

# POZIOME ŁĄCZENIE

## w ścianach szczelinowych



dr inż. Zbigniew Pająk  
Politechnika Śląska

Połączenia ciężkich murowanych warstw elewacyjnych z warstwami konstrukcyjnymi w ścianach szczelinowych, przenoszące obciążenia od ciężaru własnego, wiatru i zmian temperatury, decydują o przyszłym bezpieczeństwie konstrukcji i bezpieczeństwie użytkowania.

Zewnętrzne murowane ściany trójwarstwowe, zwane także szczelinowymi (rys. 1), składają się z warstwy elewacyjnej, określanej także jako fakturowa, licowa lub kurtynowa, szczeliny wypełnionej materiałem termoizolacyjnym (najczęściej wełną mineralną lub styropianem) oraz warstwy konstrukcyjnej w postaci muru nośnego, samonośnego lub wypełniającego np. szkielec żelbetowy lub stalowy. Istotnym elementem ścian szczelinowych są połączenia warstwy elewacyjnej z warstwą konstrukcyjną, szczególnie wówczas gdy warstwa elewacyjna wykonywana jest z ciężkich elementów murowych (cegła klinkierowa, bloczki betonowe), a połączenie warstw wykonywane jest jedynie za pomocą wiotkich stalowych kotew drutowych. Współcześnie ściany takie są projektowane i wykonywane w obiektach użyteczności publicznej, centrach handlowych i innych reprezentacyjnych budynkach, w których wymagania w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji są szczególnie ważne. Jak wykazuje jednak praktyka budowlana, awarie i katastrofy ścian szczelinowych polegające na oderwaniu się ciężkich murowanych warstw elewacyjnych zdarzają się [1, 2, 3], co skłania do bliższej analizy tego problemu.

### Wymagania normowe

Wymagania w zakresie wzajemnego kotwienia murowanych warstw w ścianach szczelinowych reguluje norma PN-EN 854-1:2013-11 (Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część I: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki. Wersja angielska) [4], która zastąpiła analogiczną normę z 2008 r., opublikowaną w wersji polskiej [5].

Normy PN-EN 854-1 dzielą kotwy, ze względu na ich kształt i sposób kotwienia na niesymetryczne o zróżnicowanym kształcie na końcach (rys. 2), symetryczne o jednakowym kształcie końców (rys. 3) oraz symetryczne, lecz niesymetrycznie mocowane (rys. 4).

Zasadniczym obciążeniem warstw elewacyjnych ścian szczelinowych jest poziome obciążenie wiatrem. Obciążenia pionowe od ciężaru własnego ścian są bowiem przekazywane bezpośrednio na konstrukcyjne elementy podporowe, najczęściej w postaci systemowych liniowych wsporników kotwionych do wieńców stropowych (poz. 6 na rys. 1). Siły od obciążeń termicznych są niwelowane przez odpowiednie dylatowanie poziome i pionowe warstwy elewacyjnej i nie uwzględnia się ich najczęściej w obliczeniach.

Zgodnie z normami PN-EN 854-1 minimalną liczbę kotew  $n_t$  na jednostkę powierzchni ściany oblicza się ze wzoru:

$$n_t \geq W_{Ed} / F_d \geq n_{t, min}$$

w którym:

$W_{Ed}$  – obliczeniowa wartość obciążenia poziomego na jednostkę powierzchni, z uwzględnieniem normowych obciążeń krawędziowych.

$F_d$  – obliczeniowa nośność kotew na ściskanie lub rozciąganie, odpowiednio do warunków obliczeń, określana na podstawie wartości deklarowanej przez producenta, podzielonej przez  $\gamma_M = 2,0$  (kategoria wykonania robót A) lub  $\gamma_M = 2,2$  (kategoria wykonania robót B).

Według Eurokodu 6 [6] do połączenia 1 m<sup>2</sup> warstwy zewnętrznej z warstwą wewnętrzną należy przyjmować nie mniej niż uzyskuje się z obliczeń lub  $n_{t, min} = 2$  kotwy. W Załączniku Krajowym przyjęto natomiast, że  $n_{t, min} = 4$  kotwy/m<sup>2</sup>, podobnie jak w polskiej normie pomocowej (PN-B-03002: 2007) [7]. Dodatkowo w [7] zaleca się, aby wzdłuż wszystkich krawędzi swobodnych warstwy zewnętrznej (wokół otworów, przy narożach, wzdłuż krawędzi dylatacji) przewidzieć kotwy dodatkowe w liczbie nie mniejszej niż 3 kotwy na metr bieżący krawędzi ściany. Norma niemiecka (DIN 1053-1) [8] uzależnia minimalną liczbę kotew (4-7/m<sup>2</sup>) od szerokości szczeliny i średnicy kotew – rys. 5. Podobne wymagania zawarto w krajowej In-

