

К. ПОШГАЙ:

УЧЕТ УСЛОВИЙ ВЗРЫВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ  
СЕЙСМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Автор знакомит нас с тонкостями, увеличивающими точность инженерных сейсмических измерений и связанными с условиями взрыва. Он придает большое значение этому практическому методу. По его мнению необходимо учитывать глубину взрывных скважин, также разброс и изменения годографов. Для утверждения предложенного им метода упоминаются практические примеры.

K. P o s g a y:

CONSIDERATION OF EXPLOSION CONDITIONS IN SHALLOW SEISMIC  
MEASUREMENTS

Author discusses improvements which are in relation with explosion conditions and are increasing the precisity of shallow seismic measurements. Great importance is attached to practical proceedings.

According to author, depth of shot-hole, spread and change of first arrival times ought to be taken into consideration. Proceedings suggested are verified by practical examples.

**A ROBBANTÁSI KÖRÜLMÉNYEK FIGYELEMBEVÉTELE  
SEKÉLYSZEIZMIKUS MÉRÉSEKNÉL**

POSGAY KÁROLY

**B E V E Z E T É S**

Sekélyszeizmikus méréseket 10—100 m mélységben lévő határfelületek kimutatására alkalmazunk. Ezeknél a méréseknél kis (150 ms-nál kisebb) terjedési időket mérünk. Olyan tényezőket is figyelembe kell vennünk, amelyek a mély szerkezetek kutatására kidolgozott módszernél elhanyagolhatók.

A Magyar Áll. Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet sekélyszeizmikus méréseket végző csoportja az 1953. év folyamán több ilyenirányú megfigyelést gyűjtött. Kísérleteink célja a sekélyszeizmikus mérések pontos-

A kézirat 1954. július 31-én érkezett be.

sabbá tétele volt. Főképpen gyakorlati eljárásokat dolgoztunk ki; megfigyeléseink elméleti értelmezésére csak oly mértékben törekedtünk, amennyiben ezt gyakorlatilag használható eljárások kidolgozásához szükségesnek tartottuk.

Ugyanabban a robbantólyukban és ugyanazon mélységben keltett rengéseket ugyanazon a helyen észlelve a beérkezési idők megfigyeléseink szerint különböznek egymástól. Az észlelt beérkezési időket terhelő hibáknak két csoportja van:

1. véletlen jellegű hibák, amelyek egyforma valószínűséggel jelentkeznek pozitív és negatív előjellel;
2. szabályos jellegű hibák, amelyek egy-egy terítés valamennyi szeizmóméterén észlelt beérkezési időket majdnem ugyanakkora, azonos előjelű hibával terhelik.

Megfelelő eljárással a véletlen jellegű hibákat csökkenthetjük, a szabályos jellegűeket korrigálhatjuk.

A beérkezések szóródása csak 1—3 ms. Gyakorlati jelentőségük kisebb, ezért a véletlen jellegű hibák meghatározására végzett kísérleteinket csak egészen röviden említjük meg. Gyakorlatilag legfontosabbnak tartjuk a robbantólyuk mélységének helyes megválasztását s a véletlen jellegű hibák csökkentésére ezt a kérdést vizsgáltuk meg legalaposabban. Emellett fontos az első réteg sebességének pontos meghatározása; ezt a robbantási mélység pontos figyelembevételével kapcsolatos megfontolások is megkövetelik. A kettőt együtt tárgyaljuk.

Szabályos jellegű hibákat a robbantótöltet változtatásakor és a robbantólyuk kifáradásakor figyeltünk meg. Ismertetjük a megfigyeléseket legjobban jellemző adatokat, az ezek alapján kidolgozott eljárást és közlünk néhány gyakorlati példát.

### **A robbantási mélység megválasztása és figyelembevétele a kiértékelésnél**

Megfigyeléseink szerint az éles elsőbeérkezések szóródása sokkal kisebb, mint a gyenge impulzusoké. A véletlen jellegű hibák, a robbantólyuk-mélység, a robbantótöltet, az erősítés és a regisztrálópapír-sebesség növelésével csökkennek. A műszer érzékenységének fokozásánál határt szab a talajnyugtalanág és az elektromos zavarok nagysága, — a töltet növelésénél a sekély robbantólyukak kismértékű állékonysága. Sok esetben tehát a töltet vagy az erősítés növelésével sem nyerhetünk éles elsőbeérkezéseket. A regisztrálás sebességét 1 m/s fölé csak különleges méréseknél (pl. rétegsebességmeghatározás [4]), s csak éles elsőbeérkezések esetén érdemes növelnünk. A robbantás mélységének kisebb növelésével is jelentősen csökkenthetjük a beérkezési idők szóródását. E megfontolások alapján a robbantás mélységének és a beérkezési idők szóródásának kapcsolatát vizsgáltuk meg a legalaposabban.

