

Kazı Destek Yapısı için Ankraj Tasarım Raporu

İbrahim Bozkurt

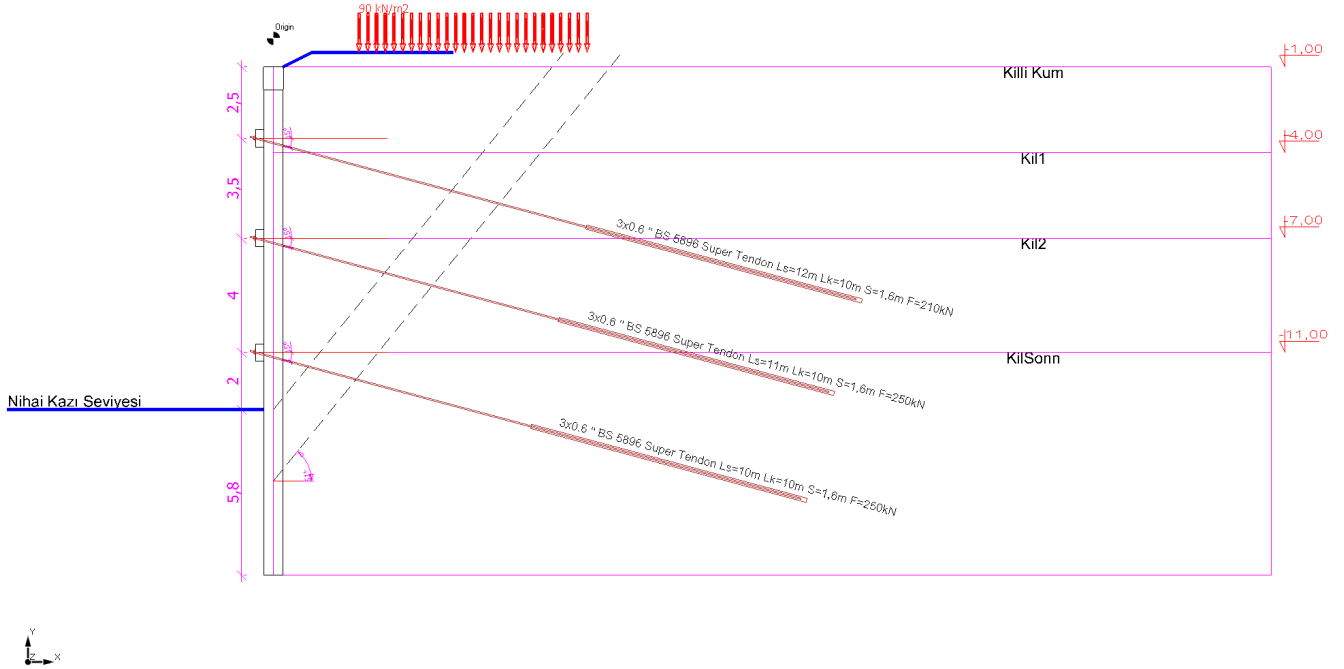
18.01.2022

İçindekiler

1	Konu	1
2	Nihai Limit Durum	2
3	Ankrajlı Sistemler	2
3.1	Ankrajın Zeminden Sıyırılma direnci	2
3.2	Tendon Çekme Dayanımı	3
3.3	Tendon/Enjeksiyon Aderansı	4
4	Ankraj İç Stabilitesi	5
5	Ankraj1 [Kot=-3,5m]	6
6	Ankraj2 [Kot=-7m]	10
7	Ankraj3 [Kot=-11m]	13

1 Konu

Ankraj tasarım hesapları yapılmaktadır.”Kazı Destek Yapıları ve Uygulama Esasları” yönetmeliği çerçevesinde zemin ve yapısal elemanlarda göçme ve şekil değiştirme kontrollerine yönelik ULS hesaplarında, Eurocode7 tarafından tanımlanan tasarım yaklaşımı 2 (TY2) kullanılmaktadır. TY2’ye göre yapılan hesaplarda: etkiler veya tesirler kısmi faktörler ile arttırılırken zemine ait malzeme özellikleri değiştirilmez ancak dirençler azaltılır. Hesapların yapıldığı inşaat aşaması: Nihai Kazı



Şekil 1: Kazı destek yapısının kesiti

2 Nihai Limit Durum

Kalıcı ve geçici durumlarda yapısal ve zemin limit durumları için direncin doğrulanması,

