

PUTNOK - MOCSOLYÁS FÜGGŐAKNA TENGELYFURÁSÁBAN  
ÉS A FURÁSBÓL SZÁRMAZÓ MINTAANYAGOKON VÉGZETT  
KŐZETMECHANIKAI VIZSGÁLATOK FOLYAMÁN FELMERÜLT  
GYAKORLATI KÉRDÉSEK

Sinyei István

Borsodi Szénbányák

A bányászat fokozatosan, egyre nagyobb mélység felé tolódik el, mert csak így biztosítható a megfelelő minőségű hasznos ásványvagyon. Ez azt eredményezi, hogy az eredeti primér feszültségi állapottól egyre jobban eltérő szekundér, illetve terciér feszültségi állapotot, deformációs mezőket hoznak létre.

Ezek a tények egyre pontosabb elméleti megközelítéseket tesznek szükségessé és ezen a téren igen jelentős a fejlődés magyarországi viszonylatban is. Az elméleti megfontolások természetesen csak akkor adnak megbízható eredményeket, ha biztosított a kőzetkörnyezet fizikai-mechanikai tulajdonságainak pontos megismerése. A pontos megismerésen nemcsak azt értjük, hogy nagy érzékenységi műszerekkel, gondos munkával végzett vizsgálatok eredményét kell és szabad felhasználni, hanem - és azt szeretnénk aláhuzni - a vizsgálatok megfelelő mennyiségét is.

Ezt megkívánja a kőzetek inhomogenitása. Egy-egy eredmény nyilvánvalóan nem vonatkoztatható egy medencére, vagy egy bányüzemre, de még egy telepre sem. Szükséges a bányászat következtében létrehozott üregek környezetének helyi, részletes megismerése. Az ismeretanyagot nagyrészt laboratóriumokban elvégzett vizsgálati eredmények szolgáltatják. E laboratóriumi vizsgálatok közül kívánunk néhányat röviden ismertetni, melyeket a Borsodi Szénbányák területén végzünk és a Putnok-Mocsolyási függőakna tengelyfurásának vizsgálatánál is felmerültek.

Már említettük, hogy a legjobb és nagy körültekintésről tanuskodó elméleti számítások csak akkor adhatnak megbízható eredményeket, ha a kiindulási adatok jók. Ide kell számítanunk már a mintaanyagvétel helyének kijelölését, a mintavételt, a csomagolást, a szállítás-tárolás módját és idejét - az utóbbit erőteljesen aláhuzva, mert a nedvességtartalom-veszteség igen nagy mértékben befolyásolja a vizsgálat eredményét, - továbbá a vizsgálati mód megválasztását és a vizsgálat végrehajtásának körülményeit.

A fent felsorolt befolyásoló tényezők közül - a felsorolás nem tekinthető teljesnek - kiválasztottuk a vizsgálatokat, melyekből ismertetünk néhányat. Hangsúlyozni kívánjuk azt, hogy nem tudunk a kutatóintézetekkel azonos minőségű vizsgálatot elvégezni, de a vizsgálatok nagyobb száma, a vizsgálatok mintavétel után azonnali elvégzése - úgy érezzük - bizonyos mértékig ellensúlyozza a kisebb felkészültséget.

1. A törési határgörbe meghatározása egyszerűsített rutinszerű vizsgálatokkal

1.1 Egyirányu nyomószilárdság meghatározás  $\left[ \sigma_{ny} \right]$  alakváltozási görbe felvételével.

A vizsgálatához szükséges próbatestek kialakítása laborban történik furógéppel (1. ábra).

A vizsgálat folyamán betartandó követelmények:

- Ere deti nedvességtartalom megőrzése
- Próbatestek alakja henger, átmérő 40 vagy 50 mm (2. ábra)
- Próbatestek magassága az átmérő kétszerese
- Terhelés növekedés folyamatos: 2 kp/cm<sup>2</sup>/sec (3. ábra)

A fentiek betartása elkerülhetetlen, mert a próbatest vizsgálatánál a közet inhomogenitásából fakadóan a szóródás jelentős lehet, nem célszerű ezt még növelni az eltérő vizsgálati móddal.



A leirt módszerrel a próbatest terhelését a törésig folytatva, az eredményeket rögzítve az egyirányu törési szilárdságon és összenyomódó moduluson túlmenően, további közelejtjellemzőket is meghatározhatunk:

Elfogadva a Coulomb feltevését, hogy a törés nyírás következtében áll elő, akkor megmérhetjük a törés során létrejött csuszólap és a homloklap által bezárt  $[\alpha]$  szöget.

Ezen adatok birtokában számítással vagy szerkesztéssel meghatározzuk a surlódási szög  $(\Phi)$ , a kohézió  $(c)$ , a nyírószilárdság  $[\tau]$  értékeit (4. ábra):

$$[\Phi] = 2 \left( [\alpha] - 45^\circ \right)$$

$$c = \frac{[\sigma]_{ny}}{2} \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{[\Phi]}{2} \right)$$

$$[\tau] = \frac{[\sigma]_{ny}}{2} \cos [\Phi]$$

Amint ismeretes, a törés állapotában uralkodó  $[\sigma]$ ,  $c$  és  $[\tau]$  feszültségek összefüggése általában görbe vonallal ábrázolható. E görbe vonal a töréshez tartozó feszültségállapotot jellemző Mohr-féle főfeszültségi körök burkolója. A görbe által a  $[\tau]$  tengelyből lemetszett darabot a kohéziónak, a görbének egy adott ponthoz tartozó érintőjének a vízszintessel bezárt szögét a surlódási szögnek nevezzük. A görbe helyett a legtöbb esetben megfelel a Mohr-Coulomb féle törési feltevés, mely a görbét egy egyenessel helyettesíti és adott viszonyok között állandó surlódási szöggel dolgozik. Ezt az egyenest és vele a többi adatot már az egyirányu nyomószilárdsági vizsgálatból is meghatározhatjuk, de ennek a módszernek van egy gyenge pontja, és pedig az, hogy a töréskor létrejött csuszási lapok kialakulása nem mindig szabályszerű és az  $[\alpha]$  hajlásszög meghatározása bizonytalanságot rejt magában.

A bizonytalanság csökkentését elősegítheti több próbatesten végrehajtott vizsgálat, és ellenőrzési lehetőséget ad az egyirányu húzószilárdsági vizsgálat elvégzése.

## 1.2 Egyirányu húzószilárdság meghatározása

### 1.21 Tiszta húzószilárdsági vizsgálat

A vizsgálat végrehajtása technológiailag egyszerűen megoldható, a korábban leírt követelmények betartásával (5-6. ábra). Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni - üledékes kőzetekről van szó - a gyengített zónákat. A gyengített zóna az eltérő üledékképződésből adódik: pl. növénymaradvány, kőülethéj-feldusulás, homokos réteg betelepülés, stb. A gyengített zónák jelenléte az adott kőzet viselkedésére természetesen nagy hatással van, de a próbatestek méreténél ez a hatás még fokozódik, a kis méret miatt jelentőségénél jobban kihangsúlyozódik. Ennek eredménye az, hogy ilyen vizsgálatoknál igen nagy a szórás.

### 1.22 Húzószilárdság meghatározása összetett feszültségi állapot előidézésével, számítással

Véleményünk szerint megbízhatóbb eredményt kapunk a húzószilárdságra az u.n. Brazil módszerrel, mert ennél a gyengített zónák nincsenek oly mértékben kihangsúlyozódva. Hengeres próbatestet alkotó mentén terhelve (7. ábra) egyirányu nyomás segítségével egy összetett feszültségi állapotot hozunk létre, melyből azután számítással meghatározható a húzószilárdság értéke. Ezzel a módszerrel már nem mutat olyan szórást az egyirányu húzószilárdság értéke. További számításoknál ezt az értéket használjuk.

