

## **SLEDOVANIE STABILITY VEĽKÝCH OBJEKTOV INŽINIERSKÝCH STAVIEB.**

**Prof. Ing. Vlastimil STANĚK, CSc.**

Katedra geodézie SvF STU Bratislava.

### **Úvod.**

Každý stavebný objekt zaznamenáva nielen počas výstavby, ale aj počas prevádzky určité priestorové zmeny. Tieto pôsobia na geometrické parametre konštrukcie objektu alebo technické zariadenia v dôsledku čoho dochádza k narušeniu ich statickej funkčnosti a celkovej stability a spoľahlivosti. V súčasnosti sa pri výstavbe stále častejšie využívajú zložité, staticky náročné a atypické konštrukcie veľkých rozmerov alebo výšok, navyiac v mnohých prípadoch, z dôvodu ochrany pôdneho fondu a životného prostredia, sa realizuje výstavba na lokalitách s horšími geologickými a základovými podmienkami.

### **Význam a účel meraní**

Z hľadiska bezpečnosti, bezporuchovej výstavby a prevádzky objektov sú potrebné merania, ktorými sa overujú tvarové a rozmerové parametre základových a nosných konštrukcií objektov. Diagnostikou konštrukcií stavebných objektov sa získajú objektívne informácie o pretvoreniach objektu, ktoré tvoria podklady na:

- posúdenie správania sa objektu a prostredia s ktorým je objekt v interakcii,
- porovnanie nameraných hodnôt posunov s teoretickými hodnotami,
- hodnotenie stability, bezpečnosti a správnej funkcie objektu.

Veľké rozdiely medzi meranými a teoretickými hodnotami signalizujú nedostatky v zakladaní, zľú kvalitu stavebných prác, nepresný matematický model použitý na výpočet teoretických hodnôt, nepresné údaje o prvkoch použitých na výpočet teoretických hodnôt alebo nespoľahlivé výsledky merania spôsobené chybami merania a pod. Nerovnomerné sadanie základov zvyčajne spôsobuje vážne poruchy v stabilite nosných konštrukcií, ktoré môžu viesť k statickým poruchám, prípadne aj k havárii objektu. Výsledky meraní posunov a pretvoreni možno v širokej miere využiť nielen na posudzovanie stability, bezpečnosti a správania sa základových a nosných konštrukcií objektu, ale aj na prognostické účely, ďalej ako podklady na predĺženie životnosti a prevádzky objektov a technických zariadení a na plánovanie účelovej údržby.

Meranie posunov existujúcich objektov predpisuje príslušný stavebný úrad, resp. si ho vyžiada majiteľ (prevádzkovateľ) a to na základe odborného statického posudku v zmysle stavebného zákona obvykle vtedy, keď sa objavia na objekte trhliny alebo možno predvídať posuny napr. vplyvom pretlačenia základovej pôdy, zmenou hladiny podzemnej vody, podkopaním, stavebnou činnosťou v bezprostrednej blízkosti objektu a podobne.

Meranie posunov a pretvoreni nových stavebných objektov sa realizuje podľa platných predpisov, resp. sú požadované projektantom po dohode s investorom v zmysle platných technických noriem (73 0405). Rozhodnutie o potrebe realizácie merania posunov je súčasťou projektového riešenia. Predmetné merania sa predpisujú spravidla na základe vyhodnotených prieskumov o základovej pôde, ak ide o:

- objekty nezvyčajnej konštrukcie alebo o objekty obsahujúce nové neoverené konštrukčné systémy,
- objekty založené na nepriaznivých geologických podmienkach, resp. u ktorých sa v priebehu výstavby a prevádzky očakávajú väčšie nerovnomerné posuny,
- objekty vybudované na podkopaných územiach,
- objekty, pre ktoré sú takéto merania požadované platnými predpismi.

Merania posunov a pretvoreni môžu mať charakter krátkodobých meraní (napr. len v priebehu výstavby, zaťažkávacej skúšky a pod.), alebo charakter dlhodobých periodických meraní. V tejto súvislosti treba uviesť, že metodika merania posunov u nás, ale aj v ďalších štátoch sa začala aplikovať a rozvíjať najmä na vodohospodárskych objektoch. Bezprostredná prítomnosť vody znamená veľké nebezpečenstvo pre stabilitu stavebného objektu. Havárie priehrad, ale aj ďalších objektov majú za následok nielen veľké materiálne škody, ale často aj škody na ľudských životoch.

V oblasti vodného hospodárstva je povinnosť vykonávať takéto merania daná zákonom a následne vykonávacou vyhláškou "O odbornom technicko-bezpečnostnom dohľade na niektorých vodo-hospodárskych dielach", na základe ktorej sú predpísané pre určitú kategóriu vodohospodárskych diel intervaly kontrolných meraní posunov a pretvoreni.

