

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TKP 35

**TECHNICKO-KVALITATÍVNE PODMIENKY
GEOTECHNICKÝ MONITORING PRE OBJEKTY LÍNIOVÝCH
ČASTÍ POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ**

účinnosť od: 01. 12. 2016

OBSAH

1	Úvodná kapitola	4
1.1	Vzájomné uznávanie	4
1.2	Predmet technicko-kvalitatívnych podmienok (TKP).....	4
1.3	Účel TKP.....	4
1.4	Použitie TKP	4
1.5	Vypracovanie TKP	6
1.6	Distribúcia TKP	6
1.7	Účinnosť TKP	6
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	6
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	6
1.10	Súvisiace a citované normy.....	7
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy rezortu.....	10
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	11
1.13	Použitá literatúra.....	11
1.14	Použité skratky	11
2	Všeobecne.....	11
2.1	Definície pojmov	11
2.2	Ciele geotechnického monitoringu	13
3	Inštrumentácia, merané veličiny a monitorovacie metódy	14
3.1	Inštrumentácia	14
3.2	Merané veličiny.....	14
3.3	Monitorovacie metódy	14
3.4	Požiadavky na inštrumentáciu a presnosť meraní	18
4	Vykonávanie monitoringu	27
4.1	Všeobecné zásady	27
4.2	Projektovanie monitoringu	27
4.3	Zásady pre výber typu meracieho zariadenia	28
4.4	Výber meracích miest.....	29
4.5	Návrh početnosti (frekvencie) merania.....	29
4.6	Komplexnosť merania	30
4.7	Geologický a geotechnický dozor stavby	30
5	Budovanie systému geotechnického monitoringu	30
5.1	Postupy budovania systému monitoringu.....	30
5.2	Zabezpečenie meradiel	31
5.3	Overenie správnej funkcie meradiel – kalibrácia.....	31
5.4	Osadenie meradiel	31
5.5	Uvedenie systému monitoringu do činnosti – nulté meranie.....	31
5.6	Správa o vybudovaní systému monitoringu	31
6	Zber, uskladňovanie a spracovávanie nameraných dát.....	32
6.1	Všeobecné zásady	32
6.2	Ručný zber dát	32
6.3	Samočinný zber dát.....	33
6.4	Primárne dáta	33
6.5	Správa z geotechnického monitoringu a geologického dozoru stavby	33
7	Archivácia nameraných dát a zabezpečenie ich prístupu užívateľom	33
7.1	Spracovanie a prezentácia dát.....	33
7.2	Súčinnosť účastníkov výstavby pri vykonávaní monitoringu.....	34
8	Hodnotenie monitoringu	35
8.1	Činnosti súvisiace s hodnotením monitoringu	35
8.2	Hlavná pozícia zhotoviteľa monitoringu.....	35
9	Varovné stavy.....	36
9.1	Základné princípy	36
9.2	Stupne varovných stavov	36
9.3	Kritériá varovných stavov	38
9.4	Niektoré zásady hodnotenia varovných stavov	38
9.5	Hodnotenie výsledkov monitoringu	39
9.6	Prijímané opatrenia	39
9.7	Začlenenie monitoringu do systému riadenia výstavby.....	39
10	Archivácia výsledkov meraní po ukončení výstavby	39

11	Skúšanie a preberanie prác	40
11.1	Skúšanie	40
11.2	Preberanie prác	40
12	Výmery a platby	40
12.1	Všeobecne	40
12.2	Časovo viazané náklady na činnosti monitoringu	41

1 Úvodná kapitola

Tieto Technicko-kvalitatívne podmienky (TKP) nadväzujú na ustanovenia, pokyny a odporúčania uvedené v TKP 0.

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti.

„Štát EHP“ a Turecko znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych, medzinárodných alebo zahraničných noriem.

1.2 Predmet technicko-kvalitatívnych podmienok (TKP)

Predmetom týchto TKP geotechnického monitoringu pre objekty líniových častí pozemných komunikácií je definovanie požiadaviek pre projektovanie, inštrumentáciu, vykonávanie a vyhodnocovanie sledovania stavu horninového prostredia v interakcii s výstavbou inžinierskych a geotechnických konštrukcií pozemných komunikácií, resp. stavu inžinierskych a geotechnických konštrukcií pozemných komunikácií v interakcii s horninovým prostredím a zisťovanie vývoja tohto stavu v čase priamym meraním vybraných fyzikálnych veličín.

Uvedené TKP boli spracované na základe najnovších poznatkov o metódach geotechnického monitoringu (ďalej GTM) a skúseností z realizovaných stavieb.

1.3 Účel TKP

GTM je neoddeliteľnou súčasťou výstavby každej náročnej stavebnej konštrukcie v zložitých inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienkach, pričom významne zvyšuje pravdepodobnosť dostatočnej spoľahlivosti predpovedí ďalšieho správania sa sledovaných objektov. Vytvára tak priestor na prijímanie vhodných opatrení na optimalizáciu požiadaviek týkajúcich sa bezpečnosti, kvality a ekonomiky výstavby a v neposlednom rade s predstihom signalizuje nebezpečenstvo vzniku mimoriadnych udalostí, zvyšuje bezpečnosť práce. Zároveň je integrálnou súčasťou riadenia rizík pri realizácii diela.

Východiská pre stanovenie programu GTM spracováva investor stavby a projektant na základe definovania kritických a rizikových miest (analýza rizík projektu), vrátane návrhu opatrení pri prekročení limitných kritérií z hľadiska medzných hodnôt a časového priebehu sledovaného javu.

Účelom týchto TKP je poskytnúť základné pravidlá efektívneho používania observačných metód GTM pri výstavbe geotechnických konštrukcií líniových častí pozemných komunikácií.

1.4 Použitie TKP

Tieto TKP sa vzťahujú na všetky geotechnické konštrukcie na pozemných komunikáciách pokiaľ je ich výstavba spojená s relevantným geotechnickým rizikom, ktoré je definované investorom a projektantom stavby v analýze rizík projektu, ktorá musí byť spracovaná v samostatnej dokumentácii v príslušnom stupni projektovej dokumentácie stavby.

Z hľadiska geotechnických rizík ide najmä o nasledovné geotechnické konštrukcie, ktoré sú v zmysle STN 73 1001 a STN 73 6133 (čl. 5.1.1.3 až 5.1.1.5) zaradené do 2. a 3. geotechnickej kategórie:

- zárezy a násypy,
- oporné a zárubné múry,
- horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou,
- mosty,
- hĺbené tunely,
- stavebné jamy.

Ku špecifickým geotechnickým rizikám možno zaradiť identifikované svahové deformácie, ktoré sa nachádzajú v trase pozemných komunikácií. Súčasťou týchto TKP je aj riešenie GTM svahových deformácií dotknutých výstavbou.

Všeobecne ku priamym geotechnickým rizikám súvisiacim s výstavbou pozemných komunikácií patrí zhoršenie stabilných pomerov horninového prostredia, prekročenie únosnosti a nadmerné deformácie základovej pôdy. K nepriamym geotechnickým rizikám, ktoré však majú významný vplyv najmä na stabilitu horninového prostredia, patria zmeny hydrologických (odtokových) a hydrogeologických pomerov (zmeny režimu podzemných vôd), zmeny reliéfu územia a zmeny odolnosti hornín voči zvetrávaniu (odkrytie horninového prostredia náchylného na zvetrávanie) vyvolané výstavbou pozemných komunikácií.

Samostatnou časťou nepriamych geotechnických rizík sú klimatické zmeny (teplotné a zrážkové anomálie), ktoré sa významnou mierou v poslednom období podieľajú na vzniku geodynamických javov (svahové pohyby, erózia, zvetrávanie).

Geotechnické riziká výstavby pozemnej komunikácie je potrebné špecifikovať v analýze rizík projektu spracovanú projektantom stavby v spolupráci s investorom. Táto musí byť súčasťou projektovej dokumentácie v jednotlivých stupňoch prípravy stavby, pričom by mala jednoznačne obsahovať nasledovné postupy:

- identifikácia rizík (zber údajov, vytypovanie faktorov ohrozenia a ich analýza),
- zhodnotenie nebezpečia v danom horninovom prostredí,
- zhodnotenie expozície horninového prostredia s rizikom vzniku a rozvoja geodynamických javov, citlivosť horninového prostredia, limity únosnosti,
- stanovenie rizika a jeho charakteristika na základe projektu a údajov zo správy z inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu.

Analýza rizík projektu musí byť podkladom pre návrh GTM, avšak v zásade možno pri výstavbe pozemných komunikácií reálne očakávať geotechnické riziká v nasledovných geotechnických podmienkach:

- v úsekoch s výskytom svahových deformácií (plazenie, zosúvanie, tečenie, rútenie),
- v úsekoch zárezov a odrezov zaradených do 2. a 3. geotechnickej kategórie,
- v úsekoch násypov a horninových konštrukcií vystužených geosyntetikou zaradených do 2. a 3. geotechnickej kategórie,
- v úsekoch geotechnických konštrukcií (stavebných objektov) zaradených do 2. a 3. geotechnickej kategórie (mosty, oporné a zárubné múry, hĺbené tunely, pozemné a vodohospodárske objekty),
- v miestach stavebných jám zaradených do 2. a 3. geotechnickej kategórie pri zakladaní mostov, hĺbených tunelov, pozemných a vodohospodárskych objektov.

Okrem analýzy rizík projektu rozhodujúcim podkladom pre návrh GTM by mali byť výsledky inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu a správa o návrhu geotechnickej konštrukcie, v ktorej sa špecifikujú kritické miesta, mechanizmy a kritériá porušenia, stupne dôležitosti, požiadavky na merané veličiny, časti alebo miesta geotechnických konštrukcií, ktoré budú monitorované, časový horizont a frekvencia meraní, limitné hodnoty s definovaním varovných stavov.

Pre všetky postupy a technológie platia príslušné STN, prevzaté EN, ktoré sa týkajú danej problematiky a ktoré boli prijaté do sústavy STN a platné Technické predpisy rezortu (TPR) vydané MDVRR SR. Použitie iných postupov a technológií je prípustné za predpokladu, že sa preukážu ich technicko-kvalitatívne parametre, ktoré nie sú v rozpore s týmito TKP.

1.5 Vypracovanie TKP

Tieto TKP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť Geoconsult, spol. s r. o., Tomášikova 10/E, 821 03 Bratislava.

Zodpovední riešitelia – Ing. Ľuboš Rojko, PhD., tel. č.: +421905204275, e-mail: lubos.rojko@geoconsult.sk; RNDr. Ivan Jakubis, tel. č.: +421918378151, e-mail: ivan.jakubis@geoconsult.sk

1.6 Distribúcia TKP

Elektronická verzia TKP sa po schválení zverejní na webovom sídle SSC: www.ssc.sk (technické predpisy rezortu).

1.7 Účinnosť TKP

Tieto TKP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TKP nahrádzajú TKP 35 Geotechnický monitoring pre objekty líniových častí pozemných komunikácií, MDVRR SR: 2010 v celom rozsahu.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku v znení neskorších predpisov (stavebný zákon);
- [Z2] vyhláška MŽP SR č. 453/2000 Z. z. ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia stavebného zákona;
- [Z3] vyhláška MŽP SR č. 532/2002 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie;
- [Z4] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z5] vyhláška MDVRR č. 162/2013 Z. z. ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémov posudzovania parametrov v znení neskorších predpisov;
- [Z6] zákon č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z7] opatrenie č. 128/2000 Z. z. ktorým sa vyhlasuje Klasifikácia stavieb;
- [Z8] zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z9] zákon č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z10] zákon č. 335/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z11] Slovenský register stavebných výrobkov;
- [Z12] zákon NR SR č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z13] vyhláška MŽP SR č. 51/2008 Z. z. ktorou sa vykonáva geologický zákon v znení neskorších predpisov;
- [Z14] zákon č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov;
- [Z15] zákon č. 223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z16] zákon č. 478/2002 Z.z. o ochrane ovzdušia a ktorým sa doplna Zákon č.40-1/1998 Z.z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení neskorších predpisov (zákon o ovzduší);
- [Z17] zákon č. 215/1995 Z.z., o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov;
- [Z18] zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon);
- [Z19] zákon č. 326/2005 Z.z. o lesoch v znení neskorších predpisov;
- [Z20] zákon č. 137/2010 Z.z. o ovzduší v znení neskorších predpisov;
- [Z21] nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z.z. ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov;
- [Z22] zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí, v znení neskorších predpisov;

- [Z23] vyhláška MŽP SR č. 33/2015 Z.z, ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z24] zákon č. 135/1961 Zb., o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z25] vyhláška FMD č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách v znení neskorších predpisov;
- [Z26] zákon č. 126/2006 Z.z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z27] zákon č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami v znení neskorších predpisov;
- [Z28] zákon č.125/2006 Z.z. o inšpekcii práce a o zmene a doplnení zákona č. 82/2005 Z. z. o nelegálnej práci a nelegálnom zamestnávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z29] zákon č. 138/1992 Zb. o autorizovaných architektoch a autorizovaných stavebných inžinierov v znení neskorších predpisov;
- [Z30] zákon č. 216/1995 Z.z. o Komore geodetov a kartografov v znení neskorších predpisov.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 72 1001	Klasifikácia zemín a skalných hornín
STN 72 1004	Presiometrická skúška
STN 73 0001	Terminológia eurokódov
STN 73 0002	Navrhovanie nosných konštrukcií stavieb Základné ustanovenia
STN 73 0005	Modulová koordinácia rozmerov vo výstavbe. Základné ustanovenia
STN 73 0032	Výpočet stavebných konštrukcií zaťažených dynamickými účinkami strojov
STN 73 0037	Zemný tlak na stavebné konštrukcie
STN 73 0090	Geotechnický prieskum
STN 73 0202	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Základné ustanovenia
STN 73 0203	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Funkčné tolerancie
STN 73 0210-1	Geometrická presnosť vo výstavbe. Podmienky zhotovovania. Časť 1: Presnosť osadenia
STN 73 0212	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrola presnosti
STN 73 0270	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrola pozemných stavebných objektov
STN 73 0275	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Kontrolné meranie líniových stavebných objektov
STN 73 0405	Meranie posunov stavebných objektov
STN 73 0415	Geodetické body
STN 73 0422	Presnosť vytyčovania líniových a plošných stavebných objektov
STN 73 1001	Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb
STN 73 1002	Pilotové základy
STN 73 1010	Názvoslovie a značky v geotechnike
STN 73 1370	Nedeštruktívne skúšanie betónu. Spoločné ustanovenia
STN 73 2011	Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií
STN 73 2030	Zaťažovacie skúšky stavebných konštrukcií. Spoločné ustanovenia
STN 73 2031	Skúšanie stavebných objektov, konštrukcií a dielcov. Spoločné ustanovenia
STN 73 2412	Zhotovovanie a kontrola pórobetónových konštrukcií
STN 73 3040	Geosyntetika. Základné ustanovenia a technické požiadavky
STN 73 3041	Horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou. Technické požiadavky
STN 73 3050	Zemné práce. Všeobecné ustanovenia
STN 73 3052	Násypy, zásypy a obsypy z popola a popolčeka
STN 73 3055	Stavba ciest. Využitie hlušín v cestnom staviteľstve

STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 6125	Stavba vozoviek. Upravené zeminy
STN 73 6133	Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
STN 73 6614	Skúšky zdrojov podzemnej vody
STN 73 6615	Zachytávanie podzemnej vody
STN 73 7501	Navrhovanie konštrukcií razených podzemných objektov. Spoločné ustanovenia
STN 73 7505	Kolektory a technické chodby pre združené trasy podzemných vedení
STN 75 1400	Hydrológia. Hydrologické údaje povrchových vôd. Základné ustanovenia
STN 75 1500	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Základné ustanovenia
STN 75 1510	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Kvantifikácia hydrologického režimu hladín podzemných vôd
STN 75 1520	Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Kvantifikácia výdatnosti prameňov
STN EN 1090-2 + A1 (73 2601)	Zhotovovanie oceľových a hliníkových konštrukcií. Časť 2: Technické požiadavky na oceľové konštrukcie (Konsolidovaný text)
STN EN 12063 (73 1022)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Štetovnicové steny
STN EN 12699 (73 1004)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Razené pilóty
STN EN 12715 (73 1006)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Injektáže
STN EN 12716 (73 1007)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Prúdová injektáž
STN EN 13249 + A1 (80 6104)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované pri stavbe pozemných komunikácií a iných dopravných plôch (okrem železníc a vystužovania asfaltových povrchov vozoviek)
STN EN 13251 + A1 (80 6106)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v zemných stavbách, základoch a podperných konštrukciách
STN EN 13252 + A1 (80 6107)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované v odvodňovacích systémoch
STN EN 13670 (73 2400)	Zhotovovanie betónových konštrukcií
STN EN 14199 (73 1003)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Mikropilóty
STN EN 14475 (73 1009)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie
STN EN 14487-1 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 1: Definície, špecifikácia a zhoda
STN EN 14487-2 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 2: Zhotovovanie
STN EN 14679 (73 1023)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Hĺbkové zlepšovanie zemín
STN EN 14731 (73 1008)	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Zlepšovanie zemín hĺbkovou vibráciou
STN EN 14968 (75 1509)	Sémantika výmeny údajov podzemných vôd

