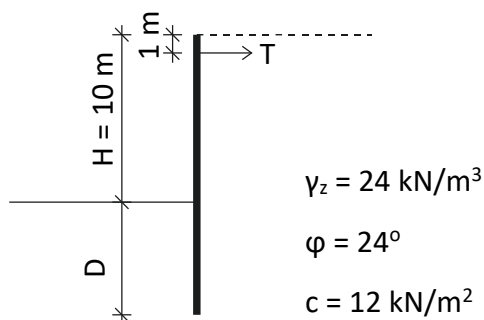


# ПОСЕБНИ ПРОБЛЕМИ ФУНДИРАЊА

## 7. ВЕЖБА

### Задатак:

1. Предвиђена је заштита темељне јаме челичним прибојем горе анкерованим, доле слободно ослоњеним. Потребно је извршити прорачун прибоја (одредити дубину забијања  $D$  и силу у анкерима  $T$ ) према подацима наведеним уз скицу. На располагању су челичне талпе типа Ларсен.



Анкери су постављени на удаљености од 3 m.

### Теорија:

**Прибоји** (разупоре, подграде, оплате – тј. привремено подграђивање ровова) примењују се када постоји опасност од обрушавања бочних страна ископа. У пракси се критеријуми везују за дубину рова, тип (кохезију) земљишта и запреминску тежину ( $\gamma$ ).

Прибоји су обавезни када је:

- $d > 1,2 \text{ m}$  у кохезивним земљиштима,
- $d > 0,8\text{--}1,0 \text{ m}$  у некохезивним земљиштима (песак, шљунак),
- увек, ако постоји:
  - подземна вода,
  - вибрације (саобраћај, машине),
  - близина објекта.

Сваки ров дубљи од 1,5 m мора бити обезбеђен прибојима или косинама.

**Кохезивна земљишта** (глина, прашкаста глина, иловача) имају привремену стабилност, могу краткотрајно стајати без подграде. Запреминска тежина  $\gamma \approx 17\text{--}20 \text{ kN/m}^3$ , типично се рачуна са  $18\text{--}19 \text{ kN/m}^3$ .

**Некохезивна земљишта** (песак, шљунак, растресити насипи) су врло нестабилна, обрушавају се без упозорења. Прибоји се уводе већ од  $d = 0,8\text{--}1,0\text{ m}$ . Запреминска тежина ( $\gamma$ ) за песак износи  $17\text{--}19\text{ kN/m}^3$ , а за шљунак  $19\text{--}21\text{ kN/m}^3$ .

**Засићена земљишта / подземна вода** су најнеповољнији случај. Прибоји су увек обавезни, без обзира на дубину. Често се комбинују са дренажом и иглофилтерима. Ефективна запреминска тежина  $\gamma' \approx 9\text{--}11\text{ kN/m}^3$  (али бочни притисци су већи због воде).

Коначно:

Тип земљишта	Дубина рова	Прибоји
Кохезивно (глина)	$\leq 1,2\text{ m}$	нису нужни
Кохезивно (глина)	$> 1,2\text{--}1,5\text{ m}$	обавезни
Песак / шљунак	$\geq 0,8\text{--}1,0\text{ m}$	обавезни
Било које + вода	било која	обавезни

**Кохезија тла**  $c$  је повезаност честица тла. Појављује се код глиновитих тла (глина, иловача), док је код песковитих тла практично нула. Кохезија утиче на смањење активног и повећање пасивног притиска, јер "држи" тло на месту.

Ровови дубине 10 метара и више сер у пракси јављају релативно ретко и углавном су везани за велике инфраструктурне објекте, као што су главни канализациони колектори, дубоки шахтови, метро станице или сложени подземни инсталациони чворови у густо изграђеним урбаним срединама. Овакви ископи више представљају дубоке ископе у уском профилу, који захтевају посебан приступ пројектовању и извођењу.

За извођење овако дубоких ровова, уместо класичних дрвених прибоја користе се челичне талпе (шиповани ровови), дијафрагмски зидови или системи бушених шипова, често у комбинацији са једним или више нивоа челичних разупора или затегама (анкерима).

