

Rozširovanie súčasných násypových telies v dôsledku zvýšenej dopravnej záťaže

Zvyšovanie dopravnej záťaže na cestných a železničných tratiach často súvisí aj s rozširovaním násypových telies týchto dopravných koridorov. Je preto nevyhnutné posúdiť reakcie pôvodného násypového telesa spôsobené priradením a pristúpiť k adekvátnemu návrhu. Z toho dôvodu sa vytvoril modelový príklad, ktorý simuluje reálne situácie v praxi. Výpočtovými metódami sa ukáže, aké nepriaznivé situácie môžu nastať pri nedostatočnom posúdení.

Stabilita svahov a sadanie násypov predstavujú spoločný geotechnický problém, ktorý sa týka viacerých oblastí v stavebníctve. Tento článok je venovaný najmä stabilite svahov v prípade rozšírenia násypového telesa v dopravnom staviteľstve.

Posúdenie modelu

Z teoretického hľadiska je vhodné riešiť tieto úlohy metódou statických a kinematických svahových deformačných procesov. Statický stav si štandardne vyžaduje zachovanie rovnováhy vo všetkých napätových bodoch horninového prostredia. Nesmie sa prekročiť medzný stav únosnosti a musí byť splnená Mohr-Coulombova rovnica:

$$\tau_f = c + \sigma_f \cdot \tan(\varphi) \quad (\text{odvodnené prostredie}) \quad (1)$$

alebo

$$\tau_f = c_u \quad (\text{neodvodnené prostredie}) \quad (2)$$

kde

τ_f je tangenciálne napätie na šmykovej ploche (kPa),

- c – súdržnosť zeminy (kPa),
- σ_f – normálové napätie pôsobiace kolmo na šmykovú plochu porušenia (kPa),
- φ – uhol vnútorného trenia zeminy (°),
- c_u – totálna súdržnosť (kPa).

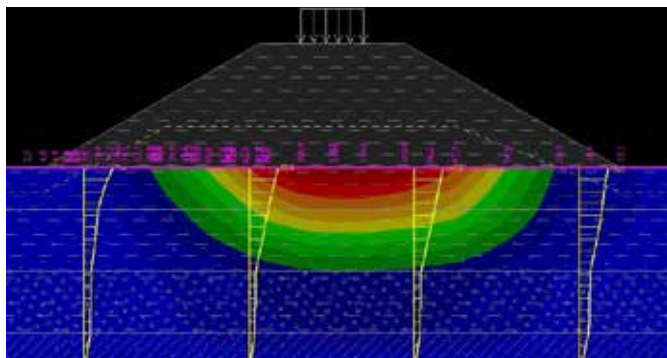
Mohr-Coulombova teória je postavená na tom, že k porušeniu horninového prostredia dôjde kritickou kombináciou normálového a šmykového napätia, a nie iba samotným normálovým alebo šmykovým napätím. Ako ukazuje model, v prípade dobudovania násypu k pôvodným násypom z minulého obdobia zo zemín podmienične vhodných do násypov a v prípade výskytu vysokej hladiny podzemných vôd je nevyhnutné vykonať skúšky pre nekonsolidované neodvodnené vzorky hornín, ale aj pre konsolidované neodvodnené.

Pri výpočte miery konsolidácie a sadania nového násypu treba vziať v prípade vysokej hladiny podzemných vôd do úvahy nasýtenie pôvodného násypu podzemnými vodami a následne aj drenážnu líniu, ktorá vznikne v styku medzi pôvodným a no-

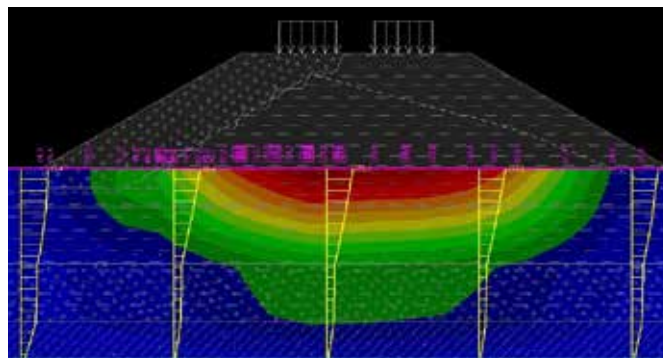
vým násypom vplyvom rôznych koeficientov filtrácie.

