése után a szondát lehelyezzük a kívánt mérési pontra, melyet kétféleképpen lehet végrehajtani. Az egyik módszer az, ha előzetesen előkészített furatba helyezzük a szondát. Ebben az esetben a furat méretére meglehetősen szigorú megkötés van. A szondaátmérők függvényében megadott méretek a bemutatott táblázaton láthatók. (lásd 69. oldalt).

A másik módszer szerint a szondát furatkészítés nélkül, statikus nyomással, vagy veréssel, vagy a szondával egybeépített furófej segítségével süllyesztik a kívánt mélységbe.

| Szonda jele | Szonda- átmérő | Fúrásátmérő | |
|-------------|-------------------|-------------|------|
| | | min. | max. |
| EX | 32 | 34 | 38 |
| AX | 44 | 46 | 52 |
| BX | 58 | 60 | 66 |
| NX | 70 | 74 | 80 |

Ajánlott furatméretek

Ha a talaj szerkezete, összetétele olyan, hogy veszélyezteti a szonda külső gumi-köpenyének épségét, a szondát egy un. hasított csővel kell ellátni.

A következő táblázat L. Ménard által ajánlott eljárási módokat mutatja be, melyek a szonda talajba juttatásához szükségesek. Meg kell jegyezni, hogy nem állékony talajoknál zagymegtámasztást alkalmaznak. (lásd 70. oldal).

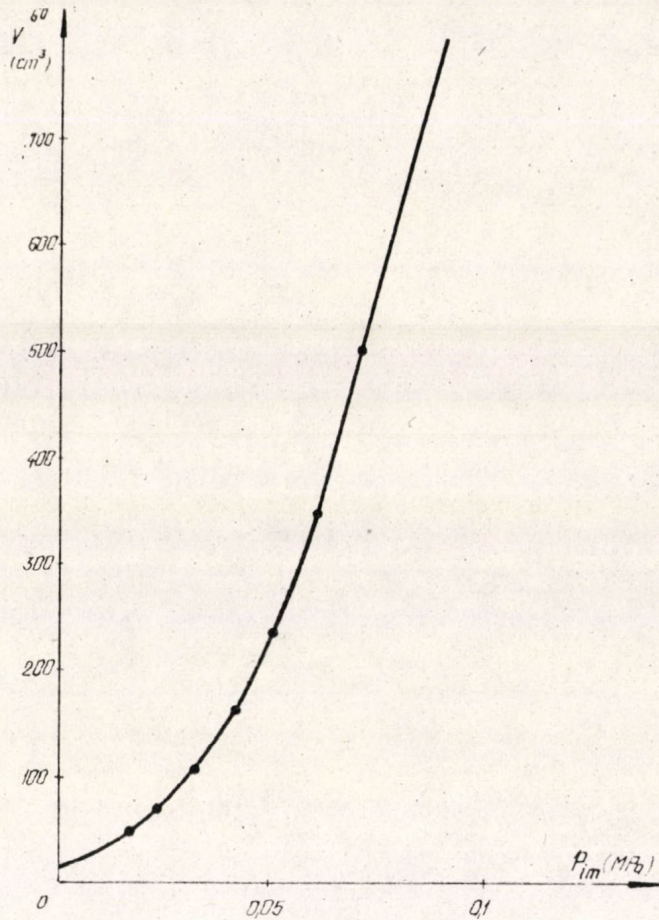
Miután a szonda a kívánt mérési helyen van, kezdődik a tulajdonképpeni próbaterhelés.

Előtte azonban tájékozódni kell a környék altalajviszonyáról, ugyanis az egyes terhelési lépcsők értékeit ajánlatos a vizsgált talaj becsült törőfeszültségének 1/10-ében megválasztani. Ez azért szükséges, hogy a feldolgozás során a tényleges törőfeszültség megközelítéséhez elegendő értékelhető adatpárral rendelkezünk.

Mindkét bemutatott készülék alkalmas 10 m alatti mérés végrehajtására, ez esetben a G típusnál a csőcsatlakozások bizonyos változtatására van szükség, a GA típusnál elég az erre szolgáló kapcsoló beállítása.

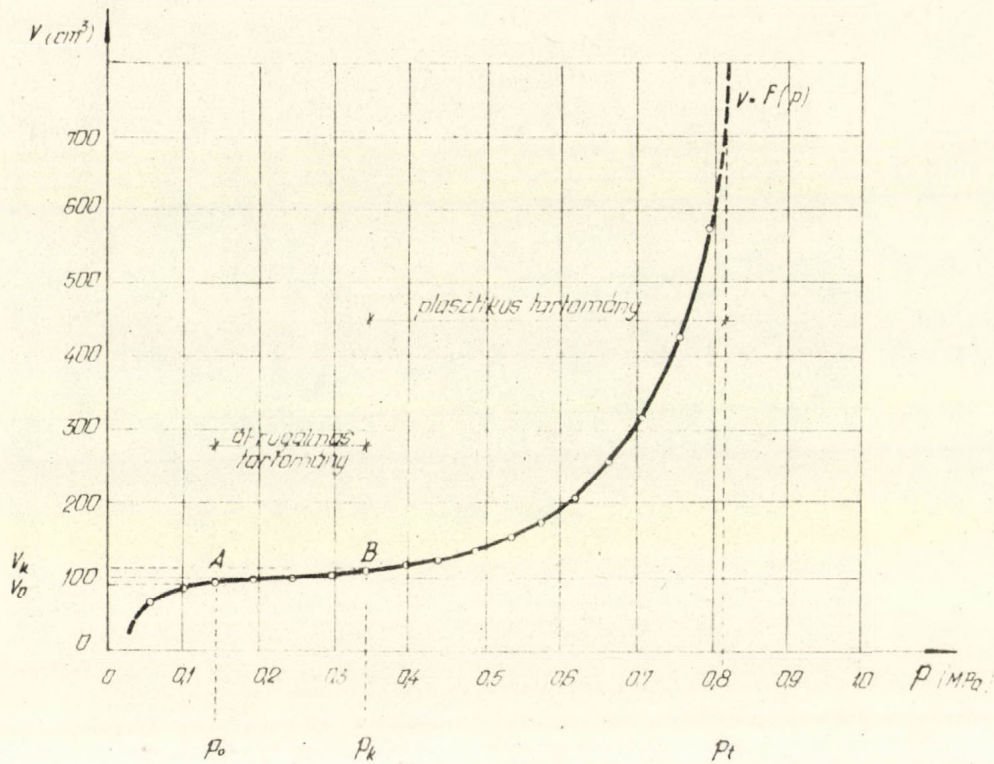
A próbaterhelési eredmények feldolgozását először a kalibrációs görbe megszerkesztésével kell kezdeni. (lásd 71. oldal.).

| A SZONDA TALAJBA JUTTATÁSÁNAK MÓDJJA | | TALAJFÉLESEGEK | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---|---|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------|---|---|--------|----|----|---|
| | | AGYAG | | | ISZAP, H. LISZT | | HOMOK | | | KAVICS | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| FŰRŐLYUKBA HELYEZVE | FURAT KÉSZÍTÉSE | <i>Kézi fúrás szárazon</i> | - | + | | - | + | - | + | | | | |
| | | <i>Kézi fúrás vízállítással</i> | + | + | | + | + | + | + | | | | |
| | | <i>Gépi fúrás folyamatos csigafúróval</i> | - | ○ | + | - | + | - | + | + | | ○ | ○ |
| | | <i>Gépi fúrás vízállítással, vágófejvel</i> | - | ○ | + | ○ | ○ | ○ | + | + | | ○ | ○ |
| | | <i>Gépi fúrás folyamatos magveendővel</i> | - | - | + | - | - | - | | | | | |
| | <i>Fúrás útve - forgatva</i> | - | - | ○ | - | ○ | - | ○ | + | | ○ | ○ | |
| | <i>Sima, menetes cső útve</i> | - | - | ○ | - | ○ | - | ○ | + | | ○ | | |
| | <i>Magveendő vibrációs súllyesztéssel</i> | - | - | ○ | - | ○ | - | ○ | + | | ○ | | |
| FŰRŐLYUK NÉLKÜL | <i>Szonda súllyesztése (hasított csőben) útve</i> | - | - | - | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ | | | |
| | <i>Szonda súllyesztése (hasított csőben) útve - forgatva</i> | - | - | - | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| — <i>nem tanácsolt módszer</i> | | 1 <i>puha, vízzel telített</i> | | 4 <i>vízzel telített</i> | | 6 és 9 <i>laza, vízzel telített</i> | | | | | | | |
| ○ <i>még megengedhető módszer</i> | | 2 <i>plasztikus</i> | | 5 <i>szórak</i> | | 7 és 10 <i>közepesen tömör</i> | | | | | | | |
| + <i>ajánlott módszer</i> | | 3 <i>kemény</i> | | 8 és 11 <i>tömör</i> | | | | | | | | | |



Kalibrációs görbe

A vízszintes tengelyen a manométeren leolvasott értékek, a függőlegesen pedig az egy perces térfogat leolvasások szerepelnek. Ezt követően a tényleges próbaterhelés adatait korrigáljuk részben a kalibrációnál kapott értékek, részben a hidrosztatikus nyomás figyelembevételével. E korrigált nyomást a vízszintes tengelyre rakjuk fel és az egy perces térfogatváltozásokat pedig a függőlegesre. Az így kapott görbének három jellemző szakasza van, amelyhez három pont rendelhető (p_o , p_k és p_t). (lásd 72. oldalon lévő ábrát).

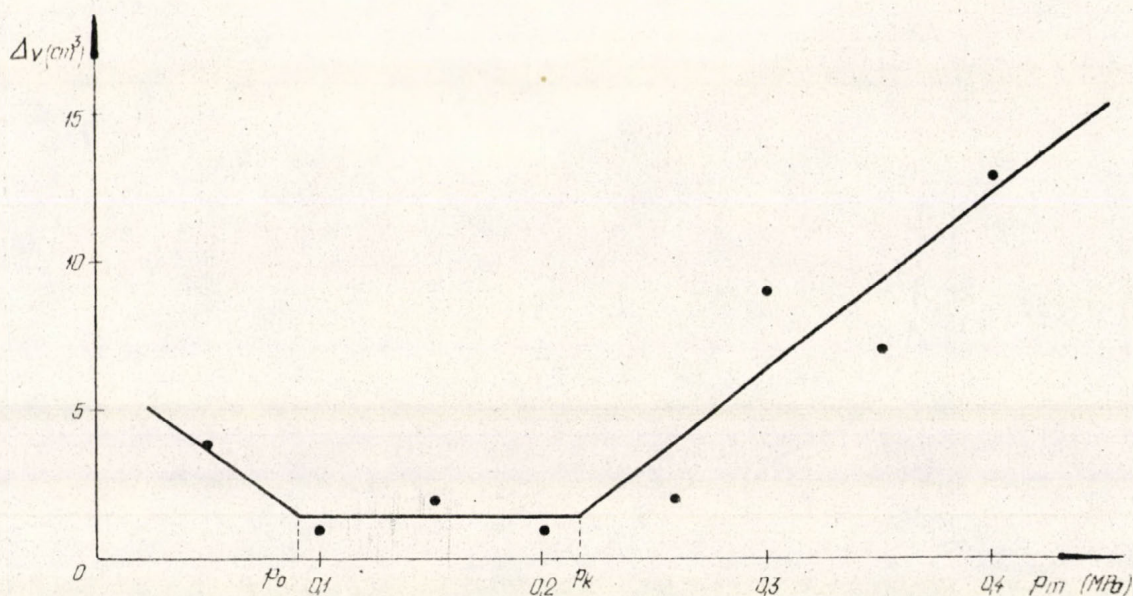


Az első $0-p_0$ közötti görbeszakasz a mérés bizonytalanságából ered. (A továbbiakban ezzel nem foglalkozunk). A p_0-p_k közötti második szakasz lineáris, az "álrugalmas" talajállapotot jellemzi.

A p_k - és p_t értékek között a talaj plasztikus állapotban van, az alakváltozó görbe egy p_t értékű függőleges aszimptotához simul. A különböző talajfizikai jellemzők és egyéb adatok, mint pl. ϵ_H , süllyedések számításához elengedhetlenül szükség van ezen jellemző p_0 , p_k és p_t pontok lehetőség szerinti pontos meghatározására. Egyik módja az, hogy ezen pontokat a presszióméteres görbéből szemlélet alapján, becsült értékkel leolvassuk.

E pontatlanság kiküszöbölésére irodalmi adatok alapján két eljárást említek:

Az első a p_0 és p_k pontok meghatározása az un. kuszási görbe segítségével. (lásd 73. oldal).



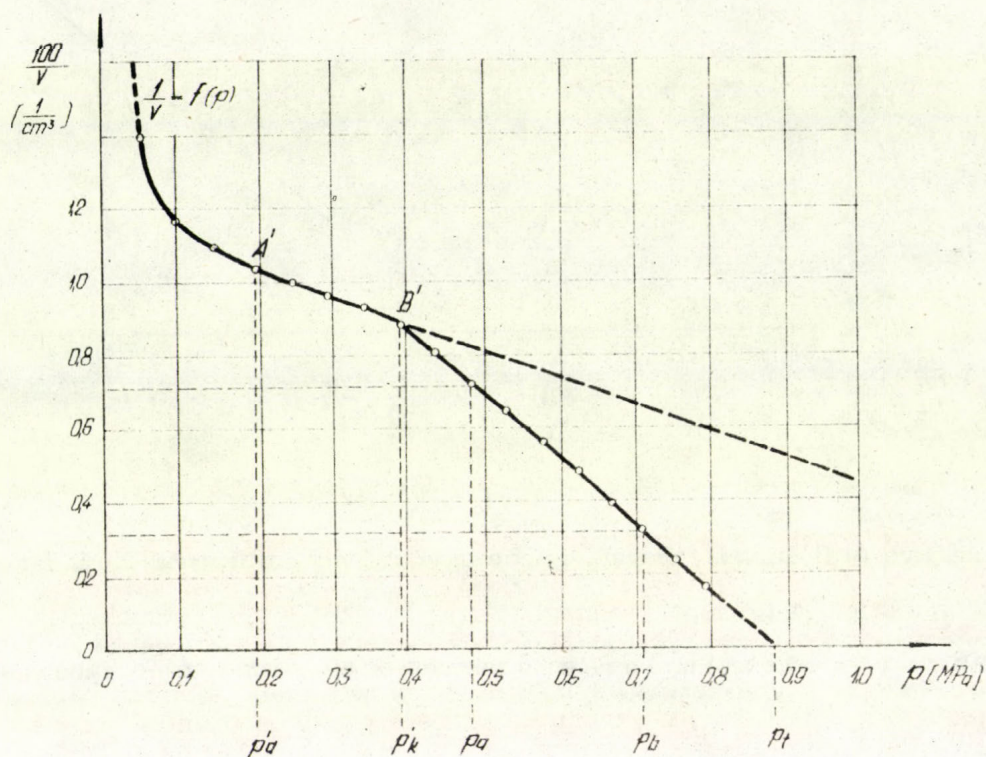
Az időtényezőt is figyelembevevő görbe egy, a fent bemutatott ábrán látható alakot veszi fel. A töréspontok meghatározzák a p_0 és p_k értékét.

A grafikon függőleges tengelyére a 30 perces és 60 perces térfogatleolvasások különbségét kell felrakni, a vízszintes tengelyre pedig a manométeren leolvasott p_m nyomást.

A másik módszer a p_t érték meghatározását teszi lehetővé. (lásd 74. oldalon lévő ábrát).

Megszerkesztjük a presszióméteres görbe inverz görbéjét úgy, hogy az ordinátára $1/v$ értékeket rakjuk fel.

Ez ismét jól elhatárolható három részre osztja a görbét, amelynek plasztikus tartományba eső szakasza is egyenes lesz, s ez az abszcissza tengellyel (p) metszésbe hozható. Az itt leolvasott nyomásérték a p_t -t adja.



A p_t törőfeszültség az inverz görbe adataiból számítással is meghatározható:

$$p_t = \frac{R_p}{v_a} + p_a \quad ; \quad \left[R_p = - \frac{\Delta_b^a p}{\Delta_b^a \left(\frac{1}{v} \right)} \right]$$

ahol p_a , v_a és p_b , a próbaterhelésnél leolvasott összetartozó értékpárok.

A továbbiakban néhány talajfizikai jellemző meghatározását ismertetem, melyek a presszióméterrel kapott részadatok felhasználásával számíthatók.

Elsőként a pressziometrikus modulus meghatározásával foglalkozom. Szándékosan nem összenyomódási modulust mondok, mert a kettő nem azonos egymással.

A pressziómetrikus modulus egy újfajta talajfizikai jellemzőnek fogható fel.
Ménard szerint a következő képlet segítségével számítható:

$$E_p = K \cdot \frac{\Delta_0^k(\rho)}{\Delta_0^v(v)}$$

ahol a K szonda alakváltozási tényezője, mely a közepes térfogat függvényében számítható (lásd a lenti ábrát).

| $v \text{ cm}^3$ | $K \text{ cm}^3$ | $\Delta_{10} \text{ cm}^3$ | $\Delta_1 \text{ cm}^3$ |
|------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|
| 0 | 1420 | | |
| 50 | 1560 | 28 | 28 |
| 100 | 1690 | 26 | 26 |
| 150 | 1820 | 26 | 26 |
| 200 | 1960 | 28 | 28 |
| 250 | 2090 | 26 | 26 |
| 300 | 2220 | 26 | 26 |
| 350 | 2350 | 26 | 26 |
| 400 | 2490 | 28 | 28 |
| 450 | 2620 | 26 | 26 |
| 500 | 2750 | 26 | 26 |
| 550 | 2890 | 28 | 28 |
| 600 | 3020 | 26 | 26 |
| 650 | 3150 | 26 | 26 |
| 700 | 3290 | 28 | 28 |
| 750 | 3420 | 26 | 26 |
| 800 | 3550 | 26 | 26 |

Szonda alakváltozási tényezőjének meghatározása

Wambeke ajánlása szerint a pressziómetrikus modulus meghatározható az ún. "inverz görbéből" is, ahol K_0 -t a p_0 nyomáshoz tartozó v_0 térfogat alapján kell számítani a már ismert táblázat alapján

$$E'_p = K_0 \cdot R \cdot \left(\frac{1}{v'_0}\right)^2$$

$$R = \frac{\Delta_0^k(p')}{-\Delta_0^k\left(\frac{1}{v'}\right)}$$

A két számolt E_p és E'_p értékek nem egyeznek egymással, mivel az E_p modulus az "ál rugalmas" állapot átlagos értékét adja, az E'_p pedig a p'_0 kezdeti feszültséghez tartozik.

A presszióméteres kísérletekkel kapcsolatosan az Inzenyrské Stavby 1972 8-9-es száma érdekes összehasonlító vizsgálati eredményt közölt:

négy különböző helyen a presszióméteres próbaterhelést függőleges és vízszintes irányú furólyukokban végezték. A kapott eredmények között -7 és +9,5 % eltérések adódtak.

Korábban der Bauingenieur 1966 12-es számában is megjelent egy összehasonlító értékelés, az ödométeres kísérletek és a presszióméteres modulusok eredményeiről. A két érték közötti egyezést, illetve a kismértékű eltérést jól mutatja az ábra (lásd 77. oldalon lévő ábrát).

| TALAJFAJTA | ÁLLAPOT | FESZÜLTSEGEK <i>kp/cm²</i> | | ÖSSZENYOMÓDÁSI MODULUSOK <i>E_s kp/cm²</i> | |
|------------------------------|------------------------|--|------------|--|------------|
| | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>a</i> | <i>b</i> |
| <i>trachittufa - agyag</i> | <i>kemény</i> | <i>15</i> | <i>25</i> | <i>196</i> | <i>187</i> |
| <i>agyag</i> | <i>puha-plasztikus</i> | <i>0,6</i> | <i>0,8</i> | <i>21</i> | <i>23</i> |
| <i>iszap</i> | <i>puha</i> | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>25</i> | <i>23</i> |
| <i>agyagos iszap</i> | <i>puha</i> | <i>10</i> | <i>12</i> | <i>36</i> | <i>37</i> |
| <i>iszap</i> | <i>kemény</i> | <i>15</i> | <i>25</i> | <i>124</i> | <i>111</i> |
| <i>agyag</i> | <i>puha,plasztikus</i> | <i>10</i> | <i>12</i> | <i>59</i> | <i>66</i> |
| <i>iszap</i> | <i>kemény</i> | <i>22</i> | <i>3,0</i> | <i>142</i> | <i>130</i> |
| <i>iszap</i> | <i>kemény</i> | <i>15</i> | <i>3,0</i> | <i>118</i> | <i>115</i> |
| <i>iszapos homok</i> | <i>kemény</i> | <i>15</i> | <i>3,0</i> | <i>116</i> | <i>105</i> |
| <i>lössz</i> | <i>kemény</i> | <i>25</i> | <i>4,5</i> | <i>233</i> | <i>216</i> |
| <i>iszapos homok</i> | <i>kemény</i> | <i>25</i> | <i>4,5</i> | <i>294</i> | <i>278</i> |
| <i>közép durva homok</i> | <i>tömör</i> | <i>25</i> | <i>4,5</i> | <i>678</i> | <i>633</i> |
| <i>iszapos közepes homok</i> | <i>közepesen tömör</i> | <i>25</i> | <i>4,0</i> | <i>402</i> | <i>387</i> |
| <i>köves iszap</i> | <i>kemény</i> | <i>25</i> | <i>7,0</i> | <i>612</i> | <i>573</i> |
| <i>köves iszap</i> | <i>kemény</i> | <i>25</i> | <i>6,5</i> | <i>563</i> | <i>544</i> |
| <i>bazalt-tufa</i> | <i>kemény</i> | <i>10</i> | <i>1,6</i> | <i>85</i> | <i>76</i> |
| <i>trachit-tufa</i> | <i>fél-kemény</i> | <i>20</i> | <i>4,5</i> | <i>286</i> | <i>270</i> |

a — *ödornéteres kísérletből*
b — *pressziométerrel meghatározva*

A nyírószilárdsági paraméterek számítására a franciaországi tapasztalatok alapján a következő képletet dolgozták ki.

$$p_t = \left[\frac{E_p}{2(1+\mu) \cdot \sin \phi} \cdot \frac{1}{p_0 \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \phi} \right]^a \cdot (1 + \sin \phi) \cdot (p_0 + c \cdot \operatorname{ctg} \phi) - c \cdot \operatorname{ctg} \phi ;$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot \left[1 - \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \right]$$

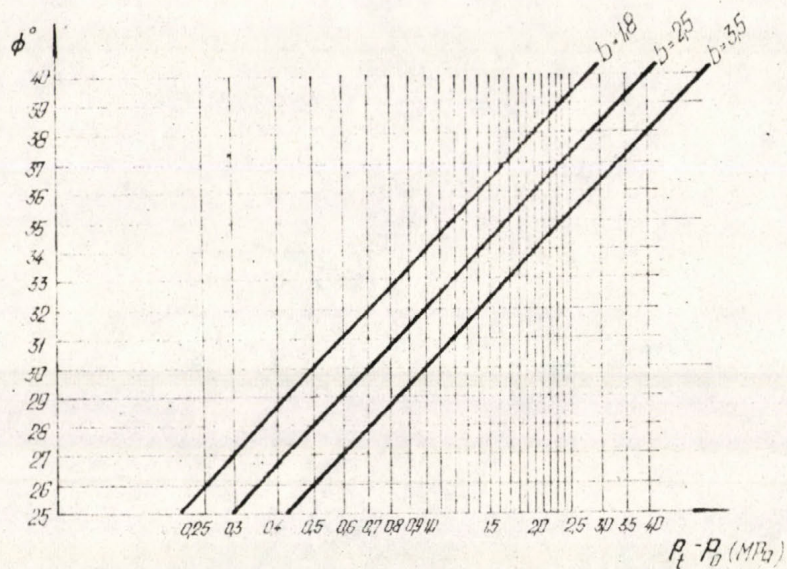
ahol: $\mu = 0,35$ (Poisson szám)
 $c =$ kohézió
 $\phi =$ surlódási szög
 p_0 és $p_t =$ presszióméteres kísérlettel nyert adatok.

Két határesetben, amikor is a $c = 0$, ill. $\phi = 0$, a képlet a következőképpen módosul:

$$1.) \quad c = 0 \quad p_t - p_0 = b \cdot 2 \cdot \frac{\phi - 24}{4}$$

ahol $b = 1,8$ nedves talaj esetén
 $b = 3,5$ száraz " "
 $b = 2,5$ átlagos esetben.

Erre az esetre a bemutatott grafikon is gyors számítási lehetőséget nyújt. (lásd 79. oldalt).



