

A budapesti dunai partfalak mozgásvizsgálata

Dr. Dede Károly egyetemi adjunktus*, Dr. Detrekői Ákos egyetemi tanár**,

Szűcs László egyetemi tanársegéd*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

(*Általános- és Felsőgeodézia Tanszék)

(**Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék)



Bevezetés

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke 1970 óta végez mozgásvizsgálati méréseket a budapesti dunai partfalakon. (Az első méréseket a BGTV kezdte meg 1964-ben.)

A mérési technológia kidolgozását és a vizsgálati eredmények kiértékelési módszerének kialakítását még a Felsőgeodézia Tanszék oktatói végezték. A mérések első témavezetője *Detrekői Ákos* volt. Itt kell megemlékezzünk *Hőnyi Ede*, *Szalontai László*, *Miskolczi László*, *Ódor Károly*, *Földváry Szabolcsné*, *Bánhegyi István* kollégáinkról, akik már nincsenek közöttünk, de nemcsak ennek a megbízásnak voltak eredményes résztvevői, hanem számos tanszéki kutatási feladat megoldása őrzi alkotó munkájukat.

Egy ilyen hosszú ideig tartó vizsgálat sok érdekes változást mutat ki, nem csupán a vizsgálat tárgyában (partfalak mozgása), hanem a város életében is (közlekedés, parkolási szokások változása, mesterségesen kialakított zöldterületek). Más jellegű változást jelent a mintegy negyven év alatt bekövetkezett fejlődés a műszergyártás és a számítástechnika területén. Rövid tanulmányunkban ismertetjük a vízszintes és magassági mozgásvizsgálat technológiáját és a kiértékelés módszerét.

A felső rakpart pontjainak vízszintes értelmű mozgásvizsgálata

A felső rakparton a vizsgálati pontokat a rakpartot határoló támfalba helyezték, illetve helyez-

tük el. A vizsgálati pontok koordinátáit a támfaltól 20–30 méterre lévő városi sokszög vonal pontjából előmetszés és ívmetszés kombinációval vagy (ritkábban) sokszögeléssel határoztuk meg.

A mérési munka megkezdése előtt minden évben pótoltuk az elpusztult városi sokszög pontokat. Az újonnan elhelyezett pontok koordinátáit – általában – sokszögeléssel határoztuk meg. Ezután ellenőriztük a sértetlen sokszög pontoknál a törésszögeket, majd megmértük az előmetszéshez szükséges szögeket és az ívmetszéshez szükséges távolságokat.

Mind a sokszög vonalak törésszögeit, mind az előmetszéshez szükséges szögeket két fordulóban mértük. A távolságok mérése szintén két alkalommal történt. A vizsgálat kezdetekor a szögeket Wild T2 teodolittal, a távolságokat ívvar acél mérőszalaggal mértük. Pontjelként bunsen-állványra erősített függőt alkalmaztunk. Később a szögeket és a távolságokat ugyanazon mérőműszerrel, Geodimeter 440 típusú mérőállomással mértük. A felhasznált alappontok ideiglenes megjelölésére a műszerhez tartozó kényszerközpontosító berendezésre helyezett prizmat és jeltárcsát, a vizsgálati pontok ideiglenes jelölésére vagy kényszerközpontosító berendezést, vagy külön erre a célra kialakított vetítőrúdból, libellából és prizmából álló pontjellet használtunk.

A mérési eredmények alapján a vizsgálati pontok vízszintes koordinátáit az előmetszést és az ívmetszést kombináló pontkapcsolással vagy sokszög vonal pontként határoztuk meg. A mérési eredmények feldolgozásakor Magyarországon itt

alkalmaztak először matematikai-statisztikai módszereket a mozgásvizsgálat eredményeinek értékeléséhez.

