

A VSP mérés

MÓD GÁBOR*—RÁDLER BÉLA*—TÓTH JÁNOS*

A dolgozatban a Geofizikai Kutató Vállalatnál alkalmazott VSP mérések kivitelezésének főbb vonásait ismertetjük

В статье описываются основные черты полевых работ и методики ВСП применяемых в Геофизическом предприятии

The basic field procedures of VSP used in Geophysical Exploration Co. are described.

A vertikális szelvényen a hullámképet, hasonlóan a szeizmokarotázshoz, a geofonsonda minden egyes mélységhelyzetében külön-külön rögzítjük. Ez a hullámkeltés sokszoros megismétlését jelenti. Így a teljes VSP felvételezés ideje rögzített geofonsonda távolság mellett a fúrólyuk mélységétől függ.

A szükséges és általában szokásos, 100 mérési pont/km sűrűségű szelvényezés több napig is eltarthat. Emiatt a VSP-hez időkímélő technológiát kellett kialakítani. Lényege: az új hullámkeltéshez szükséges idő ne legyen több, mint a geofonsonda új mérési pontba állításához és rögzítéséhez, valamint a felvételezés ellenőrzéséhez szükséges idő.

Hullámkeltés

A szeizmokarotázis méréseknél alkalmazott mérési technológiával sikeres VSP felvételt készíteni általában nem lehet. Ez egyértelműen kitűnik a VSP szakirodalomból. A korábbinál sokkal nagyobb gondot kell fordítani mind a hullámkeltés, mind a szondarögzítés és felvételezés részleteire.

A VSP-hez szükséges hullámkeltéssel szemben támasztott főbb követelmények az alábbiak:

1. A gerjesztett jel sokszorosán ismételhető legyen anélkül, hogy a jel alakja jelentősen megváltozna.

2. A jelalak legyen minél rövidebb és egyszerűbb (magas frekvenciájú, ghostmentes, zajmentes).

3. A jelnek legyen elegendő energiája a teljes terjedési úton.

4. Minél kevesebb felszíni zavarhullám keletkezzék.

A megvalósítás során két különböző típusú jelgerjesztés jöhetett szóba, egyik a felszíni (air-gun) vibroseis, másik a hagyományos, robbantásos gerjesztés.

A felszíni rezgéskeltési eljárásoknál fő probléma a kellő energia hiánya. A megoldás több berendezés szinkron üzemeltetése, ill. vertikális összegzés útján lehetséges. Ezeknél az eljárásoknál előkészületi idő ugyan gyakorlatilag nem lép fel, viszont a felvételezés időtartama, a több részfelvétel elkészítése és összegzése (vibroszeiznél ezenkívül a betáplált jel hossza) miatt jelentősen megnövekedhet. A felszíni gerjesztőforrások előnye, hogy szellemreflexiókat (ghost) nem keltenek, hátránya, hogy a lyukrobbantásnál több felszíni zavarhullámot gerjesztenek.

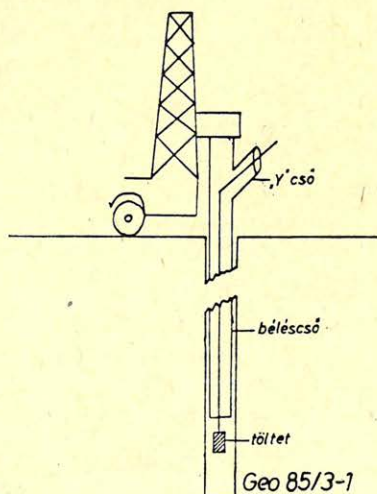
* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest,

Figyelembe véve azt, hogy a vállalat szeizmikus csoportjainál jelenleg üzemelő vibrátorok és air-gun berendezések a hordozó járművek konstrukciója miatt elfogadható sebességű országúti közlekedésre alkalmatlanok és az ország egymástól távoli területein kell szelvényezést végezni, a megfelelő robbantásos hullámkeltési eljárás kialakítása mellett döntöttünk.

A robbantásos jelgerjesztés kialakításához, szóbeli közlések alapján, a Német Demokratikus Köztársaságban kialakított ún. ipszilon csöves megoldást választottuk. A részleteket saját elképzeléseink szerint alakítottuk ki.

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk az eljárás működését.

Először a szokásos módon a szükséges robbantási mélységnél 1–2 m-rel mélyebb lyukat fúrunk a kijelölt robbantóponton. Ezt követően a lyukat a kívánt robbantási mélységig béléscsővezük. A béléscsőoszlop felső részét a fúróberendezés emelő-öblítő rendszeréhez egy deformált Y alakú cső (az „Y-cső”) segítségével csatlakoztatjuk (1. ábra). A lyukat kiöblítés után tiszta vízzel töltjük fel.



1. ábra. Jelgerjesztés Y csővel

Рис. 1. Возбуждение в колонке Y

Fig. 1. Wave generation using Y tube

A robbanóanyagnak a béléscsőbe helyezésére az Y-cső harmadik, sapkával elzárható nyílása szolgál. A töltet a kívánt robbantási mélységet leúsztatással éri el.

Letöltés után a béléscsővet — vigyázva arra, hogy a robbanótöltet helyzetét ne változtassuk meg — a fúróberendezés emelőműve segítségével 2 m-rel megemeljük.

