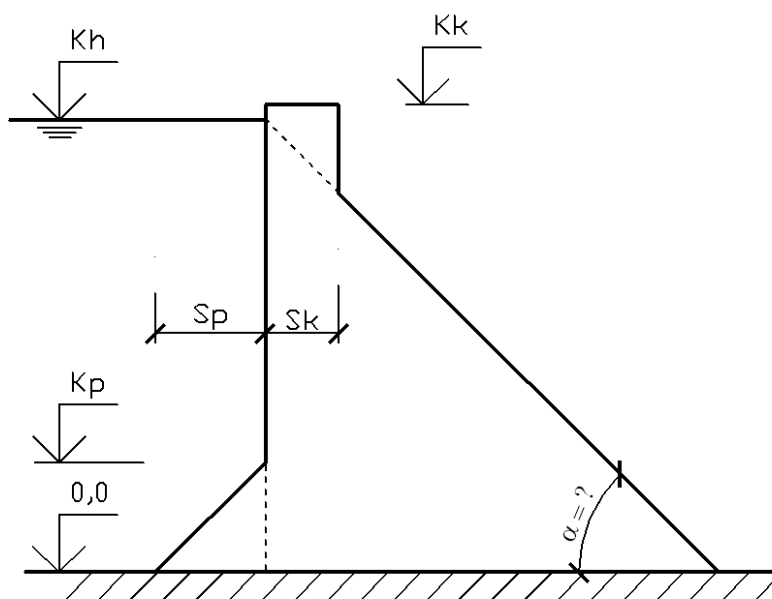


VODOHOSPODÁŘSKÉ INŽENÝRSTVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ - 142VIZP

Úloha č. 4

Horský, Nešvarová - K142

Proveďte návrh vzdušního sklonu betonové tížné přehrady podle obrázku 4.1 a dále zjednodušený výpočet její stability. Nejprve vyjádřete všechny působící síly (tíha, tlak vody, vztlak vody na základovou spáru) a poté řešte stabilitu hráze pro případ posunutí a překlopení. Při výpočtu uvažujte šířku $b = 1$ m (běžný metr) konstrukce hráze. V případě nedostatečné stability upravte sklon tak, aby konstrukce byla stabilní, případně vyjádřete limitní sklon, kdy je již stabilita při posunutí i překlopení zaručena. Pro zjednodušení je základová spára na kótě 0 m, maximální výška vzduť vody je K_h , kóta koruny hráze je K_k , šířka koruny je S_k , výška předsazené paty hráze je K_p a její šířka S_p . Součinitel smykového tření je ϕ , míra bezpečnosti proti posunutí je $\mu_{po} = 1,25$ a míra bezpečnosti proti překlopení $\mu_{pr} = 1,1$. Správné hodnoty k úloze i s pokyny k vypracování podle čísla zadání (pořadí dle seznamu kruhu v KOSu) jsou umístěné na webu předmětu (www.prehrady.cz/vizp).



Obr. 4.1: Řez tížnou betonovou hrází

Výpočet

Nejprve vyjádříme všechny síly, které budeme zahrnovat do návrhu. Jedná se tíhu G a hydrostatické síly vody v nádrži na maximální kótě vzduť K_h a vztlaková síla na základovou spáru.

Tíha konstrukce:

$$G = \rho_b \cdot g \cdot b \cdot S_G \quad [\text{N}] = \quad (1)$$

kde:

$$\begin{array}{ll} \rho_b & [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad \text{je hustota betonu (viz zadání)} \\ S_G & [\text{m}] \quad \text{je plocha řezu konstrukce přehrady} \end{array}$$

Plocha řezu je závislá na zadaných geometrických rozměrech a na volbě úhlu α sklonu vzdušního líce, kterýžto jako parametr je v úloze navrhován.

Vodorovná složka zatížení vodou:

$$F_x = \rho_v \cdot g \cdot b \cdot \omega_x \text{ [N]} = \quad (2)$$

kde:

ρ_v [kg.m⁻³] je hustota vody (1000 kg.m⁻³),
 ω_x [m] je plocha zatěžovacího obrazce vodorovné složky sil.

Svislá složka zatížení vodou:

$$F_z = \rho_v \cdot g \cdot b \cdot \omega_z \text{ [N]} = \quad (3)$$

kde:

ρ_v [kg.m⁻³] je hustota vody (1000 kg.m⁻³),
 ω_z [m] je plocha zatěžovacího obrazce svislé složky sil.

