

Poradnik konstruktora i wykonawcy ścian z silikatów

Poradnik konstruktora i wykonawcy ścian z silikatów

Szanowni Państwo,

Związek Producentów Silikatów – Silikaty Polska zrzesza 12 wytwórni silikatów aktywnych na polskim rynku od wielu lat. Wyroby silikatowe znalazły uznanie wśród wielu użytkowników w całej Europie. Zawdzięczają to przede wszystkim właściwościom zbliżonym do naturalnego piaskowca – wysokiej wytrzymałości i trwałości, doskonałej izolacyjności akustycznej, wysokiej odporności ogniowej jak również odporności na korozję biologiczną i niskiej promieniotwórczości naturalnej.

Dom wzniesiony z silikatów to dom bezpieczny, to nie tylko komfort projektowania i murowania ale przede wszystkim komfort użytkowania. Masywna ściana silikatowa akumuluje ciepło i stabilizuje wilgotność i temperaturę powietrza w otoczeniu tworząc korzystny mikroklimat wnętrza.

Wyroby silikatowe produkujemy w nowoczesnych zakładach przy zachowaniu wymagających rygorów technologicznych. Oferujemy Państwu wyroby najwyższej jakości.

Przekazując Państwu nowy katalog, mamy nadzieję, że tak jak wielu naszych klientów, docenicie Państwo nasze wyroby i współpracę z wytwórniami zrzeszonymi w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska.

Silikaty – to klasyczny materiał do nowoczesnych zastosowań.

Zarząd Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska

Spis treści

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | Informacje ogólne | 5 |
| 2. | Wyroby silikatowe i ich zastosowanie | 6 |
| 2.1. | Asortyment wyrobów silikatowych | 6 |
| 2.2. | Wyroby silikatowe uzupełniające | 10 |
| 2.3. | Ściany z cegieł i bloków silikatowych | 11 |
| 2.3.1. | Ściany fundamentowe i ściany piwnic | 11 |
| 2.3.2. | Ściany zewnętrzne | 11 |
| 2.3.3. | Ściany wewnętrzne | 11 |
| 2.4. | Elewacje | 11 |
| 2.5. | Zasady doboru elementów silikatowych w zależności od warunków środowiskowych | 12 |
| 2.6. | Kotwy do ścian warstwowych | 13 |
| 2.7. | Wsporniki | 14 |
| 2.8. | Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych zewnętrznych ścian nośnych | 14 |
| 3. | Wyroby uzupełniające do murów z silikatów | 16 |
| 3.1. | Zaprawy do cienkich spoin. Zaprawy firmy Tubag | 16 |
| 3.2. | Powłoki impregnujące | 17 |
| 3.3. | Materiały termoizolacyjne | 17 |
| 3.4. | Materiały do izolacji przeciwwilgociowych. Materiały firmy Gutta | 17 |
| 3.4.1. | Poziome izolacje przeciwwilgociowe | 17 |
| 3.4.2. | Pionowe izolacje przeciwwilgociowe | 17 |
| 4. | Parametry wytrzymałościowe i właściwości fizyczne | 18 |
| 4.1. | Wytrzymałość na ściskanie elementów murowych silikatowych | 18 |
| 4.2. | Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie | 18 |
| 4.3. | Wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie | 20 |
| 4.4. | Wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie | 21 |
| 4.5. | Izolacyjność cieplna ścian z silikatów | 21 |
| 4.5.1. | Wymagania dotyczące oszczędności energii | 21 |
| 4.5.2. | Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej ścian | 22 |
| 4.5.3. | Inne wymagania związane z oszczędnością energii | 23 |
| 4.5.4. | Przykłady izolacji cieplnej ścian zewnętrznych z elementów silikatowych | 23 |
| 4.6. | Izolacyjność akustyczna ścian z silikatów | 24 |
| 4.7. | Odporność ogniowa ścian z silikatów | 26 |
| 5. | Zasady wymiarowania ścian wykonanych z elementów murowych silikatowych | 28 |
| 5.1. | Zasady ogólne | 28 |
| 5.2. | Ściany obciążone głównie pionowo | 28 |
| 5.2.1. | Model ciągły | 30 |
| 5.2.2. | Model przegubowy | 31 |
| 5.3. | Ściany obciążone głównie poziomo | 32 |
| 5.4. | Ściany piwnic | 32 |
| 5.5. | Ściany usztywniające | 33 |
| 5.6. | Przerwy dylatacyjne | 33 |
| 5.7. | Wymiary bruzd pionowych, poziomych i ukośnych, które mogą być pomijane w obliczeniach ścian | 34 |
| 5.8. | Stropy | 35 |
| 5.8.1. | Strunobetonowe płyty HC firmy Consolis | 35 |
| 6. | Przykłady obliczeń nośności ścian z silikatów obciążonych głównie pionowo | 37 |
| 6.1. | Obliczenie filara międzyokiennej ściany zewnętrznej nośnej. Przykład I | 37 |
| 6.2. | Obliczenie wewnętrznej ściany nośnej. Przykład I | 40 |
| 6.3. | Obliczenie filara międzyokiennej ściany zewnętrznej nośnej. Przykład II | 41 |
| 6.4. | Obliczenie wewnętrznej ściany nośnej. Przykład II | 44 |
| | Podsumowanie | 46 |
| | Piśmiennictwo | 47 |
| | TUBAG | 48 |
| | GUTTA | 49 |
| | CONSOLIS | 50 |
| | Adresy | 51 |

Poradnik może stanowić jedynie pomoc przy projektowaniu. Projektant powinien stosować się do zasad wiedzy technicznej, sztuki budowlanej i przepisów BHP oraz dokonać odpowiednich obliczeń statycznych zgodnie z Polskimi Normami.

Zgodnie z art. 20 ustawy Prawo Budowlane (DzU 1994.89.414 z późniejszymi zmianami) odpowiedzialność za projekt budowlany ponosi projektant.

1. Informacje ogólne

Związek Producentów Silikatów – Silikaty Polska to grupa prywatnych firm oraz spółek akcyjnych prowadzących działalność na polskim rynku od wielu lat. Zakłady zrzeszone w Związku wyposażone są w nowoczesne linie technologiczne umożliwiające produkcję szerokiego asortymentu najwyższej jakości wyrobów silikatowych takich jak cegły, bloki, kształtki ścienne, pustaki wentylacyjne, kształtki szalunkowe czy elementy elewacyjne. Proces technologiczny w zakładach silikatowych podlega ścisłej kontroli. Wszystkie wyroby produkowane są zgodnie z Polskimi Normami i posiadają certyfikaty na znak bezpieczeństwa wydawanymi przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji lub stosowne deklaracje zgodności. Ponadto w wielu zakładach wdrożono system zarządzania jakością ISO.

Ze względu na wysoką wytrzymałość, dźwiękoizacyjność oraz wysoką odporność ogniową wyroby silikatowe mogą być stosowane do wznoszenia obiektów o różnym przeznaczeniu od budownictwa mieszkaniowego jedno- i wielorodzinnego, przemysłowego, rolniczego, użyteczności publicznej po obiekty sportowe i usługowe.

2. Wyroby silikatowe i ich zastosowanie





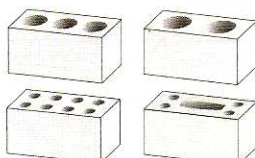

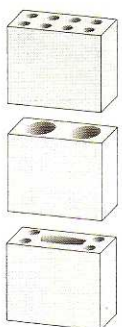

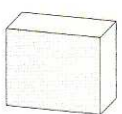
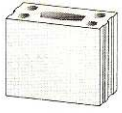
2.1. Asortyment wyrobów silikatowych

Tablica 2.1. Zestawienie wyrobów silikatowych produkowanych przez zakłady zrzeszone w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska

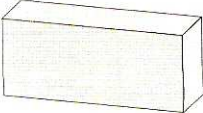

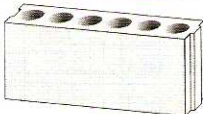

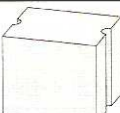
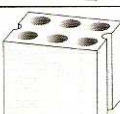
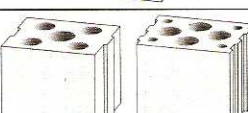
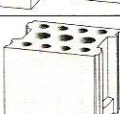


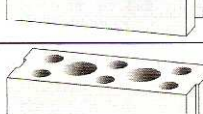
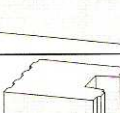
| Elementy murowe | Wymiary [mm] | | | Pełne | | | Drażone | | | Klasy | | | Gęstość objętościowa [kg/dm ³] | | Zastosowanie | |
|-------------------------------------|--------------|------------|----------|-------|---|-----|---------|---|-----|-------|----|----|--|---------|----------------------|-------------------------|
| | <i>l</i> | <i>b</i> | <i>h</i> | A | C | E/F | A | C | E/F | 10 | 15 | 20 | Pełne | Drażone | Ściany konstrukcyjne | Ściany niekonstrukcyjne |
| Cegły | 240 | 115 | 71 | x | | | | | | x | x | x | 1,8 | | | x |
| | 240 | 115 | 113 | x | | | | | | x | x | x | 1,8 | | | x |
| | 250 | 120 | 65 | x | | | | | | x | x | x | 1,8 | | x | |
| | 250 | 120 | 138 | x | | | x | | | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 250 | 120 | 220 | x | | x | x | x | x | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 256 | 120 | 138 | | | | x | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 256 | 120 | 220 | | | | x | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| Bloki | 500 | 120 | 220 | x | | | x | x | | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 505 | 120 | 220 | | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 518 | 120 | 220 | | | | x | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 250 | 180 | 220 | x | | x | x | x | x | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 255 | 180 | 220 | x | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 258 | 180 | 220 | | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 500 | 180 | 220 | x | | | x | x | | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 505 | 180 | 220 | | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 250 | 240 | 220 | x | | x | x | | x | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 250 | 250 | 220 | x | | x | x | x | x | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 255 | 250 | 220 | x | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 258 | 250 | 220 | | | x | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| | 500 | 250 | 220 | x | | x | x | x | x | x | x | x | 1,8 | 1,4 | x | |
| | 505 | 250 | 220 | | | | | | x | x | x | x | | 1,4 | x | |
| Kształtki ścienne | 250 | 65 | 220 | x | x | x | x | x | x | x | x | | 1,8 | 1,4 | | x |
| | 250 | 80 | 220 | x | x | x | x | x | x | x | x | | 1,8 | 1,4 | | x |
| Cegły (kształtki) elewacyjne łupane | 250 | 20 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 30 | 120 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 60 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 90 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 100 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 110 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |
| | 250 | 120 | 65 | x | | | | | | | x | | 1,8 | | | x |

A – przeznaczone do murowania zwykłego, ze spoinami zwykłymi,
 C – przeznaczone do murowania na suchy styk, ze spoinami poziomymi zwykłymi,
 E – przeznaczone do murowania na wpust-wypust ze spoinami poziomymi zwykłymi,
 F – przeznaczone do murowania na wpust-wypust ze spoinami poziomymi pocienionymi,
 W tablicy podano charakterystyki najczęściej produkowanych wyrobów.

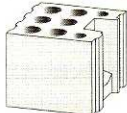
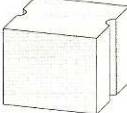

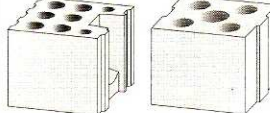
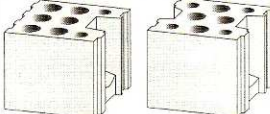
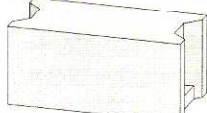



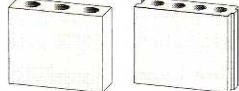

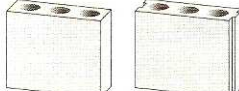
Tablica 2.2. Kształt i wymiary oraz właściwości wyrobów silikatowych

| Elementy murowe | Kształt | Wymiary [mm] | | | Pełne | Drażnione | Właściwości | | | |
|---|---|--------------|------------|----------|-------|-----------|-------------|---|--|-------------------------|
| | | długość | szerokość | wysokość | | | Masa [kg] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK] | Zużycie elementów na 1 m ² muru | |
| | | | | | | | | | grubość muru [mm] | liczba elementów [szt.] |
| Cegły |  | 250 | 120 | 65 | X | - | 3,5-3,7 | 0,90 | 65 | 31,2 |
| | 120 | | | 51,3 | | | | | | |
| | 250 | | | 102,5 | | | | | | |
| |  | 240 | 115 | 71 | X | - | 3,5-3,7 | 0,90 | 71 | 32,0 |
| | 115 | | | 49,4 | | | | | | |
| | 240 | | | 98,8 | | | | | | |
| |  | 240 | 115 | 113 | - | X | 4,5-4,8 | 0,80 | 115 | 32,5 |
| | 240 | | | | | | | | 65,0 | |
| |  | 240 | 115 | 113 | X | - | 5,6-5,9 | 0,90 | 115 | 32,5 |
| | 240 | | | | | | | | 65,0 | |
| |  | 250 | 120 | 138 | - | X | 5,8-6,2 | 0,80 | 120 | 27,9 |
| | 250 | | | | | | | | 60,4 | |
| |  | 250 | 120 | 138 | X | - | 7,3-7,8 | 0,90 | 120 | 27,9 |
| | 250 | | | | | | | | 60,4 | |
| |  | 250 | 120 | 220 | - | X | 9,2-9,8 | 0,80 | 120 | 17,7 |
| 250 | 33,5 | | | | | | | | | |
|  | 256 | 120 | 138 | | X | 6,1 | 0,80 | 120 | 27,3 | |
|  | 250 | 120 | 220 | X | - | 11,5-12,2 | 0,90 | 120 | 17,7 | |
| 250 | | | | | | | | 33,5 | | |
|  | 256 | 120 | 220 | | X | 9,5 | 0,80 | 120 | 17,4 | |








Tablica 2.2. Kształt i wymiary oraz właściwości wyrobów silikatowych

| Elementy murowe | Kształt | Wymiary [mm] | | | Pełne | Drażnione | Właściwości | | | |
|-----------------|---|--------------|------------|----------|-------|-----------|-------------|---|--|-------------------------|
| | | długość | szerokość | wysokość | | | Masa | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK] | Zużycie elementów na 1 m ² muru | |
| | | | | | | | | | grubość muru [mm] | liczba elementów [szt.] |
| Bloki |  | 500 | 120 | 220 | X | - | 22,5 | 0,90 | 120 | 8,5 |
| |  | 500 | 120 | 220 | - | X | 18,0 | 0,75 | 120 | 8,5 |
| |  | 505 | 120 | 220 | - | X | 18,0 | 0,75 | 120 | 8,5 |
| |  | 518 | 120 | 220 | - | X | 18,5 | 0,75 | 120 | 8,2 |
| |  | 250 | 180 | 220 | X | - | 16,3-17,5 | 0,90 | 180 | 16,7 |
| |  | 250 | 180 | 220 | - | X | 13,0-14,0 | 0,75 | 180 | 16,7 |
| |  | 255 | 180 | 220 | - | X | 13,0-14,0 | 0,75 | 180 | 16,7 |
| |  | 258 | 180 | 220 | - | X | 13,0-14,0 | 0,75 | 180 | 16,7 |
| |  | 500 | 180 | 220 | X | - | 30,0-32,5 | 0,90 | 180 | 8,5 |
| |  | 500 | 180 | 220 | - | X | 24,0-26,0 | 0,75 | 180 | 8,5 |
| |  | 505 | 180 | 220 | - | X | 24,0-26,0 | 0,75 | 180 | 8,5 |
| |  | 250 | 240 | 220 | X | - | 22,8-24,0 | 0,90 | 240 | 16,7 |

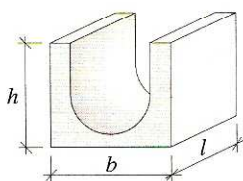
Tablica 2.2. Kształt i wymiary oraz właściwości wyrobów silikatowych

| Elementy murowe | Kształt | Wymiary [mm] | | | Pełne | Drażnione | Właściwości | | | |
|-------------------|---|--------------|------------|----------|-------|-----------|-------------|---|--|-------------------------|
| | | długość | szerokość | wysokość | | | Masa | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK] | Zużycie elementów na 1 m ² muru | |
| | | | | | | | | | grubość muru [mm] | liczba elementów [szt.] |
| Bloki |  | 250 | 240 | 220 | - | X | 18,2-19,2 | 0,75 | 240 | 16,7 |
| |  | 250 | 250 | 220 | X | - | 23,8-25,0 | 0,90 | 250 | 16,7 |
| |  | 250 | 250 | 220 | - | X | 18,5 | 0,75 | 250 | 16,7 |
| |  | 255 | 250 | 220 | - | X | 18,5-20,0 | 0,75 | 250 | 16,7 |
| |  | 258 | 250 | 220 | - | X | 18,5 | 0,75 | 250 | 16,7 |
| |  | 500 | 250 | 220 | X | - | 41,0-44,0 | 0,90 | 250 | 8,5 |
| |  | 500 | 250 | 220 | - | X | 33,0-35,0 | 0,75 | 250 | 8,5 |
| |  | 505 | 250 | 220 | - | X | 33,0-35,0 | 0,75 | 250 | 8,9 |
| Kształtki ścienne |  | 250 | 65 | 220 | X | - | 6,0-6,5 | 0,90 | 65 | 16,7 |
| |  | 250 | 65 | 220 | - | X | 5,0-5,5 | 0,80 | 65 | 16,7 |
| |  | 250 | 80 | 220 | X | - | 7,8-8,3 | 0,90 | 80 | 16,7 |
| |  | 250 | 80 | 220 | - | X | 6,2-6,6 | 0,80 | 80 | 16,7 |

Tablica 2.2. Kształt i wymiary oraz właściwości wyrobów silikatowych

| Elementy murowe | Kształt | Wymiary [mm] | | | Pełne | Drażnione | Właściwości | | | |
|-------------------------------------|---|--------------|------------|----------|-------|-----------|-------------|---|--|-------------------------|
| | | długość | szerokość | wysokość | | | Masa | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK] | Zużycie elementów na 1 m ² muru | |
| | | | | | | | | | grubość muru [mm] | liczba elementów [szt.] |
| Cegły (kształtki) elewacyjne łupane |  | 250 | 20 | 65 | X | - | 0,6 | 0,90 | 20 | ok. 54 |
| |  | 250 | 30 | 120 | X | - | 1,7 | 0,90 | 30 | ok. 33 |
| |  | 250 | 60 | 65 | X | - | 1,5 | 0,90 | 60 | ok. 54 |
| |  | 250 | 90 | 65 | X | - | 2,5 | 0,90 | 90 | ok. 54 |
| |  | 250 | 100 | 65 | X | - | 2,8 | 0,90 | 100 | ok. 54 |
| |  | 250 | 110 | 65 | X | - | 3,1 | 0,90 | 110 | ok. 54 |
| |  | 250 | 120 | 65 | X | - | 3,7 | 0,90 | 120 | ok. 54 |

2.2. Wyroby silikatowe uzupełniające



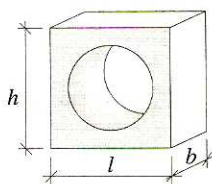
Kształtka szalunkowa U

Wymiary: $h = 220$ lub 250 mm

$b = 250$ mm

$l = 220$ mm

Zastosowanie: nadproża, kanały na instalacje



Pustak ogrodzeniowy

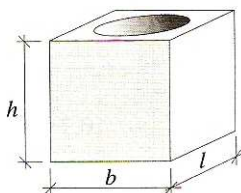
Wymiary: $h = 250$ mm

$l = 250$ mm

$b = 120$ mm

średnica otworu 160 mm

Zastosowanie: mury i słupy ogrodzeniowe, mała architektura



Pustak wentylacyjny PW

Wymiary:

$h = 220$ lub 250 mm

$b = 250$ mm

$l = 250$ mm

średnica otworu 160 mm

Zastosowanie: przewody wentylacyjne, obudowa instalacji

2.3. Ściany z cegieł i bloków silikatowych

Szeroki asortyment produkcji elementów murowych silikatowych umożliwia wznoszenie różnych typów ścian. Ściany z cegieł i bloków silikatowych charakteryzują się wysoką izolacyjnością akustyczną i wysoką odpornością ogniową (wartości izolacyjności akustycznej ścian z silikatów podano w tablicy 4.12., klasyfikacja ogniowa podana jest w tablicy 4.13.).

Cegły i bloki silikatowe mogą mieć gładkie lub uformowane w postaci wpustów-wypustów powierzchnie boczne. Ściany z cegieł i bloków silikatowych mogą być murowane:

- ze spoinami zwykłymi – na zaprawie zwykłej ze spoinami poziomymi i pionowymi prostopadłymi do lica muru wypełnionymi;
- na suchy styk – ze spoinami poziomymi zwykłymi;
- na wpust-wypust – bez wypełnienia spoin pionowych (z dosuniętymi do siebie elementami murowymi), na spoinie zwykłej lub cienkiej.

2.3.1. Ściany fundamentowe i ściany piwnic

Ściany fundamentowe i ściany piwnic na ogół wykonuje się z bloków o grubości 25 cm. Mogą to być ściany warstwowe (dwuwarstwowe) lub ściany szczelinowe. Izolację cieplną dwuwarstwowych ścian piwnic układa się od strony zewnętrznej. Ściany fundamentowe i ściany piwnic ociepla się styropianem, można stosować też polistyren ekstrudowany. Izolacja cieplna ułożona na zewnątrz ściany fundamentowej lub ściany piwnicy powinna mieć odpowiednią twardość, tak aby nie uległa uszkodzeniu przez grunt.

2.3.2. Ściany zewnętrzne

Podstawowe wymiary warstwy nośnej ścian zewnętrznych wynoszą: 18, 24 i 25 cm. Ściany zewnętrzne wykonuje się jako ściany warstwowe (dwuwarstwowe), trójwarstwowe i czterowarstwowe.

Ściany dwuwarstwowe wykonywane są z warstwą izolacji cieplnej z płyt z wełny mineralnej lub styropianu. Wykonanie warstwy izolacji cieplnej o odpowiedniej grubości pozwala na uzyskanie wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła U . (Przykłady rozwiązań ścian warstwowych wraz z obliczoną wartością współczynnika przenikania ciepła U podano w tablicy 4.11.).

Ściany trójwarstwowe i czterowarstwowe wykonuje się z warstwą zewnętrzną elewacyjną z cegieł lub bloków silikatowych. Zgodnie z zaleceniami PN-B-03002 warstwa zewnętrzna takiej ściany powinna mieć gru-

bość nie mniejszą niż 70 mm, spód szczeliny oddzielającej warstwę zewnętrzną od wewnętrznej w ścianie szczelinowej powinien znajdować się nie niżej niż 300 mm nad terenem i powinien być zabezpieczony izolacją przeciwwilgociową.

Ze względu na wysoką mrozoodporność murowych elementów silikatowych warstwa elewacyjna nie wymaga tynkowania.

Ściany warstwowe z warstwą izolacji termicznej z wełny mineralnej wykonuje się ze szczeliną powietrzną o grubości minimum 2 cm, która służy do odprowadzenia wilgoci z warstwy izolacji termicznej. Prawdopodobnie rozmieszczone pomiędzy cegłami elewacji otwory wentylacyjne umożliwiają utrzymanie wilgotności warstwy izolacyjnej na dopuszczalnym poziomie. Mury w ścianie warstwowej łączy się za pomocą kotew, które dobierane są odpowiednio do rodzaju spoiny poziomej. Jeżeli występują rozbieżności w modułach wysokości elementów murowych w warstwie konstrukcyjnej i elewacyjnej wówczas stosuje się odpowiednie kotwy do późniejszego montażu. Przy wykonywaniu izolacji z wełny mineralnej na kotwę nakładany jest krążek dociskowy, który dociska warstwę izolacji do muru jak również umożliwia odprowadzenie skroplin (przykłady kotew stosowanych w konstrukcjach murowych podano na rysunkach 2.3. i 2.4.).

Ściany warstwowe z warstwą izolacji cieplnej ze styropianu wykonuje się jako ściany trójwarstwowe z bezpośrednio wymurowaną przy warstwie styropianu ścianą elewacyjną lub też z dodatkową szczeliną powietrzną.

