

Geotechnické metody snižování rizik na dopravních stavbách

Doc. Ing. Alexandr Rozsypal CSc

Abstrakt

Autor volně navazuje na článek „Řízení rizik v silničním stavitelství“ zveřejněném v lednu 2015. V něm se uváděly hlavní metodické postupy analýzy rizik a obecné metody jeho snižování. V tomto článku je těžiště pozornosti ve využívání geotechnických metod pro řízení rizik v silničním stavitelství. Po krátkém uvedení do problematiky se ukazuje, co je dostatečný a nedostatečný inženýrskogeologický (geotechnický) průzkum. V článku je popsána metodika geotechnického dozoru s využitím konceptu tzv. „odlišných podmínek staveniště“, metodika geotechnického monitoringu i podmínky pro použití metod geotechnického modelování.

Abstract

The author describes how geotechnical methods could be used to manage risk in civil engineering. He defines different degrees of ground investigation in order to highlight the relationship between the extent and costs of investigation and the remaining risk. Furthermore, he introduces the concept of "different geotechnical conditions" into the methodology of geotechnical monitoring. Finally, he discusses the implications for risk management and the conditions for using geotechnical modeling.

1. Úvodní část:

Připomenutí konceptu geotechnických rizik

Podle definice v normě ISO 31 000 „Risk management“, je riziko důsledek působení nejistoty na dosažení cíle. Tato definice vychází ze skutečnosti, že vše, tudíž i výstavba, se děje v nejistém prostředí. Největší zdroj nejistot v inženýrském stavitelství je v nedostatečném poznání vlastností horninového prostředí. Vždy existuje určitá pravděpodobnost, že interakce stavební konstrukce s horninovým prostředím, se nebude vyvíjet zcela v souladu s předpokladem. Dojde-li na stavbě k takovému neočekávanému nežádoucímu vývoji, znamená to obvykle i riziko bezpečnostní, finanční, podnikatelské, ekologické atp.).

V řízení rizik jde o inženýrský odhad pravděpodobnosti vzniku nežádoucích jevů, velikosti jejich důsledků a o následné přijímání opatření, aby důsledky těchto jevů byly uvnitř (projektem) požadovaných mezí. (Rozsypal 2008,2014)

Problém je komplikován tím, že do interakce stavby s horninovým prostředím, vstupují z vnějška nahodilé i systematické jevy, které tuto interakci, nebo snahy o její řízení, mohou významně ovlivňovat. Jedná se nejen o přírodní fenomény (klimatické jevy, zemětřesení atp.), ale i o vlivy ze sociálně ekonomického prostředí, ve kterém stavba probíhá. (Legislativa, technické předpisy, lidský činitel, způsoby řízení výstavby, uplatňování pravidel výběrových řízení zhotovitelů, finančního řízení staveb atp.)

S důsledky nevládnutých rizik, kdy škody dosahují řádově stovky miliónů Kč, se lze při výstavbě dopravních staveb setkat dost často. Příklady z poslední doby jsou: objemově nestálé materiály v násypech na D-47, sesuv u portálu tunelu Hřebeč, havárie tunelů Březno, Jablunkov, Blanka, nebo aktuálně, sesuv u Dobkoviček na D-8.

Specifické zdroje rizik v silničním stavitelství

Specifické zdroje geotechnických rizik v dopravním stavitelství vyplývají z liniového uspořádání stavebních konstrukcí, jehož důsledkem je větší objem dotčeného horninového masivu, než je obvyklé u jiných typů staveb a spolu s tím i větší rozmanitost zastižených geologických podmínek. Další zvláštností je, že každá liniová stavba má řadu umělých objektů, z nichž každý vyžaduje specifický přístup při návrhu založení. Speciální geotechnické problémy, představují různé technologie zlepšování zemin. Například vyztužené zemní konstrukce, hřebíkové zeminy, různé typy injektáží a hloubkového zlepšování zemin. Samostatnou částí je odvodňování zemního masivu, urychlování konsolidace atp.). Specifické geotechnické úlohy, které se v souvislosti se silničními stavbami řeší, mimo jiné jsou:

- Přechod přes sesuvná nebo poddolovaná území
- Stabilita vysokých násypů, a hlubokých zářezů,
- Zabezpečení silničního tělesa před nestabilitou vyšších částí zemních nebo skalních svahů
- Povrchové i hloubkové odvodnění zemních konstrukcí
- Zakládání násypů na měkkém podloží
- Řešení využitelnosti výkopku jako stavebního materiálu

Příčiny vzniku rizik na dopravních stavbách

Nejvýznamnější příčinou vzniků rizik na každém velkém inženýrském díle bývá nedostatečný inženýrskogeologický, resp. geotechnický průzkum, (dále jen průzkum), jeho neprofesionální interpretace a nesprávné či nedostatečné využití poznatků z průzkumu pro projekt a pro vhodnou volbu technologie výstavby. Krátce, podcenění či přímo zanedbání geotechnického rizika. Proto i nejúčinnějšími metodami, jak rizika snižovat jsou metody geotechnické. Další významné zdroje rizik na inženýrských stavbách jsou neprofesionální příprava a řízení výstavby, které geotechnická rizika přehlíží. K nim především patří: Neprofesionální organizace výstavby, nevhodně uzavřené smluvní vztahy investora s jednotlivými účastníky, výstavby, nepřiměřeně krátké doby na provedení průzkumů, stejné termín průzkumu jako projektu, příliš pomalý rozhodovací proces, neuplatnění pružného observačního přístupu a otrocké uplatňování administrativních předpisů a pravidel. Podrobněji např. Rozsypal (2011).

Geotechnické metody řízení rizik

Hlavními geotechnickými metodami snižování rizik na dopravních stavbách jsou:

- Dostatečný průzkum.
- Důsledný geotechnický monitoring.
- Kvalitní geotechnický a inženýrsko geologický dozor.
- Důsledné porovnávání a hodnocení předpokládaných a zastižovaných inženýrsko geologických podmínek stavenišť.
- Průběžná analýza geotechnických rizik a následné pružné přijímání opatření.
- Geotechnické modelování.

2. Dostatečný průzkum.

Inženýrsko geologický a geotechnický průzkum musí v příslušné etapě přípravy výstavby poskytnout dostatečné podklady pro analýzu geotechnických rizik a pro navazující projekt jak vlastní komunikace, tak i všech umělých objektů, které se na ní budou nacházet. Je tedy si především třeba si položit otázku, co to je dostatečný průzkum.

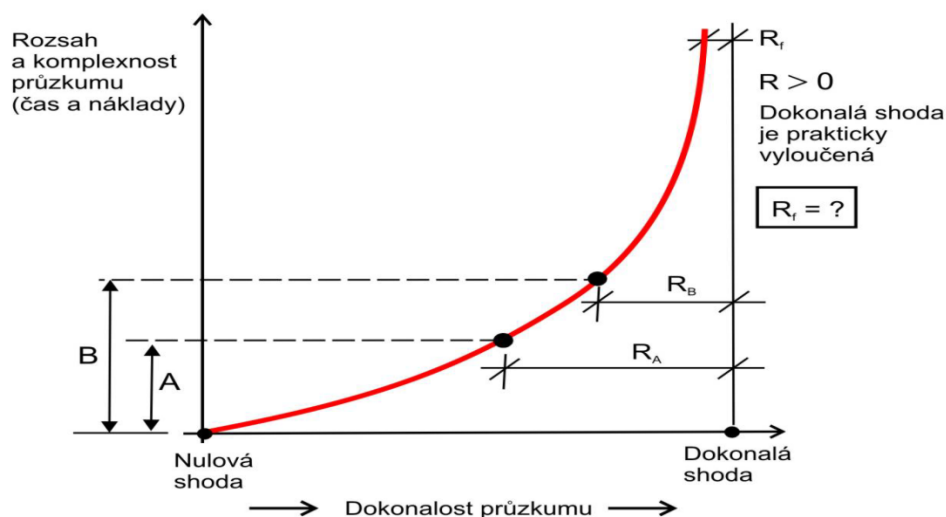
Definice dokonalého, dostatečného a nedostatečného průzkumu

Dokonalý průzkum je takový průzkum, kdy se geotechnický model sestavený na jeho závěrech, dokonale shoduje se skutečností zastiženou při stavbě.

