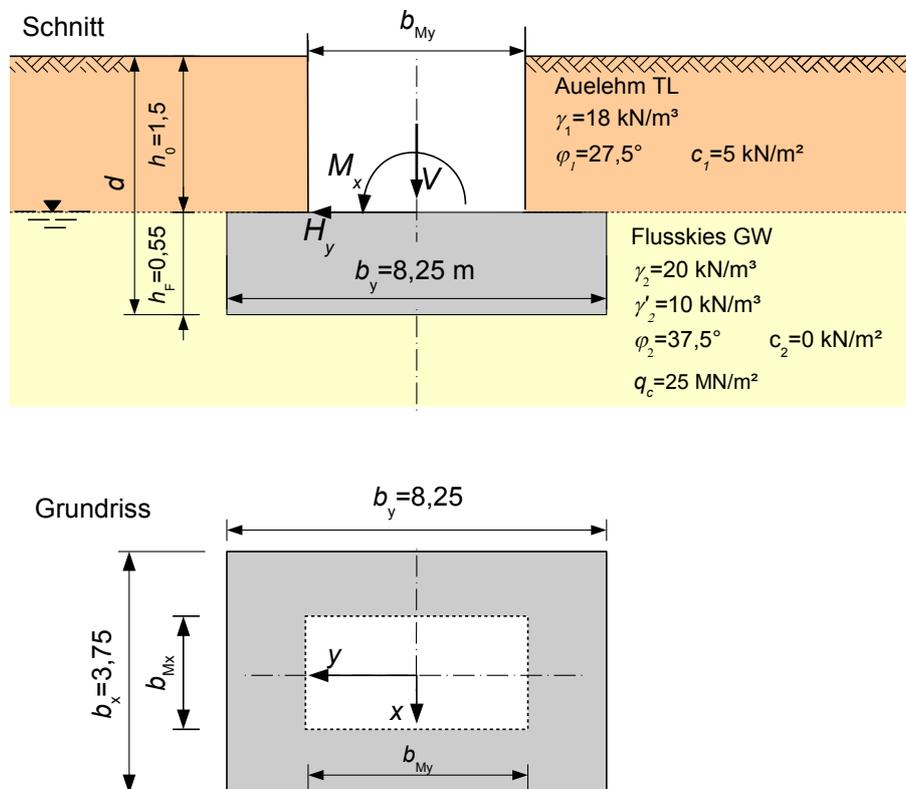


Nachweise bewehrtes Einzelfundament - Straßenbrücke Achse 80

Als Variante für die Gründung des Brückenpfeilers der Achse 80 ist ein Stahlbetonfundament entworfen worden. Es sind die rechnerischen Nachweise für die Bemessungssituation BS-P zu führen. Die Verkehrslast ist als veränderliche Einwirkung anzusetzen. Eine Reaktion an der Stirnseite soll nicht berücksichtigt werden, da nicht sicher gestellt werden kann, dass diese ständig wirksam ist. Die Berechnung umfasst die folgenden Schritte:

1. Einwirkungen und Beanspruchungen
2. Sohlspannungsverteilung
3. Berechnung der Setzungen.
4. Verträglichkeit der Verschiebungen der Fundamentsohle.
5. Lage der Resultierenden.



Anfangsangaben, Bezeichner

Belastung, Geometrie

Aus der aufgehenden Konstruktion sind folgende Lasten durch die Gründung abzutragen:

- $V_G = 23880$ kN ständige Last vertikal
- $V_Q = 4630$ kN veränderliche Last vertikal
- $H_{y,Q} = 956.8$ kN veränderliche Horizontalkräfte
- $M_{x,Q} = 11679.6$ kNm Moment infolge veränderlicher Last
- $b_{Mx} = 1.75$; $b_{My} = 4$ m Stützenquerschnitt
- $\gamma_{\text{Beton},k} = 24$ kN/m³ Wichte des Betons C25
- $\gamma_w = 10$ kN/m³ Wichte Wasser
- $b_x = 3.75$; $b_y = 8.25$ m gewählte Geometrie des bewehrten Fundaments

$$h_F = 0.55 \text{ m gewählte Dicke des Fundaments}$$

$$d = 2.05 \text{ m Einbindetiefe}$$

Baugrund

Auelehm (TL)

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$$

Flussskies (GW)

$$\gamma_2 = 10 \text{ kN/m}^3 \text{ Wichte unter Auftrieb}$$

$$\varphi_k = 37.5^\circ$$

$$c_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{S,m} = 80000 \text{ kN/m}^2$$

