

The logo consists of a dark grey rectangular background with the word "LAMMI" in white, uppercase letters. The letter "L" is highlighted in yellow.

**Blozki betonowe z rdzeniem
izolacyjnym Lammi
typu EMH350, LL400 i LL500**

**Wytyczne projektowania zgodnie
z wymaganiami norm Eurocode**

The logo consists of a dark grey rectangular background with the word "LAMMI" in white, uppercase letters. The letter "L" is highlighted in yellow.

1. INFORMACJE OGÓLNE	2
2. WŁAŚCIWOŚCI BLOCzków LAMMI Z RDZENIEM IZOLACYJNYM	2
3. SYSTEM WYMIAROWY	3
4. ZASADY PROJEKTOWANIA	4
5. OBCIĄŻENIA	5
6. MATERIAŁY I OBLICZENIOWE WARTOŚCI WYTRZYMAŁOŚCI	5
7. PROJEKTOWANIE ŚCIAN ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻENIA PIONOWE	6
7.1 Obciążenie pionowe bez obciążenia poziomego _____	6
7.3 Obciążenie pionowe ze zginaniem _____	13
7.4 Słupy _____	14
8. ŚCIANY OBCIĄŻONE NAPOREM GRUNTU	15
8.1 Informacje ogólne _____	15
8.2 Tabele obliczeniowe dla ścian ze zbrojeniem pionowym _____	15
8.3 Wymiarowanie jako ściany zbrojonej pionowo i poziomo (krzyżowo) _____	18
8.4 Alternatywny sposób oparcia ściany na fundamencie _____	19
9. BELKI NAD OTWORAMI	20
9.1 Informacje ogólne _____	20
9.2 Belka bez zbrojenia na ścinanie _____	20
9.3 Belka ze zbrojeniem na ścinanie _____	23
9.4 Belka zespolona _____	25
10. MIEJSCOWA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE	27
11. MINIMALNE POLA PRZEKROJU ZBROJENIA	28
12. DYLATAcje	29
14. UWAGA KOŃCOWA	30

Data aktualizacji 31.01.2020

1. INFORMACJE OGÓLNE

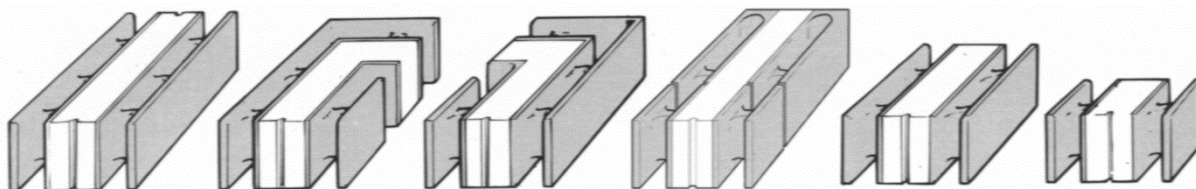
Niniejsze wytyczne projektowania dotyczą wyłącznie bloczków z rdzeniem izolacyjnym prod. Lammi betoni Oy.

Niniejsze wytyczne powstały na bazie norm Eurocode (EN- 1990, EN-1991, EN-1992) i roboczej wersji fińskich zasad projektowania konstrukcji z bloczków betonowych.

Podczas produkcji, kontroli jakości i badań odbiorowych stosuje się wymagania norm fińskich SFS 5212 i SFS 5213. Kontrolę jakości prowadzi firma Kiwa Sertifition.

2. WŁAŚCIWOŚCI BLOCZKÓW LAMMI Z RDZENIEM IZOLACYJNYM

Betonowe bloczki Lammi z rdzeniem izolacyjnym mają wymiary 600x350x200 mm (Rys. 1) lub 600x400x200 mm. Pojedynczy bloczek waży ok. 23 kg. Betonowe bloczki z rdzeniem izolacyjnym zwane są również bloczkami warstwowymi, które zbudowane są ze ścianek betonowych, między którymi znajdują się pustki obwodowe (2x116 mm) i rdzeń izolacyjny (118 mm lub 167 mm). Szczepność ścianki betonowej i izolacji zapewniają profilowane rowki.



350/400	NAROŻNIK	NAROŻNIK	KRAWĘDZIOWY	2/3	1/3
600x350x200	550x350x200	550x350x200	600x350x200	400x350x200	200x350x200
600x400x200	550x400x200	550x400x200	600x400x200	400x400x200	200x400x200
23 kg	21 kg / 25 kg	21 kg / 25 kg	25 kg	15 kg	8 kg

Rys. 1. Bloczki betonowe z rdzeniem izolacyjnym Lammi: Stronność bloczków narożnych można zmienić odwracając bloczki do góry nogami. Krótsze bloczki można uzyskać przycinając bloczki dostarczane w długościach 600 mm przez przecięcie izolacji.

Bloczki ciepłochronne produkowane są z mrozo odpornej mieszanki betonowej o wilgotności gruntu. Klasa betonu wykorzystywanego do produkcji bloczków: C25/30 MN/m². Wagę bloczków zmniejszono przez dodatek małej ilości lekkiego kruszywa.

Jako materiał termoizolacyjny zastosowano styropian, P 30 kg / m³.

Tabela 1. Właściwości bloczków ciepłochronnych

Ilość bloczków	8.33 szt./m ²
Ilość betonu	125 l/m ²
Beton zalewowy	
klasa betonu	C25/ 30-2
konsystencja	0...1 sVb+dod. upłynniający
wielkość ziarna	8 mm

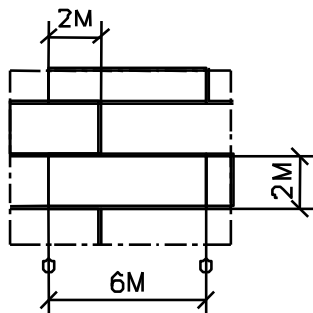
Zbrojenie	A500 HW, (B 500 K)
Waga ściany	550 kg/m ²
Współczynnik U	0,25 lub 0,19 W/m ² K
Izolacyjność od dźwięków powietrznych	58 dB
Charakterystyka odporności ogniowej	Klasa A kl. rozprzestrzeniania ognia 1/I

3. SYSTEM WYMIAROWY

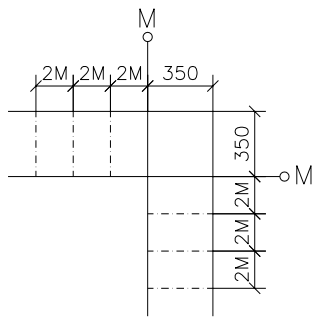
Projektowanie przy wykorzystaniu bloczków z rdzeniem izolacyjnym oparte jest na wymiarowaniu modułowym. Linie podziałów modułowych znajdują się zawsze na wewn. i zewn. licach ściany. **W projektowaniu ścian z bloczków betonowych z rdzeniem izolacyjnym w kierunku poziomym i pionowym przyjmuje się moduły 2M. Moduły 2M stosuje się także do wyznaczania lokalizacji i długości otworów.** Długość i lokalizacja krawędzi otworu od wewnętrznego narożnika stanowi wielokrotność 200 mm. Bloczki układa się z zakładami 2M (zob. Rys. 2). W celu ograniczenia do minimum potrzeby cięcia bloczków w projekcie budynku należy w miarę możliwości uwzględnić wymiary modułowe.

W przypadku rzutów niesymetrycznych z wykorzystaniem bloczków z rdzeniem izolacyjnym zawsze pozostają dwie ściany prostopadłe względem siebie, których długość nie jest wielokrotnością 2 M.

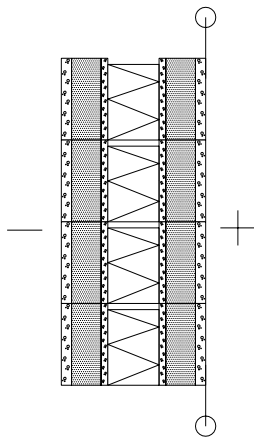
Wymiary ościeżnic drzwiowych i okiennych w kierunku poziomym i pionowym powinny wynosić $n \times 200 - 20$ mm.



Rys. 2 Zakłady w ścianie z bloczków w kierunku pionowym



Rys. 3 Wymiarowanie ściany z bloczków w kierunku poziomym



Rys. 4 Położenie ściany zewnętrznej w odniesieniu do linii modułowej.

4. ZASADY PROJEKTOWANIA

Konstrukcję projektuje się dla stanów granicznych nośności i użyteczności przy zastosowaniu teorii sprężystości. Obliczenia przeprowadza się przy wykorzystaniu wymiarów nominalnych. Uwzględnia się jedynie wykonywany na mokro trzon ściany, pomijając ścianki bloczków. Uwzględnia się wszystkie osłabienia przekroju.

Ścianę z bloczków wymiaruje się osobno dla obciążeń pionowych i poziomych oraz ich kombinacji. W przypadku występowania obciążeń od śniegu i wiatru zastosować można współczynniki dla kombinacji obciążeń wg EN-1990.

W obliczeniach dotyczących konstrukcji z bloczków betonowych stosuje się następujące normy i przepisy:

EN-1990 Podstawy projektowania konstrukcji

SFS-EN-1991 Oddziaływania na konstrukcje

EN-1992-1-1 Projektowanie konstrukcji z betonu - Reguły ogólne i reguły dla budynków

EN-1991-1-2 Projektowanie konstrukcji z betonu - Reguły ogólne - Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru

Wersja robocza dodatkowych fińskich zasad projektowania dla konstrukcji z bloczków betonowych

W przypadku ścian z bloczków z rdzeniem izolacyjnym obciążenia pionowe przenoszone są niezależnie przez obie warstwy muru. Obciążenia poziome można rozdzielić na obie warstwy muru ze względu na przeniesienie części obciążenia poziomego na wewnętrzną warstwę ściany dzięki sztywności układu obu warstw muru.