Súrlódási szög számítása

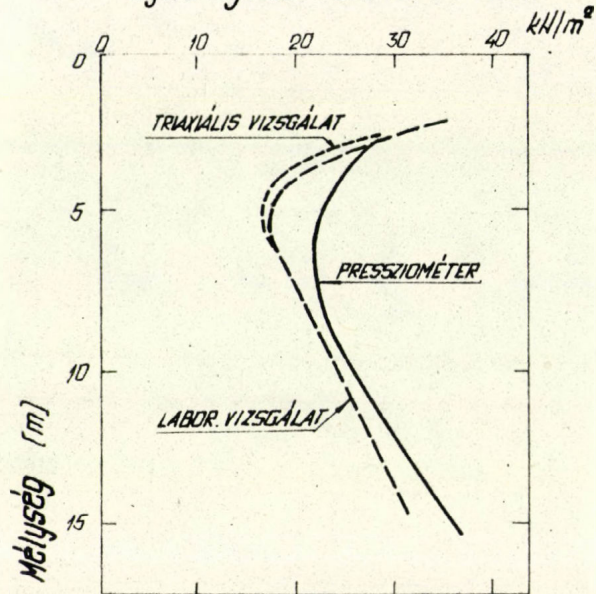
2.) $\phi = 0$ esetén

$$P_t - P_0 = C \cdot \left[1 + \ln \frac{E_p}{2(1+\mu) \cdot C} \right]$$

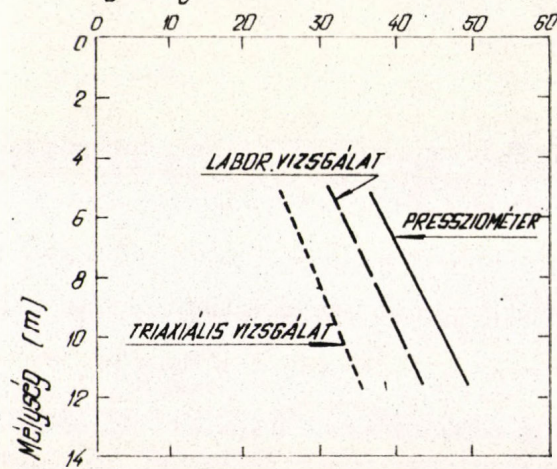
képletet lehet használni.

A nyírószilárdság kérdéséhez kapcsolódva két nem európai irodalmi hivatkozást említek. Az Amerikai Egyesült Államokban végzett összehasonlító kísérletek eredményei szerint a nyírószilárdság mélységbeli változását különböző vizsgálattal elemezték. A különböző eredmények közötti kapcsolatot a következő két ábra szemléletesen mutatja be. (Lásd a 80. oldalon lévő ábrákat).

Gyors nyírás víztelenítés nélkül



Gyors nyírás víztelenítés nélkül (kN/m²)



Egy további témakörben a süllyedésszámítás Ménard-féle módszerét ismertetem:

A süllyedés várható értéke a két rész összegéből áll:

$$\Sigma s = s_1 + s_2$$

$$s_1 = \frac{\alpha}{4,5 \cdot E_p} \cdot \sigma \cdot \lambda_3 \cdot B$$

$$s_2 = \frac{1,33}{3E_p} \cdot \sigma \cdot B_0 \cdot \left(\lambda_2 \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

ahol - B az alap félszélessége

- E_0 pressziómetrikus modulus homogén altalajt feltételezve
- $B_0 = 30$ cm
- λ_2, λ_3 alak tényező
- α szerkezeti vagy reológiai tényező
- σ süllyedést okozó feszültség

λ_2 és λ_3 értékek, valamint az α tényezők a következő táblázatokból számíthatók:

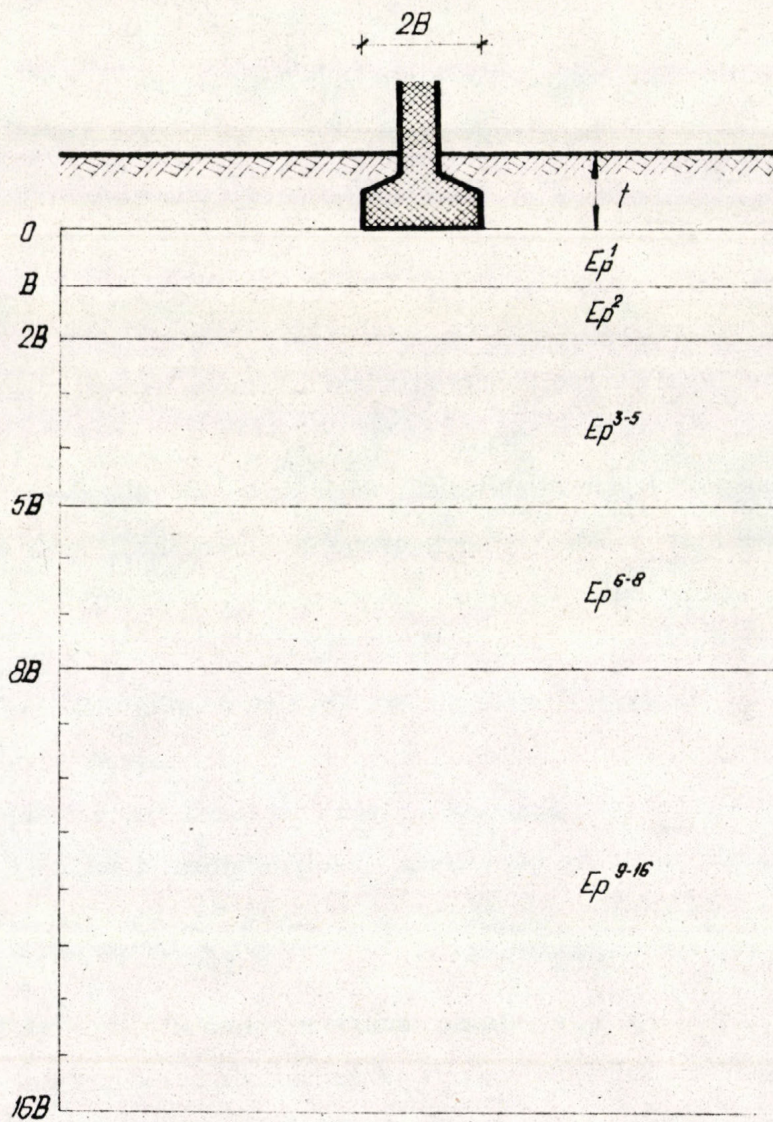
| $L/2B$ | 1 | 2 | 3 | 5 | 20 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| λ_2 | 112 | 153 | 178 | 214 | 265 |
| λ_3 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

Alaki tényezők (λ) meghatározása

| TALAJTÍPUS | TÖZEG | | AGYAG | | ISZAP | | HOMOKLISZT- FINOM HOMOK | | DURVAHOMOK- KAVICS | |
|-------------------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|----------------------------|----------|-----------------------|----------|
| | Ep/pt | α | Ep/pt | α | Ep/pt | α | Ep/pt | α | Ep/pt | α |
| TÚLKONSZOLIDÁLT | | | >16 | 1 | >14 | 23 | >12 | 12 | >10 | 13 |
| NORMÁLISAN KONSZOLIDÁLT | | 1 | 9-16 | 2/3 | 8-14 | 1/2 | 7-12 | 13 | 6-10 | 14 |
| ÁTHALMOZOTT ÉS FELTÖLTÉSES | | | 7-9 | 1/2 | | 1/2 | | 13 | | 1/4 |

α szerkezeti tényezők meghatározása

Rétegzett altalaj esetén az alap alatti félteret $16 \times B$ mélységig öt sávra kell bontani. Ezt a bemutatott ábra szemlélteti:



Határmélység rétegzett talaj esetén

Kiszámítjuk E_p^B átlagos pressziómetrikus modulust a bemutatott képlet alapján:

$$E_p^B = \frac{4}{\frac{1}{E_p^1} + \frac{1}{0,85 E_p^2} + \frac{1}{E_p^{3-5}} + \frac{1}{2,5 E_p^{6-8}} + \frac{1}{2,5 E_p^{9-16}}}$$

Ezt követően a süllyedés számítási képletek közül az s_1 -be az E_p^A értéket az s_2 -be pedig E_p^B -t kell behelyettesíteni.

$$E_p^A = E_p^1$$

A süllyedésszámítással kapcsolatosan szeretném a következőket megjegyezni:

Akár az eddig használt konvencionális süllyedésszámítási módszert nézzük, akár a Ménard-féle képletet, mindegyikben szerepel a talaj alakváltozási tulajdonságát jellemző érték, ez E_s , ill. az E_p .

A külföldi irodalmi cikkek egy része elsősorban nem ezen talajfizikai jellemzők összehasonlító értékelését elemezték, hanem az E_p felhasználásával számított és a mért süllyedések viszonyát vizsgálták. Ilyen összehasonlító értékelést tartalmaz a következő táblázat, mely Die Bautechnik c. folyóiratban jelent meg. (lásd 85. oldalon lévő ábrát).

Meglepően jó arányt tüntet fel az utolsó oszlopban felsorolt S'/s értéksor, melyeket 11 különböző munkahelyen végzett mérések alapján számítottak.

| ÉPÍTMÉNY | ALTALAJ | SÜLLYEDÉS mm | | ARÁNY s/s |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| | | számitott s' | mért s | |
| KÓRHÁZ, LUND, SVÉDORSZÁG | moréno | 3,8 | 4,3 | 0,88 |
| | | 4,5 | 4,5 | 1,00 |
| IRODAÉPÜLET, SÖDERTÁLJE SVÉDORSZÁG | mesterséges homok-feltöltés | 69 | 60 | 1,15 |
| TARTÁLY, ϕ 27 m BAYONNE | finom homok | 12 | 11 | 1,09 |
| | | 28 | 31 | 0,90 |
| TARTÁLY ϕ 20 m ROUEN | iszap | 800 | 700 (nincs lekerekítve) | 1,14 |
| TARTÁLY ϕ 67 m GABON | homok | 25 | 21 | 1,19 |
| | | 35 | 36 | 0,97 |
| LAKÓÉPÜLET, ANTWERPEN | finom homok | 17,5 | 18 | 0,97 |
| HÍD, AUDEMARDE | iszap | | | 1,25 |
| | | | | 1,03 |
| ACÉLMŰ, TARANTE | szilárd agyag | 3,5 | 3,1 | 1,14 |
| | | 3,5 | 3,3 | 1,05 |
| SILÓ, GENUA | agyag márga | 3,0 | 3,0 | 1,0 |
| | | 3,0 | 3,15 | 0,95 |
| HÍD, LILLE-DUNKIRCHEN | iszapos homok | 3,5 | 4,6 | 0,76 |
| HÍD, DISSEL | folyós homok | 3,5 | 2,65 | 1,32 |

| TÖRŐFESZÜLTSEGEK (p _r) | TERMETT TALAJOK | TALAJKATEGÓRIÁK |
|--|--|-----------------|
| kevesebb mint 1,2 MPa kevesebb mint 0,7 MPa | agyag iszap | I. KATEGÓRIA |
| 1,8-4,0 1,2-3,0 0,4-0,8 1,0-3,0 | tömör iszap homokliszt puha vagy áthalmazott kőzet | II. KATEGÓRIA |
| 10-20 40-100 | homok és kavics szikla | III. KATEGÓRIA |
| 30-60 | nagyon tömör homok és kavics | IIIa KATEGÓRIA |

Talajkategóriák meghatározása

A t/B viszony és a talajnem ismeretében meghatározzuk az A és B pontokat. Ezt összekötve az A' és B' pontokkal, egy C j. metszékét kapunk. E metszéken és az ismert L/2 B értéken (M') áthuzott egyenes meghatároz egy M pontot, melyhez tartozó (k) érték leolvasható.

Összefoglalásul a következőket lehet megállapítani:

A külföldi szakcikk tanulmányozásaiból kitűnik, hogy a presszióméteres készülékkel nyert adatok a tervezés során jól hasznosíthatók.

Ezzel a készülékkel újabb lehetőség nyílik olyan talajfélésekben talajfizikai jellemzők meghatározására, amelyekben eddig furási technológiával nem, vagy csak igen nagy nehézségekkel lehetett zavartalan talajmintát venni. Ezen kívül nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy mint "in situ" vizsgálat, a talaj eredeti állapotában végez méréseket, mely a valóságot a lehető legjobban megközelítő eredményeket szolgáltatja.

A többi "in situ" vizsgálati módokhoz hasonlóan munkaerőt, időt, szállítási költséget és laborvizsgálatot takarít meg. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a drága berendezés, kezeléséhez jól képzett technikus vagy üzemmérnök szükséges, mivel az igen érzékeny műszer pontos és precíz munkavégzést igényel.

Hasonlóan precíz munkát igényel a furat készítése is. A furat falának állékonyságát a mérés egész időtartama alatt biztosítani kell. Ez kétségtelen sarkalatos pontja az egész próbaterhelésnek. Emiatt a Nyugat-Európai országokban egyre gyakrabban alkalmazzák az előzetes furatkészítés nélküli vizsgálatot. A szondát közvetlen a furófej fölé helyezve süllyeszti a mérési helyre.

A LAPDILATOMÉTER ÉS ALKALMAZHATÓSÁGA

Szabó Gyula ^{x)}

A talajmechanikai gyakorlatban a geotechnikai számítások a talajfizikai jellemzőkre támaszkodnak, ezért ezek megbízható meghatározása döntő jelentőségű. Közismert, hogy a laboratóriumi eredményeket a talajmintát ért káros hatások nagymértékben befolyásolhatják, sok esetben felhasználhatóságukat is kétségbe vonhatja. A furáskori talajmintavétel, a csomagolás, a szállítás, a tárolás, a minta előkészítése, de nem utolsósorban a feldolgozása is hibalehetőségeket rejtnek magukban.

A mai körülmények mellett legmegbízhatóbb mintavétel a kutatógödörből eszközölhető, azonban alkalmazási köre nagyon korlátozott. A furásokból történő mintavétel megbízhatósága ennél lényegesen kisebb, egyes esetekben (pl. talajviz alatti finom homokokban) pedig teljesen megoldatlan. Nyugodtan mondhatjuk, hogy a jó mintavétel a talajmechanika egyik alapvető kérdése, mert minden további számítás megbízhatósága a mintavétel jóságának függvénye.

Kézenfekvőnek látszik, hogy célravezetőbb a talajt eredeti állapotában is fekvésében vizsgálat alá vonni. Ennek széles körben alkalmazott egyik eszköze a szondázással való talajfelderítés. Ezek az "in situ" vizsgálatok jól kiegészítik és részben helyettesítik a laboratóriumi vizsgálatokat. A szondázás a rétegek szilárdságáról, vastagságáról, a talaj tömörségéről és állapotáról folyamatos információkat szolgáltat. Az alakváltozási jellemzők

^{x)} Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

meghatározásához a szondázási adatok már csak erős közelítésnek tekinthetők. Némileg enyhíteni kívántak e megoldatlan kérdésekben a presszióméterek használatával. A presszióméteres mérésnél egy előzőleg elkészített furólukba kell a kívánt mélységbe az észlelőfejet leengedni. A magasan képzett kezelőszemélyzetet igénylő, viszonylag bonyolult presszióméterek viszont nem tudják kielégíteni a gyorsaság, az egyszerűség, a mért adatok szubjektivitásból származó hibáitól való mentesség követelményét.

Olyan helyszíni vizsgálati módszert, mely a fenti követelmények maximális kielégítését jól megközelíti, Olaszországban dolgoztak ki. A presszióméterek viszonylagos bonyolultságát és az ebből eredő hibalehetőségeket kiküszöbölve, az előfurás elhagyásával, az ujszerű mérőfejet a statikus szonda működésével azonos módon nyomják be a talajba, és folyamatosan mérik a szondázással nyerhető adatokon túlmenően a talaj alakváltozására vonatkozó - egyébként a presszióméterrel meghatározható - jellemzőket is.

Az új műszert, a lapdilatatómér Silvano Marchetti, az Aquilai Egyetem Geotechnikai Tanszékének megbízott professzora kísérletezte ki. Az Aquilai laboratórium, valamint a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat közötti együttműködés keretében az FTV szervezésében Marchetti professzor 1978. júniusában az új műszerről, annak működési elvéről az FTV-ben előadást tartott, majd ezt követően Budapest határában helyszíni bemutatóra került sor, ahol az érdeklődők a műszert mérés közben is megtekintették.

Az újonnan kifejlesztett helyszíni talajfeltáró készülékkel egyszerű korrelációs kapcsolatokat sikerült kimutatni - a széleskörű geotechnikai tervezés részére - a kísérleti eredmények és a talaj néhány jellemző paramétere között. A korrelációk a tényleges dilatatóméteres adatokra támaszkodnak, melyeket különböző munkahelyeken, különböző talajfajták esetében mértek, és ezeket a talajokat geotechnikai szempontból laboratóriumi és egyéb más helyszíni módszerekkel többszörösen ellenőriztek.

A műszer ismertetése

A lapdilatatómérő nyomószondázásra alkalmas bármely berendezéssel és az iparban általánosan használt nyomáscsökkentővel felszerelt gázpalackkal (sűrített levegő, nitrogén, széndioxid) üzemeltethető. A következő három fő részből áll :

1. Dilatómérő csucs, mely egy rozsdamentes acélpengé, melyet a statikus szonda rudazatára erősítenek és a talajba nyomnak. Az acélpengé egyik oldalában 60 mm átmérőjű fém-membrán van elhelyezve. A membrán felülete és a fémpengé nyugalmi helyzetben közel azonos síkban helyezkedik el. A talajba préselt acélpengé membránja gáznyomás hatására kitágul és az eredeti síkjából kiemelkedve a talajra nyomást fejt ki.

2. Összekötő vezeték, mely a statikus szonda üreges rudazatába befűzve összeköti a talajban levő acélpengét a felszíni mérőműszerrel. Az összekötő vezeték egy rugalmas cső és egy elektromos kábel összeépítésével kapjuk. (A vezeték az 1. képen tekercsben látható.)

A vezeték csövén keresztül továbbítjuk a gáznyomást a membránra, a membrán mozgásáról pedig a kábel segítségével tud a mérőműszer információkat adni.

3. Mérőműszer. A gáznyomás hatására a membrán először nekifekszik a talajnak (ez a kezdeti p_0 nyomás), majd a gáznyomást fokozva benyomódik a talajba. A mérőműszer a kezdeti nyomás fellépésekor sipoló hangot ad (ekkor a műszert leolvassuk). A sipoló hang addig tart, míg a nyomás fokozása mellett a membrán 1,0 mm-t benyomódik a talajba. (A hang megszűnésekor leolvassuk a műszeren a p_1 gáznyomást.) A gáz adagolásának sebességét úgy kell szabályozni, hogy a rugalmas membrán 1,0 mm-es ki-nyomódása 15-30 sec alatt következzen be.

Az acélpenge csucsának a talajba való benyomása 20 cm-es szakaszokban történik. Minden 20 cm-es előrehaladás után a besajtolást megszakítják és gáznyomás adagolása mellett elvégzik a p_0 - és p_1 -érték leolvasását, majd tovább folytatják az acélpenge lesajtolását. Ezáltal a talajról 20 cm-ként kapunk értékes információkat. A berendezés üzemkész állapotba helyezése után a 15 m mélységig való szelvényezés időszükséglete alig két óránál.

A leolvasások feldolgozása

A helyszínen leolvasott p_0 és p_1 értékeket három paraméter kiszámítására használjuk fel, melyek az értékelés alapját képezik.

- Az I_D - index szorosan kapcsolódik a talaj szemcseösszetételéhez. Ha értéke 0,6-nál kisebb, akkor agyagról, 0,6- 1,8 között iszapról, 1,8-nál nagyobb érték esetében homoktalajról van szó. Természetesen az esetek legnagyobb részénél átmeneti talajokkal állunk szemben. Ezt homokos, iszapos, agyagos jelzővel - az eddigi gyakorlatnak megfelelően - lehet ki-fejezni.

- A K_D - érték a vízszintes oldalnyomás számítására szolgál, így a $K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$ földnyomási együtthatót határozhatjuk meg belőle. K_D hoz-závetőlegesen állandó értékre adódik, de előterhelt és időnk folyamán teher-mentesült talajokban a mélységgel fokozatosan csökken.

- Az E_D - dilatométeres modulusból a talaj nyírószilárdságára és össz-szenyomódására lehet következtetni. Homokban 150-1300 kp/cm², lágy agyagokban 5-30, kemény agyagokban a 250 kp/cm² nagyságu. Az E_D -érték nagyon közel áll a talaj összenyomódási modulusához.

A mért p_1 és p_0 nyomásból a paraméterek számítása a következők szerint történik:

$$I_D = \frac{p_1 - p_0}{p_0 - u_0} ,$$

$$K_D = \frac{p_0 - u_0}{\bar{\sigma}_v} ,$$

$$E_D = a (p_1 - p_0) ,$$

ahol u_0 a pórusviznyomás, $\bar{\sigma}_v$ a hatékony függőleges feszültség (geosztatikai nyomás), a talaj vizsgált mélységében, a mérőműszer be-sajtolása előtti állapotban. A számításhoz - mint fentiekből következik - a talajviz szintjét és a talaj térfogatsúlyát - legalább közelítően - előre ismerni kell. Az E_D képletében levő "a" műszerállandó a membrán rugalmasságának a függvénye.

Talajjellemzők meghatározása

A gyakorlati felhasználáshoz Marchetti professzor korrelációs kapcsolatot mutatott ki a laboratóriumban kapott jellemzők és a dilatométeres mérésekből számított paraméterek között. Néhány korrelációs kapcsolatot az 1.- 3. ábrák szemléltetnek. Az 1-3. ábrákon levő összefüggések lehetővé teszik, hogy a mélység függvényében folyamatos szelvényben meghatározzuk a következő talajjellemzőket:

$$K_o = \frac{\bar{\sigma}_h}{\bar{\sigma}_v}$$

nyugalmi földnyomási tényező (az 1. ábra görbéje előterhelt talajok esetére is érvényes);

$$OCR = \frac{\bar{\sigma}_{vm}}{\bar{\sigma}_v}$$

az előkonszolidáció foka, ahol $\bar{\sigma}_{vm}$ az előterhelési feszültség. Az előkonszolidáció a talaj egykori esetleges túlterheléséből származhat, melyet az idők folyamán eltávolítottak (2. ábra).

Számítható még a függőleges összenyomódási modulus, a c_u nyirási ellenállás (kohézió), melyet laboratóriumban vizelvezetés nélküli (UD, undrained), nem konszolidált (UC, unconsolidated) triaxiális vizsgálattal kaphatunk meg [4]. A 3. ábra egyenese c_u legkisebb értékeit adja.

A 4. ábra lehetővé teszi, hogy a talaj szemcseösszetételét, a talaj megnevezését meghatározzuk, és talajszelvényt készítsünk.

Alkalmazási lehetőségek

A helyszíni dilatométeres felvételtől nyert adatok a talajmechanikában széles körben felhasználhatók, és pedig a következő területeken.

1. Süllyedésszámítás (Az M összenyomódási modulus, illetve annak változása a feltárt mélységig rendelkezésre áll).
2. Talaj oldalnyomása lejtős területeken levő mérnöki létesítményekre.
3. Lejtők stabilitásvizsgálata, a lejtő lábánál figyelembe vehető passzív földellenállás meghatározása.

4. Erózió által lepusztult területeken az előterhelés meghatározása.
5. Támfalakra, alagutfalazatokra ható földnyomás számítása, szádfalak, vasbeton falak stabilitásvizsgálata.
6. Földgátak feszültségállapotsa, csuszásveszélyes részek ellenőrzése.
7. Talajállapot, rétegszelvény meghatározása, stb.

Hazai kísérlet

A lapdilatométert számos olasz munkahelyen alkalmazták, több külföldi államban üzemszerűen kipróbálták, a műszer működési elvét alkalmazási területét még több helyen ismertették. A műszert az FTV szervezésében hazánkban is kipróbálták. Az észlelő csucs talajba való lejjuttatására az Sz 832 típusu szovjet statikus szondázógépet használtuk fel. A berendezés nyomórudazatán levő eredeti szondacsucsot a lapdilatométer észlelő csucsával helyettesítve, a rudazatba az elektromos kábellel is ellátott hajlékony csövet befűzve, a berendezés alkalmassá vált a dilatométeres mérésre. Meg kell jegyezni, hogy egyéb szondázó berendezéssel is végrehajthatók a vizsgálatok.

Az FTV-ben tartott ismertető előadás után Nagykövácsiban a Növényvédelmi Kutató Intézet telephelyén került sor a helyszíni bemutatóra, ahol 12,5 m mélységig készült dilatométeres felvétel. A geológiailag előterhelt iszap és iszapos homokliszt rétegről a felvétel két óráig sem tartott az érdeklődők a gép működése közben kaptak választ kérdéseikre, majd rövid előzetes értékelés alapján néhány talajfizikai jellemző is még a helyszínen ismertetésre került.

