

Bemessung einer Mauerwerkswand

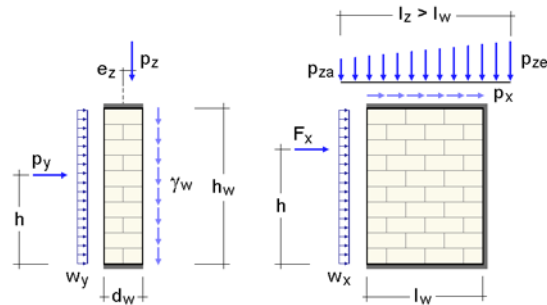
nach DIN EN 1996-1-1 (EC 6, 2.13), NA: Deutschland

Abmessungen:

dreiseitig gehaltene Außenwand im Erdgeschoss
 Wandlänge $l_w = 1.750$ m
 Wandhöhe $h_w = 2.750$ m (lichte Geschosshöhe)
 Wanddicke $d_w = 24.0$ cm

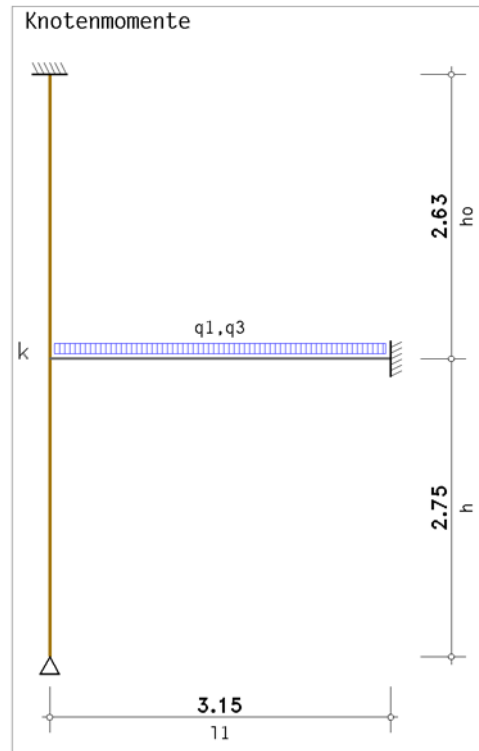
Materialdaten:

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



statisches Ersatzsystem (für Momente aus Deckenlast):

Einfeldrahmen $l_1 = 3.150$ m
 Geschosshöhen: $h = 2.950$ m, $h_o = 2.840$ m
 lichte Höhen: $h = 2.750$ m, $h_o = 2.630$ m
 Wanddicke $d_{wo} = 24.0$ cm
 Dicke der Massivdecken $d_{po} = 22.0$ cm $d_{pu} = 18.0$ cm
 E-Modul der Decken $E_c = 31000$ MN/m²



Steinabmessungen:

Länge $l_{st} = 498$ mm
 Höhe $h_{st} = 248$ mm
 Überbindemaß $ü_{st} = 99$ mm

Knicknachweis:

flächig aufgelagerte Massivdecke

Berechnungssteuerung:

Genauere Berechnung der Knotenmomente
 Wand-Decken-Knoten: ständige Last stets belastend ($\gamma_{G,inf} = \gamma_{G,sup}$)
 Wand-Decken-Knoten: kein vertikaler Abtrag der Deckenlasten
 Wandkopflasten: Exzentrische Lasten wirken zu 100% auch am Wandfuß

Lasten auf den angrenzenden Deckenfeldern:

- 1: Decke k Feld 1 $q = 7.00$ kN/m² ständige Einwirkung
- 3: Decke k Feld 1 $q = 2.75$ kN/m² veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)

Eigengewicht: der Wand: Wichte $\gamma_w = 20.35$ kN/m³ ständige Einwirkung

Wandkopflasten:

