

# ŁĄCZENIE ŚCIAN

część 1.



dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ  
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa  
Katedra Konstrukcji Budowlanych



dr inż. Iwona Galman  
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa  
Katedra Inżynierii Budowlanej

Łączenie ścian murowanych to ważne zagadnienie, od którego zależy będzie trwałość wzniesionych murów, bezpieczeństwo użytkowników, a także izolacyjność termiczna i akustyczna ścian zewnętrznych i wewnętrznych.

Kiedy się dokonuje sprawdzenia warunków ULS konstrukcyjnych ścian murowanych, każdorazowo zakłada się przestrzenną współpracę z innymi elementami konstrukcji budynków. W przypadku żelbetonowych stropów z uwagi na przekazanie eksploatacyjnych obciążeń pionowych oraz momentów zginających sprawa wydaje się dość oczywista. W elementach obciążonych głównie pionowo sąsiednie ściany wpływają na stateczność, determinując wysokość efektywną  $h_{ef}$  obliczanej ściany. W EC-6 [1] jako zasadę (P) (pkt 5.4) podano, że ściany konstrukcyjne powinny być połączone ze sobą w sposób wykluczający wyobcowanie względne lub ograniczający przemieszczenia do wartości dopuszczalnych obliczeniowych. W przeciwnym razie należy przeprowadzić obliczenia w celu wyznaczenia poziomych przemieszczeń. *De facto* chodzi o uwzględnienie w obliczeniach rzeczywistych warunków podparcia, czyli połączeń. Natomiast w ścianach usztywniających przejmujących poziome oddziaływania wiatru lub wstrząsów w EC-6 (pkt 5.5.3) można

pominąć oddziaływanie z innymi ścianami. Prawdłowa współpraca ścian decyduje o sztywności zespołu usztywniającego  $K$  (przekroje z półką lub bez półki), a w konsekwencji o wielkości działających obciążeń (sił poziomych  $N$  oraz momentów zginających  $M$ ).

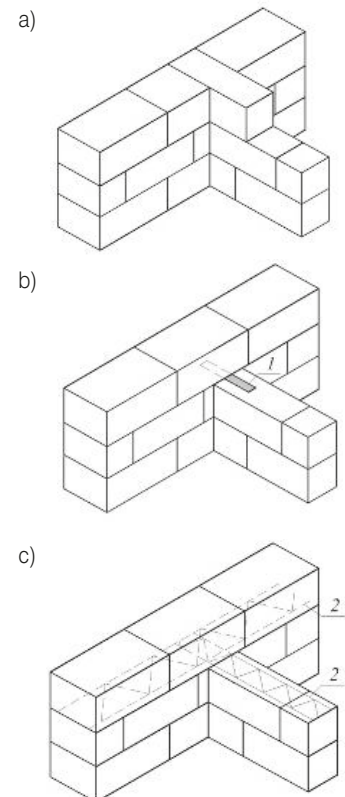
## Potrzeba badań

Problem konstrukcyjny łączenia ścian był pomijany oraz bagatelizowany, kiedy stosowano klasyczne wiązania murarskie i połączenia nie wykazywały żadnych uszkodzeń. Obecnie, z wprowadzaniem do użytku nowych typów elementów murowych oraz łączników, uszkodzenia stają się nagminne. Jak wspomniano wcześniej, EC-6 wymaga od projektantów zapewniania odpowiedniej współpracy krzyżujących się ścian, nie podając jednak żadnych zaleceń nie tylko przy pełnym wiązaniu, ale także przy zastosowaniu różnych typów łączników – podając jedynie warunki konstruowania. Co więcej, nie zostały znormalizowane także procedury empirycznego wyznaczania nośności połączeń ścian zarówno w przypadku nierównomiernego pionowego obciążenia (ściany obciążone głównie pionowo), jak i przypadku ścinania (ściany usztywniające).

W konsekwencji projektowanie tego typu fragmentów budynków ma charakter czysto intuicyjny, niepoparty w żaden sposób badaniami i szczegółowymi analizami. Materiał badawczy dotyczący połączeń ścian nie jest na tyle obszerny, aby możliwe było zwerifikowanie zapisów norm, rozpoznanie pracy połączeń oraz sformułowanie pewnych praktycznych zasad konstruowania ze szczególnym uwzględnieniem nowych technologii wznoszenia murów (spiny cienkowarstwowe, spiny lekkie, niewypelnione spiny czołowe itp.).