- STN EN 1536 + Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vŕtané pilóty
A1 (73 1002)
- STN EN 15237 Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Zvislé odvodňovanie
(73 1024)
- STN EN 1537 Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Injektované horninové kotvy
(73 1005)
- STN EN 1538 + Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Podzemné steny
A1
(73 1003)
- STN EN 1990 Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
(73 0031)
- STN EN 1991-1- Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž,
1 vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
(73 0035)
- STN EN 1991-1- Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-6: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia počas
6 výstavby
(73 0035)
- STN EN 1991-1- Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia. Mimoriadne
7 (73 0035) zaťaženia
- STN EN 1992-1- Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá
1 + A1 a pravidlá pre budovy
(73 1201)
- STN EN 1992-1- Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá.
2 Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru
(73 1201)
- STN EN 1997-1 Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 1: Všeobecné pravidlá
(73 0091)
- STN EN 1997-2 Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 2: Prieskum a skúšanie
(73 1201) horninového prostredia
- STN EN 1998-1 Eurokód 8. Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 1: Všeobecné
(73 0036) pravidlá, seizmické zaťaženia a pravidlá pre budovy
- STN EN 1998-5 Eurokód 8. Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 5: Základy, oporné
(73 0036) konštrukcie a geotechnické hľadiská
- STN EN 206 Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
(73 2403)
- STN EN ISO Geosyntetika. Časť 1: Termíny a definície (ISO 10318-1: 2015)
10318-1
(80 6100)
- STN EN ISO Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 1:
14688-1 Pomenovanie a opis (ISO 14688-1: 2002)
(72 1003)
- STN EN ISO Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 2:
14688-2 Princípy klasifikácie (ISO 14688-2: 2004)
(72 1003)
- STN EN ISO Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín.
14689-1 Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14689-1: 2003)
(72 1001)
- STN EN ISO Geotechnický prieskum a skúšky. Metódy odberu vzoriek a meranie hladín
22475-1 podzemnej vody. Časť 1: Technické zásady vykonávania (ISO 22475-1: 2006)
(72 1005)
- STN EN ISO Geotechnický prieskum a skúšanie. Terénne skúšky. Časť 2: Dynamické penetračné
22476-2 skúšky (ISO 22476-2: 2005)
(72 1032)

STN EN ISO 22476-3 (72 1032)	Geotechnický prieskum a skúšanie. Terénne skúšky. Časť 3: Štandardné penetračné skúšky (ISO 22476-3: 2005)
STN ISO 3898 (73 0030)	Základy navrhovania stavebných konštrukcií. Označenia. Všeobecné značky
STN ISO 5667- 11 (75 7051)	Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd
STN ISO 6707-1 (73 0000)	Pozemné a inžinierske stavby. Slovník. Časť 1: Všeobecné termíny
STN ENV 1090- 2 (73 2601)	Zhotovovanie oceľových a hliníkových konštrukcií. Časť 2: Technické požiadavky na oceľové konštrukcie (Konsolidovaný text)

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy rezortu

[T1]	TP 004	Použitie ťaženého predvrveného kameniva v spodných podkladových vrstvách, SSC: 2002;
[T2]	TP 007	Projektovanie okružných križovatiek na cestných a miestnych komunikáciách, MDPT SR: 2004 + Dodatok č. 1, MDVRR SR: 2015;
[T3]	TP 017	Projektovanie odvodňovacích zariadení na cestných komunikáciách, MDPT SR: 2005;
[T4]	TP 019	Dokumentácia stavieb ciest, MDPT SR: 2007;
[T5]	TP 026	Sekundárna ochrana betónových konštrukcií, MDPT SR: 2008;
[T6]	TP 027	Navrhovanie zosilnenia betónových mostov, MDPT SR: 2008;
[T7]	TP 028	Vykonávanie inžinierskogeologického prieskumu pre cestné stavby, MDPT SR: 2008;
[T8]	TP 033	Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2008 + Dodatok č. 1, MDVRR SR: 2015;
[T9]	TP 047	Katalóg technológií na opravy základných typov porúch vozoviek, MDVRR SR: 2011;
[T10]	TP 050	Príručka monitoringu vplyvu cestných komunikácií na životné prostredie, MDVRR SR: 2011;
[T11]	TP 051	Použitie, kvalita a systém hodnotenia protihlukových stien, MDVRR SR: 2011;
[T12]	TP 060	Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012;
[T13]	TP 061	Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II., a III. triedy, MDVRR SR: 2012 + Dodatok č.1, MDVRR SR: 2014;
[T14]	TP 064	Použitie geosyntetických a im podobných materiálov vo vrstvách asfaltových vozoviek, MDVRR SR: 2016;
[T15]	TP 079	Navrhovanie a realizácia dodatočných jazdných pruhov, napojenia vozoviek a priečných rozkopávok cestných komunikácií, MDVRR SR: 2014;
[T16]	TP 104	Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2016;
[T17]	TKP 0	Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
[T18]	TKP 2	Zemné práce, MDVRR SR: 2011;
[T19]	TKP 3	Priepusty, MDVRR SR: 2013;
[T20]	TKP 4	Odvodňovacie zariadenia a chráničky pre inžinierske siete, MDPT SR: 2010;
[T21]	TKP 5	Podkladové vrstvy, MDVRR SR: 2014;
[T22]	TKP 12	Pilóty razené, MDVRR SR: 2010;
[T23]	TKP 13	Pilóty vŕtané, MDVRR SR: 2011;
[T24]	TKP 15	Betónové konštrukcie všeobecne, MDVRR SR: 2013;
[T25]	TKP 18	Betón na konštrukcie, MDVRR SR: 2013;

[T26]	TKP 19	Predpäté betónové konštrukcie, MDVRR SR: 2013;
[T27]	TKP 20	Oceľové konštrukcie, MDVRR SR: 2014;
[T28]	TKP 29	Protihlukové clony, MDVRR SR: 2011;
[T29]	TKP 30	Špeciálne zakladanie, MDVRR SR: 2012;
[T30]	TKP 31	Zvláštne zemné konštrukcie, MDVRR SR: 2014;
[T31]	TKP 32	Trvalé oplotenie, MDVRR SR: 2013;
[T32]	VL 1	Vozovky a krajnice, SSC: 2002;
[T33]	VL 2	Teleso pozemných komunikácií, MDVRR SR: 2016;
[T34]	VL 2.2	Odvodňovacie zariadenia, MDVRR SR: 2016;
[T35]	VL 4	Mosty, MDVRR SR: 2014.

Poznámka: MDVRR SR v súlade so schváleným Metodickým pokynom č. 38/2016 pre tvorbu, schvaľovanie a zverejňovanie technických predpisov v rezorte MDVRR SR schválilo s účinnosťou od 1.7.2016 prečíslovanie databázy platných technických podmienok. Prevodná tabuľka je umiestnená na webovom sídle SSC <http://www.ssc.sk/sk/Technicke-predpisy-rezortu/Zoznam-TP.ssc>.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

- [T36] Technické podmienky TP-76, Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace, Část A, B, Ministerstvo dopravy České republiky, 2009.

1.13 Použitá literatúra

- [L1] Rozsypal A.: Kontrolní sledování a rizika v geotechnice, Bratislava 2001.

1.14 Použité skratky

TKP – Technicko-kvalitatívne podmienky

EPH – Európsky hospodársky priestor

RVT – Rozvoj, veda a technika

GTM – Geotechnický monitoring

MDPT SR – Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky

MDVRR SR – Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

MŽP SR – Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky

TPR – technické predpisy rezortu

2 Všeobecne

2.1 Definície pojmov

2.1.1 Geotechnický monitoring

Geotechnický monitoring je súhrn činností zameraných na zisťovanie stavu spolupôsobenia stavebnej konštrukcie s dotknutým horninovým prostredím a sledovanie vývoja tohto stavu v čase a priestore.

Súčasťou GTM je aj prognózovanie ďalšieho vývoja sledovaného systému (horninový masív – stavebná konštrukcia) na základe hodnotenia jeho predchádzajúceho vývoja a geomechanického modelu horninového prostredia, v ktorom sa stavebná konštrukcia realizuje. Výslednou súčasťou GTM je prijímanie vhodných opatrení na udržiavanie vývoja sledovaného systému v medziach požadovaných v dokumentácii a kontrola účinnosti týchto opatrení meraniami vykonávanými v rámci monitoringu.

2.1.2 Geologický a geotechnický dozor stavby

Súčasťou GTM je aj geologický a geotechnický dozor stavby.

Geologický dozor stavby sleduje účinnosť projektovaných opatrení na elimináciu a minimalizáciu identifikovaných geotechnických rizík počas výstavby a priebežne porovnáva súlad inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienok uvedených v analýze rizík so skutočnosťou. V prípade overenia nepriaznivejších podmienok, ako boli predpokladané v analýze rizík, operatívne informuje všetkých účastníkov výstavby, zúčastňuje sa pri riadení rizík a pri návrhu nápravných opatrení.

Geotechnický dozor stavby na základe výsledkov meraní GTM sleduje limitné hodnoty varovných stavov, operatívne informuje všetkých účastníkov výstavby o zmenách limitov v zmysle definovaných varovných stavov, zúčastňuje sa pri riadení rizík a pri návrhu nápravných opatrení.

2.1.3 Varovné stavy

V súvislosti s varovnými stavmi sú definované nasledujúce pojmy:

- stupeň varovného stavu,
- kritérium varovného stavu.

Stupeň varovného stavu je určitý stav v správaní horninového masívu a/alebo stavebnej konštrukcie, ktorý má vzťah k stanovenému cieľu GTM a je spojený s určitým opatrením. Čím vyšší je stupeň varovného stavu, tým väčšie je podstupované riziko, t. j. horninový masív či sledovaná stavebná konštrukcia má bližšie k strate stability.

Kritériá varovného stavu sú exaktne alebo empiricky vopred stanovené limitné hodnoty sledovaných veličín súvisiacich s príslušným stupňom varovného stavu a mierou podstupovaného rizika (limitné hodnoty, časový priebeh). Vopred stanovenými hodnotami sledovaných veličín sa rozumejú limitné hodnoty **stanovené v projektovej dokumentácii geotechnickej konštrukcie** vo vzťahu k existujúcemu geotechnickému riziku.

V priebehu výstavby sa môžu hodnoty kritérií varovných stavov upresňovať na základe skutočného správania horninového masívu a stavebných konštrukcií. Toto upresňovanie je v kompetencii projektanta geotechnickej konštrukcie v spolupráci s geotechnickým dozorom stavby za spoluúčasti ostatných účastníkov výstavby.

2.1.4 Inštrumentácia

Inštrumentácia je prístrojová technika a pomocné konštrukcie (vrty, ryhy, geodetické body, prípojky energie a pod.) používané pri GTM. K inštrumentácii patrí aj udržiavanie prístrojovej techniky v stave umožňujúcom spoľahlivé a dostatočne presné výsledky meraní. Súčasťou inštrumentácie je jej kalibrovanie, osadzovanie a kontrola presnosti aj spoľahlivosti osadených prístrojov.

2.1.5 Zhotoviteľ geotechnického monitoringu

Zhotoviteľ GTM je fyzická alebo právnická osoba, ktorá v potrebnom rozsahu disponuje prístrojovou technikou a skúseným odborným personálom nevyhnutným na realizáciu GTM. Pri komplexnom GTM, súčasťou ktorého je aj monitoring geologických faktorov životného prostredia a geologický a geotechnický dozor stavby, musí mať zhotoviteľ oprávnenie na vykonávanie geologických prác – inžinierskogeologický prieskum [Z12].

Za účelom zabezpečenia požadovanej odbornosti a kvality je nevyhnutné, aby zhotoviteľ GTM disponoval zodpovednými pracovníkmi s nasledujúcou odbornou spôsobilosťou:

- odborná spôsobilosť podľa [Z29],
- odborná spôsobilosť na vykonávanie geologických prác v špecializácii inžinierska geológia vydanú Ministerstvom životného prostredia SR podľa [Z12],
- autorizačné oprávnenie vydané Komorou geodetov a kartografov, vydané v zmysle [Z30].

Požaduje sa, aby zhotoviteľ GTM predložil súbor referencií z vykonávania geotechnického monitoringu na obdobných stavbách.

2.1.6 Dokumentácia geotechnického monitoringu

Dokumentácia GTM je súbor písomnej a výkresovej, resp. grafickej dokumentácie, ktorá na základe analýzy rizík v úrovni dokumentácie pre stavebné povolenie jednoznačne definuje ciele monitoringu, jeho prostriedky, inštrumentáciu, spôsob vykonávania a hodnotenia výsledkov. Súčasťou dokumentácie je aj definovanie a sumarizácia varovných stavov a návrh frekvencie meraní, ktoré sú vyšpecifikované v projektovej dokumentácii geotechnických konštrukcií s relevantným geotechnickým rizikom. Pre spracovanie dokumentácie platia [T4].

Dokumentácia na ponuku je dokumentácia GTM na účely výberového konania na zhotoviteľa geotechnického monitoringu. Dokumentácia na ponuku presne definuje rozsah monitoringu, zvláštne technicko - kvalitatívne podmienky jeho vykonávania, ako aj kvalifikačné kritériá a kritéria na výber zhotoviteľa monitoringu. Pre spracovanie dokumentácie platia [T4].

Realizačná dokumentácia GTM je dokumentácia, ktorú vypracuje zhotoviteľ monitoringu pred začatím prác. Integruje monitorovacie práce do konkrétneho systému riadenia stavby a do systému riadenia rizík výstavby príslušného objektu, resp. stavby.

Realizácia GTM, ktorej súčasťou je aj monitorovanie geologických faktorov životného prostredia, spadá v zmysle [Z12]. pod geologické práce, z toho dôvodu pre spracovanie realizačnej dokumentácie GTM (projektu geologickej úlohy) platia ustanovenia [Z12] a [Z13].

2.1.7 Riadenie geotechnického monitoringu

Geotechnický monitoring riadi zodpovedný projektant GTM (zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy) v kolektíve s ďalšími účastníkmi výstavby, prioritne s projektantom stavby a s geologickým a geotechnickým dozom stavby.

2.2 Ciele geotechnického monitoringu

Základným cieľom GTM je porovnávanie skutočného vývoja sledovaného systému (horninový masív – stavebná konštrukcia a naopak) s predpokladmi uvedenými v realizačnej dokumentácii príslušného stavebného objektu alebo geotechnickej konštrukcie v zmysle identifikovaného geotechnického rizika.

Konkrétnymi cieľmi GTM je predovšetkým:

- sledovanie stanovených limitných hodnôt a ich časového priebehu v zmysle definovaných varovných stavov (geotechnický dozor stavby),
- overovanie vhodnosti navrhnutej technológie budovania stavebnej konštrukcie v konkrétnych geotechnických podmienkach na stavbe,
- kontrola účinnosti sanačných opatrení,
- bezpečnosť realizácie a právne preukázanie kvality vyhotovovaného diela.

Dostatočná početnosť meraní a dostatočné množstvo meracích objektov sa určuje s ohľadom na konkrétne ciele GTM a špecifické vlastnosti systému horninový masív – stavebná konštrukcia a naopak v konkrétnych geotechnických podmienkach stavby.

Okrem vyššie uvedených cieľov je neoddeliteľnou súčasťou GTM aj výkon geotechnického a geologického dozoru počas výstavby. Úlohou geotechnického dozoru stavby je okrem sledovania limitných hodnôt a ich časového priebehu aktívne spolupracovať s projektantom realizačnej dokumentácie monitorovaného stavebného objektu. Úlohou geologického dozoru stavby je najmä zaznamenávať skutočné inžinierskogeologické a hydrogeologické pomery počas výstavby vo forme dokumentácie písomnej, fotografickej a grafickej. Geologický dozor spracováva aj inžinierskogeologickú dokumentáciu doplnkových prieskumných prác počas výstavby vrátane vyhotovenia záverečnej správy.

2.2.1 Prostriedky geotechnického monitoringu

Ciele GTM sa dosahujú niekoľkými základnými prostriedkami:

- vizuálnymi prehliadkami celého prostredia dotknutého výstavbou,
- záznamom geotechnických podmienok horninového prostredia dotknutého výstavbou,
- meraním skutočnej reakcie systému horninový masív – stavebná konštrukcia na postup výstavby a to prostredníctvom meracích prístrojov zabudovaných v horninovom prostredí alebo na stavebnej konštrukcii,
- zberom nameraných dát, ich uchovávaním a spracovaním.

2.2.2 Geotechnický monitoring a riadenie rizík

Pri budovaní každého stavebného diela je nevyhnutné podstúpiť väčšie či menšie riziká, ktoré sú definované v analýze rizík. GTM je základným predpokladom kontroly rizík a ich kvantifikácie. GTM umožňuje predvídať a operatívnymi opatreniami minimalizovať nepriaznivé účinky identifikovaných geotechnických rizík a teda aj znižovať z nich plynúce škody.

3 Inštrumentácia, merané veličiny a monitorovacie metódy

3.1 Inštrumentácia

Inštrumentácia je časť GTM, ktorá sa zaoberá meracou prístrojovou technikou, jej inštaláciou a kalibráciou vrátane pomocných konštrukcií (vrty, ryhy, geodetické body, prípojky energií a pod.). Konkrétnu voľbu meracieho prístroja navrhuje zhotoviteľ GTM v realizačnej dokumentácii. Pri voľbe meracieho zariadenia sa vychádza z definovaného cieľa merania, požiadaviek na presnosť merania, rozsahu meraných veličín, doby merania, spoľahlivosti merania, odolnosti proti vonkajším vplyvom (atmosferické vplyvy, ohrozenie technológiou výstavby, poškodenie prachom, vlhkom, nároky na energiu, obsluhu a pod.).

Pri voľbe meracieho zariadenia sa ďalej prihliada na:

- pravdepodobné veľkosti očakávaných hodnôt meraných veličín,
- pravdepodobný vývoj meraných veličín v čase,
- kvalifikáciu obslužného personálu a možnosti chrániť meracie zariadenie výstavby,
- možnosti automatizácie merania,
- očakávané množstvo meraných dát a dobu sledovania.

Konkrétna prístrojová technika a metóda merania sa ďalej volí s prihliadnutím na:

- druh veličín, ktoré budú predmetom merania (deformácia, napätie a pórové tlaky, hladina podzemnej vody a pod.),
- možnosti realizácie pomocných konštrukcií a pripojenia na energiu,
- spôsob merania (metódy merania),
- požiadavky na diaľkový prenos dát, zhromažďovanie dát a ich samočinné spracovávanie.

3.2 Merané veličiny

Veličiny obvykle sledované pri GTM výstavby pozemnej komunikácie sú:

- ❖ deformácie,
 - podpovrchové
 - vertikálne
 - horizontálne
 - 3D
 - povrchové
 - vertikálne
 - horizontálne
 - 3D
- ❖ napätia, tlaky a sily,
 - napätia v stavebných konštrukciách
 - zemné tlaky
 - pórové tlaky
 - sily v kotvách
- ❖ teplota konštrukcií a horniny,
- ❖ vodný režim (hladina podzemnej vody, prietoky na odvodňovacích zariadeniach – odvodňovacie vrty a drenážne systémy),
- ❖ klimatické pomery (zrážky, teplota vzduchu).

