

ANDRZEJ DYLLA, WOJCIECH OSAK*

ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE I ZALECENIA WYKONAWCZE DLA ŚCIAN SZCELINOWYCH

CONSTRUCTIONAL SOLUTIONS AND RECOMMENDED EXECUTIVES FOR CAVITY WALLS

Streszczenie

W niniejszym artykule omówiono aktualne problemy techniczne związane z projektowaniem i wykonywaniem ścian szczelinowych. Sprecyzowano wymagania konstrukcyjne dla poszczególnych warstw. Przedstawiono kierunki rozwoju i propozycje badań trójwarstwowych ścian szczelinowych.

Słowa kluczowe: całkowita szerokość szczeliny, kotwie stalowe, warstwa licowa

Abstract

Current legal and design problems relevant to designing cavity walls have been discussed. Thermal-humidity requirements with regard to construction recommendation have been quantified. The directions of development and suggestion of research three-ply cavity walls have been presented.

Keywords: total width of crack, steel anchors, facing layer

* Dr hab. inż. Andrzej Dylla, prof. UTP, mgr inż. Wojciech Osak, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy.

1. Wstęp

Zdecydowana większość problemów konstrukcyjno-technologicznych, występujących w ścianach szczelinowych dotyczy istnienia szczeliny pomiędzy warstwami muru, jej izolacji, odwodnienia, sposobu połączenia warstw itp. [1]. Wybór rodzaju materiału ma znaczenie drugorzędne. W okresie nasilonych opadów woda deszczowa nie może przedostawać się do warstwy wewnętrznej oraz stropów. Dzięki szczelinie powietrznej oraz izolacji poziomej przenikanie wody zostaje powstrzymane [2].

Zagadnieniu murów szczelinowych wiele miejsca poświęca norma brytyjska [3], norma niemiecka [4] oraz norma europejska [5]. Problematyka ta została również uwzględniona w obowiązującej polskiej normie [6] oraz w instrukcji [7]. Analizując powyższe wytyczne, można zauważyć, że zalecenia dotyczące konstruowania ścian szczelinowych w wymienionych publikacjach różnią się, co pokazano w tablicy 1.

2. Zasady konstruowania warstwy wewnętrznej

Grubość warstwy nośnej należy przyjmować na podstawie obliczeń statycznych, przy czym minimalne wartości wg [6] oraz [7] podano w tabl. 1. Wymagania techniczne są identyczne jak dla wewnętrznych ścian konstrukcyjnych. Wytrzymałość na ściskanie elementów murowych tej warstwy musi wynosić minimum 2,5 MPa [6].

W polskich budynkach jednorodzinnych stosuje się ściany szczelinowe, w których warstwa nośna, o grubości 240–288 mm, zbudowana jest najczęściej z gazobetonu, cegły, pustaków betonowych, ceramicznych bądź silikatowych [8]. W krajach o znacznie dłuższej tradycji w budowaniu ścian szczelinowych opracowano specjalne elementy murowe do stosowania w konstrukcjach warstwowych. Są to cegły pełne o wytrzymałości rzędu 25–60 MPa i pustaki o wytrzymałości do 30 MPa [8]. Zastosowanie takich elementów pozwala na wznoszenie budynków wielokondygnacyjnych, przy jednoczesnym zmniejszeniu grubości warstwy konstrukcyjnej ścian w budynkach parterowych (w zależności od formatów cegieł, 75–120 mm). Małe formaty i znaczne wytrzymałości elementów na ściskanie umożliwiają w krajach zachodnich konstruowanie ścian szczelinowych o całkowitych grubościach 300–400 mm, tj. znacznie cieńszych niż w Polsce [8].

Tablica 1

Zalecenia dotyczące konstruowania murów szczelinowych

	EC 6 [5]	BS 5628 [3]	DIN 1053 [4]	PN-B- -03002:1999 [6]	Instrukcja ITB [7]
Szerokość szczeliny [mm]	40–150	50–150 75 ⁽¹⁾	40 ⁽²⁾ –150	–	50–150
Minimalna liczba kotwi na 1m ² powierzchni ściany [szt.]	2,5	2,5	5	4	4,3
Maksymalny rozstaw kotwi [mm]					
– pionowy	–	450	500	–	460
– poziomy	–	900	750	–	500