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

E : Etki nedeniyle oluşan tesir,

E_d : Tasarım tesir değeri,

R : Direnç,

R_d : Tasarım direnç değeri,

$$E_d = \gamma_A E \{F_{rep}; X_k / \gamma_M; a_d\} \quad (2)$$

γ_A : Etkiler için kısmi katsayı,

F_{rep} : Etkilerin temsili değerleri,

X_k : Geoteknik parametrelerin karakteristik değerleri,

γ_M : Zemin parametreleri için kısmi katsayı,

a_d : Geometrik verilerin tasarım değerleri,

3 Ankrajlı Sistemler

Ankrajlı sistemlerde enjeksiyon gövdesi/zemin arayüzü sıyrılma yenilmesi, halat/enjeksiyon gövdesi arayüzü sıyrılma yenilmesi ve halat çekme yenilmesi kontrolleri yapılır.

3.1 Ankrajın Zeminden Sıyrılma direnci

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi,

$$T_f = \pi \cdot D \cdot L_{tb} \cdot \tau_f \quad (3)$$

Ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi,

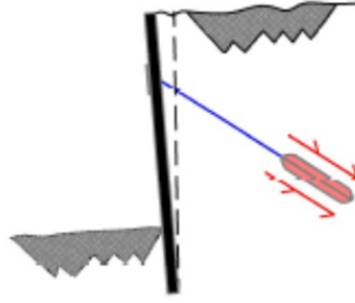
$$T_k = \frac{T_f}{\xi} \quad (4)$$

D : Kök bölgesi etkin çap değeri,

L_{tb} : Halat kök boyu,

τ_f : Ankraj kökü nihai çeper sürtünmesi

ξ : Karakteristik çeper sürtünmesi için güvenlik sayısı



Şekil 2: Enjeksiyon gövdesi/zemin arayüzeyi sıyrılmaya yenilmesi

Nihai çeper sürtünmesi toplam gerilmeler ile,

$$\tau_f = \alpha_a \cdot S_u \quad (5)$$

α_a : Adezyon faktörü,

S_u : Drenajsız kayma direnci

Nihai çeper sürtünmesi efektif gerilmeler ile,

$$\tau_f = K_1 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi' \quad (6)$$

K_1 : Basıncısız enjeksiyon yöntemi ile imal edilen ankrajlar için zemin basıncı katsayısı,

σ'_v : Düşey efektif gerilme,

ϕ' : Kayma direnci açısı

Nihai çeper sürtünmesi ampirik veri ile,

$$\tau_f \rightarrow \text{ampirik/tablolara} \quad (7)$$

Nihai çeper sürtünmesi karakteristik geoteknik parametrelerle belirlenirse $\xi = 1$ alınır. Nihai çeper sürtünmesi τ_f ankraj testleri ile de belirlenir.