Ilyen irányú kísérleteinket több, különböző mélységű, egymástól 1—2 méterre levő robbantólyukban végeztük. Többször robbantottunk mindegyikben olyan (0,2 kg-nál kisebb) töltettel, melynél a jelzett terü-

leten a robbantólyuk kifáradoása még nem jelentkezett. Olyan távolságban (20—50 m) észleltünk, melynél a mérő-szelvényezés esetén is a kísérleti-töltetnagyságot használtuk. Feltételeztük, hogy amennyiben nagyobb távolságban nagyobb töltet elrobbantását észleljük, a véletlen jellegű hiba a kísérletileg megállapított hibával közel azonos nagyságú.

Megfigyeléseink szerint holocén és pleisztocén artéri kiöntéstermekben robbantva 0,5 m robbantólyukmélység helyett 3 méteres robbantási mélységet használva a beérkezési idők középhibája 1,5—1,7 ms-ról 0,5—0,8 ms-ra csökken.

A robbantási mélységet lehetőleg úgy kell megválasztani, hogy a véletlen jellegű hibákat a pontossági követelményeknek megfelelően lecsökkentsük. Egy-egy mérési területen belül ajánlatos azonos robbantási mélységet használnunk. Ebben az esetben az első réteg változó vastagsága miatt a robbantás hol az első, hol az alatta lévő rétegbe esik. A második rétegben robbantva az első réteget jellemző sebességág természetesen nem jelentkezik a beérkezési idő-görbe ábrázolásakor. Ezért az első réteg sebességét sűrített terítéssel (2—6 m közel elhelyezett szeizmometerekkel) külön meg kell határozni. Erről a terítésről egészen kis (20 cm) mélységben elhelyezett gyenge töltet (pl. néhány gyutacs) elrobbantásával készítünk felvételt. A töltet gondos fojtására ügyelnünk kell, nehogy a talaj rengéshulláma helyett a robbantással a levegőben keltett hanghullámot regisztráljuk. Az 1. ábrán jellegzetes beérkezési időgörbét láthatunk. Az első réteg sebességét gyutacslovással határoztuk meg.

A robbantási mélységet az időellenőrzéssel végzett kiértékelésnél könnyen figyelembe vehetjük. Ennél a kiértékelési eljárásnál úgy határozzuk meg az egyes határfelületeket, hogy a rengéshullámok legrövidebb idejű sugárútjára számított idő az észlelt elsőbeérkezések idejével egyezzen. A sugár kiinduláspontja, a robbantás pontos helye, a robbantási mélység figyelembevételével.

A határfelületek mélységét képletekkel számítva a szokásos összefüggéseket kissé meg kell változtatnunk. (Az alábbiakban csak a vízszintes település esetét ismertetjük.) Az első rétegben robbantva (2. ábra) az első határfelület mélysége a robbantás helyén:

$$h_1 = \frac{t_{02} \cdot V_1}{2 \cdot \cos i_{12}} + \frac{l}{2},$$

ahol  $t_{02}$  a második sebességág ordinátametszete;

$V_1$  a rengéshullámok terjedési sebessége az első rétegben;

$i_{12}$  a teljes visszaverődés határszöge az első és a második réteg határfelületén;

$l$  a robbantólyuk mélysége.

A második réteg vastagsága a robbantópont alatt:

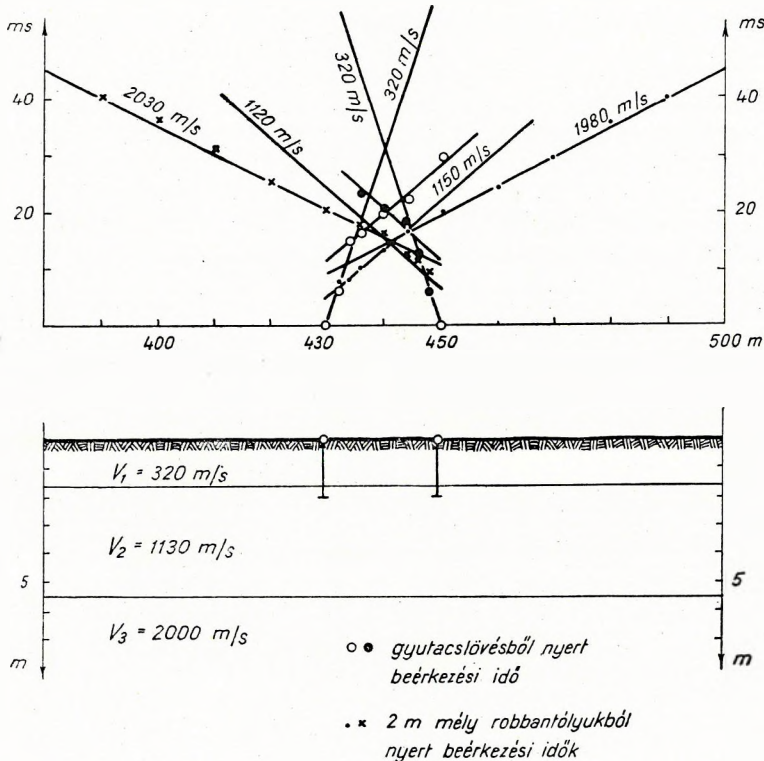
$$h_2 = \frac{t_{03} \cdot V_2}{2 \cdot \cos i_{23}} - \frac{(h_1 - l/2) \cdot \cos i_{13}}{\cos i_{23} \cdot \sin i_{13}},$$

ahol  $t_{03}$  a harmadik sebességág ordinátametszete;

$V_2$  a rengéshullámok terjedési sebessége a második rétegben;

$i_{23}$  a teljes visszaverődés határszöge a második és harmadik réteg határfelületén;

$i_{13}$  az emergenciaszög.



