

Fizikai geodézia és gravimetria / 6.

MÉRÉS EÖTVÖS-INGÁVAL

Az Eötvös-ingával mérendő pontokat vagy szelvény mentén, vagy pedig hálózatos formában háromszögek, esetleg négyszögek szerint telepítik. A mérési pontok távolsága a megoldandó feladattól függően néhány métertől néhány *km*-ig terjedhet. Az Eötvös-inga lényegesen érzékenyebb a felszíni sűrűségeloszlásra, mint a graviméterek, ezért főképpen sík, vagy enyhén dombos területek alkalmasak elsősorban ilyen mérésekre.

A méréseket a geodéta csoport és az Eötvös-ingával dolgozó csoport együttesen végzi. A mérési pontok kijelölésekor arra kell ügyelni, hogy a közlekedési utaktól legalább 40-50 m távolságra legyenek, közvetlen környezetük lehetőleg vízszintes sík terep legyen, továbbá különleges terepi egyenetlenségek (árkok, töltések, épületek stb.) ne legyenek a közelben.

A geodéta csoport első feladata a mérési pont koordinátáinak meghatározása, a vízszintes koordinátákat célszerűen GPS-szel, a pont magasságát szintezéssel. A közvetlen környezetben levő tömegek hatása számításának céljára a mérési pont környezetében szintezést kell végezni. A szintezést szimmetrikusan 8 (4 fő égtáj és a 4 közöttük lévő égtáj) irányban, a mérési ponttól számítva 1, 1.5, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 70 és 100 m távolságokban szokás elvégezni.

Mivel a mérési pontokat általában nem szilárd felületre (aszfalt, beton, stb.) telepítjük, ezért a mérési pont előkészítése során a mérési pont közvetlen környezetét a növényzettől meg kell tisztítani, majd kb. 3 m átmérőjű körben a talajt lapáttal és gereblyével alaposan vízszintesre elegyengetni, szükség esetén taposással tömöríteni.

Ezt követően az Eötvös-ingát kezelő csoport az előkészített ponton ajtajával észak felé felállítja a műszert védő sátrat vagy észlelőházat, a házon belül elhelyezi a műszer alatti teherelosztó háromszöget (1. ábra) és erre felállítja a műszerlábát. A műszerláb felállítása mágnesű segítségével célszerű, mivel az ingát csak egyféleképpen lehet az állványra feltenni és az inga kezdő I. azimutját É-i irányba kell állítani. Ezt követően a műszeren található libellákat a tapcsavarok segítségével be kell állítani, Auterbel ingánál vizuális leolvasás esetén a leolvasó karokat a helyükre kell tenni. A mérés megkezdése előtt fel kell húzni az önműködő rugós forgatószerkezetet. A forgatórugót az ingatestnek az óramutató járásával ellentétes irányú forgatásával lehet felhúzni. Az ingaházat legfeljebb négyszer lehet körbefordítani, amelynek eredményeképpen a középrész hengeres törzsén látható ablakokban 4-es számot látunk. Fontos, hogy a mérések kezdete előtt az inga a kezdőazimutban álljon. Ezt követően lehet kioldani (dezarretálni) az ingarudak rögzítését, ami következtében az inga mérőképes állapotba kerül.

Mind az Auterbal, mind az E-54 inga 40 perces csillapodási idejű műszer, ami azt jelenti, hogy az inga dezarretálásától számítva az első azimut kivételével valamennyi azimutban 40 perc várakozás után végezhető a leolvasás, ugyanis ennyi idő szükséges a torziós inga csillapodásához. Az első azimutban ennél több idő (vizsgálataink szerint 60- 90 perc) szükséges a hőmérsékleti egyensúly kialakulása miatt – amennyiben az ingát előtte nem pontosan a terepi hőmérsékleten tároltuk.



