

Mágneses jelrögzítés alkalmazása a szeizmikus kutatásban

BÁDONYI G. – KOVÁCS B.

A szeizmikus kutatásban világszerte elterjedt magnetofonos berendezések a lényeges jelformálás nélkül rögzített reprodukálható felvételek sokoldalú utólagos vizsgálatának lehetőségét biztosítják. A cikk ismerteti a Magyarországon elsőként alkalmazott frekvenciamodulációs rendszerű magnetofonos szeizmikus berendezés fontosabb konstrukciós megoldásait. Kiemeli a jelrögzítés módjának megválasztásából és a sokcsatornás felvétel nem egyidejű lejátszásából adódó előnyöket. A műszer alkalmazása során követett mérési gyakorlat ismertetését néhány jellemző szeizmogram bemutatása kíséri.

Необходимость магнитной записи сейсмических сигналов вызывается требованием воспроизведения зарегистрированных сигналов. Как известно, основной проблемой теории сейсмической аппаратуры является улучшение отношения сигнал-шум. Разделение отражений и сопровождающих их помех, т. е. улучшение отношения сигнал-шум является задачей ступеней сейсмической аппаратуры, участвующих в образовании сигналов. Однако, амплитуда и частотный спектр волн находятся в зависимости от геологического строения района разведки, поэтому оптимальное выделение сигнала часто может быть достигнуто только за счет повторных взрывов. Целесообразным техническим решением в отношении аппаратуры является магнитная запись усиленного сигнала от сейсмоприемника с полной динамикой в широкой полосе. Оптимальный анализ воспроизводимых магнитной записи сигналов производится в последствии без полевой работы.

Die sich in der ganzen Welt rasch verbreiteten seismischen Magnetbandvorrichtungen bieten die Möglichkeit einer vielseitigen nachträglichen Untersuchung der reproduzierbaren Aufnahmen, die ohne wesentlicher Signalformung hergestellt werden. Es werden die wichtigsten Konstruktionslösungen der in Ungarn zuerst angewandten frequenzmodulierten Magnetbandvorrichtungen erörtert. Der Verfasser hebt die sich aus der Art der Signalfixierung und der nicht gleichzeitigen Abspielung der vielkanaligen Aufnahmen ergebenden Vorteile hervor. Die praktische Anwendung der Vorrichtung wird durch einige typische Siesmogramme illustriert.

A szeizmikus műszerkutatás általánosságban megfogalmazható feladata a reflexiós vagy refrakciós hullámbeérkezések kiértékelhető rögzítése. A kiértékelhetőség mértéke a hasznos jelnek és zajnak a regisztrátumon mért hányadosa, a szeizmikus jel/zaj viszony. Reflexiós kutatásban a reflexiók hasznos jelnek, a kísérő felületi, ill. egyéb hullámok tekintet nélkül ezek frekvenciaspektrumára zavaró jelnek, tehát zajnak tekintendők. Bár egyetlen szeizmikus csatornára nézve a jel/zaj viszonynak 1-nél nagyobbnek kell lennie, a sokcsatornás regisztrátumot tekintve kiértékelhetőségről beszélhetünk a szeizmikus jel/zaj viszony 0,5 körüli értékéig. Ennek az aránylag kis jel/zaj viszonynak az elérése is szigorú köve-

telmény azonban, mivel a geofon által keltett jelfeszültség szeizmikus jel/zaj viszonya gyakran csak az 1/300-as viszonyt éri el. A szeizmikus műszer feladata különösen szélessávú (2 – 200 Hz.) bemenőjel esetén 150 – szeres, vagyis 43 dB-es jel/zaj viszony javítás, melyre a reflexiók és a zaj eltérő frekvenciaspektruma, valamint a reflexiók közel azonos fázisa ad lehetőséget. A reflexiók és a zaj frekvenciaspektruma azonban egyrészt a kutatási terület földtani felépítésének, másrészt a robbantástól számított időnek függvénye. Ezért a jel/zaj viszony javítás optimális megközelítése gyakran csak ismételt robbantások árán lehetséges. Lényegesen jobb jel/zaj viszony érhető el és a robbantások ismétlésére sincs szükség,