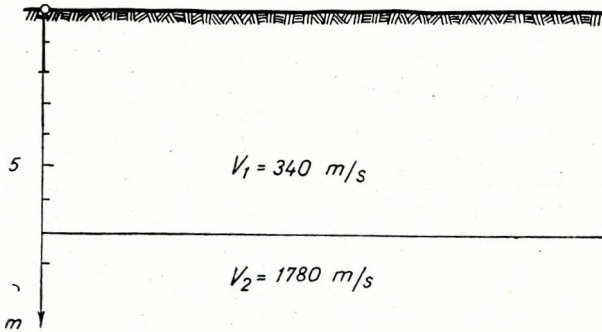
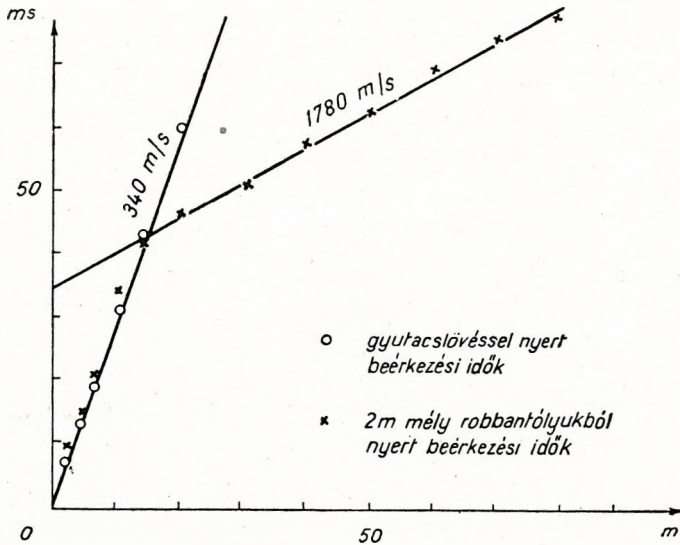
1. ábra.

A robbantás az első réteg alatt történt. Az első réteg sebességét gyutacslovéssel állapítottuk meg

A második rétegben történő robbantás esetére jellemző az 1. ábra. Az első réteg sebességét külön, az első rétegben végzett gyutacslovéssel nyert beérkezési időkből határoztuk meg. A második sebességág már sokszor bizonytalan beérkezéseket ad az első rétegben végzett gyutacslovés esetén, ezért az első és második réteg határfelületének mélységét a mélyebb lyukból nyert beérkezési időgörbéből határozzuk meg. A görbe

első ágának egyenes szakaszát meghosszabbítva adódik  $t_{02}$  ordinátametszet. Az első réteg vastagsága a robbantás helyén:

$$h_1 = \frac{t_{02} \cdot V_1}{\cos i_{12}}$$



2. ábra

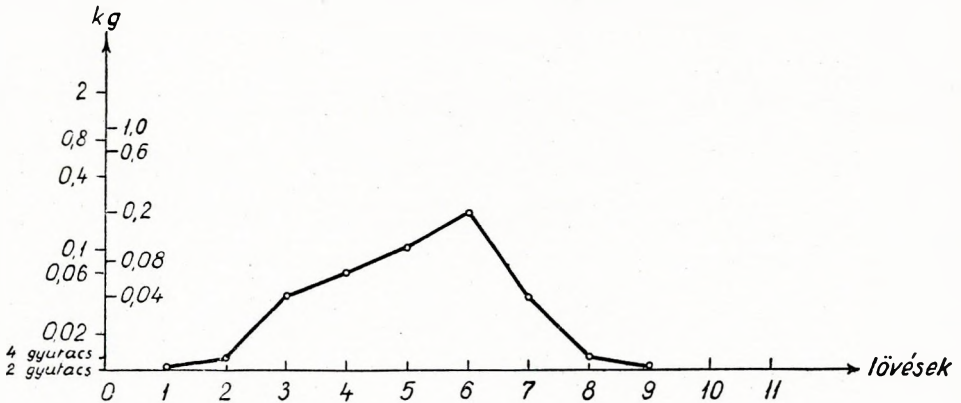
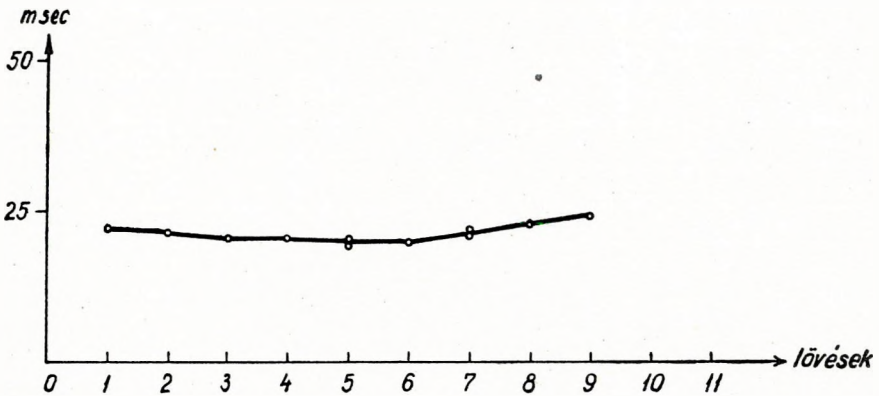
A robbantás az első rétegben történt