2.3.3. Ściany wewnętrzne

Ściany wewnętrzne nośne wykonuje się o grubościach 18, 24 i 25 cm. Grubość ścian wewnętrznych niekonstrukcyjnych dobierana jest ze względu na wymaganą odporność ogniową i izolacyjność akustyczną.

Łączenie ścian wzajemnie prostopadłych może być wykonane poprzez tradycyjne przewiązanie lub poprzez zastosowanie odpowiednich kotew umieszczanych w warstwie zaprawy.

2.4. Elewacje

Wyroby wapienno-piaskowe przeznaczone na elewacje produkowane są w różnych kolorach – białym, żółto-piaskowym, różowym, czerwonym, wrzosowym,

zielonym, grafitowym i o różnej fakturze – gładkie, łupane, łupane-fazowane i młotkowane.

Elementy elewacyjne fakturowane produkowane są z cegieł podstawowych klasy 15:

- cegła łupana i młotkowana jednostronnie, która ma fakturowaną powierzchnię wozówki;
- cegła łupana i młotkowana dwustronnie, która ma fakturowaną jest powierzchnię wozówki i główki (do wykonywania naroży);
- cegły połówkowe łupane;
- płytki elewacyjne łupane.

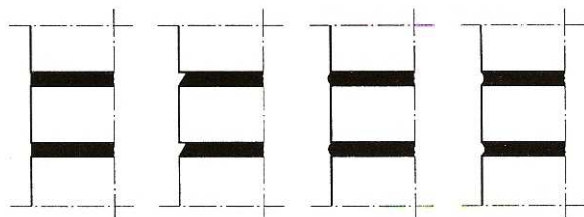
Kształtki łupane lub płytki silikatowe mogą być również poddane procesowi fazowania, co nadaje produktowi finalnemu dodatkowy efekt estetyczny.

Wykonując ścianę warstwową, mur elewacyjny z cegieł silikatowych lub bloków silikatowych należy wykonywać jednocześnie z murem nośnym. Jest to podyktowane względami konstrukcyjnymi i zarazem praktyczne ze względu na koszt rusztowań i możliwość dopasowania miejsca ułożenia kotew w spoinach. Odpowiednie kotwienie ma duże znaczenie szczególnie przy elewacjach od strony południowej, gdzie wahania temperatury pomiędzy dniem a nocą są największe co wiąże się z możliwością odkształcenia warstwy zewnętrznej muru. Ważne jest więc również odpowiednie rozmieszczenie przerw dylatacyjnych, które powinny być wypełnione specjalną trwale elastyczną masą odporną na działanie czynników atmosferycznych (wahania temperatur, wilgoć, promieniowanie UV itp.).

Spoiny w murze powinny mieć jednakową grubość i powinny być starannie wykonane. Grubość spoin powinna wynosić:

- w przypadku wykonywania spoin zwykłych:
 - 10 mm (+5 mm, –2 mm) – jeżeli wyroby mają wymiary tradycyjne,
 - 12 mm (+5 mm, –2 mm) – jeżeli wyroby mają wymiary modułowe;
- w przypadku wykonywania cienkich spoin – nie mniej niż 1 mm i nie więcej niż 3 mm.

Przykłady różnych wzorów spoin w ścianach elewacyjnych pokazano na rysunku 2.1.

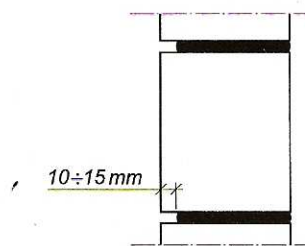


Rys. 2.1. Przykłady wykonywania spoin w ścianach elewacyjnych

W elewacjach z zastosowaniem płytek silikatowych, płytki elewacyjne dokleja się w odstępach około 1 cm z wypełnieniem spoiny.

Podczas prowadzenia prac murarskich z wykorzystaniem materiałów silikatowych elewacyjnych należy:

- W czasie upałów, przed ułożeniem w murze, cegły silikatowe należy skropić wodą, co zabezpieczy je przed nadmiernym podciąganiem wody zarobowej z zaprawy.
- Mieszać cegły z różnych palet co chroni przed ewentualną niejednorodnością barwy. Drobne różnice barwy z czasem ujednolicają się. Związane jest to z procesem wiązania barwnika w materiale silikatu.
- Dokładnie wypełniać spoiny zarówno poziome jak i pionowe jeżeli nie przewiduje się tynkowania muru (rys. 2.1.). Mury przewidziane do tynkowania powinny być wykonane na niepełne spoiny (rys. 2.2.), a zagłębienie powinno wynosić 10±15 mm.



Rys. 2.2. Sposób układania zaprawy w murach przewidzianych do tynkowania

Podobnie, jak i z innych wyrobów murowych nie należy wykonywać elewacji silikatowych podczas niekorzystnych warunków atmosferycznych – deszcz, śnieg. Może to pogorszyć w znacznym stopniu estetykę wykonania.

2.5. Zasady doboru elementów silikatowych w zależności od warunków środowiskowych

W zależności do przewidywanych warunków środowiskowych w projekcie powinny być dobrane odpowiednie materiały do wykonania muru, z uwzględnieniem stopnia narażenia na zawilgocenie.

Mury narażone na stałe zawilgocenie (np. ściany wolno stojące, mury oporowe, ściany znajdujące się poniżej poziomu gruntu) powinny być odporne na cykliczne zamrażanie i rozmrażanie oraz na działanie siarczanów i chlorków.

Warunki środowiskowe dzieli się na pięć klas, przy czym elementy murowe silikatowe stosuje się w środowisku klasy 1, 2 i 3.

Klasa 1: środowisko suche – wnętrza budynków mieszkalnych i biurowych, a także niepodlegające zawilgoceniu wewnętrzne warstwy ścian warstwowych. Klasa ta obowiązuje tylko, gdy mur lub jego komponenty nie są narażone w trakcie budowy przez dłuższy czas na niekorzystne warunki środowiskowe.

Klasa 2: środowisko wilgotne wewnątrz pomieszczeń lub środowisko zewnętrzne łącznie z elementami znajdującymi się w nieagresywnym gruncie lub wodzie.

Klasa 3: środowisko wilgotne z występującym mrozem i środkami odładzającymi.

Klasa 4: środowisko wody morskiej.

Klasa 5: środowisko agresywne chemicznie.

Mur w ścianie piwnicznej zabezpieczony w należyty sposób przed przenikaniem wody uważać można za znajdujący się w środowisku klasy 2.

Tablica 2.3. Dobór grup murowych elementów silikatowych z uwagi na trwałość wg PN-B-03002

| Klasa środowiska | | | | |
|------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,2 | 1,2 ^{1),3)} | 1,2 ²⁾ | – ⁴⁾ | – ⁴⁾ |

¹⁾ Przy należytych zabezpieczeniach przed zawilgoceniem.
²⁾ Elementy licowe – odpowiednio do deklaracji producenta dotyczącej przydatności elementu w określonych warunkach środowiskowych lub elementy zwykłe – przy należytych zabezpieczeniach przed zawilgoceniem.
³⁾ Z wyłączeniem pomieszczeń o znacznej wilgotności.
⁴⁾ Nie stosuje się.

2.6. Kotwy do ścian warstwowych

Warstwa zewnętrzna ściany warstwowej zgodnie z PN-B-03002:1999 powinna mieć grubość nie mniejszą niż 70 mm i powinna być trwale połączona z warstwą wewnętrzną za pomocą kotw wykonanych ze stali nierdzewnej, ocynkowanej, galwanizowanej lub mającej inne zabezpieczenie antykorozyjne.

Liczbę kotw ściennych oblicza się ze wzoru:

$$n = \frac{\gamma_s \cdot W_d}{F_t}$$

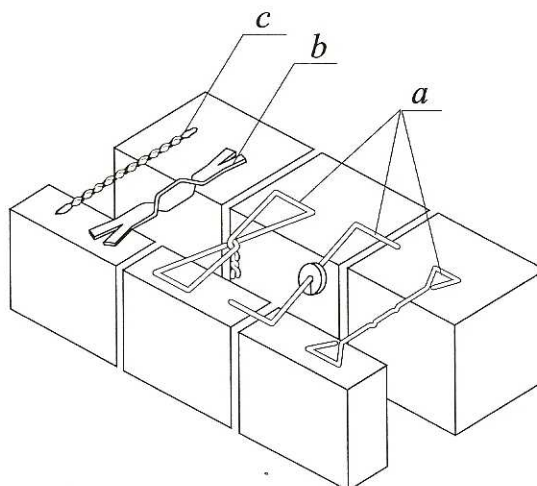
gdzie:

w_d – wartość obliczeniowa parcia wiatru przypadająca na jednostkę powierzchni;

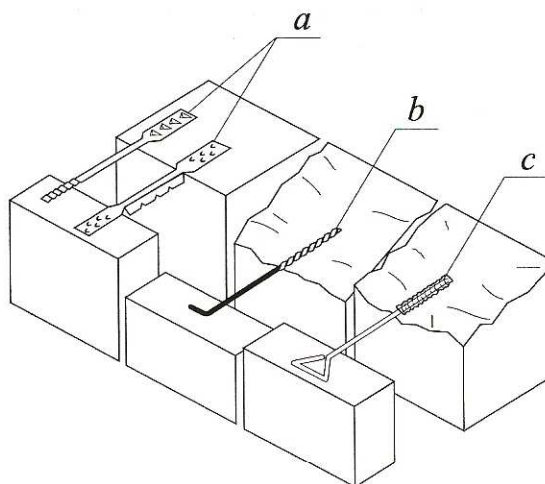
F_t – nośność charakterystyczna kotwi na ściskanie lub rozciąganie wyznaczona na podstawie badań;

$\gamma_s = 1,25$ – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla kotwy.

Liczba kotw nie powinna być mniejsza niż 4 sztuki na 1 m² ściany. Wzdłuż wszystkich swobodnych krawędzi warstwy zewnętrznej (wokół otworów, przy narożu budynku, wzdłuż krawędzi przy poziomej przerwie dylatacyjnej) przewidzieć należy dodatkowe kotwy w liczbie nie mniejszej niż trzy sztuki na metr krawędzi ściany. Kotwy należy rozmieszczać równomiernie i przemiennie na całej powierzchni ściany.



Rys. 2.3. Przykłady symetrycznych kotw ściennych do murów wykonanych z zaprawami zwykłymi: a) typy prętowe, b) typ płaskownikowy, c) typ skręcany (spiralny)



Rys. 2.4. Kotwy: a) do muru z cienkimi spoinami, b) łącznik wkręcany, c) mocowana na żywicy

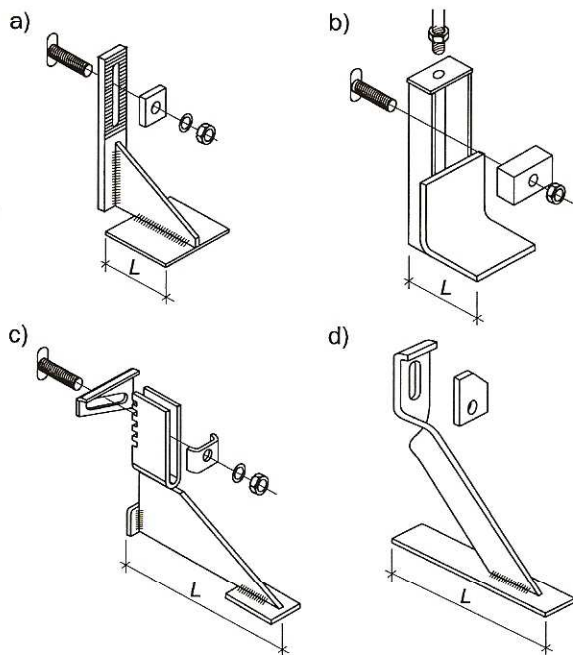
Wg PN-EN 845-1:2002 długość zakotwienia kotwy w zaprawie nie powinna być mniejsza niż 40 mm.

Kotwy wkręcane lub mocowane na żywicy (rys. 2.4.) stosuje się w przypadku gdy spoiny wsporne

w warstwie elewacyjnej nie pokrywają się ze spoinami w warstwie konstrukcyjnej.

2.7. Wsporniki

W przypadku konieczności przejścia ciężaru warstwy elewacyjnej przez mur nośny można stosować wsporniki wykonane ze stali nierdzewnej przedstawione na rysunku 2.5.

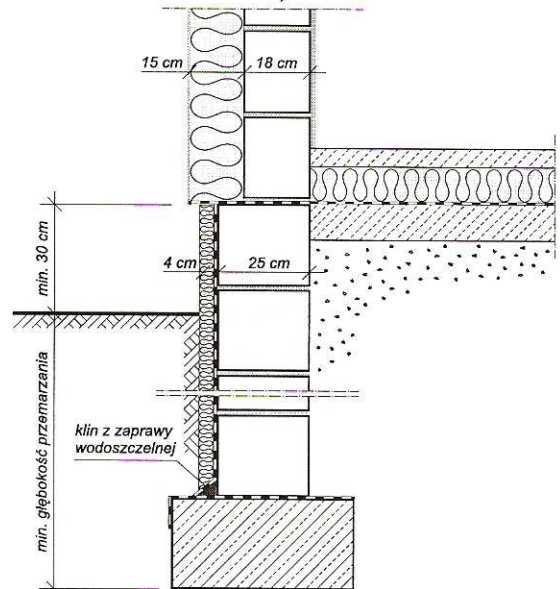


Rys. 2.5. Przykłady wsporników: a) typ nastawny za pomocą płytki ryflowanej (z podkładką centrującą), b) typ nastawny za pomocą wkrętu (z podkładką centrującą), c) typ nastawny za pomocą listwy zębatej i nakładki z ukośnym otworem, d) typ do lekkich obciążeń z wygiętą krzywką

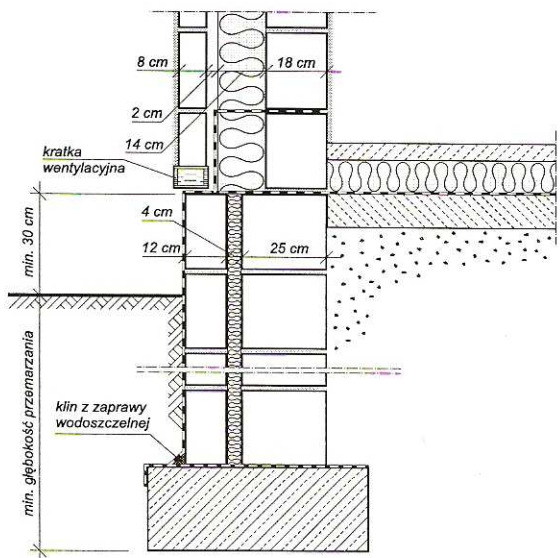
Wsporniki należy stosować ściśle według zaleceń producenta.

2.8. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych zewnętrznych ścian nośnych

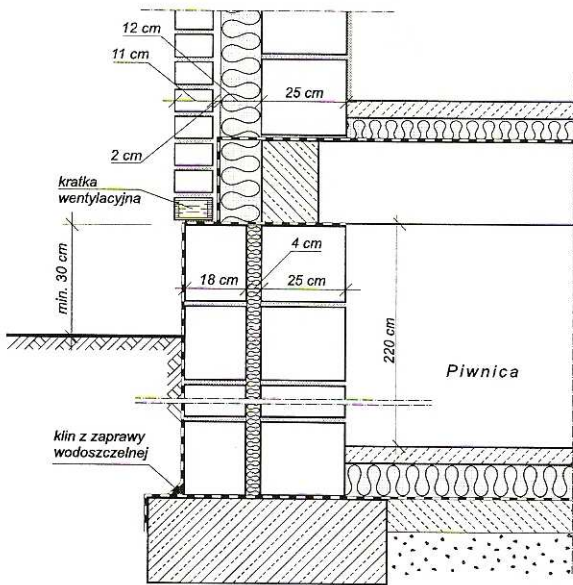
Szczegóły rozwiązań izolacji przeciwwilgociowych opracowuje się w zależności od funkcji pomieszczeń, poziomu wody gruntowej i rodzaju stosowanej izolacji cieplnej.



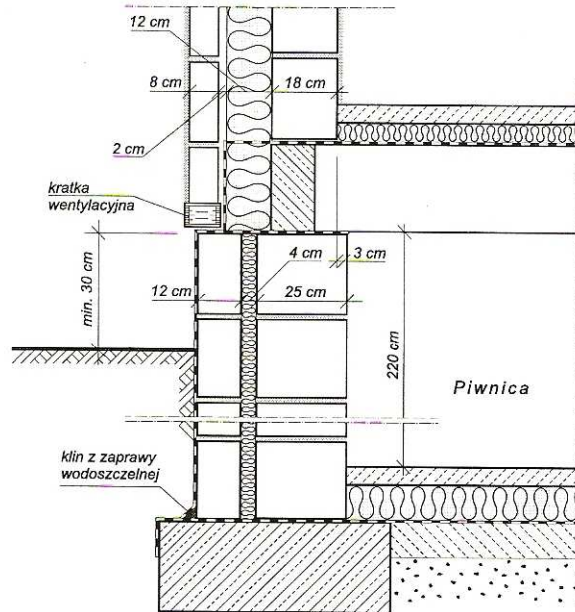
Rys. 2.6. Ściana warstwowa. Mur fundamentu: bloki o grubości 25 cm, z izolacją termiczną – styropian 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna blok grubości 18 cm, ocieplenie metodą lekką mokrą (styropian lub wełna mineralna) wraz z tynkiem



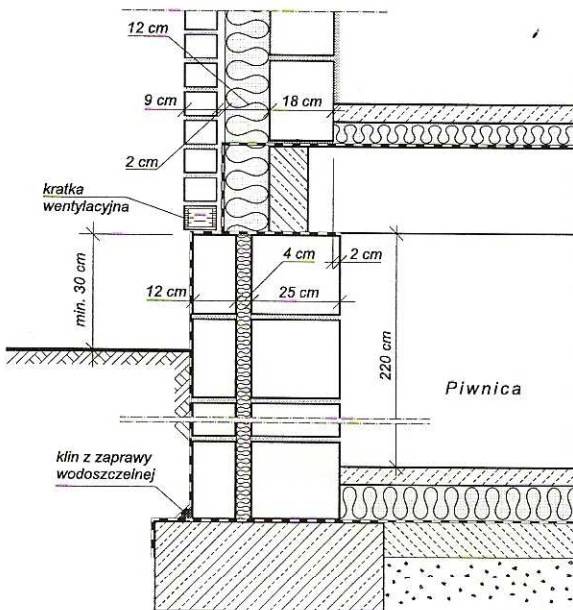
Rys. 2.7. Ściana warstwowa ze szczeliną powietrzną. Mur fundamentu: bloki o grubości 25 cm i 12 cm z izolacją cieplną – styropian 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna – bloki drażone 18 cm; warstwa izolacji cieplnej – wełna mineralna 14 cm, szczelina powietrzna wentylowana; warstwa osłonowa – kształtki ściennie o grubości 8 cm, otynkowana



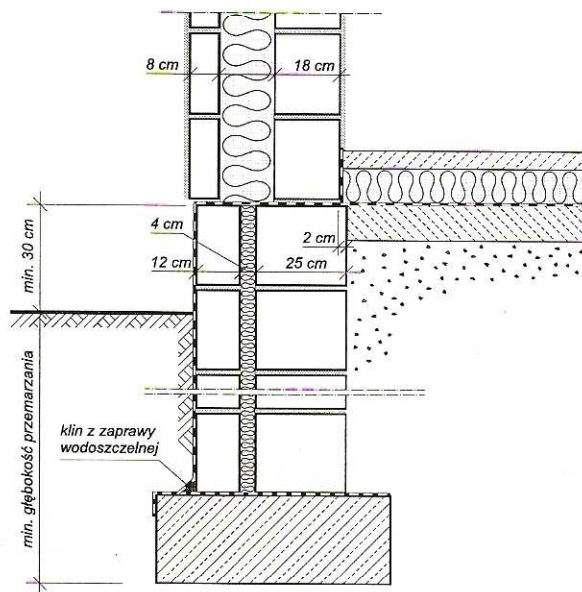
Rys. 2.8. Ściana warstwowa ze szczeliną powietrzną. Mur piwnicy: bloki o grubości 25 cm i 18 cm z izolacją cieplną ze styropianu grubości 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna – bloki drażnione grubości 24 cm; warstwa izolacji cieplnej – wełna mineralna 12 cm, szczelina powietrzna wentylowana; warstwa osłonowa – cegła elewacyjna – grubość 11 cm



Rys. 2.10. Ściana warstwowa ze szczeliną powietrzną. Mur piwnicy: bloki o grubości 25 cm i 12 cm z izolacją cieplną ze styropianu grubości 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna – bloki drażnione grubości 18 cm; warstwa izolacji cieplnej – wełna mineralna 12 cm, szczelina powietrzna wentylowana; warstwa osłonowa – kształtka ścienna o grubości 8 cm, otynkowana



Rys. 2.9. Ściana warstwowa ze szczeliną powietrzną. Mur piwnicy: bloki o grubości 25 cm i 12 cm z izolacją cieplną ze styropianu grubości 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna – bloki drażnione grubości 18 cm; warstwa izolacji cieplnej – wełna mineralna 12 cm, szczelina powietrzna wentylowana; warstwa osłonowa – cegła elewacyjna – grubość 9 cm



Rys. 2.11. Ściana warstwowa. Mur fundamentu: bloki o grubości 25 cm i 12 cm z izolacją termiczną ze styropianu grubości 4 cm. Ściana parteru: warstwa nośna – bloki drażnione grubości 18 cm; warstwa izolacji cieplnej – styropian 15 cm; warstwa osłonowa – kształtka ścienna o grubości 8 cm, otynkowana

3. Wyroby uzupełniające do murów z silikatów

3.1. Zaprawy do cienkich spoin. Zaprawy firmy Tubag

Elementy silikatowe produkowane przez firmy zrzeszone w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska charakteryzują się dużą dokładnością wymiarów, dzięki czemu murowanie z cienkimi spoinami jest szczególnie uzasadnione.

Stosowanie cienkich spoin to nie tylko oszczędność materiałów ale również oszczędność czasu i łatwość w zachowaniu czystości na placu budowy, co łącznie wpływa na obniżenie kosztów inwestycji.

Ścisłe współpracująca z zakładami zrzeszonymi w Związku, firma TUBAG jako sprawdzony producent, oferuje dwa rodzaje suchych zapraw do spoin cienkich:

- Szara zaprawa do spoin cienkich PPK (deklaracja zgodności z AT-15-5201/2001, PZH HK/B/1172/01/2003)
- Biała zaprawa do spoin cienkich VARIO G (AT-15-5201/2001, PZH HK/B/1078/01/2001)

Zaprawy PPK i VARIO G zalecane są szczególnie do murowania cegieł i bloków silikatowych z pionowymi łącznikami na wpust-wypust z użyciem specjalnego dozownika do zapraw.

Stosowanie zaprawy VARIO G zalecane jest ze względu na jej szczególne właściwości.

Zaprawa cienkowarstwowa VARIO G jest suchą zaprawą o wysokiej jakości, produkowaną z zastosowaniem cementu, miękkich ziaren kruszywa naturalnego jako ziarna podporowego, piasku o uziarnieniu do 1 mm, a także specjalnych dodatków dla polepszenia urabialności, przyczepności do podłoża oraz ulepszenia innych właściwości produktu.

Zastosowanie w zaprawie VARIO G miękkich ziaren, które „amortyzują” obciążenie od warstw muru powoduje, że spoina pozioma muru ma zawsze odpowiednią grubość tj. min. 1 mm (średnio ok. 1,5 mm), gwarantującą:

- bezpieczne mocowanie odpowiednich kotew do łączenia warstw ściany;
- bardziej równomierny rozkład naprężeń w murze i w związku z tym redukuje możliwość powstawania rys.

Lekkie ziarno umożliwia dodatkowo łatwą korektę położenia cegły w pionie od 1 do 3 mm i wyklucza konieczność stosowania klinów, które niekorzystnie

wpływają na wytrzymałość muru i mogą być przyczyną powstawania rys.

