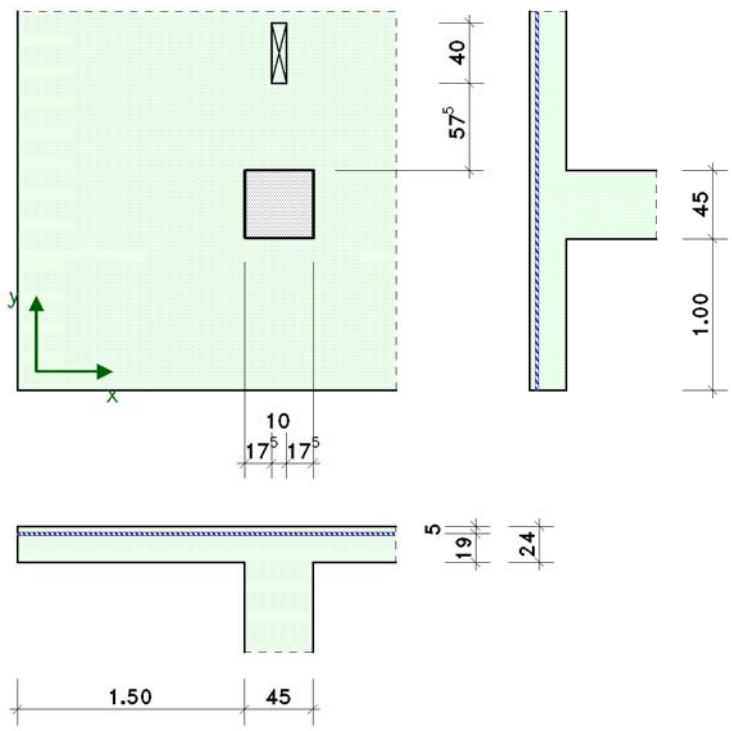
4H-STANZ Version: 8/2012-2d

Durchstanznachweis für Stütze unter Deckenplatte

Nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit Nationalem Anhang Deutschland (DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04)

Maßstab 1:50



verankerte Zugbewehrung

$a_{s,zug,x}$ = 31.42 cm²/m

$a_{s,zug,y}$ = 31.42 cm²/m

Betonfestigkeitsklasse **C35/45**

Betonstahlsorte **B500A**

1. Belastung

Bemessungswerte der Durchstanzlast im Schwerpunkt der Lasteinleitung

LK	Bezeichnung	Bemessungssit.	V_{Ed} kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm
1	Volllast	ständig	400.00	100.00	50.00
2	Sonderlast	außergew.	650.00	300.00	150.00

V_{Ed} - Querkraft $M_{Ed,x}/M_{Ed,y}$ - Momente

2. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_c	γ_s
ständig und vorübergehend	1.50	1.15
außergewöhnlich	1.30	1.00

3. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

$v_{Ed,crit} = \beta \cdot V_{Ed}/(u_1 \cdot d)$

$\beta = 1 + \mathrm{sqrt}((k_x \cdot M_{Ed,x} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_{1,x})^2 + (k_y \cdot M_{Ed,y} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_{1,y})^2) \geq 1.10$

$W_1 = \int |e|\, dl$ mit dl:Differential des Umfangs

e :Abstand von dl zur Achse von M_{Ed}

Beiwert zur Ermittlung der Schubspannungen aus Momentenbeanspruchung

(nach [1], Tabelle 6.1)

$c_1 = c_2 = 0.45 \Rightarrow k_x = k_y = 0.6$

Abstand und Umfang des kritischen Rundschnittes

$a_{r,1} = 2 \cdot d = 38$ cm $\Rightarrow u_1 = 3.85$ m

(unwirksamer Bereich infolge Lochflächen $du_{Lf} = 0.15$ m)

Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes

- bei Momentenbelastung um die x-Achse $W_{1,x} = 1.9375$ m²
- bei Momentenbelastung um die y-Achse $W_{1,y} = 2.707$ m²

Versatz zwischen Rundschnitt- und Stützenschwerpunkt

$\Delta x = -0.08$ m

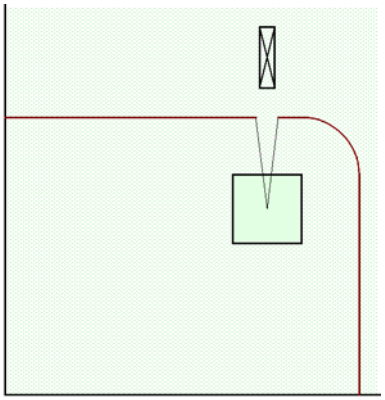
$\Delta y = 0.17$ m

Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

LK	V_{Ed} kN	$M_{Ed,x,Sp}$ kNm	$M_{Ed,y,Sp}$ kNm	β -	$v_{Ed,crit}$ N/mm²
1	400.00	33.23	81.89	1.20	**0.657**
2	650.00	191.50	201.81	1.44	**1.281**

