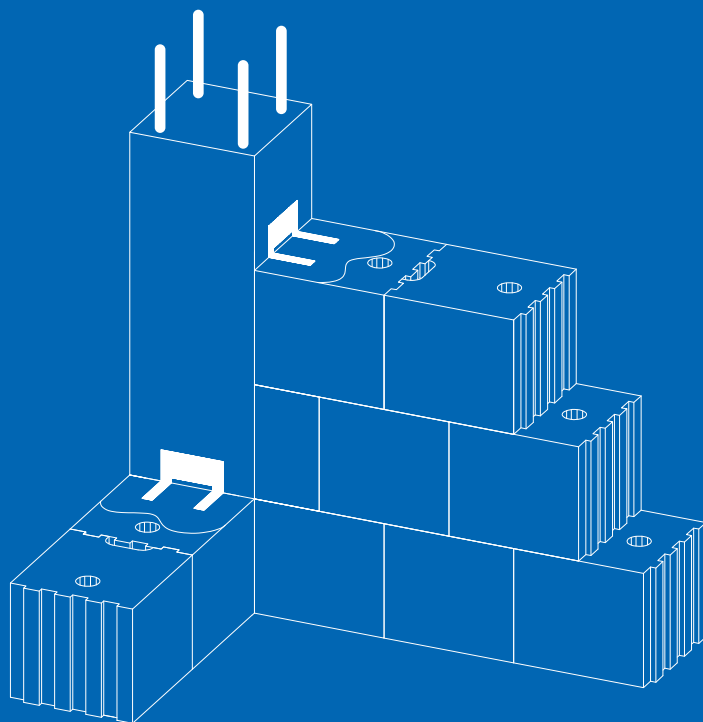


PROJEKTOWANIE BUDYNKÓW Z SILIKATOWYCH ELEMENTÓW MUROWYCH. ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCE.



Spis treści

SYSTEM ŚCIAN MUROWANYCH SILIKATY	5
1. WPROWADZENIE	6
1.1. DEFINICJA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ	6
1.2. KLASYFIKACJA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH Z SILIKATÓW	7
1.3. WYMAGANIA STAWIANE ŚCIANOM WYPEŁNIAJĄCYM	8
2. MATERIAŁY DO WZNOSZENIA MURÓW	9
2.1. ELEMENTY MUROWE	9
2.2. ZAPRAWY MURARSKIE	12
2.3. KOTWY I ŁĄCZNIKI	13
3. ZASADY PROJEKTOWANIA ŚCIAN WYPEŁNIAJĄCYCH	14
3.1. OBCIĄŻENIA DZIAŁAJĄCE NA ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCE	15
3.2. PRZYJĘCIE GEOMETRII ŚCIANY	16
3.3. SCHEMAT STATYCZNY I PODPARCIE ŚCIANY	17
3.4. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE	18
3.5. NOŚNOŚĆ ŁĄCZNIKÓW	19
4. UPROSZCZONE PROJEKTOWANIE	20
5. SZCZEGÓŁY ROZWIĄZAŃ POŁĄCZEŃ	23
5.1. POŁĄCZENIE DOLNEJ KRAWĘDZI ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCEJ ZE STROPEM	23
5.2. POŁĄCZENIE MIĘDZY GÓRNĄ KRAWĘDZIĄ ŚCIANY A STROPEM	24
5.3. POŁĄCZENIE PIONOWYCH KRAWĘDZI ŚCIAN	26
6. PRZYKŁADY OBLICZEŃ	30
6.1. OBLICZANY BUDYNEK	30
6.2. WEWNĘTRZNE ŚCIANY WYPEŁNIAJĄCE	32
6.3. ŚCIANA OSŁONOWA	32
LITERATURA	37

Maj 2017 r.

Copyright by Grupa SILIKATY

Żadna część tego opracowania nie może być powielana i rozpowszechniana bez pisemnej zgody wydawcy.

Materiał opracował: dr hab. inż. Łukasz Drobiec

System ścian murowanych SILIKATY

Podstawowymi elementami systemu ścian murowanych SILIKATY są elementy murowe (podstawowe i uzupełniające) oraz zaprawy i akcesoria murarskie. System uzupełniają narzędzia do wznoszenia murów oraz wytyczne projektowania i wytyczne wykonawcze, informacje techniczne i KNR. Pełna oferta – zestawienie tych elementów wraz ze wszystkimi niezbędnymi danymi technicznymi znajduje się w aktualnym wydaniu Katalogu technicznego Grupy SILIKATY oraz w cenniku.

Wraz z SYSTEMEM SILIKATY można stosować produkty dodatkowe takie jak: systemy ociepleń i zamocowań, tynki, izolacje oraz wyroby chemii budowlanej (np. środki zabezpieczające powierzchnię ścian, masy i pianki uszczelniające szczeliny dylatacyjne).

Niniejsze wytyczne zawierają informacje niezbędne do prawidłowego zorganizowania i prowadzenia robót związanych ze wznoszeniem murowanych ścian wypełniających w SYSTEMIE SILIKATY. Tylko prawidłowe stosowanie właściwych materiałów pozwala na wykonanie obiektów budowlanych spełniających wymagania inwestorów i użytkowników. Dział doradztwa technicznego Grupy SILIKATY służy klientom informacją i pomocą przy stosowaniu SYSTEMU SILIKATY.

SYSTEM SILIKATY to:

- gwarancja wykonania ścian o wysokiej nośności – możliwość wznoszenia smukłych murów,
- ściany o wysokiej odporności ogniowej,
- bardzo dobra izolacyjność akustyczna i ochrona cieplna w lecie, wynikająca z dużej gęstości objętościowej (wysoka masa powierzchniowa ścian),
- w połączeniu z zewnętrznym systemem ocieplenia spełnienie wymagań ochrony cieplnej i oszczędności energii w zimie,
- łatwość wymurowania szczelnych murów i ścian,
- wysoka trwałość (zgodnie z postanowieniami odpowiednich norm silikaty mogą być stosowane bez ograniczeń zarówno w środowisku silnie mokrym wewnątrz i na zewnątrz, z występującym mrozem i środkami odladzającymi, jak i w nieagresywnym gruncie i wodzie),
- mur będący mocnym i trwałym podłożem do zamocowania różnego rodzaju obciążeń, w tym warstw elewacyjnych,
- spełnienie wymagań estetycznych inwestorów i architektów (gładki i równy mur daje możliwość różnorodnego wykończenia: nieotynkowany – elewacyjny, otynkowany),
- spełnienie najwyższych wymagań ekologicznych – silikaty w czasie całego cyklu życia produktu są materiałem przyjaznym dla środowiska.

System Zakładowej Kontroli Produkcji wdrożony w zakładach należących do Grupy SILIKATY jest gwarancją jakości i stabilności parametrów technicznych produkowanych w nich silikatów.

1. Wprowadzenie

Niniejsze wytyczne są zgodne z zaleceniami Eurokodu 6, w szczególności z PN-EN 1996-1-1 [N1], PN-EN 1996-2 [N2], PN-EN 1996-3 [N3] oraz z normami z nimi związanymi. Wytyczne dotyczą zasad projektowania ścian wypełniających z elementów silikatowych produkowanych przez zakłady Grupy SILIKATY w SYSTEMIE SILIKATY. Zasady projektowania ścian i wykonywania ścian nośnych zawarte zostały w zeszycie „Projektowanie budynków z silikatowych elementów murowych. Ściany konstrukcyjne”.

1.1. Definicja ściany wypełniającej

1. W tradycyjnych budynkach murowych ściany postrzegane były jako główne elementy konstrukcji. Ściany wypełniające stanowiły wówczas jedynie tzw. ścianki działowe grubości 60 lub 120 mm, wydzielające poszczególne pomieszczenia. W ostatnich dziesięcioleciach coraz powszechniejsze jest wykonywanie szkieletowych konstrukcji budynków, również mieszkalnych, co wprawdzie zapewnia swobodę podziału, powoduje jednak konieczność wykonywania ścian wypełniających wydzielających mieszkania. Ściany te muszą spełniać między innymi ostre wymagania ochrony przed hałasem, co powoduje konieczność zwiększenia ich grubości. Przy innych funkcjach budynku wykonuje się ściany wypełniające o znacznych rozmiarach, stanowiące np. przegrody ogniowe. W budynkach szkieletowych ścianami wypełniającymi są na ogół ściany zewnętrzne. Muszą one dodatkowo zapewniać ochronę cieplną i przed czynnikami atmosferycznymi oraz stwarzać poczucie bezpieczeństwa użytkownikom.

2. Pod pojęciem ścian wypełniających należy rozumieć wszelkie ściany, które nie odgrywają istotnej roli w statyce obiektu, ale tworzą jego podział wewnętrzny, wydzielając odrębne pomieszczenia i przestrzenie lub stanowią przegrodę zewnętrzną. Cechą charakterystyczną, wspólną dla wszystkich rodzajów ścian wypełniających, jest możliwość ich demontażu w dowolnym okresie eksploatacji obiektu i zastąpienie innym równoważnym rozwiązaniem bez potrzeby adaptacji konstrukcji budynku (np. zmiany funkcjonalne pomieszczeń, zmiana elewacji).

3. Niezależnie od funkcji, jaką ściany wypełniające pełnią w budynku (np. przegroda wizualna, akustyczna, ogniowa), muszą one mieć odpowiednią stateczność oraz przenosić na konstrukcję budynku obciążenia na nie działające, w tym ciężar własny, tynk, urządzenia na nich zawieszone itp.

4. Mimo że ściany wypełniające nie odgrywają istotnej roli w statyce obiektu, powinny być odpowiednio konstruowane i wykonywane, gdyż brak dbałości w tym względzie powoduje częste występowanie uciążliwych dla wykonawców i użytkowników obiektów rys, a nawet pęknięć. Ograniczenie tych niekorzystnych zjawisk wymaga nie tylko odpowiedniego projektowania i wykonywania samych ścian wypełniających, ale również całego układu konstrukcyjnego.

5. Przy projektowaniu i wykonywaniu ścian wypełniających należy zwrócić uwagę na zapewnienie im odpowiedniej sztywności i stateczności. Sztywność ścian zależy zarówno od wymiarów ściany (wysokości i długości) oraz jej grubości, jak i połączenia ściany z konstrukcją. Wymaganą stateczność ściany wypełniającej uzyskuje się przez odpowiednie połączenie jej z konstrukcją budynku. Można również wykorzystywać połączenie z innymi, prostopadłymi ścianami wypełniającymi. Nawet niewielkie błędy projektowe lub wykonawcze mogą powodować powstanie zarysowań i spękań. Skrócenie czasu realizacji inwestycji wymusza, szczególnie w dużych obiektach, wykonywanie ścian wypełniających praktycznie jednocześnie ze ścianami konstrukcyjnymi, w czasie gdy osiadania budowli nie są jeszcze ustabilizowane, a zmiany wilgotności materiałów są znaczne.

6. Powszechne jest obecnie realizowanie monolitycznych konstrukcji szkieletowych, ze stropami dużych rozpiętości, umożliwiającymi dowolną aranżację wnętrza. Ugięcia stropów o rozpiętościach znacznie przekraczających 6,0 m, nawet przy zachowaniu warunków normowych, często są przyczyną zarysowania ścian wypełniających. Wiele problemów w centrach handlowych i innych obiektach budownictwa ogólnego stwarzają ściany wypełniające o znacznych wysokościach i długościach.

1.2. Klasyfikacja ścian wypełniających z silikatów

1. W budynku można rozróżnić ściany zewnętrzne i wewnętrzne. Ściany zewnętrzne w zależności od wymagań i założeń mogą być jedno- i wielowarstwowe, otynkowane i nieotynkowane, z warstwą ocieplenia lub bez. Częścią ścian zewnętrznych mogą być elementy osłonowe (szkło, kamień, metal, drewno itp.). Przykład nieotynkowanej ściany zewnętrznej w budynku halowym pokazano na fotografii 1, a widok ścian wypełniających w budynku mieszkalnym na fotografii 2.