ha a robbantással nyert információit közvetlenül, tehát jelformáló fokozatok közbeiktatása nélkül reprodukálható módon rögzítjük. A reprodukálható jelfrögzítésre több módszer ismeretes, azonban elektronikus és műszerkonstrukciós szempontok miatt szeizmikus vonatkozásban jelenleg csak a mágneses jelfrögzítés jöhet számításba. Ennél az eljárásnál a jelek mágneses szalagra rögzítődnek, mely olcsó, könnyen kezelhető, tárolható és akár több százszor is lejátszható. A mágneses jelfrögzítéssel működő úgynevezett magnetofonos szeizmikus berendezések működési szempontból — függetlenül az alkalmazott elektronikus megoldástól — minden esetben felvevő és lejátszó egységre bonthatók. A felvevő egység feladata a szeizmikus jelek szűrés, keverés és dinamika szabályozás nélküli alakhű rögzítése magnetofon-szalagra. Az alakhű jelfrögzítés célja az, hogy lejátszáskor a szűrőzéshez és keveréshez az eredeti jel teljes dinamika és frekvenciaspektruma rendelkezésre álljon. A szeizmikus jelek teljes dinamikája azonban gyakran a 100 dB-t is meghaladja, míg magnetofonos jelfrögzítéssel jelenleg legfeljebb 60–65 dB-es dinamika viszony rögzíthető. Ezért a felvételtkor vagy csak a teljes dinamika egy része rögzíthető, vagy a 100 dB körüli dinamikát dinamika kompresszorral 60–65 dB-re kell csökkenteni a lokális viszonyok érintetlenül hagyásával. Ilyen dinamika kompresszor a jeltől független programszabályozó, amely a legtöbb magnetofonos szeizmikus berendezésben megtalálható. Azonban még a programszabályozóval 60–65 dB-re leszűkített dinamika rögzítése is csak különleges elektronikus megoldással lehetséges. Ilyen nagy dinamikájú és alacsonyfrekvenciás jelsorozat mágneses rögzítésére ugyanis a szokásos nagyfrekvenciás előmágnesezésű felvételezési eljárás nem alkal-

mas, mert a legkisebb amplitudójú jelek felismeréséhez legfeljebb 0,3 ezrelékes amplitudó ingadozás lenne megengedhető. Ezért általában az impulzus frekvenciamodulációs jelfrögzítés használata terjedt el, melynél a felerősített geofonjel egy modulátorra jut, modulálva annak frekvenciáját. A modulált vivőfrekvenciát magnetonfonfejek rögzítik a mágneses szalagra. A felvétel az alkalmazott műszerkonstrukciótól függően a felvevő berendezéssel egybeépített, vagy külön lejátszó egységgel játszható le. Az egyidejű sokcsatornás lejátszásnál lényegesen jobb eredmények érhetők el a mágnesszalagos jeltárolás reprodukálhatóságának további kiterjesztésével. A tárolt jelek reprodukálhatósága ugyanis egyidejűleg lezajlott jelenségek időbeli szétválasztását teszi lehetővé. Ezzel a megoldással a szeizmikus csatornák egymás után játszhatóak le és elkerülhető a sokcsatornás szeizmikus jelsorozat jel/zaj viszony javításának egyidejűsége. Az egyidejű sokcsatornás szűrőzés így egycsatornás jelformálással váltható fel és a jelformálás identitásának technikai problémái megkerülhetők. A lejátszó egységnek kell tartalmaznia a szeizmikus berendezésekben használt szűrőket, keverőt és AGC-t. Frekvenciamodulációs jelfrögzítés esetén a szalagról levett jelek demodulálásáról külön kell gondoskodni. Jelformálás után a szeizmikus jelek galvanométer vagy direktíró segítségével rögzíthetők.

