

RNDr. Zdeněk B e j š o v e c , VÚHU
RNDr. Ing. Josef V a l e š , VÚHU
Lenka Z e l e n k o v á , VÚHU

KONTROLNÍ SLEDOVÁNÍ GEOTECHNICKÝCH JEVŮ V PODMÍNKÁCH SHD - MONITORING

Povrchové dobývání v SHD postoupilo v 80. letech do oblastí se složitými báňsko-geologickými poměry. Z technického hlediska lze tuto problematiku rozdělit na dvě části.

Část první - problematika dobývání na úpatí Krušných hor nebo v oblastech postižených hlubinným rubáním. Dochází zde k výrazné změně fyzikálně-mechanických vlastností zemin vlivem petrografických změn při okraji sedimentačního prostoru, porušením nadložních jílů nad hlubinně vyrubanými prostory. V určité partii nadložních jílů je vlivem permafrostu vytvořen horizont porušených a oslabených jílů. Při okraji pánve zde navíc hraje značnou roli úklon jednotlivých struktur a výrazná dotace spodní vodou. Tyto vlivy jsou zesíleny i způsobem a možností dobývání a časovým faktorem při tvarování bočních, závěrných a těžebních svahů.

Druhou část tvoří problematika zakládání výsypek. Zde se uplatňují hlediska morfostrukturní a materiálová. Výsypky jsou zakládány na horizontální nebo šikmo uložené podložce s různými pevnostními parametry. Další negativní vliv způsobuje přítomnost vody.

Sledováním geotechnických jevů a jejich registrace systémem kontrolního sledování se zabývá Stavební geologie - závod Geotechnika, VÚHU Most, Báňské projekty Teplice a specializovaní pracovníci těžebních podniků.

V současné době pracují nebo jsou ve výstavbě systémy kontrolního sledování na těchto lokalitách:

Doly Ležáky Most:

- kontrolní sledování piliře Most a koridoru při dotěžování uhelné sloje na svazích Hněvína

Doly a úpravny Komořany:

- kontrolní sledování piliře Jezerka
- kontrolní sledování piliře Jezeří

Doly Nástup Tušimice:

- kontrolní sledování pilotové stěny na lokalitě Merkur sever
- kontrolní sledování výsypky Libouš
- kontrolní sledování výsypky Tušimice
- kontrolní sledování výsypky Pruněrov.

Základní podmínkou pro návrh monitorovacích objektů je určitá znalost strukturně-látkových poměrů dané lokality. U dobývací strany to znamená znalost geologických struktur a jejich vývoje v laterálním směru. Z vrtů je třeba znát údaje o základních geomechanických parametrech jednotlivých hornin dle petrografického i hloubkového hlediska. Velmi důležitým faktorem je znalost hydrogeologických poměrů. U strany výsypkové jsou tyto informace doplněny ještě o způsob zakládání, vlastnosti sypaniny, stav a povahu podložky a základní strukturní znaky - úklon podložky, výšku a rozsah sypaných etáží i čas, kdy bylo sypano.

Veškeré informace tvoří podklad pro konstrukci a návrh prvotního strukturně-geomechanického modelu a tím i prvního stabilitního řešení. Dalším lo-

gickým krokem je vytypování oslabených úseků a zón přímo ovlivňujících stabilitu svahu.

Posouzením zjištěného stupně stability a dalšího postupu prací vytypujeme oblasti, kde se projevují první příznaky nestability a je možné je registrovat dostupnou metodou kontrolního sledování.

Vlastní výběr metod kontrolního sledování odpovídá období, které chceme sledovat a predikovanému průběhu deformace. Velice podstatné je hledisko finanční a časové náročnosti na budování a provozování systému.

Vzhledem k tomu, že problematika vlastního monitoringu je v odborných kruzích známa, pokusíme se shrnout vývoj na jednotlivých lokalitách.