3.2 Tendon Çekme Dayanımı

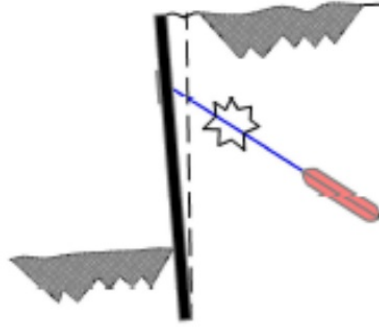
Ankraj çekme dayanımı,

$$R_t = n \cdot F_u \quad (8)$$

n : Tendon sayısı,

F_u : Bir tendonun çekmede yenilme kuvveti

$$F_u = A_1 \cdot f_u \quad (9)$$



Şekil 3: Ankraj çekme yenilmesi

f_u : Tendonun nominal çekme dayanımı,

A_1 : Bir tendonun nominal kesit alanı

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (10)$$

d_1 : Bir tendonun nominal çapı

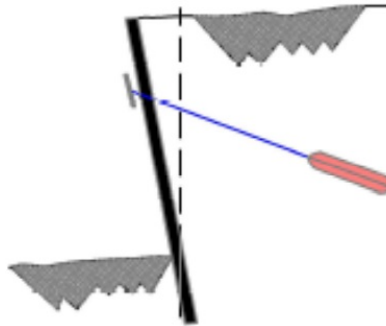
3.3 Tendon/Enjeksiyon Aderansı

Ankrajın enjeksiyondan sıyrılma direnci,

$$R_c = \pi \cdot d_s \cdot L_{tb} \cdot \tau_c \quad (11)$$

τ_c : Tendon/enjeksiyon aderansı,

d_s : Ankraj çubuğunun çapı



Şekil 4: Halat/enjeksiyon gövdesi arayüzü sıyrılma yenilmesi

Tendon/enjeksiyon aderansı TS500 ile,

$$C_1 = \frac{1}{4 \cdot C_0} \quad (12)$$

$$f_{ctd} = 0.35 \cdot \sqrt{f_c} \quad (13)$$

$$\tau_c = C_1 \cdot f_{ctd} \quad (14)$$

f_c : Enjeksiyon basınç dayanımı,

f_{ctd} : Enjeksiyon çekme dayanımı,

C_0 : Deneysel katsayı,

C_1 : Enjeksiyon çekme gerilmesine uygulanan katsayı,

Tendon/enjeksiyon aderansı ACI ile,

$$\tau_c = 3,3\sqrt{f_c} \rightarrow \tau_c \leq 689kPa \quad (15)$$

4 Ankraj İç Stabilitesi

Ankrajlı kazı destek sistemlerinin iç stabilitesi tüm imalat aşamalarında belirecek blokların analizleri ile yapılır. Bir inşaat aşamasındaki tüm aktif ankrajlar için blok analizi yapılır.

Doğrulan bir ankrajın blok analizine ilgili inşaat aşamasındaki diğer ankrajların kuvvetleri, bloğu etkilerse dahil edilir.

Blok teorik duvar alt noktasını(A) ankraj kök ortası(B) ile birleştirip, bu noktadan arazi yüzeyine dik çıkılarak belirlenir (Şekil 5).

E_a : A-D noktaları arasındaki aktif itki [F/L],

E_{ai} : BC doğrusuna etki eden aktif itki [F/L],

W_i : ABCD bloğunun ağırlığı [F/L],

C_i : AB kayma yüzeyinde kohezyondan doğan direnç kuvveti [F/L],

$F_{j,k}$: Doğrulan ankraj dışındaki blok analizine dahil edilen ankraj kuvvetleri[F/L],

Q_i : AB kayma yüzeyi üzerindeki reaksiyon kuvveti,

F_i : Doğrulan ankrajın izin verilebilir maksimum kuvveti [F/L],

Denge probleminin çözümü bloktaki düşey ve yatay denge denklemleri yazılarak yapılır.

Çözüm sonunda doğrulan ankrajın izin verilebilir maksimum değeri olan F_i belirlenir.

Denge denklemleri,

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha_i & \cos(90 + \phi_i - \theta_i) \\ \sin \alpha_i & \sin(90 + \phi_i - \theta_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \times \cos \delta + C_i \times \cos \theta_i - E_{ai} \times \cos \delta_i - \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \cos \alpha_{j,k..} \\ W_i + E_{ai} \times \sin \delta_i - C_i \times \sin \theta_i - E_a \times \sin \delta - \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \sin \alpha_{j,k..} \end{bmatrix} \quad (16)$$

δ : AD doğrusu boyunca ortalama duvar/zemin sürtünme açısı

$$L_{tbi} = 1,52m \quad S_u = 100kN/m^2 \quad \sigma'_{vi} = 142,05kN/m^2$$

$$\psi = \frac{S_u}{\sigma'_v} = \frac{100}{142,05} = 0,7$$

Adezyon faktörü,

$$\psi \leq 1 \rightarrow \alpha_a = 0,5 \cdot \psi^{-0,50} = 0,5 \times 0,7^{-0,50} = 0,6$$

Denklem (5) ile nihai çeper sürtünmesi τ_{fi} ,

$$\tau_{fi} = 0,6 \times 100 = 60kN/m^2$$

Denklem (3) ile etkin tabaka için ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_{fi} ,

$$T_{fi} = \pi \times 0,15 \times 1,52 \times 60 = 42,98kN$$

Etkileşen 2.zemin tabakası: Kil2 [Drenajlı]

$$L_{tbi} = 8,48m \quad K_1 = 1,2 \quad \sigma'_{vi} = 147,42kN/m^2 \quad \phi_i = 28^\circ$$