Az irodai értékelés viszonylag egyszerű és gyors, de gépi feldolgozás is megoldott. A Nagykovácsi kísérletről készült gépi feldolgozás részlete az 5. ábrán látható. A feldolgozás Rómában készült.

A kísérlet igazolta, hogy a lapdilatató mérő hazai talajviszonyok mellett is jól alkalmazható, és értékes adatokat ad a tervezés részére. Hazai bevezetésével vizsgálataink pontosabbá és gyorsabbá tehetők.

Meg kell jegyezni, hogy a jelenlegi in situ vizsgálatok mind arra törek-
senek, hogy a helyszínen mért adatokból az eddig használt talajfizikai jel-
lemzőket határozzák meg, amelyeknek a felhasználásával a szükséges geo-
technikai számítások elvégezhetők. Jövőbeni fejlődés iránya az, hogy a
helyszínen mért műszeres adatokat közvetlenül, - a hagyományos talajfi-
zikai jellemzők számításának elhagyásával - használjuk fel a geotechnikai
mérétezéshez.

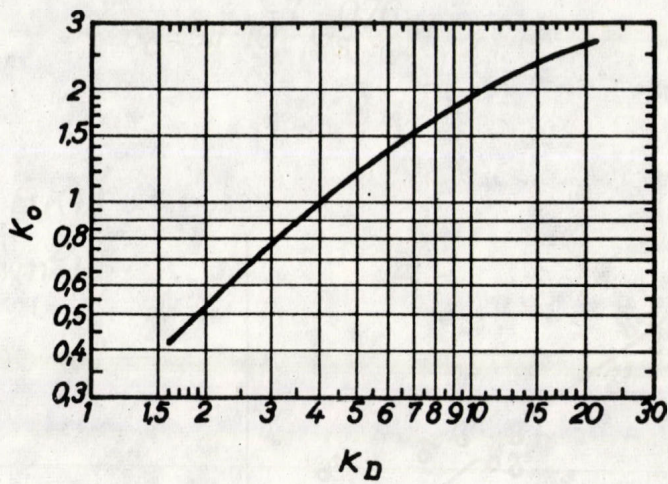
Végül köszönetem fejezem ki mindazoknak, akik az értékes ismertető elő-
adás és a helyszíni bemutató megszervezésében segítséget nyújtottak, annak
anyagi fedezetét (FTV) biztosították. A cikkhez az eredeti ábraanyagot, és
részben a szöveget is Marchetti professzor bocsátotta rendelkezésemre,
ezáltal is hozzájárulva ezen új műszer megismeréséhez. Ezirányu fárado-
zását itt is szeretném megköszönni.

Irodalom

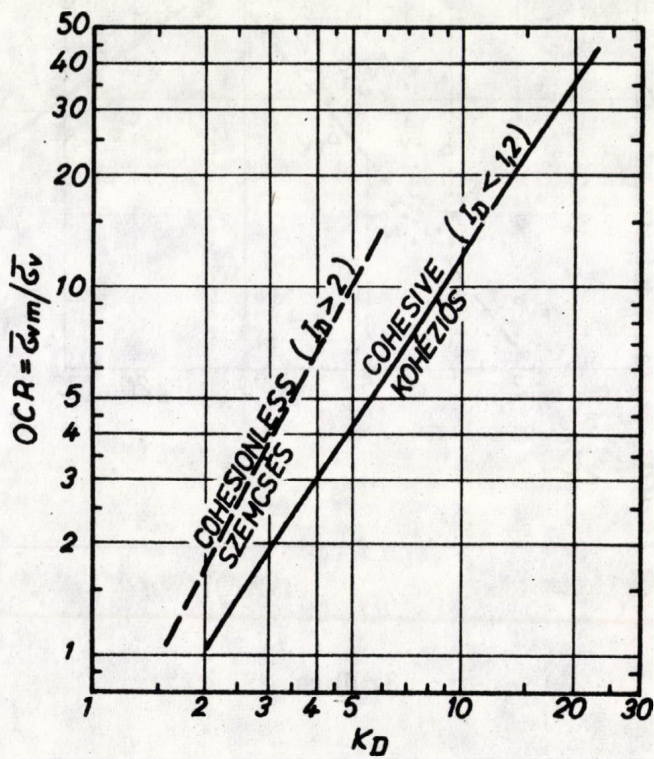
- (1) Marchetti, S. (1975): A new in situ test for the measurement of horizontal soil deformability. Proc. on Confer, In situ measurement of soil properties, ASCE Specialty Confer., Raleigh. North Carolina.
- (2) Marchetti, S. (1978): In situ tests by flat dilatometer. Paper submitted for possible publication to ADCE, Journal, B.E.D.
- (3) Kézdi Á. (1975): Pile Foundations, 19. Chapter of the "Foundation engineering handbook." Wintercorn, Hans, Fang etc.szerk. Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- (4) Kézdi Á.: Talajmechanikai praktikum. Tankönyvkiadó Budapest, 1976.

Ábrajegyzék

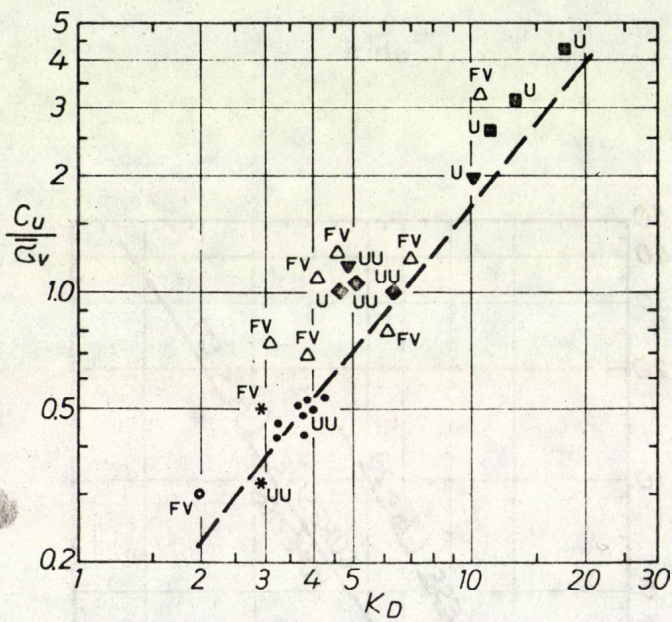
1. ábra K_o nyugalmi földnyomási szorzó meghatározása K_D -segítségével.
2. ábra OCR előkonszolidáció foka a K_D függvényében.
3. ábra Kohéziós talajok vizelvezetés nélküli c_u nyirási ellenállása és a K_D tényező közötti összefüggés.
4. ábra A talajok megnevezése és osztályozása az I_D és E_D indexek alapján.
5. ábra Részlet a Nagykovácsiban végzett dilatόμεteres mérés gépi feldolgozásáról.



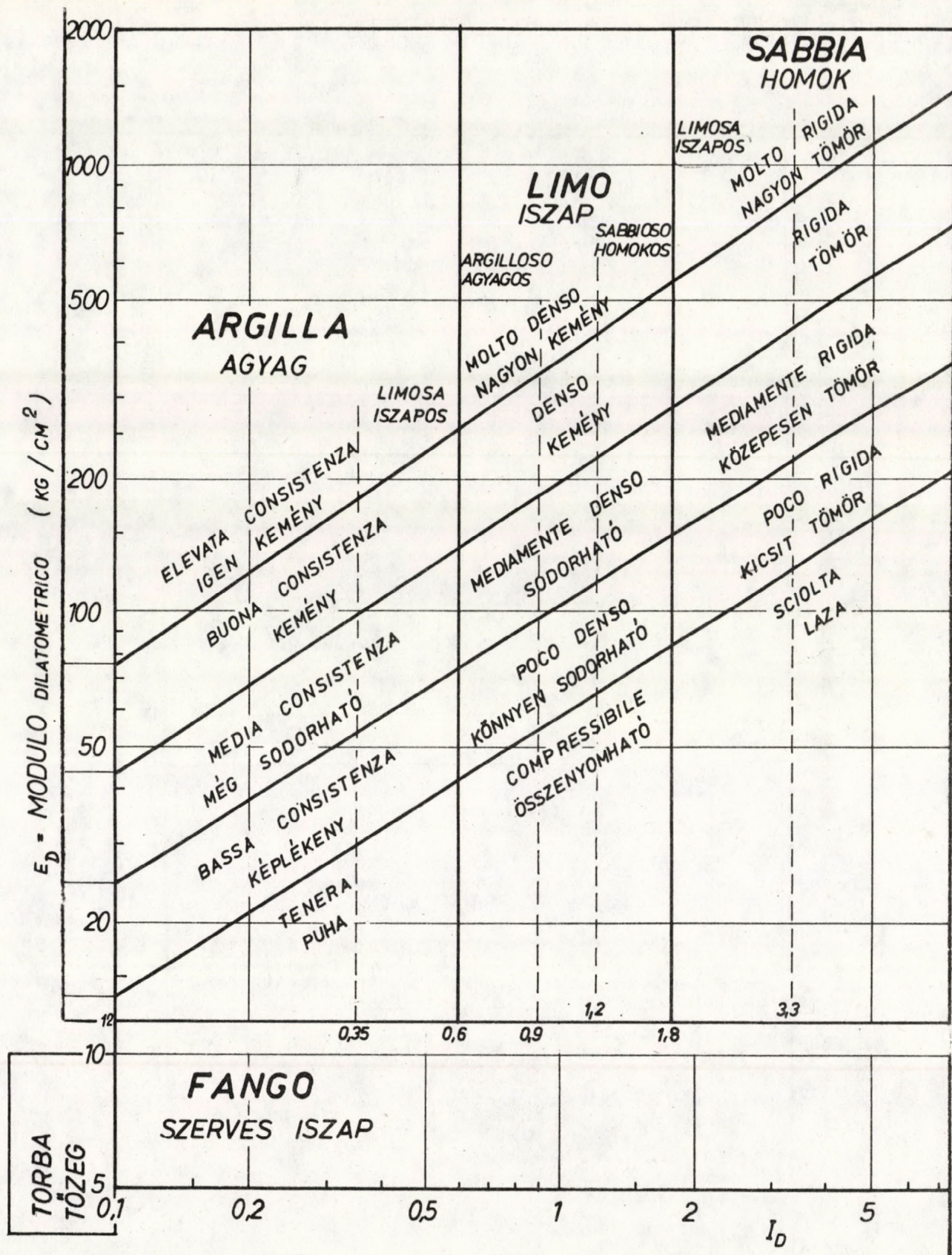
1. ábra

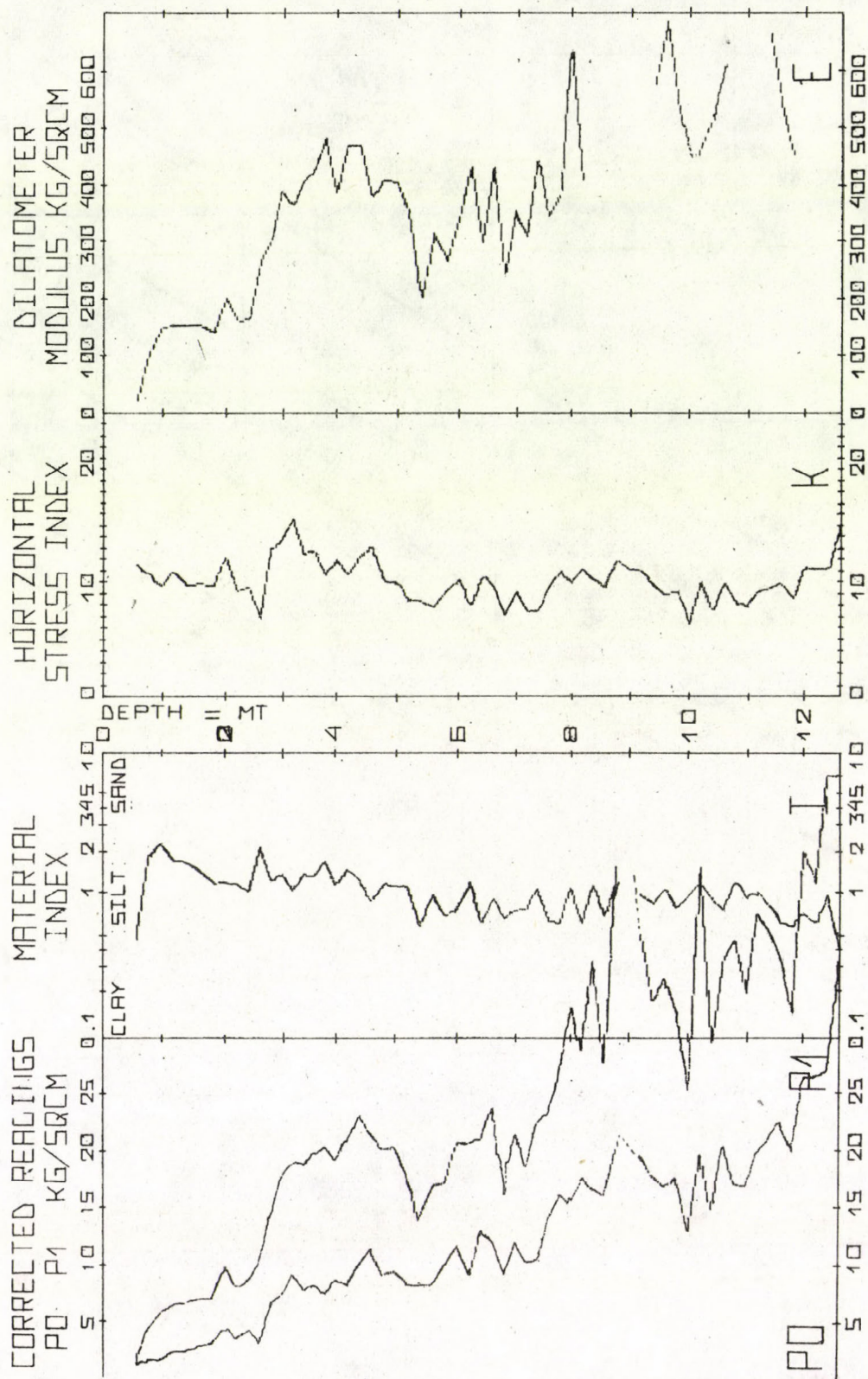


2. ábra



3. ábra





5. ábra

INKLINOMÉTERES VIZSGÁLATOK ALKALMAZÁSA TALAJMOZGÁSOK ÉSZLELÉSÉRE

Marczal László ^{x)}

1. A talajmozgás mérésének általános alapelve.

A talajok mozgása nemcsak felszíni jelenség, hanem legtöbbször nagyobb mélységekre kiterjedő folyamat. A mozgások eredendő okát rendszerint nagyobb mélységben, két réteg érintkezési felületén, vagy egy természetes állapotában megzavart réteg belsejében találjuk meg, ha szerencsésen telepítjük a feltárásokat.

Sajnos, sokszor csak költséges, nagyszámu feltárási munka (furás) árán érünk el eredményt és a jelenséget folyamatában nem tudjuk észlelni és követni hosszabb időn keresztül. Rendszerint csak a mozgás bekövetkezte után kezdjük az okokat kutatni és fogunk részletes feltárásba, tanulmányok kidolgozásába.

Régóta felmerült tehát az igény olyan helyszíni megfigyelési, mérési módszer kidolgozására, amelynek segítségével nemcsak a felszint tarthatjuk állandó megfigyelés alatt, hanem a mélyebben fekvő talajrétegeket is.

x)

Budapesti Műszaki Egyetem Geotechnikai Tanszék

A módszer lényege, alapelve röviden a következő:

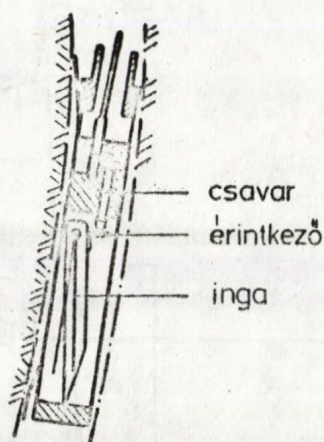
- készítsünk furatot a talajban és béleljük ki a furólyukat viszonylag rugalmas, alakváltozásra képes csóvel. A csónek követnie kell a lyuk deformációját, így a feladat egyszerűen arra korlátozódik, hogy a csó függőlegestől való eltérését bármely mélységben meg tudjuk határozni. Ez a feladat csak látszólag egyszerű, számos nehézséget jelent, amelyekre a későbbiek során részleteiben rá kívánok mutatni. A műszert, amely a furat elferdítését méri, inklinométernek nevezzük. A műszerek általános alapelve az, hogy egy alaphelyzethez (rendszerint függőleges) viszonyítva megállapítja a műszer tengelyének eltérési szögét. A korlátozott hely a méréshatárokat is beszűkíti, a jelenleg használatos műszerek csak néhány fokos hajlást képesek regisztrálni. A következőkben néhány inklinometer típust ismeretetek.

2. Inklinometerek szerkezetének ismertetése.

Ingás érintkezővel működő műszer

A Svéd Geotechnikai Intézet által kifejlesztett változatot mutatja az 1. ábra. A zárt, hengeralaku házban csuklós felfüggesztésű inga helyezkedik el. Az ingára elektromos érintkezőt szereltek, amely mikrométer csavarhoz csatlakozik. Ezt a csavart a felszínről lehet forgatni hajlékony acélvezeték segítségével. Az inga függőleges helyzetbe igyekszik beállni. A ház és a benne lévő csavar követi a furat ferdeségét, így az inga érintkezőjéhez képest a csavar helyzete a ferdeségtől függően változik. A mikrométer csavarral beállítható az érintkezés pillanata, a csavar állásáról (amely skálán le-

olvasható) meg lehet állapítani a műszerház függőlegestől való eltérését. A publikációk alapján a mérés pontossága 0,002 fokot is elérhet.



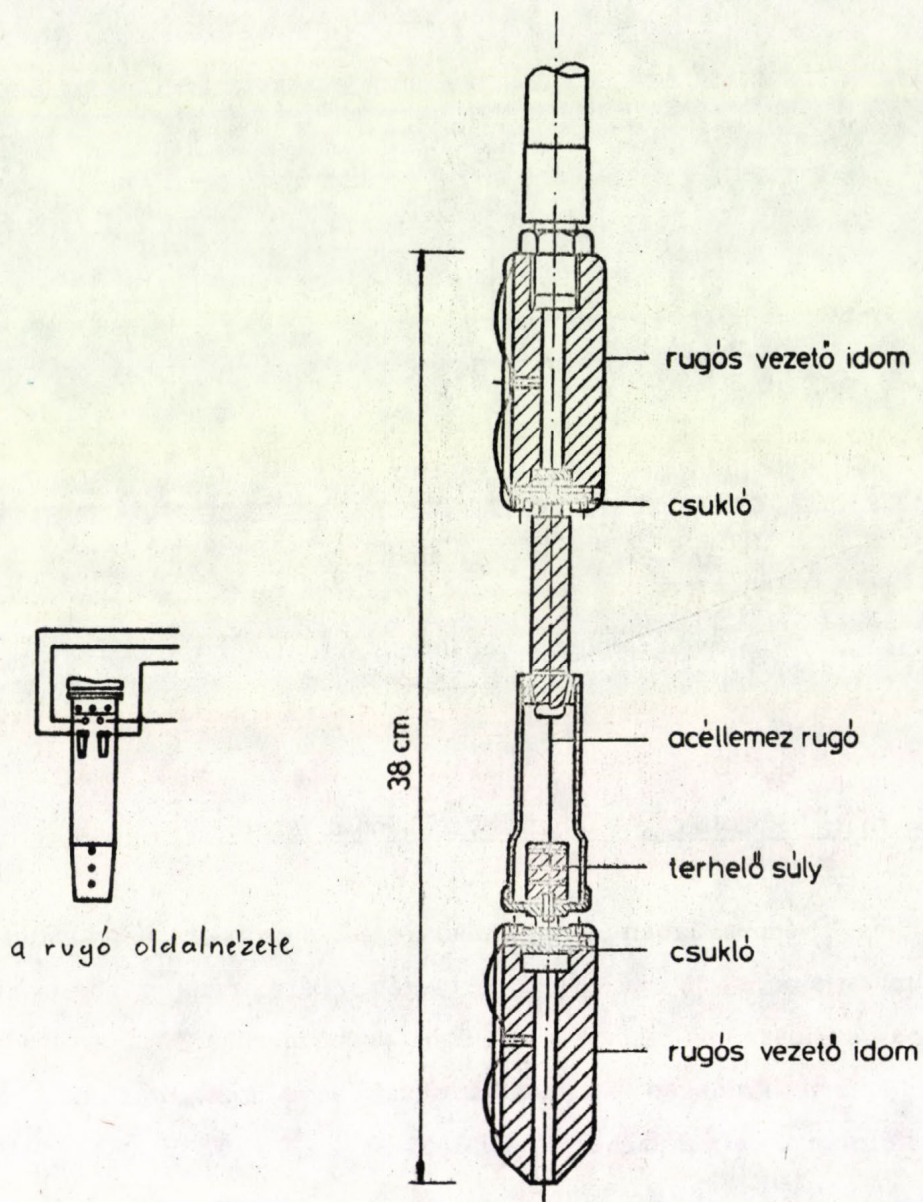
1. ábra

A Svéd Geotechnikai Intézet hajlásmérő műszere.

Sullyal terhelt, befogott rugós lemezzel működő műszer.

Hollandiában, Svédországban és Angliában is alkalmazott elv. Egy változatát a 2. ábra mutatja be. A 38 cm hosszú, lényegében háromrészletes műszer alsó és felső tagja csuklósan csatlakozik a tulajdonképpeni mérőházhoz. A két végtag szerepe a könnyebb mozgás és a furatban való vezetés biztosítása. A tagok rugós szorítólemezekkel fekszenek a csőfalhoz.

A hajlás mérést a középső tagban elhelyezett rugó végzi. A rugó aljára rézsuly van rögzítve, amely a ferdeség következtében a sulypont helyzetének változása miatt változó erővel terheli a rugót. A rugó a terhelés hatására meghajlik és a rajta elhelyezett nyulásmérő bélyegek segítségével a változás folyamata elektromos jellé alakítható és regisztrálható.



2. ábra

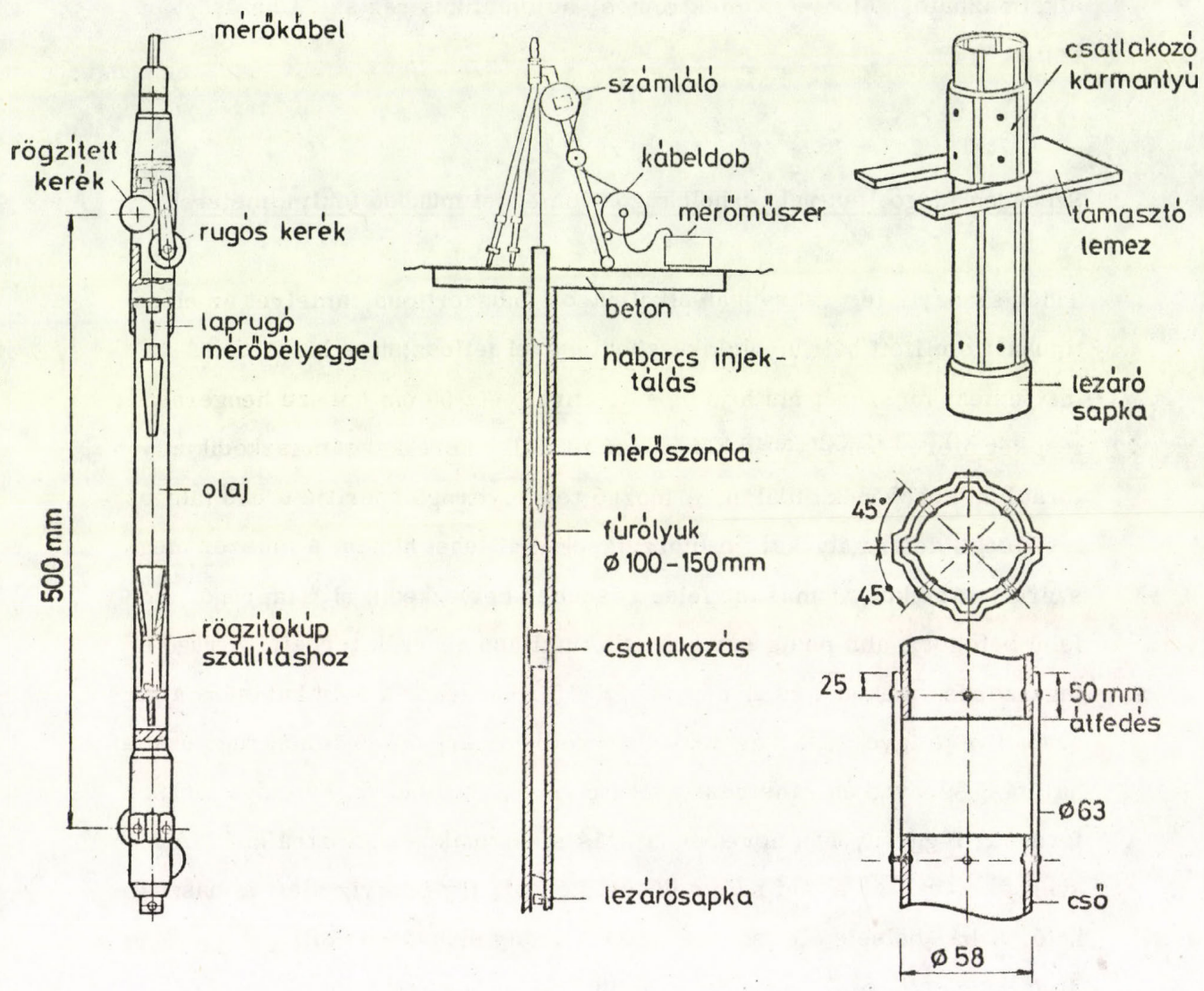
Sullyal terhelt lemezrugós inklinometer

A műszer 50 mm átmérőjű furatban alkalmazható, akár 1 m sugarú ivben is, de pontossága meglehetősen kicsi, hibahatára ± 20 perc. További hátrányai között megemlíthető, hogy érzékeny a hirtelen hőmérsékletváltozásra, és víz alatt nem volt megoldva a szigetelés, tehát csak száraz furatban alkalmazható. Előnye az elektromos, automatikus regisztrálhatóságban rejlik.