A fent ismertetett szempontok tették szükségessé egy korszerű mágneses jelfrögzítésű szeizmikus berendezés kidolgozását az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Szeizmikus Műszerkutató Laboratóriumában. A berendezés gépkocsiba szerelt felvevő egységből és egy központi jelanalizátorból áll. A felvevő egység 20 szeizmikus és 2 segédcsatorna rögzítésére alkalmas 5,5 sec-os regisztrálási idővel. A szeizmikus jelsorozat 60–65 dB-es

dinamika tartományának rögzítése érdekében impulzus frekvenciamodulációs jelrögzítést alkalmaztunk, 3 KHz-es vívőfrekvenciával. A felvevő berendezés az alacsonyfrekvenciás felületi hullámok kiszűrésétől eltekintve jelformálót nem tartalmaz. A felvétel egy forgó dob palástjára rögzített 130 mm széles magnetofonszalagra regisztrálódik. A felvétel a terepi irodában működő jelanalizátorral játszható le. A magnetoszeizmogram itt is egy forgó dob palástjára kerül, melyről a jel egy 3 csatornás demodulátoron át jut a keverőbe. A keverővel három egymás melletti csatorna jele keverhető, előre, középre vagy hátra 0-tól 100% közötti keverési arányban. A keverőt a 40 dB/oktáv vágási meredekségű alulvágó előszűrő követi, mellyel a 20 Hz alatti jelek kiszűrhetők. Az előszűrő a változtatható időállandójú AGC-re csatlakozik. Az AGC után a jel 10 alul- és 10 felülvágó szűrőt tartalmazó szűrősorozatra kerül. Az alulvágó szűrők vágási meredeksége 16 dB/oktáv-tól 56 dB/oktáv-ig, a felülvágó 16 dB/oktáv-tól 32 dB/oktáv-ig változtatható. A szűrőt a végerősítő követi, mely egy direktíró hajt meg. A direktíró a szeizmogramot papírszalagra regisztrálja.

Ezzel a berendezéssel 1963-ban végzett először rutinszerű terepméréseket az Intézet Szeizmikus osztálya. A mérésekre a nagyalföldi módszertanú program keretében került sor, melynek egyik célja éppen annak eldöntése volt, hogy a magnetofonos műszer hogyan alkalmazható bonyolult felépítésű medence jellegű szerkezetek kutatására. A meghatározott szeizmikus feladaton kívül a mérési időszakban kellett a műszer sajátosságainak leginkább megfelelő mérési eljárást kidolgozni. Mivel a megkutatott területről biztos korrelációkon alapuló részletes képet kívánunk nyerni, a felvételeket folyamatos szelvényezéssel végeztük, a robbantópont két

oldalára szimmetrikusan terítve, félterítésenkénti előrehaladással. A kialakult gyakorlatnak megfelelően, egy robbantóponton általában egyetlen magnetoszeizmogram készült, miután a kérdéses területen az optimális robbantási mélység és töltet nagyság megválasztása megtörtént. Mivel a felvételek lejátszása nem a terepi műszerkocsiban történik, ott csupán a szalagra felvett vívőfrekvenciás jel csatornánkénti vizuális ellenőrzésére van lehetőség. Ez általában elegendő ellenőrzést jelent a felvétel durva hibáinak megállapítására. A felvétel analizálása a terepi csoport központjában történik. Abból a célból, hogy a kiértékelés a terepi munkával lépést tudjon tartani, minden magnetoszeizmogramról legalább három regisztrátum készül a következő lejátszási paraméterekkel:

1. Rövid időállandójú AGC.
2. Háromcsatornás keverés előre, középre vagy hátra 45%-os keverési arányban.
3. Három különböző szűrőállás
 15–70 Hz-ig
 20–35 Hz-ig
 70–100 Hz-ig terjedő határfrekvenciákkal.