	EC 6 [5]	BS 5628 [3]	DIN 1053 [4]	PN-B- -03002:1999 [6]	Instrukcja ITB [7]
Minimalna grubość warstw murowych [mm]					
– zewnętrznej	–	75	90	70	120 ⁽⁷⁾
– wewnętrznej	90 ⁽³⁾	75	115	100 ⁽⁴⁾	180
Maksymalna smukłość ściany h_{eff}/t	25	27 (20 ⁽⁵⁾)	25	18 lub 25 ⁽⁶⁾	–
⁽¹⁾ jeżeli grubość ścianek murowych jest mniejsza niż 90 mm ⁽²⁾ gdy nadmiar zaprawy jest zbierany i usuwany w czasie wznoszenia ścianek, w przeciwnym wypadku 60 mm ⁽³⁾ dla murów z elementów pełnych, w przeciwnym razie 115 mm ⁽⁴⁾ dla ścian konstrukcyjnych z muru o wytrzymałości charakterystycznej $f_k > 5$ MPa, a 150 mm dla ścian konstrukcyjnych z muru o wytrzymałości charakterystycznej $f_k < 5$ MPa ⁽⁵⁾ w przypadku ścian o grubości mniejszej niż 90 mm i w budynkach o więcej niż dwóch kondygnacjach ⁽⁶⁾ 18 w przypadku ścian z bloczków z betonu komórkowego, niezależnie od rodzaju zaprawy, a także dla murów z innego rodzaju elementów murowych na zaprawie o wytrzymałości $f_m < 5$ MPa; 25 w przypadku ścian z murów na zaprawie o wytrzymałości $f_m > 5$ MPa, z wyjątkiem murów z betonu komórkowego ⁽⁷⁾ na podstawie odpowiednich aprobat technicznych, Instrukcja [50] dopuszcza stosowanie warstwy o grubości 115 mm					

3. Zasady konstruowania warstwy zewnętrznej

Ze względu na powyższe funkcje, podawana w [6] grubość minimalna warstwy zewnętrznej, równa 70 mm, jest zbyt mała. Bardziej trafioną grubością, równą 90 mm, wydaje się wielkość podawana w normie niemieckiej [4], zgodnie z którą warstwy cieńsze są traktowane jako okładziny. Jak podaje [7] grubość warstwy zewnętrznej powinna wynosić 120 mm.

Warstwę zewnętrzną należy wykonać z elementów murowych pełnych (bez otworów lub z otworami do 25% objętości), nienasiąkliwych i odpornych na uszkodzenia mechaniczne o wytrzymałości minimum 15 MPa, nasiąkliwości do 16% i odporności na zamrażanie minimum 25 cykli [7]. Wymagania te spełniają cegły klinkierowe, ceramiczne licowe, silikatowe licowe oraz bloczki z kamienia naturalnego, które nie wymagają tynkowania, a także cegła kratówka o pionowych otworach, którą następnie pokrywa się tynkiem. Ze względu na specyficzny rodzaj obciążenia wiatrem, warstwa zewnętrzna musi być odporna na zniszczenie w płaszczyźnie nieprzewiązanej spoiny wspólnej. Dlatego też zaleca się stosowanie zaprawy marki minimum M 5 [8].

W okresie letnim warstwa zewnętrzna może nagrzewać się do temperatury powyżej 50°C, natomiast zimą jej temperatura może spaść nawet do –25°C [9]. Takie wahania mogą być przyczyną zmian długości tej warstwy, dlatego też musi ona mieć zapewnioną możliwość pracy w kierunku poziomym i pionowym. W związku z tym stosuje się przerwy dylatacyjne poziome i pionowe, dające możliwość nieskrępowanych zmian długości we wszystkich kierunkach. Brak takich przerw lub błędne ich wykonanie jest przyczyną, nawet po krótkim okresie eksploatacji, powstawania wybrzuszeń, kruszenia i odpryskiwania materiału warstwy okładzinowej. Powstałe drobne rysy i pęknięcia pod wpływem działania wiatru, deszczu czy mrozu mogą ulec powiększeniu, a to prowadzi do zawilgocenia warstw wewnętrznych i przyspieszo-

nej destrukcji całej ściany [9]. Zgodnie z [6] w zewnętrznej warstwie ściany szczelinowej przerwy dylatacyjne nie powinny przekraczać:

- 12 m, gdy warstwa jest wykonana z cegły ceramicznej,
- 8 m, gdy warstwa jest wykonana z cegły silikatowej lub betonowej.

Należy zaznaczyć, że podane w [6] odległości między przerwami dylatacyjnymi są wartościami maksymalnymi. Dodatkowe przerwy dylatacyjne powinno się przewidzieć w miejscach znacznej koncentracji naprężeń, tzn. w narożach budynków, obszarach skokowej zmiany obciążenia itp. Jeżeli budynek jest wyższy niż 12 m, to warstwę zewnętrzną należy dzielić przerwą dylatacyjną na dwie lub więcej części, o wysokości do 9 m każda [7].