A fent leírt módon elvégzett vizsgálatok eredményét foglalja össze a 8. ábra, mely a Királd 31. számú furás (Putnok-Mocsolyás függőakna tengely-



furása) 271,9–272,5 m mélységből vett mintaanyagát reprezentálja. A kőzetnek az alábbi jellemzőit ismerjük meg:

Egyirányú nyomószilárdság:	$[\sigma]_{ny}$
Egyirányú húzószilárdság:	$[\sigma]_h$
Rugalmassági modulus:	E
Brinke hányados:	B
Nyirószilárdság:	$[\tau]$
Kohézió:	c
Surlódási szög:	$[\phi]$

## 2. Poisson szám meghatározása

A Poisson szám a kőzet fontos tulajdonságáról ad felvilágosítást, annak ellenére, hogy nem tekinthető kőzetállandónak, hiszen a kőzet fizikai tulajdonságain kívül a terhelés függvényében változik az értéke. A Poisson szám meghatározásánál a hosszirányú alakváltozás meghatározása általában nem jelent problémát, hiszen a terhelés és az összenyomódást regisztráló görbe erre egyértelmű felvilágosítást ad. A keresztirányú alakváltozás mérése már nem ilyen egyértelmű. Az aknatengely furásból vett minták vizsgálati eredményeinek ellenőrzésére az aknamélyítés folyamán újra végeztünk vizsgálatokat. Tekintve, hogy ez esetben bőven állt rendelkezésünkre mintaanyag, négy féle módszert hasonlítottunk össze a keresztirányú alakváltozás mérésénél:

- 2.1 Fényképezés
- 2.2 Mikrométeres mérés
- 2.3 Szögmérés teodolittal
- 2.4 Kerületmérés csuszógyűrűvel

A 2.1 és 2.2 pontok alatt felsorolt módszereket nem kívánjuk részletesen ismertetni, mert itt csak összehasonlítási alapnak használtuk fel.

### 2.3 Teodolittal történő szögmérésből számítva az átmérőváltozást (9. ábra)

A méréshez Wild  $T_2$  teodolitot használtunk 40-szeres nagyítással.

A próbatest és a teodolit távolsága a mérés folyamán 1300 mm. Ezt a távolságot a teodolit élesre állíthatósága határozza meg.

A mérés kezdetén szálkeresztjének függőleges vonala a henger alakú próbatest alkotójával párhuzamos, majd a terhelés hatására létrejövő deformáció folyamán az alkotó dongásodik, ezért csak kijelölt vonalak mentén lehet a mérést végezni. A két szélső alkotó megfelelő pontjai a terhelés függvényében távolodik egymástól, ezt a távolodást a távolság (teodolit - próbatest) és a mért szög segítségével számíthatjuk (10. ábra). Az átmérőnek 0,1 mm-rel történő növekedése 15" szögeltérést jelent. A teodolit egyszeri szögmérési hibája 2", melyet a mérés többszöri megismétlésével 1" alá lehet csökkenteni. A "Run" hiba, mely a mikrométer nem tökéletes illeszkedéséből adódik a koincidencia két irányból történő elvégzése esetén kiküszöbölhető. További tényező, amit figyelembe kell venni, hogy a szélső alkotó, melyet a műszeren keresztül látunk, nem egyenes, a kőzet és a megmunkálás jellegeből adódóan 40-szeres nagyításban igen durva vonalat ad, és e miatt feltétlenül kell számolni irányzási hibával. Meg kell még említeni, bár ez - véleményünk szerint - a mérést nem befolyásolja, hogy a teodolitban látható két szélső alkotó nem pontosan  $180^\circ$ -ra van egymástól, ez azonban az adott méretek (1300 mm távolság és 40 mm átmérő) mellett elhanyagolható. A 10. ábrából fakadóan, ahol:



$$\begin{aligned}
 L &= 1300 \text{ mm} \\
 r &= 20 \text{ mm} \\
 A &= \left[ \sqrt{L^2 - r^2} \right] \\
 c &= L \operatorname{tg} \left[ \frac{\alpha}{2} \right] - r \approx 0,002 \text{ mm} \\
 a &= \frac{L}{\cos \left[ \frac{\alpha}{2} \right]} - A \approx 0,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tehetjük ezt azért is, mert a mérés feladata elsősorban nem a pontos átmérő számítása, hanem az átmérőben bekövetkezett változás meghatározása; másrészt az ebből adódó hiba jóval alatta marad az irányzási hibának. Összefoglalva a fenti tényezőket, az irányzási pontosság  $\pm 3''$ , ami az átmérő 0,02 mm változásának felel meg.

2.4 A csuszógyűrűvel történő mérésnél 5 mm széles acélszalag öleli körül a próbatestet - szükség esetén több helyen is - mely a próbatest alakváltozásának függvényében elcsuszik egymáson, mutatva a kerületváltozást. Az elmozdulást mikroszkóp segítségével 0,01 mm pontossággal lehet leolvasni (11. és 12. ábra). Ez az érték a próbatest átmérőjére vonatkoztatva:  $0,01/3,14 = 0,0032 \text{ mm}$ . Kérdéses e módszernél a csuszási ellenállás mértéke, és ennek az ellenállásnak a befolyása az elmozdulásra. Ezt úgy igyekezünk csökkenteni, hogy a csuszógyűrű terheletlen állapotban nagyjából felveszi a próbatest kerületének nagyságát.

A fenti módszerekkel végeztünk vizsgálatot, és meghatároztuk a Poisson számot ugyanazon kőzetanyagból, melynek eredményét - az áttekinthetőség érdekében - az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

A vizsgálati körülményeket és a terhelő feszültséget azonosnak vettük minden esetben ( $45 \text{ kp/cm}^2$ ).

A kőzet anyaga: szürke, finomszemű homokkő.

Vizsgálati módszer	Poisson szám ( m )				Átlag érték
	1. vizsg.	2. vizsg.	3. vizsg.	4. vizsg.	
Fényképezés	3,51	3,92	2,89	2,48	3,20
Mikrométeres mérés	3,81	2,11	2,68	3,08	2,92
Teodolittal szögmérés	2,22	4,57	3,50	4,21	3,62
Csuszógyűrűvel kerületmérés	3,20	2,92	3,40	3,52	3,26

### 3. Összefüggés a kőzetek szilárdsági értékei és a geofizikai mérések eredményei között

A Putnok-Mocsolyás függőakna tengelyfurásában, mint általában minden furásban, geofizikai méréseket végeztetünk. Felmerült a kérdés, hogy megfelelő geofizikai vizsgálatok és a kőzet szilárdsági értékei között milyen összefüggés található. A furás lehetőséget adott, hogy egy lépést tegyünk ebben az irányba. A kérdés tisztázása, amennyiben pozitív eredményt hoz, nagy jelentőségű volna, hiszen ez esetben a szilárdsági értékek változása folyamatosan követhető lenne, illetve maghiány esetén is legalább közelítő értékkel rendelkeznenk. A geofizikai méréseket az OFK FV. Északmagyarországi Üzemvezetőségétől B. Szabó László geofizikusmérnök végezte. Előljáróban megjegyezzük azt, hogy bár szoros összefüggést esetünkben nem sikerült megállapítani az elvégzett geofizikai vizsgálatok és a szilárdsági értékek között, mégis - illetve éppen ezért - szükséges az ilyen értelmű módszereket kiszélesíteni, mert a módszerek változtatásával az összefüggés egyre szorosabbá válik. Ugy gondoljuk, hogy egyenlőre a mélyfurási



geofizikával nem általános érvényű, hanem inkább területi jellegű korrelációs függvények, kapcsolatok megteremtésére kell törekedni.

A vizsgálatok folytatását a fent felsoroltakon kívül indokolják az alábbi megfontolások is:

- Az eredeti feszültségi és alakváltozási állapot megváltozik, amint a mintaanyagot az eredeti környezetéből kivettük, ezért a laboratóriumi mérések csak a primér állapothoz tartozó secunder állapotot rögzítik.
- Ezen túlmenően a minták - a leg gondosabb kezelés mellett is - még további elváltozáson mennek keresztül (kiszáradás, stb.),
- A vizsgált minták a statikus és egyszeri értékei miatt bizonytalanságot hordoznak.

A Királd 31. számú furásban 12 féle geofizikai vizsgálatot végeztek, melyből a makro- és mikroellenállás mérések bizonyultak legalkalmasabbnak összefüggés keresésére az egyirányú nyomószilárdsággal. Célszerű volt továbbá figyelembe venni a lyukbőséget és a természetes gamma értéket regisztráló szelvényeket is, nem hagyva figyelmen kívül a többi eredményt sem.

Lényegét tekintve a vizsgálat feladata az alábbiakban foglalható össze:

- Létezik-e valamilyen kapcsolat a szilárdsági értékek és a geofizikai mérések között ?
- Maghiány vagy egyéb más okból szilárdsági vizsgálattal nem rendelkező részek állékonyságának megbecslése még laza kapcsolat esetén is.
- Utkeresés a kapcsolat erősítése irányában.