a második réteg vastagsága a robbantópont alatt:

$$h_2 = \frac{V_2 \cdot t_{03}}{2 \cdot \cos i_{23}} + \frac{l - h_1}{2} - \frac{h_1 \cdot \cos i_{13}}{2 \cdot \cos i_{23} \cdot \sin i_{12}}$$

### A beérkezési idők függése a robbantótöltettől és a robbantólyuk kifáradásától

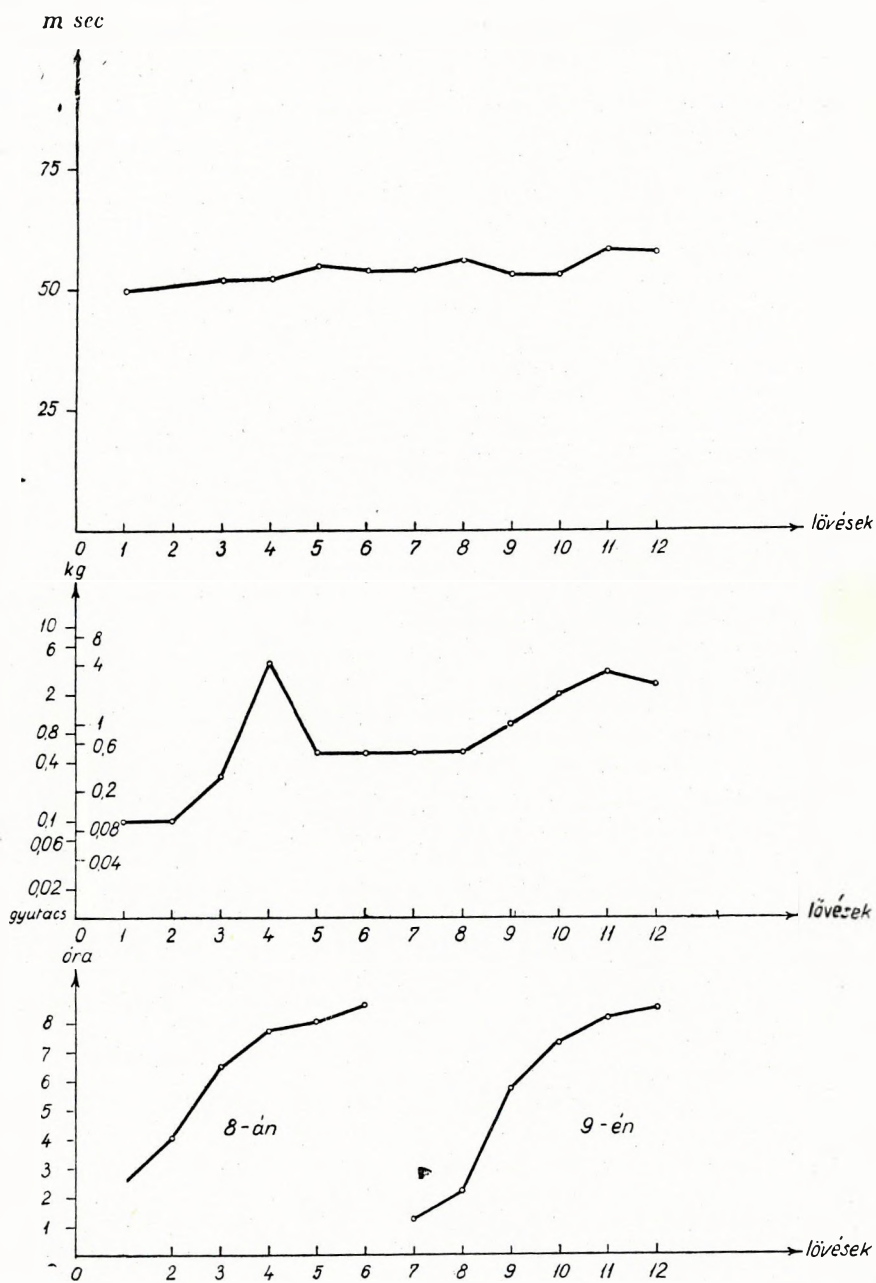
Robbantáskor a robbantólyuk környezetére akkora nyomás hat, hogy a környező talaj szilárdságának határát túllépi. A robbanás a talajt



