

Inž. Vlastimil K o n e č n ý

GEOTECHNICKÝ PROFIL 300 m HLUBOKÉ ŠAHTY V SHR

Otázka hlubokých velkolomů v SHR je jistě pro nedalekou budoucnost velmi aktuální. Než se však stane živou skutečností, bude zapotřebí objasnit řadu faktorů technických i technologických, které budou zásadně ovlivňovat ekonomii těžby.

Jedním z těchto vážných faktorů jsou také geotechnické podmínky, jejichž vliv se bude zejména promítat v otázkách stability svahů a těžitelnosti.

Avšak podkladů o vlastnostech zemin z hloubek přes 100 m je, bohužel, velmi málo.

Tento stav je zapříčiněn celou řadou důvodů, vyplývajících jak z nedostatku tak hlubokých vrtů, tak z ještě menšího množství odebraných neporušených vzorků, což je v těchto hloubkách poměrně obtížná věc.

Dále pak, i když se podařilo v některých případech vzorky odebrat, není v běžné mechanice zemin dosud taková laboratorní technologie a zařízení, které by umožnily věrohodně stanovit pevnostní charakteristiky zeminy c a φ tak velkých hodnot, které zde zeminy dosahují.

Nejsou to však ještě všechny důvody, nýbrž jen pro ilustraci některé z hlavních.

Abychom byli schopni stanovit pevnosti zemin i z větších hloubek, byli jsme nuceni přikročit především k vypracování nové technologie přípravy a zkoušení těchto vzorků zemin. Toto se nám již do jisté míry poslední dobou podařilo natolik, že je běžně použitelné, i když někdy ještě se značnými potížemi.

Pro rozšíření podkladů o změnách vlastností zemin s hloubkou použili jsme možnosti získání vzorků zemin při hloubení nové těžné jámy III dolu Kohinoor II v Mariánských Radčicích.

Vzorkováno bylo co nejhustěji, jak umožňovaly provozní podmínky a výsledkem je asi 120 odběrů vzorků v intervalu tří set metrů, kdy z některých byly analýsy provedeny několikrát.

Cílem bylo získat co nejvíc analys s tím vědomím, že sledovaný profil je vlastně statistickým souborem, kde jedině množství výsledků umožní sledovat generelní průběh a změnu vlastností a umožní určit střední reprezentující hodnoty.

Jelikož množství výsledků rozborů není ani v tabelárním zpracování dostatečně přehledné, pokusili jsme se o grafické znázornění průběhu vlastností zemin podél profilu vrtu, z čehož je velmi názorný celkový průběh. (Viz přílohu)

Dále je nutno v úvodu zdůraznit, že všechny fyzikální a mechanické vlastnosti zemin jsou doprovázeny (v mezích možností) kvantitativními petrografickými analysami. Je to první takto obsáhlá práce tohoto druhu, která jen v celé šíři potvrzuje správnost této koncepce, jelikož anomálie vyvstávající podél profilu u různých fyzikálních analys jsou nejen zdůvodnitelné jedině anomálií petrografickou, nýbrž také potvrzuje oprávněnost těchto anomálií, mimo dalších jiných důsledků.

Přáli bychom si a doufáme, že tato práce i když je teprve jedinou tohoto druhu, bude i tak dobrým pomocníkem v práci techniků projektantů, výzkumníků i provozářů v báňském průmyslu a také podnětným tématem geologům, petrografům, geochemikům apod., studujícím základní otázky genese naší oblasti.

Stručný popis geologie v okolí jámy

Profil jámy leží v centrální části dílčí pánve mariánsko-radčické. Tímto situačním umístěním padá pak na rozhraní mezi krušnohorským a bílinsko-mosteckým litologickým rajonem.

Z tohoto vyplývá pak i celková stavba nadloží, které je prakticky monotonní. Nadložní souvrství je reprezentováno pouze pelitickými sedimenty, které sedimentovaly v subakvatickém prostředí. Podle horizontálního rozvrstvení lze usuzovat na sedimentaci ve velmi mírně proudící vodě.

