

prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec^{1)*}

ORCID: 0000-0001-9825-6343

dr inż. Joanna Drobiec²⁾

ORCID: 0009-0000-4364-8841

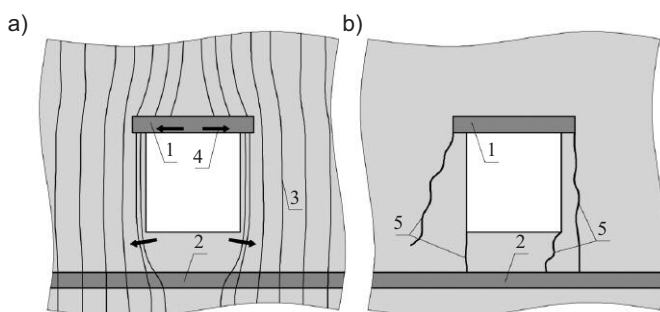
Zbrojenie spoin wspornych przy otworach ścian z ABK

Zarysowania ścian murowanych pojawiają się często w pewnych szczególnych miejscach konstrukcji, gdzie dochodzi do tzw. koncentracji naprężeń, czyli tam gdzie ustalony przebieg trajektorii naprężeń zostaje zaburzony. Z tego powodu rysy występują często w obszarach zmiany geometrii konstrukcji, tj. w okolicy otworów okiennych i drzwiowych, w miejscach zmiany grubości muru oraz w okolicy połączenia prostopadłych ścian obciążonych nierównomiernie. W artykule opisano sposoby zabezpieczenia muru z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) przed zarysowaniem w okolicy otworów.

Zarysowania przy otworach

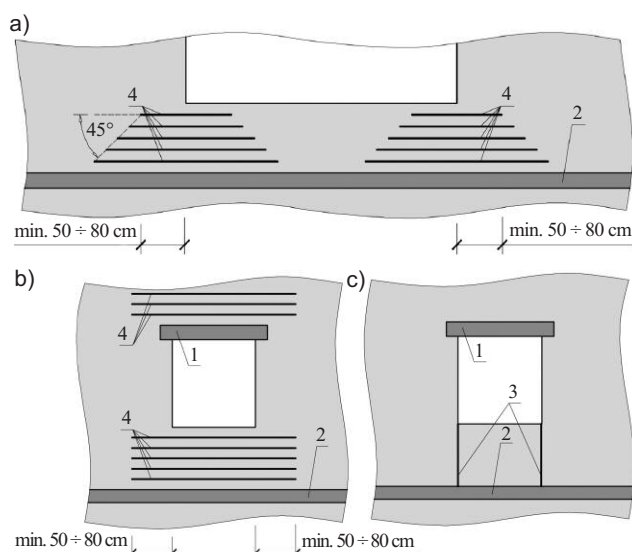
Rysy w ścianach często obserwuje się w okolicy otworów. Typowe trajektorie naprężeń ściskających wokół otworu okiennego pokazano na rysunku 1a [1]. Obecnie nad oknami wykonuje się najczęściej nadproża żelbetowe lub nadproża systemowe [2], co eliminuje konieczność przejścia przez mur naprężeń rozciągających. W przypadku, gdy nadproże zostanie poprawnie zaprojektowane i mur nad nadprożem nie ulegnie zniszczeniu na skutek zginania w płaszczyźnie, to przy dużych naprężeniach ściskających w strefie podparcia nadproża mogą powstać pionowe lub ukośne rysy. Rysy pojawiają się również pod oknem, na skutek różnicy naprężeń i odkształceń obciążonego i nieobciążonego fragmentu muru (rysunek 1b).

Na rysunku 2 pokazano zaproponowany w pracach [1, 3, 4] dwójaki sposób zabezpieczenia strefy podokiennej, tj. wykonanie dylatacji lub zastosowanie zbrojenia układanego w spoinach wspornych muru. Te dwa sposoby są najczęściej stosowane w celu przeciwdziałania wystąpieniu zarysowania ścian. Dylatacje rozdzielają nierównomiernie obciążone frag-



Oznaczenia: 1 – nadproże; 2 – strop; 3 – trajektorie naprężeń ściskających; 4 – największe rozciągania; 5 – rysy

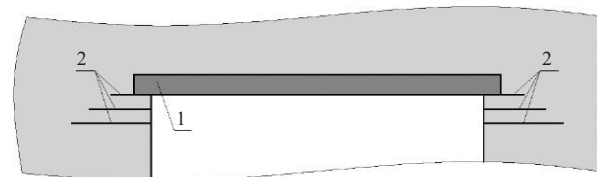
Rys. 1. Koncentracja naprężeń w okolicy otworu okiennego: a) trajektorie naprężeń ściskających i obszary największych rozciągań; b) możliwe zarysowanie



