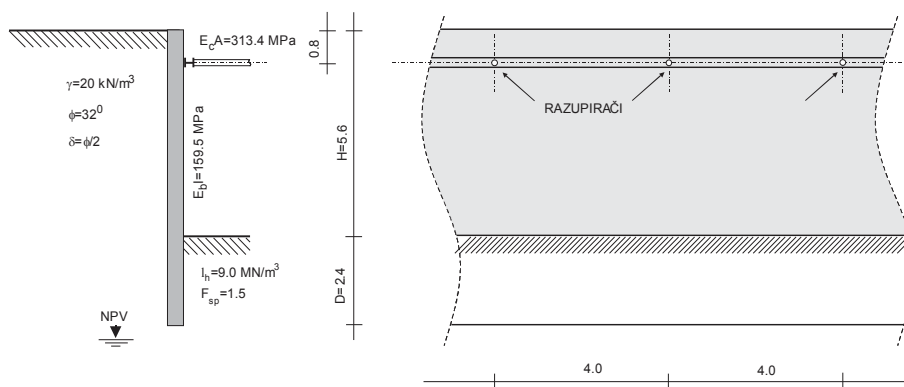


BROJNI PRIMER – 7

Armirano betonska dijafragma (Slika 8.5), debljine $d=0.45\text{ m}$ i dužine $L=8.0\text{ m}$, razuprta je na 0.8 m ispod površine terena, na svakih 4.0 m , čeličnim razupiračem dužine 5.0 m . Spoljni prečnik razupirača je $\varnothing 100\text{ mm}$ a debljina zida 5 mm .

Iskop se vrši do $H=1.60\text{ m}$, nakon čega se postavlja razupirač i nastavlja sa kopanjem do $H=5.60\text{ m}$. Tlo je zbijen pesak ($\phi' = 32^\circ$, $\gamma = 20.0\text{ kN/m}^3$, $I_h = 9.0\text{ MN/m}^3$). Ugao trenja između zida i tla je $\delta = \phi'/2$. Podzemna voda je na dubini od 9.0 m od površine terena.

Potrebno je izračunati i nacrtati pomeranje, transverzalnu silu, moment savijanja i reaktivni pritisak duž dijafragme. Pesak aproksimirati Vinkler-ovim modelom. Proračun izvršiti MKR podelom nosača na $n=10$ jednakih delova.



Slika 8.5 Presek i podužni izgled zaštitnog zida od AB dijafragme

Rešenje:

Aktivni pritisak tla na dijafragmu je određen prema *Coulomb*-u a pasivni pritisak prema *Sokolovski*-om. Pošto pritisci tla deluju na zid pod uglom trenja δ , u proračunu se koristi horizontalna komponenta. Preraspodela (redistribucija) aktivnog pritiska nije izvršena. Na osnovu tabele (vidi *Mehanika tla*), horizontalne komponente koeficijenta pritiska su:

$$\phi = 32.0^\circ, \delta = 16.0^\circ \Rightarrow K_{ah} = 0.307, \quad K_{ph,m} = K_{ph} / F_{sp} = 5.148 / 1.5 = 3.432$$

$$p_{a,max} = \gamma(H + D)K_{ah} = 20.0(5.6 + 2.4)0.307 = 49.17\text{ kPa}$$

$$H = 1.6\text{ m} \quad (5.6\text{ m}) \Rightarrow p_{pm,max} = \gamma D K_{ph,m} = 164.84\text{ kPa} \quad (439.30\text{ kPa})$$

Na osnovu proračuna prema metodi graničnog stanja tla (*ULS*), za aktivni i pasivni pritisak po *Rankine*-u i za faktor sigurnosti pasivnog otpora od $F_{sp}=1.5$, potrebna računaska dubina dijafragme ispod dna iskopa iznosi $D_0=2.4\text{ m}$.

Krutost razupirača K_c se može odrediti na osnovu poprečnog preseka, modula elastičnosti i dužine razupirača. Razupirači su na rastojanju $B_c = 4.0\text{ m}$.