strukcji ITB Nr 341/96 [9] – rys. 6, przyjmując za minimalną liczbę 4 kotwy/m<sup>2</sup>, z dodaniem po 2 kotwy wzdłuż krawędzi swobodnych. W normie amerykańskiej [10] wymaga się stosowania minimum 6 kotew na 1 m<sup>2</sup> (rozstaw w kierunku poziomym i pionowym nie mniejszy niż około 400 mm).

Na terenach narażonych na wpływy eksploatacji górniczej krajowe przepisy [11] zalecają przy połączeniu warstw ścian szczelinowych stosować co najmniej  $n_{t, min} = 6$  kotew na 1 m<sup>2</sup> powierzchni ściany.

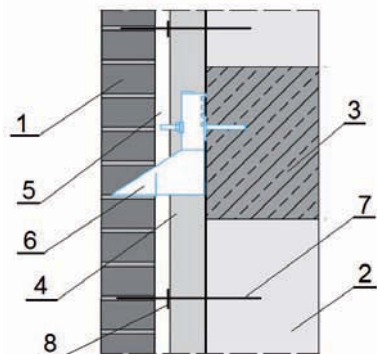
Minimalna długość kotwienia wg PN-EN 854-1:2013 [4] powinna wynosić 30 mm. W wycofanej już poprzedniej normie PN-EN 854-1 + A1: 2008 [5], przyjmowano 40 mm.

Sposób badania nośności kotew określono w normie PN-EN 846-5: 2012 [12]. Nośność na rozciąganie nie powinna być mniejsza niż 0,60 kN, a nośność na ściskanie – nie mniejsza niż 0,35 kN. W obydwu przypadkach wszystkie elementy próbne muszą charakteryzować się nośnością większą niż 70% wartości określonej przez producenta. W przypadku kotew niesymetrycznych, gdy obydwa końce bada się oddzielnie, nośność określana jest w odniesieniu do słabszego końca. Szersze informacje dotyczące konstruowania ścian szczelinowych można znaleźć w [13].

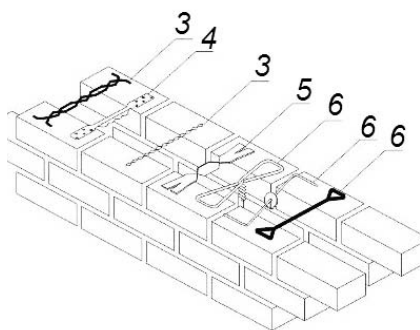
### Praktyka budowlana

Producenci i dystrybutorzy systemowych rozwiązań dla murów szczelinowych oferują do łączenia warstw murów następujące typy kotew ze stali nierdzewnych (rys. 7 i 8):

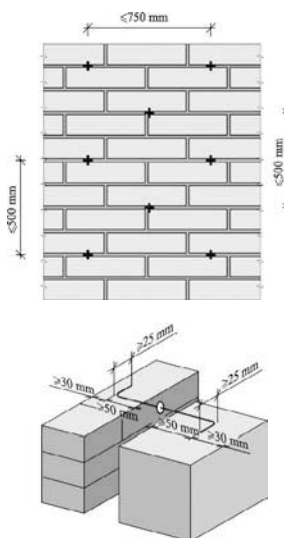
- kotwy zakładane w spoinach wspornych muru warstwy konstrukcyjnej i warstwy elewacyjnej,
- kotwy do późniejszego montażu (w istniejącej już warstwie konstrukcyjnej), wkręcane lub wbijane, utwierdzone mechanicznie w warstwie konstrukcyjnej za pomocą różnych typów nylonowych lub tworzywowych



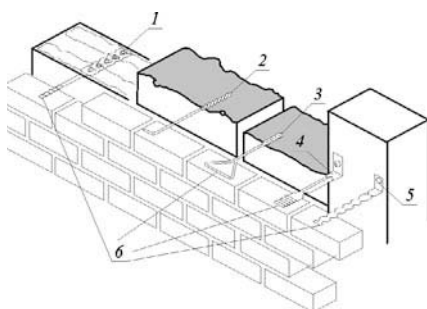
Rys. 1. Murowana ściana trójwarstwowa (szczelinowa), przekrój pionowy: 1 – warstwa elewacyjna, 2 – warstwa konstrukcyjna, 3 – wieniec żelbetowy, 4 – izolacja termiczna, 5 – szczelina wentylacyjna (ewentualnie), 6 – wspornik liniowy przenoszący obciążenia pionowe, 7 – kotew przenosząca siły poziome rozciągające i ściskające, 8 – krążek dociskowy (ewentualnie)



