



Wytyczne projektowo-
wykonawcze elementów
konstrukcyjnych systemu
Porotherm według norm
PN-EN





Wytyczne projektowo- wykonawcze elementów konstrukcyjnych systemu Porotherm według norm PN-EN

Opracowano na podstawie pracy 01424/17/R105NZK
Autor: dr inż. Jarosław Szulc
Zakład Konstrukcji Budowlanych i Geotechniki

Opracowanie: listopad 2017
Druk: 2018

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
1.1. Przedmiot i zakres wytycznych	5
1.2. Podstawy merytoryczne	5
2. Podstawowe elementy systemu	6
2.1. Asortyment produkcyjny	6
2.2. Podstawowe parametry techniczne	9
3. Zakres zastosowania systemu	10
4. Podstawy projektowania konstrukcji murowych	14
4.1. Metoda stanów granicznych	14
4.2. Oddziaływania i ich kombinacje	14
4.3. Trwałość	15
5. Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych	16
5.1. Ściany murowe	16
5.1.1. Nośność ściany murowej obciążonej głównie pionowo	16
5.1.2. Nośność ściany murowej obciążonej siłą skupioną	19
5.1.3. Nośność ściany murowej poddanej obciążeniom ścinającym	20
5.1.4. nośność ściany murowej obciążonej prostopadle do powierzchni	21
5.2. Stropy belkowo pustakowe	23
5.3. Nadproża	33
6. Wymagania i zalecenia wykonawcze	34
6.1. Wymagania konstrukcyjne	34
6.2. Podstawowe zasady wykonawstwa	38
6.3. Odchyłki wymiarowe	52
6.4. Szczegóły konstrukcyjne	53
7. Warunki techniczne odbioru konstrukcji	58
8. Przykład obliczeniowy	60

1. Wprowadzenie

1.1. Przedmiot i zakres wytycznych

Przedmiotem wytycznych są ceramiczne elementy systemu Porotherm [1] produkcji Wienerberger Ceramika Budowlana Sp. z o.o., w szczególności:

- pustaki ceramiczne Porotherm Dryfix: elementy o szlifowanych powierzchniach wspornych, łączone na sucho poliuretanową zaprawą murarską (nakładaną za pomocą pistoletu) Porotherm Dryfix; w tej grupie występują również pustaki odmiany T będące elementami z dodatkowym wypełnieniem wełną mineralną,
- pustaki ceramiczne Porotherm Profi: elementy szlifowane j. w., łączone na ciekłą spoinę o grubości ok. 1 mm (nakładaną za pomocą wałka), z wykorzystaniem zaprawy do cienkich spoin Porotherm Profi; w tej grupie występują również pustaki odmiany T będące elementami z dodatkowym wypełnieniem wełną mineralną,
- pustaki tradycyjne Porotherm P+W, EKO+ i E3: elementy łączone na spoinę tradycyjną grubości ok. 12 mm, z wykorzystaniem zaprawy cementowo-wapiennej Porotherm M50 lub termoizolacyjnej zaprawy murarskiej na bazie perlitu Porotherm TM; w tej grupie występują również pustaki odmiany AKU będące elementami o podwyższonej izolacyjności akustycznej,
- elementy stropu gęsto żebrowego Porotherm: zbrojone podłużnie i poprzecznie belki betonowo-ceramiczne i wypełniające pustaki ceramiczne,
- belki nadprożowe Porotherm: zbrojone elementy prefabrykowane ceramiczno-betonowe.

Zakres wytycznych obejmuje szereg zagadnień związanych z projektowaniem i wykonawstwem elementów konstrukcyjnych z wykorzystaniem systemowych rozwiązań typu Porotherm, m. in.:

- zestawienie elementów i ich podstawowych właściwości,
- podstawy projektowania konstrukcji murowych,
- zasady wymiarowania murowych elementów konstrukcyjnych (ściany, stropy, nadproża),
- ogólne wymagania i zalecenia konstrukcyjne,
- zasady wykonywania konstrukcji murowych i ich odbioru technicznego,
- przykłady obliczeniowe.

Wszystkie zapisy niniejszych wytycznych spełniają zalecenia i wymagania norm polskich serii PN-EN.

1.2. Podstawy merytoryczne







- [1]. Katalogi techniczne systemu Porotherm, Wienerberger Ceramika Budowlana Sp. z o.o.,
- [2]. PN-EN 1990 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji,
- [3]. PN-EN 1996-1-1 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych.
Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych,
- [4]. PN-EN 1996-2 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych.
Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów,
- [5]. PN-EN 1996-3 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych.
Część 3: Uproszczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych,
- [6]. PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji betonowych.
Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków,
- [7]. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych.
Część A: Roboty ziemne i konstrukcyjne, Zeszyt 3: Konstrukcje murowe. ITB Warszawa 2015,





2. Podstawowe elementy systemu

2.1. Asortyment produkcyjny

W Tabelach 1-3 zestawiono produkowane elementy systemu Porotherm i ich podstawowe dane geometryczne.

Tabela 1. Zestawienie elementów ściennych systemu Porotherm

Produkt	Podstawowe wymiary b x l x h [mm]	Zaprawa
Porotherm T Dryfix 	440 / 248 / 249 380 / 248 / 249 300 / 248 / 249	Pierwsza warstwa: zaprawa cementowo-wapienna Porotherm M50. Pozostałe warstwy: zaprawa Porotherm Dryfix.
Porotherm EKO+Dryfix 	440 / 248 / 249	
Porotherm Dryfix 	440 / 248 / 249 380 / 248 / 249 300 / 248 / 249 250 / 373 / 249 188 / 498 / 249 115 / 498 / 249	
Porotherm T Profi 	440 / 248 / 249 380 / 248 / 249 300 / 248 / 249	Pierwsza warstwa: zaprawa cementowo-wapienna Porotherm M50. Pozostałe warstwy: zaprawa do cienkich spoin Porotherm Profi.
Porotherm EKO+ Profi 	440 / 248 / 249	
Porotherm Profi 	440 / 248 / 249 380 / 248 / 249 300 / 248 / 249 250 / 373 / 249 188 / 498 / 249 115 / 498 / 249	

Produkt	Podstawowe wymiary b x l x h [mm]	Zaprawa
Porotherm EKO+ 	440 / 248 / 238	Termoizolacyjna zaprawa na bazie perlitu Porotherm TM
Porotherm P+W 	440 / 248 / 238 380 / 248 / 238 300 / 248 / 238 250 / 373 / 238 188 / 498 / 238 115 / 498 / 238 80 / 498 / 238	Ściany zewnętrzne z ociepleniem i wewnętrznymi: zaprawa cementowo-wapienna Porotherm M50 Ściany zewnętrzne bez dociepleń: termoizolacyjna zaprawa na bazie perlitu Porotherm TM
Porotherm E3 	300 / 248 / 238 250 / 373 / 238	Wszystkie warstwy: zaprawa cementowo-wapienna Porotherm M50
Porotherm 25/37.5 AKU 	250 / 373 / 238	



Zaprawa cementowo-wapienna
Porotherm M50



Zaprawa do cienkich spoin
Porotherm Profi



Termoizolacyjna zaprawa
na bazie perlitu Porotherm TM



Zaprawa
Porotherm Dryfix

Tabela 2. Zestawienie elementów nadprożowych systemu Porotherm






Produkt	Podstawowe wymiary b x l x h [mm]
Belka nadprożowa: Porotherm 23.8 	1000÷3250 (co 250)/70/238
Belka nadprożowa: Porotherm 11.5 	750÷3000 (co 250)/115/71

Tabela 3. Zestawienie elementów stropowych systemu Porotherm

Produkt	Podstawowe wymiary b x l x h [mm]
Pustak stropowy: Porotherm 62.5 	250 / 525 / 230 250 / 525 / 190 250 / 515 / 80
Pustak stropowy: Porotherm 50 	250 / 400 / 230 250 / 400 / 190 250 / 390 / 80
Belka stropowa Porotherm 	belka niska: 1750÷6250 (co 250) / 160 / 175 belka wysoka: 6250÷8250 (co 250) / 160 / 230

2.2. Podstawowe parametry techniczne

Podstawowe parametry wytrzymałościowe elementów ściennych systemu Porotherm i ścian murowych wykonanych z tych elementów zestawiono w Tab. 4.

Tabela 4. Zestawienie podstawowych parametrów wytrzymałościowych elementów ściennych systemu Porotherm

Produkt	Grupa	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]		Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie f_k [MPa]
		Pustak	Spoina*	
Porotherm T Dryfix	-	7,5	0,09	2,0
Porotherm EKO+Dryfix	3	10,0 7,5	0,10	2,0 1,6
Porotherm Dryfix**	2	15 10	0,10	3,3 2,5
Porotherm T Profi	-	7,5	0,19	2,7
Porotherm EKO+Profi	3	10 7,5	0,30	2,3 1,8
Porotherm Profi**	2	15 10	0,30	3,3 2,5
Porotherm EKO+	3	7,5	0,15	1,6
Porotherm P+W**	2	20 15 10	0,15	5,3; 6,5*** 4,3; 5,3*** 3,2; 4,0***
Porotherm E3	3	15	0,15	3,2; 4,0***
Porotherm 25/37.5 AKU	2	20	0,15	5,3; 6,5***

* przy zastosowaniu zaprawy rekomendowanej w systemie Porotherm – Tab. 1

** mury z elementów grubości 11,5cm i 8,0cm są niekonstrukcyjne

*** zaprawa zwykła M5; M10

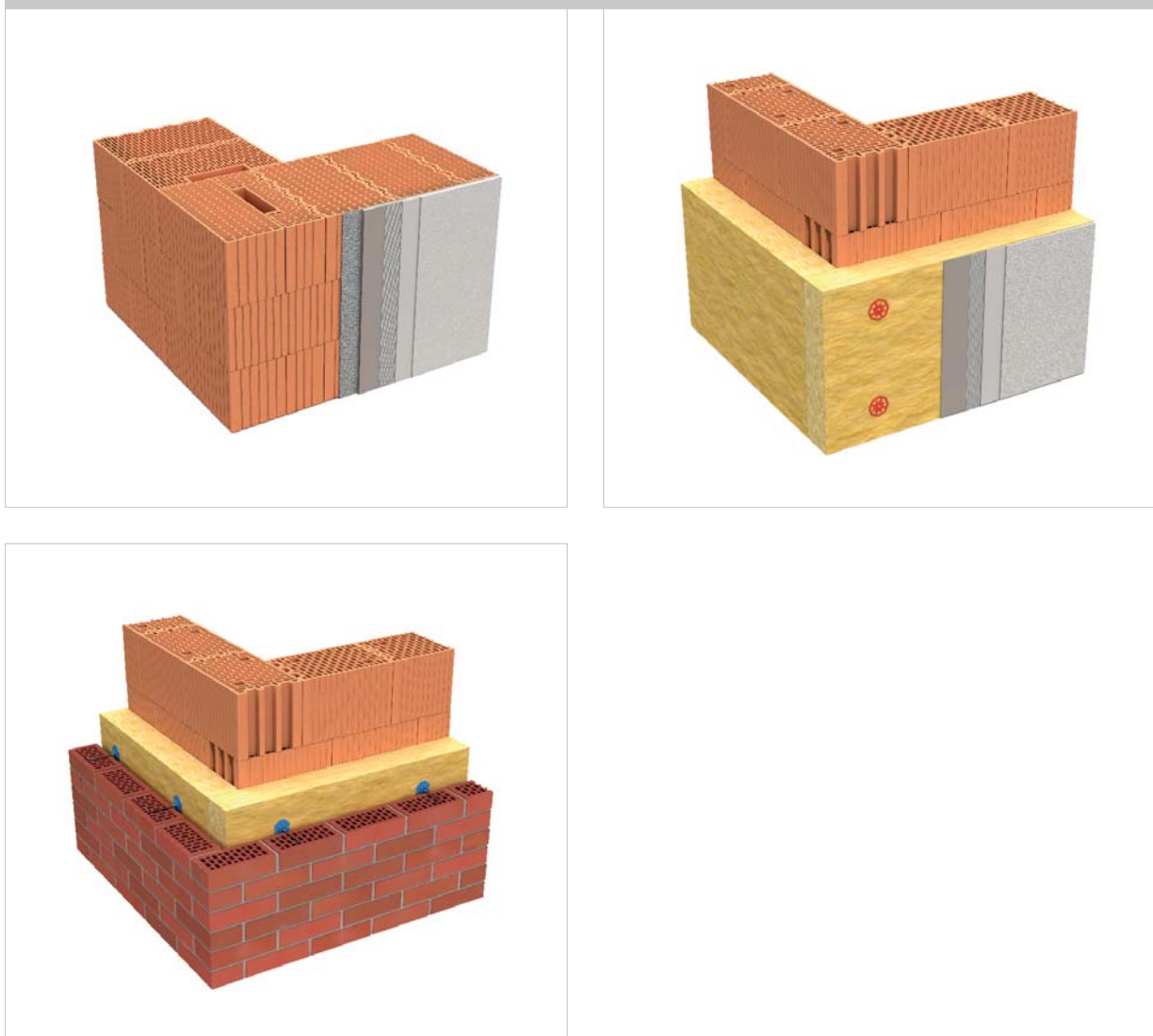
Podstawowe parametry wytrzymałościowe elementów stropowych i nadproży systemu Porotherm zestawiono w tabelach w pkt. 5.2÷5.3.

3. Zakres zastosowania systemu

Ściany murowe z elementów systemowych Porotherm można stosować jako (Rys. 1):

- ściany murowe jednowarstwowe (bez dodatkowego ocieplenia): zewnętrzne i wewnętrzne,
- ściany murowe dwuwarstwowe (jedną z warstw stanowi dodatkowe ocieplenie: styropian lub wodoodporna wełna mineralna): zewnętrzne, zwykle jako wypełniające w budynkach o konstrukcji szkieletowej,
- ściany murowe trójwarstwowe (szczelinowe) ze szczeliną wypełnioną lub szczeliną pustą (wentylacyjną).

Rys. 1. Przykłady zastosowania elementów systemu Porotherm w ścianach murowych



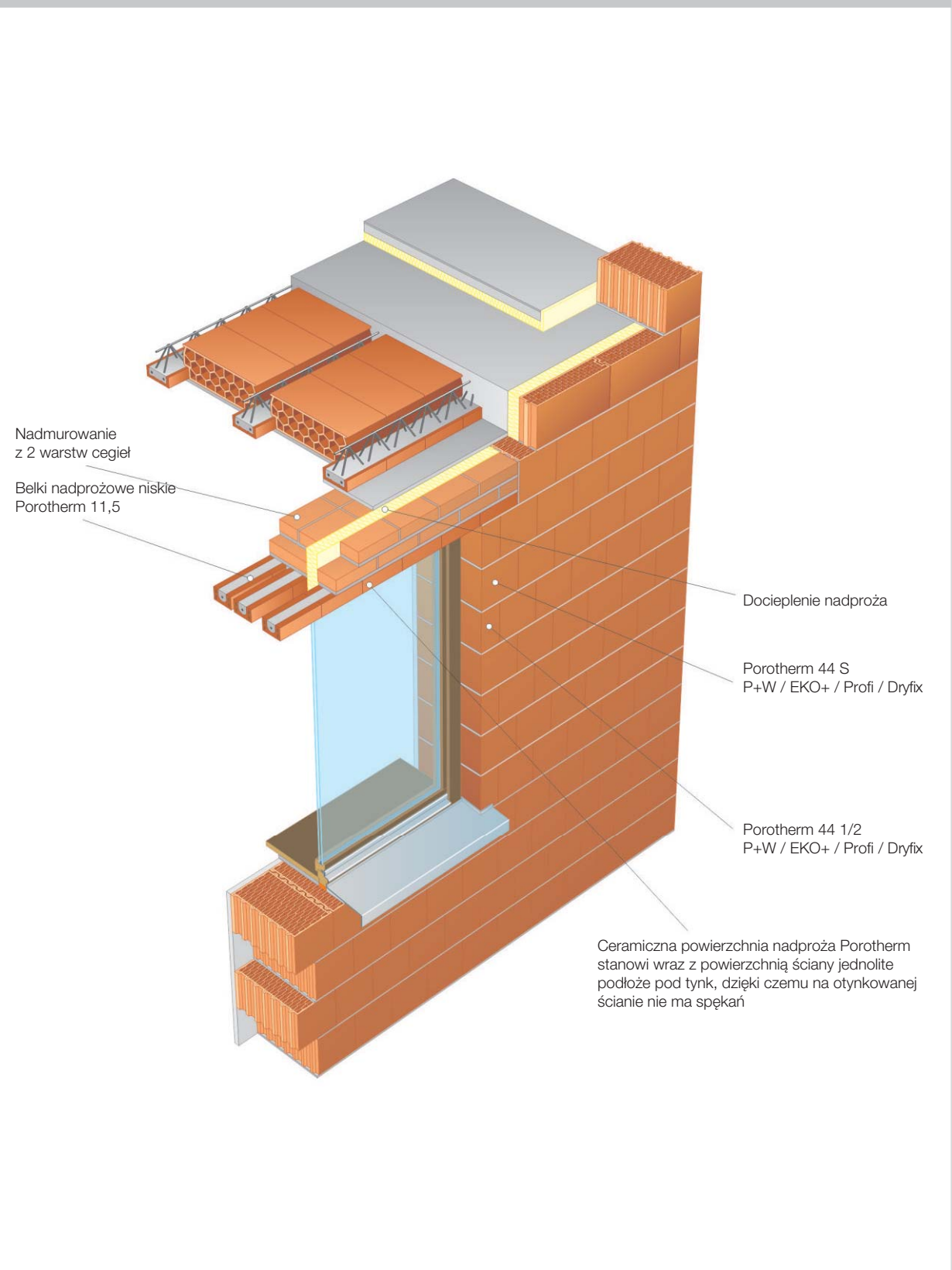
Z uwagi na funkcję konstrukcyjną w budynku ściany murowe z elementów Porotherm stosuje się jako:

- ściany konstrukcyjne: przenoszące dodatkowe oddziaływania (poza ciężarem własnym); stanowiące również podparcia stropu lub dachu,
- ściany niekonstrukcyjne (m. in. działowe i wypełniające),
- ściany usztywniające: przenoszące oddziaływania w płaszczyźnie (łącznie ze ścianami usytuowanymi prostopadle do ściany usztywniającej) i zapewniające ogólną sztywność i spójność konstrukcji.

Nadproża systemowe Porotherm produkowane są w dwóch wariantach:

- Porotherm 11.5: tzw. niskie o przekroju poprzecznym: 115 x 71 mm,
- Porotherm 23.8: tzw. wysokie o przekroju poprzecznym: 70 x 238 mm.