Denklem (6) ile nihai çeper sürtünmesi τ_{fi} ,

$$\tau_{fi} = 1,2 \times 147,42 \times \tan 28 = 94,06kN/m^2$$

Denklem (3) ile etkin tabaka için ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_{fi} ,

$$T_{fi} = \pi \times 0,15 \times 8,48 \times 94,06 = 375,89kN$$

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_f ,

$$T_f = \sum_1^2 T_{fi} = 418,87kN$$

Denklem (4) ile ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi T_k ,

$$T_k = \frac{418,87}{1} = 418,87kN$$

Ankraj Tesiri $F = 211,25kN$

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,4$

Ankraj tasarım tesiri,

$$E_{a;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 211,25 = 285,19kN$$

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{a;d} = \frac{T_k}{\gamma_R} = \frac{418,87}{1,4} = 299,19kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_a = \frac{T_f}{F} = \frac{418,87}{211,25} = 1,98$$

$E_{a;d} = 285,19kN \leq R_{a;d} = 299,19kN \rightarrow$ ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli.

Tendon çekme yenilmesi

$n = 3$ $d_1 = 15,7mm$ $f_u = 1770MPa$

Denklem (10) ile bir tendonun nominal kesit alanı,

$$A_1 = \frac{\pi \times 15,7^2}{4} = 150mm^2$$

Denklem (9) ile bir tendonun çekmede yenilme kuvveti,

$$F_u = 0,00015 \times 1770 = 0,2655MN = 265,5kN$$

Denklem (8) ile ankraj çekme dayanımı

$$R_t = 3 \times 265,5 = 796,5kN$$

Ankraj tasarım çekme dayanımı,

$$R_{t;d} = \frac{R_t}{\gamma_R} = \frac{796,5}{1,4} = 568,93kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_t = \frac{R_t}{F} = \frac{796,5}{211,25} = 3,77$$

$E_{a;d} = 285,19kN \leq R_{t;d} = 568,93kN \rightarrow$ ankraj çekme dayanımı yeterli.

Tendon/enjeksiyon aderansı

$d_s = 47,1mm$

Nervürlü çubuklar için $C_0 = 0,24$ Denklem (12) ile katsayı,

$$C_1 = \frac{1}{4 \times 0,24} = 1,04$$

Denklem (13) ile beton çekme dayanımı,

$$f_{ctd} = 0.35 \times \sqrt{10000} = 1106,8kN/m^2$$

Denklem (14) ile tendon/enjeksiyon aderansı,

$$\tau_c = 1,04 \times 1106,8 = 1151,07kN/m^2$$

Denklem (11) ile tendon/enjeksiyon sıyrılma direnci,

$$R_c = \pi \times 0,0471 \times 10 \times 1151,07 = 1703,23kN$$

Tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{c;d} = \frac{R_c}{\gamma_R} = \frac{1703,23}{1,4} = 1216,59kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_c = \frac{R_t}{F} = \frac{1703,23}{211,25} = 8,06$$

$E_{a;d} = 285,19kN \leq R_{c;d} = 1216,59kN \rightarrow$ tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci yeterli.

Ankraj iç stabilitesi

Şekil 5'deki A noktasının kazı kotundan derinliği $H_o = 4,07m$

$$E_a = 419,53kN/m$$

$$\delta = 15^\circ$$

$$W_i = 5054,62kN/m$$

$$\theta_i = 29,19^\circ$$

$$E_{ai} = 183,71kN/m$$

$$\delta_i = 15^\circ$$

$$C_i = 1570,81kN/m$$

$$\phi_i = 9,46^\circ$$

$$\alpha_i = 15^\circ$$

Blok analizine dahil edilen diğer ankrajlar: yok

Diğer ankraj kuvvetlerinin yatay bileşen toplamı $\sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \cos \alpha_{j,k..} = 0$

Diğer ankraj kuvvetlerinin düşey bileşen toplamı $\sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \sin \alpha_{j,k..} = 0$

Denklem (16) kullanılarak,

$$\begin{bmatrix} \cos 15 & \cos(90 + 9,46 - 29,19) \\ \sin 15 & \sin(90 + 9,46 - 29,19) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 419,53 \times \cos 15 + 1570,81 \times \cos 29,19 - 183,71 \times \cos 15 - 0 \\ 5054,62 + 183,71 \times \sin 15 - 1570,81 \times \sin 29,19 - 419,53 \times \sin 15 - 0 \end{bmatrix}$$

$Q_i = 4465,1kN/m$ ve $F_i = 94,68kN/m$ elde edilir.