Odlučnost jílu je lavicovitá a lupenitá, místy lasturnatá.

Z celého profilu je pozoruhodná nadložní slojka těsně pod kvartérem a dále pak horizont od 252 do 255 metrů tvořený vápenatým pís-kovcem. Jinak charakter nadložních jílu odpovídá běžným typům nadložních jílu, místy písčitéjší nebo slídnatější.

Tendence k rozpadu je obdobná jako jinde, tedy vesměs střípkovitý rozpad.

Petrografický rozbor

Výzkum nerostného složení jílu v průběhu celého profilu jámy byl zaměřen především na určení jílovo-petrografického typu. Bylo stanoveno poměrné složení jílové frakce u každého vzorku zvlášť, t. j. byly zkoumány částice o velikosti pod 10μ . Nejednalo se proto o popis fyzikálního jílu, ale spíše o zjištění charakteru jílové složky a vedle toho nejílového materiálu také klastika, mezi která počítáme jemný křemen, organické látky, hydroxydy železa, hliníku aj.

Vcelku lze šedé jíly, vyplňující celý profil jámy charakterizovat jako montmorilloniticko-illiticko-kaolinitické jíly. Obsah všech tří jmenovaných typů jílových nerostů v průběhu profilu značně kolísá. Vyskytují se však v některých horizontech typy převážně illitické, nebo jinde montmorillonitické nebo kaolinitické. Kolísání vzájemného poměru vykazuje určitou zákonitost, kterou však prozatím nelze jednoznačně zdůvodnit. Mohlo by se v tomto případě jednat o vliv hypergenních pochodů, které nejsou dosud ukončeny, takže tvoření stabilních forem jílových nerostů probíhá i nadále. Podobné hypotézy nutno dalším výzkumem ověřit. Podle celkového pohledu na sled jílových typů lze zjistit, že např. illitické jíly jsou nahromaděny ve svrchních částech profilu, při čemž jejich podíl s hloubkou klesá. Kaolinitické nerosty naproti tomu jsou při malém průměrném obsahu (asi 10%) přítomny v celém profilu a teprve v bezprostřední blízkosti sloje jejich obsah roste. V hloubce 60 až 123 m pod ohlubní nalezneme souvrství montmorillonitických jílu s obsahem až 20% montmorillonitu, který potlačuje nerosty skupiny illitu v některých případech až na nulu.

Obsah železitých hydroxydů (5-8%) je v profilu v průměru, který je běžný pro mosteckou část pánve. Z železitých nerostů je to göthit v kryptokrystalické až amorfnní formě. Limonitické nerosty jsou ve velmi řídkém až stopovém zastoupení. Rovněž ostatní (primární nerosty) včetně těžkých nerostů jsou nezjistitelné. Pouze odolnější slídy (muskovit) se objevují někdy už makroskopicky na čerstvé lomové ploše jílu jako jemné šupiny.

Plynulý sled jemných, silně křemičitých jílu, které tvoří podstatnou složku v celém profilu, napovídá vcelku klidnému a dlouho-

dobému sedimentačnímu období. Pouze ve třech horizontech kolem 200 m pod ohlubní je monotonnost porušena a to ve 182 m větším nabohacením světlyých slíd (10%), ve 211 m vrstvou velmi pevného pelosideritu (s obsahem kolem 80% váh. uhličitanu železnatého) a konečně v hloubce 254 m nalezneme vrstvu silně vápenitých jíílů a pískovců s obsahem až 40% kalcitu.