3.3 Monitorovacie metódy

3.3.1 Meranie deformácií

3.3.1.1 Geodetické merania - Δx , Δy , Δz (m)

Geodetické merania sledujú zmeny polohy Δx , Δy a výšky Δz bodov osadených na povrchu terénu (zosuvné územia, zárezy, násypy) a zmeny polohy Δx , Δy a výšky Δz bodov osadených na geotechnických konštrukciách (oporné a zárubné múry, mosty a pod.).

Merania zmien polohy Δx , Δy sa vykonávajú terestrickým meraním trigonometricky a polárnou metódou totálnou stanicou. Na miestach, kde je možné stabilizovať GPS GNSS prijímač, môže sa použiť metóda RTK, pre dosiahnutie vyššej presnosti treba použiť statickú metódu.

Merania zmien vo výške Δz sa vykonávajú veľmi presnou niveláciou, presnou niveláciou v súlade s geodetickými predpismi pomocou nivelačných prístrojov ale aj trigonometrickou niveláciou totálnou stanicou vyššej presnosti.

Technológiu a metodiku merania, ako aj prístrojové vybavenie určuje zodpovedný geodet na základe projektu merania posunov a deformácií GTM a na základe požadovanej presnosti a požiadaviek projektanta stavby.

Na povrchu terénu sa merajú fixované geodetické body (pilieri, pažnice) a na stavebných objektoch podrobné geodetické body (čapy, terčičky, odrazové hranoly, nivelačné značky) osadené na konštrukciách.

Polohové merania sú pripojené na body vytyčovacej siete (BVS) stavby a pozorovacie geodetické body.

Výškové merania sú pripojené na výškové body štátnej nivelačnej siete v okolí lokality. K nim sú výškovy pripojené ďalšie pomocné pevné body po celom obvode monitorovaného objektu umiestnené v dostatočnej vzdialenosti od predpokladaného dosahu vplyvu stavebných prác.

Rozsah a presnosť geodetických meraní určuje projektant stavby v závislosti od jednotlivých prípadov GTM na povrchu terénu a na geotechnických konštrukciách.

Pre geodetické merania je potrebné vybudovať sieť pozorovacích bodov, t. j. body, z ktorých sa merania vykonávajú a sieť pozorovaných bodov, t. j. body, ktoré sa sledujú. Pozorovacie a pozorované body sa vytyčujú a polohopisne a výškopisne zamerajú z existujúcich bodov vytyčovacej siete (BVS) stavby. V určitých prípadoch pozorovacie a pozorované body môžu byť merané vo vybudovanej lokálnej sieti v lokálnom súradnicovom systéme, alebo môžu byť pripojené na body štátnej trigonometrickej siete, ktoré majú polohovo určené súradnice v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovy určené súradnice vo výškovom systéme Balt po vyrovnaní.

Pozornosť je nevyhnutné venovať stabilizácii meraných bodov tak, aby ich pohyby neovplyvňovali iné činnosti na stavbe.

Pre merania priestorových zmien je možné použiť aj ďalšie moderné metódy, napr. používanie geodetických robotov s kontinuálnym meraním polohových a výškových zmien, bezkontaktné určovanie priestorových súradníc s vytvorením 3D modelu snímaného povrchu (3D skener), pričom požiadavky na tieto merania určuje projektant stavby.

3.3.1.2 Inklinometrické merania

Inklinometrické meranie je metóda na sledovanie podpovrchových posunov alebo deformácií prostredníctvom merania uhlov vo vodiacej rúre.

Merania vertikálnym inklinometrom - $\Delta u_{x,i}$, $\Delta u_{y,i}$ (m)

Vertikálnym inklinometrom je možné zachytiť podpovrchové vodorovné posuny a najčastejšie sa aplikuje pri monitorovaní stability násypov, zárezov, na sledovanie aktivity pohybov v zosuvných územiach, stability oporných a zárubných múrov, bočných pohybov pilierov mostov, pažiacich stien stavebných jám a pod. Meranie sa vykonáva v inklinometrických vrtoch, ktoré sú monitorovacími objektami pre aplikáciu presnej zvislej inklinometrickej metódy. Pri tejto metóde sa zisťujú podpovrchové horizontálne pretvorenia (posuny) na základe merania uhla odklonu od zvislice a jeho zmien. V ojedinelých prípadoch je možné použiť aj kontinuálne merania.

Inklinometrické vrty spolu s vrtní pre sledovanie hladiny podzemnej vody (čl. 3.3.4.1 a čl. 3.4.4.1) je potrebné zriadiť vo všetkých zosuvných územiach dotknutých výstavbou v zmysle analýzy rizík projektu. Uprednostňujeme zriadiť monitorovacie vrty inklinometrické a vrty pre sledovanie hladiny podzemnej vody ako dvojicu vrtoch na jednom stanovišti, pričom vrty (inklinometrické, hladina podzemnej vody) musia byť navrhnuté minimálne na dvoch stanovištiach a to jedno nad a jedno pod trasou v priečnom profile tak, aby bol zabezpečený monitoring zosuvov v smere ich predpokladaného pohybu. Na základe zhodnotenia geotechnických podmienok musí byť táto požiadavka zapracovaná do projektu GTM.

Merania horizontálnym inklinometrom - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Metóda horizontálnej inklinometrie využíva princíp kontinuálnej presnej inklinometrie v horizontálnej, resp. subhorizontálnej orientácii, ktorá umožňuje sledovať vývoj vertikálnych deformácií (sadanie podložia) pod zemnými (násypy) a geotechnickými (horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou, oporné múry) konštrukciami, potrubnými rozvodmi a pod.. Horizontálna inklinometria sa merania v zabudovaných meracích rúrach štandardne zabudovaných v podloží stavebného objektu.

Pri násypoch vyšších ako 6 m (2. a 3. geotechnická kategória) zakladaných na neúnosnom a silne stlačiteľnom podloží je potrebné realizovať horizontálne inklinometre aj s meraním pórových tlakov vody (čl. 3.3.2.3 a čl. 3.4.2.3). Ak sa preukáže v analýze rizík projektu a následne aj výpočtom nevyhnutnosť zriadiť horizontálne inklinometre s meraním pórového tlaku vody aj pri násypoch nižších (3 m až 6 m), je potrebné navrhnúť merania deformácií (horizontálny inklinometer) a pórového tlaku vody v projekte GTM a návrh odsúhlasiť s investorom.

3.3.1.3 Deformetrické merania - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Pre meranie axiálnych deformácií (skrátene príj. predĺženie) pozdĺž meranej priamky sa používa meranie posuvným deformetrom. Najčastejšími aplikáciami je monitoring deformácií podložia pri plošnom a hlbkovom zakladaní stavebných objektov (mosty) a deformácie (konsolidácia) telesa násypov vrátane ich podložia, deformácie zásypov a podložia hĺbených tunelov, deformácie dna v hlbokých stavebných jamách (odfahčenie výkopom, priťaženie stavebnou konštrukciou) a v hlbokých zárezoch (odfahčenie dna zárezu výkopom). Merania sa realizujú vo zvislých vrtoch vystrojených deformetrickou pažnicou zabudovaných v horninovom prostredí, resp. v zemnej konštrukcii (násype, zásype).

3.3.1.4 Inklinometricko - deformetrické merania - $\Delta u_{x,i}$, $\Delta u_{y,i}$, $\Delta u_{z,i}$ (m)

Kombinovanou metódou sú inklinometricko-deformetrické merania, ktoré umožňujú sledovať vývoj všetkých priestorových (3D) pretvorení v horninovom prostredí, t. j. v osiach horizontálnej roviny (X, Y) ako pri presnej vertikálnej inklinometrii a tiež aj vo vertikálnom smere (v osi Z) ako pri deformetrickom meraní, pričom sa používa špeciálne vystrojenie vrtu. Uplatnenie týchto 3D meraní sa využíva podobne ako pri inklinometrických a deformetrických meraniach.

3.3.1.5 Hydrostatické merania - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Hydrostatické meranie je založené na princípe tradičných hadicových vodováh a slúži na dlhodobé sledovanie deformácií (sadanie) stavebných objektov. Meracie body sú osadené snímačmi s kvapalným médiom, ktoré sú navzájom prepojené medzi sebou hadicami. Hladina kvapaliny vymedzuje porovnávaciu rovinu, vzhľadom na ktorú sa meria zvislý pohyb nádob. Jeden zo snímačov je referenčný a je zameriavaný geodeticky alebo je v mieste mimo posunov.

3.3.1.6 Merania náklonov - $\Delta \alpha$, $\Delta \beta$ (°)

Náklony sa merajú prenosnými náklonomermi s elektronickými snímačmi. Samotné meranie uhlov sa uskutočňuje pomocou vysokocitlivého elektronického kyvadla. Na sledované objekty sa pevne zabudujú meracie značky, na ktoré sa samotný merací prístroj uloží len po dobu merania. Princíp dosadania meracieho zariadenia na značky zaručuje presnú reprodukovateľnosť polohy prístroja pri každom meraní. Meracie značky sa upevňujú do betónu, muriva alebo skaly zacementovaním, na oceľové konštrukcie privarením. Podľa druhu merania sa používajú rôzne typy meracích značiek a prípravkov k pootočeniu meracej základne do horizontálnej alebo vertikálnej roviny.

Meranie zmeny náklonov sa využíva pri monitoringu pozemných objektov, pilierov mostných objektov, pažiach stien stavebných jám. Výhodou merania je včasné rozpoznanie naklonenia objektu v prípadoch, keď nie je možné polohové zmeny merať geodeticky.

3.3.1.7 Dilatometrické merania - Δu_x , Δu_y , Δu_z (m)

Meranie vzájomných pohybov napr. v dilatáciách alebo trhlinách stavebných objektov alebo puklinách skalného masívu napomáha rozpoznať konkrétne štádium časového vývoja deformačného procesu, ako aj jeho mechaniku. Obzvlášť významné je monitorovanie pohybov pri nestacionárnych procesoch (jednotlivé etapy výstavby, zvetrávanie horninového masívu a pod.). Pohyb v škáre sa môže prejaviť v troch smeroch: ako jej roztvorenie/zovretie, výškový a šmykový posun. Vo väčšine

prípadoch sa najväčšie pohyby prejavujú v zmene šírky trhliny a preto je väčšina zariadení usporiadaná na ich meranie. Súčasne s meraním posunu sa meria aj povrchová teplota stavebnej konštrukcie, horniny na elimináciu vplyvu teplotnej rozťažnosti.

3.3.1.8 Extenzometrické merania - Δl (m)

Extenzometrické merania slúžia k meraniu relatívnych posunov medzi dvoma bodmi. Meraná je najčastejšia zmena dĺžky medzi meracou hlavou upevnenou na povrchu a koreňom fixovaným v horninovom masíve. Najčastejšími aplikáciami je meranie zmien v geotechnických konštrukciách ako sú oporné a zárubné múry, horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou, kde funkciu výstuže plní plošná geosyntetická výstuž a funkciu kotiev plnia úzke geosyntetické pásiky a pod. Extenzometrické merania je možné použiť aj v prípade ťažko prístupných nestabilných skalných svahov, prípadne priamo na inštalovaných kotevných prvkoch (meracie tyčové kotvy, svorníky).

3.3.1.9 Konvergenčné merania - Δl (m)

Konvergenčné merania sa vykonávajú pre stanovenie zmien dĺžok pri vyšetrovaní deformácií stavebných objektov, napr. pri meraní deformácií paženia líniových stavebných jám, obojstranných zárubných múrov v zárezoch, hĺbených tuneloch a pod.. Meranie sa vykonáva medzi dvoma pevne osadenými bodmi s guľovým zhlavím. Body môžu byť usporiadané do osí nasmerovaných do smeru očakávaných pohybov. Môžu byť pevne zabudované do stien stavebných jám alebo do stabilizovaných meračských pilierov pri meraní posunov na povrchu terénu. Sledujú sa buď vzájomné priblíženia – konvergencia, resp. oddialenie – divergencia bodov alebo sa sledujú absolútne vektory deformácie týchto bodov.

3.3.1.10 Radarová interferometria

Metóda bola vyvinutá a je dnes využívaná najmä na určovanie zmien a deformácií zemského povrchu. Technológia môže pracovať ako v statickom tak aj dynamickom móde. Pri takejto extrémnej rozlišovacej schopnosti je možné niektoré akútne geodynamické deje pozorovať aj v čase niekoľkých málo hodín či dní. Pozemná radarová interferometria T-InSAR (Terrestrial Interferometric Synthetic Aperture radar) používa radar s mikrovlnným žiarením na vlnovej dĺžke 1 mm až 1 m. Omnoho nižšie vlnové dĺžky umožňujú získať údaje aj za hmlu, v noci, mierneho sneženia a dažďa. Radar vysiela signál a následne ho prijíma. Merania okrem intenzitnej zložky (popisujúcej odrazivé vlastnosti povrchu) obsahujú údaje aj fázovej zložky (na rozdiel od klasických technológií - 3D skenovanie) a táto fázová zložka hovorí priamo o okamžitej vzdialenosti radaru od každého ožiareného bodu. Fázový rozdiel z dvoch radarových snímok rovnakého územia umožňuje určiť incidenčný uhol, pod ktorým dopadá žiarenie na povrch. Údaje o vzdialenosti, incidenčnom uhle a polohe radaru tak potom umožňujú spočítať nielen tvar snímaného terénu ale aj jeho posuny.

3.3.2 Merania napätia, tlakov a síl

3.3.2.1 Merania napätí v stavebných konštrukciách - $\sigma = \epsilon \cdot E$ (Pa)

Metóda spočíva v meraní pomernej deformácie, ktorou je možné nepriamo vyšetriť napätie v ocelových alebo betónových konštrukciách stavebných objektov (mosty, geotechnické konštrukcie), prípadne pri hĺbkovom zakladaní konštrukcií (pilóty) a pod. Merania sa vykonávajú pomocou snímačov pretvorenia napr. vibračnými tenzometrami.

3.3.2.2 Merania zemných tlakov - p (Pa)

Meraním je možné sledovať skutočný tlak zeminy na pažiace konštrukcie stavebných jám a geotechnické konštrukcie pozemnej komunikácie (oporné múry, horninové konštrukcie vystužené geosyntetikou a pod.) ako aj pozorovanie tlakov vo vysokých násypoch a v ich podloží. Pre meranie sa používajú hydraulické tlakové krabice.

3.3.2.3 Merania pórových tlakov vody

Meranie sleduje vývoj pórových tlakov vody v málo priepustných a nepriepustných zeminách a to najčastejšie v podloží násypov, prípadne iných geotechnických konštrukcií pre monitorovanie priebehu konsolidácie základovej pôdy stavebného objektu, resp. meranie je možné využiť aj pri monitorovaní zosuvných území. Merania pórových tlakov vody je možné využiť aj pri monitorovaní výstavby hlbokých stavebných jám. Pórové tlaky vody v zemine sa merajú otvorenými alebo uzavretými piezometrami (snímače pórového tlaku).

3.3.2.4 Meranie sily kotiev

Meranie sily v kotvách poskytuje predstavu o skutočnom zaťažení kotvy, vývoji kotevnej sily v čase a o stabilite celého systému, pričom sa merania využívajú hlavne pri kotvených dočasných a trvalých konštrukciách (pažené stavebné jamy, kotvené betónové prahy zárubných a oporných múrov, kotvené pilotové steny). Pre meranie sa na kotvy inštalujú prstencové dynamometre (hydraulické) s priamym meraním sily medzi hlavou kotvy a konštrukciou, prípadne sa na kotvu nasunie magnetoelastický dynamometer, ktorý využíva magnetoelastický jav, t.j. zmenu magnetických vlastností feromagnetického materiálu v dôsledku naň pôsobiacej sily. Pri sledovaní trvalých kotiev by mal snímač spĺňať kritérium životnosti, t.j. minimálne polovicu navrhovanej životnosti sledovaného objektu. U trvalých kotiev by mal snímač umožňovať kontinuálne meranie sily.

3.3.3 Meranie teploty

Väčšina meraných veličín je závislá od teploty, preto je potrebné na vykonanie teplotných kompenzácií merať aj teplotu (konštrukcia, hornina). Pokiaľ meracie zariadenie pre vyššie uvedené metódy nedisponuje snímačom teploty a pre dodržanie predpísanej presnosti je vplyv teploty potrebné zohľadniť, je potrebné teplotu pri každom meraní merať s dostatočnou presnosťou a pri vyhodnotení meraní vykonať potrebné korekcie. Merania sa vykonávajú dotykovými lebo bezdotykovými teplomermi.

Merania sa tiež týkajú vybraných konštrukcií z liateho betónu a to na vonkajšom a vnútornom líci, tiež sa meria aj vývoj hydratačného tepla počas tuhnutia betónu. Rozdiel teplôt pri vnútornom a vonkajšom líci konštrukcie a na jeho rozličných miestach sú spolu s hodnotami vyvíjaného hydratačného tepla významnými okolnosťami pre dimenzovanie konštrukcie.

3.3.4 Meranie vodného režimu

3.3.4.1 Meranie hladiny podzemnej vody

Úroveň hladiny podzemnej vody je pri viacerých geotechnických konštrukciách dôležitou zložkou ovplyvňujúcou ich stabilitu a životnosť, pričom je aj jedným z nepriaznivých faktorov pri stavových deformáciách. Z toho dôvodu je dôležité poznať režim hladiny podzemnej vody v horninovom prostredí a zároveň limitné hodnoty jej úrovne v zmysle výstupov z geotechnických výpočtov. Zároveň sledovanie režimu hladiny podzemnej vody je kontrolným mechanizmom pre posúdenie správnej funkcie odvodňovacích zariadení zrealizovaných v rámci sanačných opatrení (subhorizontálne odvodňovacie vrty, drenážne systémy a pod.)

Meranie hladiny podzemnej vody sa vykonáva v špeciálne vystrojených vrtoch buď ručne (hladinomerom), prípadne automatizovaným zariadením (snímač vodného tlaku).

