

## 11. előadás: Mozcásvizsgálatok, elmozdulás- és süllyedésmérés

Akár elmozdulások, akár alakváltozások meghatározása a feladat, mindenképpen pontok térbeli helyzetét kell meghatározni különböző időpontokban; erre a geodéziai módszerek igen alkalmasak. A geodéziai módszerekkel végzett mozcásvizsgálat jellemzői:

- ♦ a vizsgált tárgyat néhány pontjával azonosítjuk, emiatt a pontokat a vizsgálat szempontjából mértékadó helyeken kell kiválasztani úgy, hogy fennmaradásuk biztosított legyen;
- ♦ olyan mérési módszert kell válasszunk, amellyel az adott körülmények között az elmozdulás a kellő pontossággal kimutatható;
- ♦ a vizsgálati pontok helyzetét mozdulatlanak tekintett viszonyítási pontokhoz képest határozzuk meg (térbeli viszonyítás);
- ♦ a vizsgálati pontok helyzetét a vizsgálat kezdetén végrehajtott alapmérésben rögzített állapothoz viszonyítjuk (időbeli viszonyítás).

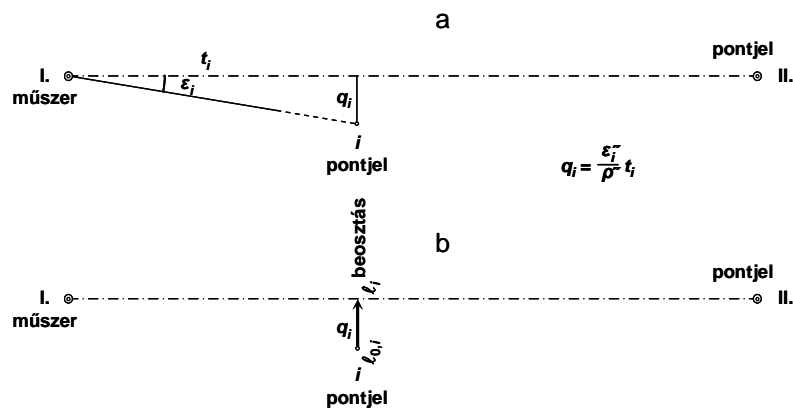
### 11.1. Vízszintes elmozdulások mérése

Ha az elmozdulások várható iránya ismert, akkor a vizsgálati pontoknak csak ebbe az irányba eső elmozdulását határozzuk meg:

- ♦ **egyenesre mérés**kor (5-1. ábra) a viszonyítási pontokkal az elmozdulás irányára merőleges egyenest jelölünk ki, a vizsgálati pontokat pedig az egyeneshez közel választjuk.  
**Kis szögek** mérésekor az  $\varepsilon$  szög mérésevel, a  $t_i$  távolság ismeretében (ezt a távolságot elegendő a legelső alkalommal megmérni) kiszámítható a  $q_i$  keresztirányú eltérés.
- ♦ **Mozgatható pont**tel használatakor a vizsgálati ponttel a viszonyítási egyenesre merőlegesen szabatosan mozgatható. Az  $l_{0i}$  kezdőleolvasás után a pontjelet a viszonyítási egyenesbe állítjuk, és leolvassuk  $l_i$  értékét; a  $q_i$  keresztirányú eltérés a két leolvasás különbségeként adódik.
- ♦ Az elmozdulás mindkét esetben a meghatározott  $q_i$  keresztirányú eltérés időbeli változása;
- ♦ **sokszög**elés esetén ideálisan nyújtott sokszögvonalat vezetünk az elmozdulás irányára merőlegesen, ügyelve arra, hogy a kezdő- és a végpont mozgásmentes területen legyen. A sokszögoldalak hosszát elegendő a legelső alkalommal megmérni, a törésszögeket minden alkalommal meg kell mérni. A sokszögpontok koordinátáit olyan koordináta-rendszerben érdemes kiszámítani, amelynek  $y$  tengelye a  $KV$  záróoldal irányával párhuzamos. A pontok elmozdulását az  $x$  koordináták változása mutatja.