1. ábra. E-54 inga az észlelőházban mérésre kész állapotban a teherelosztó háromszögön.

| Eötvös-inga mérési jegyzőkönyv | | | | | | Műszer száma: | | |
|-----------------------------------|----------|-----|--------------------|---------|---------------|--------------------|-----------|--------------|
| Mérési pont: | | | | | | | | |
| Koordináták: | | | WGS-84 φ = | | | WGS-84 λ = | | |
| | | | EOV Y = | | | EOV X = | | |
| | | | | | | h = | | |
| Mérés dátuma | | év: | hó: | nap: | | Észlelő: | | |
| α | óra:perc | O | \square | $\pm O$ | $\pm \square$ | T (külső) | T (belső) | Megjegyzés |
| - | | - | - | - | - | | | dezarretálás |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Arretálás ! |
| Megjegyzések (időjárás, stb ...): | | | | | | | | |

2. ábra. Eötvös-inga mérési jegyzőkönyve

Az ingával 3, 4, vagy 5 azimutban lehet mérni. Geodéziai célú felhasználás esetén a gradiens és a görbületi értékek együttes meghatározásához 5 azimutos mérés szükséges. Az 5 azimutban elvégzett mérések esetén minden mérési ponton legkevesebb 6, de célszerűen inkább 7 műszerleolvasás szükséges. 6 mérés esetén csak az első-, 7 mérés esetén az első két azimutban végzünk ismételt mérést. Az ismételt mérésekre a műszer „driftjének” ellenőrzése illetve figyelembe vétele miatt van szükség.

Egyetlen pont mérése a műszer felállításával és lebontásával együtt kb. 6-7 órát vesz igénybe. A mérések rögzítésére kialakított jegyzőkönyv-minta a 2. ábrán látható.

A mérések feldolgozása

Korábban láttuk, hogy az Eötvös-inga alapösszefüggése:

$$n - n_0 = a (W_{\Delta} \sin 2\alpha + 2W_{xy} \cos 2\alpha) + b (W_{zy} \cos \alpha - W_{zx} \sin \alpha) \quad (1)$$

ahol az $a = \frac{DK}{\tau}$ és a $b = \frac{2Dhlm}{\tau}$ számértéke az adott inga fizikai paramétereire alapján határozható meg. Érdeemes megjegyezni, hogy ha az ingakarok egyensúlyi helyzetét keressük, akkor az (1) összefüggés jobb oldalán az α azimut nem tekinthető egy előre megadott állandó szögértéknek (pl. 5 azimutos mérés esetén $0^\circ, 72^\circ, 144^\circ, 216^\circ, 288^\circ$) hanem az inga *egyensúlyi* helyzetéhez tartozó *ismeretlen* azimut, ahol az inga a lengések csillapodása után megnyugszik (vagyis a nyomatékok egyensúlya beáll). Ez bizonyára közel van pl. a $0^\circ, 72^\circ, 144^\circ, 216^\circ, 288^\circ$ azimuthoz (de ettől akár $\pm 2^\circ$ -kal eltérhet, amennyivel a határoló ütközők megengedik az ingakar lengését), de nem azonos vele. Ha tehát α_0 jelöli a csavarásmentes szöghelyzethez (n_0 skálaleolvasáshoz) tartozó azimutot, $\Delta\vartheta = (n - n_0) / 2D$ a nyugalmi helyzetnek megfelelő szögelfordulást (α és n növekedésének iránya megegyezik), akkor az inga egyensúlyi helyzetéhez tartozó *korrekt* egyenlet:

$$n - n_0 = a (W_{\Delta} \sin 2(\alpha_0 + \Delta\vartheta) + 2W_{xy} \cos 2(\alpha_0 + \Delta\vartheta)) - b (W_{zx} \sin(\alpha_0 + \Delta\vartheta) - W_{zy} \cos(\alpha_0 + \Delta\vartheta))$$

Ez különösen a nagy gradiensű pontokban, és elsősorban a görbületi értékekben okozhat jelentősebb hibát, akár 5-10 E értéket.

Az Auterbal és az E54 típusú műszerekbe a már ismert módon két lengőt építettek be. Az egyik szállhoz (ingához) a kerek, a másikhoz a szögletes leolvasás tartozik. Így mindkét szálla 8-8 állandó vonatkozik, – amelyek az a és b állandó, illetve az azimutok értéke alapján határozhatunk meg. 5 azimut helyett 4, vagy 3 azimutban mérve, vagy pl a torziós szállak cseréje esetén a C_i paraméterek értéke természetesen más lesz. Pl. az Ált. és Felsőgeodézia Tanszék No.36617 számú Eötvös-Rybár (Auterbal) inga állandói:

O (kerek) inga számítási állandói:

$$\begin{array}{llll} C1_O = +2.0472, & C3_O = -1.7415, & C5_O = -3.3907, & C7_O = +1.7826, \\ C2_O = +1.2653, & C4_O = +0.6652, & C6_O = +5.4862, & C8_O = -4.6669. \end{array}$$