Szabadon függő, sullyal terhelt rugós lemezzel működő inklinometerek.

Talán az egyik leggyakrabban alkalmazott műszertípus, amelyet az előző típusnál említett hátrányok kiküszöbölésével fejlesztettek ki. A Soil Instrument műszerét mutatja be a 3. ábra. Az 50 cm hosszú hengeres test két merev tengelyű és két mozgó tengelyű kerékkel támaszkodik a furat béléscsővének oldalán. A mozgó tengelyt rugó szorítja a cső falához, így kisebb deformációkat, csőtörzslásokat át lehet hidalni a műszer megszorulása nélkül. A műszer felső részében helyezkedik el a laprugó, amely felül befogott, alul pedig egy kupos kialakítású nehezék terheli. A rugó így ingaszerűen működik és a műszerház elferdülésekor a súly hatására a rugó szabad vége igyekszik függőleges helyzetben maradni. A lemezzugó ezáltal hajlítást szenved és ráhelyezett elektromos nyulásmérők lehetővé teszik a ferdeség függvényében növekvő hajlítás elektronikus regisztrálását. A műszerház zárt, víz elleni szigeteléssel készül, így talajvíz alatt is használható. A ház belseje olajjal van töltve, amely előnyösen csillapítja a lemezzugó lengéseit. Szállítás idejére a rugó és súly rögzíthető.

A műszer ± 15 fokos hajlásig és 200 m mélységig használható. Leolvasási pontossága 5 fokos hajlásig ± 2 perc, ami 0,6 ezrelék hajlásnak felel meg. A csatlakozó digitális kijelző a ferdeséget fokban mutatja, de átkapcsolással a fajlagos elmozdulás kijelzésére is alkalmas. A hőmérsékleti érzékenysége 0,001 fok/Celsius, tehát jelentéktelen.



3. ábra

A Soil Instrument hajlásmérője

Az ismertetteken kívül létezik még néhány eltérő típus, amelyek részletes ismertetése nem célom, az előadás helyszínén rendelkezésre álló demonstrációs anyag segítségével ezekről rövid áttekintést adok.

(Bemutatásra kerül a Slope Indicator, Deflectometer stb. irásvetítőn.)

3. Az inklinométer vezetésére szolgáló berendezések

Az előzőek során nem említettem a mérés egyik alapvető problémáját: a műszer csak egyetlen függőleges síkban mutat ferdülést, mert az elmozdulási vektor komponenseit nem tudjuk szétválasztani. A mérést tehát két, egymásra merőleges síkban kell végrehajtani és az elmozdulás összetevői alapján kell meghatározni az eredő ferdeséget, ill. elmozdulást.

A legnagyobb gondot a műszer mérősíkjának állandósítása jelenti. A megoldások egyik csoportja a vezetést a béléscső célszerű kialakításával biztosítja. A 3. ábrán bemutatott csőprofil a Soil Instrument műszerhez ajánlják. A négy vajat a keretek befogadására szolgál és lehetőséget ad a két merőleges síkban való mérésre. Hasonló lehet a négyszögkeresztmetszetű cső, de a deformációs veszélye nagyobb, így alkalmazhatósága korlátozott.

A másik megoldás, ha a műszer leeresztő szerkezetét képezik ki oly módon, hogy az elfordulást megakadályozza. Ilyen lehet egy kardántengelyszerű kapcsolat, amely a cső hajlásait követni tudja, de nem fordul el a vízszintes síkban. A megoldás hátránya, hogy a merev tengelyrészek hossza korlátozott, így nagyobb mélységek esetén a kapcsolatok nagy száma elfordulási hibát eredményez.

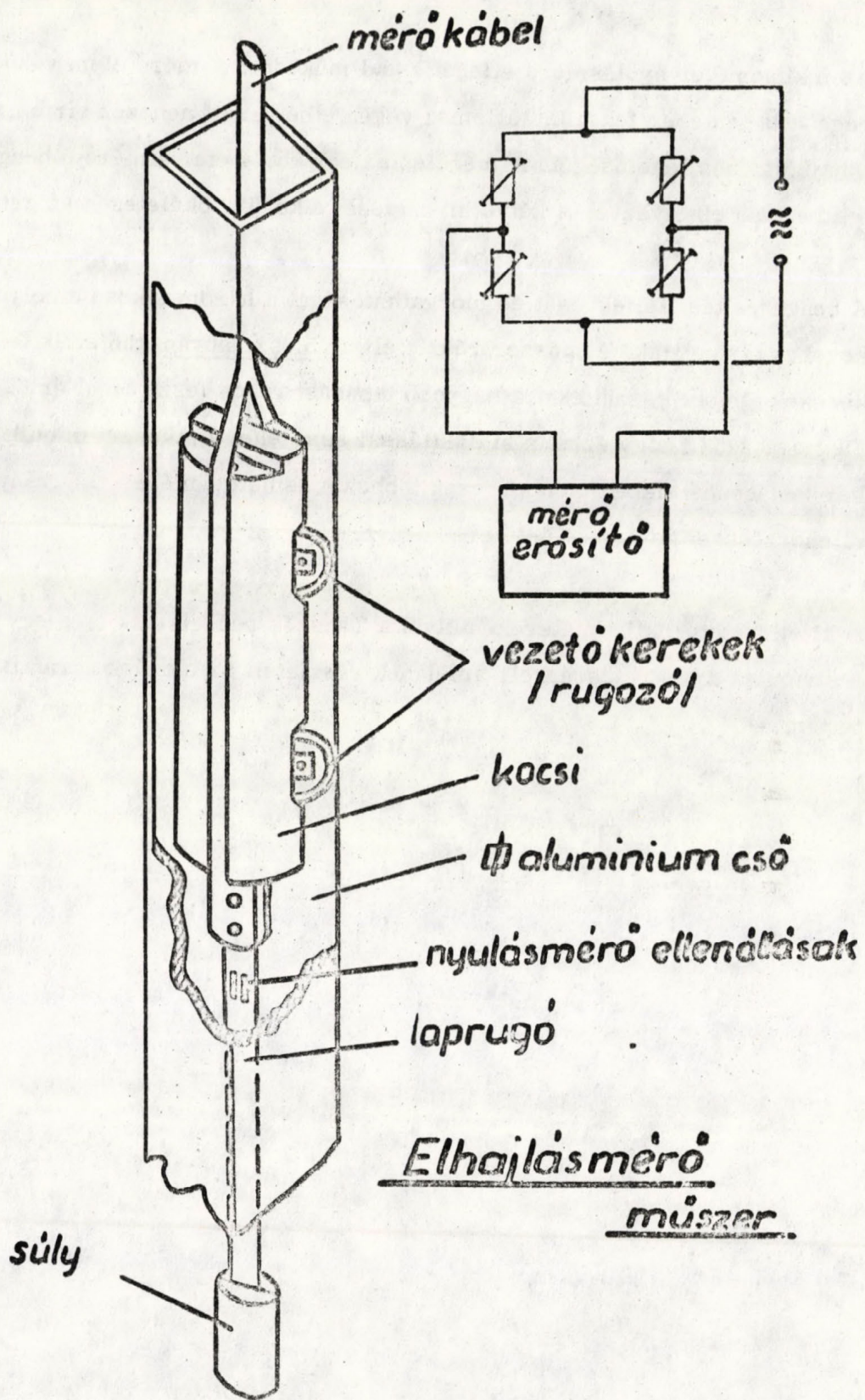
4. A BME Geotechnikai Tanszékén alkalmazott inklinométerek ismeretése.

A Tanszék műhelyében először a Komlón észlelt talajmozgás mérésére készült inklinométer. Működési elve alapján a szabadvégű, lemezrugós műszerek csoportjába tartozik, első kivitelezett formájában merev tengelyű kerekek vezették és a mérőelem nem volt szigetelt házba helyezve, hanem a test alatt szabadon függött (4. ábra). A vezetést négyzetmetszetű alumínium béléscsövek biztosították, a mozgás során létrejövő deformáció, valamint a merev tengelyű kerekek alkalmazása miatt a műszer egy idő után nem volt képes a csőszűkületeken áthaladni és a mérést abba kellett hagyni.

A tapasztalatokat felhasználva a Herman Ottó ut alatti talajmozgás vizsgálatára a készüléket jelentősen módosítottuk. A feladat nehezebb volt, mert lényegében vízszintmegfigyelő kutakban kellett a mérést végezni. A célkitűzés alapján a mérőműszernek biztosítani kell a megbízható működést kör keresztmetszetű, illesztésekkel megzavart felületű csőben talajvíz alatt is. Három lényeges szempontot kellett figyelembe venni a tervezésnél:

- a műszernek át kell jutnia az illesztési felületeken, ugyanakkor jól kell követnie a cső vonalát
- a műszernek nem szabad lényegesen eltérni mérés közben a beállított siktól
- a műszer belsejébe nem juthat víz, nedvesség.

E hármas követelményből kettő a műszer külső futófelületének kialakítása szempontjából meghatározó, a harmadik követelmény egyszerűen tökéletes víz elleni szigetelést kíván.



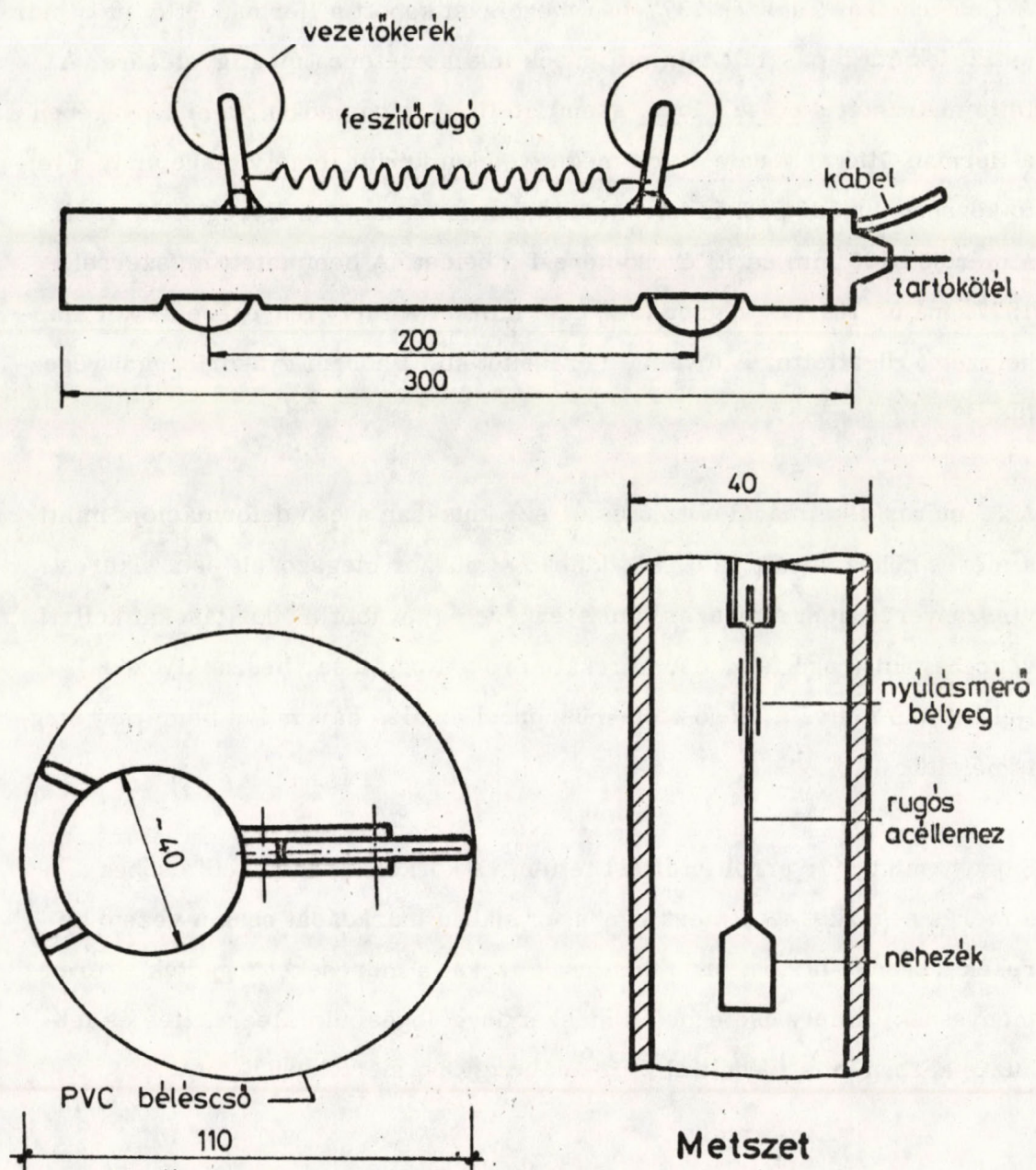
4. ábra

A BME Geotechnikai Tanszékén először alkalmazott
inclinometer

Az inklinométer nyulásmérő ellenállással működik. A mérő elem vékony rugalmas lemezen fekszik; a lemez végén elhelyezett nehezék biztosítja a hajlásmérés lehetőségét. A mérőlemez egy kb. 4 cm. átmérőjű hengeres testben van elhelyezve. A kábel kivezetését sikerült tökéletesen szigetelni.

A hengeres test felfekvését és mozgathatóságát a három síkban elhelyezett kerek biztosítja. A műszer részleteit az 5. sz. ábrán tüntettük fel. A kerek fémből készültek; a nagyobb tapadást rugós feszítéssel értük el. Megjegyezzük, hogy ezzel a kialakítással sem lehet a műszert mindig tökéletesen azonos síkban tartani, csak többször ismételt mérés, az iránytartás ellenőrzésével ad értékelhető eredményt.

A kifejlesztett inklinométereken kívül a Tanszék rendelkezik még egy Soil Instrument típusú műszerrel, amelynek részleteit az előzőek során ismerttettem.



5. ábra

A Geotechnikai Tanszéken kifejlesztett hajlásmérő vázlatja.

5. A mérés ismertetése a Herman Ottó-uti talajmozgás vizsgálatával kapcsolatban.

A Geotechnikai Tanszék 1977-ben megbízást kapott a Herman Ottó uton már évtizedek óta tapasztalt talajmozgások inklinométeres megfigyelésére. A lejtő metszetét a 6. sz. ábra szemlélteti. A felső padkán, ami lényegében a Herman Ottó ut vonala, 2 db megfigyelőkut került lemélyítésre, míg a lejtő közepén huzódó padkán három kut készült. Átlagos mélységük 18-19 m, átmérőjük 100 mm és PVC cső képezi a bélést. A bemutatott műszerrel 1977. május 10.-én végeztük az első mérést, amely lényegében a kut alap helyzetét rögzítette. A további méréseket kb. 1 hónapi gyakorisággal végeztük.

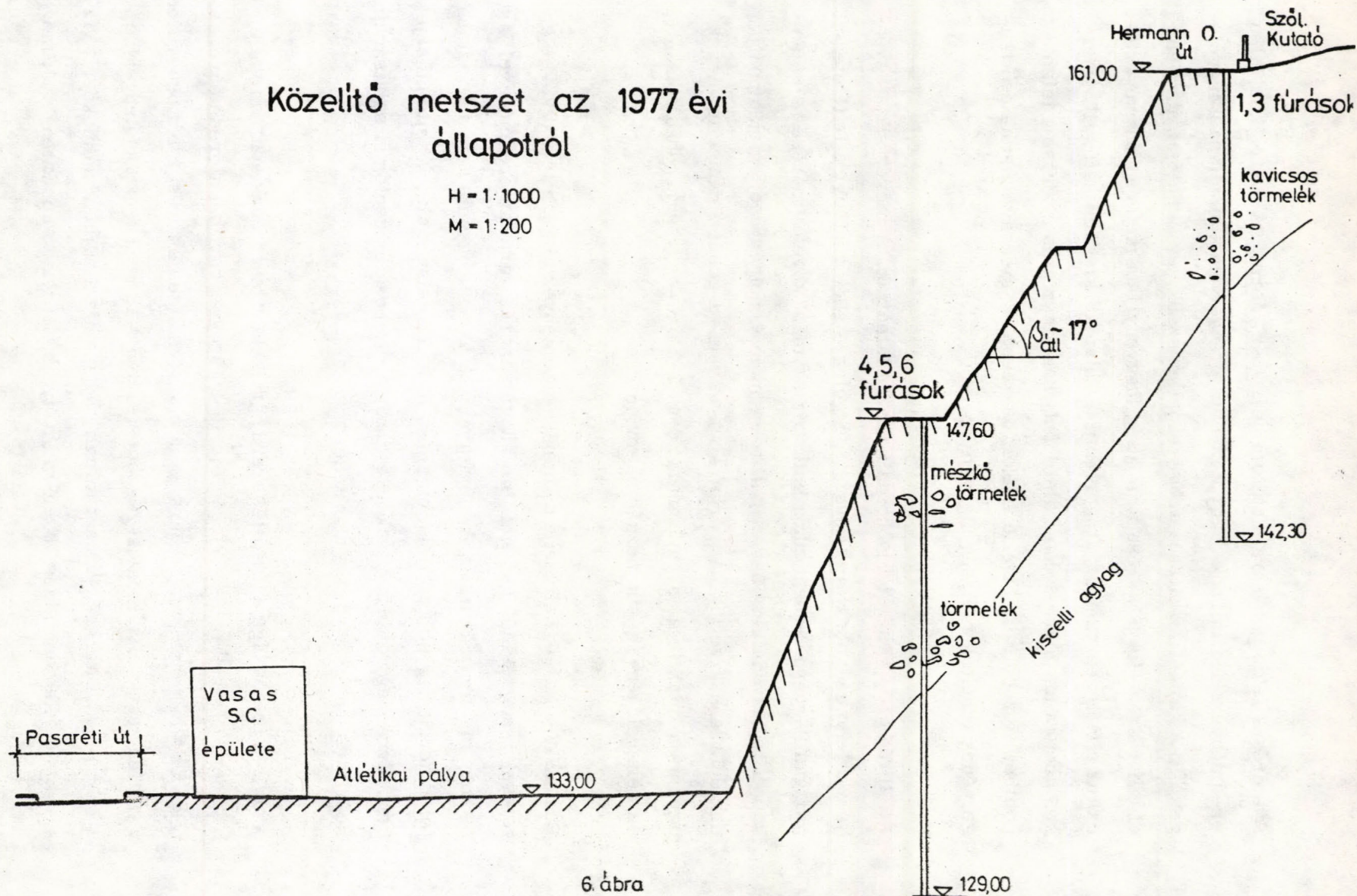
A 3. mérés alkalmával a 4, 5 és 6. sz. kutakban a cső deformációja miatt a mérés nehezzé vált, a 6. sz. kutban a műszer megszorult és a sikeres visszanyerés után a műszer futó szerkezetén további módosításokat kellett végrehajtani (rugó feszítés, kerékátmérő változtatása, beszabályozása). Néhány nap múlva a módosított műszerrel az alsó három kut bemérést megismételtük.

Sajnos, mint már erről említést tettem, a körkeresztmetszetű csőben a mérés nehezkesebb, mert a műszer síkban maradását csak a vezető ke-
rekek tapadása biztosítja. Ezért csak azokat a méréseket fogadtuk el eredményesnek, amely esetekben a műszer függőleges síkja leeresztés és felhuzás közben nem fordult el $5-10^{\circ}$ -nál nagyobb mértékben.

Közelítő metszet az 1977 évi állapotról

H = 1:1000

M = 1:200



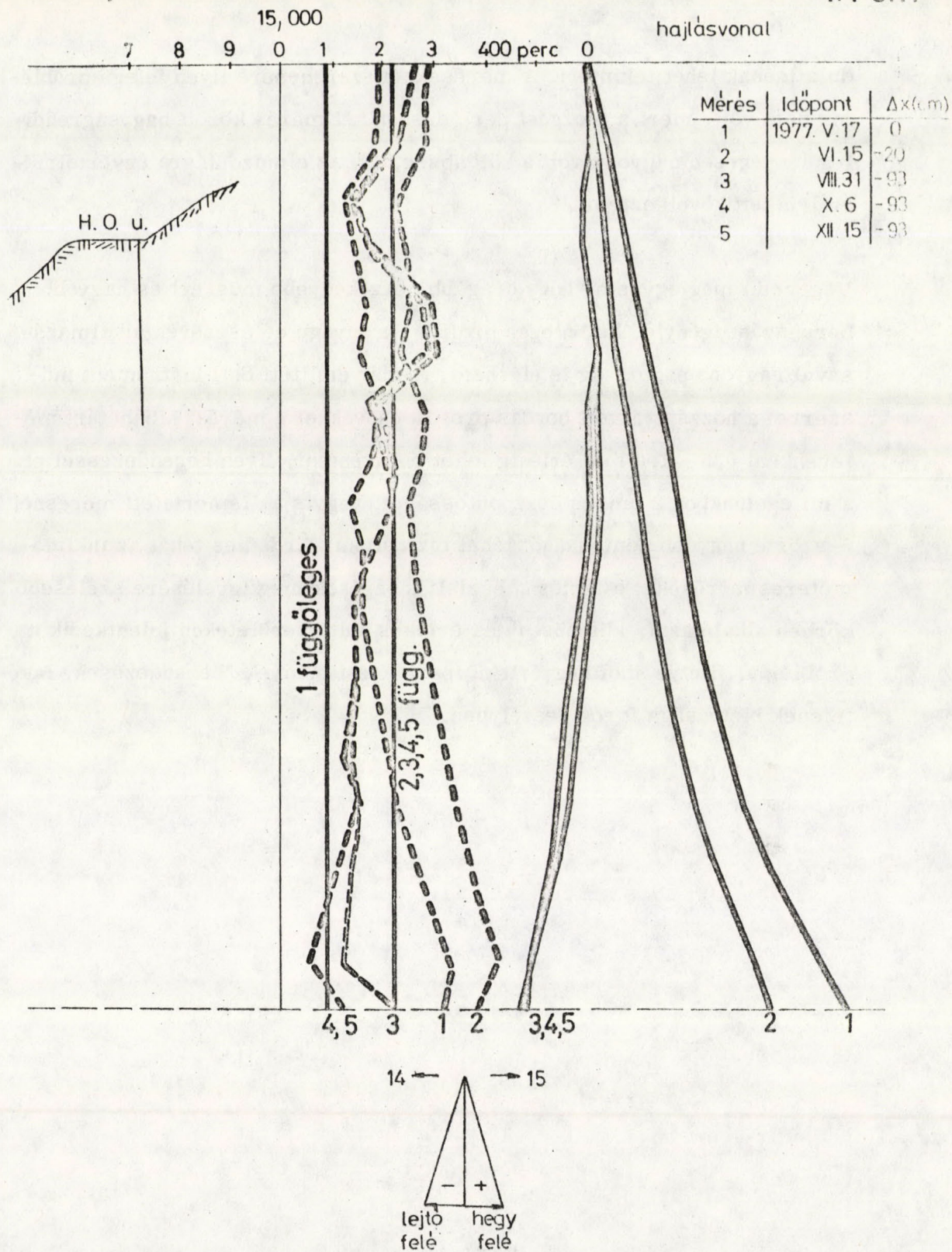
6. ábra

A mérések feldolgozására mutatom be a 7.sz. ábrát. A mérés közvetlen eredménye a cső falának, vagy közvetve a tengelyének elhajlása a függőlegestől. A hajlást az eltérés szögével jellemezzük, ez látható az ábra baloldali részén. Ha a mérést a mélység függvényében méterenként végeztük, akkor a méteres szakasz átlagos hajlása alapján kiszámítható, ill. szerkeszthető a méteres szakasz alsó pontjának vízszintes eltérése a felső ponthoz viszonyítva. Ez eltéréseket összegezve megrajzolható a cső tengelyének vonala a mélység függvényében.