4. Zasady doboru kotwi

Podstawowym zadaniem kotwi jest zabezpieczanie warstwy zewnętrznej przed zniszczeniem wskutek obciążeń od wiatru i gruntu oraz od odkształceń termicznych warstwy zewnętrznej muru. Kotwie pracują zarówno na osiowe ściskanie lub rozciąganie, jak i na zginanie spowodowane względnym przesunięciem warstwy zewnętrznej i wewnętrznej [7]. Kotew może być również zgięta w trakcie budowy.

W budynkach zlokalizowanych w I strefie wiatrowej, obejmującej przeważający obszar kraju, naprężenia w kotwach o średnicy $\varnothing 3\text{--}6$ mm wynoszą od 15 do 33 MPa [8]. Jedynie w budynkach wysokich, usytuowanych nad morzem lub w górach mogą osiągnąć wartość 50–70 MPa. W kotwach o średnicy 3–6 mm, zastosowanych w ścianie o wysokości 9–12 m, naprężenia od zginania są przeważnie 10–20 razy większe od naprężeń spowodowanych ścisaniem czy rozciąganiem. Dlatego też kotwie projektuje się, uwzględniając głównie wpływ termicznych odkształceń licówki [8]. Szczegóły dotyczące projektowania kotwi zostały przedstawione w pracy [10].

Tablica 2

Minimalna liczba kotwi na 1m² powierzchni ściany szczelinowej

Kraj	Szerokość szczeliny [cm]	Rozstaw kotwi pion×poziom [cm]	Liczba kotwi na 1 m ² ściany	Wymiary kotwi [mm]
Dania ⁽¹⁾	12	280×15	2,38	Ø4
Norwegia ⁽²⁾	10	46×50	4,35	Ø5
Niemcy	4–15	25×75	5	Ø4
Wielka Brytania	5–7,5	45×90	2,5	19×0,6 ⁽⁵⁾
	7,5–10	45×90 ⁽³⁾	2,5	19×0,8 ⁽⁵⁾
	10–15	45×45	4,94	Ø5
Polska	50–150	46×50	4 (4,3) ⁽⁴⁾	Ø4–Ø6

⁽¹⁾ budynek 12 kondygnacyjny, kotwie z brązu cynowego
⁽²⁾ ściany doświadczalne
⁽³⁾ do 1986 r. rozstaw kotwi 45×75 cm
⁽⁴⁾ wartość zalecana przez [39], natomiast 4,3 przez [7]
⁽⁵⁾ kotwie kształtowane z płaskowników o podanym wymiarze przekroju poprzecznego

Źródło: [9]

Liczba kotwi i ich wymiary zależą od charakteru pracy ściany, szerokości szczeliny, grubości warstw murowych, a także wysokości ściany, w związku z czym zalecenia w krajach zachodnich i w Polsce różnią się między sobą [9]. W tablicy 2 przedstawiono zestawienie porównawcze dotyczące przyjmowania minimalnej liczby kotwi.

Minimalna liczba kotwi przyjęta w normie niemieckiej [4] jest dwukrotnie większa niż podana w normie brytyjskiej [3]. Tłumaczyć to można różnicą parametrów geometrycznych i wytrzymałościowych kotwi zalecanych w przepisach brytyjskich i niemieckich.

5. Zasady konstruowania szczeliny

Szerokości szczeliny zalecane w normach zagranicznych różnią się. W wytycznych krajowych zaleca się, aby szczelina miała szerokość 50–150 mm [7]. Wydaje się jednak, że wartość ta jest zbyt mała ze względu na właściwości cieplne przegrody, a zarazem ze względów wykonawczych. W praktyce bowiem wyciskany ze spoin nadmiar zaprawy powoduje znaczące zwężenie szczeliny, co w wypadku ich niewielkich szerokości wpływa na pogorszenie parametrów cieplnych przegrody. Ze względu na wymaganą grubość termoizolacji, szerokość szczeliny powinna się mieścić w granicach 150–200 mm, w tym szczelina wentylowana 40 mm. Szczelina wentylowana musi być ciągła na całej wysokości i długości ściany, tzn. obie warstwy muru nie mogą mieć ze sobą sztywnego połączenia. Dzięki wymianie powietrza w okresie letnim, szczelina powoduje ochładzanie podgrzanej ściany, a jesienią przeciwdziała zawilgoceniu murów. Korzystne zatem jest zastosowanie w dolnej i górnej części ściany regulowanych otworów wentylacyjnych. Popularnym rozwiązaniem są puszki wentylacyjno-odwadniające.

