

## Durchstanznachweis gemäß DIN 1045-1: 2001-07, Kap. 10.5

### Eingangswerte der Berechnung

Festigkeitsklasse Beton:

C20/25

Festlegung der Trockenrohdichte  
bei Anwendung von Leichtbeton  
(wird hier nicht verwendet)

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

### Definitionen

Stützenabmessungen:

$$l_{cx} := 30 \cdot \text{cm}$$

$$l_{cy} := 30 \cdot \text{cm}$$

Plattendicke:

$$h := 24 \cdot \text{cm}$$

$$d := 20.5 \cdot \text{cm}$$

Eingabestatus :=  $\left| \begin{array}{l} \text{"Verhältnis Länge zu Breite überschritten"} \quad \text{if } \frac{l_{cx}}{l_{cy}} > 2 \\ \text{"Verhältnis Länge zu Breite ist möglich"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$

Eingabestatus = "Verhältnis Länge zu Breite ist möglich"

Eingabestatus :=  $\left| \begin{array}{l} \text{"Umfang größer 11 d"} \quad \text{if } 2 \cdot (l_{cx} + l_{cy}) > 11 \cdot d \\ \text{"Umfang ist möglich"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$

Eingabestatus = "Umfang ist möglich"

Bewehrungsgrad:

$$\rho_{lx} := 0.73 \cdot \%$$

$$\rho_{ly} := 0.57 \cdot \%$$

Schnittgrößen:

$$V_{Ed} := 525 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{cd} := 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Innenstütze

$$\beta = 1.05$$

### Berechnungen:

#### - Umfang des betrachteten kritischen Rundschnitts

Für eine Rechteckstütze wird der Umfang des kritischen Rundschnittes mitnachfolgender Gleichung bestimmt.

$$u_{crit} := [2 \cdot (l_{cx} + l_{cy}) + 2 \cdot 1.5 \cdot d \cdot \pi] \quad u_{crit} = 3.13 \text{ m}$$

#### - aufzunehmende Querkraft je Längeneinheit für $u_{crit}$

$$v_{Ed.crit} := \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{crit}} \quad v_{Ed.crit} = 0.176 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

**- Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung**

$$\kappa := 1 + \sqrt{\frac{200}{d \cdot \left(\frac{1}{\text{mm}}\right)}}$$

$$\kappa := \begin{cases} \kappa & \text{if } \kappa \leq 2 \\ 2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa = 1.99$$

$$\rho_l := \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}$$

$$\rho_l := \begin{cases} \rho_l & \text{if } \rho_l \leq 0.02 \wedge 0.4 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \\ \min\left(0.02, 0.4 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}\right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\rho_l = 0.0065$$

Die Querkrafttragfähigkeit wird im kritischen Rundschnitt pro Längeneinheit ermittelt.

$$v_{Rd.ct} := \left[ 0.14 \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot \left[ 100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \left( \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right) \right]^{\frac{1}{3}} - 0.12 \cdot \sigma_{cd} \cdot \left( \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right) \right] \cdot \frac{d}{\text{mm}} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$v_{Rd.ct} = 0.134 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

**- Nachweis, ob Durchstanzbewehrung anzuordnen ist**

$$\text{Nachweisstatus} := \begin{cases} \text{"Durchstanzbewehrung ist erforderlich"} & \text{if } v_{Ed.crit} > v_{Rd.ct} \\ \text{"Durchstanzbewehrung ist nicht erforderlich"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Nachweisstatus = "Durchstanzbewehrung ist erforderlich"

**- maximale Querkrafttragfähigkeit im kritischen Rundschnitt**

$$v_{Rd.max} := 1.5 \cdot v_{Rd.ct}$$

$$v_{Rd.max} = 0.201 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

**- Ausnutzung bei vorliegendem Bewehrungsgrad der Biegezugbewehrung**

$$\frac{v_{Ed.crit}}{v_{Rd.max}} = 87.7\%$$

**- Aufbereitung einer Meldung durch Verkettung von Zeichenfolgen**

$$\eta := \frac{v_{Ed.crit} \cdot 100}{v_{Rd.max}} \quad t := \text{zahlinzf}(\text{rund}(\eta, 1)) \quad \text{Einheit} := " \%$$

Anfang := "Ausnutzung der Querkrafttragfähigkeit am kritischen Rundschnitt "

Meldung := verkett(Anfang, t, Einheit)

**- Nachweis, ob die maximale Querkrafttragfähigkeit im kritischen Rundschnitt überschritten wird**

Nachweisstatus :=  $\begin{cases} \text{"Maximale Querkrafttragfähigkeit überschritten"} & \text{if } v_{Ed.crit} > v_{Rd.max} \\ \text{Meldung} & \text{otherwise} \end{cases}$