Az 1964. évi koordináták ismeretében pontonként számítottuk az elmozdulást jellemző koordinátaváltozásokat. A koordinátaváltozások értékét az aktuális évi és három korábbi mérési alkalom között határoztuk meg:

- az első mérési alkalom éve: 1964,
- az új mérési technológia bevezetésének éve: 1970,
- az utolsó előtti mérési alkalom éve.

A számított koordinátaváltozások szolgálták a feldolgozás alapjául. A koordinátaváltozások okaival kapcsolatosan három lehetséges feltételezéssel élhetünk.

1. A koordinátaváltozás túlnyomórészt a partfal elmozdulása következtében jött létre.
2. A koordinátaváltozás kizárólag az elkerülhetetlen mérési bizonytalanság következménye.
3. A koordinátaváltozás együttesen tartalmazza a partfal elmozdulását és az elkerülhetetlen mérési bizonytalanság hatását.

Az első feltételezés akkor indokolt, ha a koordinátaváltozás értéke a meghatározott koordináták középhibájánál – amely esetünkben mintegy ± 5 mm-re tehető – legalább egy nagyságrenddel nagyobb. Ilyen értékű koordinátaváltozásokkal egyetlen évben sem találkoztunk. Így a koordinátaváltozások létrejöttét a második vagy a harmadik feltételezéssel magyarázhatjuk.

A mozgások kimutatására a következő eljárást alkalmaztuk. Először matematikai-statisztikai eljárást használtunk fel. A statisztikai módszerrel vizsgált – közel egyenesnek tekinthető – partfal szakaszok három partfalat jellemeznek.

Ha a koordinátaváltozások kizárólag a véletlen jellegű mérési bizonytalanságok következtében jöttek volna létre, akkor az egyes szakaszokon a változások közepe közel 0, a szórása pedig a koordinátakülönbségek középhibájával megegyező érték lenne, továbbá a pozitív és negatív változások közel azonos számban fordulnának elő.

Ez a feltételezés természetesen csak akkor igaz, ha a vizsgált pontokat azonos alappontokról határoztuk meg, azaz „azonos“ koordináta-rendszerben vannak.

A matematikai-statisztikai elemzéshez az egyes vizsgált pontokon két mérési alkalom között létrejött koordinátaváltozás (Dx , Dy) alapján több jellemző mennyiséget vezettünk le. Példaként a 2015. számú pont 1994–1992 közötti koordinátaváltozásának számítására szolgáló összefüggéseket mutatjuk be:

$$2015 \quad \begin{aligned} Dx_{94,92} &= x_{1994} - x_{1992} \\ Dy_{94,92} &= y_{1994} - y_{1992}. \end{aligned}$$

A továbbiakban az egyszerűség kedvéért a pontra és a mérési évszámokra vonatkozó indexeket nem tüntetjük fel.

Az egyes vizsgált szakaszokon két mérési alkalom között a következő mennyiségeket határoztuk meg:

- a vizsgálatba bevont pontok száma: n ;
- a pozitív és a negatív előjelű koordinátaváltozások számának különbsége külön Dx -re és Dy -ra: dx , dy ;
- a koordinátaváltozások középértéke:

$$a_x = \frac{\sum Dx}{n}, \quad \text{illetve} \quad a_y = \frac{\sum Dy}{n};$$

- a koordinátaváltozások tapasztalati szórása:

$$s_x = \left[\frac{\sum (a_x - Dx)^2}{n-1} \right]^{1/2},$$

illetve

$$s_y = \left[\frac{\sum (a_y - Dy)^2}{n-1} \right]^{1/2};$$

- a t-eloszlás statisztikája Dx -re illetve Dy -ra:

$$t_x = \frac{a_x}{S_x} n^{1/2},$$

illetve

$$t_y = \frac{a_y}{S_y} n^{1/2};$$

- az előjel korrelációs együttható:

$$r_x = \frac{d_x}{n}, \quad \text{illetve} \quad r_y = \frac{d_y}{n}.$$

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a feldolgozáskor csak olyan pontokat vontunk be a statisztikai vizsgálatba, amelyekben sem az „új állandósítás“ sem pedig az „új meghatározás“ megjegyzés nem szerepelt. (Az „új meghatározás“ azt jelenti, hogy a vizsgálati pontot új alappontból határoztuk meg.)