5. OBCIĄŻENIA

Obciążenia działające na ścianę z bloczków betonowych wyznacza się zgodnie z normą EN-1991. Obciążenia pionowe od zewnętrznych i wewnętrznych warstw muru ściany znajdującej się powyżej przyjąć można jako działające pośrodku ściany znajdującej się poniżej. Uwzględnia się początkowy mimośród. Punkt oddziaływania obciążeń od płyt przyjmuje się pośrodku długości podparcia.

6. MATERIAŁY I OBLICZENIOWE WARTOŚCI WYTRZYMAŁOŚCI

Tabela 2. Wartości wytrzymałości betonu

Beton		
Klasa wytrzymałości: - bloczek - beton wykonywany na mokro		C25/ 30 – 2 C25/ 30 – 2
Wytrzymałość na ściskanie - wytrzymałość charakterystyczna - wytrzymałość obliczeniowa: beton niezbrojony beton zbrojony	f_{ck} $f_{cd,pl}$ f_{cd}	25 MPa 9,4 MPa 11,8 MPa
Wytrzymałość na rozciąganie - wytrzymałość charakterystyczna - wytrzymałość obliczeniowa: beton niezbrojony beton zbrojony	$f_{ctk0.05}$ $f_{ctd,pl}$ f_{cd}	1,80 MPa 0,60 MPa 1,0 MPa
Moduł elastyczności	E_{cm}	31400 MPa
Współczynnik częściowy	γ_c	1,8

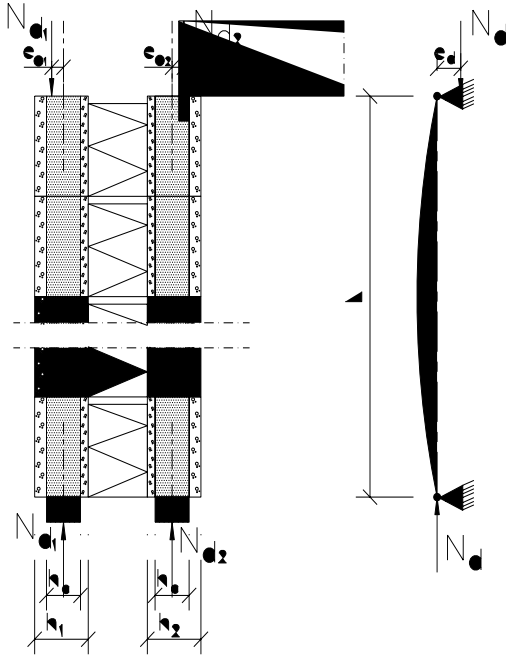
Tabela 3. Wartości wytrzymałości dla zbrojenia

Zbrojenie		A 500 HW
Wytrzymałość charakterystyczna	f_{yk}	500 MPa
Wytrzymałość obliczeniowa	f_{yd}	435 MPa
Moduł elastyczności	E_s	200000 MPa
Współczynnik częściowy	γ_s	1,15

7. PROJEKTOWANIE ŚCIAN ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻENIA PIONOWE

7.1 Obciążenie pionowe bez obciążenia poziomego

Ścianę z bloczków projektuje się dla stanów granicznych. Warstwy muru przenoszą jedynie własne obciążenia.



Rys. 5 Schemat statyczny ściany izolowanej i mimośród obciążenia pionowego.

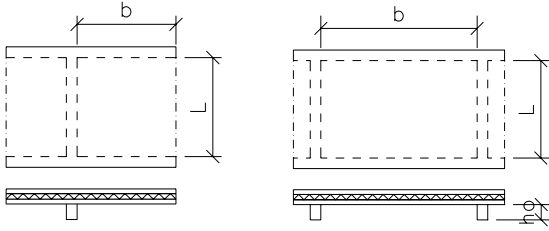
W przypadku usztywnienia poprzecznego górnych i dolnych krawędzi oraz jednej lub obu krawędzi pionowych przy wykorzystaniu podpory o wystarczającej sztywności, długość efektywną można obliczyć ze wzoru:

$$L_0 = \beta \cdot L_w$$

gdzie L_w jest wysokością w świetle ściany w kierunku poziomym
 β jest współczynnikiem, którego wartość podano w Tabeli 4.

Długość efektywną można skorygować uwzględniając wpływ pionowej konstrukcji podpierającej (np. ściany poprzecznej lub pilastru) zgodnie z Tabelą 12.1. w normie EN-1992-1-1. Ścianę poprzeczną uznać można za ścianę usztywniającą o ile:

- jej całkowita głębokość wynosi nie mniej niż 72 mm ($0.5 t_{ef}$)
- ma ona taką samą wysokość jak ściana zewnętrzna
- jej długość jest przynajmniej równa $L_w/5$ od wewnętrznego lica ściany usztywnianej; L_w oznacza wysokość w świetle ściany usztywnianej
- na długości $L_w/5$ ściany poprzecznej nie występują żadne otwory.

Tabela 4 Współczynnik β

b/L_w	Usztywnienie poprzeczne na obu krawędziach pionowych	Usztywnienie poprzeczne na jednej krawędzi pionowej
0,2	0,10	0,26
0,4	0,20	0,59
0,6	0,30	0,76
0,8	0,40	0,85
1,0	0,50	0,90
1,5	0,69	0,95
2,0	0,80	0,97
3,0	0,90	1,00
5,0	0,96	1,00

Wymiar b oznacza odległość w świetle między usztywnieniami poprzecznymi (usztywnienia poprzeczne na obu krawędziach pionowych) lub odległość krawędzi niepodpartej od usztywnienia poprzecznego. Wymiar L_w jest wysokością w świetle ściany usztywnianej. Wartości podane w tabeli zakładają brak otworów o wysokości przekraczającej $1/3$ wysokości ściany L_w lub o powierzchni przekraczającej $1/10$ powierzchni ściany.

Jako długość efektywną ściany przyjmuje się wysokość ściany w świetle. Długość efektywna ściany bez zbrojenia pionowego nie przekracza $L_0=3600$ mm (smukłość $\lambda \leq 86$; $L_0/t_{ef} \leq 25$).

Przyjmuje się przegubowe podparcie ściany na obu końcach z blokadą przemieszczenia na krawędzi dolnej i górnej (postać wybożenia „a” na Rys. 5.7 normy EC-1992-1-1). Siła normalna zakłada na górnym końcu ściany mimośród $e_{02} = 10 \dots 35$ mm oprócz mimośrodu $e_i = 0,0025 L_0$ ze względu na odchyłki geometryczne. Na dolnym końcu ściany przyjmuje się centralny rozkład naprężeń ściskających.

Obliczeniowa wartość mimośrodu wynosi:

$$e_d = e_i + e_{02} + e_q \geq 0,05 t_b = 6 \text{ mm}$$

gdzie e_a jest mimośrodem wywołanym przez możliwe obciążenia poziome (np. obciążenia od wiatru) a $t_b = 115$ mm jest grubością jednej warstwy muru z blozków z rdzeniem izolacyjnym.

Gdy warstwy ściany są złączone przez izolację i w ten sposób podlegają takim samym ugięciom, efektywną grubość w analizie wybożenia można uzyskać z poniższego wzoru:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{\frac{t_{b1}^3 + t_{b2}^3}{1 + \frac{N_{Ed2}}{N_{Ed1}}}}$$

gdzie $t_{b1} = 115$ mm to grubość a N_{Ed1} obliczeniowa wartość siły normalnej działającej na warstwę uwzględnianą w analizie wybożenia warstwy muru (wewnętrznej) a $t_{b2} = 115$ mm i N_{Ed2} to grubość i obliczeniowa wartość siły normalnej warstwy usztywniającej tę warstwę.

W przypadku takiej samej siły normalnej działającej na obie warstwy jako grubość efektywną przyjmuje się większą z dwóch wartości t_{b1} i t_{b2} .

Jeśli siła normalna działająca na warstwę zewnętrzną muru wynosi $N_{Ed2} \approx 0$, grubość $t_{ef} = 145$ mm

wówczas wytrzymałość ściany na działanie siły normalnej oblicza się z równania:

$$N_{Rd} = \Phi \cdot b \cdot t_c \cdot f_{cd,pl}$$

$$\Phi = \frac{1,14 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_d}{t_c}\right) - 0,015 \cdot \frac{L_0}{t_{ef}}}{k_{red}} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_d}{t_c}$$

W równaniu

$b = 1$ m jest długością ściany

$t_c = 74$ mm jest wykonywanym na mokro rdzeniem bloczka

$f_{cd,pl}$ jest obliczeniową wytrzymałością na ściskanie (beton niezbrojony) betonu wykonywanego na mokro

$k_{red} = 1,6$ wg. Załącznika Krajowego do normy SFS-EN-1992-1-1

Wyrażenie $N_c = b \cdot t_c \cdot f_{cd,pl} = 698$ kN/m

W przypadku rzeczywistego mimośrodowo siły normalnej $e_o > 20$ mm w ścianie zastosować należy umieszczone centralnie zbrojenie pionowe $\phi 8$ w rozstawie co 400 mm ($A_s = 126$ mm²/m).

W Tabeli 5 przedstawiono wytrzymałość na działanie siły normalnej N_{Rd} (kN/m) bez obciążeń poziomych dla ściany bez zbrojenia pionowego a w Tabeli 6 dla ściany ze zbrojeniem pionowym. Jeśli obie warstwy muru funkcjonują jako konstrukcje nośne wytrzymałość całej ściany oblicza się mnożąc wartości w tabelach przez współczynnik wynoszący 2.

