

Aufgabe

Bemessen Sie den in Übung 2 behandelten Unterzug B auf Querkrafttragfähigkeit gemäß Norm SIA 262.

Bei B1 bzw. B4 ist eine indirekte Lagerung in der Seitenwand anzunehmen.

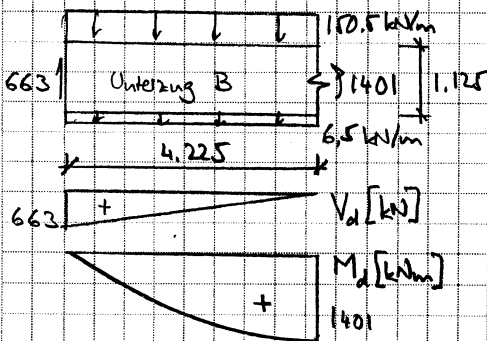
Bei B2 bzw. B3 ist ebenfalls eine indirekte Lagerung anzunehmen. Der Effekt der Spannungsverteilung über den 0,6 m breiten Unterzug 2 bzw. 3 ist zu berücksichtigen.

Außer dem erforderlichen Nachweisen für den Steg ist auch der Nachweis eines ausreichenden Schweißanschlusses der Platte zu erbringen.

Die halbe Eigenlast des Stegs ist als unten am Steg aufgehängt zu betrachten. Die übrigen Lasten dürfen als oben auf den Steg aufgebracht angenommen werden.

Lösung

Bereich B1



Resultate aus Übung 2 [m, kN]

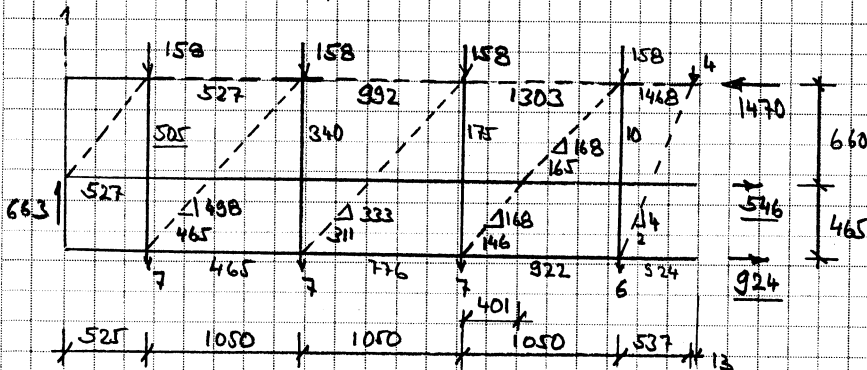
N.B. $0.4 \cdot 0.96 \cdot 2.5 \cdot 1.35 \cdot \frac{1}{2} = 6.5 \text{ kN/m}$

Minimale Bügelbewehrung (SIA 262, 5.5.2.2):

$0.2\% \cong 400 \text{ mm}^2/\text{m}$ und Stegseite

- z.B. $\phi 12 @ 150 \dots 754 \text{ "}$
 - $\phi 12 @ 300 \dots 377 \text{ "}$
 - $\phi 10 @ 150 \dots 524 \text{ "}$
- ... knapp
... reichlich

- Fachverlmodell [mm, kN]:



$663 \cdot \frac{525}{660} = 527 \text{ kN}$

Kontrolle $\sum M = 0$:

$924 \cdot 1.125 + 546 \cdot 0.66 = 1400 \text{ kNm}$

$\approx 1401 \text{ kNm, ok.}$

Knicke der vierten Strebe deuten, dass Hauptbewehrungswiderstand gerade ausgenutzt wird.

