

Nachweis der Spannungsbegrenzungen nach DIN 1045-1:2001-7

Eingangswerte der Berechnung

Festigkeitsklasse Beton:

C30/37

Festlegung der Trockenrohdichte
bei Anwendung von Leichtbeton:

$$\rho := 0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Definitionen

Definition gebräuchlicher Einheiten:

kN := 1000 · N Definition von [kN]

MN := 1000 · kN Definition von [MN]

° := $\frac{\pi}{180}$ Definition von [°]

Werkstoffkennwerte für Betonstahl:

$f_{yk} := 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ charakteristischer Wert
der
Streckgrenze

$f_{tk} := 550 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ charakteristischer Wert
der
Zugfestigkeit

$E_s := 200000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Elastizitätsmodul

Werkstoffkennwerte für Normalbeton:

Spalte 0: f_{ck} Spalte 4: $n = n_{Exp}$

Spalte 1: f_{ctm} Spalte 5: e_{c2}

Spalte 2: $f_{ctk_{0.05}}$ Spalte 6: e_{c2}

Spalte 3: E_{cm}

B :=

	0	1	2	3	4	5	6
0	12	1.6	1.1	25800	2	-2	-3.5
1	16	1.9	1.3	27400	2	-2	-3.5
2	20	2.2	1.5	28800	2	-2	-3.5
3	25	2.6	1.8	30500	2	-2	-3.5
4	30	2.9	2	31900	2	-2	-3.5
5	35	3.2	2.2	33300	2	-2	-3.5
6	40	3.5	2.5	34500	2	-2	-3.5
7	45	3.8	2.7	35700	2	-2	-3.5
8	50	4.1	2.9	36800	2	-2	-3.5
9	55	4.2	3	37800	2	-2.03	-3.1
10	60	4.4	3.1	38800	1.9	-2.06	-2.7
11	70	4.6	3.2	40600	1.8	-2.1	-2.5
12	80	4.8	3.4	42300	1.7	-2.14	-2.4
13	90	5	3.5	43800	1.6	-2.17	-2.3
14	100	5.2	3.7	45200	1.55	-2.2	-2.2

Faktorenberechnungen für die Ermittlung der Werkstoffkennwerte bei Anwendung von LC

$$\eta_1 := \begin{cases} \frac{\rho}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \frac{1}{2200} & \text{if Beton} > 14 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \eta_E := \left(\frac{\rho}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \frac{1}{2200} \right)^2$$

$$\eta_1 = 1.00 \quad \eta_E = 0.00$$

Charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

$$f_{ck} := \text{wenn} \left[\text{Beton} > 14, B_{(\text{Beton}-15)}, 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, B_{\text{Beton}}, 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$f_{ck} = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons

$$f_{ctm} := \text{wenn} \left[\text{Beton} > 14, B_{(\text{Beton}-15)}, 1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \eta_1, B_{\text{Beton}}, 1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$f_{ctm} = 2.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Charakteristischer Wert des 5%-Quantils der Betonzugfestigkeit

$$f_{ctk_{0.05}} := \text{wenn} \left[\text{Beton} > 14, B_{(\text{Beton}-15)}, 2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \eta_1, B_{\text{Beton}}, 2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$f_{ctk_{0.05}} = 2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mittlerer Elastizitätsmodul für Beton

$$E_{cm} := \text{wenn} \left[\text{Beton} > 14, B_{(\text{Beton}-15)}, 3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \eta_E, B_{\text{Beton}}, 3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$E_{cm} = 31900 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Teilsicherheitsbeiwert für Beton

$$\gamma_c := \begin{cases} 1.5 & \text{if } (\text{Beton} < 9) + [(\text{Beton} > 14) \cdot (\text{Beton} < 24)] \\ 1.5 \cdot \frac{1}{1.1 - \frac{f_{ck}}{500} \cdot (\text{mm}^2 \cdot \text{N}^{-1})} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl

$$\gamma_s := 1.15$$

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit

$$\alpha := \begin{cases} 0.75 & \text{if Beton} > 14 \\ 0.85 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \alpha = 0.85$$

$$f_{cd} := \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 17.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bemessungswert der Betonstahlfestigkeit

