

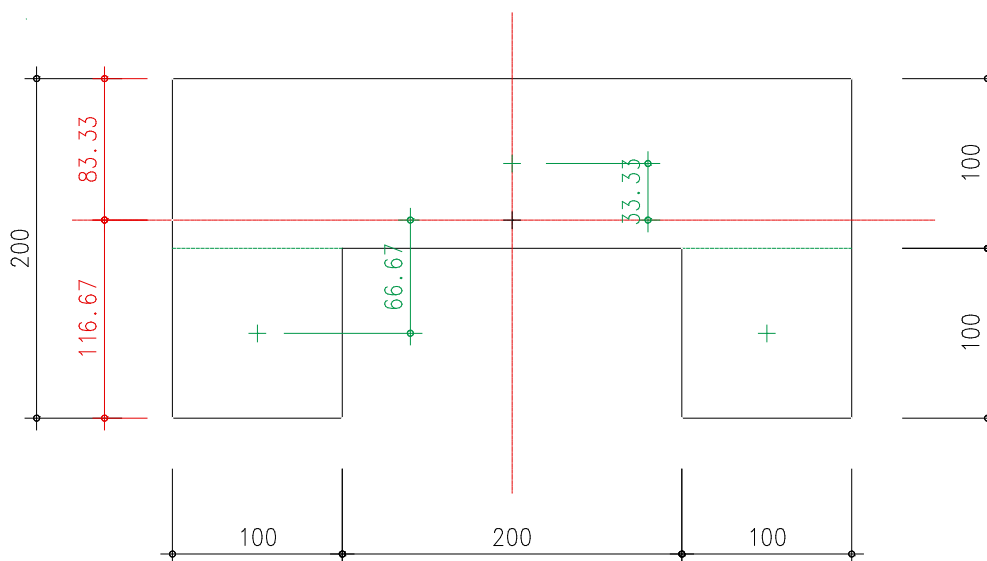
Aufgabe 1 10 Punkte

Stahlbetonstütze

Gegeben: Holzstütze GL 24h vor Witterung geschützt. (Alle Masse in mm)

Gesucht: Knickwiderstand $N_{k,Rd}$ bei einer Knicklänge von 4.0 m

Querschnitt 1:5



$$z_{s,u} = 2 \cdot 100 \cdot 100 + 400 \cdot 100 = 6 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$z_{s,u} = \frac{4 \cdot 10^4 \cdot 50 + 4 \cdot 10^4 \cdot 150}{6 \cdot 10^4} = 116.67 \text{ mm}$$

$$y_{s,u} = 200 \text{ mm} - 116.67 \text{ mm} = 83.33 \text{ mm}$$

$$I_z = \left(\frac{100 \cdot 400^3}{12} \right) + 2 \cdot \left(\frac{100 \cdot 100^3}{12} \right) + 2(100 \cdot 100 \cdot (150)^2) = 1'000 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \left(\frac{400 \cdot 100^3}{12} \right) + (400 \cdot 100 \cdot (33.33)^2) + 2 \cdot \left(\frac{100 \cdot 100^3}{12} \right) + 2(100 \cdot 100 \cdot (66.67)^2) = 183.33 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{massgebend}$$

$$\text{Trägheitsradius } i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{183.33 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{6 \cdot 10^4 \text{ mm}^2}} = 55.28 \text{ mm}$$

$$\text{Schlankheit } \lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{4'000 \text{ mm}}{55.28 \text{ mm}} = 72.36 \quad \rightarrow \lambda_{\text{rel}} = \frac{\lambda}{20\pi} = \frac{72.36}{62.83} = 1.15$$