Tabela 5 Wytrzymałość na działanie siły normalnej N_{Rd} (kN/m) jednej warstwy muru ściany bez zbrojenia pionowego. e_{o2} jest początkowym mimośrodowo obciążenia pionowego działającego na górną krawędź ściany.

e_{o2} (mm)		0	5	10	15	20
L_c (m)	e_a (mm)	N_{Rd} kN/m				
1,8	5	339	289	221	154	87
2,0	5	330	273	206	138	71

2,2	6	321	257	190	123	55
2,4	6	309	241	174	107	39
2,6	7	293	226	158	91	24
2,8	7	277	210	143	75	8
3,0	8	261	194	127	59	0
3,2	8	246	178	111	44	0
3,4	9	230	162	95	28	0
3,6	9	214	147	79	12	0

Tabela 6. Wytrzymałość na działanie siły normalnej N_{uo} (kN/m) jednej warstwy muru ściany z centralnie umieszczonym zbrojeniem pionowym. Brak obciążenia poziomego. e_{o2} jest początkowym mimośrodem obciążenia pionowego działającego na górną krawędź ściany.

Umieszczone centralnie zbrojenie pionowe $\phi 8$ w rozstawie co 400mm $A_s = 126 \text{ mm}^2/\text{m}$

e_{o2} (mm)	10	15	20	25	30	35	40
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	456	371	306	259	222	189	166
2,0	399	325	278	231	198	175	152
2,2	353	297	250	212	184	161	137
2,4	315	259	222	194	170	147	128
2,6	278	240	203	180	156	133	114
2,8	254	217	189	166	142	123	105
3,0	231	198	175	152	133	114	100
3,2	203	175	156	133	114	100	88
3,4	180	156	133	114	100	91	78
3,6	156	133	114	100	91	78	72
4,0	114	100	88	78	72	66	59
4,4	84	75	69	63	56	53	48

Umieszczone centralnie zbrojenie pionowe $\phi 8$ w rozstawie co 200mm $A_s = 252 \text{ mm}^2/\text{m}$

e_{o2} (mm)	10	15	20	25	30	35	40
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	456	371	306	268	231	203	184
2,0	399	329	278	240	212	189	170
2,2	353	297	254	222	198	180	161
2,4	315	268	231	208	184	166	152
2,6	287	250	217	194	175	156	144
2,8	259	231	203	180	163	149	137
3,0	240	212	189	170	156	142	130
3,2	212	194	170	156	142	133	123
3,4	194	175	156	144	133	123	114
3,6	175	156	144	133	123	114	107
4,0	142	133	123	114	107	100	92

4,4	119	112	105	97	91	84	80
4,8	100	94	88	81	78	72	69
5,2	84	78	73	70	66	63	59

Umieszczone centralnie zbrojenie pionowe $\phi 10$ w rozstawie co 200mm $A_s = 393 \text{ mm}^2/\text{m}$

e_{o2} (mm)	10	15	20	25	30	35	40
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	456	371	315	268	236	212	189
2,0	399	334	287	250	222	198	180
2,2	353	297	259	231	203	184	170
2,4	315	273	240	212	194	175	161
2,6	287	250	222	198	180	166	152
2,8	268	236	208	189	170	156	147
3,0	250	222	198	180	163	152	140
3,2	222	198	180	166	152	142	130
3,4	198	180	166	152	142	130	123
3,6	180	166	152	142	133	123	116
4,0	152	140	130	123	114	109	102
4,4	128	119	112	107	100	95	91
4,8	109	102	98	94	89	84	81
5,2	95	91	86	83	80	77	73
5,6	83	80	77	73	70	69	66
6,0	73	70	69	66	64	61	59

Umieszczone centralnie zbrojenie pionowe $\phi 12$ w rozstawie co 200mm $A_s = 565 \text{ mm}^2/\text{m}$

e_{o2} (mm)	10	15	20	25	30	35	40
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	456	371	315	273	240	217	194
2,0	399	334	287	250	226	203	184
2,2	353	301	264	236	212	189	175
2,4	315	278	245	217	198	180	166
2,6	292	259	226	208	187	170	156
2,8	268	240	212	194	177	163	152
3,0	250	222	203	184	170	156	144
3,2	226	203	184	170	156	147	137
3,4	208	187	170	156	147	137	128
3,6	189	170	159	147	137	128	121
4,0	156	147	137	128	119	114	107
4,4	133	126	119	112	105	100	97
4,8	114	109	102	98	94	89	86
5,2	100	95	91	88	83	80	77
5,6	88	84	81	78	75	72	70

6,0	78	75	72	70	67	66	63
-----	----	----	----	----	----	----	----

7.2 Siła normalna w kombinacji z obciążeniem od wiatru

W Tabeli 7 przedstawiono wytrzymałość na działanie siły normalnej N_{Rd} (kN/m) jednej warstwy muru ściany obciążonej mimośrodową siłą normalną i dodatkowo obliczeniową wartością obciążenia od wiatru $q_{wd} \# 0,8 \text{ kN/m}^2$.

Działające na ścianę obciążenie od wiatru można podzielić równo między obie warstwy ściany.

W tabeli wszystkie kombinacje obciążeń od wiatru, śniegu i obciążeń użytkowych przyjęto jako wartości dominujące bez powiązanych z nimi współczynników oddziaływań zmiennych ρ_0 . Tym samym wartości w tabelach są wartościami bezpiecznymi.

Tabela 7 Wytrzymałość na działanie siły normalnej N_{Rd} [kN/m] jednej warstwy muru ściany poddanej obciążeniu od wiatru.

e_0 jest początkowym mimośrodem siły normalnej działającej na górną powierzchnię ściany; dodatni mimośród oznacza rozciąganie tego samego włókna, które rozciągane jest też przez obciążenie od wiatru.

M_{wEd} jest momentem zginającym wywołanym w **wewnętrznej warstwie ściany** przez projektową wartość obciążenia od wiatru.

Brak zbrojenia pionowego										
e_0 (mm)	- 25	- 20	- 15	- 10	- 5	0	5	10	15	M_{wEd} (kNm/m)
L_c (m)	N_{Rd} kN/m									
1,8	70	117	174	236	300	329	276	204	127	0,16
2,0	68	110	165	225	288	317	256	182	91	0,20
2,2	72	105	156	214	276	304	235	157		0,24
2,4	79	101	149	204	265	287	212	124		0,29
2,6	85	98	142	196	254	265	187			0,34
2,8	92	96	137	188	244	242	156			0,39
3,0	98	98	133	180	235	217				0,45
3,2	105	105	129	174	227	186				0,51
3,4	112	112	126	169	219	142				0,56
3,6	118	118	124	164	212					0,65

Centralnie umieszczone zbrojenie pionowe $\phi 8$ w rozstawie co 400 mm										
e_0 (mm)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	M_{wEd} (kNm/m)
1,8	176	228	319	478	740	446	297	212	161	0,16
2,0	164	212	284	416	712	381	259	189	142	0,20
2,2	153	192	257	370	694	334	231	175	128	0,24
2,4	138	182	238	326	512	297	208	156	114	0,29
2,6	132	172	220	301	399	259	189	137	100	0,34
2,8	123	162	204	277	334	231	170	119	88	0,39
3,0	118	153	194	255	297	208	156	109	78	0,45
3,2	109	137	175	224	250	175	128	88	69	0,51

3,4	100	125	161	203	203	147	105	75	56	0,56
3,6	94	114	145	184	175	119	81	63	50	0,65
4,0	81	97	118	149	109	75	53	42	34	0,80
4,4	72	84	100	88	63	44	34	28	25	0,97
4,8	69	78	92	63	44	34	28	23	20	1,15

Centralnie umieszczone zbrojenie pionowe $\phi 8$ w rozstawie co 200 mm										
e_o (mm)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	M_{wEd} (kNm/m)
L_c (m)	N_{Rd} kN/m									
1,8	186	237	319	465	740	437	301	222	175	0,16
2,0	179	220	291	416	712	381	268	203	166	0,20
2,2	168	209	264	370	694	334	240	189	152	0,24
2,4	161	194	245	331	474	297	222	175	142	0,29
2,6	153	183	230	306	390	268	203	161	133	0,34
2,8	149	177	216	282	343	240	184	152	128	0,39
3,0	144	168	206	260	306	222	170	142	119	0,45
3,2	134	158	191	234	259	194	156	128	109	0,51
3,4	129	148	176	212	222	170	140	119	100	0,56
3,6	120	138	162	194	189	152	126	107	91	0,65
4,0	110	123	141	166	144	121	102	84	72	0,80
4,4	100	112	126	135	114	94	78	69	59	0,97
4,8	89	100	112	102	84	70	61	53	47	1,15
5,2	81	91	88	72	63	53	47	41	38	1,35

Centralnie umieszczone zbrojenie pionowe $\phi 10$ w rozstawie co 200 mm										
e_o (mm)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	M_{wEd} (kNm/m)
L_c (m)	N_{Rd} kN/m									
1,8	196	241	319	465	740	437	306	231	184	0,16
2,0	184	229	291	404	712	381	278	212	173	0,20
2,2	177	213	271	370	624	334	250	198	161	0,24
2,4	168	202	252	331	474	306	231	184	152	0,29
2,6	160	191	234	306	390	273	212	170	142	0,34
2,8	154	185	223	287	343	250	194	161	135	0,39
3,0	150	175	213	265	306	226	180	152	128	0,45
3,2	143	166	197	243	259	203	166	137	119	0,51
3,4	135	157	181	222	226	180	149	128	109	0,56
3,6	128	146	170	203	198	161	135	116	102	0,65
4,0	117	131	149	173	156	130	112	98	88	0,80
4,4	107	118	133	147	123	105	94	84	75	0,97
4,8	98	107	119	114	100	88	78	72	66	1,15
5,2	91	98	105	91	81	72	66	61	56	1,35

5,6	84	91	81	73	66	61	56	52	48	1,57
6,0	78	101	66	59	55	50	47	44	41	1,80

Centralnie umieszczone zbrojenie pionowe $\phi 12$ w rozstawie co 200 mm										
e_o (mm)	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	M_{wEd} (kNm/m)
L_c (m)	N_{Rd} kN/m									
1,8	201	250	319	465	740	437	306	236	189	0,16
2,0	189	233	298	404	712	381	278	217	180	0,20
2,2	182	217	271	370	587	334	254	203	168	0,24
2,4	175	206	255	331	456	306	231	189	156	0,29
2,6	167	195	240	306	381	278	217	175	149	0,34
2,8	161	189	229	287	343	254	203	166	142	0,39
3,0	157	183	219	270	306	231	189	156	133	0,45
3,2	147	169	203	243	268	208	170	144	126	0,51
3,4	142	160	187	226	231	184	156	133	116	0,56
3,6	133	151	176	208	203	166	142	123	109	0,65
4,0	121	135	154	177	161	137	119	105	94	0,80
4,4	111	122	138	152	128	112	100	89	81	0,97
4,8	102	111	123	119	105	94	84	77	70	1,15
5,2	94	103	109	97	86	78	70	66	60	1,35
5,6	88	94	88	78	72	66	59	56	52	1,57
6,0	81	101	70	64	59	55	52	48	45	1,80

Mimośród obciążenia pionowego jest dodatni, gdy wywołuje rozciąganie tego samego włókna, co obciążenie od wiatru.