3. ábra

A robbantótöltet növelésekor a beérkezési idők csökkennek

átalakítja. Nagyobb üreget tágasít s ezen túl a talajt roncsolja, összegyúrja. Rugalmas hullámok csak abban a távolságban keletkeznek, ahol a nyomáshullámok amplitúdója a környezet rugalmassági határának



4. ábra

Néhány nagyobb töltet elrobbantása után a beérkezési idők növekednek

értékére csökkent [5]. A robbantólyuk környékét átalakító lökeshullám (fejhullám) nagyobb sebességgel terjed, mint a robbantás helyétől távolabb keletkező rugalmas hullámok. Valószínű az is, hogy nagyobb töltet esetén a roncsolási körzet is így a nagyobb sebességgel megtett út is nagyobb. Erre következtethetünk a 3. ábrán feltüntetett beérkezési időgörbéből. A robbantás helye és mélysége, továbbá a szeizmométerek helye a megfigyelés alatt változatlan volt. A robbantótöltet nagyságát a beérkezési időgörbe alatt logaritmikus léptékben ábrázoltuk. A diagram abszcisszáján a lövések sorszámát jeleztük.

Az egymást követő lövések a környező, legtöbbször kevesebb konszolidált talajt egyre jobban átalakítják. A talaj szerkezete mind erősebben s egyre nagyobb távolságban roncsolódik. Úgy véljük, hogy nagyobb töltetek esetén a környező talaj átalakulása és a rugalmatlan körzet nagyobbodása olyan nagymértékű, hogy ez okozza a később észlelt beérkezések késését [1, 3]. A 4. ábrán látható időgörbe adatait ugyanabban a lyukban robbantva, ugyanazon a helyen, az egy helyben hagyott szeizmométeren, mérő szelvényezés közben észleltük. Az alsó diagramon feltüntetjük a műszak kezdetétől eltelt időt is. A megfigyeléseket két egymást követő napon végeztük.

Még számos hasonló kísérletet végeztünk. A beérkezési idők 3—4 nagyobb töltet elrobbantása után meghosszabbodtak. Az egyes robbantások között eltelt idő és a beérkezési idők eltérése között összefüggést megállapítani nem tudtunk. Érdekes megjegyezni, hogy a mélyszerkezetek kutatásánál mélyebb (10—60 m) robbantólyukak esetén, több lövés után gyakran észlelhető szabályos jellegű időrövidülést, amely a robbantási helyet környező kőzetek konzisztenciájának növekedésével magyarázható, sekélyszeizmikus kutatásaink során még egyetlen esetben sem észleltünk.

### A beérkezési idők megváltozásának figyelembevétele

Az előző fejezetben vázolt jelenségek szabályos jellegű hibával terhelik megfigyeléseinket. Emiatt az egymásután következő terítések együttes kiértékelése téves eredményekre vezethet. A hibalehetőség annál nagyobb, mennél többször robbantunk egy-egy robbantólyukból, s mennél kisebb csatornaszámú műszerrel végezzük méréseinket. A hiba kiküszöbölésére két helyes út van:

1. Olyan mérési eljárás alkalmazása, melynél a leírt jelenségek nem lépnek fel.

2. Olyan mérési eljárás alkalmazása, melynél a keletkező hiba egyszerűen kijavítható.

1. A rengéseket tömegek leejtésével keltve a rengéskeltés helyének környezete kevésbé alakulna át. Sajnos lényegesen kisebb volna az átadott energia is. Valószínű, hogy csakis a legkedvezőbb esetekben [2] használható ez az eljárás. Ilyen irányú kísérleteink energiahány miatt elakadtak.

2. A keletkező hibákra következtethetünk a robbantólyuk közelében elhelyezett szeizmométeren észlelt beérkezési időkből, s a csatlakozó szeizmométereken észlelt beérkezések eltéréseiből.



Sekélyrefrakciós munkáknál csatlakozó szeizmométerekkel dolgozunk: az előző terítés utolsó szeizmométerének helyére kerül a következő terítés első szeizmométere. Ha a csatlakozó szeizmométerek időadataiban olyan nagy (3—7 ms) eltéréseket tapasztalunk, amelyek már a kiértékelést zavarják, ajánlatos egy szeizmométert a robbantóllyuktól akkora távolságra elhelyezni (20—25 m), hogy ezen a szeizmométeren már refraktált első beérkezéseket észlelhessünk. Ez esetben a távolabbi szeizmométereken és az egy helyben hagyott szeizmométeren észlelt első beérkezéseknek a robbantási hely közelébe eső útja közel azonosnak tekinthető, ezért ennek az útnak a befutásához szükséges időket is egyenlőknek vesszük. Minden robbantóllyukban először kis töltettel (2—5 dkg) robbantunk. Az egy helyben hagyott szeizmométeren ekkor észlelt időt tekintjük helyesnek és az ettől mutatkozó eltérésekkel korrigáljuk a többi robbantásnál észlelt beérkezési időket. Ezt az eljárást megbízhatónak találtuk, ha az egy helyben hagyott szeizmométer csatornáján észlelt kiütés biztosan bejelölhető volt.