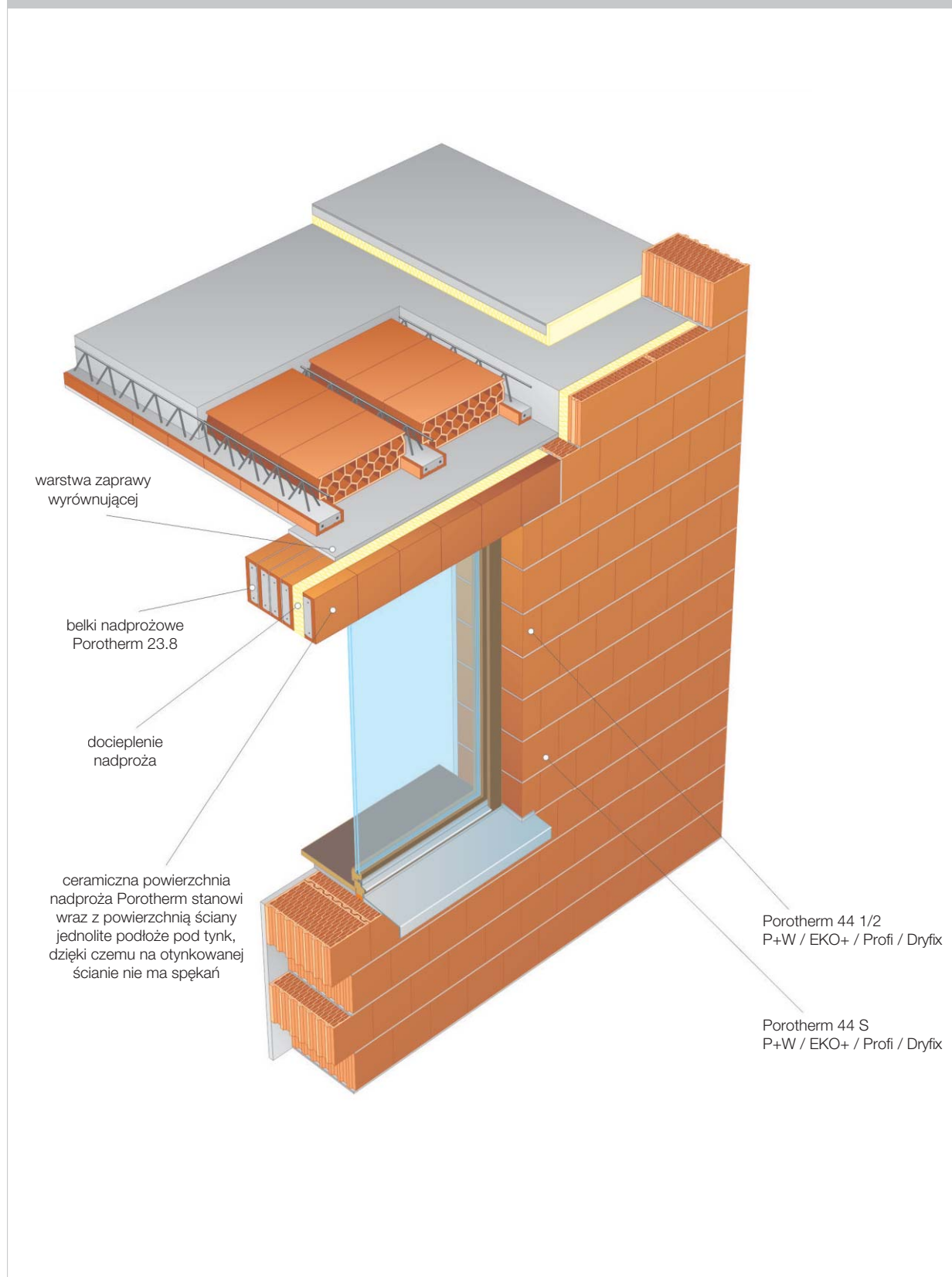
Rys. 2. Przykłady zastosowania belek nadprożowych Porotherm 11.5



Zakres zastosowania systemu

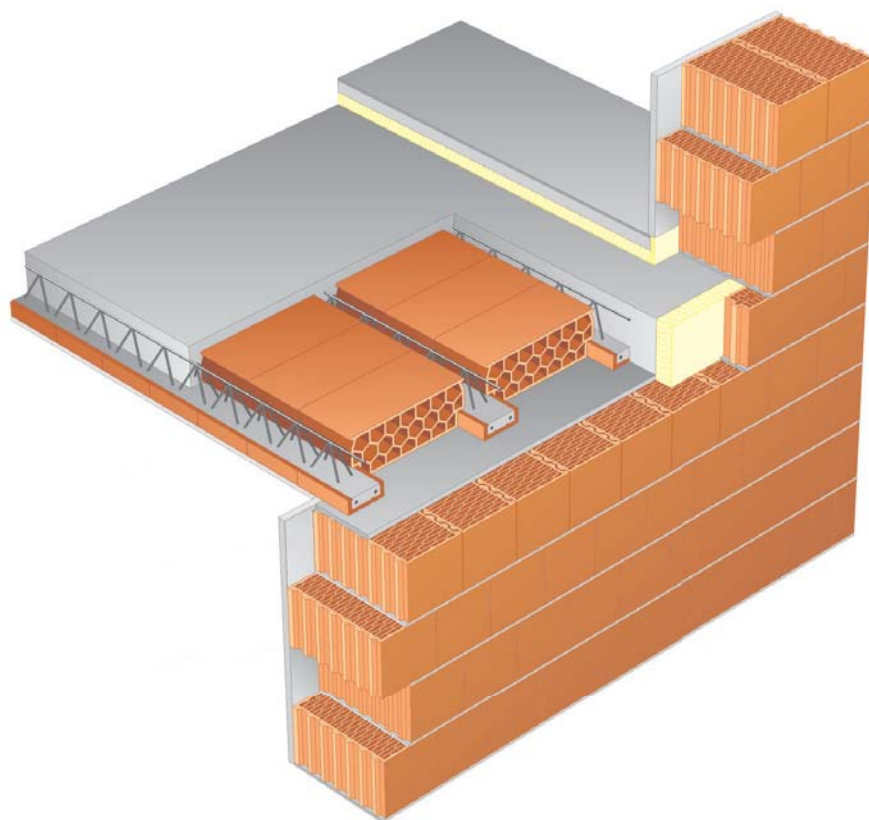
Nadproże wysokie (Rys.3) stanowi samodzielną konstrukcję. Minimalna długość oparcia nadproża wynosi 125 mm (przy szerokości otworu w świetle do 1,5 m), 200 mm (przy szerokości otworu w świetle od 1,5 do 1,85 m) lub 250 mm (przy szerokości otworu w świetle powyżej 1,85 m).

Rys. 3. Przykłady zastosowania belek nadprożowych Porotherm 23.8



Stropy gęstożebrowe Porotherm (Rys. 4) składają się ze zbrojonych belek ceramiczno-betonowych układanych w rozstawie 62,5 lub 50,0 cm, i pustaków ceramicznych (o wysokościach: 80, 190, 230 cm) i warstwy nadbetonu grubości 4cm lub 6 cm. Stropy Porotherm stosowane są do zakresie długości 1,75 do 8,25 m (w zależności od typu belki: niska/wysoka i jej stopnia zbrojenia, rozstawu osiowego belek i grubości warstwy nadbetonu).

Rys. 4. Przykład zastosowania stropu gęsto żebrowego Porotherm



4. Podstawy projektowania konstrukcji murowych

4.1. Metoda stanów granicznych

Projektowanie konstrukcji murowych z elementów systemowych Porotherm powinno uwzględniać reguły ogólne i zasady normowe zawarte w [2].

Podstawę wymiarowania elementów konstrukcyjnych stanowi metoda stanów granicznych, opierająca się na metodzie częściowych współczynników bezpieczeństwa. Zastosowanie tej metody, przy założeniu zachowania odpowiedniego poziomu wykonawstwa i jakości zarządzania, pozwala zapewnić akceptowalny poziom niezawodności projektowanego obiektu budowlanego.

Według [2] każdą konstrukcję należy zaprojektować i wykonać w taki sposób, aby w zamierzonym okresie użytkowania, z należytym poziomem niezawodności i bez nadmiernych kosztów

- przejmowała wszystkie oddziaływania i wpływy, których pojawienia się można oczekiwać podczas wykonania i użytkowania,
- pozostała przydatna do przewidzianego użytkowania.

Przy obliczaniu konstrukcji (w odpowiednich sytuacjach obliczeniowych) sprawdzić należy warunki następujących stanów granicznych [2]:

- nośności (bezpieczeństwo ludzi i/lub konstrukcji, w uzasadnionych przypadkach bezpieczeństwo zawartości budowli):
 - **EQU**: utrata równowagi statycznej konstrukcji lub jej części
 - **STR**: zniszczenie wewnętrzne lub nadmierne odkształcenia konstrukcji lub elementów konstrukcji,
 - **GEO**: zniszczenie lub nadmierne odkształcenie podłoża, kiedy istotne znaczenie dla nośności konstrukcji ma wytrzymałość podłoża lub skały;
 - **FAT**: zniszczenie zmęczeniowe konstrukcji lub elementu konstrukcji.
- użyteczności (funkcja konstrukcji w normalnych warunkach użytkowania, komfort użytkowników, wygląd obiektu budowlanego)

Sprawdzenie jednego ze stanów granicznych można pominąć, jeżeli istnieją dostateczne informacje stwierdzające, że spełnienie jednego stanu granicznego spełnia też drugi stan graniczny.

W praktyce inżynierskiej, np. przy projektowaniu elementów konstrukcji murowych, najczęściej rozważanym stanem granicznym nośności jest STR, który polega na sprawdzeniu następującego warunku:

$$[1] \quad E_d \leq R_d$$

E_d wartość obliczeniowa efektu oddziaływań,
 R_d wartość obliczeniowa odpowiedniej nośności.

4.2. Oddziaływania i ich kombinacje

Wyróżnia się [2] następujące rodzaje oddziaływań (z uwagi na ich zmienność w czasie):

- **G**: oddziaływania stałe, np. ciężar własny konstrukcji,
- **Q**: oddziaływania zmienne, np. obciążenie użytkowe stropów, oddziaływania klimatyczne,
- **A**: oddziaływania wyjątkowe, np. wybuchy lub uderzenie przez pojazd.

W obliczeniach stanów granicznych nośności stosować należy [2] następujące kombinacje oddziaływań (w sytuacji trwałej lub przejściowej):

$$[2] \quad \text{postać ogólna} \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$[3] \quad \text{alternatywnie} \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

gdzie:

- G wartości charakterystyczne oddziaływań stałych,
- Q wartości charakterystyczne oddziaływań zmiennych,
- P wartości charakterystyczne oddziaływań od sprężenia,
- γ częściowy współczynnik bezpieczeństwa (dla odpowiedniego oddziaływania) – według Tab. A.1.2(B) normy [3],
- Ψ współczynnik według Tab. A.1.1. normy [3] W sytuacjach wyjątkowych lub sejsmicznych należy stosować kombinacje według pkt.

W sytuacjach wyjątkowych lub sejsmicznych należy stosować kombinacje według pkt. 6.4.3.3 i pkt. 6.4.3.4 normy [3].

W przypadku stosowania elementów systemu Porotherm na terenach występowania szkód górniczych należy w kombinacjach obliczeniowych uwzględnić dodatkowe oddziaływania wynikające z prognozowanej kategorii górniczej terenu (deformacje podłoża, wstrząsy i in.) oraz przewidzieć w ustroju nośnym charakterystyczne rozwiązania konstrukcyjne przeciwdziałające tym oddziaływaniom.

4.3. Trwałość

Wszystkie konstrukcje należy projektować taki sposób, aby zmiany następujące w projektowym okresie użytkowania (według Tab. 2.1 [3]), z uwzględnieniem wpływów środowiska i przewidywanego poziomu utrzymania, nie obniżały właściwości użytkowych konstrukcji poniżej zamierzonego poziomu. Dobór elementów murowych i zaprawy należy ustalać w zależności od warunków mikro ekspozycji (Tab. 5), w jakich elementy konstrukcji murowych będą funkcjonować.

Tabela 5. Klasyfikacja warunków mikro ekspozycji muru wykończonego

Klasa	Warunki mikro ekspozycji	Przykłady murów
MX1	Środowisko suche	Wewnętrzne mury w budynkach mieszkalnych lub biurowych oraz wewnętrzna warstwa ścian szczelinowych nie podlegających zawilgoceniu. Otynkowany mur w ścianach zewnętrznych, nie narażony na średnie lub silne działanie deszczu, zabezpieczony przed zawilgoceniem od sąsiadującego muru lub materiałów.
MX2	Działanie wilgoci lub zamoczenie.	Mury wewnętrzne narażone na działanie wysokiego ciśnienia pary wodnej (np. pralnie).
MX2.1	Działanie wilgoci, bez wpływu cyklicznego zamrażania/rozmarzania i zewnętrznych czynników o znacznym poziomie siarczanów lub agresywnych chemikaliów	Mury w ścianach zewnętrznych chronione przez gzymsy lub okapy, nie podlegające silnemu działaniu deszczu i mrozu.
MX2.2	Silne nawilżanie, bez wpływu cyklicznego zamrażania/rozmarzania i zewnętrznych czynników o znacznym poziomie siarczanów	Mury pod strefą przemarzania w dobrze wodoodpornym nieagresywnym gruncie. Mury nie narażone na działanie mrozu i agresywnych chemikaliów, zlokalizowane w: ścianach zewnętrznych z gzymsami lub okapami, parapetach, ścianach wolno stojących, zagłębionych w gruncie, pod wodą
MX3	Działanie wilgoci lub zamoczenie oraz cykliczne zamrażanie/rozmarzanie.	
MX3.1	Działanie wilgoci lub zamoczenie oraz cykliczne zamrażanie/rozmarzanie, bez wpływu zewnętrznych czynników o znacznym poziomie siarczanów lub agresywnych chemikaliów.	Mury jak dla klasy MX2.1, narażone na cykliczne zamrażanie/rozmarzanie
MX3.2	Działanie silnego nawilżenia oraz cykliczne zamrażanie/rozmarzanie, bez wpływu zewnętrznych czynników o znacznym poziomie siarczanów lub agresywnych chemikaliów	
MX4	Działanie soli z powietrza, wody morskiej lub soli do odladzania	Mury w obszarach nadmorskich Mury przy drogach posypywanych solą o okresie zimowym
MX5	Środowisko chemicznie agresywne	Mury stykające się z gruntem naturalnym lub nasypowym oraz wodą gruntową (wilgoć i znaczny poziom siarczanów). Mury stykające się z bardzo kwaśnymi gruntami, zanieczyszczonymi gruntami lub wodą gruntową. Mury w sąsiedztwie obszarów przemysłowych (agresywne chemikalia).

Dobór materiałów i wyrobów oraz zakres stosowania ścian murowych systemu Porotherm określa się z uwzględnieniem warunków środowiskowych na podstawie lokalnej praktyki, doświadczeń i znajomości właściwości fizyko-chemicznych wszystkich elementów ścian.

5. Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

5.1. Ściany murowe

5.1.1. Nośność ściany murowej obciążonej głównie pionowo

Przy sprawdzaniu nośności ścian murowych obciążonych głównie pionowo zakłada się [3], że:

- przekroje płaskie przed odkształceniem pozostają płaskie po odkształceniu,
- wytrzymałość na rozciąganie muru w kierunku prostopadłym do spoin wspornych jest pomijana.

Wytrzymałość charakterystyczną ściany murowej na ściskanie wyznacza się ze wzorów:

- dla murów wykonanych z zaprawy zwykłej lub lekkiej,

$$[4] \quad f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

- dla murów wykonanych na cienkie spoiny z ceramicznych elementów murowych grupy 2 i 3.

$$[5] \quad f_k = K \cdot f_b^{0,7}$$

gdzie:

- f_b znormalizowana wytrzymałość muru na ściskanie,
- f_m wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie.

Tabela 6. Wartości współczynnika K

Element murowy	Grupa	Zaprawa zwykła	Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
Pustaki ceramiczne	2	0,40	0,50	0,25
	3	0,30	0,45	0,20

Wytrzymałość obliczeniową ściany murowej na ściskanie określa się ze wzoru:

$$[6] \quad f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \gamma_{Rd}}$$

gdzie:

- γ_M częściowy współczynnik bezpieczeństwa (dla murów z pustaków o grubości $t > 150$ mm, zaleca się przyjmować $\gamma_M = 2,2$),
- γ_{Rd} współczynnik zależny od pola przekroju poprzecznego muru (Tab. NA.2 wg. [3] lub [5]).

W przypadku, gdy pole przekroju muru $A < 0,1$ m² należy wartość f_d przemnożyć dodatkowo przez $(0,7+0,3 A)$.

Sprawdzenie warunku stanu granicznego nośności ściany murowej obciążonej głównie pionowo, polega na wykazaniu, że w przekrojach: górnym, środkowym i dolnym, spełniony jest warunek:

$$[7] \quad N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

gdzie:

- N_{Ed} pionowa siła podłużna od obciążeń obliczeniowych (w rozpatrywanym przekroju), wyznaczona według zasad normowych [1],
- N_{Rd} nośność obliczeniowa ściany murowej (na jednostkę długości) obciążonej pionowo.

Nośność obliczeniową N_{Rd} ściany murowej określa się ze wzoru:

$$[8] \quad N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d$$

gdzie:

- Φ współczynnik redukcyjny uwzględniający wpływ smukłości i mimośród obciążenia,
- t grubość ściany murowej,
- f_d wytrzymałość obliczeniowa ściany murowej na ściskanie.

Wartość współczynnika Φ wyznaczać należy przy założeniu prostokątnego wykresu naprężeń ze wzoru:

- u góry i u dołu ściany murowej

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{\epsilon_i}{t} \quad [9]$$

gdzie:

- t grubość ściany murowej,
- ϵ_i mimośród obciążenia:

$$\epsilon_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + \epsilon_{he} + \epsilon_{init} \geq 0,05 \cdot t \quad [10]$$

gdzie:

- M_{id} moment zginający od obciążeń obliczeniowych (u góry lub u dołu ściany), będący wynikiem reakcji ze stropu na mimośrodku,
- N_{id} pionowa siła podłużna od obciążeń obliczeniowych (u góry lub u dołu ściany),
- ϵ_{he} mimośród (u góry lub u dołu ściany) obciążenia, będący wynikiem działania obciążenia poziomego (np. od wiatru),
- ϵ_{init} mimośród początkowy (ze znakiem zwiększającym bezwzględną wartość ϵ), zaleca się przyjęcie wartości $\epsilon_i = h_{eff}/450$,
- h_{eff} wysokość efektywna ściany murowej $h_{eff} = \rho_n \cdot h$ [11]
- h wysokość ściany murowej w świetle stropów,
- ρ_n współczynnik redukcji uwzględniający utwierdzenie poziomych krawędzi i usztywnienia krawędzi pionowych ściany murowanej (według pkt. 5.5.1.2. [3])

- w połowie wysokości ściany murowej

$$\Phi_m = 1 - 2 \cdot \frac{\epsilon_m}{t} \quad [12]$$

gdzie:

- t grubość ściany murowej,
- ϵ_m mimośród obciążenia wyznaczony według Załącznika G [3] lub ze wzoru:

$$\epsilon_{mk} = \epsilon_m + \epsilon_k = \frac{M_{md}}{N_{md}} + \epsilon_{hm} + \epsilon_{init} + \epsilon_k \geq 0,05 \cdot t \quad [13]$$

gdzie:

- M_{md} moment zginający od obciążeń obliczeniowych (w środku ściany), będący wynikiem działania momentów zginających u góry i u dołu ściany, z uwzględnieniem obciążenia przyłożonego do powierzchni licowej ściany (np. wspornik),
- ϵ_{hm} mimośród (w środku ściany) obciążenia, będący wynikiem działania obciążenia poziomego (np. od wiatru),
- ϵ_{init} mimośród początkowy (ze znakiem zwiększającym bezwzględną wartość ϵ), zaleca się przyjęcie wartości $\epsilon_i = h_{eff}/450$,
- h_{eff} wysokość efektywna ściany murowej – wzór (11),
- h wysokość ściany murowej w świetle stropów,
- ρ_n współczynnik redukcji uwzględniający utwierdzenie poziomych krawędzi i usztywnienia krawędzi pionowych ściany murowanej (według pkt. 5.5.1.2. [3])
- ϵ_k mimośród wywołany przez pełzanie:

$$\epsilon_k = 0,002 \cdot \phi_\infty \cdot \frac{h_{eff}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m} \quad [14]$$

- t_{ef} efektywna grubość ściany wyznaczony według pkt. 5.5.1.3 [3],
- ϕ_∞ końcowy współczynnik pełzania (dla ceramiki $\phi_\infty = 0,5 \div 1,5$).