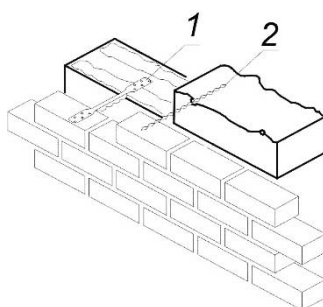
Rys. 3. Symetryczne kotwy ścienne (dla czytelności rysunku nie zaznaczono warstwy izolacji termicznej): 3 – prętowe, 4 – płaskownikowa, 5 – skręcana (spiralna), 6 – cienkościennie



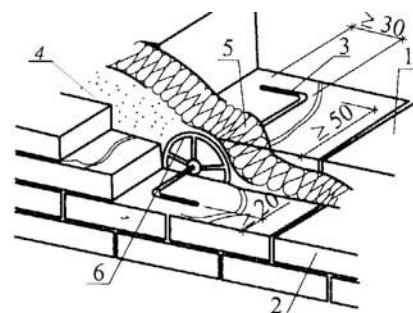
Rys. 5. Kotwienie warstw elewacyjnych murów szczelinowych wg DIN [8]



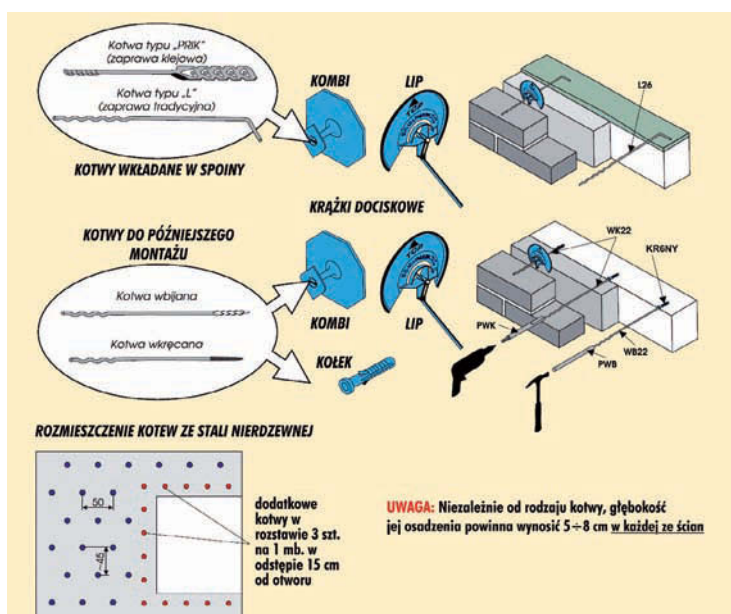
Rys. 2. Niesymetryczne kotwy ścienne (dla czytelności rysunku nie zaznaczono warstwy izolacji termicznej) 1 – mocowanie w zaprawie spoiny (bliższy koniec) – w cienkiej spoinie (dalszy koniec), 2 – tącznik wkręcany, 3 – kotew mocowana na żywicy, 4 – przykręcenie do ramy drewnianej, 5 – przybicie do ramy drewnianej, 6 – kotwy



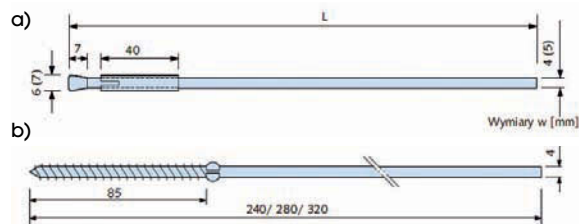
Rys. 4. Symetryczne kotwy ścienne mocowane niesymetrycznie (dla czytelności rysunku nie zaznaczono warstwy izolacji termicznej): 1 – podatna na deformacje kotwa osadzona w zaprawie spoiny (bliższy koniec) – w cienkiej spoinie (dalszy koniec), 2 – spiralna kotwa osadzona w zaprawie spoiny (bliższy koniec) – wkręcona w błoczek (dalszy koniec)