Egészen röviden értékelve a vizsgálatok eredményét, a következőket rögzíthetjük:

- A 40 cm-es potenciálszonda indikációját összevetve az egyirányú nyomószilárdsággal, megállapítható, hogy az összefüggés nem lineáris, és a nyomószilárdság értéke 25 ohmm fölött egyre kevésbé függ az elektromos ellenállástól. A kevésbé porózus kőzeteket jellemző 5-20 ohmm-es intervallumban a szórás kicsi és 10 ohmm alatt a  $[\sigma]_{ny}$  erősen függ a  $[\sigma]_1$ -től, azaz jól kötött aleuritokban az összefüggés határozott.
- A furás azon szakaszának értékeit összehasonlítva, melyek nem változékonyak, összefüggés fedezhető fel a szilárdság és a normál ellenállásszelvény között. A pontokat lin-lin koordináta rendszerben ábrázolva, 5-35 ohmm-es tartományban egyenessel közelíthető meg

$$[\sigma]_{ny} = -5[\sigma]_1 + 190 \text{ (kp/cm}^2\text{)} \pm 30 \text{ (kp/cm}^2\text{)}$$

Ez az egyenes felhasználható arra, hogy az adott esetben  $\pm 30$  kp/cm<sup>2</sup> pontossággal a meg nem mintázott helyeken a szilárdság értékeit becsülni lehessen.

- Mikrolog görbék adatait is felhasználták az összefüggés keresésére, tekintve, hogy porózus iszaplepleny képződésre alkalmas kőzetekről van szó. Tekintve, hogy a porozitás növekedése irányában a szilárdság csökken.

Ebből kiindulva

$$A = \frac{[\sigma]_1 \times 1}{[\Delta \sigma]_M}$$



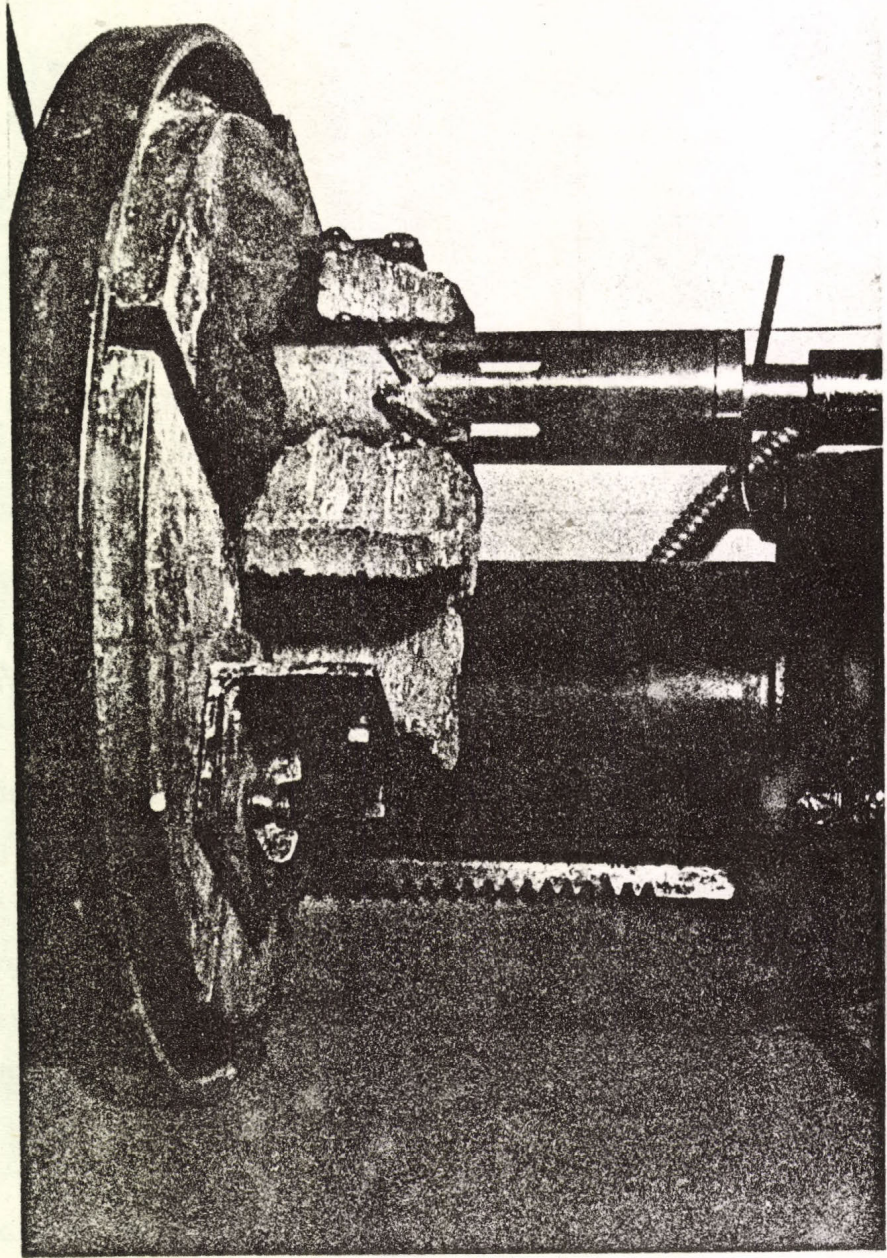
ahol:  $[g]_{1 \times 1}$  = a mikroszonda indikációja  
 $[\Delta g]_M$  = a normál és a gradiens értékek különbsége  
a "pozitív elválás".

Az "A" és a " $G'_{ny}$ " értékeit koordináta rendszerben ábrázolva az látszik, hogy a szemcseméret és az osztályozatlanság növekedésével a szórás növekszik. Kicsiny "A" értékekhez (laza kőzetben) elég jó összefüggést hozott ez a feldolgozás. Erősen cementált kőzetekben a szórás igen megnövekszik.

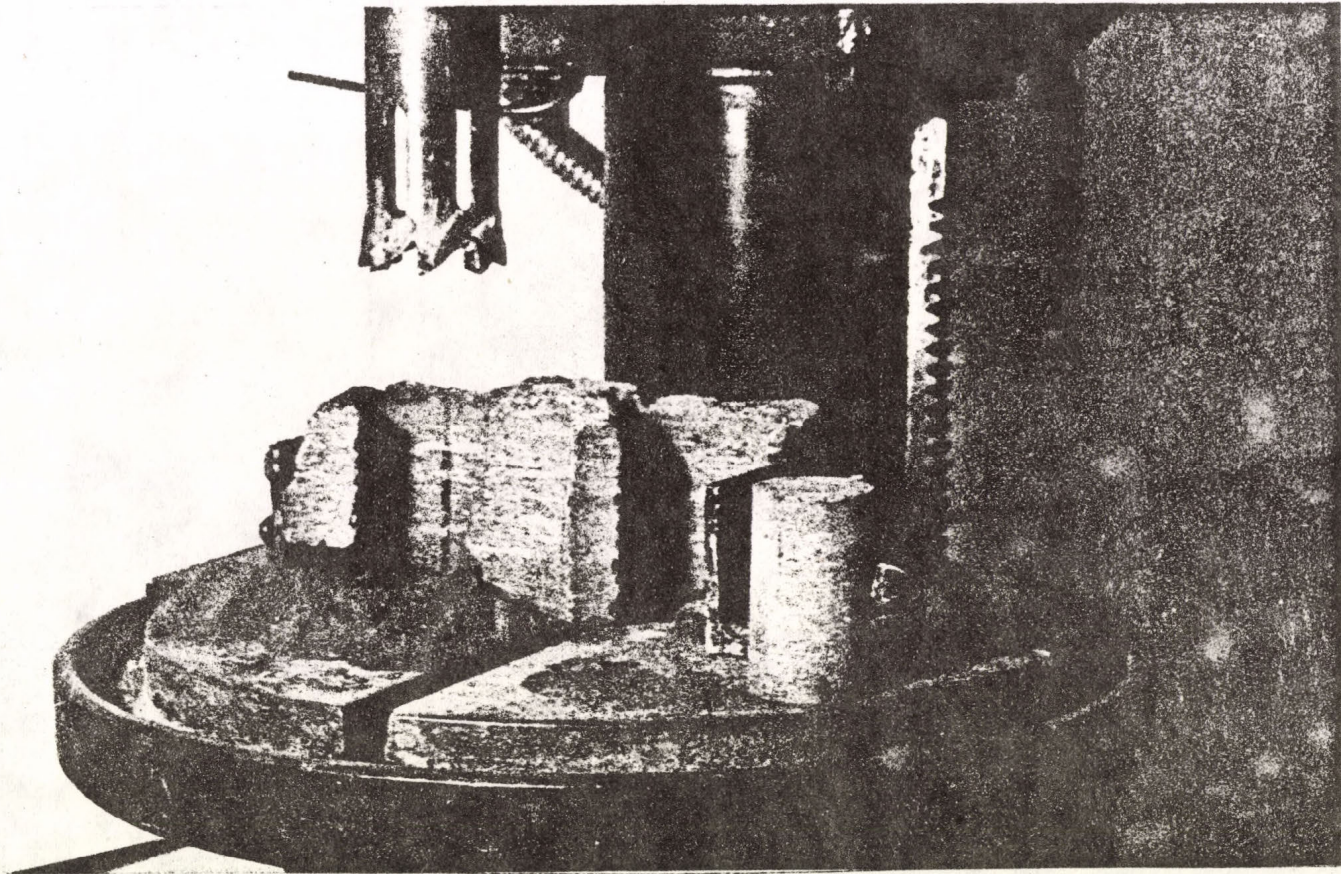
Befejezésképpen utalunk arra, amit már korábban is feladatul tüztünk ki, hogy e vizsgálat utkeresés a kapcsolat erősítésének irányában. Ez az irány pedig arra mutat, hogy a kőzetek dinamikus jellemzőinek és a geofizikai méréseknek összefüggését vizsgáljuk.



