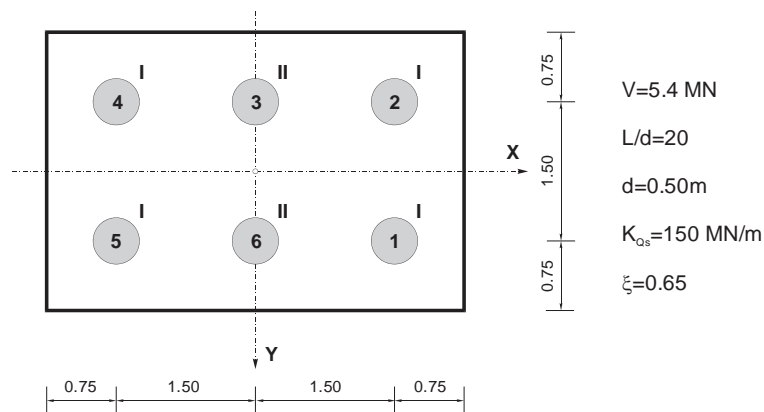


BROJNI PRIMER – 11

Data je armirano betonska, kruta naglavnica, prema slici, koja prenosi vertikalno i centrično opterećenje na grupu od 6 šipova. Potrebno je odrediti faktor sleganja grupe šipova R_s , sleganje pojedinačnog šipa usled prosečne sile u šipovima $w(Q_{sr})$, sleganje naglavnice w_g , i sile u šipovima Q .

Proračun izvršiti a) matricno pomoću programa *EXCEL* i b) uprošćeno koristeći 2-osnu simetriju osnove šipova. Izračunati i prikazati grafički faktor grupe šipova R_s u funkciji relativnog rastojanja $s/d=0.5, 1, 2, 3, 5$ i 10, faktora difrakcije šipa $\xi=0.65$ i 0.30, i dati komentar. Potrebni podaci za proračun, dati su na priloženom crtežu.



Slika 11.2 Grupa šipova zglobno povezana krutom naglavnicom

Rešenje:

a) Za matricni proračun grupe od n šipova, prvo treba odrediti matricu rastojanja $[s]$ pomoću kordinata šipova $\{x\}, \{y\}$, a zatim matricu faktora interakcije $[\alpha]$.

Prema slici 11.2, koordinate glava šipova $\{x\}$ i $\{y\}$ i matrica rastojanja šipova $[s]$ su :

$$\{x\} = \begin{Bmatrix} 1.5 \\ 1.5 \\ 0 \\ -1.5 \\ -1.5 \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad \{y\} = \begin{Bmatrix} 0.75 \\ -0.75 \\ -0.75 \\ -0.75 \\ 0.75 \\ 0.75 \end{Bmatrix}, \quad [s] = \begin{bmatrix} 0.250 & 1.500 & 2.121 & 3.354 & 3.000 & 1.500 \\ & 0.250 & 1.500 & 3.000 & 3.354 & 2.121 \\ & & 0.250 & 1.500 & 2.121 & 1.500 \\ & & & 0.250 & 1.500 & 2.121 \\ & & & & 0.250 & 1.500 \\ & & & & & 0.250 \end{bmatrix}$$

Matrica rastojanja šipova $[s]$ i matrica faktora interakcije $[\alpha]$ su simetrične matrice.

Za faktor difrakcije šipa $\xi=0.65$ i $r_m=25d$, elementi matrice $[\alpha]$ glase:

$$[\alpha] = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.352 & 0.295 & 0.219 & 0.237 & 0.352 \\ & 1.000 & 0.352 & 0.237 & 0.219 & 0.295 \\ & & 1.000 & 0.625 & 0.295 & 0.352 \\ & & & 1.000 & 0.352 & 0.295 \\ & & & & 1.000 & 0.352 \\ & & & & & 1.000 \end{bmatrix}$$

Inverzna matrica faktora interakcije $[\alpha]^{-1}$ je simetrična, sa sledećim članovima:

$$[\beta] = [\alpha]^{-1} = \begin{bmatrix} 1.268 & -0.289 & -0.133 & -0.052 & -0.085 & -0.269 \\ & 1.268 & -0.269 & -0.085 & -0.052 & -0.133 \\ & & 1.268 & -0.269 & -0.133 & -0.222 \\ & & & 1.268 & -0.289 & -0.133 \\ & & & & 1.268 & -0.269 \\ & & & & & 1.268 \end{bmatrix}$$

Faktor sleganja grupe šipova R_s i sleganje šipa usled prosečne sile u šipovima iznose:

$$R_s = \frac{n}{\sum_i \sum_j \beta_{ij}} = \frac{6}{2.394} = 2.506 \quad w(Q_{sr}) = \frac{V/n}{K_{Qs}} = \frac{5.4/6}{150.0} = 6.0 \cdot 10^{-3} m$$