- 1: Wand im DG $p_z = 25.09$ kN/m ständige Einwirkung
- 2: Decke über EG $p_{za} = 1.00$ kN/m $p_{ze} = 48.94$ kN/m ständige Einwirkung
 aus $p_{za}, p_{ze} \Rightarrow p_z = 24.97$ kN/m $m_x = 6.99$ kNm/m
- 3: Decke über EG $p_{za} = 0.40$ kN/m $p_{ze} = 19.49$ kN/m veränderliche Einwirkung (Kat. A/B)
 aus $p_{za}, p_{ze} \Rightarrow p_z = 9.94$ kN/m $m_x = 2.78$ kNm/m
- 4: Wind $p_x = 8.69$ kN/m $p_{za} = -16.06$ kN/m $p_{ze} = 16.06$ kN/m veränderliche Einwirkung (Kat. W)
 aus $p_{za}, p_{ze} \Rightarrow p_z = 0.00$ kN/m $m_x = 4.68$ kNm/m

Extremale Bemessungsgrößen im GZT

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt

aus Deckeneinspannung:

in Wandquerrichtung:

min. / max. Momente	oben	min $M_o = -1.40$ kNm/m / max $M_o = -1.07$ kNm/m
min. / max. Momente	mittig	min $M_m = -0.70$ kNm/m / max $M_m = -0.54$ kNm/m
min. / max. Momente	unten	min $M_u = 0.00$ kNm/m / max $M_u = 0.00$ kNm/m

aus Wandkopflasten:

min. / max. Normalkräfte min $N_{o,m,u} = 50.06$ kN/m / max $N_{o,m,u} = 78.02$ kN/m

in Wandlängsrichtung:

min. / max. Querkräfte		min $V_{o,u} = 0.00$ kN/m / max $V_{o,u} = 13.04$ kN/m
min. / max. Momente	oben	min $M_o = -19.39$ kNm/m / max $M_o = -6.99$ kNm/m
min. / max. Momente	mittig	min $M_m = -37.31$ kNm/m / max $M_m = -6.99$ kNm/m
min. / max. Momente	unten	min $M_u = -55.23$ kNm/m / max $M_u = -6.99$ kNm/m

aus Wandeigengewicht:

min. / max. Normalkräfte mittig min $N_m = 9.07$ kN/m / max $N_m = 9.07$ kN/m

min. / max. Normalkräfte unten min $N_u = 18.13$ kN/m / max $N_u = 18.13$ kN/m

Teilsicherheitsbeiwerte:

für ständige Einwirkungen $\gamma_{G,mx} = 1.35$ $\gamma_{G,mn} = 1.00$

am Wand-Decken-Knoten $\gamma_{G,mx} = \gamma_{G,mn} = 1.35$

für veränderliche Einwirkungen $\gamma_{Q,mx} = 1.50$ $\gamma_{Q,mn} = 0.00$

Kombinationsbeiwerte:

für Kategorie A/B: $\Psi_0 = 0.70$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.30$

W : $\Psi_0 = 0.60$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.00$

Leiteinwirkung: Wind (Kat. W)

Voraussetzungen für die Bemessung

Materialparameter für die normale Bemessungssituation

KS-R-Plansteine

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

normierte Mauersteindruckfestigkeit f_{bk} , charakteristische Haftscherfestigkeit f_{vk0} , rechnerische Steinzugfestigkeit f_{bt}

Berechnung der charakteristischen Druckfestigkeit von Mauerwerk mit Mörtel:

$f_k = K \cdot f_{bk}^\alpha = 10.51$ MN/m², $K = 0.80$, $\alpha = 0.800$, $f_{bk} = 25.00$ MN/m²

Gesamtfläche des Querschnitts $A = 0.420$ m² = 4200 cm²

Nachweis der Knicksicherheit:

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

Schlankheit $\lambda_s = h_k / d_w = 7.44 \leq 27$, ok

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

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

Die Bemessungsergebnisse beziehen sich auf eine Wandlänge von 1.750 m.

Es werden jeweils die längs der Wand am meisten beanspruchten Punkte an Kopf, Fuß und in Mitte der Wand nachgewiesen.