1. ábra

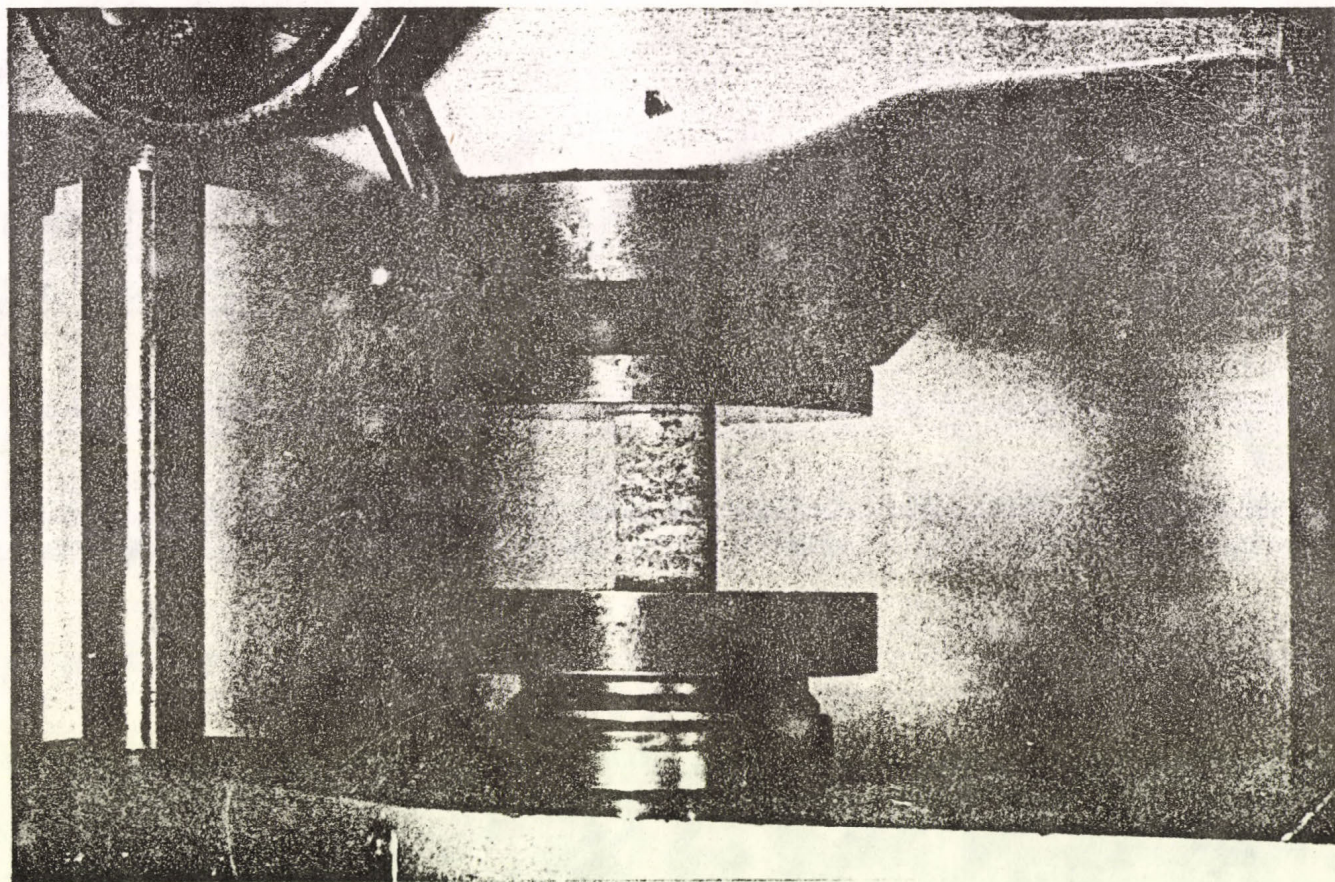






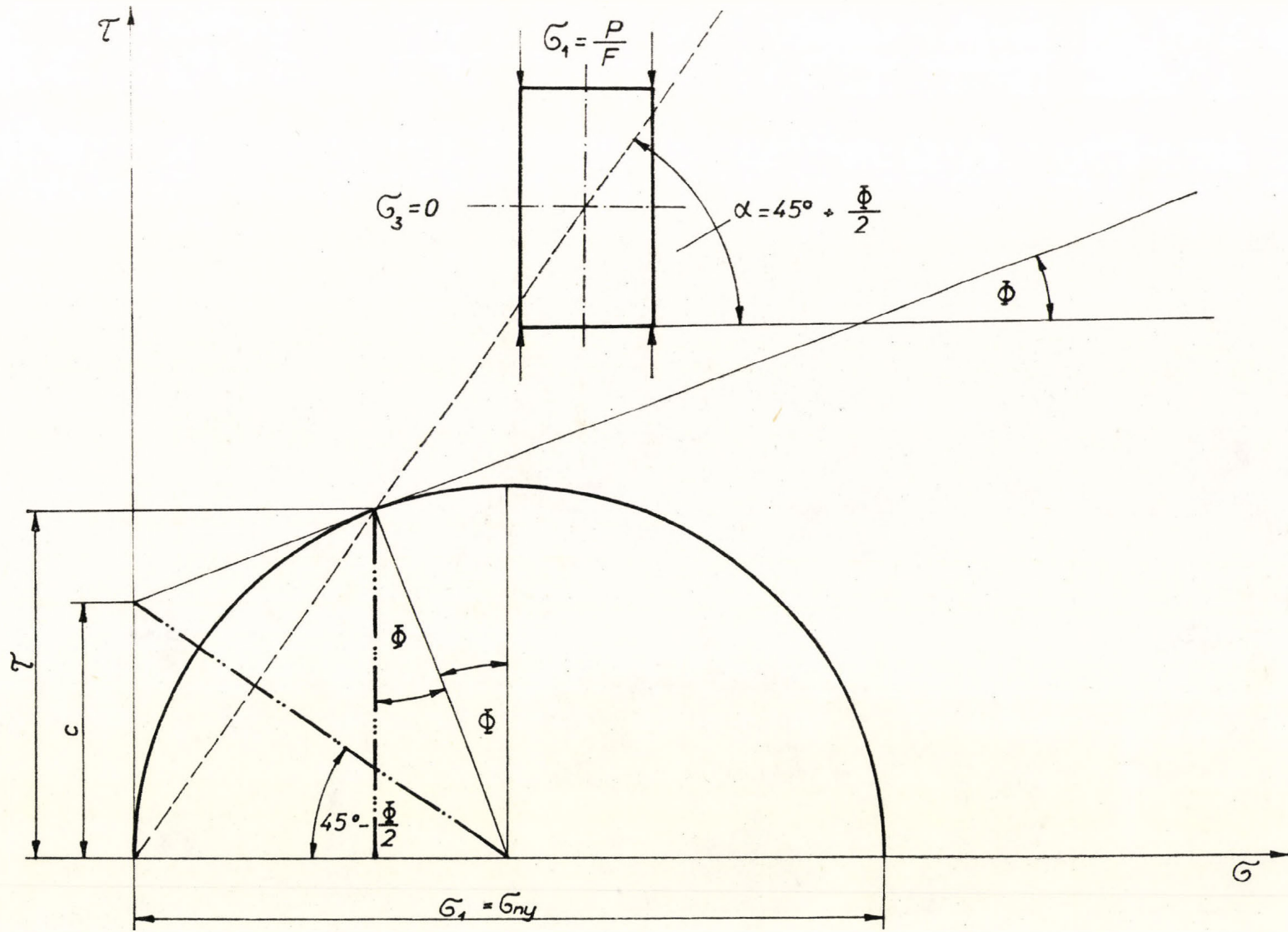
2. ábra