A töltet elrobbantása, a lövezeték kihúzása után a béléscsővet haladéktalanul visszaengedjük eredeti helyzetébe és a lyukat alaposan kiöblítjük. Ezután a lyuk újratölthető, a folyamat megismételhető.

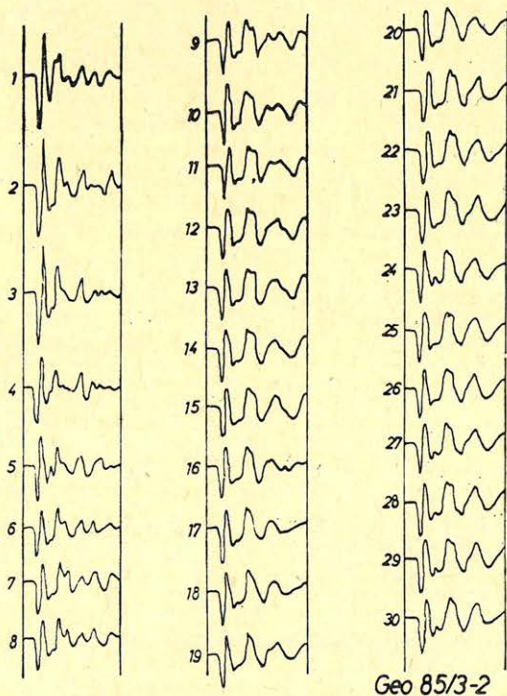
Kritikus a töltet tényleges mélységének megállapítása, ellenőrzése, mivel ha a töltet a béléscsőben elakad, és azt a béléscsővel együtt megemeljük, a robbanás a béléscsőben, vagy ahhoz túl közel történhet. A béléscső megsérülése, a közvetlen anyagi káron túl, új lyuk fúrását teszi szükségessé, növelve a szelvényezés időtartamát. Ez a kockázat a töltények fajsúlyának megfelelő növelésével, gondos leúsztatásával minimálisra csökkenthető. Ellenőrzésként a lövezetéket mélységjelzésekkel látjuk el.

A töltények választás szerint 0,1, 0,25, ill. 0,5 kg robbanóanyagot tartalmazhatnak, két végükön ledugózott, vasdarabokkal nehezített PVC-csőbe töltve.

A gyors robbantásos jelgerjesztés mechanizmusa tehát készen van. Feltételezhető volt, hogy az Y csővel kellően lezárt folyadékkel feltöltött, nagy roncsolást nem végző kis töltetsúlyok stabil, jól ismétlődő szeizmikus jelet adnak.

Az eljárás első geofizikai ellenőrzését a kísérleti szelvényezésre kijelölt Tarnabod – 1 fúrás térségében végeztük.

A kísérlet helyén a felszíntől mintegy 60 m mélységig szinte agyagmentes, homokos – kavicsos összlet helyezkedett el a talajtakaró alatt.



2. ábra. A hullámkép alakulása a robbantópontról 15 m-re telepített felszíni geofonon, 30 felvételen

Рис. 2. Изменение формы волны на записях поверхностного сейсмоприёмника расположенного в 15-ти метрах от взрывной скважины. 30 взрывов.

Fig. 2. Variation of source waveform recorded at the ground surface with 15 m shot-hole distance, 30 records

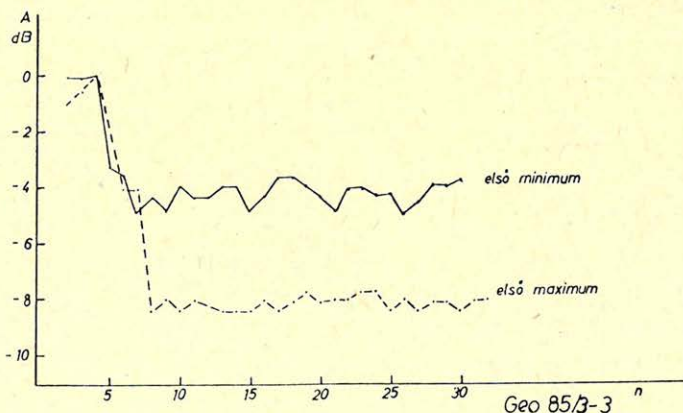
A 24 m mélyre fúrt lyukakba 21 m mélyre töltöttük a robbanóanyagot. A direkt hullám tanulmányozására egy geofont helyeztünk el a robbantólyuk szájától 15 m-re. A zavarhullámképet a robbantólyuktól 200 – 310 m távolságban telepített szóló 10 H-zes geofonokból álló 12 csatornás, 10 m geonközű terítés-sel vizsgáltuk. A felvételezéskor terepi szűrőket (eltételezve a 2 ms mintavételezés miatt szükséges 124 Hz felülvágó szűrőtől) nem alkalmaztunk.

Két mérési sorozatot végeztünk a két lyukból. Az elsőben 30 db 0,25 kg-os töltetet, majd ezt követően a másodikban 0,5 kg-os tölteteket robbantottunk el.