Fotografia 1. Nieotynkowane ściany wypełniające w budynku halowym (fotografia wykonana podczas wznoszenia obiektu)



Fotografia 2. Ściany wypełniające w budynku mieszkalnym (stan surowy otwarty)

2. Ściany wewnętrzne dzielą pomieszczenia oraz obszary w budynkach i obiektach. Mogą spełniać różne wymagania. Oprócz tradycyjnych ścian działowych ważnym rodzajem ścian wewnętrznych są np. ściany międzymieszkaniowe czy też ściany ogniowe spełniające funkcję oddzielenia poszczególnych stref w halach przemysłowych i magazynowych.

1.3. Wymagania stawiane ścianom wypełniającym

1. W przypadku ścian wypełniających ze względu na ich konstrukcję i sposób zamocowania znacznie istotniejsze jest jednoznaczne uzgodnienie z inwestorem wymagań, szczególnie tych, które nie są sprecyzowane normowo, a wynikają ze specyfiki obiektu. Głównym wymaganiem stawianym przed ścianami wypełniającymi jest funkcja oddzielająca. W związku z tym przy projektowaniu należy uwzględnić takie wymagania jak: ochrona cieplna, przed hałasem, ogniem, wilgocią, wpływami atmosferycznymi, nie zapominając o podstawowym warunku związanym z bezpieczeństwem konstrukcji i użytkowania [1, 2].
2. Ściany wypełniające są obciążone głównie siłami poziomymi (np. wiatr, obciążenie użytkowe, np. od napierającego tłumy) i ciężarem własnym. Przy ich projektowaniu i wykonywaniu należy również uwzględnić wpływ innych oddziaływań, takich jak zmiany temperatur i odkształceń innych elementów budynku. Nie należy zapominać o wpływie na stateczność ścian różnego rodzaju obciążeń wynikających z eksploatacji budynku (ugięcia stropów, zamocowane urządzenia, przedmioty itp.). W budownictwie mieszkaniowym nie powinno być ograniczeń w obciążaniu ścian w dowolnym miejscu obrazami, szafkami kuchennymi, półkami itp. W budownictwie użyteczności publicznej podstawowym obciążeniem, jakie należy uwzględniać, jest poziome obciążenie użytkowe. W budownictwie przemysłowym należy przeanalizować możliwość wystąpienia różnego rodzaju obciążenia wynikającego z procesów technologicznych i funkcji budynku (np. uderzenie wózkami widłowym).

3. W zależności od pełnionej funkcji i związanych z nią wielkości obciążeń grubość ścian wypełniających może być różna. Jako minimalną grubość ścian wypełniających w SYSTEMIE SILIKATY przyjęto 8 cm, a maksymalną 25 cm. Ściany o minimalnej grubości mogą pełnić funkcje ścian wydzielających poszczególne pomieszczenia o kategorii użytkowania A lub B zgodnie z PN-EN 1991-1-1 [N4], natomiast ściany pomieszczeń o kategorii użytkowania C i D powinny mieć większą grubość dostosowaną do wielkości obciążeń lub wymogów izolacji akustycznej.

2. Materiały do wznoszenia murów

2.1. Elementy murowe

1. Zestawienie ściennych elementów murowych oferty handlowej Grupy SILIKATY zamieszczono w tablicy 1. Większość bloczków produkowanych przez zakłady Grupy SILIKATY ma długość 250 mm i wysokość 220 mm. Grubości produkowanych elementów stosowanych w ścianach wypełniających wynoszą 80, 100, 120, 150, 180, 240 i 250. Bloczki podstawowe nazwane są literą N lub NP oraz liczbą odpowiadającą grubości elementu w centymetrach. W nazwie elementów o długości 500 mm po liczbie oznaczającej grubość występuje dodatkowo symbol /500. Bloczki fundamentowe oznaczone są literą F, natomiast bloczki o podwyższonej izolacyjności akustycznej literą A.

Tablica 1. Elementy murowe produkowane przez zakłady Grupy SILIKATY

RODZAJ ELEMENTU	Wymiary (dł. x gr. x wys.)	Masa elementu	Klasa gęstości	Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie f_b	Współczynnik przewodzenia ciepła	Reakcja na ogień	Nasiąkliwość	Mrozoodporność
	mm	kg		N/mm ²	W/mk		%	cykle
 SILIKAT N6,5	250x65x220	5,5	1,6	15	0,61	A1	<16	50
 SILIKAT N8	250x80x220	6,0 6,6	1,4 1,6	15	0,46 0,61	A1	<16	50
 SILIKAT N12	250x120x220	9,0 10,0	1,4 1,6	15	0,46 0,61	A1	<16	50

SILIKAT N15		250x150x220	12,0 12,5	1,4 1,6	15	0,46 0,61	A1	<16	50
SILIKAT N18		250x180x220	13,3 14,0	1,4 1,6	15 20	0,46 0,61	A1	<16	50
SILIKAT N18/500		500x180x220	26,0	1,6	15	0,61	A1	<16	50
SILIKAT NP18		250x180x220	15,2 16,0	1,6 1,8	20 25	0,61 0,81	A1	<16	50
SILIKAT N24		250x240x220	17,1 19,2	1,4 1,6	15 20	0,46 0,61	A1	<16	50
SILIKAT NP24		250x240x220	21,0 22,4	1,6 1,8	20 25	0,61 0,81	A1	<16	50
SILIKAT N25		250x250x220	18,2 20,3	1,4 1,6	15 20	0,46 0,61	A1	<16	50
SILIKAT NP25		250x250x220	21,6 22,3	1,6 1,8	20 25	0,61 0,81	A1	<16	50
SILIKAT NT25		250x250x220	18,2	1,4	15	0,33	A1	<16	50
SILIKAT F25		500x250x140	27,0 29,0	1,6 1,8	20 25	0,61 0,81	A1	<16	50
SILIKAT 1NF		250x120x65	3,4 3,6	1,8 2,0	15 20	0,81 1,05	A1	<16	50
SILIKAT 3NFD		250x120x220	9,3 9,6	1,4 1,6	15	0,46 0,61	A1	<16	50
SILIKAT A12		250x120x220	11,5	1,8	20	0,81	A1	<16	50

SILIKAT A		250x180x220	18,6	2,0	20	1,05	A1	<16	50
SILIKAT A^{PLUS}		250x180x220	19,7	2,2	25 30	1,37	A1	<16	50

2. Poza elementami ściennymi w ofercie handlowej Grupy SILIKATY znajdują się elementy uzupełniające w postaci elementów wyrównujących SILIKAT NW18, SILIKAT NW24, SILIKAT NW25, elementów połówkowych SILIKAT 1/2NP18, SILIKAT 1/2NP24 i SILIKAT 1/2NP25 oraz kształtek SILIKAT U i pustaka wentylacyjnego SILIKAT PW. Elementy wyrównujące NW pozwalają na projektowanie i wykonanie ścian w module 10 cm oraz ułatwiają wykonanie pierwszej warstwy muru. Elementy połówkowe 1/2 NP ułatwiają wykonanie przewiązania murarskiego w narożniku ścian. Kształtka SILIKAT U pełni rolę szalunku traconego, w którym można wykonać np. belkę podwalinową, wieniec, nadproże itd. Błoczek SILIKAT PW przeznaczony jest do wykonywania pionów wentylacyjnych. Zestawienie elementów uzupełniających z oferty handlowej Grupy SILIKATY zamieszczono w tablicy 2.

Tablica 2. Uzupełniające elementy murowe produkowane przez zakłady Grupy SILIKATY

RODZAJ ELEMENTU		Wymiary (dł. x gr. x wys.)	Masa elementu	Klasa gęstości	Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie f_b	Współczynnik przewodzenia ciepła	Reakcja na ogień	Nasiąkliwość	Mrozoodporność
		mm	kg		N/mm ²	W/mk		%	cykle
SILIKAT NW18		250x180x98	8,6	2,0	20	1,05	A1	<16	50
SILIKAT NW24		250x240x98	9,4 10,5	1,8 2,0	20	0,81 1,05	A1	<16	50
SILIKAT NW25		250x250x98	9,9	1,8	20	0,81	A1	<16	50
SILIKAT 1/2NP18		90x180x220	6,3	1,8	20	0,81	A1	<16	50
SILIKAT 1/2NP24		115x240x220	10,0 11,4	1,8 2,0	20	0,81 1,05	A1	<16	50
SILIKAT 1/2NP25		115x250x220	10,6	1,8	20	0,81	A1	<16	50

SILIKAT U		220x240x250	12	-	-	-	A1	<16	50
		220x250x240							
		220x240/250x220							
SILIKAT PW		250x240x220	16,1	1,2	15	0,36	A1	<16	50
			17,3	1,4					

3. Zakłady Grupy SILIKATY produkują elementy murowe przeznaczone do murowania na spoiny cienkie oraz zwykłe. Bloczki SILIKAT N, SILIKAT NP, SILIKAT F, SILIKAT T i SILIKAT A mogą być stosowane do murowania na spoiny cienkie oraz zwykłe. Bloczki i cegły SILIKAT S, SILIKAT 1NF (cegła silikatowa), SILIKAT 2NFD i SILIKAT 3NFD powinny być zaś stosowane do murowania na spoiny zwykłe.
4. Ze względu na parametry geometryczne wszystkie elementy podstawowe produkowane w zakładach Grupy SILIKATY zalicza się zgodnie z PN-EN 1996-1-1 [N1] do grupy 1. Elementy uzupełniające SILIKAT NW18, SILIKAT NW24, SILIKAT NW25, SILIKAT 1/2NP18, SILIKAT 1/2NP24 i SILIKAT 1/2NP25 również należą do grupy 1. Pustak wentylacyjny SILIKAT PW zalicza się do grupy 2. Do grupy 1S, stosowanej przy projektowaniu z uwagi na warunki pożarowe, zaliczają się bloczki SILIKAT A, SILIKAT A^{PLUS}, SILIKAT A12 oraz cegła pełna SILIKAT 1NF.
5. Wszystkie niezbędne do projektowania dane i informacje techniczne dotyczące elementów produkowanych w zakładach Grupy SILIKATY znajdują się w aktualnym katalogu technicznym oraz na stronie www.grupasilikaty.pl

2.2. Zaprawy murarskie

1. Do wykonywania murów z silikatów stosuje się:
- zaprawy murarskie tradycyjne, przeważnie cementowo-wapienne, a niekiedy cementowe, o grubości od 6 do 15 mm, średnio 10 mm,
 - zaprawy murarskie do cienkich spoin o grubości od 0,5 do 3 mm – z reguły 2 mm.
- Zaprawy murarskie tradycyjne mogą być produkowane fabrycznie lub wytwarzane według przepisu na budowie. Zaprawy cienkowarstwowe są zazwyczaj produkowane fabrycznie. Wymagania dla zapraw produkowanych fabrycznie określone są w PN-EN 998-2 [N11], natomiast w normie PN-B-10104 [N5] podano wymagania dotyczące zapraw murarskich ogólnego przeznaczenia, wytwarzanych na budowie (przepisanych). Zaprawy murarskie dzieli się na klasy oznaczone literą M i liczbą odpowiadającą wytrzymałości zaprawy na ściskanie f_m w MPa. Stosuje się następujące klasy zapraw: M0,25, M0,5, M1, M2,5, M5, M10, M15, M20 i Md, gdzie d jest wytrzymałością na ściskanie nie mniejszą niż 25 MPa.
2. Do wykonania muru z silikatów należy stosować zaprawy klasy nie niższej niż M5. Zaleca się, aby wytrzymałość zaprawy na ściskanie nie różniła się w znaczący sposób od wytrzymałości elementów murowych. Ważnym parametrem określającym przydatność zaprawy jest również jej przyczepność, określana jako wytrzymałość spoiny. Grupa SILIKATY zaleca stosowanie zapraw o przyczepności do silikatowych elementów murowych na poziomie 0,5 N/mm², ale nie mniejszej niż 0,4 N/mm².

3. Zaleca się stosowanie zapraw przygotowywanych fabrycznie, których producent deklaruje ich przydatność do murowania z silikatów oraz wymagane parametry. Zaprawy takie zapewniają większą stabilność i jednorodność parametrów technicznych niż zaprawy przygotowywane na miejscu budowy. Grupa SILIKATY w swojej ofercie handlowej ma dwa rodzaje zapraw do cienkich spoin: zaprawę białą (w wersji letniej i zimowej) oraz zaprawę szarą.
4. W przypadku stosowania zapraw przepisanych, wytwarzanych na budowie, zaleca się stosowanie zapraw odmian A÷F według PN-B-10104 [N5] oraz łącznika krajowego do PN-EN 1996-1-1 [N1]. Zaprawy wytwarzane na budowie muszą spełniać wymogi normy PN-B-10104 [N5].