A kiszámított statisztikai mennyiségek alapján a vizsgálati anyag matematikai-statisztikai feldolgozását „t-próbaival“ és az előjel korrelációs együttható felhasználásával végeztük.

A *t-próba* alkalmazásakor – nullhipotézisként – feltételeztük, hogy az egyes partfal szakaszok mozdulatlanok. Ez után a kiszámított *t* érték felhasználásával megvizsgáltuk, hogy milyen valószínűséggel fogadható el a mozdulatlanság feltételezése. (A *t-próba* alkalmazásának előfeltétele a mérések normális eloszlása, ez a feltétel esetünkben megalapozottnak tekinthető.) A *t-eloszlás* táblázatából meghatároztuk *t* számszerű értékéhez tartozó *p* valószínűségi szintet. Eddigi tapasztalataink szerint – a biztonságra való törekvést is figyelembe véve – ha $p < 0,5$, akkor a mozdulatlanságot már nem indokolt feltételezni.

Az *r* előjel korrelációs együttható abszolút értéke 0 és 1 között mozoghat. Minél nagyobb ez az érték annál valószínűbb, hogy a két alkalom közötti időszakban a vizsgált partfal szakaszon mozgási tendencia érvényesült. Tapasztalataink szerint, ha $r > 0,25$, akkor a mozdulatlanságot már nem indokolt feltételezni.

A kétfajta statisztika együttes eredményét a következő hányados tükrözi:

$$Q = \frac{p}{r}$$

A $p = 0,5$ és az $r = 0,25$ értékeket behelyettesítve a $Q = 2$ érték adódik. A mozdulatlanság feltételezése – a korábban leírtakat figyelembe véve – a $Q < 2$ érték esetén már nem indokolt.

A felső rakpart pontjait ezek után egyenként matematikai-statisztikai módszer felhasználásával is megvizsgáltuk. Az alkalmazott módszernél feltételezzük a pontok egyenes vonalú mozgását. A mozgás bizonyos jellemzőit lineáris regresszió alapján határoztuk meg.

A lineáris regresszióval végzett kiértékelés alkalmazásával az 1970. és a vizsgált év közötti mérési időpontok és a hozzájuk tartozó koordináták kapcsolatát vizsgáltuk. Ezek az értékek például valamely pont *x* koordinátája esetén a következők:

$$\begin{array}{ll} t_1 & = 1970 & x_1 & = x_{1970} \\ t_2 & = 1971 & x_2 & = x_{1971} \\ t_i & & x_i & \\ t_{k-1} & = 1999 & x_{k-1} & = x_{1999} \\ t_k & = 2001 & x_k & = x_{2001} \end{array}$$

Első mérési időpontként az új technológia bevezetésének évét választottuk. Folyamatos mozgást feltételezve a mérési időpontok és a hozzájuk kapcsolódó koordináták sztochasztikus szorosságát lineáris függvény esetében az *R* korrelációs együttható jellemzi. A lineáris függvényt regressziós egyenesnek nevezik.

A leírt t_i, x_i értékpárok alapján az R_{xt} korrelációs együtthatót a következő összefüggésből számítjuk:

$$R_{xt} = \frac{\sum (t_i - a_t)(x_i - a_x)}{(n-1)s_t s_x},$$

ahol

$$a_t = \frac{\sum t_i}{k}, \quad a_x = \frac{\sum x_i}{k},$$

$$s_t^2 = \frac{\sum (t_i - a_t)^2}{k-1},$$

$$s_x^2 = \frac{\sum (x_i - a_x)^2}{k-1}.$$

A regressziós egyenes egyenlete pedig a következő:

$$x = a_x + R_{xt} \frac{s_x}{s_t} (t - a_t) = g + ht$$

Az $x = g + h \cdot t$ alakú egyenes a pont mozgásának *x* irányú vetülete. A pont sebessége a pálya időszertinti első differenciálhányadosa. Ennek megfelelően a sebesség *x* irányú összetevője a következő:

$$v_x = h = R_{xt} \frac{s_x}{s_t}.$$

A most leírt összefüggések értelemszerűen alkalmazhatók a *t* mérési időpontok és az *y* koordináták kapcsolatát jellemző korrelációs együtthatók és regressziós egyenesek meghatározására is.