A 0,25 kg-os töltetknél a robbantólukhoz közeli geofonon a robbantás utáni 0,2 s-ig észlelt jeleket a 2. ábra mutatja. A geofonon észlelhető jelek alakja összetett. Első részét – kb. az első maximum utáni 0-átmenetig – főként a direkt hullám alkotja, majd bonyolult hullámkép lép fel.

A direkt hullám formája az első 5–6 robbantás után stabilizálódott. Az ezt követő hullámoknál a stabilizálódás ennél valamivel lassabban történik, kb. a 10. felvételig figyelhetők meg jelek változások. A stabilizálódás a direkt és az azt követő hullámoknál egyaránt a magasabb frekvenciák szemmel látható csökkenésével jár együtt.

A direkt hullám amplitúdója az első 5–6 felvétel során nagymértékben csökkent (3. ábra). Az első minimumnál ez a csökkenés 4–4,5 dB, az ezt követő maximumnál kb. 8 dB. Ezután szisztematikus változás nem ismerhető fel. A jelek alakja stabilizálódott.



3. ábra. Amplitúdó változások a lövésszám függvényében a 2. ábra felszíni geofonján
 Рис. 3. Изменение амплитуды на записях поверхностного приёмника рисунка 2.

Fig. 3. Amplitude variations versus shot number from fig. 2

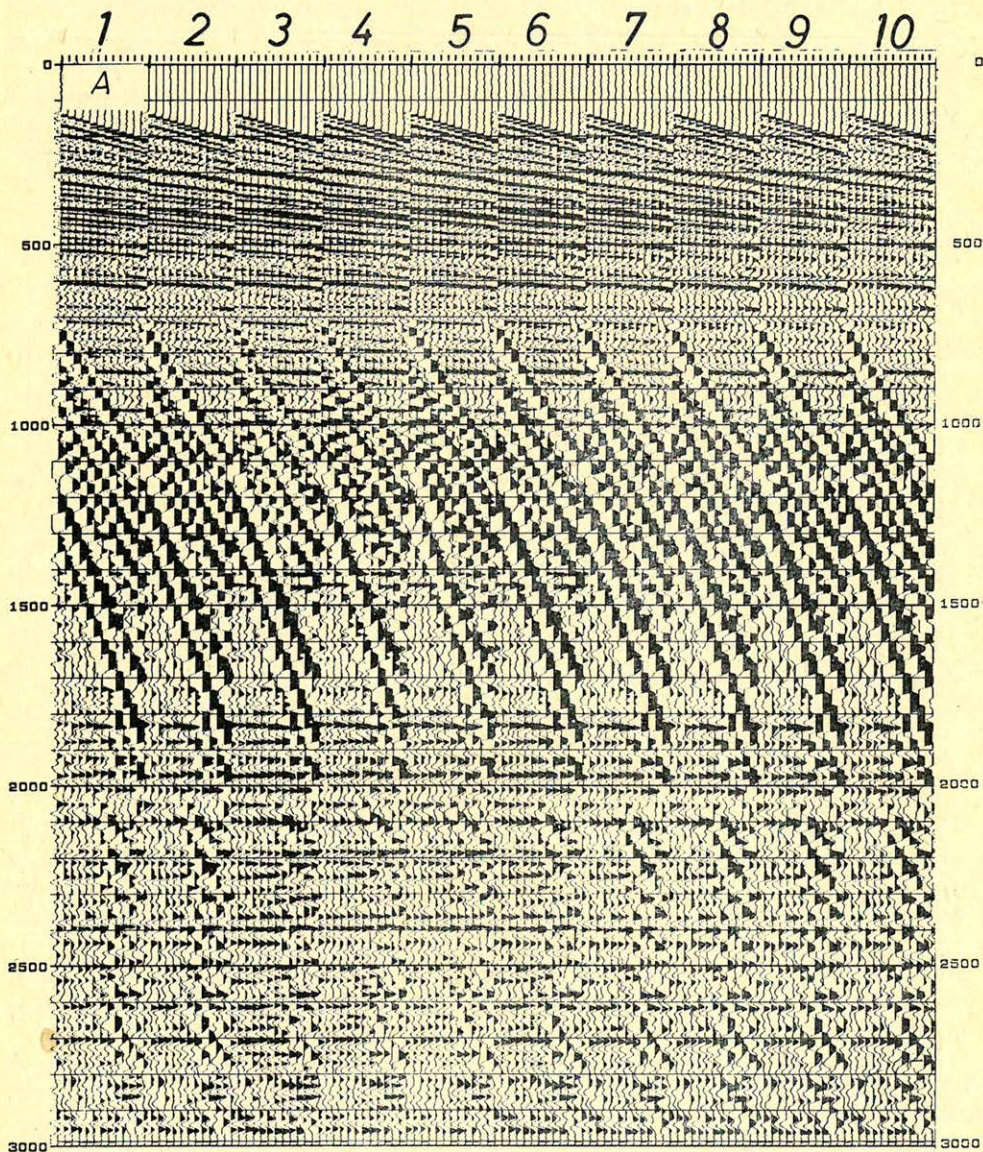
A zavarhullámok vizsgálatára készített 12 csatornás terítésen ugyancsak felismerhető a magasabb frekvenciás összetevők fokozatos gyengülése (4. ábra). Ezeken a felvételeken a 210 m/s – 330 m/s tartományba eső látszólagos sebességű zavarhullámok energiája, a velük azonos időintervallumban belépő reflexiókhoz képest, a lövésszám előrehaladtával lassan növekszik.