Bügel $\phi 12 @ 150 \dots 7 \cdot 2 \cdot 6^2 \cdot \pi \cdot 435 = 689 \text{ kN} > 505 \text{ kN}, \text{ o.k.}$

Längsbewehrung $2 \cdot 6 \phi 12 \dots 2 \cdot 6 \cdot 6^2 \cdot \pi \cdot 435 = 590 \text{ kN} > 546 \text{ kN}, \text{ o.k.}$

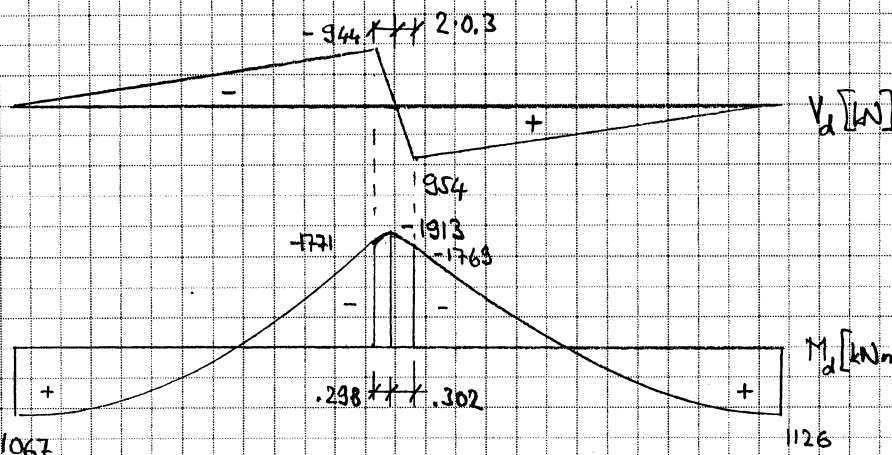
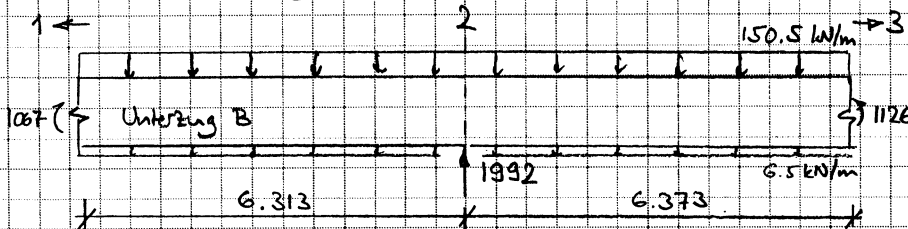
Hauptbewehrung $4 \phi 26 \dots 4 \cdot 13^2 \cdot \pi \cdot 435 = 524 \text{ kN}, \text{ o.k.}$

Beton $\dots \sigma_{c, \max} = \frac{527 \cdot 1000}{400 \cdot 1050} \cdot \left(\frac{525}{660} + \frac{660}{525} \right) = 2.6 \text{ N/mm}^2$

$< k_c \cdot f_{ctd} = 0.6 \cdot 16.5 = 9.9 \text{ N/mm}^2, \text{ o.k.}$

Bereich B2

- Resultate aus Übung 2 [m, kN]:



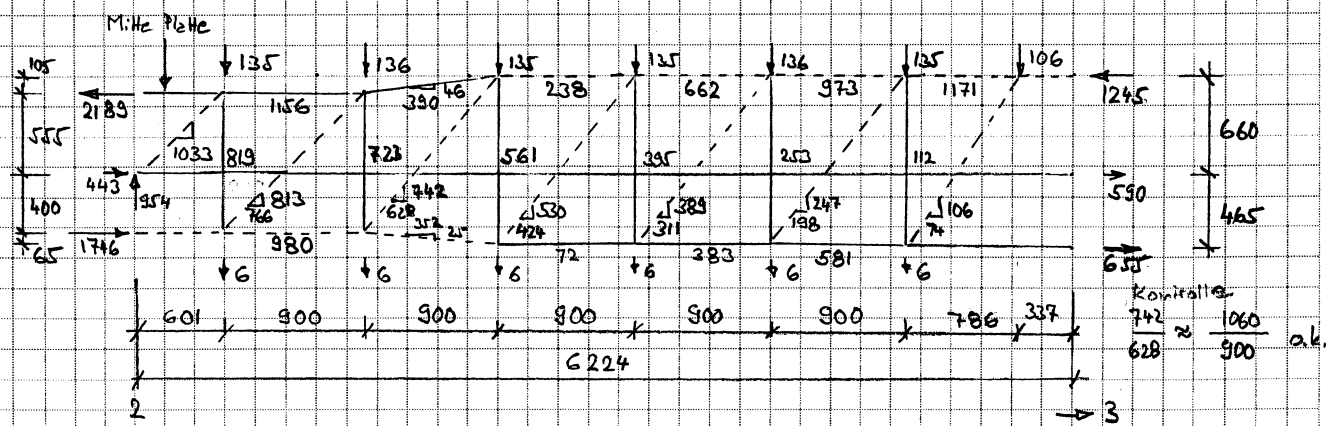
Schnittgrößen mit Berücksichtigung der Lastaufnahme durch den 0.6m breiten Unterzug 2.