3.3.4.2 Meranie prietokov odvodňovacích zariadení

Meranie prietokov odvodňovacích zariadení je doplnkovou metódou k meraniu režimu podzemnej vody, pričom ide najmä o kontrolu funkčnosti zrealizovaných sanačných opatrení (odvodňovacie vrty, drenážne systémy a pod.). Meranie prietokov (výdatnosti) odvodňovacích vrto sa vykonáva na ich vyústení ručne (kalibrovaná nádoba, meranie času), prípadne automatizovane (drenážne systémy) meracím zariadením osadeným na potrubí drenáže (snímače prietoku).

3.3.5 Meranie klimatických pomerov

Údaje o klimatických pomeroch (úhrn zrážok, teplotný režim) sú dôležitou súčasťou geotechnického monitoringu a je potrebné im venovať zvýšenú pozornosť z toho dôvodu, že v poslednom období (globálna zmena klímy) významne zvyšujú geotechnické riziká (teplotné a zrážkové anomálie). Údaje sa získavajú buď z meteorologických staníc siete SHMÚ, resp. vybudovaním meteorologických (zrážkomerných) staníc priamo na lokalite sledovanej stavby.

3.4 Požiadavky na inštrumentáciu a presnosť meraní

Inštrumentované zariadenia a meracie prístroje, okrem nižšie uvedených požiadaviek, musia spĺňať kritéria odolnosti proti klimatickým vplyvom, vplyvom stavebných prác a možnému vandalizmu neoprávnenými osobami.

3.4.1 Meranie deformácií

3.4.1.1 Geodetické merania - Δx , Δy , Δz (m)

V zásade pre geodetické merania musí byť zrealizovaný dostatočný počet pozorovacích bodov tak, aby bola možná kontrola meraní medzi bodmi navzájom, pričom sieť pozorovacích bodov je možné kombinovať, prípadne aj nahradiť bodmi vytyčovacej siete (BVS) stavby, ktoré spĺňajú nižšie uvedené požiadavky.

Požiadavky na zriadenie pozorovacích bodov:

- Body musia byť stabilizované hĺbkovou stabilizáciou, pričom hĺbka stabilizácie minimálne 1 m pod úroveň terénu s rozmermi betónového bloku minimálne 0,6 m x 0,6 m, priemer oceľovej pažnice osadenej v betónovom bloku minimálne \varnothing 250 mm. Pažnica musí byť vyplnená betónom.
- Pre body s nútenou centráciou je pažnica výšky minimálne 1,35 m nad terénom, pre body bez nútenej centrácie je pažnica výšky minimálne 0,30 m nad terénom.
- Body s nútenou centráciou musia byť upravené tak, aby bolo možné na pažnicu osadiť priamo merací prístroj, body bez nútenej centrácie majú v strede pažnice zabetónovanú meraciu značku (klinec).
- Oceľové pažnice musia byť opatrené náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť pažnice) a označené minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a číslom bodu v zmysle realizačného projektu GTM.
- Minimálny počet bodov s nútenou centráciou a bez nútenej centrácie určí projektant stavby.

Požiadavky na zriadenie pozorovaných bodov osadených na povrchu terénu:

- Body musia byť stabilizované hĺbkovou stabilizáciou, pričom hĺbka stabilizácie minimálne 1 m pod úroveň terénu s rozmermi betónového bloku minimálne 0,4 m x 0,4 m, priemer oceľovej pažnice osadenej v betónovom bloku minimálne \varnothing 130 mm. Pažnica musí byť vyplnená betónom s výškou minimálne 0,30 m nad terénom.
- Body majú v strede pažnice zabetónovanú meraciu značku (napr. klinec).
- Oceľové pažnice musia byť opatrené náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť pažnice) a označené minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a číslom bodu v zmysle realizačného projektu GTM.
- Minimálny počet pozorovaných bodov určí projektant stavby.

Požiadavky na zriadenie pozorovaných bodov na geotechnických konštrukciách:

- Pozorované body musia byť stabilizované a signalizované v závislosti od umiestnenia podrobných geodetických bodov na geotechnických konštrukciách meračskými značkami (samolepiace odrazové značky, kovové značky so závitom, odrazové hranoly, odrazové terčíky, zabudované čapové a klinecové značky).
- Minimálny počet pozorovaných podrobných geodetických bodov a druh meračských značiek určí projektant stavby.

Požiadavky na presnosť geodetických meraní priestorových posunov Δx , Δy , Δz a meracie prístroje:

- Metóda geodetického merania priestorových posunov Δx , Δy , Δz musí byť zvolená v závislosti od požadovanej presnosti merania a od morfológie terénu.
- Pri určovaní posunov v polohe a výške Δx , Δy , Δz pre požadovanú presnosť nižšiu ako 1 mm sa môže použiť polárna metóda merania, pričom presnosť metódy merania závisí od použitej totálnej stanice.
- Pri určovaní posunov v polohe Δx , Δy , pre požadovanú presnosť nižšiu ako 1 mm sa môže použiť GPS metóda.
- Pri určovaní posunov vo výške Δz pre požadovanú presnosť vyššiu ako 1 mm sa použije veľmi presná nivelácia.
- Na základe presnosti merania a situácie danej lokality musí byť zvolená metóda na základe vypočítanej aposteriórnej presnosti – čiže predpokladanej dosiahnutej presnosti pre danú metódu merania s danými zariadeniami.

3.4.1.2 Inklinometrické merania

Merania vertikálnym inklinometrom - $\Delta u_{x,i}$, $\Delta u_{y,i}$ (m)

Inklinometrický systém pozostáva zo zabudovaných špeciálnych inklinometrických výpažníc a z prenosnej inklinometrickej sondy s ovládacím káblom napojeným na odčítaciu jednotku. Inklinometrické výpažnice z PVC sú vybavené pozdĺžnymi drážkami v dvoch na seba kolmých smeroch a zabezpečujú orientáciu sondy v určenom smere. Zabudovávajú sa priamo v konštrukcii (napr. pilota, podzemná stena, základový blok a pod.) a vo vrte. Dĺžku inklinometrickej výpažnice (vrtu) určuje projektant stavby.

Požiadavky na zabudovanie inklinometrickej výpažnice v konštrukcii:

- Pri zabudovaní do konštrukcie sa inklinometrická výpažnica osadzuje priamo do betónu. Drážky vodiacich výpažníc je potrebné orientovať v smere predpokladaných deformácií.
- Inklinometrická výpažnica sa osadí tak, aby zhlavie inklinometrickej výpažnice bolo dostupné aj po zrealizovaní finálnej úpravy konštrukcie (napr. rímsa a pod.).
- Zhlavie inklinometrickej výpažnice sa ochráni oceľovou chráničkou a medzikružie sa dôsledne vyplní bentonitovo-cementovou (BC) zálievkou.
- Oceľová chránička priemeru minimálne 130 mm je zapustená do konštrukcie a stabilizovaná betónom konštrukcie. Oceľová chránička a inklinometrická výpažnica je zabezpečená oceľovým uzamykateľným poklopom.
- Oceľová chránička musí byť opatrená náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť chráničky) a označená minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením inklinometra v zmysle realizačného projektu GTM.
- Horná hrana inklinometrickej výpažnice musí byť polohovo a výškovo zameraná.

Požiadavky na zabudovanie inklinometrickej výpažnice vo vrte:

- Pri zabudovaní do vrtu sa inklinometrická výpažnica osadzuje do vrtného otvoru minimálne \varnothing 130 mm, pričom priestor medzi inklinometrickou výpažnicou a stenou vrtu sa dôsledne vyplní bentonitovo-cementovou (BC) zálievkou, ktorej receptúra zodpovedá deformačným vlastnostiam horninového prostredia. Drážky vodiacich výpažníc je potrebné orientovať v smere predpokladaných deformácií.
- Inklinometrická výpažnica sa osadí minimálne 0,5 m nad terén, pričom zhlavie vrtu a inklinometrickej výpažnice sa ochráni oceľovou chráničkou a medzikružie sa taktiež dôsledne vyplní BC zálievkou.
- Oceľová chránička priemeru minimálne 150 mm je zapustená do terénu 1 m a na povrchu terénu je stabilizovaná betónovou pätkou s rozmermi (0,5x0,5x0,5) m. Oceľová chránička a inklinometrická výpažnica je zabezpečená oceľovým uzamykateľným poklopom.
- Oceľová chránička musí byť opatrená náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť chráničky) a označená minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením inklinometra v zmysle realizačného projektu GTM.
- Horná hrana inklinometrickej výpažnice musí byť polohovo a výškovo zameraná.

Na inklinometrické meranie sa používa inklinometrická sonda dĺžky 500 mm, ktorá obsahuje dva citlivé servomechanické merače zrýchlenia a ktorých osi sú vzájomne otočené o 90°. Počas merania musí byť sonda vedená v drážkach inklinometrickej výpažnice pomocou štyroch vodiacich kolies, pričom je ťahaná zdola nahor pomocou spojovacieho kábla. Merania sa vykonávajú v hĺbkovom intervale po 0,5 m prenosnou odčítacou aparaturou s káblovým prepojením so sondou.

Požiadavky na meráciu sondy:

- Meracia základňa 500 mm.
- Rozsah merania $\pm 53^\circ$ od vertikály, rozlíšenie 0,02 mm na 500 mm.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Presnosť meraní v bežných podmienkach $\pm 0,2$ mm na 0,5 m hĺbky.

Merania horizontálnym inklinometrom - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Inklinometrický systém pozostáva zo zabudovaných špeciálnych inklinometrických rúr a z prenosnej inklinometrickej sondy s ovládacím káblom napojeným na odčítaciu jednotku.

Inklinometrické rúry z PVC sú vybavené pozdĺžnymi drážkami v pravouhlej orientácii vo zvislom a vodorovnom smere. Zabudovávajú sa priamo v konštrukcii (v základovej škáre). Dĺžku inklinometrickej rúry (meracieho profilu) určuje projektant stavby.

Požiadavky na zabudovanie inklinometrickej rúry:

- V základovej škáre sa inklinometrická rúra inštaluje do ryhy s hĺbkou a šírkou minimálne (30x30) cm, pričom rúra sa ukladá do pieskového lôžka a obsype sa pieskom 10 cm nad rúru. Ryha sa následne zasype štrkodrvinou frakcie 0/8 mm a zásyp sa zhutní. Drážky vodiacej rúry je potrebné orientovať vo zvislom smere a voči jej pootočeniu pri zabudovaní sa rúra zabezpečí ocelovými platňami rozmerov (30x30) cm.
- Pre zabezpečenie prístupu meracej sondy sa vyústenie inklinometrických rúr zriadi mimo základovú škáru (napr. v päte násypu). Vyústenie rúr môže byť obojstranné alebo jednostranné a fixuje sa čelným betónovým múrikom s výklenkom pre osadenie uzamykateľných plechových dvierok v ocelovom ráme. Pre verifikáciu meraní sa na výustné múriky osadia geodetické body (klince).
- Manipulačný priestor pred dvierkami s vyústením inklinometrickej rúry musí byť min. 1,5 m.
- Vyústenie inklinometrickej rúry musí byť označené ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Vlastné merania sa vykonávajú inklinometrickou sondou dĺžky 1 000/500 mm, ktorá je vybavená snímačom náklonu, z oboch strán sondy je konektor, aby bolo možné merať v dvoch polohách a tým vylúčiť chybu z pootočenia sondy. Sonda s prepojovacím káblom k prenosnej odčítacej aparatúre sa zasúva v drážkach inklinometrickej rúry pomocou tuhého ale ohybného rílzanového prúta zhodnej dĺžky s osadenou rúrou. Meranie sa vykonáva zväčša v dĺžkových intervaloch 1 m, v každom intervale sa odčíta náklon, ktorý je konvertovaný na posun.

Pre získanie absolútnych hodnôt vertikálnych deformácií je potrebné súčasne s meraním inklinometrickou sondou premerať aj geodetický (pozorovaný) bod osadený na vyústení inklinometrickej rúry (múrik) – výškové zmeny Δz . Požiadavky na geodetické merania sú uvedené v čl. 3.4.1.1.

Požiadavky na meráciu sondy:

- Meracia základňa 500/1 000 mm
- Rozsah merania $\pm 45^\circ$ od horizontály, rozlíšenie 0,02 mm na 500 mm.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Presnosť meraní v bežných podmienkach $\pm 0,2$ mm na 0,5 m dĺžky.

3.4.1.3 Deformetrické merania - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Deformetrický merací systém pozostáva zo zabudovaných špeciálnych meracích rúr, z prenosnej sondy, nosného napájacieho kábla, ovládacieho sútyčia, vodiacej lišty, odčítacej jednotky a ciachovacieho zariadenia. Meracia rúra je zostavená z deformetrických PVC výpažníc navzájom pospájaných v jednot metrových vzdialenostiach teleskopickými meracími spojkami. Zabudovávajú sa priamo v konštrukcii (napr. pilota, základový blok a pod.) a vo vrte. Dĺžku meracej rúry (vrtu) určuje projektant stavby.

Požiadavky na zabudovanie meracej rúry v konštrukcii:

- Pri zabudovaní do konštrukcie sa meracia rúra osadzuje priamo do betónu a osadí sa tak, aby zhlavie rúry bolo dostupné aj po zrealizovaní finálnej úpravy konštrukcie (napr. rímsa a pod.).
- Zhlavie meracej rúry sa ochráni ocelovou chráničkou a medzikružie sa dôsledne vyplní BC zálievkou.
- Ocelová chránička minimálne \varnothing 130 mm je zapustená do konštrukcie a stabilizovaná betónom konštrukcie. Ocelová chránička a meracia rúra je zabezpečená ocelovým uzamykateľným poklopom.
- Ocelová chránička musí byť opatrená náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť chráničky) a označená minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením deformetra v zmysle realizačného projektu GTM.
- Horná hrana deformetrickej výpažnice musí byť polohovo a výškovo zameraná.

Požiadavky na zabudovanie meracej rúry (výpažnice) vo vrte:

- Pri zabudovaní do vrtu sa výpažnica osadzuje do vrtného otvoru minimálne \varnothing 130 mm, pričom priestor medzi výpažnicou a stenou vrtu sa dôsledne vyplní bentonitovo-cementovou (BC) zálievkou, ktorej receptúra zodpovedá deformačným vlastnostiam horninového prostredia.
- Defometrická výpažnica sa osadí minimálne 0,5 m nad terén, pričom zhlavie vrtu a výpažnice sa ochráni oceľovou chráničkou a medzikružie sa taktiež dôsledne vyplní BC zálievkou.
- Oceľová chránička priemeru minimálne 150 mm je zapustená do terénu 1 m a na povrchu terénu je stabilizovaná betónovou pätkou s rozmermi (0,5x0,5x0,5) m. Oceľová chránička a defometrická výpažnica je zabezpečená oceľovým uzamykateľným poklopom.
- Oceľová chránička musí byť opatrená náterom červenej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť chráničky) a označená minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením deformetra v zmysle realizačného projektu GTM.
- Horná hrana defometrickej výpažnice musí byť polohovo a výškovo zameraná.

Defometrické meranie sa vykonáva prenosnou sondou, ktorá sa postupne zasúva do meracej rúry (výpažnice), čo umožňuje vybratia v meracích značkách. V každom meracom intervale sa sonda pootočí pomocou ovládacieho sútyčia o 45° a napnutím medzi dve susediace značky sa zmerajú ich vzájomné vzdialenosti. Signál z vysoko citlivého snímača sa prenáša káblom a digitálne registruje.

Merania sa vykonávajú v hĺbkovom intervale po 1 m prenosnou odčítacou aparátúrou s káblovým prepojením so sondou.

Požiadavky na meráciu sondy:

- Meracia základňa 1 000 mm.
- Rozsah merania ± 50 mm, rozlíšenie 0,01 mm na 1 000 mm.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Presnosť meraní v bežných podmienkach $\pm 0,1$ mm na 1 m hĺbky.

3.4.1.4 Inklinometricko - defometrické merania - $\Delta u_{x,i}$, $\Delta u_{y,i}$, $\Delta u_{z,i}$ (m)

Kombinovanou metódou sú inklinometricko-defometrické merania, ktoré umožňujú sledovať vývoj všetkých priestorových (3D) pretvorení v horninovom prostredí, t.j. v osiach horizontálnej roviny (X, Y) ako pri presnej vertikálnej inklinometrii a tiež aj vo vertikálnom smere (v osi Z) ako pri defometrickom meraní, pričom sa používa špeciálne vstrojenie vrtu.

Požiadavky na inštrumentáciu a presnosť meraní sú obdobné ako pri vertikálnych inklinometrických a defometrických meraniach.

3.4.1.5 Hydrostatické meranie - $\Delta u_{z,i}$ (m)

Hydrostatický systém merania sadaní pozostáva z jednotlivých snímačov tlaku, ktoré sú navzájom pospájané hadičkami. Každý snímač zaznamenáva tiaž plniaceho média, ktorý zodpovedá rozdielu výšok jednotlivých pozorovaných meracích miest voči voľnej hladine tekutiny v referenčnej nádobe. Snímače sa nainštalujú pevne na objekt, ich dispozičné usporiadanie je v rámci výškového rozsahu merania ľubovoľné a určuje ho projektant stavby.

Požiadavky na osadenie snímačov:

- Stabilné upevnenie systému do monitorovaného objektu.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na snímače:

- Rozsah merania (100 – 1 000) mm; rozlíšenie 0,01 mm.
- Teplotný rozsah -20 °C až 80 °C.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Požadovaná presnosť v bežných podmienkach 0,1 mm.

3.4.1.6 Merania náklonov - $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$ (°)

Náklony sa merajú prenosnými náklonomermi (klinometer) s elektronickými snímačmi. Samotné meranie uhlov sa uskutočňuje pomocou vysoko citlivého elektronického kyvadla. Požiadavky na merania náklonov konštrukcie určuje projektant stavby.

Požiadavky na osadenie meracích značiek:

- Meracie značky sa upevňujú do betónu, muriva alebo skaly zacementovaním, na ocelové konštrukcie privarením. Podľa druhu merania sa používajú rôzne typy meracích značiek a prípravkov k pootočeniu meracej základne do horizontálnej alebo vertikálnej roviny.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na meracie zariadenie:

- Presnosť dosadnutia prístroja na meraciu značku $\pm 0,002$ mm/m.
- Meracia základňa 200 mm
- Rozsah merania ± 50 mm/m ($+2,86^\circ$), rozlíšenie $\pm 0,001$ mm/m.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Presnosť a linearita meraní v bežných podmienkach $<\pm 0,2$ %.