A robbantóponttól 240 m távolságra levő csatorna első és 28. felvételéből származó 200–800 ms közötti ablakainak normalizált spektrumait mutatjuk be az 5. ábrán. A 200–800 ms időablak elsősorban első beérkezést és reflexió-szerű beérkezéseket tartalmaz. 800–1500 ms között a felszíni zavarhullámok dominálnak. A stabilizálódott felvételek az első felvételeknél gazdagabbak alacsony frekvenciában. Különösen jellemző ez a zavarhullámos időtartományra.

A 0,5 kg-os töltetknél a helyzet hasonló. Ezeken az eleve több alacsony frekvenciát tartalmazó felvételeken a jelek stabilizálódása gyorsabb.

A kísérletet utóbb nagyobb agyagtartalmú területen megismételtük (Duna-keszi térsége). Hasonló gerjesztési paraméterek mellett gyorsabb (0,25 kg töltetnél 2–3 lövés utáni) stabilizálódást észleltünk.

1981 óta már számos mélyfúrásban végeztünk mérést e robbantásos eljárás alkalmazásával. Néhány esetben 80–100 felvételt is sikerült egy robbantólyukból készíteni, aránylag stabil jelforma mellett. Erre példa a 6. ábrán található. Itt a jelformát felvevő vertikális monitor geofon a 21 m mélységű robbantólyuktól 10 m-re fúrt, másik 60 m mély lyukban helyezkedik el.



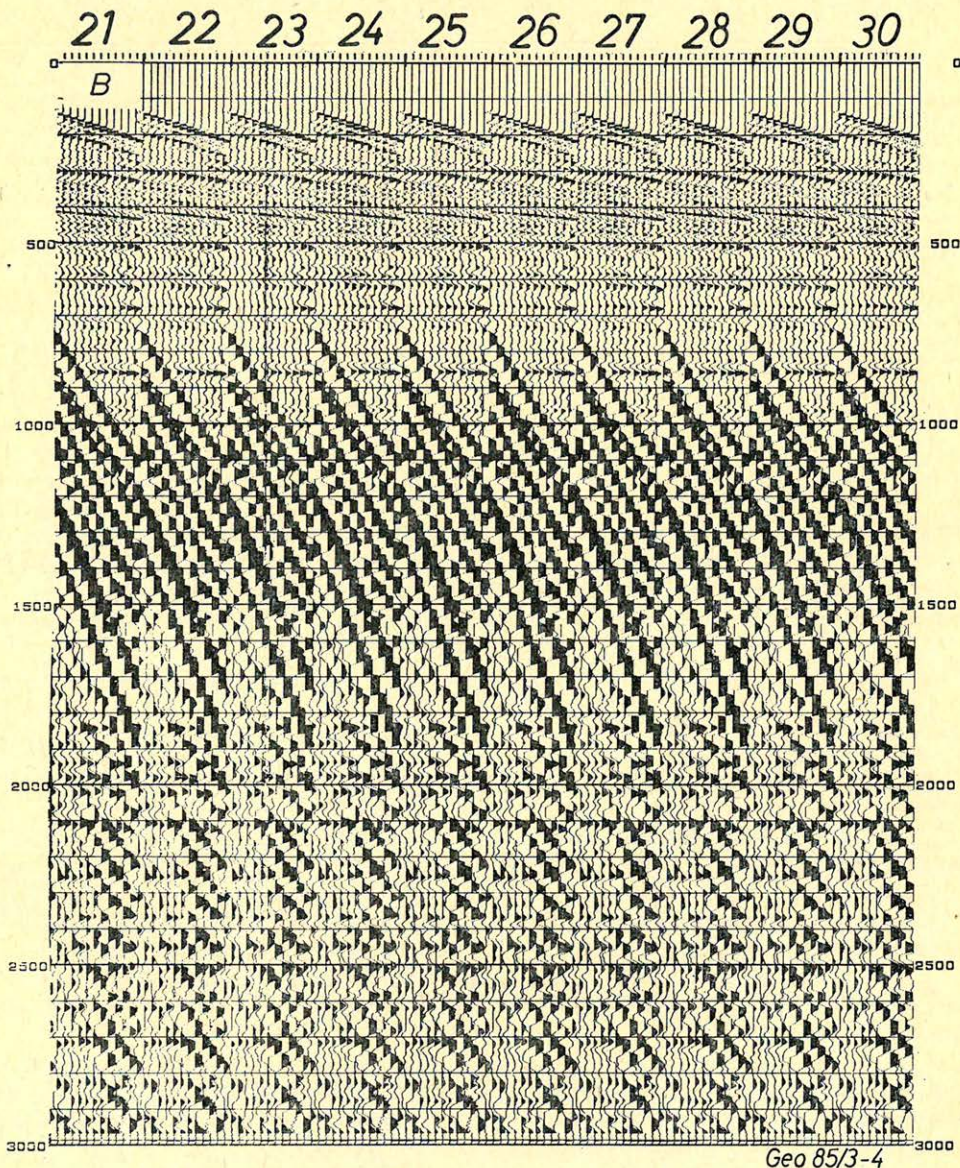
4. ábra. A zavarhullám felvétel sorozat

Рис. 4. Серия записей волн-помех.