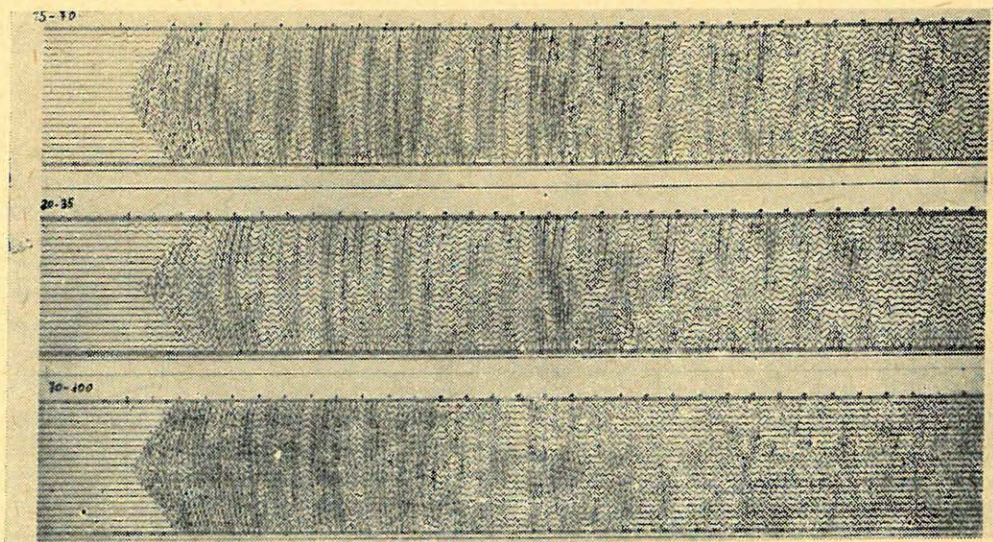
A lejátszásnak ez a technikája biztosítja a terepi munka kiértékelhetőségének folyamatosságát. Megjegyezzük, hogy az analizáló berendezéssel gyakorlott kezelő egy nap alatt mintegy 100 db szeizmogramot készíthet. Ez azt jelenti, hogy ha egy felvevő berendezés napi 10 db magnetoszeizmogramot készít, akkor egy analizáló műszer három terepi magnetofon által szolgáltatott szalagmennyiséget képes folyamatosan feldolgozni, figyelembe véve a hármas lejátszási kombinációt. Az átlagosnál kisebb szeizmikus jel/zaj viszony, ill. interferenciák vagy nehezen szétválasztható reflexiós csoportok esetén a lejátszási paraméterek finomítására van szükség. Ebben az

esetben a 10–10 határfrekvenciájú és négyféle meredekségű alul-, valamint felülvágó szűrővel a reflexiók frekvenciaspektrumának maximuma kiemelhető, ill. a 15 keverési kombináció célszerű megválasztásával a reflexiók relatív amplitudója növelhető. A reflexiók csoport szétválasztása egyrészt az AGC időállandó helyes megválasztásával, másrészt a felvétellel ellenkező irányú lejátszással lehetséges. Végül a felvétel tetszés szerinti szűrés, keverés és AGC időállandó mellett egy másik magnetofonszalagra játszható át, amely ismételt szűréssel és keveréssel analizálható.

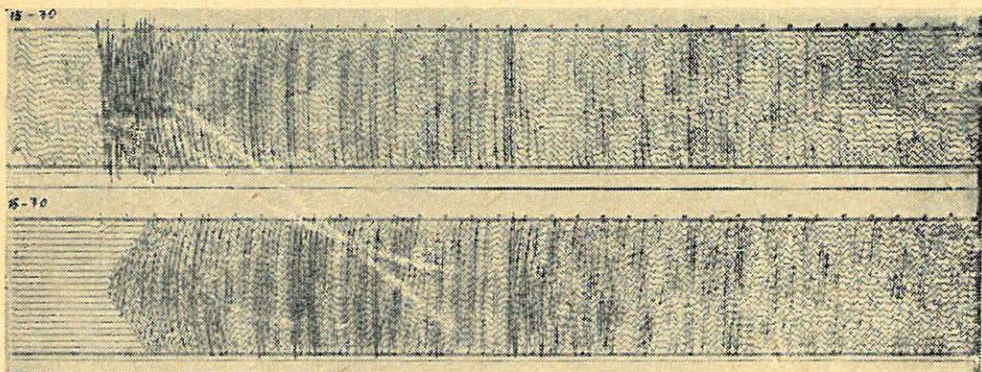
Az ismertetett analizálási technika szemléltetésére bemutatunk néhány szeizmogramot. Az *1. ábrán* ugyanarról a magnetoszeizmogramról három különböző szűrőkombinációval készült szeizmogramot látunk. A szélessávú lejátszás részletes képet ad az egész felvételtől. A 20–35 Hz-es sávban készített szeizmogram kiemeli a domináló reflexiókat és jelentősen meg-