Az ábrán ezt a vonalat a jobboldali részén láthatjuk. A mérés síkja egyébként a lejtő esésvonalára illesztett függőleges sík, minthogy a feltételezett mozgás főiránya ebbe a síkba esik. Az egymást követő mérések alapján kapott hajlásvonalakat úgy rajzoltuk egymásra, hogy a cső legfelső pontját mozdulatlanak vettük. A párhuzamosan végzett geodéziai megfigyelések ugyanis a kutak felszíni mozgásait csak 1-2 cm. nagyságrendben adták, és ez nem volt lényeges a mozgás szempontjából.

Bár az előadásnak nem célja a mérési eredmények alapján levont következtetések ismertetése, megemlítem, hogy a mérés váratlan eredménnyel járt és még ma sem zárult le. A megfigyelések szerint ugyanis nem a felszínen jelentkezett nagyobb mértékű mozgás, hanem a felszín alatt a lejtő belsejében. Erre magyarázatot csak a lejtő történelmének és geológiai sajátosságainak részletes tanulmányozása után lehet adni.

A mérés pontosságáról becslésszerű értékelést lehet csak adni, mivel a béléscső illesztései és perforációja 10-20 szögpercenyi hibát eredményezhettek. Ez a méteres szakaszokra ± 5 mm vízszintes eltérési hibát okoz. Kedvezőtlen, egyirányú hiba összegződés esetén a 18 m. hosszú csőtengelyre ± 9 cm hibát okozhat. Ez azt jelenti, hogy amíg a hajlásvonalak között vízszintes értelemben nincs 10 cm-nél nagyobb eltérés, a kutak tengelyét moz-



7. ábra

Az inklinométeres mérés feldolgozása.

dulatlanak lehet tekinteni. A méréseknél szerencsére ilyen jellegű probléma nem volt, mert a mozgási periódusban két mérés között nagyságrendileg lényegesen nagyobb volt a különbség, így az elmozdulásra egyértelműen lehetett következtetni.

Végezetül megjegyzem, hogy drágább, érzékenyebb műszert és nagyobb beruházást igénylő, különleges profilu és anyagu béléscsövek alkalmazásával nagyobb pontosság is elérhető. A már említett Soil Instrument műszerrel a hozzá gyártott bordás profilu csövekkel a mérési hibahatárt méterenként 0,5 - 1,0 mm értékig lehet csökkenteni. Ilyen berendezéssel pl. a mi esetünkben 2 cm-es összpontosságot, vagyis az ismerttetett mérésnél 5-szörte nagyobb pontosságot lehet biztosítani. Érdeemes tehát az inklinométeres méréseket a tartósan észlelt mozgások megfigyelésére szélesebb körben alkalmazni, különösen, ha értékes kulturterületeken jelentkezik a probléma, illetve ahol nagyértékű ipari létesítmények, berendezések, lakótelepek biztonsága forog veszélyben.

A KAROTÁZS-PROGRAMBÓL NYERHETŐ
MÉRNÖKGEOLOGIAI "IN SITU" INFORMÁCIÓK
A BUDAPESTI METRÓ FURÁSAINÁL

Fáy Miklós^{x)} - Szlabóczky Pál^{xx)}

BEVEZETÉS

A kőzetrétegek fizikai tulajdonságainak megismeréséhez, a kutató magfurásokból kétféle információ forrás áll rendelkezésünkre:

- a kőzetmintaanyag és
- a furólyuk kőzetfala.

A hagyományos talajmechanikai, mérnökgeológiai furásfeldolgozás csak az első hasznosítja, maga a furólyuk "elvész" a mérnöki feldolgozás számára. A lyukfal, ill. a mögötte levő, eredeti állapotú kőzet "in situ" vizsgálata, karotázs méréssel (geofizikai "átvilágítással") végezhető el. (A szó eredete francia, répát jelent, mivel több mint fél évszázada az első mérési görbék alakja a francia furósokat répára emlékeztette.)

A főbb karotázs módszerek a következők:

- a.) Elektromos szelvényezés. A kőzetbe vezetett áram ellenállását és a természetes földi áramokat mérik. Ehhez iszapos vízzel feltöltött, csövezetlen furólyuk szükséges.

x) UVATERV csoportvezető, geológus, mérnök,

xx) OFKFV vezetőgeológus, bányageológiai mérnök, mérnök geológiai szakmérnök

- b.) Radiológiai szelvényezés. A természetes és mesterségesen keltett rádióaktív sugárzáson alapul. Ez száraz, csövezett furásban is végezhető, így talajmechanikához kiterjedtebben használható.
- c.) Akusztikus szelvényezés. Hangterjedési sebességet mérnek.
- d.) Geometrikus módszerek: bőségsszelvényezéssel a lyukátmérő változást, ferdeségméréssel a lyukszelvény vízszintes vetületének abszolút irányu változását mérik.

A karotázs program helyét és jelentőségét, az építési célú kutató furás feldolgozásban, az 1. ábra mutatja.

A karotázs mérés többlet előnyei a mintavételeken alapuló hagyományos talajmechanikai furásfeldolgozással szemben a következők:

- (1) Folyamatos információt ad.
- (2) A furás teljes kőzetanyagáról tájékoztat.
- (3) "In situ" körülményeket vizsgál.
- (4) Jóval kevesebb szubjektív hibával terhelt, mint a laboratóriumi anyagfeldolgozás.
- (5) A mérés nyers eredménye közvetlenül a felvétel után, tehát még a furóberendezésnél terepen látható, így hetekkel, hónapokkal megelőzi a laboratóriumi kőzetminősítő eredményeket.
- (6) Réteg felbontóképessége jelentősen meghaladja az átlagos emberi kőzetfelismerés pontosságát.
- (7) A furással feltárt rétegeket összletekre vonja össze, átlagolva azok paramétereit.

Az UVATERV ill. METROBER megbízásából az Országos Földtani Kutató és Furó Vállalat (OFK FV) 1966. óta végzi az épülő budapesti metró vonalak tervezését megelőző mérnökgeológiai, talajmechanikai, sőt a műszaki furásokat is. 15 év alatt kb. 26 ezer fm, mintegy félezer darab kutató furás mélyítését és feldolgozását végezték el Budapest egész területén. A furásokban - a kezdeti hitetlenkedések után - részletes karotázs mérés is történt.

GYAKORLATI PÉLDÁK

A következőkben néhány kísérletet mutatunk be az OFK FV karotázs szelvényei, és az UVATERV talajmechanikai laboratórium eredményei közötti kapcsolatról. Előre kell bocsájtani, hogy az ilyen vizsgálat csak akkor hozhatna egzakt eredményt, ha a talajmechanikai mintavételek a karotázs szelvény alapján történik, talajmechanikus, - geológus, - geofizikus együttműködéssel. Ennek hiányában egyelőre csak laza kapcsolatokat várhatunk.

A 2. ábra furási rétegsora melletti első két görbe a természetes térfogatsúly és a neutron-gamma (továbbiakban $n-\gamma$) sugárzási szelvény kapcsolattal mutatja. Látható, hogy a $n-\gamma$ intenzitás változást követi a térfogatsúly változása. Szembetűnő az is, hogy a karotázs görbe sűrűbb kőzettömörség változásokat mutat, mint az átlag 2 m-kénti zavartalan mintavételekkel meghatározott térfogatsúly eloszlás. Pl. a furás 45 m alatti szakaszán a $n-\gamma$ szelvényből 7 db nagy tömörségű szint jelölhető ki (az ábrán ezeket sorszámoztuk), még a labor eredményekből csak két csucs adódik a 6. és a 2. jelű.

A jobboldali két görbe, ami természetes-gamma sugárzás (továbbiakban $T-\gamma$) és mikro elektromos ellenállás szelvény, 38 m-ben élesen jelez egy nagy ellenállású és magas radióaktív sugárzású szintet. Ebben a földtani szituációban ezt laza, vulkanogén közbetelepülésnek kell itélni. Ez egy kiemel -

kedően rossz nyiró szilárdságu szintet jelent, amit a terepi kőzetleírásnál nem lehetett felismerni, az egyébként is tufigén agyagban, ezért mintavétel sem történt belőle. Így - karotázs mérés hiányában - a talajmechanikai értékelés számára ismeretlen maradt volna ez a gyenge zóna.

Az előbbi ábrán térfogatsullyal összevetett n-¹ szelvény kapcsolatát mutatjuk be az egyirányu nyomószilárdsággal, a 3. ábrán. A karotázs görbéken feltűnően látszik 38 m mélységben egy csucs, ami nagyszilárdságu közbetelepülést jelent. Mivel ebből a mélységből éppen nem történt mintavétel, ez az információ is "elveszett" a talajmechanikai értékelés számára.

A karotázs, rétegfelbontó képességének rendkívüli jelentőségére mutat példát a 4. ábra. A felső oligocén kora zöldes színű, vizuálisan rosszul értékelhető homokos agyag rétegsor teljesen egyveretűnek látszott (a-oszlop). A talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok során már kimutatható volt néhány agyag és agyagos homok réteg, (b-oszlop). Ezzel szemben a karotázs 33 rétegre bontotta a rétegsort. Ennek igazolására a teljes karotázs mérési programból egy elektromos ellenállást és a T-¹ görbét mutatjuk be. Ez utóbbi "agyagcsucsait" besötétítettük és ehhez képest mutatjuk a plasztikus index görbét. Szembetűnő a felbontó képességbeli különbség. Megjegyezzük, hogy a mélyépítési geotechnikai katasztrófák, gazdasági kimenetelű károk jelentős részét a rétegsor tulzottan sematikus figyelembevétele okozza. Ez kiküszöbölhető a fenti példák alapján, karotázs méréssel.

Általános geotechnikai szempontból az építő mérnök részéről is közvetlenül értékelhető mérésfajta a furólyuk átmérő változását regisztráló, ugynevezett bőségshelvény (kaliber-shelvény). A bőségshelvény értékelésére az 5. ábrán mutatunk példát. A furás felső kavicsréteg szakaszát "kitámasztó" béléscső alja (saruja) alatt, mindenkor jelentkezik egy erőteljes átmérő növekedés a furólyuk öblítőáram és a szerszám ki-beépítések miatt. Alatta a

homogén aleuritban (kemény agyagban) látható erőteljes lyukátmérő növekedést már a kőzet nagyméretű természetes töredezettsége okozza. Itt ez földtörténeti expanzióból ered). Egyedi kőzetmintákon ez aligha ismerhető fel. A homokos szakaszokban jelölt átmérő csökkenéseket a folyósodási hajlam okozza. A homokok közötti kötött kőzetekben jelölt helyi átmérő növekedések, különböző mértékű töredezettségekre utalnak. Mindezek a helyek "gyenge zónái" a kőzetszelvénynek. Ezek fel nem ismerése mélyépítési problémákat okozhat.

ÚJ MÓDSZEREK

Az OFKFBV hazánk egyetlen általános geológiai kutató vállalata. Mivel a nyersanyag telep meghatározásán kívül a bányászat egyre inkább igényli a meddő kőzetek fizikai paramétereinek meghatározását is - a NIM pénzügyi támogatásával - állandóan fejlesztik a kőzetmechanikai irányú karotázs módszereket. Ezekből ismertetünk néhányat, ami talajmechanikai területen is használható.

Fókuszált szondák

A hagyományos, valamint fókuszált elektromos mérési módszerek áramkép vázlatai láthatók a 6. ábrán. A hagyományos szonda áramforrása (F) a fúróluk körüli kőzettérben gömbszerű áramképet kelt. A szondában levő két mérő elektródával mérjük az áramtér két pontja közötti potenciál csökkenést, (M_1 , M_2). Így egy meghatározandó kőzetrétegről kapott információba a szomszédos rétegek is bejátszanak.

A fókuszált szondánál úgy terelik az áramvonalakat, hogy azok minél vékonyabb nyalábban haladjanak, így egy-egy vékony rétegről, pontosabb ellenál-

állítás értéket kapunk. Ezáltal megnő a réteg felbontóképesség is. Az áramtér terelését, terelő áramforrásokkal (T_1 , T_2) végzik. Az egyik mérő elektróda közös az áramforrással.

Tovább fokozható a karotázs rétegfelbontó képessége, a mélységi lépték növelésével. Fókuszált gömbszonda, kőzetminőséget jelző, nagyellenállású csucseit hasonlítjuk össze, a hagyományos léptékű mikroszelvényel a 7. ábrán. Az eredmény: a gömbszonda mélységszintjei pontosabbak és a csucsk ellenállás értékei differenciáltabbak mint a hagyományos mikrológ szelvényen.

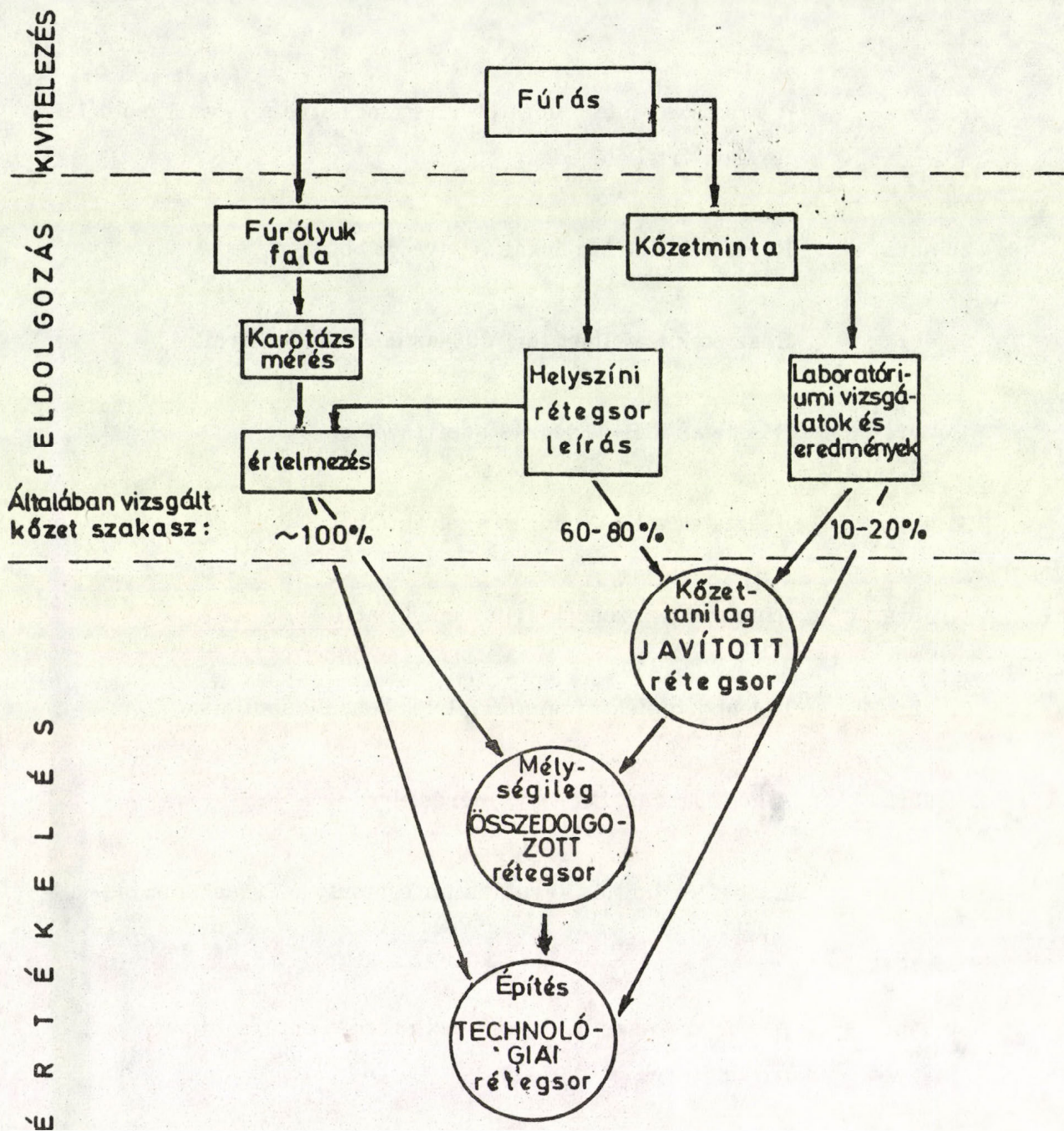
Rádióaktív szondák

Kiválóan hasznosítható talajmechanikai célra a rádióaktív mérések közül, a kétsugaras gamma-gamma szelvényezés (8. ábra). A hagyományos módszernél egy detektorral érzékelik a mesterségesen keltett Compton-féle sugárzást. Az új módszernél az egyik detektor a lyukfal közeli, a másik a távolabbi sugárzást méri, ill. hasonlítja össze. Így kiküszöbölhető a lyukfal körüli zavart zóna torzító hatása, valamint az uthossz különbségekből fizikai paraméter határozható meg. Rendkívül fontos lehet ez a módszer az "in situ" térfogatsúly meghatározásánál, mivel a legtökéletesebb zavartalan mintavételnél is a laborban már csökkent víztartalmu minta eredményét kapják. Ezt igazolja a 9. ábra. Magasabb térfogatsúly tartományban a labor. értékek néhány tizeddel alacsonyabbak a karotázs értékeknél.

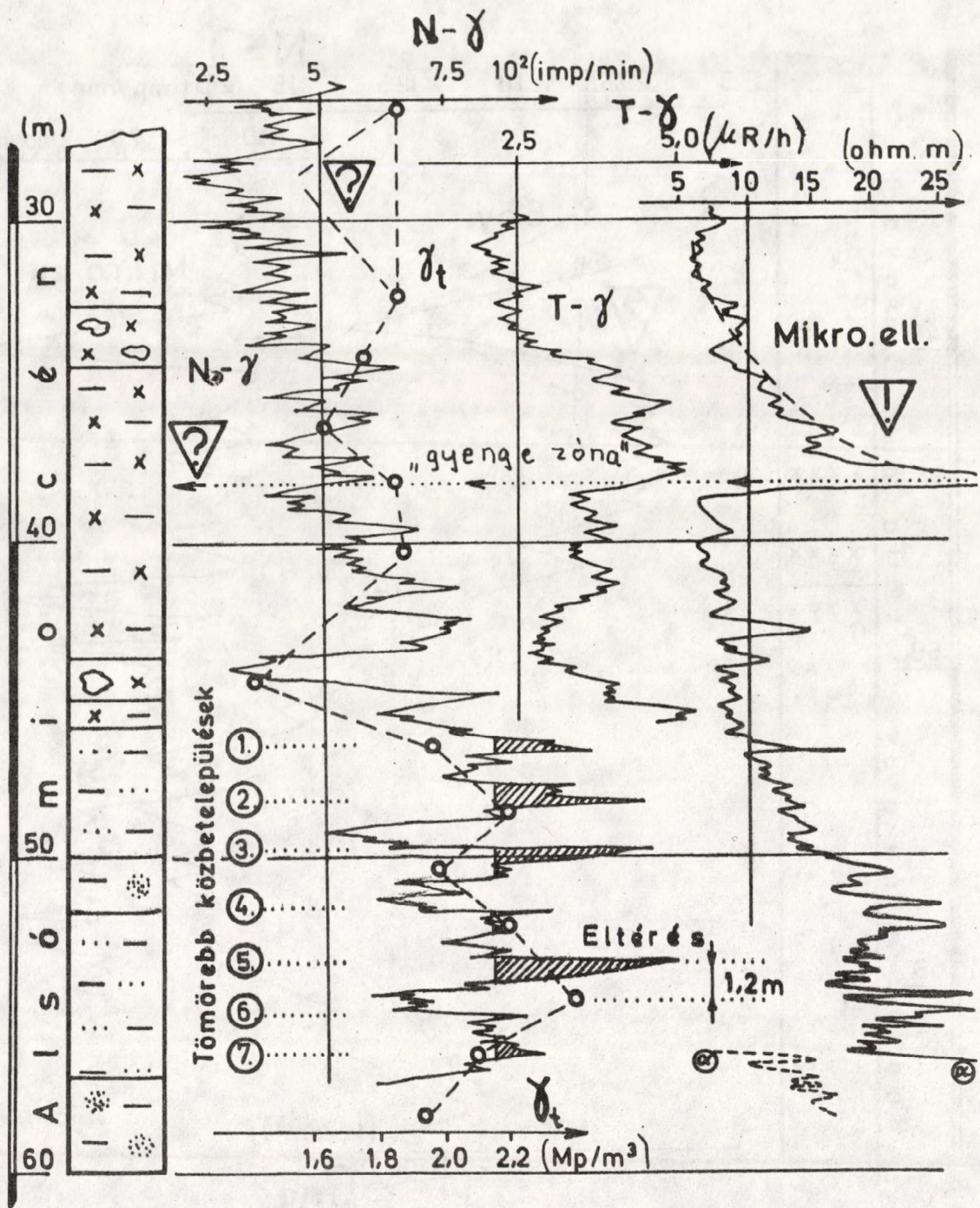
A 10. ábrán összefoglaltuk a jelenleg talajmechanikai paraméter meghatározásra használható karotázs módszereket. Ezek általános bevezetéséhez azonban még célkutatásra van szükség.