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('o' = oben, 'u' = unten, 'm' = mittig)

senkrecht zur Wandebene

LF	N_{Ed} kN	M_{Ed} kNm	e cm	Φ_s	N_{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	136.54	-1.87	1.37	0.89	2214.68	0.062	ok
u 2	168.27	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.075	ok
m 3	152.41	-0.94	1.20	0.90	2250.41	0.068	ok
o 4	87.61	-2.44	2.79	0.77	1918.96	0.046	ok
u 5	119.34	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.053	ok
m 6	103.47	-1.22	1.20	0.90	2250.41	0.046	ok
o 7	136.54	-2.44	1.79	0.85	2127.36	0.064	ok
u 8	168.27	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.075	ok
m 9	152.41	-1.22	1.20	0.90	2250.41	0.068	ok
o10	87.61	-2.44	2.79	0.77	1918.96	0.046	ok
u11	119.34	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.053	ok
m12	103.47	-1.22	1.20	0.90	2250.41	0.046	ok

senkrecht zur Wandebene

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	e cm	Φ _s	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
o13	136.54	-1.87	1.37	0.89	2214.68	0.062	ok
u14	168.27	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.075	ok
m15	152.41	-0.94	1.20	0.90	2250.41	0.068	ok
o16	102.97	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.046	ok
u17	134.70	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.060	ok
m18	118.84	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.053	ok
o19	121.17	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.054	ok
u20	152.90	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.068	ok
m21	137.04	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.061	ok
o22	136.54	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.061	ok
u23	168.27	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.075	ok
m24	152.41	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.068	ok
o25	87.61	-2.44	2.79	0.77	1918.96	0.046	ok
u26	119.34	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.053	ok
m27	103.47	-1.22	1.20	0.90	2250.41	0.046	ok
o28	87.61	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.039	ok
u29	119.34	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.053	ok
m30	103.47	0.00	1.20	0.90	2250.41	0.046	ok

parallel zur Wandebene

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	e m	Φ _p	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	136.54	-33.93	0.248	0.72	1790.37	0.076	ok
u 2	168.27	-96.66	0.574	0.34	858.94	0.196	ok
m 3	152.41	-65.29	0.428	0.51	1276.18	0.119	ok
o 4	87.61	-12.23	0.140	0.84	2101.36	0.042	ok
u 5	119.34	-12.23	0.103	0.88	2207.48	0.054	ok
m 6	103.47	-12.23	0.118	0.86	2162.55	0.048	ok
o 7	136.54	-33.93	0.248	0.72	1790.37	0.076	ok
u 8	168.27	-96.66	0.574	0.34	858.94	0.196	ok
m 9	152.41	-65.29	0.428	0.51	1276.18	0.119	ok
o10	87.61	-12.23	0.140	0.84	2101.36	0.042	ok
u11	119.34	-12.23	0.103	0.88	2207.48	0.054	ok
m12	103.47	-12.23	0.118	0.86	2162.55	0.048	ok
o13	136.54	-33.93	0.248	0.72	1790.37	0.076	ok
u14	168.27	-96.66	0.574	0.34	858.94	0.196	ok
m15	152.41	-65.29	0.428	0.51	1276.18	0.119	ok
o16	102.97	-12.23	0.119	0.86	2160.92	0.048	ok
u17	134.70	-12.23	0.091	0.90	2240.90	0.060	ok
m18	118.84	-12.23	0.103	0.88	2206.25	0.054	ok
o19	121.17	-33.93	0.280	0.68	1700.31	0.071	ok
u20	152.90	-96.66	0.632	0.28	693.96	0.220	ok
m21	137.04	-65.29	0.476	0.46	1138.88	0.120	ok
o22	136.54	-33.93	0.248	0.72	1790.37	0.076	ok
u23	168.27	-96.66	0.574	0.34	858.94	0.196	ok
m24	152.41	-65.29	0.428	0.51	1276.18	0.119	ok
o25	87.61	-12.23	0.140	0.84	2101.36	0.042	ok
u26	119.34	-12.23	0.103	0.88	2207.48	0.054	ok
m27	103.47	-12.23	0.118	0.86	2162.55	0.048	ok
o28	87.61	-12.23	0.140	0.84	2101.36	0.042	ok
u29	119.34	-12.23	0.103	0.88	2207.48	0.054	ok
m30	103.47	-12.23	0.118	0.86	2162.55	0.048	ok