Pro výpočet procentických zastoupení jíílových nerostů bylo stanoveno množství křemene zvlášť od celkového obsahu kysličníku křemičitého. Výsledky stanovení křemene jsou pro úplnost vyneseny v prvním sloupci profilu, avšak nevykazují žádné definovatelné zákonitosti. Všechny křivky procentického zastoupení jsou vlastně vynesené hodnoty přímých i nepřímých petrografických analys, získané zejména porovnáním intenzit charakteristických difrakčních linií na röntgenogramech mezi jednotlivými vzorky a standarty. Kolísání hodnot, které porušují plynulost křivek jsou kromě typické vrstevnatosti jíílů v nejsvrchnějších partiích profilu způsobeny především rozptylem, způsobeným vlastní analytickou metodou.

Obsah organických látek je všeobecně nízký a pohybuje se až na výjimky kolem zmíněných vrstev uhličitanů v mezích od 2 - 7% váhových, počítáno na sušinu. Ojedinělý obsah asi 10% ve hloubce 309 m je zřejmě způsoben dozvuky uhlotvorného stadia.

Ze zkoušky na obsah alkalií vyplývá, že se u montmorillonitických jíílů jedná o sorbci sodíku a v případě illitu o vápenatý iont. Jinak se jííly vyznačují stopovým množstvím vápníku. Obsah ostatních komponent se stopovým zastoupením nemohl být s jistotou stanoven, takže není ve vyhodnocení uveden.

Zhodnocení vzájemných vztahů

Předně si všimněme celkového profilu jednotlivých analys. Je vidět, že každá z provedených analys probíhá v jistém rozptylu kolem nějakého generelního směru. Tento rozptyl je dán hlavně dvěma faktory a to za první vlivem lokálního petrografického složení a za druhé procesem určení této vlastnosti zeminy. Z toho je rovněž zřejmé, že u zkoušek jednoduchých, kde se vliv technologie stanovení nemůže zásadně projevit, jeví se pouze účinky vlivu petrografického složení a na nich právě můžeme tento vliv markantně

sledovat. Jde např. o objemovou váhu, specifickou váhu, vlhkost v % i v % váhy sušiny, porovitost a konečně i mez vláčnosti.

Naproti tomu jsou některé zkoušky zatíženy chybou analýsy o jejímž dosahu mnoho nevíme a potom rozptyl kolem směru průměrné hodnoty nelze zatím vysvětlit žádnou příčinou. Je to předně mez tekutosti, prováděna poklepovou miskou a dále jsme nuceni zahrnout do této kategorie pevnost zeminy vyjádřenou hodnotami c a φ .

Tyto poznatky nejsou pro nás již naprosto nové, avšak jejich potvrzení v tomto rozsahu je významným ukazatelem, kterým z metod je nutno dále věnovat pozornost a postupně je upřesňovat nebo nahrazovat přesnějšími.

Nicméně však, přihlídneme-li k tomu, že vliv nepřesnosti laboratorní analýsy zvětšuje nám rozptyl hodnot a opomeneme-li anomalie způsobené lokálními petrografickými vlivy, lze prakticky každou analýsu proložit jistou střední hodnotou vystihující závislost sledování vlastností s hloubkou uložení.

Všimněme si především průběhu specifické váhy. Vidíme, že jí lze proložit svislou přímkou blízkou hodnotě specifické váhy $2,6 \text{ t/m}^3$. Z toho je zřejmé, že specifická váha nemění se generelně v závislosti na hloubce a že lze celý profil považovat z tohoto hlediska za homogenní. Jelikož specifická váha je vlastně representována mineralogickým složením, můžeme tedy celý profil považovat za petrograficky homogenní. Tento předpoklad nutno však ověřit přímou petrografickou analýsou. Zde sice vidíme, že toto odpovídá co do obsahu křemene, montmorillonitu a organických látek, avšak u kaolinitu je s hloubkou patrný generelní růst a u illitu zase naopak pokles. Nemáme zatím prokázáno, zda pro posuzování petrografické homogenity profilu bude např. toto poměrné zastoupení jílových minerálů mít zásadní vliv, či postačí přihlídnout ke specifické váze.

