

Földrengések és geotermika kapcsolata a Magyar-medencében

BODRI BERTALAN¹

B. BODRI: Earthquakes and geothermics in the Hungarian basin

OTKA nyilvántartási szám: T 14423

Bevezetés

A szeizmicitás és termikus állapot között lehetséges kapcsolat szempontjából alapvetően fontos a litoszféra reológiai rétegeztségének vizsgálata, annak becslése, hogy a hőmérséklet milyen módon és mértékben befolyásolhatja ezt a rétegződést. Ezért reológiai modelleket (a rideg nyírószilárdság és képlékeny tartósfolysági szilárdság számítása alapján szerkesztett reológiai állapotdiagramokat) dolgoztunk ki Magyarország területének több jellegzetes földrajzi-földtani egységére, illetve geotermikus provinciájára. Ilyen modellek alapján becslés adható a lágy aszeizmikus és rideg szeizmogén zónák mélységbeli elhelyezkedéséről, és ezáltal bizonyos mélységszinteken szeizmikus aktivitás, rengések várhatóságáról adott területen. Ezt a lehetőséget különösen célszerű mérlegelni a Pannon-medencéhez hasonló térségek esetében, ahol is a szeizmicitás viszonylag alacsony szintje és a hipocentrum-meghatározások ismert nehézségei miatt csak kevés rengésről áll rendelkezésre fészekmélységi adat.

Eredményeink szerint a vizsgált területen a kéreg reológiai horizontjainak elhelyezkedését elsősorban a termikus állapot szabja meg. A reológiai szerkezet az ország egész területén „szendvicsszerű”, egy alul és felül rideg szeizmogén kéregrések közötti lágy, aszeizmikus zónával. A felső kéregben 10–12 km-es mélységig várható szeizmikus aktivitás, amivel az ismert hipocentrumok eloszlása jó egyezést mutat. Az alsó kéreg mintegy 20–22 km-ig terjedő tartományának a modell szerint szeizmogén jellegét, fenti tények miatt, kevéssé támasztják alá szeizmológiai indikációk. Mindkét szeizmogén tartomány alsó határfelülete izotermikusnak mutatkozik, a felső zóna a ~200 °C-os, az alsó a ~375 °C-os izoterma mélységénél végződik. A legalsó (20–22 km alatti) kéregrések és a felső köpeny az ország egész területén képlékeny reológiát mutat, szeizmikus aktivitás lehetősége ebben a mélységrégióban kizárható.

Reológiai vizsgálatok

A reológiai állapot változásaira és így a szeizmotektonikus zónák elhelyezkedésére számos olyan tényező van hatással, melyekről adott területen nincsenek adataink, konkrét ismereteink. Ezért a feladatban szereplő paraméterek széles változási intervallumaiban kellett megvizsgálunk az egyes tényezők számszerű hatását a litoszféra reológiai rétegeztségére. Ezáltal ismeretekhez jutottunk a

kérdéses reológiai modellek megbízhatóságáról, és módunk nyílt eltekinteni olyan tényezőktől, amelyek csak kismértékben vannak hatással a reológiai állapotra.

A Magyar-medence geotermikus modellje

A reológiai modellezéshez feltétlenül szükséges a termikus állapot, a termikus modell ismerete. Ennek megfelelően munkánk fontos részét képezte a mélyhőmérsékletek számítása a Magyar-medence területére vonatkozóan. A számítás a háromdimenziós, inhomogén közegben történő stacionárius hővezetés véges differenciákban kifejezett egyenletének numerikus megoldásával történt, a jelen és hasonló feladatokban általánosan alkalmazott határfeltételek mellett. A határfeltételekben a felszíni hőáram a számítás egyik alapvetően fontos bemenő adata, esetünkben a DÖVÉNYI, HORVÁTH [1988]-féle hőáramtérképből digitalizált adatrendszert alkalmaztuk. A mélyhőmérsékletek eloszlását országunk és környezetének együttesen mintegy 180 000 km²-nyi kiterjedésű térségére számítottuk.