Dostatečný průzkum je takový průzkum, kdy geotechnický model, který je jeho výstupem, umožní vypracovat projekt a zvolit technologii výstavby, které umožní, že dílo bude vybudováno, aniž by došlo k prodloužení stavby, více pracím a více nákladům, které by měly svou příčinu v neočekávaných inženýrsko geologických podmínkách staveniště.

Nedostatečný průzkum je naopak takový průzkum, kdy zbylé nejistoty o vlastnostech horninového prostředí představují pro další průběh stavby nepřijatelné riziko. Je zde velká pravděpodobnost vzniku havárií, anebo přinejmenším prodloužení výstavby, vzniku víceprací a více nákladů, případně nepřijatelného nedodržení technicko kvalitativních podmínek projektu z důvodů neočekávaných reakcí horninového prostředí na výstavbu. (Rozsypal 2014)

Geotechnický model, který je výstupem geotechnického průzkumu, je podkladem pro dimenzování geotechnických konstrukcí ve smyslu Eurokódu č. 7 (ČSN 73 1000). Měl by být sestaven na základě komplexního inženýrskogeologického modelu, který uceleně popisuje inženýrskogeologické podmínky celého území souvisejícího se výstavbou Viz. nová ČSN P 731005 Inženýrskogeologický průzkum. Vztahy mezi „mírou“ dostatečnosti průzkumu a souvisejícího geotechnického rizika a mezi rozsahem, komplexností a z toho vyplývajících náklady na geotechnický průzkum, jsou schematicky naznačeny na obr. č. 1 a č. 2.



Obr. č. 1. Vztah mezi komplexností průzkumu včetně nákladů (svislá osa) a mírou znalostí o geologickém prostředí (vodorovná osa)

Z obr. č. 1. vyplývá, že s růstem komplexnosti rozsahu (času a nákladů) průzkumu roste i dokonalost průzkumu. Jinými slovy míra znalosti o geotechnickém prostředí. S růstem této znalosti naopak klesají zbytkové nejistoty a velikosti geotechnických rizik. To není nic překvapivého. Tato závislost však není lineární. Pro rozhodující většinu případů je více či méně progresivní. Na křivce vyjadřující funkci tohoto vztahu lze proto vymezit bod „B“. Jeho poloha je v místě popsané závislosti, po jehož dosažení již další zvětšování rozsahu a komplexnosti průzkumu vyžaduje stále větší a větší přírůstky nákladů a potřebného času ale zároveň již je dosahováno stále méně a méně nových informací.

Z čistě ekonomického hlediska by tedy již další zvětšování rozsahu průzkumu za hranici danou bodem „B“, nebylo ekonomické. Rozsah a komplexnost dostatečného průzkumu by tudíž měl

být někde okolo bodu „A“. Tedy v rozmezí, kdy je průzkumem získán dostatečný rozsah znalostí nutný pro věrohodný popis horninového prostředí a danou stavební konstrukci. Dokonalá znalost horninového prostředí by byla nepřiměřeně drahá, ne-li nedosažitelná.

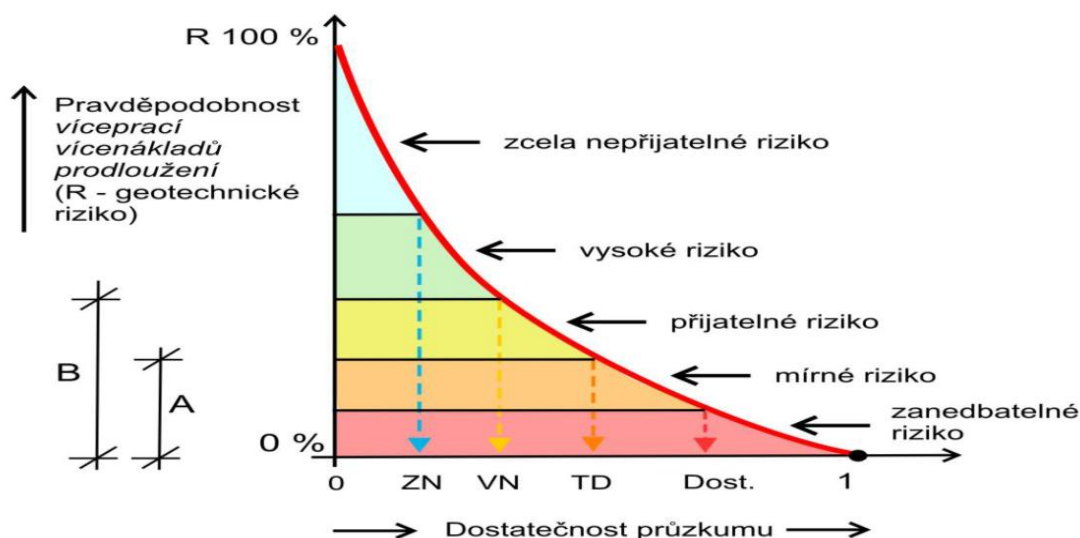
V praxi, i po provedení průzkumu, tedy vždy zůstává určitá nejistota o vlastnostech prozkoumávaného horninového prostředí. Tuto míru nejistoty lze hypoteticky vyjádřit koeficientem R_f (%). Ten vyjadřuje míru shody o inženýrskogeologických podmínkách mezi zastiženou skutečností při stavbě, s předpokladem formulovaným na základě průzkumu. (Při dokonalé shodě je R_f 100%). Současně odpovídá míře velikosti zbytkového geotechnického rizika po průzkumu. Čím větší R_f , tím menší je zbytkové riziko. Existující zbytkové riziko pak musí být „kryto“ buď konzervativním pojetím projektu, technickými, připravenými technologickými opatřeními při výstavbě, tudíž monitoringem a řízením rizik a i ochotou investora či projektanta určité (pro ně přijatelné) riziko převzít. Velmi nízká, nepříjemná hodnota R_f , bývá „důsledkem“ příliš nízkého rozpočtu průzkumu, nedostatkem času na jeho realizaci, nepřístupností míst pro odkryvné práce, nevhodným projektem průzkumu či jeho špatnou interpretací.

Zbytková nejistota o inženýrskogeologických podmínkách musí ale být alespoň kvalitativně charakterizována. Projektant se musí připravit na to, co může „nastat“. Úplná překvapení a zcela neočekávané inženýrskogeologické poměry již samozřejmě patří do charakteristiky nedostatečného průzkumu.