7.3 Obciążenie pionowe ze zginaniem

W przypadku obciążenia ściany siłą normalną i momentem zginającym niezależnym od siły normalnej wytrzymałość na działanie siły normalnej jednej warstwy pionowej ściany bez zbrojenia oblicza się z poniższego równania:

$$N_{Rd} = \frac{N_c}{2} \cdot \left(\Phi + \sqrt{\Phi^2 - 9 \cdot \frac{M_{Ed}}{N_c \cdot t_c}} \right)$$

Wyrażenie Φ oblicza się z równania w pkt 6 przyjmując mimośród siły normalnej e_q bez uwzględniania wpływu momentu zginającego. M_{Ed} jest obliczeniową wartością momentu zginającego. W równaniu dodatnia wartość M_{Ed} wywołuje rozciąganie w tym samym włóknie co mimośród siły normalnej. Jeśli moment zginający wywołuje rozciąganie we włóknie innym niż mimośród siły normalnej do równania podstawia się ujemną wartość momentu zginającego.

Ponieważ siła normalna i moment zginający są niezależne od siebie wytrzymałość ściany należy rozpatrywać przyjmując kombinację obciążeń wg pkt. 6.4.3.2 normy EN-1990.

W przypadku minimalnej wartości obliczeniowej $N_{Ed} \leq 50$ kN/m sprawdzić należy warunek (dolne części krzywych na Rys. 6):

$$M_{Ed} \leq M_r + N_{Ed} \cdot \left(e_d - \frac{h_c}{6} \right)$$

gdzie:

$$M_r = f_{ctd,pl} W_c = 0,55 \text{ kNm/m.}$$

W_c jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju (*ang. section modulus*) rdzenia wykonywanego na mokro. $f_{ctd,pl}$ jest obliczeniową wytrzymałością na rozciąganie niezbrojonego betonu wykonywanego na mokro.

Przykład:

Jeśli minimalna wartość obliczeniowa obciążenia pionowego bez uwzględniania wpływu obciążeń eksploatacyjnych (ruchomych) i przy wartości współczynnika częściowego wynoszącej $\gamma_g = 0,9$ wyniesie $N_{Ed} = 40$ kN/m, wartość obliczeniową momentu zginającego oblicza się ze wzoru:

$$M_{Ed} = 0,29 + 40 \cdot 0,005 = 0,49 \text{ kNm/m.}$$

Wytrzymałość na zginanie dla obciążenia pionowego $N_{Ed} = 40$ kN/m wynosi $M_{Rd} = 0,55$ kNm/m, co oznacza, że ściana posiada odpowiednią wytrzymałość na zginanie.

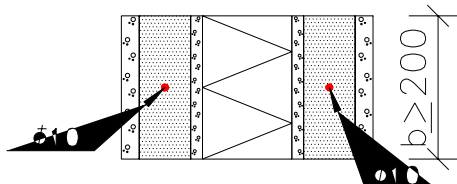
7.4 Słupy

Z układanych bloczków z rdzeniem izolacyjnym wykonywać można słupy o najmniejszym wymiarze b w kierunku przebiegu ściany wynoszącym 400 mm. W mniejszych budynkach mieszkalnych najmniejszy wymiar b w kierunku przebiegu ściany można zmniejszyć do 200 mm.

Konstrukcję uznaje się za słup jeśli jej długość l_d jest mniejsza niż 400 mm

Wytrzymałość na działanie siły normalnej uzyskać można mnożąc wartości podane w Tabeli przez wyrażenie $b/1000$, gdzie b jest wymiarem słupa w kierunku przebiegu ściany. Jeśli wymiar w kierunku ściany jest mniejszy niż 400 mm wytrzymałość na działanie siły normalnej zmniejsza się o 50%. W obu częściach słupa zastosować należy zbrojenie przynajmniej 1 $\phi 10$ (S500).

W przypadku gdy $b \geq 400$ mm stosuje się zbrojenie przynajmniej 2 $\phi 10$.



Rys. 8 Przekrój słupa

8. ŚCIANY OBCIĄŻONE NAPONEM GRUNTU

8.1 Informacje ogólne

Ścianę z bloczków obciążoną naporem gruntu wymiaruje się zazwyczaj jako ścianę ze zbrojeniem pionowym (z pionowym kierunkiem przenoszenia obciążenia).

Przyjmuje się, że rdzeń izolacyjny powoduje rozdział oddziaływania naporu gruntu po równo na obie warstwy bloczka. Przyjmuje się, że obciążenie przenosi wyłącznie beton wykonywany na mokro o grubości $t_c=74$ mm pomiędzy ściankami bloczka.

Jako obciążenie wywołane naporem gruntu przyjmuje się czynne parcie gruntu wg normy EN-1997-1. Przyjmuje się kąt tarcia wewnętrznego wynoszący 32° , ciężar objętościowy gruntu 18 kN/m^3 oraz współczynnik częściowy o wartości 1,35. Obciążenie ruchome działające na powierzchnię gruntu przyjmuje się na poziomie przynajmniej $q_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$ stosując współczynnik częściowy wynoszący 1,5. Charakterystyczna wartość obciążenia od naporu gruntu na dolnej krawędzi ściany wynosi:

$$p_{1k} = 5.6 H \quad p_{2k} = 0.3 q_k$$

gdzie H jest wysokością naziomu (obliczaną jako różnica poziomu terenu po obu stronach ściany) q_k jest obciążeniem zmiennym oddziałującym na powierzchnię gruntu w kN/m^2 ($q_k \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$).

Obliczeniowe obciążenie wywołane naporem gruntu wynosi:

$$p_{1d} = 7,56 H \quad p_{2d} = 0,45 q_k$$

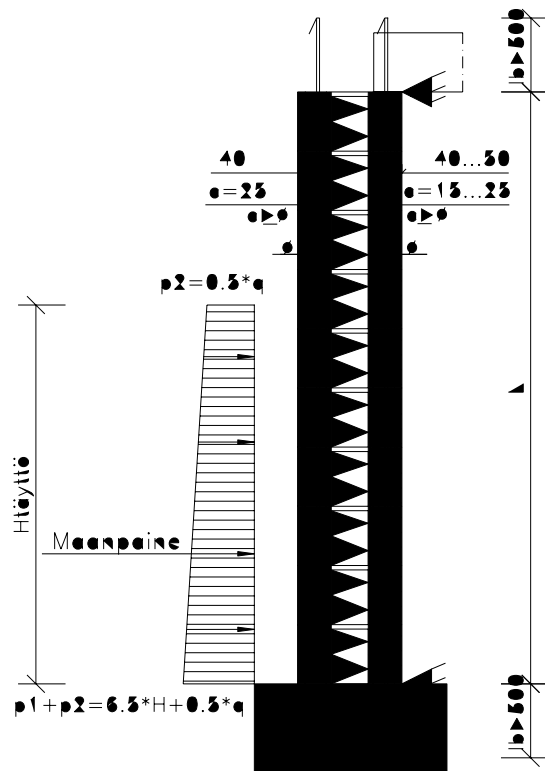
Wymiarowanie ściany można przeprowadzić zgodnie z normą EN-1992-1-1.

8.2 Tabele obliczeniowe dla ścian ze zbrojeniem pionowym

Ściany oblicza się biorąc pod uwagę łączną wytrzymałość obu warstw muru z założeniem takiego samego zbrojenia pionowego w obu tych warstwach. Zakłada się podział naporu gruntu po równo na obie warstwy muru.

Zbrojenie pionowe powinno być usytuowane zgodnie z Rys. 9 w "wewnętrznej powierzchni" obu warstw muru. Grubość otuliny mierzona od powierzchni warstwy muru wynosi 15...25 mm. Efektywna głębokość zbrojenia wynosi $d = 44$ mm. Długość kotwienia zbrojenia pionowego wynosi co najmniej 300 mm na obu krawędziach ściany. Minimalna ilość zbrojenia pionowego: $\phi 8$ w rozstawie co 400 mm ($A_s = 126 \text{ mm}^2/\text{m}$). Zbrojenie poziome: $\emptyset 8$ w rozstawie co 400 mm.

Poprzecznym przemieszczeniom górnej i dolnej krawędzi ściany należy przeciwdziałać zapewniając podparcie górnego i dolnego końca ściany na przykład fundamentem, stropem. Zbrojenie wyprowadzone z fundamentu przedstawiono w Tabeli 7. Zbrojenie wyprowadzone z fundamentu przypada w wewnętrznej ściance bloczka przy odległości od krawędzi bloczka wynoszącej 50 mm. Długość zakładu tego zbrojenia od górnej powierzchni fundamentu wynosi 600 mm a długość zakotwienia prętów w fundamencie wynosi przynajmniej 400 mm. W razie potrzeby zastosować można hak na dolnym końcu zbrojenia.