Aus HBT Seite 58 folgt für die Knickfestigkeit $k_c \cdot f_{c,o,d} = 9.18 \text{ N/mm}^2$

$$\text{Knickwiderstand } N_{k,Rd} = k_c \cdot f_{c,o,d} \cdot \eta_w \cdot A = 9.18 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.0 \cdot 6 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 = 550'800 \text{ N}$$

$$\hat{=} N_{k,Rd} = 550.80 \text{ kN}$$

Aufgabe 2 10 Punkte

Gegeben: Winkelstützmauer gemäss Skizze mit gegebener Erddruckkraft $E_{a,d}$

Gesucht: Nachweis für Kippen und Gleiten, sowie die Bodenspannungen beim Kippnachweis
 Bodenkennwerte: Reibungswinkel φ 35° , Raumbgewicht Erde $\gamma_E = 20 \text{ kN/m}^3$
 Zeichnen Sie zusätzlich die Spannungsfigur mit allen relevanten Werten

Fundamenteigengewicht

$$F_{\text{Fund.}} = V_{\text{Fund.}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 2.50 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} =$$

$$F_{\text{Fund.}} = 18.75 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Wand}} = V_{\text{Wand}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 0.30 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 4.50 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} =$$

$$F_{\text{Wand}} = 33.75 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Erdauflast}} = V_{\text{Erd}} \cdot \gamma_E = 1.80 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 4.50 \text{ m} \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} =$$

$$F_{\text{Erddlast}} = 162.00 \text{ kN}$$

resultierende vertikal Kraft

$$N_{\text{Total}} = 214.50 \text{ kN}$$

stabilisierendes Moment um Drehpunkt D

$$M_{\text{st}} = +18.75 \text{ kN} \cdot 1.25 \text{ m} + 33.75 \text{ kN} \cdot 0.55 \text{ m} + 162.00 \text{ kN} \cdot 1.60 \text{ m}$$

$$= +301.20 \text{ kNm}$$

kippendes Moment um Drehpunkt D

$$M_k = +84.00 \text{ kN} \cdot 1.60 \text{ m}$$

$$= +134.40 \text{ kNm}$$

$$\text{Kippsicherheit } s_k = \frac{M_{\text{st}}}{M_k} = \frac{+301.20 \text{ kNm}}{+134.40 \text{ kNm}} = 2.24 > 1.5 \text{ i.O.}$$

$$\text{Gleitsicherheit } s_G = \frac{\tan(\varphi) \cdot F_{\text{Total}}}{F_H} = \frac{\tan(35^\circ) \cdot 214.50 \text{ kN}}{84.00 \text{ kN}} = 1.79 > 1.5 \text{ i.O.}$$

Exzentrizität

$$a = \frac{\sum M_d}{N_{\text{Tot}}} = \frac{+M_{\text{st}} - M_k}{N_{\text{Tot}}} = \frac{+301.20 \text{ kNm} - 134.40 \text{ kNm}}{214.50 \text{ kN}} = +0.778 \text{ m}$$

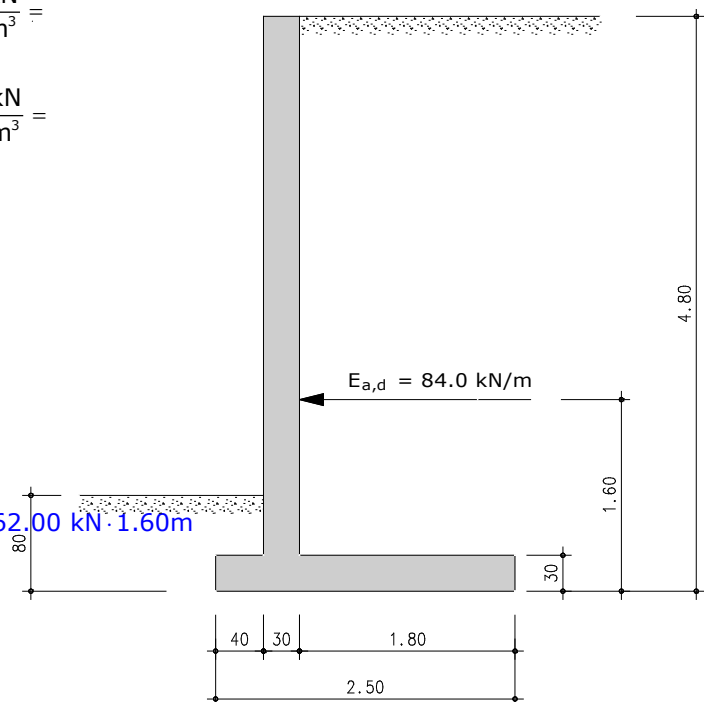
$$e_{\text{Total}} = \frac{h}{2} - a = \frac{2.50 \text{ m}}{2} - (0.778 \text{ m}) = 0.472 \text{ m} \quad \leftarrow \text{Drehpunkt}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{2.50 \text{ m}}{6} = 0.417 \text{ m} \quad e > k \Rightarrow \text{grosse Exzentrizität} \quad < \frac{d}{3} = 0.833 \text{ m}$$