Ha az elmozdulások várható iránya ismeretlen, akkor – rendszerint helyi koordináta-rendszerben – az elmozdulások mindkét koordinátatengely-irányú összetevőjét meg kell határozni. A két összetevőből kiszámítható az elmozdulás nagysága és iránya. **Pontkapcsolások** (előmetszés, hát-

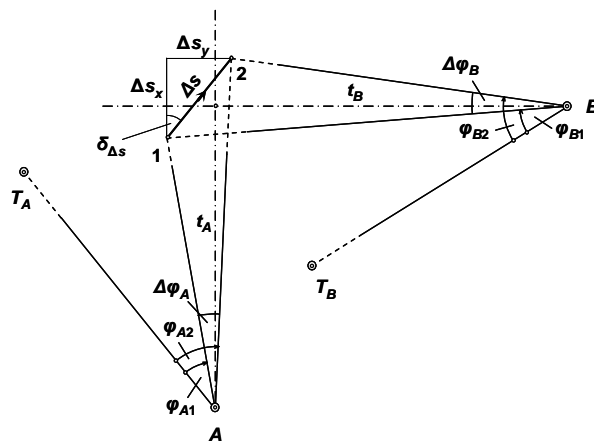
rametszés, oldalmetszés, ívmetszés) esetében az elmozdulások összetevői az egymást követő pontmeghatározások koordináta-különbségei.



5-1. ábra. Egyenesre mérés: a – kis szögek mérésével, b – mozgatható pontjellel

Magas, karcsú építmények (toronyok, gyárkémények) felső keresztmetszeti pontjainak vízszintes elmozdulása **szögváltozások** mérésével határozható meg a legegyszerűbben. A mérést két, egymásra közel merőleges irányból hajtjuk végre a vizsgálati pontok három-négyszeres magasságának megfelelő távolságban épített észlelőpillérekén elhelyezett teodolitokkal. Az 5-2. ábra szerint az  $A$  és a  $B$  műszerállásponton megmérjük az  $AT_A$  és a  $BT_B$  viszonyítási irányok és a vizsgálati pontra mutató  $A1$  és  $B1$  irányok által bezárt  $\varphi_{A1}$  és  $\varphi_{B1}$  szögeket, majd a következő vizsgálati mérés alkalmával ugyanarra a vizsgálati pontra vonatkozó  $\varphi_{A2}$  és  $\varphi_{B2}$  szögeket. A vizsgálati pont elmozdulásának összetevői a  $\Delta\varphi_A$  és  $\Delta\varphi_B$  szögváltozásokból a  $t_A$  és a  $t_B$  távolságok ismeretében kiszámíthatók, majd az összetevőkből az elmozdulás nagysága és iránya is meghatározható:

$$\Delta s = \sqrt{\Delta s_y^2 + \Delta s_x^2}; \delta_{\Delta s} = \arctan \frac{\Delta s_y}{\Delta s_x}.$$