Birim uzunluğa etkileyen ankraj tesiri $F = 132,03kN/m$

İç stabilite için güvenlik sayısı $GS = \frac{F_i}{F} = \frac{94,68}{132,03} = 0,72$

Ankraj izin verilebilir tasarım kuvveti,

$$R_{s;d} = \frac{F_i}{\gamma_R} = \frac{94,68}{1,4} = 67,63kN/m$$

Birim uzunluğa etkiyen tasarım tesiri,

$$E_{s;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 132,03 = 178,24kN/m$$

$E_{s;d} = 178,24kN/m > R_{s;d} = 67,63kN/m \rightarrow$ doğrulanan ankrajın iç stabilitesi yetersiz

6 Ankraj2 [Kot=-7m]

Ankraj tipi: Çelik halatlı öngermeli ankraj

$$D = 150mm \quad L_{tb} = 10m$$

Enjeksiyon gövdesi/zemin arayüzü sıyrılma yenilmesi

Etkileşen 1.zemin tabakası: Kil2 [Drenajlı]

$$L_{tbi} = 4,45m \quad K_1 = 1,2 \quad \sigma'_{vi} = 210,75kN/m^2 \quad \phi_i = 28^\circ$$

Denklem (6) ile nihai çeper sürtünmesi τ_{fi} ,

$$\tau_{fi} = 1,2 \times 210,75 \times \tan 28 = 134,47kN/m^2$$

Denklem (3) ile etkin tabaka için ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_{fi} ,

$$T_{fi} = \pi \times 0,15 \times 4,45 \times 134,47 = 281,98kN$$

Etkileşen 2.zemin tabakası: KilSonn [Drenajsız]

$$L_{tbi} = 5,55m \quad S_u = 120kN/m^2 \quad \sigma'_{vi} = 222,11kN/m^2$$

$$\psi = \frac{S_u}{\sigma'_v} = \frac{120}{222,11} = 0,54$$

Adezyon faktörü,

$$\psi \leq 1 \rightarrow \alpha_a = 0,5 \cdot \psi^{-0,50} = 0,5 \times 0,54^{-0,50} = 0,68$$

Denklem (5) ile nihai çeper sürtünmesi τ_{fi} ,

$$\tau_{fi} = 0,68 \times 120 = 81,6kN/m^2$$

Denklem (3) ile etkin tabaka için ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_{fi} ,

$$T_{fi} = \pi \times 0,15 \times 5,55 \times 81,6 = 213,41kN$$

Ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_f ,

$$T_f = \sum_1^2 T_{fi} = 495,39kN$$

Denklem (4) ile ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi T_k ,

$$T_k = \frac{495,39}{1} = 495,4kN$$

Ankraj Tesiri $F = 256,26kN$

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,4$

Ankraj tasarım tesiri,

$$E_{a;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 256,26 = 345,95kN$$

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{a;d} = \frac{T_k}{\gamma_R} = \frac{495,4}{1,4} = 353,86kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_a = \frac{T_f}{F} = \frac{495,39}{256,26} = 1,93$$

$E_{a;d} = 345,95kN \leq R_{a;d} = 353,86kN \rightarrow$ ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yeterli.

Tendon çekme yenilmesi

$n = 3$ $d_1 = 15,7mm$ $f_u = 1770MPa$

Denklem (10) ile bir tendonun nominal kesit alanı,

$$A_1 = \frac{\pi \times 15,7^2}{4} = 150mm^2$$

Denklem (9) ile bir tendonun çekmede yenilme kuvveti,

$$F_u = 0,00015 \times 1770 = 0,2655MN = 265,5kN$$

Denklem (8) ile ankraj çekme dayanımı

$$R_t = 3 \times 265,5 = 796,5kN$$

Ankraj tasarım çekme dayanımı,

$$R_{t;d} = \frac{R_t}{\gamma_R} = \frac{796,5}{1,4} = 568,93kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_t = \frac{R_t}{F} = \frac{796,5}{256,26} = 3,11$$

$E_{a;d} = 345,95kN \leq R_{t;d} = 568,93kN \rightarrow$ ankraj çekme dayanımı yeterli.