2.3. Kotwy i łączniki

Ściany wypełniające łączy się zazwyczaj z elementami konstrukcji budynku za pomocą specjalnych metalowych łączników. Wyjątek stanowi tu ściana wspornikowa, lecz takie rozwiązanie występuje bardzo rzadko. Rodzaj zastosowanego łącznika zależy od przyjętego schematu podparcia ściany. Zestawienie łączników podano w tabelicy 3.

Tablica 3. Rodzaje łączników służące do zamocowania ścian wypełniających w konstrukcji

RODZAJ ELEMENTU		Zastosowanie	Nośność
P30		Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ścianami. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,26 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN
ZIG ZAG		Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ścianami. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach cienkich.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 0,95 kN
K1		Element do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 0,81 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN
K2		Element do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości. Nadaje się do murów wznoszonych na spoinach zwykłych i cienkich. Cechuje się większą nośnością niż K1.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,0 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,63 kN
D1		Odpowiednik łącznika K1 stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,5 kN

D2		Odpowiednik łącznika K2 stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,98 kN
D3		Element stosowany do połączeń górnej krawędzi dwóch ścian wypełniających nad dylatacją.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,8 kN
DS		Element służący do połączeń ścian wypełniających ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,0 kN
DS2		Element służący do połączeń ścian wypełniających ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,45 kN
KL200		Kotwa do przesuwnego zamocowania żelbetowego rdzenia w stropie górnym	Charakterystyczna nośność na ścinanie 27,4 kN

3. Zasady projektowania ścian wypełniających

- Projektowanie ścian wypełniających polega na:
- ustaleniu obciążeń działających na ścianę,
 - przyjęciu geometrii ściany,
 - przyjęciu sposobu podparcia ściany,
 - wykonaniu obliczeń statyczno-wytrzymałościowych,
 - sprawdzeniu nośności łączników.

Poniżej opisano każdy z etapów projektowania ściany wypełniającej. Uwaga: w punkcie 4 zamieszczono zasady uproszczonego projektowania ścian wewnętrznych w budynkach mieszkalnych (kategoria A według PN-EN 1991-1-1 [N4]), biurowych (kategoria B [N4]) i w pomieszczeniach ze stołami (kategoria C1 [N4]).

3.1. Obciążenia działające na ściany wypełniające

- Ściany wypełniające muszą przenieść [2, 3]:
- ciężar własny,
 - ciężar wypraw tynkarskich i urządzeń zawieszonych na ścianie,
 - poziome obciążenie wiatrem (ściany zewnętrzne),
 - poziome obciążenie użytkowe równomiernie rozłożone liniowo,
 - oddziaływania termiczne,
 - poziome obciążenia wyjątkowe,
 - obciążenia reologiczne,
 - wpływy od ewentualnego ugięcia stropu.

Ciężar własny i ciężar tynku wykonanego z obu stron ścian wypełniających jest obciążeniem ściskającym, działającym pionowo w osi ściany. Masa wszelkich elementów podwieszanych do ściany (meble, urządzenia) obciąża ścianę mimośrodowo, co powoduje ich zginanie z płaszczyzny. Obciążenie wiatrem i obciążenie użytkowe działa poziomo i powoduje zginanie ściany z płaszczyzny. Ugięcie stropu powoduje zginanie ściany w płaszczyźnie. Obciążenie użytkowe ścian wypełniających ustala się zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1:2004 [N4] w zależności od kategorii użytkowania pomieszczeń, w jakich projektuje się ściany wypełniające. Norma ta zaleca, aby w ścianach działowych i ograniczających uwzględniać poziome charakterystyczne obciążenie liniowe q_k , przyłożone na wysokości nie większej niż 1,2 m. Obciążenie użytkowe zalecane przez normę [N4] zestawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Wartości obciążenia liniowego na wysokości do 1,2 m w ścianach działowych i ograniczających według PN-EN 1991-1 [N4]

Kategoria użytkowania	Charakterystyczne obciążenie liniowe q_k , kN/m ²
A (powierzchnie mieszkalne)	0,2÷1,0 (0,5)
B (powierzchnie biurowe) i C1 (powierzchnie ze stołami)	0,2÷1,0 (0,5)
C2 (powierzchnie z zamocowanymi siedzeniami), C4 (powierzchnie, na których jest możliwa aktywność fizyczna) i D (powierzchnie handlowe)	0,8÷1,0
C5 (powierzchnie ogólnie dostępne dla tłumu)	3,0÷5,0
E (powierzchnie składowania i działalności przemysłowej)	0,8÷2,0

Ściany zewnętrzne należy obciążać parciem lub ssaniem wiatru zgodnie z PN-EN 1991-1-4 [N6]. Przy obciążeniu liniowym użytkowym według tablicy 4 ssanie będzie dawało najbardziej niekorzystną kombinację oddziaływań, natomiast w wypadku obciążania ściany od wewnątrz budynku znacznym obciążeniem na mimośrodku (urządzenia i elementy zawieszone na ścianie) niekorzystne będzie parcie wiatru. W ścianach osłonowych należy również rozważyć konieczność analizowania obciążeń termicznych. Obciążenia takie należy przyjmować zgodnie z normą PN-EN 1991-1-5 [7]. Ściany wypełniające wznosi się na innych konstrukcjach (najczęściej żelbetowych stropach lub belkach). Na etapie projektowania obiektu zaleca się obliczeniowe sprawdzenie wpływu ugięcia (np. przez wywołanie przemieszczenia lub zadanie momentów zginających w numerycznym modelu ściany) i w razie potrzeby zaprojektowanie odpowiedniego zabezpieczenia (zmniejszenie ugięć stropu, przez jego pogrubienie, wykonanie żeber pod ścianą lub dozbrojenie ściany). Dodatkowo projektant powinien przewidzieć możliwość podwieszenia do ścian

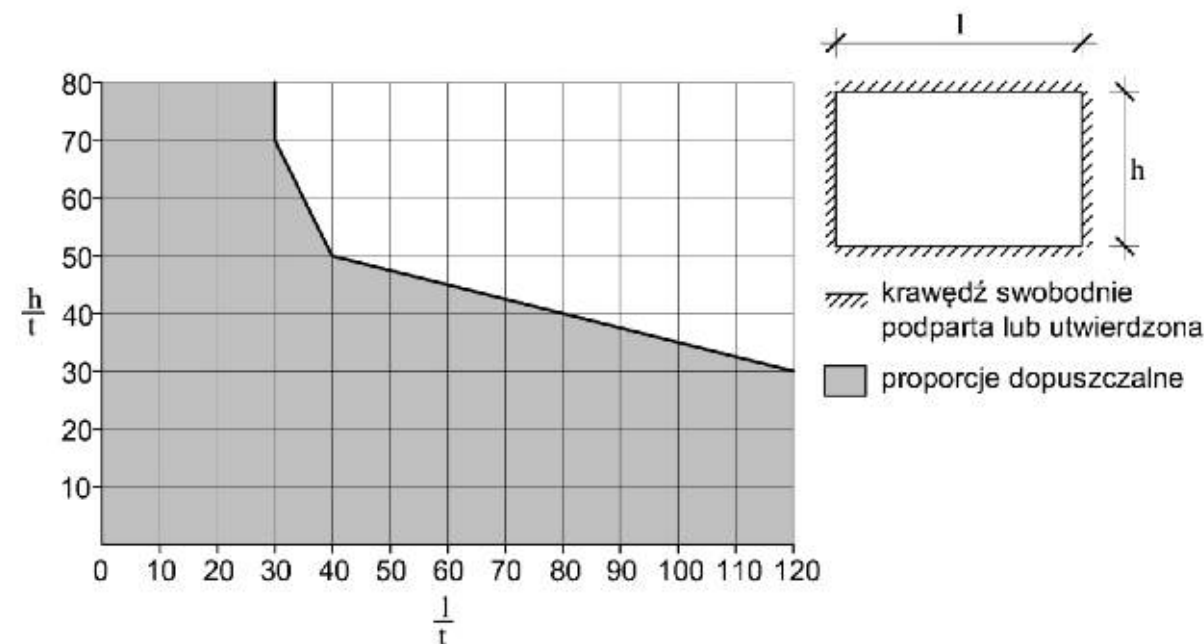
urządzeń AGD i innych elementów (np. szafek kuchennych) oraz rozważyć konieczność uwzględnienia wpływów reologicznych.

Na etapie ustalania obciążeń projektant powinien zatem dodatkowo rozważyć zasadność przyjmowania:

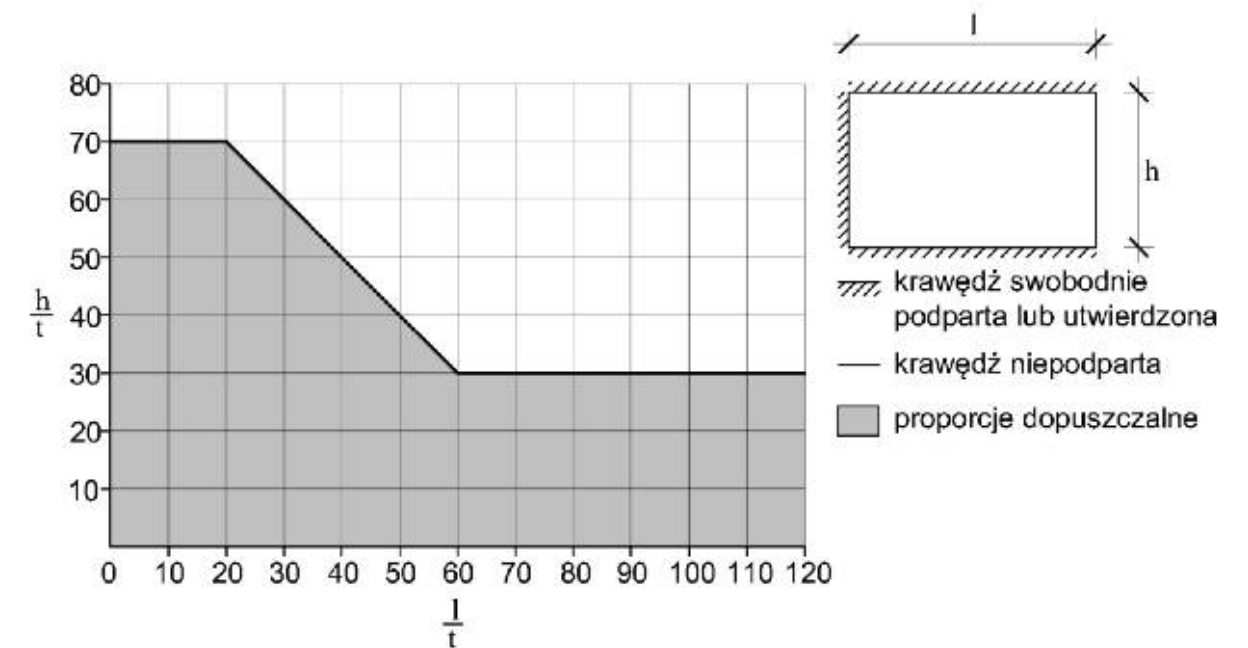
- dodatkowego obciążenia użytkowego od urządzeń i instalacji, które będą na ścianie zawieszane,
- obciążenia skurczem ściany.