Površinska krutost razupirača k_c zavisi od rastojanja čvornih tačaka c i rastojanja razupirača B_c . Pošto se proračun dijafragme vrši na širinu $B=1.0\text{m}$, u proračunu površinske krutosti, krutost razupirača sa $B_c = 4.0\text{m}$ treba svesti na $B=1.0\text{m}$.

$$K_c = \frac{E_c A}{L_c} = \frac{313.4}{5.0} = 62.68 \text{ MN/m}, \quad k_c = \frac{K_c}{c B_c} = \frac{62.68}{0.8 \cdot 4.0} = 19.58 \text{ MN/m}^3$$

Vektor aktivnog pritiska tla $\{p_a\}$ i horizontalni moduli reakcije tla $\{k_h\}$ za dubinu iskopa od $H=1.6\text{m}$ i $H=5.6\text{m}$, u funkciji dubine (mereno od površine terena), iznose:

$$\{p_a\} = \begin{Bmatrix} 0.00 \\ 4.92 \\ 9.83 \\ 14.75 \\ 19.67 \\ 24.58 \\ 29.50 \\ 34.42 \\ 39.33 \\ 44.25 \\ 49.168 \end{Bmatrix} \text{ kPa}, \quad \{k_h\}_{(1.6)} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1.13 \\ 2.25 \\ 3.38 \\ 4.50 \\ 5.63 \\ 6.75 \\ 7.88 \\ 9.00 \end{Bmatrix} \text{ kN/m}^3, \quad \{k_h\}_{(5.6)} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 19.58 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3.00 \\ 6.00 \\ 9.00 \end{Bmatrix} \text{ kN/m}^3$$

Elementi matrice krutosti zidnog nosača i tla i razupirača u (MN/m) iznose:

$$\begin{aligned} z < 0 &\Rightarrow K_{i,ii} = \frac{E_b I}{c^3} D_{ii} = 311.52 \cdot D_{ii} \\ z \geq 0 &\Rightarrow K_{i,ii} = \frac{E_b I}{c^3} \left(D_{ii} + \frac{B c^4}{E_b I} k_{h,ii} \right) = 311.52 \left(D_{ii} + \frac{k_{h,ii}}{389.40} \right) \\ i \neq j &\Rightarrow K_{i,ij} = 3.339 \cdot 10^6 D_{ij} \end{aligned}$$

Aktivni pritisak tla na konzolni deo zida (dubina $H=1.6\text{m}$) je uzet u obzir samo do dubine iskopa, i prikazan je radi praćenja uticaja u dijafragmu kroz fazu iskopa.

Na osnovu prethodnih izraza, pregledan ispis elemenata matrice krutosti, za podelu AB dijafragme na $n=10$ jednakih delova, za dubinu iskopa od $H=1.60$, glasi:

$$[K_t] = 311.52 \begin{bmatrix} 2 & -4 & 2 & & & & & & & & \\ -2 & 5 & -4 & & & & & & & & \\ 1 & -4 & 6 & -4 & & & & & & & \\ & 1 & -4 & 6.0029 & -4 & & & & & & \\ & & 1 & -4 & 6.0058 & -4 & & & & & \\ & & & 1 & -4 & 6.0087 & -4 & & & & \\ & & & & 1 & -4 & 6.0116 & -4 & & & \\ & & & & & 1 & -4 & 6.0144 & -4 & & \\ & & & & & & 1 & -4 & 6.0173 & -4 & \\ & & & & & & & 1 & -4 & 5.0202 & -2 \\ & & & & & & & & 2 & -4 & 2.0231 \end{bmatrix} \text{ MN/m}$$