Metodika merania posunov a pretvoreni sa začala postupne uplatňovať aj na ďalších, najmä atypických, staticky a konštrukčne náročných stavebných objektoch. Takými sú veľké mostné objekty, atómové elektrárne, silá, základy výrobných liniek a strojných zariadení, turbogenerátorov, chladiacich veží, vysokých komínov, stožiarov vysokého napätia a ďalších objektov.

### **Projekt merania posunov a pretvorení**

Pre každý stavebný objekt, u ktorého treba sledovať jeho stabilitu a bezpečnosť, sa vypracuje projekt merania posunov. Zodpovedným za vypracovanie projektu je projektant, ktorý obvykle spolupracuje so statikom, geodetom, investorom a technológom.

Obsah a náležitosti projektu merania posunov uvádza STN 73 0405.

V projekte sú uvedené najmä:

- účel a význam meraní,
- údaje o geologických a hydrogeologických vlastnostiach základovej pôdy,
- spôsob založenia stavby, popis konštrukcie objektu,
- hodnoty očakávaných posunov,
- vyžadovaná presnosť meraní,
- metódy merania s rozborom presnosti,
- spôsob a časový plán stabilizácie meracích zariadení, spôsob ich ochrany,
- harmonogram realizácie meraní,
- spôsob spracovania výsledkov a lehoty odovzdávania výsledkov,
- rozpočet nákladov na vybudovanie meracích zariadení a realizáciu meraní.

### **Vyžadovaná presnosť merania**

Presnosť merania posunov závisí najmä od veľkosti a charakteru posunov. Na analýzu tohto problému možno použiť pomer medzi celkovou očakávanou hodnotou posunu  $p$  a základnou strednou chybou merania  $m_p$ . Norma STN 73 0405 určuje hodnotu tohto pomeru na 1/15, môže však nadobudnúť aj hodnotu 1/5, 1/10 alebo 1/20.

V stavebnej praxi sa najčastejšie určujú zvislé posuny objektu, resp. technologických zariadení. Pri zakladaní stavieb vystačíme obvykle s presnosťou merania posunov na 1 mm. U statických výpočtov sa požaduje presnosť o rád vyššia. Pre vedecké experimenty sa zvyčajne požaduje presnosť 1% z veľkosti teoretických hodnôt posunov a pre praktické účely väčšinou postačuje presnosť merania 5%-10% z očakávaných hodnôt posunov. Všeobecne možno konštatovať, že presnosť merania posunov musí byť o rád vyššia ako je požadovaná presnosť určenia posunov.

### **Metódy merania posunov**

Priestorový posun pozorovaného bodu na sledovanom objekte rozkladáme na zložku zvislú a vodorovnú (zvislý a vodorovný posun). Posuny možno určovať rozličnými

fyzikálnymi metódami, medzi ktorými významné miesto majú geodetické metódy predovšetkým preto, že umožňujú určovať nielen relatívne, ale aj absolútne hodnoty posunov.

Medzi základné metódy na určovanie zvislých posunov patrí geometrická nivelácia, trigonometrická metóda a fotogrametrické metódy. V poslednom čase sa na meranie zvislých posunov stavebných objektov používa elektronická, plne automatická hydrostatická nivelácia. Na určenie náklonu objektov sú vhodné fyzikálne kyvadlá, označované ako pendametre. Metódou hydrostatickej nivelácie, resp. pendametrami je možné určiť prevýšenie, resp. odchýlka od zvislice so strednou chybou 0,01-0,005 mm. Obidvoma uvedenými metódami sa napr. kontroluje náklon reaktorov na JE Jaslovské Bohunice. Na meranie relatívnych zvislých posunov možno úspešne použiť napr. elektronické libely, sklonometry (inklinometre), tenzometre, deformetre, dilatometre, výškomerné krabice a pod.. Relatívne hodnoty posunov možno určovať s presnosťou 0,1mm/m až 0,01mm/1m. Všeobecne možno konštatovať, že na základe teoretických a dlhoročných praktických skúseností možno metódou geometrickej nivelácie dosiahnuť strednú chybu merania zvislých posunov 0,15-0,30mm, trigonometrickou metódou 0,4-0,7mm, a fotogrametricky 0,3-3mm a to v závislosti najmä od vzdialenosti pozorovaných bodov od siete vzťažných bodov.