Teilsicherheitsbeiwerte, GEO-2 , Bemessungssituation BS-P

$$\gamma_G = 1.35; \gamma_Q = 1.5$$

$$\gamma_{R,v} = 1.4; \gamma_{R,e} = 1.4; \gamma_{R,h} = 1.1$$

$$\psi_0 = 0.8 \quad \text{Kombinationsbeiwert}$$

1 Einwirkungen

1.1 Berechnung der Einwirkungen– Eigengewicht, Erdaufblast

$$G_F = (\gamma_{Beton,k} - \gamma_w) \cdot b_x \cdot b_y \cdot h_F = (24 - 10) \cdot 3.75 \cdot 8.25 \cdot 0.55$$

$$= 238.219 \text{ kN Eigengewicht Fundament unter Auftrieb}$$

$$G_E = \gamma_1 \cdot (b_x \cdot b_y - b_{Mx} \cdot b_{My}) \cdot (d - h_F)$$

$$= 18 \cdot (3.75 \cdot 8.25 - 1.75 \cdot 4) \cdot (2.05 - 0.55)$$

$$= 646.313 \text{ kN Erdaufblast}$$

1.2 passiver Erddruck (Stirnseite)

Eine Bodenreaktion an der Stirnseite soll nicht angesetzt werden. Der passive Erddruck wird zur Veranschaulichung der Tragfähigkeitsreserven mit den Erddruckbeiwerten nach Sokolovski/Pregl berechnet.

$$E_{phx,k} = 0 \text{ kN/m horizontale Erddruckkraft in x-Richtung}$$

$$E_{phy,k} = \frac{b_x \cdot h_F}{2} \cdot (e_{pgho} + e_{pghu}) = \frac{3.75 \cdot 0.55}{2} \cdot (0 + 22.616)$$

$$= 23.323 \text{ kN horizontale Erddruckkraft in y-Richtung}$$

2 Sohlspannungsberechnung

2.1 Beanspruchungen

$$V_{Q,k} = V_Q = 4630 \text{ kN Leiteinwirkung}$$

$$H_{y,Q,k} = H_{y,Q,rep} = H_{y,Q} \cdot \psi_0 = 956.8 \cdot 0.8$$

$$= 765.44 \text{ kN repräsentativer Wert der veränderliche Last}$$

$$M_{x,Q,rep} = M_{x,Q} \cdot \psi_0 = 11679.6 \cdot 0.8 = 9343.68 \text{ kNm}$$

$$M_{x,GQ,k} = M_{x,Q,rep} + H_{y,Q,rep} \cdot h_F = 9343.68 + 765.44 \cdot 0.55$$

$$= 9764.672 \text{ kNm}$$

$$H_k = H_{y,Q,k} = 765.44 \text{ kN tangentielle Beanspruchung in der Sohle}$$

$$V_{GQ,k} = V_G + V_{Q,k} + G_F + G_E = 23880 + 4630 + 238.219 + 646.313$$

$$= 29394.531 \text{ kN}$$

$$V_{G,k} = V_G + G_F + G_E = 23880 + 238.219 + 646.313 = 24764.531 \text{ kN}$$

2.2 Sohlspannungsverteilung infolge ständiger Belastung

$$\sigma_{m,G} = \sigma_{1,G} = \sigma_{2,G} = \sigma_{3,G} = \sigma_{4,G} = 800.47 \text{ kN/m}^2$$

2.3 Sohlspannungsverteilung infolge Gesamtbelastung

$$e_{y,GQ} = \frac{M_{x,GQ,k}}{V_{GQ,k}} = \frac{9764.672}{29394.531} = 0.332 \text{ m (Außermitte)}$$

$$b'_{x,GQ} = b_x = 3.75 \text{ m}$$

$$b'_{y,GQ} = b_y - 2 \cdot e_{y,GQ} = 8.25 - 2 \cdot 0.332 = 7.586 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{1,GQ} = \sigma_{2,GQ} &= \frac{V_{GQ,k}}{b_x \cdot b_y} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e_{y,GQ}}{b_y}\right) = \frac{29394.531}{3.75 \cdot 8.25} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0.332}{8.25}\right) \\ &= 1179.672 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{3,GQ} = \sigma_{4,GQ} &= \frac{V_{GQ,k}}{b_x \cdot b_y} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e_{y,GQ}}{b_y}\right) = \frac{29394.531}{3.75 \cdot 8.25} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0.332}{8.25}\right) \\ &= 720.58 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,GQ} &= \frac{V_{GQ,k}}{b_x \cdot b_y} = \frac{29394.531}{3.75 \cdot 8.25} \\ &= 950.126 \text{ kN/m}^2 \text{ mittlere Spannung} \end{aligned}$$

3 Setzungsberechnung

3.1 Beanspruchungen

Es wird die gesamte Belastung als setzungswirksam angesetzt.