Doppelbiegung

LF	N _{Ed} kN	Φ	N _{Rd} kN	U	Bemerkung	LF	N _{Ed} kN	Φ	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	136.54	0.63	1585.75	0.086	ok	m15	152.41	0.46	1148.56	0.133	ok
u 2	168.27	0.31	773.05	0.218	ok	o16	102.97	0.78	1944.83	0.053	ok
m 3	152.41	0.46	1148.56	0.133	ok	u17	134.70	0.81	2016.81	0.067	ok
o 4	87.61	0.64	1612.67	0.054	ok	m18	118.84	0.79	1985.63	0.060	ok
u 5	119.34	0.79	1986.73	0.060	ok	o19	121.17	0.61	1530.28	0.079	ok
m 6	103.47	0.78	1946.30	0.053	ok	u20	152.90	0.25	624.57	0.245	ok
o 7	136.54	0.61	1523.23	0.090	ok	m21	137.04	0.41	1025.00	0.134	ok
u 8	168.27	0.31	773.05	0.218	ok	o22	136.54	0.64	1611.33	0.085	ok
m 9	152.41	0.46	1148.56	0.133	ok	u23	168.27	0.31	773.05	0.218	ok
o10	87.61	0.64	1612.67	0.054	ok	m24	152.41	0.46	1148.56	0.133	ok
u11	119.34	0.79	1986.73	0.060	ok	o25	87.61	0.64	1612.67	0.054	ok
m12	103.47	0.78	1946.30	0.053	ok	u26	119.34	0.79	1986.73	0.060	ok
o13	136.54	0.63	1585.75	0.086	ok	m27	103.47	0.78	1946.30	0.053	ok
u14	168.27	0.31	773.05	0.218	ok	o28	87.61	0.76	1891.22	0.046	ok

Doppelbiegung

LF	N _{Ed} kN	Φ	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
u29	119.34	0.79	1986.73	0.060	ok
m30	103.47	0.78	1946.30	0.053	ok

Bemessungsgrößen N_{Ed}, M_{Ed}; Exzentrizität $e = M_{Ed}/N_{Ed} \geq 0.05 d_w$ bzw. l_w ;

Abminderungsfaktor Φ_s, Φ_p ; aufnehmbare Normalkraft N_{Rd}; Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd}$

Bei Doppelbiegung: Abminderungsfaktor $\Phi = \Phi_s \Phi_p$, wenn $\Phi_s \geq \Phi_p$

LF 1,2,3: max M_s + N (oben, unten, mittig), LF 4,5,6: min M_s + N (oben, unten, mittig), LF 7,8,9: max N + M (oben, unten, mittig)

LF 10,11,12: min N + M (oben, unten, mittig), LF 13,14,15: aus max V_s (oben, unten, mittig), LF 25,26,27: aus min V_s (oben, unten, mittig)

LF 16,17,18: max M_p + N (oben, unten, mittig), LF 19,20,21: min M_p + N (oben, unten, mittig), LF 22,23,24: aus max V_p (oben, unten, mittig)

LF 28,29,30: aus min V_p (oben, unten, mittig),

Nachweis der Knicksicherheit

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('u' = unten, 'm' = mittig)

senkrecht zur Wandebene

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	e _m cm	Φ _m	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
m 1	152.41	-0.94	1.20	0.85	2118.70	0.072	ok
m 2	103.47	-1.22	1.58	0.81	2028.80	0.051	ok
m 3	152.41	-1.22	1.20	0.85	2118.70	0.072	ok
m 4	103.47	-1.22	1.58	0.81	2028.80	0.051	ok
m 5	118.84	0.00	1.20	0.85	2118.70	0.056	ok
m 6	137.04	0.00	1.20	0.85	2118.70	0.065	ok

Bemessungsgrößen N_{Ed}, M_{Ed}; Exzentrizität $e_m = M_{Ed}/N_{Ed} + e_a + e_{mk}$;

ungewollte Ausmitte e_a; Knicklänge h_k; Kriechausmitte e_{mk};