Rys. 6. Kotwienie warstw elewacyjnych murów szczelinowych wg Instrukcji ITB [9]: 1 – warstwa konstrukcyjna, 2 – warstwa elewacyjna, 3 – kotwa, 4 – szczelina wentylowana, 5 – izolacja, 6 – krążek dociskowy izolacji



Rys. 7. Kotwienie warstw elewacyjnych kotwami drutowymi [14]



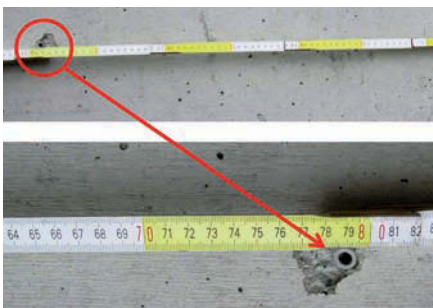
Rys. 8. Kotwy drutowe do montażu bezpośrednio w materiale konstrukcyjnym [15]: a) w betonie, b) w gazobetonie



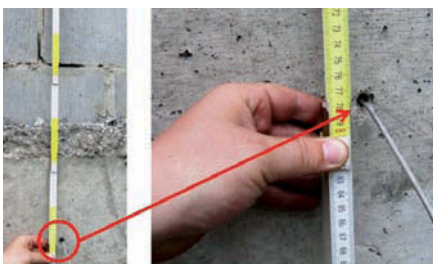
Rys. 9. Widok elewacji po awarii ściany szczelinowej [3]



Rys. 10. Niedokręcone kotwy na ścianie rozebranej po awarii [3]



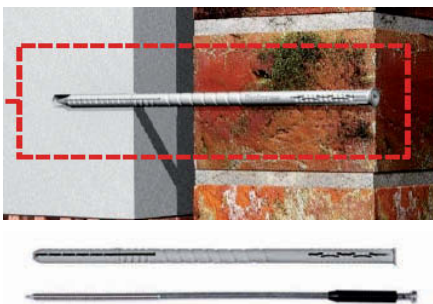
Rys. 11. Za duże rozstawy kotew na powierzchni ściany w poziomie [3]



Rys. 12. Pomierzone za duże rozstawy kotew na powierzchni ściany w pionie [3]



Rys. 13. Wady osadzenia kotków w murze; kotek w spoinie pionowej, za płytkie osadzenie kotka [3]



Rys. 14. Kotwa naprawcza do murów szczelinowych [16]

kołków rozporowych, natomiast w warstwie elewacyjnej – usytuowane w spoinach wspornych muru,

- kotwy do późniejszego montażu (w istniejącej już warstwie konstrukcyjnej) pracujące na tarcie, bezpośrednio wbijane lub wkręcane w mur warstwy konstrukcyjnej bez stosowania elementów rozporowych (rys. 8).

Długości kotew dostosowywane są do szerokości szczeliny, średnice wynoszą od 3 do 5 mm, a długości kotwienia w warstwie konstrukcyjnej – od 40 do 80 mm.

Liczbę kotew zaleca się przyjmować nie mniejszą niż 5/m<sup>2</sup> powierzchni elewacji z zagęszczeniem do 3 kotew na metr wokół otworów i swobodnych krawędzi muru (rys. 7). W wypadku warstw konstrukcyjnych z gazobetonu lub ceramiki otworowej zalecana liczba kotew na 1 m<sup>2</sup> ściany wynosi od 5 do 9 szt., w zależności od wytrzymałości muru.

Bezpieczeństwo konstrukcji warstw elewacyjnych ścian szczelinowych, gdy są one wykonywane zgodnie z rozwiązaniami prezentowanymi w technicznych katalogach producentów, jest zapewnione. Nośności kotew i oferowanych systemów zakotwień gwarantują bezpieczne przekazanie obciążeń z warstw elewacyjnych na warstwę nośną, pod warunkiem ich prawidłowego wykonania.

Istotne dla trwałości wykonywanych połączeń jest stosowanie rozwiązań i materiałów mających dopuszczenia i aprobaty techniczne, zgodne z normą podstawową PN-EN 854-1:2013

W praktyce budowlanej popełniane są jednak błędy, zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa, które niestety ujawniają się dopiero po wystąpieniu awarii lub katastrofy [1, 2, 3] (rys. 9). Najczęściej błędy polegają na:

- nieodpowiednim doborze elementów rozporowych (kołków tworzywowych) do przyjętego typu kotew drutowych. Ważne jest, by stosować rozwiązania atestowane, mające stosowne dopuszczenia, zgodne z wymaganiami normy PN-EN 854-1:2013 [4],
- wadach montażu elementów rozporowych w murach warstw konstrukcyjnych – za duże średnice wierzonych otworów w stosunku do średnic elementów rozporowych (kołków), osadzenie elementów rozporowych w spoinach muru, niedokręcenie kotew drutowych w elementach rozporowych, za mała liczba kotew, niezagęszczanie kotew przy swobodnych krawędziach muru.

Na rys. 10-13 przedstawiono wady wykonawcze osadzenia elementów kotwiących w ścianie szczelinowej po wystąpieniu awarii [3].

W przypadku wystąpienia wątpliwości dotyczących właściwego zakotwienia warstwy ele-

wacyjnej w zrealizowanym obiekcie, należy podejmować profilaktyczne działania w celu wzmocnienia konstrukcji. Do wzmocnienia można stosować między innymi mechaniczne kotwy [16] wg Niemieckiej Aprobaty Technicznej [17] – rys. 14. Minimalna liczba kotew naprawczych na m<sup>2</sup> powierzchni ściany powinna wynosić 5.

## Podsumowanie

Połączenia ciężkich murowanych warstw elewacyjnych z warstwami konstrukcyjnymi w ścianach szczelinowych, przenoszące obciążenia od ciężaru własnego, wiatru (ssanie, parcie) i zmian temperatury, decydują o przyszłym bezpieczeństwie konstrukcji i bezpieczeństwie użytkowania. Po wymurowaniu ściany kontrola poprawności wykonania połączeń nie jest już praktycznie możliwa. Stąd potrzeba rzetelnego nadzoru podczas wznoszenia ścian, a w szczególności przy montażu łączników, co, jak wskazuje praktyka, czasami niestety nie jest dopełniane.

Istotne dla trwałości wykonywanych połączeń jest stosowanie rozwiązań i materiałów mających dopuszczenia i aprobaty techniczne, zgodne z normą podstawową PN-EN 854-1:2013 [4]. Stosowanie rozwiązań przypadkowych, niepotwierdzonych odpowiednimi badaniami, prowadzić może do obniżenia bezpieczeństwa konstrukcji, a nawet do awarii lub katastrofy. ■

## Literatura i wykorzystane materiały:

- [1] Szulborski K., Michalak H., Majewska A., Katastrofa ciężkiej ściany osłonowej w nowobudowanym centrum handlowym. XXIV Konf. Nauk.-Tech. Awaria Budowlane. Szczecin-Międzyzdroje 2009. str. 687-694.
- [2] Kowalewski J., Przyczyny awarii warstwy elewacyjnej ściany trójwarstwowej. XXIV Konf. Nauk.-Tech. Awaria Budowlane. Szczecin-Międzyzdroje 2009. str. 659-662.
- [3] Pająk Z., Wieczorek M., Awaria ściany osłonowej w centrum handlowym. XXVII Konf. Nauk.-Tech. Awaria Budowlane. Szczecin-Międzyzdroje 2015. str. 203-210.
- [4] PN-EN 854-1: 2013-11. Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki. Wersja angielska.
- [5] PN-EN 854-1 + A1: 2008. Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki. Wersja polska.
- [6] 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.
- [7] PN-B-03002: 2007. Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- [8] DIN 1053-1. Mauerwerk. Teil 1: Berechnung und Ausführung. 1996 r.
- [9] Instrukcja ITB 341/96 Projektowanie i wykonywanie murowanych ścian szczelinowych.
- [10] ACI 530-05/ASCE 5-02/TMS 402-05. Building Code Requirements for Masonry Structures.
- [11] Instrukcja ITB nr 416/2006. Projektowanie budynków na terenach górniczych. Wydawnictwo ITB. Warszawa 2006.
- [12] PN-EN 846-5: 2012. Metody badań wyrobów dodatkowych do wznoszenia murów. Część 5: Określenie nośności na rozciąganie i ściskanie oraz sztywności kotew murowych.
- [13] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych. PWN, 2013.
- [14] Materiały techniczne firmy HABE. Elewacje murowane.
- [15] Materiały techniczne firmy HALFEN. Wsporniki do ścian warstwowych.
- [16] Katalog techniczny. Mechaniczna kotwa naprawcza do murów warstwowych VBS-M. Fischer. Technika zamocowań.
- [17] Aprobaty DIBt. I 26-1.21.2-107/11, z 26. 03. 2012 r. Deutsches Institut für Bautechnik.