Als Grenztiefe wird die zweifache Breite angenommen.

$$t_s = 2 \cdot b_x = 2 \cdot 3.75 = 7.5 \text{ m Grenztiefe}$$

3.2 Setzungsbeiwerte

Die Beiwerte f für die Berechnung der Setzung unter dem Fundament sind dem Buch „Einführung in die Boden- und Felsmechanik“ Tabelle 7.3 entnommen worden.

$$a = b_x = 3.75 \text{ m Abmessung in x-Richtung}$$

$$b = b_y = 8.25 \text{ m Abmessung in y-Richtung}$$

$$\kappa_a = \frac{a}{b} = \frac{3.75}{8.25}$$

$$= 0.455 \quad \text{Eingangswert für Tabelle der Setzungseinflusswerte}$$

$$\kappa_{ds} = \frac{t_s}{b_x} = \frac{7.5}{3.75} = 2$$

$$f = 0.279$$

$$f_y = 10.986$$

$$s_m = \frac{\sigma_{m,GQ} \cdot b \cdot f}{E_{S,m}} \cdot 1000 = \frac{950.126 \cdot 8.25 \cdot 0.279}{80000} \cdot 1000 = 27.376 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} s_y &= \frac{b}{2} \cdot \frac{M_{x,GQ,k}}{a^3 \cdot E_{S,m}} \cdot f_y \cdot 1000 = \frac{8.25}{2} \cdot \frac{9764.672}{3.75^3 \cdot 80000} \cdot 10.986 \cdot 1000 \\ &= 104.892 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_1 = s_m + s_y = 27.376 + 104.892 = 132.268 \text{ mm}$$

$$s_3 = s_m - s_y = 27.376 - 104.892 = -77.516 \text{ mm}$$

$$\Delta s = s_1 - s_3 = 132.268 - (-77.516) = 209.784 \text{ mm}$$

3.3 Bewertung, Nachweis

Setzungsdifferenz bei einer Verdrehung $\alpha = 1/500$

$$\begin{aligned}s_{zul} &= \frac{b_y}{500} \cdot 1000 = \frac{8.25}{500} \cdot 1000 \\ &= 16.5 \text{ mm zul. Setzungsdifferenz zwischen den Brückenstützen} \\ \mu_s &= \frac{\Delta s}{s_{zul}} = \frac{209.784}{16.5} = 12.714\end{aligned}$$

Wenn eine zulässige Verkippung von $1/500$ als Größtwert zugelassen wird, ist der rechnerische Wert zu groß. Der Ansatz aller Verkehrslasten ist allerdings sehr konservativ.

4 Verträglichkeit der Verschiebungen der Fundamentsohle (SLS)

4.1 Beanspruchungen

$$\begin{aligned}V_{Q,k} &= V_{Q,rep} = V_Q \cdot \psi_0 = 4630 \cdot 0.8 \\ &= 3704 \text{ kN repräsentativer Wert der Einwirkung} \\ H_{y,Q,k} &= H_{y,Q} = 956.8 \text{ kN Leiteinwirkung} \\ M_{x,Q,rep} &= M_{x,Q} \cdot \psi_0 = 11679.6 \cdot 0.8 = 9343.68 \text{ kNm} \\ M_{x,GQ,k} &= M_{x,Q,rep} + H_{y,Q,k} \cdot h_F = 9343.68 + 956.8 \cdot 0.55 = 9869.92 \text{ kNm} \\ H_k &= H_{y,Q,k} = 956.8 \text{ kN tangentielle Beanspruchung in der Sohle} \\ V_{GQ,k} &= V_G + V_{Q,k} + G_F + G_E = 23880 + 3704 + 238.219 + 646.313 \\ &= 28468.531 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.2 Widerstand

$$\begin{aligned}\delta_k &= \frac{2}{3} \varphi_k = \frac{2}{3} \cdot 37.5 = 25 \quad \text{Ortbetonfundament} \\ R_{h,k} &= V_{GQ,k} \cdot \tan \delta_k^\circ = 28468.531 \cdot \tan 25^\circ = 13275.094 \text{ kN} \\ E_{phy,k} &= 0\end{aligned}$$

4.3 Nachweis

Der Nachweis ist erbracht, wenn für die Aufnahme der Horizontalkraft höchstens $2/3$ der Sohlreibung und $1/3$ des passiven Erddrucks erforderlich sind.

$$\mu = \frac{H_k}{\frac{2 \cdot R_{h,k}}{3} + \frac{E_{phy,k}}{3}} = \frac{956.8}{\frac{2 \cdot 13275.094}{3} + \frac{0}{3}} = 0.108 \text{ Nachweis erfüllt}$$

5 Lage der Resultierenden (SLS)

Die Forderung, dass keine klaffende Sohlfuge infolge ständiger Einwirkungen auftritt, ist erfüllt, da keine Ausmitte infolge ständiger Einwirkungen auftritt.