Na obr. č.2. je na svislé ose znázorněna pravděpodobnost „R“, vzniku nežádoucích jevů vyplývajících z neúplného poznání horninového masivu. V jiném měřítku, na protilehlé svislé ose, jsou vyznačena odpovídající geotechnická rizika. Pro rizika je použita obvyklá pětistupňová stupnice zavedená v metodice řízení rizik. Na vodorovné ose je opět míra dostatečnosti průzkumu jako na obr. č. 1. (ZN-zcela nedostatečný, VN-velmi nedostatečný, TD-téměř dostatečný, Dost.= dostatečný průzkum. 1= dokonalý průzkum).

Pravděpodobnost víceprací, vícenákladů a prodloužení výstavby, souvisí s mírou geotechnického rizika, znázorněného na protilehlé ose. Z tohoto pohledu dokonalý průzkum představuje nulovou pravděpodobnost („R“) vzniku nežádoucích geotechnických jevů při výstavbě a zcela zanedbatelné riziko. Optimální dostatečnost průzkumu proto souvisí s volbou úrovně přijatelného rizika. To by mělo být někde v rámci přijatelného, či spíše mírného rizika. (Rozsah TD a dostatečného průzkumu)

Z těchto úvah vyplývá, že strategie navrhování dostatečného geotechnického průzkumu spočívá v optimalizaci mezi náklady na rozsah a komplexnost průzkumu (náklady a čas) na získání dostatečného množství poznatků o horninovém prostředí, na straně jedné a na výši přijatelného rizika pro investora stavby na straně druhé. Koncept přijatelného rizika viz. Rozsypal 2014.



Obr. č. 2. Vztah mezi velikostí rizika a dostatečností průzkumu

Základní otázkou je, jak postupovat při optimalizaci mezi náklady a na průzkum a o úrovni přijatelných geotechnických rizik. Jakou konkrétní roli přitom hraje investor, projektant, zhotovitel či inženýrský geolog.

Cesty k dostatečnému průzkumu

Je několik podmínek, jejichž dodržování je nutné pro to, aby průzkum byl ve svém výsledku dostatečný. Především:

- Správný výchozí inženýrskogeologický model, který je podkladem pro projekt průzkumu.
- Promyšlený způsob zadávání, hrazení a dozor nad prováděním průzkumů.
- Definování pojmu „odlišnost podmínek staveniště“ a jeho aplikace v procesu řízení a financování výstavby.
- Přijetí zásady, že odpovědným subjektem za získání dostatečných znalostí o horninovém prostředí je investor.

Zadávání průzkumů

Pro projekty, které spadají z hlediska požadavků na průzkum do 2 a zejména do 3 geotechnické kategorie (viz Eurokód č.7, část 1) (ČSN 73 1000) se musí vypisovat zvlášť výběrové řízení na zpracování dokumentace (programu) podrobného průzkumu a teprve na základě tohoto projektu se může následně vypsát výběrové řízení na zhotovitele průzkumu. Rozsah a komplexnost průzkumu, musí být již projektu průzkumu naprosto přesně určen. A to včetně kvalitativně technických a kvalitativních podmínek průzkumu, jeho cíle i obsahu a formy jeho výstupů. Zejména musí existovat vyčerpávající soupis prací i výkaz výměr všech průzkumných prací. Vybraný zpracovatel projektu průzkumu samozřejmě pracuje podle zadání investora, případně zpracovatele projektové dokumentace odpovídajícího stupně.

Až takto zpracovaná dokumentace průzkumu, jednoznačně určuje předmět soutěžených prací. Jen za takových podmínek lze akceptovat, nejnižší cenu nabídky, jako jedno z kritérií pro výběr zhotovitele průzkumu. Vždy však musí být samozřejmě aplikována další kvalitativní kritéria, zajišťující dostatečnou odbornou způsobilost uchazečů o provedení průzkumu.

Při tomto pojetí je však odpovědným subjektem za celkovou dostatečnost průzkumu zpracovatel projektu průzkumu. Tedy již nikoliv sám zhotovitel vlastních průzkumných prací. Ten samozřejmě odpovídá za kvalitu jím prováděných prací. Stěžejní podmínkou dostatečnosti průzkumu je vždy jeho výchozí projekt a výchozí inženýrskogeologický model, který je pro něj podkladem. Proto jeho zpracování je nutné věnovat maximální pozornost. Aby mohl zpracovatel projektu průzkumu dostát své odpovědnosti za průzkum, musí být zároveň pověřen i rolí autorského dozoru nad jeho celým průběhem provádění a hodnocení. V rámci své odpovědnosti, musí mít kompetenci v rámci schválených nákladů na průzkum, upravovat rozsah a zaměření jednotlivých průzkumných prací. To se děje po dohodě s investorem, na základě průběžně hodnocených výsledků průzkumu. (Rozsypal 2013)

Tento postup zajistí, aby rozsah, komplexnost a kvalitativní podmínky pro provedení průzkumu nebyly negativně ovlivněny podmínkami výběrového řízení, zejména kritériem minimální ceny a zároveň byla zajištěna kvalita provedení průzkumu formou autorského dozoru. Tak je to ostatně běžně zavedeno u provádění jiných stavebních prací. Investorovi to dává garanci, že je „dostatečnost průzkumu“ stanovena objektivně, nezávisle a s ohledem na geologické poměry i připravovanou stavbu.

Geotechnický dozor a sledování odlišných podmínek stavenišť

Existující nejistoty o vlastnostech horninového prostředí, které v určitém rozsahu přetrvávají i po provedení průzkumů, jsou důvodem pro účinné provádění geotechnických dozorů v průběhu výstavby. Neopominutelnou součástí geotechnického dozoru každé velké inženýrské stavby, včetně staveb dopravních, musí být důsledné porovnávání a hodnocení zastižovaných inženýrsko geologických a geotechnických podmínek stavenišť (dále jen podmínek stavenišť), s předpoklady průzkumu, které byly vzaty jako podklad pro projekt stavby DSP i pro realizační dokumentaci. (Randal, 1997, Rozsypal 2014)

Geotechnický dozor se nesmí omezit na pouhé kontrolování předepsaných technologií zemních prací, zakládání umělých objektů, popis základových spár atp.. Musí také pečlivě vyhodnocovat rozdíly (odlišnosti) mezi předpokládanou a skutečně zastižovanou geologií. Zejména musí zvažovat jejich význam a důsledky pro realizovanou stavbu i pro technologii výstavby. V územích se složitou geologickou stavbou a zvýšeným geotechnickým rizikem, musí tuto práci provádět zkušený inženýrský geolog, který je schopen tyto rozdíly (odlišnosti) posuzovat v kontextu celého zájmového území a se schopností správně vyhodnotit jejich případné důsledky pro projekt a výstavbu. Takovéto hodnocení je velmi žádoucí, avšak bohužel se často z úsporných důvodů neprovádí, anebo je značně podceněno.

Právní odpovědnost za dostatečnou znalost geologických poměrů

Občanský zákoník určuje vztahy mezi objednatelem a zhotovitelem co se týče věci povahy věci a předávaných příkazů. Pojem “povahu věci“ lze při výstavbě dopravní stavby interpretovat mimo jiné i jako horninové prostředí (a jeho znalost), které objednatel předá projektantovi a zhotoviteli ve formě zprávy o průzkumu. To odpovídá i logice, že je to standardně investor, kdo objednává projekt, průzkum i výstavbu. Objednatel také předává zhotoviteli stavby projektovou dokumentaci včetně průzkumu, podle kterého má poté zhotovitel, dílo zhotovit. (Rozsypal 2011).