Abminderungsfaktor Φ_m; aufnehmbare Normalkraft N_{Rd}; Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd}$

alles mittig: LF 1: max M_s + N, LF 2: min M_s + N, LF 3: max N + M_s, LF 4: min N + M_s, LF 5: max M_p + N, LF 6: min M_p + N

Nachweis der kombinierten Beanspruchung aus Biegung und Knicken

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('u' = unten, 'm' = mittig)

LF	N _{Ed} kN	M _{p,Ed} kNm	M _{s,Ed} kNm	Φ _m	N _{Rd} kN	U	Bemerkung
m 1	152.41	-65.29	-0.94	0.43	1081.34	0.141	ok
m 2	103.47	0.00	0.00	0.00	0.00	---	
m 3	152.41	-65.29	-1.22	0.43	1081.34	0.141	ok
m 4	103.47	0.00	0.00	0.00	0.00	---	
m 5	118.84	0.00	0.00	0.00	0.00	---	
m 6	137.04	-65.29	0.00	0.39	965.01	0.142	ok

Abminderungsfaktor $\Phi_m = \Phi_{mp} \Phi_{ms}$

Nachweis bei Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

Drucknormalkräfte werden positiv dargestellt ('o' = oben, 'u' = unten, 'm' = mittig)

senkrecht zur Wandebene (Plattenschub)

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	V _{Ed} kN	e	α _s	σ _{Dd}	f _{vd}	V _{Rd}	U	Bemerkung
				cm	cm	MN/m ²	MN/m ²	kN		
o 1	136.54	-1.87	0.68	1.37	24.00	0.325	0.228	63.79	0.011	ok
u 2	168.27	0.00	0.68	0.00	24.00	0.778	0.409	58.98	0.012	ok
m 3	152.41	-0.94	0.68	0.61	24.00	0.474	0.287	61.60	0.011	ok
o 4	87.61	-2.44	0.89	2.79	24.00	0.209	0.181	50.74	0.018	ok
u 5	119.34	0.00	0.89	0.00	24.00	0.284	0.211	59.20	0.015	ok
m 6	103.47	-1.22	0.89	1.18	24.00	0.246	0.196	54.97	0.016	ok
o 7	136.54	-2.44	0.89	1.79	24.00	0.325	0.228	63.79	0.014	ok
u 8	168.27	0.00	0.89	0.00	24.00	0.778	0.409	58.98	0.015	ok
m 9	152.41	-1.22	0.89	0.80	24.00	0.474	0.287	61.60	0.014	ok
o10	87.61	-2.44	0.89	2.79	24.00	0.209	0.181	50.74	0.018	ok
u11	119.34	0.00	0.89	0.00	24.00	0.284	0.211	59.20	0.015	ok
m12	103.47	-1.22	0.89	1.18	24.00	0.246	0.196	54.97	0.016	ok
o13	136.54	-1.87	0.68	1.37	24.00	0.325	0.228	63.79	0.011	ok
u14	168.27	0.00	0.68	0.00	24.00	0.778	0.409	58.98	0.012	ok
m15	152.41	-0.94	0.68	0.61	24.00	0.474	0.287	61.60	0.011	ok
o25	87.61	-2.44	0.89	2.79	24.00	0.209	0.181	50.74	0.018	ok
u26	119.34	0.00	0.89	0.00	24.00	0.284	0.211	59.20	0.015	ok
m27	103.47	-1.22	0.89	1.18	24.00	0.246	0.196	54.97	0.016	ok

parallel zur Wandebene (Scheibenschub)