Vztlaková síla na základovou spáru:

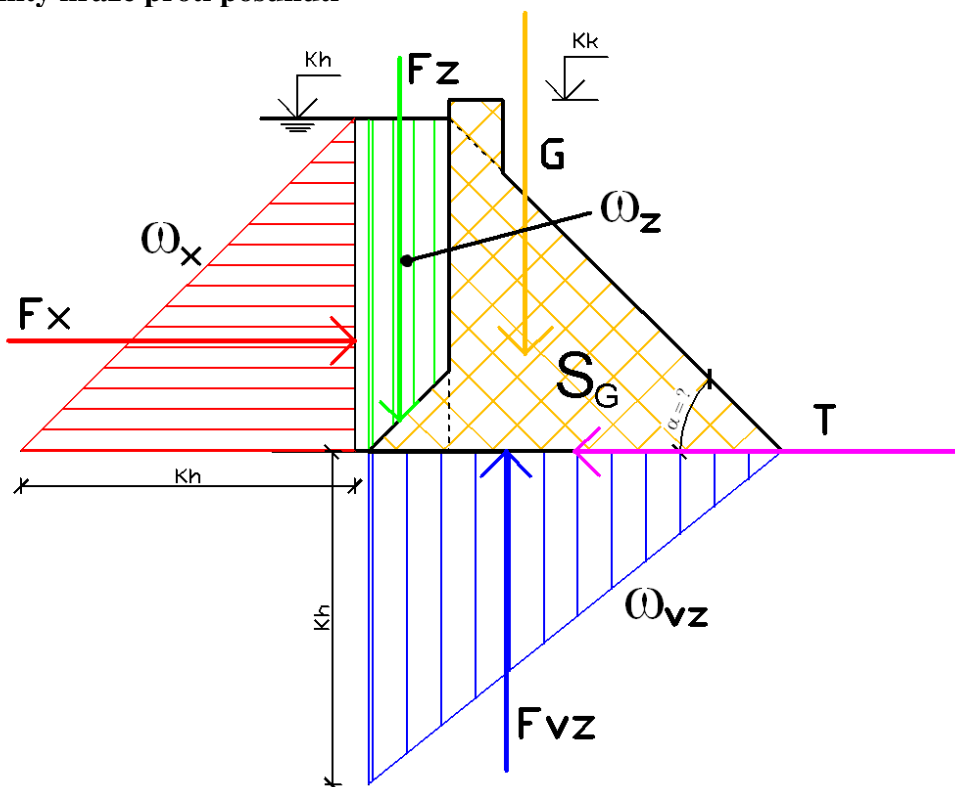
$$F_{vz} = \rho_v \cdot g \cdot b \cdot \omega_{vz} \text{ [N]} = \quad (4)$$

kde:

ρ_v [kg.m⁻³] je hustota vody (1000 kg.m⁻³),
 ω_{vz} [m] je plocha zatěžovacího obrazce svislé složky vztlakové síly.

Výpočet je vhodné provádět v programu Excel, případně plochy obrazců a jejich polohy těžiště vyjádřit nebo změřit v AutoCADu nebo podobném programu. Obrázek 4.2 znázorňuje jednotlivé zatěžovací obrazce a výslednice všech sil.

Posouzení stability hráze proti posunutí



Obr. 4.2: Zatěžovací obrazce a výslednice sil

K výpočtu stability proti posunutí budeme potřebovat výše vyjádřené 4 síly a dále:

φ součinitel smykového tření (viz zadání hodnot)
 $\mu_{po} = 1,25$ míra bezpečnosti proti posunutí.

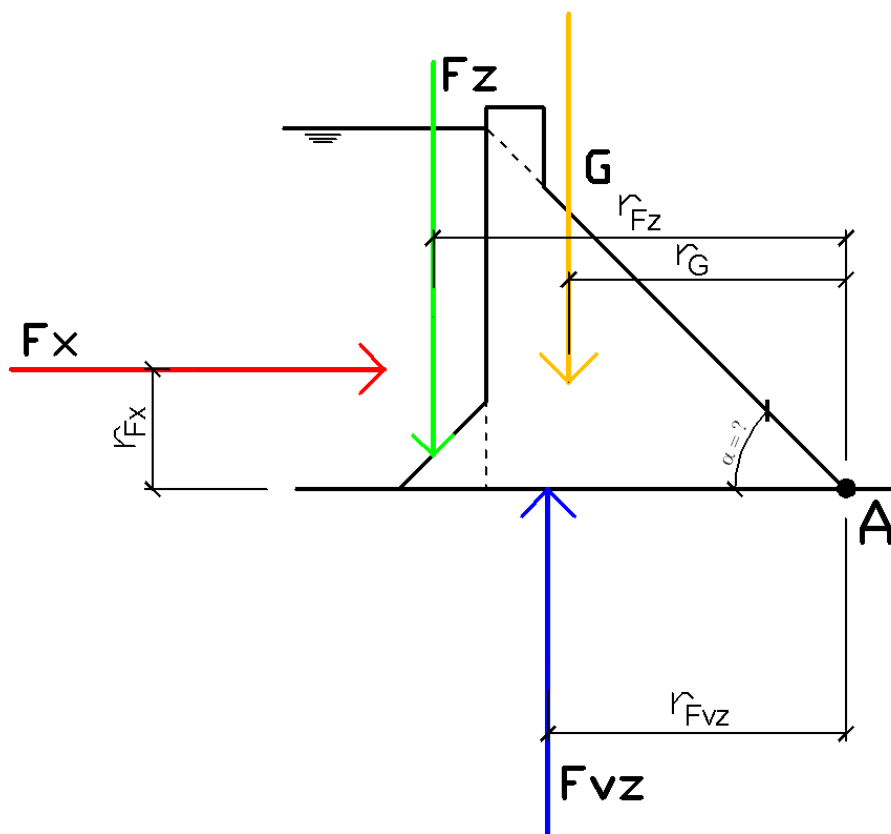
Pomocí součinitele smykového tření převedeme všechny svislé síly na smykovou sílu v základové spáře:

$$T = \varphi \cdot (F_z + G - F_{vz}) \text{ [N]} \quad (5)$$

a nyní můžeme vyjádřit podmínku stability jako nerovnost, která musí být splněna:

$$\mu F_x \leq T \quad (6)$$

Posouzení stability hráze proti překlopení



Obr. 4.3: Vyjádření momentů sil (síly a jejich ramena působení vůči bodu A)

K výpočtu stability proti překlopení budeme potřebovat opět výše vyjádřené 4 síly a dále polohy těžišť všech sil pro vyjádření momentové podmínky v předpokládaném bodě otočení na konci základové spáry (bod A na obrázku). Dále:

$\mu_{př} = 1,1$ je míra bezpečnosti proti překlopení.

Dále vyjádříme 2 momenty v bodě A. První ze všech sil, které způsobují překlopení, a druhý ze všech sil, které překlopení brání:

$$M_{A1} = r_{F_x} \cdot F_x + r_{F_{vz}} \cdot F_{vz} \quad [\text{N.m}] \quad (7)$$

$$M_{A2} = r_{F_z} \cdot F_z + r_G \cdot G \quad [\text{N.m}] \quad (8)$$

kde:

r_i [m] jsou ramena příslušných sil vyvozujiících moment (kolmé vzdálenosti sil od bodu A).

Nyní můžeme vyjádřit podmínku stability překlopení jako nerovnost, která musí být splněna:

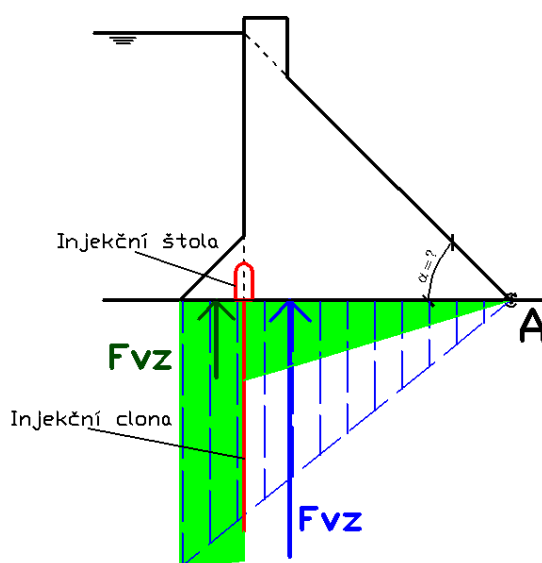
$$\mu M_{A1} \leq M_{A2} \quad (9)$$

Pokud některá z podmínek nevyhoví, je třeba provést patřičnou změnu úhlu návodního líce hráze a výpočet opakovat, dokud podmínky nejsou splněny. K tomuto účelu je vhodné využít například funkci řešitele rovnic Excelu.

Závěr

Změnou úhlu vzdušního líce zjistíme, že pro obě podmínky vyhovují velikosti úhlu do určité hodnoty (s větším úhlem se konstrukce stává štíhlejší (v základu) a přestává vyhovovat jednotlivým podmínkám stability). Proto oběma podmínkám vyhovuje úhel líce menší než jsou limitní úhly obou podmínek.

Obecně lze konstatovat, že podmínkám v úloze vyhovují širší konstrukce, než je běžné v praxi, a to z důvodu, že jsme jako vztlakovou sílu brali jednu z nejnepříznivějších variant. V praxi se obecně řeší dodatečné těsnění podloží v prostoru návodní paty hráze a tím se eliminuje větší část vztlakových sil působících na základovou spáru, viz příklad těsnění injekční clonou provedenou z injekční štoly u návodní paty hráze. Průběh vztlakových sil pak závisí také na propustnosti podloží a dalších faktorech.



Obr. 4.4: Příklad redukce vztlakových sil těsněním podloží na návodní straně