Sok esetben csak a kiértékelésnél vesszük észre a csatlakozó szeizmométereken észlelt beérkezési idők eltérését. Kis eltérésnél (1—2 ms) megbízhatónak tartjuk az egyes terítésekben észlelt sebességágak grafikus elcsúsztatását, nagyobb eltérések esetén (3—7 ms) azonban ez az eljárás már nem használható. Gyakorlati célra túlságosan nehézkes egy olyan kiértékelési eljárás, amely figyelembe veszi, hogy a csatlakozó szeizmométereken észlelt beérkezési idők eltérését szabályos és véletlen jellegű hibák együttesen okozzák. Közelítő eljárással kell megelégednünk.

Ilyen esetekben a beérkezési időgörbékét úgy «egyenlítettük ki», hogy az egyes terítések időkülönbségeit érintetlenül hagytuk. Ennek az eljárásnak hátránya, hogy az egyes megfigyelések véletlen jellegű hibájával, sőt a szabályos jellegű hibák egy részével is terheljük megfigyeléseinket. Tehát nem szigorú kiegyenlítés ez, csupán közelítő eljárás, melynek megbízhatósága növekszik, ha az észlelés folyamán a véletlen jellegű hibák csökkentésére törekedtünk. Eljárásunkat azért említem meg, mert megfigyeléseink szerint a durva hibákat eredményeinkből kiküszöböli s lehetővé teszi, hogy azokat tájékoztató jelleggel felhasználhassuk.

A kiindulási egyenetelnél egy-egy terítésnél csak a terítések végpontjaihoz tartozó beérkezési idők különbségeit vesszük figyelembe s javításaink egy-egy terítésen belül azonosak.

Kényszerfeltételeink:

a) A szomszédos terítések csatlakozó szeizmométereinek egyszerre kellett volna kiütniök, azaz,

$$T_i = T_{i+1} - \Delta_{i+1},$$

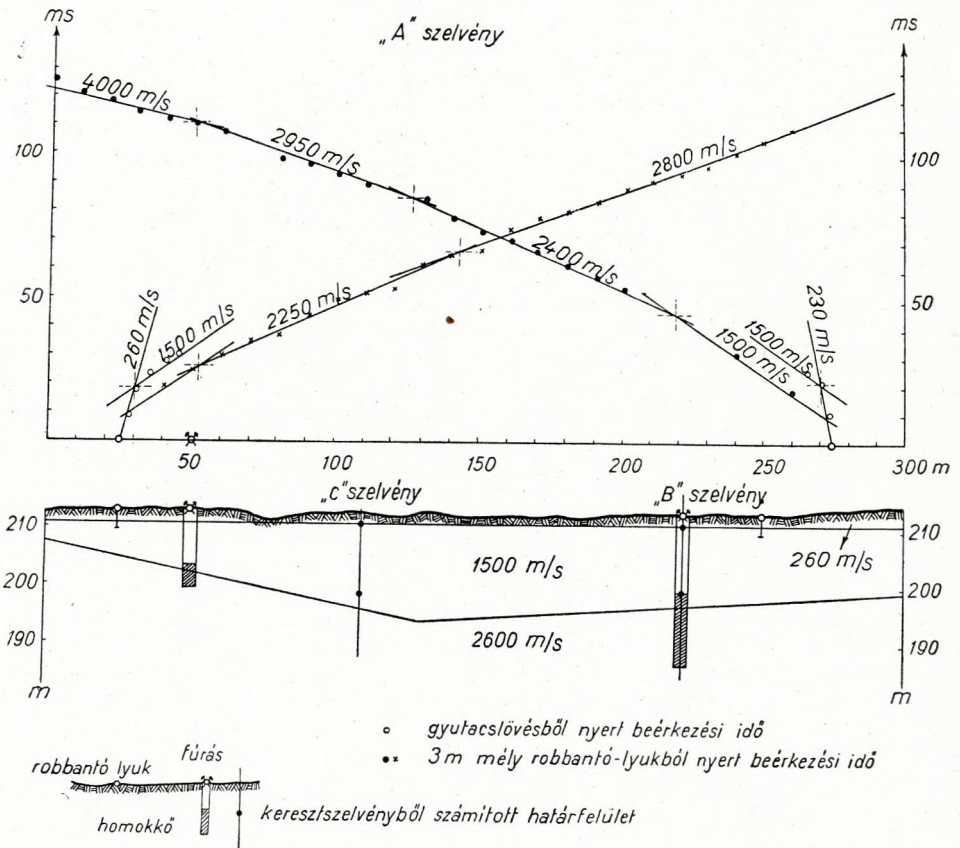
ahol  $T_i$  az  $i$ -edik terítés robbantóllyuktávoli végpontjában a kiegyenlített beérkezési idő;

$T_{i+1}$  az  $i + 1$ -edik terítés robbantóllyuktávoli végpontjában a kiegyenlített beérkezési idő;