3.4.1.7 Dilatometrické merania - Δu_x , Δu_y , Δu_z (m)

Pre dilatometrické merania sa používajú mechanické a vibračné dilatometre, v prípade neprístupnosti meracieho miesta alebo potreby kontinuálneho záznamu merania je možné použiť elektronické dilatometre. Ide o jednoosé snímače, pre trojosé meranie sa použijú 3 snímače uchytané v špeciálnom prípravku. Požiadavky na dilatometrické merania určuje projektant stavby.

Požiadavky na osadenie meracích značiek:

- Stabilné upevnenie systému do monitorovaného telesa po oboch stranách trhliny.
- Dôležitý je detail dosadnutia meradla do fixovaných značiek. Najvhodnejším je kombinácia gule a kužeľového vybratia.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na vibračné deformetre:

- Optimálna dĺžka 300 mm.
- Rozsah merania 25 mm, 50 mm, 100 mm; rozlíšenie 0,02 % rozsahu.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Požadovaná presnosť v bežných podmienkach 0,1 % rozsahu.
- Súčasne s meraním sa meria aj povrchová teplota stavebnej konštrukcie, resp. horniny na elimináciu vplyvu teplotnej rozťažnosti.

3.4.1.8 Extenzometrické merania - Δl (m)

Merací systém pozostáva z inštalácie extenzometra a samotného merania. Extenzometer sa skladá z hlavy, tyče v púzdre a z koreňa. Koreň je pevne spojený s tyčou, púzdro slúži k umožneniu voľného pohybu tyče. Podľa podmienok je možné použiť rôzne typy koreňov (injektážne, hydraulické, mechanické). Hlavy extenzometrov majú rôznu konštrukciu v závislosti najmä od spôsobu odčítania (mechanické meradlá, snímače, odčítacie jednotky, datalogery).

Jednoduchý tyčový extenzometer je tyč zakotvená do horninového masívu, prípadne do geotechnickej konštrukcie. Od koreňa je tyč vedená v ochrannej rúrke k hlave extenzometra, ktorá sa spravidla nachádza na povrchu meranej konštrukcie, resp. terénu. Posun vzhľadom ku koreňu tyče sa meria na hlave extenzometra. Jednoduché extenzometre odlišných dĺžok sa môžu spájajú do zväzkov, pričom sa vytvoria viacstupňové extenzometre, s ktorými možno sledovať priebeh dĺžkových deformácií vo zvolených úrovniach.

Požiadavky na osadenie tyčových extenzometrov:

- Stabilné upevnenie koreňa extenzometra do monitorovaného telesa.

- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na extenzometre:

- Maximálna dĺžka 150 m, maximálny počet extenzometrov vo zväzku 6 ks.
- Rozsah merania 25 mm - 50 mm, po prestavení do 300 mm.
- Presnosť odpočtu $\pm 0,01$ mm.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Požadovaná presnosť v bežných podmienkach (extenzometre dĺžky do 30 m) $\pm 0,1$ mm.

V špeciálnych prípadoch je možné merania vykonávať priamo na inštalovaných meracích tyčových kotvách. Meracie kotvy majú vo svojom vnútri integrovaný 4-násobný extenzometer. Jednotlivé meracie tyče sú pozdĺž meracej kotvy spojené na štyroch miestach s kotvou, čo umožňuje meranie deformácií a síl v štyroch úsekoch. Meracia kotva má obdobnú únosnosť ako aplikované kotvy, nahrádza teda jednu kotvu. S digitálnym meradlom sa meria relatívna vzdialenosť od meracej hlavy k jednotlivým ukotveniam. Rozsah merania je 250 mm a presnosť merania je 0,03 mm.

3.4.1.9 Konvergenčné merania - Δl (m)

Merací systém pozostáva z osadenia špeciálnych meracích bodov (svorníky), pričom pri malých vzdialenostiach (do 30 m) sa meranie vykonáva pomocou prenosných konvergenčných pásiem. Merací prístroj sa skladá z meracieho pásma, meracích hodínok (analogových alebo digitálnych) a napínacieho zariadenia. Merací prístroj sa počas merania upne na špeciálne meracie svorníky, ktoré sa vopred pevne nainštalujú na povrch stavebnej konštrukcie. Merací prístroj je potrebné kalibrovať na kalibračnom ráme pred a po každom meraní a zároveň je potrebné zaznamenávať teplotu pri meraní.

Požiadavky na osadenie meracích bodov:

- Stabilné upevnenie bodu do meranej konštrukcie.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na meracie zariadenie:

- Maximálna dĺžka 30 m.
- Presnosť odpočtu $\pm 0,01$ mm.

Požiadavky na presnosť meraní:

- Požadovaná presnosť v bežných podmienkach (dĺžky do 30 m) $\pm 0,1$ mm.

Pri interpretácii konvergenčných meraní je nevyhnutné využiť aj ostatné výsledky monitoringu (podmienky osadzovania konvergenčných bodov, extenzometrické a inklinometrické merania v tzv. združených profiloch atď.).

Pri vzdialenostiach väčších ako 30 m sa meranie vykonáva geodetickými metódami.

3.4.1.10 Radarová interferometria

Metóda má bežný dosah dostupných aparatúr cca 500 m pri presnosti 0,01 mm až 0,5 mm. Pri takejto extrémnej rozlišovacej schopnosti je možné niektoré akútne geodynamické javy pozorovať aj v čase niekoľkých málo hodín či dní. Vhodné je umiestniť masívnu betónovú základňu na stabilnú časť terénu a na nej buď jednorazovo alebo kontinuálne snímať monitorovaný objekt (terén, konštrukciu). Okrem samotných veľkostí deformácií je veľakrát podstatnejšie sledovať, ktoré časti snímaného objektu sa deformujú v závislosti od času a v akých priestorových rozsahoch.

3.4.2 Merania napätia, tlakov a síl

3.4.2.1 Merania napätí v stavebných konštrukciách - $\sigma = \epsilon \cdot E$ (Pa)

Snímače pretvorenia (vibračné tenzometre) sa skladajú z dvoch častí: z oceleového drôtu natiiahnutého medzi dvoma úchytnými blokmi a z meracej budiacej cievky. Ku monitorovanej konštrukcii sa úchytné bloky môžu pripevniť bodovým zvaraním, lepením alebo priviazaním k betonárskej výstuži. Deformácie konštrukcie vyvolajú vzájomný posun blokov tenzometra, čím sa

zmení dĺžka resp. napätie oceľového drôtu, ktoré je merané ako jeho vlastná frekvencia kmitania po vybudení. Odčítacie jednotky vysielaajú budiaci impulz pre rozkmitanie drôtu a prevedú periódu výslednej vibrácie priamo na mikrostrany. Snímače pretvorenia sú dodávané so zabudovaným termistorom umožňujúcim meranie teploty v mieste snímača. Odčítavanie snímačov je možné pomocou prenosných odčítacích jednotiek alebo automaticky v nastavených intervaloch datalogermi. Pre vyhodnotenie meraní v jednotkách napätia je potrebné poznať deformačný modul predmetného stavebného materiálu.

Požiadavky na osadenie tenzometrov:

- Stabilné upevnenie bodu do meranej konštrukcie.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na meracie zariadenie:

- Činná dĺžka snímača 50 mm ÷ 250 mm.
- Max. rozsah 3 000 $\mu\epsilon$, citlivosť 0,5 $\mu\epsilon$.
- Teplotný rozsah -20 °C ÷ +80 °C.

3.4.2.2 Merania zemných tlakov - p (Pa)

Pre meranie sa používajú hydraulické tlakové krabice, ktoré nachádzajú uplatnenie pri monitorovaní vývoja tlaku zeminy na pažiace a oporné konštrukcie ako aj pozorovanie zemných tlakov vo vysokých násypoch a v ich podloží. Hydraulické snímače tlaku pozostávajú zo samotnej tlakovej krabice, pretlakového ventilu a meracej časti. Krabice sú vyplnené olejom alebo ortuťou a vďaka svojmu tvaru (faktor výška/priemer je 0,05 až 0,1) výrazne znižujú chybu zapríčinenú rozdielom deformačných modulov snímača a okolitého materiálu. Tekutina v krabici prenáša tlak zo zaťaženia krabice na membránu ventilu. Pri meraní sa prostredníctvom hydraulického alebo pneumatického meracieho zariadenia sa vyvíja tlak na opačnú stranu membrány, pričom hľadanou veličinou je tlak, pri ktorom dôjde k jej pretlačeniu. Výhodná je kombinácia snímačov tlaku zeminy a pórového tlaku vody.

Požiadavky na osadenie tlakových krabíc:

- Stabilné upevnenie krabice do meranej konštrukcie.
- Pri zabudovaní do zemného prostredia by veľkosť zrna zeminy nemala byť väčšia ako jedna desatina priemeru snímača.
- Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

Požiadavky na meracie zariadenie:

- Merací rozsah od 0,5 MPa – 60 MPa.

3.4.2.3 Merania pórových tlakov vody

Pórové tlaky vody sú v prostredí merané bodovo otvorenými alebo uzavretými piezometrami umiestnenými do vrtu, pričom sa často kombinuje s meraním sadania sledovaného objektu. Voľba typu piezometra závisí od priepustnosti horninového prostredia. Otvorené piezometre sú vhodné v priepustnejších zeminách, umožňujú prípadné prepláchnutie. Uzavreté snímače sa používajú v málo priepustných zeminách a pri monitorovaní nestacionárnych dejov.

Otvoreným systémom označujeme merania voľných hladín vody v otvorených rúrkach priemeru cca 2,0 cm, ktoré sú zakončené v mieste merania keramickými alebo umelohmotnými filtrami. Filtrová časť výšky max. 0,5 m sa vo vrte obsype kremičitým pieskom a zvyšná časť vrtu sa utesní. Meranie sa vykonáva elektronickým hladinomerom.

Uzavretý systém predstavuje snímače (vibračné alebo piezorezistívne tlakové), ktoré snímajú vodný tlak priamo na mieste merania pomocou membrány, z ktorej sa prostredníctvom elektrického signálu, hydraulicky alebo pneumaticky sprostredkuje meranie k odčítaciemu miestu. Pokiaľ je meracie miesto vyššie ako miesto odčítania, alebo piezometrický tlak výškovo presahuje miesto odčítania, možno tlak merať priamo manometrom. Uzavreté piezometre sú najčastejšie s rozsahom merania do 0,2 MPa, 0,5 MPa, 1 MPa, 2,5 MPa a 5 MPa. Priemer filtra je cca 20 mm. Hodnoty možno odčítavať prenosným zariadením alebo automatizovaným systémom, presnosť meradiel je ± 1 kPa.

Meranie pórových tlakov vody musí byť neoddeliteľnou súčasťou merania konsolidácie násypov – meranie horizontálnymi inklinometrami, prípadne hydrostatické meranie.

Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

3.4.2.4 Meranie sily kotiev

Dynamometer hydraulický pozostáva z dvoch pevne spojených oceľových kotúčov s otvorom v strede. Dutina (tlakový priestor) medzi kotúčmi je vyplnená hydraulickou tekutinou. Silu v kotve je možné odčítať priamo na očiachovanom manometri alebo diaľkovo hydraulicky (princíp kompenzačného ventilu) alebo elektricky (elektrický prevodník). Pokiaľ dynamometer nie je možné uložiť na rovinnú plochu je potrebné použiť dve vyrovnávacie platne. Presnosť merania $\pm 1\%$ s manometrom (elektrický prevodník $\pm 0,5\%$), teplotná chyba 1,2 % hodnoty zaťaženia pri teplotnom rozdiely 20 °C, rozsah merania: 0 kN - 160 kN/ 250 kN/ 500 kN/ 750 kN/ 1 000 kN/ 1 400 kN/ 2 000 kN/ 3 000 kN/ 5 000 kN + rezerva 10 %, rozmery snímačov (v závislosti od rozsahu zaťaženia), priemer stredného otvoru 35 mm - 160 mm, hrúbka snímača 28 mm - 80 mm, celkový priemer snímača 145 mm - 408 mm.

Dynamometer magnetoelastický využíva k svojej činnosti magnetoelastický jav, t.j. zmenu magnetických vlastností feromagnetického materiálu v dôsledku naň pôsobiacej sily. Meranie sa realizuje pomocou magnetoelastického snímača v tvare dutého valca, cez ktorý prechádza meraný feromagnetický materiál a preto sa na kotvu nasúva. Ukončenie káblov musí byť zabezpečené uzamykateľnou skrinkou.

Miesto merania musí byť označené príslušným štítkom s názvom stavby a označením v zmysle realizačného projektu GTM.

3.4.3 Meranie teploty

Merania sa vykonávajú dotykovými lebo bezdotykovými teplomermi, resp. teplotné snímače sú spravidla súčasťou snímačov tlaku (deformetre, tenzometre).

3.4.4 Meranie vodného režimu

3.4.4.1 Meranie hladiny podzemnej vody

Systém merania pozostáva zo zabudovania špeciálnych výpažníc s perforáciou do vrto (otvorený, resp. uzatvorený systém). Pri otvorenom systéme sa používa prenosný elektrokontaktný hladinomer. Pri uzatvorenom systéme sa do vrtu inštaluje snímač, ktorý zaznamená hodnotu vodného tlaku priamo na mieste merania pomocou membrány, z ktorej sa prostredníctvom elektrického signálu sprostredkuje meranie k zbernici dát. Pokiaľ je meracie miesto vyššie ako miesto odčítania alebo tlak vody výškovo presahuje miesto odčítania, možno tlak merať manometrom. Dĺžku pozorovacieho hydrovrtu určuje projektant stavby.

Požiadavky na zabudovanie výpažnice vo vrte:

- Pri zabudovaní do vrtu sa perforovaná výpažnica osadzuje do vrtného otvoru minimálne \varnothing 130 mm, pričom priestor medzi perforovanou časťou výpažnice (filter) a stenou vrtu sa dôsledne vyplní obsypom (štrkopiesok frakcie 4/8 mm). Ostatná časť v úrovni plnej pažnice sa utesní ílom. Polohu perforovanej časti je potrebné upresniť na základe údajov z inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu.
- Výpažnica sa osadí minimálne 0,5 m nad terén, pričom zhlavie vrtu a výpažnice sa ochráni oceľovou chráničkou a medzikružie sa taktiež dôsledne vyplní ílom.
- Oceľová chránička priemeru minimálne 150 mm je zapustená do terénu 1 m a na povrchu terénu je stabilizovaná betónovou pätkou s rozmermi 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m. Oceľová chránička a výpažnica je zabezpečená oceľovým uzamykateľným poklopom.
- Oceľová chránička musí byť opatrená náterom modrej farby v kombinácii s bielou (vrchná časť chráničky) a označená minimálne jedným ochranným tyčovým znakom s príslušným štítkom s názvom stavby a označením hydrovrtu v zmysle realizačného projektu GTM.
- Horná hrana výpažnice musí byť polohovo a výškovo zameraná.

Na meranie hladiny podzemnej vody v otvorenom systéme sa používa meracia sonda (elektrokontaktný hladinomer) spúšťaná do vrtu potrebnej dĺžky. Kombinovaný hladinomer môže zároveň merať aj teplotu vody.

Požiadavky na meraciu sondu:

- Rozlíšenie ± 1 cm.
- Presnosť merania teploty $\pm 0,3$ °C

Pri meraní hladiny podzemnej vody v uzatvorenom systéme sa používa snímač tlaku vody. Tlakový snímač má rozsah merania až do 5 MPa, presnosť merania závisí od zvoleného rozsahu snímača. Pri použití manometra je potrebné zvoliť rozsah podľa údajov z prieskumu.

3.4.4.2 Meranie prietokov odvodňovacích zariadení

Meranie výdatnosti (prietokov) odvodňovacích vrtov sa vykonáva pomocou kalibrovaných nádob s meraním času (stopky).

Meranie prietokov drenážnych systémov sa vykonáva snímačmi osadenými na potrubí. Požiadavky na osadenie snímačov určuje projektant stavby.

3.4.5 Meranie klimatických pomerov

Údaje sa získavajú z meraní na hydrometeorologických stanicích štátnej pozorovacej siete SHMÚ, v prípade požiadaviek na merania priamo na stavbe sa môže vybudovať lokálna hydrometeorologická stanica. V zásade sa klimatické údaje (zrážky a teploty) vyžadujú v mesačných intervaloch, pri špecifických meraniach môžu byť aj v týždenných, resp. denných intervaloch.

4 Vykonávanie monitoringu

4.1 Všeobecné zásady

Vykonávanie geotechnického monitoringu sa skladá z radu činností, ktoré po sebe nasledujú v logickom slede. Začínajú sa definíciou konkrétnych cieľov monitoringu a jednoznačných otázok, na ktoré má monitoring dať odpoveď. Končí sa informáciou o využití získaných poznatkov pre inžinierske rozhodnutia smerujúce k úspešnej a ekonomickej realizácii objektov líniových častí pozemných komunikácií. Predpoklad využitia výsledkov geotechnického monitoringu je stanovený pred návrhom meracej techniky a stratégie merania.

4.2 Projektovanie monitoringu

Základné požiadavky projektanta stavby, ktoré sú podkladom pre projekt geotechnického monitoringu, sú definované v nasledovných krokoch:

- Vytvorenie základnej hypotézy pretvárania systému horninový masív – stavebná konštrukcia.
- Technicko-ekonomická analýza problému – analýza rizík.
- Definícia základných otázok (návrh konkrétnych cieľov), kvôli ktorým sa monitoring vykonáva.
- Návrh metód meraní a požiadavky na inštrumentáciu.
- Návrh etapizácie a frekvencie meraní.
- Návrh varovných stavov a kritérií pre ich prijímanie.
- Návrh opatrení prijímaných v súvislosti s dosiahnutím jednotlivých varovných stavov.