Najważniejsze zalety wynikające z zastosowania zaprawy VARIO G w murach z cegieł i bloków silikatowych na wpust-wypust, to:

- możliwość korekty położenia cegieł i boków w poziomie (czas korekty położenia elementu murego wynosi około 10 minut);
- bezpieczne stosowanie odpowiednich kotew do łączenia warstwy nośnej i warstwy zewnętrznej w ścianach warstwowych;
- oszczędność materiału i czasu dzięki bardzo dużej wydajności i stosowaniu specjalnego dozownika;
- łatwość stosowania i zachowanie czystości na placu budowy.

Tablica 3.1. Właściwości techniczne zapraw VARIO G i PPK

| Zaprawa do spoin cienkich firmy Tubag | Barwa | Wytrzymałość na ściskanie w MPa | Przyczepność do podłoża w MPa | Wydajność z jednego worka (25 kg) suchej zaprawy w litrach zaprawy gotowej | Czas zachowywania właściwości roboczych w godzinach | Czas korekty położenia elementu murego w minutach |
|---------------------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| VARIO G | biała | ≥16 | ≥0,5 | 20 | 4 | 10 |
| PPK | szara | ≥14 | ≥0,5 | 18 | ≥3 | ≥7 |

Zalecenia dla wykonawców:

- przy stosowaniu zapraw należy uwzględnić wszystkie normy i przepisy istotne dla wykonywanych prac;
- zaprawę należy układać na blokach za pomocą specjalnego dozownika VARIO, dopasowanego do szerokości muru lub grzebienia;
- należy zwrócić uwagę na równomierne rozprowadzenie zaprawy na powierzchni elementów murego.

3.2. Powłoki impregnujące

W celu zwiększenia trwałości i ochrony przed zabrudzeniem elewacji z silikatów mogą być stosowane różne preparaty impregnujące.

Na rynku polskim dostępne są w szerokim wyborze środki zabezpieczające powierzchnie licowe elementów murowych. Impregnaty krzemooorganiczne wnika-
jące w kapilary na głębokość 3-5 mm tworzą powłokę wielocząsteczkową o właściwościach hydrofobowych, taką że podczas deszczu woda spływa po elewacji nie wnikając w jej wnętrze.

Działanie preparatów krzemianowych rozcień-
czalnych polega na uszczelnieniu kapilarów i porów poprzez krystalizację uwodnionej krzemionki. Impregnaty nie zmieniają barwy wyrobów i nie dają połysku. Nakładanie impregnatów powinno odbywać się zgodnie z zaleceniami producenta.

3.3. Materiały termoizolacyjne

Do wykonywania izolacji termicznej ścian zewnętrznych z silikatów stosuje się wełnę mineralną lub styropian. Ściany fundamentowe i ściany piwnic izolowane są na ogół z zastosowaniem styropianu. Do wykonania izolacji cieplnej podłóg na gruncie można stosować styropian, polistyren ekstrudowany lub wełnę mineralną.

Ogólnie dostępna na rynku wełna mineralna i styropian charakteryzują się wysokimi parametrami izolacyjności cieplnej tworząc doskonałą ochronę budynku przed utratą ciepła zimą i nadmiernym przegrzaniem w okresie letnim. Wybrane przykłady obliczenia współczynnika przewodzenia ciepła U_{k^*} ścian z silikatów, z warstwą izolacji cieplnej z wełny mineralnej lub styropianu podane są w rozdziale 4 punkt 4.5.4.

3.4. Materiały do izolacji przeciwwilgociowych. Materiały firmy Gutta

Do wykonywania izolacji zabezpieczających budowle przed wilgocią zakłady zrzeszone w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska zalecają stosowanie wyrobów firmy Gutta.

Wyroby te odporne są na wilgoć, chemikalia, promieniowanie ultrafioletowe i nie ulegają procesowi rozkładu. Izolacje przeciwwilgociowe firmy Gutta są elastyczne, odporne na łamanie, zrywanie oraz dziurawienie. Ponadto charakteryzują się dużą wytrzymałością na uderzenia i nacisk.

3.4.1. Poziome izolacje przeciwwilgociowe

Izolacje poziome zapobiegające kapilarnemu podciąganiu wilgoci w murze mogą być wykonywane np. za pomocą taśmy Guttatau z poliolefinu.

Taśmę układa się jednowarstwowo na powierzchni wyrównanej zaprawą. Aby zapewnić optymalne i trwałe zabezpieczenie izolację GUTTABAU należy umocować pomiędzy dwie warstwy zaprawy. Minimalny zakład w miejscach łączenia taśmy powinien wynosić 20 cm.

Dane techniczne:

- wymiary taśmy:
 - grubość (łącznie z profilem) – około 0,4 mm,
 - szerokość – od 10 cm do 150 cm,
 - długość w rolce – 25 m;
- odporność na zrywanie (wg DIN 53455):
 - wzdłuż – 300 N/5 cm,
 - w poprzek – 130 N/5 cm;
- rozciągliwość zerwania:
 - wzdłuż – 600 %,
 - w poprzek – 300 %.

3.4.2. Pionowe izolacje przeciwwilgociowe

Pionowe izolacje przeciwwilgociowe wykonuje się z polietylenowych membran np. Guttabeta GMS. Membrany zabezpieczają mury przed wilgocią, są odporne na korzenie drzew. Membrany są łatwe w montażu, ponadto zapewniają dobre „oddychanie” izolowanych powierzchni.

Pasma membran mocowane są poziomo lub pionowo. W każdym przypadku konieczny jest dziesięciocentymetrowy zakład. Zakładanie następuje bezpośrednio z rolki. Tynki zaporowe, zaprawy bitumiczne bądź inne warstwy bitumiczne, na które nakładane są membrany, muszą być suche oraz odporne na nacisk.

Dane techniczne:

- wymiary:
 - grubość – około 0,55 mm,
 - wysokość wytłoczeń – około 8 mm,
 - szerokość: 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m,
 - długość – 20 m;
- odporność na nacisk – 190 kN/m²;
- odporność na temperaturę: od -40°C do +80°C.

4. Parametry wytrzymałościowe i właściwości fizyczne

4.1. Wytrzymałość na ściskanie elementów murowych silikatowych

Tablica 4.1. Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie f_b [MPa] elementów murowych w zależności od wymiarów i wytrzymałości na ściskanie $f_{B,PN}$ [MPa] badanej wg PN-75/B-12003

| Elementy murowe | Wymiary [mm] | | | f_b [MPa] | | |
|-------------------|--------------|------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | l | b | h | $f_{B,PN} = 10$ MPa | $f_{B,PN} = 15$ MPa | $f_{B,PN} = 20$ MPa |
| Cegły | 240 | 115 | 71 | 12,6 | 18,9 | 25,2 |
| | 240 | 115 | 113 | 11,3 | 16,9 | 22,6 |
| | 250 | 120 | 65 | 12,2 | 18,2 | 24,3 |
| | 250 | 120 | 138 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| | 250 | 120 | 220 | 16,2 | 24,3 | 32,4 |
| | 256 | 120 | 138 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| Błoki | 256 | 120 | 220 | 16,2 | 24,3 | 32,4 |
| | 500 | 120 | 220 | 16,2 | 24,3 | 32,4 |
| | 505 | 120 | 220 | 16,2 | 24,3 | 32,4 |
| | 518 | 120 | 220 | 16,2 | 24,3 | 32,4 |
| | 250 | 180 | 220 | 14,5 | 21,8 | 29,0 |
| | 255 | 180 | 220 | 14,5 | 21,8 | 29,0 |
| | 258 | 180 | 220 | 14,5 | 21,8 | 29,0 |
| | 500 | 180 | 220 | 14,5 | 21,8 | 29,0 |
| | 505 | 180 | 220 | 14,5 | 21,8 | 29,0 |
| | 250 | 240 | 220 | 13,6 | 20,3 | 27,1 |
| | 250 | 250 | 220 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| | 255 | 250 | 220 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| | 258 | 250 | 220 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| | 500 | 250 | 220 | 13,4 | 20,2 | 26,9 |
| 505 | 250 | 220 | 13,4 | 20,2 | 26,9 | |
| Kształtki ścienne | 250 | 65 | 220 | 17,5 | 26,3 | 35,0 |
| | 250 | 80 | 220 | 16,7 | 25,0 | 33,4 |

4.2. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie

Według PN-B-03002: 1999 „Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i Obliczanie” wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie f_k bez spoiny podłużnej, wykonanego zgodnie z wymaganiami konstrukcyjnymi podanymi w rozdziale 6 tej normy na zaprawie zwykłej, oblicza się wg wzoru:

$$f_k = K f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$$

gdzie:

$K = 0,50$ – dla murów z elementów murowych grupy 1 o $5 \text{ MPa} \leq f_b \leq 40 \text{ MPa}$;

$K = 0,45$ – dla murów z elementów murowych grupy 2 o $2,5 \text{ MPa} \leq f_b \leq 15 \text{ MPa}$;

f_b – znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego według tablicy 4.1,

f_m – wytrzymałość na ściskanie zaprawy.

Wytrzymałość średnia zaprawy f_m nie może być większa niż 20 MPa, ani też większa niż $2f_b$ dla elementów grupy 1 i niż f_b dla elementów murowych grupy 2.

W tablicy 4.2. podano wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie f_k wykonanego z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa na zaprawie zwykłej klasy M10 oraz z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa na zaprawie M10 i M20 oraz elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa na zaprawie M20. Błoki ścienne zakwalifikowano do grup: 1 i 2 wg tablicy 1 PN-B-03002: 1999, cegły zakwalifikowano do grupy 1.

W tablicy 4.3. podano wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie f_k muru wykonanego z cienkimi spoinami wspornymi przy zastosowaniu zapraw np. firmy Tubag: PPK i VARIO G.

W tablicach 4.2 i 4.3 podano wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie f_k obliczoną wg PN-B-03002:1999. Warto zwrócić uwagę, że w rzeczywistości wytrzymałość f_k elementów próbnych muru uzyskana z badań wykonanych w ITB jest większa od wartości f_k obliczonej wg PN-B-03002:1999. W określonych przypadkach mogą być wykorzystane do obliczeń wyniki badań przeprowadzone w ITB.

Tablica 4.2. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie f_k na zaprawie zwykłej

| Elementy murowe | Wymiary [mm] | | | f_k [Mpa] | | | | | |
|-----------------|--------------|------------|-----|---|---------|---|-------------|---|---------|
| | | | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa na zaprawie klasy M10 | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa na zaprawie klasy M20 | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa na zaprawie klasy M20 | |
| | l | b | h | Grupa 1 | Grupa 2 | M20 Grupa 1 | M10 Grupa 2 | Grupa 1 | Grupa 2 |
| Cegły | 240 | 115 | 71 | 4,6 | | 7,1 | | 8,6 | |
| | 240 | 115 | 113 | 4,3 | | 6,6 | | 8,0 | |
| | 250 | 120 | 65 | 4,5 | | 7,0 | | 8,4 | |
| | 250 | 120 | 138 | 4,8 | | 7,4 | | 9,0 | |
| | 250 | 120 | 220 | 5,4 | | 8,4 | | 10,1 | |
| | 256 | 120 | 138 | 4,8 | | 7,4 | | 9,0 | |
| | 256 | 120 | 220 | 5,4 | | 8,4 | | 10,1 | |
| Bloki | 500 | 120 | 220 | 5,4 | 4,9 | 8,4 | 6,3 | 10,1 | 9,1 |
| | 505 | 120 | 220 | 5,4 | 4,9 | 8,4 | 6,3 | 10,1 | 9,1 |
| | 518 | 120 | 220 | 5,4 | 4,9 | 8,4 | 6,3 | 10,1 | 9,1 |
| | 250 | 180 | 220 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,9 | 9,4 | 8,5 |
| | 255 | 180 | 220 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,9 | 9,4 | 8,5 |
| | 258 | 180 | 220 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,9 | 9,4 | 8,5 |
| | 500 | 180 | 220 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,9 | 9,4 | 8,5 |
| | 505 | 180 | 220 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,9 | 9,4 | 8,5 |
| | 250 | 240 | 220 | 4,8 | 4,4 | 7,5 | 5,7 | 9,0 | 8,1 |
| | 250 | 250 | 220 | 4,8 | 4,3 | 7,4 | 5,6 | 9,0 | 8,1 |
| | 255 | 250 | 220 | 4,8 | 4,3 | 7,4 | 5,6 | 9,0 | 8,1 |
| | 258 | 250 | 220 | 4,8 | 4,3 | 7,4 | 5,6 | 9,0 | 8,1 |
| | 500 | 250 | 220 | 4,8 | 4,3 | 7,4 | 5,6 | 9,0 | 8,1 |
| | 505 | 250 | 220 | 4,8 | 4,3 | 7,4 | 5,6 | 9,0 | 8,1 |

Tablica 4.3. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie f_k z cienkimi spoinami na zaprawie o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 14$ MPa

| Elementy murowe | Wymiary [mm] | | | f_k [Mpa] | | | | |
|-----------------|--------------|------------|-----|---|---|---------|---|---------|
| | | | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa | |
| | l | b | h | Grupa 1 | Grupa 1 | Grupa 2 | Grupa 1 | Grupa 2 |
| Cegły | 250 | 120 | 220 | 5,9 | 7,7 | | 9,3 | |
| | 256 | 120 | 138 | 5,2 | 6,8 | | 8,2 | |
| | 256 | 120 | 220 | 5,9 | 7,7 | | 9,3 | |
| Bloki | 505 | 120 | 220 | 5,9 | 7,7 | 6,9 | 9,3 | 8,3 |
| | 518 | 120 | 220 | 5,9 | 7,7 | 6,9 | 9,3 | 8,3 |
| | 250 | 180 | 220 | 5,5 | 7,2 | 6,4 | 8,6 | 7,8 |
| | 255 | 180 | 220 | 5,5 | 7,2 | 6,4 | 8,6 | 7,8 |
| | 258 | 180 | 220 | 5,5 | 7,2 | 6,4 | 8,6 | 7,8 |
| | 505 | 180 | 220 | 5,5 | 7,2 | 6,4 | 8,6 | 7,8 |
| | 250 | 240 | 220 | 5,3 | 6,8 | 6,2 | 8,2 | 7,4 |
| | 250 | 250 | 220 | 5,2 | 6,8 | 6,1 | 8,2 | 7,4 |
| | 255 | 250 | 220 | 5,2 | 6,8 | 6,1 | 8,2 | 7,4 |
| | 258 | 250 | 220 | 5,2 | 6,8 | 6,1 | 8,2 | 7,4 |
| | 500 | 250 | 220 | 5,2 | 6,8 | 6,1 | 8,2 | 7,4 |
| | 505 | 250 | 220 | 5,2 | 6,8 | 6,1 | 8,2 | 7,4 |

Tablica 4.4. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie f_k z cienkimi spoinami na zaprawie o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 16$ MPa

| Elementy murowe | Wymiary [mm] | | | f_k [Mpa] | | | | |
|-----------------|--------------|------------|-----|---|---------|---|---------|---|
| | | | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa | | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa |
| | l | b | h | Grupa 1 | Grupa 1 | Grupa 2 | Grupa 1 | Grupa 2 |
| Cegły | 250 | 120 | 220 | 6,1 | 7,9 | | 9,6 | |
| | 256 | 120 | 138 | 5,4 | 7,0 | | 8,5 | |
| | 256 | 120 | 220 | 6,1 | 7,9 | | 9,6 | |
| Bloki | 505 | 120 | 220 | 6,1 | 7,9 | 7,1 | 9,6 | 8,6 |
| | 518 | 120 | 220 | 6,1 | 7,9 | 7,1 | 9,6 | 8,6 |
| | 250 | 180 | 220 | 5,7 | 7,4 | 6,5 | 8,9 | 8,0 |
| | 255 | 180 | 220 | 5,7 | 7,4 | 6,7 | 8,9 | 8,0 |
| | 258 | 180 | 220 | 5,7 | 7,4 | 6,7 | 8,9 | 8,0 |
| | 505 | 180 | 220 | 5,7 | 7,4 | 6,7 | 8,9 | 8,0 |
| | 250 | 240 | 220 | 5,4 | 7,1 | 6,4 | 8,5 | 7,7 |
| | 250 | 250 | 220 | 5,4 | 7,0 | 6,3 | 8,5 | 7,6 |
| | 255 | 250 | 220 | 5,4 | 7,0 | 6,3 | 8,5 | 7,6 |
| | 258 | 250 | 220 | 5,4 | 7,0 | 6,3 | 8,5 | 7,6 |
| | 500 | 250 | 220 | 5,4 | 7,0 | 6,3 | 8,5 | 7,6 |
| | 505 | 250 | 220 | 5,4 | 7,0 | 6,3 | 8,5 | 7,6 |

Minimalna grubość ścian konstrukcyjnych z muru o wytrzymałości charakterystycznej $f_k \geq 5$ MPa wynosi 100 mm, a o $f_k < 5$ MPa – 150 mm.

4.3. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie

Wytrzymałość charakterystyczna muru niezbrojonego na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych f_{vk} na zaprawie zwykłej z wypełnionymi spoinami pionowymi przyjmuje się jako najmniejszą z wartości:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4\sigma_d$$

lub $f_{vk} = 0,065 f_b$ lecz nie mniej niż f_{vko} ;

lub $f_{vk} = 0,16 f_k$;

lub f_{vk} = wartości graniczne podane w Tablicy 10 PN-B-03002: 1999.

Tablica 4.5. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych wykonanego na zaprawie zwykłej z wypełnionymi spoinami pionowymi

| σ_d | f_{vk} [MPa] | | |
|------------|---|---|---|
| | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa na zaprawie klasy M10 | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa na zaprawie klasy M20 | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa na zaprawie klasy M20 |
| 0 MPa | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| 0,1 MPa | 0,19 | 0,24 | 0,24 |
| 0,3 MPa | 0,27 | 0,32 | 0,32 |
| 0,5 MPa | 0,35 | 0,40 | 0,40 |

Wytrzymałość charakterystyczną w kierunku równoległym do spoin wspornych f_{vk} muru niezbrojonego na zaprawie zwykłej z niewypełnionymi spoinami poprzecznymi z dosuniętymi blisko siebie czołami elementów murowych, przyjmuje się jako najmniejszą z wartości:

$$f_{vk} = 0,5f_{vko} + 0,4\sigma_d$$

lub $f_{vk} = 0,045 f_b$ lecz nie mniej niż f_{vko} ;

lub $f_{vk} = 0,11 f_k$;

lub f_{vk} = 0,7 razy wartości graniczne podane w Tablicy 10 PN-B-03002: 1999.

Tablica 4.6. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych wykonanego na zaprawie zwykłej z niewypełnionymi spoinami poprzecznymi, ale z czołami elementów murowych dosuniętymi na styk

| σ_d | f_{vk} [MPa] | | |
|------------|---|---|---|
| | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 10$ MPa na zaprawie klasy M10 | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa na zaprawie klasy M20 | Mur z elementów o wytrzymałości $f_{B,PN} = 20$ MPa na zaprawie klasy M20 |
| 0 MPa | 0,08 | 0,10 | 0,10 |
| 0,1 MPa | 0,12 | 0,14 | 0,14 |
| 0,3 MPa | 0,20 | 0,22 | 0,22 |
| 0,5 MPa | 0,28 | 0,30 | 0,30 |

Wytrzymałość charakterystyczną na ścinanie w kierunku prostym do spoin poziomych f_{vk} dla muru na spoinach zwykłych i z wypełnionymi spoinami pionowymi można przyjmować z Tablicy 11 PN-B-03002: 1999. Dla innych rodzajów muru wartości f_{vk} wyznaczać należy doświadczalnie.

4.4. Wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie

W zależności od zorientowania płaszczyzny działania momentu zginającego względem płaszczyzny ściany, rozróżnia się wytrzymałości muru na rozciąganie:

- przy zginaniu w kierunku prostym do płaszczyzny ściany; wytrzymałość ta jest wyznaczana jako $f_x = M/W$ przy linowym rozkładzie naprężeń w przekroju;
- wytrzymałość na rozciąganie osiowe działające w płaszczyźnie ściany – f_t .

Wytrzymałość charakterystyczną muru na rozciąganie przy zginaniu f_x wyznacza się, biorąc pod uwagę:

- przekrój, w którym następuje zniszczenie muru: w przekroju przez spoiny wsporne (f_{xk1}), lub w przekroju prostym do spoin wspornych (f_{xk2});
- rodzaj materiału elementów murowych i przyporządkowania ich do odpowiedniej grupy elementów;
- wytrzymałość średnią zaprawy na ściskanie f_m .

Charakterystyczne wartości wytrzymałości muru na rozciąganie f_{xk1} i f_{xk2} przyjmuje się na podstawie Tablicy 12 PN-B-03002: 1999.

Charakterystyczna wartość wytrzymałości muru na rozciąganie osiowe w płaszczyźnie ściany f_t zależy od kierunku działania głównych naprężeń rozciągających względem płaszczyzny spoin wspornych i w zależności od tego należy przyjmować odpowiednio:

$$f_{tk} = f_{xk1} \text{ lub } f_{tk} = f_{xk2}$$

gdzie: f_{xk1} i f_{xk2} na podstawie tablicy 12 PN-B-03002: 1999.

4.5. Izolacyjność cieplna ścian z silikatów

4.5.1. Wymagania dotyczące oszczędności energii

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich

usytuowanie, dział X „Oszczędność energii i izolacyjność cieplna” budynek i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość energii cieplnej, potrzebnej do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie.

Dla budynku mieszkalnego i zamieszkania zbiorowego ww. wymagania uznaje się za spełnione, jeżeli wartość wskaźnika E, określającego obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową (ciepło) do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym, wyrażone ilością energii przypadającej w ciągu roku na 1 m³ kubatury ogrzewanej części budynku, jest mniejsza od wartości granicznej wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku E_o i dodatkowo, jeżeli przegrody budowlane odpowiadają określonym w rozporządzeniu wymaganiom.

Dla budynku jednorodzinnego ww. wymagania uznaje się również za spełnione, jeżeli wszystkie przegrody odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej i innym dodatkowym wymaganiom podanym w rozporządzeniu. Podobny sposób sformułowano wymagania dla budynku użyteczności publicznej i budynku produkcyjnego.

Wartości graniczne E_o wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku przyjmuje się w zależności od współczynnika kształtu budynku A/V odpowiednio:

1. $E_o = 29 \text{ kWh(m}^3 \text{ rok)}$ przy $A/V \leq 0,20$
2. $E_o = 26,6 + 12 A/V \text{ kWh(m}^3 \text{ rok)}$ przy $0,20 < A/V < 0,90$
3. $E_o = 37,4 \text{ kWh(m}^3 \text{ rok)}$ przy $A/V \geq 0,90$

gdzie:

- A – jest sumą pól powierzchni wszystkich ścian zewnętrznych (wraz z oknami i drzwiami balkonowymi), dachów i stropodachów, podłóg na gruncie lub stropów nad piwnicą nieogrzewaną, stropów nad przejazdami, oddzielających część ogrzewaną budynku od powietrza zewnętrznego, gruntu i przyległych pomieszczeń, liczoną po obrysie zewnętrznym,
- V – jest kubaturą netto ogrzewanej części budynku obliczoną jako kubatura brutto budynku pomniejszona o kubaturę wydzielonych klatek schodowych, szypów dźwigowych, a także zewnętrznych, niezamkniętych ze wszystkich stron części budynku, takich jak: podcienia, balkony, tarasy, loggie i galerie.

Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło E, oblicza się zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.

4.5.2. Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej ścian

Ściany powinny być tak zaprojektowane, aby wartości współczynnika przenikania ciepła U obliczone zgodnie z PN-EN ISO 6946: 1999 „Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła” nie były większe niż podane odpowiednio w tablicach 4.7, 4.8, 4.9 i 4.10.