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

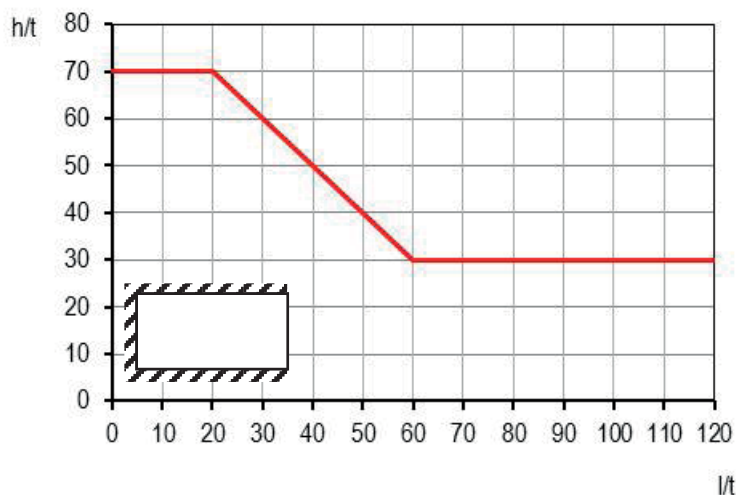
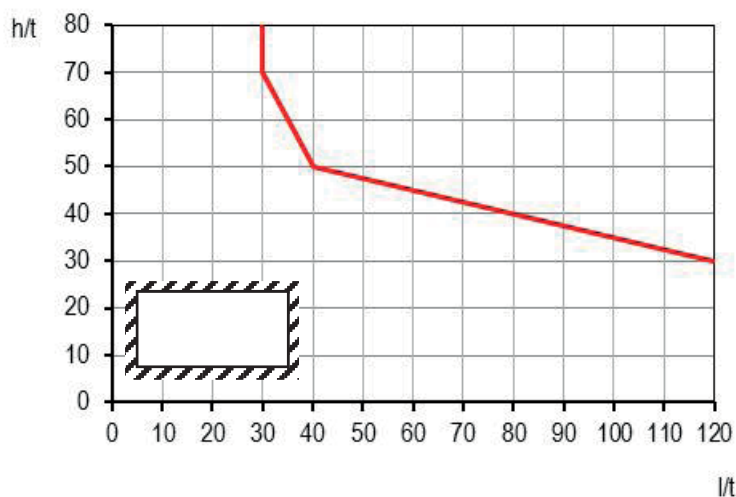
W przypadku ścian murowych o smukłości nie większej niż λ_c wartość mimośrodowość e_k można przyjąć równą zero (wartość zalecana $\lambda_c = 16$ według [3]).

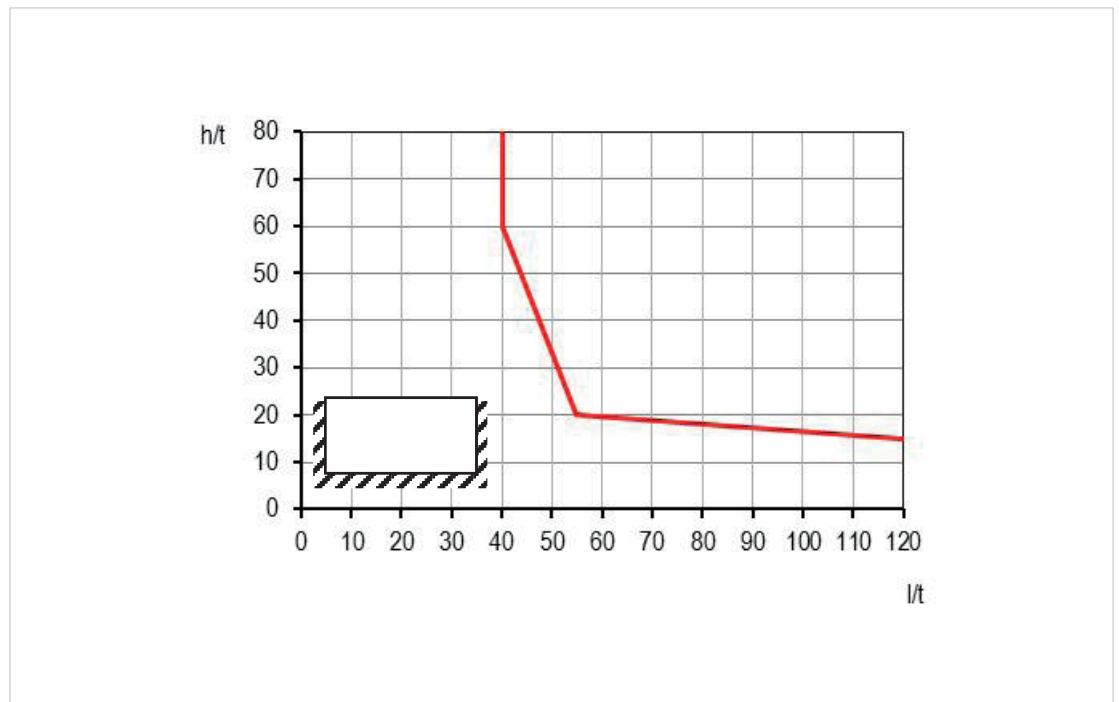
Współczynnik smukłości elementu konstrukcji ściany murowej nie powinien być większy od 27.

Przy obliczeniach ścian szczelinowych każdą warstwę należy sprawdzać oddzielnie, ścianę dwuwarstwową połączoną kotwami można obliczać jak ścianę jednowarstwową, jeżeli obie warstwy są podobnie obciążone (lub alternatywnie jak ścianę szczelinową).

Niezależnie od spełnienia warunku stanu granicznego nośności, wymiary ściany murowej (lub warstwy ściany szczelinowej) o grubości nie mniejszej niż 100 mm, powinna być ograniczona do wartości wskazanych na wykresach jak na Rys. 5 (gdzie: h – wysokość ściany, l – długość ściany, t – grubość ściany).

Rys. 5 Ograniczenie wysokości i długości w stosunku do grubości ściany murowej (w różnych schematach zamocowania krawędzi ścian)





5.1.2. Nośność ściany murowej obciążonej siłą skupioną

Sprawdzenie warunku stanu granicznego nośności ściany murowej obciążonej siłą skupioną, polega na wykazaniu, że spełniony jest warunek:

$$N_{Edc} \leq N_{Rdc} \quad [15]$$

gdzie:

N_{Edc} pionowa siła podłużna od obliczeniowej siły skupionej (wyznaczona według zasad normowych [1],
 N_{Rdc} nośność obliczeniowa ściany murowej (obciążonej siłą skupioną).

Nośność obliczeniową N_{Rdc} ściany murowej określa się ze wzoru:

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d \quad [16]$$

gdzie:

A_b powierzchnia obciążenia,
 f_d wytrzymałość obliczeniowa ściany murowej na ściskanie.
 β współczynnik zwiększający nośność na obciążenia skupione

W przypadku ścian wykonanych z elementów murowych grupy 2 i 3 należy sprawdzić, że lokalnie obliczeniowe naprężenia ściskające pod obciążeniem skupionym nie przekraczają wytrzymałości obliczeniowej muru ($\beta = 1,0$).

Mimośród obciążenia skupionego względem osi ściany murowej nie powinien być większy niż 0,25 t.

Bezpośrednio pod obciążeniem skupionym powinny być zastosowane elementy murowe grupy 1 lub inne elementy na długości równej długości przyłożonego obciążenia zwiększonej o długość obliczoną z uwzględnieniem rozdziału obciążenia po obydwu stronach (lub jednej w przypadku obciążenia na końcu ściany) przyłożonego obciążenia pod kątem 600 od krawędzi jego przyłożenia do poziomu rozpatrywanej warstwy.

W przypadku obciążenia skupionego przyłożonego za pośrednictwem belki o odpowiedniej sztywności i szerokości równej grubości ściany, wysokości większej niż 200 mm i długości większej niż trzykrotna długość przyłożenia obciążenia, naprężenia obliczeniowe poniżej obciążenia skupionego nie powinny przekraczać wartości $1,5 f_d$

Przy sprawdzaniu ścian murowanych obciążonych pionowo powinny być spełnione wszystkie wymagania normowe [3] według pkt. 5.5.1.

5.1.3. Nośność ściany murowej poddanej obciążeniom ścinającym

Wytrzymałość charakterystyczną ściany murowej na ścinanie (w kierunku równoległym do spoin wspornych) dla murów wykonanych na zaprawie zwykłej, zaprawie do cienkich spoin lub zaprawie lekkiej, wyznacza się ze wzorów:

- mury ze wszystkimi spoinami wypełnionymi i spełniającymi wymagania pkt. 8.1.5 [3];

$$[17] \quad f_{vk} = \min \begin{cases} f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d \\ 0,065 \cdot f_b \geq f_{vko} \\ f_{v1l} \end{cases}$$

- mury z niewypełnionymi spoinami pionowymi, ale z przylegającymi do siebie czołami elementów murowych:

$$[18] \quad f_{vk} = \min \begin{cases} f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d \\ 0,045 \cdot f_b \geq f_{vko} \\ 0,7 \cdot f_{v1l} \end{cases}$$

gdzie:

- f_{vko} wytrzymałość charakterystyczna na ścinanie przy zerowych naprężeniach ściskających – Tab. 7,
- σ_d obliczeniowe naprężenie ściskające prostopadłe do kierunku ścinania rozpatrywanego elementu konstrukcyjnego, przy założeniu odpowiedniej kombinacji obciążeń opartej na średnich naprężeniach pionowych powyżej ściskanej części ściany,
- f_b znormalizowana wytrzymałość średnia na ściskanie elementów murowych, dla kierunku działania obciążenia elementu próbnego prostopadłe do płaszczyzny wspornej,
- f_{v1l} wartość ograniczająca f_{vk} – Tab.7,

Tabela 7. Wytrzymałości muru na ścinanie f_{vkc} (w kierunku równoległym do spoin wspornych) i wartości ograniczające

Materiał elementu murowego	Wytrzymałość charakterystyczna na ścinanie f_{vko} [MPa] przy $\sigma_d = 0$				Ograniczenie f_{v1l} [MPa]	
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka	Grupa elementu murowego	
	f_m [MPa]	f_{vko}			2	3
Ceramika	15,20	0,30	0,25	0,10	1,4	ograniczenia jak we wzorze [17]
	5,10	0,20			1,2	
	1,2,5	0,10			1,0	

Wartości wytrzymałości charakterystycznej muru na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin poziomych f_{vkc} należy przyjąć według Tabeli 8.

Tabela 8. Wytrzymałości muru na ścinanie f_{vkc} (w kierunku prostopadłym do spoin wspornych)

Grupa elementów murowych	Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego f_b [MPa]			
	5	10	15	20
2	0,2	0,3		0,4
3	0,2			

Wytrzymałość obliczeniową ściany murowej na ścinanie określa się ze wzoru :

$$[19] \quad f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M \cdot \gamma_{Rd}}$$

gdzie:

- γ_M częściowy współczynnik bezpieczeństwa (dla murów z pustaków o grubości $t > 150$ mm, zaleca się przyjmować $\gamma_M = 2,2$),
- γ_{Rd} współczynnik zależny od pola przekroju poprzecznego muru (Tab. NA.2 wg. [3] lub [5]).

Sprawdzenie warunku stanu granicznego nośności ściany murowej poddanej obliczeniowym obciążeniom ścinającym, polega na wykazaniu, że spełniony jest warunek:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad [20]$$

gdzie:

- V_{Ed} siła ścinająca od obciążeń obliczeniowych, wyznaczona według zasad normowych [1],
- V_{Rd} nośność obliczeniowa ściany murowej na ścinanie.

Nośność obliczeniową V_{Rd} ściany murowej na określa się ze wzoru:

$$V_{Rd} = f_{vd} \cdot t \cdot l_c \quad [21]$$

gdzie:

- l_c długość ściskanej części ściany (z pominięciem części rozciąganej), przyjmowana przy założeniu liniowego rozkładu naprężeń ściskających i z uwzględnieniem otworów, bruzd i wnęk,
- t grubość ściany murowej przenoszącej ścinanie,
- f_{vd} wytrzymałość obliczeniowa ściany murowej na ścinanie, dla średnich naprężeń pionowych nad ściskaną częścią ściany.

Przy sprawdzaniu ścian murowanych poddanych ścinaniu powinny być spełnione wszystkie wymagania normowe [3] według pkt. 5.5.4.

5.1.4. Nośność ściany murowej obciążonej prostopadle do powierzchni

Wytrzymałość charakterystyczną ściany murowej na rozciąganie przy zginaniu - Tab. 9÷10.

Tabela 9. Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy zginaniu (w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych)

Materiał elementu murowego	Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy zginaniu f_{xk1} [MPa] (w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych)			
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
	$f_m < 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa		
Ceramika	0,10	0,10	0,15	0,10

Tabela 10. Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy zginaniu (w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych)

Materiał elementu murowego	Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie przy zginaniu f_{xk2} [MPa] (w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych)			
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
	$f_m < 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa		
Ceramika	0,20	0,40	0,15	0,10

Wytrzymałość obliczeniową ściany murowej na rozciąganie przy zginaniu określa się ze wzoru:

$$f_{xd1,2} = \frac{f_{xk1,2}}{\gamma_M \cdot \gamma_{Rd}} \quad [22]$$

gdzie:

- γ_M częściowy współczynnik bezpieczeństwa (dla murów z pustaków o grubości $t > 150$ mm, zaleca się przyjmować $\gamma_M = 2,2$),
- γ_{Rd} współczynnik zależny od pola przekroju poprzecznego muru (Tab. NA.2 wg. [3] lub [5]).

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

Sprawdzenie warunku stanu granicznego nośności ściany murowej poddanej zginaniu, polega na wykazaniu (przy uwzględnieniu ortogonalności muru), że spełniony jest warunek:

$$[23] \quad M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

gdzie:

M_{Ed} moment obliczeniowy od obciążeń obliczeniowych prostopadłych do powierzchni ściany, wyznaczony według zasad normowych [1] i zaleceń pkt. 5.5.5 normy [3]

M_{Rd} nośność obliczeniowa ściany murowej na zginanie, przy obciążeniu prostopadłym do powierzchni ściany (na jednostkę wysokości lub długości ściany).

Nośność obliczeniową M_{Rd} ściany murowej na określa się ze wzoru:

$$[24] \quad M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z$$

gdzie:

Z sprężysty wskaźnik wytrzymałości przekroju (na jednostkę długości lub wysokości ściany),

f_{xd} wytrzymałość obliczeniowa ściany murowej na zginanie (odpowiednio do płaszczyzny zginania).

W przypadku działania na ścianę obciążeń pionowych, można przy sprawdzaniu warunku stanu granicznego, uwzględnić dodatni wpływ naprężeń ściskających, np. przez przyjęcie zastępczej wytrzymałości na zginanie z następującą modyfikacją:

$$[25] \quad f_{xk1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$$

gdzie:

σ_d naprężenie ściskające od obciążeń obliczeniowych na górnej powierzchni ściany, o wartości nie większej niż $0,2 f_d$

Przy sprawdzaniu ścian murowanych obciążonych prostopadle do płaszczyzny powinny być spełnione wszystkie wymagania normowe [3] według pkt. 5.5.5.

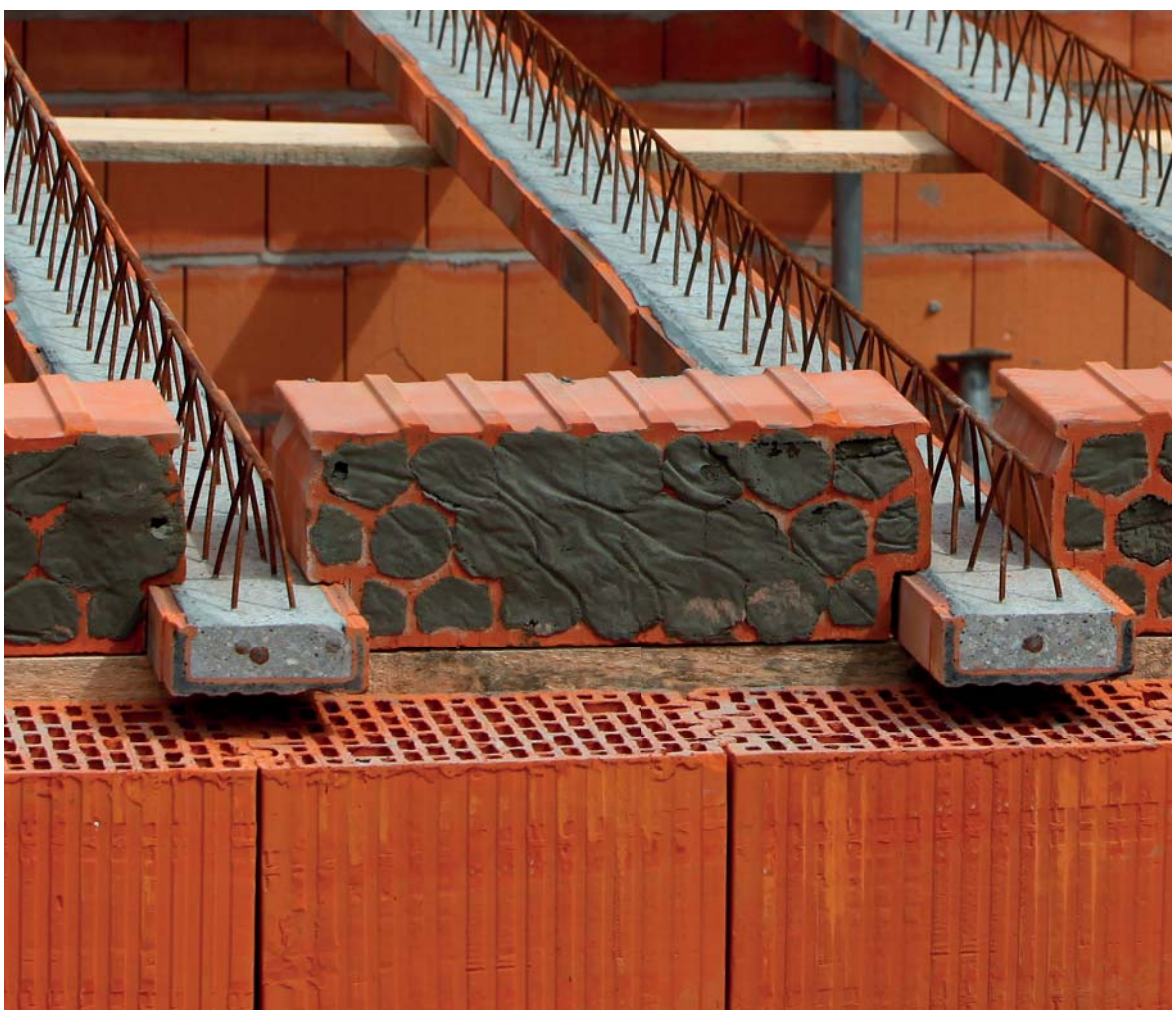
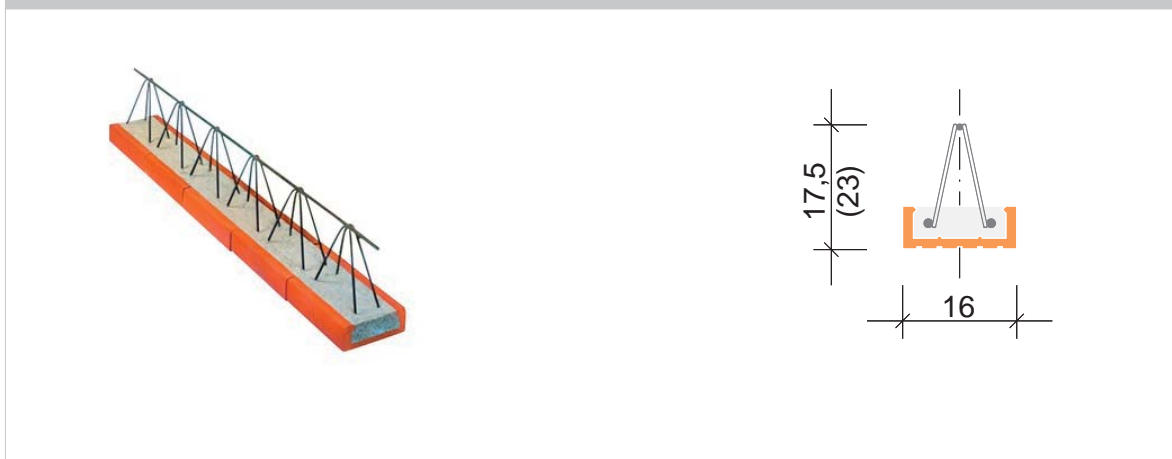
Warunek stanu granicznego nośności powinien być również spełniony dla zewnętrznych ścian wypełniających (szczególnie filarów międzyokiennych), które są elementami obciążonymi głównie poziomo (oddziaływanie wiatrem) i których nośność uzależniona jest ściśle od wytrzymałości muru na rozciąganie.