Zjistí-li se v průběhu výstavby, že zastižené geologické poměry jsou jiné, než jsou ty, které byly předpokládány v projektu a že je nutno doplnit geologické znalosti doplňkovým průzkumem, má investor povinnost nechat jej provést tak, aby bylo možno upravit projektovou dokumentaci či postup výstavby podle dodatečných znalostí.

Překáží-li nevhodná věc nebo příkaz (chyby v projektu, anomální geologické poměry atp.) v řádném provedení díla, tak zhotovitel, případně autorský dozor projektanta musí dát podnět pro přerušení prací v nezbytném rozsahu až do odstranění překážek (vady projektu, doplnění znalostí o geologickém prostředí). Trvá-li investor na provádění díla, má zhotovitel právo požadovat, aby tak investor učinil v písemné formě (OZ § 2594) a tím na sebe v této záležitosti přebral odpovědnost.

3. Geotechnický dozor a řízení geotechnických rizik v průběhu výstavby

Pro řízení geotechnických rizik výstavby v nejistém, rizikovém horninovém prostředí, (například při průchodu komunikace sesuvným územím) je tedy třeba stanovit kritéria pro posuzování, zda při výstavbě byly, či nebyly, zastiženy odlišné podmínky staveniště, než jsou ty, které byly uvedeny v zadávací dokumentaci a které předpokládal projektant pro bezpečný návrh geotechnických konstrukcí. (Například sklony a zajištění svahů zářezů a násypů, odvodnění, zakládání a realizace umělých objektů atp.).

Dosažení těchto kritérií je pak signálem pro přijetí technických projektových či technologických opatření. Jsou ale také podkladem pro hodnověrné ocenění nákladů i vícenákladů s tím spojených. Toho se docíluje prostřednictvím definice toho, co je považováno za odlišné podmínky staveniště.

Odlišné geotechnické podmínky staveniště

Prvním krokem při uplatnění popisovaného konceptu je jednoznačně formulovat definici „Odlišných podmínek staveniště“ a postup, jak budou při výstavbě identifikovány klasifikovány.

Při definici odlišných podmínek staveniště se vychází ze zprávy o podrobném průzkumu. V něm již musí být předpokládané inženýrskogeologické a geotechnické podmínky staveniště jednoznačně definovány kvantifikovaným způsobem. Musí přitom být již použita táž metoda, kterou bude možné použít i pro identifikaci a kvantifikaci skutečně zastižovaných podmínek staveniště v průběhu výstavby. (Randal, 1997, Rozsypal, 2014)

Důležité je právě to, že se stanovuje postup, jak se tyto rozdíly kvantifikují a že se to stanovuje způsobem jasným a srozumitelným všem účastníkům výstavby. Významné také je, že toto ustanovení umožňuje investorovi, v případě zastižení rozdílů (odlišných podmínek), legálně uhradit náklady na související vícepráce (ZBV- změny během výstavby) a to jak zhotoviteli stavby, tak i projektantovi.

Pružnost, s jakou jsou během výstavby z důvodů odlišných podmínek staveniště projednávány vícepráce (jak v oblasti doplňkového průzkumu, projektových prací, tak i provádění výstavby) a související požadavky na jejich hrazení, závisí právě na tom, jak výstižně a spolehlivě jsou odlišné podmínky staveniště definovány. A samozřejmě na tom, jak jednoznačně jsou pravidla pro jejich oceňování zapracována do smluvních dokumentů. To mimo jiné eliminuje rizika, která vznikají při neřešených a vlekloucích se sporech mezi zadavatelem a zhotovitelem o vícepracích a souvisejících více nákladech

Aby ustanovení o „Odlišných podmínkách staveniště“ plnilo svůj účel, tak vždy musí být možné, jednoduše a rychle odpovědět na otázku „Odlišné od čeho?“ „Odlišné o kolik?“ Kritéria pro hodnocení odlišných podmínek staveniště musí být proto vybrána a jejich hodnoty zvoleny tak, aby jednoznačně umožnila kvantifikovat rozdíl mezi zastiženou skutečností a předpokladem průzkumu. Musí být proto stanoveno, jak zvolené parametry jednoznačně měřit a jak stanovená kritéria posuzovat. Pokud například bude jako parametr pro hodnocení odlišných podmínek staveniště určena poloha hladiny podzemní vody, je zapotřebí stanovit kde, jak a s jakou četností bude měřena. Jako další příklad lze uvést zvládání podstatně většího

přítoku podzemních vod do stavební jámy, než předpokládal projekt, kontakt se smykovými plochami při zemních pracích, neočekávané sedání či zakládání mostních pilířů atp.

Filozofie konceptu o odlišných podmínkách staveniště je ta, že geotechnická rizika vyplývající z odlišných podmínek staveniště, (které jsou horší, než odpovídá očekávaným hodnotám definovaným v projektu a průzkumu), přebírá investor.

Geotechnické parametry vybírané jako kritéria pro posuzování odlišných geotechnických podmínek staveniště

Geotechnické parametry vybrané pro definování odlišných podmínek by měly souviset s požadavky na úpravy stavebních postupů či úpravy realizační dokumentace výstavby. Například pevnost horniny, velikost deformace atp. Lze volit i geotechnické parametry, mající přímý vztah k vstupům do návrhových postupů pro dimenzování geotechnických konstrukcí, technologii výstavby, nutným objemům prací atp. Například:

- Zatřídění horninového masivu podél trasy inženýrského díla podle některých zavedených klasifikací horninového masivu
- Geotechnické kategorie a jejich předpokládané rozdělení podél trasy.
- Vrtatelnost, rozpojitelnost, lepivost, bobtnavost, případně jiné významné technologické vlastnosti a jejich rozdělení v rámci staveniště.
- Hydrostatický tlak, hladiny podzemních vod a předpokládané podmínky v oblasti podzemních vod včetně velikostí přítoků do stavebních jam, zářezů či tunelů.
- Dopady výstavby na okolní stavby.
- Poruchové zóny a jejich prostorové parametry.

Dalšími mohou být jakékoliv zdroje potenciálních problémů nebo geotechnické rizik, které by mohly mít vliv na proces výstavby, jako jsou četnost a velikosti podzemních dutin, balvanů v šterkových terasách, průběhu povrchu nezvětralého skalního podkladu, výskyt plynu, kontaminované půdy či podzemní vody atp. (Mohou se uvádět jako množství na jednotku délky trasy, nebo jako procentuální zastoupení v trase).

Výhodné je, když některé parametry vybrané pro hodnocení odlišností podmínek staveniště, jsou současně předmětem přímého měření v rámci geotechnického monitoringu. (Například velikost posuvů). Viz další odstavec 4.

Zásadní důležitost má to, že je zároveň smluvně definován způsob finančního vypořádání zhotovitele z případných důsledků plynoucích z těchto odlišností. (Vícepráce, vícenákłady, prodloužení výstavby atp.).

4. Geotechnický monitoring

Hlavní zásady použití geotechnického monitoringu při řízení geotechnických rizik

Geotechnický monitoring je základním prvkem v systému řízení geotechnických rizik výstavby každého inženýrského díla. Vychází z observační metody, kdy se na základě pozorování skutečné odezvy horninového masivu na výstavbu upravuje technologie výstavby, případně i projekt.

Cílem monitoringu je zjišťování stavu sledovaného systému, předpověď vývoje tohoto stavu v budoucnosti a přijímání opatření, kterými by se tento vývoj (a případně existující rizika) udržel v projektem předepsaných mezích. S tím souvisí i následná kontrola účinnosti těchto opatření a předpověď neočekávaného nebezpečí vzniku nežádoucích a neočekávaných jevů

během výstavby. Sledovaným systémem je v našem případě interakce dopravní stavby s horninovým prostředím.