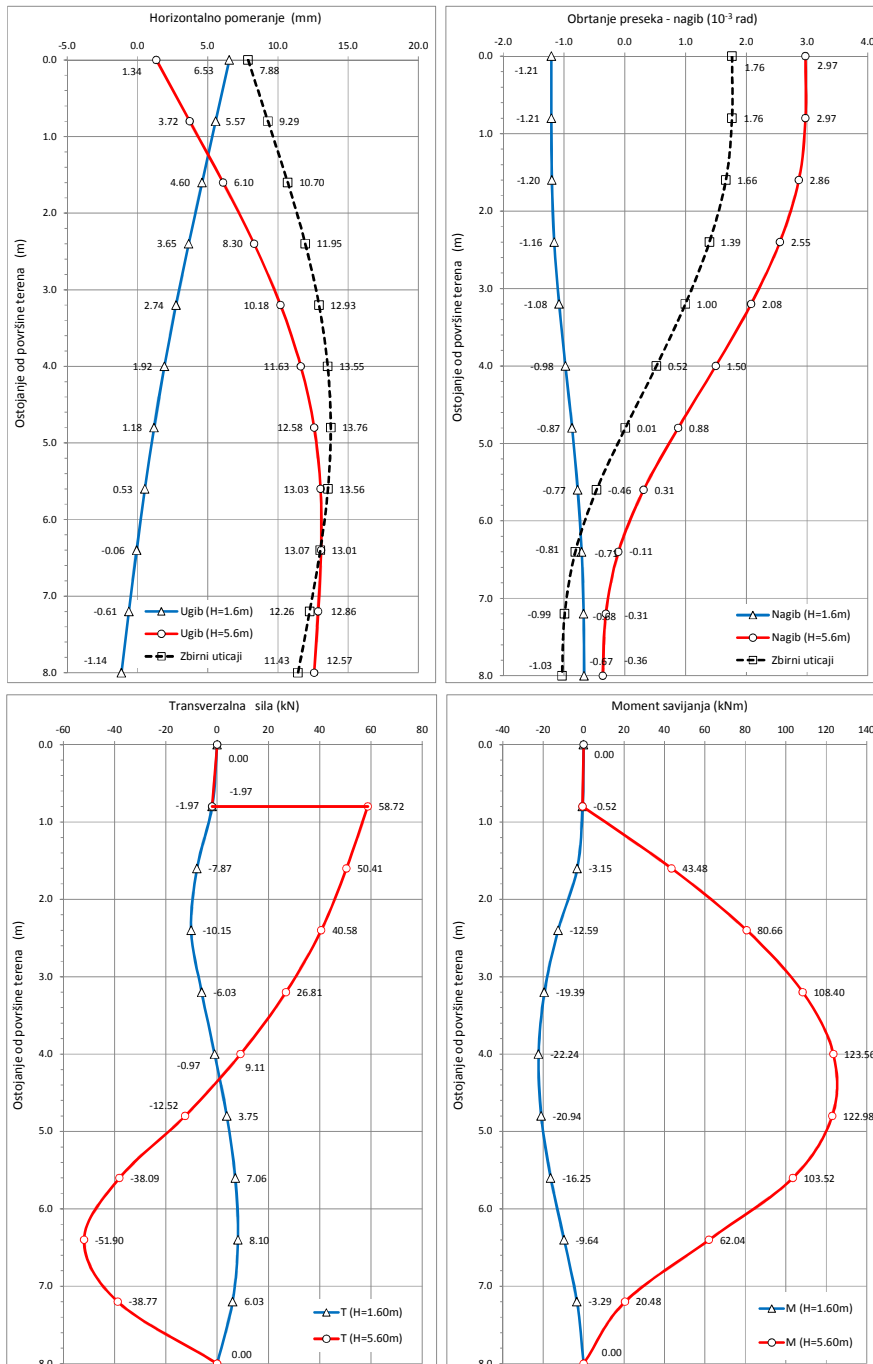
Elementi matrice krutosti, za uticaj razupirača i dubinu iskopa od $H=5.60\text{m}$, glase:

modela proračuna, ukupna pomeranja su zbir iz obe faze. Sila u razupiraču zavisi od razlike pomeranja Δ_{ur} odnosno pomeranja iz faze-II.