W przypadku spełnienia warunków opisanych w pkt. 4.2.1.1 i pkt. 4.2.1.2 normy [5] w zastosowaniach inżynierskich dopuszcza się stosowanie metod uproszczonych sprawdzania nośności ściany murowej według procedur normowych [5].

5.2. Stropy belkowo-pustakowe

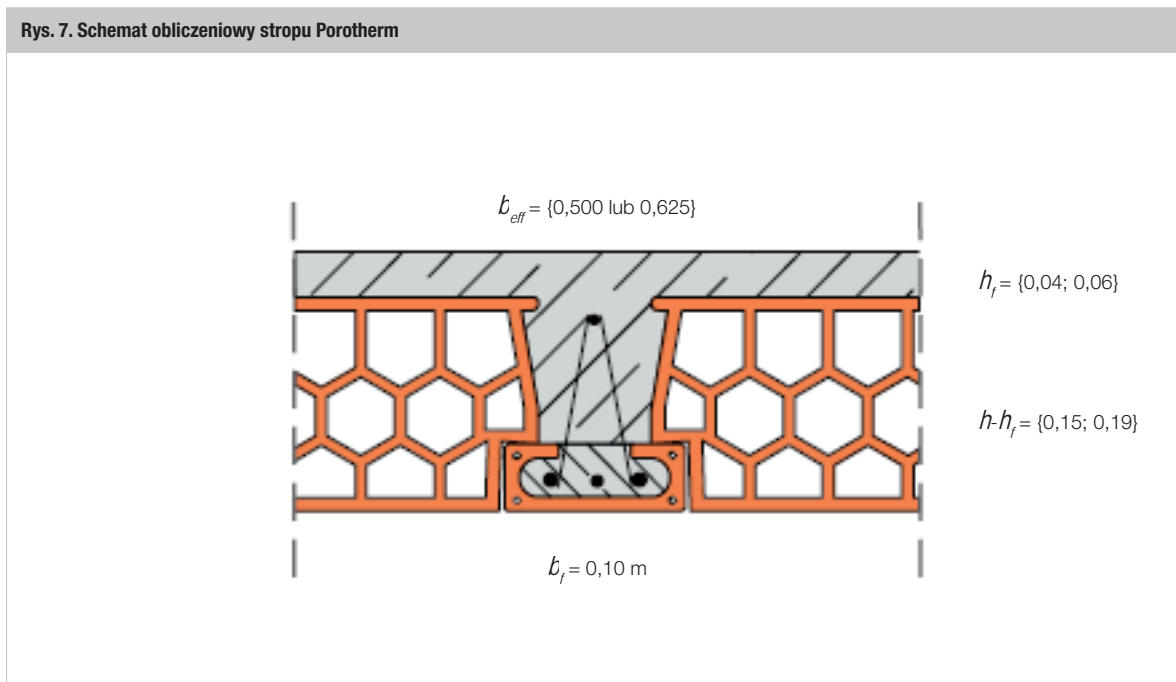
Podstawowym elementem nośnym stropu ceramiczno-żelbetowego Porotherm jest belka kratownicowa z pasem dolnym zabetonowanym (beton klasy min C30/37) w kształtce ceramicznej – Rys. 6.

Rys. 6 Strop gęstożebrowy typu Porotherm. a) belka stropowa; b) szczegół montażowy stropu



W obliczeniach nośności i kontroli warunku stanu granicznego ugięć stropu Porotherm (Tab. 11÷18) przyjęto przekrój obliczeniowy (beton uzupełniający i nadbeton klasy C20/25) według schematu jak na Rys.7, szerokość współpracująca (tzw. efektywna) przyjęta do obliczeń projektowych stanowi odległość pomiędzy osiami symetrii pustaków z każdej strony belki stropowej. Przyjęto umiejscowienie zbrojenia podłużnego (stal spawalna gatunku. St3S-b-500) w odniesieniu do dolnej powierzchni stropu w odległości $d_f = 0,033$ (lub 0,034) + 0,5 \varnothing .

Rys. 7. Schemat obliczeniowy stropu Porotherm



Nośność na zginanie (moment przeszłowy) wyznaczono według [6] z zależności:

$$[26] \quad M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d - 0,5 \cdot \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b_{eff}} \right)$$

Nośność na ścinanie elementu bez zbrojenia poprzecznego określono (przy założeniu braku ściskania $\sigma_{cp} = 0$) ze wzoru (według [6]):

$$[27] \quad V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d \leq 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot b_w \cdot d$$

Ugięcia belki stropu Porotherm wyznaczono metodą przybliżoną zakładając:

- stałe na całej długości wartości momentów bezwładności II i III (wyznaczone dla belki swobodnie podpartej w przekroju przeszłowym),
- wartość ζ wyznacza się na podstawie stosunku M_{cr}/M biorąc pod uwagę największy moment zginający wywołany przez rozpatrywaną kombinację obciążeń (zwykle prawie stałą) pomijając wpływ skurczu betonu zarówno na M_{cr} jak i na M - zjawisko to uwzględniono przy obliczaniu krzywizn.

Stosując metodę przybliżoną ugięcia wyznaczono według wzoru (oznaczenia jak w [6]):

$$[28] \quad f = (1 - \zeta) \cdot (f_I + f_{cs,I}) + \zeta \cdot (f_{II} + f_{cs,II})$$

gdzie:

$$f_I = \alpha_M \frac{M l_{eff}^2}{E_{c,eff} I_I} \quad f_{cs,I} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \varepsilon_{cs} S_I l_{eff}^2}{E_{c,eff} I_I}$$

$$f_{II} = \alpha_M \frac{M l_{eff}^2}{E_{c,eff} I_{II}} \quad f_{cs,II} = -\alpha_{cs} \frac{E_s \varepsilon_{cs} S_{II} l_{eff}^2}{E_{c,eff} I_{II}}$$

Tabela 11. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 19/50 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 4 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	8,30	10,84	20,57	+	+
2,00	1,75	2Ø8	8,30	10,84	17,48	+	+
2,25	2,00	2Ø8	8,30	10,84	15,07	+	+
2,50	2,25	2Ø8	8,30	10,84	13,14	+	+
2,75	2,50	2Ø8	8,30	10,84	11,56	11,28	+
3,00	2,75	2Ø10	12,78	12,53	12,51	12,36	+
3,25	3,00	2Ø10	12,78	12,53	11,23	8,86	+
3,50	3,25	2Ø10	12,78	12,53	10,12	6,29	+
3,75	3,50	2Ø10	12,78	12,53	9,17	4,51	+
4,00	3,75	2Ø12	18,10	14,10	9,90	4,89	+
4,25	4,00	2Ø12	18,10	14,10	9,07	3,45	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø 6	20,27	14,67	8,81	2,82	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	21,82	15,03	8,45	2,14	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	23,92	15,52	8,22	1,63	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	26,49	16,09	8,06	1,13	7,22
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	26,49	16,09	7,50	0,54	5,787
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	26,49	16,09	6,99	0,04	4,33
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	29,48	16,71	6,94	-	4,18
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	29,48	16,71	6,49	-	3,28

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,5 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = l_{eff} / 250$

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

Tabela 12. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 23/50 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 4 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	10,05	11,84	22,25	+	+
2,00	1,75	2Ø8	10,05	11,84	18,86	+	+
2,25	2,00	2Ø8	10,05	11,84	16,23	+	+
2,50	2,25	2Ø8	10,05	11,84	14,13	+	+
2,75	2,50	2Ø8	10,05	11,84	12,41	+	+
3,00	2,75	2Ø10	15,51	13,71	13,47	+	+
3,25	3,00	2Ø10	15,51	13,71	12,07	+	+
3,50	3,25	2Ø10	15,51	13,71	10,86	+	+
3,75	3,50	2Ø10	15,51	13,71	9,82	8,39	+
4,00	3,75	2Ø12	22,03	15,45	10,65	9,14	+
4,25	4,00	2Ø12	22,03	15,45	9,74	6,89	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	24,69	16,07	9,48	5,92	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	26,62	16,49	9,08	4,81	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	29,23	17,03	8,82	4,06	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	32,39	17,66	8,65	3,41	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	32,39	17,66	8,03	2,42	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	32,39	17,66	7,48	1,62	+
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	36,08	18,34	7,42	1,28	+
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	36,08	18,34	6,93	0,66	6,60
6,50	6,25	2Ø12+Ø14	36,08	18,34	6,48	0,15	5,42
6,75	6,50	2Ø12+Ø16	40,29	19,07	6,49	-	5,08
7,00	6,75	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	6,72	-	4,11
7,25	7,00	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	6,32	-	3,29
7,50	7,25	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	5,95	-	2,58
7,75	7,50	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	5,61	-	1,98
8,00	7,75	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	5,28	-	1,44
8,25	8,00	2Ø14+Ø16	47,22	20,17	4,97	-	0,95

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,5 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = I_{st}/250$

Tabela 13. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 19/50 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 6 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	9,17	11,39	21,17	+	+
2,00	1,75	2Ø8	9,17	11,39	17,91	+	+
2,25	2,00	2Ø8	9,17	11,39	15,38	+	+
2,50	2,25	2Ø8	9,17	11,39	13,36	+	+
2,75	2,50	2Ø8	9,17	11,39	11,70	+	+
3,00	2,75	2Ø10	14,15	13,20	12,72	+	+
3,25	3,00	2Ø10	14,15	13,20	11,37	+	+
3,50	3,25	2Ø10	14,15	13,20	10,21	8,41	+
3,75	3,50	2Ø10	14,15	13,20	9,20	6,06	+
4,00	3,75	2Ø12	20,06	14,87	10,00	6,69	+
4,25	4,00	2Ø12	20,06	14,87	9,12	5,89	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	22,48	15,47	8,89	4,05	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	24,22	15,87	8,49	3,27	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	26,58	16,39	8,24	2,47	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	29,44	16,99	8,07	2,02	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	29,44	16,99	7,48	1,20	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	29,44	16,99	6,95	0,55	6,36
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	32,78	17,65	6,89	0,26	5,86
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	32,78	17,65	6,42	-	4,70

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,5 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = l_{eff}/250$

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

Tabela 14. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 23/50 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 6 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	10,92	12,26	22,54	+	+
2,00	1,75	2Ø8	10,92	12,26	19,04	+	+
2,25	2,00	2Ø8	10,92	12,26	16,32	+	+
2,50	2,25	2Ø8	10,92	12,26	14,14	+	+
2,75	2,50	2Ø8	10,92	12,26	12,35	+	+
3,00	2,75	2Ø10	16,88	14,20	13,46	+	+
3,25	3,00	2Ø10	16,88	14,20	13,00	+	+
3,50	3,25	2Ø10	16,88	14,20	10,75	+	+
3,75	3,50	2Ø10	16,88	14,20	9,67	+	+
4,00	3,75	2Ø12	24,00	16,01	10,53	+	+
4,25	4,00	2Ø12	24,00	16,01	9,59	8,87	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	26,90	16,65	9,32	7,71	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	29,02	17,09	8,91	6,44	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	31,88	17,65	8,64	5,54	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	35,34	18,30	8,46	4,71	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	35,34	18,30	7,83	3,45	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	35,34	18,30	7,25	2,47	+
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	39,39	19,00	7,19	2,07	+
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	39,39	19,00	6,68	1,31	+
6,50	6,25	2Ø12+Ø14	39,39	19,00	6,21	0,64	+
6,75	6,50	2Ø12+Ø16	44,00	19,76	6,23	0,43	+
7,00	6,75	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	6,47	-	5,61
7,25	7,00	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	6,05	-	4,55
7,50	7,25	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	5,67	-	3,68
7,75	7,50	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	5,31	-	2,89
8,00	7,75	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	4,97	-	2,24
8,25	8,00	2Ø14+Ø16	51,65	20,91	4,66	-	1,63

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,5 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = I_{st}/250$

Tabela 15. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 19/62,5 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 4 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	8,32	10,84	15,82	+	+
2,00	1,75	2Ø8	8,32	10,84	13,34	+	+
2,25	2,00	2Ø8	8,32	10,84	11,42	+	+
2,50	2,25	2Ø8	8,32	10,84	9,88	+	+
2,75	2,50	2Ø8	8,32	10,84	8,61	+	+
3,00	2,75	2Ø10	12,85	12,53	9,37	+	+
3,25	3,00	2Ø10	12,85	12,53	8,34	6,98	+
3,50	3,25	2Ø10	12,85	12,53	7,46	4,98	+
3,75	3,50	2Ø10	12,85	12,53	6,70	3,41	+
4,00	3,75	2Ø12	18,23	14,10	7,29	3,76	+
4,25	4,00	2Ø12	18,23	14,10	6,62	2,57	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	20,44	14,67	6,45	1,97	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	21,98	15,01	6,12	1,41	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	24,14	15,50	5,93	1,03	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	26,75	16,07	5,80	0,66	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	26,75	16,07	5,35	0,17	4,61
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	26,75	16,07	4,95	-	3,58
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	29,81	16,69	4,91	-	3,26
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	29,81	16,69	4,55	-	2,48

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,626 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = l_{eff}/250$

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

Tabela 16. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 23/62,5 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 4 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	10,07	11,84	17,09	+	+
2,00	1,75	2Ø8	10,07	11,84	14,39	+	+
2,25	2,00	2Ø8	10,07	11,84	12,28	+	+
2,50	2,25	2Ø8	10,07	11,84	10,60	+	+
2,75	2,50	2Ø8	10,07	11,84	9,22	+	+
3,00	2,75	2Ø10	15,58	13,71	10,07	+	+
3,25	3,00	2Ø10	15,58	13,71	8,56	+	+
3,50	3,25	2Ø10	15,58	13,71	7,98	+	+
3,75	3,50	2Ø10	15,58	13,71	7,15	6,55	+
4,00	3,75	2Ø12	22,17	15,45	7,81	7,27	+
4,25	4,00	2Ø12	22,17	15,45	7,08	5,42	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	24,86	16,07	6,87	4,66	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	26,82	16,49	6,56	3,72	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	29,48	17,03	6,35	3,08	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	32,69	17,66	6,21	2,57	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	32,69	17,66	5,72	1,71	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	32,69	17,66	5,28	1,04	+
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	36,47	18,34	5,23	0,75	+
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	36,47	18,34	4,84	0,23	+
6,50	6,25	2Ø12+Ø14	36,47	18,34	4,48	-	4,26
6,75	6,50	2Ø12+Ø16	40,77	19,07	4,49	-	3,99
7,00	6,75	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	4,67	-	3,19
7,25	7,00	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	4,35	-	2,47
7,50	7,25	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	4,06	-	1,89
7,75	7,50	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	3,78	-	1,36
8,00	7,75	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	3,52	-	0,89
8,25	8,00	2Ø14+Ø16	47,91	20,17	3,28	-	0,49

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,626 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = I_{st}/250$

Tabela 17. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 19/62,5 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 6 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	9,20	11,39	16,16	+	+
2,00	1,75	2Ø8	9,20	11,39	13,56	+	+
2,25	2,00	2Ø8	9,20	11,39	11,53	+	+
2,50	2,25	2Ø8	9,20	11,39	9,91	+	+
2,75	2,50	2Ø8	9,20	11,39	8,59	+	+
3,00	2,75	2Ø10	14,21	13,20	9,40	+	+
3,25	3,00	2Ø10	14,21	13,20	8,32	12,72	+
3,50	3,25	2Ø10	14,21	13,20	7,39	10,14	+
3,75	3,50	2Ø10	14,21	13,20	6,59	8,10	+
4,00	3,75	2Ø12	20,20	14,87	7,23	8,64	+
4,25	4,00	2Ø12	20,20	14,87	6,53	7,09	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	22,65	15,47	6,38	6,75	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	24,42	15,87	6,02	5,67	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	26,83	16,39	5,82	5,17	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	29,75	16,39	5,68	4,74	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	29,75	16,39	5,21	4,06	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	29,75	16,39	4,78	3,52	+
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	33,16	17,65	4,74	3,31	4,54
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	33,16	17,65	4,36	2,88	3,55

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,626 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = l_{eff}/250$

Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych

Tabela 18. Nośności obliczeniowe i odpowiadające obciążenia graniczne stropu Porotherm 23/62,5 oraz obciążenia dopuszczalne z uwagi na ugięcia (nadbeton 6 cm)

Długość belki [m]	Rozpiętość stropu w świetle [m]	Zbrojenie główne	Nośność obliczeniowa i obciążenie graniczne			Dopuszczalne obciążenie ³⁾ [kN/m ²] (z uwagi na ugięcie)	
			zginanie $M_{Rd}^{1)}$ [kNm]	ściananie $V_{Rd}^{1)}$ [kN]	obciążenie graniczne ²⁾ [kN/m ²]	bez wygięcia wstępnego ⁴⁾	z wygięciem wstępnym ⁵⁾
1,75	1,50	2Ø8	10,95	12,26	17,20	+	+
2,00	1,75	2Ø8	10,95	12,26	14,39	+	+
2,25	2,00	2Ø8	10,95	12,26	12,21	+	+
2,50	2,25	2Ø8	10,95	12,26	10,47	+	+
2,75	2,50	2Ø8	10,95	12,26	9,04	+	+
3,00	2,75	2Ø10	16,94	14,20	9,93	+	+
3,25	3,00	2Ø10	16,94	14,20	8,76	+	+
3,50	3,25	2Ø10	16,94	14,20	7,76	+	+
3,75	3,50	2Ø10	16,94	14,20	6,90	+	+
4,00	3,75	2Ø12	24,13	16,01	7,58	+	+
4,25	4,00	2Ø12	24,13	16,01	6,83	10,77	+
4,50	4,25	2Ø12+Ø6	27,07	16,65	6,66	9,86	+
4,75	4,50	2Ø12+Ø8	29,23	17,09	6,29	8,74	+
5,00	4,75	2Ø12+Ø10	32,12	17,65	6,07	7,99	+
5,25	5,00	2Ø12+Ø12	35,64	18,30	5,93	7,38	+
5,50	5,25	2Ø12+Ø12	35,64	18,30	5,42	6,35	+
5,75	5,50	2Ø12+Ø12	35,64	18,30	4,96	5,50	+
6,00	5,75	2Ø12+Ø14	39,77	19,00	4,91	5,19	+
6,25	6,00	2Ø12+Ø14	39,77	19,00	4,51	4,52	+
6,50	6,25	2Ø12+Ø14	39,77	19,00	4,13	3,97	+
6,75	6,50	2Ø12+Ø16	44,49	19,76	4,14	3,82	+
7,00	6,75	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	4,33	3,37	4,28
7,25	7,00	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	4,00	3,00	3,41
7,50	7,25	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	3,70	2,69	2,66
7,75	7,50	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	3,41	2,39	2,01
8,00	7,75	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	3,14	2,16	1,45
8,25	8,00	2Ø14+Ø16	52,33	20,91	2,89	1,94	0,94

¹⁾ w odniesieniu do stropu szerokości 0,626 m (pojedyncze żebro stropowe)

²⁾ ponad ciężar własny stropu x 1,35

³⁾ oznaczenia: (+) obciążenie dopuszczalne SGU większe od obciążeń granicznych SGN /z uwzględnieniem ciężaru własnego stropu/

⁴⁾ ponad ciężar własny stropu X 1,0

⁵⁾ wygięcie wstępne (do góry) $\Delta_1 = I_{st}/250$

5.3. Nadproża

Nośność nadproża zespolonego z zastosowaniem pojedynczej belki nadprożowej Porotherm 11.5 (Tab. 19) wyznaczono (według zasad normowych [3] i [6]) przy założeniu następującego przekroju elementu:

- wieniec żelbetowy wysokości 250 mm /beton klasy C16/20/,
- jedna warstwa pustaka Porotherm 249 mm,
- prefabrykowana belka nadprożowa Porotherm 11.5

Tabela 19. Maksymalne obciążenia i nośności (przy zginaniu i ścinaniu) nadproży zespolonych Porotherm 11.5 – wariant 1

Parametry wytrzymałościowe (obliczeniowe)	Długość belki nadprożowej Porotherm 11.5									
	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
	Ø8				Ø10			Ø12		
Nośność na ścinanie [kN]	5,1									
Nośność na zginanie [kNm]	11,7				18,1			25,9		
Max. obciążenie [kN/m]	16,5	11,7	9,1	7,5	6,3	5,7	5,0	4,4	4,0	3,7

W przypadku nadproża zespolonego Porotherm 11.5 z nadmurowaniem dwiema warstwami cegły pełnej klasy min. 10 (wysokości 65 mm) na spoinie (grubości 12 mm) z zaprawy cementowo-wapiennej M5 i z zastosowaniem wieńca żelbetowego wysokości 213 mm (beton klasy min. C16/20) - nośności nadproży zestawiono w Tabeli 20.