Ábrák feliratai

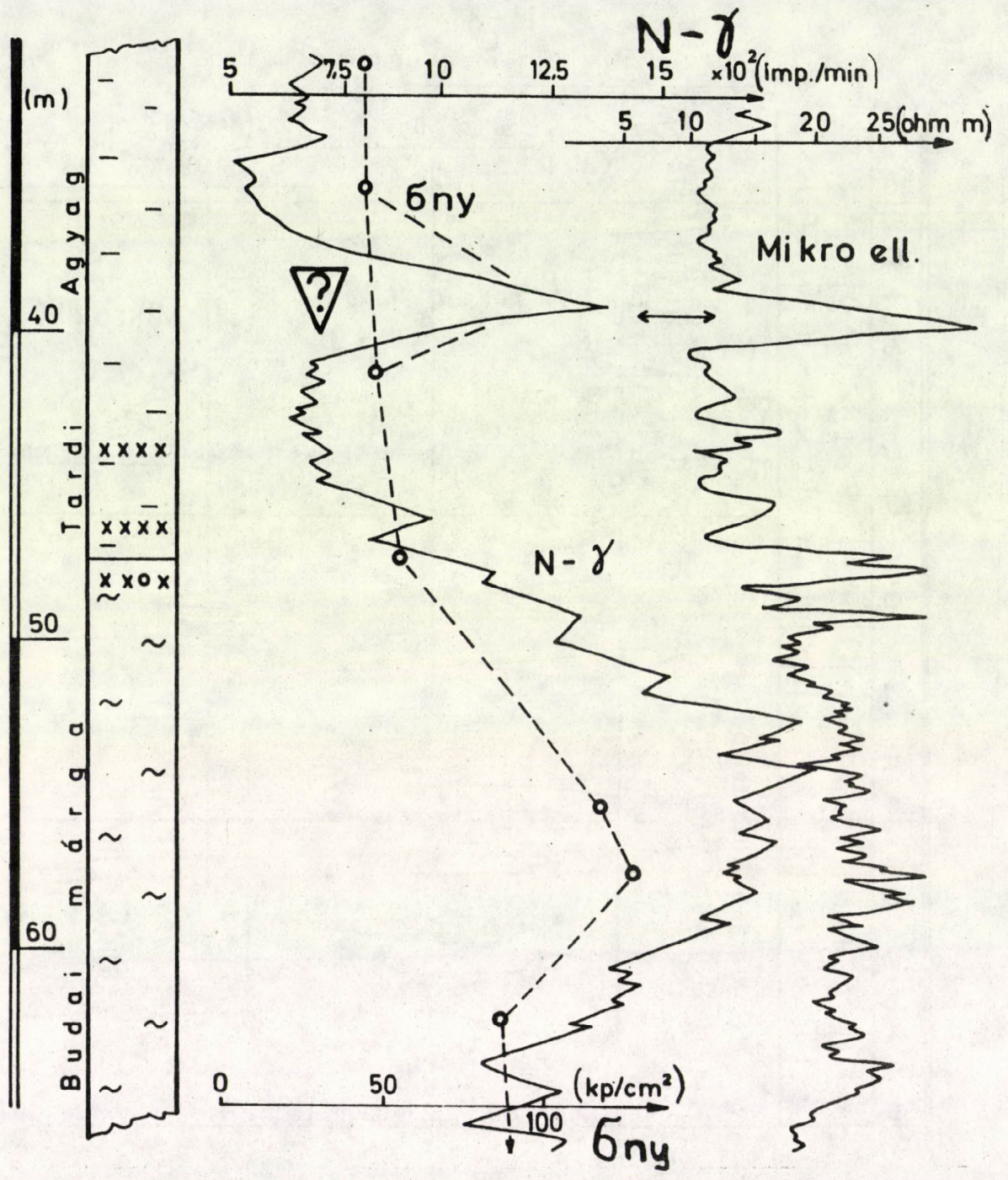
1. ábra A karotázs, mint "in situ" vizsgálat helye a mérnökgeológiai furások értékelésénél
2. ábra Részletek a K-11. furás szelvényeiből
3. ábra Részletek a Gellért téri 298-as furás szelvényeiből
4. ábra Részletek a B-50. furás szelvényeiből
5. ábra Részletek a K-13. furás szelvényeiből
6. ábra Elektromos szondák áramkép vázlatai
7. ábra Különböző elektromos felvételek összehasonlítása
8. ábra A két sugaras γ - β mérés elve.
9. ábra Laboratóriumi és karotázs térfogatsúly mérések korrelációja
10. ábra A főbb karotázs módszerekből nyerhető mérnökgeológiai paraméterek



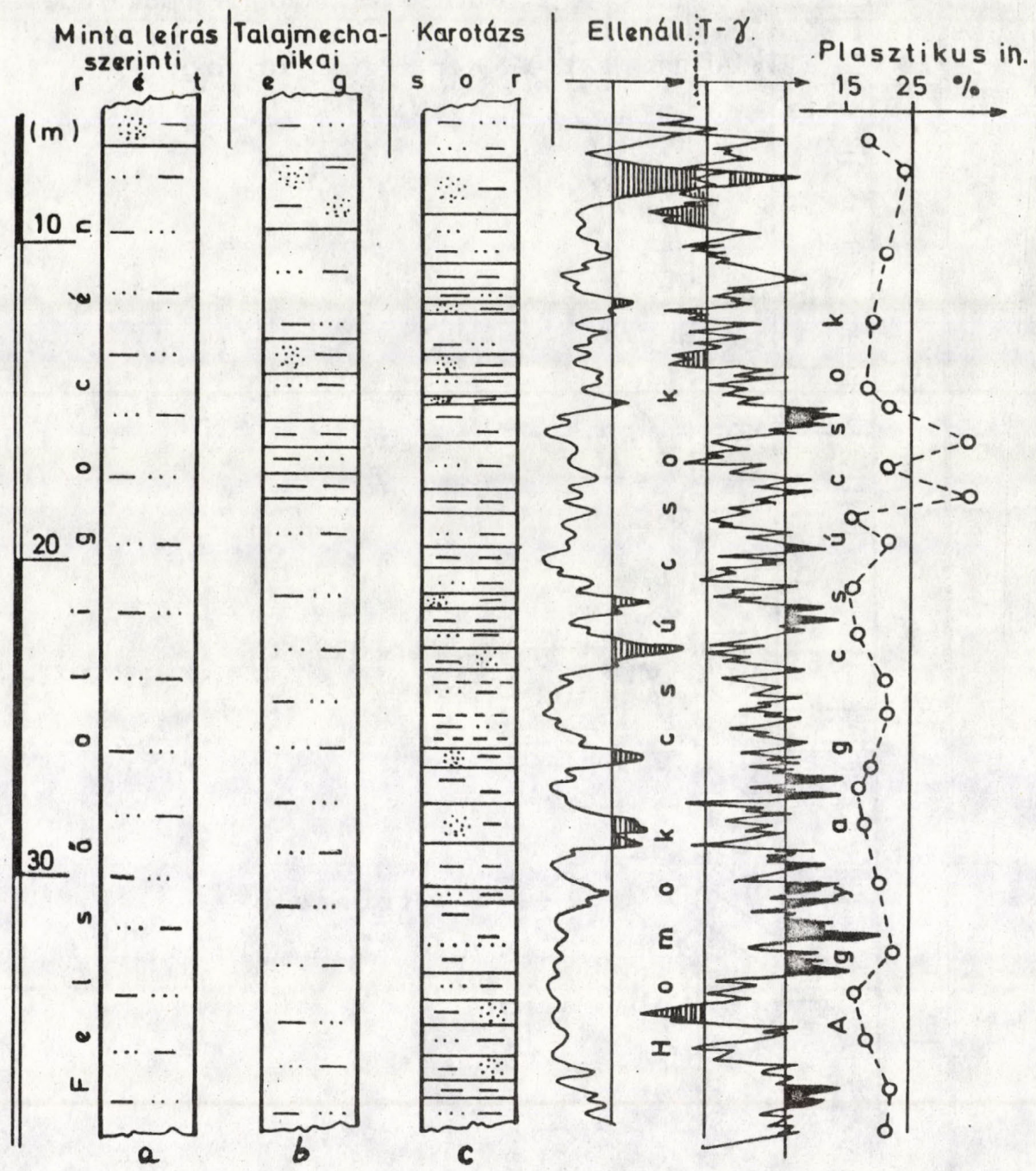
1. ábra



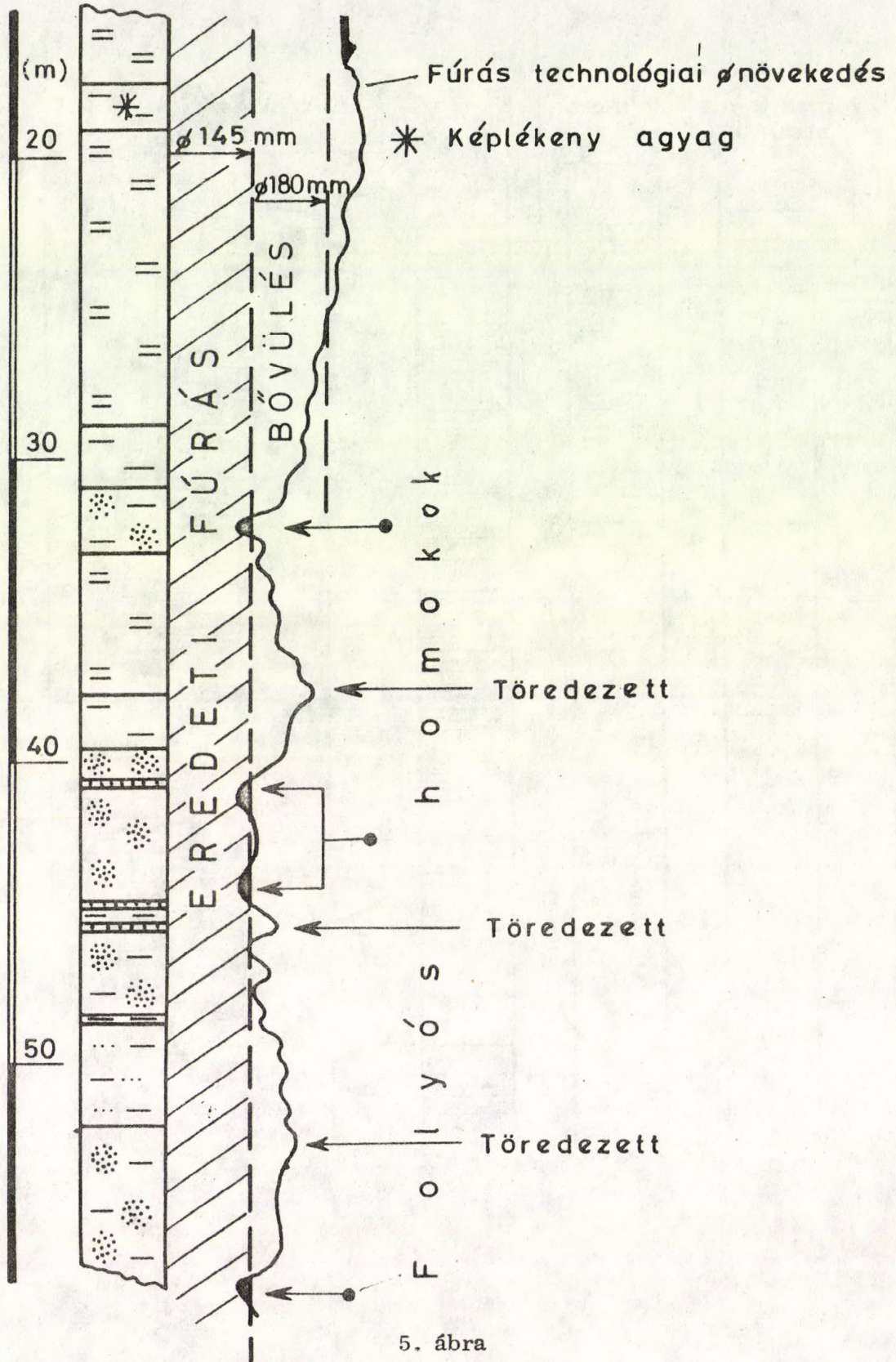
2. ábra

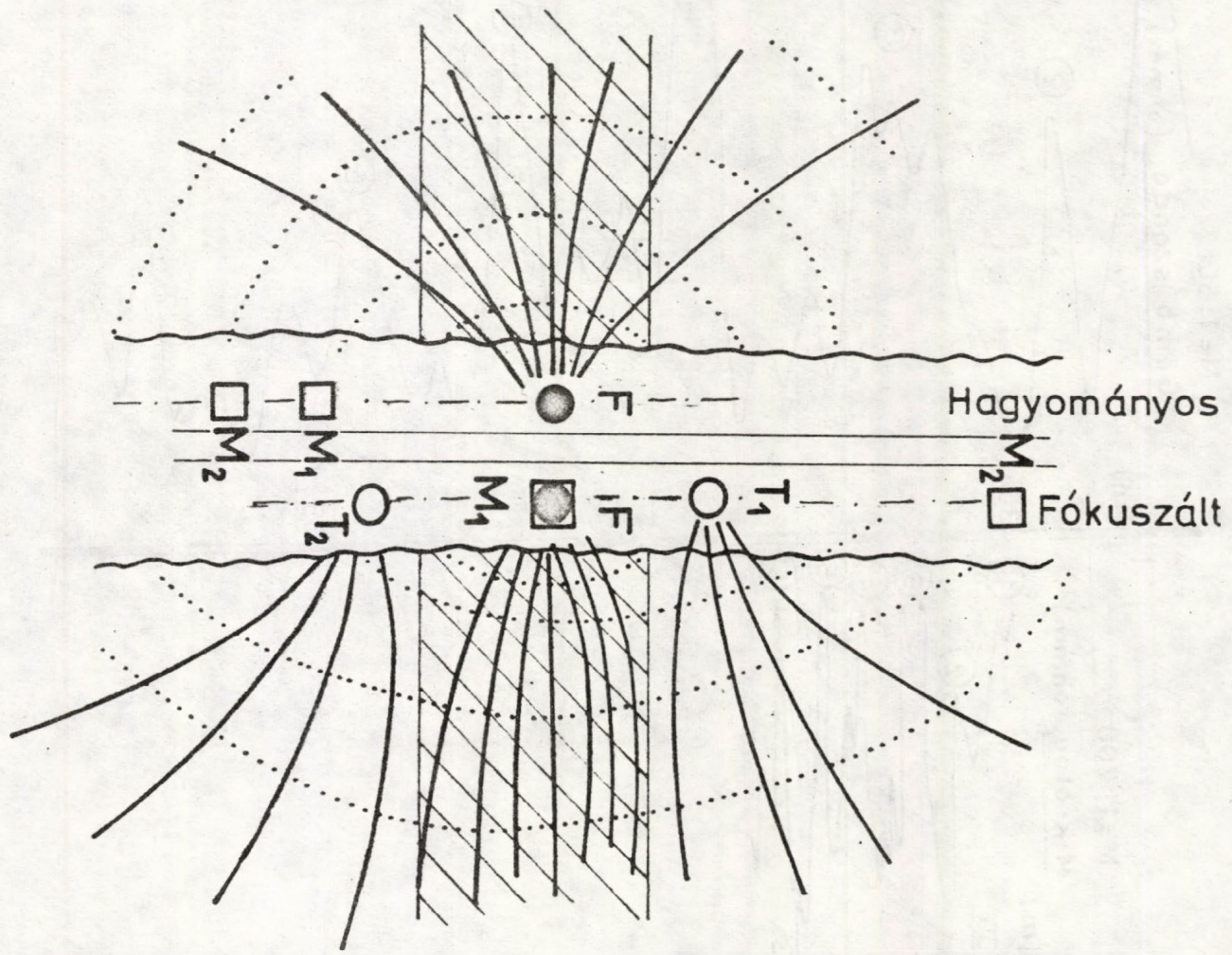


3. ábra

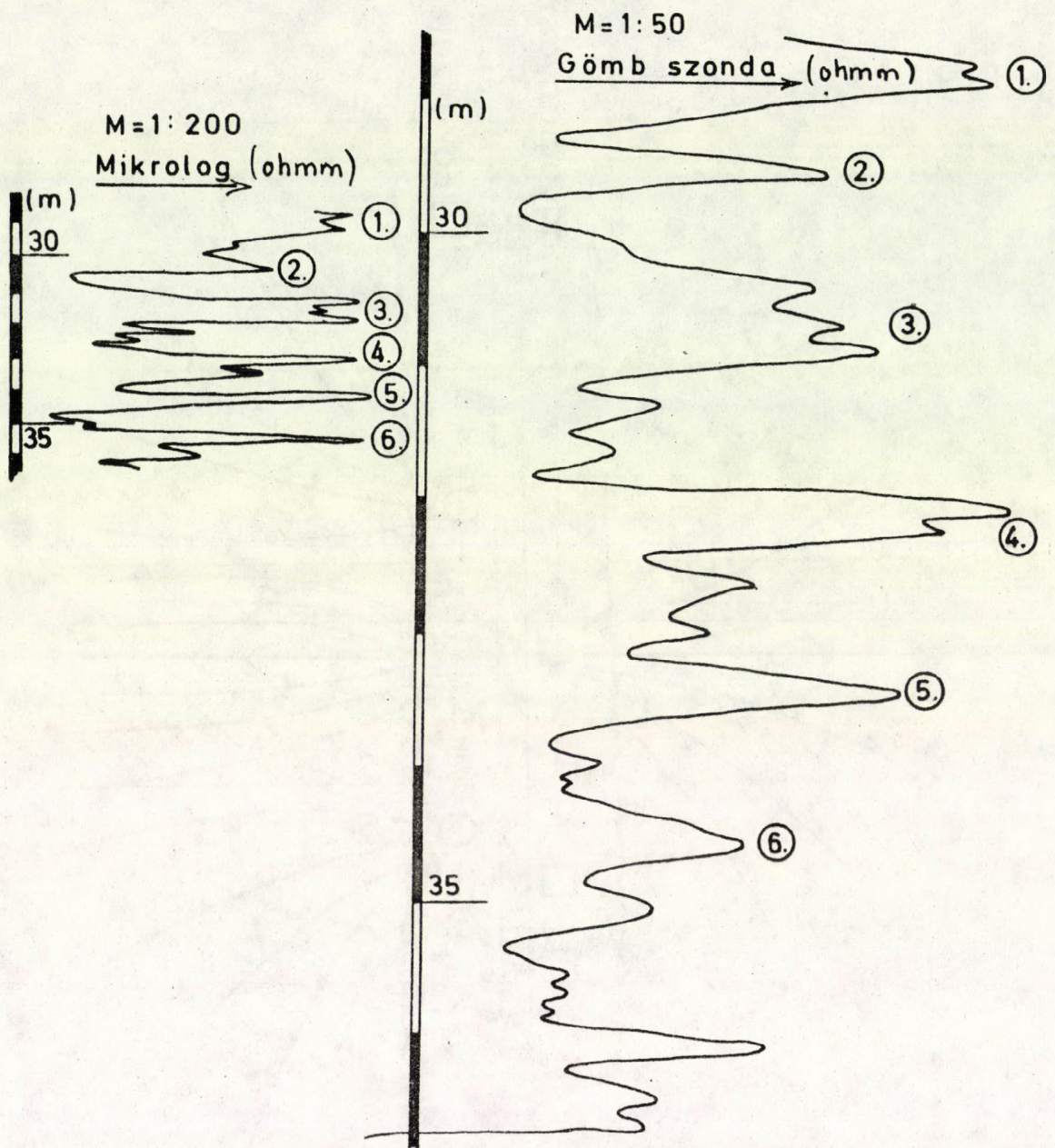


4. ábra

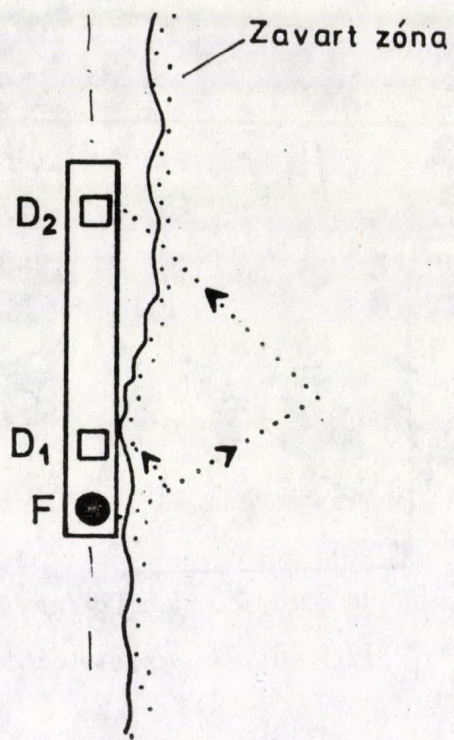




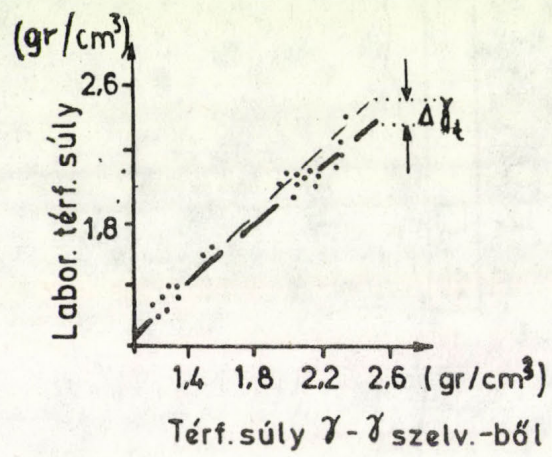
6. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra

| Karotázs Nyermérés hét fajta mérnök- geológiai információ | Elektromos ellenállás | Mikro- szelvényezés | Mikro fókuszált mérések | Sózásos ellenállás | Természetes radióaktivitás | Gamma-gamma sugárzás | Neutron-gamma sugárzás | Neutron-neutron mérés | Akusztikus szelvényezés | Bőség mérés |
|--|--------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| Homokos kőzetek szemcsésszetele | | | | | | | | | | |
| Kötött kőzetek agyag tart. | | | | | | | | | | |
| Víztartalom | | | | | | | | | | |
| Vízszivdrágás | | | | | | | | | | |
| In situ tér- fogat súly | | | | | | | | | | |
| Hézag tényező (porozitás) | | | | | | | | | | |
| Szivárgási tény (permeabilitás) | | | | | | | | | | |
| Mikroréteg- zettség | | | | | | | | | | |
| Töredezettség | | | | | | | | | | |
| Rugalmassági modulus | | | | | | | | | | |



Elsősorban
javasolható módszer



Másodsorban
javasolható módszer

10. ábra

FURÓMAGOK KŐZETMECHANIKAI ÁLLANDÓINAK
DINAMIKUS MEGHATÁROZÁSA ÉS
ÖSSZEHASONLITÁSA A STATIKUS ADATOKKAL

Csókás János^{x)}

Bevezetés

Olyan ipari objektumok, mint amilyenek az aknák, vágatok, furólyukak, alagutak és más üregek, vagy az alapozásán keresztül a talajra terhelést okozó létesítmények, utak, vasutak, repülőterek, épületek, gátak, tartályok létesítésének tervezéséhez ismerni kell azoknak a talajoknak vagy kőzeteknek a mechanikai paramétereit, amelyekben a terhelések hatására feszültségek és deformációk keletkeznek. A kőzetmechanikai paraméterek ismeretében következtetések vonhatók le a létesítmények környezetének viselkedéséről és adatok határozhatók meg a tervezési és a méretezési számításokhoz.

A kőzetekre és a talajokra megengedhető terhelések és deformációk becslése céljából elsősorban a modulusok in situ meghatározásának van gyakorlati jelentősége. A kőzetek anizotrópiája miatt és azok rheológiai tulajdonságainak ismerete nélkül terheléssel módszerekkel a statikus modulusok csak túl nagy hibával határozhatók meg. A kőzetekből vett furómagok egy részét képező próbatesteken meghatározott mechanikai állandók csak a kőzettömeg egyes részeinek viselkedését jellemzik és csak a vizsgálati laboratórium körülményeinek megfelelő feltételek mellett. A vizsgálat próbatest a kőzetformációt nem modellezi sem méreteiben, sem szerkezeti felépítésében, sem hidrológiai sajátágaiban.

x) Nehézipari Műszaki Egyetem, Geofizikai Tanszék, Miskolc

A létesítmények legtöbbször statikusan, sok esetben azonban dinamikusan is hatnak a kőzettömegekre. Földrengések, robbantások és más rengetések, tartály-feltöltések és kiürítések, hajó zsilipelések például az általajzt dinamikusan is igénybe veszik.

A rugalmassági és szilárdsági állandók in situ vagy laboratóriumi statikus meghatározása hosszadalmas, költséges és pontatlan. Ezzel szemben a dinamikus meghatározás akár in situ, akár laboratóriumban gyors, pontos, sokkal kisebb költségbe kerül és - ami még fontosabb - a statikus módszer-nél sokkal nagyobb térfogatu kőzettömegekre vonatkozik, tehát jellemzőbb a vizsgált formációkra.

A dinamikus paraméterek azonban a kőzetek rheológiai sajátosságai miatt eltérnek a statikus értékektől, ugyanis dinamikus vizsgálati módszerek esetén a deformációk rugalmasaknak tekinthetők, a statikus méréseknél viszont a feszültség időtartamától és nagyságától is függenek, tehát az egymásnak megfelelő statikus és dinamikus állandók különbsége a kőzetek rheológiai jellegét is tükrözi.

Mivel a kőzetmechanikai paraméterek dinamikus meghatározása a statikusnál könnyebb, pontosabb és a kőzetformációra jellemzőbb, ezért célszerű összefüggéseket keresni az egymásnak megfelelő dinamikus és statikus modulusok között azért, hogy a dinamikus adatok statikus adatokká átszámíthatók legyenek, ha az utóbbiakra van szükség.

1. A kőzetmechanikai paraméterek

A mérnökgeológiai tervezésekhez általában a kőzetek mechanikai paraméterei közül azok Young-modulusát, nyirási modulusát, térfogati (kompresszió)-modulusát, Poisson-hányadosát, a nyomó-, a huzó- és a nyiró szilárdságát szokták meghatározni. A számításokhoz ismerni kell még a kőzetek térfogatsűrűségét, hézagterfogatát, a viztartalmát és a vízáteresztőképességi tényezőjét is.

Az izotróp közegek rugalmassági állandói között sok összefüggés ismeretes [1], így nem szükséges mindegyiket meghatározni, hanem csak azokat, amelyekből a többi a legpontosabban számítható ki.

Laboratóriumi és in situ módszereket a Young-, a nyirási- és a kompresszió-modulus, valamint a Poisson-hányados meghatározására dolgoztak ki. A térfogatsűrűség laboratóriumban térfogat- és tömegmérésből, in situ pedig sűrűség (gamma-gamma)-szelvényből nyerhető. A hézagtényező (porozitás) és az átteresztőképességi tényező (permeabilitás) is megmérhető az említett két körülmény között.