$\Delta_{i+1}$  az  $i + 1$ -edik terítés végpontjain nyert beérkezési idők különbsége.

b) Egyenlő robbantólukmélység és a robbantási hely feletti rétegek azonos elrendeződése esetén a teljes szelvényhosszon (robbantóponttól robbantópontig) oda- és visszafelé mért  $T_n$  beérkezési időknek egyezniük kell. Kényszerfeltételeinket felhasználva a közvetlen megfigyelésekhez [6] hasonló kiindulási egyenleteket kapunk. A terítések javításait  $j_i$ -vel, a megfigyelt értékeket  $l_i$ -vel jelölve javítási egyenleteink általános alakja:

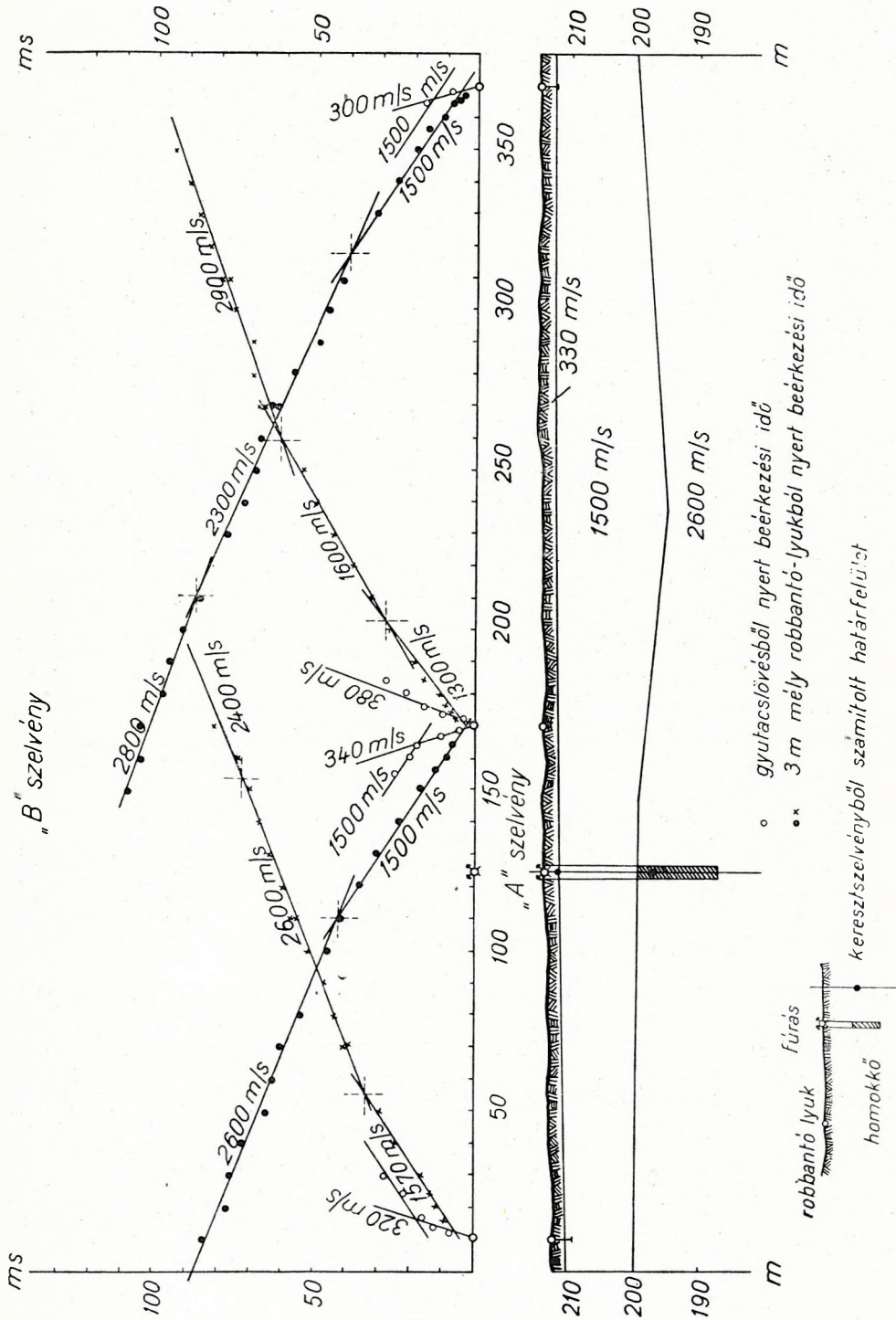
$$j_i = T_n - \left( t_i + \sum_{k=i+1}^n \Delta_k \right) = T_n - l_i$$



5. ábra  
 «Kiegyenlített» beérkezési időkkel megrajzolt szelvény

A javítások négyzetösszegét differenciálva s az egyenletet nullával egyenlővé téve kapjuk a kényszerfeltételeket kielégítő  $T_n$  értéket:

$$T_n = \frac{[l_i]}{2n}$$



6. ábra

A robbantólyukak közelében hagyott szeizmométerek segítségével korrigált beérkezési időkkel megrajzolt szelvény

Ezt meghatározva a javítási egyenletekből kapjuk az egyes teritések javítási értékeit s ezek segítségével a kényszerfeltételeket teljesítő beérkezési időket.

