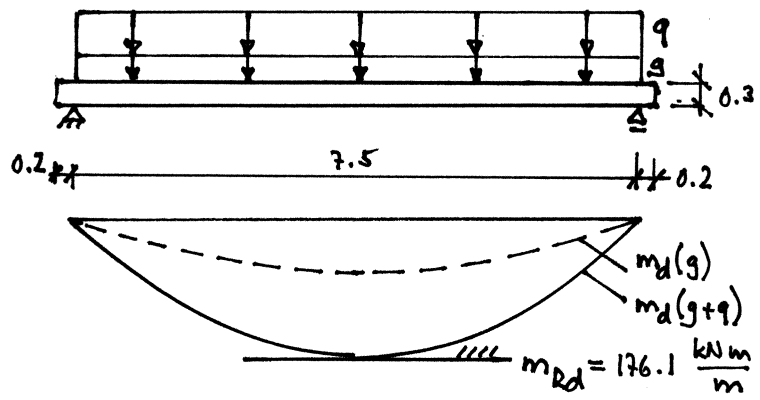
Stahlbeton I – Kolloquium 1

Die in Beispiel 2.2 behandelte Platte soll mit einer abgestuften Bewehrung versehen werden. Ausser der Tragsicherheit soll auch die Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden.

1. Grundlagen



N.B. Annahme Endüberstände 0.2m bei Auflagern

$g = 7.5\ kN/m^2$

$q_{max} = 10\ kN/m^2$ (gerundet)

Beton C 25/30

$f_{cd} = 16.5\ N/mm^2$

$E_{cm} = 32\ kN/mm^2$

(SIA 262, 3.1.2.33, $k_E = 10\,000$)

Betonstahl B500B ($\phi 18 @ 150$)