U grafu objemové váhy je patrné, že jím lze opět proložit v hlavním směru přímkou, avšak tato není svislá, nýbrž zřetelně odkloněna od svislice ve smyslu rostoucí objemové váhy s přibývajícím hloubkou. V hloubce 19 m má objemová váha hodnotu $1,85 \text{ t/m}^3$ a v hloubce 319 m $2,25 \text{ t/m}^3$. Průměrná objemová váha je tedy $2,05 \text{ t/m}^3$, nepřihlídneme-li k některým extrémům, jako např. v profilu 1 ve hloubce 211 m, kde je proplástek sideritu. Tato anomalie je zřetelná ve všech rozborech a více si jí všimneme ještě dále.

V rozpětí 300 m je tedy přírůstek objemové váhy $0,40 \text{ t/m}^3$ nebo vzato na 100 m je přírůstek $0,13 \text{ t/m}^3$.

S rostoucí objemovou vahou je na druhé straně patrný pokles porovitosti, což je vyjádřeno v třetí koloně slabší čarou. Vidíme však opět, že vyloučíme-li anomalie v profilech 1 a 2, které jsou zapříčiněny vysloveně petrografickými zvláštnostmi profilu, lze grafem porovitosti opět proložit čáru hlavního směru poklesu porovitosti s rostoucí hloubkou. Nejmenší hloubce 19 m odpovídá porovitost 42% a největší hloubce pak porovitost 26%. Průměrná porovitost je tedy 34 %.

V téže koloně sleduje téměř shodně hlavní směr porovitosti směr vlhkosti v % objemu. Nutno však podtrhnout jednu důležitou věc. Ve většině případech převyšuje vlhkost v % objemu hodnotu porovitosti, což je na první pohled nelogické. Avšak máme-li k dispozici petrografickou analýsu, je toto vysvětlitelné a právě opačný stav by nebyl správný. Je známo, že vlhkost se určuje jako úbytek vody při vysoušení na 105°C . Při těchto 105°C se však neuvolňuje jen voda, obsažená v porech zeminy, nýbrž částečně i strukturální voda jílových minerálů. Je-li tedy zemina plně nasycená vodou a v tomto případě tomu nemůže být jinak, pak nutně zjištěná vlhkost musí být větší, než je objem porů. Všimneme-li si profilů 1 a 2, kde tomu tak není, pak můžeme v petrografické analýze zjistit, že v těchto profilech je minimum jílových minerálů a že horniny jsou zde tvořeny (převážně) nejílovou frakcí.

Máme zkušenosti a výsledky z jiných pracovišť, kde tento rozdíl je přičítán chybám při provádění analýsy a uměle pak výsledky korigují tak, aby odpovídaly pouze tomuto fyzikálnímu pohledu na věc a zkreslují pak vlastně skutečnost, vzniklou ze strukturálních příčin analysované zeminy. Nedostatek je tedy nutno hledat jinde. V další koloně jsou opět srovnány rozbory odpovídající si kvalitativně. Je to vlhkost v % váhy sušiny a Atterbergovy meze vláčnosti a tekutosti. U vlhkosti je opět patrný pokles s rostoucí hloubkou ze stejných fyzikálních důvodů, o nichž bylo již hovořeno. Lze rovněž proložit průměrnou hodnotu jako přímkou. Nejmenší hloubce odpovídá pak hodnota vlhkosti cca 30% a největší hloubce cca 14%. Průměrná hodnota je tedy 22%.

Nejmarkantnější výkyvy padají opět do horizontu 1 a 2, což, jak již bylo i výše určeno, odpovídá petrografickému stavu.

Také zde je nutno mít na zřeteli to, že vlhkost bude vyjádřena vyššími hodnotami, než odpovídá výplni porů a to ze stejných důvodů, jak byly uvedeny.