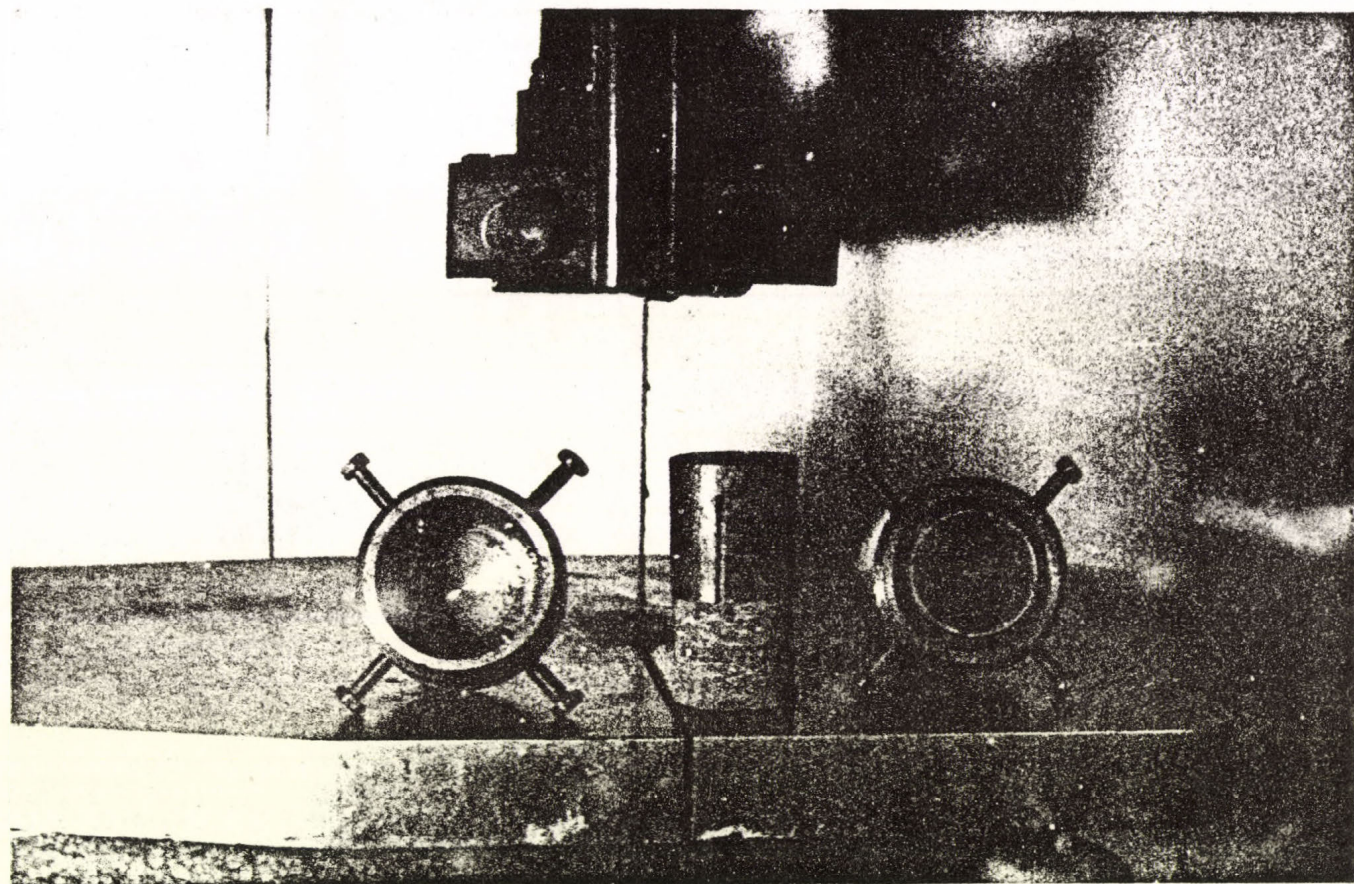


3. ábra



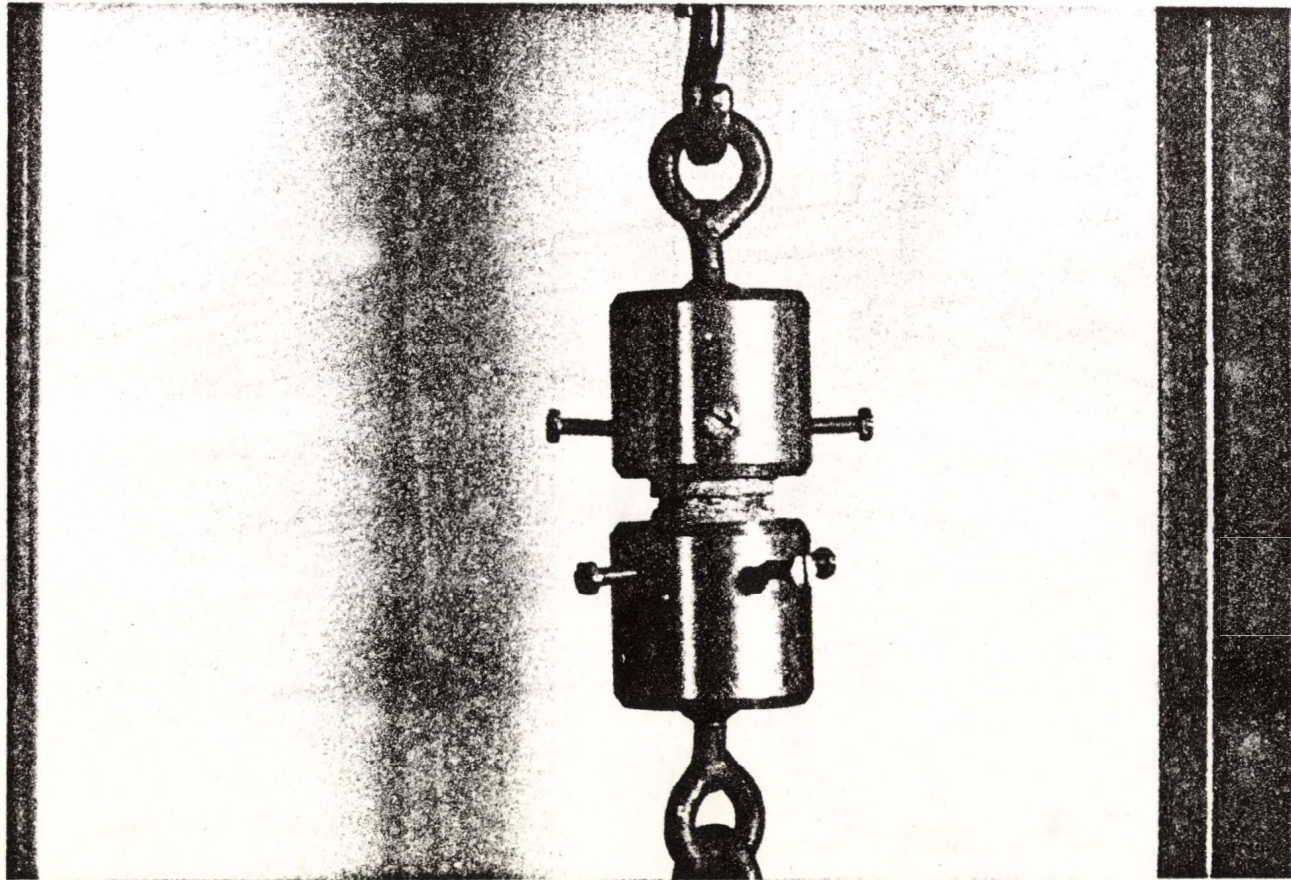


4. ábra



5. ábra

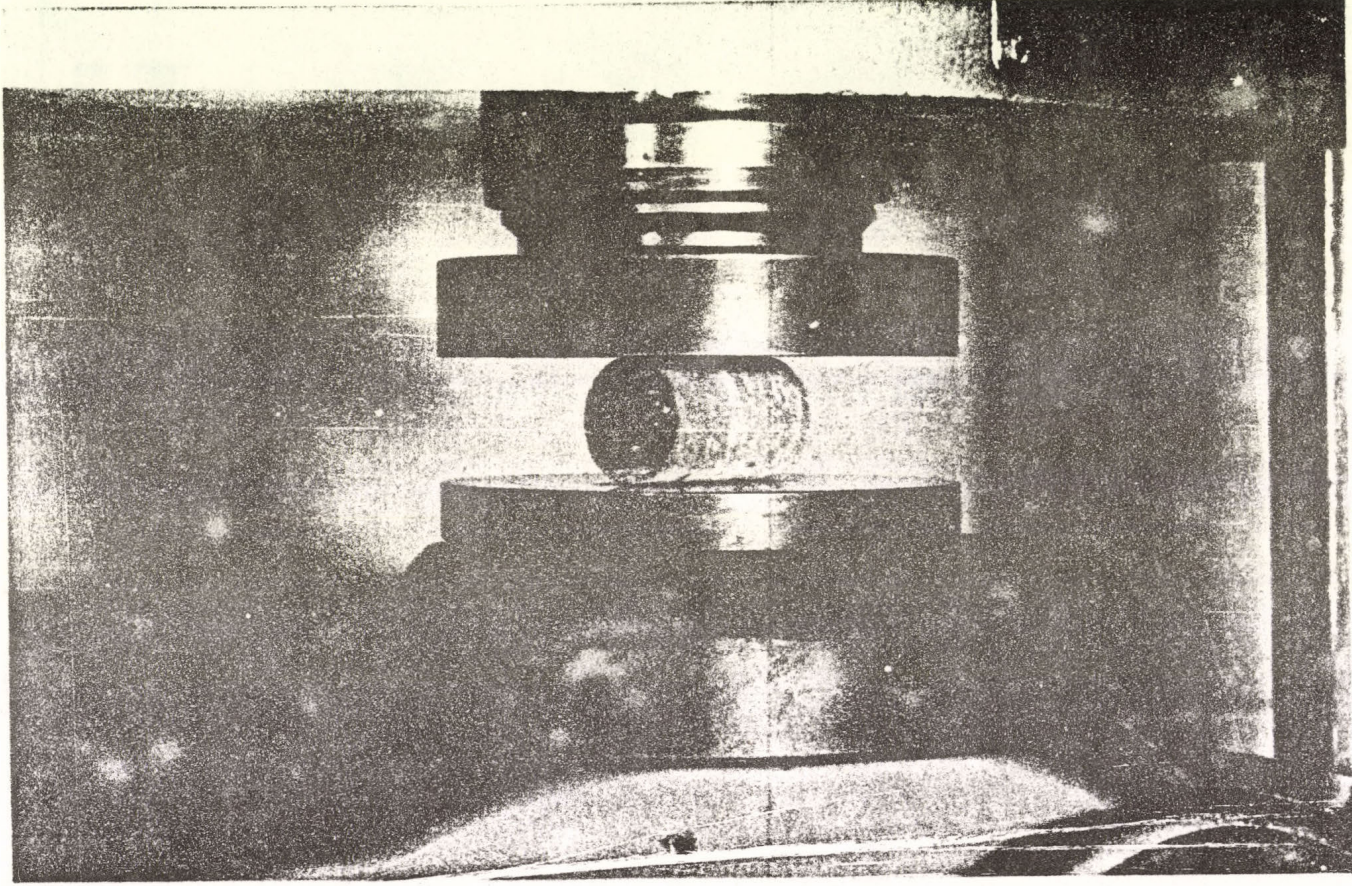