Lokalita ochranný piliř Most

Lomová těžba postupuje při úpatí vrchu Hněvín ve směru na Litvínov (sídliště ČSD). Šikmo uložená uhelná sloj je v oblasti výchozu odtěžena a je zde nasypán koridor pro liniové stavby - silnice, rychlodráha a železnice Most - Chomutov. Ve spodní části koridoru je vedeno umělé koryto řeky Bilyny. Stabilitními výpočty bylo prokázáno, že odtěžení uhelné sloje při ponechané ochranné lavici je možné za předpokladu vybudování bodů kontrolního sledování. Na objednávku DLM řeší tento úkol SG Praha. Celá situace je komplikována technologií dobývání a vlastnostmi podložních materiálů.

Bylo vytvořeno monitorovací pole, které je pravidelně proměřováno a zjištěné deformace jsou shrnuty do sblížovacích stabilitních výpočtů. Současně je i podle vývoje stability v oblasti řízena technologie odtěžování a přitěžování vnitřní výsypkou při patě svahu. Vlastní monitorovací pole obsahuje vrty pro přesnou inklinometrii, vrty s měřidly pórového tlaku a body pro geodetické sledování.

Na piliři Most má kontrolní sledování charakter provozního monitoringu, který má za úkol směřovat a řídit těžební práce za podmínek bezpečného provozu a zachování stability svahu. Na rozdíl od koncepce monitoringu na lokalitě Jezerka a Jezeří, kde má monitoring charakter z části výzkumný a přípravný, daný obdobím jeho výstavby a dřívějšími požadavky, přechází v současné době vzhledem k požadavkům ekonomickým a bezpečnostním do provozní formy úzce vázané na vlastní těžební proces.

Z těchto požadavků vyplývá i koncepce a způsob budování monitorovacího systému. Jednotlivé body mají ryze účelový charakter a jejich úkolem je pokrýt sledovanou oblast tak, aby jeho funkce byla vždy zachována. Proto jsou vybrány pouze ty metody, které mají reálné výstupy plně použitelné pro stabilitní výpočty a tím i pro stanovení přípustných změn v geometrii svahu.

Lokalita Jezerka

Monitoring v oblasti Jezerky je budován ve všech třech formách. Z hlediska časového se jedná o komplex provozovaný nejdelší dobu (1984 - 1991). Celková koncepce má charakter výzkumné-vývojové. Maximální objem prací byl budován a řešen v rámci výzkumného úkolu C 52-347-205. Hlavním řešitelem byla Stavební geologie Praha. Spoluřešiteli byla výzkumné-vývojová pracoviště z celé republiky (VÚHU Most, ČVUT Praha, Hydroprojekt Praha, ČSAV Praha, VS Praha, VDUP Příbram, VUT Brno, Geotest Brno, VŠB Ostrava, VVUÚ Radvanice, IGHP Žilina). Široký vědecký tým řešil problematiku stability svahu Krušných hor za různých podmínek těžby. Jejich cílem bylo upřesnit a doplnit požadavky pro inženýrsko-geologický průzkum, geotechnické polní i laboratorní zkoušky. Dále navrhnout metodiku pro kontrolní sledování, vyvinout část měřicích zařízení a jejich aplikace při realizaci kontrolního sledování s ohledem na nutnost

kompatibility se zahraničními zařízeními a metodicky zpracovat jednotlivé typy stabilitních řešení do typu uživatelských programů.

Monitorovací systém na Jezerce byl budován etapovitě nejen z hlediska položového, ale i z hlediska metod. Byly zde vytvořeny dva celky: piliř v terciérních sedimentech s kvartérním pokryvem a krystalinický masiv s kvartérním pokryvem. Oba celky byly sledovány nejen povrchově, ale i hloubkově. Použité metody jsou pro oba celky většinou shodné, mimo specializovaných typů měření, určených pouze pro určitý typ hornin nebo přetvoření. Většinou se jedná o metody vysoce speciální.

V rámci budování kontrolního systému byl realizován i automatický sběr dat z bodů (čidel), kde je možné kontinuální snímání měřených hodnot. Vývoj tohoto zařízení se opíral o hardwarové vybavení dodané bez převodníků a vstupů. Vlastní software byl postupně zpracován tak, jak se připojovala jednotlivá zařízení.

