

INŽENÝRSKO - GEOLOGICKÝ MONITORING VÝSTAVBY PŘEHRADY REZAKSAY

ENGINEERING GEOLOGY MONITORING OF THE REZAKSAY DAM CONSTRUCTION

Shavkat Abdullaev¹, Pavel Bláha²

Abstrakt

Nedostatek vody je typický problém zemí ležících v podmínkách aridního klimatu. Specifický problém vznikl v zemích střední Asie. V dobách Sovětského svazu a jeho řízeného plánování byla výstavba vodních děl připravována a realizována centrálně. Po roce 1991 se každý ze států chová samostatně bez ohledu na to, zda jeho sousedům vznikají problémy nebo ne. To ve státech ležících spíše v podhůří než v typicky hornatém terénu vede k nutnosti budování přehrad v nepříliš vhodných morfologických podmínkách. Jednou z takových přehrad je hráz Rezaksay v Uzbekistánu. Nutnost rychlého budování retenčních kapacit vedla k nutnosti vzniku skupiny nezávislého monitoringu a používání klasických i specifickým kontrolních postupů. Mimo běžných inženýrsko-geologických a geotechnických metod se využívaly i geofyzikální metody.

Abstract

Water shortage is usual problem for arid zone countries. Specific situation has risen in Central Asia. During Soviet era, construction of dams was planned and executed centrally. After 1991, every government started to behave independently, no matter what externalities imposed on the neighbours are. Side effect for states located more on foothill belt, than in mountains, was necessity to build dams in less than ideal morphologic conditions. One of such dams is Rezaksay Dam in Uzbekistan. It was must to quickly build a retention capacity; therefore task force for independent monitoring using both standard and specific monitoring processes had to be created. Not only usual engineering-geologic a geotechnical methods were used, but also geophysical ones.

Klíčová slova

výstavba přehrad, monitoring, objemová hmotnost, vlhkost, rychlost

Keywords

dam construction, monitoring, bulk density, porosity, moisture, velocity

1 Úvod

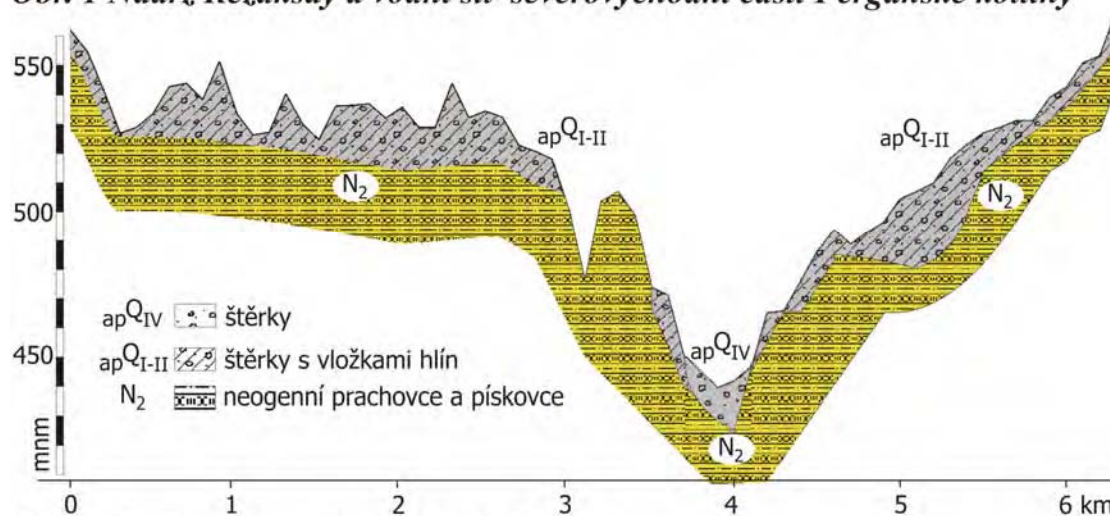
Stavba nádrže Rezaksay v Namanganské oblasti v Uzbekistánu byla realizována s cílem vytvořit možnost akumulovat část vod vypouštěných z Toktogulské nádrže (Kyrgyzstán) mimo vegetační období během podzimních a zimních měsíců. Takto získané vodní