Je třeba zdůraznit, že monitoring, aby splnil výše uvedené cíle, nelze pojímat jako pouhé měření, ale jako komplexní činnost. Plánování, projektování, provádění a hodnocení geotechnického monitoringu je na sebe navazující sled řady činností. Ta začíná definicí cílů monitoringu a vyslovením jednoznačných otázek, na které má měření prováděné v rámci monitoringu odpovědět. (Rozsypal 2008,2014)

Projekt monitoringu musí být založen na jasné představě o využití získaných poznatků pro konkrétní inženýrská rozhodnutí. Navazuje na podrobný geotechnický průzkum a analýzu geotechnických rizik. Dále obsahuje navržení tzv. varovných stavů a jejich kritérií, vyprojektování technicko bezpečnostních, technologických a organizačních opatření, přijímaných v závislosti na aktuálních varovných stavech. Součástí monitoringu je i vybudování monitorovacího systému a jeho udržování v chodu, vlastní měření a hodnocení včetně přijímání opatření na základě zhodnocení předcházejícího měření a kontroly účinnosti přijatých opatření.

Základní měřicí metody na dopravních stavbách jsou:

Využívání monitoringu v inženýrských stavbách vychází ze snahy v co největší míře uplatit zásady observační metody v podmínkách, kdy nelze předem s jistotou předpokládat, jaká bude odezva horninového masivu na stavbu. Základní veličiny, které se při geotechnickém monitoringu dopravní stavby zpravidla sledují, jsou: posuvy (svislé vodorovné, šikmé), deformace (přetvoření), síly (napětí), poloha hladiny podzemní vody a vodní režim, resp. Měření pórového tlaku. Sledují se také všechny faktory, které mohou sledované veličiny ovlivnit. Například srážky, teploty, otřesy, stavební postupy atp.

Nejčastější monitorovací přístroje, kromě geodetických metod, jsou: extenzometrická pásma, inklinometrické a extenzometrické vrty, měřidla pórového tlaku, pozorovací hydrovrty, tlakové podušky pro měření napjatosti, různé typy deformetrů pro kontrolu rozvírání trhlin na stavebních či zemních konstrukcích, náklonoměry a další.

Hodnocení výsledků monitoringu

U velkých staveb se pro sběr dat a jejich skladování i hodnocení obvykle zřizuje tzv. kancelář monitoringu. Jí se rozumí všechny personální i technické prostředky zhotovitele monitoringu, nezbytné pro provádění, řízení a vyhodnocování monitoringu. Kancelář monitoringu také zajišťuje „dopravu“ výsledků hodnocení a všech potřebných dat k jejich uživatelům. Rozhodovací proces, navazující na projednávání výsledků monitoringu s účastníky výstavby, musí být podrobně popsán a zaveden jak do realizačního projektu monitoringu, tak i zapracován do systému řízení rizik na stavbě.

Hodnocení výsledků geotechnického monitoringu se musí důsledně provádět společně s hodnocením geotechnického sledování a s vyhodnocováním případných inženýrskogeologických odlišností staveniště.

Princip varovných stavů pro hodnocení monitoringu

Základním nástrojem pro účinné a rychlé vyhodnocování výsledků monitoringu jsou tzv. varovné stavy a jejich kritéria. Varovný stav v chování sledovaného systému je taková kvalitativní změna v jeho chování, která znamená zásadní změnu v úrovni podstupovaného rizika. (Například dosažení určité polohy hladiny podzemní vody, nebo dosažení určité velikosti posuvu po smykové ploše).

Dosažení určitého varovného stavu je pak podnětem pro přijetí určitých, předem připravených

v realizační dokumentaci stavby, technicko-organizačních či projektových opatření. Je žádoucí, aby tato opatření byla předem připravená v realizační dokumentaci stavby. Tato opatření jsou nástrojem pro udržení chování sledovaného systému v přijatelných mezích a pro odvrácení důsledků vzniku nežádoucích jevů a nepřijatelného rizika během výstavby. (Rozsypal 2014, TP 237)

Stupně varovného stavu

V souvislosti s varovnými stavy jsou definovány následující pojmy:

- stupeň varovného stavu a jeho úroveň
- kritérium varovného stavu

Stupeň varovného stavu je definovaný stav v chování horninového masívu, anebo stavební konstrukce, který má vztah k stanovenému cíli monitoringu, k definované úrovni rizika. Je spojen s určitými opatřeními. Čím vyšší je stupeň varovného stavu, tím větší je podstupované riziko.

Kritéria varovného stavu

Kritéria varovného stavu jsou exaktně nebo empiricky stanovené hodnoty sledovaných veličin, souvisejících s příslušným stupněm varovného stavu a s mírou podstupovaného rizika (např. dosažená velikost přetvoření, rychlost a zrychlení přetvoření apod.).

Při definování hodnot kritérií varovného stavu musí být určeno, k čemu přesně se příslušná hodnota kritéria váže. Například zda se jedná o aktuální hodnotu měřené veličiny odpovídající určité technologické operaci, či o hodnotu ustálenou nebo hodnotu konečnou a v kterém okamžiku vzhledem k časovému vývoji měřených veličin byla měření zahájena. Pro kritéria varovných stavů se obvykle používají: absolutní hodnoty sledovaných veličin, jejich časové průběhy, rychlost, trendy ve vývoji hodnot sledovaných veličin (především zrychlení jejich změn).

Při volbě konkrétních hodnot kritérií určitého varovného stavu se vychází ze statických výpočtů a analýzy geotechnických rizik. Přitom se přihlíží k očekávanému vývoji sledovaných veličin, (trendům), očekávaným koncovým hodnotám sledovaných veličin, rychlosti jejich změn atp.)

Úrovně varovných stavů

Doporučuje se stanovit maximálně 5 úrovní stupňů varovných stavů. Viz obr.č. 3.

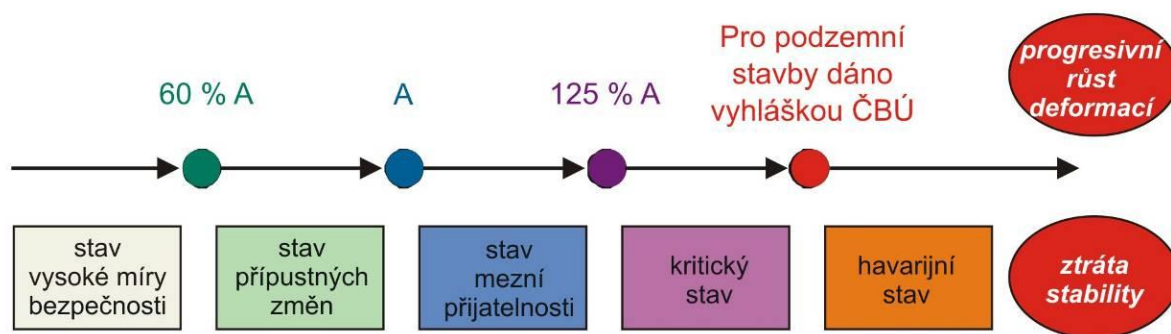
▪ Stav vysoké míry bezpečnosti	(zanedbatelné riziko)
▪ Stav přípustných změn	(mírné riziko)
▪ Stav mezní přijatelnosti	(přijatelné riziko)
▪ Kritický stav	(vysoké riziko)
▪ Havarijní stav	(vývoj směřuje k ztrátě stability)

Optimální počet varovných stavů pro konkrétní stavbu (objekt stavby, konstrukci atd.) stanovuje projektant DSP nebo RDS stavby pro různé fáze a místa výstavby. Minimální doporučený počet varovných stavů jsou dva:

- Stav mezní přijatelnosti
- Kritický stav

Klíčovým varovným stavem je varovný stav mezní přijatelnosti. Tento varovný stav souvisí se zvolenou úrovní přijatelného rizika. Při volbě kritéria stavu mezní přijatelnosti se vychází z určité hodnoty monitoringem sledované veličiny, která je stanovena na základě statického

výpočtu provedeného v DSP nebo RDS, (mezní hodnota „A“). Viz obr. č. 3.