Класични прибоји, какви се користе код плитких ровова за инсталације, нису применљиви на дубинама од 10 метара и више. Са повећањем дубине нагло расте бочни притисак земљишта, па дрвена или лака подграда не може да преузме настала оптерећења без ризика од деформација или наглог лома. Поред тога, и најмање померање тла на таквим дубинама може довести до прогресивног обрушавања, што представља изузетно велику опасност за раднике и околне објекте. Због тога се овакви ископи третирају као специјални геотехнички радови, за које су обавезни детаљни прорачуни, контролисано извођење и стални надзор.

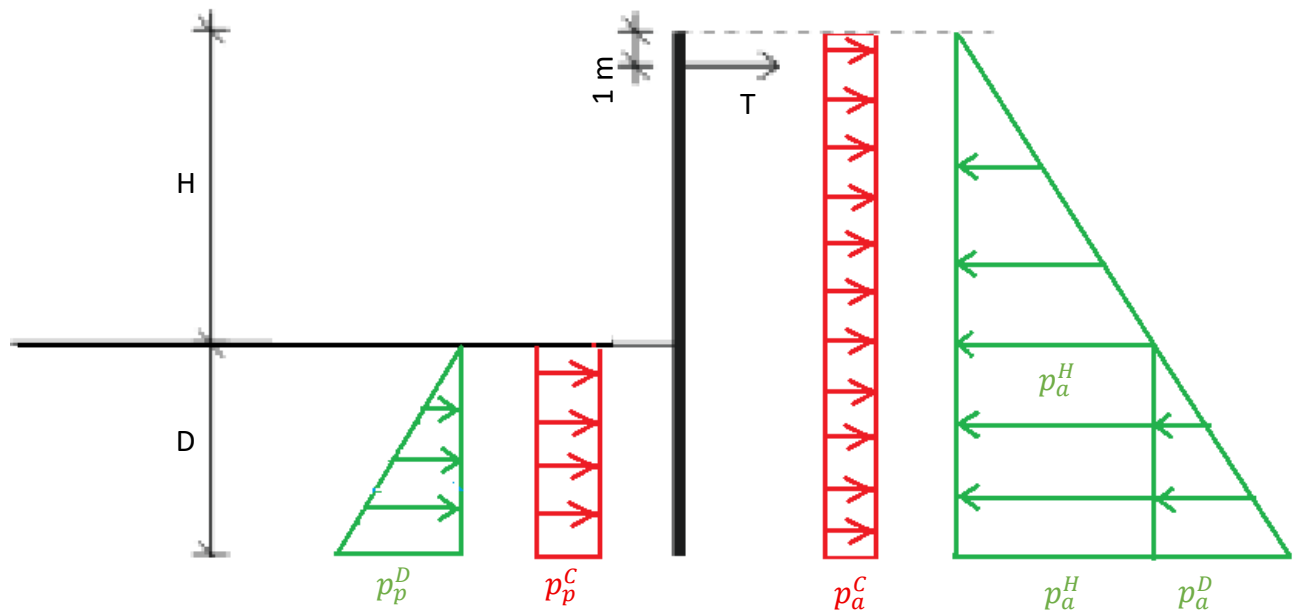
### Решење задатка:

$$k_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{24^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2 33^\circ = 0,422$$

$$k_p = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{24^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2 57^\circ = 2,371$$

