

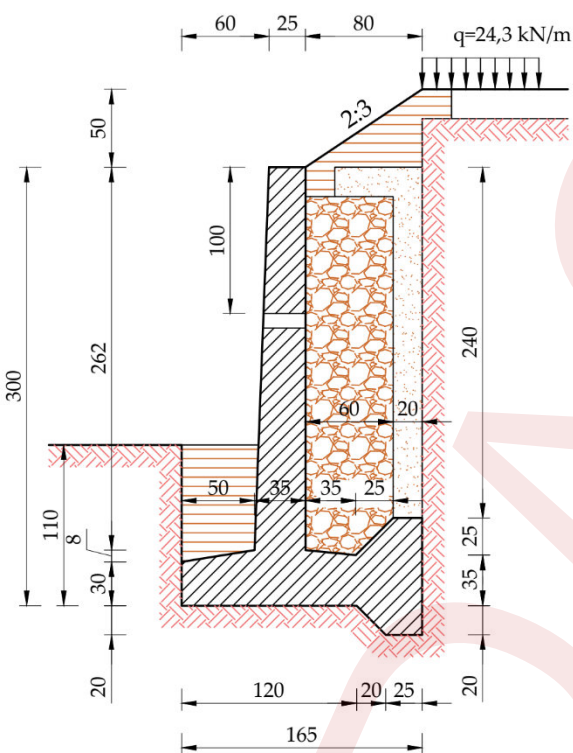
APLICAȚIA 4.1 – Proiectarea unui zid de sprijin de rambleu

Să se proiecteze un zid de sprijin de rambleu, din elemente prefabricate din beton armat cunoscând:

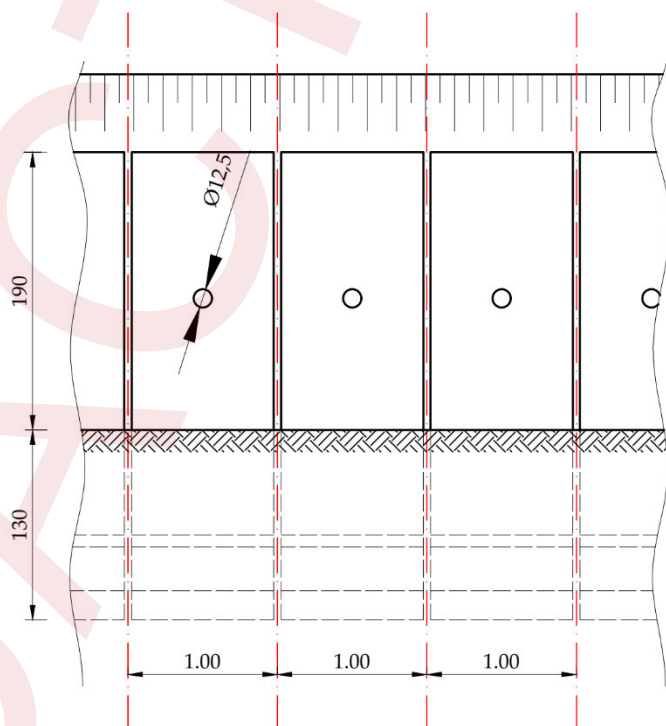
- înălțimea rambleului $h_r = 2,40 \text{ m}$;
- natura pământului din rambleu și terenul de fundare caracterizat prin: $\gamma = 18,2 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 31^\circ$, $\delta = 20^\circ$, $p_{acc} = 400 \text{ kPa}$
- platforma din spatele zidului poartă o suprasarcină $q = 23,4 \text{ kPa}$ corespunzătoare convoiului A30;
- nivelul posibil al infiltrațiilor se poate afla deasupra tălpii elementului prefabricat.

Se vor folosi elemente prefabricate în unghi, cu lungimea de 1m, conform figurii, având prevăzute în spatele lor umpluturi drenate în vederea evacuării apelor de infiltrație