Fig. 4. Series of surface wave records

Ez az eljárás — eddigi tapasztalatunk szerint — különösen nehéz fúrható-
ságú területektől eltekintve — a VSP igényeit geofizikai és gyorsasági szempont-
ból egyaránt kielégíti.

A két lövés között szükséges előkészületi idő (lyuk tisztítása, töltet elhelye-
zése, béléscső felemelése) begyakorlott munkabrigád esetén 2,5–3 perc, ami



A. 1–10. felvétel, B. 21–30. felvétel

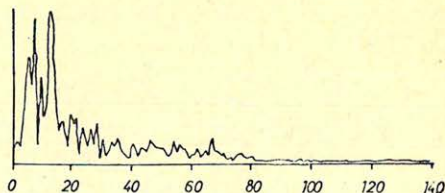
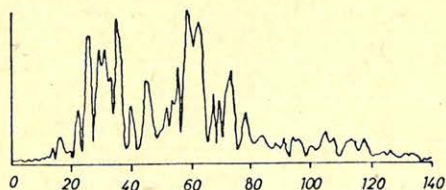
A – запись 1–10 B – запись 21–30

A. 1–10. records, B. 21–30. records

1. felvétel

200 - 800 ms

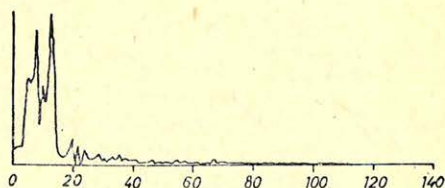
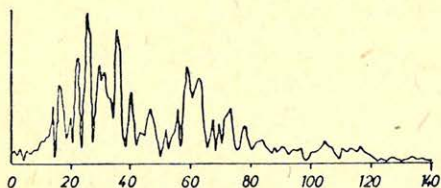
800 - 1500 ms



28. felvétel

200 - 800 ms

800 - 1500 ms



Geo 85/3-5

5. ábra. Az $x = 240$ m robbantóponti távolságú csatorna normalizált amplitúdó spektruma az 1. és a 28. felvételnél, a 200–800 és 800–1500 ms időablakokban

Рис. 5. Нормированный амплитудный спектр записей 1. и 28. в окнах 200–800 и 800–1500 мс при расстоянии взрыв-канал 240 м

Fig. 5. Normalized amplitude spectra from records 1. and 28. in time windows 200–800 and 800–1500 ms offset 240 m

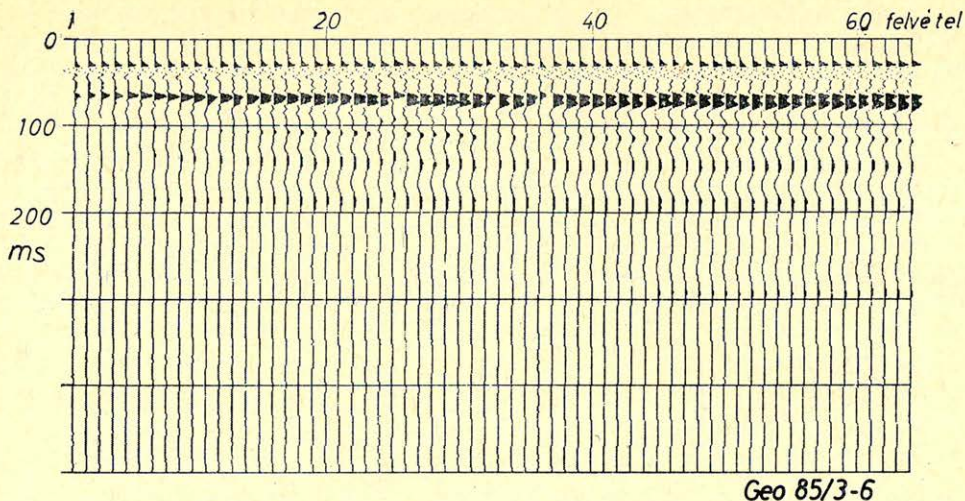
általában rövidebb a geofonsonda új mérési pontba húzásához szükséges időnél.

A robbantási mélység megfelelő megválasztásával a mélyfúrásban elhelyezett geofonsondára jutó jel energiája, formája szabályozható. Megfelelő robbantási mélység megválasztásával elérhető, hogy a szellemreflexió (ghost) a direkt hullám követő fázisával konstruktív interferenciába lépjen, ami a legegyszerűbb hullámformát eredményezi.

A 7. ábrán a Demjén K–438 fúrásban 1000 m mélyen elhelyezett geofonsondán észlelhető hullámkép első szakaszát ábrázoltuk, különböző robbantási mélység mellett.

Az energia keltéséhez szükséges töltetet az adott szeizmológiai viszonyok és mérési geometria mellett a geofonsonda érzékenysége alulról, az alkalmazott robbantási technológiánk felülről korlátozza. A bemutatott eljárással 0,25 kg minden eddigi szelvényezésünknel megfelelőnek bizonyult.