V současné době byl prvotně realizovaný monitorovací systém ponechán v rozsahu těch bodů, které zůstaly z původního a nahrazeny byly zničené nebo deformací likvidované body nutné pro provozní formu monitoringu.

Lokalita Jezeří

Lokalita Jezeří představuje sloučení všech tří typů monitoringu s tím, že monitoring provozní vzhledem ke změně v postupu dobývání nebyl realizován v plánované velikosti. Podstatná část monitorovacích zařízení je rozložena na svazích pod zámek Jezeří a byla i v areálu zámku před zahájením jeho rekonstrukce. Stejně jako na lokalitě Jezerka je do systému kontrolního sledování zahrnuto i důlní dílo štola Jezeří.

Vybudovaný monitorovací systém zde plní dva účely. Zachování krystalinického svahu se zámek Jezeří a stabilitu piliře Jezeří v jeho původně navržené podobě. Vzhledem k charakteru krystalinika, tvořeného porušenými horninami a prostoupeného zónami tektonických brekcií, vznikla obava, že odlehčení svahu při odtěžení terciérních sedimentů bude mít za následek částečné rozvolnění svahu a tím i vznik deformací v části plata zámku. V současné době, kdy je hranice dobývacího prostoru na kótě + 250 m n.m., je předpoklad možnosti vzniku deformací krystalinika značně snížen. Tím ztrácí částečně monitoring krystalinika své opodstatnění. Sledování piliře je ale oprávněné z hlediska podrubání celého prostoru hlubinnou těžbou Dolu Maršál Koněv. Již v 50. letech došlo vlivem hlubinné těžby k likvidaci obce Jezeří. Proto je oprávněný předpoklad, že při tvarování svahu s hranou na kótě + 250 m n.m. je možnost vzniku určitého porušení zbytku terciérních sedimentů v prostoru bývalé obce Albrechtice.

Vzhledem k rozsáhlosti území bude další koncepce výstavby monitoringu zvažována po provedení úvodních skryvkových prací pod kótou + 250 m n.m., a to v ryze provozní formě.

Lokalita Merkur - pilotová stěna

Těžebním postupem DNT byl stabilitně ohrožen prostor drážního tělesa trati Chomutov - Kadaň. Z tohoto důvodu zde byla vybudována opěrná pilotová stěna zakotvená do krystalinika.

Pro sledování vzniklých deformací zde byl vybudován systém kontrolního sledování, zahrnující nejen vlastní stěnu, ale i prostor za ní a směrem do boků. Tento typ monitoringu je ryze účelový a má tudíž charakter provozního kontrolního sledování. Průběh a velikost dosažených deformací přímo ovlivňoval průběh těžby pod již zbudovanou pilotovou stěnou.

Lokalita Březno

Při výstavbě vnější výsypky Březno (skryvka z Dolu Vršany - DLM v letech 1984-1985) byl navržen výzkumně-provozní monitoring. Účelem bylo sledovat změnu pórových tlaků v podložce i na úrovni její první etáže. Vzhledem k omezenému záboru zemědělské půdy byla snaha vytvořit podmínky pro částečné zestržení svahů s ohledem na bezpečnost obce Březno. Instalovaná měřidla pórového tlaku byla však vzhledem k nedostatečnému zabezpečení zničena krátce po jejich instalaci vlivem přesypání zeminou.

Lokalita Libouš

Vnější výsypka Dolu Nástup Tušimice je ve výstavbě více jak 30 let. Zásadní obrat při řešení problematiky však nastal po roce 1980, kdy bylo třeba i stará výsypková tělesa přesypat ještě několika etážemi. Původní těleso výsypky nebylo stavěno tak, aby se počítalo s jeho dalším přitížením. Při geomechanickém průzkumu byly při bázi výsypky zjištěny polohy plastických materiálů se sníženou pevností. Z důvodů možného ohrožení blízké železniční a silniční trasy a elektrárny Tušimice byl vyprojektován a realizován prvotní monitorovací systém.

Monitorovací body jsou situovány ve střední až spodní části svahu. Vzniklé deformace vedly k sanaci patní části výsypky opěrnými žebry. V současné době se monitorovací systém rozšiřuje a obnovují se poškozené body.