W_1 - Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnittes
$M_{Ed,x,Sp}/M_{Ed,y,Sp}$ - Momente bezügl. Schwerpunkt des Rundschnittes β - Lasterhöhungsfaktor aus exzentrischer Belastung
$v_{Ed,crit}$ - Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

4. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt



$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_{l,zug} \cdot f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$ [N/mm²]
$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
$k = 1 + \text{sqrt}(200/d) \leq 2.0$ mit d [mm]
$\rho_{l,zug,max}$ = Minimum von $(0.02,\ 0.5 \cdot f_{cd}/f_{yd})$
$\rho_{l,zug} = \text{sqrt}(\rho_{lx,zug} \cdot \rho_{ly,zug}) \leq \rho_{l,zug,max}$
$v_{min} = 0.0525/\gamma_c \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ für $d \leq 600$ mm

Maßstabsfaktor

$k = 1 + \text{sqrt}(200/190) = 2.03 > 2 \Rightarrow k = 2$

Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

Mittelwert aus der Zugbewehrung bis zum Abstand 3d von der Stütze

$\rho_{lx,zug} = 31.42/19 \cdot 10^{-2} = 0.01654$
$\rho_{ly,zug} = 31.42/19 \cdot 10^{-2} = 0.01654$
$\rho_{l,zug} = \text{sqrt}(0.01654 \cdot 0.01654) = 0.01654$

4.1. Bemessungssituation ständig und vorübergehend (LK 1)

$C_{Rd,c} = 0.18/1.5 = 0.12$
$\rho_{l,zug,max}$ = Minimum von $(0.02,\ 0.5 \cdot 19.83/434.78) = 0.02 > 0.0165$
$v_{min} = 0.0525/1.5 \cdot 2^{3/2} \cdot 35^{0.5} = 0.586$ N/mm²
$v_{Rd,c} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 0.928$ N/mm² > 0.586 N/mm²

0.657 N/mm² < 0.928 N/mm² ⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

4.2. Bemessungssituation außergewöhnlich (LK 2)

$C_{Rd,c} = 0.18/1.3 = 0.138$
$\rho_{l,zug,max}$ = Minimum von $(0.02,\ 0.5 \cdot 22.88/500) = 0.02 > 0.0165$
$v_{min} = 0.0525/1.3 \cdot 2^{3/2} \cdot 35^{0.5} = 0.676$ N/mm²
$v_{Rd,c} = 0.138 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 1.071$ N/mm² > 0.676 N/mm²

1.281 N/mm² > 1.071 N/mm² ⇒ Durchstanzbewehrung erforderlich

Maximaltragfähigkeit

$v_{Rd,max} = 1.4 \cdot v_{Rd,c}$

$v_{Rd,max} = 1.4 \cdot 1.071 = 1.5$ N/mm²

1.281 N/mm² < 1.5 N/mm² ⇒ $v_{Ed,crit}$ kann mit Durchstanzbewehrung aufgenommen werden

Grundwert der erforderlichen Durchstanzbewehrung

$A_{sw,crit} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot s_r \cdot u_1/(1.5 \cdot f_{ywd,ef})$
$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot d \leq f_{ywd}$

$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot 190 = 297.5$ N/mm²
$f_{ywd} = 500/1 = 500$ N/mm² > 297.5 N/mm²
$s_r = 0.75 \cdot 19 = 14.3$ cm
$A_{sw,crit} = (1.281 - 0.75 \cdot 1.071) \cdot 14.3 \cdot 3.85/(1.5 \cdot 297.5) \cdot 100 = 5.86$ cm²

5. Bemessung für maßgebendes Lastkollektiv 2

5.1. Bügelbewehrungsreihen

$A_{sw,erf} = \kappa_{sw} \cdot A_{sw,crit}$
$A_{sw,min} = 0.08/1.5 \cdot f_{ck}^{0.5}/f_{yk} \cdot s_{r,max} \cdot u$

Stabdurchmesser

max $Ø_{sw} \leq 0.05 \cdot 190 \approx 10$ mm ⇒ **gewählt Ø 10**

Hinweis zum Einbau von 10er Bügeln: beide Bewehrungslagen müssen umfasst werden

Nr	κ_{sw} -	$A_{sw,erf}$ cm²	s_r cm	l_w cm	u m	$A_{sw,min}$ cm²	min n -	gewählt Schenkel	$\bar{s}_t$ cm	$A_{sw,vorh}$ cm²
1	2.50	14.65	9.5	9.5	2.32	2.08	9	**20 Ø 10**	11.6	15.71
2	1.40	8.20	14.3	23.8	3.18	2.86	12	**12 Ø 10**	26.5	9.42
3	1.00	5.86	14.3	38.0	3.85	3.46	14	**14 Ø 10**	27.5	11.00
4	1.00	5.86	14.3	52.3	4.03	3.63	11	**12 Ø 10**	33.6	9.42
5	1.00	5.86	14.3	66.5	4.22	3.80	12	**12 Ø 10**	35.2	9.42
6	1.00	5.86	14.3	80.8	4.41	3.97	12	**12 Ø 10**	36.8	9.42
7	1.00	5.86	14.3	95.0	4.60	4.14	13	**14 Ø 10**	32.8	11.00
8	1.00	5.86	14.3	109.3	4.79	4.30	13	**14 Ø 10**	34.2	11.00
9	1.00	5.86	14.3	123.5	4.97	4.47	14	**14 Ø 10**	35.5	11.00
10	1.00	5.86	14.3	137.8	5.16	4.64	14	**14 Ø 10**	36.9	11.00