Tieto podklady sú východiskovými údajmi pre projekt GTM, ktorý obsahuje:

- Sumarizáciu požiadaviek objednávateľa a projektanta stavby.
- Podrobný návrh metodiky a inštrumentácie GTM vrátane textovej a výkresovej dokumentácie (schémy, vzorové rezy, výber meracích miest - situovanie zariadení a pod.).
- Návrh inštrumentácie musí obsahovať postupy inštalácie zariadení GTM v jednotlivých fázach výstavby vrátane finalizácie stavby (ukončenie stavby a prechod na etapu GTM počas prevádzky).
- Podrobný návrh na etapizáciu GTM v súlade s požiadavkami na merania pred výstavbou, počas výstavby a počas prevádzky predmetnej stavby.

- Podrobný návrh frekvencie meraní počas výstavby v súlade s technológiou a postupom stavebných prác.
- Podrobný návrh na plán a zásady zberu dát.
- Spôsob prezentácie meraní (mesačné a ročné správy).
- Návrh o spôsobe archivácie a uskladňovaní dát.
- Návrh prenosu dát k užívateľom.
- Stanovenie varovných stavov a kritérií pre ich prijímanie v súlade s požiadavkami projektanta stavby.
- Návrh technicko-bezpečnostných a technologických opatrení prijímaných v prípadoch dosiahnutia niektorého z varovných stavov v súlade s požiadavkami projektanta stavby.
- Organizačné zabezpečenie monitoringu.

4.3 Zásady pre výber typu meracieho zariadenia

Použitie meracie prístroje musia spĺňať nasledujúce požiadavky:

- Spoľahlivosť merania (významne závisí od odolnosti prístrojov proti vonkajším vplyvom, ako sú klimatické podmienky, prašnosť, čas merania, použitá technológia stavebných prác a pod.). Z hľadiska odolnosti a spoľahlivosti meradiel sa posudzujú možné vplyvy nasledujúcich činiteľov:
 - zmeny teplôt, mráz, účinky ľadu, vplyv slnečného ožiarenia, účinky vlhkosti,
 - chemická korózia v dôsledku podzemnej vody, prísad do betónu a injektážnych zmesí, činnosť baktérií,
 - účinky prachu, špiny, blata,
 - prúdiaca voda,
 - možný vandalizmus,
 - ohrozenie prácami a postupom výstavby,
 - pôsobenie elektrolytov v dôsledku pôsobenia elektrolýzy, disimilačných materiálov a bludných elektrických prúdov,
 - dynamické a seizmické účinky stavebných prác.
- Možnosť overovať za prevádzky správnu funkciu prístrojov (minimálne meranie kľúčových meradiel).
- Prístupnosť prístrojov v priebehu prác, počas pokračovania stavby alebo v dôsledku rozvoja deformácií horninového prostredia.
- Vhodný rozsah meraných hodnôt vzhľadom na očakávané deformačné správanie sledovaného systému (pozri hypotéza pretvárania).
 - najväčšia a najmenšia očakávaná meraná hodnota určuje rozsah meracieho zariadenia,
 - najmenšia očakávaná hodnota rozhoduje o citlivosti, resp. jemnosti odpočtu zariadenia (snaha o čo najväčšiu možnú presnosť merania bez ohľadu na očakávanú veľkosť odčítanej veličiny a jej vzťah k bezpečnosti sledovaného diela nie je žiaduca),
 - vysoká presnosť je oprávnená tam, kde veľmi malé zmeny meraných hodnôt môžu mať vážne dôsledky pre bezpečnosť sledovaného systému, alebo keď treba vo veľmi krátkom časovom rozpätí zisťovať trendy v správaní sledovaného systému.
- Nároky na spoľahlivosť prístrojov sa zvyšujú s celkovou dĺžkou ich činnosti v systéme. Čím sú merací prístroj a jeho konštrukcia jednoduchšie, tým býva prístroj spravidla odolnejší aj spoľahlivejší.
- Požiadavky na prístrojovú techniku sa posudzujú oddelene podľa ich častí (mechanizmus prístroja, meracie snímače a komunikačný systém pre dopravu dát). Na každý z nich môžu negatívne vplyvy pôsobiť odlišnou intenzitou.
- Voľbu typu meracieho prístroja treba urobiť so znalosťou rozsahov, v akých sa budú merané veličiny pohybovať.
- Veľkosť očakávaných zmien, najmä ich medzné hodnoty majú zásadný význam pre návrh varovných stavov.
- Meranie tej istej veličiny je účelné kontrolovať dvoma nezávislými meracími systémami. Táto kontrola sa vykonáva na vybraných miestach monitorovacieho systému.
- Pri voľbe prístrojov sa berie do úvahy kvalifikácia budúcej obsluhy meradiel.

4.4 Výber meracích miest

Pri výbere meracieho miesta sa vychádza z hypotézy pretvárania a z prognóz miest s nebezpečenstvom iniciácie vzniku nežiaducich javov. Umiestnenie meradiel je v realizačnej dokumentácii geotechnického monitoringu potrebné navrhnuť na najkritickejšie miesta a do reprezentatívnych profilov. Výber meracích miest vychádza z nasledovných aspektov:

- Zistenie najkritickejších miest. Tými sú oslabené zóny v horninovom prostredí a najviac zaťažené miesta stavebnej konštrukcie. Ide o oblasti s najväčšou možnou koncentráciou napätia, pravdepodobné polohy, odkiaľ sa môže rozvinúť nežiaduci jav, či o miesta, ktoré sú najzraniteľnejšie a s najmenej prijateľnými dôsledkami pretvárania horninového prostredia pre výstavbu.
- Výber profilov, v ktorých možno očakávať reprezentatívne správanie celého horninového prostredia dotknutého výstavbou.

Úpravu počtu meracích miest je potrebné vykonávať v priebehu výstavby podľa získaných priebežných výsledkov merania a na základe vyhodnocovania poznatkov získavaných počas výstavby.

4.5 Návrh početnosti (frekvencie) merania

Vo všeobecnosti sa početnosť meraní volí v závislosti od očakávanej rýchlosti, s akou sa budú meniť činitele ovplyvňujúce správanie sledovaného horninového masívu a od očakávanej rýchlosti zmien meraných hodnôt. Príliš mnoho meraní zbytočne zaťažuje vyhodnocovanie, zvyšuje jeho neprehľadnosť a bráni v rýchlom oboznámení sa s výsledkami. Je tiež zdrojom zbytočných chýb a navyšuje náklady na geotechnický monitoring. Nízka početnosť meraní môže byť naopak príčinou prehliadnutia dôležitých zmien v správaní sledovaného systému horninový masív – stavebná konštrukcia, neskorého zachytenia nástupu jeho možného progresívneho porušovania a oneskoreného prijatia technicko-bezpečnostných opatrení súvisiacich s varovným stavom.

Početnosť meraní sa odporúča v priebehu výstavby prispôbovať skutočnému deformačnému správaniu sledovaného systému a potrebe jeho vývoja v ďalšom období predvídať a túto predpoveď následne kontrolovať.

Bezprostredne po uvedení meracieho systému do chodu sa v pravidelných intervaloch vykonáva séria nultých meraní. V priebehu tohto obdobia sa overuje správna činnosť všetkých meradiel, ich ustálenie a získavajú sa poznatky o správaní sledovaného horninového masívu neovplyvnenom výstavbou. Skutočná početnosť meraní sa prispôbuje týmto požiadavkám. Ak nenastávajú zmeny činiteľov, ktoré ovplyvňujú priebeh pretvárania, početnosť nulových meraní sa zvyčajne časom primerane znižuje.

Pri začatí stavebných prác, zrýchlení postupu prác alebo v dôsledku zmien prírodných pomerov v mieste výstavby, sa frekvencia meraní primerane zvyšuje.

Pri meradlách osadzovaných priebežne s postupom stavebných prác je počiatočná početnosť meraní vyššia, po vyhodnotení trendov a ustáľovaní hodnôt možno vzhľadom na zachovanie výpovednej schopnosti a ekonomiky merania následné merania primerane zredukovať.

Ak sa horninový masív alebo systém horninový masív – stavebná konštrukcia začne správať anomálne, početnosť meraní je potrebné okamžite zvýšiť tak, aby bol deformačný vývoj pod kontrolou.

4.5.1 Monitorovanie pred výstavbou

Do začiatku zemných prác parciálnych úsekov, ako aj výstavby jednotlivých stavebných objektov je žiadúce postupne zrealizovať monitorovacie vrty navrhnuté v realizačnej dokumentácii GTM, ako aj sieť monitorovacích geodetických bodov. Vo všetkých existujúcich monitorovacích bodoch a vrtoch je potrebné vykonať pred výstavbou aspoň jedno kompletne meranie v priebehu 1 mesiaca. V nových vrtoch je nutné vykonať v predstihu aj ich „nulté“ základné meranie, zvyčajne do 1 mesiaca po ich zhotovení.

4.5.2 Monitorovanie počas výstavby

Informatívne sa predpokladá vykonávať monitoring režimového pozorovania úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtoch v intervale 1x mesačne, stabilný monitoring

v inklinometrických ako aj v kombinovaných vrtoch 4x ročne, monitoring sadania cestných násypov 1x za 2 mesiace a geodetický monitoring deformácií povrchu územia na osadených bodoch 2x ročne. Podľa potreby s ohľadom na postup stavebných prác jednotlivých stavebných objektov a parciálnych úsekov, sa môže počet niektorých monitorovacích objektov a interval ich frekvencie sledovania operatívne upraviť (zvýšiť či znížiť).

4.5.3 Monitorovanie počas prevádzky

Po ukončení výstavby pozemnej komunikácie a jej sprevádzkovaní sa odporúča vykonávať monitorovacie práce po dobu 3 rokov:

- monitoring režimového sledovania úrovne hladiny podzemnej vody v pozorovacích vrtoch a výdatnosti odvodňovacích vrtov 2x ročne (s ohľadom na obdobie zvýšených atmosférických zrážok – jarné a jesenné obdobie);
- monitoring stability zárezov, odrezov, zosuvných svahov, násypov a na vybudovaných pozorovacích vrtoch 1x ročne (jarné obdobie);
- geodetický monitoring deformácií povrchu územia na vybudovaných pozorovacích geodetických bodoch 2x ročne (jarné a na jesenné obdobie).

4.6 Komplexnosť merania

Pri rozhodovaní o komplexnosti merania sa berie do úvahy, že niektoré sledované veličiny umožňujú posúdiť príčiny a iné dôsledky zmien v správaní sledovaného systému. Ďalším dôvodom pre komplexnosť merania je, že na predmetnom mieste môže nastať rozvoj procesov, ktoré sú podmienené radom fyzikálnych príčin, z ktorých každú možno sledovať inými metódami a prístrojmi. Rozličné typy meraní lepšie umožnia overovať správnosť výsledkov, potvrdzovať a vysvetľovať anomálne správanie sledovaného systému.

Spolu so sledovaním zmien všetkých veličín určených v realizačnej dokumentácii monitoringu sa musia zaznamenávať všetky faktory, ktoré môžu ovplyvniť merané dáta. Ide najmä o:

- postup stavebných prác a v ich rámci priebeh zmien zaťažovania posudzovaných meracích profilov,
- všetky odchýlky od obvyklého priebehu sledovaných veličín,
- vznik a priebeh prejavov technologickej nedisciplinovanosti, prerušenie prác, zastavenie prác,
- kolísanie hladiny podzemnej vody,
- dynamické účinky stavebných prác,
- klimatické údaje (zrážky, teplota).

4.7 Geologický a geotechnický dozor stavby

Geologický dozor stavby musí priebežne zaznamenávať skutočné inžinierskogeologické a hydrogeologické pomery počas výstavby.

Pre zárezy bude inžinierskogeologická dokumentácia spracovaná ako v textovej, tak aj v grafickej forme. Grafická forma bude pozostávať z priečnych inžinierskogeologických rezov so vzájomných rozstupom 50 m, v prípade potreby sa táto vzdialenosť zmenší. Textová dokumentácia bude doplnená fotodokumentáciou.

V prípade, že sa počas výstavby vyskytnú iné geotechnické podmienky na stavbe ako sa pôvodne predpokladalo, je geologický a geotechnický dozor stavby povinný túto skutočnosť písomne oznámiť v správe zodpovednému projektantovi a investorovi (záznam v stavebnom denníku je nedostatočný). Správa bude obsahovať ako textovú, tak aj grafickú časť a bude predložená zhotoviteľovi, stavebnému dozoru a investorovi v termíne do 7 dní od zaznamenania týchto skutočností zápisom v stavebnom denníku.

5 Budovanie systému geotechnického monitoringu

5.1 Postupy budovania systému monitoringu

Postupy budovania systému monitoringu na stavbe spočívajú v nasledujúcich činnostiach:

- zabezpečenie meradiel,
- overenie správnej funkcie meradiel pred osadením a prípadne ich kalibrácia,
- osadenie meradiel,

- uvedenie systému monitoringu do činnosti, nulté meranie,
- vytvorenie dátovej bázy monitoringu,
- vyhotovenie správy o vybudovaní systému monitoringu.

5.2 Zabezpečenie meradiel

Zabezpečenie meradiel zhotoviteľom sa uskutočňuje na základe jednoznačného stanovenia technických podmienok, aké musia meracie prístroje spĺňať (presnosť odčítania, rozsahy odčítania, dlhodobosť spoľahlivosti prístrojov, odolnosť proti špecifickým vplyvom prostredia, ako je vlhkosť, teplota, prašnosť, agresívna voda a pod.), ktoré musia byť formulované v zadávacej dokumentácii.

5.3 Overenie správnej funkcie meradiel – kalibrácia

Správna činnosť meradla musí byť preukázaná bezprostredne po jeho osadení, a potom v intervaloch podľa pokynov výrobcu meradla, a pokiaľ to technické podmienky dovoľujú, tak bez nevyhnutnosti meradlo demontovať a tým prerušovať meranie.

Celý merací systém sa musí podrobovať pravidelnej kalibrácii. Kalibrácia spočíva v tom, že sa prístroj zaťaží známym zaťažením (teplota, sila, deformácie) a za kontrolovaných vonkajších podmienok sa merajú zodpovedajúce hodnoty na prístroji. Spravidla sa kalibrácia vykonáva už v okamžiku dokončenia výroby prístroja, potom pred zabudovaním do systému monitoringu a nakoniec počas monitoringu podľa plánu kalibrácie.

5.4 Osadenie meradiel

Rad meradiel, najmä tých, ktoré sa osadzujú do vrtov, potrebuje na ustálenie svojej činnosti určitý čas, napríklad meradlá pórového tlaku, tlakové podušky a podobne. Jedná sa o niekoľko dní, v niektorých prípadoch aj viac. Počas doby nevyhnutnej na ustálenie hodnôt (pokiaľ sledovaný systém neovplyvňujú stavebné práce) sa musí merať niekoľkokrát, aby sa okamžik ustálenia činnosti meradla jednoznačne preukázal.

Osadenie meracieho prístroja a jeho prvé odčítanie musí prebehnúť ešte pred ovplyvnením horninového prostredia či sledovaného systému stavebnými prácami. Len tak možno dokumentovať celý priebeh správania masívu počas výstavby. Oneskorené začatie merania prináša rad neistôt o správaní sledovaného systému či horninového masívu v čase jeho najväčších zmien a znemožňuje spoľahlivú interpretáciu získaných výsledkov merania.

5.5 Uvedenie systému monitoringu do činnosti – nulté meranie

Prvé merania objektívne neovplyvnené začatím výstavby sú definované ako tzv. nulté merania. Nulté merania sa zaznamenávajú do protokolov či databázy s označením nulté meranie. Ak nie je isté, že ide o nulté meranie a sledovaný systém už bol v okamžiku prvých meraní ovplyvnený výstavbou, je nevyhnutné túto skutočnosť zdokumentovať a veľkosť tohto ovplyvnenia pre účely interpretácie výsledkov merania odhadnúť.

5.6 Správa o vybudovaní systému monitoringu

Po vybudovaní celého systému monitoringu v jednotlivých etapách (pred výstavbou, resp. po dobudovaní systému počas výstavby), osadení všetkých meracích bodov meracími prístrojmi a uskutočnení nultých meraní, zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje správu o vybudovaní monitorovacieho systému, ktorá by mala byť v súlade s platným projektom na realizáciu GTM. Prípadné zmeny oproti projektu GTM musia byť spracované v samostatnej kapitole s odôvodnením.

Zmyslom správy o vybudovaní monitorovacieho systému je všetkým užívateľom monitoringu (účastníkom výstavby) poskytnúť úplnú informáciu o tom, kde, ako a aké merania sa vykonávajú a kde, ako a ktoré prístroje sú zabudované.

Zo správy musí vyplývať, aká je presnosť meradiel, s akou spoľahlivosťou možno merania vykonávať a aká je citlivosť meradiel na prípadné vonkajšie vplyvy ako je teplota, vlhkosť a podobne. Je prvotným podkladom pre vyhodnocovanie meraní a interpretáciu výsledkov. Zvláštnu dôležitosť má pri vysvetľovaní príčin namerania anomálnych hodnôt a neočakávaných hodnôt zistených pri meraní. V správe o vybudovaní systému monitoringu je nevyhnutné uviesť všetky okolnosti, ktoré pri osadzovaní jednotlivých meracích zaradení nastali, a ktoré môžu mať vplyv na kvalitu výsledkov dosahovaných meraní.

To je zvlášť dôležité pri prístrojoch, ktoré sú zabudované do stavebných konštrukcií alebo do horninového masívu, a ku ktorým po osadení nie je možný fyzický prístup.

O každom osadení meracieho prístroja sa vyhotovuje protokol o osadení meracieho bodu. Tieto protokoly sú prílohou správy o vyhodnotení systému monitoringu. V protokole o osadení bodu sa uvedú všetky údaje dôležité pre kvalitu merania a identifikáciu výsledku merania v danom meracom bode:

- geologický profil vrtu, do ktorého sa osádzajú meradlá,
- postup osadenia meradla,
- použité súčasti trvale osadených meradiel,
- zapaženie vrtu,
- postup pri realizácii zálievky, obsypu meracej výpažnice, rúry,
- hladina narazenej a ustálenej podzemnej vody,
- polohové a výškové zameranie meradla,
- označenie.

Pri bodoch osadených na stavebnú konštrukciu je nevyhnutné uviesť statickú schému stavebnej konštrukcie a v nej umiestnenie meracích bodov.