Tabela 20. Maksymalne obciążenia i nośności (przy zginaniu i ścinaniu) nadproży zespolonych Porotherm 11.5 – wariant 2

Parametry wytrzymałościowe (obliczeniowe)	Długość belki nadprożowej Porotherm 11.5									
	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
	Ø8				Ø10			Ø12		
Nośność na ścinanie [kN]	3,9									
Nośność na zginanie [kNm]	8,8				13,6			19,3		
Max. obciążenie [kN/m]	12,4	8,9	6,9	5,6	4,8	4,3	3,8	3,4	3,0	2,8

Nośność pojedynczej belki nadprożowej Porotherm 23.8 (Tab. 21) wyznaczono przy założeniu przekroju $b \times h = 0,048 \times 0,206$ m.

Tabela 21. Maksymalne obciążenia i nośności (przy zginaniu i ścinaniu) nadproży zespolonych Porotherm 23.8

Parametry wytrzymałościowe (obliczeniowe)	Długość belki nadprożowej Porotherm 23.8									
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
	Ø5	Ø7		Ø8	Ø10					
Nośność na ścinanie [kN]	4,3	5,4			6,8					
Nośność na zginanie [kNm]	1,6	3,0		3,8	5,7					
Max. obciążenie [kN/m]	16,3	14,2	10,7	9,3	9,5	8,1	7,1	6,3	5,7	5,1

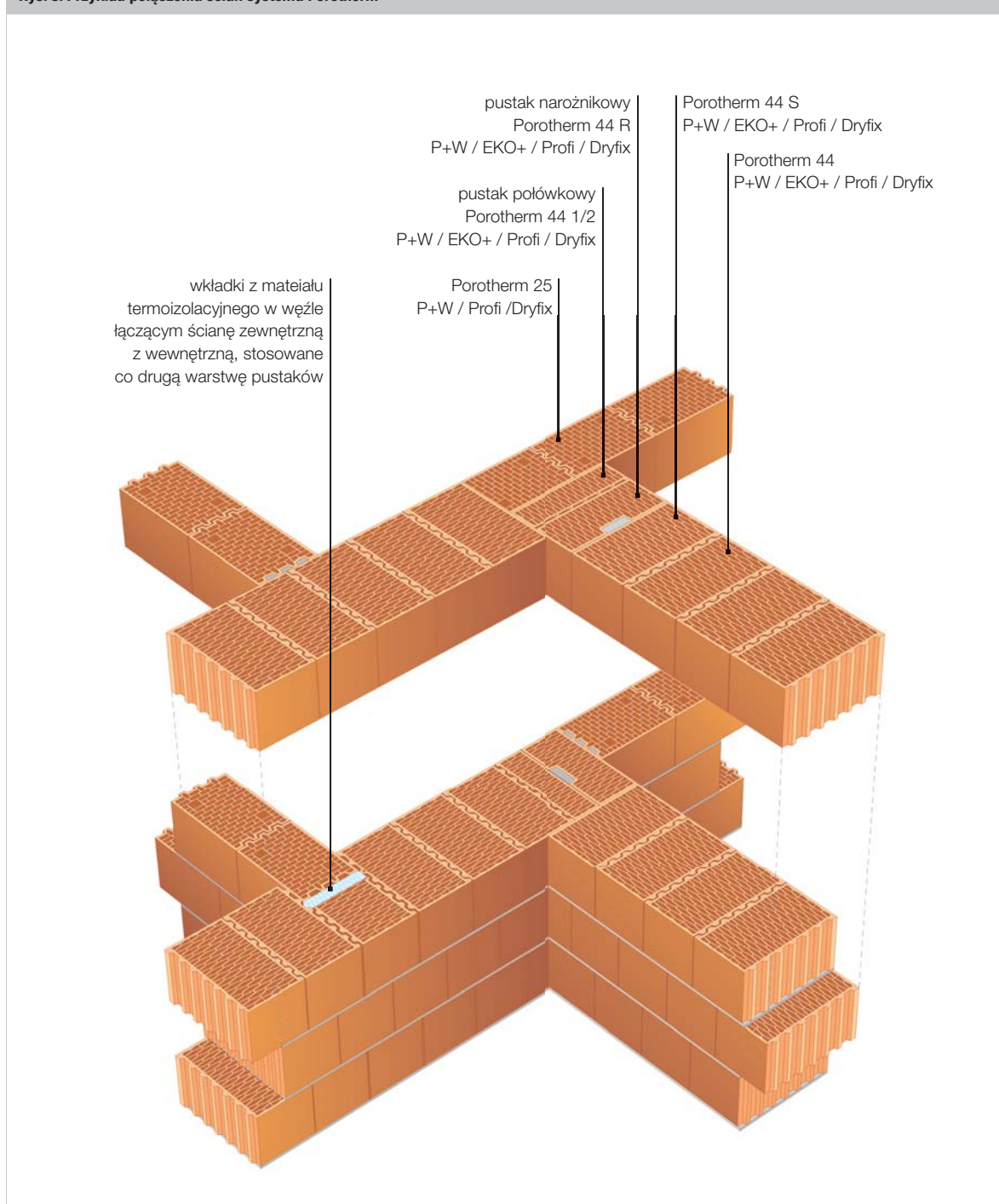
6. Wymagania i zalecenia wykonawcze

6.1. Wymagania konstrukcyjne

W konstrukcjach murowych systemu Porotherm należy stosować elementy odpowiednie do rodzaju muru, jego lokalizacji i wymaganej trwałości.

Minimalna grubość ścian murowych powinna być określona z uwzględnieniem konieczności zachowania stateczności konstrukcji. Według NA.7 normy [3] minimalna grubość ścian konstrukcyjnych z muru o wytrzymałości $f_k \geq 5$ MPa nie powinna być mniejsza niż 100 mm, w przypadku $f_k < 5$ MPa minimalna grubość nie powinna być mniejsza niż 150 mm. Minimalna grubość ścian usztywniających powinna wynosić 180 mm.

Rys. 8. Przykład połączenia ścian systemu Porotherm



Minimalny przekrój poprzeczny ściany nośnej wynosi $0,04 \text{ m}^2$, po uwzględnieniu wszystkich bruzd i wnęk.

Połączenia murowe w murach niezbrojonych powinny zachodzić na siebie tworząc jednolity element konstrukcyjny. Elementy o wysokości do 250 mm powinny zachodzić na siebie na długości co najmniej 0,4 wysokości elementu murowego (min 40 mm), w elementach wyższych zakład powinien być większy od 0,2 wysokości elementu (min. 100 mm). Zakład w narożnikach i połączeniach nie powinien być mniejszy od grubości elementu murowego.

Spoiny wsporne i spoiny pionowe wykonane z zapraw zwykłych (Porotherm P+W/EKO+/E3) powinny mieć grubość nie mniejszą niż 6 mm i nie większą niż 15 mm (zalecana 12mm), spoiny wykonane z zapraw do cienkich spoin (Porotherm Profi/Dryfix) nie powinny mieć grubości mniejszej niż 0,5 mm i nie większej niż 3 mm (zalecana 1mm). Nie zaleca się łączenia elementów ścian murowych Porotherm przy zastosowaniu różnych zapraw murarskich (tradycyjnych, na cienką spoinę i poliuretanowych).

W przypadku zastosowania pustaków Porotherm P+W (bez spoiny pionowej) dopuszczalna szerokość szczeliny pionowej (przy prawidłowym układaniu elementów) wynika z tolerancji wymiarowych pustaków (deklarowanych przez Producenta), powinna również uwzględniać uwarunkowania izolacyjne, akustyczne i ochrony przeciwpożarowej.

Ściany murowe skrupowane powinny mieć pionowe i poziome elementy wykonane z żelbetu (lub muru zbrojonego) zapewniające ich wzajemne połączenie. Elementy krępujące powinny być wykonane na poziomie każdej kondygnacji, w każdym odcinku pomiędzy ścianami i na obydwu bokach każdego otwory o powierzchni większej niż $1,5 \text{ m}^2$. Dodatkowo elementy te mogą być niezbędne w ścianach rozpiętości w pionie i poziomie powyżej 4,0 m. Elementy krępujące powinny mieć przekrój poprzeczny nie mniejszy niż $0,02 \text{ m}^2$, z mniejszym wymiarem powyżej 150 mm w płaszczyźnie ściany (oraz zbrojenie podłużne o minimalnym przekroju $0,8\%$ przekroju elementu krępującego (i nie mniej niż 200 mm^2 ; strzemiona o średnicy nie mniejszej niż 6 mm w rozstawie nie większym niż 300 mm).

W przypadku założenia w obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych usztywnienia ścian stropami lub dachem, elementy powinny być wzajemnie połączone w sposób pozwalający na przekazanie na elementy usztywniające obciążeń obliczeniowych prostopadłych do ich płaszczyzny przez:

- kotwy stalowe: ich rozstaw nie powinien być większy niż 2 m w przypadku budynku o wysokości do 4 kondygnacji i nie większy niż 1,25 m w przypadku budynków wyższych,
- tarcie między elementami,
- ścigi obwodowe (żelbetowe, stalowe, drewniane lub z muru zbrojonego) i wieńce: umieszczone na poziomie każdego stropu (lub bezpośrednio pod nim).

Połączenia między ścianami (skrzyżowania) powinny być połączone w taki sposób (Rys. 8÷9), aby pomiędzy nimi mogły być przekazywane wymagane obciążenia pionowe i prostopadłe do ich powierzchni. Ściany można połączyć za pomocą odpowiedniego przewiązania lub za pośrednictwem łączników systemowych (lub zbrojenia przedłużonego w każdą ze ścian).

Rys. 9. Przykład zastosowania kotew stalowych w połączeniu ścian murowanych na zaprawie tradycyjnej i cienkospoinowej



Wymagania i zalecenia wykonawcze

Ściany działowe z elementów Porotherm powinny być połączone z przylegającymi do nich ścianami nośnymi i stropami np. za pomocą stalowych kotew (ocynkowanych lub ze stali nierdzewnej) – Rys. 9, w styku ze stropem należy pozostawić szczelinę (zwykle grubości 10÷30 mm, w zależności od rozpiętości stropu i jego rzeczywistego ugięcia), którą należy wypełnić materiałem odkształcalnym (pianka montażowa).

Rys. 10. Przykład wykonywania mechanicznej bruzdy pionowej w ścianie murewej Porotherm



Ściany wypełniające z elementów systemu Porotherm nie przenoszą ciężaru konstrukcji, powinny jednak przenieść ciężar własny, ciężar tynku oraz ewentualnie ciężar innych warstw wykończeniowych (elewacyjnych) i obciążenie poziome od wiatru. Ściany wypełniające muszą dodatkowo spełniać wszystkie wymagania, które są związane z ich funkcją w budynku tj. wymagania wizualne, akustyczne, termiczne i odporności ogniowej.

Ściany wypełniające np. w żelbetowej konstrukcji szkieletowej budynku powinny być odpowiednio połączone ze wszystkimi elementami ustroju nośnego, w sposób nie ingerujący w pracę przestrzenną ustroju konstrukcyjnego. W przypadku ustrojów nośnych podlegających znacznym deformacjom, ściany wypełniające powinny być łączone z elementami konstrukcyjnymi za pomocą łączników metalowych i z pozostawieniem szczeliny umożliwiającej swobodne deformacje elementów.

W celu ograniczenia możliwości zarysowania ścian wypełniających należy bezwzględnie przestrzegać dopuszczalnych i rzeczywistych wartości ugięć stropów oraz deformacji elementów ustroju nośnego.

Ściany szczelinowe i licowe powinny być połączone za pomocą kotew ściennych w ilości nie mniejszej niż 4 na 1 m².

Bruzdy i wnęki w ścianach murewych nie powinny pogarszać ich stateczności, nie powinny również przechodzić przez nadproża lub inne elementy konstrukcyjne wbudowane w ścianę.

Redukcję nośności na obciążenia pionowe, ścinanie i zginanie można pominąć jeśli ich głębokość pionowych bruzd i wnęk jest nie większa od wartości $l_{ch,v}$ (Tab. 22).

Tabela 22. Wymiary bruzd pionowych i wnęk pomijalnych w obliczeniach

Grubość ściany [mm]	Bruzdy i wnęki wykonywane w gotowym murze		Bruzdy i wnęki wykonywane w trakcie wznoszenia muru	
	max. głębokość [mm]	max szerokość [mm]	min. wymagana grubość ściany [mm]	max szerokość [mm]
85 ÷ 115	30	100	70	300
116 ÷ 175	30	125	90	300
176 ÷ 225	30	150	140	300
226 ÷ 300	30	200	215	300
> 300	30	200	215	300

Pionowe bruzdy sięgające nie dalej niż na 1/3 wysokości ściany ponad stropem, mogą mieć głębokość do 80 mm i szerokość do 120 mm, jeżeli grubość ściany wynosi co najmniej 250 mm. Odległość w kierunku poziomym między bruzdami/wnękami nie powinna być mniejsza niż 225 mm. Odległość w kierunku poziomym między wnękami (po jednej lub po obu stronach ściany) nie powinna być mniejsza niż dwukrotna szerokość szerszej z dwóch wnęk. Łączna szerokość pionowych bruzd i wnęk nie powinna przekraczać 0,13 długości ściany.

Tabela 23. Wymiary bruzd poziomych i ukośnych pomijalnych w obliczeniach

Grubość ściany [mm]	Maksymalna głębokość [mm]	
	Długość bez ograniczeń	Długość poniżej 1250 mm
85÷115	0	0
116÷175	0	15
176÷225	10	20
226÷300	15	25
>300	20	30

Każda pozioma i ukośna bruzda powinna znajdować się pomiędzy 1/8 wysokości ściany nad stropem (pod stropem), głębokość bruzdy lub wnęki nie powinna być większa niż $t_{ch,v}$ (Tab. 23) pod warunkiem, że mimośród w obrębie bruzdy jest mniejszy niż 1/3. Odległość pozioma między końcem bruzdy i otworem powinna być nie mniejsza niż 500 mm. Odległość pozioma między bruzdami o ograniczonej długości (po jednej lub po obu stronach ściany) nie powinna być mniejsza niż dwukrotna szerokość szerszej z dwóch wnęk. W ścianach o grubości powyżej 150 mm z bruzdami wycinanymi maszynowo dopuszczalną głębokość bruzdy można zwiększyć o 10 mm, w ścianach o grubości powyżej 225 mm bruzdy wycinane maszynowo o głębokości do 10 mm można wykonywać obustronnie. Szerokość bruzdy nie powinna przekraczać połowy grubości ściany w miejscu bruzdy.

W celu uniknięcia uszkodzeń muru na skutek odkształceń termicznych i wilgotnościowych, pęcznienia i skurczu oraz możliwych skutków sił wewnętrznych (od obciążeń pionowych i prostopadłych do powierzchni muru) należy w konstrukcji ścian murowych przewidzieć przerwy dylatacyjne pionowe i poziome. Lokalizacja dylatacji powinna uwzględniać konieczność zachowania integralności konstrukcyjnej ściany. Pozioma odległość między dylatacjami pionowymi w zewnętrznych ścianach nienośnych nie powinna przekraczać (mury z elementów ceramicznych) wartości $l_m = 12$ m, przy czym odległość pierwszej dylatacji pionowej od usztywnionej krawędzi pionowej ściany nie powinna przekraczać $0,5 l_m$. W przypadku ścian szczelinowych zaleca się wykonywanie poziomych dylatacji warstwy zewnętrznej za pomocą stalowych wsporników kotwionych do warstwy wewnętrznej (z wypełnieniem dylatacji materiałem trwale plastycznym przeciwdziałającym wnikaniu wody opadowej do wnętrza ściany murowej).

Według NA1 normy [4] rozstaw dylatacji ustalać należy na podstawie analizy konstrukcji poddanej oddziaływaniom termicznym; analizy takiej można nie przeprowadzać dla budynków z oddzielną konstrukcją dachową i ocieplonym stropem nad najwyższą kondygnacją jeżeli odległości między dylatacjami nie przekraczają wartości zestawionych w Tabeli 24.

Tabela 24. Zalecana maksymalna odległość między dylatacjami pionowymi

Rodzaj muru	Odległość l_m [m]			
	Ściany szczelinowe		Ściany warstwowe	
	Warstwa zewnętrzna	Warstwa wewnętrzna	Spoiny pionowe wypełnione	Spoiny pionowe niewypełnione
Z ceramicznych elementów Porotherm	12	40	30	25

W przypadku konieczności kotwienia w elementach ściennych systemu Porotherm należy/zaleca się stosować łączniki przeznaczone do ceramicznych elementów drążonych np.:

- **przy obciążeniach do 10 kg:**
Wkręt-met typu SFXL lub SFXP, RawiPlug typu 4ALL-06+4540 lub 4ALL-08+5060, Fischer typu SX 6x30,50, SX 8x40,50,65, SX 10x50,80 (kotwy rozprężne plastikowe),
- **przy obciążeniach do 50 kg:**
Wkręt-met typu KPR-FAST-10K lub KPS-FAST-10S, RawiPlug typu R-FF1-N-10K100 lub R-FF1-N-10L100, Fischer typu SXRL 10x80,100,120 (kotwy rozprężne plastikowe),
- **przy obciążeniach powyżej 50 kg (lub występowania sił dynamicznych):**
Wkręt-met typu WCF-PESF, RawiPlug typu R-KEM-II-175, Fischer typu FIS V (kotwy chemiczne z żywicą)

Montaż kółków należy przeprowadzić po uprzednim precyzyjnym wykonaniu otworów (za pomocą wiertarki bezударowej) i ich starannym odpyleniu.