d.h. Der Angriffspunkt liegt ausserhalb des Kerns. Die klaffende Fuge reicht nicht bis zum Schwerpunkt.

$$c = \frac{d}{2} - e_{\text{Total}} = \frac{2.50}{2} - 0.472 \text{ m} = 0.778 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = -\frac{2 \cdot N_{\text{Tot}}}{3 \cdot c \cdot b} = \frac{2 \cdot 214.50 \text{ kN}}{3 \cdot 0.778 \cdot 1.0} = -183.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (3c = 3 \cdot 0.778 \text{ m} = 2.33 \text{ m})$$

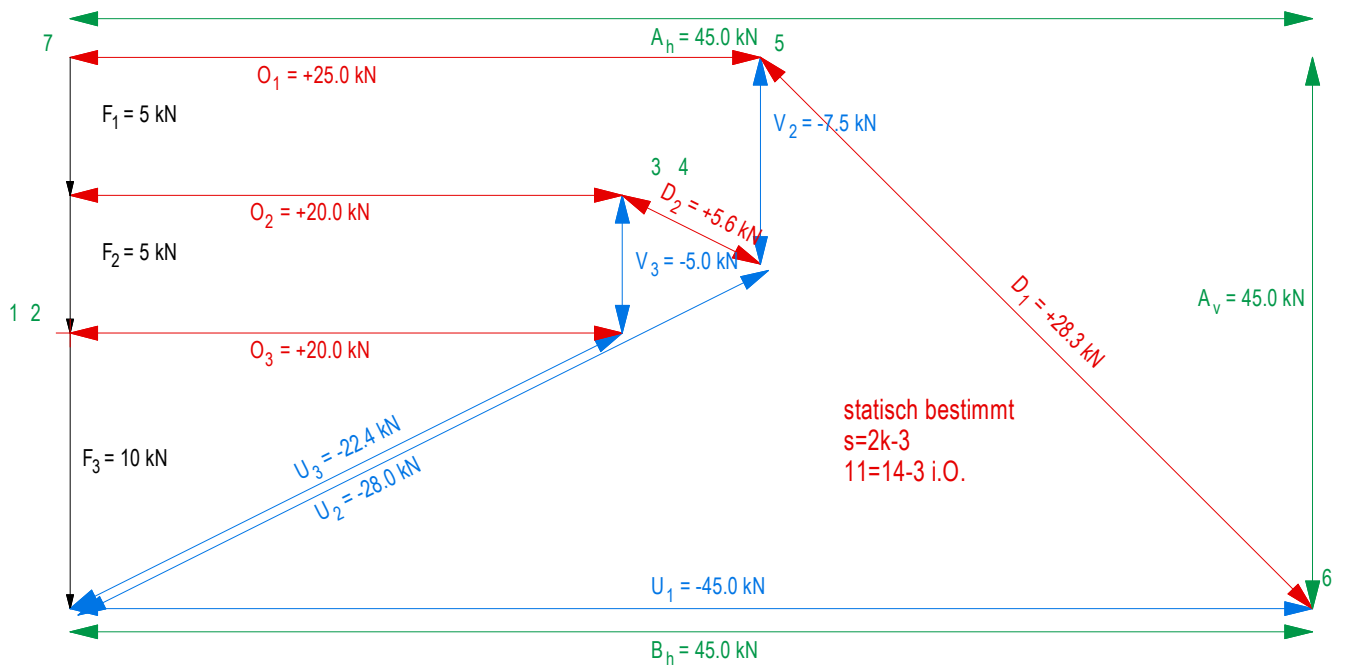
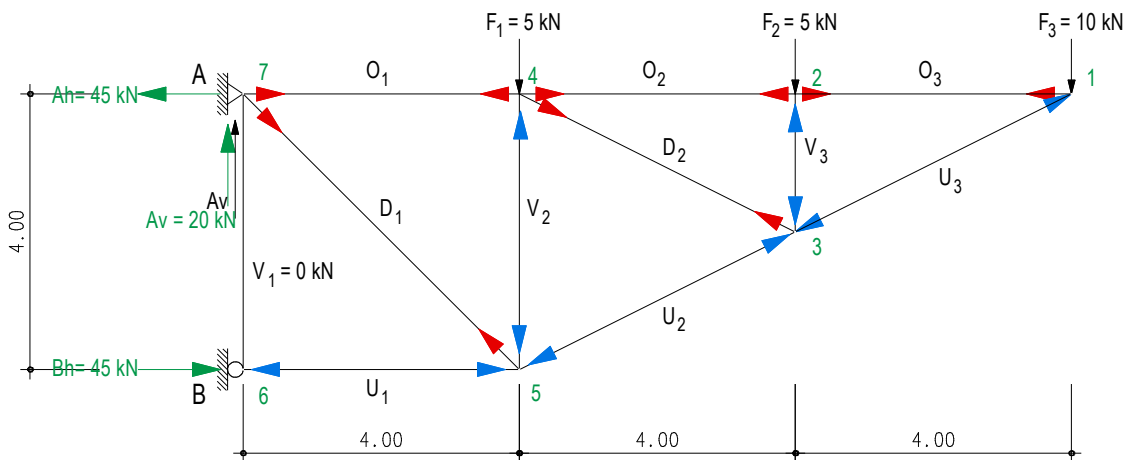


Aufgabe 3 10 Punkte

Vordach

Gegeben: Vordach- Fachwerkkonstruktion gemäss statischem System (alle Masse in m)

Gesucht: statische Bestimmtheit
alle Auflagerreaktionen
sämtliche Stabkräfte mit Hilfe von Cremona inklusive Zug- und Druckdefinition



Lastzusammenstellung

Eigengewicht Decke : $0.2\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Überkonstruktion : $= 1.5 \text{ kN/m}^2$

$g_k = 6.5 \text{ kN/m}^2$

Bemessungsniveau $p_d = 1.35 \cdot 6.5 \text{ kN/m}^2 + 1.5 \cdot 2.0 \text{ kN/m}^2 = 11.775 \text{ kN/m}^2$

Deckenplatte

$l = 5.75 \text{ m}$

$A_d = B_d = \frac{1}{2} \cdot 5.75 \text{ m} \cdot 11.775 \text{ kN/m}^2 = 33.85 \text{ kN/m}$

Biegemoment : $M_d = \frac{(p_d) \cdot l^2}{8} = \frac{11.775 \text{ kN/m} \cdot (5.75\text{m})^2}{8} = 48.66 \text{ kNm}$

statische Höhe $d = 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - 7 \text{ mm} = 158 \rightarrow 155 \text{ mm}$

Bewehrungsgehalt $A_s = \frac{48.66 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{0.9 \cdot 155 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 802 \text{ mm}^2 \rightarrow$