Rys. 9a Usytuowanie zbrojenia pionowego w ścianie obciążonej naporem gruntu

W Tabeli 8 przedstawiono największe dopuszczalne wysokości naziomu H [m] w zależności od zastosowanego zbrojenia pionowego. W Tabeli 8 podano również wartości wytrzymałości na zginanie i ścinanie, sumaryczne dla obu warstw muru. Wytrzymałość na zginanie wywołane naporem gruntu uzyskuje się odejmując od całkowitej wytrzymałości na zginanie M_{Rd} wartość momentu zginającego $N_{Ed} \cdot e_d$ wywołanego siłą normalną; mimośród e_d uwzględnia odchyłki geometrii $L/200$ oraz dodatkowy mimośród e_2 wynikający z efektów drugiego rzędu.

Tabela 8. Największe dopuszczalne wysokości naziomu H [m] w zależności od zastosowanego zbrojenia pionowego.

Przyłożona centralnie siła normalna $N_{Ed} = 50 \text{ kN/m}$

Zbrojenie pionowe	Ø8 co 400mm	Ø8 co 340mm	Ø8 co 200mm	Ø10 co 250mm	Ø10 co 200mm	Ø12 co 200mm
$A_s/s \text{ mm}^2/\text{m}$	126	148	252	314	393	565
$\sum M_{Rd} \text{ kNm/m}$	6,7	7,5	11,2	13,0	15,3	18,9
$\sum V_{Rd} \text{ kN/m}$	15,0	16,0	19,0	20,0	21,6	24,0
Zbrojenie wyprowadzone z fundamentu	Ø 8 co 600mm	Ø 10 co 600mm	Ø 10 co 600mm	Ø 10 co 500mm	Ø 10 co 400mm	Ø 12 co 400mm

Długość efektywna L (m)	e _d (mm)	Największa dopuszczalna wys. naziomu H (m)					
2,0	38	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,2	43	2,05	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
2,4	48	1,90	2,10	2,40	2,40	2,40	2,40
2,6	53	1,80	1,95	2,60	2,60	2,60	2,60
2,8	58	1,70	1,85	2,45	2,70	2,70	2,80
3,0	62	1,60	1,80	2,35	2,60	2,60	3,00
3,2	70	1,50	1,70	2,25	2,50	2,50	3,10
3,4	78	1,40	1,60	2,15	2,40	2,40	3,00
3,6	86	1,30	1,50	2,05	2,30	2,30	2,90
3,8	95	1,20	1,40	2,00	2,20	2,20	2,80
4,0	104	1,10	1,30	1,90	2,10	2,10	2,70

Przyłożona centralnie siła normalna N_{Ed} = 100 kN/m

Zbrojenie pionowe	Ø8 co 400mm	Ø8 co 340mm	Ø8 co 200 mm	Ø10 co 250 mm	Ø10 co 200 mm	Ø12 co 200 mm
A _s /s mm ² /m	126	148	252	314	393	565
∑ M _{Rd} kNm/m	8,0	8,8	12,3	13,9	16,1	18,7
∑ V _{Rd} kN/m	15,0	16,0	19,0	20,0	21,6	24,0
Zbrojenie wyprowadzone z fundamentu	Ø8 co 600mm	Ø10 co 600mm	Ø10 co 600mm	Ø10 co 500mm	Ø10 co 400mm	Ø12 co 400mm

Długość efektywna L (m)	e _d (mm)	Największa dopuszczalna wys. naziomu H (m)					
2,0	38	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,2	43	1,85	2,05	2,20	2,20	2,20	2,20
2,4	48	1,65	1,85	2,40	2,40	2,40	2,40
2,6	53	1,50	1,70	2,35	2,60	2,60	2,60
2,8	58	1,35	1,55	2,20	2,45	2,75	2,80
3,0	62	1,20	1,40	2,05	2,30	2,60	2,90
3,2	70	1,00	1,20	1,90	2,15	2,45	2,75
3,4	78		1,00	1,75	2,00	2,30	2,60
3,6	86			1,60	1,85	2,15	2,45
3,8	95			1,40	1,70	2,00	2,35
4,0	104			1,20	1,55	1,85	2,20

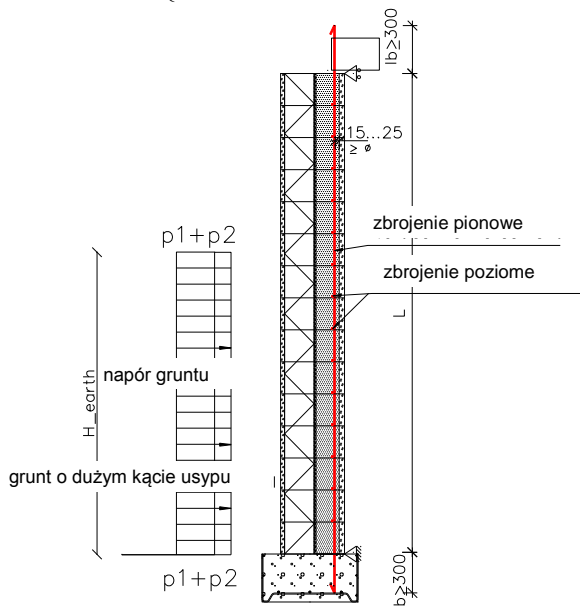
8.3 Wymiarowanie jako ściany zbrojonej pionowo i poziomo (krzyżowo)

W przypadku utwierdzenia pionowych krawędzi podporą, której wymiary w kierunku ortogonalnym wynosi $h_o \geq 2.5 h$ a odległość podpory w kierunku poziomym L_x nie przekracza $2L$ ścianę można wymiarować ze względu na napór gruntu jako płytę zbrojoną krzyżowo w kierunku pionowym i poziomym. Ilość poziomego zbrojenia rozciąganego musi być przynajmniej równa ilości zbrojenia podanej w Tabeli 12.

W przypadku zastosowania w ścianie również zbrojenia poziomego oraz obsypki z gruntu o dużym kącie usypu zamiast trójkąta naporu przedstawionego na Rys. 9a powyżej przyjąć można równomierny rozkład obciążenia zgodnie z Rys. 9b poniżej.

$$p_k = 0,3q + 2,8H$$

$$p_d \geq \begin{cases} 0,45q + 3,2H \\ 3,8H \end{cases}$$



Rys. 9b. Napór gruntu w przypadku ściany ze zbrojeniem pionowym i poziomym; obsypka z gruntu o dużym kącie usypu.

Gdy ścianę rozpatruje się jako płytę o zbrojeniu krzyżowym zbrojenie pionowe można uzyskać z Tabeli 8 zmniejszając wysokość naziomu przez zastosowanie poniższego współczynnika:

$$k_t = \sqrt{1 - \frac{a_x}{L_x}}$$

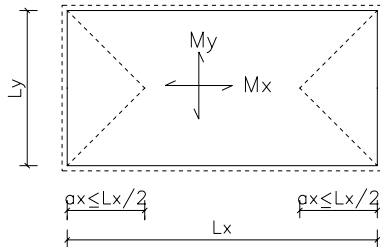
gdzie:

$$a_x = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{Rdx}}{p}} \leq \frac{L_x}{2}$$

M_{Rdx} jest wytrzymałością na zginanie w kierunku poziomym
 L_x jest odległością podpory w kierunku poziomym

Dla odległości podparcia w kierunku poziomym $L_x \leq 3600$ mm, przyjmuje się, że ściana wymiarowana na obciążenie równomiernie rozłożone spełnia kryteria stanu granicznego użytkowania.

Przy obliczaniu wytrzymałości na zginanie w kierunku poziomym w efektywnej wysokości przekroju uwzględnić można połowę grubości ścianki ściskanej.



Rys. 10 Ściana obciążona naporem gruntu wymiarowana jako płyta o zbrojeniu krzyżowym

W Tabeli 9 przedstawiono zbrojenie poziomie i odpowiadające mu wartości wytrzymałości na zginanie M_{Rdx} kNm/m w kierunku poziomym.

Tabela 9. Wytrzymałość na zginanie w kierunku poziomym ΣM_{Rdx} kNm/m (sumarycznie dla obu warstw muru)

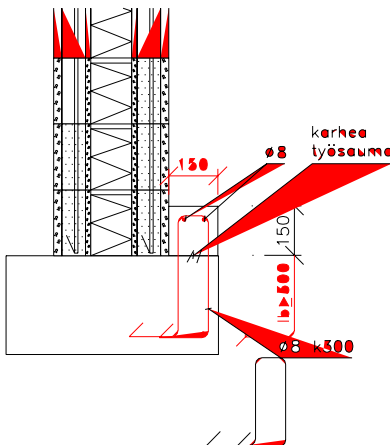
Zbrojenie	ΣM_{Rdx} (kNm/m)
Ø8 co 400mm	54,9
Ø8 co 200 mm	9,3
Ø10 co 200 mm	13,6
Ø12 co 200 mm	17,5

8.4 Alternatywny sposób oparcia ściany na fundamencie

Na powierzchni fundamentu wylewa się dodatkową ławę o wym. 150x150 mm ze strzemionami $\phi 8$ w rozstawie co 300mm z zakotwieniem w fundamencie, długość zakotwienia $l_b = 300$ mm z prętów prostych lub haków w zależności od wysokości fundamentu. W każdym strzemieniu znajdują się dwa pręty podłużne $\phi 8$. Zbrojenie dla wszystkich przypadków przedstawiono w Tabeli 8.

