

Innowacyjne połączenie ścian nienośnych z wykorzystaniem siatek

Innovative connection of non-load-bearing walls using a mesh



prof. dr hab. inż. Radosław Jasiński

Politechnika Śląska,
Wydział Budownictwa
Radoslaw.Jasinski@polsl.pl
ORCID: 0000-0003-4015-4971



dr inż. Iwona Galman

Politechnika Śląska,
Wydział Budownictwa
Iwona.Galman@polsl.pl
ORCID: 0000-0002-0196-6478

Streszczenie

Ściany nienośne mogą być swobodnie lokalizowane i przestawiane, dlatego istotne znaczenie ma sposób ich połączenia z sąsiednimi przegrodami. Zwykle stosuje się przewiązanie murarskie lub stalowe łączniki, lecz alternatywę stanowią elementy polimerowe i siatki zbrojeniowe. W pracy zaproponowano innowacyjne połączenie nienośnych ścian murowanych z wykorzystaniem przestrzennie ukształtowanej siatki Silica Glass Mesh (SGM) pełniącej funkcję zbrojenia połączenia oraz zbrojenia spoin

wspornych. Badania przeprowadzono na 12 modelach z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK), obejmujących połączenie tradycyjne (P), z siatką w spoinach (H) oraz z siatką przestrzenną (SHP). Wyniki wykazały, że najwyższą nośność osiągnęły rozwiązania tradycyjne. Połączenia zbrojone siatkami, szczególnie przestrzennymi, cechowały się jednak bardziej stabilną pracą, większą odkształcalnością i stopniowym przenoszeniem obciążeń, co wskazuje na ich potencjał praktyczny.

Słowa kluczowe konstrukcje murowe, elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK), połączenia ścian, Silica Glass Mesh

Abstract

Non-load-bearing walls can be freely positioned and relocated; therefore, the method of their connection to adjacent wall elements is of considerable importance. Conventional solutions include masonry bonding or steel wall ties, while polymer-based connectors and reinforcement meshes offer alternative approaches. This study proposes an innovative connection system for non-load-bearing masonry walls using a three-dimensionally arranged Silica Glass Mesh, which serves both as wall-junction reinforcement and bed-joint reinforcement. Experimental tests were conducted

on 12 specimens made of autoclaved aerated concrete (AAC) masonry units, including traditional bonded connections (P), connections reinforced with mesh placed in bed joints (H), and connections reinforced with a spatially arranged mesh (SHP). The results showed that traditional connections achieved the highest load-bearing capacity. However, mesh-reinforced connections, particularly those with spatial mesh reinforcement, exhibited more stable behaviour, greater deformability, and a more gradual load-transfer mechanism, indicating their practical potential.

Keywords masonry structures, AAC masonry units, wall joints, connectors, Silica Glass Mesh

WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo ścian murowych zależy nie tylko od właściwości komponentów składowych, jakości wykonania i obciążeń, lecz także od interakcji z innymi elementami konstrukcji budynku. Istotne znaczenie ma sposób przekazania obciążeń ze stropów przez wieńce oraz z sąsiadujących ścian za pośrednictwem połączeń.

Brak prawidłowego połączenia ścian może prowadzić do utraty współpracy przestrzennej i zwiększa podatność na obciążenia poziome, szczególnie te sejsmiczne i spowodowane wiatrem [1, 2]. Mimo to zagadnienie połączeń ścian pozostaje słabo rozpoznane.

Tradycyjne rozwiązania połączeń ścian obejmują klasyczne przewiązania

murarskie, żelbetowe rdzenie oraz stalowe łączniki zalecane przez normę [3]. Badania potwierdzają skuteczność tych metod [4–6], choć zapewniają one jedynie ok. 35% nośności klasycznego przewiązania i wymagają starannego montażu oraz obligatoryjnego zabezpieczenia antykorozyjnego. Dodatkowo połączenia stalowymi łącznikami nie zawsze spełniają

oczekiwania pod względem trwałości i użyteczności [7]. Alternatywą są wzmocnienia niemetaliczne, zwłaszcza siatki GFRP i CFRP. Badania potwierdziły wzrost nośności, odkształcalności i zmianę mechanizmu zniszczenia z kruchego na ciągliwy [8]. Kluczowe jest jednak zapewnienie ciągłości zbrojenia i właściwego zakotwienia, ponieważ samo powierzchniowe wzmocnienie nie zmienia współpracy przestrzennej bez odpowiedniego przeprowadzenia przez strefę styku ścian [9].