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 434.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kennwerte der Betonarbeitslinie für die Bemessung (Parabel-Rechteck)

$$\eta_{Exp} := \text{wenn}(\text{Beton} > 14, B_{\text{Beton}-15,4}, B_{\text{Beton},4})$$

$$\eta_{Exp} = 2.00 \quad \text{Exponent der Parabel}$$

$$\epsilon_{cv} := \text{wenn}(\text{Beton} > 14, B_{\text{Beton}-15,5} \cdot 0.001, B_{\text{Beton},5} \cdot 0.001)$$

$$\epsilon_{cv} = -0.00200 \quad \text{Scheitelwert}$$

$$\epsilon_{cu} := \begin{cases} \text{if Beton} > 14 & \epsilon_{cu} = -0.00350 \\ \quad \begin{cases} z_s \leftarrow -0.0035 \cdot \eta_1 & \text{Bruchdehnung bei Biegung} \\ z_s \text{ if } z_s > B_{\text{Beton}-15,6} \cdot 0.001 \\ B_{\text{Beton}-15,6} \cdot 0.001 & \text{otherwise} \end{cases} \\ B_{\text{Beton},6} \cdot 0.001 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\epsilon_{c0} := -0.0022 \quad \text{Bruchdehnung bei zentrischem Druck}$$

Kennwerte der Betonstahlarbeitslinie für die Bemessung (bilinear)

$$\epsilon_{su} := 0.025$$

$$\epsilon_{uk} := 0.05$$

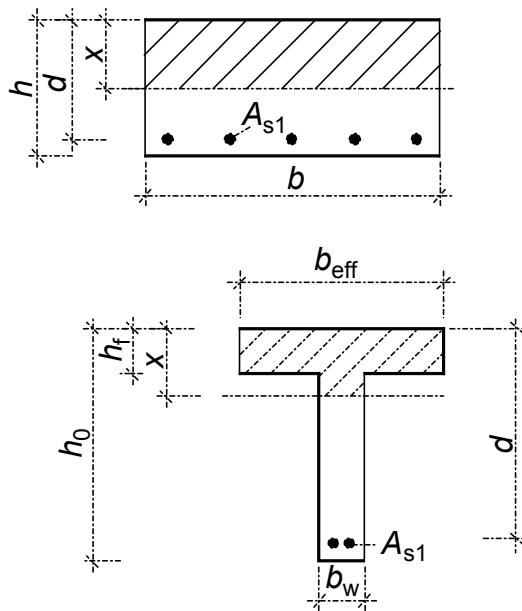
$$\epsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s} \quad \epsilon_{yd} = 0.00217$$

Definitionen

Eingabewerte: Bauteilgeometrie, Ergebnisse aus der Schnittgrössenberechnung und der Biegebemessung

Querschnittstyp:

Plattenbalken



Rechteck:

$$b := 0 \cdot \text{cm}$$

$$h := 0 \cdot \text{cm}$$

Plattenbalken:

$$b_{\text{eff}} := 268 \cdot \text{cm}$$

$$b_w := 40 \cdot \text{cm}$$

$$h_0 := 70 \cdot \text{cm}$$

$$h_f := 20 \cdot \text{cm}$$

Randabstand A_{s1}

$$d_1 := 6 \cdot \text{cm}$$

Achtung, nachfolgende Momente immer positiv eingeben !

für seltene Lastfallkombination

$$M_{\text{Ed},s} := 310 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

für quasi-ständige Lastfallkombination

$$M_{\text{Ed},q,s} := 280 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

gewählter Bewehrungsquerschnitt

$$A_{s1} := 16.1 \cdot \text{cm}^2$$

gewählter Bewehrungsdurchmesser

$$d_s := 25 \cdot \text{mm}$$

Berechnungen:

$$\text{Statische Höhe } d := \begin{cases} h - d_1 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \\ h_0 - d_1 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \end{cases} \quad d = 0.64 \text{ m}$$

$$\text{Betonfläche } A_c := \begin{cases} b \cdot h & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \\ (b_{\text{eff}} - b_w) \cdot h_f + b_w \cdot h_0 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \end{cases} \quad A_c = 0.74 \text{ m}^2$$

Abstand Schwerpunkt vom oberen Rand

$$z_2 := \begin{cases} \frac{(b_{\text{eff}} - b_w) \cdot \frac{h_f^2}{2} + b_w \cdot \frac{h_0^2}{2}}{A_c} & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \\ 0.5 \cdot h & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \end{cases} \quad z_2 = 19.51 \text{ cm}$$

vom unteren Rand

$$z_1 := \begin{cases} h - z_2 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \\ h_0 - z_2 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \end{cases} \quad z_1 = 50.49 \text{ cm}$$

Trägheitsmoment Betonquerschnitt um die Schwerachse

$$I_{ys} := \begin{cases} \frac{b \cdot h^3}{12} & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \\ \frac{1}{3} \cdot [(b_{\text{eff}} - b_w) \cdot h_f^3 + b_w \cdot h_0^3] - A_c \cdot z_2^2 & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \end{cases} \quad I_{ys} = 0.0238 \text{ m}^4$$