Obowiązują następujące zasady wymiarowania:

- odpowiednia wytrzymałość zakotwienia zbrojenia pionowego przy głębokości zakotwienia 150 mm
- wytrzymałość na zginanie dodatkowej ławy betonowej na reakcję podpory ściany w kierunku poziomym
- wytrzymałość złącza technologicznego na ścinanie wywołane reakcją podpory ściany w kierunku poziomym
- wytrzymałość zakotwienia strzemienia w dodatkowej ławie i w fundamencie
- Powierzchnia złącza technologicznego jest szorstka.



Rys. 11. Oparcie dolnego końca ściany na fundamencie bez połączenia zbrojeniem fundamentu ze ścianą.

9. BELKI NAD OTWORAMI

9.1 Informacje ogólne

Bloczki stosowane do wznoszenia ścian można również wykorzystać nad otworami. Belki przekrywające otwory wykonuje się z jednej, dwóch lub trzech warstw bloczków w zależności od długości otworu oraz obciążenia. Alternatywne rozwiązania belek przedstawiono na Rys. 12-16.

Dopuszcza się następujące rozwiązania belek:

- bez zbrojenia na ścinanie (9.2)
- ze zbrojeniem na ścinanie (9.3)
- konstrukcje zespolone złożone z bloczków betonowych i stalowego kształtownika (9.4).

W tabelach podano wytrzymałości jednej ścianki bloczka. W przypadku gdy obciążenie rozłożone jest po równo na obie ścianki bloczka wartości podane w tabeli można pomnożyć przez 2.

Reakcję podpory belki ogranicza się dla wszystkich głębokości belek do $R_{Rd}=30$ kN. Wartość reakcji podpory można zwiększyć do $R_{Rd}=45$ kN, jeśli zbrojenie rozciągane jest zakotwione do siły R_{Ed} , długość zakotwienia od lica otworu wynosi przynajmniej $l_b = 600$ mm, w podparciu belki jest górna warstwa zbrojenia przynajmniej 1 $\phi 10$ lub 2 $\phi 8$ oraz 2 poziome złącza pod podparciem belki z przynajmniej 1 pręta $\phi 8$, zakotwionego hakiem wygiętym do kierunku poziomego przy licu otworu. Wymagane jest również zbrojenie pionowe przy krawędzi otworu z pręta 1 $\phi 10$.

9.2 Belka bez zbrojenia na ścinanie

Jako główne zbrojenie, zgodnie z Tabelą 9 stosuje się pręty 2 $\phi 10$ ze stali gat. S500. Odległość głównego zbrojenia od dolnej krawędzi belki wynosi 30 mm (grubość otuliny betonowej wynosi 25 mm). Długość prętów głównego zbrojenia oblicza się jako długość otworu w świetle powiększoną o 600 mm.

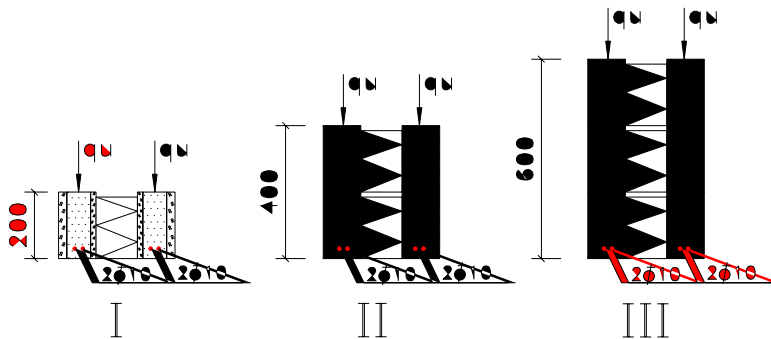
Belka może być również belką wspornikową w przypadku okien narożnych, Tabela 9b i Rys. 11. Zwrócić uwagę na usytuowanie zbrojenia po górnej stronie belki.

Tabela 11a. Belka bez zbrojenia na ścinanie

1, 2 lub 3 warstwy bloczków Zbrojenie główne 2 $\phi 10$ ze stali gat. S500

Wartość obliczeniowa wytrzymałości q_{Rd} kN/m dla jednej ścianki bloczka.

Liczba warstw bloczków	I	II	III
M_{Rd} kNm	9,3	22,9	36,6
V_{Rd} kN	8,1	11,6	14,2
Reakcja podpory R_{Rd} kN	30	30	30
Długość otworu L (m)	q_{Rd} kN/m		
0,6	64,0	100,0	100,0
0,8	35,2	75,0	75,0
1,0	24,2	60,0	60,0
1,2	18,3	50,0	50,0
1,4	14,7	34,4	42,9
1,6	12,3	26,0	37,5
1,8	10,5	20,8	33,3
2,0	9,1	17,3	30,0
2,2	8,1	14,7	25,0
2,4	7,2	12,8	20,7
2,6	6,5	11,2	17,6
2,8	5,9	10,0	15,2
3,0	5,4	9,0	13,4

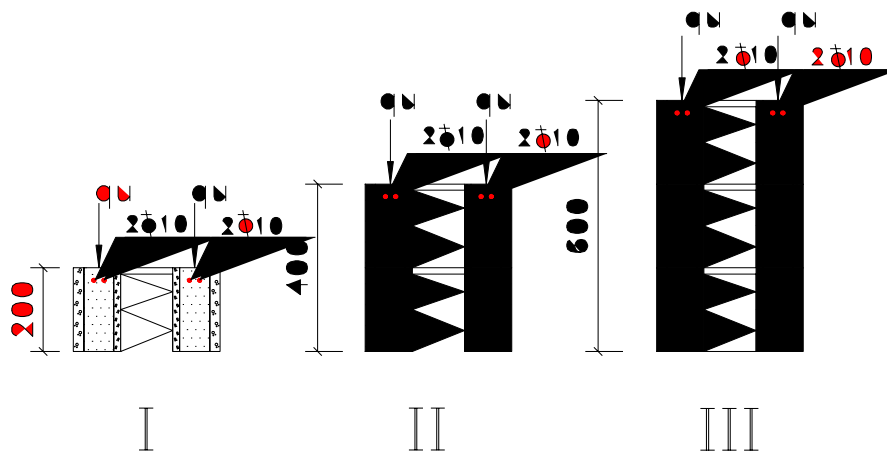


Rys. 12 Belka bez zbrojenia na ścinanie

Tabela 11b. Belka wspornikowa bez zbrojenia na ścinanie

1, 2 lub 3 warstwy bloczków Zbrojenie główne 2 $\phi 10$ ze stali gat. S500 po górnej stronie belkiWartość obliczeniowa wytrzymałości q_{Rd} kN/m dla jednej ścianki bloczka.

Liczba warstw bloczków	I	II	III
M_{Rd} kNm	9,3	22,9	36,6
V_{Rd} kN	8,1	11,6	14,2
Reakcja podpory R_{Rd} kN	30	30	30
Długość otworu L (m)	q_{Rd} kN/m		
0,3	27	100	100
0,4	15	75	75
0,5	10	58	60
0,6	8	32	50
0,7	6	22	43
0,8	5	17	38
0,9	4	13	29
1,0	4	11	22
1,1	3	9	17
1,2	3	8	14
1,3	2	7	12
1,4	2	6	10
1,5	2	5	9



Rys. 13. Belka bez zbrojenia na ścinanie

9.3 Belka ze zbrojeniem na ścinanie

W belkach ze zbrojeniem na ścinanie jako zbrojenie główne stosuje się 2 pręty $\phi 10$ lub 2 pręty $\phi 12$ ze stali gat. S500 zgodnie z Tabelą 10. Jako zbrojenie na ścinanie projektuje się strzemiona dwucięte $\phi 6$ co 200 mm lub jednocięte $\phi 6$ co 100 mm ze stali gat. S500. W Tabeli podano również długość kotwienia l_b głównych prętów zbrojenia.

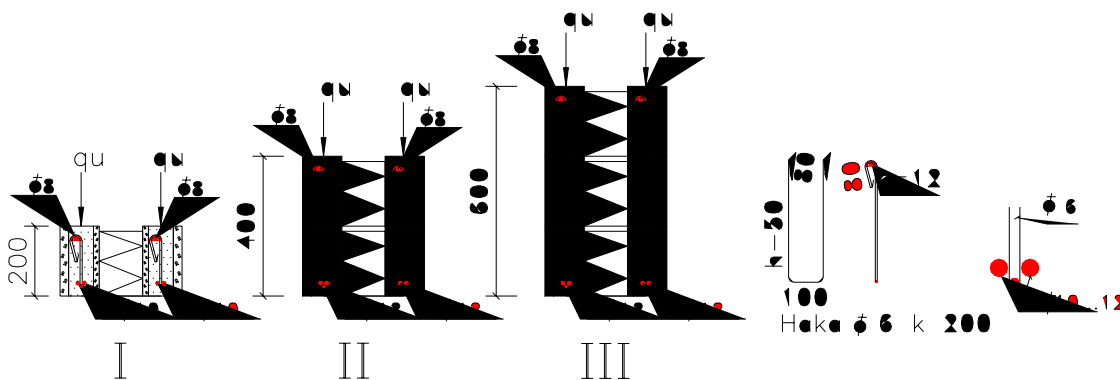
Tabela 12a. Belka ze zbrojeniem na ścinanie.

1, 2 lub 3 warstwy bloczków

Zbrojenie ze stali gat. S500

Wartość obliczeniowa wytrzymałości q_{Rd} kN/m dla jednej ścianki bloczka.