LF	N _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	V _{Ed} kN	e m	α _s m	σ _{Dd} MN/m ²	f _{vd} MN/m ²	V _{Rd} kN	U	Bemerkung
o 1	136.54	-33.93	22.81	0.248	1.969	0.325	0.160	58.81	0.388	ok
u 2	168.27	-96.66	22.81	0.574	1.202	0.778	0.281	62.98	0.362	ok
m 3	152.41	-65.29	22.81	0.428	1.786	0.474	0.200	66.58	0.343	ok
o 7	136.54	-33.93	22.81	0.248	1.969	0.325	0.160	58.81	0.388	ok
u 8	168.27	-96.66	22.81	0.574	1.202	0.778	0.281	62.98	0.362	ok
m 9	152.41	-65.29	22.81	0.428	1.786	0.474	0.200	66.58	0.343	ok
o13	136.54	-33.93	22.81	0.248	1.969	0.325	0.160	58.81	0.388	ok
u14	168.27	-96.66	22.81	0.574	1.202	0.778	0.281	62.98	0.362	ok
m15	152.41	-65.29	22.81	0.428	1.786	0.474	0.200	66.58	0.343	ok
m18	118.84	-12.23	22.81	0.103	1.969	0.283	0.149	54.68	0.417	ok
o19	121.17	-33.93	22.81	0.280	1.969	0.289	0.150	55.22	0.413	ok
u20	152.90	-96.66	22.81	0.632	0.971	0.875	0.307	55.57	0.411	ok
o22	136.54	-33.93	22.81	0.248	1.969	0.325	0.160	58.81	0.388	ok
u23	168.27	-96.66	22.81	0.574	1.202	0.778	0.281	62.98	0.362	ok
m24	152.41	-65.29	22.81	0.428	1.786	0.474	0.200	66.58	0.343	ok

Bemessungsgrößen N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed}; Exzentrizität e = M_{Ed}/N_{Ed};

rechnerische Wanddicke bzw. -länge α_s; Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung σ_{Dd};

Bemessungswert der Schubfestigkeit f_{vd}; aufnehmbare Querkraft V_{Rd}; Ausnutzung U = V_{Ed}/V_{Rd}

LF 1,2,3: max M_s + N (oben,unten,mittig), LF 4,5,6: min M_s + N (oben,unten,mittig), LF 7,8,9: max N + M (oben,unten,mittig)

LF 10,11,12: min N + M (oben,unten,mittig), LF 13,14,15: aus max V_s (oben,unten,mittig), LF 25,26,27: aus min V_s (oben,unten,mittig)

LF 16,17,18: max M_p + N (oben,unten,mittig), LF 19,20,21: min M_p + N (oben,unten,mittig), LF 22,23,24: aus max V_p (oben,unten,mittig)

LF 28,29,30: aus min V_p (oben,unten,mittig),

Nachweise am Wandkopf

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation (γ_M = 1.50)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination N_{Ed} = 136.54 kN M_{Ed} = -2.44 kNm

Lastausmitte e_o = 1.79 cm

Abminderungsfaktor Φ_o = 0.851

aufnehmbare Kraft N_{Rd} = 2127.36 kN > N_{Ed} = 136.54 kN

Ausnutzung U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.064, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination N_{Ed} = 136.54 kN M_{Ed} = -33.93 kNm

Lastausmitte e_o = 0.248 m

Abminderungsfaktor Φ_o = 0.716

aufnehmbare Kraft N_{Rd} = 1790.37 kN > N_{Ed} = 136.54 kN

Ausnutzung U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.076, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor Φ_o = Φ_{os} · Φ_{op} = 0.609

aufnehmbare Kraft N_{Rd} = 1523.23 kN > N_{Ed} = 136.54 kN

Ausnutzung U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.090, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung U_{ges} = 0.090

Nachweis für Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation (γ_M = 1.50)

senkrecht zur Wandebene (Plattenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination V_{Ed} = 0.89 kN (N_{Ed} = 87.61 kN M_{Ed} = -2.44 kNm)

Lastausmitte e = 2.79 cm

rechnerische Wanddicke α_s = d_{w,ca1} = 24.00 cm

Bemessungswert der Druckspannung σ_{Dd} = 0.209 MN/m²

Bemessungswert der Schubfestigkeit f_{vd} = 0.181 MN/m²

aufnehmbare Kraft V_{Rd} = 50.74 kN > V_{Ed} = 0.89 kN

Ausnutzung U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.018, ok

parallel zur Wandebene (Scheibenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination V_{Ed} = 22.81 kN (N_{Ed} = 121.17 kN M_{Ed} = -33.93 kNm)