6.2. Podstawowe zasady wykonawstwa

Zasady wykonywania elementów konstrukcyjnych w systemie Porotherm (ściany, stropy, nadproża) przedstawiono w Tabelach 25÷30 [1].

Tabela 25. Wykonywanie ścian murowych w technologii Porotherm Dryfix



- Wypoziomowanie fundamentów (stropu), w miejscach, gdzie będą murowane ściany.
- Nałożenie warstwy zaprawy wyrównującej po ułożeniu pasów izolacji przeciwwilgociowej w miejscach, gdzie będzie murowana ściana.
- Niwelacyjne wyznaczenie najwyższego punktu fundamentów (stropu) za pomocą lasera - punkt bazowy podczas układania pierwszej warstwy pustaków.



- Ustawienie dwóch stojaków do wyrównywania (przy pomocy śrub nastawnych) na wysokość wyznaczoną niwelatorem.
- Ustalenie szerokość pasa zaprawy wyrównującej.
- Dodatkowe sprawdzenie równoległe położenie listew prowadzących.



- Rozpoczęcie nakładania zaprawy (po ustawieniu obu stojaków na odpowiednim poziomie).
- Wyrównanie warstwy podkładowej (o odpowiedniej konsystencji).
- Ściągnięcie nadmiaru zaprawy przy pomocy aluminiowej listwy (do poziomu listew prowadzących zestawu wyrównującego).



- Ułożenie pierwszej warstwy pustaków bezpośrednio na wyrównanej warstwie zaprawy.
- Rozpoczęcie murowania ścian zewnętrznych od ułożenia pustaków narożnikowych.
- Dalsze układanie pustaków pierwszej warstwy wzdłuż sznura murarskiego.
- Wyrównanie warstwy pustaków w obu kierunkach (przy pomocy gumowego młotka i poziomicy), bez nadmiernego wciskania w zaprawę.



- Odkurzenie i zwilżenie pustaków (w dodatnich temperaturach).
- Naniesienie na wyrównane rzędy pustaków zaprawy Porotherm Dryfix (puszka w pozycji pionowej): dwa równoległe paski zaprawy o średnicy min. 3 cm w odległości 5 cm od krawędzi pustaków; przy grubości ściany 11,5 cm jeden pas zaprawy na środku ściany.



- Prawidłowe wykonanie narożniki, wymaga użycia pustaków uzupełniających połówkowych i narożnikowych.
- Wiązanie pustaków w narożniku każdej warstwy musi być obrócone o 90° czyli prostopadłe względem pustaków warstwy poprzedniej (długość przewiązania minimum 10 cm).
- Przed zastosowaniem cegieł uzupełniających w narożniku ściany, zaprawę należy nanieść w dwóch pasach również na gładkiej, bocznej powierzchni pustaka.

Tabela 26. Wykonywanie ścian murowych w technologii Porotherm Profi



- Wyrównanie fundamentów (stropów) w miejscach, w których będą wznoszone ściany.
- Niwelacyjne wyznaczenie najwyższego punktu fundamentów (stropu) za pomocą lasera - punkt bazowy podczas układania pierwszej warstwy pustaków.



- Poziomowanie warstwy zaprawy wyrównującej za pomocą zestawu niwelacyjnego z łąką, zestawu wyrównującego (dwa stojaki ze zmiennym ustawieniem) i listwy aluminiowej o długości co najmniej 2 m.



- Nanoszenie i wyrównywanie zaprawy (o odpowiedniej konsystencji) pomiędzy stojakami.



- Wyrównanie zaprawy do poziomu aluminiowych listew prowadzących (o długości 3 m - dla jednej osoby lub długości 4 m - dla dwóch osób).
- Usunięcie nadmiaru zaprawy.



- Rozpoczęcie murowania ścian zewnętrznych od wyprowadzenia narożników; każdy pustak narożnikowy obrócony jest w porównaniu z pustakami narożnikowymi w warstwach sąsiednich o 90°.
- Ułożenie linki murarskiej pomiędzy ułożonymi pustakami narożnikowymi.
- Układani wzdłuż linki kolejnych pustaków pierwszej warstwy, (bezpośrednio na warstwę zaprawy wyrównującej), bez wciskania w zaprawę.



- Wyrównanie pustaków pierwszej warstwy w obu kierunkach za pomocą gumowego młotka i poziomicy.
- Kontrola prawidłowej konsystencji zaprawy (utrzymuje się bez zmian przez maksymalnie dwie godziny).
- Sprawdzenie jakości ułożenia pierwszej warstwy pustaków; różnica poziomów górnej powierzchni pustaków nie powinna przekraczać 1 mm.
- W przypadku wysokiej temperatury i suchego powietrza podczas murowania należy zapobiec szybkiemu oddawaniu wody przez zaprawę poprzez nawilżenie warstwy pustaków tuż przed jej nanoszeniem.



- Układanie drugiej warstwy pustaków na zaprawie do cienkich spoin Porotherm Profi, za pomocą wałka lub przez namaczanie pustaków w zaprawie.
- Połączenia ścian z zastosowaniem namoczonych w zaprawie kotew ze stali nierdzewnej (umieszczonych w co drugie spoinie). W miejscu ułożenia płaskich łączników można pustaki lekko przeszlirować specjalnym pilnikiem, aby grubość spoiny łączącej była równomierna.



- Podczas układania pustaków kolejnych warstw należy wykorzystywać połączenie pióro + wpust tak, aby dolną krawędź układanego pustaka można było oprzeć o górną część pustaka już ułożonego i opuścić wzdłuż wpustów w dół na dolną warstwę.
- Pustaków nie wolno dosuwać do siebie po pustakach warstwy dolnej (z naniesioną zaprawą do cienkich spoin), aby nie doszło do starcia cienkiej warstwy zaprawy.

Tabela 27. Wykonywanie ścian murowanych w technologii tradycyjnej (Porotherm P+W, Porotherm AKU, Porotherm E3)



- Wykonanie na ścianie fundamentowej (lub piwnicznej) pod pierwszą warstwą pustaków, izolacji ze specjalnej folii lub papy, układanej pasami łączonymi na co najmniej 10-centymetrowy zakład.



Przygotowanie zaprawy:

- do murowania zewnętrznych ścian jednowarstwowych zalecane jest użycie gotowej lekkiej zaprawy ciepłochronnej na bazie perlitu Porotherm TM,
- do ścian zewnętrznych warstwowych z dodatkową warstwą ocieplenia oraz do wszystkich ścian wewnętrznych należy stosować zwykłą zaprawę murarską cementowo-wapienną np. Porotherm M50 o odpowiedniej konsystencji.



- Podłoże pod pierwszą warstwą pustaków musi być równe. Wypoziomowanie podłoża przy pomocy poziomicy wężowej albo za pomocą niwelatora.



- Ułożenie warstwy wyrównawczej z zaprawy murarskiej rozłożonej równomiernie na całej szerokości muru.
- W przypadku murowania pustaków na fundamencie warstwę wyrównawczą układa się na poziomej izolacji.



- Rozpoczęcie murowania ścian zewnętrznych od narożników.
- Zależnie od rodzaju pustaków przeznaczonych na ściany jednowarstwowe, narożnik można wykonać tylko z podstawowych elementów pełnowymiarowych (bez konieczności wypełniania spoiny pionowej) lub przy użyciu elementów uzupełniających: połówkowych i narożnikowych (zaprawa naniesiona na boczną powierzchnię pustaka lub kieszeri).
- Sprawdzenie poziomu warstwy i lekkie docisknięcie pustaków gumowym młotkiem.



- Ułożenie w każdym narożniku minimum trzech warstw pustaków (naprzemiennie przed wypełnieniem odcinków ścian pomiędzy nimi „wyciąganie narożników”).
- Kontrola jednakowego poziomu kolejnych warstw pustaków we wszystkich narożnikach.



- Kontrola pionowego wykonania muru przy użyciu poziomicy, po ułożeniu każdej kolejnej warstwy pustaków w narożniku.
- Kontrola poziomego ułożenia pustaków pomiędzy narożnikami za pomocą rozciągniętego sznurka murarskiego.



- Układanie kolejnych warstw pustaków na zaprawie (spoina pozioma) nakładanej równomiernie kielnią murarską, nakładając ją kielnią murarską.
- Grubość warstwy zaprawy po wmurowaniu pustaków powinna wynosić 6÷15 mm (optymalnie 12 mm).
- Rozkładanie zaprawy w postaci pasów wzdłuż krawędzi muru jest dopuszczalne tylko pod warunkiem obliczeniowego sprawdzenia nośności muru z uwzględnieniem rzeczywistej szerokości spoiny.



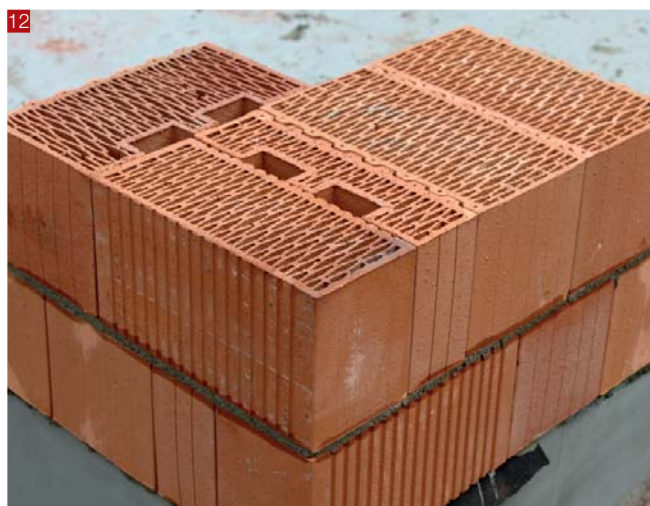
- Łączenie pustaków kolejno wmurowywanych w warstwę na pióro i wpust (bez konieczności wypełnienia spoiny pionowej).
- Aby uniknąć zrolowania się zaprawy, pustaki trzeba wsuwać od góry w wyprofilowania już ustawionych elementów i dopiero potem dociskać do zaprawy.



- Kontrola zachowanie jednego poziomu dla wszystkich pustaków układanych w warstwie za pomocą sznurka murarskiego rozpiętego pomiędzy gotowymi narożnikami.
- Ustawienie pustaka dopasowuje się do wysokości sznurka i ułożenia innych pustaków (przy wykorzystaniu gumowego młotka).



- Sprawdzenie poziomu pustaków w narożnikach za pomocą pionowej łąty z naniesionymi poziomami kolejnych warstw.
- Rozpoczęcie murowania kolejnych warstw ściany.



- Układanie pustaków w kolejnych warstwach w sposób zapewniający prawidłowe ich przewiązanie.
- Spoiny pionowe w sąsiadujących ze sobą warstwach w żadnym wypadku nie mogą się pokrywać, muszą być przesunięte (zalecane pół pustaka) o co najmniej 0,4 wysokości pustaka. Przewiązanie elementu murowego uzupełniającego (pustaki docinane) nie może być mniejsze niż 4 cm. Przewiązania takie nie powinny pokrywać się ze sobą w kolejnych warstwach.



- Wewnętrzną ścianę nośną z pustaków PoroTherm najlepiej budować równocześnie ze ścianą zewnętrzną. Łączy się je ze sobą wpuszczając w co drugiej warstwie pustak ściany wewnętrznej na głębokość 10÷15 cm w ścianę zewnętrzną. Połączenie musi być ocieplone 5 cm warstwą styropianu.
- W pozostałych warstwach pierwszy pustak ściany wewnętrznej wystarczy dostawić do ściany zewnętrznej i połączyć z nią zaprawą murarską. Jeżeli ściana wewnętrzna będzie wznoszona później, należy przewidzieć możliwość wsunięcia jej pustaków w ścianę zewnętrzną poprzez wykonanie „strzępi”.



- Ściany działowe zwykle buduje się po wymurowaniu ścian nośnych (zewnętrznych i wewnętrznych), z wcześniejszym zamontowaniem w nich stalowych kotew ocynkowanych lub ze stali nierdzewnej, jednym końcem zatopionych w zaprawie tworzącej poziomą spoinę ściany nośnej, a drugim w poziomej spoinie ściany działowej.
- Po wymurowaniu ściany działowej ewentualną szczelinę pomiędzy ścianą a stropem (zwykle 1 do 3 cm i uwzględniającej rzeczywiste ugięcia stropu) wypełnia się pianką montażową lub innym materiałem odkształcalnym.



- Pustaki docięte powinny się wmurowywać w środkowej części ściany, możliwie jak najdalej od jej narożników.
- Układając pustaki docięte w kolejnych warstwach, trzeba zachować przesunięcie spoiny pionowej na minimum 4 cm względem spoiny w sąsiedniej warstwie pustaków.
- Wypełnienie zaprawą pionowych połączeń pomiędzy pustakami dociętymi a pełnowymiarowymi.



- Wykonanie pionowych spoin z zaprawy jest konieczne w połączeniu dociętych pustaków z pełnowymiarowymi.
- W połączeniach z wyprofilowaniem na pióro i wpust, boczna powierzchnia jednego pustaka musi być zespolona z gładką czołową powierzchnią innego pustaka (naroża i skrzyżowania ścian).
- Spoiny pionowe należy wykonać przy łączeniu narożnych elementów kieszeniowych, skrzyżowaniach ścian.

Tabela 28. Wykonywanie nadproży wysokich Porotherm 23.8



- Ułożenie belek nadprożowych stroną węższą na zaprawie cementowej grubości 12 mm, w szczególnych przypadkach można stosować drewniane kliny.
- Pojedyncze belki można układać ręcznie, jeżeli istnieje możliwość zastosowania urządzenia podnoszącego (np. wyciągu dźwigowego), korzystniej jest stosować zestaw belek nadprożowych.



- Wprowadzenie izolacji termicznej.



- Związanie belek miękkim drutem w celu zabezpieczenia ich przed przewróceniem.



- Wypełnienie szczeliny między belką nadprożową i ścianą murową, tradycyjną zaprawą murarską.

Tabela 29. Wykonywanie nadproży niskich Porotherm 11.5



- Ułożenie belek nadprożowych na wypoziomowanym murze, na zaprawie cementowej gr. 12 mm.



- Wprowadzenie podpór montażowych (przed rozpoczęciem wykonania konstrukcji ściennej nad nadprożem), rozstawionych równomiernie (odległość między podporami nie powinna przekraczać 1 m).
- Podpory zaleca się usunąć dopiero po dostatecznym stwardnieniu zaprawy, tj. po upływie 7-14 dni.



- Wymurowanie konstrukcji murowej na belkach nadprożowych.



- Układ belek nadprożowych zależy od grubości i przeznaczenia ściany (z izolacją lub bez). W zależności od wymaganej nośności nadproża te mogą być nadmurowane jedną (lub więcej) warstwą cegieł pełnych ze spoiną pionową i/lub z ewentualną warstwą betonu konstrukcyjnego.

Tabela 30. Wykonywanie stropów gęsto żebrowych Porotherm



- Nakładanie tradycyjnej zaprawy cementowej (warstwa ok. 20 mm) na ściany murowe w miejscach oparcia stropu.



- Montaż belek stropowych.
- Kontrola rozstawu za pośrednictwem pustaków stropowych (wstawionych na końcach belki).



- Sprawdzenie głębokości oparcia belek stropowych (zalecana długość oparcia b wynosi 125 mm).
- W przypadku przycinania pustaków stropowych maksymalna odległość osi skrajnej belki stropowej od lica ściany powinna zapewniać minimalną głębokość oparcia pustaka stropowego na ścianie, tj. 25 mm.
- Maksymalna odległość wynosi natomiast: 500 mm dla stropu o rozstawie osiowym 625 mm oraz 375 mm dla stropu o rozstawie osiowym 500 mm.



- Ustawienie podpór montażowych prostopadle do belek stropowych (w rozstawie nie większym niż 1,8 m), na stabilnym podłożu i w równych odstępach.
- Podparcie belek podporowych (stemplowanie) w kierunku prostopadłym do osi belek stropowych, w rozstawie co 1,5 m.
- Liczba podpór montażowych zależy od rozpiętości stropu w świetle podpór stałych.



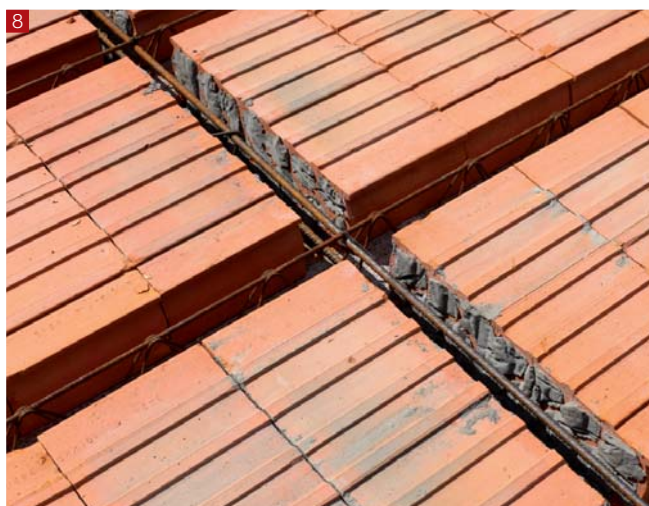
- Wypiętrzenie belek stropowych do wymaganej wartości strzałki odwrotnej.



- Układanie pustaków stropowych (z pomostów roboczych)



- Umieszczenie zbrojenia podporowego nad podporami stałymi zgodnie z dokumentacją techniczną.
- Obmurowanie wieńca (z dociepleniem).



- Wykonanie w stropach o rozpiętości powyżej 4,0 m, żeber rozdzielczych: 1 żebro rozdzielcze przy rozpiętości stropu do 6 m, 2 żebra rozdzielcze przy rozpiętości stropu powyżej 6 m.
- Żebra rozdzielcze należy prowadzić przez całą szerokość stropu, do ścian lub podciągów (wieńców stropowych) usytuowanych równoległe do belek stropowych, a ich zbrojenie zakotwić w wieńcu.

Wymagania i zalecenia wykonawcze



- Niewielkie otwory w stropie można wykonywać nawiercając strop (w pustakach) po jego wykonaniu lub poprzez rozsuniecie pustaków podczas montażu stropu oraz ewentualne wykonanie deskowania i wylewki uzupełniającej.
- Większe otwory w stropie wykonuje się, stosując tzw. wymiary o wymiarach i zbrojeniu według dokumentacji technicznej (często z wykorzystaniem pustaków stropowych Porotherm o wys. 80 mm).