6. ábra



7. ábra



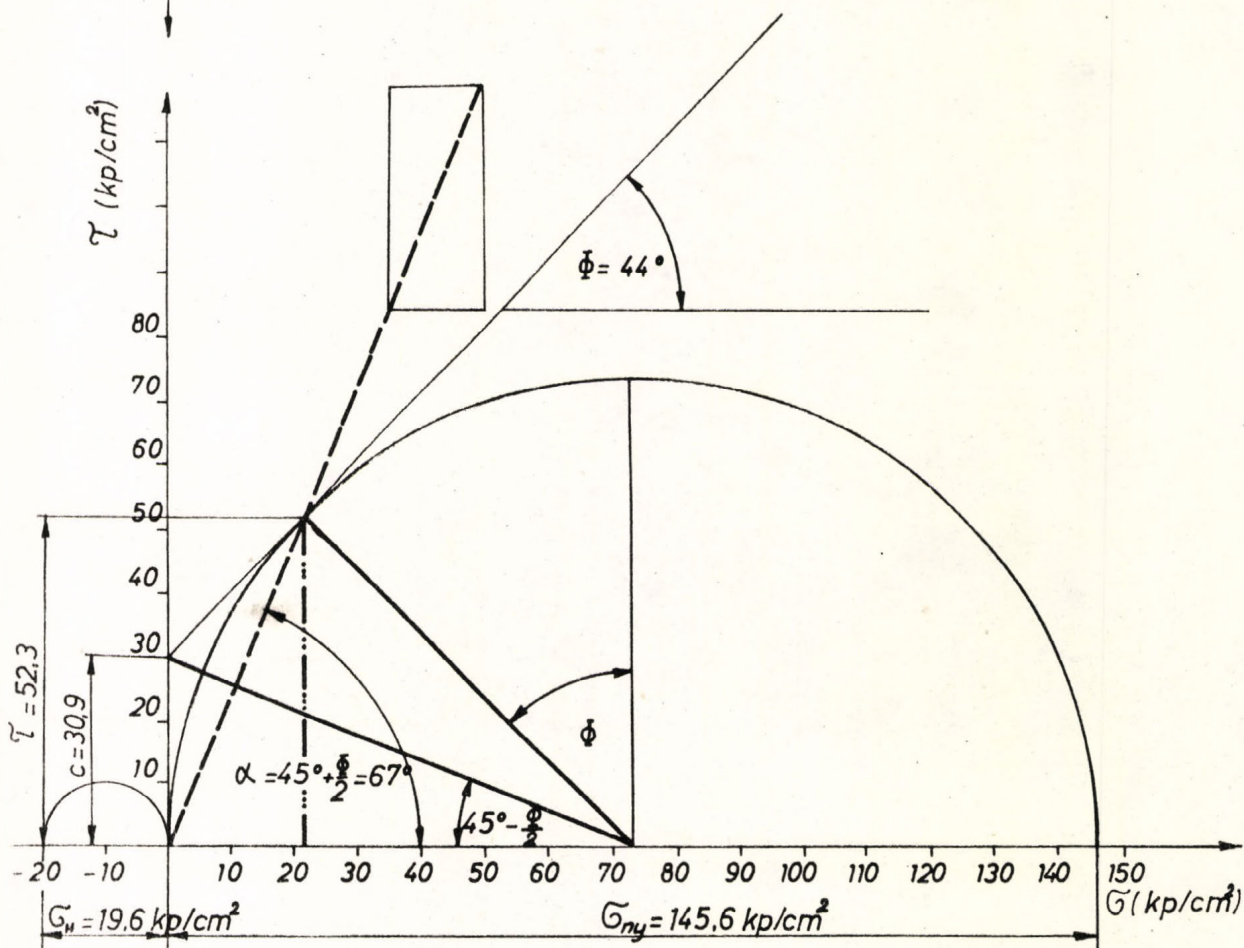
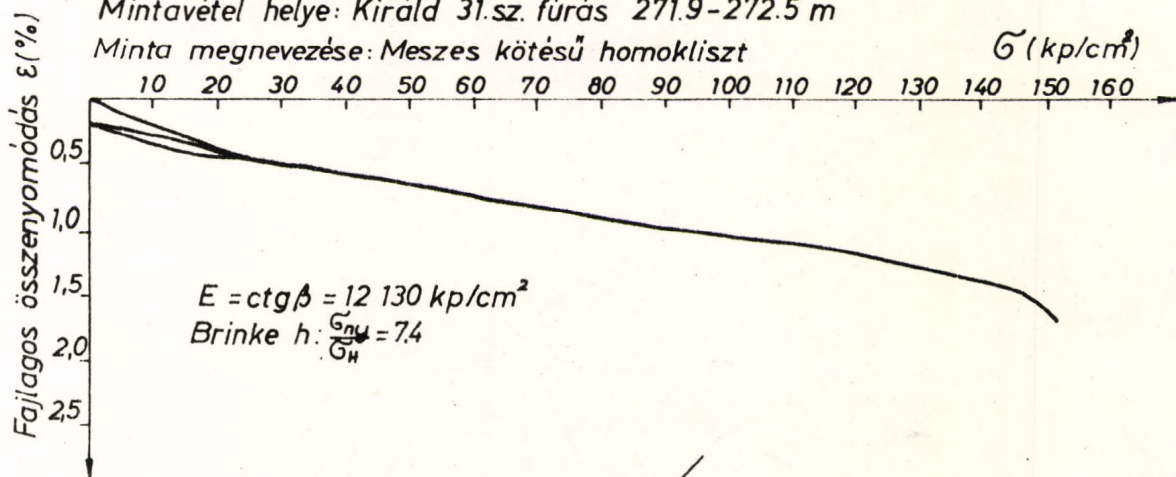