növeli az 1,5 sec utáni beérkezések szeizmikus jel/zaj viszonyát. A 70–100 Hz-es sávban készített lejátszás részletes képet ad a felső üledékösszletről kapott beérkezésekről, mintegy felbontja az alacsony sávokban széles blokkokként jelentkező reflexiókat.

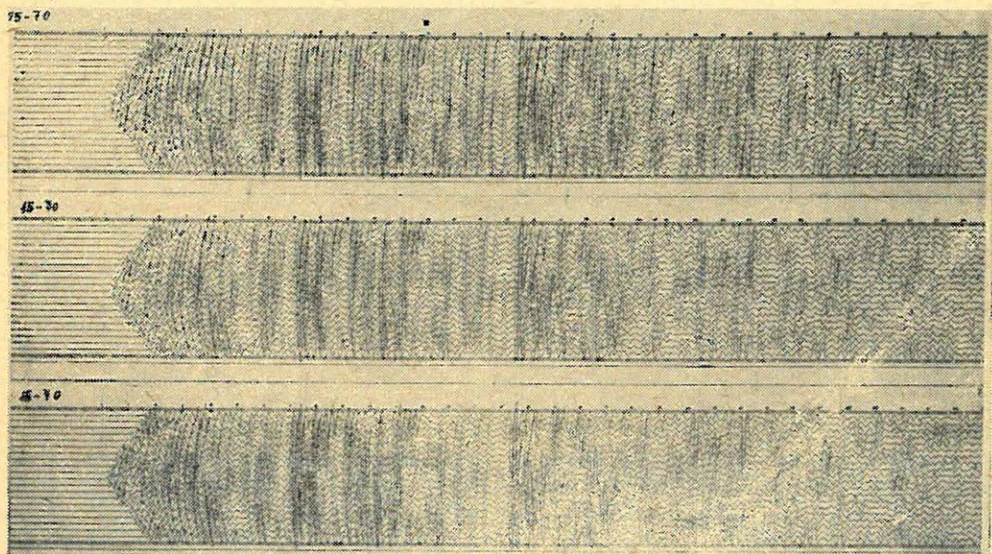
A *2. ábrán* ugyanarról a magnetoszeizmogramról a 15–70 Hz-ig terjedő sávban két irányban lejátszott egy-egy regisztrátum hasonlítható össze. Bár az AGC mindkét esetben ugyanazon időállandójú volt, a szeizmogramok mégis különböznek egymástól mivel az egymást követő reflexiók amplitudó viszonyai ellenkező értelműek. A jelsorozat burkoló görbéje a lejátszási idő függvényében az első esetben csökkenő, a másodikban pedig növekvő jellegű, ezért az AGC árnyékoló hatása a nagy jeleket követő kisebb jelekre nézve másképpen alakul. Látható, hogy a fordított irányú lejátszás azonkívül, hogy egészen az első beérkezésig kiegyenlíti



1. ábra. Fordított irányú lejátszással készült szeizmogramok a szűrés hatásosságának bemutatására. Felülről lefelé haladva a szélessávú (15–70 Hz-ig), a 20–35 Hz-es és a 70–100 Hz-es sávban készült szeizmogramok láthatók



2. ábra. Szélessávú szűréssel (15 – 70 Hz) a felvétellel megegyező (fent) és a felvétellel ellenkező (lent) irányú lejátszással készült szeizmogramok