SECȚIUNE TRANSVERSALĂ



ELEVAȚIE



Pasul 1. Evaluarea acțiunilor

Greutatea totală a zidului și a drenului

$$G_1 = 2,62 \cdot 0,25 \cdot 1,00 \cdot 24 = 15,72 \text{ kN/ml}$$

$$G_2 = 0,5 \cdot 0,10 \cdot 2,62 \cdot 1,00 \cdot 24 = 3,14 \text{ kN/ml}$$

$$G_3 = 0,5 \cdot 0,50 \cdot 0,08 \cdot 1,00 \cdot 24 = 0,48 \text{ kN/ml}$$

$$G_4 = 0,5 \cdot 0,80 \cdot 0,08 \cdot 1,00 \cdot 24 = 0,77 \text{ kN/ml}$$

$$G_5 = 0,08 \cdot 0,35 \cdot 1,00 \cdot 24 = 0,67 \text{ kN/ml}$$

$$G_6 = 1,65 \cdot 0,30 \cdot 1,00 \cdot 24 = 11,88 \text{ kN/ml}$$

$$G_7 = 2,24 \text{ kN/ml}$$

$$G_8 = 1,68 \text{ kN/ml}$$

$$G_9 = 36,61 \text{ kN/ml}$$

$$G_{10} = 0,2 \cdot 18 = 3,60 \text{ kN/ml}$$

$$G_{11} = 0,39 \cdot 18 = 7,02 \text{ kN/ml}$$

$$G = \sum_{i=1}^{11} G_i = 83,83 \text{ kN/ml}$$

□ Centrul de greutate

$$x_G = \frac{\sum_{i=1}^{11} G_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{11} G_i} = \frac{15,72 \cdot 0,725 + 3,14 \cdot 0,567 + 0,48 \cdot 0,333 + 0,77 \cdot 1,117 + 0,67 \cdot 0,673}{83,83} + \frac{11,88 \cdot 0,825 + 2,25 \cdot 1,48 + 1,68 \cdot 1,47 + 36,61 \cdot 1,24 + 3,60 \cdot 1,383 + 7,02 \cdot 0,25}{83,83}$$

$$x_G = 0,99 \text{ m}$$

□ Împingerea pământului pe paramentul ac

- coeficientul împingerii active (metoda Coulomb)

$$K_a = 0,286$$

- înălțimea echivalentă

$$h_{ech} = \frac{q + h_1 \cdot \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + \beta)}$$

$$h_{ech} = \frac{23,4 + 0,50 \cdot 18,20}{18,2} \cdot \frac{\sin 90^\circ}{\sin(90 + 0)} = 1,785 \text{ m}$$

- presiunea activă în punctul A

$$p_a^A = \gamma \cdot h_{ech} \cdot K_a \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \delta}$$

$$p_a^A = 18,2 \cdot 1,785 \cdot 0,286 \cdot \frac{\sin 90^\circ}{\cos 20^\circ} = 9,89 \text{ kPa}$$

- presiunea activă în punctul C

$$p_a^C = \gamma \cdot (h_{AC} + h_{ech}) \cdot K_a \cdot \left(\frac{\sin \theta}{\cos \delta} \right)$$

$$p_a^C = 18,2 \cdot (3,20 + 1,785) \cdot 0,286 \cdot \left(\frac{\sin 90^\circ}{\cos 20^\circ} \right) = 27,61 \text{ kPa}$$

- împingerea activă

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_a \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot h_{ech}}{h} \right)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 18,2 \cdot 3,20^2 \cdot 0,286 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 1,785}{3,20} \right) = 56,38 \text{ kN}$$

- poziția punctului de aplicație al împingerii active

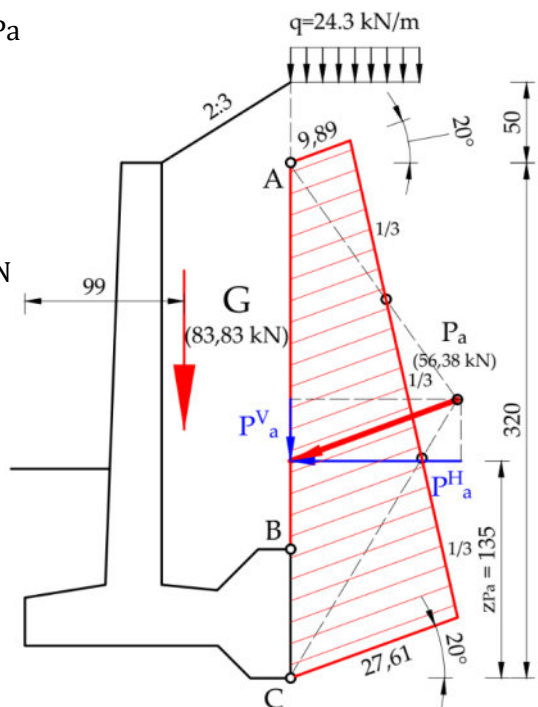
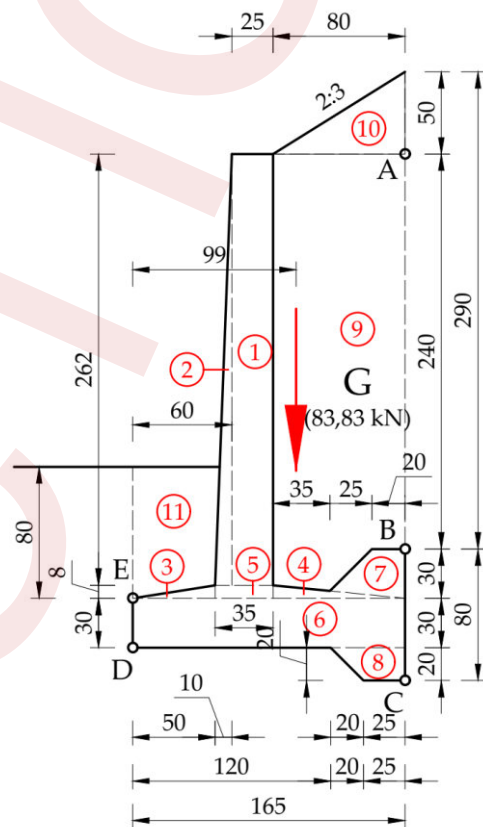
$$z_{Pa} = \frac{2 \cdot 9,89 + 27,61}{9,89 + 27,61} \cdot \frac{3,20}{3} = 1,35 \text{ m}$$

