

Ing. Jaroslav S t a n e k CSc., VÚHU

Dynamický účinek dopadajících hmot na stabilitu výsypkového stupně

Při zakládání skryvkových hmot na výsypkách ovlivňuje tvarování jejich svahů i dynamický účinek dopadající zeminy. Jeho nepříznivý vliv na sklon svahu se zvláště projevuje při sypání zeminy na svah výsypkového stupně, tj. při zatím nejběžnější technologii zakládání.

Ve spojitosti s touto technologií zakládání (obr. 1) dochází při rostoucí výšce tělesa kuželovitého tvaru s dopadem zeminy do oblasti jeho vrcholu k přemísťování zeminy k patě kužele, vyvolanému nerovnovážným stavem mezi třecími a gravitačními silami; tato nerovnováha je dále zvětšována impulsy sil, vznikajících při dopadu zeminy buď přeměnou kinetické energie v polohovou, nebo změnou směru pohybu při odrazu jednotlivých kusů zeminy.

Tímto pohybem zemin ve svahu výsypkového stupně dochází již při jeho vytváření ke snížení jeho mezního sklonu, protože pohybující kusy zeminy se natáčí tak, aby odpor proti jejich posuvnému pohybu byl co nejmenší. To má také za následek, že se ve výsypkovém stupni vytváří určitá "vrstevnatost" se sklonem vrstevních rozhraní odpovídajícím sklonu svahu se známým nepříznivým vlivem na jeho stabilitu.

Výjimkou, kdy se tato kvasivrstevnatost nevytváří, je kotálení velkých kusů zeminy po svahu k jeho patě, která však popsáný jev ve zbylé části svahu výsypkového stupně nevylučuje.

V další části příspěvku je popsán přibližný způsob určení dynamického účinku dopadajících hmot na mezní parametry svahu.

Vyjděme z obecného vztahu pro impuls síly

$$P \int_0^t dt = m \int_{v_1}^{v_2} dv$$

Za předpokladu nepružného rázu, který proběhne za čas t (s), je možno psát

$$P \cdot t = m \cdot v$$

a odkud

$$P = \frac{m \cdot v}{t} \quad (N)$$

Je-li výška šikmého vrhu zeminy h (m), je svislá složka její rychlosti

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (m/s)$$

Pro určení hmotnosti m (kg) dopadající zeminy lze vyjít z výkonu Q (m^3/h) zakladače v rostlé zemině a určit měrné množství q zakládacích hmot v rostlém stavu

$$q = \frac{Q}{3600} \quad (m^3/s)$$

Bude-li doba likvidace kinetické energie určitého dopadajícího množství trvat t (s) (půjde o zlomky vteřiny), je možno rozdělit proud padající zeminy na kvanta o hmotnosti

$$m = q \cdot \rho \cdot t \quad (kg)$$

(ρ (kg/m^3) je měrná hmotnost padající zeminy v rostlém stavu), z nichž každé jako spojitě těleso dopadne v čase t (s) na určitou část povrchu výsypky.

Potom síla, která na tuto určitou část povrchu výsypky působí, je

$$P = \frac{m \cdot v}{t} = \frac{q \cdot \rho \cdot t \cdot \sqrt{2gh}}{t} = q \cdot \rho \cdot \sqrt{2gh} \quad (N)$$

Lze oprávněně předpokládat, že při dosypávání zemin do úrovně pláňové výsypkové stupně působila tato síla na její celé ploše, což znamená, že koruna výsypkové stupně byla během sypání zatížena měrným zatížením

$$p = \frac{P}{F} \quad (N/m^2 = Pa)$$

kde F (m^2) je plocha dopadu proudu zeminy.

Pak výpočtem určenou meznou výšku výsypkové stupně s přihlédnutím k fyzikálně mechanickým vlastnostem zakládacích zemin je nutno snížit s ohledem na popsany účinek o hodnotu p/γ , kde γ je objemová tíha nakypřené zeminy v N/m^3 .

Jako příklad uvedme výpočet mezných parametrů výsypkové stup-

ně o výšce 20 m tvořeného zeminami o objemové tíze $\gamma = 18\,000\text{ N/m}^3$ ($1,8\text{ Mp/m}^3$), soudržnosti $c = 20\text{ kPa}$ (2 Mp/m^2) a úhlu vnitřního tření $\varphi = 10^\circ$. Podle Verdeyena vychází mezný sklon $\alpha_m = 16^\circ$ ($1 : 3,49$).

Na tomto výsypkovém stupni předpokládáme zakladač ZP 5000, jehož výkon v množství sypané zeminy je $Q_s = 5000\text{ m}^3/\text{h}$, což při koeficientu nakypření $k = 1,35$ představuje výkon v rostlé zemině $Q = 3700\text{ m}^3/\text{h}$.

Za jednu vteřinu přemístí zakladač měrné množství $q \approx 1\text{ m}^3/\text{s}$. Při pádu z výšky 20 m je

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20} = 20\text{ m/s}$$

Pak působící síla při měrné hmotnosti rostlé zeminy $\rho = 2000\text{ kg/m}^3$ je

$$P = q \cdot \rho \cdot v = 1 \cdot 2000 \cdot 20 = 40\,000\text{ N}$$

Pro jednoduchost předpokládáme, že plocha dopadu $F \approx 1\text{ m}^2$, takže měrné zatížení povrchu pláň je

$$p = \frac{P}{F} = 40\,000\text{ Pa}$$

V takovém případě, chceme-li ponechat původní hodnotu mezního sklonu $\alpha_m = 16^\circ$ nezměněnu, snižuje účinek dynamických sil původní hodnotu mezní výšky svahu na hodnotu ($\gamma = 18\,000\text{ N/m}^3$)

$$20 - \frac{P}{\gamma} = 20 - \frac{40000}{18000} = 17,8\text{ m}$$

nebo naopak, chceme-li ponechat původní výšku svahu (20 m) nezměněnu, je nutno určit mezný sklon α_m pro výšku

$$20 + \frac{P}{\gamma} = 20 + \frac{40000}{18000} = 22,2\text{ m}$$

který, vypočtený opět podle Verdeyena ze stejných fyzikálně mechanických vlastností, dává $\alpha_m = 15^\circ$, což znamená, že dochází ke snížení mezního sklonu z hodnoty $1 : 3,49$ na $1 : 3,73$.

S h r n u t í

Dynamický účinek dopadajících hmot na stabilitu výsypkového stupně

V předloženém článku je popsán vliv dynamických účinků pádu zakládáných zemin na mezní parametry výsypkového stupně a naznačen přibližný způsob jejich výpočtu.