Obr. č. 3. Posloupnost varovných stavů

Hodnota „A“ by měla vystihovat stav odpovídající očekávanému žádoucímu chování sledovaného systému (např., očekávané sedání či náklon určitého objektu nadzemní zástavby) v daném momentu postupu výstavby. Není-li možné hodnotu „A“ určit jednoznačně výpočtem, anebo později v průběhu výstavby zpětnými výpočty, stanovuje se odborným expertním odhadem.

Ostatní varovné stavy a jejich kritéria se pak vymezují ve vztahu k hodnotě „A“. Pro standardní situace, s výrazným vývojem hodnot veličiny zvolené jako kritérium varovného stavu, lze odvodit další varovné stavy například dle schématu na obr. č. 3.

Pro návrh optimálního postupu monitoringu velké dopravní stavby, ve složitých geologických podmínkách, lze využít TP 237 Monitoring tunelů pozemních komunikací, které MD ČR vydalo s platností od 1.7. 2011.

5. Podmínky spolehlivosti geotechnického modelování

Spolehlivý inženýrskogeologický model

Geotechnické modelování je součástí návrhu geotechnické konstrukce ve smyslu Eurokódu č.7. Bývá ale i účinným nástrojem pro geotechnický monitoring, protože může přispět k zvýšení spolehlivosti předpovědi dalšího vývoje sledovaného systému. To se děje zpravidla prostřednictvím zpětných analýz, kdy se verifikují vstupní údaje geotechnických parametrů do existujícího výpočetního modelu, anebo se ověřuje geotechnický model sám.

Předmětem geotechnického modelování musí být vždy celé území, ve kterém může dojít k interakci mezi stavbou a jejím horninovým prostředím. Nikoliv jen jeho bezprostřední okolí, jak se to bohužel většinou děje. Podkladem pro takové geotechnické modelování může být jen věrohodný inženýrskogeologický model dotčeného území včetně hypotézy o tom, jak bude spolupůsobení stavby se svým horninovým prostředím probíhat. Například typy geodynamických procesů, poloh případných smykových ploch fosilních i případných recentních sesuvů, rozsah a vývoj procesu přetváření a případného porušování přítomných typů hornin, popis vývoje pole napjatosti dotčeného prostoru i s popisem fyzikálních příčin těchto procesů.

To je úkolem inženýrskogeologického průzkumu a jeho zhodnocení. Teprve na základě takového komplexního inženýrskogeologického modelu může následovat jeho zjednodušování a vytvoření geotechnického modelu, s kterým se pak pracuje při vlastním modelování. (Zjednodušená rozhraní mezi jednotlivými typy hornin a zjednodušené hypotézy přetváření pro vlastní modelování). Teprve pak následuje výběr vhodného algoritmu a metody modelování a úplně na závěr stanovení hodnot vstupních parametrů do výpočtového modelu. Například

smykové pevnosti (efektivní-totální-kritické, vrcholové či reziduální), velikosti pórových tlaků, deformační vlastnosti apod., ve smyslu Eurokódu 7. (ČSN 73 1000). Nejistoty týkající se spolehlivosti geotechnického modelu a výstižnosti výpočetních modelů včetně hodnot vstupních parametrů do nich, je třeba řešit parametrickými studiemi, citlivostními analýzami a kde je to možné i zpětnými analýzami.

Základním problémem jak vyplývá z odst. 2. je, že vždy existuje větší či menší míra nejistot o vlastnostech horninového prostředí a o jeho budoucí interakci se stavbou. Jakýkoliv model zůstává proto vždy jen modelem skutečnosti. Ta se pak může při příliš velkém zjednodušení modelu chovat úplně jinak. To pak může být nepříjemné překvapení.

Příčiny rozdílů mezi chováním geotechnického modelu a skutečnosti.

Rozdíly mezi chováním geotechnického modelu a skutečností jsou hlavně trojího druhu:

- Matematický model použitý pro výpočet, neodpovídá skutečným fyzikálním procesům, kterými se interakce mezi horninovým prostředím a stavbou řídí.
- Matematický model je sice dostatečně věrohodný, ale nejsou výstižně voleny vstupní parametry do výpočtu. (Smyková pevnost, pórové tlaky, deformační moduly atp.)
- Fyzikální procesy i vstupní data jsou stanoveny správně, ale nejsou dostatečně spolehlivě známa a do geotechnického modelu promítnuta, skutečná geometrická rozhraní mezi jednotlivými typy horninového materiálu, který do interakce vstupuje a není znám celkový rozsah oblastí, která jsou interakcí zastiženy a měly by být předmětem modelování.
- V matematických modelech (kromě konsolidace), není zpravidla zohledněn vliv času na průběh přetváření a porušování horninového prostředí.
- Matematické modely obvykle nezahrnují nahodilé externí faktory, jako například neočekávaný vliv poddolování, změn vodního režimu atp.

V případě složitých inženýrskogeologických podmínek, kdy nejistoty nelze dostatečně snížit, tak jedinou cestou jak zvyšovat spolehlivost geotechnického modelování, je využití geotechnického monitoringu. S jeho pomocí se sledují a komplexně vyhodnocují skutečné reakce horninového prostředí na stavbu. To se optimálně děje v kombinaci se zpětnými analýzami.

Využitelnost zpětných analýz geotechnického modelování

Zpětné analýzy, zejména pro řešení stabilitních úloh, jsou spolehlivý nástroj pro určení „zbytkových“ hodnot geotechnických parametrů horninového prostředí, ve kterém již došlo k porušení. Jejich hlavní užitek spočívá v tom, že jsou podkladem pro reálnému stavu odpovídající návrh a dimensování stabilizačních opatření. (Sesuvy, opěrné zdi, zakotvení, odvodnění, sklony svahů atp.). V tomto smyslu jsou nenahraditelné. Jejich spolehlivost je poměrně vysoká, protože po porušení horninového prostředí, je již snadnější zkonstruovat výstižnější geotechnický model.

Zpětné analýzy nelze použít pro jednoznačné stanovení, jak měla být konstrukce správně původně navržena a jaké návrhové parametry měly být při tom použity. Zpětnými analýzami se totiž modelují až vlastnosti hornin po jejich porušení. (Například reziduální smyková pevnost, po již vzniklé vyhlazené smykové ploše). Nikoliv tedy proces porušování od samotného počátku, kdy byly ještě smykové pevnosti podstatně vyšší. A jiné bylo i rozložení vnitřní napjatosti, litologických rozhraní atp.