3.2. Przyjęcie geometrii ściany

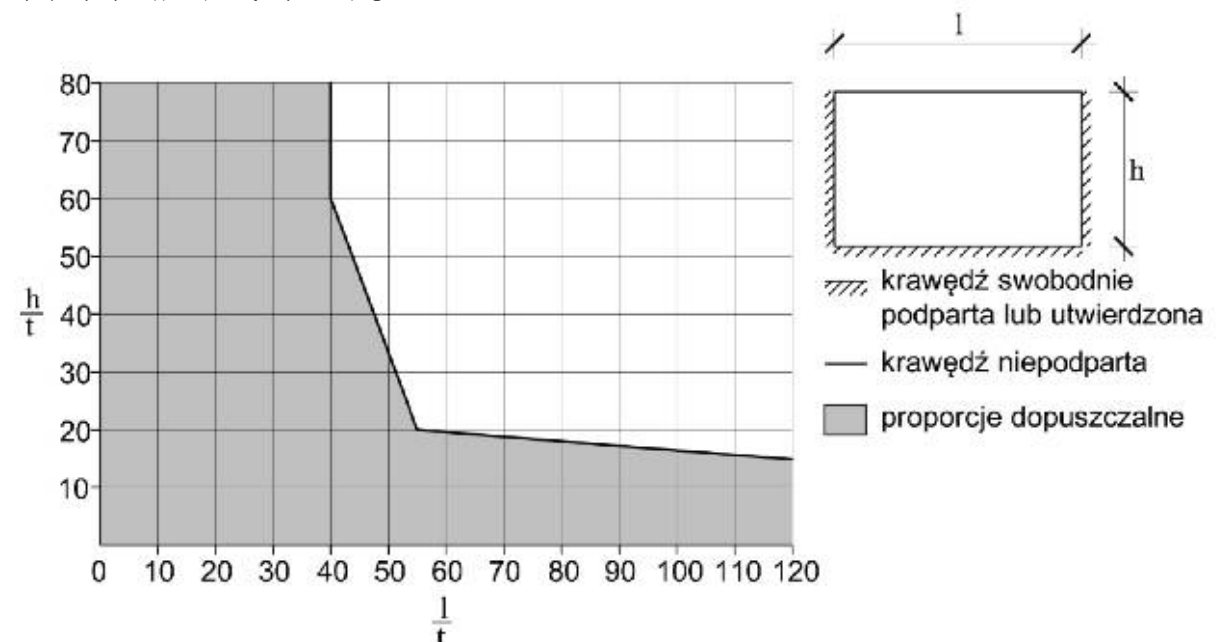
Geometria ściany zależy od warunków i zaleceń zamieszczonych w normach z pakietu Eurokod 6. W pierwszej kolejności należy przyjąć wysokość ściany wypełniającej, gdyż jest ona determinowana wysokością kondygnacji. Wysokość ściany wypełniającej powinna być o 20÷30 mm niższa niż wysokość kondygnacji w świetle. Pozostawiona pod stropem szczelina ma umożliwić swobodne jego ugięcie. Długość ściany wypełniającej zależy od warunków konstrukcyjnych zamieszczonych w normie PN-EN 1996-2 [N2]. W normie tej podano odległość między dylatacjami pionowymi w zewnętrznych ścianach nienośnych, która w wypadku ściany z elementów silikatowych wynosi 8,0 m. Norma nie precyzuje granicznej długości ścian wewnętrznych, lecz zaleca się tu przyjmować również 8,0 m. Jeśli ściana wypełniająca ma długość większą, należy ją podzielić na odcinki krótsze. Po ustaleniu wysokości h i długości l ścian należy określić ich grubość t . W załączniku F normy PN-EN 1996-1-1 [N1] zamieszczono wykresy zawierające ograniczenia wymiarów ścian (rys. 1÷3). W zależności od przyjętej wysokości i długości ściany, z uwagi na zachowanie stanu granicznego użyteczności, ograniczeniom podlega jej grubość. Należy wstępnie przyjąć grubość ściany t i sprawdzić, czy punkt na wykresie odpowiadający stosunkom wysokości ściany w świetle podpór do jej grubości h/t oraz długości ściany do grubości l/t znajduje się w odpowiednim obszarze (szara część wykresu). W wypadku, kiedy ściana podparta jest tylko wzdłuż krawędzi poziomych, norma [N1] zaleca, aby jej wysokość została ograniczona do $30t$.



Rysunek 1. Ograniczenie wymiarów ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż czterech krawędzi wg [N1]



Rysunek 2. Dopuszczalne wymiary ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż trzech krawędzi, przy niepodpartej jednej krawędzi pionowej wg [N1]



Rysunek 3. Ograniczenie stosunków wymiarów ścian obciążonych prostopadle do ich powierzchni podpartych wzdłuż trzech krawędzi, przy niepodpartej jednej krawędzi poziomej wg [N1]

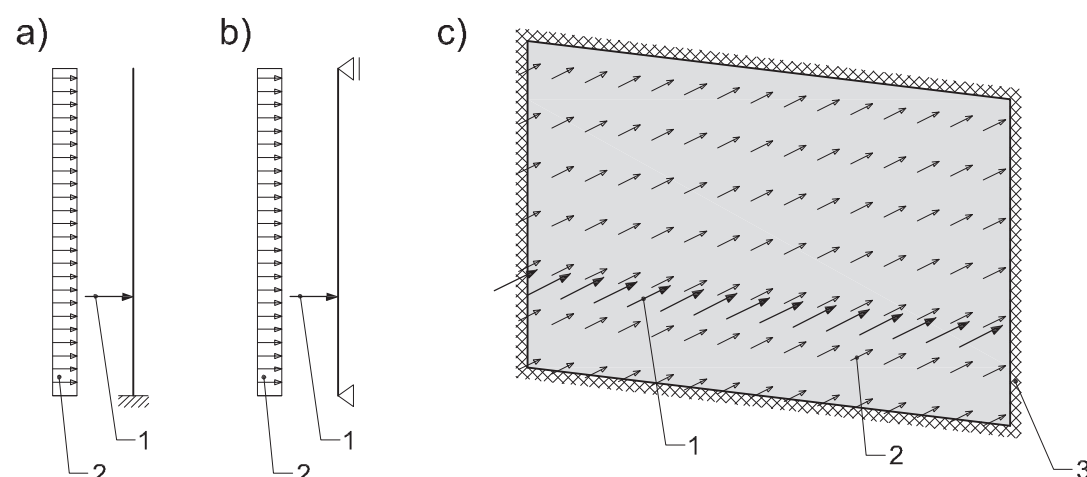
3.3. Schemat statyczny i podparcie ściany

Po ustaleniu geometrii ściany należy przyjąć sposób jej podparcia, a co za tym idzie schemat statyczny. Ściany mogą być:

- oparte tylko na dolnej krawędzi (wspornikowe),
- oparte na dwóch krawędziach (dolnej i górnej lub dolnej i bocznej),
- oparte na trzech krawędziach (górna krawędź swobodna lub boczna krawędź swobodna),
- oparte na czterech krawędziach.

W zależności od sposobu połączenia krawędzi ściany z konstrukcją budynku połączenie można traktować jako pełne zamocowanie lub punktowe połączenie przegubowe. Oparcie ściany na stropie, z uwagi na zastosowanie jastrychów uważa się za pełne zamocowanie. Nie ma technicznych możliwości uzyskania zamocowania na górnej krawędzi ściany. Mocowanie metalowymi łącznikami typu DS (zob. tablica 3) uważa się za przegubowe połączenie punktowe. Krawędź boczna ściany wypełniającej może być połączona przegubowo (z inną murowaną ścianą łącznikami typu P30, Zig-Zag lub z konstrukcją żelbetową lub murową łącznikami typu K1, K2, D1, D2). Uzyskanie na krawędzi bocznej zamocowania wymaga wykonania żelbetowego rdzenia, który powinien być sztywno połączony ze stropem dolnym (np. przez wypuszczenie lub wklejenie zbrojenia startowego) i przesuwnie połączony ze stropem górnym (przez zastosowanie specjalnej kotwy umożliwiającej ugięcie stropu). Szczegóły połączeń ścian wypełniających zamieszczono w punkcie 5 i w pracy [4].

Ściany wspornikowe należy obliczać w schemacie belki wspornikowej (rys. 4a). Ściany oparte tylko na górnej i dolnej krawędzi oraz ściany o długości ponad dwa razy większej niż ich wysokość można obliczać w schemacie belki swobodnie podpartej (rys. 4b). Nie uwzględnia się wówczas korzystnie działającego obciążenia od ciężaru własnego ściany i elementów na niej zawieszonych, ale wyniki obliczeń znajdują się po stronie bezpiecznej. Schematem statycznym ściany podpartej na 3 lub 4 krawędziach jest płyta (rys. 4c) obciążona w płaszczyźnie ciężarem własnym muru i wykończenia, a z płaszczyzny obciążeniem użytkowym i wiatrem (zewnątrzne ściany osłonowe).



Rysunek 4. Schematy statyczne ścian wypełniających:

- a) ściana wspornikowa,
- b) ściana oparta na dolnej i górnej krawędzi,
- c) ściana oparta na trzech lub czterech krawędziach,
- 1 - obciążenie użytkowe, 2 - obciążenie wiatrem (tylko w zewnętrznym ścianach osłonowych),
- 3 - podparcie płyty (krawędź swobodna, utwierdzona lub punktowe zamocowanie przegubowe)

3.4. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1 [N1], w ścianach zginanych z płaszczyzny w stanie granicznym nośności, moment zginający przyłożony do ściany murowanej M_{Ed} nie może być większy od obliczeniowej nośności ściany na zginanie M_{Rd} . Prawdziwa musi być zatem nierówność:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (1)$$

W obliczeniach momentu zginającego należy uwzględniać ortotropowe właściwości muru poprzez uwzględnienie współczynnika ortogonalności μ .

Obliczeniową nośność na zginanie M_{Rd} ściany obciążonej prostopadłe do jej powierzchni, na jednostkę długości lub wysokości ściany, należy wyznaczać ze wzoru:

$$M_{Rd} = f_{xd} Z \quad (2)$$

gdzie f_{xd} jest obliczeniową wytrzymałością muru na zginanie, natomiast Z jest sprężystym wskaźnikiem zginania przekroju obliczanej ściany. Wytrzymałość f_{xd} , w zależności od płaszczyzny oddziaływania momentu zginającego, może być obliczeniową wytrzymałością na zginanie, gdy do zniszczenia dochodzi w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych f_{xd1} lub wytrzymałości określaną przy założeniu płaszczyzny zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych muru f_{xd2} . Kiedy uwzględnia się pozytywny wpływ naprężenia ściskającego, normalnego do płaszczyzny spoin wspornych, wówczas zamiast wartości f_{xd1} można w obliczeniach nośności na zginanie przyjąć obliczeniową, zastępczą wytrzymałość na zginanie $f_{xd1,app}$. W tej sytuacji należy jednak pamiętać o odpowiedniej modyfikacji współczynnika ortogonalności μ przy wyznaczaniu wartości momentów zginających obciążających ścianę.

Szczegóły dotyczące określania wytrzymałości muru na rozciąganie i zginanie można znaleźć w pracy [1].

Określenie sił wewnętrznych (momentów zginających i reakcji podporowych) od obciążeń w schematach belkowych (rys. 4 a i b) nie nastręcza problemów. Problem taki występuje natomiast w schematach płytowych, gdzie z uwagi na formę obciążenia użytkowego nie można skorzystać z tablic zamieszczonych w załączniku E normy PN-EN 1996-1-1 [N1]. Norma ta zezwala jednak dla ścian o nieregularnych kształtach lub z projektowanymi znacznymi otworami wykorzystywać znane sposoby określania momentów zginających w płytach wieloprzęsłowych, na przykład metodą elementów skończonych (MES) lub metodą linii żałomów. W analizach tych należy uwzględnić anizotropię muru, np. przez zastosowanie współczynnika ortogonalności μ . W wypadku ścian wypełniających lub osłonowych oprogramowanie bazujące na MES musi mieć możliwość przyłożenia obciążeń w dwóch kierunkach. Obciążenie od ciężaru własnego oraz obciążenia od wpływów termiczno-reologicznych działają w płaszczyźnie ściany, natomiast obciążenia od wiatru i obciążenia użytkowe działają w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściany. Model obliczeniowy jest prosty, gdyż analizuje się zazwyczaj ściany prostokątne, ewentualnie ściany z otworami. Zaleca się zagęszczenie siatki MES w okolicy podparć oraz w rejonie otworów, jeżeli takie występują w ścianie. Przy tworzeniu modelu ściany należy zwrócić uwagę, aby podpory znajdowały się w miejscach projektowanych łączników. Podpory te zaleca się w modelu przyjmować jako podatne. Po zamodelowaniu ściany, przyjęciu schematów obciążeń przeprowadza się obliczenia, stosując standardowe kombinacje oddziaływań. Po uzyskaniu wartości sił wewnętrznych należy wykazać, że obliczeniowy moment w murowej ścianie nie jest większy od nośności obliczeniowej na zginanie ściany, M_{Rd} według wzoru (1). W wypadku przekroczenia nośności konieczne będzie zmniejszenie wymiarów ściany lub zwiększenie jej grubości.

