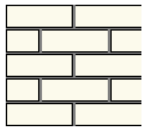


POS. 4: PORENBETON BSP.3.8, S.156

Mauerwerksbemessung

nach DIN EN 1996-1-1 (EC 6, 2.13), NA: Deutschland (4H-MAUER Version: 10/2009-1o)

Mauerwerk -
Detailnachweise



Abmessungen:

dreiseitig gehaltene Wand
Länge $l_w = 1.750 \text{ m}$
Höhe $h_w = 2.750 \text{ m}$
Dicke $d_w = 24.0 \text{ cm}$

Materialdaten:

KS-R P (Vollstein) SFK 20 Gruppe 1
KS-R-Plansteine
Dünnbettmörtel (Stoßfuge unvermörtelt)

Sicherheitsbeiwert γ_{M0} für normale Einwirkungen
Abminderungsbeiwert η für normale Einwirkungen

Nachweisbezogene Daten:

schiefe Biegung berücksichtigen
flächig aufgelagerte Stbdecke
Wandscheibe unter Windbelastung

Bemessungsgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

	N_{Ed} kN	M_{Edp} kNm	V_{Edp} kN	M_{Eds} kNm	V_{Eds} kN	Nachw- punkt
1	-136.50	33.90	0.00	2.27	0.00	oben
2	-87.60	24.50	0.00	0.99	0.00	oben
3	-152.40	65.30	0.00	1.28	0.00	mittig
4	-99.40	55.80	0.00	0.99	0.00	mittig
5	-168.30	96.60	0.00	---	---	unten
6	-111.10	87.20	22.80	---	---	unten

p: Biegung in Wandebene (Scheibenwirkung), s: Biegung senkrecht zur Wand (Plattenwirkung)

Ermittlung des Knicklängenbeiwerts einer Stahlbetondecke

$\rho_2 = 0.75$ für $e_d = 1.66 \text{ cm} \leq d_w/4 = 6.000 \text{ m}$ mit e_d : maximale Ausmitte im GZT am Wandkopf
dreiseitig gehaltene Wand mit $h_w \leq 3.5 \cdot l_w$: $\beta_k = \rho_2 / (1 + (\rho_2 \cdot h_w / (3 \cdot l_w))^2) = 0.650$

Voraussetzungen

SFK	MG	f_k MN/m ²	η	γ_M	f_d MN/m ²	E_M MN/m ²	f_{bk} MN/m ²	f_{vk0} MN/m ²	f_{bt} MN/m ²
20	DM	10.51	0.85	1.500	5.95	9980.8	25.00	0.22	0.80

SFK: Steifigkeitsklasse, MG: Mörtelgruppe

charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel f_k , Abminderungsbeiwert η

Material sicherheit $\gamma_M = k_0 \cdot \gamma_{M0}$, Bemessungsdruckfestigkeit $f_d = \eta \cdot f_k / \gamma_M$, Elastizitätsmodul E_M

normierte Mauersteindruckfestigkeit f_{dk} , charakteristische Haftschersfestigkeit f_{vk0} , rechnerische Steinzugfestigkeit f_{bt}

Berechnung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel:

$$f_k = K \cdot [f_{bk}]^\alpha = 10.51 \text{ MN/m}^2, K = 0.80, \alpha = 0.80, f_{bk} = 25.00 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Gesamtfläche des Querschnitts } A = 0.420 \text{ m}^2 = 4200 \text{ cm}^2 \Rightarrow k_0 = 1$$

Nachweis der Knicksicherheit:

Knicklänge $h_k = \beta_k \cdot h_w = 1.787 \text{ m}$ mit $\beta_k = 0.650$ (Stahlbetondecke)

ungewollte Ausmitte $e_{init} = h_k / 450 = 0.40 \text{ cm}$

Schlankheit $\lambda_s = h_k / d_w = 7.44 \leq 27 \Rightarrow \text{ok}$

Endkriechzahl (s. Tabelle NA.13) $\varphi_\infty = 1.5$

Grenzschlankheit (s. Tabelle NA.17) $\lambda_c = 12$

Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

senkrecht zur Wandebene:

LF 1 (oben): $N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 2.27 \text{ kNm}$

$$\text{Ausmitte } e_{o,u} = M_{Ed} / N_{Ed} = 1.66 \text{ cm} > 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} < d_w / 6 = 4.00 \text{ cm}$$

$$\Phi_{o,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u} / d_w = 0.86$$

$$\text{aufnehmbare Normalkraft } N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d = 2153.93 \text{ kN} > N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$$

$$\text{Querschnittsausnutzung } U_s = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.063 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$$

in Wandebene:

LF 1 (oben): $N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 33.90 \text{ kNm}$
--

$$\text{Ausmitte } e_{o,u} = M_{Ed} / N_{Ed} = 0.248 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} < l_w / 6 = 0.292 \text{ m}$$

$$\Phi_{o,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u} / l_w = 0.72$$

$$\text{aufnehmbare Normalkraft } N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d = 1790.75 \text{ kN} > N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$$

$$\text{Querschnittsausnutzung } U_p = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.076 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$$

in zwei Richtungen:

LF 1 (oben): $N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$



Abminderungsfaktor $\Phi_{0,u} = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.62$
aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 1542.58 \text{ kN} > N_{Ed} = 136.50 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.088 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 2 (oben): $N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.99 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.13 \text{ cm} < 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.039 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in Wandebene:

LF 2 (oben): $N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 24.50 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.280 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} < l_w/6 = 0.292 \text{ m}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/l_w = 0.68$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 1701.22 \text{ kN} > N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.051 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in zwei Richtungen:

LF 2 (oben): $N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$

Abminderungsfaktor $\Phi_{0,u} = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.61$
aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 1531.10 \text{ kN} > N_{Ed} = 87.60 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.057 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 3 (mittig): $N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 1.28 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.84 \text{ cm} < 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} \Rightarrow e_{o,u} = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.068 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in Wandebene:

LF 3 (mittig): $N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 65.30 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.428 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} \leq l_w/3 = 0.583 \text{ m}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/l_w = 0.51$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 1276.01 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.119 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in zwei Richtungen:

LF 3 (mittig): $N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$

Abminderungsfaktor $\Phi_{0,u} = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.46$
aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 1148.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.133 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 4 (mittig): $N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.99 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.00 \text{ cm} < 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} \Rightarrow e_{o,u} = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.044 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in Wandebene:

LF 4 (mittig): $N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 55.80 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.561 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} \leq l_w/3 = 0.583 \text{ m}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/l_w = 0.36$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 896.25 \text{ kN} > N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.111 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in zwei Richtungen:

LF 4 (mittig): $N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$

Abminderungsfaktor $\Phi_{0,u} = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.32$
aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 806.63 \text{ kN} > N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.123 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 5 (unten): $N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.00 \text{ cm} < 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} \Rightarrow e_{o,u} = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.075 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in Wandebene:

LF 5 (unten): $N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 96.60 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.574 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} \leq l_w/3 = 0.583 \text{ m}$
 $\Phi_{0,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/l_w = 0.34$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 860.23 \text{ kN} > N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$
Querschnittsausnutzung $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.196 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in zwei Richtungen:

LF 5 (unten): $N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$

Abminderungsfaktor $\Phi_{0,u} = \Phi_{0,us} \cdot \Phi_{0,up} = 0.31$
aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{0,u} \cdot A \cdot f_d = 774.20 \text{ kN} > N_{Ed} = 168.30 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.217 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 6 (unten): $N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.00 \text{ cm} < 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} \Rightarrow e_{o,u} = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$

$\Phi_{o,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/d_w = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.049 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in Wandebene:

LF 6 (unten): $N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 87.20 \text{ kNm}$

Ausmitte $e_{o,u} = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.785 \text{ m} > 0.05 \cdot l_w = 0.088 \text{ m} > l_w/3 = 0.583 \text{ m} !$

$\Phi_{o,u} = 1 - 2 \cdot e_{o,u}/l_w = 0.10$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d = 257.54 \text{ kN} > N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U_p = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.431 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

in zwei Richtungen:

LF 6 (unten): $N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$

Abminderungsfaktor $\Phi_{o,u} = \Phi_{o,us} \cdot \Phi_{o,up} = 0.09$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_{o,u} \cdot A \cdot f_d = 231.78 \text{ kN} > N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.479 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