Pomimo powszechności stosowania ścian murowanych w budownictwie w literaturze wciąż istnieje wyraźna luka badawcza dotycząca pracy ich połączeń, zwłaszcza w odniesieniu do ścian niekonstrukcyjnych. Ograniczona dostępność danych eksperymentalnych utrudnia rzetelną ocenę bezpieczeństwa. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań innowacyjnego połączenia ścian murowanych przestrzennie ułożoną siatką typu Silica Glass Mesh (SGM). Istota rozwiązania polega na odpowiednim ukształtowaniu końców siatki pełniącej rolę zbrojenia spoin wspornych w taki sposób, aby mogła ona jednocześnie służyć jako łącznik ścienny pracujący na rozciąganie, eliminując konieczność stosowania dodatkowych łączników stalowych.

Program badawczy obejmował trzy serie modeli:

- referencyjną w postaci tradycyjnego przewiązania murarskiego (P),
- z połączeniami z siatką umieszczoną w spoinach wspornych (H),
- z połączeniami z siatką ułożoną przestrzennie (SHP).

Ekspertyzy przeprowadzono według procedur przedstawionych w pracach [6, 10] na autorskim stanowisku badawczym umożliwiającym rozpoznanie faz pracy i mechanizmu zniszczenia połączeń. Prezentowane badania wypełniają istniejącą lukę badawczą dotyczącą alternatywnych metod łączenia ścian murowanych i dostarczają jakościowego opisu zachowania połączeń z siatką ułożoną płasko oraz przestrzennie.

USTALENIA NORMOWE

Zgodnie z wymaganiami Eurokodu 6 [11] ściany murowane ustawione pod kątem prostym lub skośnym powinny być łączone w sposób zapewniający skuteczne przenoszenie obciążeń zarówno pionowych (ciężar własny, obciążenia użytkowe), jak i poziomych, które są spowodowane działaniem wiatru, parciem gruntu oraz oddziaływaniami sejsmicznymi. Wymóg ten wynika z konieczności zachowania ciągłości konstrukcji oraz utrzymania odpowiedniej globalnej sztywności układu

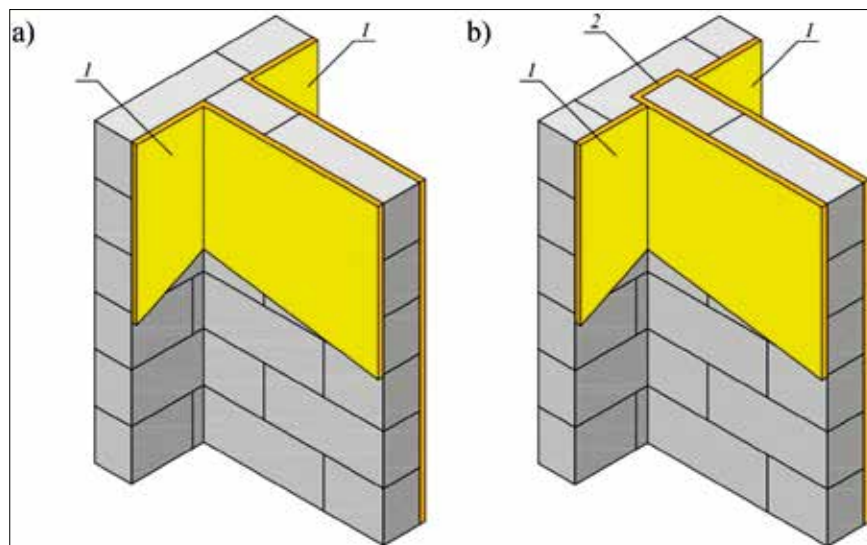
W przypadku ścian nienośnych, których ewentualne usunięcie nie wpływa znacząco na stan graniczny nośności całego obiektu, możliwe jest wykorzystanie alternatywnych technik łączenia za pomocą tynku (rys. 1a) lub typu „jaskółczy ogon” (rys. 1b).

Połączenia tynkiem wykonywane bez przewiązania elementów murowych lub bez zastosowania łączników mechanicznych nie zapewniają efektywnego podparcia w płaszczyźnie pionowej. Ich funkcja ogranicza się jedynie do powstrzymywania