3.5. Nośność łączników

Należy sprawdzić, czy wielkość reakcji podporowych nie jest większa od obliczeniowej nośności łączników, deklarowanej przez ich producenta. Gdy nośność jest przekroczona, należy zwiększyć liczbę łączników lub zastosować łączniki podwójne.

4. Uprozczone projektowanie

Poniżej umieszczono tablice z wyliczonymi minimalnymi grubościami ścian wypełniających. Tablice dotyczą ścian, w których:

- zastosowano elementy murowe o długości 250 mm i wysokości 220 mm oraz projektowaną zaprawę cienkowarstwową,
- wytrzymałość na zginanie przyjęto na podstawie badań prowadzonych na Politechnice Śląskiej [5], w których dla muru grubości 18 cm wykonanego na zaprawie cienkowarstwowej Calduran Dünnbettmörtel produkcji holenderskiej uzyskano: $f_{xk1} = 0,37 \text{ N/mm}^2$ i $f_{xk2} = 0,44 \text{ N/mm}^2$,
- ściany zostaną wzniesione zgodnie z klasą A wykonania robót,
- obciążenie użytkowe na wysokości 1,2 m wynosi 0,5 kN/m (ściany w pomieszczeniach o kategorii użytkowania A, B i C1),
- nie występuje obciążenie wiatrem (tablice dotyczą ścian wewnętrznych), ani inne obciążenia powodujące dodatkowe zginanie ściany z płaszczyzny,
- metalowe łączniki zastosowano w co drugiej spoinie wspornej wzdłuż krawędzi bocznych (przy tego typu podparciu) oraz w co drugiej spoinie czołowej wzdłuż krawędzi poziomej,
- ugięcie stopu oddziałujące na ścianę jest nie większe niż 10 mm,
- nie przewiduje się funkcji oddzielania pożarowego.

Tablica 5. Grubości ścian zamocowanych na górnej i dolnej krawędzi

Schemat statyczny	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
Ściana wspornikowa*	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Ściana zamocowana na górnej i na dolnej krawędzi*	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

* w obliczeniach nie uwzględniono korzystnego wpływu ciężaru własnego

Tablica 6. Grubości ścian podpartych na czterech krawędziach, krawędzie pionowe jako zamocowane (w żelbetowym rdzeniu)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
4,0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 7. Grubości ścian podpartych na czterech krawędziach, jedna krawędź pionowa zamocowana (w żelbetowym rdzeniu), a jedna podparta przegubowo (metalowe łączniki)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 8. Grubości ścian podpartych na czterech krawędziach, krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 9. Grubości ścian podpartych na trzech krawędziach, krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe zamocowane (w żelbetowym rdzeniu)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 10. Grubości ścian podpartych na trzech krawędziach, górna krawędź pozioma swobodna, a krawędzie pionowe podparte przegubowo (metalowe łączniki)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 11. Grubości ścian podpartych na trzech krawędziach, jedna krawędź pionowa swobodna, a druga podparta przegubowo (metalowe łączniki)

Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tablica 12. Grubości ścian podpartych na trzech krawędziach, jedna krawędź pionowa swobodna, a druga zamocowana (w żelbetowym rdzeniu)

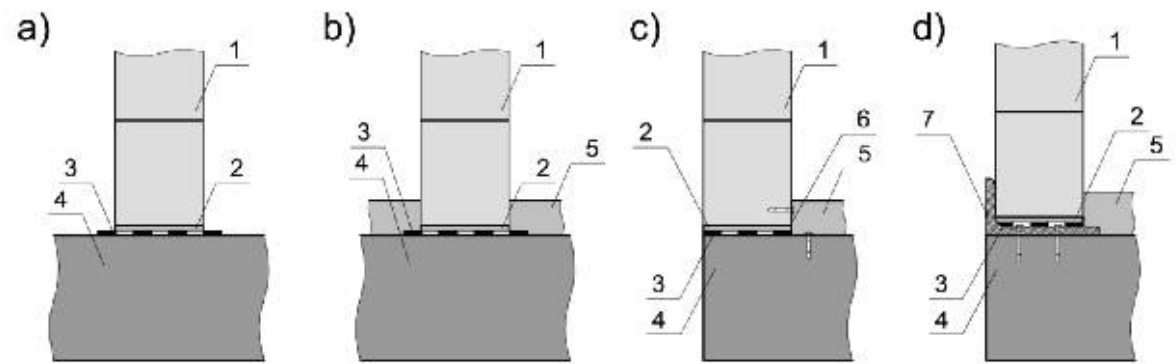
Długość ściany [m]	Wysokość ściany [m]								
	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
4,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
5,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
6,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
7,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
8,0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

5. Szczegóły rozwiązań połączeń

5.1. Połączenie dolnej krawędzi ściany wypełniającej ze stropem

Dolna pozioma krawędź ściany opiera się na stropie żelbetowym lub konstrukcji ramy, na której została wymurowana. Ścianę wypełniającą najczęściej wznosi się na warstwie poślizgowej wykonanej z dwóch warstw folii PVC lub papy. Taka przekładka oddziela konstrukcję wypełnianą od ściany i pozwala na zmniejszenie naprężeń stycznych przekazywanych na ścianę wypełniającą wynikających z odkształceń stropów (ugięcia konstrukcji (stropów), wpływy reologiczne i termiczne). Pierwszą warstwę ściany wypełniającej muruje się na warstwie zaprawy o grubości 10 mm, pozwalającej na zniwelowanie nierówności powierzchni, na której ściana jest wznoszona (rys. 5a). W związku ze stosowaniem warstwy poślizgowej dolną krawędź ściany można traktować jako przegubowo podpartą w kierunku pionowym (z możliwością przesuwu w poziomie), chyba że na konstrukcji, na której ściana jest ustawiona zostaną wykonane sztywne warstwy posadzki. Warstwy te po stwardnieniu będą obejmowały dolną część ściany i umożliwią przekazanie poziomych sił poprzecznych, a poprzez zablokowanie możliwości obrotu ściany mogą również pozwolić na utwierdzenie wzdłuż dolnej krawędzi. Taka sytuacja wystąpić może w wypadku wewnętrznych ścian wypełniających, kiedy warstwy posadzki obejmują ścianę z dwóch stron (rys. 5b). Ponieważ posadzki wykonuje się najczęściej po pewnym czasie po wzniesieniu ścian, wystąpi już pewna część odkształceń reologicznych konstrukcji wypełnianej. Po wykonaniu posadzek ściany będą miały w dalszym ciągu możliwość odkształceń w swej płaszczyźnie [4].

W przypadku ścian wypełniających zabudowanych na elewacji (ścian osłonowych) występuje problem z odpowiednim jej połączeniem z konstrukcją wzdłuż krawędzi dolnej. Ściany osłonowe, z uwagi na duże odkształcenia termiczne, powinny mieć zapewnioną możliwość przesuwu, a więc wykonywać je należy na warstwie poślizgowej. Nie można jednak dopuścić, aby występowały przemieszczenia ściany z płaszczyzny konstrukcji wypełnianej wywołane parciem lub ssaniem wiatru. Zapewnienie właściwego podparcia ścian osłonowych wymaga zatem wykonania dodatkowych zabiegów konstrukcyjnych, na przykład zakotwienia dolnej krawędzi ściany w warstwach posadzki łącznikami (rys. 5c) lub murowania ściany na profilach stalowych (listwach prowadzących) (rys. 5d). Rozwiązanie pokazane na rys. 1c może być także stosowane w przypadku ścian wewnętrznych, kiedy warstwy posadzki nie zapewniają właściwego poziomego oparcia (posadzki drewniane lub posadzki techniczne). Widok połączenia ściany wypełniającej ze stropem dolnym pokazano na fotografii 3.



Rysunek 5. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi dolnej z konstrukcją:

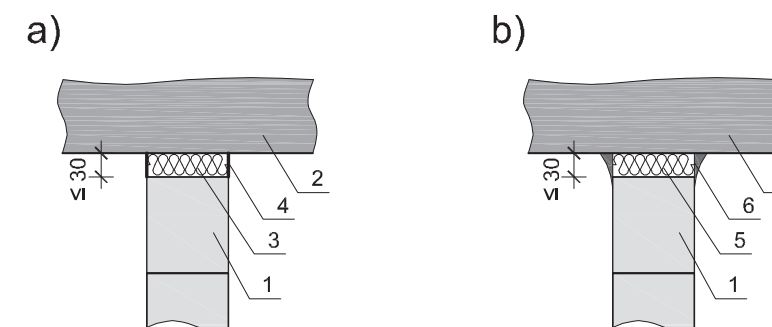
- a) podparcie na warstwie poślizgowej (możliwość obrotu i przesuwu w kierunku poziomym),
b) podparcie na warstwie poślizgowej z zablokowaniem obrotu i przesuwu poprzecznego przez ułożenie sztywnych posadzek (zamocowanie),
c) i d) podparcie ściany osłonowej bez możliwości przesuwu,
1 - ściana wypełniająca, 2 - pierwsza warstwa zaprawy, 3 - warstwa poślizgowa, 4 - konstrukcja (np. strop), 5 - jastrych, 6 - metalowy łącznik, 7 - stalowy kątownik



Fotografia 3. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi dolnej z konstrukcją

5.2. Połączenie między górną krawędzią ściany a stropem

Górna krawędź ściany wypełniającej powinna być oddylatowana od zabudowanego nad nią stropu, aby zabezpieczyć ścianę przed oddziaływaniem uginającego się stropu oraz dać jej możliwość swobodnych odkształceń od wpływów termicznych [4]. Dylatację tę uzyskuje się przez pozostawienie między ścianą a stropem wolnej przestrzeni o grubości do 30 mm. Gdy nie projektuje się podparcia ściany wypełniającej wzdłuż górnej krawędzi, przestrzeń tę wypełnia się wełną mineralną lub pianką trwale elastyczną (rys. 6a). Jeżeli ściana pełni funkcję oddzielania ogniowego, to zgodnie z PN-EN 1996-1-2 [N8] należy w dylatacji zastosować wełnę mineralną klasy A1 wg PN-EN 13501-1 [N9], a w płaszczyźnie ściany dodatkowo zastosować uszczelnienie połączenia materiałem odpornym na działanie ognia (rys. 6b).



Rysunek 6. Rozwiązanie dylatacji między stropem a ścianą wypełniającą:

a) ściana nie pełniąca funkcji oddzielenia ogniowego,

b) ściana pełniąca funkcję oddzielenia ogniowego,

1 – murowana ściana wypełniająca, 2 – żelbetowy strop, 3 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej lub trwale odkształcalna pianka poliuretanowa,

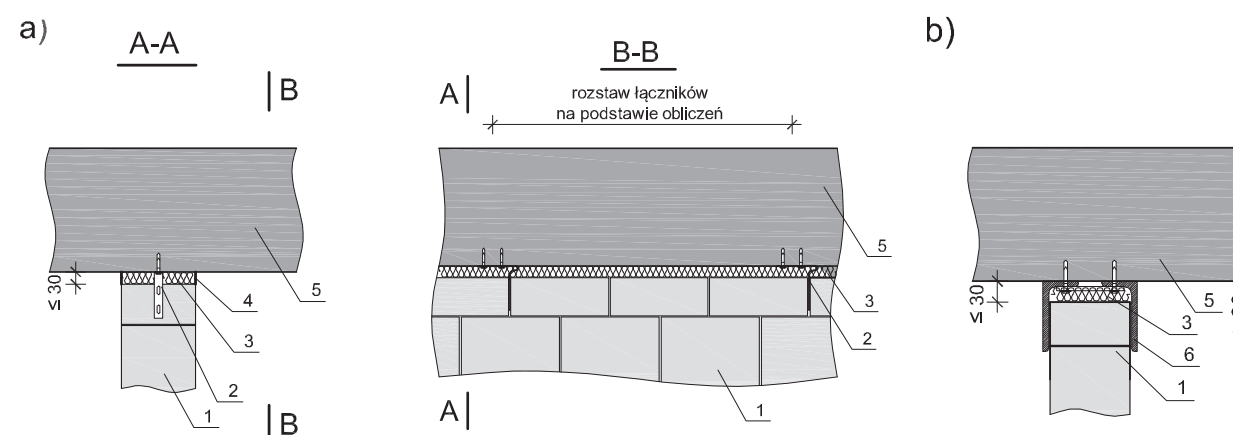
4 – masa trwale plastyczna, 5 – warstwa izolacyjna z wełny mineralnej klasy A1, 6 – uszczelnienie połączenia materiałem odpornym na działanie ognia

Jeżeli projektuje się podparcie ściany wypełniającej wzdłuż górnej krawędzi, to może być ono zrealizowane poprzez odpowiednią liczbę metalowych łączników (rys. 7a), które zdolne będą do przekazania poziomego obciążenia ściany na konstrukcję budynku. Nie należy łączyć górnej krawędzi ściany z konstrukcją za pomocą montażowej pianki poliuretanowej i tym podobnych materiałów mało ściśliwych. Takie zasklepienie pozostałej szczeliny może doprowadzić do kontaktu wypełnianej konstrukcji z murem i przekazania znacznych sił na ścianę, która może zostać uszkodzona. Metalowe łączniki stosowane w połączeniu górnej krawędzi ściany i stropu powinny mieć możliwość kompensacji przemieszczeń. Sztywne łączniki można stosować jedynie w wypadku absolutnej pewności braku ugięć konstrukcji budynku.