Tendon/enjeksiyon aderansı

$$d_s = 47,1mm$$

Nervürlü çubuklar için $C_0 = 0,24$ Denklem (12) ile katsayı,

$$C_1 = \frac{1}{4 \times 0,24} = 1,04$$

Denklem (13) ile beton çekme dayanımı,

$$f_{ctd} = 0.35 \times \sqrt{10000} = 1106,8kN/m^2$$

Denklem (14) ile tendon/enjeksiyon aderansı,

$$\tau_c = 1,04 \times 1106,8 = 1151,07kN/m^2$$

Denklem (11) ile tendon/enjeksiyon sıyrılma direnci,

$$R_c = \pi \times 0,0471 \times 10 \times 1151,07 = 1703,23kN$$

Tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{c;d} = \frac{R_c}{\gamma_R} = \frac{1703,23}{1,4} = 1216,59kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_c = \frac{R_t}{F} = \frac{1703,23}{256,26} = 6,65$$

$E_{a;d} = 345,95kN \leq R_{c;d} = 1216,59kN \rightarrow$ tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci yeterli.

Ankraj iç stabilitesi

Şekil 5'deki A noktasının kazi kotundan derinliği $H_o = 4,07m$

$$E_a = 419,53kN/m$$

$$\delta = 15^\circ$$

$$W_i = 5237,03kN/m$$

$$\theta_i = 21^\circ$$

$$E_{ai} = 356,37kN/m$$

$$\delta_i = 15^\circ$$

$$C_i = 1986,58kN/m$$

$$\phi_i = 0^\circ$$

$$\alpha_i = 15^\circ$$

Blok analizine dahil edilen diğer ankrajlar: 1

$$\text{Diğer ankraj kuvvetlerinin yatay bileşen toplamı } \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \cos \alpha_{j,k..} = 127,53kN/m$$

$$\text{Diğer ankraj kuvvetlerinin düşey bileşen toplamı } \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \sin \alpha_{j,k..} = 34,17kN/m$$

Denklem (16) kullanılarak,

$$\begin{bmatrix} \cos 15 & \cos(90 + 0 - 21) \\ \sin 15 & \sin(90 + 0 - 21) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 419,53 \times \cos 15 + 1986,58 \times \cos 21 - 356,37 \times \cos 15 - 127,53 \\ 5237,03 + 356,37 \times \sin 15 - 1986,58 \times \sin 21 - 419,53 \times \sin 15 - 34,17 \end{bmatrix}$$

$Q_i = 4770,49kN/m$ ve $F_i = 80,91kN/m$ elde edilir.

Birim uzunluğa etkiyen ankraj tesiri $F = 160,16kN/m$

$$\text{İç stabilite için güvenlik sayısı } GS = \frac{F_i}{F} = \frac{80,91}{160,16} = 0,51$$

Ankraj izin verilebilir tasarım kuvveti,

$$R_{s;d} = \frac{F_i}{\gamma_R} = \frac{80,91}{1,4} = 57,79kN/m$$

Birim uzunluğa etkiyen tasarım tesiri,

$$E_{s;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 160,16 = 216,22kN/m$$

$E_{s;d} = 216,22kN/m > R_{s;d} = 57,79kN/m \rightarrow$ doğrulanan ankrajın iç stabilitesi yetersiz

7 Ankraj3 [Kot=-11m]

Ankraj tipi: Çelik halatlı öngermeli ankraj

$$D = 150mm \quad L_{tb} = 10m$$

Enjeksiyon gövdesi/zemin arayüzü sıyırılma yenilmesi

Nihai çeper sürtünmesi ampirik veri ile $\tau_f = 142kN/m^2$

Denklem (3) ile ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi T_f ,

$$T_f = \pi \times 0,15 \times 10 \times 142 = 669,16kN$$

Denklem (4) ile ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi T_k ,

$$T_k = \frac{669,16}{2,75} = 243,33kN$$

Ankraj Tesiri $F = 269kN$

Etkiler ile oluşan ankraj tesirine uygulanan kısmi faktör $\gamma_A = 1,35$

Dirençlere uygulanan kısmi faktör $\gamma_R = 1,4$

Ankraj tasarım tesiri,

$$E_{a;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 269 = 363,15kN$$

Ankrajın zeminden tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{a;d} = \frac{T_k}{\gamma_R} = \frac{243,33}{1,4} = 173,81kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_a = \frac{T_f}{F} = \frac{669,16}{269} = 2,49$$

$E_{a;d} = 363,15kN > R_{a;d} = 173,81kN \rightarrow$ ankraj kökü nihai taşıma kapasitesi yetersiz.

