



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Geotechnický monitoring – učební texty, přednášky
Monitoring přehradních hrází

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika CZ.1.07/2.2.00/28.0009.
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

19. Monitoring přehradních hrází

Kontrolní sledování přehrad má ve srovnání s ostatními inženýrskými stavbami rozsáhlejší charakter, přičemž rozhodující úlohu má monitoring stability, pórových tlaků, proudění vody a vznik a rozšiřování trhlin v tělese hráze. Voda může pronikat samotnou hrází, podloží hráze i okolo tělesa hráze, ale i okolními břehy. Negativní vliv vody se rovněž projevuje v souvislosti s jejím možným pronikáním do mikrotrhlin v hrázi. Měřidla jsou osazována jak na povrchu, tak i v tělese hráze.

Předmětem kontrolního sledování přehrad jsou:

- geologické poměry v místě přehradního profilu a jejich možné změny během výstavby
- chování hráze a jejího podloží během výstavby
- chování hráze a jejího podloží během prvního napouštění nádrže
- chování hráze a podloží během prvního snižování hladiny vody v nádrži
- dlouhodobé chování hráze po dokončení stavby za běžného provozu

Hlavní monitorované veličiny :

- přetvoření hrází
- napětí v tělese hráze i v podloží
- stabilita hrází
- sedání podloží
- naklonění
- pórové tlaky v tělese hráze i v podloží
- hydraulický sklon prosakující vody
- dynamické vlivy (např. od vlnobití)

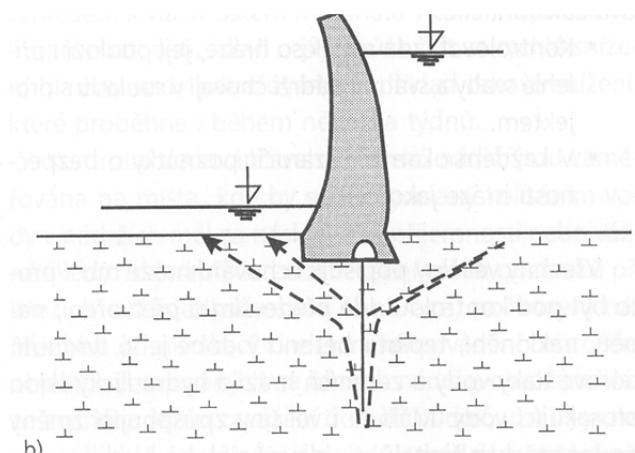
Návrh samotného monitoringu přehrady závisí z velké části na typu přehradní hráze (betonová hráz (kap. 19.1), sypaná hráz (kap. 19.2). Další faktory ovlivňující metody a postupy kontrolního sledování zahrnují tvar přehradního údolí, geologická stavba okolního horninového prostředí a spolupůsobení stavebních materiálů u zemních či kamenitých hrází. Zajištění spolehlivosti přehrad vyžaduje provádění monitoringu před samotnou výstavbou přehrady (kap. 19.4), po dobu výstavby

(kap. 19.5), při prvních výkyvech hladin (první napouštění (kap. 19.6), první rychlé vypouštění (kap. 19.7) i po dobu provozu přehradního díla (kap. 19.8).

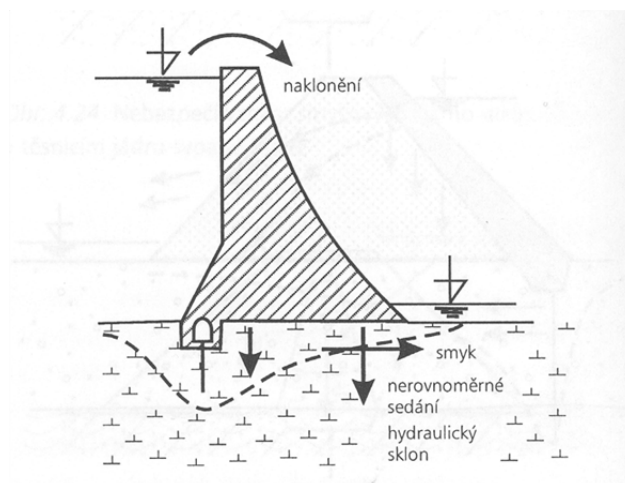
19.1 Betonové přehrady

V případě betonových hrází je vhodné se u kontrolního sledování zaměřit na následující problematické oblasti:

- vznik mikrotrhlin v důsledku nevhodného postupu betonáže
- nerovnoměrné sedání různě tuhého podloží, což může způsobovat smyková porušení a vznik mikrotrhlin v horninovém masívu, které se mohou následně propagovat i do tělesa samotné hráze
- naklonění tělesa hráze
- u klenbových typů hrází zatížení boků údolí přírůstky sil při napouštění
- proudění vody a vztlak pod tělesem hráze