Nachweisstatus = "Ausnutzung der Querkrafttragfähigkeit am kritischen Rundschnitt 87.7 %"

**- Ermittlung der Breite des Bereiches mit Durchstanzbewehrung**

Zunächst wird die Gleichung aufgestellt, für die die Nullstelle mit Hilfe der wurzel-Funktion zu finden ist.

$$f(l_w) := \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{2 \cdot (l_{cx} + l_{cy}) + \pi \cdot (2 \cdot l_w + 3 \cdot d)} - \left( 1 - \frac{0.167 \cdot l_w}{3.5 \cdot d} \right) \cdot v_{Rd.ct}$$

Festlegung eines Startwertes:

$$l_w := 0.5 \cdot d$$

$$lösg := \text{wurzel}(f(l_w), l_w)$$

$$lösg = 0.187 \text{ m}$$

$$l_w := lösg$$

$$l_w = 0.187 \text{ m}$$

**- Bemessung der Durchstanzbewehrung**

$$s_{w.max} := 0.75 \cdot d$$

$$s_{w.max} = 0.15 \text{ m}$$

$$\kappa_s := 0.7 + 0.3 \cdot \left( \frac{\frac{d}{\text{mm}} - 400}{400} \right)$$

$$\kappa_s := \begin{cases} \kappa_s & \text{if } \kappa_s \geq 0.7 \\ 0.7 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\kappa_s = 0.7$$

**- Bestimmung der Anzahl der Rundschnitte**

$$i := \frac{l_w - 0.5 \cdot d}{s_{w.max}}$$

$$n := \text{ceil}(i + 1)$$

$$n = 2$$

$$s_w := \begin{cases} 0 & \text{if } n = 1 \\ \frac{l_w - 0.5 \cdot d}{n - 1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$s_w = 8.5 \text{ cm}$$

$$\Sigma s_w(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0.5 \cdot d & \text{if } n = 1 \\ \text{otherwise} & \\ \begin{cases} s \leftarrow 0.5 \cdot d \\ \text{for } j \in 2..n \\ s \leftarrow s + s_w \end{cases} & \end{cases}$$

**- Bestimmung des Umfanges der Rundschnitte**

$$u(n) := 2 \cdot (l_{cx} + l_{cy}) + 2 \cdot \pi \cdot \Sigma s_w(n)$$

**- Bemessungsquerkraft an der Nachweisstelle**

$$v_{Ed}(n) := \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u(n)}$$

**- Ermittlung der erforderlichen Durchstanzbewehrung (lotrechte Bügel)**

$$A_{sw}(n) := \begin{cases} (v_{Ed}(n) - v_{Rd,ct}) \cdot \frac{u(n)}{\kappa_s \cdot f_{yd}} & \text{if } n = 1 \\ (v_{Ed}(n) - v_{Rd,ct}) \cdot \frac{u(n) \cdot s_w}{\kappa_s \cdot f_{yd} \cdot d} & \text{otherwise} \end{cases}$$

**Ergebnisse:**

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in Vektorform. Die Laufvariable entspricht der Bezeichnung des jeweils n-ten inneren Rundschnittes.

$j := 1..n$

$n := 2$

**- Erforderliche Durchstanzbewehrung je Rundschnitt**

$$A_{sw_j} := A_{sw}(j)$$

$$A_{sw_j} = \begin{bmatrix} 10.01 \\ 3.16 \end{bmatrix} \text{ cm}^2$$

**- Umfang des jeweiligen Rundschnitts**

$$u_j := u(j)$$

$$u_j = \begin{bmatrix} 1.84 \\ 2.38 \end{bmatrix} \text{ m}$$

**- Abstand des jeweiligen Rundschnittes vom Mittelpunkt der Lasteinleitungsfläche**

x-Richtung

y-Richtung

$$r_{wx_j} := \frac{l_{cx}}{2} + \Sigma s_w(j) \quad r_{wx_j} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.34 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$r_{wy_j} := \frac{l_{cy}}{2} + \Sigma s_w(j) \quad r_{wy_j} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.34 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Die Anforderungen an die bauliche Durchbildung und den Mindestwert der Durchstanzbewehrung sind nach [DIN 1045-1] 13.3.3 zu berücksichtigen.

**- Mindestwert der Durchstanzbewehrung**

$$\frac{A_{sw_j}}{\Sigma s_w(j) \cdot u_j} = \begin{matrix} ? \\ \geq \end{matrix} \begin{matrix} \min_{pw} := 0.07 \cdot \% \\ \text{[DIN 1045-1] Tab. 29, Spalte 3} \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.00529 \\ 0.00071 \end{bmatrix}$$

Die erforderliche Durchstanzbewehrung je Rundschnitt ist größer als die Mindestbewehrung.