Oznaczenia: 1 – nadproże; 2 – strop; 3 – dylatacja; 4 – zbrojenie spoin wspornych

Rys. 2. Sposoby zabezpieczania strefy przyokiennej przed powstaniem zarysowań: a) zastosowanie zróżnicowanej długości zbrojenia; b) zastosowanie zbrojenia w spoinach wspornych; c) zastosowanie dylatacji

menty ścian i pozwalają na zróżnicowanie ich odkształceń pod obciążeniem. Zadaniem zbrojenia we współczesnych murach jest natomiast przejście naprężeń rozciągających i rozładowanie miejsc koncentracji naprężeń oraz wyrównanie odkształceń w strefach muru narażonych na zróżnicowane wartości deformacji [5]. W przypadku, gdy w strefie pod oknem stosuje się zbrojenie, to należy je przedłużać na odległość 50 ÷ 80 cm poza krawędź otworu. Przy dużych otworach (o szerokości większej niż 2,5 m) można stosować zróżnicowaną długość zbrojenia (rysunek 2a), a przy mniejszych oknach należy zbroić cały pas podokienny (rysunek 2b). W celu zabezpieczenia przed zarysowaniem muru w wyniku obciążenia od reakcji z nadproża można stosować zbrojenie pod nadprożem i poniżej w kolejnych spoinach wspornych (rysunek 3).



Rys. 3. Dozbrojenie muru pod nadprożem: 1 – nadproże; 2 – zbrojenie spoin wspornych

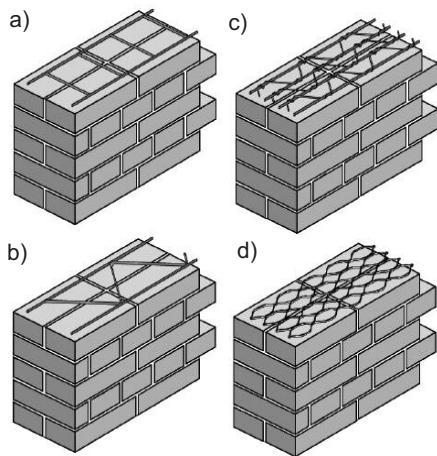
Rodzaje stosowanego zbrojenia

Norma europejska PN-EN 845-3 [6] podaje wymagania dotyczące zbrojenia do spoin wspornych w konstrukcjach murowanych. Zgodnie z jej postanowieniami zaleca się stosować pre-

¹⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

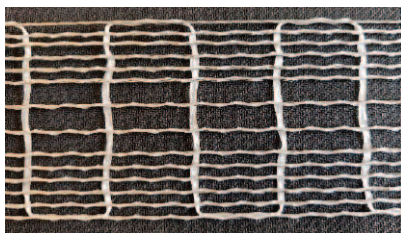
²⁾ Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Budownictwa

^{*)} Adres do korespondencji: lukasz.drobiec@polsl.pl



Rys. 4. Prefabrykowane zbrojenie do spoin wspornych zgodnie z PN-EN 845-3: a) drabinka; b) kratownicka; c) siatka plecioną; d) siatka cięto-ciągniona

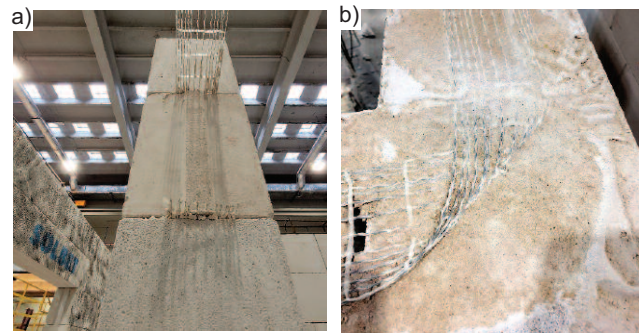
nie rozróżnia ponadto podziału zbrojenia na typy przeznaczone do wznoszenia murów na zwykłe i cienkie spoiny. Do niedawna w Polsce stosowano powszechnie zbrojenie typu kratownicka ze stali nierdzewnej lub odpowiednio zabezpieczone antykorozyjnie. Zbrojenie to jest wciąż produkowane w odmianach przeznaczonych do murów na zwykłe i cienkie spoiny. W ostatnim czasie coraz częściej stosowane są systemowe siatki do zbrojenia spoin wspornych, które produkuje się z wiązek drutów stalowych o bardzo dużej wytrzymałości, połączonych tkaniną z włókna szklanego. Siatka w kierunku podłużnym składa się z czterech wiązek drutów stalowych ze stali wysokowęglowej. Cztery wewnętrzne wiązki rozmieszczone są nominalnie co 10 mm, a pozostałe znajdują się w rozstawie 5 mm (rysunek 5). Każda wiązka podłużna złożona jest z trzech drutów o średnicy $0,5 \pm 0,02$ mm. Całkowity przekrój poprzeczny zbrojenia podłużnego wynosi $9,66 \text{ mm}^2$, a całkowita grubość siatki $1,7 (-0,2/+ 0,4)$ mm. Stal zabezpieczona jest antykorozyjną powłoką cynkową o oznaczeniu R20 wg PN-EN 845-3. Olbrzymią zaletą siatek jest możliwość układania z rolki, bez konieczności stosowania zakładów, jak to ma miejsce np. w przypadku prefabrykowanego zbrojenia typu kratownicka.