zásoby budou využívány v jarních a letních měsících pro zlepšení provozu zavlažovacích systémů Uzbekistánu. Akumulace vody do nádrže objemu 200 mil. m³ bude zabezpečena přirozeným přítokem vody z Velkého Namanganského kanálu (VNK) a v zimním období z řeky Naryn (obr. 1). Sypaná hráz přehrazuje údolí řeky Rezaksay, které je charakteristické složitou geologickou stavbou. Vrchní vrstvu představují kvartérní uloženiny, které tvoří ve středu údolí aluviální štěrky o mocnosti okolo 10 metrů. Na bocích údolí vrstva štěrku obsahuje hlíny a čocky písků. Zde stoupá celková mocnost čtvrtohorních sedimentů na 20 – 30 metrů. Podloží kvartéru je tvořeno horninami neogénu (prachovce, jílovce, pískovce). V centru údolí převládají prachovce a jílovce, na bocích prachovce a pískovce. Celková mocnost neogenních sedimentů je 120 – 150 metrů (obr. 2). Vlastní těleso přehrady je sypané z místních materiálů a jako těsnění je použito hlinité jádro. Objem nádrže je 200 mil. m³, výška přehrady 80 metrů, délka přehrady v koruně 2650 metrů. Objem hráze je 19,8 mil. m³, z čehož 17,9 mil. m³ připadá na štěrky a 1,9 mil. m³ na těsnící hlíny.

Svahy údolí řeky Revaksay jsou v místě stavby přehrady prořezány řečišti občasných toků. Tato řečiště jsou založena na příčné tektonice vůči směru hlavního údolí. Hráz je zavázána do prachovců neogénu. Předběžné analýzy hornin v podzákladí hráze ukázaly, že zatížení dané výstavbou hráze může vyvolat sedání v řádu 0,7 metru. V podmínkách složité geologické stavby, sedání hráze a nemožností výstavby výpustního tunelu bylo rozhodnuto výpust realizovat ocelovými trubkami uloženými do betonového bloku. Toto řešení bylo ověřeno modelovými výpočty.



Obr. 1 Nádrž Rezaksay a vodní síť severovýchodní části Ferganské kotliny



Obr. 2 Geologický řez údolím řeky Rezaksay

2 Kontrola výstavby hráze

Konstrukce samotné hráze se sestává z několika prvků. Vrchní a spodní část gravitačního hranolu byla sypána ze štěrků ve vrstvách s mocnostmi 0,4 m a hutněna válci o hmotnosti 40 tun. Projektem bylo požadováno zhutněných štěrků na objemovou hmotnost $2,1 \text{ t/m}^3$, vlhkost se připouštěla v rozmezí 8–10 %, koeficient filtrace byl vyžadován v rozpětí 8–10 m/den. Těsnící jádro hráze je hlinité a vzhledem k nedostatku hlín bylo na základě modelových výpočtů přijato rozhodnutí snížit „mocnost“ těsnícího jádra ve vrchní části hráze. To je novinkou v hydrotechnickém stavitelství (obr. 3). Jádro bylo sypáno ve vrstvách o mocnosti 0,3 – 0,35 m při čemž bylo hutněno válci o hmotnosti 42 tun. Projektem byly vyžadovány následující parametry jádra: objemová hmotnost $1,7 \text{ t/m}^3$, vlhkost 15 – 16 %, koeficient filtrace 0,01 m/den.

Všechny tyto faktory předurčily požadavek tvrdého dodržování podmínek budování hráze a nevyhnutelnost provádění důkladného inženýrsko-geologického monitoringu. Dokonalou kontrolu stavebních prací je možné zajistit jen systémem monitoringu, který není závislý ani na dodavateli stavebních prací ani na projekční organizaci. Výsledkem bylo zavedení kontrolních prací kvality stavebních prací při stavbě hráze nezávislou skupinou, podléhající přímo investorovi akce, tj. příslušným státním orgánům Uzbekistánu.