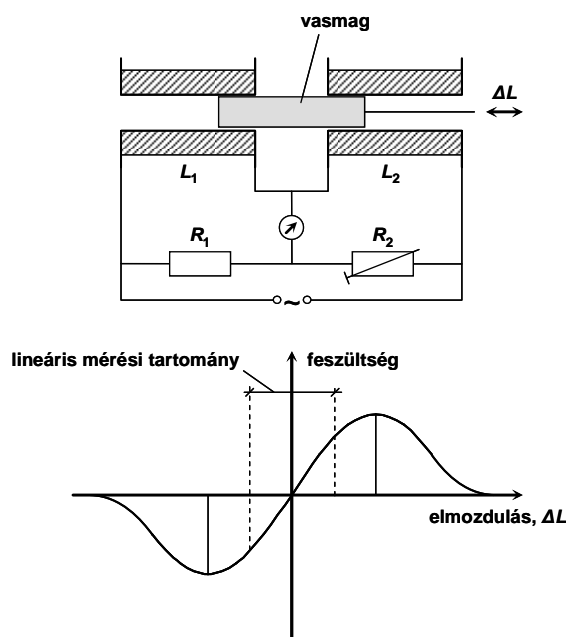


5-2. ábra. Vízszintes elmozdulásmérés szögváltozások mérésével

A geodéziai mérések számára hozzáférhetetlen pontok elmozdulása **elektromos módszerrel** mérhető. A **differenciál-transzformátor** tekercseiben a vasmag elmozdulásakor az induktivitás ellentétes értelemben változik. A tekercseket váltóáram táplálja. Az induktivitás változása *Wheatstone*-híddal mérhető az 5-3. ábra szerint:

A mérés kezdetén a vasmagot a vizsgálati ponthoz rögzítjük, majd a  $R_2$  ellenállás változtatásával kiegyenlítjük a hidat (ilyenkor a nulla-ágban lévő műszer nem jelez feszültséget). A vizsgálati

pont (és vele a vasmag) elmozdulása esetén felborul a mérőhíd egyensúlya, és a műszer (a jelleggörbe lineáris tartományában) az elmozdulással arányos feszültséget jelez. Olyan beosztás is készíthető, amelyen a mutató kitérése közvetlenül az elmozdulást adja. A mérőeszközzel néhány centiméteres elmozdulások néhány századmilliméternyi pontossággal határozhatók meg.



5-3. ábra. Differenciál-transzformátor és jelleggörbéje

## 11.2. Süllyedésmérések

A süllyedés magasságváltozást jelent, tehát magasságkülönbségek pontos meghatározását igényli. A süllyedésmérés szokásos módszere a **szintezés**, bár milliméteres pontosság **trigonometriai magasságméréssel** is elérhető, ha

- ♦ az irányhossz 100 m-nél rövidebb;
- ♦ a pontjelek szabatosan irányozhatók és zérus a jelmagasság;
- ♦ trigonometriai szintezést végzünk, így szükségtelen a műszermagasság megmérése.

Nagyobb területen **optikai**, építményen belül **hidrosztatikai** szintezést végzünk.

A süllyedésmérés tervezésének szempontjai:

- ♦ a vizsgálati pontokat a várható legnagyobb függőleges elmozdulások helyén jelöljük ki;
- ♦ biztosítani kell a pontok tartós fennmaradását és mechanikai sérülések elleni védelmét;
- ♦ a pontokat úgy lehessen vonalba foglalni, hogy ne legyen szükség kötőpontokra, és a műszer-léc távolság ne legyen 25 m-nél nagyobb;
- ♦ az építményen belüli pontrendszer legalább két helyen összekapcsolható legyen a külső viszonyítási pontokkal;
- ♦ a viszonyítási pontokat mozgásmentes helyeken kell kialakítani: legalább két csoportban, csoportonként legalább három pontot kell létesíteni;
- ♦ a viszonyítási pontok mozdulatlanságát évente legalább egyszer ellenőrizni kell.

A pontossági tervezéshez ismerni kell a kimutatandó  $\Delta$  legkisebb süllyedésértéket, amely a kritikus süllyedésérték és az 1-nél nagyobb biztonsági tényező hányadosa. Az egyetlen magasságkülönbség meghatározásának  $m_{\Delta m}$  középhibáját ismerve (meghatározva), és abból kiindulva, hogy a mindkét végén ismert magasságú ponthoz csatlakozó vonal leggyengébb pontja a középső pont, kiszámítható a középső pont magasságának  $m_m$  középhibája. Ha a vonal  $n$  műszerállásból áll,

$m_m = m_{\Delta m} \sqrt{\frac{n}{2}}$ . A süllyedés két magasság különbsége, tehát a süllyedés  $m_d$  középhibája a magasság  $m_m$  középhibájának  $\sqrt{2}$ -szerese:  $m_d = m_m \sqrt{2} = m_{\Delta m} \sqrt{n}$ . Ez a középhiba nem lehet nagyobb a  $\Delta$  értéknél, így  $m_{\Delta m} \sqrt{n} \leq \Delta$ , ahonnan  $n \leq \frac{\Delta^2}{m_{\Delta m}^2}$ ;  $n$  értékét lefelé kell kerekíteni egész számmá.