Rys. 5. Siatka do zbrojenia spoin wspornych

Na fotografii a pokazano siatki wystające ze spoin modelu badanego w Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej. W przypadku narożników siatkę załamuje się pod odpowiednim kątem (fotografia b). Efektywność tego zbrojenia została potwierdzona licznymi badaniami [7 ÷ 11].

fabrykowane zbrojenie w postaci drabinek, kratowniczek, siatek plecionych lub siatek cięto-ciągnionych (rysunek 4). Zapisy PN-EN 845-3 [6] wykluczają stosowanie prętów oraz płaskowników stalowych do zbrojenia ścian niepowiązanych ze sobą. Wśród zbrojenia dopuszczonego do stosowania nie ma również siatek zgrzewanych, stosowanych często w praktyce. Norma



Badania murów z ABK zbrojonych siatkami stalowymi o dużej wytrzymałości: a) siatki wystające ze ściany; b) ułożenie siatki w narożniku (widok modelu w czasie rozbiórki po badaniach)

Fot. autorzy

W celu przeciwdziałania powstaniu zarysowania ścian z ABK zaleca się stosowanie pod otworami dylatacji lub zbrojenia w spoinach spornych. Zbrojenie musi spełnić wymagania normy PN-EN 845-3. Obecnie coraz większą popularność zdobywają siatki dedykowane do dozbrajania spoin wspornych, ponieważ są łatwiejsze w transporcie i w aplikacji od tradycyjnego zbrojenia typu kratownicka.

Literatura

- [1] Schubert P. Mauerwerk. Risse vermeiden und instandsetzen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart. 2004.
- [2] Mazur W, Drobiec L, Jasinski R. Research of Light Concrete Precast Lintels. Procedia Engineering. 2016, 161: 611 – 617.
- [3] Muraier T. Edelstahl im zweischaligen Mauerwerk – Sicherheit im Hintergrund. Mauerwerk. 2006, 6: 230 – 234.
- [4] Schneider KJ, Weickenmeier N. Aktuell Mauerwerksbau. Werner Verlag GmbH, Düsseldorf 2000.
- [5] Timperman P, Rice T. Bed joint reinforcement in masonry. Proceedings of the Fourth International Masonry Conference. British Masonry Society. London, 1995, vol. 2: 451 – 453.
- [6] PN-EN 845-3+A1: 2016-10 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów. Część 3: Stalowe zbrojenie do spoin wspornych.
- [7] Drobiec Ł. Badania wpływu nowego typu zbrojenia na nośność i rysoodporność ściskanych murów z ABK. Materiały Budowlane. 2024, 626 (10): 157 – 158.
- [8] Piekarczyk A, Połubiński T. Influence of steel reinforcement on the behavior of vertically loaded masonry walls with simultaneous displacement of supporting structure | Wpływ zbrojenia stalowego na pracę ścian murywanych obciążonych pionowo przy jednoczesnym przemieszczeniu konstrukcji podpierającej. Materiały Budowlane. 2024, 619 (3): 13 – 17.
- [9] Jasiński R. Badania morfologii zarysowań i mechanizmu zniszczenia murywanych ścian z otworami wykonanych z ABK zbrojonych w spoinach wspornych. Materiały Budowlane. 2025, 632 (4): 71 – 73.
- [10] Cuadros-Rojas E, Garcia-Ramonda L, Roca P, Pelà L. Out-of-plane bending behaviour of masonry walls with high-strength steel cord mesh bed joint reinforcement. Construction and Building Materials. 2024, 457.
- [11] Badonbok Lyngkhai R, Warjri T, Marthong C. Out-of-plane flexural behaviour of AAC masonry walls reinforced using steel wire mesh integrated within the masonry bed and bed-head joint. Structures. 2025, 76, 108897.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl



ROK ZAŁOŻENIA 1994