Úkolem kontrolní skupiny bylo:

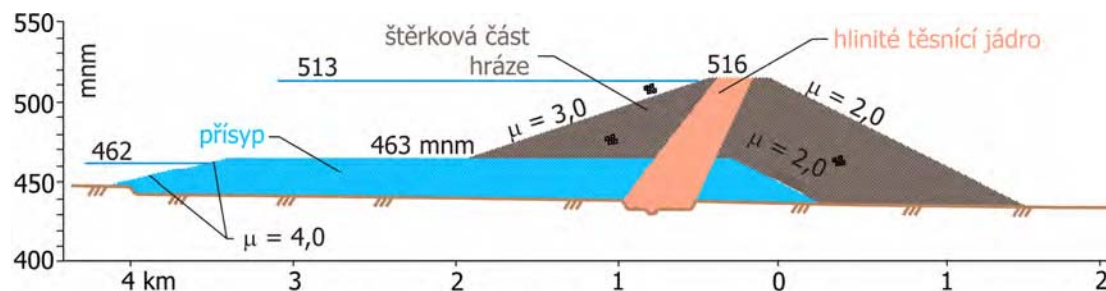
- sledování těžby zemin a dodržení technických podmínek stavby hráze, výpustí, a všech dalších dílčích staveb
- průběžná kontrola ukládání a hutnění zemin v těle hráze
- kontrolní inženýrsko-geologické vzorkování, laboratorní testy a seizmická měření
- metodické vedení a analýza prací skupin geologického dozoru a kontrola laboratoří dodavatelských organizací.

Monitorovací práce byly vedeny dvěma směry, uskutečněním pravidelné a operativní kontroly.

Časově spojitá kontrola se uskutečňovala hloubením šachtic do hloubky 1,2 m a odběru vzorků pro inženýrsko-geologické a laboratorní testy. Během těchto prací se určovala zrnitost, pórovitost, úhel vnitřního tření, koheze a plasticita.

Operativní kontrola byla prováděna po nasypání a zhutnění každé vrstvy zemin. V procesu operativní kontroly byly sledovány objemová hmotnost (σ_{sk}), přirozená vlhkost (W) a koeficient filtrace (K_f). Vysoké tempo stavebních prací a také nevyhnutelnost zvýšení množství kontrolních zkoušek určilo použití expres metodik určování inženýrsko-geologických vlastností. Proto pro určování objemové hmotnosti těsnícího jádra mimo tradičních metod byl používán polní hustoměr systému Kovaleva.

Podstata metody je založena na určení hmotnosti skeletu zemin použitých zemin (jílovito-písčitých a písčito-jílovitých hlín) plovákovým způsobem. To výrazně zkracuje čas potřebný k provádění zkoušek tehdy, když standardní metody požadují na 100-150 m^3



Obr. 3 Schématický řez hrází Rezaksay

uložených zemin. Výhodou použití polního určování objemové hmotnosti systémem Kolaleva je možnost určit hmotnost skeletu zemin zrychleným způsobem, tj. bez určení vlhkosti zemin standardním způsobem (Směrnice..., 1969).

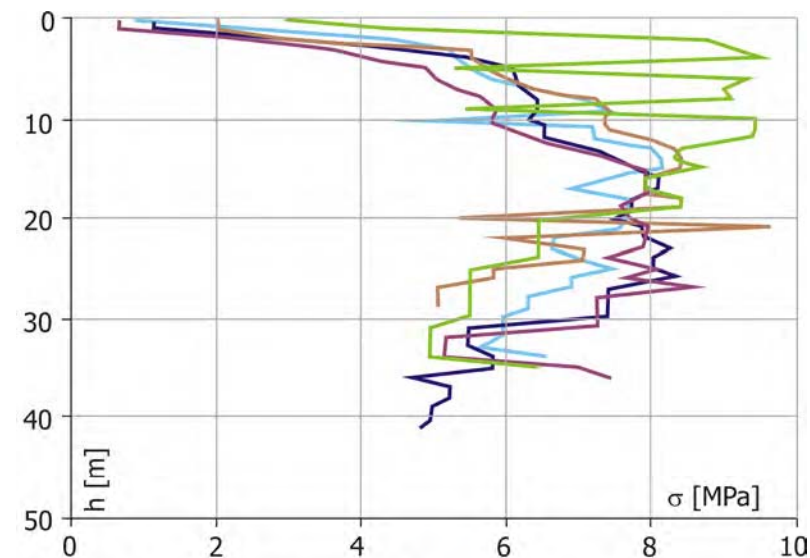
Přímé určování objemové hmotnosti hlín v jádře hráze bylo spojeno s měřením digitálním penetrometrem firmy Ejkelkamp. Tímto přístrojem byl měřen odpor na hrotu do hloubky 0,35 – 0,4 m. Výsledky měření se ukládaly v paměti přístroje ve formě grafů (obr. 4). Podle výsledků párových stanovení přímou metodou byla stanovena závislost mezi odporem na hrotu a objemovou hmotností zemin (obr. 5). Výsledky terénních měření byly uloženy do polního počítače a s použitím stanovené závislosti byly operativně určeny hodnoty objemové hmotnosti zemin.