Z výpočtového modelu, pri ktorom sa počítalo s postupným fázovým budovaním a konsolidovaním pôvodného násypu a takisto s jednotlivými fázami výstavby nového násypu, vyplýva, že sadnutie násypu je výrazné najmä v prvej tretine päty svahu pôvodného násypu (zľava). V podmienkach, keď sa násyp buduje na ílovom podloží, sa môže sadnutie zvýšiť aj o viac ako 30 mm, čo výrazne vplyva na ďalšie konsolidovanie pôvodného násypu a na úpravu režimu podzemných vôd.

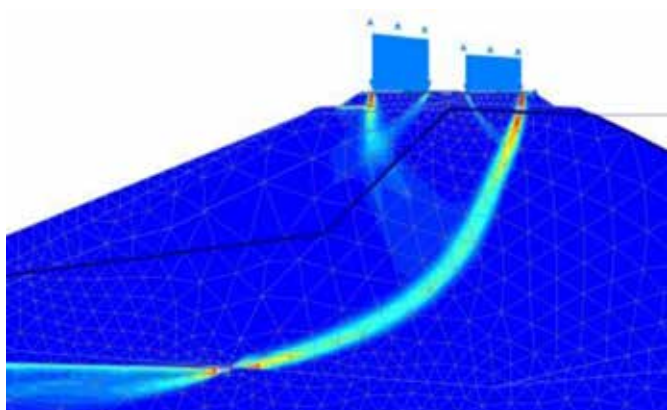
V prípade stability svahu je podľa charakteru násypového telesa a parametrov zemín nevyhnutné zvážiť, aká šmyková plocha vznikne – či kruhová, alebo polygonálna. V našom modelovom prípade počítame so vznikom kruhovej šmykovej plochy. Pri zadávaní a posudzovaní šmykovej plochy pomocou Bishopovej metódy (napríklad vo výpočtovom programe GEO 5) je zrejmé, že dobudovanie násypu zo zemín vhodných do násypu priaznivo vplyva na stabilitu svahu pôvodného násypu (obr. 4). Je však nutné posúdiť aj stabilitu svahu na druhej strane



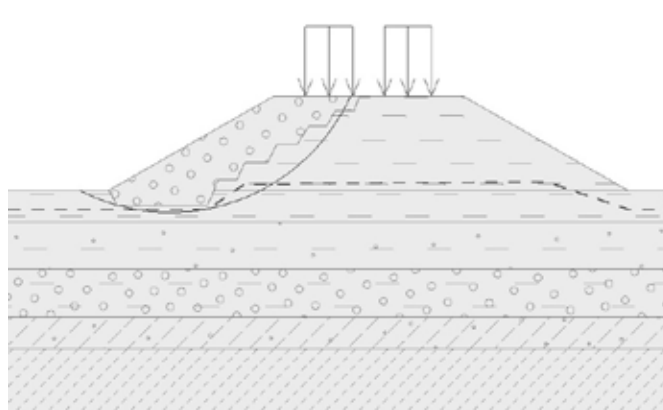
Obr. 1 Výpočet sadania a konsolidácie pôvodného násypu (GEO 5)



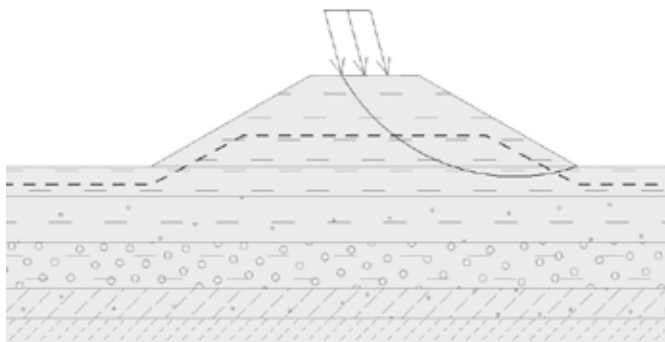
Obr. 2 Výpočet sadania a konsolidácie dobudovaného násypu (GEO 5)



