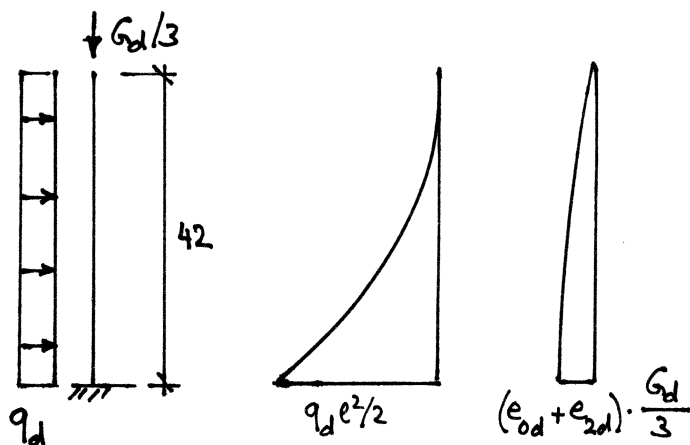


Stahlbeton I - Kolloquium 3

Eine 42 m hohe Brückensütze aus Beton C 30/37 hat einen 5m breiten und 1.4m dicken Rechteck-Vollquerschnitt. Im Bauszustand wirkt eine gleichmässig über die Stützhöhe verteilte Windkraft $q_d = 24 \text{ kN/m}$ auf die Stützbreitseite. Ermittle eine zweckmässige Bewehrung. Der Einfluss der Eigenlast der Stütze darf näherungsweise dadurch erfasst werden, dass ein Drittel am Stützkopf und zwei Drittel am Stützenfuss aufgebracht werden. c_{nom} beträgt 55 mm.



Annahme Bügel $\phi 16 \text{ mm}$ sowie Längsstäbe $\phi 40 \text{ mm}$, somit $d' = 55 + 16 + 40/2 = 91 \text{ mm}$

$$G_d = 1.35 \cdot 1.4 \cdot 5 \cdot 42 \cdot 25 = 9.922 \text{ MN}, \quad G_d/3 = \underline{3.308 \text{ MN}}$$

$$q_d \cdot l^2/2 = 24 \cdot 42^2/2 = \underline{21.168 \text{ MNm}}$$

$$(3.34): \quad l_{cr} = 2 \cdot 42 = 84 \text{ m}, \quad e_{0d} = \frac{84}{600} = \underline{0.14 \text{ m}}$$

e_{2d} wird mit $c \approx \pi^2$ und $\chi_d \approx 2 f_{sd} / [E_s (d-d')] = 2 \cdot 435 / [205 (1309 - 91)] = 3.484 \text{ mrad/m}$ abgeschätzt:

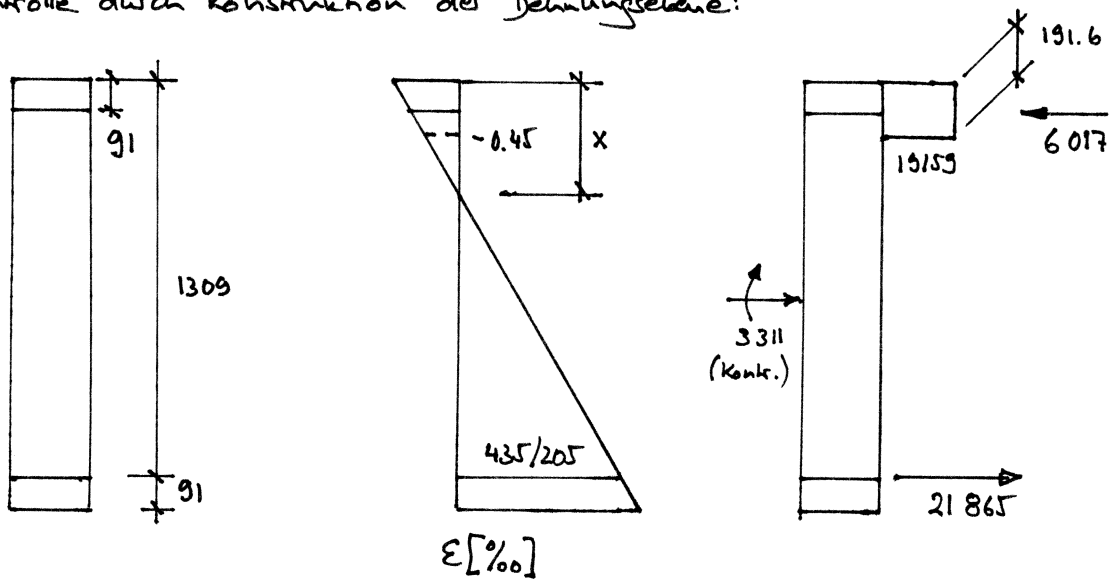
$$(3.33) \quad e_{2d} = 3.484 \cdot 84^2 / \pi^2 = \underline{2.491 \text{ m}}$$