Ve srovnání s mezí vláčnosti je ve všech profilech přirozená vlhkost nižší. Z toho lze tedy také usuzovat na stav původní konsistence, která, jak je uvedeno v tabulkách, vždy převyšovala tuhou konsistenci mimo nejsvrchnějších vzorků, které jsou tuhé konsistence a kde také rozdíl vlhkosti a meze vláčnosti je nejmenší.

U samotné meze vláčnosti můžeme sledovat do jisté míry shodný průběh s čarou vlhkosti. Tento zjev přičítáme více shodě okolností a náhodě, než zákonitosti. U meze vláčnosti neprojevují se totiž ty fyzikální konsolidační procesy jako u vlhkosti a proto by její průběh mohl být obecně jiný a závislý především na mineralogickém složení. Přihlédneme-li však k tomu, vidíme, že obsah illitu do hloubky se zmenšuje a je kvantitativně nahrazován kaolinitem. Jelikož illit je aktivnějším minerálem, pak jeho úbytek by se měl správně projevit ve fyzikálních vlastnostech. Jelikož u jiných analys je tato skutečnost skryta ještě jinými procesy, neprojevuje se to tak markantně jako u meze vláčnosti, kde je to vliv jediný.

Mez tekutosti by měla mít svůj průběh rovněž v realizaci s mineralogickým složením, avšak, jak je patrné, nelze zde všeobecně použít žádného kritéria. Výsledky analysy jsou totiž velmi zkresleny vlastní zkušební metodou, což natolik zakrývá fyzikální vztahy, že výsledek jako celek není dosti objektivní.

K oběma zkouškám Atterbergových mezí lze poznamenat, že neměly-li být v budoucnu vůbec nahrazeny jinými vhodnějšími zkušebními metodami, pak by bylo alespoň záhadno srovnat obě zkoušky na stejnou platformu a zavést pro ně techničtější provádění.

Další dvě kolony zaznamenávají výsledky mechanické analysy a to hodnoty smykové pevnosti c a úhlu vnitřního tření φ .

Především je patrné, že obě charakteristiky vykazují poměrně velký rozptyl, i když je na první pohled zřejmé, že obě jsou rozloženy kolem jistého směru průměrných hodnot.

Tento rozptyl je možno přičítat několika důvodům. Předně to bude opět proměna petrografického složení zemin a dále pak vlastní zkušební proces. První otázka je jasná a není nutné k ní již ničeho dodávat. Avšak vlastní zkušební proces je plný problémů. Ať již začneme odběrem vzorků v těchto podmínkách, přípravě vzorků pro

analysu a jeho zpracování, provádění smyku při různé orientaci vrstvení (což je velmi obtížné rozlišit), nebo dále problémy vlastní smykové aparatury atd. Na Cassagrandově smykači nejsou např. věrohodné výsledky u velmi pevných zemin a lze vůbec smykat zeminy jen do jisté pevnosti. Dále je nutno použít jiné aparatury, na niž však nelze zase provádět smyky málo pevných zemin atd.

Nicméně však i přes tyto potíže lze ze získaných hodnot provést jisté závěry.

Podle rozložení hodnot úhlu vnitřního tření lze usoudit, že spojnice průměrných hodnot je přímka probíhající svisle a dodržující tedy konstantní hodnotu úhlu vnitřního tření φ cca 20° . Je to celkem pozoruhodná hodnota jednak tím, že se v průměru neliší s ulehlostí a jednak s tím, že byla již několikrát potvrzena u jílovitých zemin i v jiných rajonech revíru, např. v naší výzkumné zprávě „Matematicko-statistické zhodnocení nadložních poměrů v SHR“ pro rajon Komořany-Ervěnice.

Z rozložení smykové soudržnosti c je i přes značný rozptyl patrný její růst v přímé závislosti na hloubce. Až teprve v blízkosti uhelné sloje je enormní růst smykové soudržnosti. Toto lze však přičíst zvýšené heterogenitě materiálu s příměsí kousků uhlí, tepelnými vlivy sloje apod.