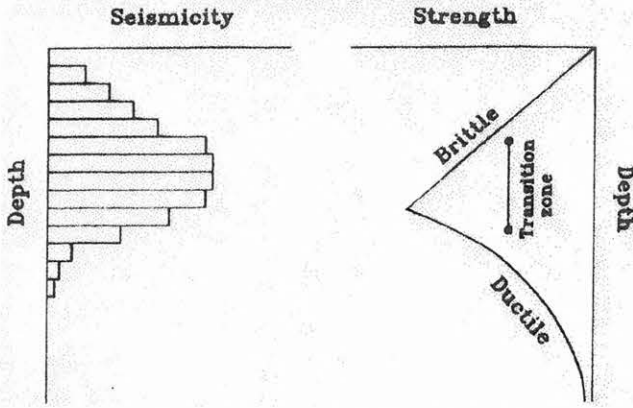
Reológiai szelvények

A szeizmicitás mélységeloszlási jellemzői és termikus állapot között valamilyen reológiai modell segítségével teremthető kapcsolat. A litoszféra feszültséggel szemben eltérő módon lehetséges viselkedése jól illusztrálható egy, az 1. ábrán bemutatott és általában reológiai szelvény néven ismert diagram segítségével, melyen az eltérő reológiai törvények érvényességi tartományai szemléletesen kirajzolódnak. Ilyen szelvény a rideg nyírószilárdság és képlékeny tartósfolysági szilárdság mélység függvényében történő számszerű összehasonlításával szerkeszthető. Adott mélységen rideg viselkedésmód dominál, ha a rideg nyírószilárdság értéke kisebb, mint a folysági szilárdság, és fordítva.

Mérvadó szeizmotektonikai hipotézis szerint földrengések olyan litoszféarészekben keletkeznek, ahol a feszültséggel kiváltott deformáció rideg-frikciós jellegű, és fordítva, szeizmikus csend, aktivitás hiánya képlékeny deformációs módusra utal. Legerősebb és/vagy leggyakoribb rengések a reológiai átmenet tartományában vagy annak környékén várhatók, a szilárdság négyzetével arányos deformációs energiasűrűség maximuma ugyanis ide koncentrálódik. Földrengések gyakoriságának mélység szerinti eloszlása általában az 1. ábrán baloldalt bemutatott hisztogrammal ábrázolható, mely szerint a szeizmicitás a mélységgel növekszik, majd bizonyos maximum elérése utáni nagyobb

¹ MTA Geofizikai és Környezetfizikai Tanszéki Kutatócsoport
ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

mélységeken a rengések száma gyorsan csökken. Szeizmikus-aszeizmikus határnak általában azt a mélységszintet tekintik, amely fölé az előfordulások 90%-a esik.

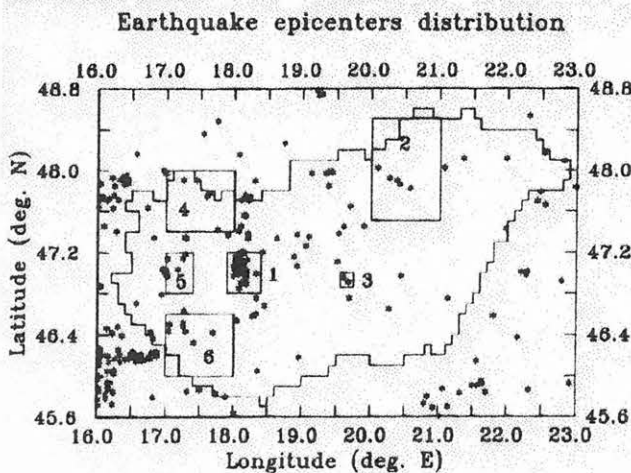


1. ábra. Szeizmitás és reológiai állapotok kapcsolatának sematikus szemléltetése

Fig. 1. Schematic representation of the relation between rheological state and seismicity

Szeizmogén mélységzónák Magyarország területén

Reológiai szelvények számításával becsültük a rideg-képlékeny reológiai átmenet mélységét Magyarország néhány jellegzetes földrajzi-földtani formációjára (2. ábra). Vizsgáltuk továbbá a szeizmitás mélységeloszlása (ZSÍROS et al. [1986] alapján) és a reológia által szeizmogénnek prediktált mélységzónák egyezését, az egyezés egyértelműen jónak tartható.

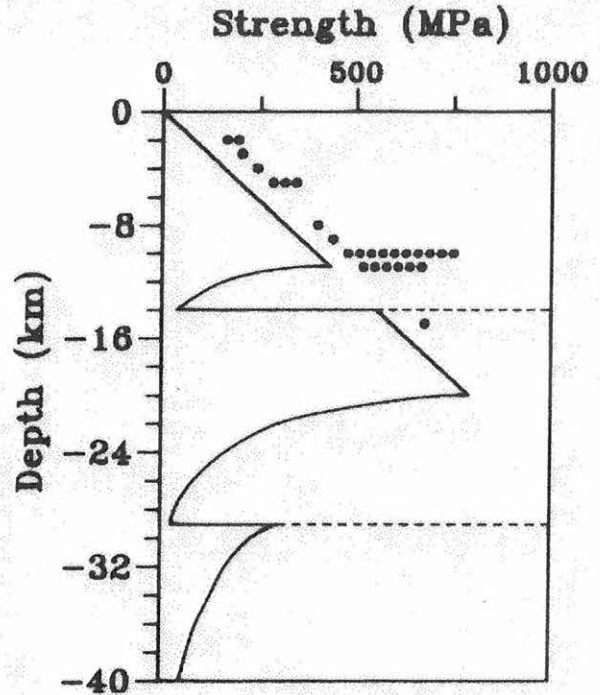


2. ábra. Ismert fészekmélységű rengések területi eloszlása Magyarországon. A sorszámokkal ellátott négyzetek az egyes vizsgált területek elhelyezkedését szemléltetik

Fig. 2. Distribution of earthquakes with known hypocenter depths in Hungary. Numbered rectangles indicate locations of the considered particular areas.