Tablica 4.7. Największe dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{k(max)}$ ścian domów jednorodzinnych

| Lp. | Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu | $U_{k(max)}$ [W/m ² K] |
|-----|---|-----------------------------------|
| 1 | Ściany zewnętrzne: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ – o budowie warstwowej z izolacją z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ – pozostałe b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany) | 0,30 0,50 0,80 |
| 2 | Ściany piwnic nieogrzewanych | bez wymagań |
| 3 | Ściany wewnętrzne oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego | 1,00 |

Tablica 4.8. Największe dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{k(max)}$ ścian budynków wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego

| Lp. | Rodzaj przegrody | $U_{k(max)}$ [W/m ² K] |
|-----|---|-----------------------------------|
| 1 | Ściany wewnętrzne pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami | 3,00 *) |
| 2 | Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny | 3,00 0,70 |

*) Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przed-sionka, to wartość współczynnika U_k ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1,0 W/(m² K).

Tablica 4.9. Największe dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{k(max)}$ ścian budynków użyteczności publicznej

| Lp. | Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu | $U_{k(max)}$ [W/m ² K] |
|-----|--|-----------------------------------|
| 1 | Ściany zewnętrzne: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi – ze wspornikami balkonu, przenikającymi ścianę b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany) | 0,45 0,55 0,65 0,70 |
| 2 | Ściany wewnętrzne między pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami | 3,00 *) |
| 3 | Ściany przylegające do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny | 3,00 0,70 |
| 4 | Ściany piwnic nieogrzewanych | bez wymagań |

*) Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przed-sionka, to wartość współczynnika U_k ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1,0 W/(m²K).

Tablica 4.10. Największe dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{k(max)}$ ścian budynków produkcyjnych

| Lp. | Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu | $U_{k(max)}$ [W/m ² K] |
|-----|---|--------------------------------------|
| 1 | Ściany zewnętrzne: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi c) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ – pełne – z otworami okiennymi i drzwiowymi d) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$ | 0,45 0,55 0,75 0,90 1,20 |
| 2 | Ściany wewnętrzne: a) dla $\Delta t_i > 16\text{K}$ b) dla $8\text{K} < \Delta t_i \leq 16\text{K}$ c) dla $\Delta t_i \leq 8\text{K}$ | 1,00 1,40 bez wymagań |

Δt_i – różnica temperatur obliczeniowych w pomieszczeniach.

Tablice 4.7, 4.8, 4.9 i 4.10 opracowano na podstawie Załącznika do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU Nr 75 z dnia 15.06.2002 r.

4.5.3. Inne wymagania związane z oszczędnością energii

W rozporządzeniu podano również wymagania dotyczące warunków wilgotnościowych i szczelności.

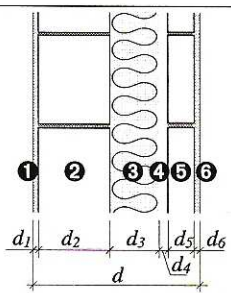
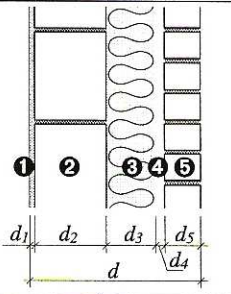
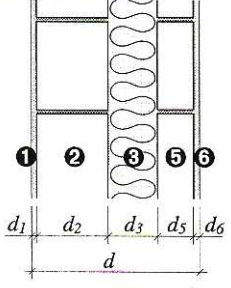
W budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, a także w budynku produkcyjnym opór cieplny nieprzezroczystych przegród zewnętrznych powinien umożliwiać utrzymanie na wewnętrznych jej powierzchniach temperatury wyższej co najmniej o 1°C od punktu rosy powietrza w pomieszczeniu, przy obliczeniowych wartościach temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego oraz przy obliczeniowej wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu, obliczonej zgodnie z Polską

Normą dotyczącą parametrów obliczeniowych powietrza wewnętrznego.

Ponadto w wyżej wymienionych budynkach przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród oraz połączenia okien z ościeżnicami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza.

4.5.4. Przykłady izolacji cieplnej ścian zewnętrznych z elementów silikatowych

Tablica 4.11. Współczynnik przenikania ciepła dla przykładowych ścian zewnętrznych

| Typ ściany | Warstwy i tynki ściany | | | | | | Łączna grubość ściany d | Współczynnik przenikania ciepła U |
|---|---|--|---|----------------------------------|---|---|---------------------------|-------------------------------------|
| | 1 Tynk wewnętrzny cementowo-wapienny | 2 Warstwa nośna ściany | 3 Docieplenie | 4 Szczelina słabo wentylowana | 5 Warstwa osłonowa/elewacyjna | 6 Tynk zewnętrzny cementowo-wapienny | | |
|  | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 180 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 140 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Cegły drażone grubości 120 mm $\lambda=0,80$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 490 mm | 0,21 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 120 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Kształtki ścienne drażone grubości 80 mm $\lambda=0,80$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 500 mm | 0,24 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 120 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Kształtki ścienne pełne grubości 80 mm $\lambda=0,90$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 500 mm | 0,24 W/m ² K |
|  | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 180 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 140 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Cegły elewacyjne grubości 90 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 445 mm | 0,22 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 240 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 120 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Cegły elewacyjne grubości 110 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 505 mm | 0,24 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 120 mm $\lambda=0,035$ W/mK | 20 mm | Cegły elewacyjne grubości 110 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 515 mm | 0,24 W/m ² K |
|  | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 180 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 140 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Kształtki ścienne pełne grubości 120 mm $\lambda=0,90$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 470 mm | 0,26 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 120 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Kształtki ścienne drażone grubości 80 mm $\lambda=0,80$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 480 mm | 0,28 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drażone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 120 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Kształtki ścienne pełne grubości 80 mm $\lambda=0,90$ W/mK | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | 480 mm | 0,28 W/m ² K |

Tablica 4.11. Współczynnik przenikania ciepła dla przykładowych ścian zewnętrznych

| Ściana zewnętrzna | Warstwy i tynki ściany | | | | | | Łączna grubość ściany d | Współczynnik przenikania ciepła U |
|-------------------|------------------------------------|--|---|----------------------|---|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | | |
| | Tynk wewnętrzny cementowo-wapienny | Warstwa nośna ściany | Docieplenie | Szczelina powietrzna | Warstwa osłonowa/elewacyjna | Tynk zewnętrzny cementowo-wapienny | | |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 180 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 140 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Cegły elewacyjne grubości 90 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 425 mm | 0,25 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 240 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 120 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Cegły elewacyjne grubości 110 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 485 mm | 0,28 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 250 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Styropian grubość 120 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | Cegły elewacyjne grubości 120 mm $\lambda=0,90$ W/mK | - | 505 mm | 0,28 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 180 mm $\lambda=0,75$ W/mK | Wełna mineralna grubości 140 mm $\lambda=0,039$ W/mK | - | - | cienkowsarstwowy tynk zbrojony | 335 mm | 0,24 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 250 mm $\lambda=0,80$ W/mK | Wełna mineralna grubości 120 mm $\lambda=0,039$ W/mK | - | - | | 385 mm | 0,27 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 180 mm $\lambda=0,80$ W/mK | Styropian grubość 140 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | - | | 335 mm | 0,26 W/m ² K |
| | 15 mm $\lambda=0,82$ W/mK | Bloki drążone grubości 250 mm $\lambda=0,80$ W/mK | Styropian grubość 120 mm $\lambda=0,042$ W/mK | - | - | | 385 mm | 0,29 W/m ² K |

4.6. Izolacyjność akustyczna ścian z silikatów

Dziennik Ustaw Nr 75 z dnia 15 czerwca 2002, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

„Dział IX §323.1 Budynek i urządzenie z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach.”

Właściwości izolacyjności akustycznej przegród ściennych określają odporność przegrody na przenikanie dźwięków powietrznych, którą określa się za pomocą izolacyjności akustycznej właściwej w dB (parametr ten odnosi się do przegród zewnętrznych i wewnętrznych).

Wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej R_w wg PN-B-02151-03:1999 został uzupełniony o dwa widmowe wskaźniki adaptacyjne C i C_{tr} – wg PN-EN ISO 717-1:1999.

Wskaźnik C – dostosowany jest do widma hałasu bytowego wewnętrznego występującego w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Dla przegród masywnych wartość wskaźnika C wynosi ≈ -3 dB do 0 dB

Wskaźnik C_{tr} dostosowany jest do widma hałasu zewnętrznego, pochodzącego głównie od komunikacji drogowej w mieście, $C_{tr} \approx -6$ dB do -3 dB.

Do oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych stosuje się jako podstawowy – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej

$$R_{A1} = R_w + C$$

Do oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród zewnętrznych stosuje się jako podstawowy – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej

$$R_{A2} = R_w + C_{tr}$$

Określone w Normie PN-B-02151-3:1999 wymagane jednoliczbowe wartości wskaźnika izolacyjności akustycznej odnoszą się do izolacyjności akustycznej uwzględniającej rzeczywiste warunki w budynku (uwzględniające boczne przenoszenie dźwięku).

W nazwie wskaźników wprowadzono dodatkowe określenie „przybliżony”, symbol wskaźnika oznaczony jest znakiem „prim”.

Uwzględnienie różnicy pomiędzy wynikami badań w warunkach laboratoryjnych, a wynikami badań w warunkach terenowych (pomiar w budynku):

$$R_{A1R} = R_{A1} - 2 \text{ dB},$$

$$R_{A2R} = R_{A2} - 2 \text{ dB}.$$

Uwzględnienie wpływu bocznego przenoszenia dźwięku:

$$R'_{A1} = R_{A1} - K$$

gdzie $K = \text{ca } 3 \div 4 \text{ dB}$, ale nie mniej niż 2 dB,

$$R'_{A2} = R_{A2} - K$$

gdzie $K = \text{ca } 0 \text{ dB}$, w przypadku ścian masywnych.

R'_{A1} – wymagany wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej ścian wewnętrznych;

R'_{A2} – wymagany wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej dla przegród zewnętrznych.

W szczególnych przypadkach uwarunkowanych rodzajem występującego hałasu, do oceny izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych stosuje się wskaźnik R_{A2} , a do oceny izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych wskaźnik R_{A1} .

Podstawowe wymagania zawarte w normie PN-B-02151-3:1999 dotyczące izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych:

- a) Budynki mieszkalne wielorodzinne:
 - ściany międzymieszkaniowe $R'_{A1} \geq 50 \text{ dB}$,
 - ściany działowe w obrębie mieszkania $R'_{A1} \geq 35 \text{ dB}$ (ściany między pokojami a pomieszczeniami sanitarnymi w tym samym mieszkaniu) i $R'_{A1} = 30 \div 35 \text{ dB}$ – pozostałe ściany działowe,
 - ściany między mieszkaniem a pomieszczeniami usługowymi $R'_{A1} \geq 55 \div 60 \text{ dB}$;
- b) Budynki mieszkalne jednorodzinne przy zabudowie szeregowej:
 - ściany między budynkami $R'_{A1} \geq 52 \div 55 \text{ dB}$;
- c) Budynki mieszkalne jednorodzinne wolnostojące oraz budynki mieszkalne jednorodzinne przy zabudowie szeregowej – w zakresie przegród w obrębie budynku. Wymagania akustyczne nie są tu obligatoryjne, ale decydują o klasyfikacji akustycznej budynków:
 - budynki o standardzie podstawowym:
 - ściany między pokojami $R'_{A1} \geq 30 \text{ dB}$,
 - ściany między pokojem a pomieszczeniem sanitarnym $R'_{A1} \geq 35 \text{ dB}$,

- budynki o standardzie podwyższonym:
 - ściany między pokojami $R'_{A1} \geq 40 \text{ dB}$,
 - ściany między pokojem a pomieszczeniem sanitarnym $R'_{A1} \geq 45 \text{ dB}$;
- d) Budynki użyteczności publicznej (w zależności od rodzajów budynku i pomieszczeń w budynku):
 - ściany działowe $R'_{A1} \geq 35, 40, 45, 50, 52 \text{ dB}$ (np. ściany między klasami szkolnymi $R'_{A1} \geq 45 \text{ dB}$, ściany między pokojami w hotelach $R'_{A1} \geq 50 \text{ dB}$).

Wymagania izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych obejmują wypadkową izolacyjność ścian z oknami oraz izolacyjność akustyczną ścian bez okien:

- a) ściany z oknami $R'_{A2} \geq 20, 23, 28, 33, 38 \text{ dB}$; w przybliżeniu można przyjąć, że część pełna przegrody powinna charakteryzować się wskaźnikiem $R'_{A2} \geq 25, 30, 35, 40, 45 \text{ dB}$;
- b) ściany bez okien $R'_{A2} = 30, 33, 38, 43, 48 \text{ dB}$ (np. ściany szczytowe).

Tablica 4.12. Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych wg Instrukcji ITB nr 369/2002 i raportu ITB NA-1007/P/2003

| Charakterystyka rozwiązania | Wskaźniki izolacyjności akustycznej właściwej [dB] | | | | |
|---|--|---------------------------------|---|--------------------------------------|------------------|
| | Opis ściany | Grubość ściany (bez tynku) [cm] | Masa powierzchniowa ściany (bez tynku) [kg/m ²] | R _w (C, C _{tr}) | R _{A1R} |
| Ściany z bloków silikatowych drążonych na wpust-wypust na spoinie poziomej zwykłej cementowo-wapiennej wg AT-15-3985/99 | | | | | |
| Tynkowana tynkiem cementowo-wapiennym o grubości 1 cm | 12,0 | 174 | 50 (-1, -4) | 47 | 44 |
| | 18,0 | 247 | 55 (-1, -6) | 52 | 47 |
| Tynkowana tynkiem cementowo-wapiennym o grubości 1 cm. Kanaly między blokami zapelnione zaprawą | 25,0 | 395 | 58 (-2, -6) | 54 | 50 |
| Ściany z elementów silikatowych drążonych, murowane w sposób zwykły, tynkowane tynkiem cementowo-wapiennym grubości ok. 1,2 cm | | | | | |
| Z kształtek 250x65x220 | 6,5 | 96 | 44 | 41 | 39 |
| Z kształtek 250x80x220 | 8,0 | 119 | 46 | 43 | 41 |
| Z cegły 250x120x220 | 12,0 | 178 | 50 | 47 | 44 |
| Z bloków 500x120x220 | 12,0 | 166 | 49 | 46 | 43 |
| Z bloków 250x180x220 | 18,0 | 250 | 53 | 49 | 46 |
| Z bloków 500x180x220 | 18,0 | 238 | 52 | 49 | 46 |
| Z bloków 250x250x220 | 25,0 | 369 | 56 | 53 | 49 |
| Z bloków 500x250x220 | 25,0 | 331 | 55 | 52 | 48 |
| Ściany z elementów silikatowych drążonych, spoiny poziome z zaprawy cementowo-wapiennej ok. 1 cm, spoiny pionowe w postaci zamka typu wpust-wypust bez zapelniania zaprawą, tynkowane tynkiem cementowo-wapiennym grubości ok. 1,2 cm | | | | | |
| Z kształtek ściennych 250x65x220 | 6,5 | 96 | 44 | 41 | 39 |
| Z kształtek ściennych 250x80x220 | 8,0 | 119 | 46 | 43 | 41 |
| Z cegły 250x120x220 | 12,0 | 178 | 50 | 47 | 44 |
| Z bloków 500x120x220 | 12,0 | 166 | 49 | 46 | 43 |
| Z bloków 250x180x220 | 18,0 | 250 | 53 | 49 | 46 |
| Z bloków 250x240x220 | 24,0 | 305 | 55 | 52 | 48 |
| Z bloków 500x180x220 | 18,0 | 238 | 52 | 49 | 46 |
| Z bloków 250x250x220 | 25,0 | 369 | 56 | 53 | 49 |
| Z bloków 500x250x220 | 25,0 | 331 | 55 | 52 | 48 |

Przeprowadzone przez ITB badania ścian z silikatów w istniejącym budynku, wykazały że w rzeczywistości izolacyjność akustyczna ścian z uwzględnieniem bocznego przenoszenia dźwięków jest jeszcze lepsza od wartości podanych w tablicy.

4.7. Odporność ogniowa ścian z silikatów

Elementy ścienne silikatowe są materiałem całkowicie niepalnym.

W przypadku wystąpienia pożaru, zanim nastąpi naruszenie struktury silikatu, co ma miejsce w temperaturze powyżej 600 °C, najpierw wydobywa się z muru woda i przy temperaturze ok. 600 °C związana chemicznie woda krystaliczna. Ściany z silikatów zapewniają wysokie bezpieczeństwo pożarowe budynku, umożliwiając w czasie pożaru bezpieczną ewakuację ludzi i zwierząt. W czasie pożaru silikaty nie wydzielają żadnych szkodliwych substancji.

Podstawową charakterystyką budynku związaną z pożarem jest odporność ogniowa.

Podstawowymi kryteriami oceny odporności ogniowej są:

- nośność – R;
- szczelność – E;
- izolacyjność – I.

Tablica 4.13. Klasyfikacja ogniowa ścian z bloków silikatowych drążonych 12, 18 i 25 cm ustalona przez ITB (NP-821/A/98 i NP-1099/E/99)

| Grubość ściany z silikatów [cm] | Typ ściany | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| | Nośna | Nieośna |
| 12 | REI 30 | EI 120 |
| 18 | REI 180 RE 240 | EI 180 E 240 |
| 25 | REI 240 | EI 240 |

Ściany mogą być wykonywane jako nośne, działowe i ostonowe. Mogą być murowane ze spoinami zwykłymi i cienkimi. Można stosować bloki o powierzchni czołowej gładkiej do murowania zwykłego lub łączące na wpust-wypust bez wypełniania łącza pionowego zaprawą. Bloki mogą mieć otwory chwytowe. Klasyfikacja dotyczy ścian otynkowanych i nieotynkowanych.

Budynki oraz części budynków, stanowiące odrębne strefy pożarowe, z uwagi na przeznaczenie i sposób użytkowania dzieli się na:

ZL – mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi;

PM – produkcyjne i magazynowe;

IN – inwentarskie (służące do hodowli inwentarza)

Budynki oraz części budynków, stanowiące odrębne strefy pożarowe, określane jako ZL, zalicza się do

jednej lub do więcej niż jedna spośród następujących kategorii zagrożenia ludzi:

- 1) ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się.
- 2) ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych.
- 3) ZL III – użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II.
- 4) ZL IV – mieszkalne.
- 5) ZL V – zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II.

Tablica 4.14. Wymagane klasy odporności pożarowej budynku zaliczonego do jednej z kategorii ZL

| Budynek | ZL I | ZL II | ZL III | ZL IV | ZL V |
|---------------------|------|-------|--------|-------|------|
| Niski (N) | „B” | „B” | „C” | „D” | „C” |
| Średnio wysoki (SW) | „B” | „B” | „B” | „C” | „B” |
| Wysoki (W) | „B” | „B” | „B” | „B” | „B” |
| Wysokościowy (WW) | „A” | „A” | „A” | „B” | „A” |

Dopuszcza się obniżenie wymaganej klasy odporności pożarowej w niektórych budynkach niskich (N) do poziomu określonego w poniższej tabeli.

Tablica 4.15. Dopuszczalne klasy odporności pożarowej w budynkach niskich (N)

| Liczba kondygnacji nadziemnych | ZL I | ZL II | ZL III |
|--------------------------------|------|-------|--------|
| 1 | „D” | „D” | „D” |
| 2* | „C” | „C” | „D” |

*) Gdy poziom stropu nad pierwszą kondygnacją jest na wysokości nie większej niż 9 m.

Tablica 4.16. Wymagane klasy odporności ogniowej elementów budynku odpowiednio do jego klasy odporności pożarowej

| Klasa odporności pożarowej budynku | Klasa odporności ogniowej elementów budynku | | |
|------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------|
| | Główna konstrukcja nośna | Ściana zewnętrzna ^{1) 2)} | Ściana wewnętrzna ¹⁾ |
| „A” | R 240 | EI 120 | EI 60 |
| „B” | R 120 | EI 60 | EI 30 ³⁾ |
| „C” | R 60 | EI 30 | EI 15 ³⁾ |
| „D” | R 30 | EI 30 | (-) |
| „E” | (-) | (-) | (-) |

¹⁾ Jeżeli przegroda jest częścią głównej konstrukcji nośnej, powinna spełniać także kryteria nośności ogniowej (R) odpowiednio do wymagań zawartych w kolumnie 2 i 3 dla danej klasy odporności pożarowej budynku.

²⁾ Klasa odporności ogniowej dotyczy pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem.

³⁾ Dla ścian komór zsypu wymaga się EI 60, a dla drzwi komór zsypu – EI 30.

Tablica 4.17 Wymagana klasa odporności ogniowej elementów oddzielenia przeciwpożarowego

| Klasa odporności pożarowej budynku | Klasy odporności ogniowej elementów oddzielenia przeciwpożarowego | |
|------------------------------------|---|--------------|
| | Ścian i stropów z wyjątkiem stropów w ZL | Stropów w ZL |
| „A” | REI 240 | REI 120 |
| „B” i „C” | REI 120 | REI 60 |
| „D” i „E” | REI 60 | REI 30 |

Warto zwrócić uwagę, że z bloków silikatowych drążonych mogą być wykonywane ściany działowe o grubości 120 mm spełniające funkcję oddzielenia przeciwpożarowego w budynkach klasy B, C i D odporności pożarowej.

5. Zasady wymiarowania ścian wykonanych z elementów murowych silikatowych

5.1. Zasady ogólne

Ściany wykonane z cegieł i bloków silikatowych powinny być wymiarowane zgodnie z PN-B-03002: 1999 „Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie”. Do obliczeń należy przyjmować wytrzymałości elementów i muru podane w rozdziale 4.

Wg PN-B-03002:1999 częściowe współczynniki bezpieczeństwa zostały zróżnicowane w zależności od kategorii produkcji elementów murowych (I lub II) oraz kategorii wykonania robót (A lub B).

Wyroby silikatowe mogą być zaliczane do I kategorii produkcji elementów murowych i kategorii A wykonania robót. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa muru γ_m wg PN podano w tablicy 5.1.

Tablica 5.1. Wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa dla muru – γ_m

| Kategoria produkcji elementów murowych | Kategoria wykonania robót | |
|--|---------------------------|-----|
| | A | B |
| I | 1,7 | 2,2 |
| II | 2,2 | 2,5 |

Jeżeli duża dokładność obliczeń nie jest wymagana dla murów z elementów silikatowych przyjmuje się wartość cechy sprężystości muru pod obciążeniem długotrwałym:

$$\alpha_{c,z} = 700$$

oraz następujące wartości wytrzymałości obliczeniowych muru:

- na ściskanie: $f_d = f_k / \gamma_m$
- na rozciąganie przy zginaniu w przekroju równoległym do spoin wspornych: $f_{xd1} = f_{xk1} / \gamma_m$
- na rozciąganie przy zginaniu w przekroju prostopadłym do spoin wspornych: $f_{xd2} = f_{xk2} / \gamma_m$
- na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych: $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m$
- na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych: $f_{vvd} = f_{vvk} / \gamma_m$

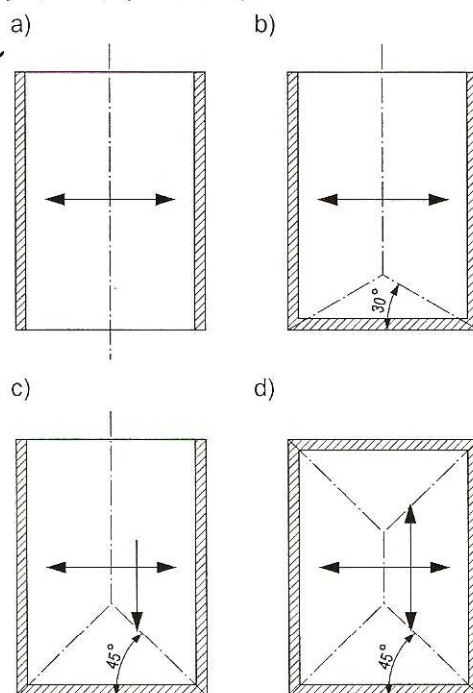
5.2. Ściany obciążone głównie pionowo

Obciążenie pionowe ścian stanowi przede wszystkim:

- ciężar własny;
- obciążenie pionowe od stropów (w tym również od dachów, schodów i balkonów) i ścian opartych na rozpatrywanej ścianie.