Również w wypadku, gdy stosuje się przegubowe połączenie górnej krawędzi ściany ze szkieletem, pozostawioną szczelinę między łącznikami należy uzupełniać wełną mineralną i uszczelnić masą trwale elastyczną. Elementy łączące górną krawędź ściany wypełniającej z konstrukcją powinno się instalować w wypełnionych zaprawą pionowych spoinach czołowych i mocować mechanicznie do konstrukcji wypełnianej. Jeżeli ścianę wykonuje się na zamki (z niewypełnionymi spoinami czołowymi), to w przypadku stosowania łączników mocujących górną krawędź ściany do stropu, należy wypełniać zaprawą trzy ostatnie poziome spoin czołowych.

Liczba oraz rozstaw łączników powinny wynikać z odpowiednich obliczeń statycznych. Przykład połączenia górnej krawędzi ściany z konstrukcją pokazano na fotografii 4.

W wypadku ścian pełniących funkcję oddzielania pożarowego norma PN-EN 1996-1-2 [N8] dopuszcza również zastosowanie stalowych kątowników (rys. 7b).



Rysunek 7. Przykłady prawidłowych połączeń ściany wypełniającej ze stropem:

a) przy pomocy stalowych kotew,

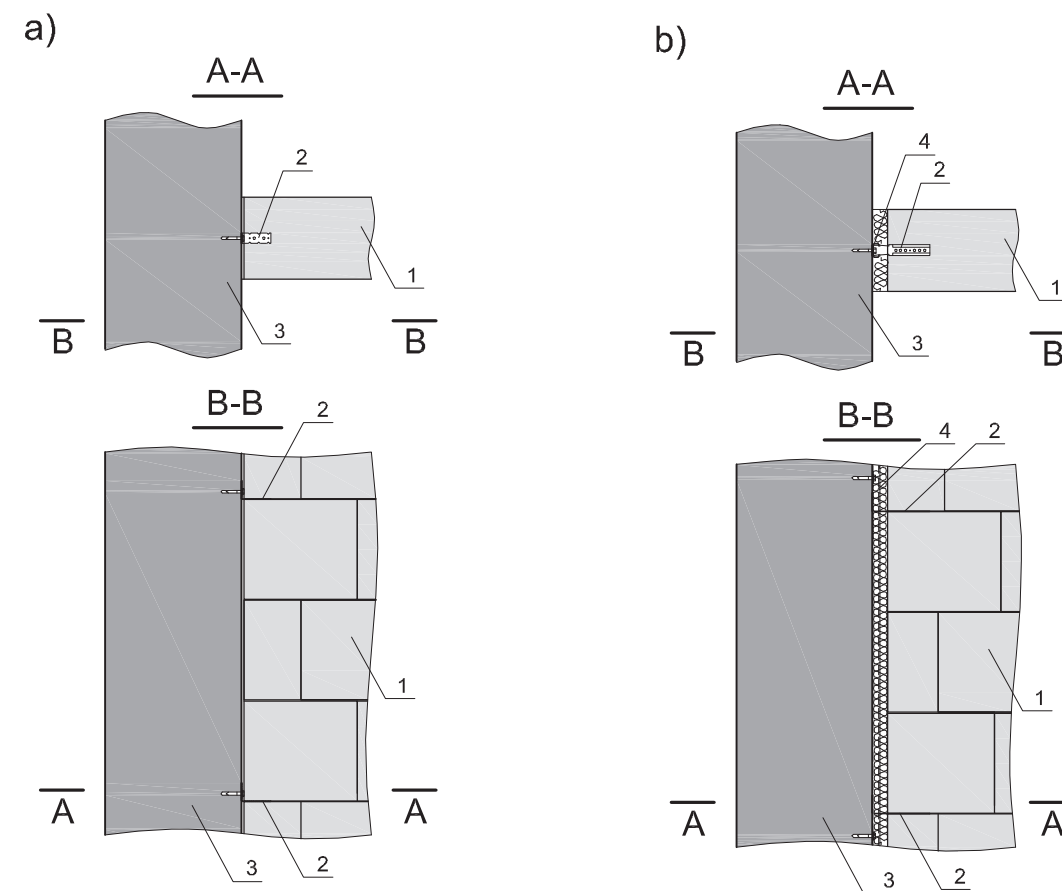
b) przy pomocy stalowych kątowników,

1 – ściana wypełniająca, 2 – łączniki, 3 – wełna mineralna, 4 – masa trwale elastyczna, 5 – strop żelbetowy, 6 – stalowy kątownik.



Fotografia 4. Połączenie ściany wypełniającej wzdłuż krawędzi górnej z konstrukcją

dzięki czemu ogranicza się liczbę mocowań w konstrukcji żelbetowej i umożliwia dokładne osadzenie łącznika w spoinie wspornej. Liczba i rozstaw łączników powinny oczywiście wynikać ze stosownych obliczeń statycznych. Konstrukcyjnie przyjmuje się, że wzdłuż pionowej krawędzi ściany należy wykonać co najmniej 5 łączników [4].



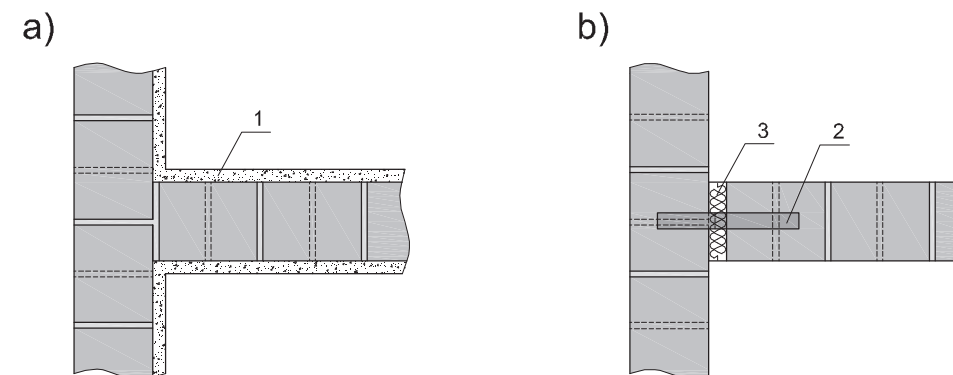
Rysunek 8. Połączenie krawędzi pionowej ściany wypełniającej z konstrukcją budynku:

a) za pomocą łączników,

b) za pomocą łączników mocowanych w listwach,

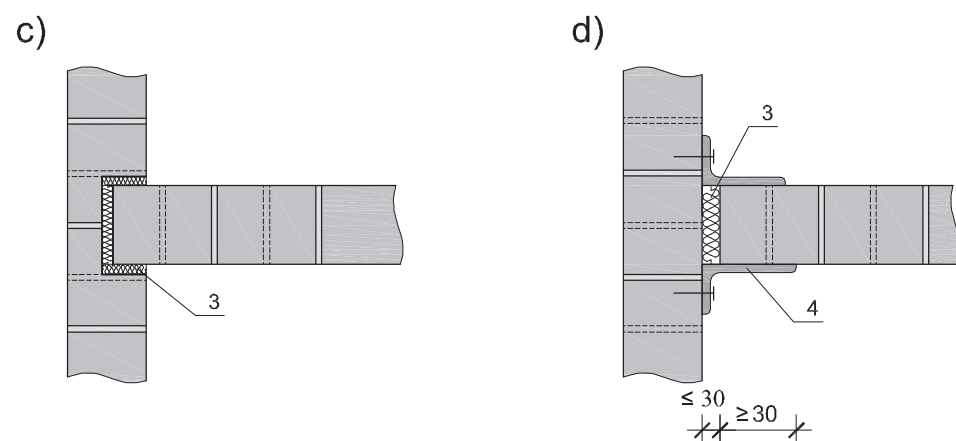
1 – murowana ściana wypełniająca, 2 – łącznik, 3 – konstrukcja wypełniana, 4 – listwa łącznik.

Norma PN-EN 1996-1-2 [N8] dopuszcza wykonanie połączenia pionowych krawędzi ściany oddzielania pożarowego z inną ścianą prostopadłą na styk (za pomocą tynku – rys. 9a), na jaskółczy ogon (rys. 9c), przy pomocy stalowych kątowników (rys. 9d) lub za pomocą metalowych łączników (rys. 9b). Połączenie na styk nie zapewnia podparcia ściany w płaszczyźnie pionowej. W wypadku pionowego połączenia nienośnej ściany pełniącej funkcję oddzielania pożarowego ze ścianą nośną norma [N8] zaleca stosowanie metalowych łączników.



5.3. Połączenie pionowych krawędzi ścian

Połączenie pionowych krawędzi ściany z konstrukcją wypełnianą wykonuje się podobnie jak połączenie krawędzi górnej za pomocą łączników, które tym razem umieszcza się w spoinach wspornych muru i mocuje mechanicznie do konstrukcji obiektu (rys. 8a). Zamiast pojedynczych łączników możliwe jest zastosowanie specjalnych listew (rys. 8b),

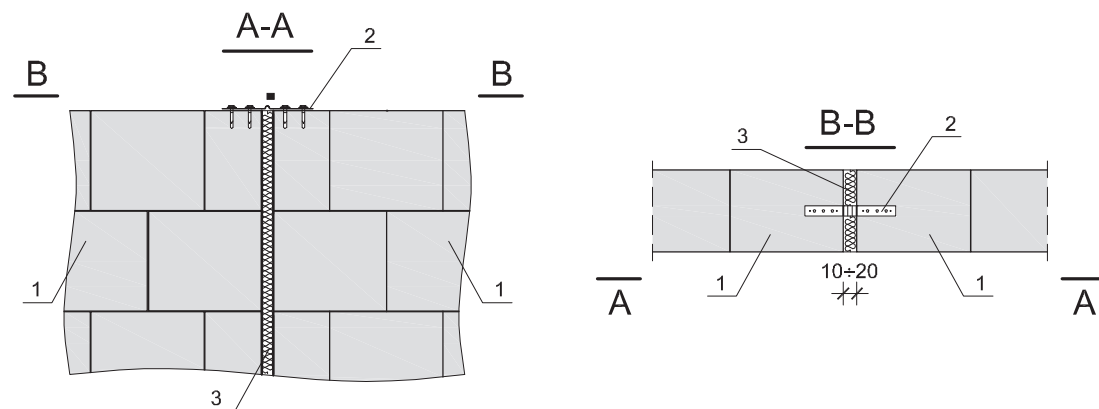


Rysunek 9. Przykłady prawidłowych połączeń nienośnych ścian oddzielenia pożarowego z inną ścianą w płaszczyźnie pionowej według załącznika E normy [N8]:

- a) za pomocą tynku,
- b) za pomocą metalowych łączników,
- c) na jaskółczy ogon,
- d) przy pomocy stalowych kątowników,

1 - tynk, 2 - kotwa z płaskownika stalowego, 3 - warstwa izolacyjna z wełny mineralnej klasy A, 4 - stalowy kątownik

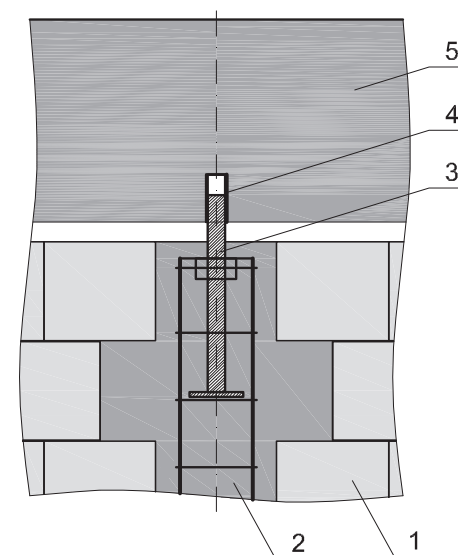
W wypadku długich ścian wypełniających niezbędne może być podzielenie ich na krótsze odcinki. Krawędzie pionowe takich ścian można zaprojektować jako krawędzie swobodne (dylatacje) lub jako utwierdzone w pionowych rdzeniach. Pionową szczelinę krawędzi swobodnych można wypełnić podobnie jak w wypadku szczeliny powstałej między krawędzią górną ściany i konstrukcją wypełnianą lub zastosować rozprężne taśmy dylatacyjne. Zaleca się, aby sąsiednie odcinki ścian łączyć konstrukcyjnie górą za pomocą odpowiedniego łącznika pozwalającego na niewielkie wzajemne przemieszczenia konstrukcji murowanej (rys. 10).