$$\text{Somit } M_d = 21.168 + (0.14 + 2.491) \cdot 3.308 = \underline{29.87 \text{ MNm}}$$

$$A_{s, \text{erf}} \approx \left(\frac{M_d}{0.9 \cdot d} - \frac{1}{2} \cdot \frac{G_d}{3} \right) / f_{sd} = \left(\frac{29.87}{0.9 \cdot 1309} - \frac{3.308}{2} \right) / 435 = 54.484 \text{ mm}^2$$

Wähle 40 ϕ 40 (50 265 mm²), da Annahmen konservativ.

Kontrolle durch Konstruktion der Dehnungslehne:



$$50\,265 \cdot 435 - 5000 \cdot 20 \cdot \left[x - (1309 - x) \frac{0.45 \cdot 205}{435} \right] - 50\,265 \left(435 \cdot \frac{x - 91}{1309 - x} - 20 \right) = -3\,308\,000$$

$$\text{Daraus } x = 387.1 \text{ mm, } \chi_d = \frac{435}{205(1309 - 387.1)} = \underline{2.302 \text{ mrad/m}}$$

$$M_{Rd} = 19\,159(700 - 95.8) + (6017 + 21\,865)(700 - 91) = \underline{28.56 \text{ MNm}}$$

$$EI_d = \frac{M_{Rd}}{\chi_d} = 12.40 \text{ GNm}^2 \rightarrow N_{cr,d} = \frac{\pi^2 \cdot 12.40}{84^2} = 17.35 \text{ MN} \rightarrow \alpha = \frac{3.31}{17.35} = \underline{0.191}$$

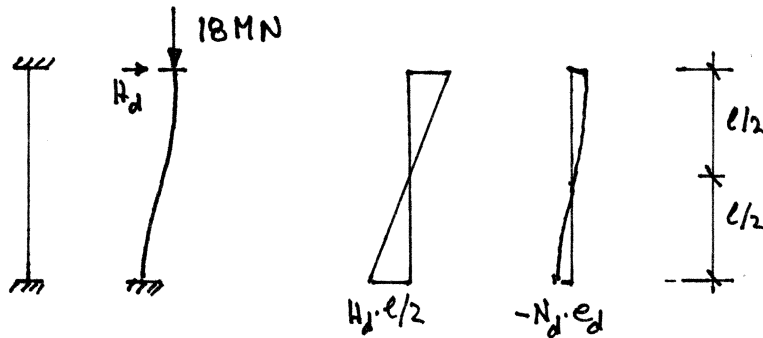
$$(3.36): c = 0.191 \cdot \pi^2 + \frac{0.14 \cdot 3.308 + 21.168}{\frac{0.463}{\pi^2} + \frac{21.168}{16}} \cdot 0.809 = \underline{14.66}$$

$$(3.33): e_{2d} = 2.302 \cdot \frac{84^2}{14.66} = \underline{1.108 \text{ m}}$$

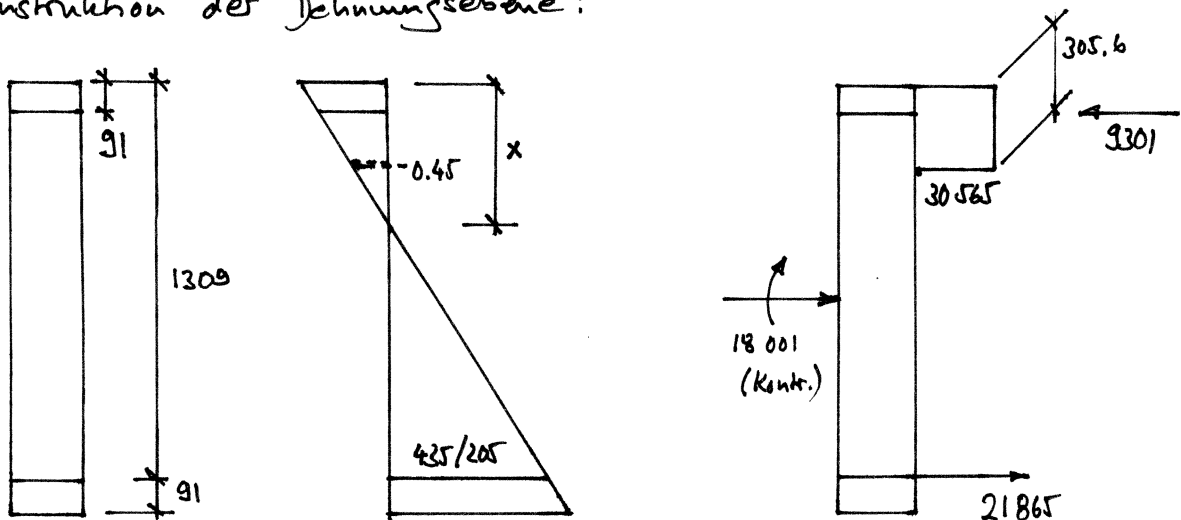
$$\text{Somit } \underline{M_d} = 21.168 + (0.14 + 1.108) \cdot 3.308 = 25.3 \text{ MNm} < \underline{M_{Rd}} = 28.6 \text{ MNm}$$