Az Endrőd – É – 5 kút robbantásos szelvényezése után kísérletet tettünk a kút 2450–2200 m közötti szakaszának air-gun jelgerjesztéssel történő szelvényezésére. Az előzetes feldolgozási állapotú szelvényszakaszok állandó erősítésű kiértékelései a 8. ábrán találhatók. Az air-gun szelvényénél alkalmazott erősítés a



6. ábra. Monitorgeofonon észlelhető hullámkép változásai a felvételszám növekedésével. Az első beérkezés jelalakja alig változik. Az ezt követő nagy energiájú beérkezéseknél (60–80 ms között) a változás jelentősebb. Ez a hullám kisebb terjedési sebessége miatt kevésbé zavaró.

Рис. 6. Изменение формы волны в зависимости от числа взрывов, на записи контрольного сейсмоприёмника опущенного в мелкую скважину

Fig. 6. Variation of waveform recorded at the monitor geophone with increasing shot number

robbantásos szelvényénél mintegy 20 dB-el kisebb. Ugyanitt a robbantásos szelvényezés a leírt módszer szerint történt.

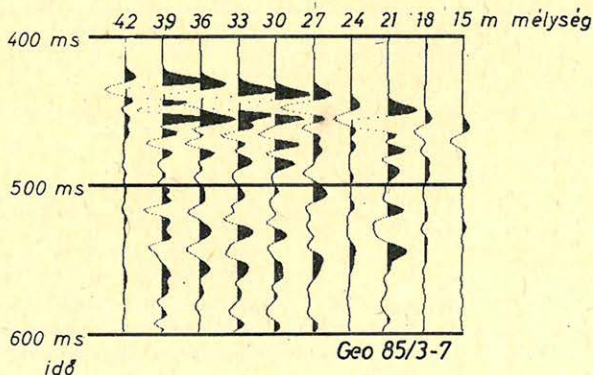
A két változatnál a hullámkép kissé eltérő. A robbantásos szelvényen felismerhető gyenge reflexió az air-gun szelvényen kevésbé látható. Az air-gun szelvény 4 air-gun szinkron üzemeltetésével $36 \times$ -os vertikális összegzéssel készült. A 75 cu. inch űrtartalmú puskával, 1500 PSI kamranyomással készített felvételek a robbantással készített felvételeknél átlagosan mintegy 20 dB-lel kisebb energiájúak. Ugyanakkor ilyen ütésszám mellett a felvételezési periódus mintegy 6 percre nőtt, ami a mérés jelentős elhúzóásával járt.

Geofonszonda, kábel

Jó minőségű felvételek készítésének feltétele a geofonszonda és a geológiai formáció közötti megfelelő csatolás. Ennek biztosítására a geofonszondába falhozszorító szerkezetet építenek. Ez lehet a felszínről irányítható elektromechanikus vagy hidraulikus működtetésű autonomszonda, vagy olyan mechanikus impulzus (rántás) hatására bekapcsolódó szerkezet, melyet csak a szonda mélyfúrásból történt kihúzása után lehet újra kikapcsolni. Az utóbbiak egyszerűbbek, kevesebb a meghibásodás lehetősége, felhasználásuk viszont kevésbé kényelmes, pl. a mérési pontok utólagos pótlása több munkával jár.

A felszínről a kábelen át a geofonra jutó zavaró hullámok („kábelhullámok”) a kábel lazítása után csökkenthetők. A falhozszorító szerkezetnek olyan mértékben kell a geofonszondát a lyukfalra zárnia, hogy a szonda megcsúszása még néhány méternyi kábel lazítás esetén se következhesse be (a szonda csúszás a felvételeken jellegzetes zajt okoz).

A geofonszonda megfelelő lyukfalhoz rögzítéséhez a szonda súly 2–3-szorosának megfelelő erő kifejtésére alkalmas szerkezet szükséges. Az átlagosnál nagyobb mechanikus és termikus igénybevételnek megfelelni képes szondák 50–100 kg súlyúak. A nagy súly miatt a kereskedelmi forgalomban megvásárolható szondák (felszínről irányítható) falhozszorító szerkezete általában nem elég erős a szondák megfelelő rögzítésére.



7. ábra. Az 1000 m mélységben levő geofonszondán észlelt jelalak változások a robbantási mélység függvényében

Рис. 7. Изменение формы волны в зависимости от глубины взрыва на скважинном зонде на глубине 1000 м