Na meranie vodorovných posunov sa z geodetických metód využíva najmä metóda zámernej priamky, trigonometrická metóda, metóda trilaterácie, polárna metóda, fotogrametrické metódy a v poslednom období metóda globálneho polohového systému (GPS) ako aj inerciálne meracie systémy (IMS). Rovnako sa v posledných rokoch na meranie posunov v čoraz väčšej miere využívajú laserové prístroje. V spojení s optoelektronickým čítaním laserovej stopy sa táto metóda stáva výhodnejšou než ostatné geodetické metódy, pretože podstatne skracuje čas merania a umožňuje úplnú automatizáciu procesu merania. Celkovo možno konštatovať, že pri určovaní vodorovných posunov uvedenými metódami možno dosiahnuť presnosť v určení posunov od niekoľkých desiatin milimetra do 5 mm. Podrobnosti sú napr. v [2],[3].

Medzi tie metódy, ktoré sa doteraz len veľmi málo u nás pri meraní posunov využívali sú metóda GPS a inerciálne meracie systémy. Metóda GPS je vhodná na meranie posunov v prípadoch ak treba určiť posuny s presnosťou do 5 mm. Metóda nevyžaduje priamu viditeľnosť medzi bodmi. Vypracovaním postupu, ktorý využíva rádiové spojenie medzi aparáturami je možné skrátiť interval medzi dvoma observáciami na 1 až 2 minúty. Inerciálne meracie systémy sú novinkou v oblasti geodetických aplikácií. Boli vyvinuté z inerciálnych navigačných systémov používaných na navigáciu lodí, lietadiel, družíc a pod.. Princíp

inerciálnych meracích systémov je v kontinuálnom meraní zrýchlení a uhlových rýchlostí. Tieto sú vhodné na meranie posunov v prípadoch, keď ide o rozsiahlejšie objekty a vyžadovaná presnosť určenia posunov nepresiahne hodnotu 5mm. Oproti metóde GPS má metóda IMS výhodu v tom, že nie je viazaná na príjem zo satelitov a nevyžaduje signalizáciu bodov. Podrobnosti sú v [2].

#### **Všeobecné poznámky**

Úspešná realizácia metodiky merania posunov a pretvoreni vyžaduje zodpovedne riešiť ďalšie problematiky ako sú lokalizácia, stabilizácia a signalizácia pozorovaných bodov, ako aj siete vzťahných bodov, harmonogram meraní, metodiku vlastného merania, spracovania a interpretácie výsledkov meraní vrátane vyhotovenia elaborátov z predmetných meraní. Tieto problematiky sú súčasťou noriem STN 73 0405, resp. sú detailnejšie uvedené vo viacerých publikáciách a odborných článkoch. Osobitnú skupinu kontrolných meraní posunov tvoria zaťažkavacie skúšky stavebných objektov. Podrobnosti o projekte, realizácii a vyhodnocovaní zaťažkavacích skúšok uvádzajú technické normy pre zaťažkavacie skúšky [7], resp. odborná literatúra [3], [5].

#### **Záver**

Informácie získané diagnostikou konštrukcii stavebných objektov majú všestranný vedecký, technický a praktický význam. Poskytujú podklady na hodnotenie technického stavu diagnostikovaných objektov alebo zariadení, objasňujú vznik, príčinu anomálií v správaní sa stavebných objektov a umožňujú včas realizovať opatrenia na zabezpečenie stability a funkčnej spoľahlivosti stavebných objektov.

Potreba merania posunov a pretvoreni neustále narastá, pričom sa v nemalej miere zvyšujú požiadavky na rozsah, obsah i kvalitu týchto meraní. V budúcnosti treba očakávať, že do oblasti merania posunov a pretvoreni preniknú automatizované meracie systémy, a vo väčšej miere sa uplatní problematika optimalizácie merania, spracovania a vyhodnotenia výsledkov meraní. Významný kvalitatívny podiel na výsledkoch meraní posunov bude mať rozvoj metrológie, ktorá vytvára predpoklady realizovať meranie posunov a pretvoreni efektívne a vo vyžadovanej kvalite.

**Literatúra:**

- [1] Kopáček, A.: Dynamické meracie systémy. Geodetický a kartografický obzor, 42 (84), 1996, č.4, s.68-76.
- [2] Kopáček, A.: Inerciálne merania v geodézii. Geodetický a kartografický obzor, 43 (85), 1997, č.11, s.229-239.
- [3] Michalčák, O. a iní: Inžinierska geodézia I. Bratislava ALFA 1985, s. 346-399.
- [4] Michalčák, O.: Meranie posunov stavebných objektov. Zborník "Činnosť a úlohy autorizovaných geodetov a kartografov". Bratislava 1996, s.100-108.
- [5] Staněk, V.: Geodetické aspekty výstavby mostných objektov. Vydavateľstvo STU Bratislava 1995, 67 s.
- [6] STN 73 04 05 Meranie posunov stavebných objektov, 1986
- [7] STN 73 20 30 Zaťažovacie skúšky stavebných konštrukcií, 1969.