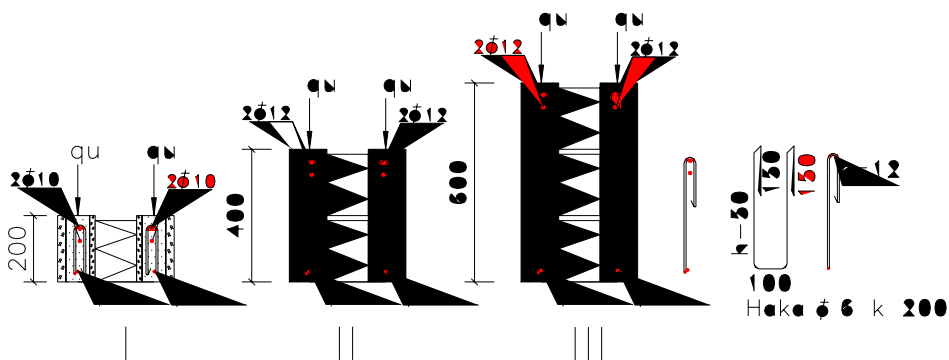
Liczba warstw bloczków	I	II	III
Zbrojenie rozciągane	2 $\phi 10$	2 $\phi 12$	2 $\phi 12$
Długość zakotwienia (mm)	300	500	800
Strzemiona	2 $\phi 6$ co 200 mm	2 $\phi 6$ co 200 mm	2 $\phi 6$ co 200 mm
M_u kNm	9,3	31,2	50,9
V_u kN	33,0	70,0	108,0
Reakcja podpory R_u kN	30,0	30,0	30,0
Długość otworu L (m)	q_{Rd} kN/m		
0,6	100,0	100,0	100,0
0,8	75,0	75,0	75,0
1,0	60,0	60,0	60,0
1,2	50,0	50,0	50,0
1,4	37,2	42,9	42,9
1,6	28,3	37,5	37,5
1,8	22,3	33,3	33,3
2,0	17,9	30,0	30,0
2,2	14,7	27,3	27,3
2,4	12,2	25,0	25,0
2,6	10,3	23,1	23,1
2,8	8,8	21,4	21,4
3,0	7,6	20,0	20,0



Rys. 14. Belka ze zbrojeniem na ścinanie

Table 12b. Belka wspornikowa ze zbrojeniem na ścinanie
 1, 2 lub 3 warstwy bloczków Zbrojenie ze stali gat. S500
 Wartość obliczeniowa wytrzymałości q_{Rd} kN/m dla jednej ścianki bloczka.

Liczba warstw bloczków	I	II	III
Zbrojenie główne po górnej stronie belki	2 ϕ 10	2 ϕ 12	2 ϕ 12
Długość zakotwienia (mm)	300	500	800
Strzemiona	2 ϕ 6 co 200mm	2 ϕ 6 co 200mm	2 ϕ 6 co 200mm
M_u kNm	9,3	31,2	50,9
V_u kN	33,0	70,0	108,0
Reakcja podpory R_u kN	30	30	30
Długość otworu L (m)	q_{Rd} kN/m		
0,3	77	100	100
0,4	57	75	75
0,5	44	60	60
0,6	31	50	50
0,7	22	43	43
0,8	17	37	37
0,9	13	33	33
1,0	11	30	30
1,1	9	27	27
1,2	7	25	25
1,3	6	23	23
1,4	5	21	21
1,5	4	20	20



Rys. 15. Belka wspornikowa ze zbrojeniem na ścinanie

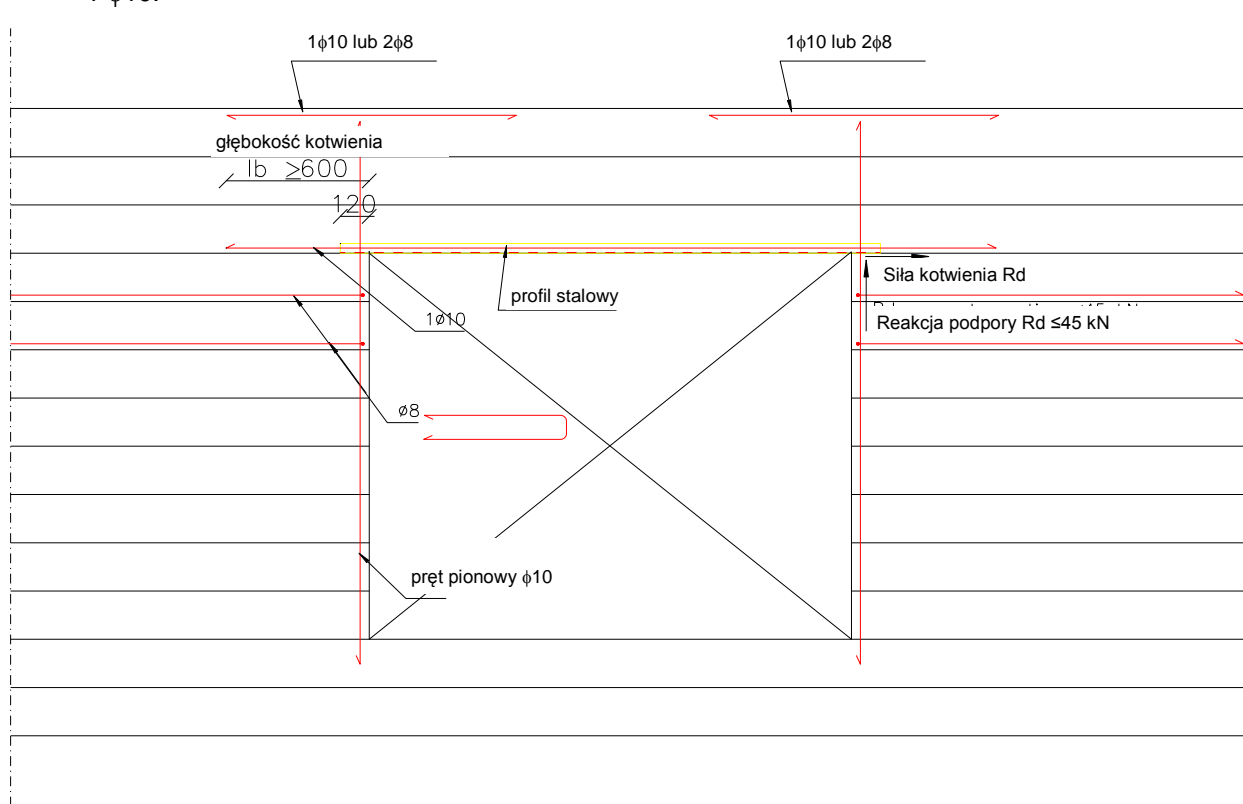
9.4 Belka zespolona

Zbrojenie rozciągane belki stanowi kształtownik stalowy usytuowany na dole belki. Stalowy kształtownik mocowany jest do betonu wylewanego na mokro za pośrednictwem dybli wystających z dolnego pasa kształtownika tworząc razem z częścią betonową belkę zespoloną. Dla zapewnienia wystarczającej wytrzymałości na ścinanie w belce zamontowane są pionowe dyble $\phi 16$ w rozstawie co 250mm lub co 200mm. Dyble przyciśnięte są do spodu belki w taki sposób, że dotykają stalowego kształtownika.

System belki zespolonej z kształtownikiem stalowym chroniony jest patentem z dopuszczeniem do wykorzystywania **wyłącznie** z wyrobami prod. Lammi.

Konstrukcja belki zespolonej umożliwia szybkie wykonywanie belek nad otworami.

W Tabelach reakcję podpory belki ograniczono dla wszystkich głębokości belek do wartości $R_{Rd}=30$ kN. Wartość reakcji podpory można zwiększyć do poziomu $R_{Rd}=45$ kN w przypadku zastosowania zbrojenia rozciąganego $1\phi 10$ w uzupełnieniu stalowego kształtownika. Ten dodatkowy pręt kotwiony jest z siłą R_{Ed} na głębokość przynajmniej $l_b = 600$ mm od lica otworu. Jako uzupełnienie tego pręta w obrębie oparcia belki stosuje się górną warstwę zbrojenia przynajmniej $1\phi 10$ lub $2\phi 8$ oraz 2 poziome złącza pod oparciem belki z przynajmniej 1 pręta $\phi 8$, zakotwionego hakiem odgiętym poziomo przy licu otworu. Wymagane jest również zbrojenie pionowe przy krawędzi otworu z pręta $1\phi 10$.



Rys. 18. Zbrojenie wokół otworu

W Tabeli 13 przedstawiono wartości obliczeniowe wytrzymałości belek zespolonych. Na Rys. 16a i 16b przedstawiono schemat belki zespolonej o różnych głębokościach.

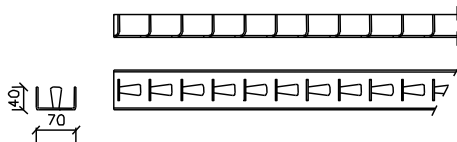
Tabela 13. Wartość obliczeniowa wytrzymałości q_{Rd} kN/m dla jednej ścianki bloczka.