Súčasťou každej správy o vybudovaní systému monitoringu je situácia staveniska alebo situácia sledovanej oblasti s vyznačením skutočnej polohy všetkých meracích miest a s rozlíšením jednotlivých druhov meraní. V situácii sa vyznačujú aj všetky stavebné objekty, pre ktoré sa meranie vykonáva. Situácia je doplnená dostatočným počtom geotechnických rezov. V nich sú tiež zakreslené miesta osadenia každého meradla, zhodnotené sú miestne geologické pomery a poloha dotknutých objektov.

Súčasťou správy o vybudovaní systému monitoringu sú aj informácie o nultých meraniach a kalibračné záznamy jednotlivých meradiel.

Ak bude meranie vykonávať iný subjekt než ten, ktorý vybuvoval monitorovací systém, je nevyhnutné uviesť aj dostatočne podrobné opisy prístrojov a návody na meranie.

Vypracovanie správy o vybudovaní monitorovacieho systému je nevyhnutným podkladom pre fyzické prevzatie monitorovacieho systému v teréne alebo na stavbe a je súčasťou preberania prác.

6 Zber, uskladňovanie a spracovávanie nameraných dát

6.1 Všeobecné zásady

Namerané dáta geotechnického monitoringu pochádzajú z rozličných miest stavby a sú získané rozličnými metódami. Získané dáta závisia od času, sú ovplyvnené lokalizáciou meraného miesta, použitej technológií a pod. Získané dáta by mali byť zhromažďované centrálnne, aby sa mohli vyhodnocovať vo vzájomných súvislostiach. Dáta z monitorovacieho systému musí byť účastníkom výstavby k dispozícii pre rozhodovací proces bezprostredne po zmeraní. Dáta sa musia nielen spracovať a vyhodnotiť do požadovanej formy, ale musia sa aj rýchlo odovzdať ostatným kompetentným subjektom (ostatní účastníci výstavby).

Zber, spracovanie a vyhodnocovanie dát sa vykonáva podľa realizačnej dokumentácie monitoringu. Zber dát sa môže realizovať ručne alebo samočinne diaľkovo. Rozhodnutie o spôsobe zberu dát sa musí urobiť už v štádiu spracovávania dokumentácie monitoringu, pretože je odvodené od množstva dát, požiadaviek na rýchlosť ich spracovania a od počtu ich užívateľov.

6.2 Ručný zber dát

Ručne získané dáta sa zaznamenávajú do vopred pripravených formulárov. Formuláre pre zber dát obsahujú predpis nielen pre vlastné merané dáta, ale aj pre všetky ostatné faktory, ktoré môžu výsledky meraní priestorovo i časovo ovplyvniť (napr. počasie, zrážky, teplota okolitého prostredia v okamžiku merania, postup prác). Každý záznam musí obsahovať miestne aj časové údaje. Ide o názov lokality, označenie meraného miesta, poradie merania, druh meradla, vrátane údajov o kalibrácii, presný okamžik merania a meno autora merania s podpisom.

6.3 Samočinný zber dát

Samočinný zber dát možno robiť dvoma spôsobmi:

- Snímač je vybavený zariadením, ktoré umožňuje tak samočinný odpočet dát v nastaviteľných časových úsekoch, ako aj ich uloženie do elektronickej pamäti priamo na mieste merania. V určitých časových úsekoch sa potom dáta prenesú na elektronický záznamník prenášaný technikom zabezpečujúcim meranie. Dáta sa zo záznamníka potom v kancelárii prenesú do počítača.
- Snímače sú prepojené s meracou ústredňou (tzv. datalogger) a tá je spojená on-line (vysielačkou, v sieti GPRS a pod.) s ústredňou a počítačom, umiestnenými vo vyhodnocovacej kancelárii. Počítač priebežne riadi odčítavanie, dopravu, roztriedenie aj spracovanie nameraných dát.

Samočinné systémy nenahrádzajú komplexné posúdenie inžinierskeho problému odborne spôsobilým geotechnikom.

6.4 Primárne dáta

Primárne dáta sú dáta priamo získané meraním bez úprav pre vyhodnocovanie. Primárne dáta získané meraním sú v databáze uložené oddelene od analýz, ktoré sa na nich vykonávali. Musí sa zabezpečiť, aby sa primárne dáta nemohli upravovať, meniť alebo neodborným zásahom poškodiť/stratiť.

6.5 Správa z geotechnického monitoringu a geologického dozoru stavby

Správu z meraní spracováva kolektív zhotoviteľa GTM pod vedením koordinátora monitoringu. Správa sa spravidla vyhotovuje v mesačných intervaloch a výsledky meraní po ich zhodnotení sa odovzdávajú všetkým účastníkom výstavby v tlačenej aj digitálnej forme. Po ukončení výstavby sa pred odovzdaním stavby do užívania spracuje záverečná správa, v ktorej sa stručne zhodnotia výsledky meraní a odporučí sa ďalší postup GTM v etape prevádzky.

Správu z geologického a geotechnického dozoru stavby spracováva kolektív zhotoviteľa GTM pod vedením zodpovedného geológa a geotechnika stavby. Správa sa vyhotovuje spravidla v ročných intervaloch a dokumentácia sa odovzdáva všetkým účastníkom výstavby v tlačenej aj digitálnej forme. V prílohe správy sú uvedené aj všetky posúdenia a čiastkové správy, ktoré boli spracované v príslušnom období.

7 Archivácia nameraných dát a zabezpečenie ich prístupu užívateľom

Podmienkou operatívneho riadenia geotechnického monitoringu a hodnotenia získaných dát je ich prístupnosť všetkým kompetentným zástupcom účastníkov výstavby. V prípade „online“ prístupu sa odporúča využitie špecializovaných počítačových databáz s napojením na internetovú sieť, v ktorých sú spoločne uložené nielen všetky druhy meraní ale aj všetky informácie o skutočnostiach, ktoré môžu výsledky meraní ovplyvniť. Počítačová databáza musí umožniť export uložených dát do ďalších podprogramov umožňujúcich operatívne spracovanie dát pre účely ich hodnotenia a interpretácie (časové rady v rozličných mierkach a formách, porovnávanie priebehov rozličných meraní atď.). K týmto dátam musia mať priebežný prístup všetci poverení účastníci výstavby.

7.1 Spracovanie a prezentácia dát

7.1.1 Všeobecné zásady

Dáta získané zo systému monitoringu je treba ukladať a vyhodnocovať tak, aby boli na prvý pohľad zrejmé všetky zmeny od posledného merania a aby sa ihneď prejavili všetky nepravidelnosti v získaných výsledkoch. Výsledky meraní sa spracúvajú a predkladajú tak, aby bolo možné posudzovať trendy vo vývoji správania horninového prostredia. To sa týka tak jeho celku, ako aj jeho dôležitých súčastí. Výsledné trendy v správaní systému horninový masív – stavebná konštrukcia sa potom porovnáva s prijatou hypotézou pretvárania.

Dáta, ktoré sa raz uložili do dátového súboru, sa spracúvajú rozličnými spôsobmi. Ich voľba závisí od riešeného problému. Pri grafickom zobrazovaní výsledkov merania, najmä ich časových priebehov, sa podľa potreby volia rozličné mierky. To je zvlášť dôležité pri hľadaní trendov pre

rozličné, najmä však dlhšie časové obdobia. Odporúča sa, aby internetové rozhranie pre prezeranie výsledkov meraní umožňovalo voliť mierky zobrazení.

Získané dáta sa tiež usporadúvajú do rozličných druhov tabuliek, prehľadov, grafov a pod. Veľké množstvo dát, ktoré vyhovujú svojou homogenitou požiadavkám štatistického počtu, možno podrobovať metódam štatistických rozborov. Pri hodnotení dát spracovávaných počítačom sa nesmie potlačiť úloha inžinierskeho úsudku. Základné programové vybavenie pre hodnotenie dát z monitoringu sa musí odladiť ešte pred začatím meraní v zmysle realizačného projektu GTM.

7.1.2 Grafické znázorňovanie dát

Najbežnejším spôsobom grafického znázornenia sú priebehy meraných hodnôt v závislosti od času a/alebo v závislosti od postupu stavebných prác. Využívajú sa na extrapoláciu ďalšieho priebehu zmien meraných veličín v budúcom období.

Jednoduchý časový priebeh absolútnych hodnôt meraných veličín sa v prípade potreby dopĺňa aj o časový priebeh rýchlostí a časový priebeh zrýchlenia zmien meraných veličín. Zmyslom je nájsť dôležité zmeny v správaní horninového prostredia, posudzovať, či vývoj smeruje k upokojeniu alebo naopak, či pokračuje v progresívnom porušovaní. Pre rozbor časových priebehov je užitočné voliť rozličné mierky. Vhodná miera uľahčí okrem iného rozlíšiť skutočné zmeny v správaní horninového masívu ako celku od časovo obmedzených zmien spôsobených prevažne miestnym rozdelením napätostí, spojených s progresívnym porušovaním.

Ďalším druhom rozboru výsledkov merania je vzájomné porovnávanie vývoja sledovaných veličín s vývojom všetkých možných činiteľov, ktoré môžu sledované hodnoty ovplyvňovať. Také porovnanie odhalí vzťah medzi príčinami a následkami a poskytne podklady k odôvodnenému stanoveniu podkladov pre voľbu varovných stavov.

Najsúhrnnejším spôsobom grafického spracovania dát je plošné alebo dokonca priestorové spracovanie do formy izočiari rovnakých hodnôt sledovaných veličín, kde je rozdelenie povrchu terénu do oblastí, ktoré vykazujú rovnaké hodnoty sledovaných veličín (napríklad izočiary rovnakých poklesov povrchu terénu).

7.2 Súčinnosť účastníkov výstavby pri vykonávaní monitoringu

Geotechnický monitoring je činnosť úzko spätá s činnosťou stavby a jeho výstupy ju významne ovplyvňujú. Účastníci výstavby musia preto pri vykonávaní monitoringu a pri rozhodovacom procese, ktorý naň nadväzuje, úzko spolupracovať. Hlavní účastníci výstavby, ktorých spolupráca a súčinnosť musí byť pri vykonávaní monitoringu sú:

- zhotoviteľ geotechnického monitoringu,
- zhotoviteľ stavby,
- zhotoviteľ realizačnej dokumentácie stavby,
- obstarávateľ stavby - investor,
- stavebný dozor.

Zhotoviteľ realizačnej dokumentácie stavby navrhuje kritériá varovných stavov a spolupodieľa sa na návrhu opatrení súvisiacich so vznikom varovného stavu.

Súčinnosť zhotoviteľa stavby a investora so zhotoviteľom monitoringu:

V realizačnej dokumentácii monitoringu musia byť podrobne uvedené požiadavky na súčinnosť zhotoviteľa stavby so zhotoviteľom geotechnického monitoringu a požiadavky na podporu zo strany investora. Realizačná dokumentácia stavby aj realizačná dokumentácia monitoringu musia byť vo všetkých aspektoch, týkajúcich sa vykonávania monitoringu, navzájom späté.

Požiadavky zhotoviteľa monitoringu na zhotoviteľa stavby možno rozdeliť do 4 skupín:

- poskytnutie technického zázemia na stavbe,
- zahrnutie prác geotechnického monitoringu počas výstavby do harmonogramu postupu stavených prác (prerušenie prác pri meraní),
- súčinnosť pri budovaní systému monitoringu (osadzovanie meracích bodov, vrtné práce a pod.),
- poskytovanie údajov o postupe výstavby, zmenách technológií a pod.

Poskytovanie údajov o postupe výstavby – súčinnosť so stavebným dozorom investora:

Zhotoviteľ monitoringu musí mať od stavebného dozoru investora pre objektívne hodnotenie výsledkov meraní všetky informácie o priebehu výstavby, o postupe prác a o všetkých javoch, ktoré môžu mať vplyv na výsledky merania (prejavy technologickej nedisciplinovanosti zhotoviteľa výstavby, prestávky a znovu začatie prác, začiatky a ukončenia pracovných cyklov, zmeny v technológii, injektážne tlaky, geologické anomálie prekryté základovou škárou atď.). Spôsob zabezpečenia týchto informácií vrátane zodpovednosti za ich zabezpečenie musí byť popísaný v realizačnej dokumentácii monitoringu.

8 Hodnotenie monitoringu

8.1 Činnosti súvisiace s hodnotením monitoringu

Cieľom hodnotenia výsledkov monitoringu je:

- overenie a spresnenie geotechnického i geomechanického modelu geologického prostredia, v ktorom sa stavba realizuje,
- optimálna korekcia technológie výstavby, vrátane formulácie prognózy predpokladaných skutočných geologických a geotechnických podmienok horninového prostredia,
- kontrola účinnosti prijatých opatrení,
- optimalizácia požiadaviek na ekonomiku a bezpečnosť výstavby,
- kontrola vplyvu výstavby na práva tretích strán,
- preukázanie kvality vyhotovovaného diela.

Hodnotenie monitoringu sa musí vykonávať komplexne, za účasti všetkých kompetentných účastníkov výstavby a nepretržite spolu s postupom výstavby.

8.2 Hlavná pozícia zhotoviteľa monitoringu

Stanovenie štruktúry a kompetencií kľúčových pracovníkov GTM sú nevyhnutné pre jasnú definíciu vzťahov medzi zhotoviteľom monitoringu a ostatnými účastníkmi výstavby. Preto kompetencie jednotlivých pozícií monitoringu musia byť uvedené v realizačnej dokumentácii monitoringu a späté so štruktúrou riadenia celej výstavby.

Hlavné pozície v štruktúre zhotoviteľa monitoringu sú:

- koordinátor monitoringu (projektant GTM, zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy),
- zodpovedný geotechnik,
- zodpovedný geológ,
- zodpovedný geodet,
- ostatní špecialisti.

Ostatní špecialisti sa dopĺňajú podľa konkrétneho obsahu monitoringu (hydrogeológ, statik, správca databázového systému, zodpovední pracovníci za jednotlivé druhy meraní a pod.).

Koordinátor GTM je zodpovedným predstaviteľom zhotoviteľa monitoringu, ktorý riadi komplexnú činnosť monitoringu.

Zodpovedný geotechnik odborne hodnotí výsledky meraní s kritériami varovných stavov, podáva návrhy na vyhlásenie varovných stavov, úpravy početnosti meraní, vypracúva komplexné geotechnické hodnotenie spolupôsobenia stavby s horninovým masívom a návrhy na ďalší postup monitorovania.

Zodpovedný geológ zodpovedá za inžinierskogeologické, hydrogeologické a geotechnické sledovanie priebehu výstavby, za spracovanie súvisiacich výstupov v podobe vstupov do databázy monitoringu. Vykonáva komplexné inžinierskogeologické, geotechnické a hydrogeologické sledovanie horninového masívu a jeho porovnanie s predpokladmi prieskumu a so skutočnosťami uvedenými v zadávacích podmienkach, vykonáva inžinierskogeologické prognózy pre ďalšie úseky výstavby.

Zodpovedný geodet zodpovedá za správnosť vykonania a hodnotenia všetkých geodetických meraní a za spracovanie výsledkov všetkých meraní.

9 Varovné stavy

9.1 Základné princípy

Všeobecne sa varovný stav v správaní sledovaného systému definuje ako taká kvalitatívna zmena v jeho správaní, ktorá znamená zásadnú zmenu v úrovni podstupovaného rizika. Pri výstavbe pozemných komunikácií sa sledovaným systémom rozumie interakcia horninový masív – stavebná konštrukcia. Dosiahnutie určitého varovného stavu je podnetom na prijatie určitých technicko-organizačných opatrení. Tieto opatrenia sú nástrojom na udržanie správania sledovaného systému v prijateľných medziach a na odvrátenie následkov vzniku nežiaducich javov počas výstavby. Tieto opatrenia spočívajú v:

- úprave vykonávania vlastného monitoringu (organizačne – zvýšenie/zníženie frekvencie merania, technicky – rozšírenie monitoringu o meračské body atď.),
- úprave realizačnej dokumentácie stavebného objektu,
- úprave technológie výstavby (sanačné opatrenia, bezpečnosť, riadenie rizík).

V súvislosti s varovnými stavmi sú definované nasledujúce pojmy:

- stupeň varovného stavu,
- kritérium varovného stavu.

Stupeň varovného stavu je určitý stav v správaní horninového masívu a/alebo stavebnej konštrukcie, ktorý má vzťah k stanovenému cieľu monitoringu a je spojený s určitým opatrením. Čím vyšší je stupeň varovného stavu, tým väčšie je podstupované riziko, t. j. horninový masív či sledovaná stavebná konštrukcia má bližšie k strate stability.

Kritériá varovného stavu sú exaktne alebo empiricky vopred stanovené hodnoty sledovaných veličín, súvisiacich s príslušným stupňom varovného stavu a mierou podstupovaného rizika (napr. dosiahnutá veľkosť pretvorenia, rýchlosť pretvorenia a pod.). Vopred stanovenými hodnotami sledovaných veličín sa rozumejú hodnoty stanovené pred začatím výstavby projektantom realizačnej dokumentácie v súčinnosti s hlavným geotechnikom zhotoviteľa monitoringu (ak je známy).

Konkrétne hodnoty kritérií varovných stavov sa stanovujú s ohľadom na napäťovo-deformačnú odozvu horninového masívu a ovplyvnených stavebných konštrukcií vyvolanú výstavbou. Toto posudzovanie sa vždy vykonáva vo vzťahu k existujúcemu geotechnickému riziku.

V priebehu výstavby sa môžu hodnoty kritérií varovných stavov upresňovať na základe skutočného správania horninového masívu a stavebných konštrukcií. Toto upresňovanie je v kompetencii projektanta stavby.

9.2 Stupne varovných stavov

Pre dokumentáciu stavby sa stanovujú stupne varovných stavov podľa ich naliehavosti. Pod pojmom naliehavosť sa rozumie miera podstupovaného geotechnického rizika.

Posledný stupeň varovného stavu znamená postupovať podľa havarijného plánu pod vedením vedúceho likvidácie havárie v súlade s platnou legislatívou.