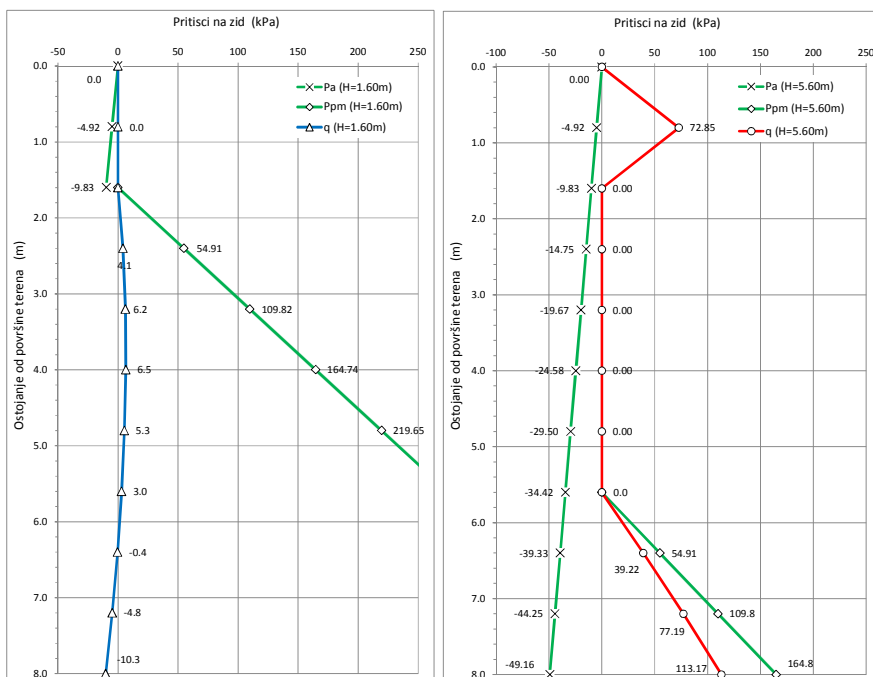
$$P_c = K_c \Delta u_r = K_c u_{rI} = 62.68 \cdot 3.77 \cdot 10^{-3} = 0.236 \text{ MN}$$

Alternativno, sila u razupiraču se može dobiti integracijom reaktivnog opterećenja u tački razupiranja. Površina integracije je proizvod čvornog rastojanja i rastojanja razupirača.

$$P_c = \frac{q_l^2 c}{2} B_c = 73.84 \cdot 10^{-3} \cdot 0.8 \cdot 4.0 = 0.236 \text{ MN}$$



Slika 8.6 Rezultati proračuna: Pomeranje, obrtanje i anvelope presečnih sila



Slika 8.7 Pritisci na dijafragmu: prema Vinkleru, aktivni i pasivni pritisak

Na osnovu Slike 8.6, kontakti napon pasivne zone za fazu-II je manje od mobilisanog pasivnog otpora p_{pm} . Računski faktor sigurnosti za pasivni otpor je:

$$\int_H^{H+D} q(z) dz = c \left(\frac{q_7}{2} + q_8 + q_9 + \frac{q_{10}}{2} \right) = 0.8 \cdot \left(\frac{0}{2} + 39.22 + 77.19 + \frac{113.17}{2} \right) = 138.40 \text{ kN}$$

$$E_{ph} = \frac{1}{2} K_{ph} \gamma D^2 = \frac{1}{2} 5.148 \cdot 20.0 \cdot 2.4^2 = 296.52 \text{ kN}$$

$${}_{rac} F_{sp} = \frac{E_{ph}}{\int_H^{H+D} q(z) dz} = \frac{296.6}{138.40} = 2.1 > 1.5$$

Kontrola proračuna preko jednačine ravnoteže horizontalnih sila:

$$E_{ah} - \int_0^{H+D} q(z) dz = \frac{1}{2} K_{ah} \gamma (H+D)^2 - c \left(\frac{q_0}{2} + \sum_2^9 q_i + \frac{q_{10}}{2} \right) = 196.67 - 196.67 = 0$$