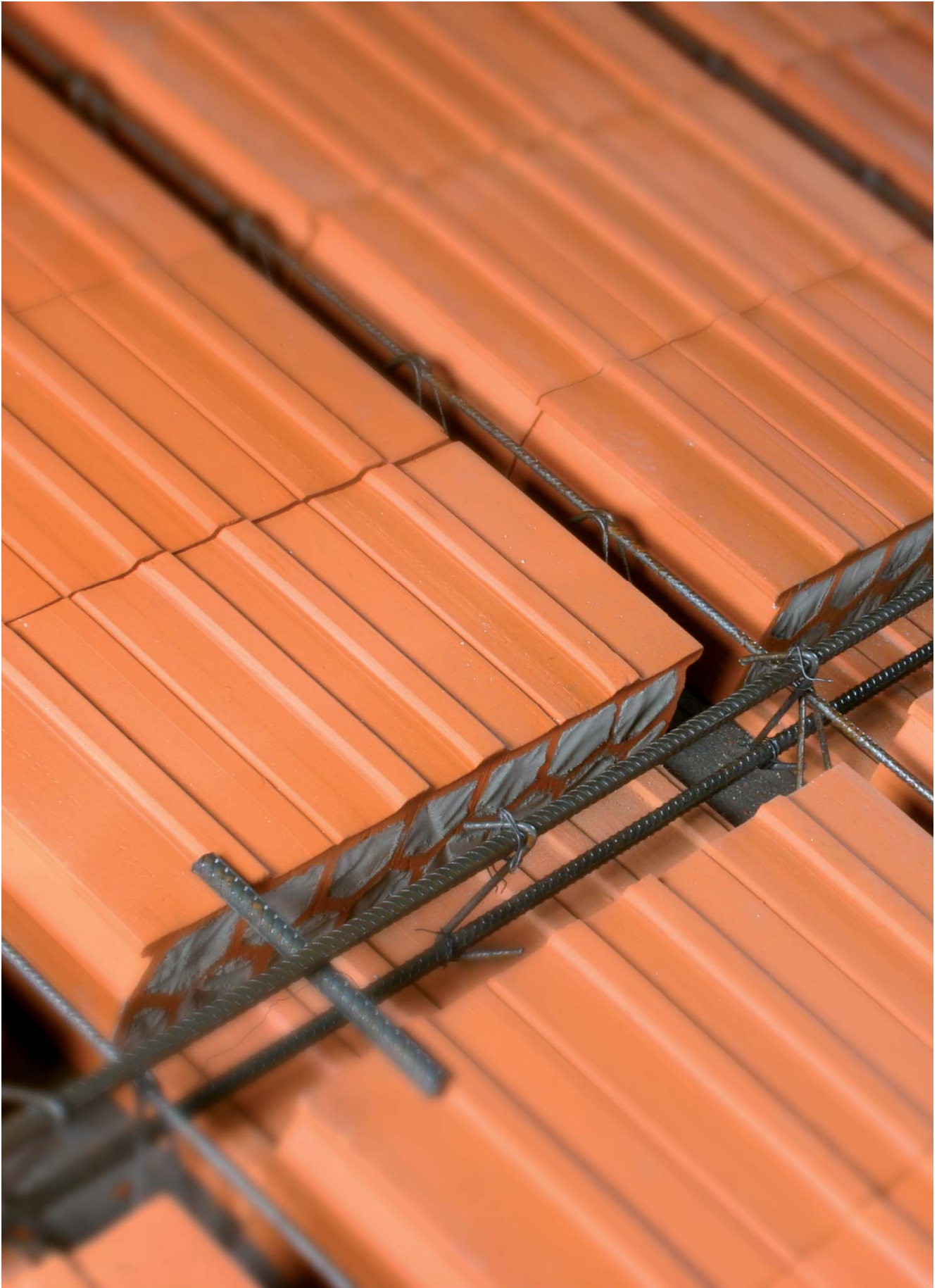
- Wprowadzenie wzmocnień w miejscach projektowych ścianek działowych (np. podwójne belki stropowe, dodatkowe żebra żelbetowe).



- Sprawdzenie poprawności wykonanych prac montażowych, usunięcie zanieczyszczeń (liści, trocin itp.) oraz zwilżenie (zmoczenie) elementów stropowych.



- Betonowanie stropu, zwracając uwagę na dokładne wypełnienie mieszanką betonową wszystkich elementów stropu (belki, żebra, wieńce).



6.3. Odchyłki wymiarowe

Wszystkie roboty budowlane należy prowadzić zgodnie z wymaganiami [4] i zachowaniem odchyłek dopuszczalnych.

Odchyłki wymiarowe wykonanej konstrukcji murowej nie powinny przekraczać wartości podanych w specyfikacji projektowej i w zgodności z wartościami podanymi w Tab. 31

Tabela 30. Wykonywanie stropów gęsto żebrowych Porotherm

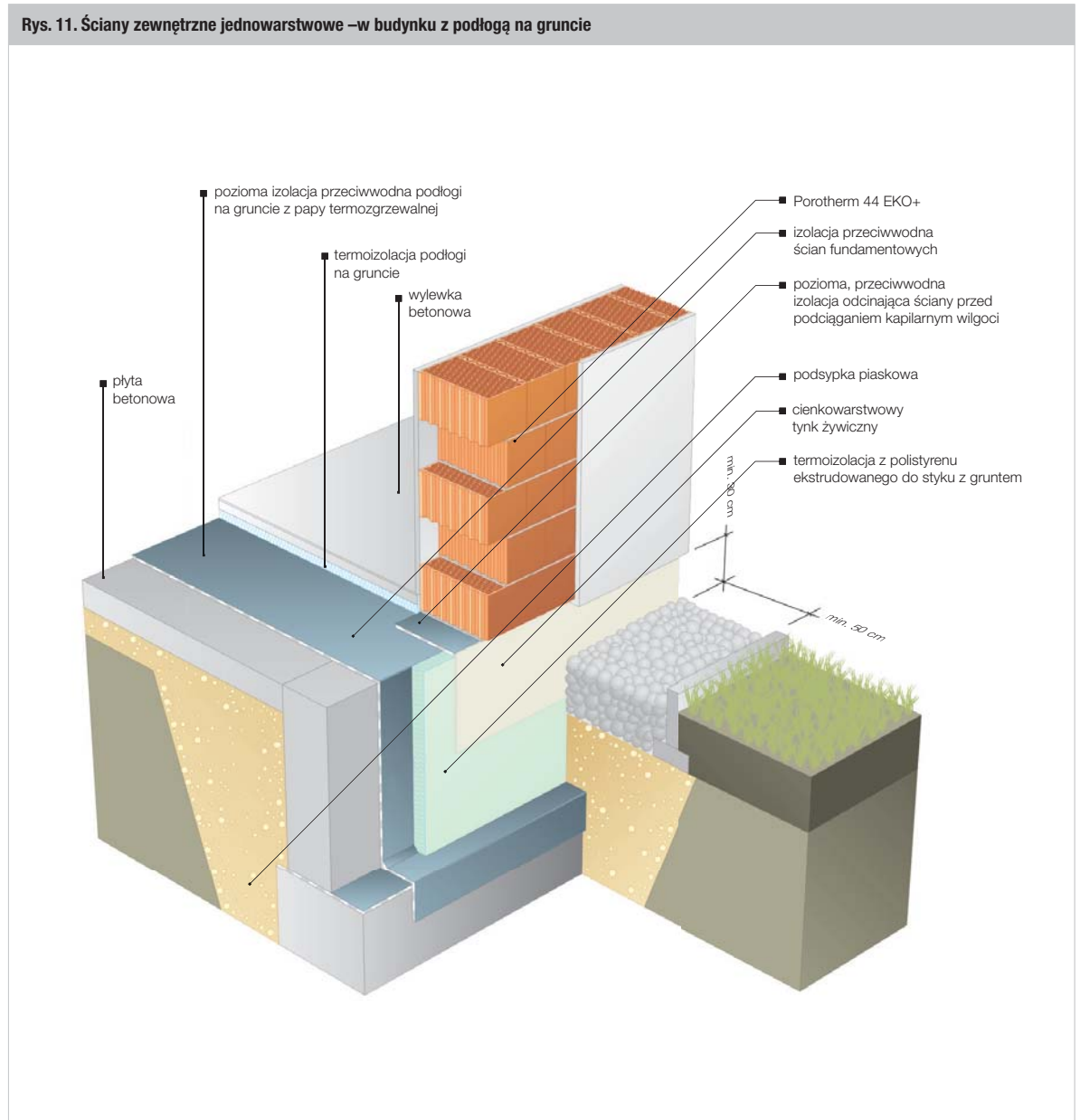
Położenie	Odchyłka dopuszczalna
Odchyłka od pionu	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ na każdej kondygnacji ▪ na wysokości budynku (trzy kondygnacje lub wyższy) ▪ przesunięcie w pionie 	±20 mm ±50 mm ±20 mm
Odchyłka od poziomu	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ na każdym metrze ▪ na 10 metrach 	±10 mm ±50 mm
Grubość elementu	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ warstwy ściany* ▪ całej ściany szczelinowej 	max (±5 mm lub 5% grubości warstwy) ±10 mm

*wyluczając warstwy o grubości lub długości jednego elementu murowego, gdzie tolerancje wymiarowe odpowiadają tolerancji grubości warstwy

Przy wykonywaniu ścian murowych z elementów systemu Porotherm należy przestrzegać zasad podanych w pkt. 6.1, w szczególności dot. wiązania elementów murowych (również przycinanych), połączeń ścian i jakości spoin poziomych i pionowych.

6.4. Szczegóły konstrukcyjne

Wybrane [1] szczegóły elementów konstrukcyjnych systemu Porotherm przedstawiono na Rys. 10-14.



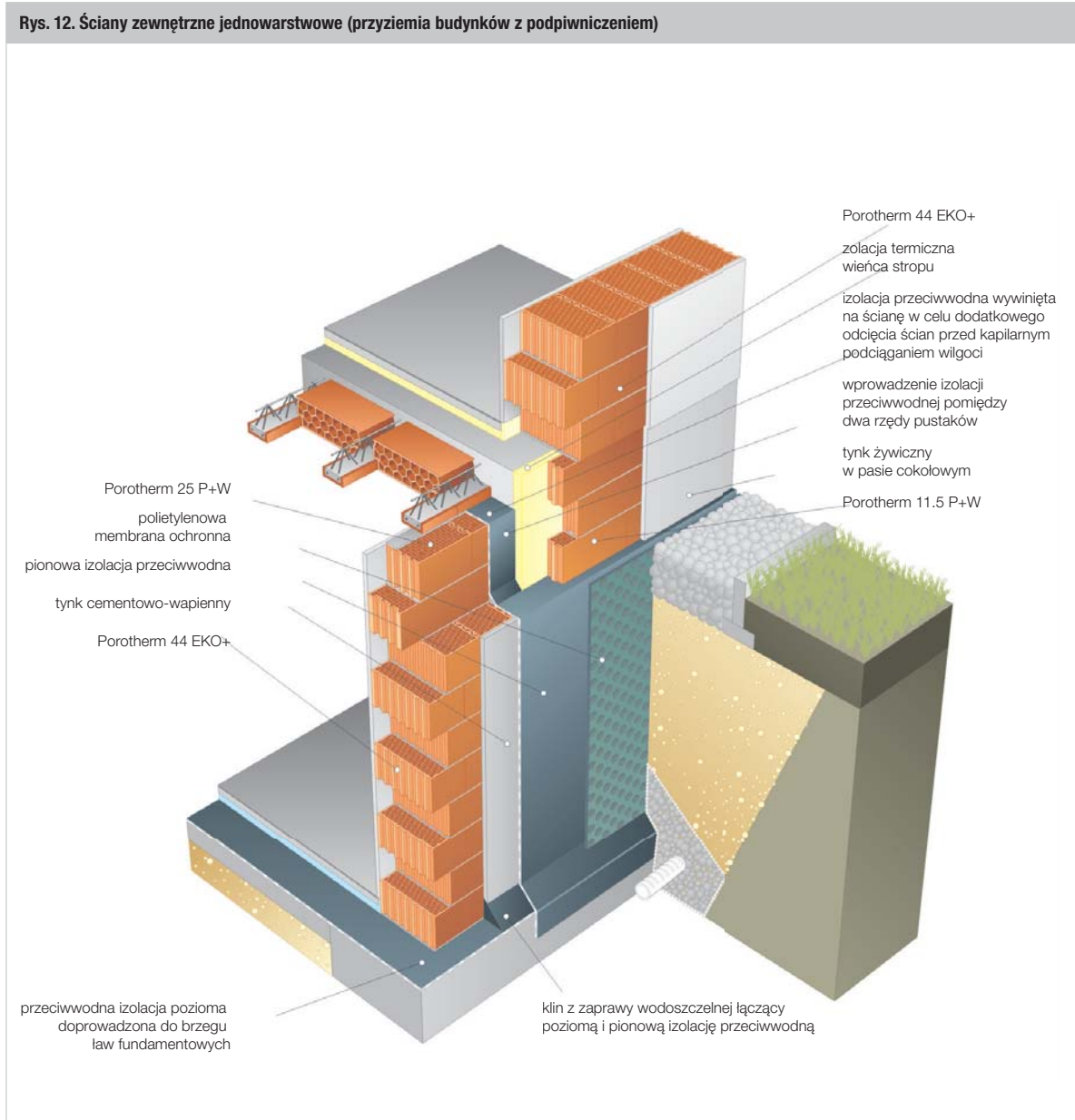
Ławy fundamentowe w budynku niepodpiwniczonym (Rys. 11) powinny znajdować się na głębokości poniżej strefy przemarzania gruntu tj. dla polskiej strefy klimatycznej od -0,8 do -1,4 m. Z tego względu ściany fundamentowe są stosunkowo wysokie i najczęściej wykonywane z betonu. Pionowa izolacja przeciwwodna ścian fundamentowych jest połączona z poziomą izolacją przeciwwodną podłogi na gruncie.

Pozioma, odcinająca izolacja przeciwwodna, chroniąca ściany przed kapilarnym podciąganiem wilgoci powinna się znajdować powyżej zasięgu odpryskującej wody deszczowej, tj. min. 30 cm ponad otaczającym terenem. Z tego względu, jeżeli podłoga na gruncie jest wykonana na poziomym terenie, izolacja odcinająca znajduje się powyżej podłogi.

Podłoga na gruncie we wnętrzu budynku niepodpiwniczonego musi być zabezpieczona przed przemarzaniem.

Najskuteczniejszym rozwiązaniem jest pionowa termoizolacja sięgająca 1 m poniżej poziomu podłogi oraz termoizolacja pozioma na całej powierzchni podłogi.

Rys. 12. Ściany zewnętrzne jednowarstwowe (przyziemia budynków z podpiwniczeniem)



Niezawodne rozwiązanie przyziemia w budynku podpiwniczonym (Rys. 12) wymaga starannego i przemyślanego wykonania izolacji przeciwwilgociowych.

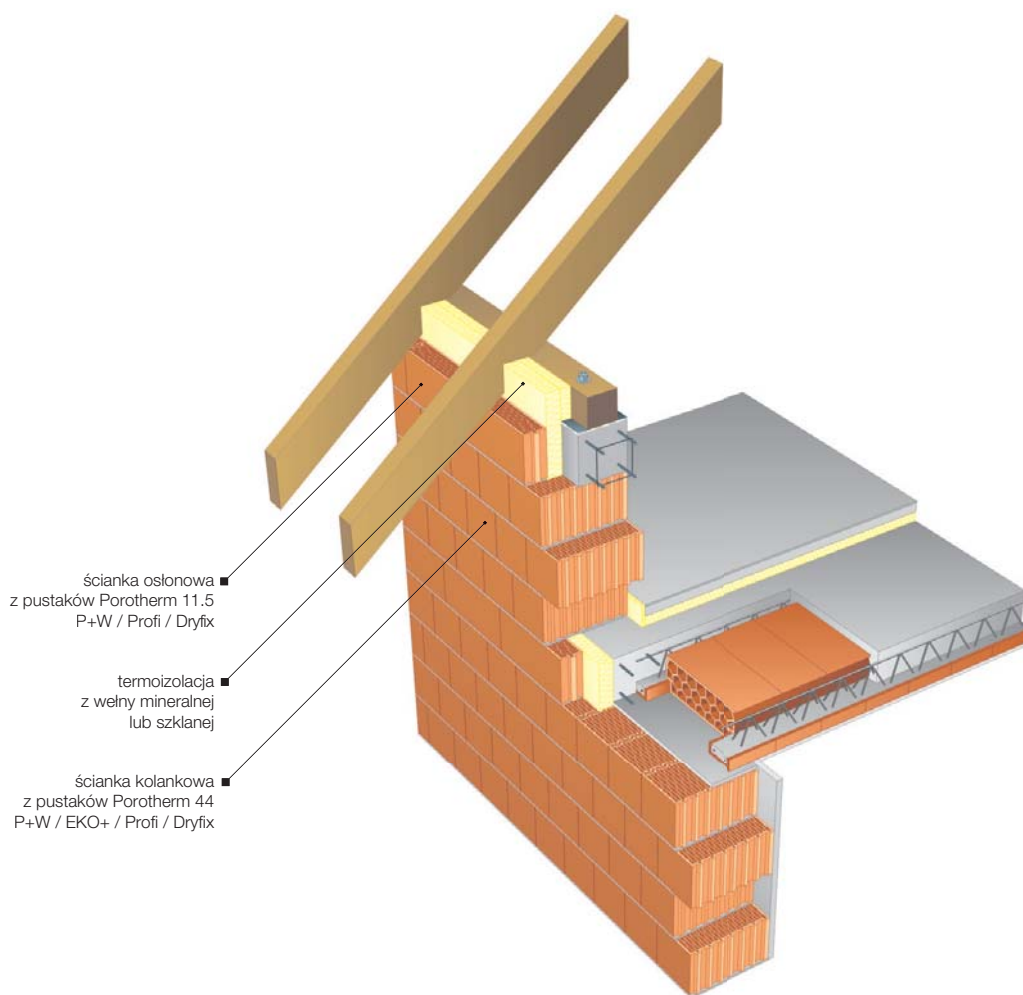
Przeciwwodna izolacja pozioma podłogi w piwnicy jest doprowadzona do zewnętrznego brzegu ław fundamentowych.

Po wymurowaniu ścian piwnicznych stanowi ona zabezpieczenie przed kapilarnym podciąganiem wilgoci w strukturę muru.

Izolacja pionowa ścian piwnicznych jest wywnięta na ławy fundamentowe. Klin z zaprawy wodoszczelnej dodatkowo uszczelnia styk ław fundamentowych ze ścianami.