Pro stanovení kvality zhutnění štěrků tížní části hráze byl použit hustoměr typu BPD-KM používající vodu a fólii, který zkrátil čas potřebný k určení objemové hmotnosti na 5 až 6 minut.

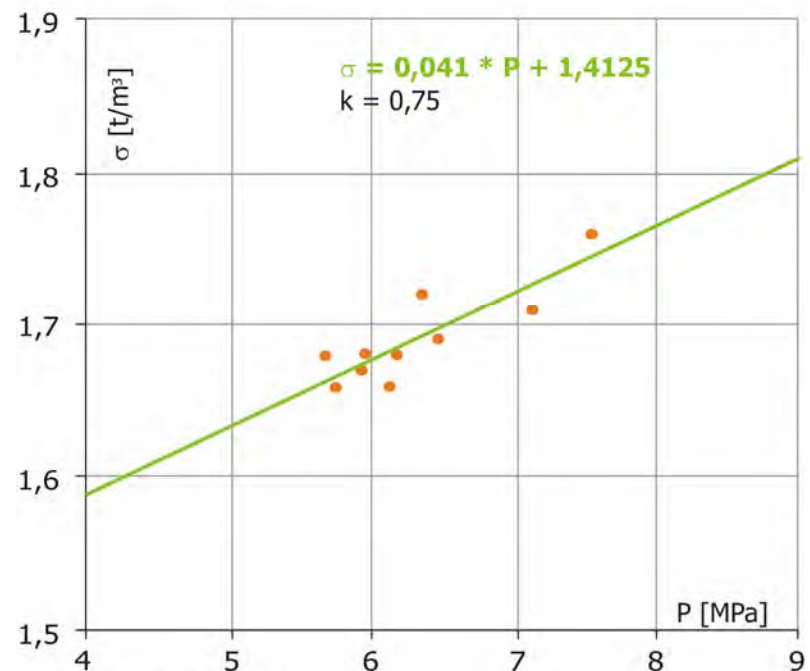
Pravidelné kontroly se uskutečňovaly hloubením šachtic do hloubky 1,2 metru a odběrem vzorků pro inženýrsko-geologické a laboratorní testy v předem určených místech. Během těchto prací se určovala zrnitost, pórovitost, úhel vnitřního tření, koheze a plasticita.

Pro kontrolu kvality hutnění zemin mezi body přímých měření a také pro získání informací na celé nasypané ploše byla po nasypání a zhutnění dvou až tří vrstev provedena seizmická měření s použitím podélných vln. Vzdálenost geofonů při měření byla dva metry a na jedno položení byly použity tři body buzení seizmické energie. Měřeno bylo 24 kanálovou aparaturou LX2 ruské výroby. Sestavené hodochrony byly interpretovány metodou kritických vzdáleností. Nebylo tedy při měření ani při vyhodnocování seizmických prací použito možnosti sledování pronikající vlny.