2. Furómagok dinamikus rugalmassági állandóinak meghatározása

Az állandók meghatározása a mérési adatokból olyan képletekkel történik, melyekben a térfogatsűrűség is szerepel. A furómagok csak akkor lehetnek a formációjukra jellemzők, ha úgy konzerválják, szállítják és úgy készítik elő a vizsgálatokra, hogy az in-situ állapotukat lehetőleg megtarthassák. Két kutatóhelyen egymástól függetlenül mért furómag-térfogatsűrűségek összehasonlítása az 1. ábrán látható. A mintákat a Nagyegyháza-63. sz. furásból vették és rosszul konzerválták, az egymásnak megfelelő értékek ezért térnek el lényegesen egymástól. Jól konzervált furómagok esetére, melyek a Mány-132. sz. furásból származnak, az összehasonlítást a 2. ábra mutatja. A két kutatóhelyen a térfogatsűrűségeket és a többi paramétert is kettő osztott furómagok makroszkopikusan egyformának látszóik egyik, illetve másik felén határozták meg. A két ábra összehasonlításából látható, hogy laboratóriumban egyszerűen és pontosan mérhető térfogatsűrűségek megbízhatóságára is nagy gondot kell fordítani. A rosszul konzervált mintáknál az eltéréseket a furómagok nedvességtartalmának csökkenése okozta, ugyanis kevés kivétellel ott kaptak nagyobb értékeket, ahol a mérések korábban történtek.

A dinamikus Young-modulus meghatározására készült berendezés egy alacsonyfrekvenciás generátorból, egy feszültségmérőből, egy oszcilloszkópból, valamint a kőzetmérő tartóból áll. A furómagok két véglapját párhuzamosan fűrészelve, majd m tömegét, l hosszúságát és d átmérőjét megmérve, azok a tartóba kerülnek úgy, hogy középen három csavar rögzíti a palástnak szorítva egymástól 120° -ra. A minta alsó lapjához illeszkedik a generátor által rezgésbe hozott piezoelektromos, kerámia korong, a felső lapjához pedig a minta dilatációs rezgés-amplitudóját érzékelő detektor. Az utóbbihoz csatlakozik a voltmérő, amelynek kitérése a minta dilatációs rezgési amplitudójával arányos, továbbá az oszcilloszkóp, amelyen a rezgési folyamat látható.

A generátor frekvenciáját változtatva a voltmérő a furómag (f_1) dilatációs rezonancia-frekvenciájánál mutat maximális kitérést.

Az N-63. és N-68. sz. furásból származó néhány furómag rezonancia görbéje és a (-3dB) csillapításhoz tartozó sávszélességek a 3. ábrán láthatók. A furómagok felsorolt adataiból a dinamikus Young-modulus a következő módon határozható meg [2] :

$$\rho_d = \frac{4m}{\sqrt{d^2 l}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1), \text{ a kőzet térfogatsűrűsége}$$

$$V_d = 2lf_1 \quad (\text{m/s}) \quad (2), \text{ a dilatációs hullám sebessége}$$

$$E_d = V_d^2 \cdot \rho_d \quad (\text{N/m}^2) \quad (3), \text{ a dinamikus Young-modulus,}$$

tehát

$$E_d = 5,093 \cdot m \cdot l \cdot d^{-2} \cdot f_1^2 \quad (\text{N/m}^2) \quad (4)$$

A dinamikus Poisson-hányados meghatározására szeizmoszkóp készült, amely impulzusgenerátorból, feszültségmérőből, időmérő oszcilloszkópból és a rezgéssebességmérő mintabefogóból áll. Az impulzusgenerátor a furómag egyik véglapjához illesztett piezoelektromos kerámia korong útján mechanikai kompressziós impulzusokat kelt a minta hozzá illesztett védőlapján. Az impulzusok az l hosszúságu mintán t idő alatt haladnak át. Az impulzus beérkezése a minta másik véglapján egy hasonló piezokerámia korongban elektromos feszültségimpulzust kelt. A mechanikai impulzus indulása és beérkezése között eltelt t idő az időmérő oszcilloszkópon olvasható le. A csővoltmérő az impulzus generátor és az oszcilloszkóp működésének ellenőrzésére szolgál. Az eszköz mérési pontosságát és hitelesítését etalon-anyagokon, alumínium, sárgaréz, acél és plexirudakon lehet ellenőrizni.

A kompressziós hullám sebessége

$$v_p = \frac{l}{t} \quad (\text{m/s}) \quad (5)$$

A dinamikus Poisson-hányados pedig:

$$\sigma_d = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1-e}{2e} + \left[\left(\frac{1-e}{2e} \right)^2 - 4 \frac{1-e}{2e} \right]^{1/2} \right\} \quad (6)$$

egyenletből számítható, ahol

$$e = \frac{v_p^2 \cdot \sigma_d}{E_d} \quad (7)$$

azaz

$$\sigma_d = f_1^2 t^2 - 0,25 + \left[f_1^4 t^4 - 2,5 \cdot f_1^2 \cdot t^2 + 0,5625 \right]^{1/2} \quad (8)$$

A furómagok rheológiai tulajdonságaira jellemző az η_j veszteségi tényező, illetve reciproka, a Q jósági tényező, mely a dilatációs rezonancia-frekvencia mérésével együtt meghatározható. Ugyanis

$$\eta_j = \frac{1}{Q} = \frac{\Delta f}{f_1} = \operatorname{tg} \delta \quad (9)$$

ahol Δf az f_1 frekvencia (-3dB) csillapításának megfelelő sáv szélesség (3. ábra). A δ veszteségi szög a dilatációs feszültség és a deformáció közötti fáziskülönbséget jelenti konstans rezgési állapot esetén.

A dinamikus Young-modulus és Poisson-hányados ismeretében a dinamikus nyirási modulus, melyet Lamé-, illetve merevségi állandónak is neveznek, az alábbi képletből számítható:

$$G_d = \frac{E_d}{2(1 + \nu_d)} \quad (\text{N/m}^2) \quad (10)$$

A kompressziós hullám sebességéből a nyirási modulus:

$$G_d = V_p^2 \cdot \rho_d \frac{1 - 2\nu_d}{2(1 - \nu_d)} \quad (\text{N/m}^2) \quad (11)$$

3. A statikus és a dinamikus közetmechanikai állandók kapcsolata

A szakirodalomban található olyan regressziós egyenletek, amelyek a statikus és a dinamikus mérési adatokból számított közetrugalmassági állandók között fejeznek ki tapasztalati összefüggéseket [3; 4]. Találhatóak a furómagokon laboratóriumban és a furólyukban in situ mérésekből kapott dinamikus rugalmassági állandók egymás közötti kapcsolatáról szóló közlemények is [5].

A statikus és a dinamikus modulusok közötti összefüggések vizsgálata során felvetődött az a gondolat, hogy az összefüggések egyik változója a dilatációs rezgések f_1 rezonancia frekvenciája lehet.

A dinamikus Young-modulus és a rezonancia frekvencia között például feltehető az alábbi összefüggés:

$$E_d = E'_s \left[1 + \left(\frac{f_1}{f_0} \right)^{3/2} \right] \quad (12)$$

ahol f_0 egy "karakterisztikus frekvencia" [6]. Az f_1/f_0 hányados a tehetetlenségi és a viszkózus erők hányadosának felel meg és a rezgő mozgás Reynolds-számának fogható fel. E'_s az $f_1=0$ frekvenciához tartozó Young-modulus, amely megfelel annak az E_s statikus modulusnak, amely az f_1 dilatációs rezonanciás rezgés amplitudójával megegyező statikus deformációhoz tartozik. Ez a felfogás azért ésszerű, mert a kőzet rezgési deformációja a dilatációs frekvencia zérus felé csökkenésével dinamikusból egy statikus határérték felé közeledik.

Az E_d , f_1 és f_0 ismeretében (12) alapján E'_s "statikus Young-modulus" kiszámítható. Ez az összefüggés azonban E'_s meghatározására csak f_0 értékének birtokában használható.

Az Mát-132. sz. furásból származó furómagok egyik felének dinamikus, a másik felének pedig statikus módszerrel meghatározott Young-modulusai E_d/E_s hányadosát az f_1 rezonancia frekvencia függvényében a 4/a. ábra mutatja. Laza homoknak minősített furómagokra $f_0 = 475$ Hz, márgákra és tömör homokkövekre $f_0 = 2157$ Hz karakterisztikus frekvenciát választva az egyik kutatóhelyen dinamikus mérési adatokból számított E'_s "sztatikus Young-modulus"-ok közelítőleg megegyeznek a másik kutatóhelyen sztatikussal kapott E_s sztatikussal kapott E_s Young-modulusokkal, amint a 4/b. és 4/c. ábrákon látható.

A (12) egyenletből kitűnik, hogy a furómagok szokásos méreteinél, kötöttebb kőzetek esetében, ahol több kHz az f_1 dilatációs rezonancia-frekvencia, f_0 értékének pontossága E'_s értékét nem nagyon befolyásolja. Az f_0 -ra közelítő pontossággal felvett adattal számítva a dinamikus uton kapott E'_s jól megegyezik az E_s statikus Young-modulussal.

Az f_0 karakterisztikus frekvenciák közelítő értéktartományai a vizsgált eocén összletben a következők lehetnek:

| Kőzet | f_0 (Hz) |
|--------------------|------------|
| Laza homokok | 450-600 |
| Homokok | 1100-1300 |
| Homokkövek, márgák | 2100-2300 |

A dinamikus nyirási modulus a (11) egyenletből a térfogatsűrűség, a kompressziós hullámsebesség és a dinamikus Poisson-hányados ismeretében kiszámítható. A dinamikus és a statikus Young-modulusok között a (12) összefüggéshez hasonló kapcsolatot a dinamikus és a statikus nyirási modulusok között is feltételezhető, azaz

$$G_d = G'_s \left[1 + \left(\frac{f_1}{f_0} \right)^{3/2} \right] \quad (13)$$

ahol G'_s a dinamikus mérésekből kapott dinamikus nyirási modulusból a karakterisztikus frekvenciára redukált "statikus nyirási modulus".

A (13) összefüggés érvényességének vizsgálatára a másik kutatóhelyen meghatározott σ_c egytengelyű nyomószilárdság értékek nyújtották az alább leírt lehetőséget úgy, hogy végül egy olyan egyenlet is adódott, amellyel a dinamikus mérési adatokból az egytengelyű nyomószilárdság értéke kiszámítható, illetve egy becslési érték megadható.

A Huber-Miseses-Hencky-féle törési elmélet szerint a "megengedhető tapasztalati fajlagos tiszta alakváltozási munka" λ_o határértékénél következik be az anyag tönkremenetele [7]. Ez a határérték a mechanikai állandókkal az alábbi módon fejezhető ki.

$$\lambda_o = \frac{1+\nu_s}{\nu_s} \frac{2\sigma_o^2}{6E_s} = \frac{\sigma_o^2}{6G_s} \quad (14)$$

ahol $\nu_s = 1/\sigma_s$ a Poisson-hányados reciproka (Poisson-szám). Ismeretes, hogy a (10)-hez hasonló egyenlet a megfelelő statikus mennyiségek között is érvényes. A (10) és (14) egyenletbe a $\sigma_o = \sigma_c$ megmért egytengelyű nyomószilárdságot, az E_s statikus uton megmért Young-modulust és σ_s statikus Poisson-hányadost behelyettesítve λ_o a σ_c mért értékek függvényében kiszámítható. Az Má-132. sz. furásból vett furómagok értékei az 5. ábrán láthatók.

A kiegyenlítő egyenes egyenlete:

$$\lambda_o = 3,2 \cdot 10^{-4} \sigma_c^{0,7} \quad (15)$$

A (14) és (15) egyenletek jobb oldalát egyenlővé téve az egytengelyű nyomószilárdság és a statikus nyirási modulus között a következő összefüggés kapható:

$$\sigma_c = 4,43 \cdot 10^{-3} \left(\frac{E_s}{1+\sigma_s} \right)^{0,76} = 7,6 \cdot 10^{-3} G_s^{0,76} \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (16)$$

A (16) egyenletnek a Má-132. sz. furásból vett furómagok statikusan mért σ_c és számított G_s értékei a 6. ábrán látható módon tesznek eleget. A Má-133. sz. furásból vett furómagok G_s statikus nyirási modulusából (16)-tal számított és a mért σ_c egytengelyű nyomószilárdsága kapcsolatát a

7. ábra mutatja. A 6. és a 7. ábrából látható, hogy a (16) egyenlet σ_c és G_s között elég szoros kapcsolatot fejez ki.

Tételezzük fel, hogy a (13) egyenlethől kiszámítható G'_s nyirási modulus esetén is érvényes a dinamikus módszerrel kapott E'_s "statikus Young-modulusra" vonatkozó megállapítás, vagyis jó közelítéssel megegyezik a statikus nyirási modulussal, azaz $G'_s = G_s$. Ezzel mód nyílik azt megvizsgálni, hogy a mért σ_c nyomószilárdságok és a hozzájuk tartozó G'_s nyirási modulusok között is fennáll-e a (16) egyenlet szerinti összefüggés.

Az Má-132. és az Má-133. sz. furásból vett furómagok G'_s és σ_c értékeit egymásnak megfelelően felhordva a 8. ábra mutatja. A regressziós egyenlet:

$$\sigma_c = 5,1 \cdot 10^{-3} G_s^{0,68} \quad (\text{N/m}^2) \quad (17)$$

A (16) és (17) egyenleteket összehasonlítva látható, hogy köztük elég nagy a hasonlóság annak ellenére, hogy a σ_c értékeket az egyik kutató helyen a furómagok egyik feléből kivágott kis darab mintákon határozták meg, a G'_s értékeket pedig a másik kutató helyen a furómagok másik fele teljes tömegének dilatációs és kompressziós rezgései méréséből kapták. A furómagok térfogatsűrűsége, a kompressziós hullámok sebessége és a dinamikus nyirási modulusok ismeretében a K_d dinamikus kompressziós modulusok is kiszámíthatók, ugyanis

$$K_d = \frac{\rho d}{t_p} - \frac{4}{3} G_d \quad (\text{N/m}^2) \quad (18)$$

ahol t_p a kompressziós hullámok egységnyi hosszúságu távolságra eső futási idejét jelenti.

Összefoglalva: Furómagok dinamikus rugalmassági állandói a teljes térfo-
gatukra vonatkozóan egyszerűen, gyorsan és pontosan meghatározhatók.

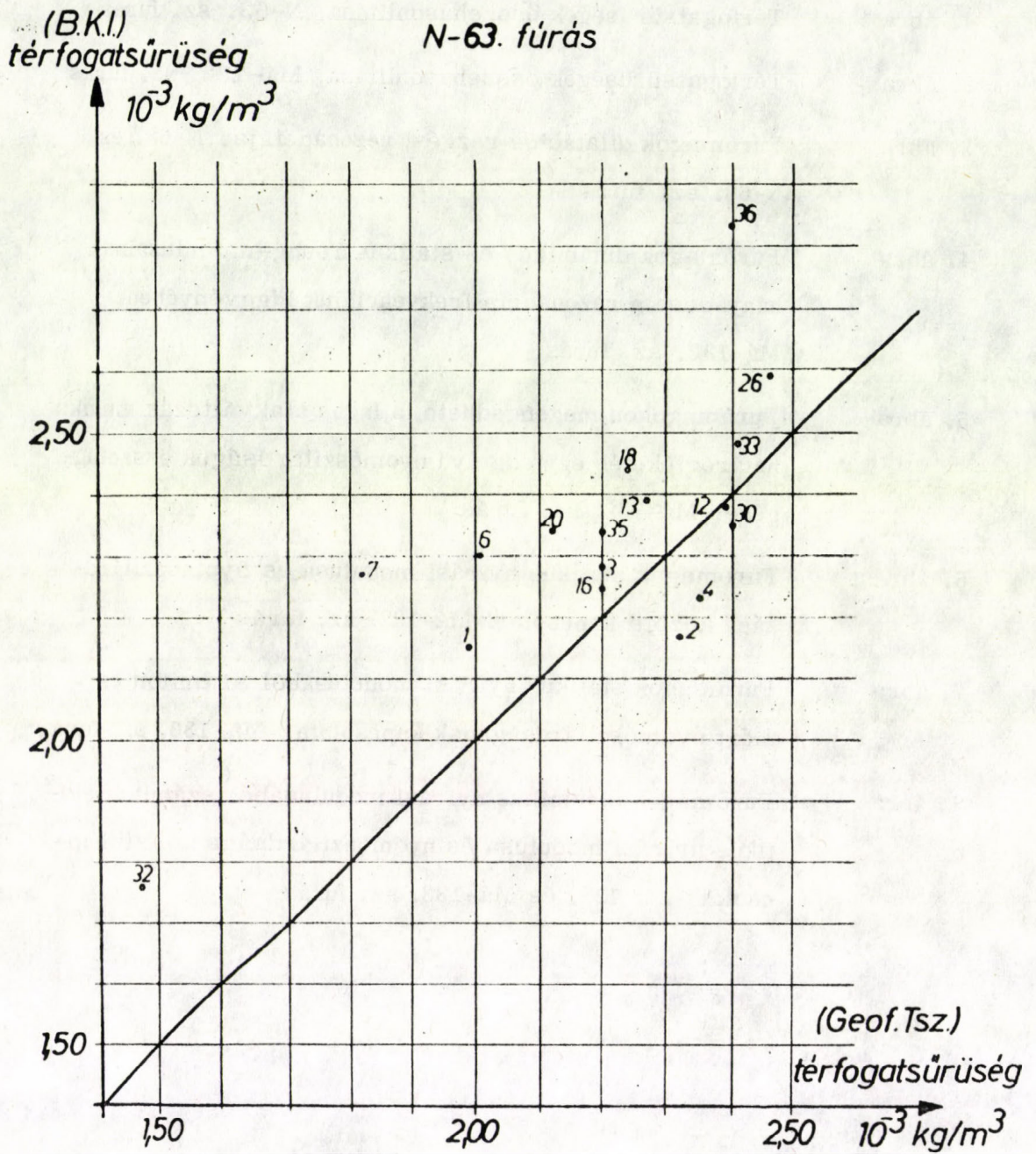
A dinamikus és a statikus állandók között egy kőzetprovinciára függvényyszerű
kapcsolatok állíthatók fel. A dinamikus és a statikus állandók különbsége a
minták rheológiai tulajdonságára jellemző. A dinamikus adatokból a nyomó-
szilárdság is számítható, vagy közelítő értéke becsülhető.

Irodalom

1. Schreiber, E. et al.: Elastic constants and their measurement. Mc-Graw-Hill Book Co. New-York, 1973.
2. Heiland, C. A.: Geophysical Exprolation. Prentice-Hall, Inc. New-York, 1946. p. 463.
3. Oyo-Technical Note, TN-14, Oyo Co., Tokyo, 1976. Nov.
4. Jesch A.: Kőolaj- és Földgáz (BKL) 1976. 6. sz.
5. Myung, J.I. and Helander, D.P.: Correlation of elastic moduli dynamically measured by in-situ and laboratory techniques. SPWLA Reprint Vol. Acoustic Logging, March, 1978. SPWLA, Inc, Houston. p. F-1-25.
6. Geerstma, J.: Velocity log interpretation: The effect of rock bulk compressibility. u.o. p. B-237.
7. Palotás L.: Mérnöki Kézikönyv I. 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1956. 516. old.

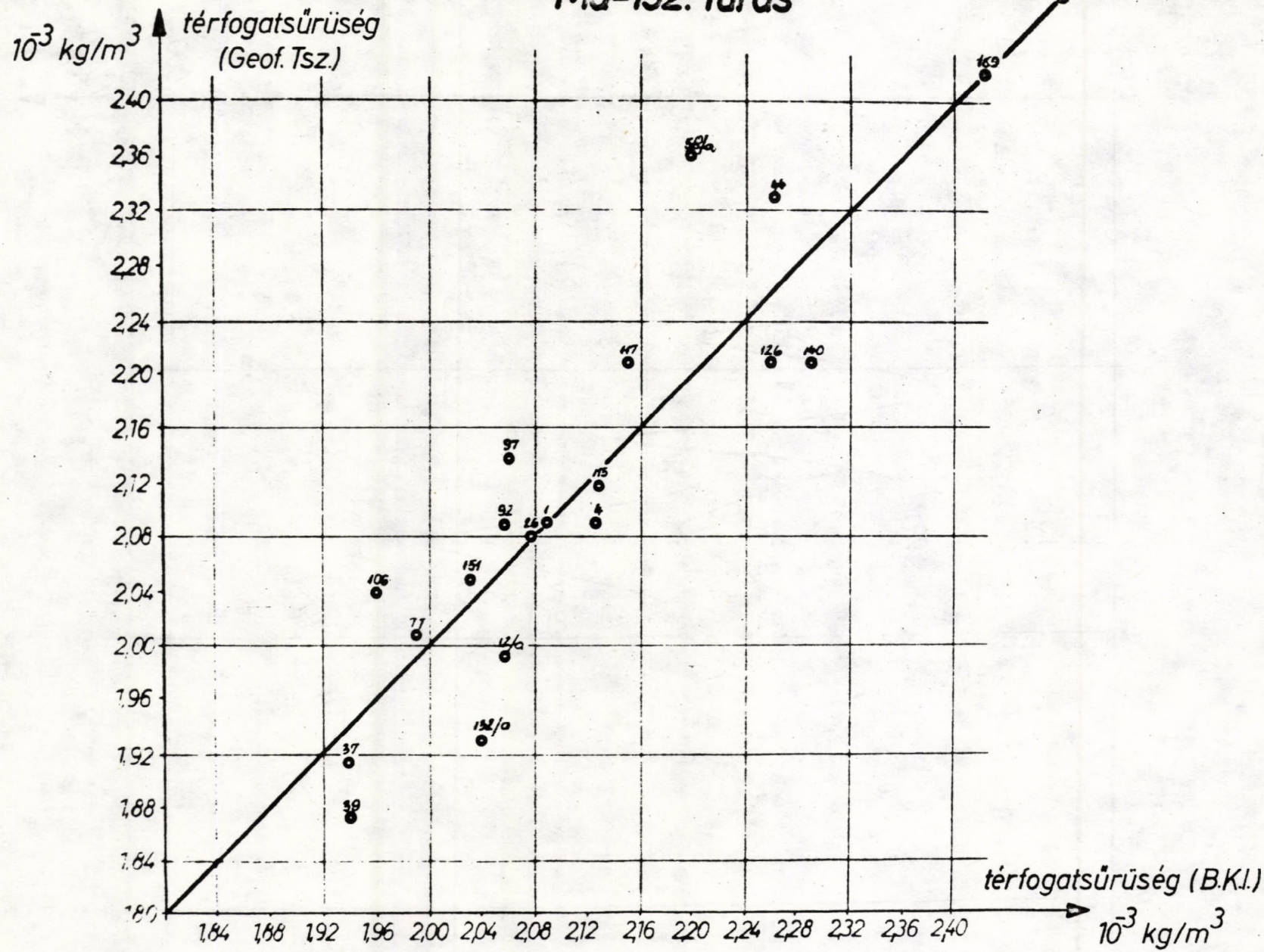
Ábrajegyzék

1. ábra Térfogatsűrűségek összehasonlítása, N-63. sz. furás
2. ábra Térfogatsűrűségek összehasonlítása, Má-132. sz. furás
3. ábra Furómagok dilatációs rezgési rezonanciája. N-63. és N-68. sz. furás
4. ábra Furómagok dinamikus és statikus Young-modulusainak hányadosa a rezonancia frekvenciájuk függvényében. Má-132. sz. furás
5. ábra Furómagokon megengedhető fajlagos alakváltozási munka határértéke és egytengelyű nyomószilárdságuk összefüggése. Má-132. sz. furás
6. ábra Furómagok statikus nyirási modulusa és nyomószilárdsága közötti kapcsolat. Má-132. sz. furás
7. ábra Furómagok statikus nyirási modulusából számított és mért nyomószilárdságának kapcsolata. Má-133. sz. furás
8. ábra Furómagok dinamikus nyirási modulusából számított statikus nyirási modulusa és nyomószilárdsága közötti kapcsolat. Má-132. és Má-133. sz. furás