Rysunek 10. Konstrukcja swobodnych krawędzi ścian wypełniających:
1 - ściana murowana, 2 - łącznik, 3 - taśma dylatacyjna

Gdy projektuje się podparcie pionowych krawędzi części ściany wypełniającej, wówczas należy przewidzieć wykonanie rdzeni żelbetowych. Rdzenie muszą być połączone z konstrukcją wypełnianą, u dołu zbrojenie rdzeni można wkleić do istniejącej konstrukcji lub na etapie wykonywania konstrukcji wypuścić z niej odpowiednie zbrojenie startowe. Połączenie rdzenia u góry z istniejącą konstrukcją stanowi nieco większy problem. Należy bowiem zapewnić swobodę ugięcia konstrukcji wypełnianej, a jednocześnie uniemożliwić poziomy przesuw. Najczęściej w takim połączeniu stosuje się kotwy i tuleje (KL200), które umożliwiają przegubowe połączenie rdzenia ze stropem z zachowaniem możliwości pionowego przemieszczenia istniejącej konstrukcji (rys. 11, fot. 5). Połączenie muru z rdzeniem można wykonać przez strzępia (jak na rys. 11) lub przez kotwy (jak na fot. 5).

Gdy w murze stosuje się zbrojenie w spoinach wspornych, połączenie między rdzeniem a murem można uzyskać przez wypuszczenie tego zbrojenia do wnętrza rdzenia.



Rysunek 11. Połączenie żelbetowego rdzenia ze stropem:
1 - murowana ściana wypełniająca, 2 - żelbetowy rdzeń, 3 - kotwa,
4 - tuleja przymocowana do stropu zaprawą montażową, 5 - strop.



Fotografia 5. Widok łącznika KL200 przed zabetonowaniem rdzenia

6.2. Wewnętrzne ściany wypełniające

Do projektowania wykorzystano tablice uproszczonego projektowania zamieszczone w punkcie 4. Ściany wypełniające projektowane są w budynku biurowym (kategoria użytkowania B). Wysokość ścian wynosi 2,92 m (wysokość w świetle stropów wynosi 2,95 m). Na podstawie zaleceń podanych w punkcie 3.2 ustalono, że najdłuższe ściany bez otworów mają długość 4,1 m. Najdłuższa ściana z otworem ma długość 5,6 m.

Na podstawie tablic 5÷12 zamieszczonych w punkcie 4 stwierdzono, że ściana bez otworów:

- przy schemacie wspornikowym musi mieć minimalną grubość 15 cm,
- przy założeniu podparcia tylko dolnej i górnej krawędzi musi mieć minimalną grubość 12 cm,
- przy założeniu podparcia wszystkich krawędzi, w tym krawędzi pionowych żelbetowymi rdzeniami minimalna grubość to 8 cm,
- przy podparciu czterech krawędzi, w tym krawędzi pionowych metalowymi łącznikami lub przy podparciu jakichkolwiek trzech krawędzi minimalna grubość ścian wynosi 12 cm.

Ostatecznie przyjęto podparcie wzdłuż trzech krawędzi ze swobodną krawędzią górną i krawędziami pionowymi łączonymi z konstrukcją przez metalowe łączniki. W związku z tym, na podstawie tablicy 10 grubość ściany bez otworu o długości 4,1 m i wysokości 2,92 przyjęto równą 12 cm.

Otwór okienny czy drzwiowy nie stanowi dylatacji ściany wypełniającej. Ściana z otworem ma długość 5,6 i wysokość 2,92 m. Na podstawie tablic 5÷12 zamieszczonych w punkcie 4 stwierdzono, że ściana z otworem:

- przy schemacie wspornikowym musi mieć minimalną grubość 15 cm,
- przy założeniu podparcia tylko dolnej i górnej krawędzi musi mieć minimalną grubość 12 cm,
- przy założeniu podparcia wszystkich krawędzi, w tym krawędzi pionowych żelbetowymi rdzeniami lub metalowymi łącznikami minimalna grubość to 12 cm,
- przy podparciu jakichkolwiek trzech krawędzi minimalna grubość ścian wynosi również 12 cm.

Ostatecznie przyjęto podparcie wzdłuż trzech krawędzi ze swobodną krawędzią górną i krawędziami pionowymi łączonymi z konstrukcją przez metalowe łączniki. W związku z tym, na podstawie tablicy 10 grubość ściany bez otworu o długości 5,6 m i wysokości 2,92 można przyjąć równą 12 cm. Ponieważ analizowana ściana jest ścianą międzymieszkaniową, ostatecznie przyjęto zaprojektowanie jej z bloczków akustycznych grubości 18 cm (SILIKAT A).

6.3. Ściana osłonowa

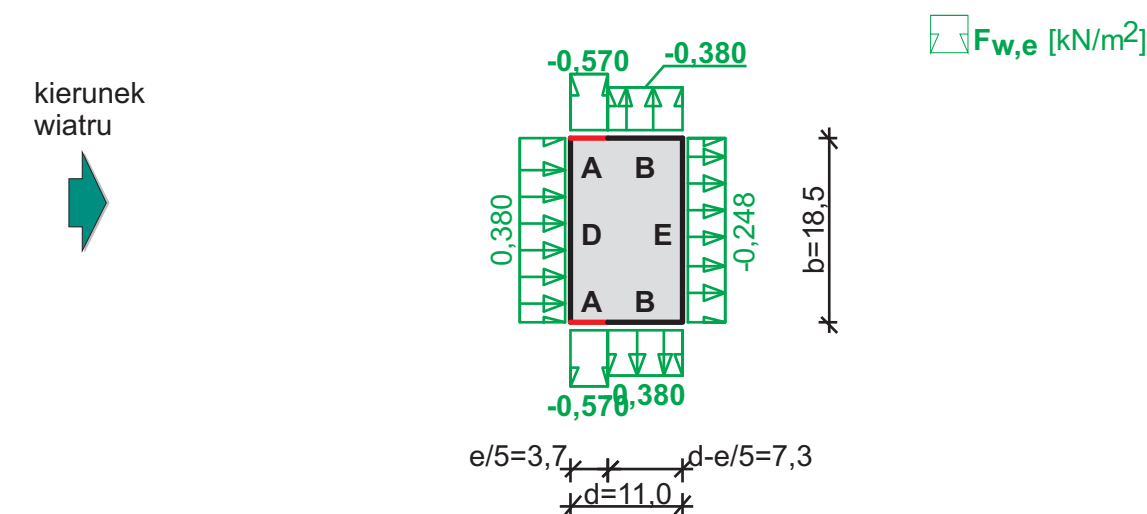
Projektuje się ścianę zewnętrzną bez otworów (na ścianie szczytowej budynku) o długości 4,02 m i wysokości 2,92 m. W płaszczyźnie ściana jest ściskana od ciężaru własnego, a z płaszczyzny zginana obciążeniem użytkowym i ssaniem wiatru. Dodatkowo ugięcie belki, na której jest zabudowana ściana, od obciążenia użytkowego i elementów wykończenia wynosi 13 mm.

Przyjęto ścianę o grubości 24 cm.

Ciężar ściany zostanie uwzględniony automatycznie w programie komputerowym (ABC Obiekt).

Obciążenie wiatrem ustalono przy wykorzystaniu programu Specbud. O zniszczeniu ściany decydować będzie kombinacja obciążenia użytkowego i ssania wiatru. Największe ssanie na analizowanej ścianie uzyska się przy wietrze wiejącym w kierunku prostopadłym do ściany podłużnej.

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 [N6]. Ściany pionowe budynków na rzucie prostokąta (p.7.2.2)



Elewacja boczna – pole A:

- Budynek o wymiarach: $d = 11,0$ m, $b = 18,5$ m, $h = 16,1$ m
 - Wymiar $e = \min(b, 2 \cdot h) = 18,5$ m
 - Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
 - strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 110$ m n.p.m. $\rightarrow v_{b,0} = 22$ m/s
 - Współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$
 - Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
 - Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00$ m/s
 - Wysokość odniesienia: $z_e = h - h_{dis} = 15,10$ m
 - Kategoria terenu IV $\rightarrow$ współczynnik chropowatości: $c_e(z_e) = 0,6 \cdot (15,1/10)^{0,24} = 0,66$ (wg Załącznika krajowego NA.6)
 - Współczynnik rzeźby terenu (orografii): $c_o(z_e) = 1,00$
 - Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_e(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 14,57$ m/s
 - Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = 0,368$
 - Gęstość powietrza: $\rho = 1,25$ kg/m³
 - Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
 $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 474,9$ Pa = 0,475 kPa
 - Współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d = 1,000$
 - Współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pe} = c_{pe,10} = -1,2$
- Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:
 $F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,475 \cdot (-1,2) = -0,570$ kN/m²

Obciążenie użytkowe zgodnie z p. 6.4 PN-EN 1991-1-1 [N4] przyjęto równe $q_k = 0,5 \text{ kN/m}$, usytuowane na wysokości 1,2 m.

Kombinacja oddziaływań w sytuacji trwałej i przejściowej.

Przyjęto jako najbardziej niekorzystną dla obciążeń zmiennych kombinację STR według wzoru 6.10 z normy PN-EN 1990 [N10] (taką samą wartość uzyska się z wzoru 6.10b).