Ściana piwniczna wykonana jest w części poniżej poziomu terenu z pustaków Porotherm 44 EKO+. Izolacja przeciwwodna jest dodatkowo zabezpieczona membraną polietylenową przed uszkodzeniami mechanicznymi związanymi z naporem ziemi zasypowej. Powyżej poziomu terenu ściana piwniczna wykonana jest z pustaków Porotherm 25 P+W i Porotherm 11.5 P+W, co pozwala wprowadzić docieplenie oraz izolację przeciwwodną pomiędzy dwie warstwy pustaków i wywnięć ją na ścianę

Rys. 13. Ściany zewnętrzne jednowarstwowe (ściany kolankowe poddaszy)



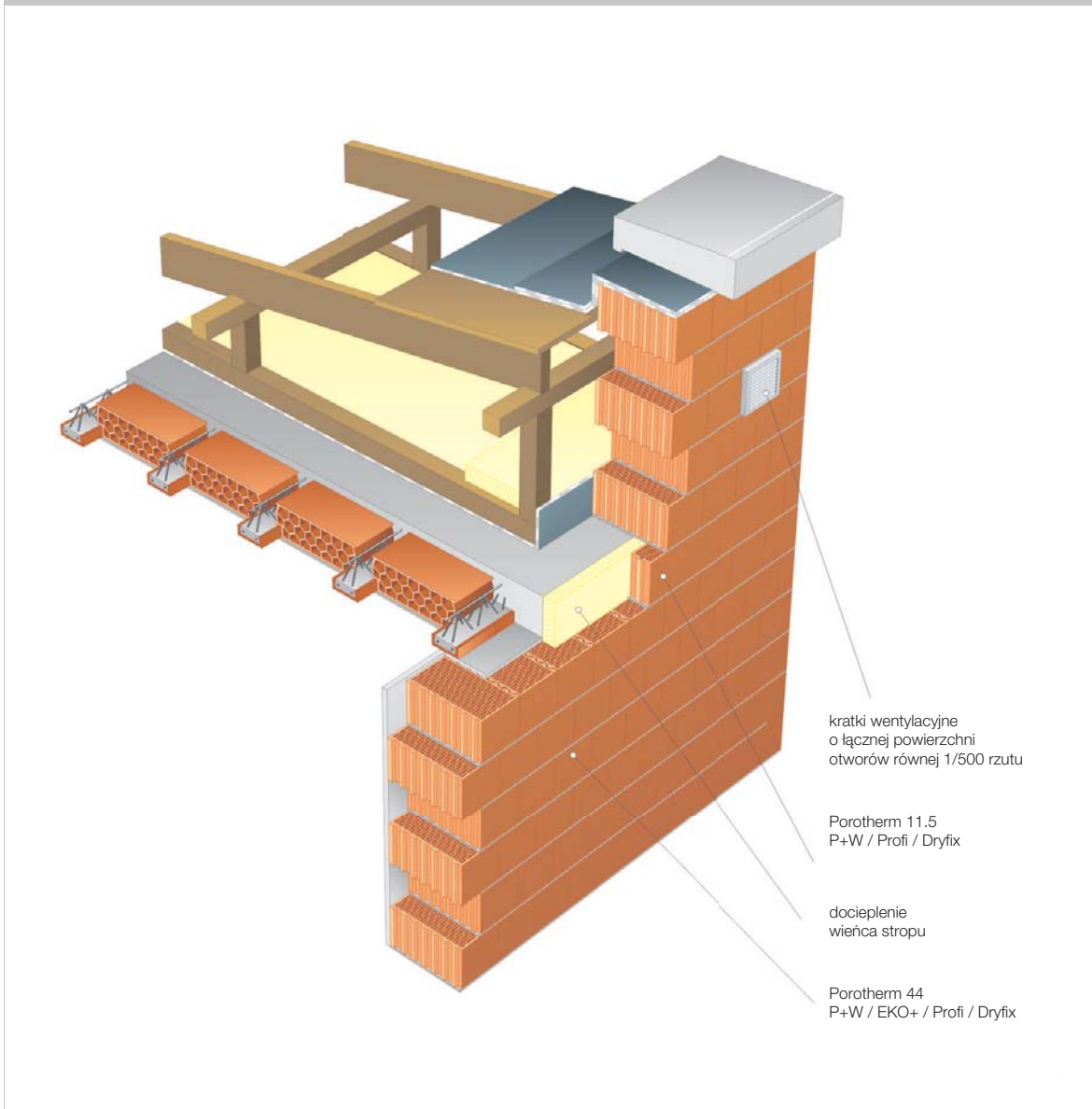
W budynkach ze skośnymi dachami (Rys. 13) przestrzeń poddasza jest zazwyczaj wykorzystywana jako powierzchnia użytkowa.

Aby skosy dachowe nie pomniejszyły tej powierzchni wykonuje się ścianki kolankowe, podnoszące więźbę dachową.

Ścianę wykonaną z pustaków Porotherm 44 P+W / Profi / DRYFIX, kontynuuje się ponad wieńcem stropu nad ostatnią kondygnacją, jako ściankę kolankową.

Celem skutecznego zabezpieczenia ścianek kolankowych przed siłami rozporu więźby dachowej, należy dodatkowo wykonać wieńiec żelbetowy pod murlatą. Wieniec ścianki kolankowej powinien posiadać termoizolację oblicowaną od zewnątrz pustakami Porotherm 11.5 P+W lub Porotherm 8 P+W. Termoizolacja wieńca łączy się z termoizolacją połaci dachowych.

Rys.14. Ściany zewnętrzne jednowarstwowe - ściany attykowe stropodachów

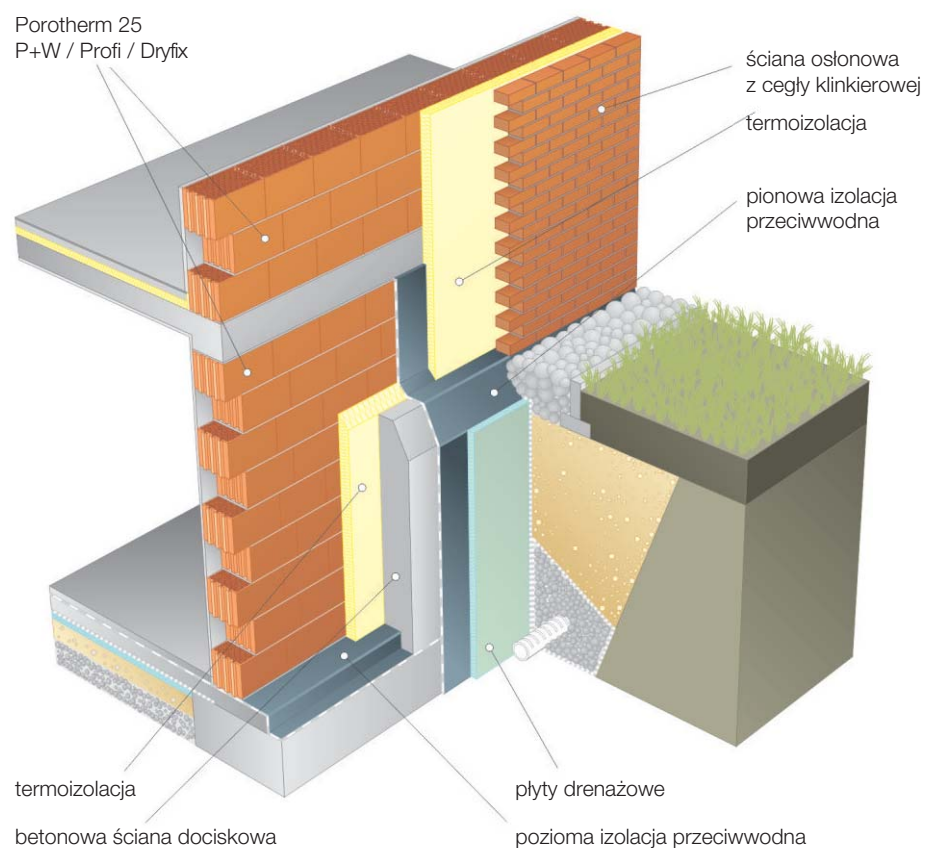


W stropodachu dwudzielnym z przestrzenią wentylowaną ściana attykowa (Rys. 14) powinna być niezależna od konstrukcji samego stropodachu. Ściana attykowa jest zwierczona ofasowaniem z blachy lub elementem betonowym, który przykrywa wywiniętą na ścianę izolację wodoszczelną. W ścianie attykowej należy przewidzieć otwory wentylacyjne nawiewu i wywiewu o łącznej powierzchni równej 1/500 powierzchni przestrzeni wentylowanej. Stosowanie paroizolacji w stropodachach wentylowanych jest zależne od wyniku obliczeń cieplno-wilgotnościowych.

W przypadku stropodachu pełnego attyka jest podniesiona około 30 cm ponad warstwę wierzchnią stropodachu.

W stropodachach pełnych o tradycyjnym układzie warstw na stropie wykonuje się paroizolację, która chroni termoizolację przed kondensacją pary wodnej przenikającej przez przegrodę. W stropodachach pełnych, "odwróconych" paroizolacja nie jest stosowana, gdyż warstwa wodoszczelna znajduje się pod termoizolacją i zjawisko kondensacji nie zachodzi.

Rys. 15. Ściany zewnętrzne jednowarstwowe (ściany kolankowe poddaszy)



Ściany piwniczne w układzie trójwarstwowym z zastosowaniem pustaków Porothem nie są rozwiązaniem zalecanym do stosowania poniżej poziomu terenu, ponieważ szczelina ściany trójwarstwowej sprowadzona do poziomu ław fundamentowych jest trudna do zabezpieczenia przeciwwodnego a ponadto, zewnętrzna ściana osłonowa murowana z cegły o grubości tylko 12 cm mogłaby zostać uszkodzona pod naporem ziemi zasypowej.

Zalecane rozwiązania w strefie przyziemia budynku to oparcie ściany trójwarstwowej na szerszej ścianie jednowarstwowej lub wykonanie ściany trójwarstwowej z wytrzymałą, betonową ścianą dociskową.

Rozwiązanie z betonową ścianą dociskową wylaną na mokro przedstawiono na Rys. 15.

Ścianę dociskową można również wykonać jako ściankę murowaną z bloczków betonowych.

7. Warunki techniczne odbioru konstrukcji

Podstawę do odbioru technicznego robót murowych stanowi formalne potwierdzenie:

- zgodności wykonania konstrukcji z dokumentacją techniczną,
- jakości zastosowanych materiałów i wyrobów budowlanych,
- prawidłowości wykonania konstrukcji

Ocena wykonania konstrukcji murowych powinna być przeprowadzona w trakcie odbioru poszczególnych etapów prac budowlanych i w czasie odbioru końcowego. Wyniki kontroli powinny być wpisane do protokołu odbioru i dziennika budowy.

Zgodność wykonania konstrukcji z dokumentacją techniczną (projektem wykonawczym i specyfikacją techniczną) powinna być określona na podstawie oceny makroskopowej i pomiarów geometrycznych (przeprowadzonych z dokładnością do 1 mm), przy uwzględnieniu dopuszczalnych odchyłek wymiarowych (według pkt. 6).

Ocenę jakości materiałów i wyrobów budowlanych w konstrukcji murowej należy przeprowadzić na podstawie dokumentów świadczących o dopuszczeniu do obrotu wyrobów budowlanych tzn:

- deklaracji właściwości użytkowych, w przypadku istnienia norm zharmonizowanych (hEN) wyrobu, europejskiej aprobaty/oceny technicznej (zobowiązujące do oznakowania wyrobu znakiem CE),
- krajowe deklaracje zgodności z niezharmonizowaną Polską Normą wyrobu lub aprobatą/oceną techniczną, upoważniające do oznakowania wyrobu znakiem budowlanym B.

Jakość wykonania konstrukcji murowych należy określić na podstawie:

- oceny prawidłowości wiązania elementów w murze,
- kontroli grubości spoin,
- kontroli odchylenia powierzchni muru od płaszczyzny i prostoliniowości krawędzi muru,
- sprawdzenie pionowości muru i poziomu warstw murowych,
- sprawdzenie kątów (między przecinającymi się płaszczyznami murów),
- kontroli poprawności wykonania ścian działowych i innych detali konstrukcyjnych (nadproży, gzymsów, przerw dylatacyjnych i in.).

Podczas odbioru końcowego konstrukcji murowych sprawdzeniu i ocenie powinny być poddane:

- wymiary konstrukcji w rzucie poziomym i jej rzędne wysokościowe,
- podstawowe cechy geometryczne elementów konstrukcji (zgodność z projektem),
- jakość elementów murowych i wyrobów dodatkowych (na podstawie deklaracji zgodności lub deklaracji właściwości użytkowych, oceny makroskopowej lub dodatkowo za pomocą badań nieniszczących),
- jakość wykonania poszczególnych etapów robót murowych (na podstawie odbiorów częściowych).

Protokół odbioru końcowego wykonania konstrukcji murowej powinien zawierać:

- podsumowanie wyników badań i kontroli,
- stwierdzenie zgodności/niezgodności wykonania konstrukcji z dokumentacją techniczną,
- wykaz ewentualnych usterek (ze wskazaniem sposobu ich usunięcia),
- wnioski o możliwości wykonania robót wykończeniowych.

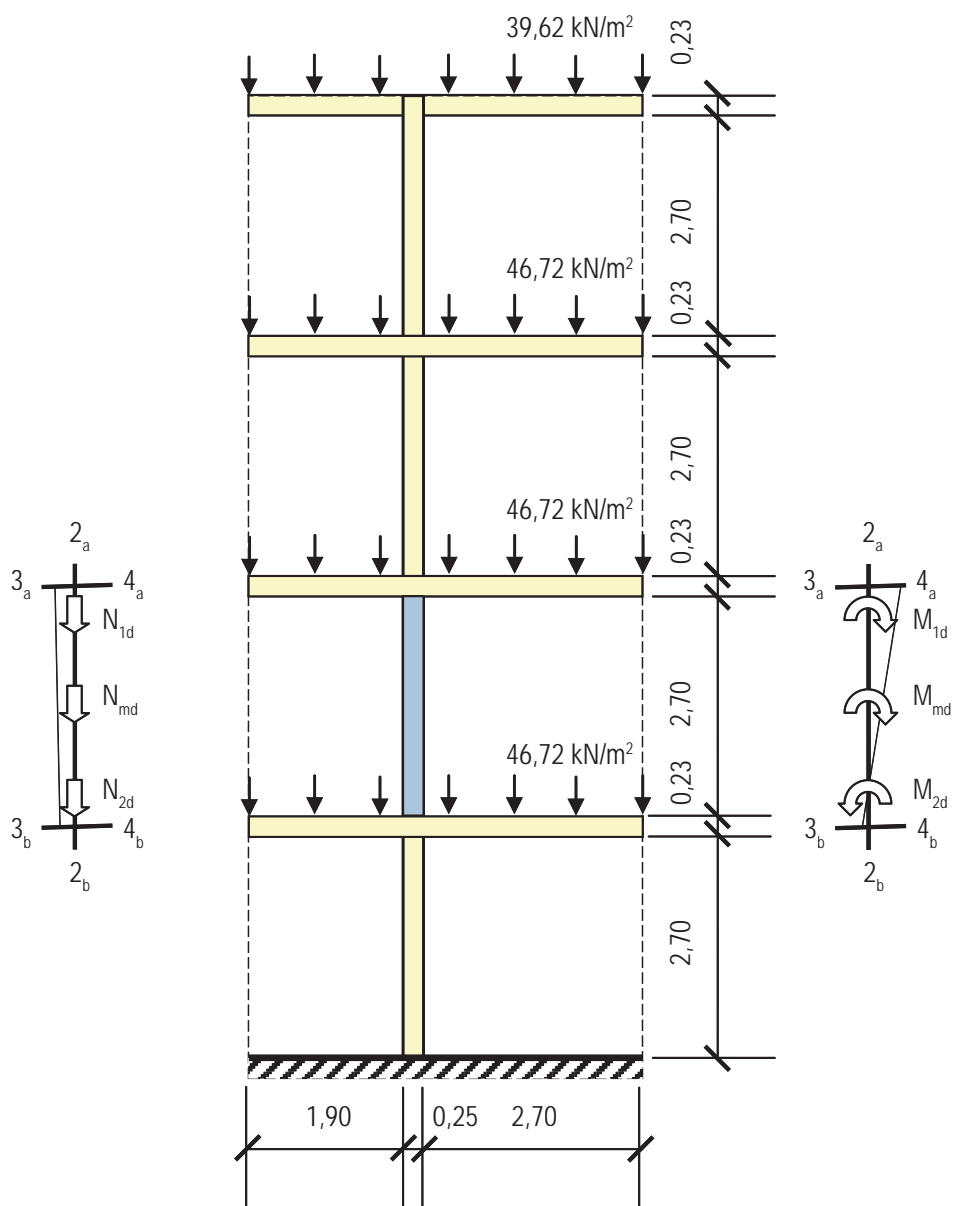
W przypadku wyniku negatywnego oceny wykonania konstrukcji należy ustalić poziom zagrożenia bezpieczeństwa budowli (lub jej części) i zaprojektować odpowiednie jej wzmocnienie (w skrajnym przypadku poddać rozbiórze).



8. Przykład obliczeniowy

Budynek mieszkalny o wymiarach: długość 24,80 m, szerokość 10,40 m, wysokość 11,32 m (piwnica + 3 kondygnacje naziemne). Wysokość kondygnacji w świetle 2,70 m. Ściany wewnętrzne murowane z pustaków Porotherm 25 Dryfix. Stropy gęstożebrowe Porotherm 19/50 (nadbeton 4 cm). Stropodach żelbetowy (wentylowany i ocieplony), bez dostępu z klatki schodowej. Pochylenie połaci dachowych 60.

Rys. 16 Schemat obliczeniowy ściany wewnętrznej Porotherm 25



Przykład obejmuje sprawdzenie warunku nośności ściany wewnętrznej (na parterze – Rys. 16) w przekrojach: górnym i środkowym.

Przykład obliczeniowy

Tabela 31. Wykonywanie stropów gęsto żebrowych Porotherm

Wzór	Powołanie	Przebieg obliczeń	Wynik
1. Wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie			
$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \cdot \gamma_{Rd}}$	(6)	$\frac{3,3}{2,2 \cdot 1,0}$	1,5 MPa
2. Mimośród w przekroju górnym			
$h_{ef} = \rho_n \cdot h$	(11)	$0,75 \cdot 2,7$	2,0250 m
$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$	pkt. 5.5.1.1 [3]	$\frac{2,025}{450}$	0,0045 m
$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1d}} + e_{he} + e_{init}$	(10)	$\frac{3,85}{150,88} + 0 + 0,0045$	0,0300 m
$e_1 \geq 0,05 \cdot t$	(10)	$0,03 \geq 0,05 \cdot 0,25 = 0,0125$	-
3. Nośność ściany w przekroju górnym			
$\Phi_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_1}{t}$	(9)	$1 - 2 \cdot \frac{0,03}{0,25}$	0,76
$N_{Rd1} = \Phi_1 \cdot t \cdot f_d$	(8)	$0,76 \cdot 0,25 \cdot 1500$	285,00 kN
$N_{Rd1} \geq N_{1d}$	(7)	$285,00 \geq 150,88$	warunek spełniony
4. Mimośród w przekroju środkowym			
$h_{ef} = \rho_n \cdot h$	(11)	$0,75 \cdot 2,7$	2,025 m
$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$	pkt. 5.5.1.1 [3]	$\frac{2,025}{450}$	0,0045 m
$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{he} + e_{init}$	(13)	$\frac{1,65}{155,34} + 0 + 0,0045$	0,0150 m
$e_k = 0,002 \cdot \phi_\infty \cdot \frac{h_{eff}}{l_{ef}} \cdot \sqrt{l \cdot e_m}$	(14)	$0,002 \cdot 1,5 \cdot \frac{2,025}{0,25} \cdot \sqrt{0,25 \cdot 0,015}$	0,0015 m
$e_{mk} = e_m + e_k$	(13)	$0,015 + 0,0015$	0,0165 m
$e_{mk} \geq 0,05 \cdot t$	(13)	$0,0165 \geq 0,05 \cdot 0,25 = 0,0125$	-
5. Nośność ściany w przekroju środkowym			
$\lambda = \frac{h_{eff}}{l_{ef}} \cdot \sqrt{\frac{f_k}{E}}$	G.4 [3]	$\frac{2,025}{0,25} \cdot \sqrt{\frac{3,3}{1500}}$	0,38
$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}}$	G.3 [3]	$\frac{0,38 - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{0,0165}{0,25}}$	0,49
$A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t}$	G.2 [3]	$1 - 2 \cdot \frac{0,0165}{0,25}$	0,87
$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}}$	G.1 [3]	$A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}}$	0,77
$N_{Rdm} = \Phi_m \cdot t \cdot f_d$	(8)	$0,77 \cdot 0,25 \cdot 1500$	288,75 kN
$N_{Rdm} \geq N_{md}$	(7)	$288,75 \geq 155,34$	warunek spełniony

Wienerberger jest wiodącym producentem ceramicznych materiałów budowlanych na świecie. Na rynku polskim obecny od prawie 20 lat, jest krajowym liderem wśród producentów materiałów ceramicznych, oferując cegły konstrukcyjne i stropy Porotherm, dachówki ceramiczne i niezbędne akcesoria Koramic oraz cegły klinkierowe Terca. Firma dostarcza kompleksowe rozwiązania do budowy domu, łącząc innowacyjną technologię produkcji z tradycyjnym, docenianym przez klientów materiałem budowlanym – ceramiką.



WCB, kwiecień 2018

Wienerberger Ceramika Budowlana Sp. z o.o.

ul. Ostrobramska 79
04-175 Warszawa
T: +48 (22) 514 21 00

www.wienerberger.pl

Konsultacje techniczne:

T: +48 (22) 514 20 20 (koszt wg taryfy operatora)
konsultacje.techniczne@wienerberger.com



Wienerberger