Poza obciążeniem pionowym występować może również oddziaływanie bezpośrednie na ścianę obciążenie poziome, prostopadłe do płaszczyzny ściany (np. obciążenie wiatrem, parcie gruntu).

Obciążenie pionowe od stropów wyznacza się zgodnie z zasadami podanymi na rys. 5.1. Kiedy strop przylega do nieoddylatowanej ściany samonośnej, do obciążenia pionowego tej ściany należy doliczyć obciążenie z trójkąta stropu, jak na rys. 5.1.b lub zastępczo – obciążenie z pasma stropu o szerokości równej 0,3 rozpiętości stropu.



Rys. 5.1. Rozdział obciążenia ze stropu na ściany konstrukcyjne: a) strop zbrojony jednokierunkowo, b) strop zbrojony jednokierunkowo przylegający do ściany samonośnej, c) strop zbrojony dwukierunkowo, oparty na trzech ścianach nośnych, d) strop zbrojony dwukierunkowo, oparty na czterech ścianach nośnych. Strzałkami oznaczono kierunek rozpięcia zbrojenia stropu

Stan graniczny nośności ścian obciążonych głównie pionowo sprawdzać należy z warunku:

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

gdzie:

N_{Sd} – obliczeniowe obciążenie pionowe ściany;

N_{Rd} – nośność obliczeniowa ściany.

Sprawdzenia nośności należy wykonać w przekrojach pod i nad stropem oraz w środkowej strefie ściany – z uwzględnieniem geometrii ścian, mimośrodowego działania obciążenia pionowego i właściwości materiałowych muru.

Przy wymiarowaniu ścian można posługiwać się dwoma modelami obliczeniowymi: modelem ciągłym, w którym ściana stanowi pręt pionowy ramy połączonej z prętami poziomymi, obrazującymi stropy lub modelem przegubowym, w którym ściana stanowi wydzielony pręt podparty przegubowo w poziomie stropów.

Modelem ciągłym można posługiwać się gdy:

- stropy żelbetowe lub sprężone są oparte na ścianie za pośrednictwem wieńca żelbetowego o szerokości równej grubości ściany lub nie mniejszej niż grubość stropu;
- średnie naprężenie obliczeniowe ściany $\sigma_{cd} \geq 0,25$ MPa;
- mimośród działania obciążenia pionowego w przekroju ściany pod stropem $e_i \leq 0,4$ grubości ściany (t).

Kiedy powyższe warunki nie są spełnione należy posługiwać się modelem przegubowym.

Nośność obliczeniową ściany wyznacza się:

- w przekroju pod stropem górnej kondygnacji $N_{1R,d}$ oraz w przekroju nad stropem dolnej kondygnacji – $N_{2R,d}$ ze wzoru:

$$N_{iR,d} = \Phi_i A f_d$$

gdzie:

$i = 1$ dla przekroju pod stropem oraz $i = 2$ dla przekroju nad stropem;

Φ_i – współczynnik redukcyjny, zależny od wielkości mimośrodu e_i , na którym w rozpatrywanym przekroju działa obliczeniowa siła pionowa $N_{d,i}$ oraz od wielkości mimośrodu e_a ;

A – pole przekroju poprzecznego ściany;

f_d – wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie.

- w środkowej strefie ściany ze wzoru:

$$N_{mR,d} = \Phi_m A f_d$$

gdzie:

Φ_m – współczynnik redukcyjny wyrażający wpływ efektów drugiego rzędu na nośność ściany, zależny od wielkości mimośrodu początkowego $e_0 = e_m$, smukłość ściany h_{eff}/t , zależności $\sigma(\varepsilon)$ muru i czasu działania obciążenia.

Wartość współczynnika Φ_i w przypadku murów z elementów grupy 1 i 2 oblicza się ze wzoru:

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$$

e_i – mimośród działania obciążenia pionowego.

Współczynnik Φ_m należy przyjąć z Tablicy 16 PN-B-03002:1999 lub obliczyć wg wzoru:

$$\Phi_m = \left(1 - 2 \frac{e_m}{t}\right) \cdot e^{-\frac{u^2}{2}}$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_m}{t}}$$

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t} \sqrt{\frac{1}{\alpha_{C,\infty}}}$$

e – podstawa logarytmu naturalnego;

t – grubość ściany;

e_m – mimośród zastępczy;

h_{eff} – wysokość efektywna ściany;

$\alpha_{C,\infty}$ – cecha sprężystości muru pod obciążeniem długotrwałym.

Wysokość efektywna h_{eff} uwzględnia warunki połączenia ściany ze stropem, a także usztywnienie ściany ścianami usytuowanymi do niej prostopadle i wyznaczana jest ze wzoru:

$$h_{eff} = \rho_h \rho_n h$$

gdzie:

h – wysokość ściany w świetle;

ρ_h – odpowiednio do przestrzennego usztywnienia budynku, jak podano w tablicy 5.2;

ρ_n – odpowiednio do usztywnienia ściany wzdłuż dwóch, trzech lub czterech krawędzi. W przypadku ścian podpartych u góry i u dołu do obliczeń należy przyjmować $\rho_n = \rho_2 = 1,00$.

Tablica 5.2. Wartości współczynnika ρ_h wg PN-B-03002

| Rodzaj konstrukcji z uwagi na usztywnienie przestrzenne | Rodzaj stropów | |
|--|---------------------------------|------|
| | z betonu z wieńcami żelbetowymi | inne |
| Konstrukcja usztywniona przestrzennie w sposób eliminujący przesuw poziomy | 1,00 | 1,25 |
| Konstrukcja bez ścian usztywniających, przy czym liczba ścian prostopadłych do kierunku działania obciążenia poziomego, przejmujących to obciążenie wynosi | 3 i więcej | 1,50 |
| | 2 | 2,00 |
| Ściany wolno stojące | 2,00 | |

Przy założeniu innych warunków podparcia należy stosować się do wytycznych podanych w PN-B-03002:1999.

Zaleca się, aby smukłość ścian konstrukcyjnych była nie większa niż 25: $h_{eff}/t \leq 25$

5.2.1. Model ciągły

Przy postępowaniu się modelem ciągłym Φ_i wyznacza się odpowiednio do wartości mimośrodów e_i działania obciążenia pionowego, którą obliczać można ze wzoru:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{i,d}} + \frac{M_{wd}}{N_{i,d}} + e_a \geq 0,05t$$

gdzie:

M_{id} – obliczeniowy moment zginający w przekroju ściany pod stropem (M_{1d}) lub nad stropem (M_{2d}), wynikły z obciążenia ściany stropem;

$N_{i,d}$ – obliczeniowa siła pionowa w rozpatrywanym przekroju;

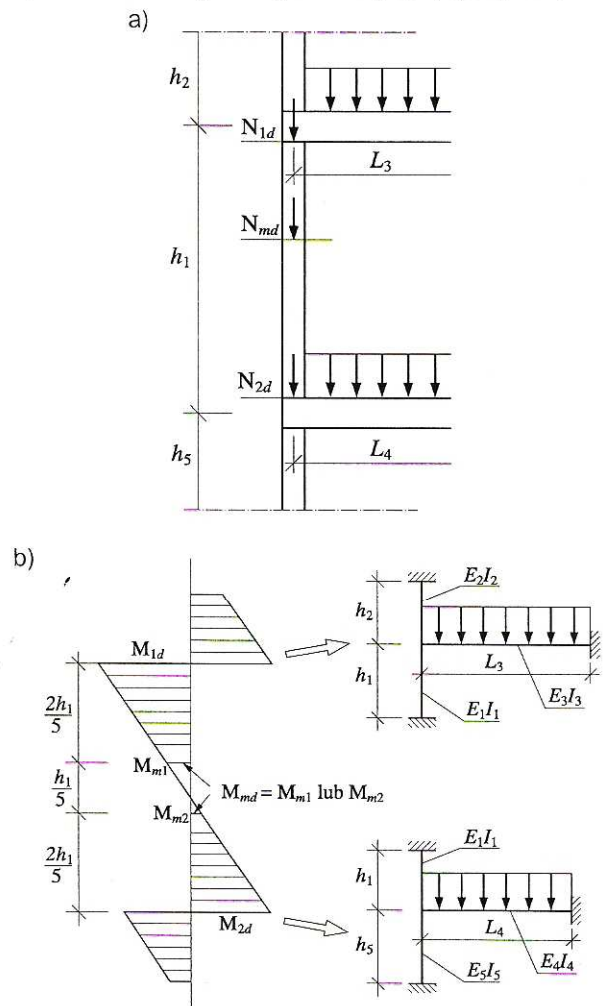
M_{wd} – obliczeniowy moment zginający wywołany obliczeniowym obciążeniem poziomym oddziaływającym bezpośrednio na ścianę;

e_a – mimośród przypadkowy = $h/300$ (h – wysokość ściany w świetle wyrażona w mm), lecz nie mniej niż 10 mm.

Wartość momentu M_{id} wyznaczać można dla każdego z węzłów ramy oddzielnie, przyjmując w uproszczeniu, że schodzące się w węźle ściany i strop są niezarysowane i zachowują się liniowo sprężysto. Odkształcenia plastyczne zachodzące w węźle ściana-strop można uwzględniać, redukując wartości momentu zginającego w przekroju ściany nad i pod stropem, odpowiednio do wyników badania zachowania się węzła ramy pod obciążeniem obliczeniowym stro-

pu i obciążeniem ściany nie mniejszym niż 0,6 jej nośności obliczeniowej.

Jeżeli duża dokładność obliczeń nie jest potrzebna, a szerokość wieńca za pośrednictwem którego strop opiera się na ścianie jest nie mniejsza niż grubość ściany lub wysokość przekroju stropu – obowiązuje wartość mniejsza – do obliczeń przyjęć można moment zginający w przekroju nad i pod stropem równy 0,85 wartości uzyskanej z analizy sprężystej ramy.



Rys. 5.2. Model ciągły – wyznaczanie wartości momentów M_{1d} i M_{2d} a) zewnętrzna ściana nośna; b) momenty wywołane mimośrodowym obciążeniem ściany stropami i uproszczone modele obliczeniowe do wyznaczania wartości M_{id}

Jeżeli obciążenie obliczeniowe stropu jest równomiernie rozłożone i wynosi q_d , moment M_{1d} w przekroju ściany pod stropem wyznaczać można:

■ dla ściany obciążonej jednostronnie

$$M_{1d} = \frac{\frac{E_1 I_1}{h_1}}{\frac{E_1 I_1}{h_1} + \frac{E_2 I_2}{h_2} + \frac{E_3 I_3}{L_3}} \cdot 0,85 M_{o3}$$

- dla ściany obciążonej dwustronnie

$$M_{1d} = \frac{\frac{E_1 I_1}{h_1}}{\frac{E_1 I_1}{h_1} + \frac{E_2 I_2}{h_2} + \frac{E_3 I_3}{L_3} + \frac{E_4 I_4}{L_4}} \cdot 0,85(M_{o3} - M_{o4})$$

W przypadku, kiedy obciążenie stropu o rozpiętości L_3 jest równomiernie rozłożone i wynosi q_d , wyjściowy moment węzowy M_o równa się

- dla przęsła o rozpiętości L_3

$$M_{o3} = \frac{q_{3d} L_3^2}{12}$$

- dla przęsła o rozpiętości L_4

$$M_{o4} = \frac{q_{4d} L_4^2}{12}$$

Jeżeli duża dokładność obliczeń nie jest wymagana, moment zginający występujący na podporze stropu $0,85M_{o3}$ można rozdzielić proporcjonalnie do sztywności ścian w rozpatrywanym węźle ramy.

Moment od obciążenia poziomego M_{wd} należy wyznaczać jak dla belki ciągłej.

Kiedy oddziaływające bezpośrednio na ścianę obciążenie poziome jest obciążeniem równomiernie rozłożonym w_d , za wartość M_{wd} przyjmować można:

$$M_{wd} = \frac{w_d h_1^2}{16}$$

Wielkość mimośrodów e_m oblicza się w takim przypadku ze wzoru:

$$e_m = \frac{M_{md} + M_{wd}}{N_{md}} + e_a \geq 0,05t$$

gdzie:

- M_{md} – największy moment obliczeniowy w środkowej 1/5 wysokości ściany, zależny od wartości M_{1d} i M_{2d} , jak zaznaczono na rysunku 5.2 b;
- M_{wd} – moment zginający w połowie wysokości ściany od obciążenia poziomego;
- N_{md} – obliczeniowa siła pionowa w połowie wysokości ściany.

5.2.2. Model przegubowy

Przy założeniu modelu przegubowego pracy ściany do wyznaczenia zastępczego mimośrodu początkowego e_m należy postąpić się poniższymi schematami obciążeń:

a) na najwyższej kondygnacji:

- w przekroju pod stropem siła z dachu N_{1d} działa w stosunku do nominalnej osi ściany na mimośrodku e_a , a obciążenie od stropu $N_{sl,d}$ – na mimośrodku $0,4t + e_a$

- w przekroju nad stropem dolnej kondygnacji siła N_{2d} , stanowiąca sumę N_{1d} , $N_{sl,d}$ i ciężaru ściany, działa na mimośrodku e_a

$$M_{1d} = N_{1d} \cdot e_a + N_{sl,d} \cdot (0,4t + e_a)$$

$$M_{2d} = N_{2d} \cdot e_a$$

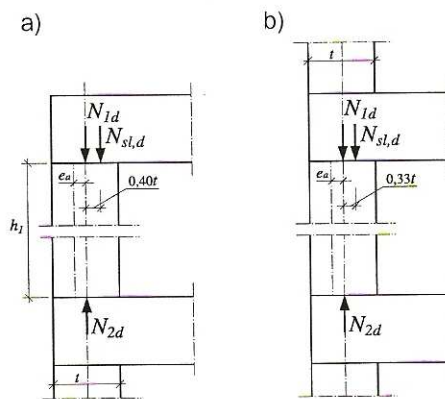
b) dla ścian niższych kondygnacji:

- w przekroju pod stropem siła z górnych kondygnacji N_{1d} działa na mimośrodku e_a , a obciążenie od stropu $N_{sl,d}$ – na mimośrodku $0,33t + e_a$

- w przekroju nad stropem dolnej kondygnacji siła N_{2d} , stanowiąca sumę N_{1d} , $N_{sl,d}$ i ciężaru ściany, działa na mimośrodku e_a

$$M_{1d} = N_{1d} \cdot e_a + N_{sl,d} \cdot (0,33t + e_a)$$

$$M_{2d} = N_{2d} \cdot e_a$$



Rys. 5.3. Model przegubowy ściany zewnętrznej: a) ściany najwyższej kondygnacji; b) ściany niższych kondygnacji

Zastępczy mimośród początkowy e_m wyznacza się z poniższego wzoru

$$e_m = \frac{0,6M_{1d} + 0,4M_{2d}}{N_{md}}$$

gdzie:

- N_{md} – obliczeniowa siła pionowa w połowie wysokości ściany

Jeżeli na ścianę oddziałują bezpośrednio obciążenie poziome (np. parcie wiatru, parcie gruntu) wartość e_m należy zwiększyć o mimośród dodatkowy $e_{m,w}$ równy:

$$e_{m,w} = \frac{M_{wd}}{N_{md}}$$

gdzie:

- M_{wd} – obliczeniowy moment zginający w połowie wysokości ściany, obliczony jak dla belki wolno podpartej, w przypadku obciążenia równomiernie rozłożonego w_d

$$M_{wd} = \frac{w_d \cdot h_1^2}{8}$$

Całkowita wartość mimośrodowo zastępczego nie może być mniejsza od 0,05t (t – grubość muru)

$$e_m \geq 0,05t$$

5.3. Ściany obciążone głównie poziomo

Ustalenia dotyczące obliczania nośności ścian obciążonych głównie poziomo dotyczą wyłącznie ścian poddanych obciążeniu wiatrem lub obciążeniu wyjątkowemu. Nośność takiej ściany sprawdza się przyjmując jeden z modeli obliczeniowych:

- belkę, gdy ściana podparta jest tylko wzdłuż dwóch przeciwległych krawędzi;
- płytę, gdy ściana podparta jest wzdłuż trzech lub czterech krawędzi.

Jeżeli konstrukcja ściany na podporze pozwala na przejście odpowiednich momentów zginających, do obliczeń można przyjąć model ciągły ściany wieloprzęsłowej lub jednoprzęsłowej utwierdzonej na podporze.

W przypadku ściany podpartej tylko na dwóch krawędziach (modelem obliczeniowym jest belka) nośność ściany sprawdza się z warunku:

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

gdzie:

$$M_{Rd} = f_{xd1} \cdot W$$

f_{xd1} – wytrzymałość obliczeniowa muru na zginanie;

W – wskaźnik wytrzymałości przekroju;

M_{sd} – obliczeniowy moment zginający w połowie wysokości przekroju.

W przypadku gdy ściana na podporze ma swobodę obrotu przekroju

$$M_{sd} = \frac{1}{8} w_d \cdot L^2$$

gdzie:

w_d – poziome obciążenie obliczeniowe przypadające na jednostkę długości ściany (w przypadku filarów – łącznie z oddziaływaniem przekazywanym z przeszklenia otworów);

L – 1,05 odległości w świetle podpór.

W przypadku gdy ściana na podporze jest ciągła lub utwierdzona

$$M_{sd} = \frac{1}{16} w_d \cdot L^2$$

Gdy za model obliczeniowy przyjmuje się płytę podpartą wzdłuż trzech lub czterech krawędzi należy po-

ślugiwać się procedurą obliczeniową zamieszczoną w Załączniku E PN-B-03002:1999.

5.4. Ściany piwnic

Wyroby silikatowe spełniają wszystkie wymagania norm, jakie stawiane są wyrobom budowlanym stosowanym do wykonywania ścian piwnic i murów fundamentowych.

Norma PN-B-03002 dopuszcza wymiarowanie ścian piwnic wg:

- metody uproszczonej;
- metody dokładnej.

Zgodnie z Załącznikiem D PN-B-03002:1999 stan graniczny nośności ścian piwnic obciążonych poziomym parciem gruntu można sprawdzać w sposób uproszczony, jeżeli:

- a) wysokość w świetle ściany piwnicy $h \leq 2,6$ m, a jej grubość $t \geq 20$ cm;
- b) strop nad ścianą działa jako przepona pozioma i zdolny jest przejąć siły wywołane parciem gruntu;
- c) obciążenie zmienne powierzchni, gruntu (obciążenie naziemem) w strefie mającej wpływ na parcie gruntu na ścianę piwnicy $P_e \leq 5$ kN/m², a obciążenie skupione w odległości od ściany nie większej niż 1500 mm nie przekracza wartości 15 kN;
- d) powierzchnia gruntu nie podnosi się, a głębokość zasypania ściany gruntem nie przekracza wysokości ściany;
- e) nie występuje parcie hydrostatyczne;
- f) nie ma miejsca poślizg wywołany obecnością izolacji przeciwwilgociowej;
- g) pionowe obciążenie obliczeniowe ściany na jednostkę długości N_{sd} , wynikające ze stałego obciążenia ściany w połowie wysokości zasypania gruntem spełnia następujące zależności:

- 1) dla $b_e \geq 2h$

$$\frac{t \cdot f_k}{3\gamma_m} \geq N_{sd} \geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{20 t}$$

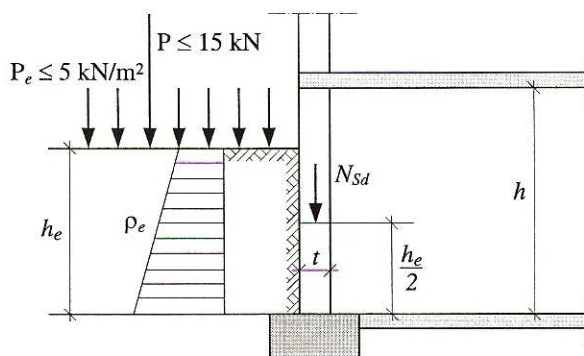
gdzie:

- b_e – odległość między ścianami poprzecznymi lub innymi elementami usztywniającymi;
- h – wysokość w świetle piwnicy;
- h_e – głębokość zasypania ściany gruntem;
- ρ_e – gęstość objętościowa gruntu;
- t – grubość ściany.

2) dla $b_e \leq h$

$$\frac{t \cdot f_k}{3\gamma_m} \geq N_{sd} \geq \frac{\rho_e \cdot h \cdot h_e^2}{40 t}$$

3) dla wartości $h < b_e < 2h$ dopuszcza się interpolację liniową wartości prawej strony nierówności z uzyskanych w powyższych równaniach.



Rys. 5.4. Schemat obliczeniowy ściany piwnicy

Jeżeli ściana piwnicy nie spełnia warunków pozwalających na zastosowanie metody uproszczonej, sprawdzenie nośności ściany piwnicy należy dokonać zgodnie z PN-B-03002:1999 jak dla ściany obciążonej głównie pionowo, z uwzględnieniem obciążenia poziomego od parcia gruntu i ciężaru naziomu zgodnie z PN-88/B-02014 „Obciążenia budowli. Obciążenie gruntem”.

5.5. Ściany usztywniające

Do obliczeń konstrukcji budynków z betonowymi stropami monolitycznymi lub zmonolityzowanymi przyjmować można, że całe obciążenie poziome oddziaływające na budynek rozkłada się na poszczególne ściany usztywniające, proporcjonalnie do ich sztywności na zginanie, z uwzględnieniem obecności otworów w ścianach. Jeżeli ściany usztywniające rozmieszczone są asymetrycznie względem środka ciężkości ich rzutu należy uwzględnić wpływ obrotu ustroju usztywniającego na rozdział obciążenia na poszczególne ściany.

Ściany usztywniające sprawdza się z uwagi na obciążenia pionowe tak jak ściany obciążone głównie pionowo przyjmując za wartość siły N_{sd} wartość:

$$N_{sd} = N_{vd} + N_{hd}$$

gdzie:

N_{vd} – siła pionowa, spowodowana przez obliczeniowe obciążenia pionowe;

N_{hd} – siła pionowa działająca w przekroju ściany, spowodowana przez obliczeniowe obciążenie poziome.

Procedura wymiarowania ścian usztywniających przedstawiona jest w pkt. 5.2 PN-B-03002:1999.

5.6. Przerwy dylatacyjne

Budynek ze ścianami murowymi należy dzielić na mniejsze segmenty stosując przerwy dylatacyjne, przechodzące przez całą konstrukcję od wierzchu fundamentów do dachu. Odległości między przerwami dylatacyjnymi należy wyznaczać na podstawie analizy konstrukcji poddanej różnicy temperatur, a w szczególnych przypadkach również z uwagi na warunki gruntowe. W takim przypadku przerwy dylatacyjne należy prowadzić także przez fundament.

Nie jest konieczne przeprowadzanie analizy konstrukcji z murowych elementów silikatowych, z uwagi na odkształcenia termiczne, jeżeli odległości między przerwami dylatacyjnymi są nie większe niż:

- 25 m dla murów zewnętrznych na zaprawie cementowej;
- 40 m dla murów zewnętrznych na zaprawie cementowo-wapiennej.

Odległości między przerwami dylatacyjnymi dotyczą budynków z oddzielną konstrukcją dachową i ocieplonym stropem nad najwyższą kondygnacją.

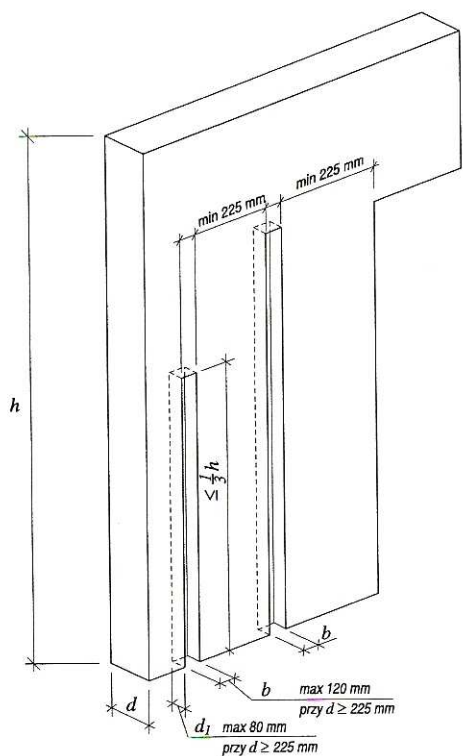
Odległości między przerwami dylatacyjnymi warstwy wewnętrznej ściany warstwowej można przyjmować o 20% większe niż podano powyżej.