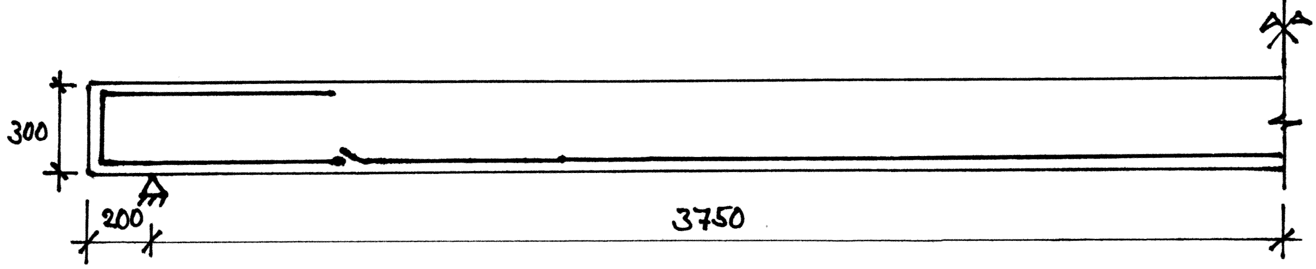
$f_{sd} = 435\ N/mm^2$

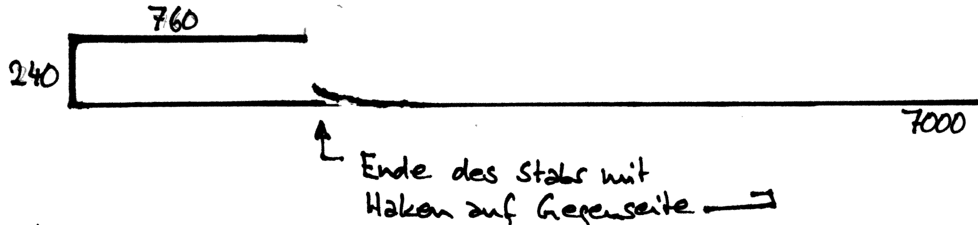
$E_s = 205\ kN/mm^2$

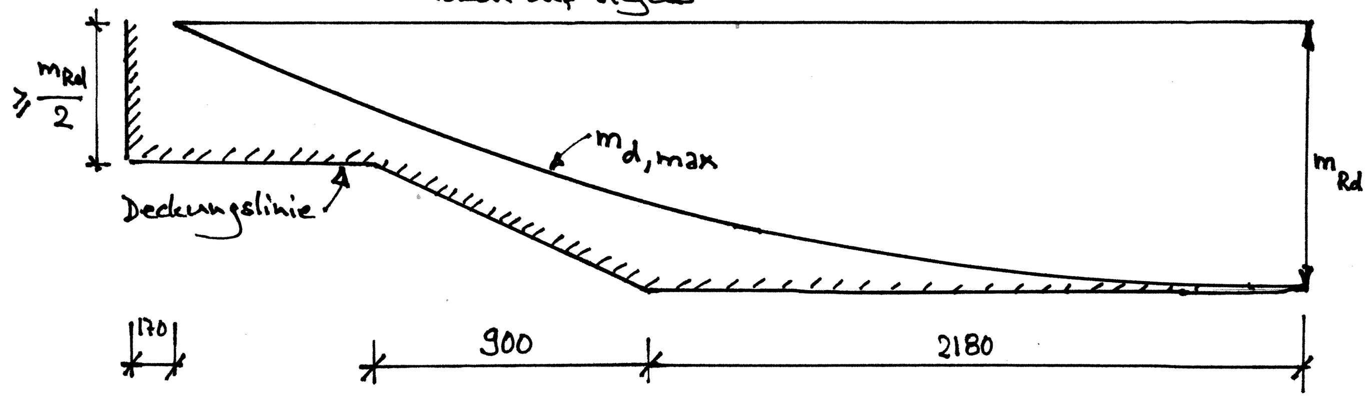
$c_{nom} = 30\ mm$

2. Abstufung der Längsbewehrung und Tragsicherheit

Bei Platten ohne Querkraftbewehrung ist in der Regel mindestens die Hälfte der an den Stellen maximaler Biegebeanspruchung erforderlichen Biegebewehrung bis über die Auflager zu führen und zu verankern (SIA 262, 5.5.3.3). Konstruktive Idee: ⊏——-förmige Stäbe nach beiden Seiten abwechselnd verlegen; damit wird die Verankerungsbedingung gerade erfüllt und Betonstahl gespart; zudem werden Zwangslängen vermieden, d.h. c_{nom} kann bei der Randschalung an beiden Enden genau eingehalten werden. Aufpassen muss man, dass die Stäbe beim Übergreifungsstoss nicht zu kurz sind, d.h. zu scharf abgestuft werden. Um dies zu überprüfen, ist eine Momentendeckungslinie (bzw. eine Zugkraftdeckungslinie) in ausreichend grossem Massstab zu konstruieren:





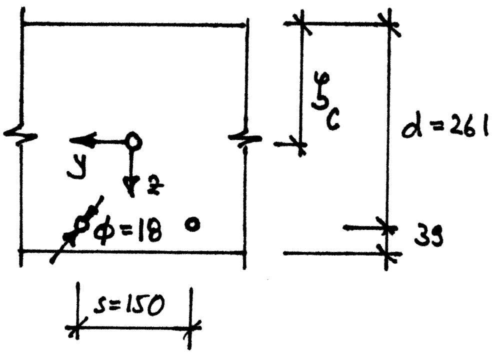


$\underline{\ell_{bd,net} = 50 \cdot \phi} = 50 \cdot 18 = \underline{900\ mm}$ (SIA 262, Tab. 18).

N.B. - Freie Plattenränder (und einfach gelagerte Plattenränder) sind mit einer aufgebogenen Längsbewehrung oder einer Bügelbewehrung (Steck= bügel ⊏⊐) zu umschliessen (SIA 262, 5.5.3.4).

- Stablänge 0.76 + 0.24 + 0.17 + 3.75 + 2.18 + 0.9 = 8 m.
- Zeichnerische Darstellung der Abstufung ⁀— ; effektiv gerades Stabende.
- Verankerungslänge hinter Auflagerlinie = 0.17 + 0.24 + 0.76 = $\underline{1.17 > 0.9\ m}$.
- Deckungslinie zeigt, dass $m_{d,max}$ "abgedeckt" ist; wegen Quer= krafteinfluss ist ein horizontaler Abstand zwischen $m_{d,max}$-Linie und Deckungslinie von etwa d (=statische Höhe) im Minimum einzuhalten; dies hilft auch, Verlegetoleranzen aufzunehmen.