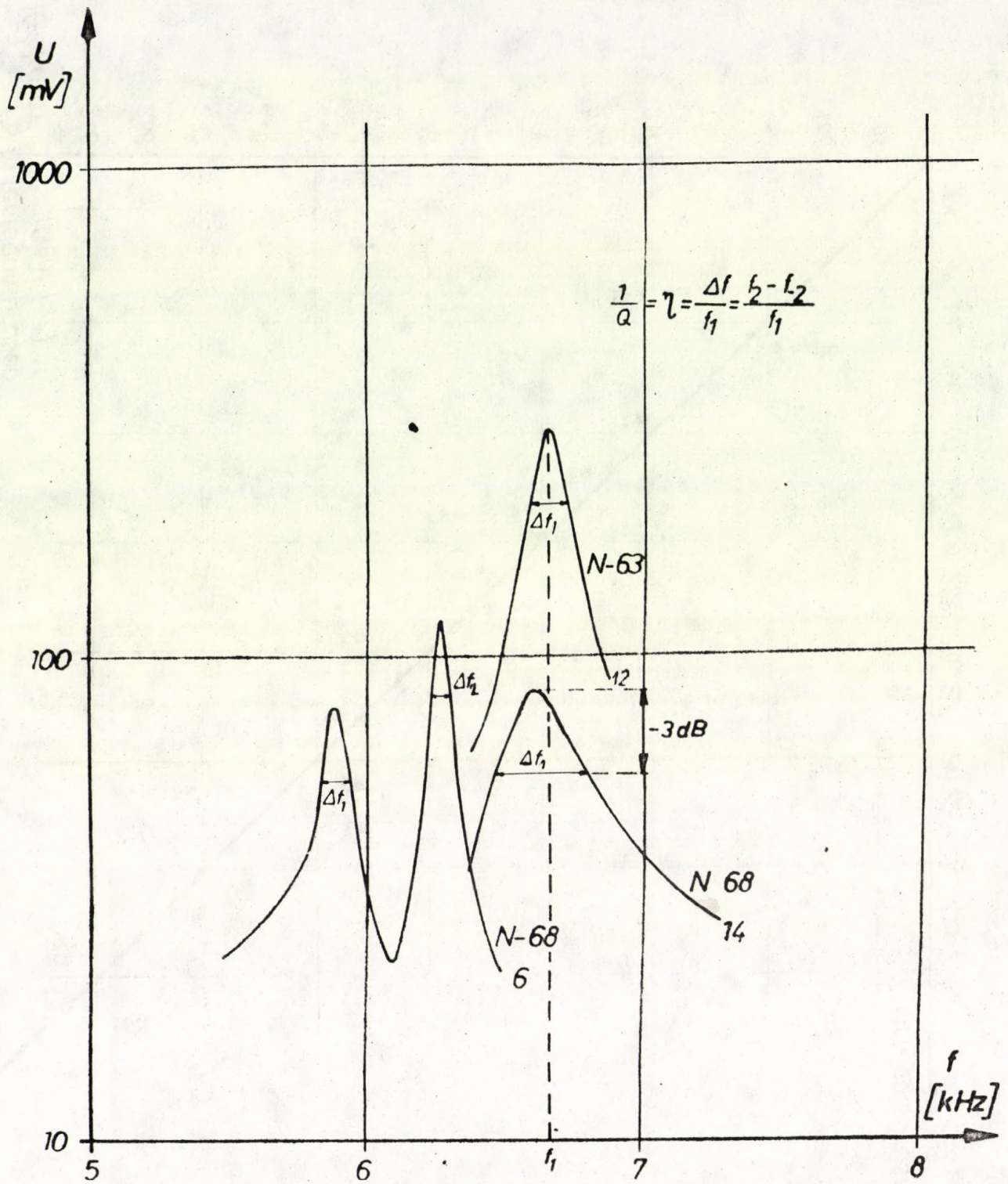


1. ábra

Má-132. fúrás

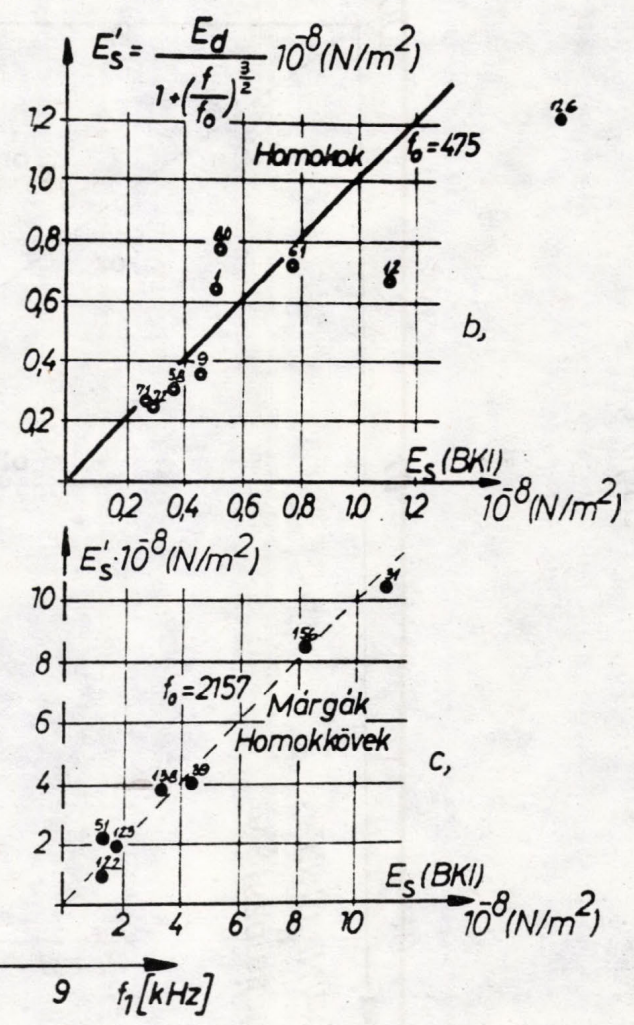
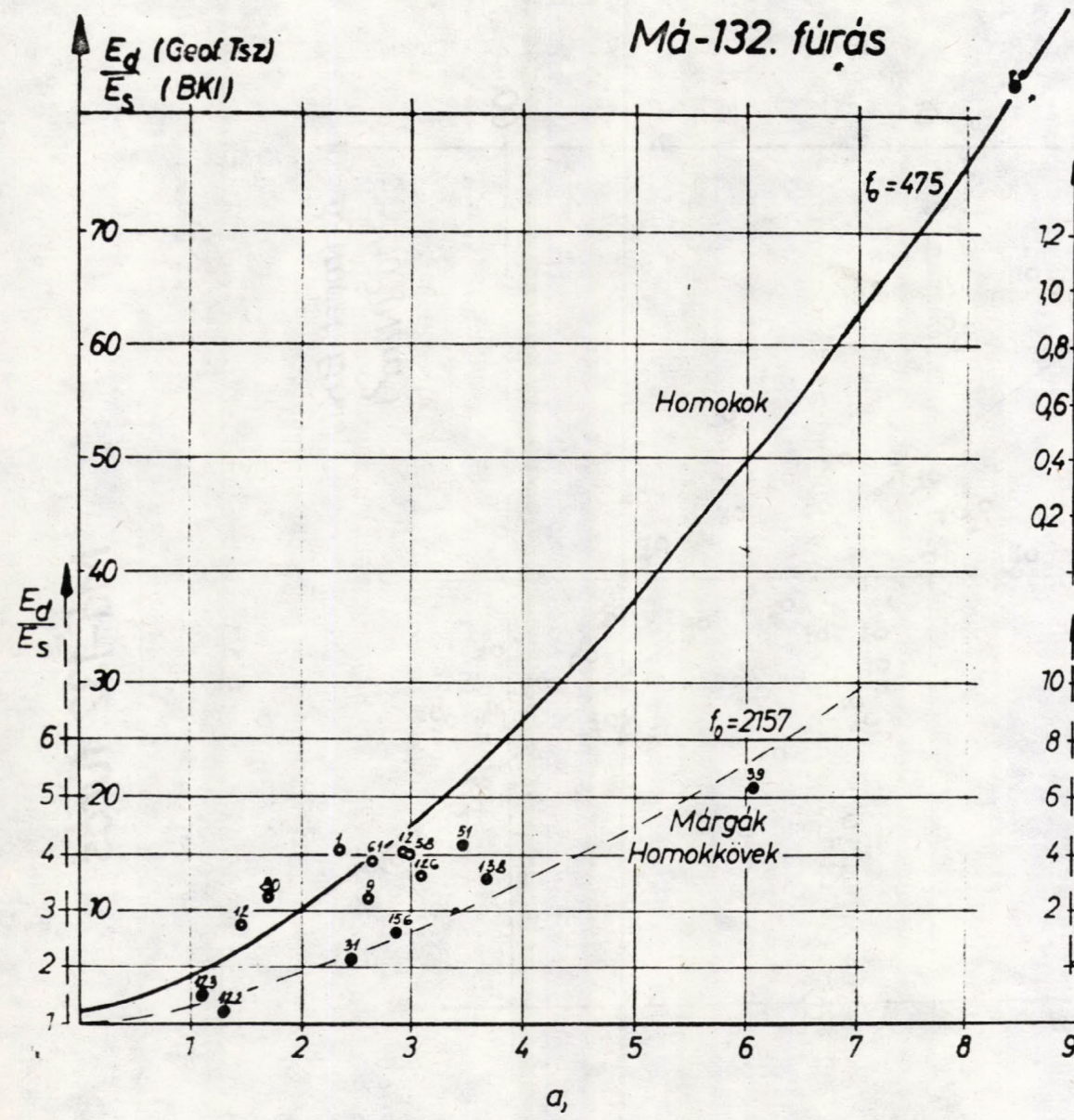


2. ábra



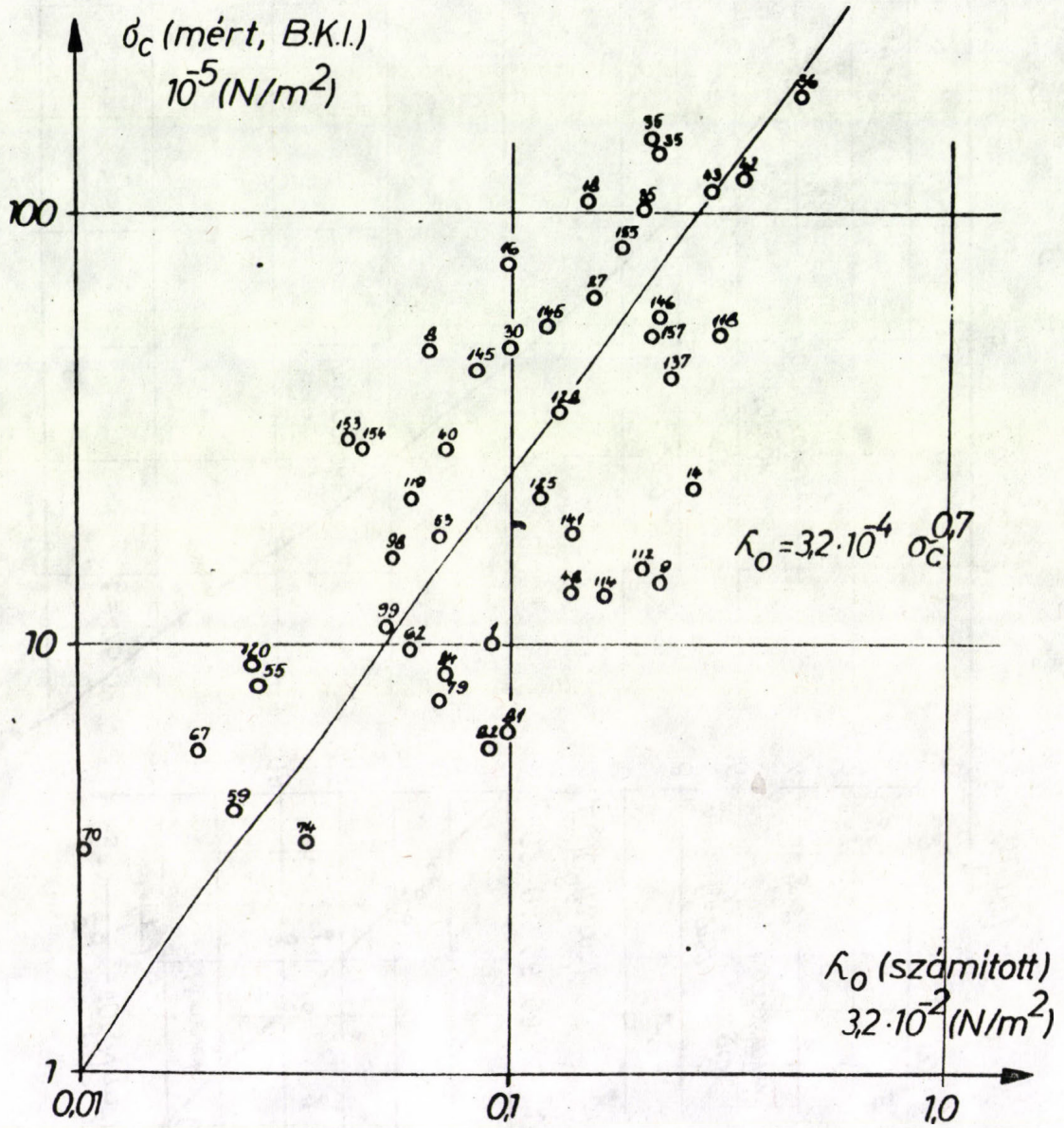
3. ábra

Má-132. fúrás



4. ábra

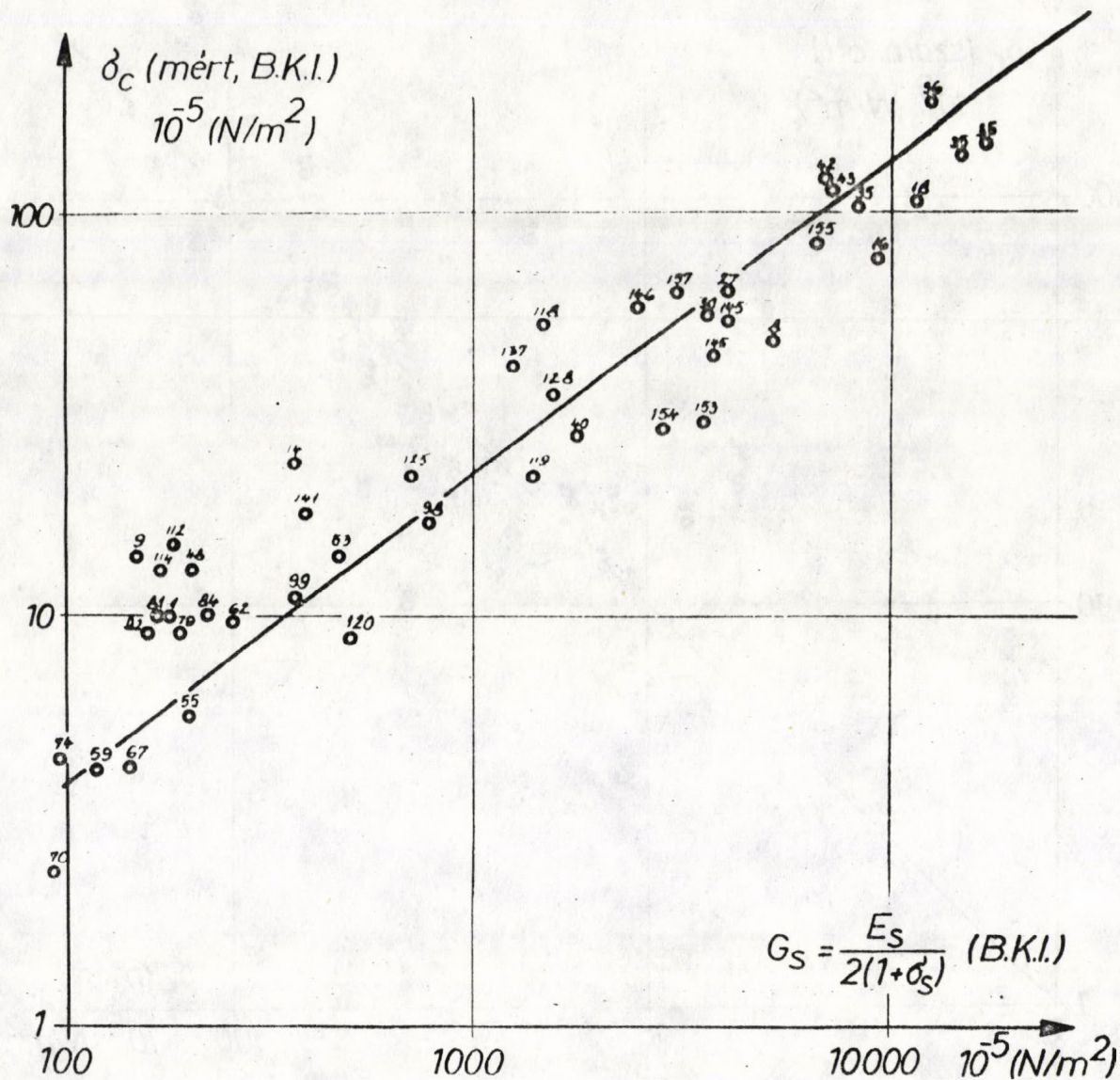
Má-132. fűrés



5. ábra

Má-132. fúrás

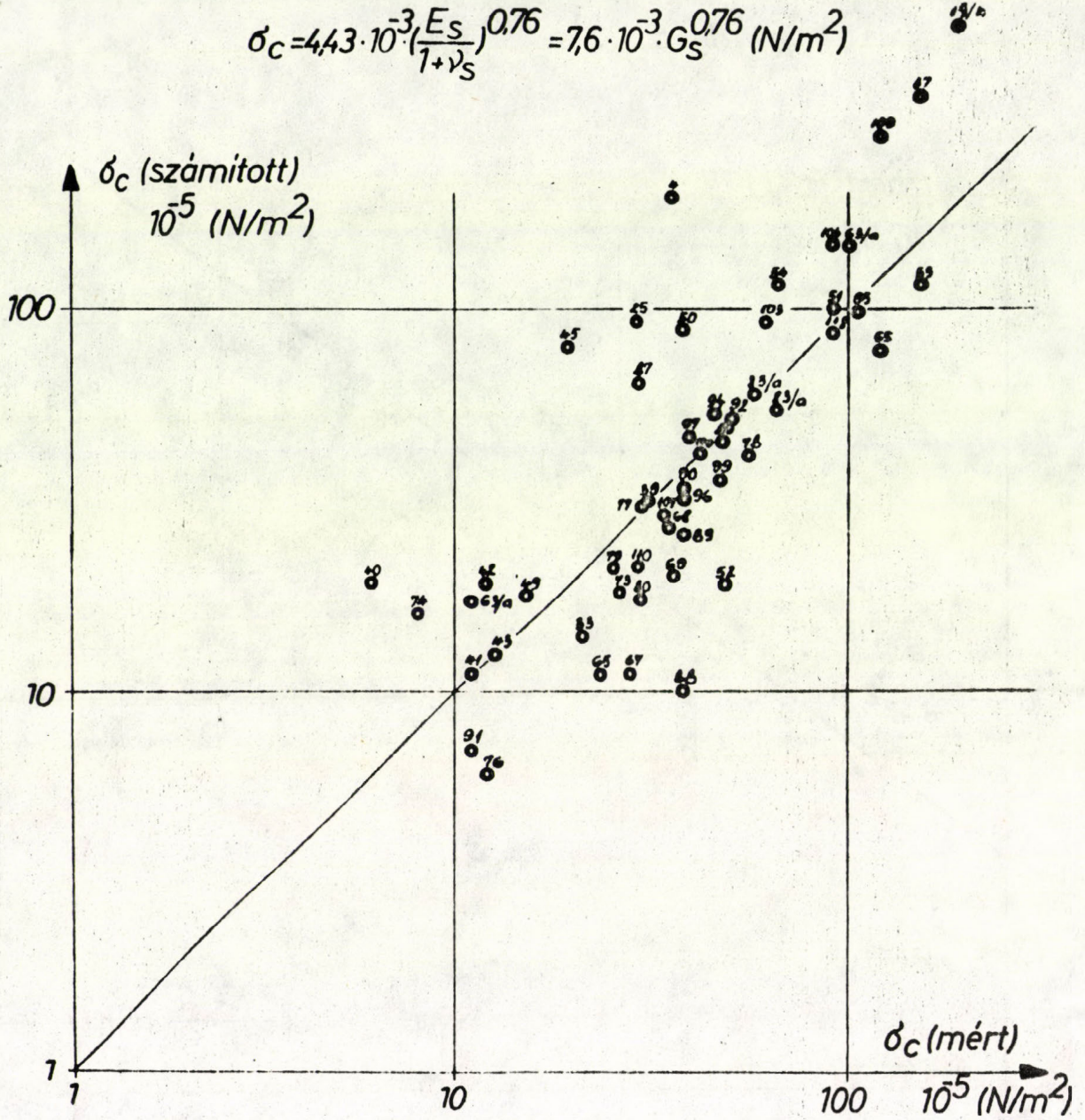
$$\sigma_c = 5,1 \cdot 10^{-3} \cdot G_s^{0,76}$$



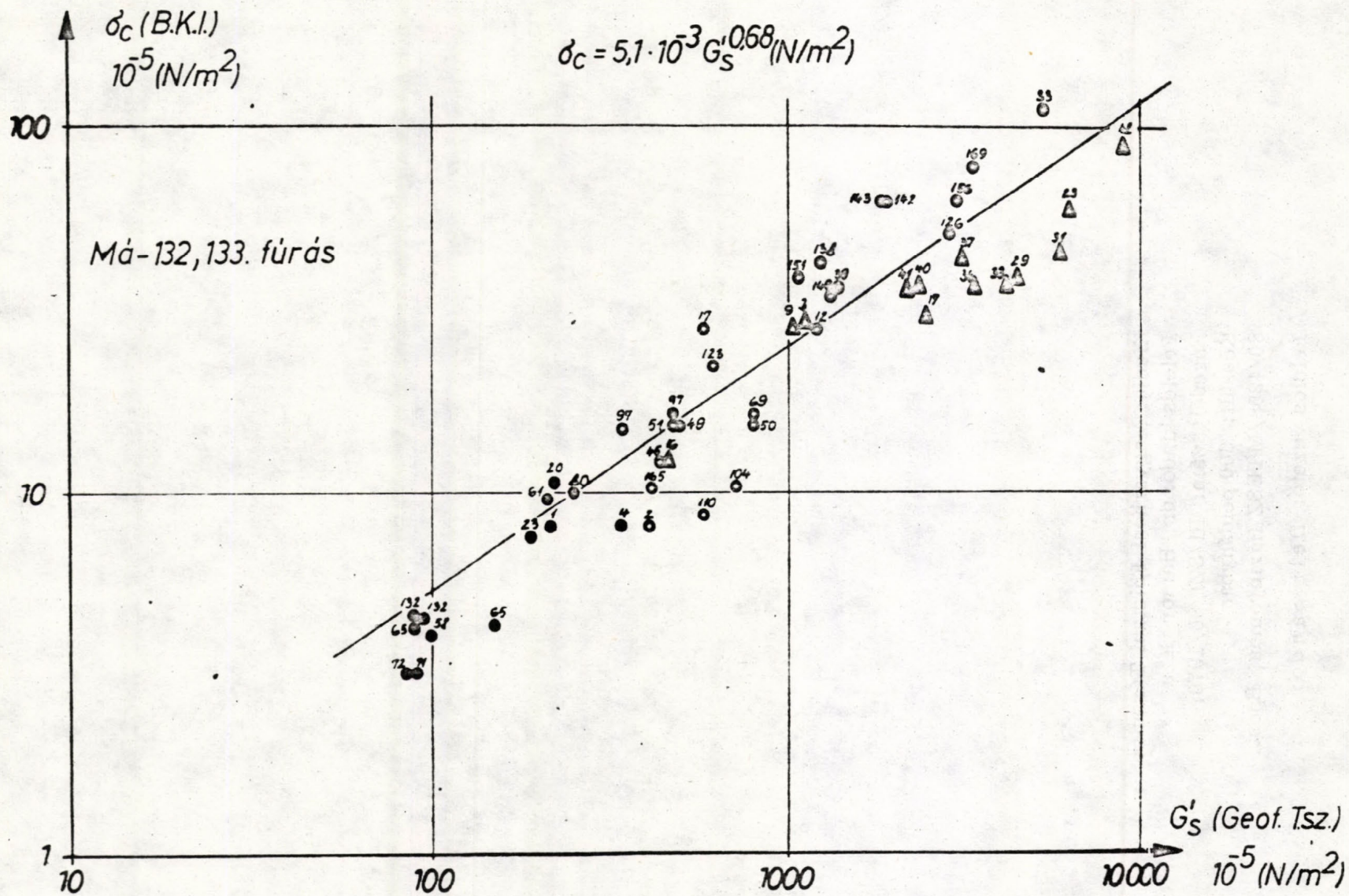
6. ábra

Má-133. fúrás

$$\sigma_c = 4,43 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{E_s}{1 + \nu_s} \right)^{0,76} = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot G_s^{0,76} \text{ (N/m}^2\text{)}$$



7. ábra



8. ábrá

Kiadja: Magyarhoni Földtani Társulat
Felelős kiadó: dr. Hámor Géza
Engedélyszám: III/SZI/86/1976.
Készült: 600 példányban
80/4258/MTESZ Házinyomda, Bpest.
Felelős vezető: Deli Sándor