V priebehu výstavby sa definície jednotlivých stupňov varovných stavov upresňujú na základe nových poznatkov priebežne získavaných monitoringom. Spolu so spresňovaním stupňov varovných stavov sa upresňujú aj kritériá na ich prijatie. Vychádza sa pritom z napäťovo-deformačnej odozvy horninového masívu a ovplyvnených stavebných konštrukcií na výstavbu a z hodnotenia vývoja rizík a spolupôsobenia horninového masívu a stavebnej konštrukcie. Podobne sa odporúča vhodne upravovať aj príslušné technicko-bezpečnostné opatrenia. Na začiatku výstavby sa kritériá definujúce jednotlivé stupne varovných stavov volia opatrne a s dostatočnou bezpečnosťou. S rastom poznatkov o vzájomnom vplyve stavby na horninový masív je následne možné upresňovať a stanovovať výstižnejšie definície.

Odporúča sa stanoviť 5 úrovní stupňov varovných stavov:

- stav vysokej miery bezpečnosti,
- stav prípustných zmien,
- stav medznej prijateľnosti,

- kritický stav,
- havarijný stav.

9.2.1 Stav vysokej miery bezpečnosti

Merané hodnoty sú ustálené a sú podstatne nižšie ako 60 % hodnoty sledovanej veličiny „A“ predpokladanej výpočtom pre danú fázu výstavby. Podstupované riziká sú zanedbateľné. Základná charakteristika prijímaných opatrení je:

- Postup merania a sledovania prebieha podľa realizačnej dokumentácie monitoringu, prípadne sa obmedzuje počet niektorých druhov meraní.
- Pri výstavbe sa môžu prijať opatrenia smerujúce k úspore nákladov, napríklad zrýchlenie výstavby, obmedzenie rozsahu sanačných opatrení a pod. Zároveň treba zabezpečiť overenie dôsledkov prijatia týchto opatrení na správanie stavebnej konštrukcie a horninový masív. Pri vysokej miere bezpečnosti je cieľom monitoringu zníženie nákladov, zvýšenie rýchlosti výstavby, optimalizácia úsporných opatrení pri výstavbe pri zachovaní technicko-kvalitatívnych podmienok.

9.2.2 Stav prípustných zmien

Hodnoty meraných veličín sa rýchle ustália a neprekročia hodnotu „A“ sledovanej veličiny predpokladanej pre danú fázu výstavby. Predpokladom dokumentácie zodpovedajú aj geologické pomery. Podstupované riziká sú ešte bezpečne prijateľné. Kritériom pre vyhlásenie tohto stavu je dosiahnutie približne 60 % hodnoty „A“.

Základná charakteristika prijímaných opatrení:

- Postup merania a sledovania prebieha podľa realizačnej dokumentácie monitoringu.
- Výstavba postupuje podľa schválenej realizačnej dokumentácie.

9.2.3 Stav medznej prijateľnosti

Stav medznej prijateľnosti je stav mierne za hranicou hodnôt sledovaných veličín očakávaných projektom či výpočtom. Nie je však ohrozená stabilita sledovaného systému, či dosiahnutý jeho prvý medzný stav. Pod pojmom prvý medzný stav sa rozumie medzný stav únosnosti podľa STN EN 1997-1 (ďalej len Eurokód 7). Sledované veličiny, hoci nie sú úplne ustálené, zreteľne smerujú k ustálenému stavu bez prekročenia cca 125 % hodnoty sledovanej veličiny predpokladanej pre danú fázu výstavby, výpočtom. Podstupované riziká sú už na hranici prijateľnosti. Základná charakteristika prijímaných opatrení:

- Pri vykonávaní monitoringu: zvýšenie početnosti meraní, prípadne vykonať ďalšie analytické vyhodnotenie vybraných už nameraných dát, spätné výpočty a pod.
- Zvyšujú sa nároky na rýchlosť spracovania a odovzdávania spracovaných dát. Podľa okolností sa môže zaviesť pohotovostný režim. Podľa uváženia sa do systému merania a sledovania zapájajú nové druhy meraní, ktoré pre danú situáciu predpokladá realizačná dokumentácia monitoringu.
- Pri výstavbe: vychádza sa z realizačnej dokumentácie stavebného objektu. Je nevyhnutné v menšom rozsahu počítat aj s prácami navyše. Prijímajú sa opatrenia, aby sa správanie sledovaného systému vrátilo do stavu prípustných zmien. Cieľom monitoringu je vykonávať opatrenia na zabránenie dosiahnutia kritického stavu.

9.2.4 Kritický stav

Kritický varovný stav zodpovedá neprijateľnej úrovni rizík. Vývoj a správanie systému horninový masív – stavebná konštrukcia by bez prijatia mimoriadnych opatrení v technológii výstavby, prípadne bez úpravy realizačnej dokumentácie predstavoval vysoké nebezpečenstvo vzniku nežiaducich javov a v krajnom prípade mimoriadnych udalostí (v zmysle bezpečnostných predpisov). Pre kritický stav je charakteristické, že hodnoty sledovaných veličín prekračujú 125 % hodnoty „A“ sledovanej veličiny pre danú fázu výstavby. Sledované hodnoty však nemajú sklon k ustáleniu a ich rast pokračuje stále rovnakou aj keď hoci malou rýchlosťou. Základná charakteristika prijímaných opatrení:

- Pri vykonávaní monitoringu: zvýšenie početnosti meraní, prípadne zaradenie nových druhov meraní, ktoré si vyžaduje situácia. Podľa okolností možno zaviesť aj merania, ktorá sa v realizačnej dokumentácii monitoringu pôvodne nepredpokladali. Početnosť meraní sa upravuje podľa potreby, spravidla je frekvencia minimálne denná.
- Pri vykonávaní stavebných prác: zmeny v technológii výstavby, úpravy realizačnej dokumentácie. V rámci technológie výstavby sa môže pristúpiť aj k opatreniam, o ktorých sa

v spracovanej realizačnej dokumentácii pre daný objekt neuvažovalo alebo k opatreniam, ktoré majú charakter prác navyše.

9.2.5 Havarijný stav

Havarijný stav je stav, pri ktorom sledované veličiny začali progresívne rásť. Výrazným spôsobom prekonal 125 % hodnoty „A“ sledovanej veličiny v danej fáze výstavby a hodnoty druhého medzného stavu podľa Eurokódu 7 pre predmetnú stavebnú konštrukciu. Systému horninové prostredie – stavebná konštrukcia hrozí strata celkovej stability. Podstupované riziká dosiahli úplne neprípustnú úroveň. Stavbe hrozí mimoriadna situácia a postupuje sa preto podľa schváleného havarijného plánu zhotoviteľa v súlade s platnými bezpečnostnými predpismi. Všetky kompetencie týkajúce sa opatrení na stavbe ako aj pri meraniach monitoringu pri havarijnom stave preberá zhotoviteľ stavby v súlade s bezpečnostnými predpismi.

Cieľom opatrení je predovšetkým ochrana životov a zdravia pracovníkov, ďalej minimalizácia škôd na hmotnom majetku a vytvorenie predpokladov na následné úspešné zvládnutie následkov mimoriadnej udalosti.

9.3 Kritériá varovných stavov

Kritériá pre varovné stavy sa počas výstavby upresňujú na základe získavaných poznatkov o správaní horninového masívu a sledovanej stavebnej konštrukcie v daných geologických podmienkach. V nadväznosti na komplexné hodnotenie výsledkov meraní monitoringu a na aktuálne varovné stavy sa následne prijímajú opatrenia týkajúce sa:

- merania a vyhodnocovania monitoringu (početnosť meraní, úpravy v typoch a rozsahu meraní, rýchlosť a spôsob vyhodnocovania výsledkov),
- pohotovostného režimu (smeru a rýchlosti informácií a rozhodovacieho procesu v rámci riadenia výstavby a rizík),
- úprav technológie výstavby,
- bezpečnosti práce a jej organizácie.

Konkrétne kritériá varovných stavov sa odvíjajú od určitej hodnoty sledovanej veličiny. Tá je spravidla stanovená statickým výpočtom vykonaným v rámci realizačnej dokumentácii objektu (medzná hodnota „A“). Hodnota „A“ je hodnota zodpovedajúca očakávanému správaniu sledovaného systému (napr. očakávané sadanie a náklon určitého objektu). Ak hodnotu „A“ nemožno jednoznačne určiť výpočtom, (alebo neskôr v priebehu výstavby a v priebehu meraní spätnými výpočtami), stanovuje sa odborným odhadom.

9.4 Niektoré zásady hodnotenia varovných stavov

Posudzovanie, či sa dosiahol, alebo nedosiahol varovný stav, treba vykonávať komplexne a s ohľadom najmä na :

- absolútne hodnoty sledovanej veličiny,
- rýchlosť rastu/ustáľovanie hodnôt sledovanej veličiny,
- zrýchlenie/spomalenie s akým sa menia hodnoty sledovanej veličiny,
- mieru zhody teoretickej a skutočnej hodnoty sledovanej veličiny.

Prihliadať treba aj na hodnotenie celkových trendov vo vývoji sledovaných veličín a na komplexné posúdenie správania všetkých sledovaných bodov a veličín, nielen jedného jediného. Vždy treba znovu posúdiť platnosť prijatej hypotézy pretvárania sledovaného systému aj technicko-ekonomickú analýzu následkov vyhlásenia varovného stavu a existujúcich rizík. V odôvodnenom prípade sa kritériá varovných stavov prehodnocujú, čo prináleží do kompetencií projektanta stavby, pričom podklad tvorí:

- Analýza výsledkov monitoringu a návrhy opatrení pri vykonávaní monitoringu. (zabezpečuje ich zhotoviteľ monitoringu).
- Analýza priebehu výstavby z hľadiska technológie a realizačnej dokumentácie, ako aj návrhy opatrení pri vlastnej výstavbe (zabezpečuje ich zhotoviteľ stavby).

Podmienkou správneho hodnotenia kritérií varovných stavov je, že sa musia hodnotiť celkové trendy v správaní horninového masívu a sledovanej stavebnej konštrukcie.

9.5 Hodnotenie výsledkov monitoringu

Hodnotenie výsledkov monitoringu sa všeobecne vykonáva podľa zásad uvedených v Eurokóde 7:

- Výsledky získané z monitoringu sa musia vždy vyhodnocovať a vysvetľovať. Vyhodnotenie sa musí urobiť kvantitatívnym spôsobom. Hodnotenie monitoringu musí byť založené „na meraní posunov, napätí a rozboru, ktorý zohľadňuje sled stavebných operácií“, teda predovšetkým postup výstavby a všetkých faktorov, ktoré ich sprevádzajú.

Spôsob spracovania, archivácie a hodnotenia dát z meraní musí spĺňať požiadavku, že získané dáta sú určené na využitie pri rozhodovacom procese výstavby, t.j., že sa musia spracovať a vyhodnotiť bez zbytočného odkladu a priebežne, a preto musia byť kedykoľvek prístupné všetkým kompetentným účastníkom výstavby v centrálnej databáze monitorovacieho systému. Preto sa odporúča, aby databáza a výsledky monitoringu boli prístupné „online“. Hodnotenie výsledkov monitoringu musí obsahovať:

- ocenenie neistôt pri meraní (t. j. meračské chyby),
- analýzu a vylučovanie chýb vzniknutých pri meraniach,
- priestorový a časový priebeh meraných hodnôt,
- vzájomné porovnanie priestorových a časových priebehov rozličných sledovaných veličín (sumačné čiary deformácií, čiary rýchlostí deformácií v čase, prípadne aj čiary zrýchlenia deformácií v čase, vektor priestorovej zmeny polohy meračského bodu v čase, rezy priebehu deformácií v čase v rozličných meračských bodoch),
- interpretáciu výsledkov meraní., pričom pod pojmom interpretácia sa rozumie zhodnotenie výsledkov meraní vo vzťahu ku kritériám varovných stavov, porovnanie výsledkov meraní s predpokladmi uvedenými v realizačnej dokumentácii,
- formuláciu inžinierskych odporúčaní (na realizáciu monitoringu a na realizáciu výstavby).

Hodnotenie výsledkov monitoringu je v kompetencii projektanta stavby.

9.6 Prijímané opatrenia

Prijatie varovného stavu určitej úrovne je podnetom na prijatie zodpovedajúcich, vopred pripravených opatrení. Vopred pripravené opatrenia sú organizačné a technické opatrenia, ktorých cieľom je dosiahnuť zmeny vo vývoji sledovaného systému horninový masív – stavebná konštrukcia a zabrániť aby sa dosiahol varovný stav vyššieho stupňa, resp. aby sa udržal „stav prípustných zmien“:

- úpravy meraní a vyhodnocovanie monitoringu (početnosť meraní, úpravy v typoch a rozsahu meraní, rýchlosť a spôsob vyhodnocovania výsledkov),
- zavedenie pohotovostného režimu (smeru a rýchlosti informácií a rozhodovacieho procesu v rámci riadenia výstavby a rizík),
- úpravy technológie výstavby,
- organizácia bezpečnosti práce.

Vyššie uvedené opatrenia sú navrhované a vykonávané v súlade s realizačnou dokumentáciou objektu a realizačnou dokumentáciou monitoringu, prípadne rozhodnutiami prijatými projektantom stavby.

9.7 Začlenenie monitoringu do systému riadenia výstavby

Monitoring poskytuje podklady pre rozhodovanie o postupe výstavby a preto je súčasťou systému riadenia výstavby a zhotoviteľ monitoringu je účastníkom výstavby.

10 Archivácia výsledkov meraní po ukončení výstavby

Investor a zhotoviteľ stavby archivuje na čas záručných lehôt všetky správy (mesačné, súhrnné správy) o výsledkoch monitoringu, vrátane ostatných analýz, spätných výpočtov a protokolov o vyhlásení vyšších než kritických úrovní varovných stavov.

Minimálne počas záručnej doby zhotoviteľ monitoringu archivuje elektronickú formu databázy všetkých výsledkov meraní a správy z monitoringu.

Záverečná správa monitoringu, vrátane elektronickej formy databázy všetkých výsledkov meraní, sa stáva súčasťou dokumentácie skutočného realizovania stavby.

11 Skúšanie a preberanie prác

11.1 Skúšanie

Všetky činnosti geotechnického monitoringu majú špecifický charakter, ktorý sa neoveruje bežným skúšaním (preukaznými, kontrolnými, preberacími skúškami a pod.).

11.2 Preberanie prác

11.2.1 Všeobecne

Preberanie prác sa riadi ustanoveniami zmluvy o dielo resp. o poskytovaní služieb. Preberanie prác sa uskutočňuje v dohodnutých časových intervaloch, spravidla za obdobie 1 mesiac po odovzdaní mesačnej správy z GTM, resp. podľa postupu vykonávania prác na základe zmluvných dohôd.

11.2.2 Doklady potrebné na preberanie prác

Zhotoviteľ monitoringu bude predkladať mesačnú, resp. záverečnú správu k fakturácii ako základ pre vyplatenie priebežných platieb. Bude obsahovať stručný prehľad o poskytnutých službách a prehľad vynaložených nákladov podľa odsúhlaseného súpisu položiek.

11.2.3 Predkladanie správ o priebehu činnosti

Zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje a predloží nasledovné správy:

- Správu z vybudovania systému GTM pred výstavbou, resp. počas výstavby, a to do jedného mesiaca od dátumu začatia výkonu prác. Správa bude poskytovať prehľad o začiatku a postupoch činností zhotoviteľa geotechnického monitoringu.
- Mesačné správy z geotechnického monitoringu do 14 dní po ukončení obdobia, za ktoré sa správa podáva.
- Súčasťou činnosti zhotoviteľa geotechnického monitoringu je aj vypracovanie návrhu aktuálneho plánu meraní a jeho koordinácie na ďalšie obdobie (nasledujúci mesiac). Tieto budú následne zahrnuté s ich vyhodnotením do mesačných správ o postupe prác.
- Záverečnú správu do troch mesiacov po ukončení výkonu činností geotechnického monitoringu, v ktorej sa sumarizujú všetky poskytnuté služby, zhodnotia všetky hlavné problémy, ktoré sa vyskytli počas GTM, všetky zmeny, nároky alebo spory, dodatky a akékoľvek iné podstatné záležitosti vplyvajúce na náklady a priebeh GTM, ako aj na realizáciu stavby. Záverečnú správu musí sprevádzať konečná faktúra.
- Osobitné správy zhotoviteľ geotechnického monitoringu vypracuje na pokyn obstarávateľa k akémukoľvek významnému problému, ktorý sa vyskytne počas vykonávania geotechnického monitoringu.

12 Výmery a platby

12.1 Všeobecne

Výmery sa určujú v dĺžkových mierach v metroch, v plošných mierach v metroch štvorcových, v objemových mierach v metroch kubických, hmotnosť v kilogramoch, podľa času v hodinách, pre kusy v celých jednotkách alebo odúčtovacích jednotkách (napr. etapa merania). Rozsah výkonov sa stanovuje podľa výmer určených podľa realizačnej dokumentácie schválenej objednávateľom. Pokiaľ toto nie je možné, stanoví sa rozsah na základe meraní in situ.

Zohľadniť sa majú zmeny v dôsledku odchýliek skutočného a predpokladaného postupu stavebných prác, zistených geologických, resp. geotechnických podmienok odchylných od predpokladaných v zadávacej dokumentácii, výskytu mimoriadnych udalostí, zastavenia prác pred ukončením a inými faktormi, ktoré v čase vypracovania zadávacej dokumentácie resp. uzatvorenia zmluvy neboli známe.

V realizačnej dokumentácii monitoringu musia byť uvedené zásady pre stanovenie prípadných zmien frekvencie meraní v prípade zistenia neustálených deformácií, mimoriadnych udalostí, prerušenia prác, predčasného ukončenia prác a pod.

12.2 Časovo viazané náklady na činnosti monitoringu

Časovo viazané náklady na vybrané činnosti monitoringu sa stanovujú podľa času v mesiacoch alebo výpočtových jednotkách, ktoré sa určia zo zmluvne dohodnutého priebehu stavby a zmluvne stanoveného času výstavby, prípadne zmluvne dohodnuté času na vykonávanie vybraných činností monitoringu pred začatím výstavby a po ukončení stavebných prác. Zohľadniť sa majú zmeny v zmluvnom čase realizácie monitoringu v dôsledku odchýliek skutočného a zmluvného času výstavby, resp. požadovanej doby výkonu činnosti.