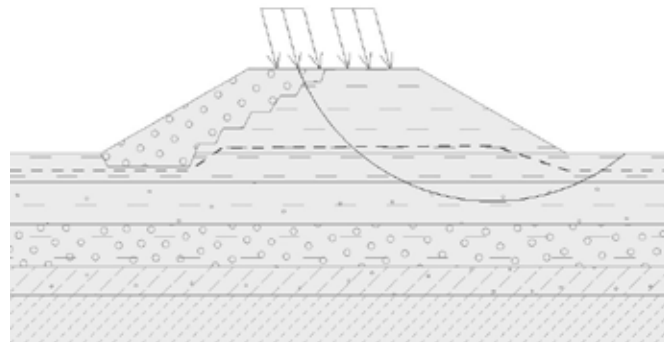
Obr. 3 Výpočet stability pomocou metódy konečných prvkov (PLAXIS)



Obr. 4 Výpočet stability svahu na strane priradenia, $F_s = 1,17$ (GEO 5)



Obr. 5 Výpočet stability svahu pred rozšírením násypu s uvažovaním odstredivých síl, $F_s = 1,08$ (GEO 5)



Obr. 6 Výpočet stability svahu po rozšírení násypu s uvažovaním odstredivých síl, $F_s = 0,945$ (GEO 5)

násypu (obr. 5 a obr. 6). Naopak, je zřejmé, že prítiaženie od dobudovaného násypu pôsobí na jeho stabilitu nepriaznivo.

Ďalej si treba uvedomiť aj to, v akých smerových pomeroch sa bude svah nachádzať. V prípade dopravných stavieb a najmä železničných tratí treba preveriť aj veľkosť odstredivých síl v oblúkoch s menšími polomermi. Podotýkam, že s účinkom brzdných a rozjazdových síl sa v tomto zjednodušenom modeli nepočíta, v prípade reálnych výpočtov na hrane stupňa stability $F_s = 1,0$ ich však nemožno zanedbávať. Na výpočet odstredivej sily sa použil základný vzorec:

$$F_{od} = m \cdot v^2 / R \quad (3)$$

kde m je zaťaženie (hmotnosť) (kg),

v – rýchlosť (m/s),

R – polomer zakružovacieho smerového oblúka (m).

Ak uvažujeme, že v prípade železničných stavieb môžeme počítať s rýchlosťou 160 km/h, pri nami zvolenom polomere smerového oblúka 2 500 m sa dostávame so započítaním odstredivých síl po dobudovaní násypu na stupeň stability $F_s < 1,0$, konkrétne $F_s = 0,945$. Na porovnanie, pred dobudovaním násypu bol stupeň stability $F_s > 1,0$, v danom prípade $F_s = 1,08$.

Záver

Zo záverov modelovaného posúdenia vyplýva, že v prípade dobudovania násypového telesa k jestvujúcemu násypovému telesu dopravných stavieb (v tomto prípade išlo o železničnú trať), je nevyhnutné počítať s množstvom faktorov, ktoré výrazne ovplyvnia stabilitu pôvodného násypového telesa. V neposlednom rade ide najmä o sadanie násypu, stabilitu násypových svahov a o ich ďalšiu konsolidáciu. Treba vziať do úvahy, že ani vystuženie samotného dobudovaného násypu nemusí vždy pozitívne vplývať na pôvodný násyp – v odôvodnených prípadoch sa z hľadiska stability smú tieto stavebné práce na rozšírenie násypu vykonávať iba spolu so zlepšovaním podložia aj pod jestvujúcimi násypmi (napr. hĺbková injektáž) a s úpravami sklonov svahov pôvodného násypu. Vzhľadom na rozsah článku nebolo možné venovať sa podrobnejšie detailom výpočtu kinematických svahových deformačných procesov. Takisto nebol priestor viac rozpísať dynamické účinky nápravových tlakov a seizmické účinky. Na záver však treba pripomenúť, že modernizovaním koridorov sa zvyšuje dopravné zaťaženie, s čím sa počas budovania jestvujúcich násypov nepočítalo.

TEXT: Ing. Viktor Tóth

OBRÁZKY: Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.

Autor pôsobí v spoločnosti Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.

Literatúra

1. Morgenstern, N.R., Price, V. E.: The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces, Geotechnique, vol. 15, no. 1, 77 – 93, 1965.
2. Nedergaard, M.: Ringsted-Fehmarn Railway Slope Stability of Embankments. 2014.

Enlargement of present embankments in consequence of increasing traffic load

Increasing traffic load on roads and railways often is associated with enlargement of embankments of these transport corridors. It is therefore necessary to proceed to the design and assessment of the behavior of the original embankments under additional load action. For this reason, it was created model example which simulated real situations in practice. By the calculation methods is indicated what adverse situations can occur, when assessment is insufficient.