- componenta verticală a împingerii active

$$P_a^V = P_a \cdot \sin \delta = 56,38 \cdot \sin 20^\circ = 19,28 \text{ kN}$$

- componenta orizontală a împingerii active

$$P_a^H = P_a \cdot \cos \delta = 56,38 \cdot \cos 20^\circ = 52,98 \text{ kN}$$



Pasul 2. Verificarea geotehnică a zidului de sprijin
Verificarea la alunecare

- componenta normală pe talpa fundației

$$N = G + P_a^V = 83,83 + 19,28 = 103,11 \text{ kN};$$

- componenta paralelă la talpa fundației

$$T = P_a^H = 52,98 \text{ kN}$$

- factorul de siguranță la alunecare

$$(\text{FS})_L = \frac{N \cdot \tan\phi}{T} = \frac{103,11 \cdot \tan 31^\circ}{52,98} = 1,17 < (\text{FS})_{L,\text{adm}} = 1,3 \text{ (nu se verifică!)}$$

Având în vedere că verificarea nu este satisfăcută se consideră și împingerea pasivă a pământului din fața zidului cu un coeficient al împingerii pasive $K_p = 1!!!$

- presiunea pasivă în punctul D

$$p_p^D = \gamma \cdot h_{ED} \cdot K_p \cdot \frac{\sin\theta}{\cos\delta} = 18,2 \cdot 1,10 \cdot 1 \cdot \frac{\sin 90^\circ}{\cos 20^\circ} = 21,30 \text{ kPa/ml}$$

- împingerea pasivă

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_{ED}^2 \cdot K_p = \frac{1}{2} \cdot 18,20 \cdot 1,10^2 \cdot 1 = 11,01 \text{ kN/ml}$$

- poziția punctului de aplicație

$$z = \frac{1}{3} \cdot 1,10 = 0,36 \text{ m}$$

- componenta verticală a împingerii pasive

$$P_p^V = P_p \cdot \sin\delta = 11,01 \cdot \sin 20^\circ = 3,76 \text{ kN}$$

- componenta orizontală a împingerii pasive

$$P_p^H = P_p \cdot \cos\delta = 11,01 \cdot \cos 20^\circ = 10,34 \text{ kN}$$

- componenta normală pe talpa fundației, a rezultantei acțiunilor

$$N' = N - P_p^V = 103,11 - 3,76 = 99,35 \text{ kN/ml}$$

- componenta paralelă la talpa fundației, a rezultantei acțiunilor

$$T' = T - P_p^H = 52,98 - 10,34 = 42,59 \text{ kN/ml}$$

- factorul de siguranță la alunecare

$$(\text{FS})_L = \frac{N' \cdot \tan\phi}{T'} = \frac{99,35 \cdot \tan 31^\circ}{42,59} = 1,40 > (\text{FS})_{L,\text{adm}} = 1,3 \text{ (verificat!)}$$

Verificarea la răsturnare

- momentul forțelor stabilizatoare față de punctul D

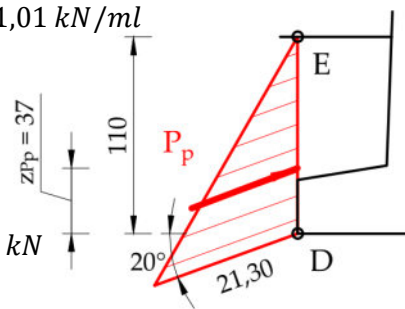
$$M_{stb} = 90,62 \cdot 0,99 + 19,28 \cdot 1,65 = 129,44 \text{ kNm}$$

- momentul forțelor destabilizatoare față de punctul D

$$M_{dst} = 52,98 \cdot (1,35 - 0,20) = 60,93 \text{ kNm}$$

- factorul de siguranță la răsturnare

$$(\text{FS})_R = \frac{129,44}{60,93} = 2,12 > (\text{FS})_{R,\text{adm}} = 1,50 \text{ (verificat!)}$$