Betonzugspannung

$$\text{mittlere Festigkeit} \quad f_{\text{ctm}} = 2.90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{vorhandene Spannung} \quad \sigma_{\text{cu.selten}} := \frac{M_{\text{Ed.s}} \cdot z_1}{I_{ys}} \quad \sigma_{\text{cu.selten}} = 6.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Ergebnis} := \begin{cases} \text{"Spannungsnachweis muss nach Zustand II erfolgen"} & \text{if } \sigma_{\text{cu.selten}} > f_{\text{ctm}} \\ \text{"Spannungsnachweis darf nach Zustand I erfolgen"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ergebnis = "Spannungsnachweis muss nach Zustand II erfolgen"

Achtung, nachfolgendes Arbeitsblatt gilt nur für Zustand II.

$$\alpha_e := 15$$

$$x := \begin{cases} \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 1 \\ \frac{0.5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f^2 + \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d}{b_{\text{eff}} \cdot h_f + \alpha_e \cdot A_{s1}} & \text{if } Q_{\text{Typ}} = 2 \end{cases}$$

$$x = 12.3\text{cm}$$

$$z := \begin{cases} d - \frac{x}{3} & \text{if } (x \leq h_f) \vee (QTyp = 1) \\ d - \frac{h_f}{2} + \frac{h_f^2}{6 \cdot (2 \cdot x - h_f)} & \text{if } (x > h_f) \wedge (QTyp = 2) \end{cases}$$

$$z = 59.9\text{cm}$$

Spannungsnachweise für die quasi-ständige Kombination

$$\sigma_{s1.q.s} := \frac{M_{Ed.q.s}}{z \cdot A_{s1}} \quad \sigma_{s1.q.s} = 290.38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Betrag der Betondruckspannung

$$\text{zulässiger Wert} \quad 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

vorhandener Wert

$$\sigma_{c.q.s} := \begin{cases} \frac{2 \cdot M_{Ed.q.s}}{b \cdot x \cdot z} & \text{if } QTyp = 1 \\ \frac{\sigma_{s1.q.s} \cdot x}{\alpha_e \cdot (d - x)} & \text{if } QTyp = 2 \end{cases}$$

$$\sigma_{c.q.s} = 4.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Ergebnis} := \begin{cases} \text{"Nachweis nicht erfüllt"} & \text{if } \sigma_{c.q.s} > 0.45 \cdot f_{ck} \\ \text{"Nachweis der Begrenzung der Betondruckspannung erbracht"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ergebnis = "Nachweis der Begrenzung der Betondruckspannung erbracht"

Spannungsnachweise für die seltene Kombination

Stahlspannung

$$\text{zulässiger Wert} \quad 0.8 \cdot f_{yk} = 400.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{vorhandener Wert} \quad \sigma_{s1.s} := \frac{M_{Ed.s}}{z \cdot A_{s1}}$$

$$\sigma_{s1.s} = 321.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nachweis der Spannungsbegrenzungen nach DIN 1045-1:2001-07

Ergebnis := $\left| \begin{array}{l} \text{"Nachweis nicht erfüllt"} \text{ if } \sigma_{s1.s} > 0.8 \cdot f_{yk} \\ \text{"Nachweis der Stahlspannungsbegrenzung erbracht"} \text{ otherwise} \end{array} \right|$

Ergebnis = "Nachweis der Stahlspannungsbegrenzung erbracht"

Betrag der Betondruckspannung

Der Nachweis der Betondruckspannung muss nur in den Expositionsklassen XD, XF, und XS erbracht werden, falls keine anderen Massnahmen vorgesehen sind. Bei diesem Beispiel wird von XC 4 und XF 4 ausgegangen, d.h. der Nachweis ist zu führen.

zulässiger Wert $0.6 \cdot f_{ck} = 18.00 \frac{N}{mm^2}$

vorhandener Wert $\sigma_{c.s} := \left| \begin{array}{l} \frac{2 \cdot M_{Ed.s}}{b \cdot x \cdot z} \text{ if } Q_{Typ} = 1 \\ \frac{\sigma_{s1.s} \cdot x}{\alpha_E \cdot (d - x)} \text{ if } Q_{Typ} = 2 \end{array} \right|$

$\sigma_{c.s} = 5.1 \frac{N}{mm^2}$

Ergebnis := $\left| \begin{array}{l} \text{"Nachweis nicht erfüllt"} \text{ if } \sigma_{c.s} > 0.6 \cdot f_{ck} \\ \text{"Nachweis der Begrenzung der Betondruckspannungen erbracht"} \text{ otherwise} \end{array} \right|$

Ergebnis = "Nachweis der Begrenzung der Betondruckspannungen erbracht"