Zulässige tangentiale Abstände der Schenkel:

$s_t \leq 28.5$ cm in der 1., 2. und 3. Reihe
$s_t \leq 38.0$ cm in der 4., 5., 6., 7., 8., 9. und 10. Reihe

Hinweis zur Lagetoleranz:
Nach [3] sind radiale Abweichungen bis ±0.2d (hier ±3.8cm) bezüglich der theoretischen Schnittführung erlaubt.
Wichtig ist dabei, dass die erste Reihe immer zwischen 0.3d und 0.5d liegt.

κ_{sw} - Anpassungsfaktor nach [2], NCI zu 6.4.5 (1) s_r - radialer Abstand zur vorherigen Reihe
l_w - Abstand zum Stützenrand u - Länge des wirksamen Rundschnittes
$A_{sw,min}$ - erf. Mindestdurchstanzbewehrung der gesamten Reihe s_t - mittlerer tangentialer Abstand der Schenkel im Schnitt

5.2. Nachweis im äußeren Rundschnitt

Querkrafttragfähigkeit im Abstand 1.5d von der letzten Bewehrungsreihe nachweisen

$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_{l,zug} \cdot f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$ [N/mm²]
$C_{Rd,c} = 0.15/\gamma_c$

Umfang des äußeren Rundschnittes

$l_{w,out} = 137.8+1.5 \cdot 19 = 166.3$ cm $\Rightarrow u_{out} = 5.54$ m

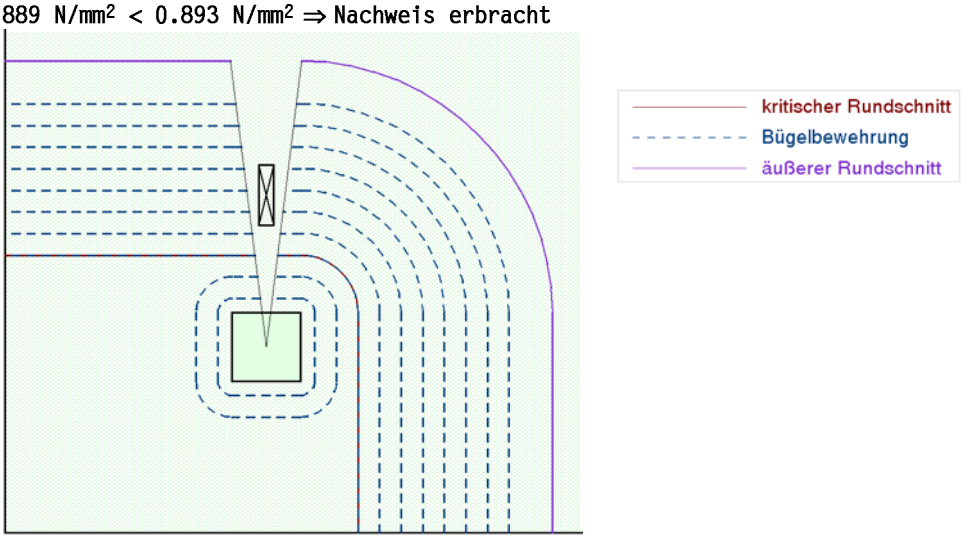
Maßgebende Schubspannung

$v_{Ed,out} = 1.281 \cdot 3.85/5.54 = 0.889$ N/mm²

Querkraftragfähigkeit

$C_{Rd,c} = 0.15/1.3 = 0.115$
$v_{Rd,c} = 0.115 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.01654 \cdot 35)^{1/3} = 0.893$ N/mm² > 0.676 N/mm²

0.889 N/mm² < 0.893 N/mm² ⇒ Nachweis erbracht



6. Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit

entsprechend [1] Tabelle NA.6.1.1

Zugseite	Richtung	η -	$m_{Ed,min}$ kNm/m	$a_{so,min}$ cm²/m	$a_{su,min}$ cm²/m	Verteilungsbreite m
oben	x	0.500	325.00	43.04	19.76	(je m Plattenbreite)
	y	0.500	325.00	43.04	19.76	(je m Plattenbreite)
unten	x	0.500	325.00	19.76	43.04	(je m Plattenbreite)
	y	0.500	325.00	19.76	43.04	(je m Plattenbreite)

η - Momentenbeiwert $m_{Ed,min} = \eta \cdot V_{Ed}$ - Mindestbemessungsmoment

Literatur und Normen:

[1] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011
[2] DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-1, April 2013
[3] DAfStb Heft 525: Erläuterungen zu DIN 1045-1, 2. überarb. Aufl., Beuth, 2010