$$0.6 \cdot 157 = 94.2 \text{ kN}$$

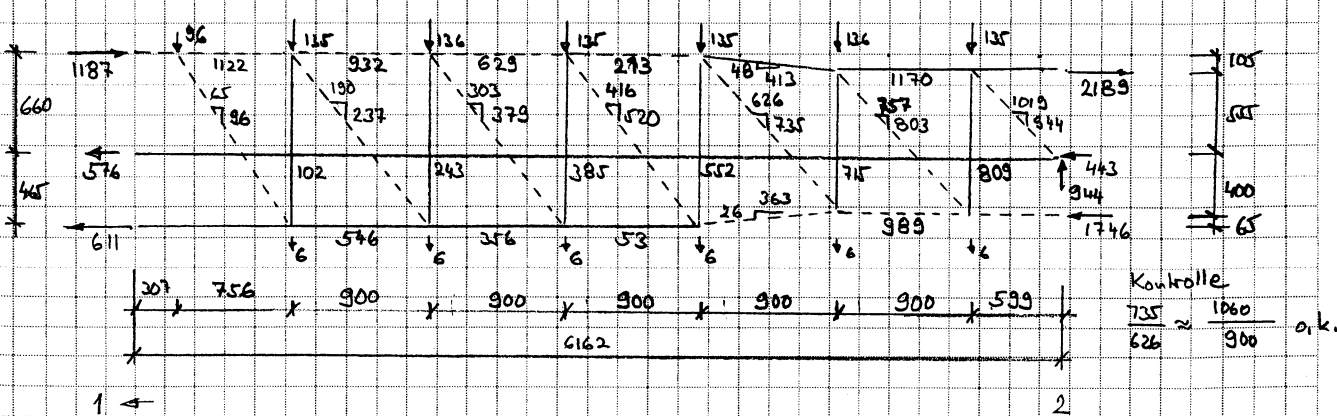
$$1992 - 94 = 1898 \text{ kN}$$

$$944 + 954 = 1898 \text{ kN}$$

- Fachwerkmodelle [mm, kN]:



$$\sigma_{c,max} = \frac{1033}{0.9 \cdot 0.4} \cdot \left(\frac{555}{601} + \frac{601}{555} \right) = 5.8 \text{ N/mm}^2 < k_c \cdot f_{cd} = 0.6 \cdot 16.5 = 9.9 \text{ N/mm}^2, \text{ a.k.}$$



- Bügelbewehrung:

Zur Aufnahme der maximalen Pfostenkräfte von 819 kN bzw. 809 kN sind $2 \cdot 6 \phi 14$ etwas zu schwach: $2 \cdot 6 \cdot 7^2 \cdot \pi \cdot 435 = 804 \text{ kN}$.

Die Abweichung auf die unsichere Seite beträgt max. 2% und wird toleriert, da dafür die Längsbewehrung etwas kräftiger als erforderlich angelegt wird.

→ $\phi 14 @ 150$ über 1.8 m beidseits Unterzug 2, anschließend $\phi 12 @ 150$ (550 kN).