A számítható mennyiségek közül vizsgálatainkhoz az R_{xp}, R_{yt} korrelációs együtthatókat, a v_x, v_y sebesség összetevőket és a

$$v = (v_x^2 + v_y^2)^{1/2}$$

sebességet használtuk fel. A továbbiakban a mozgásra az *R* és *v* értékekre felállított kritériumok alapján következtetünk.

A korrelációs együttható abszolút értéke 0 és 1 között mozoghat. Nem tekintjük mozdulatlanak a pontot, ha korrelációs együtthatójának abszolút értéke meghaladja a 0,6 értéket, sebessége pedig az 1,15 mm/év értéket. A pontok pusztulása miatt a pontok egy részénél csak viszonylag kisszámú mérési alkalom alapján lehetett a jellemzőket

meghatározni. Kiszámú mérés felhasználásakor a matematikai-statisztikai módszerekből nem nyerhető megbízható eredmény. Ezt figyelembe véve, a továbbiakban csak azokat az értékeket használtuk fel, amelyeket legalább 5 mérés alapján határoztunk meg.

A korrelációs együtthatóra vonatkozó 0,6 értéket, a sebességre levezetett 1,15 mm/év értéket és legalább 5 mérési alkalmat – mint kritériumokat – együtt vizsgálva mintegy 25 pontot minősítettünk mozgó pontnak.

Az alsó rakpart pontjainak vízszintes értelmű mozgásvizsgálata

Az alsó rakparton a vizsgálati pontokat a rakpartot határoló támfalba helyezték, illetve helyezték el. A vizsgált pontok koordinátáit az 1970-ben kialakított technológiának megfelelően sokszögeléssel, illetve poláris koordináták mérésével határoztuk meg.

A sokszögvonalak kezdő- és végpontjai az esetek nagy részében megegyeztek a korábbi években felhasznált kezdő és végpontokkal. Több esetben – pontpusztulás vagy összelátási akadály miatt – új alappontot, esetleg vizsgálati pontot kellett kezdő- és végpontként felhasználnunk. A kezdő- és végpontok mozdulatlanságát tájékozó mérésekkel ellenőriztük.

A sokszögvonalak törésszögeit és a poláris pontok meghatározásához szükséges szögeket és távolságokat Geodimeter 440 típusú mérőállomással két fordulónál mértük. A szögméréshez mind az alappontokon, mind a sokszögvonal pontjain kényszerközpontosító berendezést is használtunk. A poláris pontok ideiglenes megjelölésére vetítórúdból, libellából és prizmából álló pontjelet használtunk.

A további mozgásvizsgálat alapjául a vizsgálati pontok koordinátái szolgáltak.

A sokszögvonalak kezdő- és végpontját – elsősorban a pontpusztulások miatt – alkalmanként megváltoztattuk. Ez a változtatás kisebb mértékű bizonytalanság forrása lehet.

A mérési eredmények értékelésére olyan módszert dolgoztunk ki, amely az említett bizonytalanságok hatását lehetőség szerint kiszűri.

Vizsgálati eredményeinket – a felsőrakparti pontok vizsgálatánál leírtaknak megfelelően – a következő évek mérési eredményeivel hasonlítottuk össze:

- az első mérési alkalom éve: 1964,
- az új technológia bevezetésének éve: 1970,
- az utolsó előtti mérési alkalom éve.