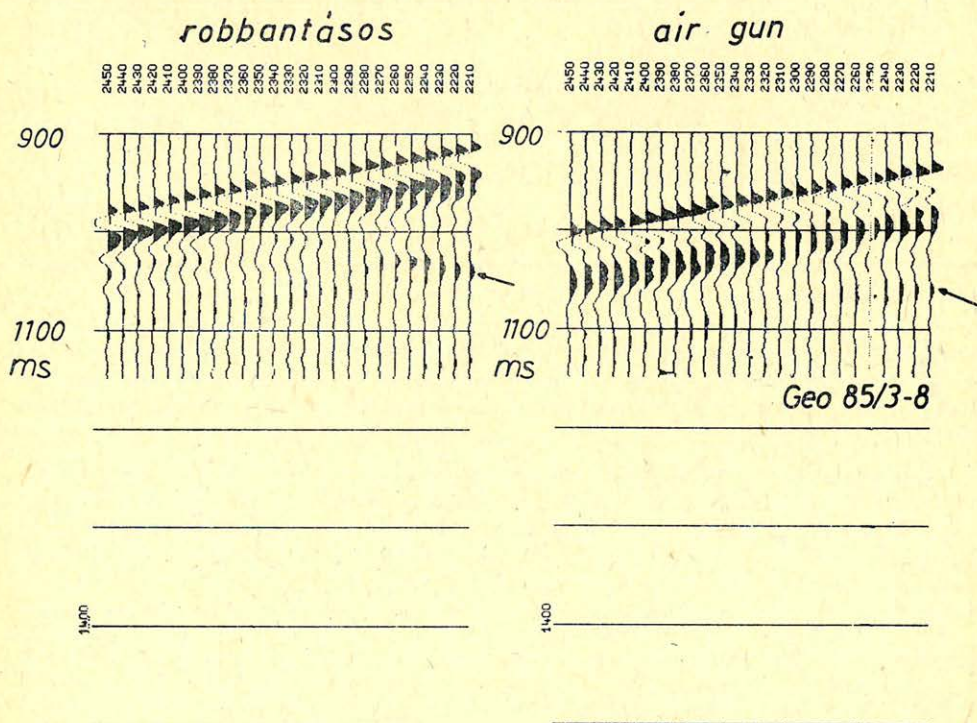
Fig. 7. Variation of waveform recorded by the borehole geophone at a depth of 1000 m with source depth

A falhozszorító szerkezet által kifejlesztett szorító erő a konstrukció által meghatározott mértékben függ a lyukátmérőtől. A GKV által használt közel 100 kg-os geofonszonda esetén pl. 1250 mm lyukátmérőnél 700 N, 300 mm lyukátmérőnél 250 N szorítóerőt mértünk.

A kábel 0,5–1 m-nél nagyobb mértékű lazítására tett kísérleteinknél igen gyakran észleltük a geofon csúszást. Ezért méréseinket minimális (0,2–0,3 m-es) lazítással végeztük, ami a kábelhullámok kiküszöbölése szempontjából nem optimális.

A megfelelő érzékenységet a szondában elhelyezett több geofon összekapcsolásával vagy/és előerősítővel biztosítják. Az előerősítő – a karotázs kábelre illesztés mellett – az erősítés változtatásával lehetővé teszi az érzékenység módosítását.

A geofonszondának – mint egésznek – fontos paramétere a maximális tűzemi nyomás és hőmérséklet. Ezek szabják meg a velük szelvényezhető mélységet. Közülük a hőmérséklet tűnik kritikusabbnak a szondában elhelyezett mechanikus szerkezet elemeinek eltérő hőtágulása, az egyes szigetelések eltérő hőmérséklettűrése miatt. Eddigi szonda meghibásodásainkat túlnyomórészt a magas hőmérséklet okozta.



8. ábra. Robbantásos és air gun VSP szelvényrészlet összehasonlítása

Рис. 8. Сопоставление фрагмента ВСП при возбуждении взрывом и поверхностным источником

Fig. 8. Comparison of the same VSP sequence recorded with explosive and air gun

A geofonszondát a szeizmikus műszerre csatlakoztató karotázs kábel

- szállítja a vezérléshez szükséges feszültséget a falhozrögzítő szerkezet számára,
- tápfeszültséggel látja el a geofonszondába szerelt előerősítőt,
- felszínre továbbítja a geofonok által felvett jeleket.

Bármelyik funkció (pl. érszakadás miatti) megszűnése a geofonszonda működésképtelenségét eredményezi. A vezérlő és tápfeszültségek, valamint a geofonokból származó jelek igen különböző szintje miatt az erek szigetelésével szemben támasztott követelmények nagyok.

A VSP minőségét a szelvényezett fúrás szerkezete alapvetően befolyásolja, mivel

- meghatározza a geofonsonda és a geológiai formáció közötti akusztikus csatolást,
- a gerjesztés során keltett hasznos és haszontalan hullámok a mélyfúrás-ban, ill. annak egyes szerkezeti elemeiben további rezgéhullámokat gerjeszhetnek.

A mérés szempontjából legelőnyösebbek az egyszer beléscsövezett, teljes hosszukban egyenletes minőségű, jó cementpalásttal ellátott mélyfúrások. Így a geofonsonda csatolása a beléscsőhöz minden mérési ponton egyenletesen jó és a geológiai formáció – beléscső csatolás is jó. A tényleges helyzet azonban ettől általában eltérő. A fúrások a szelvényezés idején rendszerint már több, egymásban koncentrikusan elhelyezett beléscsőoszlopból állnak, és az egyes oszlopok közötti tér általában nincs teljes hosszában cementezve. A geofonsonda és a belső beléscsőoszlop akusztikus csatolása egyenletes és jó, viszont az oszlopok hosszabb-rövidebb szakaszokon egymástól, illetve a környező kőzettől függetlenek, tehát a geofonsonda csatolása a geológiai formációhoz nem, vagy csak helyenként megfelelő. Az ilyen szakaszokon olyan zavaró hullámok válhatnak uralkodóvá, melyek a feldolgozás során gyakran nem csillapíthatók megfelelő mértékben.