EGYIRÁNYÚ NYOMÓSZILÁRDSÁGI VIZSGÁLAT  
ALAKVÁLTOZÁSI GÖRBÉJE ÉS MÓHR-FÉLE  
FESZÜLTSEGI KÖRÖK

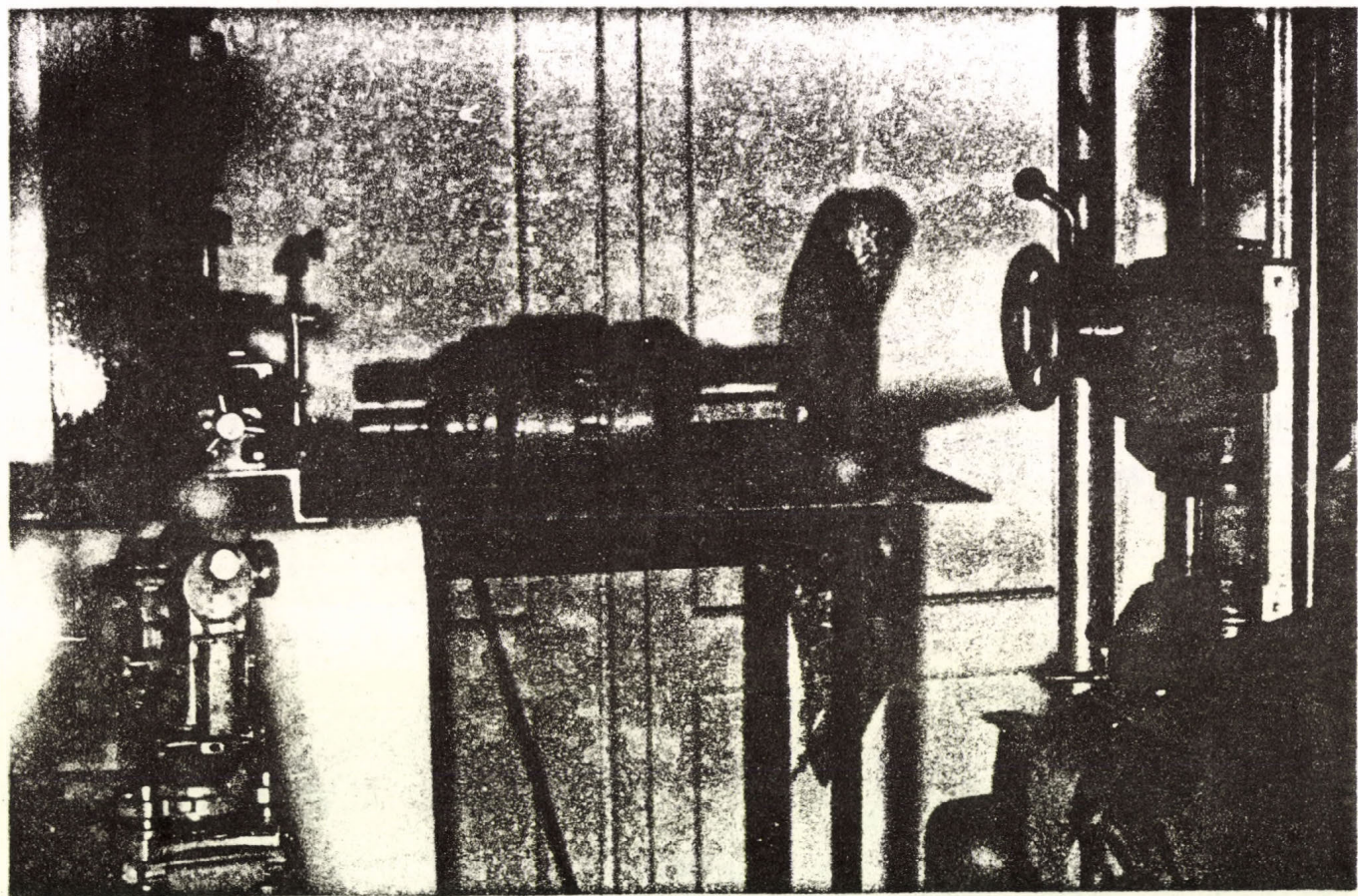
Mintavétel helye: Királd 31.sz. fúrás 271.9-272.5 m

Minta megnevezése: Meszes kötésű homokliszt

$\sigma$  (kp/cm<sup>2</sup>)