Nachweis der Knicksicherheit

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

senkrecht zur Wandebene:

LF 3 (mittig): $N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 1.28 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.84 \text{ cm}$

Kriechausmitte $e_{mk} = 0$, da $\lambda \leq \lambda_c = 12$

Gesamtausmitte $e_m = e + e_{mk} + e_{init} = 1.24 \text{ cm} > 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$

$\Phi_0 = 1 - 2 \cdot e_m/d_w = 0.90$

$\Phi_m = 1.14 \cdot \Phi_0 - 0.024 \cdot \lambda = 0.84 < \Phi_0 = 0.90$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 2109.92 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.40 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.072 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

senkrecht zur Wandebene:

LF 4 (mittig): $N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.99 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 1.00 \text{ cm}$

Kriechausmitte $e_{mk} = 0$, da $\lambda \leq \lambda_c = 12$

Gesamtausmitte $e_m = e + e_{mk} + e_{init} = 1.39 \text{ cm} > 0.05 \cdot d_w = 1.20 \text{ cm} < d_w/6 = 4.00 \text{ cm}$

$\Phi_0 = 1 - 2 \cdot e_m/d_w = 0.88$

$\Phi_m = 1.14 \cdot \Phi_0 - 0.024 \cdot \lambda = 0.83 < \Phi_0 = 0.88$

aufnehmbare Normalkraft $N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 2072.85 \text{ kN} > N_{Ed} = 99.40 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U_s = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.048 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

Nachweis bei Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit

in Wandebene (Scheibenschub):

LF 6 (unten): $N_{Ed} = 111.10 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 87.20 \text{ kNm}$ $V_{Ed} = 22.80 \text{ kN}$

Ausmitte $e = M_{Ed}/N_{Ed} = 0.785 \text{ m} > l_w/3 = 0.583 \text{ m} !$

Länge des überdrückten Querschnitts $l_c = 1.5 \cdot (l_w - 2 \cdot e) \leq l_w \Rightarrow l_c = 0.270 \text{ m}$

rechnerische Wandlänge (Windscheibe) $\alpha_s = \min(1.125 \cdot l_w, 1.333 \cdot l_c) = 0.360 \text{ m}$

Fläche des überdrückten Querschnitts $A_c = l_c \cdot d_w = 0.065 \text{ m}^2$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = N_{Ed}/A_c = 1.71 \text{ N/mm}^2$

Haftscherfestigkeit $f_{vk0} = 0.11 \text{ N/mm}^2$ (Stoßfugen unvermörtelt)

charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk1} = f_{vk0} + \mu \cdot \sigma_{Dd} = 0.79 \text{ N/mm}^2$ mit $\mu = 0.4$

$f_{vk2} = 0.45 \cdot f_{bt} \cdot \sqrt{1 + \sigma_{Dd}/f_{bt}} = 0.64 \text{ N/mm}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = \min(f_{vk1}, f_{vk2})/\gamma_M = 0.43 \text{ N/mm}^2$

Faktor für die Schubspannungsverteilung (für $h_w/l_w \leq 1.0$) $1.0 \leq c \leq 1.5$ (für $h_w/l_w \geq 2.0$)

$\Rightarrow c = 1.29$ für $h_w/l_w = 1.57$

aufnehmbare Querkraft $V_{Rd} = \alpha_s \cdot f_{vd} \cdot d_w/c = 28.61 \text{ kN} > V_{Ed} = 22.80 \text{ kN}$

Querschnittsausnutzung $U_p = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.797 \leq 1 \Rightarrow \text{ok}$

Fazit

Alle Nachweise konnten erfolgreich durchgeführt werden.

maximale Ausnutzung $U_{max} = 0.797$

Beachte:

Stahlbetondecke: Auflagertiefe der Decke auf die Wand $a \geq 16.0 \text{ cm}$

Schubnachweis: Bei Ansatz der Anfangsscherfestigkeit ist der Randdehnungsnachweis zu führen



Vorschriften

DIN EN 1996-1-1, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten -
Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk;
Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + A1:2012, Ausgabe Februar 2013
DIN EN 1996-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1996-1-1, Ausgabe Mai 2012