Nieocieploną konstrukcję dachu należy oddzielić od ścian konstrukcyjnych budynku w sposób umożliwiający odkształcenia termiczne konstrukcji.

Ściany kolankowe należy dzielić dylatacjami co 20 m.

Przerwy dylatacyjne powinny mieć szerokość nie mniejszą niż 20 mm i być wypełnione kitem trwale plastycznym.

5.7. Wymiary bruzd pionowych, poziomych i ukośnych, które mogą być pomijane w obliczeniach ścian



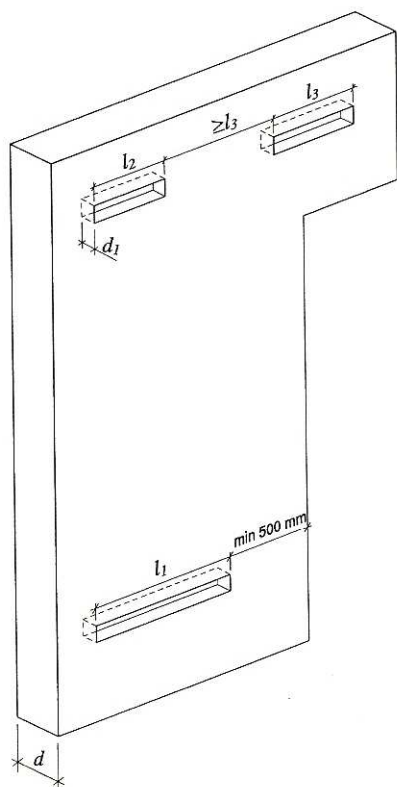
Rys. 5.5. Schemat rozmieszczenia bruzd pionowych

Tablica 5.3. Wymiary bruzd pionowych i wnęk pomijanych przy obliczeniach

| Grubość ściany d [mm] | Bruzdy i wnęki wykonywane w gotowym murze | | Bruzdy i wnęki wykonywane w trakcie wznoszenia muru | |
|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|
| | maksymalna głębokość d_1 [mm] | maksymalna szerokość b [mm] | maksymalna szerokość b [mm] | minimalna grubość ściany w miejscu bruzdy lub wnęki d [mm] |
| ≤ 115 | 30 | 100 | 300 | 70 |
| od 116 do 175 | 30 | 125 | 300 | 90 |
| od 176 do 225 | 30 | 150 | 300 | 140 |
| od 226 do 300 | 30 | 200 | 300 | 215 |
| > 300 | 30 | 200 | 300 | 215 |

Uwagi:

- Pionowe bruzdy, które nie sięgają więcej niżna 1/3 wysokości ściany ponad stropem, mogą mieć głębokość do 80 mm i szerokość do 120 mm, jeżeli grubość ściany wynosi nie mniej niż 225 mm.
- Zaleca się, aby odległość w kierunku poziomym sąsiednich bruzd lub od bruzdy do wnęki lub otworu była nie mniejsza niż 225 mm.
- Zaleca się, aby odległość w kierunku poziomym między sąsiednimi wnękami, jeżeli występują po tej samej stronie ściany lub po obu stronach ściany lub od wnęki do otworu, była nie mniejsza niż dwukrotna szerokość szerszej z dwóch wnęk.
- Zaleca się, aby łączna szerokość pionowych bruzd i wnęk nie przekraczała 0,13 długości ściany.



Rys. 5.6. Schemat rozmieszczenia bruzd poziomych

Tablica 5.4. Wymiary bruzd poziomych i ukośnych pomijanych przy obliczeniach

| Grubość ściany d [mm] | Maksymalna głębokość d_1 [mm] | |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| | długość bez ograniczeń | długość ≤ 1250 |
| ≤ 115 | 0 | 0 |
| od 116 do 175 | 0 | 15 |
| od 176 do 225 | 10 | 20 |
| od 226 do 300 | 15 | 25 |
| > 300 | 20 | 30 |

Uwagi:

- Odległość pozioma między końcem bruzdy a otworem powinna być nie mniejsza niż 500 mm.
- Odległość pozioma między przyległymi bruzdami o ograniczonej długości, niezależnie od tego, czy występują po jednej czy po obu stronach ściany, powinna być nie mniejsza niż dwukrotna długość dłuższej bruzdy.
- W ścianach o grubości większej niż 150 mm, dopuszczalną głębokość bruzdy można zwiększyć o 10 mm, jeżeli bruzdy są wycinane maszynowo na wymaganą głębokość. Jeżeli maszynowo wycina się bruzdy o głębokości do 10 mm, można wycinać je z obu stron pod warunkiem, że grubość ściany nie jest mniejsza niż 225 mm.
- Zaleca się, aby szerokość bruzdy nie przekraczała połowy grubości ścian w miejscu bruzdy.

5.8. Stropy

Ze względu na wysoką wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie ścian nośnych z silikatów, w zależności od grubości ściany, można stosować różne rodzaje stropów. Mur z silikatów charakteryzuje się wysoką wytrzymałością na docisk w związku z czym stropy opiera się bezpośrednio na warstwie muru za pośrednictwem wieńca żelbetowego. Zgodnie z PN-B-03002, zbrojenie podłużne wieńców powinno być zdolne do przeniesienia siły rozciągającej F_1 nie mniejszej niż:

$$F_1 \geq l_i \cdot 15 \text{ kN/m} \geq 90 \text{ kN}$$

gdzie:

l_i – odległość usytuowanych poprzecznie ścian usztywniających, w metrach.

Zbrojenie podłużne wieńców wykonywać należy ze stali klas od A-0 do A-III (PN-B-03264), a potrzebny przekrój zbrojenia wyznacza się dla charakterystycznej granicy plastyczności stali f_{yk} . Zbrojenie powinno być ciągłe lub tak zakotwione, aby w każdym punkcie było zdolne do przeniesienia wymaganej siły F_1 .

Jeżeli ściana stanowi podporę skrajną stropu, w wieńcu żelbetowym kotwi się zbrojenie podporowe stropów żelbetowych i sprężonych.

Na ścianach nośnych o grubości 24 i 25 cm, można opierać wszystkie typy stropów, na ścianach o grubości 18 cm, należy stosować stropy lżejsze o mniejszej wymaganej głębokości oparcia (np. strop Teriva I).

Zakłady zrzeszone w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska zalecają stosowanie następujących stropów:

- stropy gęstożebrowe:
 - Teriva,
 - Ceram;
- prefabrykowane np. płyty strunobetonowe HC firmy Consolis;
- stropy monolityczne.

5.8.1. Strunobetonowe płyty HC firmy Consolis

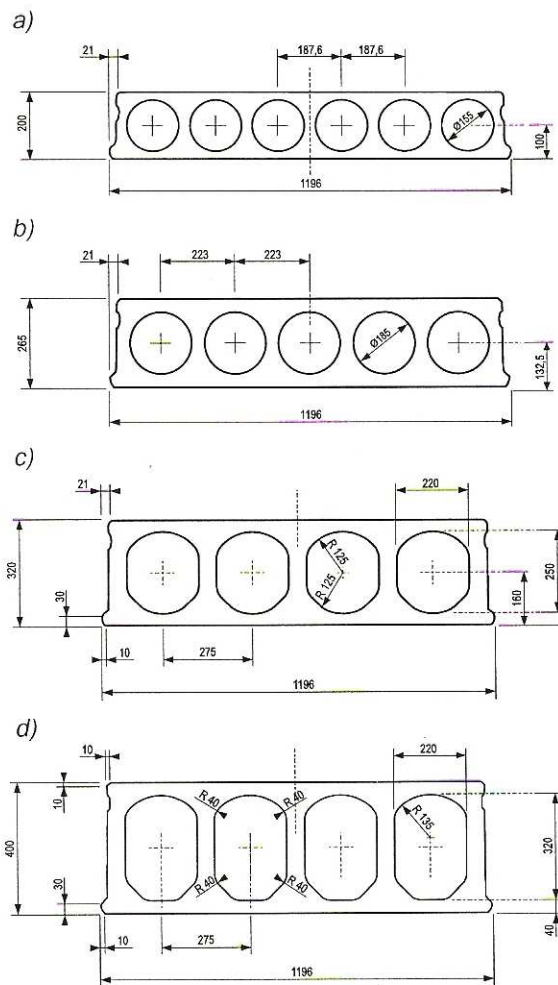
Płyty HC są to strunobetonowe, kanałowe płyty stropowe o stałej wysokości i szerokości, produkowane metodą wibroprasowania w formie ślizgowej na długim torze. Nominalna szerokość płyt wynosi 1200 mm. Krawędzie płyt są profilowane w celu zapewnienia odpowiedniego przenoszenia sił ścinających pomiędzy przyległymi płytami. Płyty są produkowane w czterech wysokościach 200, 265, 320 i 400 mm.

Płyty mogą mieć następujące maksymalne rozpiętości:

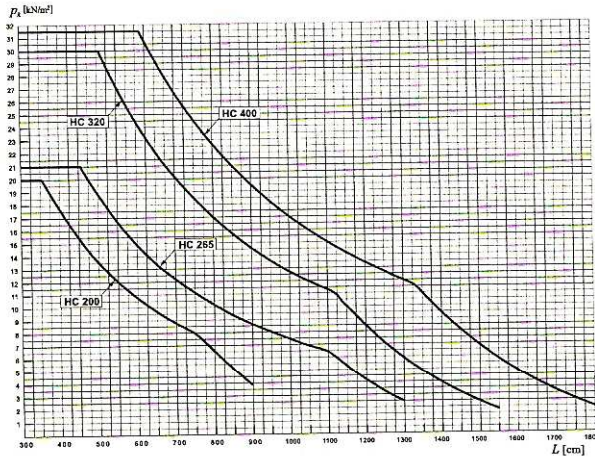
- HC-200 do 9,00 m – całkowite obciążenia charakterystyczne zewnętrzne $20 \div 3,90 \text{ kN/m}^2$.
- HC-265 do 13,0 m – całkowite obciążenia charakterystyczne zewnętrzne od $21 \div 2,38 \text{ kN/m}^2$.
- HC-320 do 15,5 m – całkowite obciążenia charakterystyczne zewnętrzne od $30 \div 1,69 \text{ kN/m}^2$.
- HC-400 do 18,0 m – całkowite obciążenia charakterystyczne zewnętrzne od $31,5 \div 1,92 \text{ kN/m}^2$.

Rozpiętość płyt może być dowolna w podanych wyżej zakresach.

Możliwe jest wykonanie płyt o szerokości mniejszej niż 1200 mm.

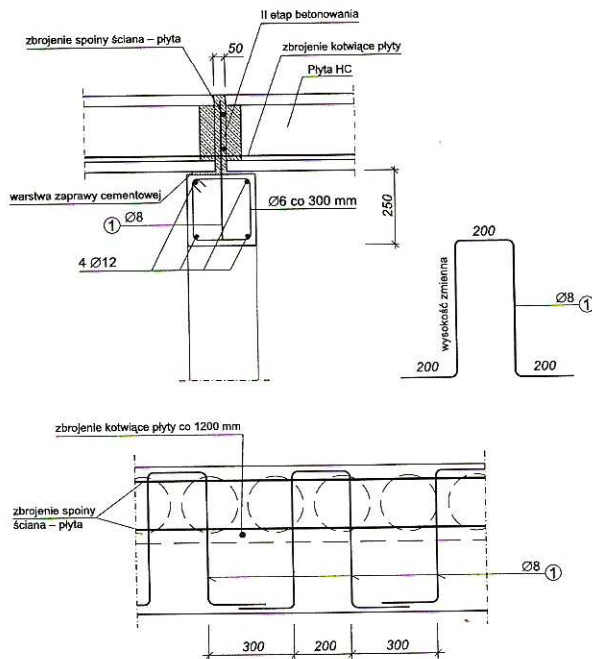


Rys. 5.7. Płyty HC: a) HC-200, b) HC-265, c) HC-320, d) HC-400



Rys. 5.8. Dopuszczalne charakterystyczne obciążenie zewnętrzne płyt HC

W płytach stropowych wykonuje się otwory okrągłe i wycięcia do prowadzenia przejść instalacyjnych i przewodów wentylacyjnych. Otwory można wykonywać na budowie. Podstawową techniką wykonania otworów jest wiercenie. Otwory należy wykonywać ze szczególną starannością, tak aby nie uszkodzić żeber płyty. Wycięcia wykonuje się podczas produkcji płyt HC.

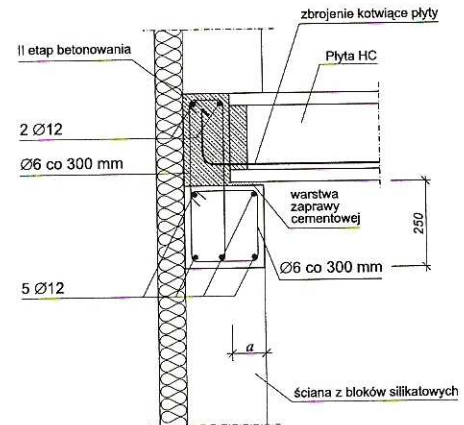


Rys. 5.9. Oparcie płyt HC na ścianie wewnętrznej z bloków siilkatowych

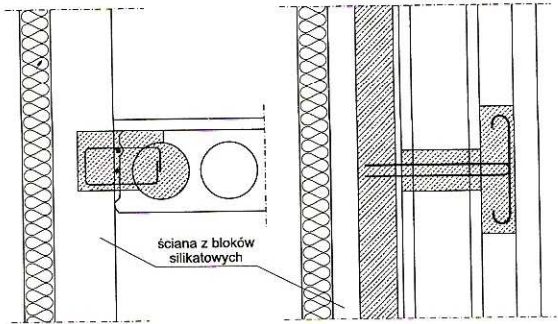
Tablica 5.5. Głębokość oparcia płyt HC

| Rodzaj podpory | Typ płyty | | |
|--------------------|-----------|--------|-----------------|
| | HC-200 | HC-265 | HC-320 i HC-400 |
| Ściany murowane | 120 mm | 120 mm | 150 mm |
| Elementy żelbetowe | 70 mm | 80 mm | 100 mm |
| Belki stalowe | 70 mm | 80 mm | 100 mm |
| Belki typu POK | 40 mm | 40 mm | 80 mm |

a)



b)



Rys. 5.10. Oparcie płyt HC na ścianie zewnętrznej z bloków siilkatowych

6. Przykłady obliczeń nośności ścian z silikatów obciążonych głównie pionowo

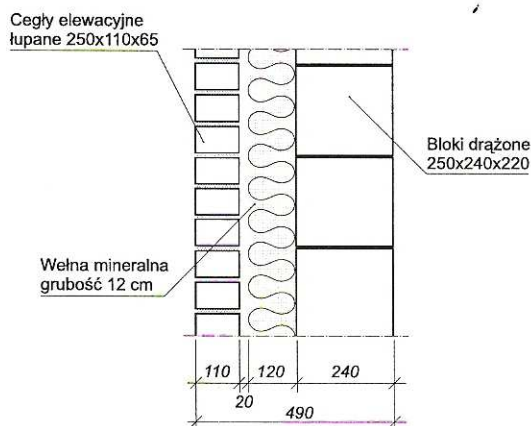
6.1. Obliczenie filara międzyokiennego ściany zewnętrznej nośnej. Przykład I

Przedmiotem obliczeń jest wybrany filar międzyokienny ściany parteru w budynku mieszkalnym, podpiwniczonym, czterokondygnacyjnym, z poddaszem użytkowym (rys. 6.2. i 6.3.). Grubość warstwy konstrukcyjnej filara wynosi 24 cm.

6.1.1. Wymiary budynku

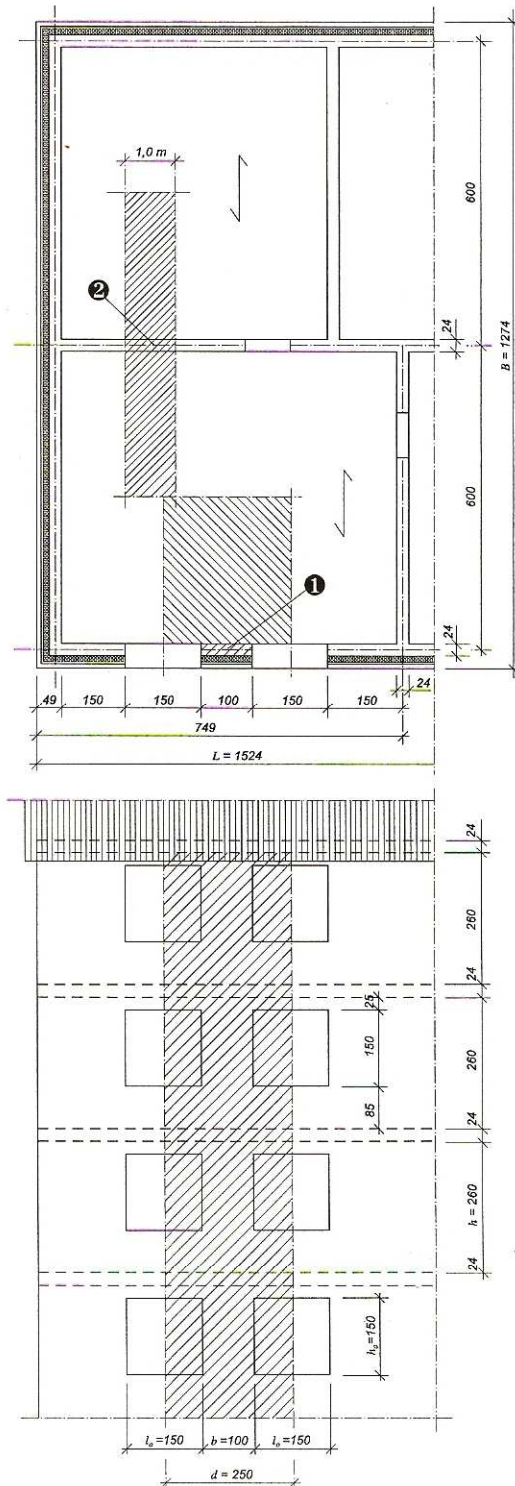
- długość $L = 15,22$ m,
- szerokość $B = 12,74$ m,
- wysokość $H = 15,90$ m,
- wysokość kondygnacji w świetle stropów $h = 2,60$ m.

- Budynek znajduje się w I strefie obciążenia wiatrem i III strefie obciążenia śniegiem.
- Dach budynku – dwuspadowy, o konstrukcji drewnianej, pokryty blachodachówką, ocieplony wełną mineralną o grubości 20 cm. Kąt nachylenia połaci dachowych – 30° .
- Stropy międzykondygnacyjne – płyty kanałowe o grubości 24 cm.
- Ściany zewnętrzne nadziemia – szczelinowe.

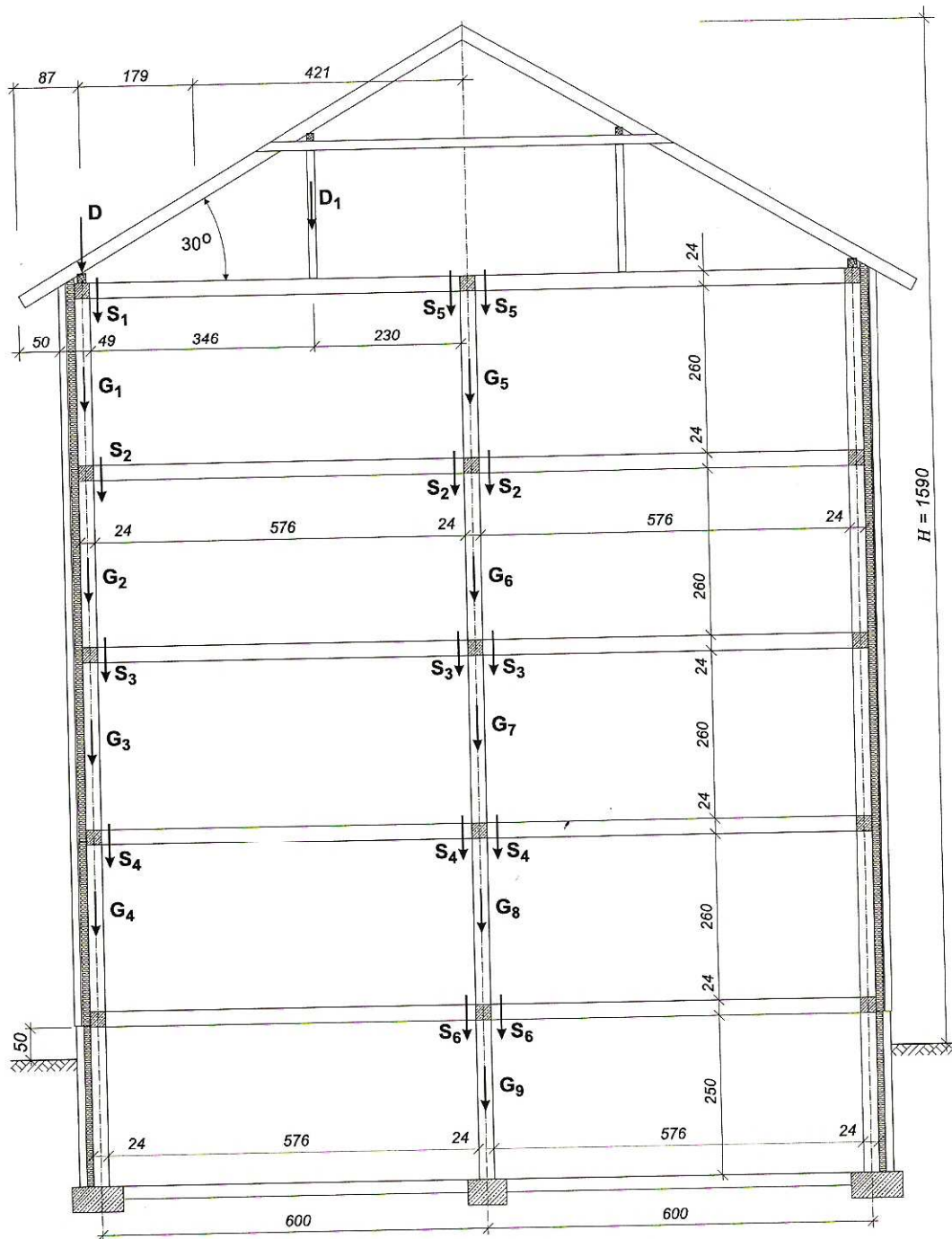


Rys. 6.1. Przekrój ściany zewnętrznej

- Warstwa konstrukcyjna z drażnionych bloków silikatowych typu wpust-wypust, o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa (grupa elementów murowych – 2, kategoria produkcji elementów murowych – I), o grubości 24 cm na zaprawie do spoin cienkich np. Vario-G firmy Tubag o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 16$ MPa. Ocieplenie z wełny mineralnej o grubości 12 cm. Szczelina powietrzna 2 cm. Warstwa osłono-wa z silikatowych cegieł elewacyjnych o grubości 11 cm.
- Przyjęto kategorię A wykonania robót murowych.
- Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 6,4$ MPa (tablica 4.4.).