Lokalita Tušimice

Výsypka Tušimice se po přesypání výškové etáže v roce 1986 dala do pohybu a ohrozila budovy při podniku DNT. Jedna z budov byla porušena a zbořena. Provedly se sanační práce a výstavba monitorovacích bodů.

Svah výsypky se i po velmi důkladné sanaci stále přeměňuje a provádějí se kontrolní stabilitní výpočty. Vzhledem k tomu, že těleso výsypky již bylo v pohybu, uvažuje se při výpočtech s reziduálními hodnotami. Pro monitorování se používá geodetické sledování a inklinometrie ve vrtech.

Lokalita Pruněrov

U vnitřní výsypky Lomu Pruněrov byl registrován pohyb, který se odrazil v jejím předpolí. Výsypka je zde založena na části ponechané uhelné sloje a bočně je opřena o piliř dráhy ČSD na trati Pruněrov - Kadaň. Převýšením výsypky došlo k nárůstu horizontální složky napětí, což se projevilo změnami na objektu dílen BS s jeřábovou dráhou. Vzhledem k bezpečnosti provozu na jeřábové dráze a k možnosti náhlého deformačního projevu bylo v části paty výsypky vybudováno několik inklinometrických a piezometrických monitorovacích vrtů.

Koncepční změny kontrolního sledování

Geotechnické metody kontrolního sledování stability lomových svahů jsou v SHD řešeny od roku 1981. Jsou realizovány a provozovány na výše popsanych lokalitách. V počáteční fázi byla pozornost soustředěna na stranu dobývací. V následujících letech došlo k rozšíření problematiky o řešení aktuálních problémů na straně výsypkové.

Systém kontrolního sledování byl navržen a budován na podkladě značně vyhocených teoretických předpokladů a názorů na možné chování horninového masivu přilehlých svahů Krušných hor. Tyto názory v dalším vývoji výrazně usměrnily výsledky SVÚ C 52 - 347 - 205 "Výzkum stabilitních problémů otvírky uhel-

ných lomů při úpatí Krušných hor" a vlastní výsledky realizovaného monitoringu. S ohledem na vývoj v minulém období 10ti let nemohlo být, za daných podmínek, postupováno jinak. Z dnešního pohledu a přehodnocení výsledků jednoznačně vyplývá, že koncepce dalšího rozvoje kontrolního sledování vyžaduje výrazné kvalitativní korekce v jeho organizaci a zaměření. Stávající objemy fyzických prací a s nimi spojené ekonomické náklady již nejsou adekvátní získávaným výsledkům. Rozhodujícím prvkem v další koncepci rozvoje monitoringu musí být otázka účelu. Z tohoto hlediska se doporučuje dělit systémy kontrolního sledování do tří kategorií:

1. monitoring provozní
2. monitoring přípravný
3. monitoring výzkumný.

Cílem (účelem) jednotlivých kategorií je:

- ad 1) Zajištění provozní bezpečnosti báňské činnosti, tzn. bezpečnosti těžebních a technologických zařízení, životů pracujících v detailních, často i krátkodobých, podmínkách dané lokality.
- ad 2) Zajištění a sledování provozních jistot zvolené koncepce báňského rozvoje těžební lokality, a to na základě sledování vývoje a změn v horninovém prostředí ovlivňovaném účinky těžeb od úrovně klidového stavu.
- ad 3) Získání komplexních, ucelených údajů o geotechnickém chování širšího zájmového prostoru těžební oblasti. Zejména má zohledňovat chování závěrných svahů ve složitých strukturně-geologických podmínkách přechodu (kontaktu) struktur horských se strukturami pánevními. Poskytovat informace o napětodeformačních změnách uvnitř výsypkových těles a o vývoji a tendencích pohybů výsypkových svahů.

Jednotlivé kategorie monitoringu budou budovány v různém časovém období, budou zasahovat různé veliký region a v konečné fázi bude docházet k přechodu vyšších kategorií do nižších.

Zhruba po 10letém řešení problematiky kontrolního sledování byly na základě analýz činnosti zformulovány obecné metodické přístupy, které by měly být aplikovány při řešení každé nové lokality.