Obr. 19.1 - Proudění vody a vztlak pod klenbovou betonovou hrází (Rozsypal, 2001)



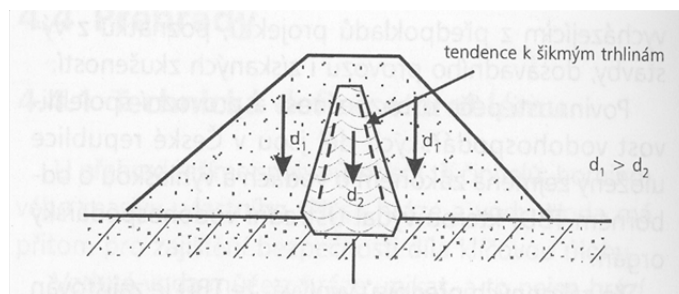
Obr. 19.2 - Cíle kontrolního sledování u gravitační betonové přehrady (Rozsypal, 2001)

19.2 Sypané hráze

Mezi základní faktory určující cíle monitoringu sypaných hrází patří filtrační stabilita, vznik trhlin různého charakteru a nárůst pórových tlaků v tělese hráze vznikající jako důsledek nerovnoměrného sedání různých částí hráze sypaných z materiálů s rozdílnými přetvárnými vlastnostmi. Jedná se především o rozdílnost sedání stabilizační a těsnící části hráze. Dále jsou problémy způsobeny průsakem vody hrází a výkyvy hladiny v nádrži.

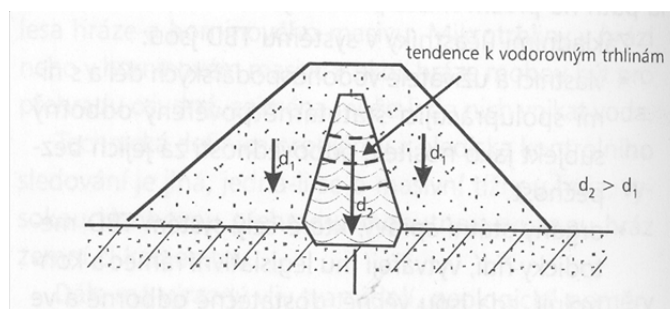
V zásadě mohou nastat následující základní nebezpečné situace:

- 1) Pokud se stabilizační část hráze přetváří více a rychleji v porovnání se středním jílovým těsněním, dochází v těsnící části k nežádoucímu nárůstu pórových tlaků. Menší stlačitelnost střední jílovité těsnící části může mít za následek vznik šikmých smykových ploch na rozhraní stabilizační a těsnící části hráze.



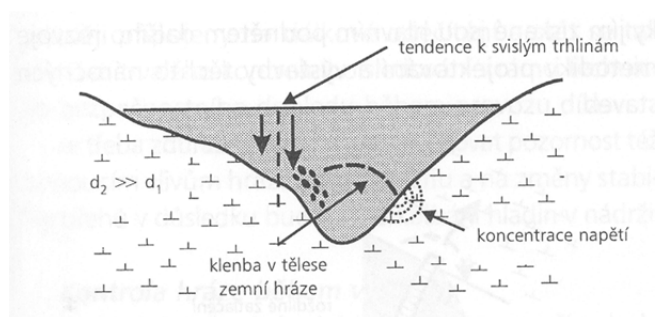
Obr. 19.3 - Vznik šikmých smykových ploch v těsnícím jádru sypané hráze (Rozsypal, 2001)

2) Pokud nastane situace, že se těsnící jílové jádro přetváří vlastní vahou více než okolní stabilizační část, mohou vznikat vodorovně uložené trhliny v těsnícím jádru (efekt zavěšení jádra na stabilizačních částech hráže).



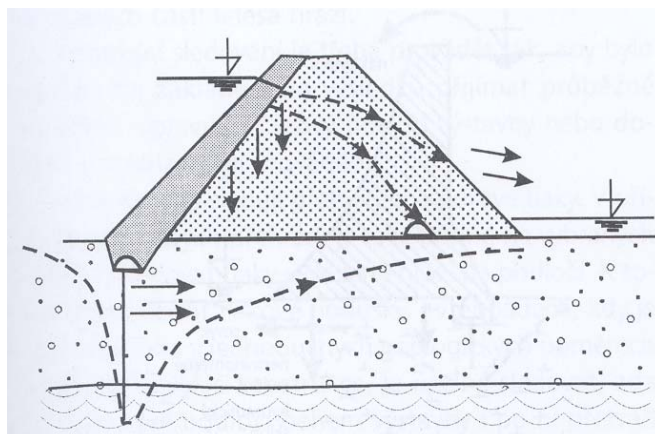
Obr. 19.4 - Vznik vodorovných trhlin v těsnícím jádru sypané hráže
(Rozsypal, 2001)