A 3. ábra a Dunántúli-középhegységi Berhida térségére számított reológiai szelvényt szemlélteti. Ezen a mindössze ~1600 km²-nyi területen viszonylag sok (összesen 26) rengés fészekmélysége ismeretes. Az említett „szendvicszerű” reológiai szerkezet úgy jelentkezik, hogy egy képlékeny, lágy réteg (az ábrán exponenciális görbeszakasz ~11 és 14 km között) ágyazódik keményebb, rideg mélységzónák közé.

A fekete pontokkal jelzett hipocentrumok eloszlása igen jól értelmezhető a reológiai modell alapján. A felső kéreg nagyjából, kb. 11 km-es mélységig, rideg reológiát mutat.



3. ábra. Számított reológiai szelvény Berhida (Dunántúli-középhegység) térségére. A szelvény dőlt egyenes szakaszai rideg, az exponenciális görbének képlékeny reológiát reprezentálnak. A fekete pontok a rengési hipocentrumokat szemléltetik, a szaggatott vonalak kéregszerkezeti határt jelölnek

Fig. 3. Calculated rheological profile for Berhida area (Transdanubian Central Range). The inclined linear and the exponential sections of profile indicate brittle and ductile rheological modes, respectively. Dots illustrate earthquake hypocenters, dashed lines show structural boundaries

Legtöbb rengés a rideg-képlékeny határ környezetében fordul elő, ahol is a deformációs energiasűrűség maximális nagyságú. A 11–15 km-es mélységzónában nincsenek indikációk rengések előfordulásáról, ez a tény a szendvicszerű reológia realitása mellett szól. Az alsó kéregbe lépve újból rideg reológia kezdődik, ez a sajátság kb. 20 km-ig érvényes. Az eddig megfigyelt maximális fészekmélység a területen 15 km. Így nem zárható ki az eddig tapasztaltaknál nagyobb mélységű rengés előfordulásának lehetősége a térségben. Potenciálisan tehát lehetséges nagy deformációs energiakonzentráció mélyebb régióban, mint amire az eddigi szeizmitási adatok utalnak, ilyen térségek pedig fokozottan földrengésveszélyesnek tekintendők [FURLONG, ATKINSON 1993]. A reológiai rétegződés a vizsgált többi területen is nagyjából fentihez hasonló.

Összefoglalás

A fontosabb eredmények összefoglaló ismertetését a bevezetőben megadtuk.

A VÉGZETT VIZSGÁLATOKAT ISMERTETŐ PUBLIKÁCIÓK

- BODRI B. 1994: Földrengések és geotermika a Magyar-medencében. 1. rész: A rideg-képlékeny reológiai átmenet hőmérsékletéről. *Magyar Geofizika* **34**, 117–124
- BODRI B. 1995: Földrengések és geotermika a Magyar-medencében. 2. rész: A rengések mélységeloszlásának termikus szabályozottsága. *Magyar Geofizika* **36**, 203–214
- BODRI B. 1996. Thermal state, rheology and seismicity in the Pannonian basin, Hungary. *Journ. Geodyn.* **21**, 309–328

HIVATKOZÁSOK

- DÖVÉNYI P., HORVÁTH F. 1988: A review of temperature, thermal conductivity, and heat flow data for the Pannonian basin. *In*: L. H. ROYDEN, F. HORVÁTH (Editors): *The Pannonian Basin — A Study in basin Evolution*. AAPG Memoir **45**, Am. Assoc. Petrol. Geol. Publ., Tulsa, Oklahoma, 195–233
- FURLONG K. P., ATKINSON S. M. 1993: Seismicity and thermal structure along the northern San Andreas Fault system, California, USA. *Tectonophysics* **217**, 23–30
- ZSÍROS T., MÓNUS P., TÓTH L. 1988: Hungarian Earthquake Catalog (456–1986). *Seismol. Observ., Geod. Geophys. Res. Inst., Hung. Acad. Sci., Publ., Budapest*



BODRI Bertalan



A hallgatóság



A hallgatóság



BODRINÉ CVETKOVA Lujza