Jako wiodące przyjęto obciążenie ssaniem wiatru. Obciążenie obliczeniowe:

$$F_{w,e,d} = F_{w,e} \cdot \gamma_0 = -0,570 \cdot 1,5 = -0,855 \text{ kN/m}^2$$

Jako pozostałe obciążenie zmienne przyjęto obciążenie użytkowe. Obciążenie obliczeniowe:

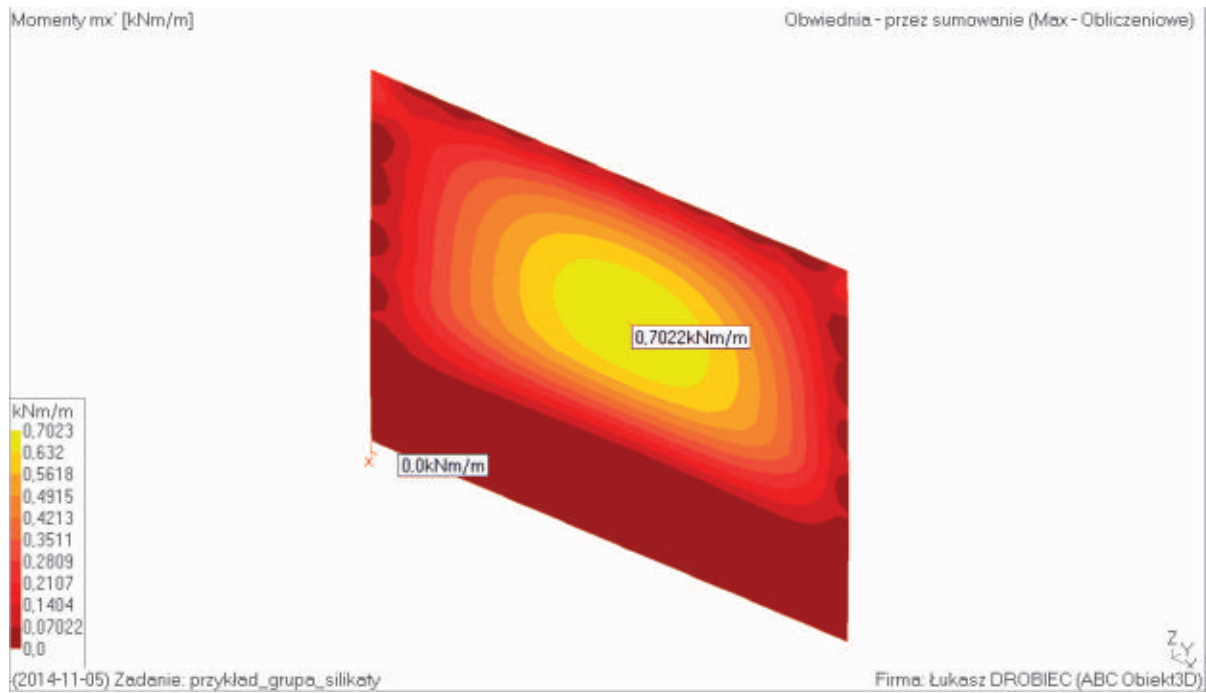
$$q_d = q_k \cdot \gamma_0 \cdot \psi_0 = -0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = -0,525 \text{ kN/m}$$

Określenie sił wewnętrznych wykonano w programie ABC Obiekt. Przyjęto cztery schematy obciążenia:

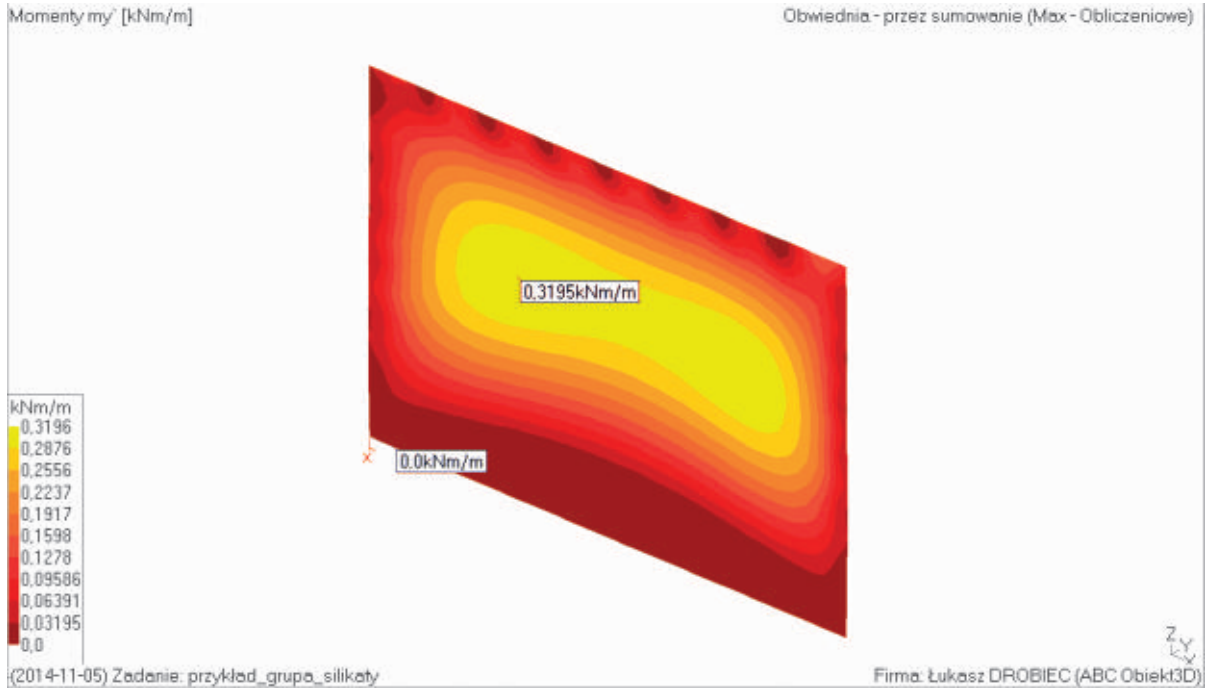
- ciężarem własnym w płaszczyźnie,
- obciążeniem użytkowym z płaszczyzny,
- ssaniem wiatru z płaszczyzny,
- ugięciem w płaszczyźnie.

Przyjęto podparcie wzdłuż górnej i bocznych krawędzi metalowymi łącznikami rozmieszczonymi co drugą spoinę (wsporną lub czołową).

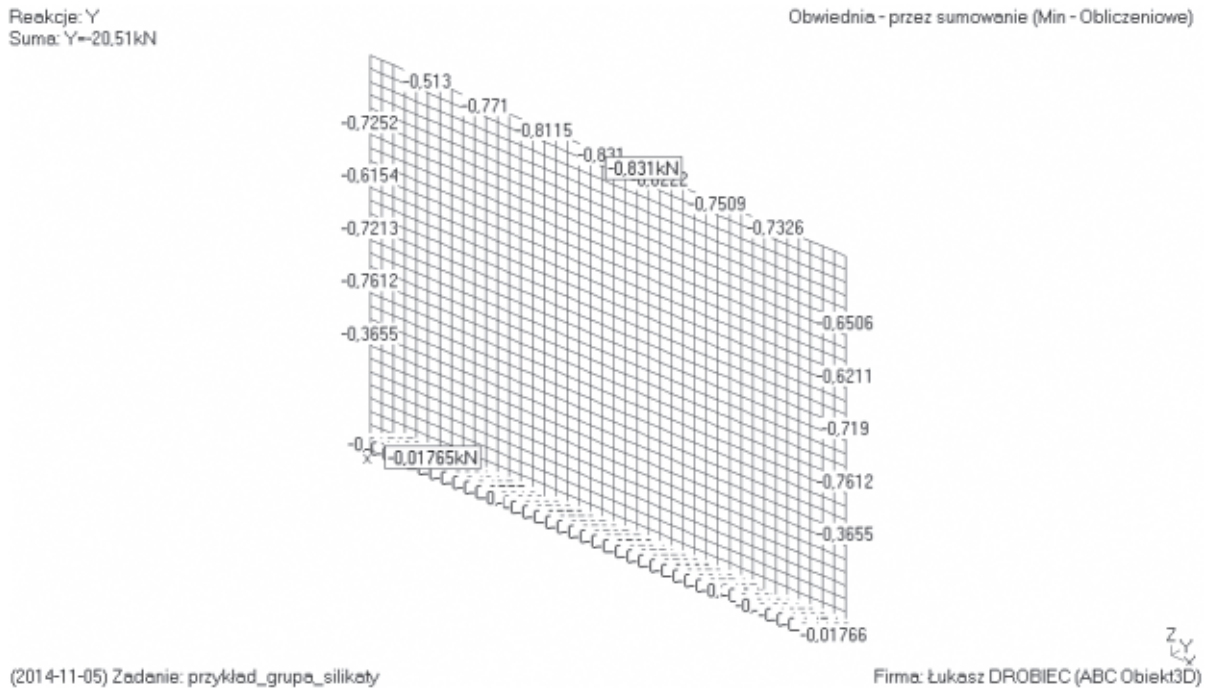
Na rysunku 14 pokazano mapy momentów zginających M_x , a na rysunku 15 podobne mapy w kierunku M_y . Reakcje w łącznikach, w kierunku prostopadłym do płaszczyzny muru, pokazano na rys. 16.



Rysunek 14. Obwiednia momentów zginających M_x



Rysunek 15. Obwiednia momentów zginających M_y



Rysunek 16. Reakcje w łącznikach

Obliczeniowa wytrzymałość muru

Wytrzymałość na zginanie przyjęto na podstawie badań prowadzonych na Politechnice Śląskiej [5], w których dla muru grubości 18 cm wykonanego na zaprawie cienkowarstwowej Calduran Dünnbettmörtel produkcji holenderskiej uzyskano: $f_{xk1} = 0,37 \text{ N/mm}^2$ i $f_{xk2} = 0,44 \text{ N/mm}^2$.

Przyjęto, że ściany zostaną wzniesione zgodnie z klasą A wykonania robót, z zaprawy projektowanej cienkowarstwowej.

Wytrzymałość obliczeniowa:

$$f_{xd1} = f_{xk1} / 1,7 = 0,22 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xd2} = f_{xk2} / 1,7 = 0,26 \text{ N/mm}^2$$

Obliczeniowa wytrzymałość łączników

Na połączenia pionowe przyjęto łączniki D2, natomiast w połączeniach górnej krawędzi ściany ze stropem przyjęto łączniki DS. Na podstawie tablicy 3:

$$\text{Nośność obliczeniowa łącznika D2: } F_{D2,d} = 1,98 / 2,0 = 0,99 \text{ kN}$$

$$\text{Nośność obliczeniowa łącznika DS: } F_{DS,d} = 1,0 / 2,0 = 0,5 \text{ kN}$$

Wskaźnik zginania dla 1 mb ściany

$$W = 1,0 \cdot 0,24^2 / 6 = 0,0096 \text{ m}^2$$

Warunek nośności na zginanie przy zniszczeniu równoległym do spoin wspornych

$$M_{sd} = 0,32 \text{ kNm/m} < M_{Rd} = 0,0096 \cdot 220 = 2,09 \text{ kNm/m}$$

Warunek spełniony

Warunek nośności na zginanie przy zniszczeniu prostopadłym do spoin wspornych

$$M_{sd} = 0,70 \text{ kNm/m} < M_{Rd} = 0,0096 \cdot 260 = 2,48 \text{ kNm/m}$$

Warunek spełniony

Nośność łączników D2

$$F_{sd} = 0,77 \text{ kN} < F_{D2,d} = 0,99 \text{ kN}$$

Warunek spełniony

Nośność łączników DS

$$F_{sd} = 0,83 \text{ kN} < F_{DS,d} = 0,5 \text{ kN}$$

Warunek nie jest spełniony – należy zastosować łączniki podwójne i wówczas:

$$F_{sd} = 0,83 \text{ kN} < F_{DS,d} = 2 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ kN}$$

Warunek spełniony

Literatura

Publikacje

- [1] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 1. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- [2] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.
- [3] Drobiec Ł.: Problemy projektowania ścian wypełniających i osłonowych wg EC-6. Materiały Budowlane, 1/2012, s. 92-96.
- [4] Drobiec Ł., Jasiński R.: Sposoby łączenia ścian wypełniających z konstrukcją. Materiały Budowlane, nr 4/2014, s. 14-16.
- [5] NB-243/RB-2/2009 Kompleksowe badania murów z elementów silikatowych. Autorzy: Ł. Drobiec, R. Jasiński, A. Piekarczyk

Normy, instrukcje, wytyczne

- [N1] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05/NA:2014-03: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [N2] PN-EN 1996-2:2010/NA:2010: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.
- [N3] PN-EN 1996-3:2010/NA:2010: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 3: Uprozczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych.
- [N4] PN-EN 1991-1-1/NA:2010: Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [N5] PN-B-10104:2014-03: Wymagania dotyczące zapraw murarskich ogólnego przeznaczenia. Zaprawy murarskie według przepisu, wytwarzane na miejscu budowy.
- [N6] PN-EN 1991-1-4:2008/NA:2010: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [N7] PN-EN 1991-1-5:2005/NA:2010: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.
- [N8] PN-EN 1996-1-2:2010/NA:2010P: Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- [N9] PN-EN 13501-1+A1:2010: Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.
- [N10] PN-EN 1990:2004/NA:2010/A1:2010: Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- [N11] PN-EN 998-2:2012: Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa murarska.