Pro spolehlivé modelování průběhu interakce hornin a staveb ještě před porušením, nebo

ověřování fyzikálních příčin porušení, je použití zpětných analýz a geotechnického modelování matematickými metodami vůbec, často velmi zrádné. Zejména tehdy, pokud není jistota, že používaný algoritmus výpočtu odpovídá fyzikálním procesům probíhajícím v horninovém prostředí a ani nejsou spolehlivě známa rozhraní jednotlivých typů hornin a jejich vlastnosti. A to je většina případů ve složitém geologickém prostředí. V takovém případě může být výpočet vyloženě zavádějící. Zejména není známa rezerva ve smykovém odporu (stupeň bezpečnosti).

Tam, kde inženýrsko geologický model je velmi nejistý, tam jsou geotechnické výpočty proto pouze indikativní, nikoliv průkazné. Proces porušování horninového prostředí v heterogenních podmínkách je komplexní proces, probíhající v čase a na jeho různých místech svahu s různou intenzitou. Vstupují do něho faktory, které tento proces různým způsobem, místně i v čase ovlivňují. Míst s koncentrací napětí a vznikem porušení může být více a ty se pak mohou postupně propojovat. Teprve nakonec se vytvoří souvislá oblast porušení, například smyková plocha. Standardní geotechnický výpočet ale takový vývoj nezohledňuje, je nezávislý na čase, nepředpokládá vývoj vlastností a napjatostí uvnitř analyzovaného prostředí. Pokročilejší numerické metody, založené na správně definovaných konstitučních vztazích, sice dokáží progresivní porušování horninového prostředí modelovat. Avšak i pro jejich věrohodné použití je nutné spolehlivě znát výchozí inženýrskogeologické podmínky a vstupní data do modelování.

Základní chybou při používání metod geotechnického modelování je, když dostatečně neberou v úvahu nejistoty o výstižnosti inženýrskogeologického, resp. geotechnického modelu. Tyto nejistoty bývají tím větší, čím je dotčené horninové prostředí složitější a rozsáhlejší, čím větší je nedostatečnost podrobného průzkumu. Tím větší jsou i existující geotechnická rizika.

Použití metod geotechnického modelování ve složitých inženýrskogeologických poměrech a s vysokou mírou geotechnického rizika, bez včasného zahájení geotechnického monitoringu, který by umožnil zpřesňovat geotechnický model i představu o fyzikálních procesech probíhajících v horninovém prostředí, může být krajně nespolehlivé.

Proto geotechnické výpočty a návrhy geotechnických konstrukcí, ve složitých geologických poměrech a v situacích kdy existuje značné geotechnické riziko, je třeba vždy doprovázet geotechnickým monitoringem

6. Hlavní chyby při používání geotechnických metod pro řízení geotechnických rizik

Následující text ukazuje na nejčastější chyby, které jsou důsledkem nedostatečného průzkumu a nevyužívání poznatků o inženýrskogeologických podmínkách dotčeného území při projektování i při výstavbě. Jde o hypotetický příklad. Je však poskládaný z různých, v minulosti i v současnosti se skutečnivších případů.

V popisovaném příkladu bylo rozhodnuto zvolit trasu významné dopravní komunikace s plným vědomím, že bude procházet přes geologicky velmi složité území, které bylo v minulosti dotčeno svahovými pohyby. To znamená, že se jednalo o území, s velmi vysokými počátečním geotechnickými riziky. Takové rozhodnutí bylo zcela legitimní. V obtížných podmínkách se budují náročné stavby všude po světě. Předpokládá to ale, že se této situaci přizpůsobí příprava stavby, projekt, náklady i organizace výstavby. To vše je podstatně jiné, než kdyby byla stavba prováděna v obvyklých geologických podmínkách.

Především musí být proveden dostatečný, komplexní a rozsáhlý průzkum, zahrnující celou dotčenou oblast, nikoliv jen bezprostřední okolí pruhu vymezující vlastní stavební pozemek komunikace. Samozřejmě musí být v takové situaci dostatečně obezřetný a profesionálním přístup ke zpracování projektové dokumentace ve smyslu Eurokódu č. 7 (ČSN 73 1000).

Podrobný průzkum musí umožnit nejen identifikaci všech geotechnických rizik, ale i jejich kvantifikaci a způsoby jejich snižování. Identifikace a kvantifikace rizik je pak podkladem pro volbu variant projektových řešení a technologií výstavby, která existující rizika snižují pod přijatelnou úroveň. I řízení výstavby musí být uzpůsobeno existujícím geotechnickým rizikům. To znamená, že musí pružně reagovat na při výstavbě neočekávaně vznikající situace a nepřipustit zdržování přijímání nutných technických opatření, zdlouhavým překonáváním administrativních bariér. Za hlavní rozhodující kritérium při volbě způsobu přípravy výstavby, koncepce projektu i výběru zhotovitelů, nelze v takové situaci přijmout minimální cenu stavby. Naopak rozhodující musí být rychlost realizací prací a schopnost, zvládat existující rizika.

V příkladu, který je uveden, byl podrobný průzkum zaměřen pouze na užší okolí trasy komunikace. Celé území, ve kterém se mohly v důsledku výstavby aktivovat různé typy sesuvů, předmětem podrobného průzkumu nebylo. Patrně kvůli jeho nízkému rozpočtu, protože zhotovitel průzkumu byl vybírán ve veřejném výběrovém řízení a jedním z hlavních kritérií byla, zřejmě jako obvykle, nejnížší cena nabízených prací.

Fenomény v širším okolí trasy, které však mohly se stabilitou dotčeného území dlouhodoběji souviset, nebyly předmětem ani průzkumu, ani územního řízení ani projektových řešení. Stejně tak nebyly v rámci průzkumu realizovány stabilitní studie širšího území, podle zásad mechaniky zemin. A to ani v místě hlubokého zářezu, který byl na trase komunikace předpokládán. Průzkumné vrty, a laboratorní zkoušky v této kritické oblasti byly provedeny v minimálním množství. Nebyl v něm proto ani zkonstruován geotechnický profil zasahující celé, potenciálně nestabilní území nad komunikací. Návrh sklonu svahů zářezu vycházel z ne správně interpretovaných výsledků laboratorních smykových zkoušek a z expertních odhadů. Spolehlivé určení ustálené hladiny podzemní vody dlouhodobějším pozorováním bylo v tomto místě zanedbáno. Hladina byla navíc průzkumem indikována neopatrně velmi hluboko pod terénem. Žádoucí monitoring stability dotčeného území, do kterého se mělo zasahovat hlubokým zářezem, zahájený v předstihu před výstavbou, například inklinometrickými vrty, také nebyl navržen. Stavebním povolením, které bylo vydáno, byl s ohledem na průchod komunikace nestabilním územím správně předepsán geologický dozor. Realizovaný geotechnický dozor v rámci TDI byl však poddimenzován. Musel se proto soustředit především na provádění silničních násypů a geologickou dokumentaci odkrytých základových spár umělých objektů.

Po otevření zářezu na komunikaci se začala projevovat lokální nestabilita jeho svahů. Byla doprovázená četnými výrony vody. To vedlo k lokálním opatřením, nikoliv ale k vyvození důsledků z toho, že zářez byl otevřen ve zcela odlišných podmínkách staveniště, než předpokládal projekt. Nevyvození důsledků z této skutečnosti bylo zásadní chybou při řízení výstavby. Realizovaná opatření řešila pouze sanaci svahů zářezu. To se později ukázalo jako nedostatečné. Došlo k celkovému sesuvu značné části území nad zářezem a kompletnímu zavalení a poškození komunikace. Stavba byla prodloužena a zvýšení nákladů na sanaci představovalo podstatnou část původního rozpočtu.