Rys. 6.2. Fragment rzutu parteru i ściany zewnętrznej. Objaśnienia: ❶ sprawdzany filarek międzyokienny, ❷ sprawdzany odcinek ściany wewnętrznej



Rys. 6.3. Przekrój poprzeczny budynku

6.1.2. Zestawienie obliczeniowych obciążeń jednostkowych

- obciążenie z dachu $2,78 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie ze stropu poddasza $6,75 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie z pozostałych stropów $9,00 \text{ kN/m}^2$
- ciężar ściany zewnętrznej $6,43 \text{ kN/m}^2$
- ciężar ściany zewnętrznej bez warstwy osłonowej $4,25 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie poziome ściany od ssania wiatru $0,18 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie stolarką okienną $0,40 \text{ kN/m}^2$

6.1.3. Nośność filara międzyokiennego ściany zewnętrznej

6.1.3.1. Dane geometryczne

- szerokość filara $b = 1,00 \text{ m}$
- wysokość kondygnacji w świetle stropów $h = 2,60 \text{ m}$
- wysokość kondygnacji w osiach stropów $h_1 = 2,84 \text{ m}$
- szerokość otworów okiennych $b_o = 1,50 \text{ m}$
- wysokość otworów okiennych $h_o = 1,50 \text{ m}$

6.1.3.2. Zestawienie obciążeń filara

– szerokość pasma obciążenia przekazującego się na filar (rys. 6.3.)

$$d = 0,5 \times 1,50 + 1,00 + 0,5 \times 1,50 = 2,50 \text{ m}$$

– obciążenie z dachu bezpośrednio na ścianę (rys. 6.3.)

$$A_{obc} = 2,50 (0,87 + 1,79) = 6,65 \text{ m}^2$$

$$D = 2,78 \times 6,65 = 18,49 \text{ kN}$$

– pośrednio przez słupy więźby na strop (słupy co 4,0 m, przyjęto w rozpatrywanym paśmie 1 słup)

$$A_{obc} = 4,00 \times 4,21 = 16,84 \text{ m}^2$$

$$D_1 = 2,78 \times 16,84 = 46,82 \text{ kN}$$

● obciążenie ze stropów

– pod poddaszem

$$S_1 = 6,75 \times 3,00 \times 2,50 + 46,82 \times 2,42 / (2,42 + 3,58)$$

$$S_1 = 69,51 \text{ kN}$$

– pozostałe stropy

$$S_2 = S_3 = S_4 = 9,00 \times 3,00 \times 2,50 = 67,50 \text{ kN}$$

● ciężar ściany

– powierzchnia obciążenia murem na wysokości jednej kondygnacji

$$A_{obc} = 2,50 \times 2,84 - 0,5 \times (1,50 + 1,50) \times 1,50 = 4,85 \text{ m}^2$$

– powierzchnia obciążenia stolarką okienną na wysokości jednej kondygnacji

$$A_{obc} = 1,50 \times 0,5 \times (1,50 + 1,50) = 2,25 \text{ m}^2$$

– siły skupione od ciężaru ścian (rys. 6.3.)

$$G_1 = G_2 = G_3 = 6,43 \times 4,85 + 0,40 \times 2,25 = 32,08 \text{ kN}$$

$$G_4 = 4,25 \times 4,85 + 0,40 \times 2,25 = 21,51 \text{ kN}$$

■ Łączne obciążenie z górnych kondygnacji przypadające na filar na poziomie stropu nad parterem (rys. 6.4.)

$$N_{1,d} = D + S_1 + S_2 + S_3 + G_1 + G_2 + G_3 =$$

$$N_{1,d} = 18,49 + 69,51 + 67,50 + 67,50 + 32,86 + 32,86 + 32,08$$

$$N_{1,d} = 319,24 \text{ kN}$$

■ Obciążenie ze stropu nad parterem

$$N_{s1,d} = S_4 = 67,50 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite w połowie wysokości ściany parteru

$$N_{md} = N_{1,d} + N_{s1,d} + 0,5 \times G_4 = 319,24 + 67,50 + 0,5 \times 21,51$$

$$N_{md} = 397,50 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite na dole rozpatrywanej kondygnacji

$$N_{2,d} = N_{1,d} + N_{s1,d} + G_4 = 319,24 + 67,50 + 21,51 = 408,25 \text{ kN}$$

■ Obciążenie równomiernie rozłożone od ssania wiatru:

$$w_d = 0,18 \times 2,50 = 0,45 \text{ kN/m}$$

■ Mimośród przypadkowy

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$e_a = h/300 = 2600/300 = 8,7 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

przyjęto $e_a = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$

■ Smukłość filara międzyokiennego

$$h_{eff} = \rho_h \cdot \rho_n \cdot h$$

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$\rho_h = 1,0$$

$$\rho_n = 1,0$$

$$h_{eff} = 2,60 \times 1,0 \times 1,0 = 2,60 \text{ m}$$

$$t = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda = h_{eff}/t = 2,60/0,24 = 10,8$$

■ Wytrzymałość obliczeniowa muru

– kategoria wykonania robót – A

– kategoria produkcji elementów murowych – I

– częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $\gamma_m = 1,7$

– mur z bloczków drażonych typu wpust-wypust 250x240x220 mm,

o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15 \text{ MPa}$ (grupa elementów murowych – 2) na zaprawie do spoin cienkich ($f_m = 16 \text{ MPa}$), o wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie $f_k = 6,4 \text{ MPa}$ (tablica 4.4.)

$$A = 0,24 \times 1,00 = 0,24 \text{ m}^2 < 0,30 \text{ m}^2$$

$$\eta_A = 1,15$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \cdot \eta_A} = \frac{6,4}{1,7 \cdot 1,15} = 3,27 \text{ MPa}$$

■ Momenty zginające w przekroju ściany:

– 1-1 (pod stropem)

$$M_{1,d} = N_{1,d} e_a + N_{s1,d} (0,33t + e_a)$$

$$M_{1,d} = 319,24 \times 0,01 + 67,50 \times (0,33 \times 0,24 + 0,01)$$

$$M_{1,d} = 9,21 \text{ kNm}$$

– 2-2 (nad stropem)

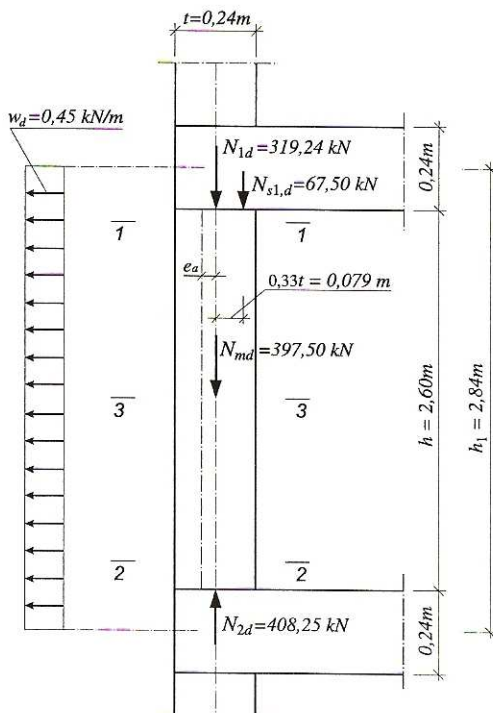
$$M_{2,d} = N_{2,d} e_a = 408,25 \times 0,01 = 4,08 \text{ kNm}$$

– 3-3 (w części środkowej) – od obciążenia wiatrem

$$M_{wd} = w_d h_1^2 / 8 = 0,45 \times 2,84^2 / 8 = 0,45 \text{ kNm}$$

■ Nośność w części środkowej (przekrój 3-3)

$$e_{m,w} = \frac{M_{wd}}{N_{md}} = \frac{0,45}{397,50} = 0,001 \text{ m}$$



Rys. 6.4. Schemat ściany parteru

$$e_m = \frac{0,6M_{1d} + 0,4M_{2d}}{N_{md}} + e_{m,w}$$

$$e_m = \frac{0,6 \times 9,21 + 0,4 \times 4,08}{397,50} + 0,001 = 0,019 \text{ m}$$

$$e_m/t = 0,019/0,24 = 0,079$$

dla $\alpha_{c,cs} = 700$ $\Phi_m = 0,73$

$$N_{mR,d} = \Phi_m \times A \times f_d = 0,73 \times 0,24 \times 3,27 \times 10^3 = 572,90 \text{ kN}$$

$$N_{md} < N_{mR,d}$$

$$397,50 \text{ kN} < 572,90 \text{ kN}$$

Warunek spełniony – nośność filara w części środkowej jest wystarczająca.

■ Nośność filara pod stropem (przekrój 1-1)

$$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1d} + N_{s1,d}} = \frac{9,21}{319,24 + 67,50} = 0,024 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 e_1/t = 1 - 2 \times 0,024/0,24 = 0,80$$

$$\Phi_1 > \Phi_m$$

$$0,80 > 0,73$$

Warunek spełniony – o nośności filara decyduje przekrój środkowy.

6.2. Obliczenie wewnętrznej ściany nośnej. Przykład I

Ściana wykonana jest z drążonych bloków silikatowych typu wpust-wypust, o wytrzymałości $f_{B,P,N} = 15 \text{ MPa}$ (grupa elementów murowych – 2, kategoria produkcji elementów – I) o grubości 24 cm, na zaprawie do spoin cienkich, o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 16,0 \text{ MPa}$.

Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 5,90 \text{ MPa}$ (tablica 4.4.). Grubość ściany nośnej wynosi 24 cm (rys. 6.3.).

Przyjęto kategorię A wykonania robót murowych.

6.2.1. Zestawienie obliczeniowych obciążeń jednostkowych

- obciążenie z dachu 2,78 kN/m²
- obciążenie ze stropu poddasza 6,75 kN/m²
- obciążenie ze stropu 9,00 kN/m²
- ciężar ściany o grubości 0,24 m 4,57 kN/m²

6.2.2. Nośność ściany wewnętrznej w piwnicy o szerokości 1,0 m obciążonej stropami

6.2.2.1. Dane geometryczne

- szerokość ściany $b = 1,0 \text{ m}$
- grubość ściany $t = 0,24 \text{ m}$
- wysokość ściany w świetle $h = 2,50 \text{ m}$

6.2.2.2. Zestawienie obciążeń ściany (rys. 6.3.)

- obciążenie z dachu
 - $D_1 = 46,82 \text{ kN}$ (patrz pkt 6.1.3.2.)
- obciążenie ze stropów
 - pod poddaszem
 - $S_5 = 6,75 \times 3,00 \times 1,00 + 46,82 \times 3,58 / (2,42 + 3,58) = 48,18 \text{ kN}$
 - pozostałe stropy
 - $S_2 = S_3 = S_4 = S_6 = 9,00 \times 3,0 \times 1,00 = 27,00 \text{ kN}$

– ciężar ściany

$$G_5 = G_6 = G_7 = G_8 = 4,57 \times 2,84 \times 1,00 = 12,99 \text{ kN}$$

$$G_9 = 4,57 \times 2,74 \times 1,00 = 12,52 \text{ kN}$$

■ Łączne obciążenie z górnych kondygnacji przypadające na górną część pasma ściany w piwnicy o szerokości 1,0 m (rys. 6.5.)

$$N_{1d} = 2S_5 + 2S_2 + 2S_3 + 2S_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8$$

$$N_{1d} = 2 \times 48,18 + 2 \times 27,00 + 2 \times 27,00 + 2 \times 27,00 + 12,99 + 12,99 + 12,99 + 12,99 = 310,32 \text{ kN}$$

■ Obciążenie ze stropów parteru nad piwnicą

$$N_{s1,p,d} = N_{s1,l,d} = S_6 = 27,00 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite w połowie wysokości ściany piwnicy

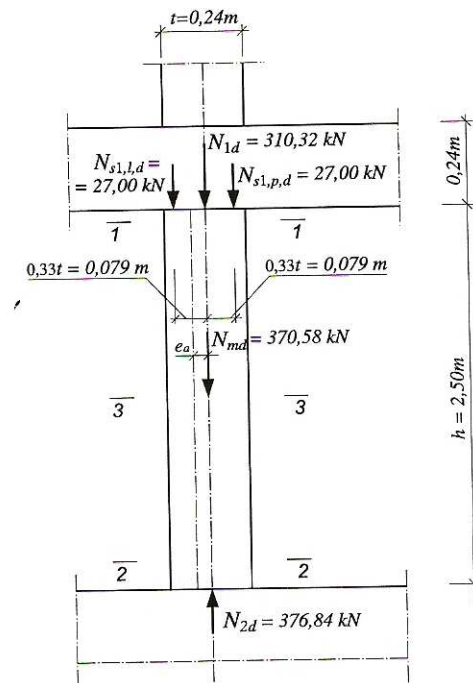
$$N_{md} = N_{1d} + N_{s1,p,d} + N_{s1,l,d} + 0,5G_9$$

$$N_{md} = 310,32 + 27,00 + 27,00 + 0,5 \times 12,52 = 370,58 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite na dole rozpatrywanej ściany piwnicy

$$N_{2d} = N_{1d} + N_{s1,p,d} + N_{s1,l,d} + G_9$$

$$N_{2d} = 310,32 + 27,00 + 27,00 + 12,52 = 376,84 \text{ kN}$$



Rys. 6.5. Przekrój wewnętrznej ściany nośnej w piwnicy

■ Mimośród przypadkowy

$$h = 2,50 \text{ m}$$

$$e_a = h/300 = 2500/300 = 8,33 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } e_a = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

■ Smukłość ściany

$$h_{eff} = \rho_h \cdot \rho_n \cdot h$$

$$h = 2,50 \text{ m}$$

$$\rho_h = 1,0$$

$$\rho_n = 1,0$$

$$h_{eff} = 2,50 \times 1,0 \times 1,0 = 2,50 \text{ m}$$

$$t = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda = h_{eff}/t = 2,50/0,24 = 10,42$$

- Wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie
 - kategoria wykonania robót – A
 - kategoria produkcji elementów murowych – I
 - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $\gamma_m = 1,7$
 - mur z bloków drążonych typu wpust-wypust 250x240x220 mm, o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa (grupa elementów murowych – 2, kategoria produkcji elementów – I) na zaprawie do spoin cienkich ($f_m = 16$ MPa), o wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie $f_k = 6,4$ MPa (tablica 4.4.).

$$A = 0,24 \times 1,00 = 0,24 \text{ m}^2 < 0,30 \text{ m}^2$$

$$\eta_A = 1,15$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \cdot \eta_A} = \frac{6,4}{1,7 \cdot 1,15} = 3,27 \text{ MPa}$$

- Momenty zginające w przekroju ściany

- 1-1 (pod stropem)

$$M_{1d} = N_{1d} \cdot e_a + N_{s1,p,d}(0,33t + e_a) - N_{s1,l,d}(0,33t - e_a)$$

$$M_{1d} = 310,32 \times 0,01 + 27,00 \times (0,33 \times 0,24 + 0,01) - 27,00 \times (0,33 \times 0,24 - 0,01) = 3,64 \text{ kNm}$$

- 2-2 (w części dolnej)

$$M_{2d} = N_{2d} \cdot e_a = 376,84 \times 0,01 = 3,77 \text{ kNm}$$

- Nośność ściany w części środkowej (przekrój 3-3)

$$e_m = \frac{0,6M_{1d} + 0,4M_{2d}}{N_{md}}$$

$$e_m = \frac{0,6 \times 3,64 + 0,4 \times 3,77}{370,58} = 0,010 \text{ m}$$

$$e_m/t = 0,010/0,24 = 0,042 \text{ przyjęto } e_m/t = 0,05$$

$$h_{eff}/t = 10,42$$

$$\text{dla } \alpha_{c,\infty} = 700 \quad \Phi_m = 0,80$$

$$N_{mR,d} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 0,80 \times 0,24 \times 3,27 \times 10^3 = 627,84 \text{ kN}$$

$$N_{md} < N_{mR,d}$$

$$370,58 \text{ kN} < 627,84 \text{ kN}$$

Warunek spełniony – nośność ściany piwnicy w części środkowej jest wystarczająca.

- Nośność ściany w przekroju pod stropem (1-1)

$$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1d} + N_{s1,l,d} + N_{s1,p,d}} = \frac{3,64}{310,32 + 27,00 + 27,00} = 0,010 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 e_1/t = 1 - 2 \times 0,010/0,24 = 0,91$$

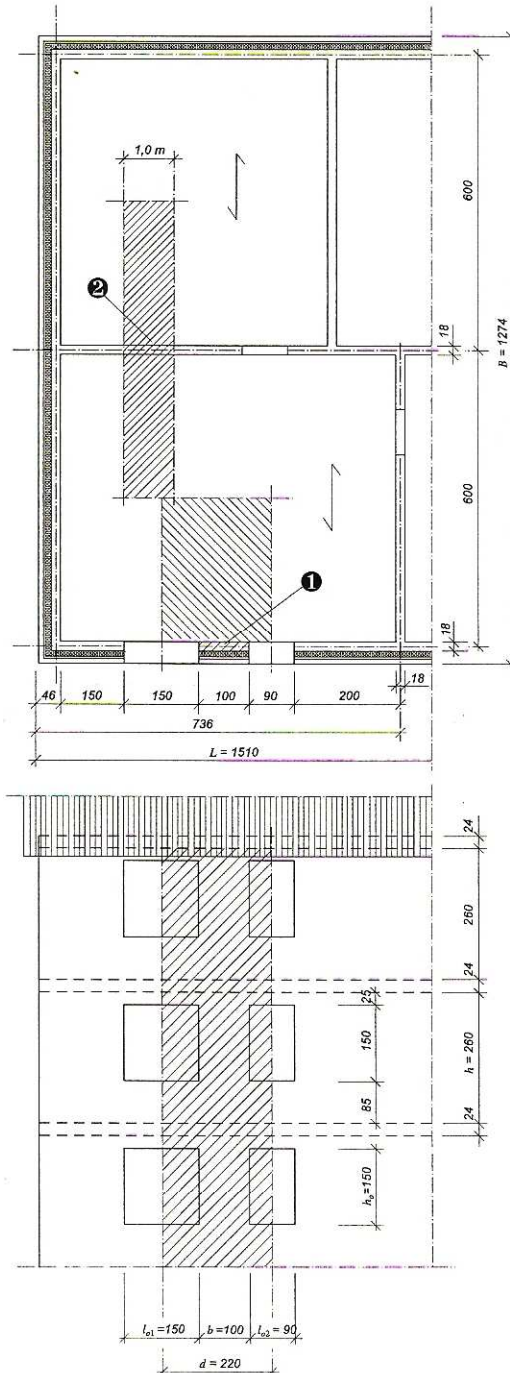
$$\Phi_1 > \Phi_m$$

$$0,91 > 0,80$$

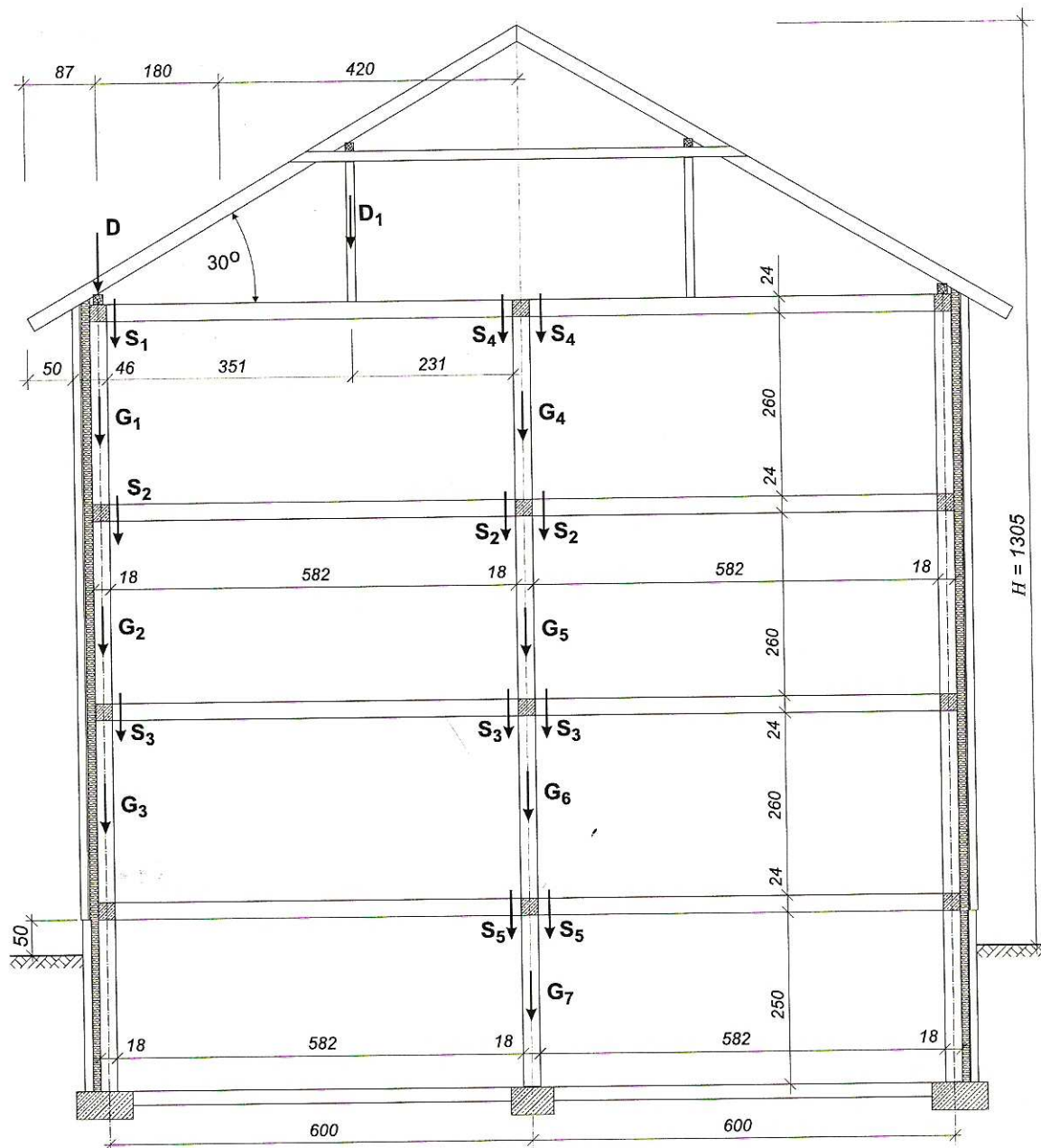
Warunek spełniony – o nośności ściany wewnętrznej w piwnicy decyduje przekrój środkowy.

6.3. Obliczenie filara międzyokiennego ściany zewnętrznej nośnej. Przykład II

Przedmiotem obliczeń jest wybrany filarek międzyokienny ściany parteru w budynku mieszkalnym, podpiwniczonym, trzykondygnacyjnym, z poddaszem użytkowym (rys. 6.6. i 6.7.). Grubość warstwy konstrukcyjnej filara wynosi 18 cm.



Rys. 6.6. Fragment rzutu parteru i ściany zewnętrznej. Objaśnienia: ❶ sprawdzany filarek międzyokienny, ❷ sprawdzany odcinek ściany zewnętrznej



Rys. 6.7. Przekrój poprzeczny budynku

6.3.1. Wymiary budynku

- długość $L = 15,10$ m,
- szerokość $B = 12,74$ m,
- wysokość $H = 13,05$ m,
- wysokość kondygnacji w świetle stropów $h = 2,60$ m.

■ Budynek znajduje się w I strefie obciążenia wiatrem i III strefie obciążenia śniegiem.

■ Dach budynku – dwuspadowy, o konstrukcji drewnianej, pokryty blachodachówką, ocieplony wełną mineralną o grubości 20 cm. Kąt nachylenia połaci dachowych – 30°.

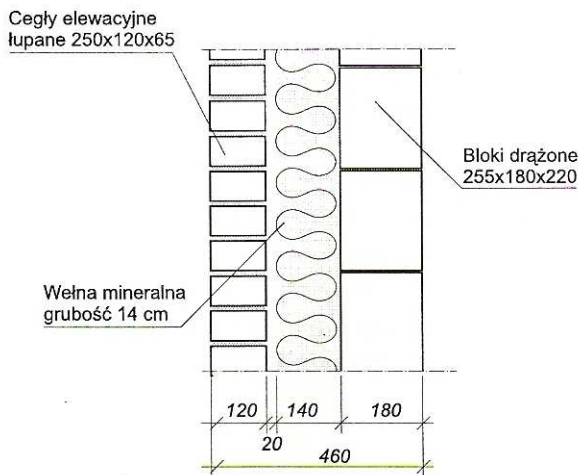
■ Stropy międzykondygnacyjne – Teriva I o grubości 24 cm.

■ Ściany zewnętrzne nadziemia – szczelinowe.

■ Warstwa konstrukcyjna z drążonych bloków silikatowych typu wpust-wypust, o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15$ MPa (grupa elementów murowych – 1, kategoria produkcji elementów murowych – I) o grubości 18 cm na zaprawie do spoin cienkich o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 16$ MPa. Ocieplenie z wełny mineralnej o grubości 14 cm. Szczelina powietrzna 2 cm. Warstwa osłonowa z silikatowych cegieł elewacyjnych o grubości 12 cm.