3) K dalšímu nebezpečnému jevu může docházet v případě, kdy je hráz lokalizována ve strmých údolích nebo údolích s náhlou změnou sklonu okolních svahů. V těchto případech může dojít v tělese hráže ke vzniku lokální klenby, pod níž je nižší napjatost než nad ní, a může tedy docházet k navýšení napětí v místech dotyku klenby s boky údolí. V místech s náhlou změnou sklonu svahu pak může docházet ke značným rozdílům ve svislých sednutích, což může mít za následek vznik svislých trhlin směřovaných kolmo na podélnou osu hráže.



Obr. 19.5 - Koncentrace napětí ve svazích a nebezpečný vznik trhlin v tělese hráže v hlubokých údolích (Rozsypal, 2001)

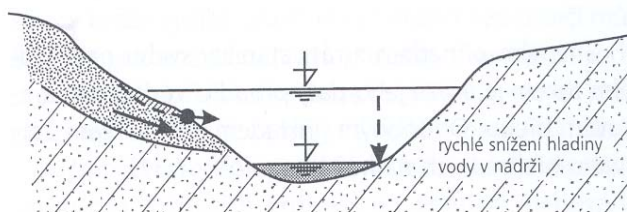
4) Problémy s podložím hráže i samotným tělesem zemní hráže mohou nastat v případě příliš vysokého hydraulického sklonu prosakující vody, jehož důsledkem může být sufóze. Negativně se projevuje rovněž vztlak vody v tělese i pod hrází.



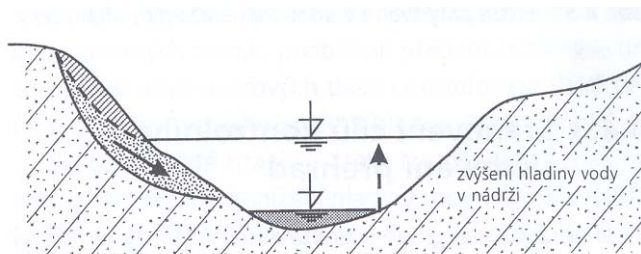
Obr. 19.6 - Proudění vody a vztlak pod hrází a v tělese hráze (Rozsypal, 2001)

19.3 Stabilita svahů bočních údolí při změnách hladin

Kolísání hladiny v nádrži má za následek proudění vody ze svahu (snížení hladiny) nebo proudění vody z nádrže do svahu (zvýšení hladiny). Kromě samotného vlivu proudění dochází i ke změnám zatížení. Odlehčení paty svahu při vzduť hladiny vede ke snížení pasivních sil a možným stabilitním problémům ve svazích.

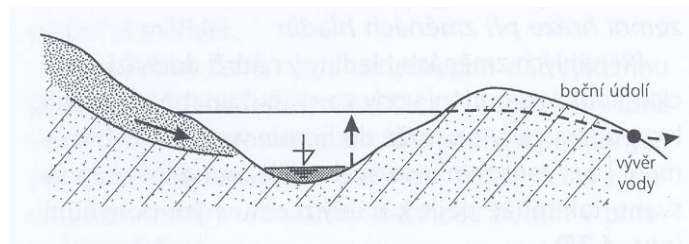


Obr. 19.7 - Proudění vody ze svahu při rychlém poklesu hladiny vody (Rozsypal, 2001)



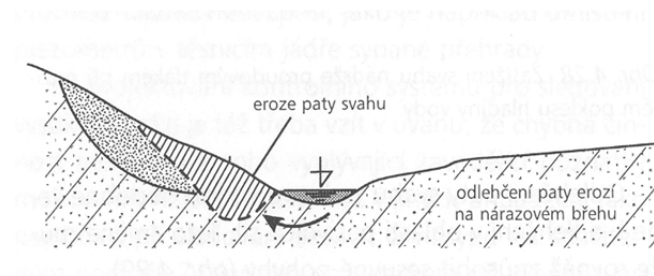
Obr. 19.8 - Vliv odlehčení paty svahu při zvýšení hladiny vody (Rozsypal, 2001)

V případě naplněné přehradní nádrže může v některých případech docházet k průsakům vody i do přilehlých údolí a způsobovat ztrátu stability jednak prouděním a jednak přitížením zvýšenou vlhkostí.



Obr. 20.9 - Negativní vliv proudění na stabilitu přilehlých svahů
(Rozsypal, 2001)

Negativně se může na stabilitě svahu projevovat i vliv eroze a abraze.