$$\sqrt{k_a} = \sqrt{0,422} = 0,648$$

$$\sqrt{k_p} = \sqrt{1,371} = 1,535$$



- Анализа активних, пасивних и кохезионих сила**

$$p_p^D = \gamma_z \cdot D \cdot k_p = 24 \cdot D \cdot 2,371 = 56,908 \cdot D$$

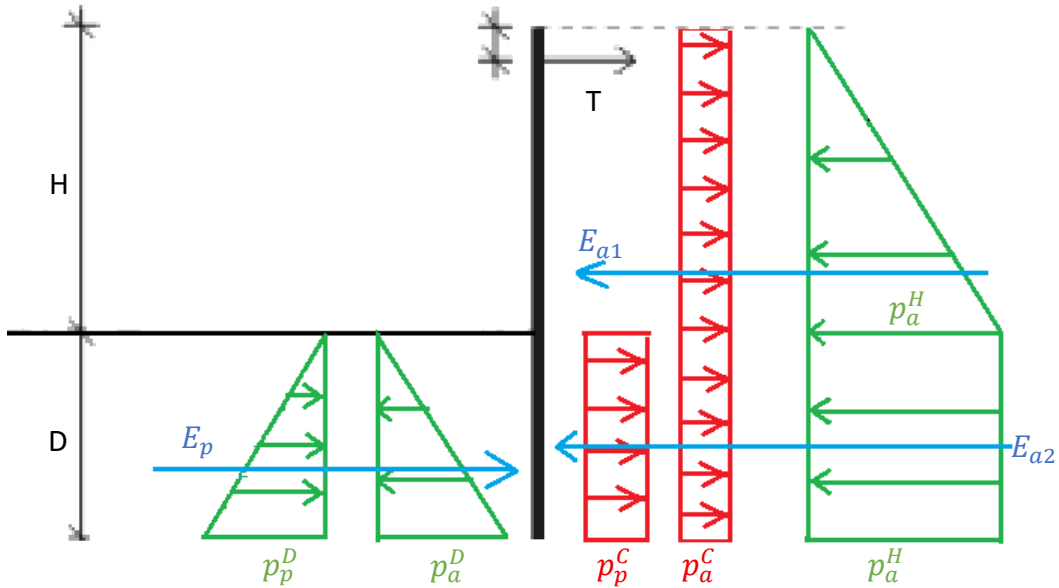
$$p_p^C = 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_p} = 2 \cdot 12 \cdot 1,535 = 36,957 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_a^C = 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} = 2 \cdot 12 \cdot 0,648 = 15,586 \frac{kN}{m^2}$$

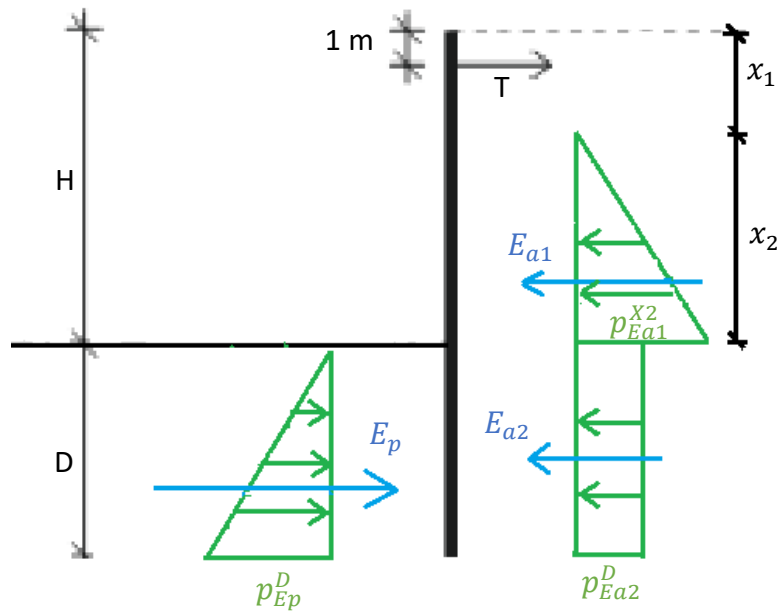
$$p_a^H = \gamma_z \cdot H \cdot k_a = 24 \cdot 10 \cdot 0,422 = 101,215 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_a^D = \gamma_z \cdot D \cdot k_a = 24 \cdot D \cdot 0,422 = 10,122 \cdot D$$

- **Сабирање сила**



Пребацивањем сила и сабирањем добијамо:



$$p_{Ep}^D = p_p^D - p_a^D = 56,908 \cdot D - 10,122 \cdot D = 46,787 \cdot D$$

$$p_{Ea2}^D = p_a^H - p_a^C - p_p^C = 101,215 - 15,586 - 36,957 = 48,673 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{Ea1}^{X2} = p_a^H - p_a^C = 101,215 - 15,586 = 85,629 \frac{kN}{m^2}$$

$$H: x_2 = p_a^H: p_{Ea1}^{X2}$$

$$x_2 = \frac{H \cdot p_{Ea1}^{x_2^2}}{p_a^H} = \frac{10 \cdot 85,629}{101,215} = 8,46 \text{ m}$$