Je známo, že pro nenasycené kypré zeminy (hlíny, štěrky) se získá dostatečně přesná závislost mezi rychlostí podélných vln (V_p) a objemovou hmotností (σ). Tato závislost neplatí obecně a je ji třeba definovat pro každý typ zemin a lokalitu samostatně. Proto pro zeminy nasypávané do hráze byly sestaveny rovnice vztahu těchto veličin cestou použití párových stanovení. Získané závislosti mají tvar:



Obr. 4 Mikropenetrační zkoušky



Obr. 5 Závislost mezi objemovou hmotností a odporem na hrotu

$$\text{pro šterky: } \sigma [\text{g/cm}^3] = 2.43 V_p^{0,21} [\text{m/s}]$$

Geological cross-section of the Záhorská pahorkatina showing three zones: **zóna neuspokojivého zhutnění** (light blue), **zóna dobrého zhutnění** (medium blue), and **zóna vlivu nadložních vrstev** (dark blue). The cross-section displays depth (h [mm]) on the y-axis (460 to 466) and distance (m) on the x-axis (0 to 299). Data points for longitudinal wave velocity (400 m/s) and volume mass (1.82 t/m³) are plotted within the zones.

Obr. 6 Seizmické měření s určením objemové hmotnosti těsnícího jádra

3 Závěr

Monitorovací inženýrsko-geologické práce během stavby hráze umožnily nesnižovat tempo stavby, uskutečnit kontrolu jejich kvality a současně odhalit a odstranit zjištěné nedostatky. Výsledky kontrolních prací ukázaly, že ke kontrole stavebních prací lze s úspěchem použít i seizmická měření. Neobvyklé bylo, že práce probíhaly při plném stavebním provozu, tj. za podmínek relativně vysokého seizmického šumu. Dalším důležitým poznatkem byla skutečnost, že kontrolní skupiny byla nezávislá na dodavateli stavebních prací a projektantovi. Pro české specialisty ve stavebnictví i pro české geofyziky je zajímavá skutečnost, že práce nezávislé kontrolní skupiny byly přímo řízeny premiérem země. I tato skutečnost ukazuje, jaká váha byla přikládána stavbě nové přehrady, a to jak z hlediska rychlosti výstavby, tak zejména z její kvality jejího provedení.

Literatura

- BELL, F. G. *Engineering Geology and Constructions*. Spon Press II, New Fetter Lone, London ECAP 4EE, 2004.
- BIRJUKOV N. S., KAZARNOVSKIJ V. D., MOTYLEV J. L. *Metodická příručka pro určení fyzikálně-mechanických vlastností zemin*, Moskva, Nedra, 1975, 176 s.
- BLÁHA, P., MÜLLER, K. *Application of Geophysical Methods in Geotechnic and Construction*, Praha: EGRSE, 2003, 1 – 2.
- HORSKÝ O., BLÁHA P. *The Application of Engineerin Geology to Dam Constriction*, Repronis, Ostrava, 2011, ISBN 978–80-7329–278-2, 1–296 p.
- KELLY, W. E., MAREŠ S. (Eds), *Applied geophysics in hydrogeological and engineering practice*, Elsevier, Amsterodam, 1993.
- KOLOMENSKIJ N. V. *Obečná metodika inženýrskogeologického průzkumu*, Moskva, Nedra, 1968, 342 s.
- LJACHOVICKIJ F. M., CHMELEVSKOJ V. K., JAŠČENKO Z. G. *Inženýrská geofyzika*, Moskva, Nedra, 1989, 252 s.
- SAVIČ A. I., KUJUNDŽIČ B. D., KOPTEV V. I. *Komplexní inženýrskogeologický průzkum při stavbě hydrotechnických staveb*, Moskva, Nedra, 1990. 462 s.
- YEROFEYEV, L. Y. et al. *Fizika gornych porod*, Tomsk: ITPU, 2006.
- ZINCHENKO, V. S. *Petrofizičeskije osnovy gidrogeologičeskoj i inženernogeologičeskoj interpretacii geofyzičeskich dannyh*, Moscow: RGGU, 2005.
- Směrnice pro určení objemové hmotnosti a kontroly hutnění zemního tělesa automobilních cest*, Orgtransstroj, Moskva, 1969, 70 s.

Autoři

¹ Ing. Shavkat Abdullaev, CSc., Institut GIDROINGEO, Uzbekistán, Taškent, 64 Olimlar Str., 100041, abdullaevs@mail.ru

² Doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc., Geotest, a.s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno, blaha@geotest.cz