- Längsbewehrung in Platte:

Die $26 \phi 16$ gemäss Übung 2 ergeben einen Widerstand von $26 \cdot 8^2 \cdot \pi \cdot 435 = 2274 \text{ kN}$ > 2189 kN. Zudem würde der Schwerpunkt der Bewehrung in Plattenmitte angenommen. Effektiv liegt der Schwerpunkt 5 mm höher → Hebelarm der inneren Kräfte grösser → grösserer Widerstand, o.k.

- Biegedruckzone unten bei Unterzug 2:

Die Druckkraft von 1746 kN muss von einer 400 mm breiten und 250 mm hohen Zone aufgenommen werden:

$$-\sigma_c = 1.746 / (0.4 \cdot 0.25) = 17.5 \text{ N/mm}^2 > f_{cd} = 16.5 \text{ N/mm}^2$$

Da der Hebelarm der inneren Kräfte etwas unterschätzt wurde, ergeben sich etwas kleinere Spannungen. Zudem wird die Druckkraft neben dem Unterzug 2 rasch abgebaut; 10 cm neben dem Unterzug 2 beträgt sie nur noch $1746 - 777/3 = 1662 \text{ kN}$, was $-\sigma_c = 16.6 \text{ N/mm}^2 \approx f_{cd}$ entspricht. Wegen dem Unterzug 2 ergibt sich ein günstiger dreiaxialer Spannungszustand → Biegedruckzone nicht kritisch!

- Längsbewehrung unten:

$$4 \phi 26 \triangleq 4 \cdot 13^2 \cdot \pi \cdot 435 = 924 \text{ kN} > 655 \text{ kN} \text{ bzw. } 611 \text{ kN}, \text{ o.k.}$$

- Biegedruckzone oben:

$$\text{Feld 12: } 3.02 \cdot 0.03 \cdot 16.5 = 1.495 \text{ MN} > 1.187 \text{ MN}, \text{ o.k.}$$

$$\text{" 23: } 3.00 \cdot 0.03 \cdot 16.5 = 1.485 \text{ MN} > 1.245 \text{ MN}, \text{ o.k.}$$

- Verteilte Längsbewehrung $2 \cdot 6 \phi 12 \triangleq 12 \cdot 6^2 \cdot \pi \cdot 435 = 590 \text{ kN}$:

Die Fachwerkmodelle werden von den Endquerschnitten der beiden Schnittkörper her entwickelt. Im Feld 23 wird die verteilte Längsbewehrung voll ausgenutzt. Im Feld 12 ergibt sich eine Zugkraft von

$$\underbrace{944 \cdot \frac{599}{550}}_{1019} - \underbrace{954 \cdot \frac{601}{550}}_{1033} + 590 = 576 \text{ kN} < 590 \text{ kN}$$

- Schnittanschluss der Platte ($b_{eff} = 1.72 \text{ m}$, je 10 von $26 \phi 16$ in Platte beidseits des Stgs):

$$\text{Maximaler Schnittfluss} = 1033 \text{ kN} \cdot \frac{10}{26} \cdot \frac{1}{0.3 \text{ m}} = 441 \text{ kN/m (in Plattenmitte)}$$

$$\text{Annahme } \sin \alpha_p = 0.85$$

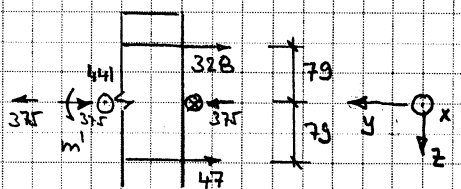
$$\text{Querkraft} = 0.85 \cdot 441 = 375 \text{ kN/m}$$

$$m'_y = (328 - 47) \cdot 0.075 = 22 \text{ kNm/m}$$

$$m'_{\text{rot}} = 62 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma = 84 \text{ kNm/m}$$

$$> 83 \text{ kNm/m}, \text{ o.k.}$$



Effektiv trägt die Platte im Bereich des Unterzugs 2 in y- und x-Richtung → erforderliche Biege- und Torsionswiderstände in y-Richtung kleiner → sichere Seite!