Tendon çekme yenilmesi

$n = 3$ $d_1 = 15,7mm$ $f_u = 1770MPa$

Denklem (10) ile bir tendonun nominal kesit alanı,

$$A_1 = \frac{\pi \times 15,7^2}{4} = 150mm^2$$

Denklem (9) ile bir tendonun çekmede yenilme kuvveti,

$$F_u = 0,00015 \times 1770 = 0,2655MN = 265,5kN$$

Denklem (8) ile ankraj çekme dayanımı

$$R_t = 3 \times 265,5 = 796,5kN$$

Ankraj tasarım çekme dayanımı,

$$R_{t;d} = \frac{R_t}{\gamma_R} = \frac{796,5}{1,4} = 568,93kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_t = \frac{R_t}{F} = \frac{796,5}{269} = 2,96$$

$E_{a;d} = 363,15kN \leq R_{t;d} = 568,93kN \rightarrow$ ankraj çekme dayanımı yeterli.

Tendon/enjeksiyon aderansı

$$d_s = 47,1mm$$

Nervürlü çubuklar için $C_0 = 0,24$ Denklem (12) ile katsayı,

$$C_1 = \frac{1}{4 \times 0,24} = 1,04$$

Denklem (13) ile beton çekme dayanımı,

$$f_{ctd} = 0.35 \times \sqrt{10000} = 1106,8kN/m^2$$

Denklem (14) ile tendon/enjeksiyon aderansı,

$$\tau_c = 1,04 \times 1106,8 = 1151,07kN/m^2$$

Denklem (11) ile tendon/enjeksiyon sıyrılma direnci,

$$R_c = \pi \times 0,0471 \times 10 \times 1151,07 = 1703,23kN$$

Tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci,

$$R_{c;d} = \frac{R_c}{\gamma_R} = \frac{1703,23}{1,4} = 1216,59kN$$

Güvenlik sayısı,

$$GS_c = \frac{R_t}{F} = \frac{1703,23}{269} = 6,33$$

$E_{a;d} = 363,15kN \leq R_{c;d} = 1216,59kN \rightarrow$ tendon/enjeksiyon tasarım sıyrılma direnci yeterli.

Ankraj iç stabilitesi

Şekil 5'deki A noktasının kazi kotundan derinliği $H_o = 4,07m$

$$E_a = 419,53kN/m$$

$$\delta = 15^\circ$$

$$W_i = 5429,18kN/m$$

$$\theta_i = 8,61^\circ$$

$$E_{ai} = 399,57kN/m$$

$$\delta_i = 15^\circ$$

$$C_i = 1758,46kN/m$$

$$\phi_i = 0^\circ$$

$$\alpha_i = 15^\circ$$

Blok analizine dahil edilen diğer ankrajlar: 1,2

$$\text{Diğer ankraj kuvvetlerinin yatay bileşen toplamı } \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \cos \alpha_{j,k..} = 282,24kN/m$$

$$\text{Diğer ankraj kuvvetlerinin düşey bileşen toplamı } \sum_{j,k..} F_{j,k..} \times \sin \alpha_{j,k..} = 75,63kN/m$$

Denklem (16) kullanılarak,

$$\begin{bmatrix} \cos 15 & \cos(90 + 0 - 8,61) \\ \sin 15 & \sin(90 + 0 - 8,61) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 419,53 \times \cos 15 + 1758,46 \times \cos 8,61 - 399,57 \times \cos 15 - 282,24 \\ 5429,18 + 399,57 \times \sin 15 - 1758,46 \times \sin 8,61 - 419,53 \times \sin 15 - 75,63 \end{bmatrix}$$

$Q_i = 4943,72kN/m$ ve $F_i = 761,95kN/m$ elde edilir.

Birim uzunluğa etkiyen ankraj tesiri $F = 168,13kN/m$

$$\text{İç stabilite için güvenlik sayısı } GS = \frac{F_i}{F} = \frac{761,95}{168,13} = 4,53$$

Ankraj izin verilebilir tasarım kuvveti,

$$R_{s;d} = \frac{F_i}{\gamma_R} = \frac{761,95}{1,4} = 544,25kN/m$$

Birim uzunluğa etkiyen tasarım tesiri,

$$E_{s;d} = \gamma_A \times F = 1,35 \times 168,13 = 226,97kN/m$$

$E_{s;d} = 226,97kN/m \leq R_{s;d} = 544,25kN/m \rightarrow$ doğrulanan ankrajın iç stabilitesi yeterli