□ (szögletes) inga számítási állandói:

$$\begin{array}{llll} C1_{\square} = -2.0600, & C3_{\square} = +1.7523, & C5_{\square} = -3.3748, & C7_{\square} = +1.7743, \\ C2_{\square} = -1.2731, & C4_{\square} = -0.6693, & C6_{\square} = +5.4606, & C8_{\square} = -4.6451. \end{array}$$

A gradiensék és a görbületi adatok számolási képletei a kerek száll k és a szögletes száll n leolvasási értékeivel (a k és az n utáni számok az adott 1, 2, 3, stb. azimuthoz tartozó leolvasási értékeket jelölik):

$$\begin{aligned}
W_{zx} &= C1_0(k5 - k2) + C2_0(k4 - k3), \\
W_{zx} &= C1_{\square}(n5 - n2) + C2_{\square}(n4 - n3), \\
W_{zy} &= C3_0(k4 + k3 - 2k1) + C4_0(k5 + k2 - 2k1), \\
W_{zy} &= C3_{\square}(n4 + n3 - 2n1) + C4_{\square}(n5 + n2 - 2n1), \\
W_{\Delta} &= C5_0(k5 - k2) + C6_0(k4 - k3), \\
W_{\Delta} &= C5_{\square}(n5 - n2) + C6_{\square}(n4 - n3), \\
2W_{xy} &= C7_0(k4 + k3 - 2k1) + C8_0(k5 + k2 - 2k1), \\
2W_{xy} &= C7_{\square}(n4 + n3 - 2n1) + C8_{\square}(n5 + n2 - 2n1).
\end{aligned}$$

Látható, hogy az 5 azimutos mérésnél két teljesen független eredmény számolható mind a gradiensekre, mind a görbületi adatokra (egy a kerek, egy a szögletes szál leolvasásai alapján). A pontra vonatkozó végeredménynek a két érték átlagát tekintjük.

Az Eötvös-ingával meghatározott W_{zx} , W_{zy} gradiensek, és a W_{Δ} , W_{xy} görbületi adatok nyers értékek, amelyek a további felhasználás és értelmezés miatt különböző javításokra szorulnak; ugyanis még mindenféle zavaró hatást magukban foglalnak.

Elsősorban a mérési pont közvetlen (0-100m) környezetében látható felszíni tömegegyenletlenségek hatása, az ún. *térszínhatás* miatt kell javítást alkalmazni; de tagoltabb topográfia esetén nem szabad figyelmen kívül hagyni a távolabbi felszíni tömegek hatását, az ún. *térképhatást* sem.

A térszínhatás, vagy más néven terephatás számítására olyan összefüggéseket vezettek le, amelyekbe a közvetlen környezet szintezésének adatait kell behelyettesíteni. A térképhatás ugyanezen összefüggések felhasználásával számítható, azonban a magasságokat topográfiai térkép szintvonalai alapján, a távolságokat pedig a térkép méretaránya szerint állapítjuk meg. A térszínhatás a W_{Δ} és a W_{xy} görbületi adatokra lényegesen nagyobb, mint a W_{zx} és a W_{zy} gradiensekre.

Ha a szintezési adatokból számított térszínhatást kivonjuk az Eötvös-ingával mért teljes, nyers értékekből, akkor EÖTVÖS elnevezésével az ún. *topografikus értékeket* kapjuk.

Ha a topografikus értékekből kivonjuk a normális (szélességi) hatást, akkor viszont a *topografikus rendellenességek* adódnak. A *normális hatás* a nehézségi gyorsulás normálképletének megfelelő deriváltjaiból származtatható. A másodfokú tag elhagyásával a normális hatás:

$$\begin{aligned}
U_{zx} &= 8.12 \sin 2\varphi [E] \\
U_{\Delta} &= 10.26 \cos^2 \varphi [E] \\
U_{zy} &= 0 \\
U_{xy} &= 0.
\end{aligned}$$

Ha a topografikus rendellenességet a térképhatással is megjavítjuk, akkor a *felszínalatti rendellenességet* (Eötvös elnevezésével szubterrén rendellenességet) kapjuk. A gradiensek és a görbületi adatok felszínalatti rendellenességei térképen is ábrázolhatók, általában izoanomália térképeket szerkesztenek, mivel ezek jó áttekintést adnak egy-egy terület földtani viszonyairól.