Sleganje grupe šipova w_g i sile u šipovima $\{Q\}$ u MN iznose:

$$w_g = R_s w(Q_{sr}) = 2.506 \cdot 6.0 \cdot 10^{-3} = 15.04 \cdot 10^{-3} m, \quad \{Q\} = R_s V/n [\alpha]^{-1} \{I\}$$

$$\{Q\} = \frac{2.506 \cdot 5.4}{6} \begin{bmatrix} 1.268 & -0.289 & -0.133 & -0.052 & -0.085 & -0.269 \\ & 1.268 & -0.269 & -0.085 & -0.052 & -0.133 \\ & & 1.268 & -0.269 & -0.133 & -0.222 \\ & & & 1.268 & -0.289 & -0.133 \\ & & & & 1.268 & -0.269 \\ & & & & & 1.268 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.989 \\ 0.989 \\ 0.721 \\ 0.989 \\ 0.989 \\ 0.721 \end{Bmatrix}$$

Kontrola uslova ravnoteže sila u vertikalnom pravcu:

$$\sum_i Q_i = 4 \cdot 0.989 + 2 \cdot 0.721 = 5.400 MN = V$$

b) Za ručni proračun, mogu se izdvojiti dve podgrupe šipova u kojima su iste sila (na crtežu su podgrupe označene sa I i II). Sleganje obe podgrupe je isto. Iz podgrupe I, bira se, npr. šip 1, čije je sleganje w_1 a u podgrupi II, šip 3, čije je sleganje w_3 .

$$w_1 = w_3 \quad w_1 = Q_I / K_{Qs} (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{14} + \alpha_{15}) + Q_{II} / K_{Qs} (\alpha_{13} + \alpha_{16})$$

$$w_3 = Q_I / K_{Qs} (\alpha_{31} + \alpha_{32} + \alpha_{34} + \alpha_{35}) + Q_{II} / K_{Qs} (\alpha_{33} + \alpha_{36})$$

$$Q_I (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{14} + \alpha_{15} - \alpha_{31} - \alpha_{32} - \alpha_{34} - \alpha_{35}) + Q_{II} (\alpha_{13} + \alpha_{16} - \alpha_{33} - \alpha_{36}) = 0$$

Nakon smene faktora interakcije α , dobija se uslovna jednačina :

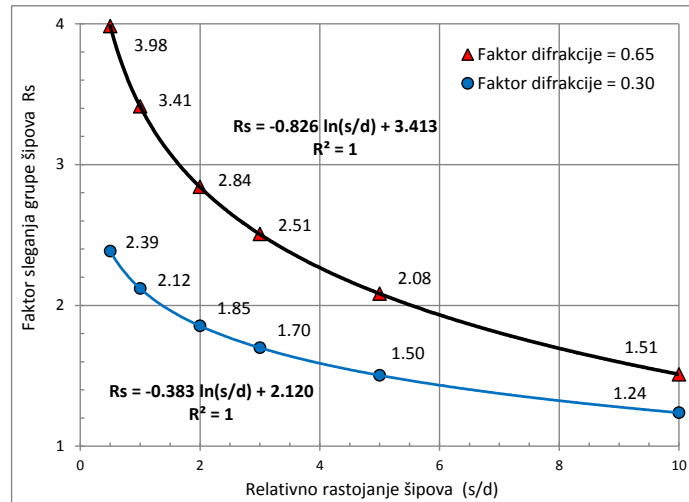
$$0.514Q_I - 0.705Q_{II} = 0$$

Na osnovu uslova ravnoteže sila u vertikalnom pravcu, dobija se:

$$4Q_I + 2Q_{II} = V \Rightarrow 4Q_I + 2Q_{II} = 5.40$$

$$\text{Rešenje jednačine:} \quad Q_I = 0.989 MN, \quad Q_{II} = 0.721 MN$$

Rezultati proračuna faktora sleganja grupe šipova R_s u funkciji relativnog rastojanja šipova s/d i faktora difrakcije ξ , prikazani su na donjoj slici.



Slika 11.3 Faktor sleganja grupe u funkciji relativnog rastojanja i faktora difrakcije šipova

Sa povećanjem rastojanja, opada međusobni uticaj šipova i faktor sleganja grupe. Za $s/d \geq 25$, faktor sleganja grupe je $R_s=1$ a sile u šipovima su iste i iznose $5.4/6=0.9MN$. Manji faktor difrakcije šipa ζ , znači veći udeo nosivosti baze a manji omotača. Faktor difrakcije $\zeta=0.65$, odgovara šipu koji pretežno nosi omotačem, a $\zeta=0.30$ šipu koji pretežno nosi bazom.

Faktor sleganja grupe šipova, veći je kod lebdećih nego stojećih šipova (slika 11.1).