3. Biegesteifigkeit und Durchbiegungen



$$A_i = 300\,000 + \frac{18^2 \cdot \pi}{4 \cdot 0.15}\left(\frac{205}{32} - 1\right) = \underline{309\,171 \text{ mm}^2/\text{m}}$$

$$\zeta_c = \frac{150 \cdot 300\,000 + 261 \cdot 9171}{309\,171} = \underline{153.3 \text{ mm}}$$

$$I_{yi} = \frac{300^3 \cdot 1000}{12} + (153.3 - 150)^2 \cdot 300\,000 + (261 - 153.3)^2 \cdot 9171 = \underline{2.360 \cdot 10^9 \text{ mm}^4/\text{m}}$$

$$EI^{I} = E_c I_{yi} = 32 \cdot 10^3 \cdot 2.360 \cdot 10^9 = \underline{\underline{75.5 \text{ MNm}^2/\text{m}}}$$

$$\rho = \frac{18^2 \cdot \pi}{4 \cdot 261 \cdot 150} = 0.65\,\% \rightarrow \rho n = \frac{0.65 \cdot 205}{100 \cdot 32} = 0.04164 \rightarrow (2.12)\text{: } \underline{x = 65.2 \text{ mm}}$$

$$(2.13)\text{: } EI^{II} = \frac{18^2 \cdot \pi}{4 \cdot 0.15} \cdot 205 \cdot 10^3 \cdot (261 - 65.2)\left(261 - \frac{65.2}{3}\right) = \underline{\underline{16.3 \text{ MNm}^2/\text{m}}}$$

Langzeitwerte mit E_{ca} gemäss (2.24), $\varphi = 2$:

$A_{ia} = 330\,907 \text{ mm}^2/\text{m}$

$\zeta_{ca} = 160.4 \text{ mm}$

$I_{yia} = 2.595 \cdot 10^9 \text{ mm}^4/\text{m}$

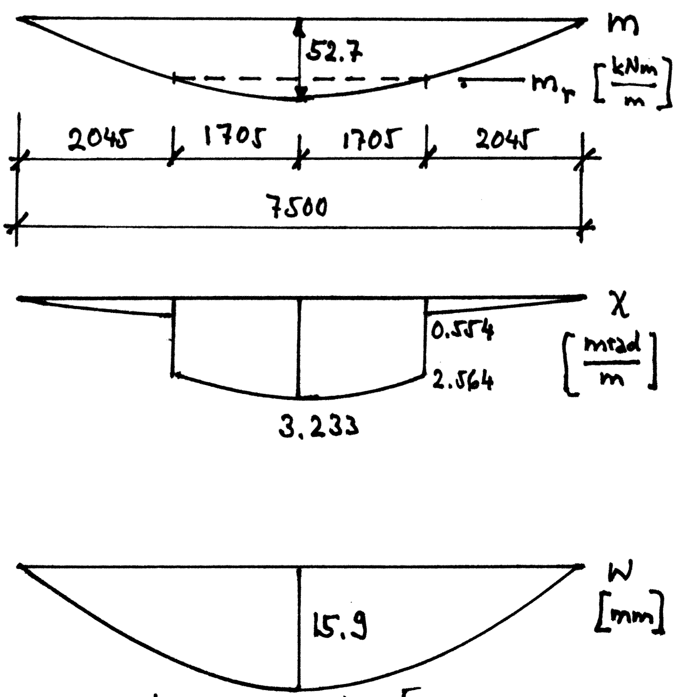
$EI^{Ia} = \underline{\underline{27.7 \text{ MNm}^2/\text{m}}}$

$\rho n_a = 0.12492$

$x_a = 101.9 \text{ mm}$

$EI^{IIa} = \underline{\underline{12.6 \text{ MNm}^2/\text{m}}}$

g allein:



$$w_m^{I} = \frac{5 g \ell^4}{384\, EI^{I}} = \frac{5 \cdot (7.5)^5}{384 \cdot 75.5} = \underline{4.1 \text{ mm}}$$

$$w_m^{II} = \frac{5 g \ell^4}{384\, EI^{II}} = \frac{5 \cdot (7.5)^5}{384 \cdot 16.3} = \underline{19.0 \text{ mm}}$$

$$\frac{g l^2}{8} = \frac{(7.5)^3}{8} = \underline{52.7 \text{ kNm/m}}$$

Rissmoment (siehe Beispiel 2.4)

$$M_r = \frac{EI^{I} \cdot f_{ctm}}{E_c (h - \xi_c)} = \frac{75.5 \cdot 2.6}{32(300 - 153.3)}$$

$$= \underline{41.8 \text{ kNm/m}}$$

Ausdehnung Risszone:

$$3.75 \cdot \sqrt{1 - \frac{41.8}{52.7}} = \underline{1.705 \text{m}}$$

Berechnung w_m (MOHRsche Analogie):

$$\xi = 1 - \frac{1.705}{3.75} = 0.5453$$

$$\mu = \xi^3 \cdot \frac{8 - 3\xi}{5} = 0.2064$$

$$w_m = \mu \cdot w_m^{I} + (1 - \mu)\, w_m^{II}$$

$$= \underline{\underline{15.9 \text{ mm}}}$$

Langzeitwert:

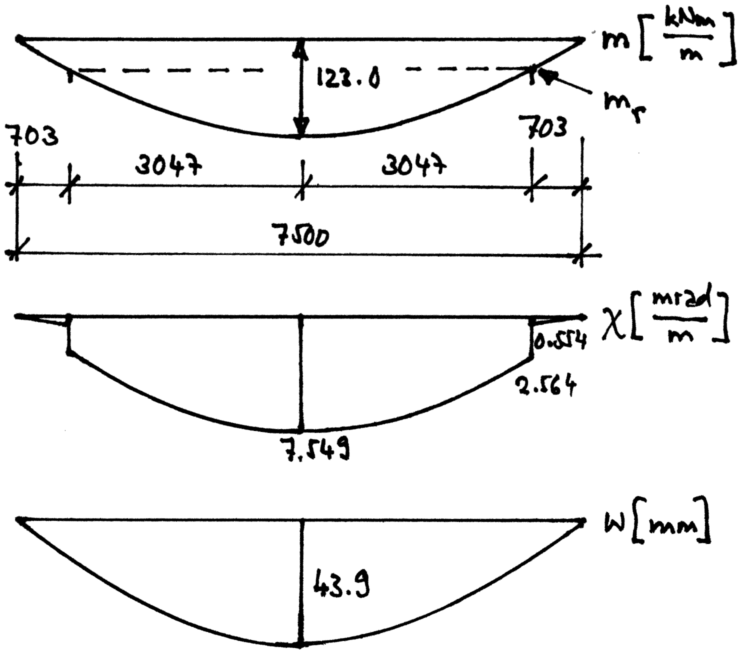
$$w_m^{Ia} = 4.1 \cdot \frac{75.5}{27.7} = \underline{11.2 \text{ mm}}$$

$$w_m^{IIa} = 19.0 \cdot \frac{16.3}{12.6} = \underline{24.5 \text{ mm}}$$

$$w_{ma} = \underline{\underline{21.8 \text{ mm}}}$$

Unter Eigenlast $g = 7.5$ kN/m² beträgt die Mittendurchbiegung der Platte kurzzeitig rund 16 mm ≈ ℓ/470, langfristig rund 22 mm ≈ ℓ/340. Es empfiehlt sich, die Platte beim Schalen um etwa 20 mm zu überhöhen, um diese Werte langfristig etwa zu kompensieren.

g und q:



$$\frac{(g+q)\,l^2}{8} = \frac{17.5\cdot 7.5^2}{8}$$

$$= \underline{123.0 \text{ kNm/m}}$$

$$\xi = 1-\sqrt{1-\frac{41.8}{123.0}} = 0.1875$$

$$\mu = \xi^3\cdot\frac{8-3\xi}{5} = 0.0098$$

$$w_m^{I} = \frac{5\cdot 17.5\cdot 7.5^4}{384\cdot 75.5} = 9.5 \text{ mm}$$

$$w_m^{II} = \frac{5\cdot 17.5\cdot 7.5^4}{384\cdot 16.3} = 44.2 \text{ mm}$$

$$w_m = \mu\cdot w_m^{I} + (1-\mu)\,w_m^{II}$$

$$= \underline{\underline{43.9 \text{ mm}}}$$

N.B. $w_m^{II}(q) = \frac{5\cdot 10\cdot 7.5^4}{384\cdot 16.3} = \underline{\underline{25.3 \text{ mm}}} \approx l/300 > l/350$ (SIA 260, Tab. 3).

Unter Eigenlast g und voller Nutzlast q ist die Platte fast über die ganze Länge gerissen. Die Zusatzdurchbiegung infolge q kann mit $w_m^{II}(q)$ gut abgeschätzt werden; sie übertrifft den für Gebäude und häufige Lastfälle in SIA 260, Tab. 3 angegebenen Richtwert l/350 für die Gebrauchsgrenze; übernimmt man diesen Richtwert, kann der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nicht erbracht werden.

In den Randbereichen, wo die Bewehrung abgestuft und die Platte gerissen ist, müsste die geringere Biegesteifigkeit EI^{II} berücksichtigt werden; w_m würde dadurch nochmals etwas grösser. Zudem ist oben der Schwindeinfluss vernachlässigt worden; auch dadurch würde w_m tendenziell vergrössert → <u>Platte etwas zu weich!</u>