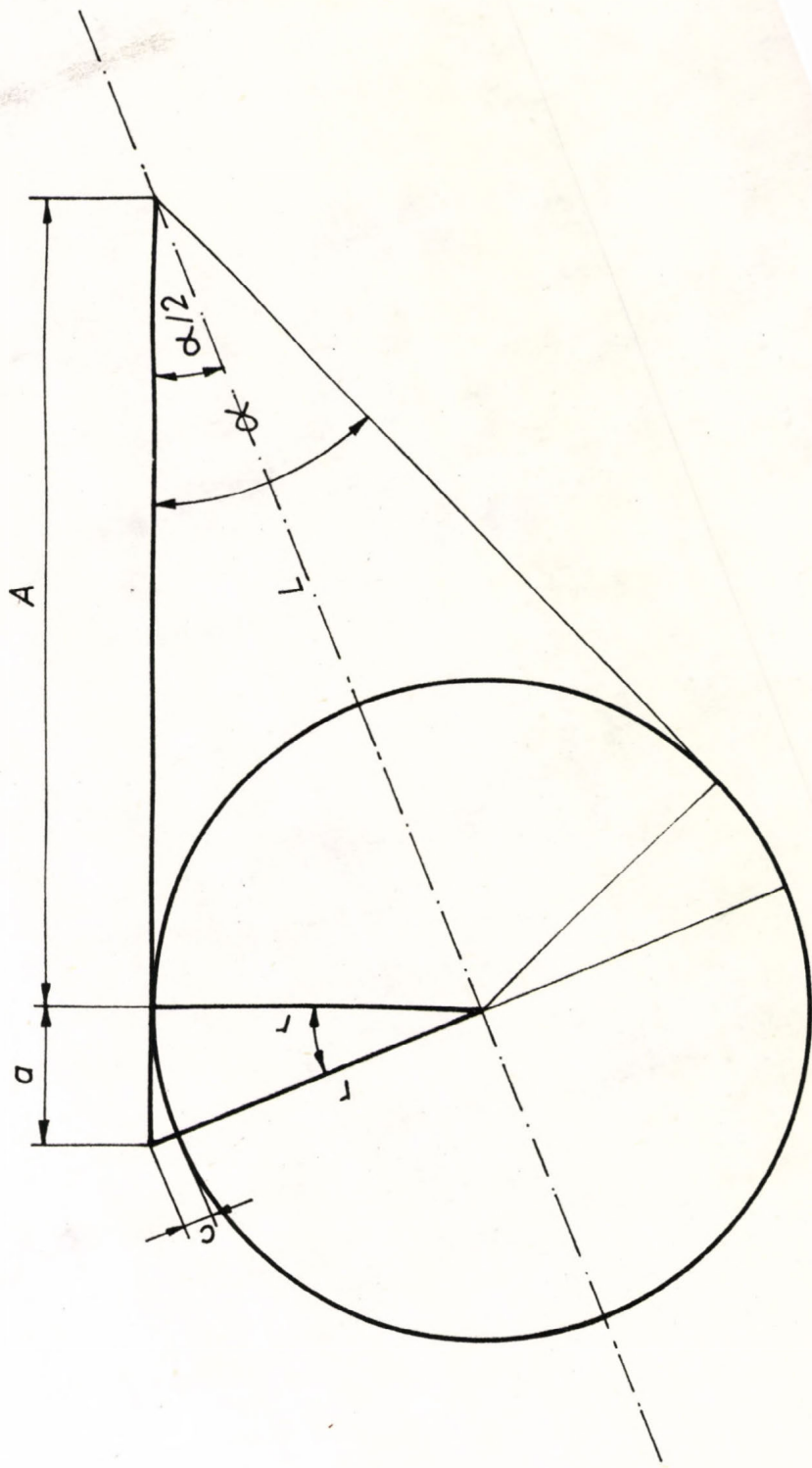


8. ábra

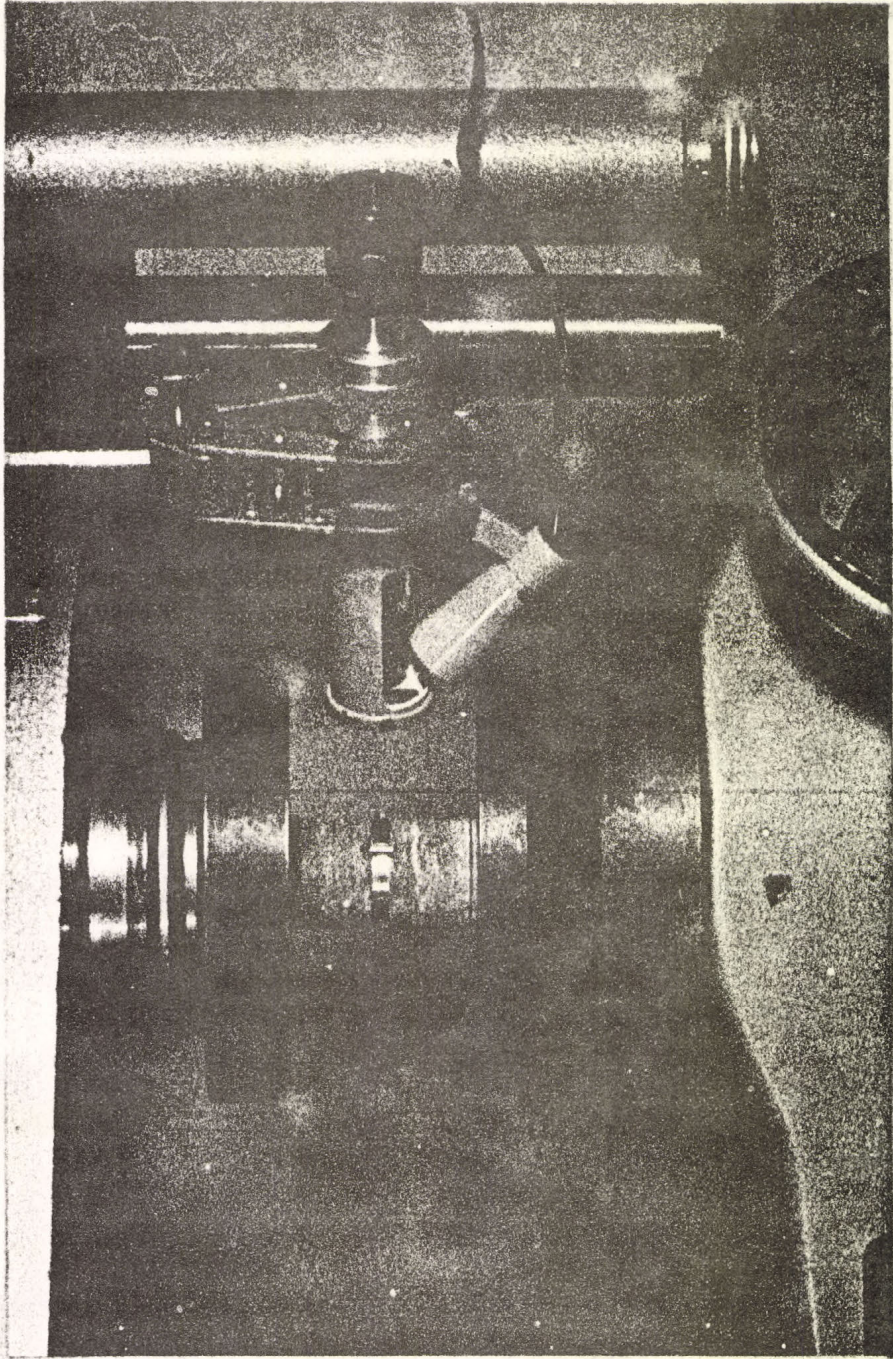


9. ábra



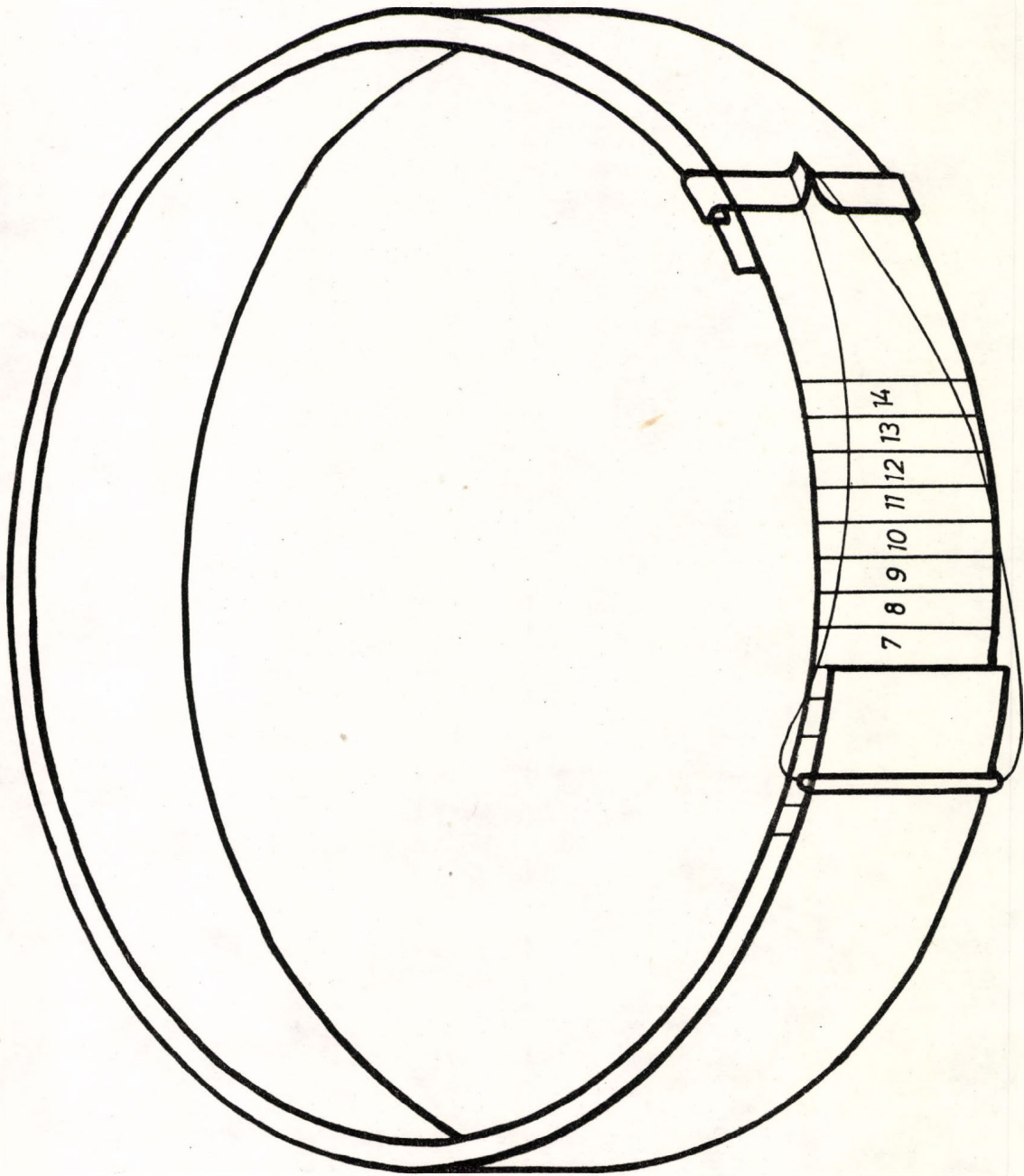


10. ábra



1964





12. ábra