Opomeneme-li toto, pak hlavní směr průměrných hodnot probíhá tak, že v hloubce 19 m má soudržnost hodnotu $2,5 \text{ kg/cm}^2$ a v hloubce 319 m cca $9,0 \text{ kg/cm}^2$, z čehož vyplývá přírůstek $6,5 \text{ kg/cm}^2$ v rozpětí 300 m, nebo cca $2,2 \text{ kg/cm}^2$ na 100 m, z čehož vyplývá empirický vztah pro určení hodnoty smykové soudržnosti c v závislosti na vzdálenosti h_m v metrech od zjištěné smykové soudržnosti c' .

$$c = c' \pm h_m \cdot 0,022,$$

při čemž $+$ značí směrem dolů a $-$ nahoru.

Zbývá všimnouti si ještě dvou vyznačených profilů 1 a 2. Hodnoty těchto smykových soudržností nejsou v grafu zaznamenávány, jelikož několikanásobně převyšují průměrné hodnoty.

V profilu 1, i když není geologicky zaznamenán, byl zjištěn sideritický jílovec jako petrografická anomálie profilu, zřejmě ve všech analysách. Zde byla zjištěna smyková soudržnost $c = 32 \text{ kg/cm}^2$ při úhlu vnitřního tření $\varphi' = 30^\circ$.

V profilu 2 je pískovec s vápnitým tmelem a u něho byla naměřena smyková soudržnost $c = 50 \text{ kg/cm}^2$ a úhel vnitřního tření $\varphi = 31^\circ$.

Z á v ě r

Geotechnické zpracování profilu nadložních vrstev při hloubení nové jámy III dolu Kohinoor II mělo za cíl posoudit především těžební a statické poměry ve větších hloubkách, než v jakých se pohybuje dosavadní povrchová těžba. V souvislosti s tím objasnily se i jiné otázky geotechnické problematiky, o nichž bylo částečně výše pojednáno, vyplynula zde důležitost souběžné petrografické analýsy, která vysvětlila mnohé anomálie ve fyzikální i mechanické analýze a profil se stal podnětem bohatých diskusí v souvislosti s genesí profilu a neméně vážných otázek mineralogických. O těchto však zatím hovořeno nebylo.

Vyzvedneme-li zatím otázky praktického charakteru a všimneme-li si těžitelnosti zemin ve větších hloubkách, pak lze očekávat, že s rostoucí hloubkou poroste i odpor proti rozpojení.

Tento růst s hloubkou nepovažujeme však za zásadní, neboť v rozpětí 100 m činí přírůstek smykové soudržnosti c cca $2,2 \text{ kg/cm}^2$, při úhlu vnitřního tření $\varphi = 20^\circ$, jak bylo zjištěno.

Daleko vážnějším momentem při těžbě budou různé zpevněné proplátky, ať již sideritické či různé pískovcové nebo i jiné, které, jak bylo zde zjištěno, převyšují až desetkrát průměrné pevnost okolních zemin. Tento fakt je již však velmi dobře znám i ze stávajících lomů.

Pokud jde o otázky stability, zvláště stability svahů, pak není nutné vycházet podle našeho názoru z nějakých obav. Z hlediska mineralogického je řešený profil i ve větších hloubkách v podstatě tentýž, jako ve větších polohách, tedy i vývoj mechanických vlastností s časem bude obdobný jak jej známe z oblasti Komořany-Ervěň. Pokud jde o pevnost zemin, pak z tohoto hlediska není profil homogenní a mělo by být počítáno s jejím růstem do hloubky, neboť to nám příznivěji projeví v generelních svazích a tím i v ekonomii.

Závěrem ještě nutno podotknout, že dedukce zde uvedené vztahují se výhradně k výsledkům z daného profilu a je možno je aplikovat pouze v oblasti s odpovídajícími litologickými poměry.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx