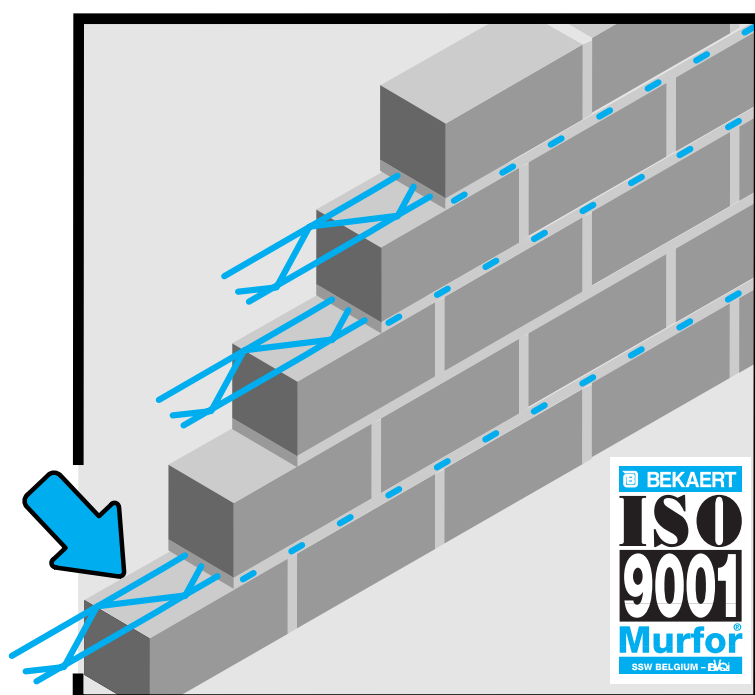


Murfor®



Zbrojenie murów

Murfor®

IDEA, KTÓRA BUDUJE

Spis treści

1. Prezentacja produktu	5
1.1. Specyfikacja	5
1.2. Parametry techniczne	5
1.3. Rodzaje i wymiary	6
1.3.1. Szerokości (standardowe, inne dostępne na zamówienie)	6
1.3.2. Kształty	6
1.3.3. Ochrona przed korozją	7
1.3.4. Pakowanie i dostawa	7
1.3.5. Tabela standardowych elementów Murfor®	8
1.3.6. Akcesoria do murów na zwykłej zaprawie	8
1.3.7. Akcesoria do murów wykonywanych na cienkiej spoinie	9
1.3.8. Akcesoria: strzemiona do nadproży	9
2. Murfor® - mur zbrojony	11
2.1. Wprowadzenie	11
2.2. Zapobieganie zarysowaniom muru	13
2.3. Zwiększenie wytrzymałości muru	13
2.4. Technologia Murfor® zapewnia redukcję kosztów	14
2.5. Murfor® oferuje nowe możliwości architektoniczne	15
3. Zakres stosowania zbrojenia Murfor®	16
3.1. Nierównomierne osiadanie na słabych gruntach	19
3.2. Połączenia ścian	20
3.3. Koncentracje naprężeń	23
3.4. Koncentracje naprężeń pod obciążeniami skupionymi	25
3.5. Zapobieganie zarysowaniom długich odcinków ścian	26
3.6. Uskoki w elewacjach	28
3.7. Nadproża i belki	29
3.8. Ściany obciążone parciem – mury oporowe	36
3.9. Ściany obciążone parciem i ssaniem wiatru	37
3.10. Wieńce	43
3.11. Zwieńczenia ścian szczytowych	44
3.12. Ściany wypełniające konstrukcje szkieletowe i słupowo-płytowe poddane deformacjom	45
3.13. Mury szczelinowe	51
3.14. Rozszerzalność termiczna konstrukcji	53
3.15. Mury bez przewiązania w kierunku pionowym	54
3.16. Budynek zbrojony jednorodnie	55

4. Algorytmy dotyczące projektowania murów zbrojonych	56
4.1. Ustalenia ogólne.	56
4.2. Warunki ogólne SGN.	57
4.3. Warunki konstrukcyjne dotyczące rozmieszczenia i kształtowania zbrojenia.	58
4.4. Algorytm obliczania belek i belek-ścian.	59
4.4.1. Geometria	59
4.4.2. Warunki SGN	60
4.4.3. Uwagi końcowe	63
4.5. Algorytm obliczania ścian	64
4.5.1. Geometria	64
4.5.2. Warunki SGN	65
4.6. Przykłady obliczeń	66
4.6.1. Belka	66
4.6.2. Belka-ściana	67
4.6.3. Ściana	68
5. Montaż zbrojenia w systemie Murfor®	70
5.1. Spoiny zwykłe	70
5.2. Cienkie spoiny	71
5.3. Połączenia	72
5.4. Naroża	73
5.5. Strzemiona do nadproży Murfor® LHK/S	74
5.6. Otulenie zaprawą	75
6. Bibliografia	76
7. Murfor®: Architektura z innego punktu widzenia	79
8. Specyfikacje przetargowe i przedmiar z kosztorysem	82
8.1. Specyfikacje przetargowe	82
8.2. Przedmiar z kosztorysem	83
8.2.1. Murfor® w zaprawach tradycyjnych	83
8.2.2. Strzemiona nadproży Murfor® LHK/S	84
8.2.3. Murfor® do cienkich spoin	84

Jeszcze 15 lat temu, w przeciwieństwie do większości krajów Europy Zachodniej, w Polsce niemal zupełnie nie wykonywano murów zbrojonych. Oczywiście budownictwo murowane było bardzo popularne – budowaliśmy ściany z cegły ceramicznej i silikatowej, pustaków betonowych, bloczków z betonu komórkowego, lecz poza nielicznymi wyjątkami (jak słupy i filarki międzyokienne, które wzmacniano czasami stalowymi siatkami krzyżowymi lub specjalnymi pętłami) konstrukcje murowane nie były zbrojone. Wynikało to m.in. z anachronizmu przepisów i zaleceń normowych, które nie przewidywały wykonywania ścian murowych ze zbrojeniem nośnym układanym w spoinach wspornych – czyli poziomych spoinach pomiędzy ceglami. Dodatkową przyczyną był brak nowoczesnych, specjalistycznych systemów zbrojenia.

W tamtym okresie, chcąc ograniczyć skutki zarysowania murów (podnieść ich rysoodporność) i jednocześnie podwyższyć nośność, stosowano metodę „tradycyjną” – w spoinach wspornych ścian umieszczano niepowiązane ze sobą pręty podłużne (najczęściej płaskowniki, tzw. bednarkę). Niestety nie było możliwe obliczenie wpływu takiego zbrojenia ani na nośność, ani na rysoodporność muru. Co więcej, badania doświadczalne przeprowadzane w ostatnich latach na murach z takim właśnie zbrojeniem ujawniły, że jego wpływ na nośność jest jednoznacznie negatywny. „Tradycyjnie” zbrojone mury wykazywały niższą nośność w porównaniu z murem niezbrojonym – a zatem okazały się rozwiązaniem błędnym!

Sytuacja uległa niemal rewolucyjnej przemianie w latach 90. XX wieku. Na polskim rynku pojawił się wówczas pierwszy system zbrojenia strukturalnego przeznaczony do stosowania w spoinach wspornych murów, spełniający wymagania norm europejskich. Niemal równocześnie weszła w życie w pełni zgodna z europejskim Eurokodem 6 nowa Polska Norma dotycząca projektowania murowych konstrukcji zbrojonych (PN-B-03340:1999). Otworzyło to drogę do projektowania i wykonywania konstrukcji murowych ze zbrojeniem układanym w spoinach wspornych. Architekci i konstruktorzy uzyskali nowe możliwości w kształtowaniu takich konstrukcji, szczególnie na tle gwałtownie rozwijającego się rynku nowych materiałów przeznaczonych do wznoszenia murów.

Warto też wiedzieć, że szerokie badania doświadczalne prowadzone aktualnie w różnych ośrodkach laboratoryjnych (także w Polsce) potwierdzają skuteczność zbrojenia murów w podwyższaniu nośności ścian oraz ograniczaniu ich wrażliwości na zarysowania, poprzez wyraźną redukcję szerokości powstających rys. Wyniki tych badań mają ogromne znaczenie dla użytkowników budynków na terenach szkód górniczych, terenach zagrożonych powodziami, obszarach występowania słabych gruntów, które grożą nierównomiernymi osiadaniem fundamentów, a także obiektów poddawanych wpływom dynamicznym (np. parasejsmicznym i sejsmicznym). Warunkiem jest, by zbrojenie wykonane było z odpowiedniej stali, spełniającej wymagania odnośnie wytrzymałości i odporności na korozję oraz odpowiednio zastosowane: dobrane, zaprojektowane i wykonane.

Nowoczesne, systemowe zbrojenie murów oprócz poprawy własności konstrukcji murowych i ułatwienia rozwiązywania różnego typu problemów konstrukcyjnych stwarza także ogromne nowe możliwości w architektonicznym kształtowaniu obiektów. Można powiedzieć, że pozwala wynieść budownictwo murowane na nowy, wyższy poziom jakości architektonicznej i konstrukcyjnej.

Obecnie na polskim rynku dostępny jest tylko jeden pełny system strukturalnego zbrojenia murów posiadający Aprobatę Techniczną ITB i dopuszczenie do powszechnego stosowania w budownictwie. Jest to zbrojenie Murfor® belgijskiej firmy NV BEKAERT S.A., którego dystrybutorem w Polsce jest firma Habe. Zbrojenie Murfor® spełnia wymagania normy PN-EN 845-3:2003 i zgodnie z przepisami może być stosowane jako nośne (np. w elementach zginanych w swej płaszczyźnie: belki, belki-ściany, ściany) lub jako konstrukcyjne, gdy jego zadaniem jest ograniczenie możliwości odkształcenia muru i podniesienie jego rysoodporności

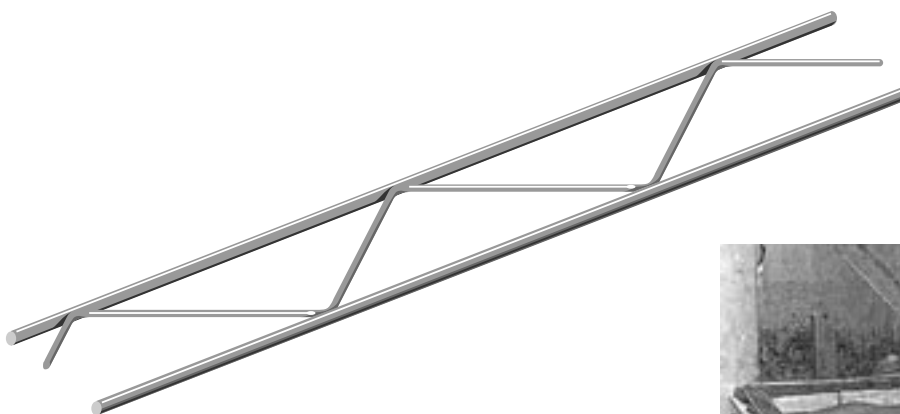
marzec 2005

1. Prezentacja produktu

Murfor® to prefabrykowane elementy zbrojeniowe do zabudowy w spoinach poziomych wspornych muru. Jego unikalny kształt i wyjątkowa jakość zwiększa wytrzymałość muru.

1.1. Specyfikacja

Zbrojenie Murfor® to płaska kratowniczką, składająca się z dwóch podłużnych, równoległych, stalowych prętów, połączonych za pomocą trzeciego, ciągłego i wygiętego sinusoidalnie. Całkowita grubość siatki nie przekracza średnicy prętów podłużnych.



1.2. Parametry techniczne

Parametry techniczne wykorzystywanej stali są zgodne z polską edycją normy europejskiej PN-EN 845-3:2003.

Oznacza to, że minimalna wytrzymałość drutu na rozciąganie wynosi 550 N/mm^2 , zaś minimalna granica plastyczności to 500 N/mm^2 . Wytrzymałość połączeń zgrzewanych na ścinanie wynosi min. 2500 N.

Karbowana bądź żebrowana powierzchnia prętów podłużnych zapewnia odpowiednią przyczepność do zaprawy.

1.3. Rodzaje i wymiary

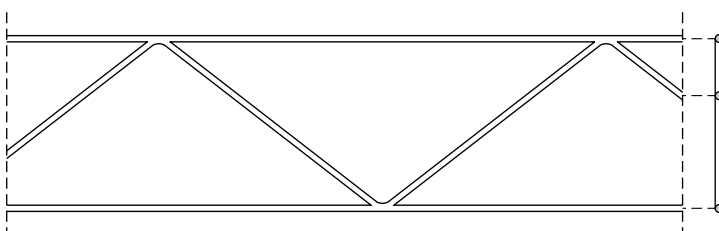
Zbrojenia Murfor® są produkowane w różnych szerokościach, kształtach i standardach ochrony przed korozją, zgodnie z wymaganiami dla danego rodzaju muru.

1.3.1. Szerokości (standardowe, inne dostępne na zamówienie)

50 mm
100 mm
150 mm
200 mm
250 mm

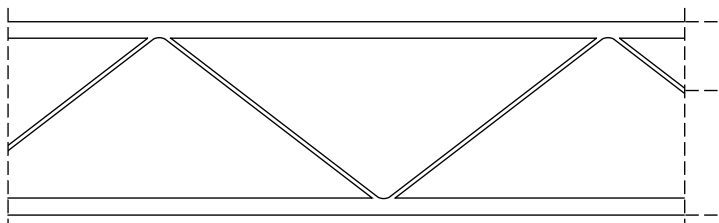
1.3.2. Kształty

Murfor® RND



Drut okrągły (o średnicy 4–5 mm), do murów wznoszonych na spoiny zwykłe

Murfor® EFS



Płaskownik (o wymiarach 1,5 x 8 mm), do murów wznoszonych na cienkie spoiny

1.3.3. Ochrona przed korozją

1 

- **Stal cynkowana ogniowo (.../Z)** pokryta warstwą cynku o grubości min. 70 gr/m². Stosowana do murów znajdujących się w środowisku odpowiadającym klasie 1 i 2 – wg PN-B-03002:1999.

2 

- **Stal z powłoką epoksydową (.../E)** pokryta powłoką epoksydową o grubości min. 80 mikronów nałożoną na stal ocynkowaną. Stosowana do murów wystawionych na działanie środowiska korozyjnego, zaliczanego do klasy 3 – wg PN-B-03002:1999.

3 

- **Stal nierdzewna (.../S)** stosowana do murów narażonych na działanie środowiska agresywnego, zaliczanego do klasy 4 i 5 – wg PN-B-03002:1999. AISI 304.




1.3.4. Pakowanie i dostawa

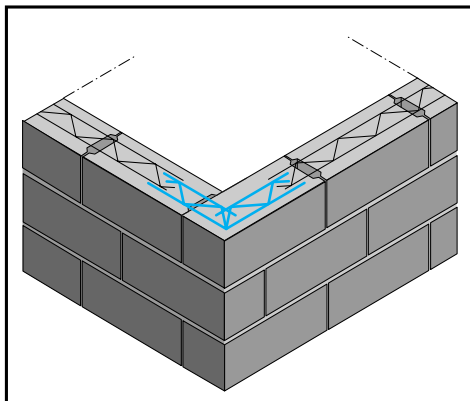
Zbrojenie Murfor® z prętami o przekroju okrągłym produkowane jest w długości 3.05 m i pakowane w wiązki po 25 sztuk. Standardowa paleta składa się z 40 wiązek po 25 sztuk, podpartych listewkami.

Zbrojenia Murfor® z płaskownikami (do cienkich spoin) produkowane jest w długości 3.05 m i pakowane w wiązki po 25 sztuk. Standardowa paleta składa się z 40 wiązek po 25 sztuk podpartych listewkami.

Zbrojenia Murfor® z prętami o przekroju okrągłym ze stali nierdzewnej i z powłoką epoksydową produkowane jest o długości 3.05 m i pakowane w wiązki po 25 sztuk.

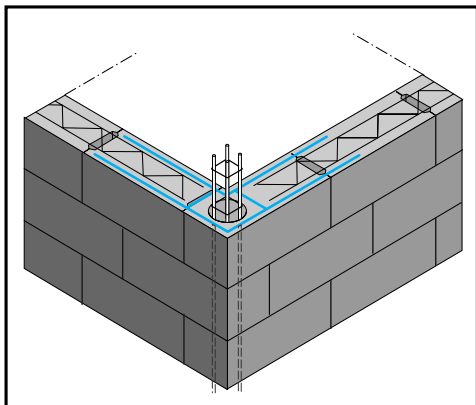
1.3.5. Tabela standardowych elementów Murfor®

rodzaj	 [mm]	 [mm]	 [mm]	długość [m]	waga [szt./kg]
RND/Z (Ocynk)	50	4	3.75	3.05	0.875
	100	4			0.897
	150	4			0.930
	200	5			1.309
RND/E (Epoksyd)	50	4	3.75	3.05	0.885
	100	4			0.907
	150	4			0.942
	200	5			1.323
RND/S (Stal nierdzewna)	50	4	3.75	3.05	0.887
	100	4			0.908
	150	4			0.942
	200	5			1.333
EFZ/Z (Ocynk)	40	8 × 1.5	1.5	3.05	0.875
	90				0.897
	140				0.931
	190				0.975

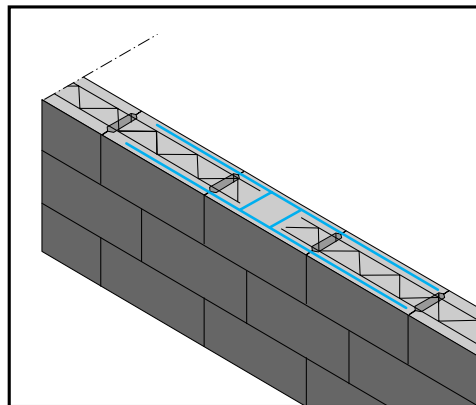
1.3.6. Akcesoria do murów na zwykłej zaprawie


RNC/Z: Prefabrykowany element narożny zbrojenia typu Murfor® RND/Z

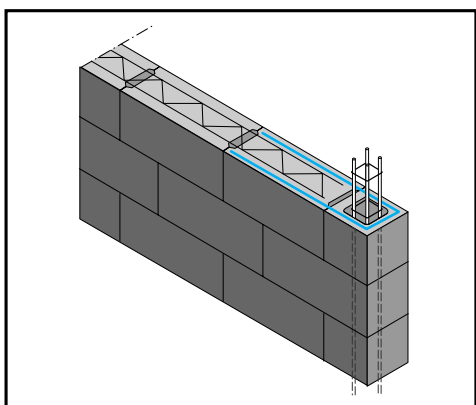
1.3.7. Akcesoria do murów wykonywanych na cienkie spoiny



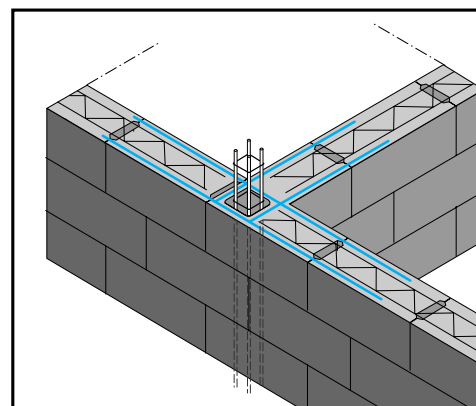
SFC/Z: Prefabrykowany narożnik dla murów na cienkie spoiny ze zbrojeniem pionowym



SFL/Z: Łącznik zakładkowy zbrojenia typu Murfor® EFS/Z



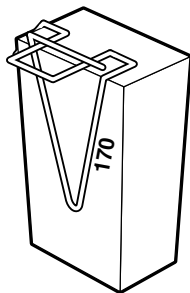
UFC/Z: Łącznik ścienny dla otworów drzwiowych i okiennych



SFT/Z: Prefabrykowany łącznik teowy dla murów na cienkie spoiny

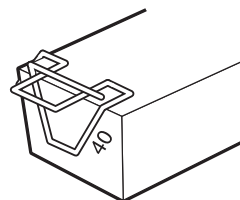
1.3.8. Akcesoria: strzemiona do nadproży

Cegły układane na główce
(na tzw. rolkę)



LHK/S
170

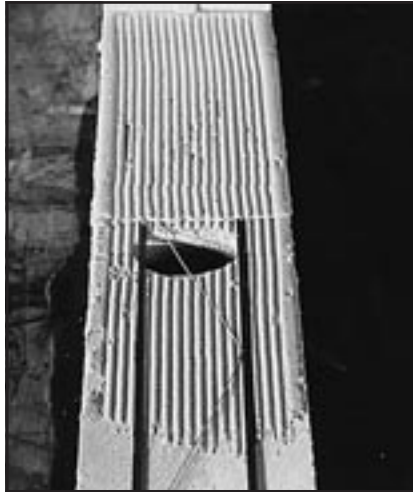
Cegły układane na płask



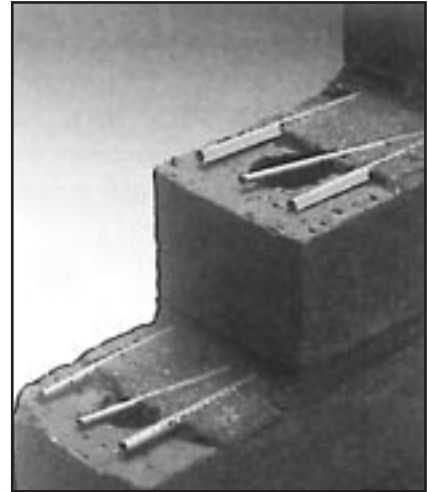
LHK/S
40



Murfor® RND/Z (ocynk) do murów znajdujących się w środowisku suchym.
Murfor® RND/S (stal nierdzewna) do murów wystawionych na działanie agresywnego środowiska.



Murfor® EFS/Z (z ocynkowanego płaskownika o grubości 1,5 mm) do murów wznoszonych na cienie spoiny.

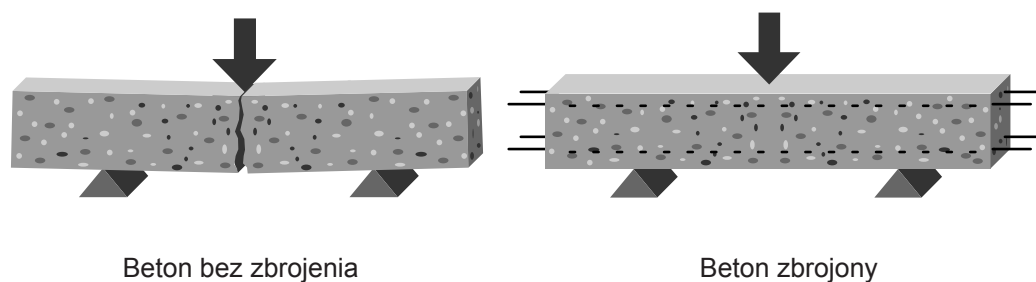
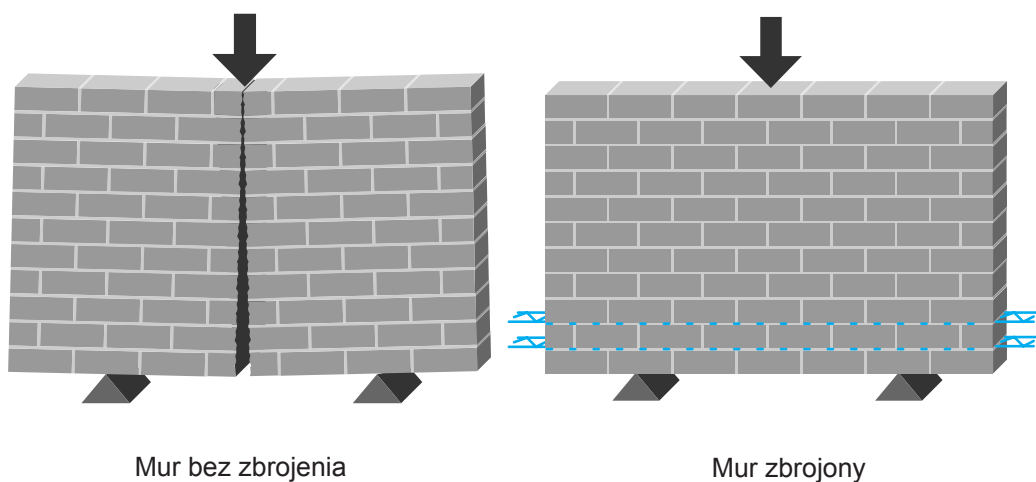


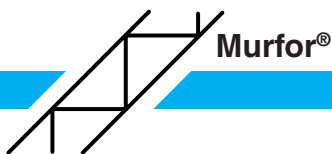
Zbrojenie Murfor® RND/E (z powłoką epoksydową) do murów znajdujących się w środowisku korozyjnym.

2. Murfor® - mur zbrojony

2.1. Wprowadzenie

Podobnie jak beton, mur charakteryzuje się wysoką wytrzymałością na ściskanie. Niemniej jednak, wytrzymałość obu tych materiałów na rozciąganie oraz na ścinanie jest ograniczona. W wyniku tego, w ścianach budynku mogą pojawić się zarysowania. Aby tego uniknąć i przenieść naprężenia wywołane naprężeniami rozciągającymi i ścinającymi, mur powinien być zbrojony podobnie jak ma to miejsce w przypadku żelbetu.





Technologia Murfor® jest najwygodniejszym rodzajem zbrojenia w przypadku murów. Zapobiega przed powstawaniem w murze zarysowań i podnosi jego wytrzymałość.

Mur zbrojony technologią Murfor® to jednorodny materiał.
Dlatego zaleca się zbrojenie całej konstrukcji technologią Murfor® – nawet w miejscach, gdzie na pierwszy rzut oka nie wydaje się to konieczne.
Minimalny przekrój poprzeczny zbrojenia konstrukcyjnego, które nie jest konieczne ze względów obliczeniowych nie powinien wynosić mniej niż 0,03% pola przekroju poprzecznego muru. Zależnie od grubości ściany, należy stosować 2 lub 3 elementy Murfor® na każdy metr wysokości.
Jeżeli zbrojenie w murze zbrojonym ma na celu zwiększenie nośności zaleca się, aby pole przekroju zbrojenia głównego nie było mniejsze niż 0,1 % pola przekroju muru.
W ścianach ze zbrojeniem prefabrykowanym w spoinach wspornych w celu zwiększenia nośności na obciążenia poziome, tj. na zginanie w płaszczyźnie ściany, zaleca się, aby pole przekroju takiego zbrojenia było nie mniejsze niż 0,03 % pola przekroju ściany.
W zmianie A71 do PN-B-03340:1999 wprowadzono dodatkowe zalecenie – w ścianach obiektów narażonych na oddziaływanie typu sejsmicznego (np. na terenach górniczych) lub wpływy dynamiczne związane z ruchem kołowym i/lub szynowym, zaleca się aby zbrojenie ułożone w spoinach wspornych w celu ograniczenia zarysowania lub zapewnienia ciągłości było nie mniejsze niż 0,07 % pola powierzchni przekroju muru, a odległość zbrojenia w kierunku pionowym nie przekraczała 300 mm.

Parametry techniczne muru zbrojonego Murforem® zostały dostosowane do odpowiednich standardów obowiązujących w niektórych krajach:

- **Polska** : PN EN 845-3
- **Belgia** : NBN - B24 - 401
- **Niemcy** : DIN 1053/3
- **Wielka Brytania** : BS 5628/2
- **USA** : UBX 24/15
- **Unia Europejska** : pr EN 1996-1-1 - EC 6
pr EN 1998-1- EC 8
EN 845-3



2.2. Zapobieganie zarysowaniom muru

Stosowanie zbrojenia w murze jest bardzo efektywne w zapobieganiu zarysowaniom spowodowanym czynnikami statycznymi lub fizycznymi.

Przykłady:

a. Czynniki statyczne

Występowanie zginania lub naprężeń ścinających w rezultacie wiąże się z przekroczeniem wytrzymałości muru na rozciąganie lub ścinanie.

b. Czynniki hydrotermiczne

Skurcz, pęcznienie i rozszerzanie się konstrukcji wynikające z wahań temperatury mogą powodować deformacje wywołujące w konsekwencji zarysowania.

c. Inne czynniki

- Nierównomierne osiadanie
- Wpływy górnicze
- Koncentracja naprężeń wokół otworów okiennych i drzwiowych
- Ugięcie elementów nośnych (stropów, belek)
- Drgania
- Wybuchy
- Wstrząsy sejsmiczne

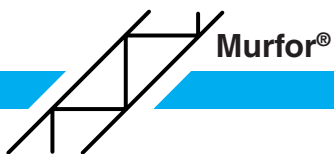
2.3. Zwiększenie wytrzymałości muru

Zastosowanie nośnych konstrukcji murowych i ich dostosowanie do nowych wymagań architektonicznych i funkcjonalnych może być znacznie szersze w sytuacji gdy są one zbrojone w technologii Murfor®.

Liczne badania doświadczalne przeprowadzane na uniwersytetach i w instytutach naukowych wykazały, że ściany ze zbrojeniem Murfor® są w stanie przenieść większe obciążenie niż niezbrojone mury wykonane z tego samego materiału.

Zbrojenie Murfor® podnosi również sztywność konstrukcji ze względu na odpowiednie połączenie między ścianami nośnymi i działowymi. Jednocześnie Murfor® gwarantuje wysoką jednorodność muru, gdyż zapewnia równomierniejszą redystrybucję naprężeń w całej konstrukcji.

W końcu, łączenie różnych elementów konstrukcyjnych za pomocą zbrojenia Murfor® zapobiega wystąpieniu tak zwanej „katastrofy postępującej”.



2.4. Technologia Murfor® zapewnia redukcję kosztów

Właściwe zastosowanie zbrojenia Murfor® gwarantuje, że wzniesiony mur nie będzie ulegał zarysowaniu. Dla klienta ważny jest fakt, że jego mur będzie stale chroniony przed widocznymi uszkodzeniami. Z kolei architekt i wykonawca oszczędzają koszty związane z ewentualnymi naprawami. Jest to wystarczające uzasadnienie zastosowania technologii Murfor®.

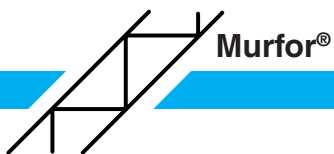
Dalszą obniżkę kosztów można uzyskać stosując zbrojenie Murfor® zamiast żelbetonowych belek nadprożowych lub płyt dociskowych pod obciążeniami skupionymi.

2.5. Murfor® oferuje nowe możliwości architektoniczne

- *elewacje murowe i ogrodzenia bez przewiązań w kierunku pionowym*
- *mury obustronnie licowane*
- *eliminacja nadproży żelbetowych*
- *eliminacja wieńców żelbetowych*
- *dłuższe odcinki ścian pomiędzy dylatacjami*

**Murfor®:**

- **zapobiega zarysowaniom**
- **zwiększa nośność**
- **oferuje nowe możliwości architektoniczne**

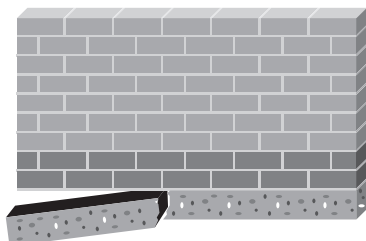


3. Zakres stosowania zbrojenia Murfor®

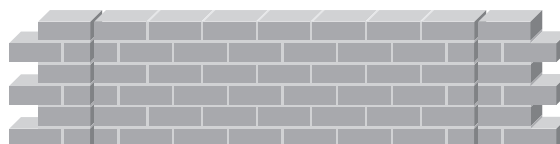
Rozdział ten omawia 16 istotnych zastosowań zbrojenia Murfor®.
Każde zastosowanie zilustrowano odpowiednim rysunkiem.

Aby uzyskać czytelność rysunków, we wszystkich przedstawionych przypadkach jako materiał budowlany przedstawiono bloczki o dużych wymiarach.

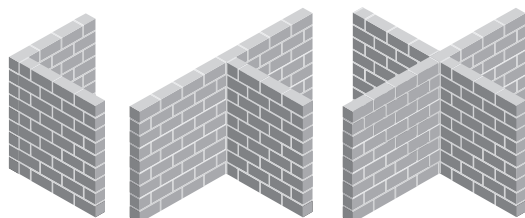
Oczywiście zalecenia dotyczące podanych sytuacji mają zastosowanie również do innych wymiarów, pod warunkiem zachowania tych samych odstępów zbrojenia Murfor®.



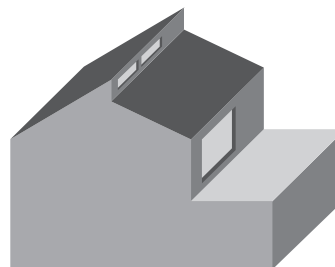
3.1. Ryzyko nierównomiernego osiadania (str. 19)



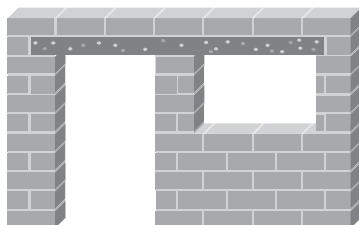
3.5. Długie odcinki ścian pomiędzy dylatacjami (str. 26)



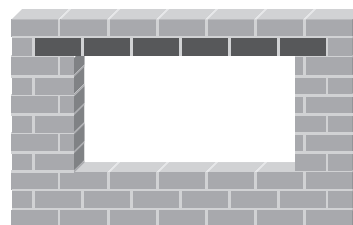
3.2. Połączenia ścian (str. 20)



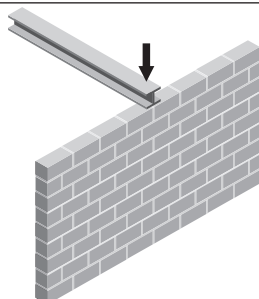
3.6. Zmiany w elewacji (str. 28)



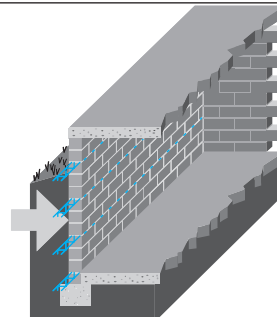
3.3. Koncentracja naprężeń przy otworach okiennych i drzwiowych (str. 23)



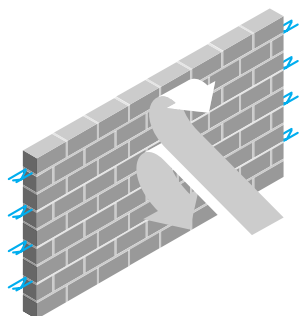
3.7. Nadproża murowane (str. 29)



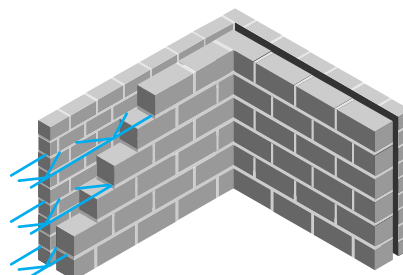
3.4. Koncentracje naprężeń pod obciążeniami skupionymi (str. 25)



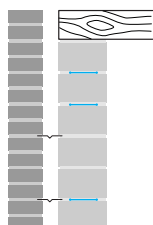
3.8. Ściany piwniczne: parcie gruntu (str. 36)



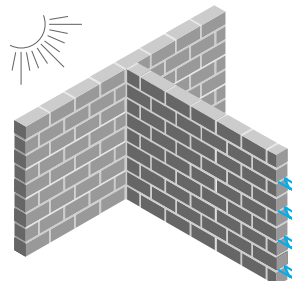
3.9. Duże płaszczyzny ścian wystawione na parcie i ssanie wiatru (str. 37)



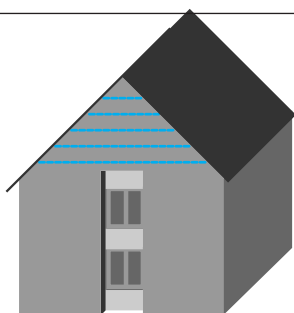
3.13. Łączenie dwóch warstw ścian (str. 51)



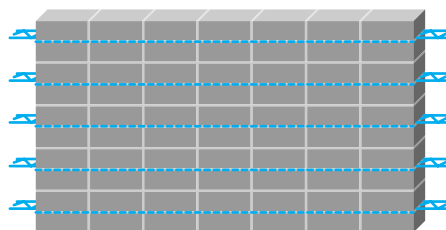
3.10. Wieńce obwodowe na poziomie stropu (str. 43) – obecne rozwiązanie nie jest dopuszczone w polskich unormowaniach



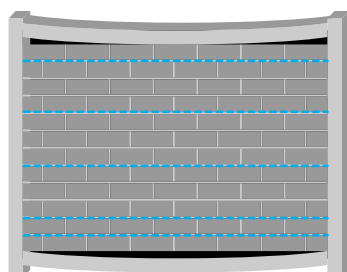
3.14. Wpływy termiczne (str. 53)



3.11. Zwieńczenia szczytów (str. 44)



3.15. Mury bez przewiązań w kierunku pionowym (str. 54)



3.12. Ściany na uginających się ryglach ram lub belkach (str. 45)



3.16. Budynek zbrojony jednolicie (str. 55)



3.1. Nierównomierne osiadanie na słabych gruntach

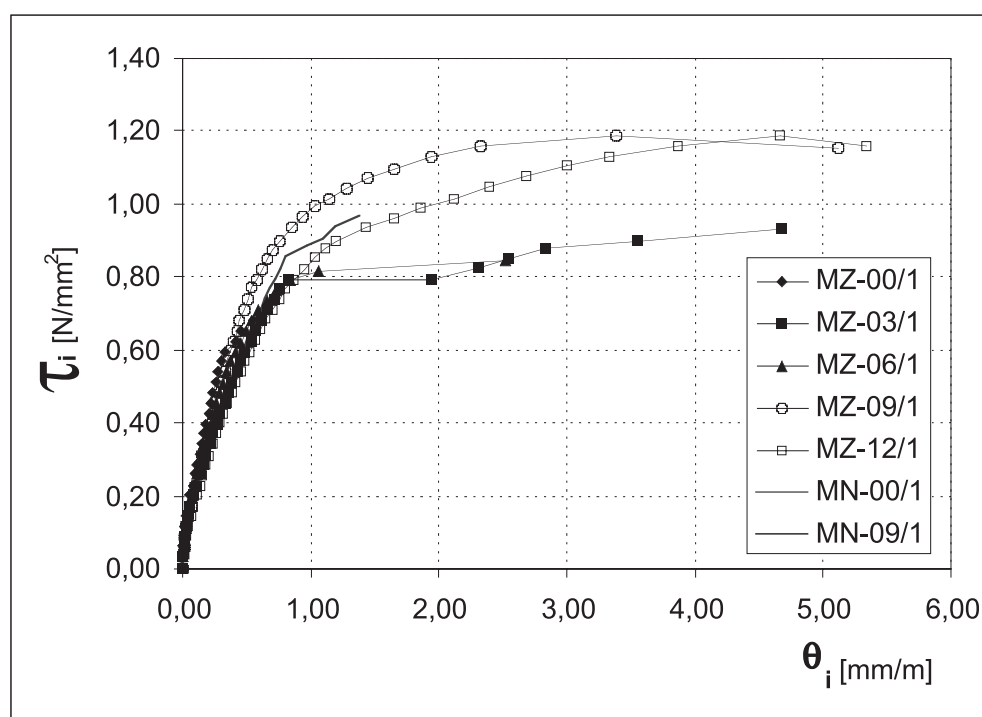
Kiedy budowla jest wznoszona na słabych gruntach lub kiedy lokalizacja wskazuje na ryzyko wystąpienia nierównomiernego osiadania, zastosowanie zbrojenia Murfor® może znacznie zmniejszyć wynikające z tego tytułu problemy.

Przemieszczenia gruntu powodują znaczne odkształcenia, które są przyczyną naprężeń i w efekcie spękania konstrukcji murowych.

W celu zmniejszenia skutków naprężeń oraz zmniejszenia szerokości rozwarcia rys, należy zastosować zbrojenie Murfor® w dolnych i górnych fragmentach ścian.

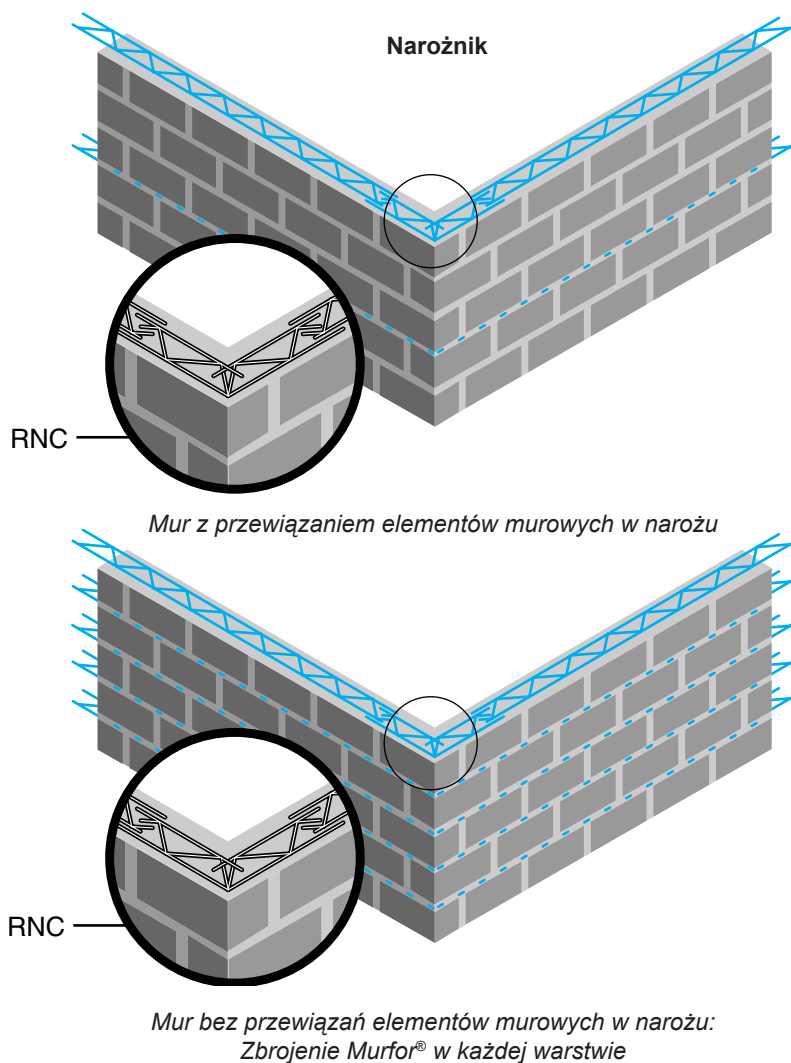
Zbrojenie Murfor® należy umieszczać w odstępach nie przekraczających 30 cm, co pozwoli na zwiększenie wytrzymałości muru na ściskanie nawet o ok. 20% i zmniejszenie szerokości rozwarcia rys do 50% (nie przekraczając przy tym 0,15 mm) w konstrukcjach murowych wznoszonych z elementów murowych grupy 1 o wytrzymałości na ściskanie ≥ 10 MPa i z użyciem zaprawy o klasie $\geq M5$.

W 2003 roku zostały przeprowadzone na Politechnice Śląskiej w Gliwicach badania na pionowe ścinanie murów bez zbrojenia oraz zazbrojonych przy użyciu kratownic Murfor®. Mury poddawano wyłącznie ścinaniu, jak i jednoczesnemu ścinaniu ze ściskaniem. Przyjęto następujące poziomy naprężeń ściskających: 0,3, 0,6, 0,9 i 1,2 MPa. Poniżej zamieszczono wykres przedstawiający zależności pomiędzy badanymi modelami. Mz – mury zbrojone, Mn – mury bez zbrojenia.

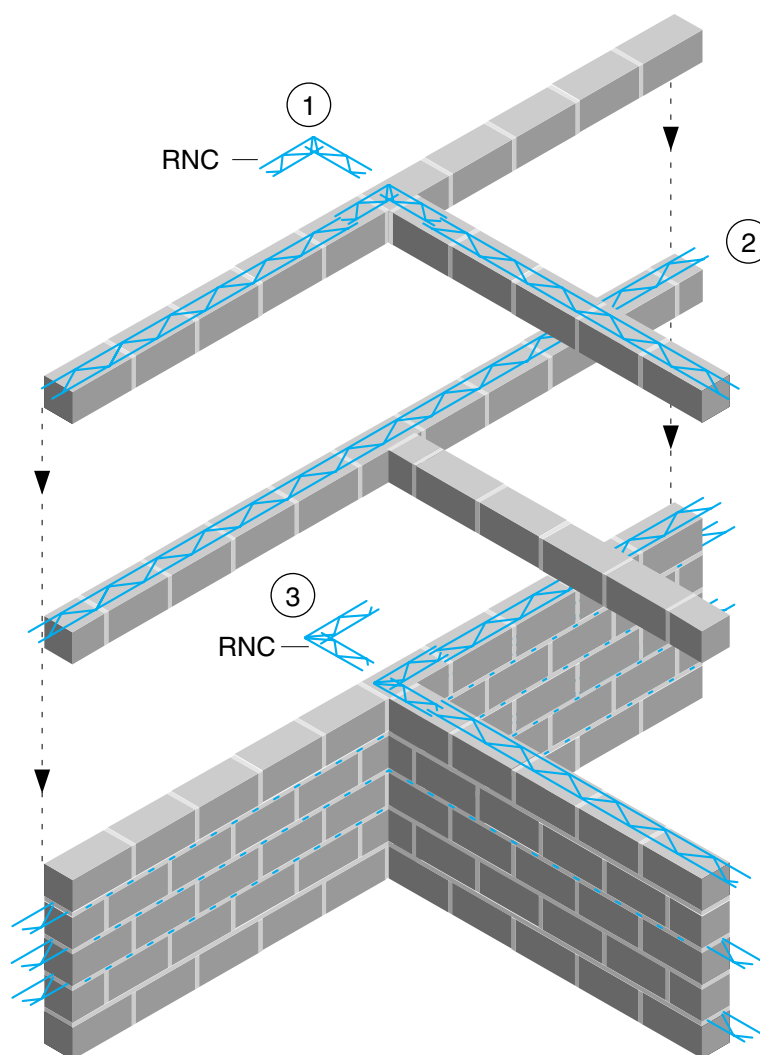


3.2. Połączenia ścian

Łączenie ze sobą ścian pociąga za sobą koncentracje naprężeń, co w konsekwencji ułatwia powstawanie zarysowań. Celowym jest zbrojenie tych połączeń za pomocą zbrojenia Murfor®. Możliwe jest murowanie bez przewiązań, pod warunkiem zastosowania zbrojenia Murfor® w każdej warstwie.

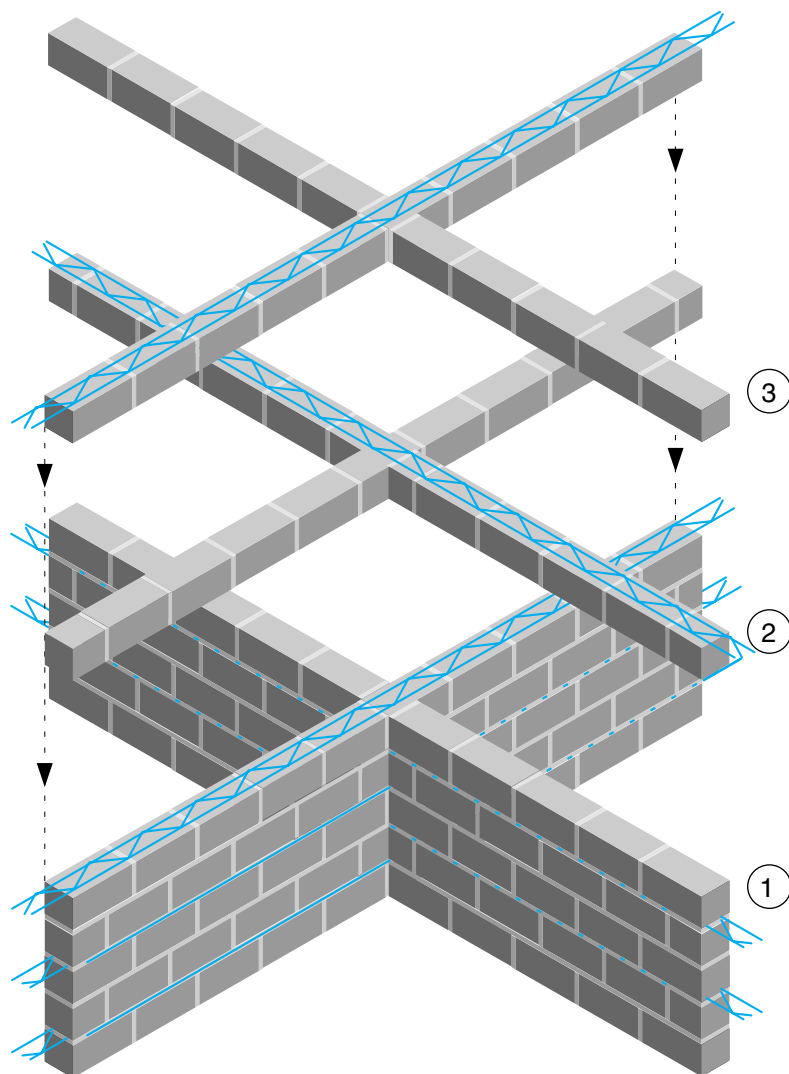


Połączenie w kształcie litery T



Zbrojenie należy układać naprzemiennie.

Połączenie krzyżowe

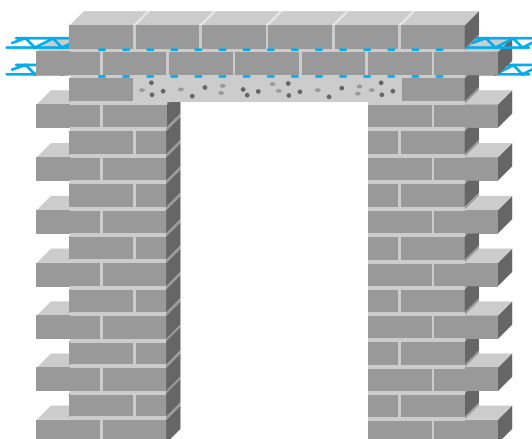
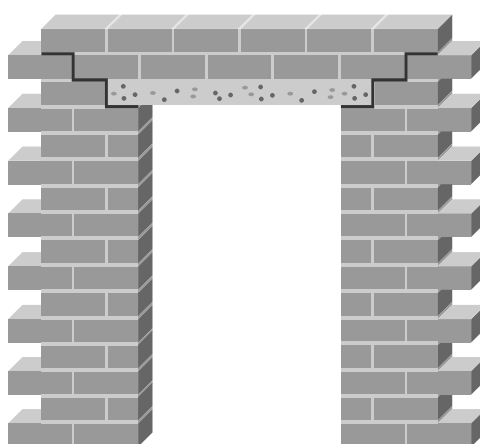


Obie połączone ściany zostały naprzemiennie zbrojone ciągłym zbrojeniem Murfor®.

3.3. Koncentracje naprężeń

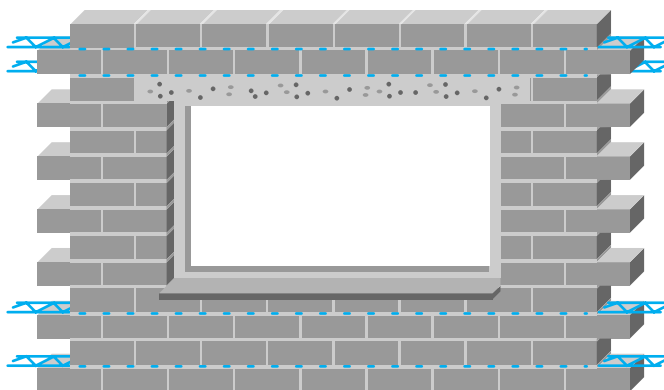
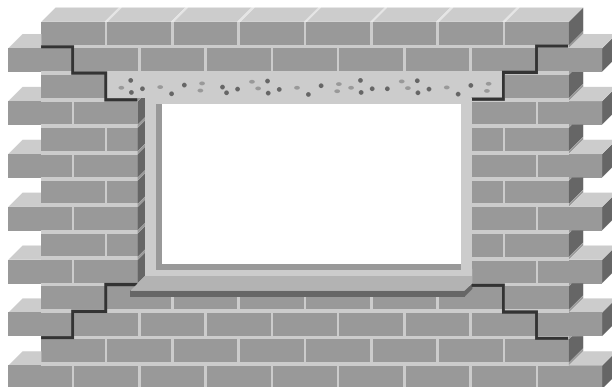
Ogólnie rzecz biorąc, zarysowania w murze tworzą się w obszarach, w których występują koncentracje naprężeń, np. wokół otworów drzwiowych i okiennych. Murfor® jest w stanie całkowicie przenieść naprężenia wywołane siłami rozciągającymi oraz ściskającymi.

Otwór drzwiowy



Wskazane jest zastosowanie ciągłego pasma zbrojenia Murfor® nad otworami drzwiowymi co umożliwi eliminację zarysowań w tych miejscach.

Otwór okienny



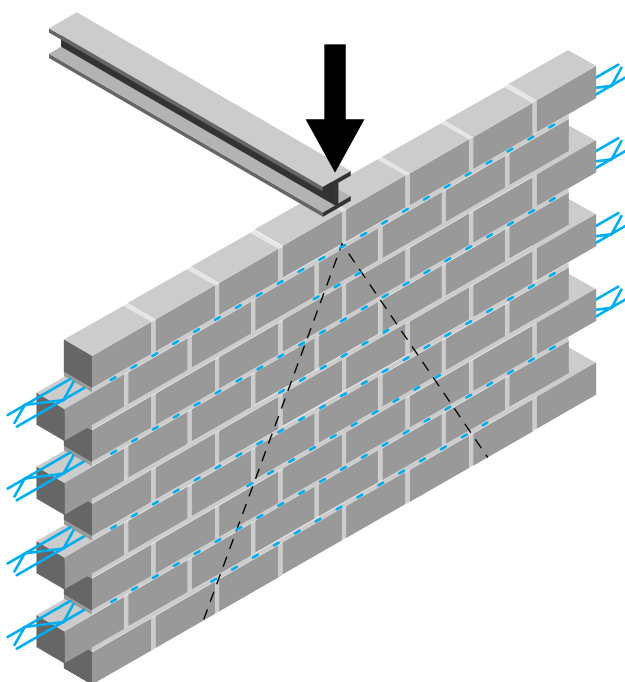
Wskazane jest zastosowanie ciągłego pasma zbrojenia Murfor® nad otworami drzwiowymi i okiennymi oraz pod otworami okiennymi co umożliwi eliminację zarysowań w tych miejscach.

3.4. Koncentracje naprężeń pod obciążeniami skupionymi

Obciążenia skupione, np. od belek nośnych, generują duże naprężenia i zarysowania w murze. Betonowa podlewka zaburza jednorodny charakter muru.

W zależności od wielkości obciążenia, wskazane jest zastosowanie zbrojenia Murfor® w 3 do 5 spoinach warstw znajdujących się poniżej.

Zbrojenie Murfor® przenosi naprężenia rozciągające, które występują w murze pod obciążeniem skupionym.



Nigdy nie należy zapominać o sprawdzeniu, czy elementy murowe są w stanie przenieść naprężenia dociskowe w miejscu przyłożenia obciążenia skupionego.

Belka dwuteowa przedstawiona na rysunku to HEB 200; długość oparcia wynosi 140 mm i przekazuje siłę $N = 30 \text{ kN}$ na powierzchnię ściany.

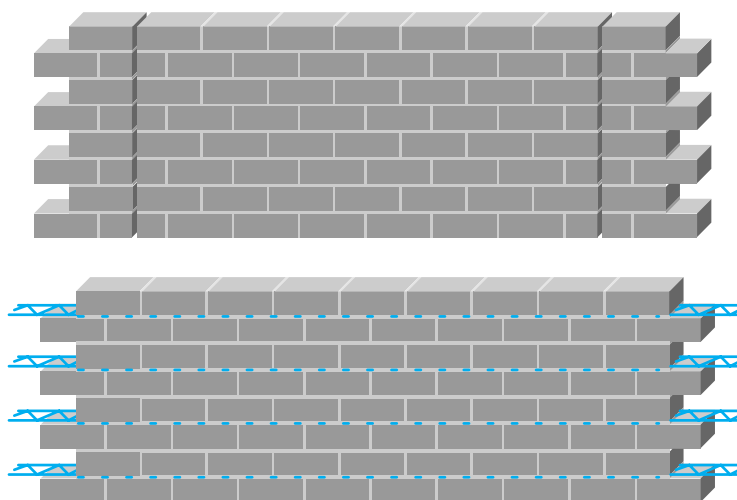
- Powierzchnia przyłożenia obciążenia: $200 \times 140 = 28000 \text{ mm}^2$
- Obciążenie w przeliczeniu na mm^2 : $\frac{30000}{28000}$

Bloczki betonowe, bloczki silikatowe oraz cegły ceramiczne są w stanie przenieść takie obciążenie, w przypadku zazbrojenia 3 spoin znajdujących się poniżej.

3.5. Zapobieganie zarysowaniom długich odcinków ścian

Odształcenia muru wywołane skurczem lub wpływami termicznymi powodują naprężenia, które mogą przyczynić się do powstania w murze zarysowań.

Dylatacje powinny występować w regularnych odstępach, a odległości między nimi zależą od właściwości fizycznych (głównie rozszerzalności) elementów elewacyjnych.



Murfor® umożliwia zastosowanie większych odstępów między dylatacjami.

Testy przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych i ostatnio w Belgii wykazały, że zastosowanie zbrojenia Murfor® umożliwia zwiększenie odstępów między dylatacjami, co daje większą dowolność w kształtowaniu elewacji.

Dokładne odstępów między dylatacjami w odniesieniu do ilości zbrojenia Murfor® określono za pomocą licznych badań doświadczalnych i obserwacji praktycznych.



ZAKRES STOSOWANIA ZBROJENIA MURFOR®

Zbrojenie Murfor® umożliwia zwiększenie odstępów między dylatacjami oraz zapewnia większą dowolność w ich rozmieszczeniu.

Odpowiednie umiejscowienie dylatacji:

- w miejscu połączenia z innymi materiałami, np. ze słupami żelbetowymi,
- w miejscach zmian w przekroju ściany,
- w narożach.

Poniższa tabela podaje wymagane odstępki zbrojenia Murfor® dla różnych materiałów budowlanych.

Należy uwzględnić następujące warunki:

- mur jest właściwie przewiązany,
- zbrojenie Murfor® jest ułożone na zakład i zakotwione zgodnie z opisem w punkcie 5.3 na str. 72.

Uwaga: aby uniknąć zarysowań, należy ściśle stosować się do podanych ilości zbrojenia Murfor® oraz wskazówek dotyczących jego rozmieszczenia.

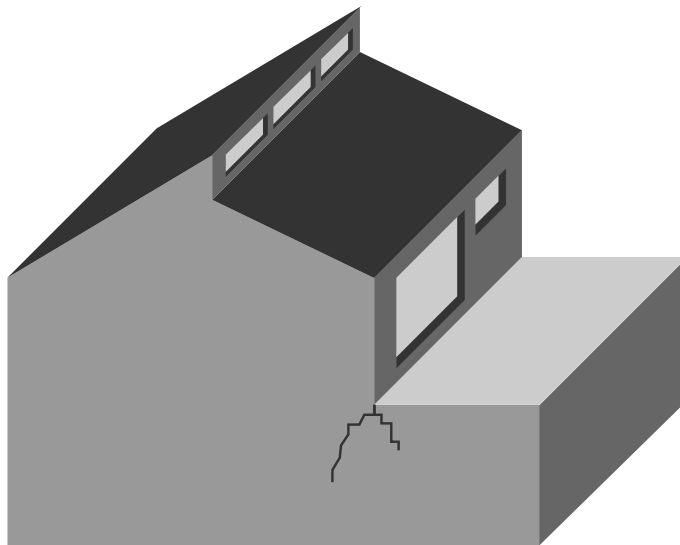
Maksymalne odległości między dylatacjami w długich ścianach

Materiał	grubość ściany ≤ 140 mm			grubość ściany > 140 mm		
	bez zbrojenia	zbrojenie co 450 mm	zbrojenie co 225mm	bez zbrojenia	zbrojenie co 450 mm	zbrojenie co 225mm
cegła ceramiczna $\varepsilon \leq 0,1$ mm/m	15m	20m	>20m	15m	20m	>20m
błoczki silikatowe błoczki betonowe błoczki z kruszywa lekkiego $0,1 < \varepsilon < 0,4$ mm/m	8m	12m	14m	8m	14m	16m
błoczki z betonu komórkowego $\varepsilon > 0,3$ mm/m	6m	10m	12m	6m	12m	14m

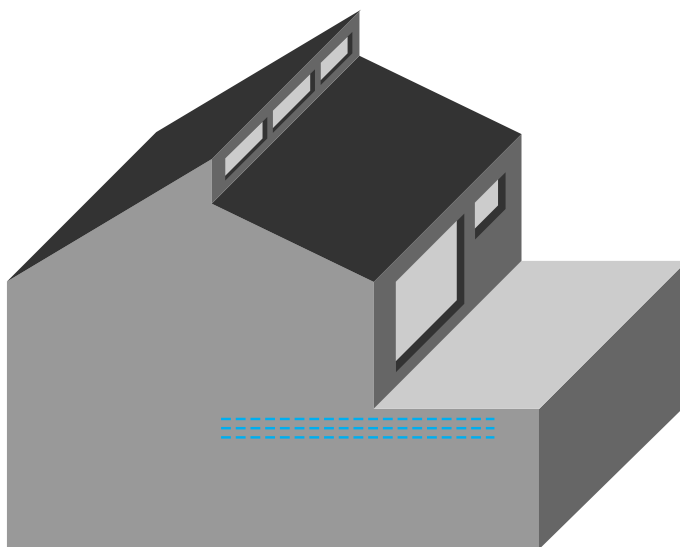
ε = sumaryczna wartość skurczu i rozszerzalności termicznej muru

3.6. Uskoki w elewacjach

Zmiany w ścianach murowych elewacji powodują różne warunki obciążenia i koncentracje naprężeń w miejscach połączeń. W takich przypadkach zbrojenie Murfor® redukuje ryzyko pojawienia się zarysowań.

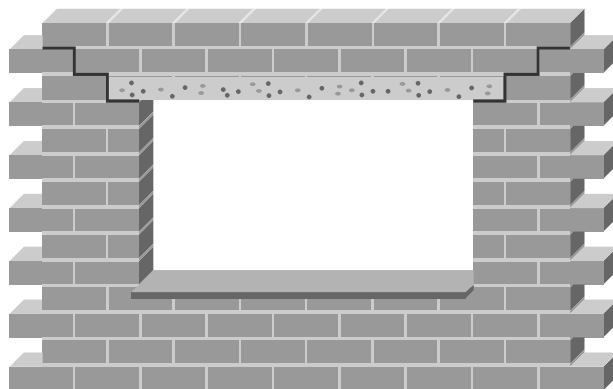


Zmiany w wysokościach lub kształcie elewacji często powodują zarysowania muru.

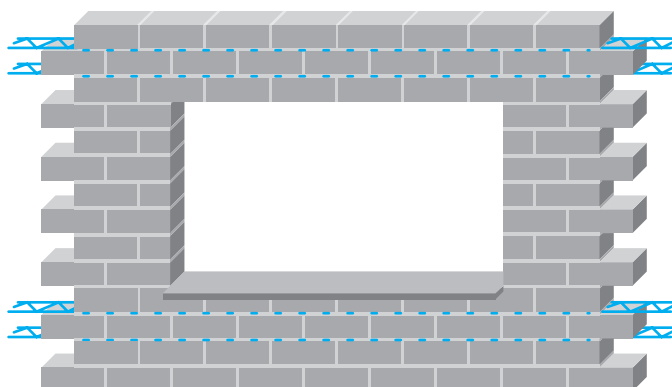


Problem ten można rozwiązać stosując zbrojenie Murfor® w każdym punkcie, w którym zmieniono wysokość elewacji.

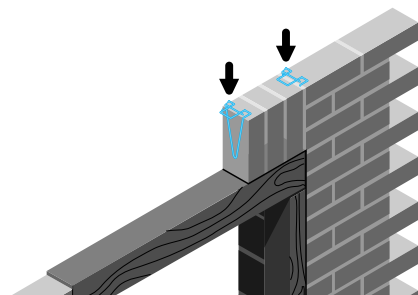
3.7. Nadproża i belki



Prefabrykowane nadproża wykonane z betonu lub innych materiałów zawsze wywierają negatywny wpływ na mur, który może objawić się zarysowaniem (np. na skutek różnicy w skurczu, przewodzeniu ciepła). W przypadku nadproży stalowych dodatkowym problemem może okazać się niska odporność na korozję.



Zastosowanie zbrojenia Murfor® w nadprożach pomaga w wyeliminowaniu wyżej wymienionych problemów. Jego dodatkową zaletą jest niższy koszt. Zbrojenie Murfor® umieszczone także pod parapetem zapobiega zarysowaniom w tym obszarze.



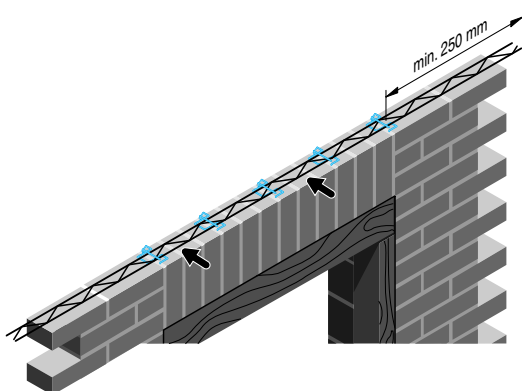
Sposób wykonywania zbrojonych nadproży murowanych

Cegły ułożone na główce (na rolkę)

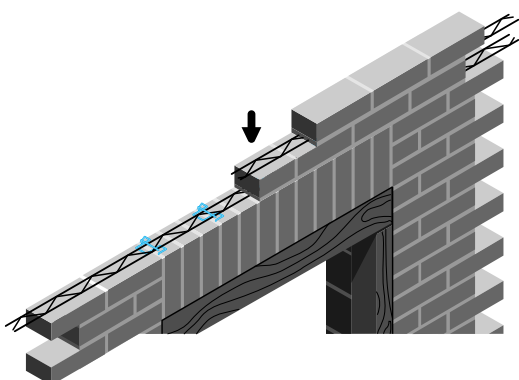
W każdą spoinę pionową pierwszej warstwy nadproża, włóż strzemię.



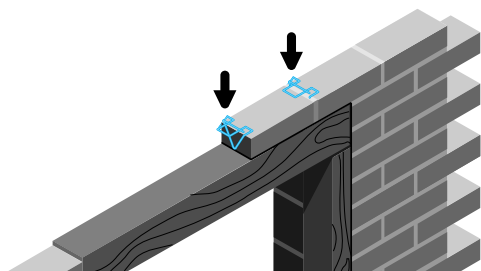
Rozłóż zaprawę na cegle.
Wciśnij strzemię w zaprawę.



Kiedy rolka jest wymurowana, umieść belkę Murfor RND w zaczepach strzemion LHK.

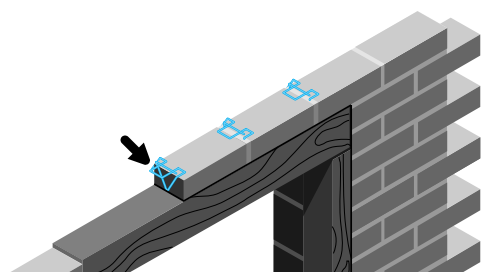


Ilość kolejnych spoin, które muszą być przezbrojone, zależy od rozpiętości nadproża i musi być przeliczona.

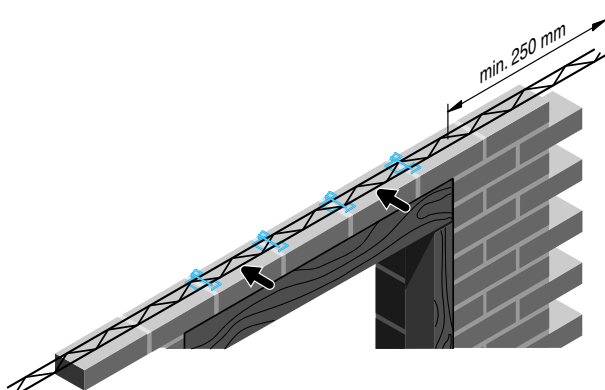


Cegły ułożone na płask

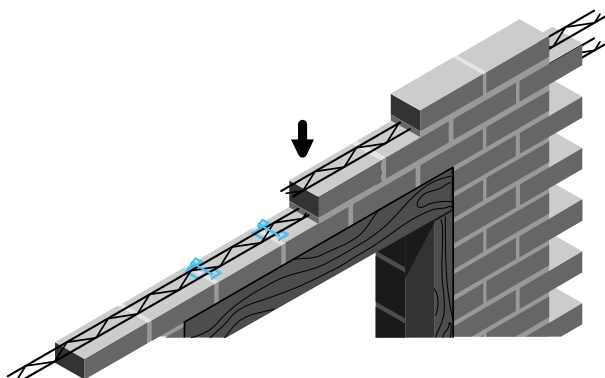
Strzemiona umieszcza się w każdej spoinie pionowej.



Specjalny kształt strzemion ustala jednoznacznie ich pozycję w spoinach pionowych. Pozwala to na liniowe ułożenie Murfora w osi muru.



Zbrojenie Murfor jest zakotwione w zaczepach strzemion.



W zależności od rozpiętości nadproża zbroi się jedną lub więcej kolejnych spoin poziomych.

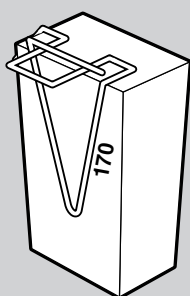
Nadproża **oblicza się w sposób przedstawiony w rozdziale 4 na str. 56.**

Poniższe tabele przedstawiają **liczbę spoin**, które należy zazbroić dla określonej liczby przęseł nadproży tak, aby mogły one przenieść **ciężar własny** nadproża. Liczba ta zależy od rozpiętości i wysokości nadproża.

Należy spełnić następujące kryteria konstrukcyjne:

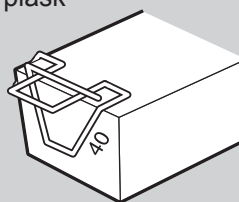
1. Mur jest właściwie przewiązany.
2. Warstwa dolna jest zabezpieczona specjalnymi strzemionami, zob. str. 74.

Ułożenie
na rolkę



LHK/S
170

Ułożenie
na płask

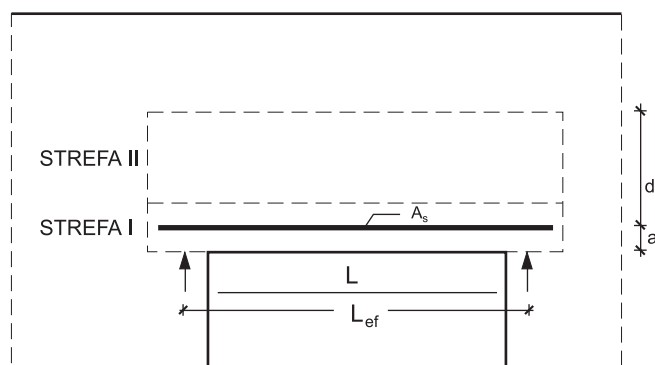


LHK/S
40

3. Zbrojenie Murfor® jest łączone na zakład, zgodnie z 5.3. str. 72.
4. Minimalna długość zakotwienia z obydwu stron poza krawędzie otworu wynosi co najmniej 500 mm (po 250 na stronę).
5. Nadproża są nieprzerwanie podparte przez co najmniej 14 dni od wymurowania (dla temperatury powyżej +5°C).

Nadproża

Poniżej podano w tabelkach rozwiązania przykładowych belek nadprożowych z użyciem zbrojenia Murfor®. W każdym przypadku podano ilości warstw jakie muszą być zazbrojone w strefie rozciąganej i ściskanej (patrz rysunek: strefa I i II)



Cegły ceramiczne

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość cegieł na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 5 MPa

Wymiary cegły:

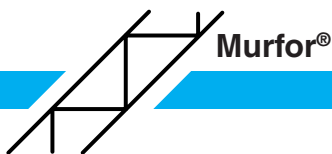
- $l \times w \times h$ [mm]
- 250 × 120 × 65
- 240 × 115 × 71

Liczba kolejnych spoin, które należy zazbroić (strefa I + strefa II)

Uwaga! Należy kontynuować zbrojenie co 400-500 mm.

szerokość	wysokość nadproża w m						
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
1 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
2 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
3 m	-	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
4 m	-	2+1	2+1	1+1	1+2	1+2	1+2

Nadproża o większych rozpiętościach lub większych obciążeniach można obliczyć zgodnie z opisem podanym w rozdziale 4., str. 56.



Nadproża

Bloczki silikatowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość cegieł na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 5 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
250 × 120 × 65
250 × 95 × 65

Liczba kolejnych spoin, które należy zazbroić (strefa I + strefa II)

Uwaga! Należy kontynuować zbrojenie co 400-500 mm.

szerokość	wysokość nadproża w m						
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
1 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
2 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
3 m	-	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
4 m	-	2+1	2+1	1+1	1+2	1+2	1+2

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
250 × 120 × 138
250 × 120 × 220

Liczba kolejnych spoin, które należy zazbroić (strefa I + strefa II)

Uwaga! Należy kontynuować zbrojenie co 400-500 mm.

szerokość	wysokość nadproża w m						
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
1 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
2 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
3 m	-	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
4 m	-	-	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1

Nadproża o większych rozpiętościach lub większych obciążeniach można obliczyć zgodnie z opisem podanym w rozdziale 4, str. 56.



Nadproża

Cegły i pustaki betonowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość cegieł na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 5 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
250 × 120 × 65

Liczba kolejnych spoin, które należy zazbroić (strefa I + strefa II)

Uwaga! Należy kontynuować zbrojenie co 400-500 mm.

szerokość	wysokość nadproża w m						
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
1 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
2 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
3 m	-	1+1	1+1	1+1	1+2	1+2	1+2
4 m	-	-	2+1	2+1	2+2	1+2	1+2

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
390 × 95 × 190

Liczba kolejnych spoin, które należy zazbroić (strefa I + strefa II)

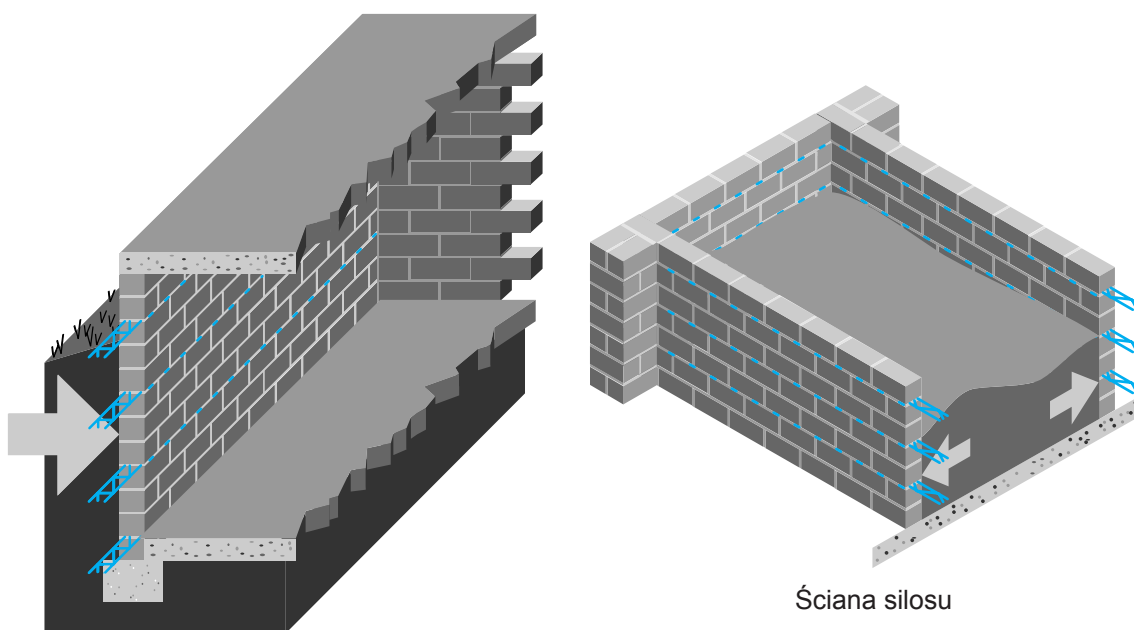
Uwaga! Należy kontynuować zbrojenie co 400-500 mm.

szerokość	wysokość nadproża w m						
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
1 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
2 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+2
3 m	1+0	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+2
4 m	-	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+2

Nadproża o większych rozpiętościach lub większych obciążeniach można obliczyć zgodnie z opisem podanym w rozdziale 4., str. 56.

3.8. Ściany obciążone parciem – mury oporowe

Ściany piwniczne i mury oporowe lub ściany silosów narażone są na znaczne naprężenia wynikające z obciążenia działającego prostopadle do ich powierzchni. Zbrojenie Murfor® umieszczone w spoinach wspornych zwiększa nośność ściany rozpiętej pomiędzy podporami.



Ściana piwniczna

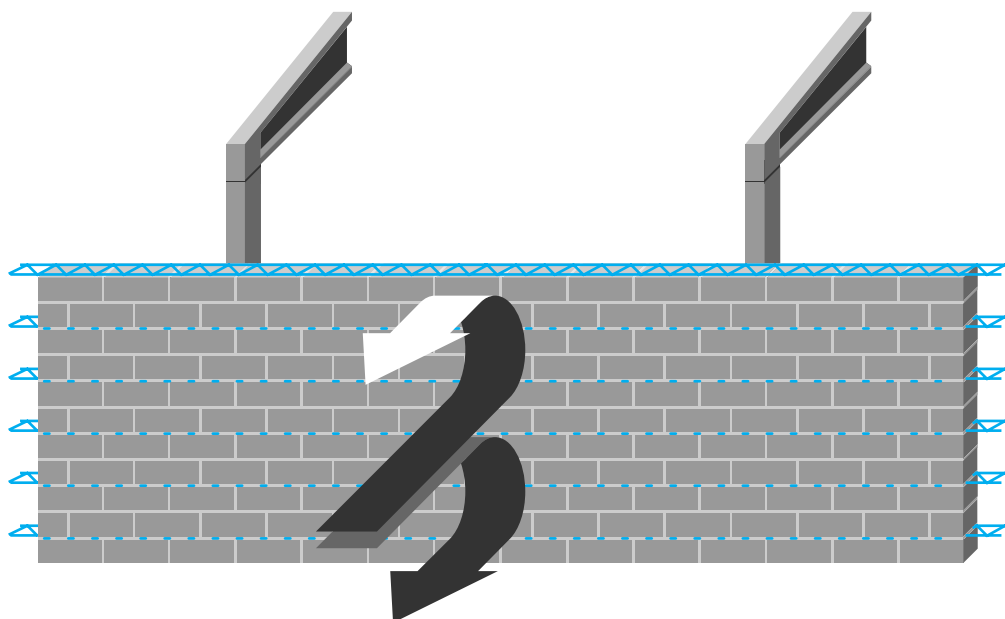
Ściana silosu

Murowane ściany zbrojone, poddane wygięciom z płaszczyzny, oblicza się w sposób identyczny jak płyty żelbetowe.

Patrz rozdział 4 – Algorytmy dotyczące projektowania murów zbrojonych. Niemniej jednak, przy określaniu dopuszczalnego obciążenia muru powinno się brać pod uwagę zabezpieczenie muru przed zarysowaniem. W tym celu wskazany jest ograniczenie naprężeń w stali zbrojenia f_{yk} do 200 MPa.

3.9. Ściany obciążone parciem i ssaniem wiatru

Ściany poddane parciu wiatru często podlegają dużym naprężeniom. Dzięki zbrojeniu Murfor® można zredukować grubość ściany.



Parcie wiatru

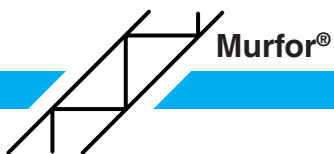
Konstrukcje ścian murowanych poddanych obciążeniu prostopadle działającemu do ich płaszczyzny i zbrojonych w spoinach wspornych oblicza się zgodnie z rozdziałem 4 – Algorytmy dotyczące projektowania murów zbrojonych.

Niemniej jednak, przy określaniu dopuszczalnego obciążenia muru powinno się brać pod uwagę zabezpieczenie muru przed zarysowaniem. W tym celu wskazanym jest ograniczenie naprężeń w stali zbrojenia f_{yk} do 200 MPa.

Przykład

Ściana zbudowana z bloczków betonowych o wielkości 390 x 190 x 190, odstęp pomiędzy słupami wynosi 6 m, ssanie wiatru wynosi 0,5 kN/m².

Według tablicy (str. 42) wymaganych jest 5 zbrojeń na metr wysokości. W rezultacie za pomocą zbrojenia Murfor® należy zazbroić każdą spoinę.



Poniższe tabele przedstawiają liczbę spoin, które należy zazbroić na metr wysokości w przypadku ścian narażonych na parcie wiatru.

Należy spełnić następujące kryteria konstrukcyjne:

1. Mur jest właściwie przewiązany.
2. Zbrojenie Murfor® jest łączone i zakotwione w sposób podany w 5.3. str. 72.
3. Nadproża są nieprzerwanie podparte przez co najmniej 14 dni od wymurowania (przy temperaturze powyżej +5°C).



Obciążenie wiatrem (parcie wiatru)

Cegły ceramiczne

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość elementów murowych na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 5 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
288 × 188 × 220

Wymiary cegły:

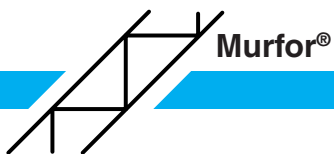
$l \times w \times h$ [mm]
375 × 250 × 238

Wartości obciążeń parcia wiatrem P podane w poniższych tablicach dotyczą obciążenia obliczeniowego.

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	3	4	5
4 m	4	-	-
5 m	-	-	-

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	2	3	3
4 m	3	4	-
5 m	4	-	-

Obliczenia dotyczące zbrojenia w przypadku większych rozpiętości lub większej siły parcia wiatru przeprowadza się zgodnie z opisem w rozdziale 4, str. 56.



Obciążenie wiatrem (parcie wiatru)

Cegły i bloczki silikatowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość elementów murowych na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 5 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
340 × 180 × 190
500 × 180 × 220

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
340 × 240 × 190
500 × 250 × 220

Wartości obciążeń parcia wiatrem P podane w poniższych tablicach dotyczą obciążenia obliczeniowego.

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	3	4	5
4 m	4	-	-
5 m	-	-	-

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	2	3	4
4 m	3	5	-
5 m	5	-	-

Obliczenia dotyczące zbrojenia w przypadku większych rozpiętości lub większej siły parcia wiatru przeprowadza się zgodnie z opisem w rozdziale 4, str. 56.



Obciążenie wiatrem (parcie wiatru)

Bloczki z betonu komórkowego

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość bloczków na ściskanie $\geq 3,6$ MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 8 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
590 × 240 × 240

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
590 × 360 × 240

Wartości obciążeń parcia wiatrem **P** podane w poniższych tablicach dotyczą obciążenia obliczeniowego.

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]			rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1		0,5	0,75	1
3 m	2	3	4	3 m	2	2	3
4 m	3	4	-	4 m	3	4	-
5 m	-	-	-	5 m	4	-	-

Obliczenia dotyczące zbrojenia w przypadku większych rozpiętości lub większej siły parcia wiatru przeprowadza się zgodnie z opisem w rozdziale 4, str. 56.

Obciążenie wiatrem (parcie wiatru)

Cegły i pustaki betonowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość cegieł i pustaków na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 10 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
390 × 140 × 190

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
390 × 190 × 190

Wartości obciążeń parcia wiatrem P podane w poniższych tablicach dotyczą obciążenia obliczeniowego.

rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	3	4	-
4 m	5	-	-
5 m	-	-	-

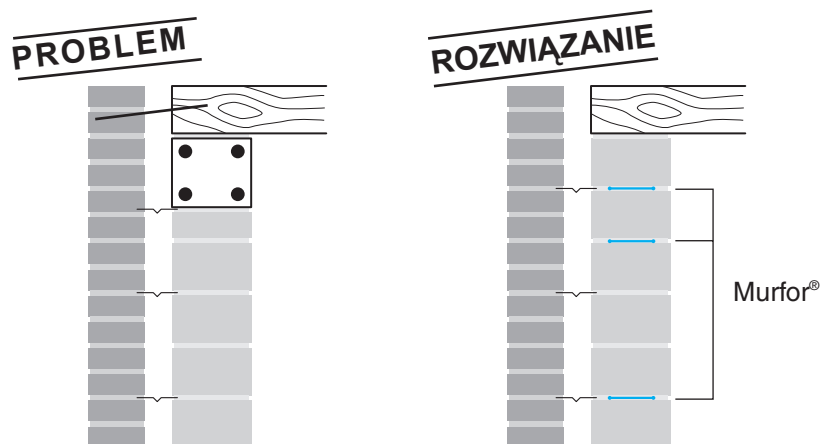
rozstaw kolumn	P [kN/m ²]		
	0,5	0,75	1
3 m	2	3	4
4 m	4	5	-
5 m	-	-	-

Obliczenia dotyczące zbrojenia w przypadku większych rozpiętości lub większej siły parcia wiatru przeprowadza się zgodnie z opisem w rozdziale 4, str. 56.

3.10. Wieńce

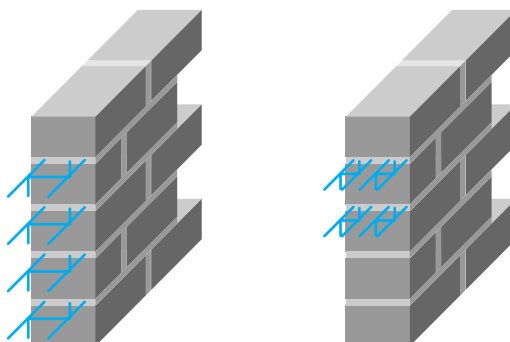
Obecnie rozwiązanie nie jest dopuszczone w polskich unormowaniach.

Jeżeli odpowiednia liczba zbrojenia Murfor® jest zabudowana w murze, można wyeliminować konieczność zastosowania tradycyjnych wieńców żelbetowych.



Aby zbrojenie było skuteczne zazwyczaj wystarczają 4 elementy Murfora®.

Każdą z czterech kolejnych spoin należy zbroić 1 elementem Murfor® lub w dwóch kolejnych spoinach należy osadzić obok siebie dwa elementy Murfor® o mniejszej szerokości.



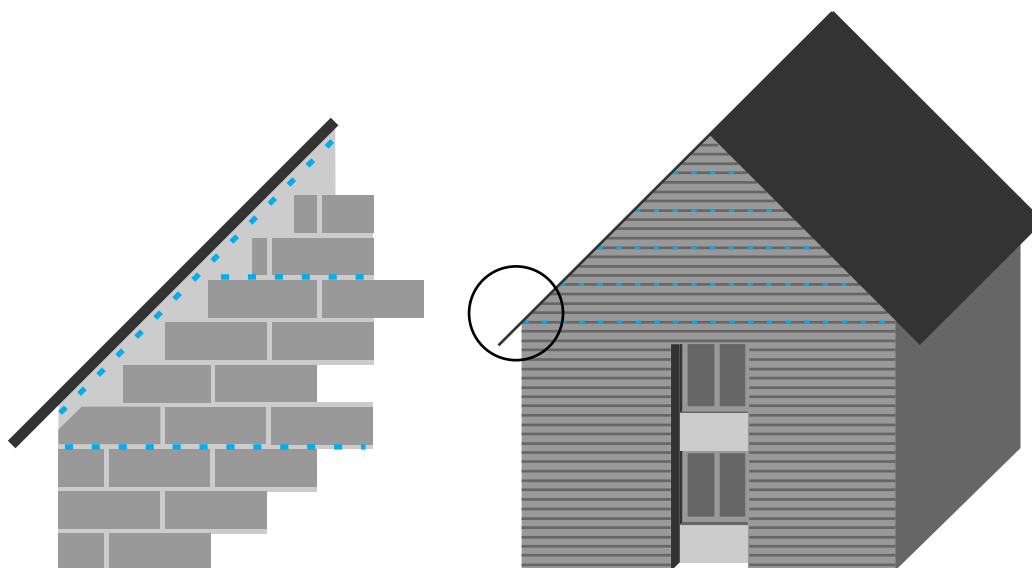
Zalety:

- eliminacja żelbetu i konieczności wykonywania szalunków
- lepsza praca ściany
- eliminacja mostków termicznych
- jednorodny mur
- szybsze i tańsze wykonanie

3.11. Zwieńczenia ścian szczytowych

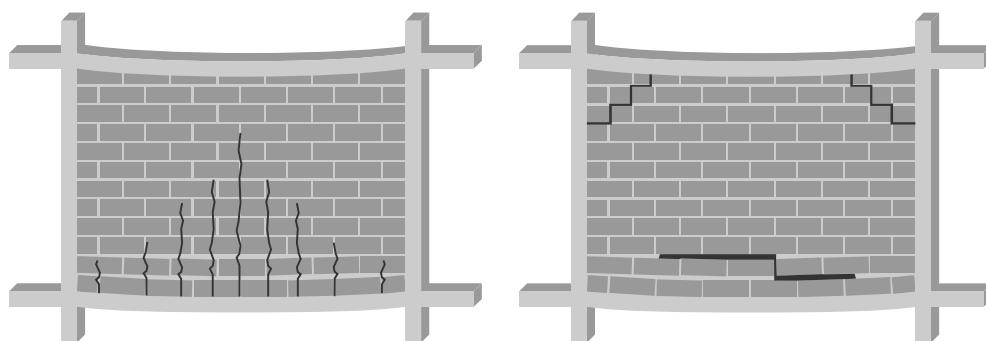
Zastosowanie zbrojenia Murfor® co 400 mm podnosi stabilność ściany szczytowej.

Wskazany jest zbrojenie co 200 mm w przypadku ścian szczytowych wyższych niż 8 m. Jeżeli chodzi o wykorzystany materiał, należy uwzględnić zalecenia z rozdziału 3.5., str. 26 (długie ściany).



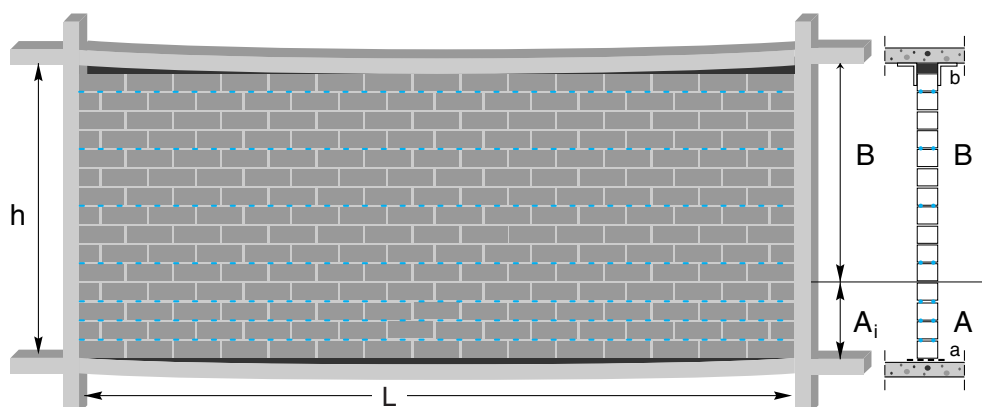
3.12. Ściany wypełniające konstrukcje szkieletowe i słupowo- płytowe poddane deformacjom

Jeżeli ściany wypełniające konstrukcję zabudowane są na uginającym się stropie lub belce, w murze powstają zazwyczaj zarysowania, tak jak pokazano na poniższym rysunku.

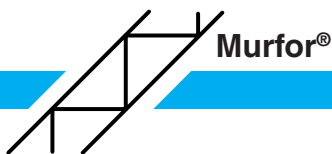


Problem ten można rozwiązać oddzielając wypełniający mur od stropu lub belki umieszczając przekładki z papy (lub podobnego materiału) między ścianą a konstrukcją oraz stosując zbrojenie Murfor®.

Dzięki temu ściana zachowuje się jak osobna, zbrojona płyta ścienna, niezależna już od ruchów stropu lub belki.



- a. przekładka z papy (lub z innego, podobnego materiału)
- b. pas izolacji przeciwogniowej.



Poniższe tablice określają liczbę spoin, które należy zazbroić w technologii Murfor® w dolnym obszarze A ścian wypełniających konstrukcję i poddanych deformacjom, w celu uzyskania ściany samonośnej.

W obszarze B co 500-600 mm umieszczone są zbrojenia pomocnicze.

Należy spełnić następujące kryteria konstrukcyjne:

1. Ściana jest wykonana z prawidłowym przewiązaniem elementów murowych
2. Ściana zbudowana jest na izolacji poziomej (a)
3. Pomiędzy górną krawędzią ściany a betonowym stropem lub belką należy umieścić materiał trwale plastyczny i niepalny (b)
4. Łączenie na zakład i/lub zakotwienie zbrojenia Murfor® zgodnie z opisem w 5.3, str. 72.
5. Nadproża są nieprzerwanie podparte przez co najmniej 14 dni od wymurowania (przy temperaturze powyżej +5°C).
6. Ściany przenoszą jedynie swój ciężar własny.



Ściany działowe lub wypełniające, ale nie pełniące funkcji ścian usztywniających

Cegły ceramiczne

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość elementów murowych na ściskanie ≥ 5 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 10 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
288 × 188 × 220

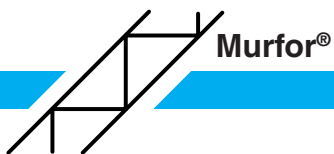
Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
375 × 250 × 238

Liczba spoin, które należy zbroić w dolnym obszarze A (rysunek na str. 45).
Uwaga! W obszarze B, zbrojenie pomocnicze co 500 – 600 mm.

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	2	2
5 m	-	3

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	2	2
5 m	-	3



Ściany działowe lub wypełniające, ale nie pełniące funkcji ścian usztywniających

Cegły i bloczki silikatowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość elementów murowych na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 8 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
340 × 180 × 190
500 × 180 × 220

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
340 × 240 × 190
500 × 250 × 220

Liczba spoin, które należy zazbroić w dolnym obszarze A (rysunek na str. 45).
Uwaga! W obszarze B, zbrojenie pomocnicze co 500 – 600 mm.

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	1	2
5 m	-	2

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	2	2
5 m	-	3



Ściany działowe lub wypełniające, ale nie pełniące funkcji ścian usztywniających

Bloczki z betonu komórkowego

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość bloczków na ściskanie $\geq 3,6$ MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 8 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
590 × 240 × 240

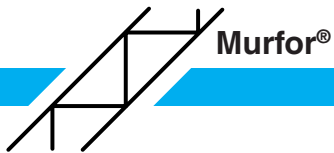
Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
590 × 360 × 240

Liczba spoin, które należy zbroić w dolnym obszarze A (rysunek na str. 45).
Uwaga! W obszarze B, zbrojenie pomocnicze co 500 – 600 mm.

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	1	1
5 m	-	1

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	1	1
5 m	-	1



Ściany działowe lub wypełniające ale nie pełniące funkcji ścian usztywniających

Cegły i pustaki betonowe

Specyfikacje materiału:

- wytrzymałość cegieł i pustaków na ściskanie ≥ 15 MPa
- wytrzymałość zaprawy na ściskanie ≥ 10 MPa

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
390 × 140 × 190

Wymiary cegły:

$l \times w \times h$ [mm]
390 × 190 × 190

Liczba spoin, które należy zbroić w dolnym obszarze A (rysunek na str. 45).
Uwaga! W obszarze B, zbrojenie pomocnicze co 500 – 600 mm.

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	1	2
5 m	2	2

długość ścian	wysokość	
	2,5 m	3 m
3 m	1	1
4 m	2	2
5 m	-	2



3.13. Mury szczelinowe

Mur szczelinowy ze zbrojeniem Murfor® porównywalny jest ze ścianą pojedynczą. W rezultacie taki mur szczelinowy można uważać za jednorodną ścianę nośną i można zmniejszyć jego grubość.

Typowe zastosowania:

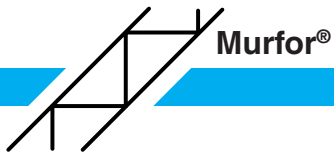
- mur dwuwarstwowy bez przewiązania elementów murowych
- ściany wsporcze tarasów
- ściany poddane obciążeniom działającym prostopadle do płaszczyzny
- nadproża w murze szczelinowym eliminujące mostki termiczne ...

Tak więc, oprócz zastosowania do łączenia dwóch warstw muru, Murfor® podnosi również nośność ścian. W takim wypadku, obydwie warstwy pełnią rolę zbrojonego muru.

Jeżeli obie warstwy są wykonane z tego samego materiału, obliczenia można przeprowadzić z zastosowaniem zastępczej grubości d gdzie

$$d = \sqrt{d_1^3 + d_2^3} \quad (d_1, d_2 - \text{grubości warstw})$$

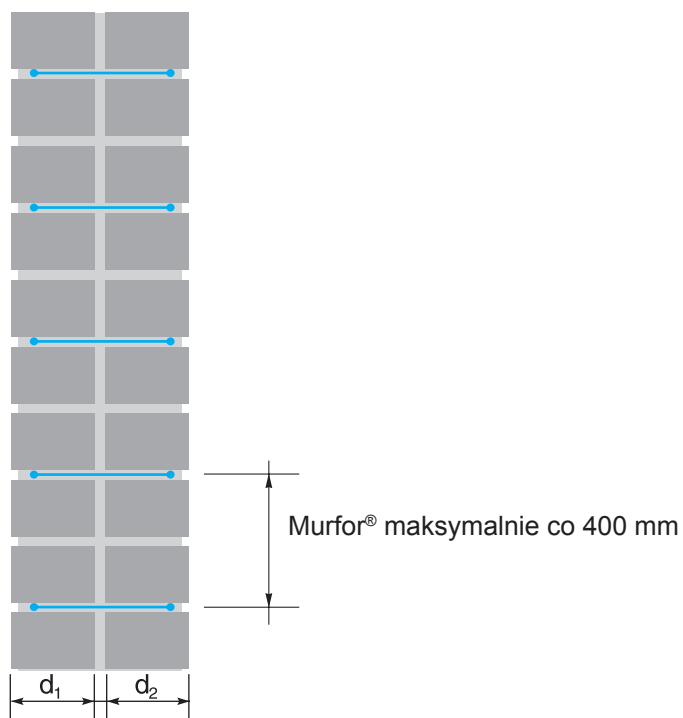
Typowe ściany szczelinowe można obliczać zgodnie z zaleceniami podanymi w instrukcji ITB Nr 341/96.



Przykłady

Mury dwuwarstwowe bez przewiązania elementów murowych

Murfor® można użyć do połączenia dwóch warstw muru w celu poprawienia smukłości i stateczności ściany.

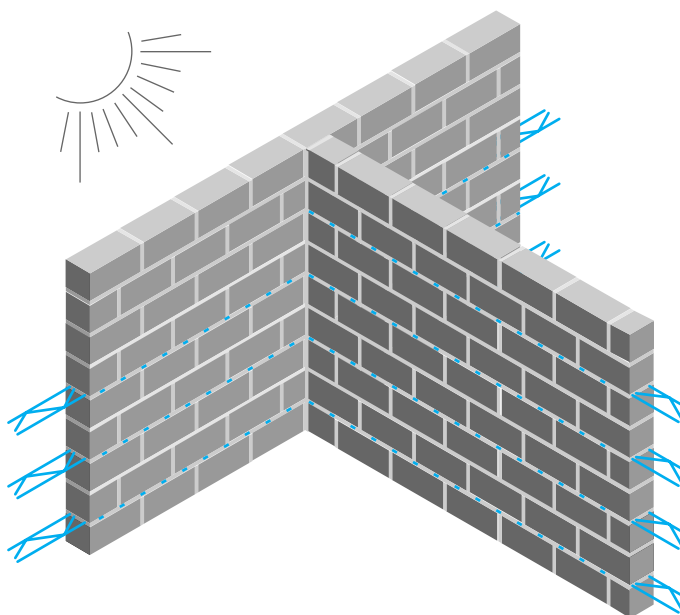
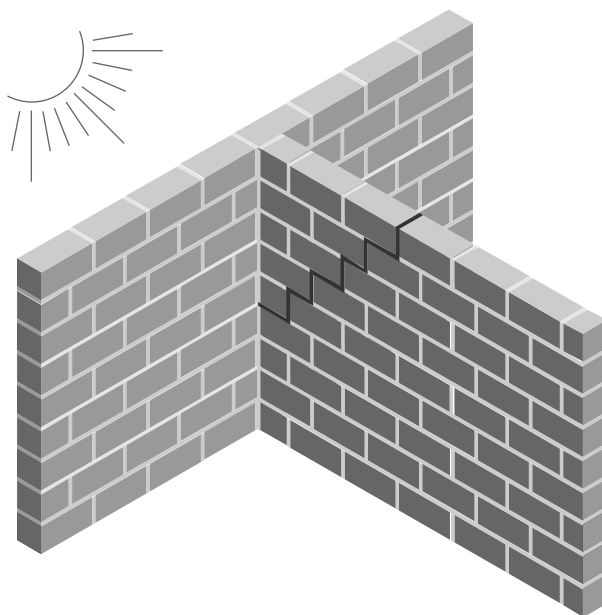


$$d = \sqrt{d_1^3 + d_2^3}$$

Uwaga! Szczelina między warstwami wypełniona zaprawą.

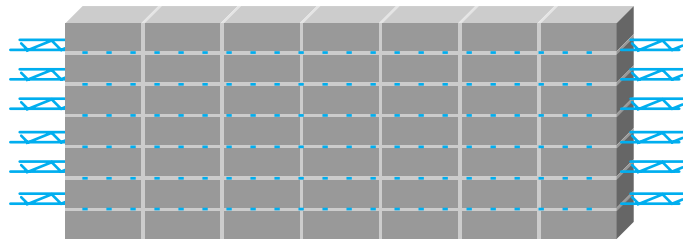
3.14. Rozszerzalność termiczna konstrukcji

W wyniku działania deszczu i wahań temperatury, mur wykazuje tendencję do rozszerzania się lub kurczenia wywołując w ten sposób naprężenia, które często powodują zarysowania na styku ze ścianami działowymi. Problem ten można rozwiązać umieszczając po wysokości ściany zbrojenie Murfor® w rozstawie nie większym niż 400 mm.

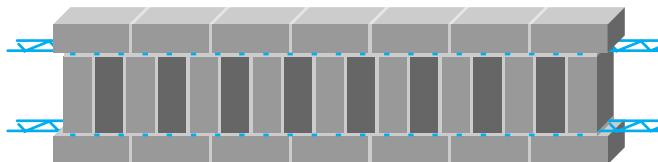


3.15. Mury bez przewiązania w kierunku pionowym

Elewacje murowane bez przewiązania w kierunku pionowym dają architektowi nowe możliwości, gdyż jest on w stanie uzyskać specjalne efekty wizualne. Zazwyczaj taki rodzaj muru stosowany jest jedynie w przypadku wznoszenia niewielkich i nienośnych ścian. Zastosowanie zbrojenia Murfor® w każdej spoinie, pozwoli osiągnąć wytrzymałość jak elewacji murowanej z przewiązaniem.



Również możliwe jest wznoszenie murów bez przewiązań z różnych materiałów. Na przykład dla budynku „Stadtarchiv” (Archiwum Państwowego) w Monachium wykorzystano specjalny charakterystyczny mur z bloczkami wapienno-piaskowymi oraz cegłami ceramicznymi tego samego rozmiaru ułożonymi wozówkowo, co daje wizualny efekt przypominający półkę z książkami.



3.16. Budynek zbrojony jednorodnie

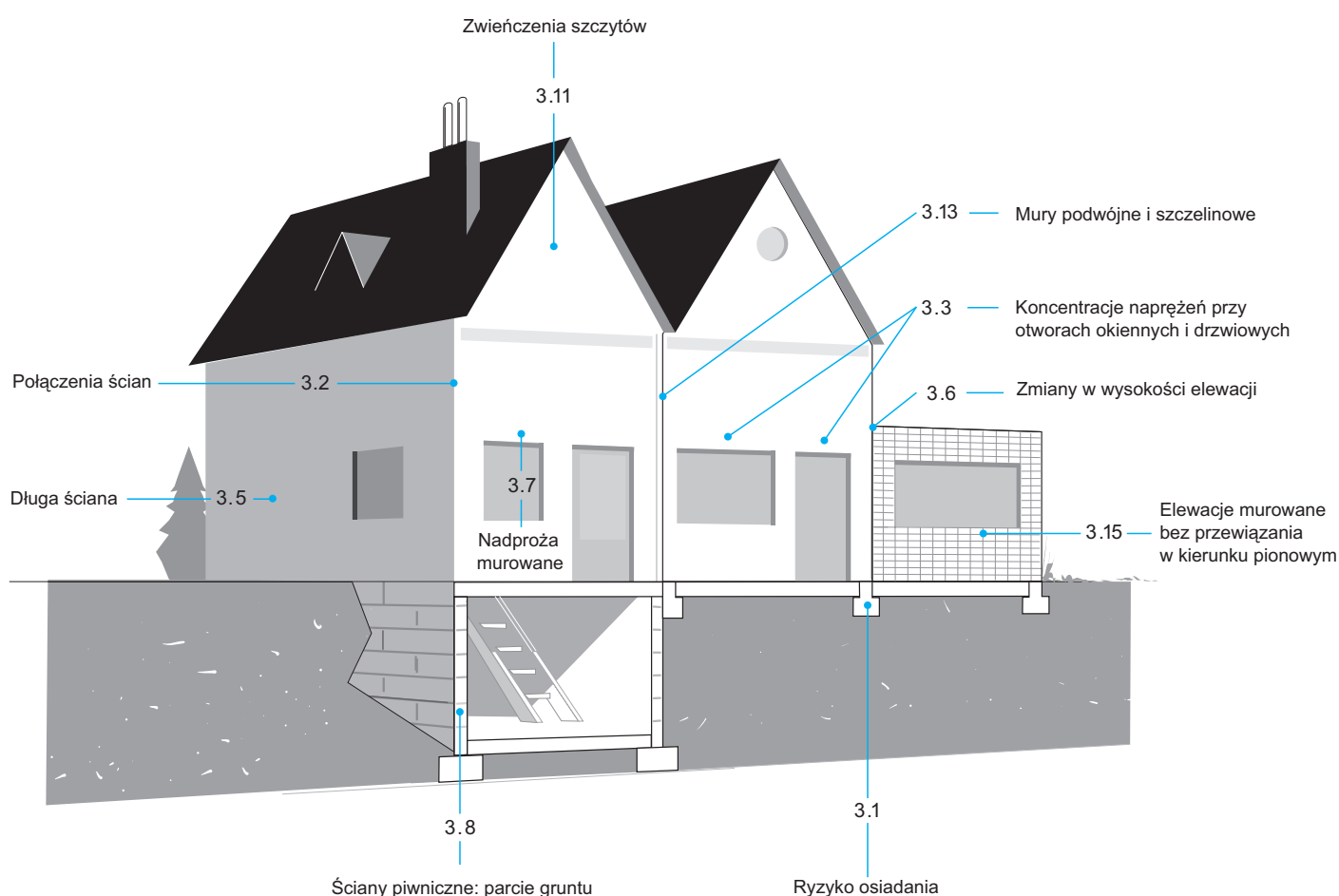
Jak dotąd omówiono poszczególne problemy.

Również za pomocą systemu Murfor® można w sposób jednorodny zbroić całą konstrukcję.

Zalety:

- obniżenie liczby szczegółowych badań i zaleceń dotyczących placu budowy
- zapobieganie potencjalnym pomyłkom podczas wznoszenia budynku
- eliminacja nieoczekiwanych problemów

System Murfor® to dodatkowa gwarancja dla architekta, wykonawcy i klienta.

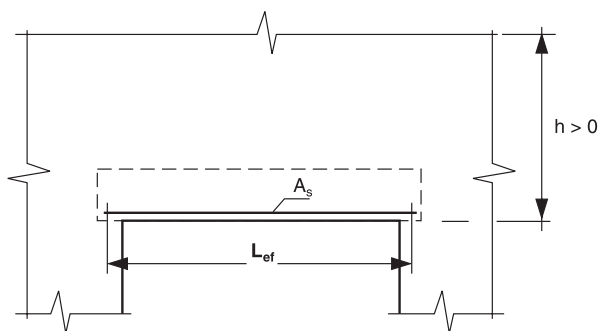


4. ALGORYTMY DOTYCZĄCE PROJEKTOWANIA MURÓW ZBROJONYCH

4.1. Ustalenia ogólne.

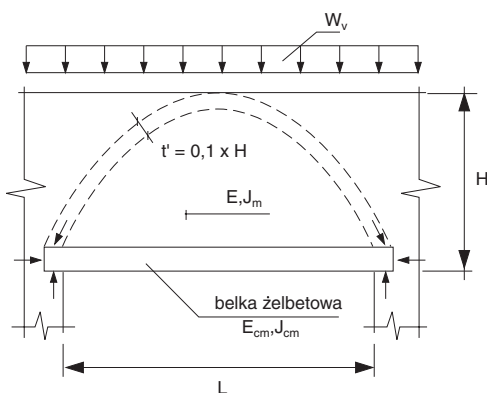
W zależności od geometrii konstrukcji (rys.1) mury zbrojone poddane zginaniu w swej płaszczyźnie obejmują, w zależności od stosunku h/L_{eff} (wysokość muru nad otworem / rozpiętość efektywna) następujące trzy zasadnicze przypadki:

- murowane elementy belkowe – nadproża murowane i belki ($h/L_{\text{eff}} \leq 0,5$);
- belki wysokie – tzw. belki-ściany ($0,5 < h/L_{\text{eff}} \leq 1,0$);
- tarcze murowane ($h/L_{\text{eff}} > 1,0$) – rys.2.



Rys.1. Schemat murowanej konstrukcji zbrojonej zginanej w swej płaszczyźnie.

Jeśli chodzi o tarcze ścienne oparte na belkach (rys.2) to obliczać je można, między innymi, z uwzględnieniem sztywności giętej belki. W rzeczywistości, po zadziałaniu obciążenia pionowego, w tarczy takiej wystąpi efekt wewnętrznego przesklepienia, a belka żelbetowa pełnić będzie rolę ściągu. W efekcie, w tarczy muru dominować będą naprężenia ściskające, zaś w belce wystąpi zginanie z rozciąganiem.



Rys.2. Murowana tarcza ścienna oparta na belce.

Wysokość wydzielonego łuku wewnętrznego (t' - na rys.2) jest funkcją stosunku sztywności muru (EJ_m) do sztywności elementu żelbetowego ($E_{cm}J_{cm}$). Należy ją przyjmować równą 0,1 wysokości muru nad otworem, czyli $t' = 0,1h$.

Obliczanie tego typu ustrojów sprowadza się do sprawdzenia warunku nie przekroczenia wytrzymałości muru na ściskanie oraz wyznaczeniu zbrojenia na rozciąganie (i ewentualnie na ścinanie) w żelbetowej belce. Normy europejskie nie podają dokładnych algorytmów obliczeniowych. Wzory, których przy podanych wyżej założeniach, należy wyznaczać siły wewnętrzne w murze tarczy oraz belce, można znaleźć w literaturze.

Murowane nadproża łukowe projektuje i wykonuje się jako niezbrojone, a oblicza zgodnie z zasadami podanymi w literaturze przedmiotu oraz ogólnymi zaleceniami dotyczącymi projektowania murów niezbrojonych, zawartymi w PN-B-03002:1999.

Nadproża w postaci elementów żelbetowych, prefabrykowanych lub wykonywanych bezpośrednio na miejscu budowy, oblicza się je zgodnie z zasadami dotyczącymi projektowania konstrukcji żelbetowych wg PN-B-03264:2002.

Obliczanie belek oraz belek-ścian należy prowadzić przy założeniu, że myślowo wydzielona z muru belka murowana (oznaczona na rys. 1 linią przerywaną) przenosi wyłącznie momenty zginające oraz siły poprzeczne.

4.2. Warunki ogólne SGN.

Przy projektowaniu murów zbrojonych poddanych zginaniu należy sprawdzić dwa następujące warunki:

- stanu granicznego nośności na zginanie, oraz
- stanu granicznego na ścinanie.

Warunek nieprzekroczenia nośności na zginanie ma ogólną postać:

$$M_{sd} \leq M_{rd} \quad (1)$$

gdzie: M_{sd} - maksymalna obliczeniowa wartość momentu zginającego;

M_{rd} - nośność na zginanie muru zbrojonego.

W przypadku zginanych w płaszczyźnie murów zbrojonych wzór (1) przyjmuje postać dwóch warunków stanu granicznego nośności, które muszą być spełnione jednocześnie:

- ze względu na nieprzekroczenie granicy plastyczności w stali zbrojenia;
- z uwagi na nieprzekroczenie wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku równoległym do spoin wspornych w ściskanej strefie przekroju poprzecznego.

Warunek nieprzekroczenia nośności na siły poprzeczne (ściananie) ma postać:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (2)$$

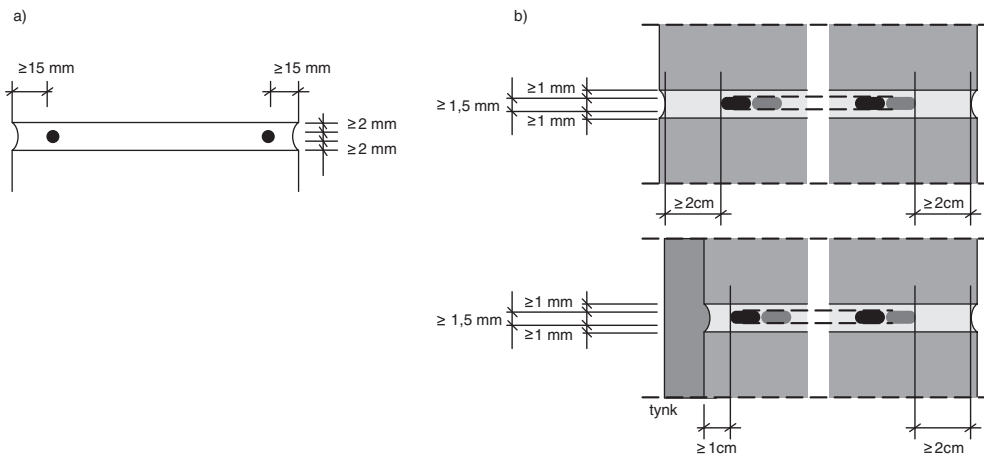
gdzie: V_{Sd} - maksymalna obliczeniowa wartość siły poprzecznej;
 V_{Rd} - nośność na ściananie.

4.3. Warunki konstrukcyjne dotyczące rozmieszczenia i kształtowania zbrojenia.

Stosowanie zbrojenia w spoinach wspornych murów musi spełniać warunki konstrukcyjne w zakresie rozmieszczenia zbrojenia, zakotwienia, łączenia oraz minimalnej grubości otuliny zaprawą. Szczegółowe zalecenia w tym względzie podane są w PN-B-03340:1999.

Problem jedynie może stanowić prawidłowe otulenie zaprawą w spoinie wspornej w odniesieniu do murów wykonywanych na tzw. cienkie spoiny. Norma PN-B-03340:1999 podaje zalecenia ogólne, pokazane na rys.3a. Przy cienkiej spoinie (o grubości do ok. 3 mm) zastosowanie takich grubości otulenia jest niewykonalne. Stąd zasadnym wydaje się przyjęcie warunków opracowanych dla zbrojenia do cienkich spoin typu Murfor® firmy BEKAERT S.A., pokazane na rys.3b.

Rys. 3. Otulenie stali zbrojeniowej w spoinie wspornej:



a) zalecenia PN-B-03002:1999;

b) zalecenia dla zbrojenia Murfor® do cienkich spoin.

Długość zakotwienia powinna być dostateczna w celu przekazania sił wewnętrznych na zaprawę lub beton wypełniający i uniknięcia rys podłużnych lub rozłupywania muru. Zakotwienie uzyskać można przez proste zakotwienie, haki, zagięcie lub pętle. Alternatywnie stosować można również odpowiednie urządzenia mechaniczne. Nie zaleca się stosować zakotwienia prostego lub zagięć w celu zakotwienia gładkich prętów zbrojenia o średnicy większej niż 8 mm. Haków, zagięć lub pętli zaleca się nie stosować w celu zakotwienia prętów ściskanych.

Wymagana długość zakotwienia prostego l_b , przy założeniu równomiernie rozłożonych naprężeń przyczepności, zaleca się wyznaczać z wzoru.

$$l_b = \gamma_m \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \frac{l}{f_{bok}} \quad (3)$$

gdzie: ϕ - średnica efektywna zbrojenia;
 γ_m - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru (dla zakotwienia stali zbrojeniowej – z tabl.1 normy PN-B-03340:1999);
 f_{yk} - wartość charakterystyczna granicy plastyczności stali;
 f_{bok} - wartość charakterystyczna wytrzymałości zakotwienia zbrojenia.

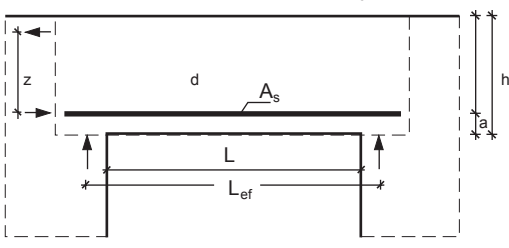
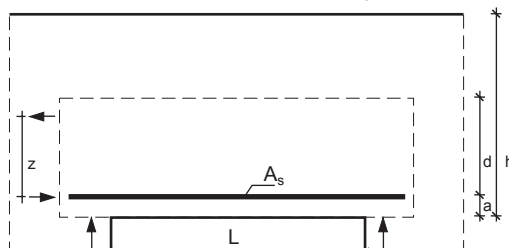
Stosowanie wzoru (3) w praktyce natrafiało na podstawową trudność, mianowicie w normie PN-B-03340:1999 nie podano w jaki sposób należy przyjmować lub określać wartość charakterystyczną wytrzymałości zakotwienia zbrojenia f_{bok} . Wartości f_{bok} można przyjmować z podanej poniżej tablicy 1, którą wprowadzono zmianą Az1/2004 do PN-B-03340:1999.

Tablica 1 Charakterystyczne wartości wytrzymałości zakotwienia zbrojenia f_{bok}

Klasa zaprawy	M5	M10	M15	M20
dla prętów gładkich [MPa]	1,3	1,5	1,6	1,8
dla prętów żebrowanych [MPa]	2,4	3,0	3,4	4,1

4.4. Algorytm obliczania belek i belek-ścian.

4.4.1. Geometria.

Belki ($h/L_{eff} \leq 0,5$)	Belki – ściany ($0,5 < h/L_{eff} \leq 1$)
<p>Schemat obliczeniowy:</p> 	<p>Schemat obliczeniowy:</p> 
<p>Rozpiętość efektywna:</p> $L_{eff} = 1,15 \times L$	<p>Rozpiętość efektywna:</p> $L_{eff} = 1,15 \times L$
<p>gdzie: L – rozpiętość otworu w świetle.</p>	<p>gdzie: L – rozpiętość otworu w świetle.</p>

<p>Ramię działania sił wewnętrznych:</p> $z = d \times \left(1 - 0,5 \frac{A_s \times f_{yk} \times \gamma_m}{b \times d \times f_k \times \gamma_s} \right)$ <p>gdzie: A_s – pole przekroju zbrojenia rozciąganego [m²]; b – szerokość przekroju (grubość muru) [m]; f_k – wytrzymałość muru na ściskanie [MPa] f_{yk} – charakterystyczna granica plastyczności stali [MPa] – przyjmowana z normy żelbetowej PN-B-03264:2002 lub Aprobaty Technicznej dla danego typu zbrojenia do spoin wspornych, spełniającego wymagania PN-EN 845-3:2003; γ_m – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru (z tabl.1 PN-B-03340:1999); γ_s – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla stali $\gamma_s = 1,0$ niezależnie od kategorii produkcji elementów murowych i kategorii wykonania robót).</p>	<p>Ramię działania sił wewnętrznych:</p> $z \leq \min \begin{cases} 0,7 \times L_{eff} \\ 0,4 \times h + 0,2 \times L_{eff} \end{cases}$
<p>Wysokość efektywna przekroju: $d = h - a$ gdzie: a – odległość środka ciężkości zbrojenia rozciąganego od dolnej krawędzi muru.</p>	<p>Wysokość efektywna przekroju: $d = 1,25 \times z$</p>

4.4.2. Warunki SGN.

- a) **Stan graniczny nośności ze względu na nieprzekroczenie granicy plastyczności zbrojenia:**

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} = \frac{A_s \times f_{yk} \times z}{\gamma_s} \quad (2.1)$$

Oznaczenia jak podano powyżej w p.1.

Konieczną powierzchnię zbrojenia na rozciąganie można wyliczyć z przekształcenia powyższej zależności:

$$A_s = \frac{M_{sd} \times \gamma_s}{f_{yk} \times z} \quad (2.2)$$

Dodatkowo należy mieć na uwadze, że:

- należy uwzględnić wszystkie obciążenia pionowe oddziaływujące na część ściany znajdującej się powyżej rozpiętości efektywnej, jeżeli obciążenia te nie mogą być przejęte w inny sposób, np. przez stropy wyższych kondygnacji, pracujących jak wieńce w murze;
- do obliczeń potrzebnego zbrojenia belkę-ścianę uważać można za belkę pracującą w schemacie wolno podpartej;
- w celu przeciwdziałania rozwarciu rys zaleca się przewidzieć zbrojenie poziome w spoinach wspornych w dolnej części belki na wysokości równej $0,5L_{eff}$ lub $0,5d$ (miarodajna jest mniejsza z tych wartości);

b) Stan graniczny nośności ze względu na nieprzekroczenie wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku równoległym do spoin wspornych w ściskanej strefie przekroju zginanego:

$$M_{sd} \leq M_{Rd} = \frac{(0,4 \times f_k)}{\gamma_m} b \times d^2 \quad (2.3)$$

KOMENTARZ:

Należy mieć na uwadze, że w powyższym wzorze wyrażenie w nawiasie, tzn. $(0,4 \times f_k)$ jest oszacowaniem nie występującej w normie wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku równoległym do spoin wspornych. Norma podaje jedynie f_k , czyli charakterystyczną wartość wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych. Oszacowanie to, w świetle dostępnych wyników badań prowadzonych w kraju oraz na świecie, jest bardzo bezpieczne. W rzeczywistości, w przypadku większości murów wytrzymałość na ściskanie w kierunku poziomym jest znacznie większa. Przepisy amerykańskie podają, że osiąga ona średnio 0,75 wytrzymałości dla kierunku pionowego. Dla murów z cegły pełnej na silnych zaprawach w naszych badaniach osiągnęliśmy wartości f_k prawie identyczne dla obydwu kierunków. W projektowaniu należy przyjmować wytrzymałość na ściskanie w kierunku równoległym do spoin wspornych jak we wzorze (2.3), chyba, że dysponuje się rzeczywistą wartością tej wytrzymałości – np. z Aprobaty Technicznej, Certyfikatu lub innego tego typu dokumentu.

UWAGA:

Welementach zginanych, poddanych jednocześnie jedynie działaniu małej siły osiowej, obliczać można jedynie przekroje poddane zginaniu, gdy siła osiowa nie przekracza wartości $0,1 f_k A$ (A – pole przekroju poprzecznego muru).

c) Stan graniczny nośności ze względu na ścinanie w strefach przypodporowych:

W odniesieniu do zginanych murowych elementów zbrojonych – podobnie jak ma to miejsce w elementach niezbrojonych, obliczanych zgodnie z PN-B-03002:1999 – warunek nośności na ścinanie przyjęto w PN-B-03340:1999, jak dla muru niezbrojonego. Tak więc zarówno nie uwzględnia się w obliczeniach obecności zbrojenia podłużnego, jak i nie projektuje się zbrojenia mającego przenieść siły poprzeczne.

Warunek ten można zapisać w następującej postaci:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} = V_{Rd1} = \frac{f_{vvk} \times b \times d}{\gamma_m} \quad (2.4)$$

gdzie: f_{vvk} – wartość charakterystyczna wytrzymałości muru na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych (z tabl.11 w PN-B-03002:1999);

a pozostałe oznaczenia jak we wzorach wcześniejszych.

KOMENTARZ

- Ze względu na brak możliwości stosowania zbrojenia na ścinanie w chwili obecnej nośność na siły poprzeczne należy wyznaczać tylko jak dla muru niezbrojonego.
- Dawne normy PN-87/B-03002 oraz PN-89/B-03340 zagadnienia belek-ścian murowych w ogóle nie analizują. Również nadproża murowane zostały w tych przepisach pominięte. W przepisach innych krajów (np. niemieckich czy brytyjskich) sytuacja jest podobna. Jedynie w literaturze, a ściślej pracy Lewickiego przy analizie ścian usztywniających, podano warunek dotyczący sprawdzenia nośności na ścinanie nadproża nad otworem w ścianie murowanej:

$$\frac{V_{Sd}}{0,7 \times b \times h} \leq \frac{f_{vok}}{\gamma_m}$$

gdzie V_{Sd} - siła ścinająca w nadprożu, wywołana jego pracą jako łącznika pasm pionowych ściany; udział obciążenia nadproża z opartym stropem można z reguły pominąć;

b - grubość ściany;

h - wysokość przekroju;

f_{vok} - wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w przekroju równoległym do warstw muru;

oraz następujący wzór do obliczania potrzebnego zbrojenia na rozciąganie:

$$A_s = \frac{M_1 + M_2}{z \times f_{yd}}$$



gdzie: $M_1 = \frac{q + l_n^2}{12}$ – moment podporowy od obciążenia nadproża ciężarem własnym i stropu;

$M_2 = V_{sd} \times \frac{l_n}{2}$ – moment od siły poprzecznej w nadprożu, wywołanej obciążeniem wiatrem przypadającym na ścianę;

z – ramię sił wewnętrznych równe odległości górnego i dolnego zbrojenia
gdy $h_n > 1/3 \times l_n$ oraz $z = 0,3l_n$ gdy

l_n - rozpiętość nadproża.

4.4.3. Uwagi końcowe.

1. Przeprowadzone w Katedrze Konstrukcji Budowlanych i Mostów Politechniki Śląskiej badaniach murów zbrojonych w spoinach wspornych wykazały, że nie powinno się stosować zbrojenia w postaci parzystej liczby „kratowniczek” (np. typu Murfor®). Chodzi o to, aby w osi muru był poprzeczny pręt skratowania. Jeżeli go nie ma mur pod obciążeniem pionowym niszczy się rysą podłużną, która „rozłupuje” ścianę na dwie tarcze. Co gorsza, najczęściej następuje to przy mniejszym obciążeniu, niż niszczące mur bez zbrojenia.
2. W murach zginanych należy dążyć do zbrojenia umieszczanego jedynie w spoinie wspornej nad pierwszą warstwą elementów murowych, maksymalnie nad pierwszą i drugą. Gdy elementy murowe mają wysokość poniżej 10 cm można zbrojenie umieszczać w trzech spoinach wspornych. Chodzi o to, aby naprężenia w stali zbrojeniowej w poszczególnych warstwach były zbliżone. Przy wysokich elementach murowych (np. pustaki) występują znaczne różnice w wyężeniu zbrojenia w poszczególnych warstwach.

4.5. Algorytm obliczania ścian.

Dotyczący projektowania murów zbrojonych zginanych prostopadle do swojej płaszczyzny (ściany)

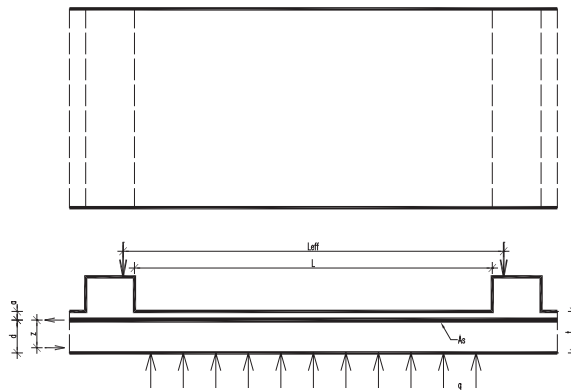
Ustalenia dotyczące obliczania nośności ścian obciążonych głównie poziomo dotyczą wyłącznie ścian poddanych obciążeniu wiatrem lub obciążeniu wyjątkowemu. Nośność ścian obciążonych głównie poziomo sprawdza się przyjmując za model obliczeniowy, w zależności od warunków podparcia wzdłuż krawędzi:

- belkę, kiedy ściana podparta jest tylko wzdłuż dwóch przeciwległych krawędzi (najczęściej występujący przypadek dla myślowo wydzielonego pasma ściany zbrojonej),
- płytę, kiedy ściana podparta jest wzdłuż trzech lub czterech krawędzi.

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

Warunki SGN oraz warunki konstrukcyjne dotyczące rozmieszczenia i kształtowania zbrojenia należy przyjąć jak w algorytmie dotyczącym projektowania murów zbrojonych zginanych w swej płaszczyźnie.

4.5.1. Geometria



Rozpiętość efektywna:

$$L_{\text{eff}} = 1.15 \times L$$

gdzie: L – rozpiętość ściany w świetle podpór.

Ramię działania sił wewnętrznych:

$$z = 0.8 d$$

gdzie: d – grubość ściany pomniejszona o odległość osi zbrojenia rozciąganego od krawędzi rozciąganej muru ($d = t - a$).

4.5.2. Warunki SGN.

- a) Stan graniczny nośności ze względu na nieprzekroczenie granicy plastyczności zbrojenia:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} = \frac{A_s \times f_{yk} \times z}{\gamma_s}$$

- gdzie: A_s – pole przekroju zbrojenia rozciąganego [m²];
 f_{yk} – charakterystyczna granica plastyczności stali [MPa] – przyjmowana z normy żelbetowej PN-B-03264:2002 lub Aprobata Technicznej dla danego typu zbrojenia do spoin wspornych, spełniającego wymagania PN-EN 845-3:2003;
 z – ramię działania sił [m];
 γ_s – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla stali ($\gamma_s = 1,0$ niezależnie od kategorii produkcji elementów murowych i kategorii wykonania robót).

Konieczną powierzchnię zbrojenia na rozciąganie można wyliczyć z przekształcenia powyższej zależności:

$$A_s = \frac{M_{Sd} \times \gamma_s}{f_{yk} \times z}$$

- b) Stan graniczny nośności ze względu na nieprzekroczenie wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku równoległym do spoin wspornych w ściskanej strefie przekroju zginanego:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} = \frac{0,4 \times f_k \times b \times t^2}{\gamma_m}$$

- gdzie: f_k – wytrzymałość muru na ściskanie [MPa];
 b – wysokość lub szerokość rozpatrywanego pasma ściany [m];
 t – grubość ściany;
 γ_m – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla muru (z tab. 1 PN-B-03340:1999).

- c) Stan graniczny nośności ze względu na ścinanie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściany:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} = \frac{f_{vhk} \times b \times t}{\gamma_m}$$

- gdzie: f_{vhk} – wartość charakterystyczna wytrzymałości muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych i poprzecznie do płaszczyzny ściany. Na podstawie badań Pfeffermann i van Hoorockx należy przyjmować $f_{vhk} = 0,3 f_k$ [MPa];

- d) Sprawdzenie naprężeń rozciągających w kierunku prostopadłym do spoin wspornych:

$$M_{Sd} \leq \frac{b \times t^2}{6} \times \frac{f_{vhk}}{\gamma_m}$$

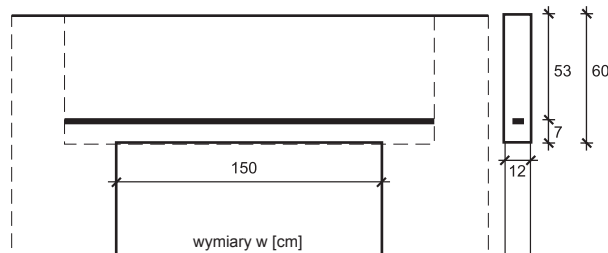
4.6. Przykłady obliczeń.

4.6.1. Belka.

Elewacja z cegły klinkierowej o wymiarach 250x120x65 mm klasy 15 MPa na zaprawie marki 5 MPa. Grubość elewacji 12 cm. Nadproże o rozpiętości 150 cm z nieobciążonym pasmem muru nad nadprożem wysokości 60 cm. Pierwsza warstwa cegieł układana na płasko.

Dane materiałowe:

$$\begin{aligned} f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ \gamma_s &= 1,0 \\ f_k &= 3,91 \text{ MPa} \\ f_{vfk} &= 0,63 \text{ MPa} \\ \gamma_m &= 2,5 \\ \gamma &= 19,0 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_f &= 1,2 \end{aligned}$$



Dane geometryczne:

$$\begin{aligned} b &= 0,12 \text{ m} \\ h &= 0,60 \text{ m} \\ L_{\text{eff}} &= 1,15 \times L = 1,15 \times 1,50 = 1,73 \text{ m} \\ h/L_{\text{eff}} &= 0,60/1,73 = 0,35 - \text{typ Belka} \\ a &= 0,065 + 0,005 = 0,07 \text{ m} \\ d &= h - a = 0,60 - 0,07 = 0,53 \text{ m} - \text{wysokość efektywna przekroju} \\ z &= 0,95 \times d = 0,95 \times 0,53 = 0,50 \text{ m} - \text{przyjęte założenie} \end{aligned}$$

Obliczenia:

$$\begin{aligned} q_{\text{obl}} &= \gamma \times b \times h \times \gamma_f = 19,0 \times 0,12 \times 0,60 \times 1,2 = 1,64 \text{ kN/m} - \text{obciążenie z pasma ściany} \\ M_{\text{sd}} &= 0,125 \times q_{\text{obl}} \times L_{\text{eff}}^2 = 0,125 \times 1,64 \times 1,732 = 0,61 \text{ kNm} - \text{moment przęsłowy jak dla belki wolnopodpartej} \\ V_{\text{sd}} &= 0,5 \times q \times L = 0,5 \times 1,64 \times 1,50 = 1,23 \text{ kN} - \text{siła tnąca przy podporze jak dla belki wolnopodpartej} \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{M_{\text{sd}} \times \gamma_s}{f_{yk} \times z} = \frac{0,61 \times 1,0}{500 \times 10^3 \times 0,50} = 2,4 \times 10^6 \text{ m}^2 - \text{potrzebna powierzchnia zbrojenia rozciąganego}$$

$$A_{\text{smin}} = 0,0005 \times b \times d = 0,0005 \times 0,12 \times 0,53 = 31,8 \times 10^6 \text{ m}^2 - \text{minimalna powierzchnia zbrojenia}$$

$$M_{\text{Rd}} = \frac{0,4 \times f_k}{\gamma_m} = \frac{0,4 \times 3,91 \times 10^3}{2,5} \times 0,12 \times 0,53^2 = 21,09 \text{ kNm} > M_{\text{sd}} = 0,61 \text{ kNm}$$

WARUNEK SPEŁNIONY



$$V_{Rdl} = \frac{f_{vfk} \times b \times d}{\gamma_m} = \frac{0,63 \times 10^3 \times 0,12 \times 0,53}{2,5} = 16,03 \text{ kN} > V_{sd} = 1,23 \text{ kN}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Rozwiązanie:

Przyjęto zbrojenie Murfor® RND o szerokości 50 mm z drutu $\varnothing 4$ mm w 2 kolejnych warstwach o powierzchni $2 \times 25 = 50 \text{ mm}^2$ oraz strzemiona podtrzymujące pierwszą warstwę – LHK/N/40 co 26 cm.

4.6.2. Belka-ściana.

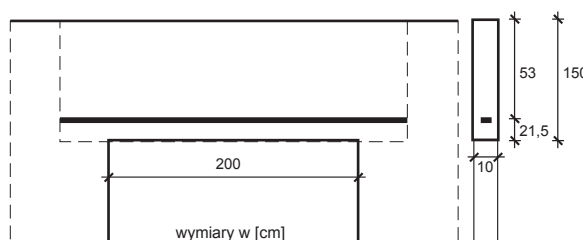
Elewacja z cegły klinkierowej o wymiarach 210x100x50 mm klasy 15 MPa na zaprawie marki 5 MPa. Grubość elewacji 10 cm. Nadproże o rozpiętości 200 cm z nieobciążonym pasmem muru nad nadprożem wysokości 150 cm. Pierwsza warstwa cegieł układana pionowo.

Dane materiałowe:

Jak w przykładzie 4.6.1.

Dane geometryczne:

$$\begin{aligned} b &= 0,12 \text{ m} \\ h &= 1,50 \text{ m} \\ L_{\text{eff}} &= 1,15 \times L = 1,15 \times 2,00 = 2,30 \text{ m} \\ h/L_{\text{eff}} &= 1,50/2,30 = 0,65 \text{ – typ Belka-ściana} \\ a &= 0,210 + 0,005 = 0,215 \text{ m} \\ z &= 0,7 \times L_{\text{eff}} = 0,7 \times 2,30 = 1,61 \text{ m} \\ z &= 0,4 \times h + 0,2 \times L_{\text{eff}} = 0,4 \times 1,50 + 0,2 \times 2,30 = 1,06 \text{ m - wartość minimalna przyjęta do obliczeń} \\ d &= 1,25 \times z = 1,25 \times 1,06 = 1,33 \text{ m – wysokość efektywna przekroju} \end{aligned}$$



Obliczenia:

$$\begin{aligned} q_{\text{obl}} &= \gamma \times b \times h \times \gamma_f = 19,0 \times 0,10 \times 1,50 \times 1,2 = 3,42 \text{ kN/m – obciążenie z pasma ściany} \\ M_{\text{sd}} &= 0,125 \times q_{\text{obl}} \times L_{\text{eff}}^2 = 0,125 \times 3,42 \times 2,30^2 = 2,26 \text{ kNm – moment przęsłowy jak dla belki wolnopodpartej} \\ V_{\text{sd}} &= 0,5 \times q \times L = 0,5 \times 3,42 \times 1,50 = 2,57 \text{ kN – siłą tnącą przy podporze jak dla belki wolnopodpartej} \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{M_{sd} \times \gamma_s}{f_{yk} \times z} = \frac{2,26 \times 1,0}{500 \times 10^3 \times 1,06} = 4,3 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ – potrzebna powierzchnia zbrojenia rozciąganego}$$

$$A_{smin} = 0,0007 \times b \times d = 0,0007 \times 0,10 \times 1,33 = 93,1 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ – minimalna powierzchnia zbrojenia}$$

$$M_{Rd} = \frac{0,4 \times f_k}{\gamma_m} b \times d^2 = \frac{0,4 \times 3,91 \times 10^3}{2,5} 0,10 \times 1,33^2 = 110,66 \text{ kNm} > M_{sd} = 2,26 \text{ kNm}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

$$V_{Rd1} = \frac{f_{vk} \times b \times d}{\gamma_m} = \frac{0,63 \times 10^3 \times 0,10 \times 1,33}{2,5} = 33,52 \text{ kN} > V_{sd} = 2,57 \text{ kN}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Rozwiązanie:

Przyjęto zbrojenie Murfor® RND o szerokości 50 mm z drutu $\varnothing 4$ mm w 2 pierwszych warstwach, a następnie co 22 cm o powierzchni $4 \times 25 = 100 \text{ mm}^2$ oraz strzemiona podtrzymujące pierwszą warstwę – LHK/N/170 co 16,5 cm.

4.6.3. Ściana

Ściana z cegły klinkierowej o wymiarach 250x120x65 mm klasy 15 MPa na zaprawie marki 5 MPa. Grubość ściany 12 cm. Linio-we podpory pionowe w rozstawie 300 cm ze ścianą wysokości 280 cm. Ściana obciążona parciem wiatru 0,57 kPa.

Dane materiałowe:

Jak w przykładzie 4.6.1. ale $f_{yk} = 200 \text{ MPa}$ (patrz str. 37)

Dane geometryczne:

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$t = 0,12 \text{ m}$$

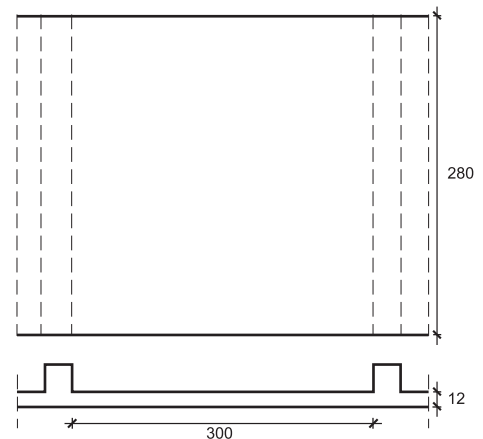
$$L_{eff} = 1,15 \times L = 1,15 \times 3,00 = 3,45 \text{ m}$$

$$a = (0,12 - 0,05) \times 0,5 = 0,035 \text{ m - dla}$$

Murfora RND/Z/50 (szerokość 50 mm)

$$d = h - a = 0,12 - 0,035 = 0,085 \text{ m – wysokość efektywna przekroju}$$

$$z = 0,95 \times d = 0,95 \times 0,085 = 0,081 \text{ m – przyjęte założenie}$$



Obliczenia:

$$q_{obl} = q_{ch} \times \gamma_f = 0,57 \times 1,3 = 0,74 \text{ kN/m - obciążenie z pasma ściany szerokości 1,00 m}$$

$$M_{sd} = 0,125 \times q_{obl} \times L_{eff}^2 = 0,125 \times 0,74 \times 3,45^2 = 1,10 \text{ kNm – moment przęsłowy jak dla belki wolnopodpartej}$$



$$V_{sd} = 0,5 \times q \times L = 0,5 \times 0,74 \times 3,45 = 1,28 \text{ kN} \text{ – siła tnąca przy podporze jak dla belki wolnopodpartej}$$

$$A_s = \frac{M_{sd} \times \gamma_s}{f_{yk} \times z} = \frac{1,10 \times 1,0}{200 \times 10^3 \times 0,081} = 67,9 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ – potrzebna powierzchnia zbrojenia rozciąganego}$$

$$M_{Rd} = \frac{0,4 \times f_k \times b \times t^2}{\gamma_m} = \frac{0,4 \times 3,91 \times 10^3 \times 1,00 \times 0,12^2}{2,5} = 9,01 \text{ kNm} > M_{sd} = 1,10 \text{ kNm}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

$$V_{Rd1} = \frac{f_{vhk} \times b \times t}{\gamma_m} = \frac{0,3 \times 3,91 \times 10^3 \times 1,00 \times 0,12}{2,5} = 56,30 \text{ kN} < V_{sd} = 1,28 \text{ kN}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

$$M_{sd} = 1,10 \text{ kNm} < \frac{b \times t^2}{6} \times \frac{f_{vhk}}{\gamma_m} = \frac{1,00 \times 0,12^2}{6} \times \frac{0,3 \times 3,91 \times 10^3}{2,5} = 1,12 \text{ kNm}$$

WARUNEK SPEŁNIONY

Rozwiązanie:

Przyjęto zbrojenie Murfor® RND o szerokości 50 mm z drutu $\varnothing 4$ mm co 15 cm o powierzchni $6,66 \times 12,5 = 83,3 \text{ mm}^2$. Zaleca się aby dodatkowo zazbroić trzy pierwsze warstwy ze względu na zapobieżenie pękaniu od nierównomiernego osiadania fundamentu lub uginania stropu.

5. Montaż zbrojenia w systemie Murfor®

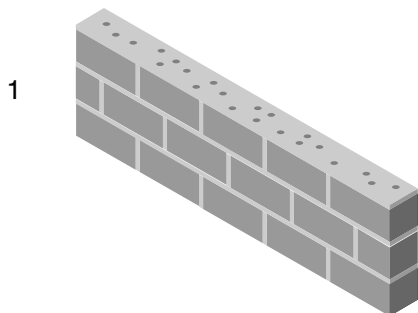
5.1. Spoiny zwykłe

W spoinach zwykłych stosuje się zbrojenia Murfor® (typy RND/Z, RND/E, RND/S) z drutu o przekroju okrągłym.

Montaż przebiega w następujący sposób:

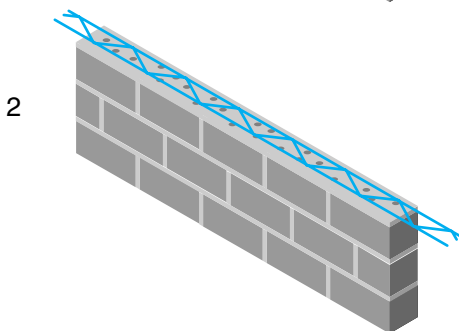
Rozłożyć warstwę zaprawy (1), wcisnąć element Murfor® na głębokość około 10 mm w zaprawę (2), następnie położyć następną warstwę cegieł lub bloczków (3).

Ponieważ druty podłużny i ukośny są zgrzane w tej samej płaszczyźnie, optymalne zakotwienie zbrojenia Murfor® uzyskuje się w przypadku spoin zwykłych o grubości od 10 do 15 mm.

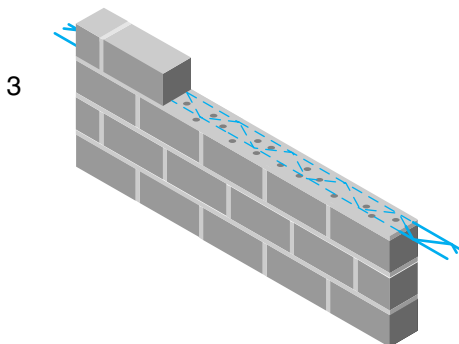


Jak zamontować zbrojenie Murfor®:

Rozłożyć warstwę zaprawy.



Wcisnąć element Murfor® na głębokość około 10 mm w zaprawę.



Położyć następną warstwę cegieł lub bloczków.

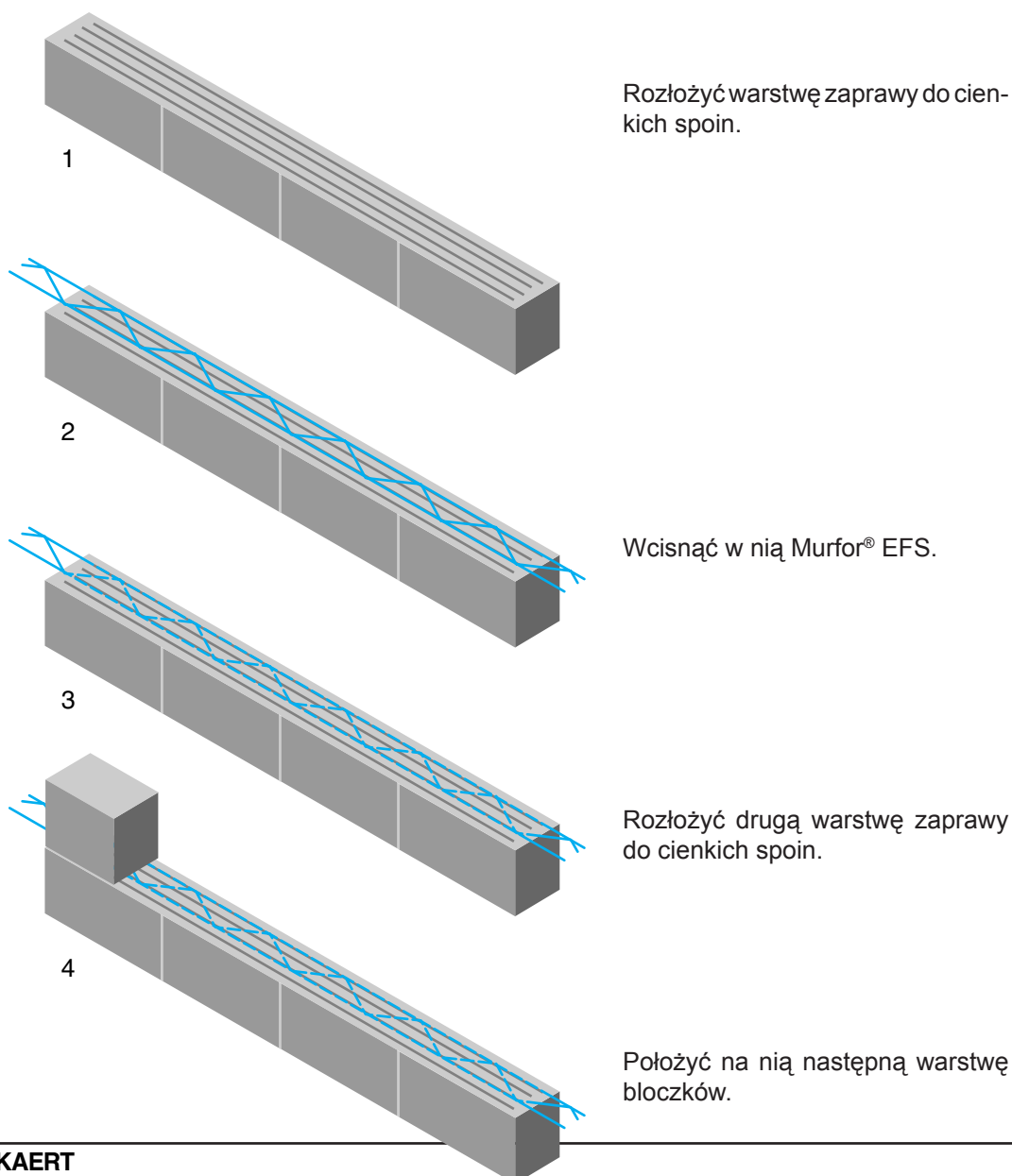
5.2. Cienkie spoiny

W przypadku zastosowania cienkich spoin (np. w celu optymalizacji izolacyjności cieplnej bloczków w murze), stosuje się zbrojenie Murfor® o grubości 1,5 mm (typ EFS/Z) o przekroju płaskim.

Montaż przebiega w następujący sposób:

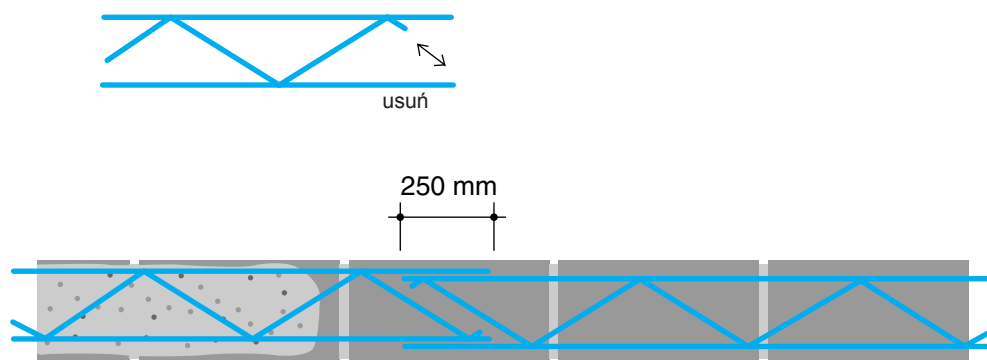
Rozłożyć warstwę zaprawy do cienkich spoin (1), wcisnąć w nią Murfor® EFS (2), rozłożyć drugą warstwę zaprawy do cienkich spoin (3), następnie położyć na nią warstwę bloczków (4).

Wszystko to można wykonać w ciągu czasu wiązania zwykłych zapraw do cienkich spoin.

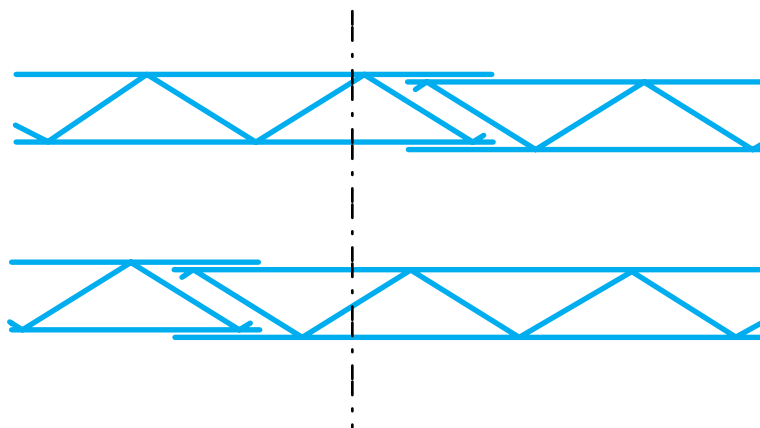


5.3. Połączenia

Łącząc dwa elementy Murfor® należy ułożyć je obok siebie, nigdy jeden na drugim, w przeciwnym wypadku zaprawa nie otuli ich w sposób wystarczający. Zakład powinien wynosić 250 mm. Zapewnia to optymalne przekazanie naprężeń na elementy Murfor®.

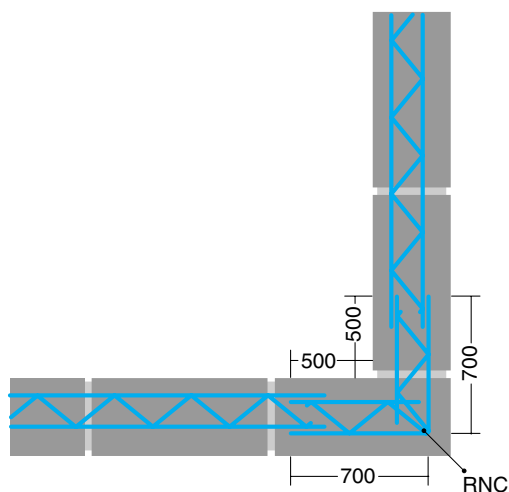


Jeśli połączenia na zakład są wykonane w kilku spoinach znajdujących się bezpośrednio pod sobą, to nie należy wykonywać ich w tym samym przekroju pionowym.

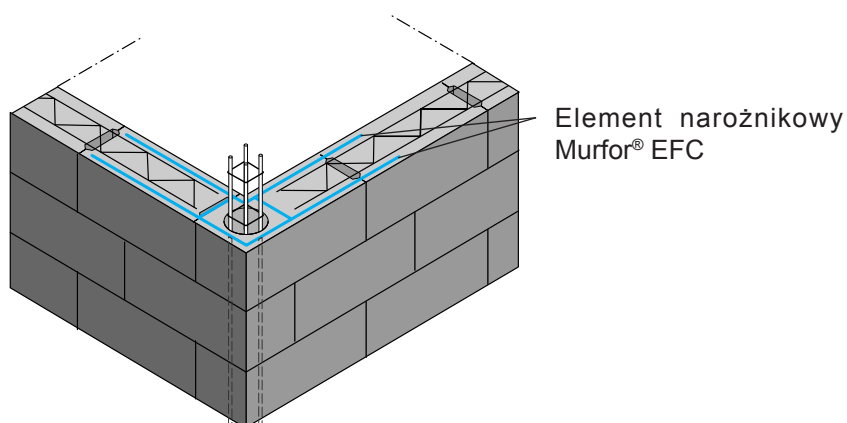


5.4. Naroża

W celu zapewnienia ciągłości zbrojenia Murfor® w narożach, dostępne są prefabrykowane elementy narożnikowe (RNC/...). Elementy te łączą się ze zbrojeniem Murfor® na zakład o długości 250 mm (zob. strona 72). Elementy narożnikowe mogą być ocynkowane (Z), pokryte powłoką epoksydową (E) lub ze stali nierdzewnej (S).



Trudno jest uformować naroża w budynku, jeżeli zastosowane jest zbrojenie Murfor® EFS. Dlatego istnieje możliwość wykorzystania elementów narożnikowych zbrojenia Murfor® EFC z drutem o płaskim przekroju.



5.5. Strzemiona do nadproży Murfor® LHK/S

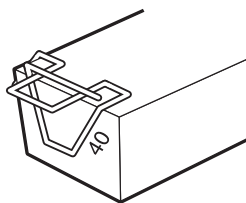
Zawsze istnieje ryzyko odpadnięcia doleż warstwy z nadproża muru, szczególnie w przypadku warstwy cegieł układanych na wiązanie wozówkowe.

Aby uniknąć takiego ryzyka dostępne są specjalne strzemiona wykonane z drutu o średnicy 3 mm ze stali nierdzewnej.

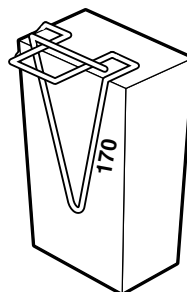
Wymiary:

szerokość = 50 mm

wysokość = 40 lub 170 mm



LHK/S
40



LHK/S
170

Strzemię umieszcza się poprzecznie do podłużnych drutów zbrojenia zasadniczego, w spoinach pionowych warstwy dolnej, zgodnie z opisem w 3.7, str. 29.

5.6. Otulenie zaprawą

Zbrojenie Murfor® umieszczane jest tak, aby jego podłużna oś znajdowała się w osi ściany z uwzględnieniem minimalnego odstępu 15 mm między drutem podłużnym a zewnętrzną częścią spoiny.

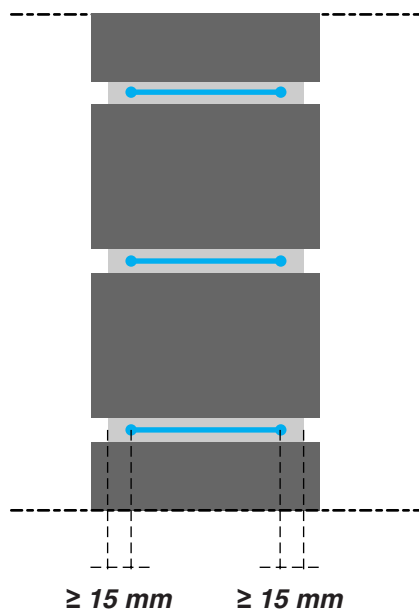
Zapewnia to:

- dobre przekazywanie naprężeń z muru na stal
- pewną ochronę przed korozją.

Mury szczelinowe i ściany narażone na wilgoć zbrojone są za pomocą zbrojenia Murfor® RND/E (pokrytego powłoką epoksydową).

W murach narażonych na działanie agresywnego środowiska konieczne jest zastosowanie zbrojenia Murfor® RND/S (stal nierdzewna).

W praktyce oś podłużna zbrojenia zawsze umieszczana jest w środku ściany. W ten sposób zaprawa rozdzielona jest proporcjonalnie tak, aby otulenie zaprawą było takie samo po obu stronach.



6. Bibliografia

- A close look at Metal Ties for Concrete Block:
R.E. Copeland - Concrete Products - dec. 1966
- Investigation of continuous wire reinforcement as a replacement for brick ties in masonry walls:
S.A. Bortz and A. Litvin - Journal of A.C.I. - may 1962
- Transverse strength of concrete block walls:
F. Cox and J. Ennega - Journal of A.C.I. - may 1958
- Tests on block cavity wall reinforcing systems:
S. Bortz - Concrete Products - april 1968
- Load tests of Patterned concrete masonry walls:
Hedstrom - Journal of A.C.I. - april 1961
- Procedures for controlling cracking in concrete masonry:
R.E. Copeland - Concrete Products - september 1964
- Die Fensterbank als Fassadendetail:
H. Lpatsch - Betonstein - Zeitung 8/1969
- Concrete Masonry Structures - Design and Constructions:
A.C.I. Journal - may-june 1970
- Fissuration des maçonneries - N.I.T. 65 C.S.T.C. - 1967
Scheurvorming in metselwerk - T.V. 65 W.T.C.B. - 1967
- Recommandations pour l'exécution des maçonneries de briques et de blocs:
N.I.T. 95 - C.S.T.C. - 1972
Aanbevelingen voor de uitvoering van metselwerk in bakstenen of blokken:
T.V. 95 - W.T.C.B. 1972
- La maçonnerie en blocs en béton armée
O. Pfeffermann, Revue Béton n°18 et 19
- Shrinkage characteristics of concrete masonry wall
Housing and Home Finance Agency
Housing Research paper n° 34 - april 1954
- Gewapend metselwerk voor gasbetonblokken voor aardappelbewaarplassen - C.'t Hart
IMAG - publikatie 35 - november 1975
- Lateral strength of reinforced brick walls, Cajdert and Losberg
FIBMAC proceedings - Brugge 1976
- Maçonnerie Armée C.S.T.C. - W.T.C.B. Recherche
IRSIA IC - 113 n° 2575 P. Batty.



- Scheuren in het gebouw. Natuurlijk verschijnsel of constructiefout.
O. Pfeffermann - Bouw n° 42 1971
- Algemeen bestek voor de uitvoering van privé bouwwerken.
Technische voorschriften.
Afleveringen 6 - Metselwerk 1979.
- Gewapend metselwerk, Ontwikkeling, technologie, toepassingen,
voorschriften, speurwerk.
O. Pfeffermann - P. Baty W.T.C.B. Maart '78
- Gewapend metselwerk. Speurwerk, berekening, uitvoering.
O. Pfeffermann - P. Batty W.T.C.B. Sept. 1980
- Klimaatproeven op metselwerk Durox met en zonder Murfor wapening.
Rapport T.N.O. B. 78-256
- Onderzoek naar corrosie bestandheid van Murfor Duplex wapening.
T.N.O. Rapport 77 M/011793-WIJ-HKV
- Uittrekproeven op Murfor wapening voor metselwerk
Rapport T.N.O. B-77-1-69
- Norm NBN B 24 - 401 1981.
- Maçonnerie Armée. C.S.T.C. - W.T.C.B.
Rapport général des 4 années de recherches 1974 - 1978
- Maçonnerie Armée, Recherche réalisé par le C.S.T.C.
Rapport final Janvier 1979.
- The performance of Truss-type Reinforcement in Masonry
H.R. Hodgkinson, H.W.H. West,
British Ceramic Research Assosiation - B.A. Haseltine Jenkins & Potter
R. Van Overbeke Bekaert, Cockerill - 1982
- Zugversuche an Mauerwerkswänden aus Bakstein
und Kalksandstein mit Murfor-Lagerfugenbewehrung.
Roland Guggisberg, Jean Pralong, Bruno Thürliman
Institut für Baustatik und Konstruktionen ETH Zürich. - April 1984
- Zugversuche an Mauerwerkswänden aus Siporex Gasbeton
mit Murfor-Lagerfugenbewehrung
Roland Guggisberg, Jean Pralong, Bruno Thürliman
Institut für Baustatik und Konstruktionen ETH Zürich. - April 1984
- La maçonnerie armée, Etat connaissances et applications pratiques
CEBTP Service d'étude des matériaux - Unité Maçonnerie
A. Bouineau responsable de l'unité Maçonnerie
J. Simonet responsable de l'unité Technologie des Bétons - Octobre 1986
- Zoutneveltest volgens ASTM B117 op verzinkt en verzinkt + epoxy coated Murfor.
Wetenschappelijk en Technisch centrum voor het Bouwbedrijf
Ir. E. Dugniolle - December 87

- Lange duur corrosietest op met Murfor gewapend metselwerk
Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor de Bouwnijverheid
Ir. O. Pfeffermann en Ing. W. Berghmans Bekaert Cockerill - Maart 1987
- Proeven op gewapend metselwerk
K.U.Leuven Research and Development
Divisie Bouwmaterialen en Constructies
Ir. E. Van Mechelen, Prof. dr. ir. F. Mortelmans - juli 1988
- Auszuchversuche an beschichteter Mauerwerksbewehrung
Institut für Bauforschung IBAC Aachen
Dipl. Ing. St. Schmidt, Dipl. Ing. C. Reuter - 2/1989
- PN-B-03340:1999 – Nowa norma projektowania konstrukcji zbrojonych,
J. Kubica, B. Lewicki – Inżynieria i Budownictwo Nr 9/2001
- Zbrojenie do spoin wspornych w konstrukcjach murowanych – zasady stosowania i obliczania
J. Kubica – Materiały Budowlane Nr 4/2002
- Tests of vertically sheared clay brick masonry walls with and without bed joint reinforcement
J. Kubica, A. Piekarczyk – Proc. of 13th IBMAC, Amsterdam 2004
- Investigations into the use of Murfor® reinforced clay brick masonry subjected to shearing in vertical direction
Find report. Katedra Konstrukcji Budowlanych i Mostów Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
- Budynki murowane. Zasady projektowania z przykładami obliczeń
B. Lewicki, J. Bielawski, J. Sieczkowski – COBPBO Warszawa 1993

Zawiadomienie o prawach zastrzeżonych

Niniejszy dokument i jego treść stanowią wyłączną własność Bekaert SW.A. Reprodukacja części lub całości niniejszego dokumentu dozwolona jest wyłącznie za pisemną zgodną Bekaert S.A.

Treść niniejszej publikacji jest nadrzędna w stosunku do wszelkich informacji zawartych w poprzednich publikacjach w odniesieniu do specyfikacji, obliczeń oraz zaleceń na temat wznoszenia ścian zbrojonych w technologii Murfor®.

Informacje zawarte w niniejszym dokumencie są najbardziej aktualne w chwili ich publikacji. Nie można wykluczyć, że zawierają one pewne nieścisłości.

Osoby wykorzystujące niniejszy dokument robią to na własne ryzyko. Spółka Bekaert S.A. nie będzie odpowiedzialna za wszelkie potencjalne szkody wynikające z zastosowania informacji zawartych w niniejszym dokumencie.

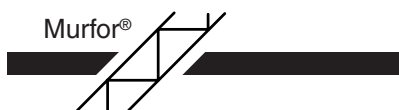
7. Murfor®: Architektura z innego punktu widzenia



Centrum Handlowe Arkadia – prawie 16 000 m² elewacji z bloczków betonowych zazbrojonych Murforem®.

Warszawa, okolice Ronda Radosława.
Projekt: BEG Polska.





Nowoczesna i śmiała forma architektoniczna, uzyskana dzięki zastosowaniu różnorodnych typów wiązania cegły. Całość została wykonana z użyciem zbrojenia Murfor®.

Koszalin, oddział banku.
Projekt: ART.-PROJEKT





Obiekt rekreacyjno-sportowy – unikalna forma architektoniczna: elewacja o grubości 6,5 cm bez przewiązań. Możliwe dzięki zbrojeniu Murfor®.

Warszawa, okolice Siekierok
Projekt: DOM-Architektury



8. Specyfikacje przetargowe i przedmiar z kosztorysem

8.1. Specyfikacje przetargowe

Zgodnie z rysunkami, zaprawy tradycyjne ścian zbrojone są za pomocą prefabrykowanych elementów zbrojenia składających się z dwóch równoległych drutów zgrzanych w tej samej płaszczyźnie za pomocą wygiętego sinusoidalnie drutu (Murfor®). Zbrojenie ściany wykonane zostało z drutu stalowego. Wytrzymałość zbrojenia na rozciąganie wynosi co najmniej 550 N/mm², zaś granica plastyczności co najmniej 500 N/mm². Przekrój wynosi co najmniej 35 mm² w przypadku szerokości mniejszej niż 160 mm oraz 50 mm² w przypadku szerokości powyżej 160 mm.

Wcięcia obu podłużnych drutów zbrojenia Murfor® zapewniają lepszą przyczepność do zaprawy. Wytrzymałość na ścinanie połączeń zgrzewanych wynosi co najmniej 2500 N.

W przypadku cienkich spoin, stosowany jest element zbrojenia z przekrojem płaskim (1.5 mm grubości) (Murfor® EFS).

W przypadku (suchych) ścian wewnętrznych, stosowany jest ocynkowany element zbrojenia z warstwą cynku o minimalnych wymiarach 70 gr/m².

W przypadku ścian zewnętrznych, stosowany jest cynkowany na gorąco element zbrojenia z warstwą cynku o minimalnych wymiarach 70 gr/m² pokryty powłoką epoksydową o grubości 80 mikronów. Proszek epoksydowy stosowany w celu wykonania wspomnianej powłoki epoksydowej jest standardowo stosowany do pokrywania prętów zbrojeniowych.

W przypadku ścian narażonych na działanie bardzo agresywnego środowiska, stosowany jest element zbrojenia wykonany z drutu ze stali nierdzewnej.

8.2. Przedmiar z kosztorysem

8.2.1. Murfor® w zaprawach tradycyjnych

	Liczba elementów Murfor® w metrach	Cena za metr, osadzony	Cena ogółem
Murfor® RND/Z stal ocynkowana: 50 100 150 200			
Murfor® RND/E stal ocynkowana z powoką epoksydową 50 100 150 200			
Murfor® RND/S stal nierdzewna: 50 100 150 200			

8.2.2. Strzemiona nadproży Murfor® LHK/S

	Liczba elementów Murfor® w metrach	Cena za metr, osadzone	Cena ogółem
Murfor® LHK/S			
40			
170			

8.2.3. Murfor® do cienkich spoin

	Liczba elementów Murfor® w metrach	Cena za metr, osadzone	Cena ogółem
Murfor® EFS/Z stal ocynkowana:			
40			
90			
140			
190			
	Liczba elementów Murfor® w metrach	Cena za metr, osadzony	Cena ogółem
Murfor® EFC			
Ogółem			

Redaktor odpowiedzialny: P. Timperman – Zwevegem/Belgia 1997
Modyfikacje zastrzeżone. Wszelkie szczegółowe informacje charakteryzują nasze produkty jedynie w sposób ogólny.
W celu realizacji zamówienia i projektu proszę wykorzystywać jedynie oficjalne specyfikacje i dokumenty.
© N.V. Bekaert S.A. 1997

Murfor® jest zastrzeżonym znakiem handlowym N.V. Bekaert S.A., Zwevegem, Belgia

NV Bekaert SA
Bekaertstraat 2
B-8550 Zwevegem

Tel. (0)56/76 69 86
Fax (0)56/76 79 47

Internet: <http://www.bekaert.com/building>

Murfor[®]

THE CONSTRUCTIVE IDEA