Verificarea presiunilor pe talpă

- momentul tuturor forțelor față de punctul O

$$M_O = -83,83 \cdot (0,99 - 0,825) - 19,28 \cdot 0,825 + 52,98 \cdot (1,35 - 0,20)$$

$$M_O = 31,19 \text{ kNm}$$

- componenta normală pe talpa fundației

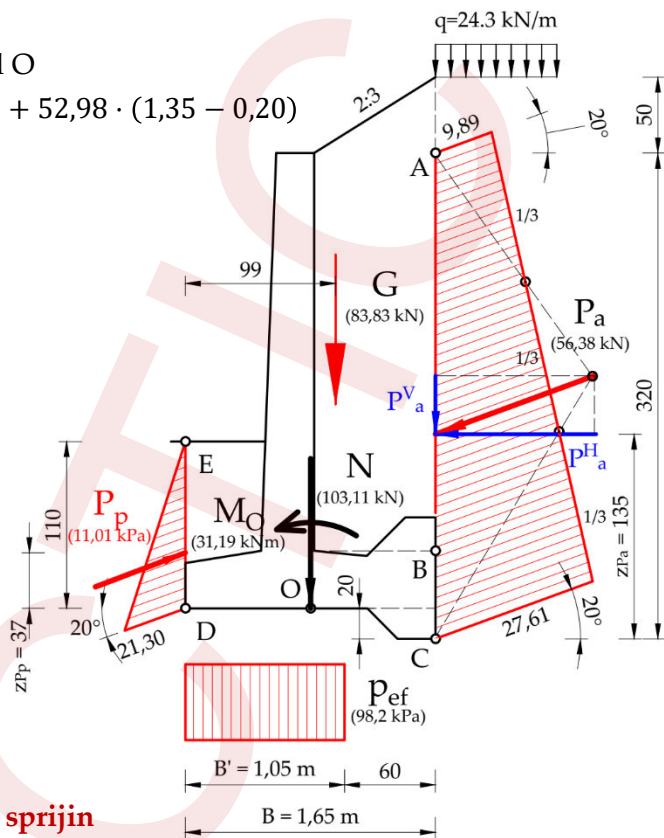
$$N = 103,11 \text{ kN}$$

- excentricitatea

$$e = \frac{M_O}{N} = \frac{31,19}{103,11} = 0,30 \text{ m}$$

- lățimea redusă

$$B' = B - 2 \cdot e = 1,65 - 2 \cdot 0,30 = 1,05 \text{ m}$$



Pasul 3. Verificarea structurală a zidului de sprijin

- Calculul zidului de front – se calculează ca o consolă verticală încastată în fundație, supusă la împingerea activă a pământului

- împingerea activă a pământului pe paramentul AB

$$p_a^B = \gamma \cdot (h_{ech} + h_{AB}) \cdot K_a \cdot \frac{\sin\theta}{\cos\delta} = 18,2 \cdot (1,785 + 2,62) \cdot 0,286 \cdot \frac{\sin 90}{\cos 20} = 24,40 \text{ kPa}$$

$$P_{a1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_{AB}^2 \cdot K_a \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot h_{ech}}{h_{AB}}\right) = \frac{1}{2} \cdot 18,2 \cdot 2,62^2 \cdot 0,286 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 1,785}{2,50}\right) = 43,37 \text{ kPa}$$

$$z_1 = \frac{2 \cdot 9,89 + 24,40}{9,89 + 24,40} \cdot \frac{2,62}{3} = 1,12 \text{ m}$$

$$P_{a1}^V = 43,37 \cdot \sin 20^\circ = 14,83 \text{ kN}, P_{a1}^H = 43,37 \cdot \cos 20^\circ = 40,75 \text{ kN}$$

- momentul încovoierii în secțiunea a-a

$$M_{a-a} = P_{a1}^H \cdot (z_1 + 0,12) - P_{a1}^V \cdot 0,925 = 36,81 \text{ kNm}$$

- aria de armătură (oțel PC 52 și beton C16/20)

$$\lambda_x = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{a-a}}{b \cdot d^2 \cdot R_b}}\right)$$

$$\lambda_x = 300 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 36,81 \cdot 10^6}{1000 \cdot 300^2 \cdot 12,5}}\right) = 9,98 \text{ mm}$$

$$A_a = \frac{b \cdot \lambda_x \cdot R_b}{R_a} = \frac{1000 \cdot 9,98 \cdot 12,5}{300} = 416 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow 6\phi 10/m; A_{a,ef} = 471 \text{ mm}^2$$