Pontonként képeztük a vizsgált év-64, vizsgált év-70, vizsgált év-előző mérési alkalom éve közötti időszakban keletkezett Dx és Dy koordinátaváltozásokat. Ezután ugyanazon időszakra kiszámítottuk a szomszédos pontok koordináta-különbségeinek dx , dy megváltozását is. A dx és dy értékek a szomszédos pontok egymáshoz viszonyított elmozdulásának a jellemzői. A felsőrakparti pontokhoz hasonlóan matematikai-statisztikai módszerekkel megvizsgáltuk az egyes nagyobb partfal szakaszok viselkedését, majd külön-külön is elemeztük az egyes pontokon észlelt változásokat.

Négy, közel egyenesnek tekinthető partfal szakaszt vontunk be a vizsgálatba. A matematikai-statisztikai vizsgálat módszere elvében azonos a felső rakpart egyes szakaszainak vizsgálatára kialakított statisztikai módszerrel. Azonban amíg a felső rakpart esetében az egyes pontok Dx , Dy koordinátaváltozásai szolgáltak a vizsgálat alapjául, addig az alsó rakparton a szomszédos pontokból levezetett dx , dy értékekkel végeztük a vizsgálatot. A dx , dy értékekből az egyes vizsgált szakaszokon két mérési alkalom között a következő mennyiségeket határoztuk meg:

- a vizsgálatokba bevont pontok száma,
- a pozitív és a negatív előjelű változások számának különbsége x és y irányban,
- a dx , dy változások középértéke,
- a dx , dy változások tapasztalati szórása,
- az x és az y irányhoz tartozó t -eloszlás statisztika,
- az x és az y irányhoz tartozó előjel korrelációs együttható.

Az egyes mennyiségek számítása a felső rakpart pontjainak vizsgálatánál közölt összefüggésekkel történt.

A mozdulatlanság eldöntésére ebben az esetben is a t -próbát és az előjel korrelációs együtthatót alkalmaztuk. A döntés a $p < 0,5$, $r < 0,25$, $Q < 2$ kritériumok alapján történt.

A partfalak magassági értelmű mozgásvizsgálata

A magassági értelmű mozgásvizsgálat célja az, hogy meghatározzuk a partfalakban elhelyezett vizsgálati pontok magassági helyzetét, majd ennek ismeretében kimutassuk a magasságváltozásokat a legutóbbi két éves és az 1970 óta eltelt időszakokra.

A vizsgálati pontok magassági helyzetét – éppúgy, mint a korábbi években – kétszeres (vagyis oda-vissza) irányú szabatos mérnöki vonalszinte-

zéssel határoztuk meg. Ehhez Wild Na 3003 típusú kódleolvasású kompenzátoros szintezőműszert és ínvarbetétes szintezőléceket használtunk. A felsőrendű vonalszintezés szabályait megtartva arra törekedtünk, hogy a mérés (a magasságmeghatározás) középhibája a ± 1 mm-t ne lépje túl.

A budai oldali vizsgálati pontsor és a pesti oldali vizsgálati pontsor magassági értelmű összekapcsolása végett nyílt víztükör feletti szabatos átszintezést végeztünk három helyen: a Margit híd közelében és a Szabadság híd mellett, valamint a Déli összekötő vasúti híd közelében. Az átszintezések Wild N3 típusú szintezőműszerrel és különleges szintezőlécekkel történtek.

Mérési eredményeink megbízhatóságának fokozott ellenőrzése, továbbá a kis mértékű, de elkerülhetetlenül jelentkező, véletlen jellegű hibák optimális eloszlása érdekében az alsó és a felső rakparti méréseket összekapcsoltuk, s zárt szintezési köröket (poligonokat) alakítottunk ki. Az egyenként általában 10–40 vizsgálati pontot magukba foglaló egyes poligonok záróhibája általában 0–1,6 mm között változott. Így az egyes szintezési szakaszokra (a szomszédos vizsgálati pontok között mért magasságkülönbségekre) jutó kiegyenlítési javítások legfeljebb tizedmilliméter nagyságrendűek voltak. Ennek alapján biztosra vehető, hogy az 1 mm középhibával jellemzett meghatározási pontosságot a méréseinknél minden évben sikerült elérni.