■ Przyjęto kategorię A wykonania robót murowych.

■ Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 7,4$ MPa (tablica 4.4.).



Rys. 6.8. Przekrój ściany zewnętrznej

6.3.2. Zestawienie obliczeniowych obciążeń jednostkowych

- obciążenie z dachu $2,78 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie ze stropu poddasza $5,39 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie z pozostałych stropów $7,64 \text{ kN/m}^2$
- ciężar ściany zewnętrznej $5,69 \text{ kN/m}^2$
- ciężar ściany zewnętrznej bez warstwy osłonowej $3,31 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie poziome ściany od ssania wiatru $0,18 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie stolarką okienną $0,40 \text{ kN/m}^2$

6.3.3. Nośność filara międzyokiennego ściany zewnętrznej.

6.3.3.1. Dane geometryczne

- szerokość filara $b = 1,00 \text{ m}$
- wysokość kondygnacji w świetle stropów $h = 2,60 \text{ m}$
- wysokość kondygnacji w osiach stropów $h_1 = 2,84 \text{ m}$
- szerokość otworów okiennych $b_{o1} = 1,50 \text{ m}$, $b_{o2} = 0,90 \text{ m}$
- wysokość otworów okiennych $h_o = 1,50 \text{ m}$

6.3.3.2. Zestawienie obciążeń filara

- szerokość pasma obciążenia przekazującego się na filar (rys. 6.7.)

$$d = 0,5 \times 1,50 + 1,00 + 0,5 \times 0,90 = 2,20 \text{ m}$$

- obciążenie z dachu bezpośrednio na ścianę (rys. 6.7.)

$$A_{obc} = 2,20 (0,87 + 1,80) = 5,87 \text{ m}^2$$

$$D = 2,78 \times 5,87 = 16,32 \text{ kN}$$

- pośrednio przez słupy więźby na strop (słupy co $4,0 \text{ m}$, przyjęto w rozpatrywanym paśmie 1 słup)

$$A_{obc} = 4,00 \times 4,20 = 16,80 \text{ m}^2$$

$$D_1 = 2,78 \times 16,80 = 46,70 \text{ kN}$$

- obciążenie ze stropów

- pod poddaszem

$$S_1 = 5,39 \times 3,00 \times 2,20 + 46,70 \times 2,40 / (2,40 + 3,60)$$

$$S_1 = 54,25 \text{ kN}$$

- pozostałe stropy

$$S_2 = S_3 = 7,64 \times 3,00 \times 2,20 = 50,42 \text{ kN}$$

- ciężar ściany

- powierzchnia obciążenia murem na wysokości jednej kondygnacji

$$A_{obc} = 2,20 \times 2,84 - 0,5 \times (1,50 + 0,90) \times 1,50 = 4,49 \text{ m}^2$$

- powierzchnia obciążenia stolarką okienną na wysokości jednej kondygnacji

$$A_{obc} = 1,50 \times 0,5 \times (1,50 + 0,90) = 1,80 \text{ m}^2$$

- siły skupione od ciężaru ścian (rys. 6.7.)

$$G_1 = G_2 = 5,69 \times 4,49 + 0,40 \times 1,80 = 27,48 \text{ kN}$$

$$G_3 = 3,31 \times 4,49 + 0,40 \times 1,80 = 15,58 \text{ kN}$$

- Łączne obciążenie z górnych kondygnacji przypadające na filar na poziomie stropu nad parterem (rys. 6.9.)

$$N_{1d} = D + S_1 + S_2 + G_1 + G_2$$

$$N_{1d} = 16,32 + 54,25 + 50,42 + 27,48 + 27,48$$

$$N_{1d} = 175,95 \text{ kN}$$

- Obciążenie ze stropu nad parterem

$$N_{s1,d} = S_3 = 50,42 \text{ kN}$$

- Obciążenie całkowite w połowie wysokości ściany parteru

$$N_{md} = N_{1d} + N_{s1,d} + 0,5 \times G_3 = 175,95 + 50,42 + 0,5 \times 15,58$$

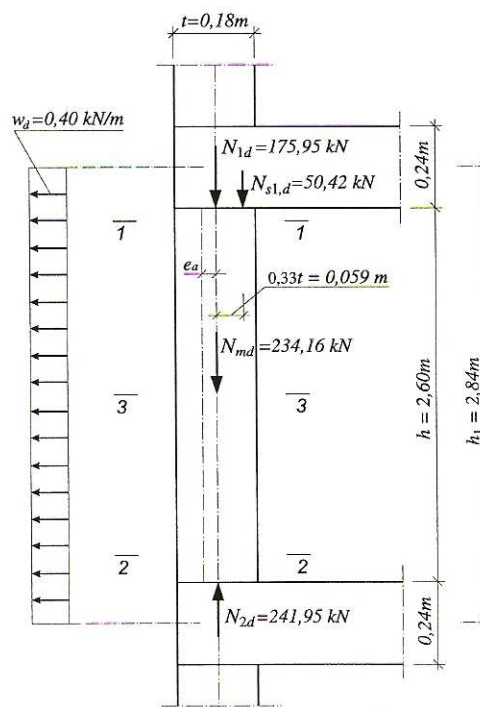
$$N_{md} = 234,16 \text{ kN}$$

- Obciążenie całkowite na dole rozpatrywanej kondygnacji

$$N_{2d} = N_{1d} + N_{s1,d} + G_3 = 175,95 + 50,42 + 15,58 = 241,95 \text{ kN}$$

- Obciążenie równomiernie rozłożone od ssania wiatru:

$$w_d = 0,18 \times 2,20 = 0,40 \text{ kN/m}$$



Rys. 6.9. Schemat ściany parteru

■ Mimośród przypadkowy

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$e_a = h/300 = 2600/300 = 8,7 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

przyjęto $e_a = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$

■ Smukłość filara międzyokiennego

$$h_{eff} = \rho_h \cdot \rho_n \cdot h$$

$$h = 2,60 \text{ m}$$

$$\rho_h = 1,0$$

$$\rho_n = 1,0$$

$$h_{eff} = 2,60 \times 1,0 \times 1,0 = 2,60 \text{ m}$$

$$t = 0,18 \text{ m}$$

$$\lambda = h_{eff}/t = 2,60/0,18 = 14,44$$

■ Wytrzymałość obliczeniowa muru

- kategoria wykonania robót - A
- kategoria produkcji elementów murowych - I
- częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $\gamma_m = 1,7$
- mur z bloków drążonych typu wpust-wypust 255x180x220 mm, o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15 \text{ MPa}$ (grupa elementów murowych - 1) na zaprawie do spoin cienkich ($f_m = 16 \text{ MPa}$), o wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie $f_k = 7,4 \text{ MPa}$ (tablica 4.4.)

$$A = 0,18 \times 1,00 = 0,18 \text{ m}^2 < 0,30 \text{ m}^2$$

$$\eta_A = 1,30$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \cdot \eta_A} = \frac{7,4}{1,7 \cdot 1,30} = 3,35 \text{ MPa}$$

■ Momenty zginające w przekroju ściany:

- 1-1 (pod stropem)

$$M_{1d} = N_{1d} e_a + N_{s1,d} (0,33t + e_a)$$

$$M_{1d} = 175,95 \times 0,01 + 50,42 \times (0,33 \times 0,18 + 0,01)$$

$$M_{1d} = 5,26 \text{ kNm}$$
- 2-2 (nad stropem)

$$M_{2d} = N_{2d} e_a = 241,95 \times 0,01 = 2,42 \text{ kNm}$$
- 3-3 (w części środkowej) - od obciążenia wiatrem

$$M_{wd} = w_d h_1^2/8 = 0,40 \times 2,84^2/8 = 0,40 \text{ kNm}$$

■ Nośność w części środkowej (przekrój 3-3)

$$e_{m,w} = \frac{M_{wd}}{N_{md}} = \frac{0,40}{243,14} = 0,002 \text{ m}$$

$$e_m = \frac{0,6M_{1d} + 0,4M_{2d}}{N_{md}} + e_{m,w}$$

$$e_m = \frac{0,6 \times 5,26 + 0,4 \times 2,42}{234,16} + 0,002 = 0,020 \text{ m}$$

$$e_m/t = 0,020/0,18 = 0,11$$

dla $\alpha_{c,\infty} = 700$ $\Phi_m = 0,56$

$$N_{mR,d} = \Phi_m \times A \times f_d = 0,56 \times 0,18 \times 3,35 \times 10^3 = 337,68 \text{ kN}$$

$$N_{md} < N_{mRd}$$

$$234,16 \text{ kN} < 337,68 \text{ kN}$$

Warunek spełniony - nośność filara w części środkowej jest wystarczająca.

■ Nośność filara pod stropem (przekrój 1-1)

$$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1d} + N_{s1,d}} = \frac{5,26}{175,95 + 50,42} = 0,023 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 e_1/t = 1 - 2 \times 0,023/0,18 = 0,74$$

$$\Phi_1 > \Phi_m$$

$$0,74 > 0,56$$

Warunek spełniony - o nośności filara decyduje przekrój środkowy.

6.4. Obliczenie wewnętrznej ściany nośnej. Przykład II

Ściana wykonana jest z drążonych bloków silikatowych typu wpust-wypust, o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15 \text{ MPa}$ (grupa elementów murowych - 1, kategoria produkcji elementów - I), o grubości 18 cm, na zaprawie do spoin cienkich, o wytrzymałości na ściskanie $f_m = 16,0 \text{ MPa}$.

Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie $f_k = 7,4 \text{ MPa}$ (tablica 4.4.).

Przyjęto kategorię A wykonania robót murowych.

6.4.1. Zestawienie obliczeniowych obciążeń jednostkowych

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| - obciążenie z dachu | 2,78 kN/m ² |
| - obciążenie ze stropu poddasza | 5,39 kN/m ² |
| - obciążenie z pozostałych stropów | 7,64 kN/m ² |
| - ciężar ściany o grubości 0,18 m | 3,61 kN/m ² |

6.4.2. Nośność ściany wewnętrznej w piwnicy o szerokości 1,0 m obciążonej stropami

6.4.2.1. Dane geometryczne

- szerokość ściany $b = 1,0 \text{ m}$
- grubość ściany $t = 0,18 \text{ m}$
- wysokość ściany w świetle $h = 2,50 \text{ m}$

6.4.2.2. Zestawienie obciążeń ściany (rys. 6.7.)

- obciążenie z dachu

$$D_1 = 46,70 \text{ kN}$$
 (patrz pkt 6.3.3.2.)
- obciążenie ze stropów
 - pod poddaszem

$$S_4 = 5,39 \times 3,00 \times 1,00 + 46,70 \times 3,60/(2,40 + 3,60)$$

$$S_4 = 44,19 \text{ kN}$$
 - pozostałe stropy

$$S_2 = S_3 = S_5 = 7,64 \times 3,00 \times 1,00 = 22,92 \text{ kN}$$
- ciężar ściany

$$G_4 = G_5 = G_6 = 3,61 \times 2,84 \times 1,00 = 10,25 \text{ kN}$$

$$G_7 = 3,61 \times 2,74 \times 1,00 = 9,89 \text{ kN}$$

■ Łączne obciążenie z górnych kondygnacji przypadające na górną część pasma ściany w piwnicy o szerokości 1,0 m (rys. 6.10.)

$$N_{1d} = 2S_4 + 2S_2 + 2S_3 + G_4 + G_5 + G_6$$

$$N_{1d} = 2 \times 44,19 + 2 \times 22,92 + 2 \times 22,92 + 10,25 + 10,25 + 10,25$$

$$N_{1d} = 210,81 \text{ kN}$$

■ Obciążenie ze stropów parteru nad piwnicą

$$N_{s1,p,d} = N_{s1,l,d} = S_5 = 22,92 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite w połowie wysokości ściany piwnicy

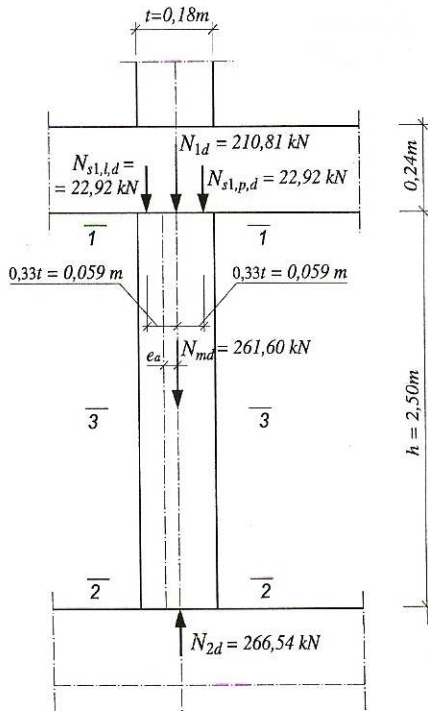
$$N_{md} = N_{1d} + N_{s1,p,d} + N_{s1,l,d} + 0,5G_7$$

$$N_{md} = 210,81 + 22,92 + 22,92 + 0,5 \times 9,89 = 261,60 \text{ kN}$$

■ Obciążenie całkowite na dole rozpatrywanej ściany piwnicy

$$N_{2d} = N_{1d} + N_{s1,p,d} + N_{s1,l,d} + G_7$$

$$N_{2d} = 210,81 + 22,92 + 22,92 + 9,89 = 266,54 \text{ kN}$$



Rys. 6.10. Przekrój wewnętrznej ściany nośnej w piwnicy

■ Mimośród przypadkowy

$$h = 2,50 \text{ m}$$

$$e_a = h/300 = 2500/300 = 8,33 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

przyjęto $e_a = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$

■ Smukłość ściany

$$h_{eff} = \rho_h \cdot \rho_n \cdot h$$

$$h = 2,50 \text{ m}$$

$$\rho_h = 1,0$$

$$\rho_n = 1,0$$

$$h_{eff} = 2,50 \times 1,0 \times 1,0 = 2,50 \text{ m}$$

$$t = 0,18 \text{ m}$$

$$\lambda = h_{eff}/t = 2,50/0,18 = 13,89$$

■ Wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie

– kategoria wykonania robót – A

– kategoria produkcji elementów murowych – I

– częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru $\gamma_m = 1,7$

– mur z bloków drążonych typu wpust-wypust 255x180x220 mm,

o wytrzymałości $f_{B,PN} = 15 \text{ MPa}$ (grupa elementów murowych – 1, kategoria produkcji elementów – I) na zaprawie do spoin cienkich

($f_m = 16 \text{ MPa}$), o wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie $f_k = 7,4 \text{ MPa}$ (tablica 4.4.)

$$A = 0,18 \times 1,00 = 0,18 \text{ m}^2 < 0,30 \text{ m}^2$$

$$\eta_A = 1,30$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \cdot \eta_A} = \frac{7,4}{1,7 \cdot 1,30} = 3,35 \text{ MPa}$$

■ Momenty zginające w przekroju ściany

– 1-1 (pod stropem)

$$M_{1d} = N_{1d} \cdot e_a + N_{s1,p,d}(0,33t + e_a) - N_{s1,l,d}(0,33t - e_a)$$

$$M_{1d} = 210,81 \times 0,01 + 22,92 \times (0,33 \times 0,18 + 0,01) - 22,92 \times (0,33 \times 0,18 - 0,01) = 2,57 \text{ kNm}$$

– 2-2 (w części dolnej)

$$M_{2d} = N_{2d} \cdot e_a = 266,54 \times 0,01 = 2,66 \text{ kNm}$$

■ Nośność ściany w części środkowej (przekrój 3-3)

$$e_m = \frac{0,6M_{1d} + 0,4M_{2d}}{N_{md}}$$

$$e_m = \frac{0,6 \times 2,57 + 0,4 \times 2,66}{261,60} = 0,010 \text{ m}$$

$$e_m/t = 0,010/0,18 = 0,056$$

$$h_{eff}/t = 13,89$$

$$\text{dla } \alpha_{c,\infty} = 700 \quad \Phi_m = 0,70$$

$$N_{mR,d} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 0,70 \times 0,18 \times 3,35 \times 10^3 = 422,10 \text{ kN}$$

$$N_{md} < N_{mR,d}$$

$$261,60 \text{ kN} < 422,10 \text{ kN}$$

Warunek spełniony – nośność ściany piwnicy w części środkowej jest wystarczająca.

■ Nośność ściany w przekroju pod stropem (1-1)

$$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1d} + N_{s1,l,d} + N_{s1,p,d}}$$

$$e_1 = \frac{2,57}{210,81 + 22,92 + 22,92} = 0,010 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 e_1/t = 1 - 2 \times 0,010/0,18 = 0,89$$

$$\Phi_1 > \Phi_m$$

$$0,89 > 0,70$$

Warunek spełniony – o nośności ściany wewnętrznej w piwnicy decyduje przekrój środkowy.

Podsumowanie

Zakłady zrzeszone w Związku Producentów Silikatów – Silikaty Polska produkują szeroki asortyment wyrobów silikatowych – cegły, bloki, kształtki ściennne, pustaki wentylacyjne, kształtki szalunkowe oraz cegły i kształtki elewacyjne.

Silikaty są jednym z bardziej wszechstronnych materiałów budowlanych. Z cegieł i bloków silikatowych mogą być wznoszone różne typy ścian: ściany fundamentowe i ściany piwnic, zewnętrzne i wewnętrzne ściany nośne, ściany działowe, ściany oddzieleni przeciwpożarowych, ściany o wysokiej izolacyjności akustycznej.

Z cegieł i bloków silikatowych możliwe jest wykonywanie obciążonych stropami filarów o stosunkowo niewielkich szerokościach oraz wznoszenie ścian konstrukcyjnych wysokich wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej i przemysłowych o podwyższonych wymaganiach w zakresie odporności ogniowej i izolacyjności akustycznej.

Przeprowadzone w ITB na zlecenie Związku Producentów Silikatów Silikaty Polska badania wytrzymałościowe murów z bloków silikatowych drążonych 500x180x220 i z pełnych cegieł silikatowych 250x120x65 wykazują że wytrzymałość badanych murów jest znacznie wyższa od wytrzymałości określonej według Polskiej Normy murowej PN-B-03002:1999 i jest jednocześnie porównywalna lub wyższa od wytrzymałości określonej zgodnie z normą europejską ENV 1996-1-1:1994.

Połączenie silikatów z nowoczesnymi materiałami termoizolacyjnymi umożliwia wykonywanie ścian o najwyższych wymaganiach, o współczynniku przenikania ciepła U (0,2-0,3 W/m²).

Właściwości silikatów w zakresie odporności ogniowej i izolacyjności akustycznej pozwalają na zastosowanie silikatowych elementów murowych w budynkach o wysokich wymaganiach w tym zakresie.

Cegły i kształtki silikatowe przeznaczone do wykonywania elewacji produkowane są w różnych kolorach i o różnej fakturze. Elewacje z silikatów nie wymagają tynkowania.

Duża dokładność wymiarów murowych elementów silikatowych pozwala na murowanie ścian z zastosowaniem zapraw do spoin cienkich i bezpośrednio malowanie powierzchni ścian co wpływa na obniżenie kosztów budowy.

Silikaty – to klasyczny materiał do nowoczesnych zastosowań.

Piśmiennictwo

- B. Lewicki, R. Jarmontowicz, J. Kubica: Podstawy projektowania niezbrojonych konstrukcji murowych. Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2001.
- B. Lewicki, J. Bielawski, J. Sieczkowski: Budynki murowane. Zasady projektowania z przykładami obliczeń. COBPBO, Warszawa 1993.
- J. Pierzchlewicz, R. Jarmontowicz: Budynki murowane. Materiały i konstrukcje. Arkady, Warszawa 1996.
- B. Szudrowicz, I. Żuchowicz-Wodnikowska, P. Tomczyk: Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów. Instytut Techniki Budowlanej. Seria: instrukcje, wytyczne, poradniki. Nr 369/2002, Warszawa 2002.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw nr 75 z dnia 15 czerwca 2002 r.
- Ceramika budowlana i silikaty. Zeszyty Związku Pracodawców Ceramiki Budowlanej i Silikatów w Warszawie. Wydawca Cerambud Sp. z o.o, Warszawa 2003.
- Klasyfikacja ogniowa ścian o grubości 12 cm z bloków silikatowych drażonych. Instytut Techniki Budowlanej (NP-1099/A99), Warszawa 2000.
- Klasyfikacja ogniowa ścian o grubości 12 cm z bloków silikatowych drażonych. Instytut Techniki Budowlanej (NP-1099/A/99), Warszawa 2000.
- Klasyfikacja ogniowa ścian o grubości 18 cm i 25 cm z bloków silikatowych drażonych. Instytut Techniki Budowlanej (NP-821/A/98), Warszawa 1999.
- Ocena izolacyjności akustycznej właściwej ściany międzymieszkaniowej z bloków silikatowych drażonych o wymiarach 250x250x220 mm. Instytut Techniki Budowlanej Nr pracy: NA-995/P/2003, Warszawa 2003.
- Kalksandstein Information GMBH+CO KG – Planung Konstruktion Ausfuehrung
- Kalsandstein- DIN 1053-1 Mauerwerk Berechnung und Asfuerung
- Kalksandstein – Schallschutz-Nachweis fuer ein Mehrfamilienhaus
- PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- PN-80/B-02010 Obciążenia budowli. Obciążenie śniegiem.
- PN-77/B-02011 Obciążenia budowli. Obciążenie wiatrem.
- PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
- PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe. Poprawki 1 BI 11/87 poz. 101
- PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- PN-90/B-03000. Projekty budowlane. Obliczenia statyczne
- PN-B-12066:1998 Wyroby budowlane silikatowe. Cegły, bloki, elementy.
- PN-B-03002:1999 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- PN-B-03002/Az1:2001 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie. (Zmiana Az1)
- PN-B-03002/Ap1:2001 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie. (poprawka)
- PN-B-03340:1999 Konstrukcje murowe zbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- PN-EN ISO 6946: 1999 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- PN-EN 845-1: 2002 Specyfikacja techniczna wyrobów dodatkowych do wznoszenia murów. Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki.

Adresy

- ▶ **Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe „SILIKATY-BIAŁYSTOK” Sp. z o.o**
ul. Wł. Wysockiego 164
15-167 Białystok
tel./fax (0~85) 675 15 76, 675 16 06
- ▶ **„MEGOLA” Sp. J. Zakład Wapienno-Piaskowy w Hedwizynie k/Biłgoraja**
23-400 Biłgoraj
tel./fax (0~84) 687 18 40; tel (0~84) 686 08 85
- ▶ **Przedsiębiorstwo Ceramiki Budowlanej „JEDLANKA”**
21-440 Jedlanka k/Łukowa
tel. (0~25) 796 19 11, (0~25)798 17 11
- ▶ **Zakłady Wapienno-Piaskowe „SILIKATY” S.A.**
ul. Osada 17a
32-310 Klucze k. Olkusza
tel. (0~32) 64 28 146, 64 28 546
- ▶ **„SILIKATY LEŻAJSK” Sp. z o.o.**
ul. Fabryczna 1
37-300 Leżajsk
tel./fax (0~17) 242 01 37; tel. (0~17) 242 74 58
- ▶ **Zakład Produkcji Silikatów „LUDYNIA” Sp. z o.o.**
Ludynia k/Włoszczowy
29-105 Krasocin
tel. (0~41) 39 170 21, 39 170 82
- ▶ **Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Budowlanych „PPMB NIEMCE” S.A.**
21-025 Niemce k/Lublina
tel. (0~81) 756 14 19, tel./fax (0~81) 756 16 27
- ▶ **„SILIKATY OSROŁĘKA” Sp. z o.o.**
z/s w Grabowie
07-400 Ostrołęka, skr. poczt. nr 40
tel./fax (0~29) 760 29 08; tel. (0~29) 760 29 19
- ▶ **„SILIKATY” Pisz**
ul. Olsztyńska 13
12-200 Pisz
tel./fax (0~87) 423 33 11
- ▶ **Zakład Wapienno-Piaskowy „SILIKATY” S.A. w Teodorach**
98-100 Łask, Teodory
tel./fax (0~43) 675 20 28

SILIKATY POLSKA