Wykonane z tworzywa sztucznego puszki służą do wentylacji murów szczelinowych oraz umożliwiają odprowadzanie skroplin pary wodnej [6]. Zapewnia to utrzymanie optymalnej wilgotności warstwy ocieplenia oraz eliminuje wykwyty na elewacji. Co ważne, puszki skutecznie zabezpieczają mur przed gryzoniami i większymi owadami (kratka w zewnętrznej części) oraz wodami opadowymi (specjalne wyprofilowanie wewnątrz puszki). Puszka wentylacyjno-odwadniająca jest wyrobem zgodnym z zaleceniami normy [6], w której czytamy, iż „należy przewidzieć możliwość odprowadzenia na zewnątrz wody, która przeniknęła przez warstwę zewnętrzną muru. W tym celu u spodu warstwy zewnętrznej, w miejscu jej podparcia, zaleca się wykonać fartuch z papy bitumicznej lub podobnego materiału wodochronnego, na podkładzie z zaprawy cementowej, a w warstwie zewnętrznej pozostawić otwory osiatkowane lub osłonięte kratką, którymi woda może spływać z fartucha na zewnątrz”. Puszki wkłada się pomiędzy cegły warstwy elewacyjnej, zamiast spoiny pionowej. W celu uniknięcia błędów montażowych, puszki mają na swoich ściankach bocznych strzałki wskazujące górę i lico muru [13]. Tylko właściwe umieszczenie puszek w ścianie zapewnia ich prawidłową pracę. Należy przy tym również zwrócić uwagę na staranność wykonania ściany elewacyjnej, aby nie dopuścić do zachłapania od wewnątrz puszek przez spadającą do środka muru zaprawę. Podobne rozwiązanie należy zastosować w warstwie zewnętrznej pod i nad otworami okiennymi i drzwiowymi. W każdym przypadku puszki umieszcza się w odstępach jednometrowych. Jeśli elewacja ma wysokość większą niż 6 m, należy zastosować dodatkowy rząd puszek w połowie wysokości elewacji.

6. Podsumowanie

Nadal pozostaje nierozstrzygnięte, jak współpracują ze sobą warstwy muru szczelinowego o grubościach charakterystycznych dla warunków polskich, gdzie grubość warstwy nośnej jest zazwyczaj dwa razy większa od grubości warstwy licowej. Nie rozważono, jak warstwy muru zachowują się przy zwiększeniu całkowitej szerokości szczeliny, np. do 25 cm i zastosowaniu kotwi o zmiennym przekroju. W sytuacji ostrych wymagań termicznych, które wymuszają stosowanie w ścianach szczelinowych szczelin całkowitych o szerokościach większych niż przewidywane, istnieje pilna potrzeba podjęcia tego zagadnienia w formie regulacji normowych poprzedzonych stosownymi badaniami.

Literatura

- [1] Sokalski J., *Racjonalne rozwiązania zewnętrznych przegród pionowych w tradycyjnym budownictwie niskim*, praca naukowo-badawcza, ITB, Warszawa 1992.
- [2] Sokalski J., *Wpływ czynników zewnętrznych na projektowanie murów szczelinowych*, praca naukowo-badawcza, ITB, Warszawa 1995.
- [3] BS 5628 Structural use of Masonry, Part 1. Unreinforced masonry, 1992.
- [4] DIN 1053 Teil1, Rezeptmauerwerk. Berechnung und Austuhrung, 1990.
- [5] Polska wersja ENV 1996-1-1:1995. Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych, Część 1-1: Reguły ogólne, Reguły dla murów niezbrojonych, zbrojonych i sprężonych.
- [6] PN-B-03002 Konstrukcje murowe niezbrojne. Projektowanie i obliczanie, 1999.
- [7] Instrukcja 341/96 Projektowanie i wykonywanie murowanych ścian szczelinowych, ITB, Warszawa.
- [8] Sokalski J., *Współczesne budownictwo murowe*, Materiały Budowlane, 5/1997.
- [9] Sokalski J., *Opracowanie wytycznych energooszczędnych przegród zewnętrznych*, praca naukowo-badawcza, ITB, Warszawa 1993.
- [10] Sucharska L., *Trójwarstwowa ściana zewnętrzna ze szczeliną wentylowaną – optymalizacja konstrukcji i technologii wykonania ściany*, praca dyplomowa nr 5726, ATR, Bydgoszcz 2005.
- [11] Respondek Z., *Standardy ocieplania w Unii Europejskiej*, Warstwy – dachy i ściany, 3/2005.