Beléscsővezetlen fúrásokban a tényleges lyukátmérő változásai következtében a geofonsonda-geológiai formáció csatolás pontonként különböző lehet. A geofonsonda helyzete egyes esetekben a vertikálistól jelentősebb mértékben eltérhet, ami érzékenységsökkenést, torzítás növekedést eredményezhet. A beléscsővezetés hiánya a mérés kockázatát is növeli (beszakadás).

Összefoglalva: VSP-hez beléscsővezett, a teljes mérési tatományban végig jól cementezett fúrás szükséges. Ez általában azt jelenti, hogy – mivel a fúrások beléscsővezése rendszerint több ütemben, különböző átmérőjű beléscsővekkel történik, és az utóbb elhelyezett beléscsőveket általában már nem cementezik a felszínig – a szelvényezést több részletben célszerű elvégezni, majd a nyert anyagot később, a feldolgozás folyamán kell egy szelvényvé összedolgozni.

Szeizmikus műszer

A szeizmikus műszerrel szemben alapvető követelmény – a felszíni szeizmikához hasonlóan – az, hogy a szeizmikus hullámokat minél kisebb torzítással rögzítse. Ehhez a műszer dinamikartományja széles frekvenciasávon mintegy 90–100 dB kell legyen. A jelenlegi azonnali lebegőpontos szabályozású digitális jelrögzítésű műszerek ezeket az igényeket kielégítik.

A mélyfúrásban levő geofonon tapasztalataink szerint az esetek túlnyomó részében nem lép fel olyan zaj, ami a felvevő műszer szűrőivel hatásosan csillapítható. Bizonyos mértékig kivétel az alól az elektromos hálózathoz származó 50 Hz-es zaj. Ennek kiszűrése a széleskörűen használt lyukszűrő helyett célszerűbb kompenzálásos eljárást alkalmazni, kisebb spektrumtorzító hatása miatt. A többi zaj felvételét lehetőség szerint a zajforrás kiiktatásával kell megelőzni.

A szelvényezés offsetje (a mélyfúrás és a jelgerjesztési pont távolsága) befolyásolja a mélyfúrásban észlelhető hullámképet – a geofonsondára jutó hullámok körét, beérkezési idejüket, energiájukat. Direkt hullámokon alapuló közvetlen sebességinformációk szerzésére csak (a mérési pont mélységéhez mérten) kissé offsetek esetén van lehetőség.

Eddigi méréseinket kis (50–80 m) offsettel végeztük. Az ilyen mérés fő sajátosságai:

- a felső néhány száz métertől kezdve a lyuk talpáig első beérkezésként direkt hullámok észlelhetők,
- (közel horizontális réteghatárokat feltételezve) a direkt, reflektáló hullámok és többszörösök egyaránt közel vertikális úton haladnak.
- a direkt és reflektált hullámok időben jól szétválaszthatók, a felfelé és lefelé haladó hullámok interferenciázónája viszonylag rövid.
- a mélyfúrásban intenzív zavaró hullámok (cső- és kábelhullám, iszapban terjedő hullámok stb.) alakulhatnak ki.

A robbantólyuk mellett, attól 10 m-re fúrt, általában 60 m mély lyukba geofont telepítünk („monitor geofon”). Az ezen a geofonon megfigyelhető első beérkezés a robbantási körülmények változásairól ad már a mérés ideje alatt információt. A jelalak két lövés között történő durva megváltozása, vagy az első beérkezési idő nagyobb változása gerjesztési problémákra, ismétlés (esetleg új lyuk fúrása utáni ismétlés) szükségességére utal. A monitor geofonon észlelt hullámkép a későbbiekben a feldolgozásnál is fontos szerepet játszik.

Részben a mérési eredmények felszínre történő korrigálásának elősegítésére, részben ellenőrzési célokkal geofonokat helyezünk el a felszínen is, a mélyfúrás, a robbantólyuk és a monitorgeofont tartalmazó lyuk szájánál.

A szelvényezendő szakasz hosszával együtt a mérési pontok távolsága alapján véve meghatározza a mélyfúrás szelvényezéséhez szükséges felvételek számát.

A szelvényezéshez szükséges idő lényegében arányos a felvételszámmal. Ebből következik, hogy a mérési pontok távolságát csak a geofizikai szempontok által megkövetelt határig célszerű csökkenteni.

A mérési pontköz meghatározásánál figyelembe veendő főbb geofizikai szempontok:

- az adatokból számítandó sebességfüggvény kívánt pontossága, részletessége,
- a szelvényben fellépő különböző fajta hullámok megfelelő térbeli mintavételezésének biztosítása.

Az első szelvényezéseket 20 m mérési pontközzel végeztük, majd 10 m-re térünk át, mivel a feldolgozás a térbeli mintavételezés további javítását igényelte.

A felvázolt eljárással eddig közel 20 fúrás szelvényezésére tettünk kísérletet. Ennek mintegy 60%-a tekinthető sikeresnek. A többi próbálkozás közül egy a gerjesztés problémái, a többi lyukgeofon és karotázs kábel – vagy csörlő problémák miatt végződött eredménytelenül.