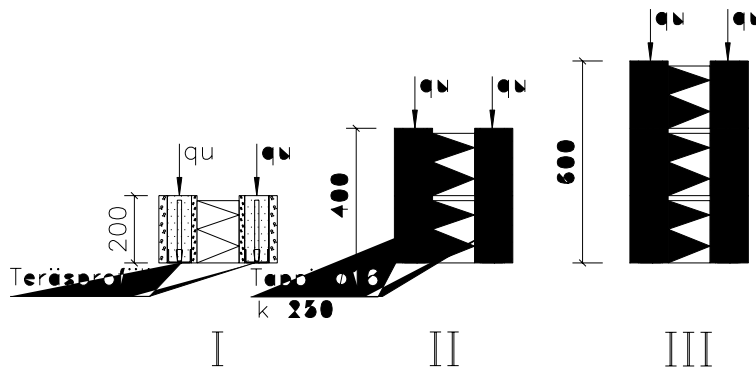
Kształtownik ze stali gat. S 355 J2G3 (Fe 52 D)

Dyble $\phi 16$ co 250 mm S500

Liczba warstw bloczków	I	II	III
M_u kNm	7,8	30,8	49,8
V_u kN	17,0	34,0	46,5
Reakcja podpory R_{Rd} kN	30	30	30
Długość otworu L (m)	q_{Rd} kN/m		
0,6	100	100	100
0,8	75	75	75
1,0	58	60	60
1,2	40	50	50
1,4	29	43	43
1,6	23	38	38
1,8	18	33	33
2,0	14	30	30
2,2	12	27	27
2,4	10	25	25
2,6	9	23	I
2,8	7	21	21
3,0	6	20	20
3,2	6	19	19
3,4	5	18	18
3,6	4	17	17
3,8	4	16	16
4,0	4	15	15
4,2	3	13	14
4,4	3	12	14
4,6		11	13
4,8		10	13
5,0		9	12

Profil stalowy belki zespolonej





Rys. 16 a i b. Profil stalowy belki zespolonej i różne głębokości s belki zespolonej

10. MIEJSCOWA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE

Miejscową wytrzymałość na ściskanie w punkcie przyłożenia obciążeń skupionych w sytuacji gdy obciążenia mogą rozchodzić się w ścianie na obszar szerszy niż obszar oddziaływania obciążenia oblicza się zgodnie z pkt. 6.7 normy EN-1992-1-1. Przyjmuje się rozchodzenie się obciążeń skupionych w obrębie ściany pod nachyleniem 2:1.

Długość rozkładu w kierunku grubości ściany nie przekracza 74 mm.

Miejscową wytrzymałość na ściskanie można wyznaczyć z następującego równania:

$$N_{Rd} = k \cdot A_{co} \cdot f_{cd}$$

$$k \leq \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{1 + \frac{h_h}{a} \sqrt{\frac{t_c}{b}}} \\ 3,0 \end{array} \right\},$$

gdzie:

$b \leq t_c = 74$ mm jest szerokością obszaru oddziaływania obciążenia w kierunku grubości ściany

a jest długością obszaru oddziaływania obciążenia w kierunku przebiegu ściany

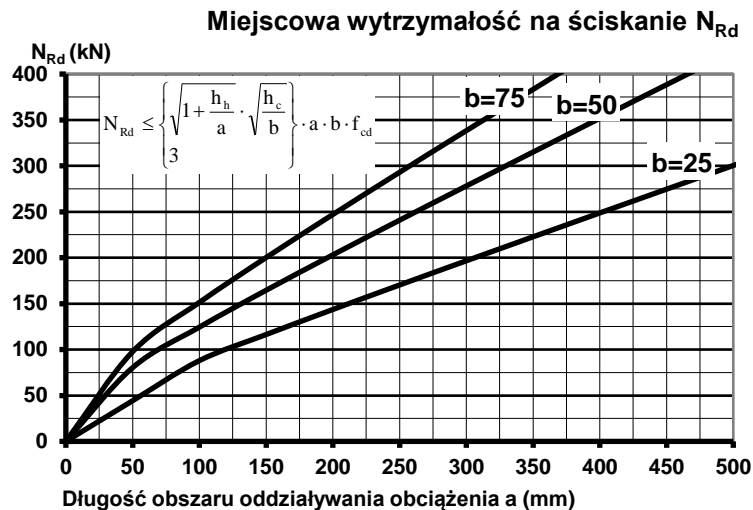
$h_h = 200$ mm jest wysokością jednej warstwy bloczków

$t_c = 74$ mm jest grubością rdzenia wykonywanego na mokro

f_{cd} jest obliczeniową wytrzymałością na ściskanie betonu wykonywanego na mokro (ze zbrojeniem pionowym)

f_{cdpl} jest obliczeniową wytrzymałością na ściskanie betonu wykonywanego na mokro (beton niezbrojony, bez zbrojenia pionowego)

Rys. 17 przedstawia miejscową wytrzymałość na ściskanie w funkcji długości obszaru oddziaływania obciążenia a . W przypadku ściany bez zbrojenia pionowego miejscową wytrzymałość na ściskanie należy pomnożyć przez współczynnik równy 0.8.



Rys. 19. Miejscowa wytrzymałość na ściskanie

11. MINIMALNE POLA PRZEKROJU ZBROJENIA

Jako minimalne zbrojenie pionowe ściany poddanej oddziaływaniu obciążeń poziomych (np. od wiatru lub naporu gruntu) wymiarowanej jako konstrukcja ze zbrojeniem pionowym jako zbrojenie minimalne przewidzieć należy w obu jej warstwach zbrojenie pionowe z prętów $\phi 8$ w rozstawie co 400mm ($A_s = 126 \text{ mm}^2 / \text{m}$).

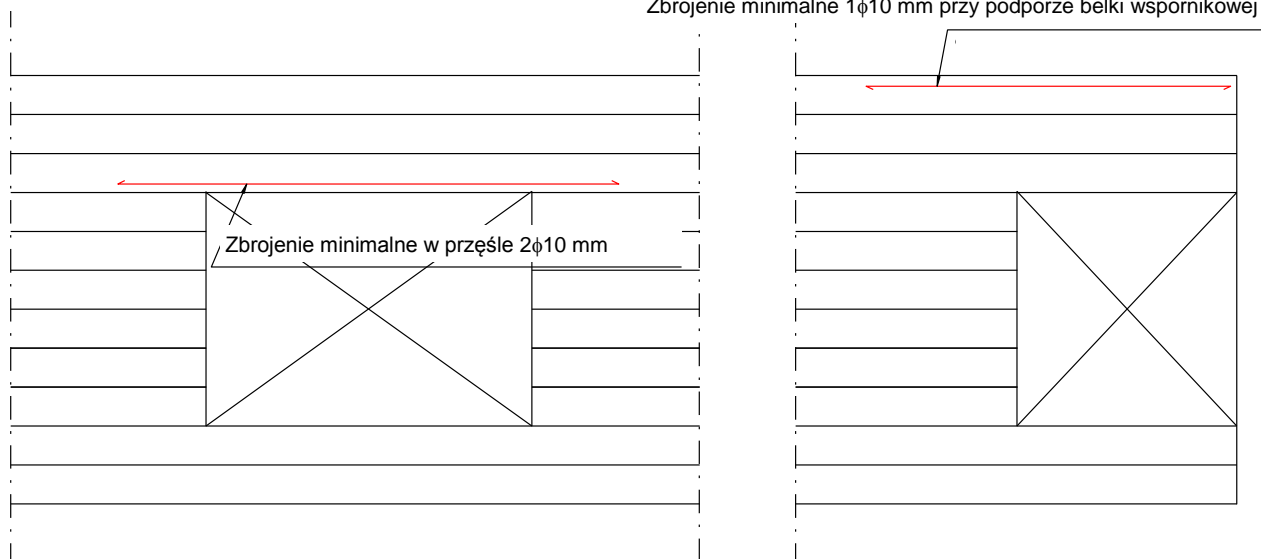
Jako zbrojenie zapobiegające pęknięciom skurczowym w obu warstwach muru projektowanej ściany przewidzieć należy zbrojenie poziome przynajmniej z prętów $\phi 8$ w rozstawie co 400mm.

Minimalna powierzchnia zbrojenia belki w strefie rozciąganej wynosi $2 \phi 10$. Jako minimalną ilość strzemion w belce ze zbrojeniem na ścinanie przyjąć zbrojenie z prętów $\phi 6$ w rozstawie co 200 mm.

W górnej krawędzi warstw bloczków poniżej podłogi betonowej zaleca się zastosowanie zbrojenia z prętów $1 \phi 8$ mm.

Minimalna powierzchnia zbrojenia belki w przęśle oraz przy podporach belek wspornikowych wynosi $2 \phi 10$.

Rys. 18 Narożnik – belka nadprożowa traktowana jako belka wspornikowa

Zbrojenie minimalne 1 ϕ 10 mm przy podporze belki wspornikowej

Rys. 20 Zbrojenie minimalne

12. DYLATACJE

W przypadku długich ścian przewidzieć można dylatacje. W tym przypadku konstrukcję należy przeciąć w punkcie dylatacji zarówno w obrębie betonu jak i zbrojenia. Zaleca się nie przekraczanie maksymalnej odległości między dylatacjami wynoszącej 15 m. Zastosowanie dylatacji należy zawsze bardzo dokładnie rozważyć. Każdą z części budynku między dylatacjami należy ustabilizować w taki sposób, by w każdej części były przynajmniej trzy stabilizujące ściany biegnące w dwóch różnych kierunkach.

13. ODPORNOŚĆ OGNIOWA

Ściana z bloczków z rdzeniem izolacyjnym spełnia poniższe wymagania dotyczące odporności pożarowej:

Ściana działowa, nienośna	EIM 240
Ściana nośna	REIM 60

Podczas badania ściana była nagrzewana z jednej strony. W grubości ściany dla potrzeb weryfikacji zgodności z wymaganiami minimalnej grubości ściany wg pkt. 5.4 normy EN-1992-1-2 uwzględnić można grubości ścianek bloczków.

Grubość ścianki bloczka po stronie nagrzewanej wynosi 23 mm. W przypadku klasy odporności pożarowej R60 wymiar konstrukcji po stronie nagrzewanej zmniejsza się o 20 mm (izoterma 500°C na Rys. A.2 normy EN-1992-1-2) i w ten sposób cały rdzeń nośny można obliczać przyjmując pełną wytrzymałość.

Przy obliczaniu temperatury w zbrojeniu głównym w odległości do osi pręta uwzględnić można grubość ścianki. W ten sposób odległość do osi głównego zbrojenia wynosi 40 mm. Temperatura w głównym zbrojeniu po 60 minutach nagrzewania wynosi 300°C, co nie powoduje zmniejszenia wytrzymałości zbrojenia.



14. UWAGA KOŃCOWA

W przypadku jakichkolwiek pytań lub potrzeby uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt z naszym działem obsługi klienta pod nr tel. +358 20 7530 499.