$A_{s \text{ gewählt}} : \quad \emptyset 12 / \emptyset 14 \quad a = 150 \quad A_{s \text{ vorhanden}} = 890 \text{ mm}^2$

$\rho_{\text{vorhanden}} = \frac{890 \text{ mm}^2 \cdot 100\%}{155 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm}} = 0.57\% > 0.15\%$
 $< 1.60\%$

Schubspannungen

$\tau_{c,d \text{ vorhanden}} = \frac{33.85 \cdot 10^3 \text{ N}}{155 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm}} = 0.22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \tau_c = 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Verteilbewehrung VE

Abschätzung der statischen Höhe d:

$d = h - c_{\text{nom}} - \emptyset_{\text{Längs}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{Quer}} = 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - 14 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} = 146 \text{ mm} \rightarrow 140 \text{ mm}$

VE: $0.15\% \cdot 140 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm} = 210 \text{ mm}^2 \rightarrow \emptyset 8 \quad a = 200 \quad A_{s \text{ vorhanden}} : 251 \text{ mm}^2$

$\rho_{\text{vorhanden}} = \frac{251 \text{ mm}^2 \cdot 100\%}{140 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm}} = 0.18\% > 0.15\%$
 $< 1.60\%$

Unterzug $l = 7.75\text{m}$

$$b_{\text{eff}} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_o + b_w = 0.2 \cdot \frac{5'500 \text{ mm}}{2} + 0.1 \cdot 7'750 \text{ mm} + 250 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 1'575 \text{ mm}$$

Belastung Unterzug:

Eigengewicht $0.25\text{m} \cdot 0.9\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5.625 \text{ kN/m}^1$

Bemessungsniveau $p_d = 1.35 \cdot 5.625 \text{ kN/m} + 33.85 \text{ kN/m} = 41.44 \text{ kN/m}$

$$A_d = B_d = \frac{1}{2} \cdot 7.75 \text{ m} \cdot 41.44 \text{ kN/m} = 160.58 \text{ kNm}$$

$$\text{Biegemoment : } M_d = \frac{(p_d) \cdot l^2}{8} = \frac{41.44 \text{ kN/m} \cdot (7.75\text{m})^2}{8} = 311.12 \text{ kNm}$$

$$\text{statische Höhe } d = 1'100 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ mm} = 1'045 \text{ mm}$$

$$\text{Bewehrungsgehalt } A_s = \frac{311.12 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{0.9 \cdot 1'045 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 760.47 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ minimal}} = 0.2\% \cdot 250 \text{ mm} \cdot 1'045 \text{ mm} = 522.5 \text{ mm}^2$$

$A_{s \text{ gewählt}} : 3 \text{ } \emptyset 18 \text{ } A_{s \text{ vorhanden}} = 764 \text{ mm}^2$

$$x = \frac{764 \text{ mm}^2 \cdot 435 \text{ N/mm}^2}{0.85 \cdot 1'575 \text{ mm} \cdot 16.5 \text{ N/mm}^2} = 15.05 \text{ mm} < \frac{d}{2}$$

oder

$$p_{\text{vorhanden}} = \frac{764 \text{ mm}^2 \cdot 100\%}{250 \text{ mm} \cdot 1'045 \text{ mm}} = 0.29\% > 0.2\% < 1.6\%$$

Schubspannungen

$$\tau_{c,d \text{ vorhanden}} = \frac{160.58 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 1'045 \text{ mm}} = 0.61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \tau_c = 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s_{w,\text{min}}} = 0.2\% \cdot s \cdot b_w = 0.2\% \cdot 250 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} = 125 \text{ mm}^2$$

2 – schnittiger Bügel $\rightarrow 62.5 \text{ mm}^2$

Bgl. $\emptyset 10 / 25$

$A_{\text{vorhanden}} = 78.5 \text{ mm}^2$