Lastausmitte e = 0.280 m

rechnerische Wandlänge α_s = l_{w,ca1} = 1.969 m

Bemessungswert der Druckspannung σ_{Dd} = 0.289 MN/mm²

Bemessungswert der Schubfestigkeit f_{vd} = 0.150 MN/m²

aufnehmbare Kraft V_{Rd} = 55.22 kN > V_{Ed} = 22.81 kN

Ausnutzung U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.413, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung U_{ges} = 0.413

Nachweise am Wandfuß

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 168.27 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 1.20 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 168.27 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.075$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 152.90 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -96.66 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_u = 0.632 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_u = 0.278$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 693.96 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.90 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.220$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_u = \Phi_{us} \cdot \Phi_{up} = 0.250$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 624.57 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.90 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.245$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.245$

Nachweis für Schubbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene (Plattenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 0.89 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 168.27 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.00 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 0.00 \text{ cm}$

rechnerische Wanddicke $\alpha_s = d_{w,ca1} = 24.00 \text{ cm}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 0.778 \text{ MN/m}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.409 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 58.98 \text{ kN} > V_{Ed} = 0.89 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.015$, ok

parallel zur Wandebene (Scheibenschub)

maßgebende Schnittgrößenkombination $V_{Ed} = 22.81 \text{ kN}$ ($N_{Ed} = 152.90 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -96.66 \text{ kNm}$)

Lastausmitte $e = 0.632 \text{ m}$

rechnerische Wandlänge $\alpha_s = l_{w,ca1} = 0.971 \text{ m}$

Bemessungswert der Druckspannung $\sigma_{Dd} = 0.875 \text{ MN/mm}^2$

Bemessungswert der Schubfestigkeit $f_{vd} = 0.307 \text{ MN/m}^2$

aufnehmbare Kraft $V_{Rd} = 55.57 \text{ kN} > V_{Ed} = 22.81 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.411$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.411$

Nachweise in Wandmitte

Nachweis bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 152.41 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -0.94 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 1.20 \text{ cm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.900$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 2250.41 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.41 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.068$, ok

parallel zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 137.04 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -65.29 \text{ kNm}$

Lastausmitte $e_m = 0.476 \text{ m}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.455$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1138.88 \text{ kN} > N_{Ed} = 137.04 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.120$, ok

Doppelbiegung

Abminderungsfaktor $\Phi_m = \Phi_{ms} \cdot \Phi_{mp} = 0.410$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 1025.00 \text{ kN} > N_{Ed} = 137.04 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed}/N_{Rd} = 0.134$, ok

Nachweisergebnis

Gesamtausnutzung $U_{ges} = 0.134$

Knicksicherheitsnachweis

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

senkrecht zur Wandebene

maßgebende Schnittgrößenkombination $N_{Ed} = 152.41 \text{ kN}$ $M_{Ed} = -0.94 \text{ kNm}$

Schlankheit $\lambda = 7.44 \leq 10 \Rightarrow$ ohne Kriechen

Gesamtausmitte $e_m = 1.20 \text{ cm}$



Abminderungsfaktor $\Phi_m = 0.847$
aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 2118.70 \text{ kN} > N_{Ed} = 152.41 \text{ kN}$
Ausnutzung $U = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.072$, ok

Kombinierte Beanspruchung aus Biegung und Knicken

im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die normale Bemessungssituation ($\gamma_M = 1.50$)

maßgebende Schnittgrößen $N_{Ed} = 137.04 \text{ kN}$, $M_{p,Ed} = -65.29 \text{ kNm}$, $M_{s,Ed} = 0.00 \text{ kNm}$

Abminderungsfaktor $\Phi_m = \Phi_{mp} \cdot \Phi_{ms} = 0.386$

aufnehmbare Kraft $N_{Rd} = 965.01 \text{ kN} > N_{Ed} = 137.04 \text{ kN}$

Ausnutzung $U = N_{Ed} / N_{Rd} = 0.142$, ok

Fazit

Maximale Ausnutzung $U_{max} = 0.413$

Beachte:

Stahlbetondecke: Mindestauflagertiefe $a = 12.0 \text{ cm}$!