Systém kontrolního sledování představuje specifickou a zásadně účelovou činnost. Jde o otevřený systém, který je možné doplňovat podle projevů deformačního vývoje lokality, který je odezvou na realizované báňské postupy.

Základním cílem kontrolního sledování je zjišťování, proměřování a vyhodnocování provozních, tj. bezpečnostních jistot přijaté a realizované koncepce báňského rozvoje těžební lokality. Základem této činnosti je identifikace a sledování vývoje deformačních změn v horninovém prostředí způsobené těžbou od klidového stavu (stav přirozeného chování horninového prostředí neovlivněný antropogenním zásahem) minimálně do doby naplnění báňského záměru (dosažení demarkace, vyuhlení), spíše však až do doby závěrečné fáze průběhu sanace těžební činnosti.

Dosažení vytčeného cíle je podmíněno realizací účelového systému kontrolního sledování (monitoringu), jehož návrh musí vycházet z konkrétních a podrobných znalostí těžebně připravované lokality a báňských záměrů v prostoru a čase. Při návrhu systému kontrolního sledování je vhodné postupovat podle následujícího obecného metodického přístupu, který je shrnut do dílčích postupových kroků:

- zpracování zjednodušeného geodynamického modelu území
- detailní geologický a hydrogeologický model území
- geotechnický model území
- báňské řešení lokality

- inženýrsko-geologická prognóza porušení
- stabilitní řešení ve vybraných profilech
- koncepční návrh kontrolního sledování (lokalizace, četnost)
- projekt kontrolního sledování a jeho výstavby
- návrh prvotních varovných stavů s vazbou na havarijní plán
- provoz kontrolního systému sledování, vztah k řízení provozu
- zpětné analýzy, upřesňování varovných stavů.

Přístup k řešení návrhu monitoringu nové lokality podle doporučeného metodického postupu vytváří podmínky pro podchycení a zohlednění podstatných vstupů do řešení.

Současně se změnou koncepce monitoringu byla řešena i otázka vhodných a ověřených instrumentačních metod v podmínkách SHD. Cílem bylo vytypování ověřených metod kontrolního sledování, stanovení základních intervalů měření pro jednotlivé kategorie kontrolního sledování a stanovení provozní (věcné) citlivosti používaných metod. Z celkem 22 metod měření, používaných na lokalitách, bylo pro provozní kategorie doporučeno 11 metod s tím, že jedna metoda je společná pro všechny kategorie.

S h r n u t í

Desetiletý vývoj kontrolního sledování na lokalitách SHD vytvořil podmínky pro analytické zhodnocení získaných výsledků. V porovnání s potřebami důlních provozů byla provedena změna v koncepčním přístupu základních cílů kontrolního sledování a provedena jeho kategorizace. Současně byl zformulován základní obecný metodický přístup k řešení problematiky kontrolního sledování s ohledem na bezpečnost a ekonomiku provozu.

V posledním období se do popředí zájmu dostává kontrolní sledování výsypkové strany s ohledem na budování vysokých výsypkových těles a nedostatek vhodných základacích prostor. Tato problematika je zatím v počátečních fázích svého rozvoje.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Überwachung von geotechnischen Erscheinungen unter den Bedingungen des nord-böhmischen Braunkohlenreviers

Die etwa zehnjährige Durchführung der Überwachung von geotechnischen Erscheinungen auf den Lokalitäten von SHD schuf die Bedingungen zur analytischen Auswertung der erreichten Ergebnisse. In enger Zusammenarbeit mit den Bergbaubetrieben wurden die Anforderungen auf diese Leistungen, sowie die Änderungen der grundlegenden Zielstellungen und ihre Kategorisierung durchgeführt. Gleichzeitig wurde ein allgemeiner methodischer Vorgang zur Lösung der Problematik der Überwachung hinsichtlich der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Betriebes ausgearbeitet.

In der letzten Zeit tritt im Vordergrund des Interesses die Überwachung der Kippenseiten mit Rücksicht auf den Aufbau von hohen Kippenkörpern und