A vizsgálati pontok magasságát a *Miskolczi László* által 1970-ben kialakított egységes rendszerben számítottuk, vagyis mindegyik vizsgálati pont magasságát a mozdulatlanok tekintett, (a budapesti városi hálózatban 2915 sorszámú jelölt) gellérthegyi sziklapontból – mint hálózati magassági kezdőpontból – vezettük le, elfogadva ennek megadott magasságát.

Ugyanakkor méréseinkbe és számításainkba minden évben bevontuk azokat a magassági pontokat, amelyek a partfaltól távolabb eső, de méréssel elérhető távolságban levő, régi, nagytömegű épületekben található. Egyrészt azért vontuk be ezeket az alappontokat méréseinkbe, hogy a gellérthegyi kezdőpont esetleges megsemmisülése esetén is legyenek a hálózatban már többszörösen ellenőrzött, tartalék viszonyító-pontok; másrészt azért, mert a pontoknak a gellérthegyi kezdőpontra vonatkozó magasságváltozása értékes felvilágosítással szolgál méréseink megbízhatóságára, különösen a mérési hibák esetleges halmozódása tekintetében. Ezeknél az épületeknél 0–30 mm értékű süllyedéseket tapasztaltunk.

Az összesített, vagyis a hosszabb vizsgálati időszakra vonatkozó magasságváltozásokat matematikai-statisztikai módszerrel is elemeztük.

A matematikai-statisztikai elemzést úgy végeztük, hogy lineáris regresszió-analízis segítségével megvizsgáltuk az 1970–2001 közötti mérési időpontok és a hozzájuk tartozó z (magassági) koordináták kapcsolatát (vagyis a magassági koordináta változása időtől való függőségének mértékét).

Az említett értékpárok (valószínűségi változók) esetünkben a következők:

$$\begin{array}{ll} t_1=1970 & z_1=z_{1970} \\ t_2=1971 & z_2=z_{1971} \\ t_i & z_i \\ t_{k-1}=1999 & z_{k-1}=z_{1999} \\ t_k=2001 & z_k=z_{2001} \end{array}$$

A mérési időpontok és a hozzájuk tartozó koordináták sztochasztikus kapcsolatának szorosságát – folyamatos mozgást feltételezve, vagyis lineáris függvény esetében – az R korrelációs együttható jellemzi. (A lineáris függvényt regressziós egyenesnek nevezik.)

A k számú t_i, z_i értékpárok alapján az $R_{z,t}$ korrelációs együtthatót a következő összefüggésből számítjuk:

$$R_{z,t} = \frac{\sum (t_i - a_t)(z_i - a_z)}{(n-1)s_t s_z},$$

ahol

$$\begin{array}{ll} a_t = \frac{\sum t_i}{k}, & a_z = \frac{\sum z_i}{k}, \\ s_t^2 = \frac{\sum (t_i - a_t)^2}{k-1}, & s_z^2 = \frac{\sum (z_i - a_z)^2}{k-1}. \end{array}$$

A regressziós egyenes egyenlete pedig:

$$z = a_z + R_{z,t} \frac{s_z}{s_t} (t - a_t) = g + ht.$$

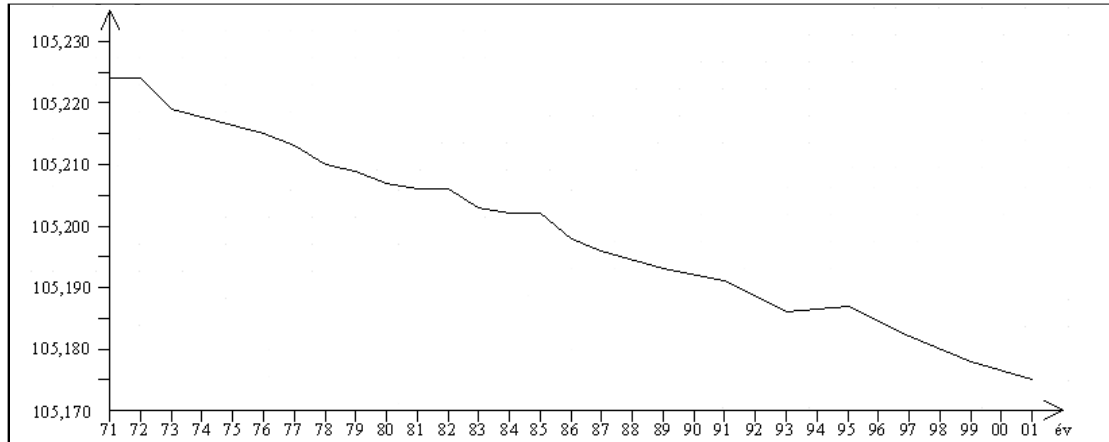
A $z = g + ht$ alakú egyenes a pont mozgásának z irányú vetülete. A pont mozgási sebessége a pálya idő szerinti első differenciálhányadosa. Ennek megfelelően a sebesség z irányú összetevője:

$$v_z = h = R_{z,t} \frac{s_z}{s_t}.$$

Nem tekintjük mozdulatlanok a pontot, ha a hozzátartozó – legalább öt mérésből számított – korrelációs együttható eléri vagy meghaladja a

0,6 értéket, magasságváltozásának sebessége pedig a 0,3 mm/év értéket.

E kritériumok együttes vizsgálata alapján 2001-ben 125 db olyan pontot találtunk, amelynek magassági koordináta-változását tényleges elmozdulásnak minősíthetjük, ami a vizsgált pontok egyharmadát jelenti. Az egyik legnagyobb süllyedést mutató vizsgálati pont mozgását az 1. ábra mutatja.



1. ábra Az egyik legnagyobb süllyedést mutató vizsgálati pont mozgása

Összefoglalás

Ez a több mint harminc éve megkezdett mozgásvizsgálat számos tanulsággal szolgált. A legjelentősebb megállapítás, hogy a közel száz éve épült partfalakon – amelyek tervezésekor, építésekor ekkora forgalomból eredő dinamikus terhelésre nem gondolhattak – olyan mértékű mozgás nem lépett fel, amely a partfal állagát veszélyeztetné, vagy építési beavatkozást tenne szükségessé.

A mérések alapján nagyon jól kimutathatók olyan kisebb mozgások, amelyek a metró építése, HÉV-alagút építése, továbbá csőtörések következtében jelentkeztek a támfalaknál.

A vizsgálati méréseinkbe bevont nagytömegű épületek süllyedése azt mutatja, hogy a partfalak mentén mért legnagyobb süllyedések közelében nagy valószínűséggel más építmények is süllyednek. Ezen süllyedések okának megállapítására további mérések elvégzésére lenne szükség, amely túlmutat e vizsgálat keretein.

IRODALOM:

Dede K.–Bánhegyi I.: Segédlet a mérnökgeodéziai gyakorlatokhoz. Tankönyvkiadó, Bp., 1985. Kézirat.

Detrekői Á.: Mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok tervezése, számítása, elemzése. Műszaki doktori értekezés, MTA. Bp., 1978. Kézirat.

BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék: Budapesti dunai partfalak mozgásvizsgálata. Kutatási jelentés, 2000, 2001. Kézirat.

Monitoring of the deformations of the Danube's banks in Budapest

Dr. K. Dede–dr. Á. Detrekői–L. Szűcs
Summary

The Department of Geodesy and Surveying, Budapest University of Technology and Economics has monitored the deformations of the river dams in Budapest since more than 30 years. In this short paper we discuss the measurement technology and analysis of measurements by mathematical statistical methods.