## Konstruowanie połączeń w świetle norm

Eurokod 6 [1] wymaga, żeby ściany wzajemnie prostopadle lub ukośnie łączyły ze sobą w sposób zapewniający przekazanie z jednej ściany na drugą obciążeń pionowych i poziomych. Może to być zrealizowane przez: przewiązanie muru (rys. 1a), łączniki (rys. 1b) lub zbrojenie przedłużone w każdą ze ścian (rys. 1c).



Rys. 1. Połączenie ścian: a) przez przewiązanie pełne – węzeł murarski, b) za pośrednictwem łączników, c) z udziałem zbrojenia strukturalnego

Problem konstrukcyjny łączenia ścian był pomijany i bagatelizowany, kiedy stosowano klasyczne wiązania murarskie i połączenia nie wykazywały żadnych uszkodzeń. Obecnie, z wprowadzaniem do użytku nowych typów elementów murowych oraz łączników, uszkodzenia stają się nagminne.

Zaleca się także, aby krzyżujące się ściany nośne były wznoszone równocześnie, co ma zapewnić właściwe przewiązanie elementów murowych w płaszczyźnie ich styku. EC-6 w postanowieniach ogólnych wymaga, aby konstrukcja i połączenia jej części składowych zapewniły odpowiednią stateczność oraz sztywność w trakcie wznoszenia i w okresie jej użytkowania. Niemniej jednak nigdzie nie sprecyzowano zaleceń szczegółowych. Identyczne zalecenia znajdowały się także we wcześniejszych polskich normach: PN-B-03340:1999 [2] i PN-B-03002:2007 [3] oraz w ECV-6 [4].

Połączenie z zastosowaniem łączników metalowych lub zbrojenia powinno być pod względem konstrukcyjnym równoważne połączeniu przez wiązanie w murze, a z drugiej strony nie powodować pogorszenia innych parametrów ściany, np. izolacyjności termicznej czy akustycznej. Liczba oraz rozstaw łączników powinny wynikać z odpowiednich obliczeń statycznych. Od projektantów wymaga się, aby porównali wyliczone wielkości reakcji podporowych z nośnością połączenia (deklarowaną przez producenta łączników). Gdy nośność jest przekroczona, należy zwiększyć liczbę łączników lub zastosować łączniki podwójne. Należy zwrócić uwagę, że poszukiwaną wartością jest nośność połączenia z łącznikiem, a nie nośność samego łącznika. Tylko w ścianach obciążonych głównie pionowo EC-6 zaleca się uwzględnić przemieszczenia ścian wynikających z podatności podpór, które będą istotne w ścianach z łącznikami, nie podając jednak żadnej metodyki badań.

## Przegląd wybranych badań

Materiał badawczy dotyczący połączeń ścian jest bardzo skromny. Różnorodność stosowanych stanowisk badawczych i brak jednolitych procedur w zasadzie wyklucza porównanie uzyskanych wyników. Dotychczas wykonano badania połączeń ścian usztywniających poddanych ścinaniu, które mogą być pomocne przy określaniu szerokości współpracującej, a co za tym idzie – sztywności zespołu usztywniającego. Niestety dotychczas nie wykonano kompleksowych badań połączeń ścian przy nierównomiernym pionowym obciążeniu ściskającym. Przedstawione w drugiej części cyklu artykułów wyniki badań traktować należy pogłębowo i wyciąganie wniosków ilościowych może być nieuprawnione.