Die Bewehrung mit beidseits $\phi 40 @ 125$ ist ausreichend.

Die für den Bauzustand bemessene Stütze ist im Endzustand unten und oben eingespannt, aber am Kopf horizontal verschleudert. Man ermittle die bei $N_d = -18 \text{ MN}$ am Stützenkopf aufnehmbare Horizontalkraft H_d .



Konstruktion der Dehnungsebene:



$$50265 \cdot 435 - 5000 \cdot 20 \cdot \left[x - (1309 - x) \cdot \frac{0.45 \cdot 205}{435} \right] - 50265 \left(435 \cdot \frac{x - 91}{1309 - x} - 20 \right) = -18000000$$

$$\text{Daraus } x = 481.2 \text{ mm}, \chi_d = \frac{435}{205(1309 - 481.2)} = \underline{2.563 \text{ mrad/m}}$$

$$M_{Rd} = 30565(700 - 152.8) + (9301 + 21865) \cdot (700 - 91) = \underline{35.71 \text{ MNm}}$$

$$EI_d = \frac{M_{Rd}}{\chi_d} = 13.93 \text{ GNm}^2 \rightarrow N_{cr,d} = \frac{\pi^2 \cdot 13.93}{4 \cdot 2^2} = 77.95 \text{ MN} \rightarrow \alpha = \frac{18}{77.95} = \underline{0.231}$$

(3.34) : $e_{cr} = 42m$, $e_{od} = 42/600 = 0.07m$

Annahme $H_d = 1.2 MN \rightarrow H_d \cdot e/2 = 25.2 MNm$

$$c = 0.231 \cdot \pi^2 + 0.769 \cdot \frac{1.26 + 25.2}{\frac{1.26}{\pi^2} + \frac{25.2}{12}} = 11.41 \rightarrow e_{2d} = \frac{2.563 \cdot 42^2}{11.41} = 0.396m$$

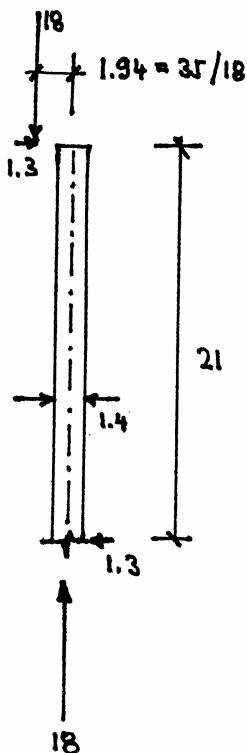
$$M_d = 25.2 + (0.07 + 0.396) \cdot 18 = 33.6 MNm < M_{Rd} = 35.7 MNm$$

Annahme $H_d = 1.3 MN \rightarrow H_d \cdot e/2 = 27.3 MNm$

$$c = 0.231 \cdot \pi^2 + 0.769 \cdot \frac{1.26 + 27.3}{\frac{1.26}{\pi^2} + \frac{27.3}{12}} = 11.42 \rightarrow e_{2d} = \frac{2.563 \cdot 42^2}{11.42} = 0.396m$$

$$\underline{\underline{M_d = 27.3 + (0.07 + 0.396) \cdot 18 = 35.7 MNm = M_{Rd}}}$$

Im Endzustand kann die Stütze zusammen mit $N_d = -18 MN$ eine Horizontalkraft $H_d = 1.3 MN$ vom Überbau auf die Fundation übertragen:



Die nebenstehende Figur zeigt das Schnittkörperdiagramm der oberen Stützhälfte im Maßstab 1:400. Abmessungen in m, Kräfte in MN.

Stützenquerschnitt 1:50 :