$$x_1 = H - x_2 = 10 - 8,46 = 1,54 \text{ m}$$

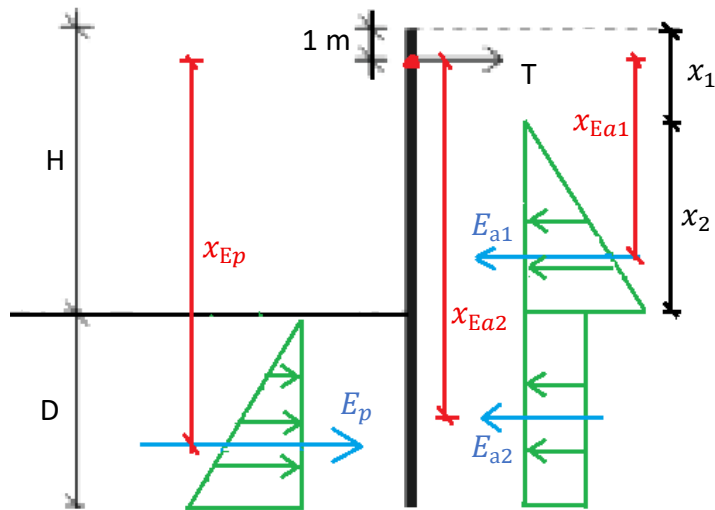
- Одређивање резултанти

$$E_p = \frac{p_{Ep}^D \cdot D}{2} = \frac{46,787 \cdot D \cdot D}{2} = 23,393 \cdot D^2$$

$$E_{a2} = p_{Ea2}^D \cdot D = 48,673 \cdot D$$

$$E_{a1} = \frac{p_{Ea1}^{x_2^2} \cdot x_2}{2} = \frac{85,629 \cdot 8,46}{2} = 362,218 \frac{kN}{m^2}$$

- Одређивање дубине забијања D



$F_s$  – фактор сигурности за анкер је количник резистивне силе и примарног оптерећења које анкер треба да спречи.

$$F_s = \frac{M_{Ep}}{M_{Ea1} + M_{Ea2}} = 2 \rightarrow M_{Ep} = 2 \cdot (M_{Ea1} + M_{Ea2})$$

$$x_{Ep} = H - 1 + \frac{2}{3} \cdot D = 10 - 1 + 0,667 \cdot D = 9 + 0,667 \cdot D$$

$$x_{Ea2} = H - 1 + \frac{1}{2} \cdot D = 10 - 1 + 0,5 \cdot D = 9 + 0,5 \cdot D$$

$$x_{Ea1} = H - 1 - \frac{1}{3} \cdot x_2 = 10 - 1 - \frac{1}{3} \cdot 8,46 = 6,18 \text{ m}$$

$$M_{Ep} = E_p \cdot x_{Ep} = 23,393 \cdot D^2 \cdot (9 + 0,667 \cdot D) = 210,541 \cdot D^2 + 15,596 \cdot D^3$$

$$\begin{aligned}
2 \cdot (M_{Ea1} + M_{Ea2}) &= 2 \cdot (E_{a1} \cdot x_{Ea1} + E_{a2} \cdot x_{Ea2}) = \\
&= 2 \cdot [362,218 \cdot 6,18 + 48,673 \cdot D \cdot (9 + 0,5 \cdot D)] \\
&= 2 \cdot (2238,49 + 438,054 \cdot D + 24,336 \cdot D) \\
&= 4476,99 + 876,109 \cdot D + 48,673 \cdot D^2
\end{aligned}$$

$$M_{Ep} = 2 \cdot (M_{Ea1} + M_{Ea2}) \rightarrow$$

$$\begin{aligned}
210,541 \cdot D^2 + 15,596 \cdot D^3 &= 4476,99 + 876,109 \cdot D + 48,673 \cdot D^2 \\
15,596 \cdot D^3 + 161,868 \cdot D^2 - 876,109 \cdot D - 4476,99 &= 0
\end{aligned}$$

Решавањем добијамо  $D = 6,2 \text{ m}$ .

- **Одређивање силе у анкерима Т**

$$\Sigma X = 0$$

$$E_p + T - E_{a1} - E_{a2} = 0 \rightarrow T = E_{a1} + E_{a2} - E_p$$

$$E_p = 23,393 \cdot D^2 = 23,393 \cdot 6,2^2 = 899,244 \frac{kN}{m^2}$$

$$E_{a2} = 48,673 \cdot D = 48,673 \cdot 6,2 = 301,771 \frac{kN}{m^2}$$

$$T = 362,218 + 301,771 - 899,244 = -235,255 \frac{kN}{m^2}$$

Негативан знак силе Т показује да су параметри тла повољни (велика кохезија или угао трења), па анкер није потребан.