Je zjevné, že při původním návrhu zářezu nebyl aplikován dostatečně obezřetný (konzervativní) přístup, který by odpovídal všeobecně známým stabilitním podmínkám daného území. Návrh jakékoliv geotechnické konstrukce v podobně rizikovém místě (3 geotechnická kategorie), je podle Eurokódu 7 (ČSN 731000) nezbytné provádět na základě výpočtu s využitím změřených dat stanovených ze zkoušek. To se v daném případě nestalo. Při výstavbě zářezu nebyl uplatňován dostatečně pružný způsob rozhodování. To vedlo k zbytečným odkladům a prodlužování následných sanačních prací. Spolu s tím i k zbytečnému růstu dalších geotechnických rizik.

7. Shrnutí a závěr

Základními nástroji řízení geotechnických rizik při přípravě a výstavbě každé velké dopravní stavby ve složitých geologických podmínkách je dostatečný průzkum, geotechnický monitoring a geotechnický dozor, jehož nejdůležitější součástí je hodnocení odlišností v předpokládaných a skutečně zastižených inženýrskogeologických podmínkách staveniště. Předmětem průzkumů musí být celé stavbou dotčené území, nikoliv jen stavební pozemek.

Dostatečnost průzkumu vyplývá z optimalizace nákladů na průzkum, požadavků na rozsah a komplexnost poznatků získávaných průzkumem a mírou přijatelného rizika, kterou volí investor. Vždy se pracuje s určitou mírou zbytkových nejistot o geologických podmínkách a se z toho vyplývajícím rizikem při výstavbě. To ale musí zůstat pod přijatelnou úrovní. Tu v první řadě určuje investor.

Geotechnický monitoring a geotechnický dozor, se sledováním případných odlišností geologických podmínek staveniště, se musí provádět provázaně. Výsledkem geotechnického monitoringu jsou vývoje hodnot sledovaných fyzikálních veličin, zatímco výsledkem geotechnického dozoru je zhodnocení zastiženého stavu inženýrskogeologických podmínek a jejich porovnání s předpokladem. Hodnocení a závěry se musí provádět na základě poznatků z geotechnického monitoringu i dozoru společně.

Pokud se stavba provádí ve složitých inženýrskogeologických podmínkách, musí sledování a hodnocení důsledků jejich odlišností provádět zkušený inženýrský geolog.

Návrhy opatření, které mají za účel udržet interakci horninového prostředí se stavebními objekty v projektem požadovaných mezích, (velikost sedání, posuvů, naklonění, celková stabilita atp.) nelze bezpečně projektovat, bez rozboru procesů, které jsou příčinou nežádoucího vývoje chování konstrukce, který má být korigován. Poznání těchto procesů je zcela vyloučeno, pokud nejsou dostatečně podrobně zjištěny inženýrskogeologické podmínky dotčeného horninového prostředí.

Různé typy opatření, které jsou k dispozici pro stabilizaci chování geotechnických konstrukcí (kotvení, odvodnění, zpevnění zemin, vylehčení násypů, injektáže, mikropiloty atp.), působí na systém hornina konstrukce různými fyzikálními účinky. Proto je třeba je vybírat podle toho, jak a které příslušné fyzikální procesy probíhají in situ. V případě nevhodné volby opatření se může stát, že místo stabilizujícího efektu nastane pravý opak a nežádoucí chování konstrukce se zvýrazní.

Výstavba a navrhování geotechnických konstrukcí ani jejich případné sanace, se většinou neobejdou bez větší či menší míry nejistot. Proto otrocké používání geotechnických výpočtů, bez pochopení příčin probíhajících fyzikálních procesů a znalosti inženýrskogeologických podmínek, vede ve většině případů ke vzniku ještě větších problémů.

Při souvisejících rozhodovacích procesech, nelze slepě používat deterministický způsob myšlení, jehož předpokladem je, že vše probíhá podle zákonitostí, algoritmy, které je vyjadřují, jsou jednoznačné a vstupy do výpočtů je možné správně změřit. Protože v geotechnickém inženýrství tyto předpoklady platí jen omezeně, je třeba uplatňovat pravděpodobnostní přístup, zkušenost a zásady pro rozhodování v podmínkách nejistoty. To znamená v podmínkách, kdy pro rozhodnutí nejsou k dispozici všechny potřebné informace.

Rychlé a účinné řízení geotechnických rizik na základě monitoringu a geotechnického sledování při výstavbě, předpokládá aplikaci observační metody a operativní přijímání předem připravených opatření, která se mobilizují v případech předem předpokládaných situací, s využitím principu varovných stavů a jejich kritérií.

Tento přístup vyžaduje i pružné změny v oblasti úprav technologických postupů, případně i projektové dokumentace. To znamená i v oblasti financování výstavby. Řízení geotechnických rizik je tak vysoce náročné činností a to nejen z hlediska technického, ale i manažerského.

Všechny velké havárie dopravních staveb, ke kterým v ČR v minulých letech došlo (Blanka, Jablunkov Březno, Hřebeč, D47, D8) nejsou důsledkem chybného technického návrhu, nebo neschopnosti dané problémy spolehlivě vyřešit, ale především tím, že potenciální problémy byly přehlíženy. Příčinou bylo vždy nerespektování výše popsanych principů řízení geotechnických rizik a hrubé podcenění nejistot, spojených s reakcí horninového prostředí na výstavbu.

Poděkování:

Autor děkuje kolegům J. Boháčovi, V. Herlemu, J. Novotnému a J. Tomáškoví za diskuzi, cenné podněty a hodnotné připomínky k textu.

Literatura:

- Novotný J. (2014): Engineering Geological Models – Some Examples of Use for Landslide Assessments, 12th IAEG Congress Torino 2014, G. Lollino et al. (eds.), Engineering Geology for Society and Territory – Volume 7, DOI: 10.1007/978-3-319-09303-1_2, kapitola v knize, Springer International Publishing Switzerland 2014, pp. 11-15, (2014)
- Novotný J., Časté chyby v inženýrskogeologické dokumentaci. Geotechnika 1–2 2012, 3-9
- Parry, S., Baynes, F.J., Culshaw, M.G., Eggers, M., Keaton, J.F., Lentfer, K., Novotný, J., Paul, D., Engineering Geological models an Intraduction, IAEG Comimission 25, Bulletin of Engineering geology and environnment, vol. 73, n. 3, 8/2014
- Randal, J.: Essex, Geotechnical Base line Reports for Underground Construction – Guidelines and Practices, ASCE, 1997
- Rozsypal, A., 2014, Řízení inženýrských a geotechnických rizik, Ostrava, Projekt č. Z.1.07/2.2.00/28.0009, Inovace studijního oboru Geotechnika, FAST Ostrava, 272 s.
- Rozsypal, A. Odpovědnost za geotechnický průzkum pro projekty 3 geotechnické kategorie a Eurokód č. 7. Sborník konference Zakládání Staveb Brno (2013)
- Rozsypal, A. Právní odpovědnost za znalost geologického prostředí při stavbě tunelu Tunel 2011, č. 1 s. 74,
- Rozsypal, A. Problematika dostatečnosti geotechnických průzkumů pro podzemní stavby
- Rozsypal, A., Inženýrské stavby-řízení rizik. Monografie. Nakladatelství JAGA. Bratislava, 2008
- ČSN EN 1997-1:2006 (73 1000) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- ČSN P731005 Inženýrskogeologický průzkum, 2016
- TP 237 MD ČR. Geotechnický monitoring tunelů pozemních komunikací