A **hidrosztatikai szintezés** a közlekedőedények elvén alapul: a szabad csővégek alatt a homogén töltőfolyadék felszíne ugyanazon a szintfelületen helyezkedik el. Ha a csővégeket rögzítjük a vizsgálati pontokhoz, és megmérjük a rögzítési pont és a folyadékfelszín függőleges távolságát, akkor a távolságok különbsége a pontok magasságkülönbségét adja, a távolságkülönbség(ek) megváltozása pedig a pontok magasságkülönbségének megváltozását, azaz a pontrendszer egyenlőtlen süllyedését jelzi. A hidrosztatikai szintezés nem mutatja ki a vizsgált objektum egyenletes süllyedését, ezért a teljes értékű süllyedésméréshez a pontrendszert (rendszerint optikai szintezéssel) össze kell kapcsolni mozdulatlanak tekintett viszonyítási pontokkal.

Szabatos hidrosztatikai mérőrendszerrel akár századmilliméteres pontosság is elérhető. Ennek érdekében a lehetőséghez mérten kiküszöbölik a szabályos hibahatásokat (változó hőmérséklet a töltőfolyadékban, eltérő légnyomás a szabad csővégeknél), és szervomotorral forgatott szabatos mérőorsóval mérik a folyadékfelszín magassági helyzetét. Az ilyen rendszerek jellemző alkalmazási területe a hőerőművek 50-60 m hosszúságú turbina-generátor tengelye vízszintességének ellenőrzése az alátámasztások (a csapágyak) helyén.

A hidrosztatikai szintezők közös hátránya, hogy a vizsgálati pontok magasságkülönbsége nem lehet nagyobb 10-20 cm-nél. Ezt meghaladó magasságkülönbség esetén a pontokat kis hőtágulású (invárból készült) áthidaló elemekkel hozzák a viszonyítási szintfelület közelébe.

### 11.3. A mozgásvizsgálatok eredményközlése

A vizsgálatok megrendelője rendszerint folyamatos tájékoztatást kér az elmozdulásokról, ezért az eredményeket minden vizsgálati mérés után közölni kell.

A **számszerű** eredményközlés legegyszerűbb módja olyan táblázat készítése, amelynek két rovatában az elmozdulás értéke szerepel egyrészt a megelőző vizsgálati méréshez, másrészt a kezdeti állapotot rögzítő alpméréshez képest.

A **grafikus** ábrázolás szemléletesebb a táblázatos adatoknál. A vízszintes elmozdulásokat az elmozdulás irányát is megmutató nyílfolytonos vektorsokszöggel ábrázoljuk. A süllyedésmérés grafikus eredményközlésekor a vizsgálati pontok süllyedését pontonként, az eltelt idő függvényében szokás ábrázolni. A süllyedés-idő grafikonról a süllyedés sebessége, kellő számú vizsgálati mérés után a süllyedés jövőben várható tendenciája is felismerhető. Egy-egy építmény süllyedését jól szemlélteti a rajta elhelyezett vizsgálati pontok süllyedésének együttes ábrázolása megfelelő méretarányban megszerkesztett axonometrikus képen. Az egyenlőtlen süllyedéseket igen jól mutatja az épület alaprajza is, ha azon lineáris interpolációval megszerkesztettük az azonos süllyedésű pontok alkotta izovonalakat.

Mind a táblázatos, mind a grafikus eredményközlés akkor teljes, ha azon szerepel az elmozdulás középhibájának a leggyengébb pontra vonatkozó értéke is.

Az előadás anyaga az ajánlott irodalomban:

Krauter: Geodézia; 13. fejezet