A leírt eljárás előnye, hogy egyszerű, gyorsan elvégezhető, a kiértékelést megkönnyíti és kis véletlen jellegű hibák esetén megbízhatóbbá teszi. Hátránya, hogy a jelzett eljárással korrigált beérkezési időgörbék-ből nem küszöböli ki a szabályos jellegű hibákat sem, hanem az egész görbét azok középértékével terheli.

A továbbiakban egyik mérési területünk két, egymást keresztező szelvényét ismertetjük. Ezeket a szelvényeket a felszín alatt kisebb (5—30 m) mélységben húzódó homokkő határfelületének meghatározására telepítettük. Mindkét szelvényt a refrakciós méréseknél jól bevált időellenőrző módszerrel értékeltük ki.

Az «A» szelvény (5. ábra) a mérési terület első szelvénye volt. A csatlakozó szeizmométerek csatornáján oly nagy eltéréseket figyeltünk meg, hogy további szelvényeinkben már a robbantópont közelében hagyott szeizmométer segítségével korrigáltuk a beérkezési időket. Az «A» szelvényben a csatlakozó szeizmométereken észlelt eltéréseket az ismertett eljárással «kiegyenlítettük» és az 5. ábrán már a «kiegyenlített» beérkezési időket s a felhasználásukkal meghatározott határfelületeket ábrázoltuk.

Bár a fúrési és mérési adatok között a mélységmeghatározásban eltérés mutatkozik, a 2600 m/s-os sebességértékkel jelentkező homokkő-határ a fúrásokban és a keresztshelvényekben jelentkező határfelületekkel kimutatott szerkezeti képnak megfelelő lefutású.

A 6. ábrán látható a «B» keresztshelvény. Ebben a szelvényben is már a robbantólýuktól 20 méterre elhelyezett szeizmométer adataival korrigált beérkezési időket ábrázoltuk. A fúrési és sekélyrefrakciós adatok szép egyezést mutatnak.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A beérkezési idők véletlen jellegű hibát okozó szóródása jelentősen csökkenthető a robbantólýuk mélységének növelésével. Holocén és pleisztocén ártéri kiöntéstermékekben azonos körülmények között megfigyelt beérkezési idők középhibája 1,5—1,7 ms-ról 0,5—0,8 ms-ra csökkenthető, ha a robbantás mélységét 0,5 m-ről 3 m-re növeljük.

A robbantási mélységet időellenőrző kiértékelési eljárással könnyen figyelembe vehetjük, ha a sugarak kiinduláspontjául a robbantás helyét választjuk. Képletekkel számolva a szokásos összefüggéseket kissé meg kell változtatnunk. Mindkét esetben ajánlatos az első réteg sebességét egészen kis (20 cm) mélységű gyutacsrobbantással kapott beérkezésekből meghatározni.

Azonos elrendezésben megfigyelt beérkezési idők szabályos jellegű megváltozást is mutatnak. Feltevésünk szerint ez a robbantási töltet megváltoztatásával és a robbantólýuk környezetének kifáradásával magyarázható. Méréseink közben gyakran figyeltünk meg 10 ms-nál nagyobb eltéréseket; ezeknek kiküszöbölését nem mellőzhetjük.

Megfigyeléseink szerint a beérkezési idők szabályos jellegű megváltozását a robbantóluktól 20—25 méterre hagyott szeizmométer segítségével eredményesen korrigálhatjuk. Ha a beérkezési idők megváltozására csupán a csatlakozó szeizmométereken észlelt eltérésekből következtetünk (ha nem használtunk egyhelyben hagyott szeizmométert), akkor az egyes terítésekben megfigyelt időkülönbségeket érintetlenül hagyva «egyenlítjük ki» a beérkezési időgörbét.

## IRODALOM

1. FAUST—SWAN—KENDALL—SPARKS—OWEN—LYONS—CADY: The need for quantity and quality in velocity surveys. A symposium. The oil and gas journal. 30. March, 1953. 129. old.
2. D. L. GOUGH: A new instrument for seismic exploration at very short ranges. Geophysics. XVII. Nr. 2. April, 1952. 311. old.
3. H. HEDSTRÖM and R. KOLLERT: Seismic sounding of shallow depths. Tellus, Vol I. Nr. 4. Nov. 1949.
4. POSGAY—ERŐS: A rengéshullámok terjedési sebességének meghatározása felszínközeli rétegekben. Geofizikai Közlemények, III. köt., 7., sz. 99. old.
5. L. A. SHARPE: The production of elastic waves by explosion pressures. I. Geophysics, Vol VII. Nr. 2. April 1942. 153. old.
6. Dr. TÁRCZY—HORNOCH ANTAL: A kiegyenlítő számítás. Sopron, 1950. 35. old.