Dość dobrze udokumentowane badania ścian, w których symulowano połączenie ściany usztywniającej ze ścianą współpracującą, przedstawiono w pracy [5]. Badano symetryczne modele w kształcie litery H wykonane z ceramicznych elementów murowych bez stropu lub ze współpracującą żelbetową płytą symulującą fragment stropu żelbetowego. Ściany połączono pełnym węzłem murarskim, a obciążenie przekazywano na środkowy fragment ściany, powodując ścinanie połączenia. Oprócz wyraźnego wzrostu nośności autorzy wykazali zróżnicowany mechanizm zarysowania i zniszczenia. Modele bez współpracującej płyty niszczyły się w górnej części, blisko miejsc przyłożenia obciążenia lub przez całą wysokość, gdy w górnej części wykształcano płytę żelbetową. Z kolei w badaniach [6] sprawdzano wpływ wiązania ścian na modelach ścian w kształcie litery H. Zbadano elementy bez wiązania oraz z pełnym wiązaniem murarskim wykonane z pionowo drążonych betonowych elementów murowych. W tym wypadku ściany obciążano równomiernie na górnej krawędzi, starając się uzyskać identyczne naprężenia normalne do płaszczyzny spoin wspornych. W modelach bez wiązania zniszczenie spowodowane było utratą stateczności krótszego fragmentu ściany. Natomiast w modelach w pełni przewiązanych wystąpiło ścicie połączenia na całej wysokości.

Oprócz połączeń ścian przy pomocy elementów murowych wykonano również badania połączeń ze zbrojeniem. Paganoni i D'Ayala [7] sprawdziły efektywność stalowych kotew do połączeń ścian. Teowy kształt elementu badawczego został zaprojektowany tak, aby maksymalnie odwzorować zachowanie się połączenia w rzeczywistej konstrukcji. Dość podobne testy przeprowadził Maddaloni z zespołem [8, 9]. Jednakże w tym wypadku oceniano skuteczność innowacyjnych zaciskowych kotew (prętów z włókna węglowego owiniętego podłużnie i spiralnie matą ze stali nierdzewnej). Przeprowadzone testy wykazały wysoką skuteczność obu metod połączeń. Zastosowanie innowacyjnego łącznika z włókna węglowego podniosło wartość obciążeń wywołujących zarysowanie w połączeniu niemal dwukrotnie w stosunku do obciążenia rysującego połączenia bez łącznika i bez wiązania murarskiego. Niestety same wyniki badań łączników, a co za tym idzie – ich efektywność – są trudne do interpretacji z uwagi na brak od-

REKLAMA



**nova**  
wall and elevation system

- System łączników do ścian murowanych
- Murfor® – system zbrojenia muru
- Systemy zamocowań elewacji murowanych i elewacji z betonu architektonicznego

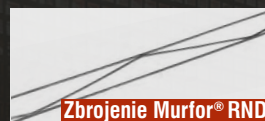
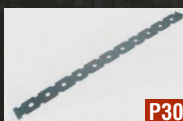
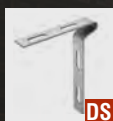
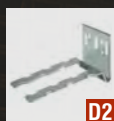
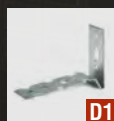











Tabela 1. Asortyment łączników stosowanych do połączeń ścian

Nazwa i fotografia	Uwagi
 <p>plaskownik otworowany</p>	Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ścianami. Nadaje się do zapraw tradycyjnych lub klejowych.
 <p>plaskownik kręty</p>	Element zastępujący przewiązania murarskie w murach wznoszonych na cienkie spoiny.
 <p>kątownik otworowany</p>	Element do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości.
 <p>kątownik otworowany dwuramienny</p>	Element do połączeń murów z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń murów wykonanych z elementów o różnym module wysokości.
 <p>plaskownik otworowany dylatacyjny</p>	Odpowiednik plaskownika otworowanego, stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami.
 <p>kątownik otworowany dylatacyjny</p>	Odpowiednik kątownika otworowanego, stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami.
 <p>kątownik otworowany dwuramienny dylatacyjny</p>	Odpowiednik kątownika otworowanego dwuramiennego, stosowany w miejscach, gdzie konieczne jest zachowanie dylatacji między łączonymi elementami.
 <p>kratownicza</p>	Prefabrykowane belki zbrojeniowe składające się z dwóch równoległych plaskowników połączonych ze sobą za pomocą drutu wygiętego sinusoidalnie.
 <p>stalowy pręt</p>	Pręt o odpowiedniej długości montowany w uprzednio przygotowanym otworze na zaprawie PCC.

niesienia do wytrzymałości naroża z klasycznym murarskim przewiązaniem.

W brazylijskich badaniach [10] porównano nośności ścian połączonych na trzy różne sposoby. Rozpatrywano mur z przewiązaniem murarskim, stalową siatką zatopioną w spoinie wspornej oraz stalową kotwą. Badania wykazały, że połączenie elementami stalowymi było w stanie przejąć 60% obciążenia uzyskanego w murze z klasycznym murarskim przewiązaniem.

Warto także wspomnieć o badaniach Sinhy i Hendry'ego [11], dzięki którym udowodniono, że usztywnienie pionowe krawędzi ściany

zwiększa nośność samej ściany. Jest to istotny wniosek głównie przy ścianach smukłych, w których możemy spodziewać się istotnego wpływu efektów drugiego rzędu.

### Łączenie ścian przy pomocy łączników mechanicznych

Łączniki, w zależności od potrzeb i przeznaczenia, mogą być sztywne lub pozwalające na przemieszczenia ścian względem siebie. Możliwe jest także zrealizowanie pełnego utwierdzenia ścian. Wtedy wymaga się, aby łączniki były zdolne do przeniesienia pary sił o odpowiedniej wartości. Wszelkiego rodzaju łącz-

niki – kotwy, zbrojenie – powinny być zgodne z wymaganiami norm PN-EN 845-1 [12] czy PN-EN 845-3 [13] zarówno w zakresie nośności, tolerancji wymiarowych, jak też zabezpieczeń antykorozyjnych. W tabeli 1., zestawiono stosowany w warunkach krajowych asortyment elementów do łączenia ścian. ■

*W kolejnym numerze zaprezentowane zostaną wybrane badania obecnie prowadzone przez autorów w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, dotyczące połączeń ścian wykonywanych z autoklawizowanego betonu komórkowego.*

### Bibliografia

- PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05P, Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych, Część 1-1: Reguły ogólne dla niezbrojonych i zbrojonych konstrukcji murowych.
- PN-B-03340:1999/Az1: Konstrukcje murowe zbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- PN-B-03002:2007: Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- ENV-1996-1-1:2002, Eurocode 6: Design of Masonry Structures. Part 1-1: Common Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures. CEN / TC 250, March 2003.
- Capuzzo N.V., Correa M.R.S., Ramalho M.A. (2008), Distribution of vertical loads between interconnected masonry walls with and without a top slab. 14th International Brick & Block Masonry Conference – IBMac, Sydney (CD-ROM).
- Castro L.O., Alvarenga R.C.S. S., Silva R. M. (2016), Experimental evaluation of the interaction between strength concrete block walls under vertical loads. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais Vol.9, No.5 (CD-ROM).
- Paganoni S., D'Ayala D. (2014), Testing and design procedure for corner connections of masonry heritage buildings strengthened by metallic grouted anchors. Engineering Structures 70, s. 278 – 293.
- Maddaloni G., Balsamo A., Di Ludovico M., Prota A. (2016), Out of Plane Experimental Behavior of T-Shaped Full Scale Masonry Orthogonal Walls Strengthened with Innovative Composite Systems. Fourth International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Las Vegas (CD-ROM).
- Maddaloni G., Di Ludovico M., Balsamo A., Prota A. (2016), Out-of-plane experimental behaviour of T-shaped full scale masonry wall strengthened with composite connections. Composites Part B 93, s. 328–343.
- Corrêa M.R.S., Moreira E.M.S., Ramalho M.A. (2009), Experimental small-scale analysis of the connections between structural clay block work masonry walls submitted to vertical loads. 11th Canadian Masonry Symposium, Toronto (CD-ROM).
- Sinha B.P., Hendry A.W. (1979), Compressive Strength of Axially Loaded Brick Walls Stiffened Along Their Vertical Edges. Vth International Brick Masonry Conference, Washinton.
- PN-EN 845-1:2008 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów – Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki.
- PN-EN 845-3:2008 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów – Część 3: Stalowe zbrojenie do spoiny wspornych.

**Streszczenie.** W niniejszym artykule zebrano informacje odnośnie do wymogów normowych, procedur obliczeniowych, zaleceń producentów, a także wyników i wniosków z badań doświadczalnych prowadzonych na świecie w temacie dotyczącym zagadnienia połączeń ścian.

**Słowa kluczowe:** łączenie ścian, wiązanie murarskie, łączniki mechaniczne, badania, normy, Eurokod 6