Obr. 20.10 - Eroze paty svahu v údolí na nárazovém břehu
(Rozsypal, 2001)

19.4 Monitoring před samotnou výstavbou přehrady

Monitoring před samotnou výstavbou se soustřeďuje především na vyhodnocení dlouhodobých změn vodního režimu v dané oblasti (piezometrická měření). Piezometry použité před samotnou výstavbou se mohou stát po napojení na dálkový odečet součástí trvalého kontrolního sledování i během provozu díla. Dalším důležitým typem monitorovacích měření jsou měření seismické aktivity v dané oblasti.

19.5 Monitoring při samotné výstavbě přehrady

Při výstavbě přehrady je monitorován především vývoj pórových tlaků v tělese hráze i v podloží (např. piezometry). Dále jsou sledována přetvoření (pomocí extenzometrů či inklinometrů), sedání, tlaky hráze na podloží (pomocí tlakových buněk) a napjatost v tělese hráze.

19.6 Monitoring během prvního napouštění přehrady

Během prvního napouštění přehrady se monitorují především přetvoření (užitím extenzometrů a inklinometrů), sedání a průsaky tělesa hráze i podloží. U klenbových přehrad je účelné monitorovat i napětí v základové spáře.

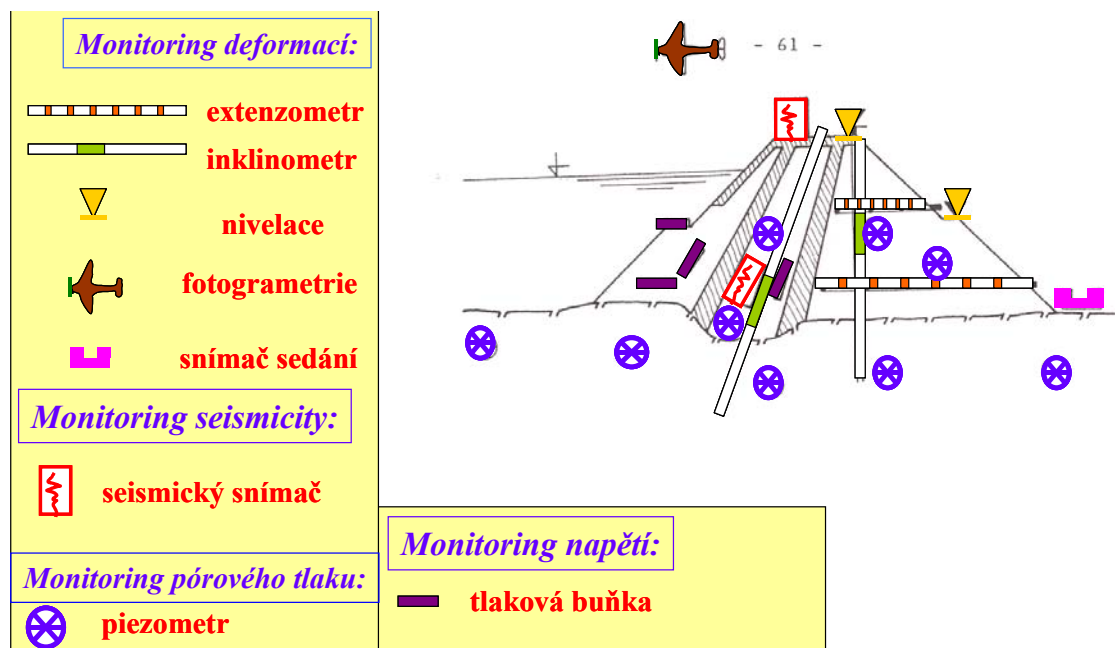
19.7 Monitoring během prvního rychlého vypouštění

Monitoring během prvního rychlého vypouštění je zaměřen především na monitoring změn pórových tlaků a vznik případných smykových ploch ve svazích nádrže.

19.8 Monitoring během provozu přehradního díla

Vzhledem k tomu, že přetvoření tělesa sypaných hrází může probíhat ještě několik let po jeho dokončení, monitoruje se především:

- přetváření tělesa hráze, jejího podloží a bočních svahů nádrže (geodeticky, extenzometry, inklinometry)
- vývoj pórových tlaků v tělese hráze (piezometry)
- vodní režim a změny vztlaků v podloží hráze (piezometry)
- proudění vody tělesem hráze, podložím nebo boky nádrže (piezometry)
- napětí v tělese hráze (tlakové podušky)
- seismická aktivita (seismografy)
- v případě kotvených bočních svahů osově síly v kotvách



Obr. 19.11 - Schéma návrhu geotechnického monitoringu sypané hráze