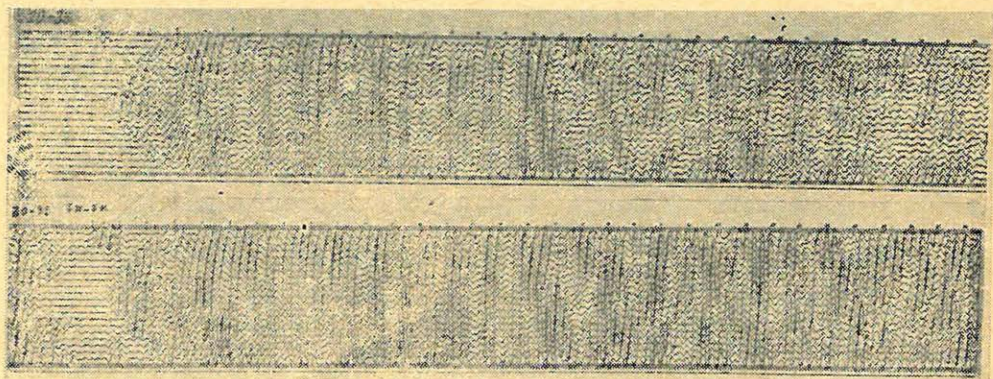
3. ábra. Különböző AGC időállandókkal lejátszott szélessávú szeizmogramok. Felülről lefelé haladva a belépő és kilépő időállandók hosszabbodnak

a szeizmogramot részletesebb képet is ad ebben az esetben.

A 3. ábrán három szélessávú szeizmogram látható, melyek csak az AGC időállandójában különböznek egymástól. Felülről lefelé haladva a növekvő időállandók sorrendjében követik egymást a felvételek. A legrészletesebb felbontás jelen esetben a leg-

rövidebb időállandóval érhető el. A többi beállítás mellett csupán az uralgó reflexiók beérkezései emelkednek ki környezetükből. Az ilyen jellegű vizsgálatok információt adnak műszerkonstrukciós problémák tisztázására is.

A 4. ábra két felvételt mutat be, melyek közül az első 20–35 Hz-es



4. ábra. Szeizmogramok az FM - FM átjátszás bemutatására. Fent a 20 - 35 Hz-es sávban készült szeizmogram látható, alatta pedig ugyanaz FM - FM átjátszás után

sávban fordított irányú lejátszással készült. A második felvételt ugyanazon lejátszási paraméterekkel egy másik magnetofonszalagra másoltuk át, majd ezt a szalagot az eredetivel megegyező szűréssel, keveréssel és AGC beállítással papírszalagra regisztráltuk. Ezzel az eljárással a szűrés meredeksége megkétszerezhető és a, háromcsatornás keverés ötcsatornásra terjeszthető ki. Különösen szembe-tűnő, hogy az átjátszás után kapott szeizmogramon lényegesen megnőtt az 1,5 sec utáni reflexiók beérkezések szeizmikus jel/zaj viszonya.

Befejezésül hangsúlyozzuk, hogy a mágneses jelrögzítés alkalmazása szeizmikus szempontból sincs kimerítve az előzőekben ismertetett műszerrel. A szeizmikus jel/zaj viszony további intenzív javítása ér-

dekében a műszer továbbfejlesztésével a magnetoszeizmogramon korrelációs műveletek végezhetőek el. Megvalósítható a változó fázisú, RNP szerű sokcsatornás keverés és a tet-szés szerinti műveletekkel kombinált átjátszás is. A jel/zaj viszony további növelése és a kiértékelés folyamata könnyíthető meg az eltolható fejekkel beállítható sztatikus és a sebesség függvényével programozott dinamikus korrekció alkalmazásával. Analóg vagy digitális számológép felhasználásával a beérkezések kiolvasása és a kiértékelés folyamata is gépesíthető. A felsorolt lehetőségek tervszerű megvalósítása a szeizmika pontosságát és növekvő gazdaságosságát eredményezi, ezért a mágneses jelrögzítésű szeizmikus műszerek fejlesztése a szeizmikus kutatás általános érdeke.