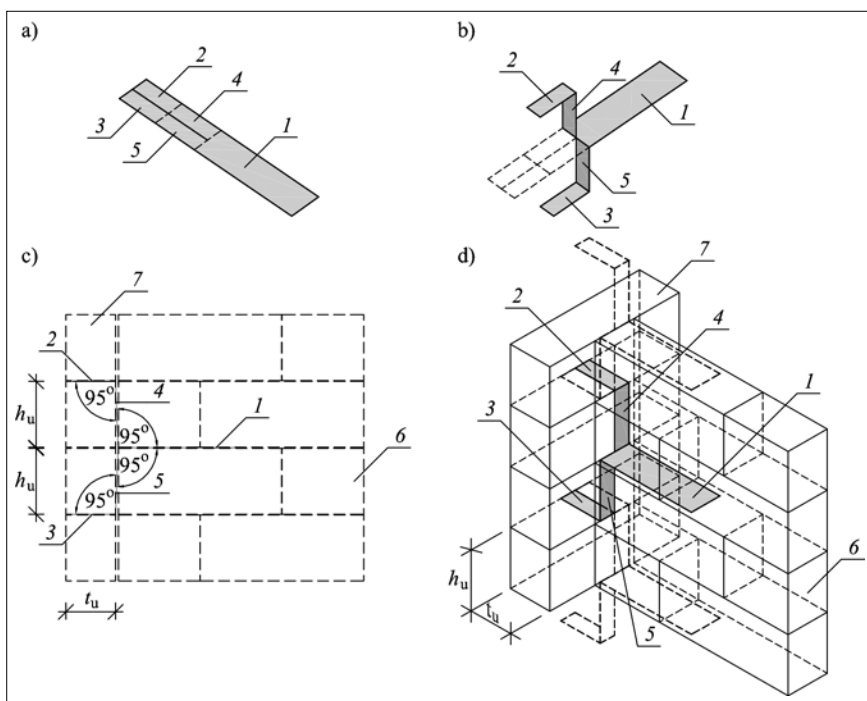
Norma zaleca stosowanie metalowych łączników w pionowych stykach między ścianami nośnymi a nienośnymi.

nośnego. W praktyce inżynierskiej stosuje się różnorodne rozwiązania spełniające te kryteria. Do najczęściej stosowanych należą tradycyjne przewiązania murarskie, w których elementy sąsiednich ścian są wzajemnie zazębiane, a także stalowe łączniki w postaci blaszek lub prętów. Alternatywą są układy zbrojenia przestrzennego odpowiednio zakotwionego w obu ścianach. Rozwiązania te umożliwiają przenoszenie sił między elementami konstrukcji oraz ograniczają przemieszczenia względne w strefie styku ścian.

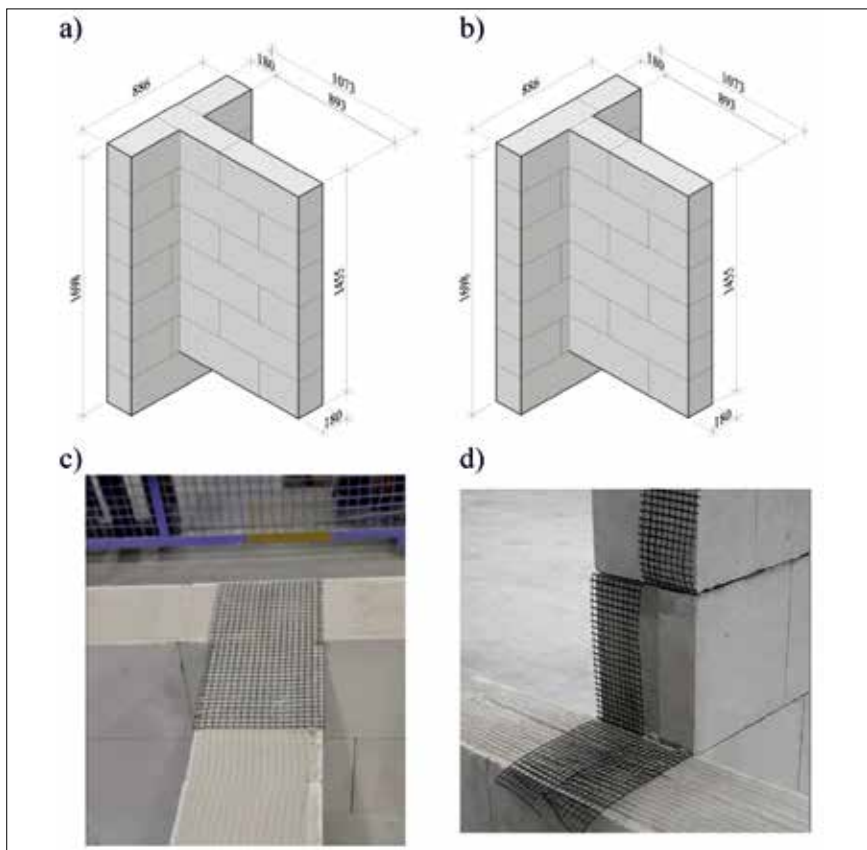
przemieszczeń poziomych, co znacząco redukuje ich przydatność w kontekście przenoszenia obciążeń działających w płaszczyźnie ściany. Natomiast w przypadku połączenia na „jaskółczy ogon” wypełniony zaprawą wręb w ścianie prostopadłej upodabnia połączenie do klasycznego przewiązania murarskiego i umożliwia przejście znacznych obciążeń działających prostopadle oraz w płaszczyźnie ściany. Z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe norma [11] jednoznacznie zaleca stosowanie metalowych łączników w pionowych



Rys. 1. Połączenia w ścianach nienośnych: a) z użyciem tynku, b) typu „jaskółczy ogon” (1 – tynk, 2 – pionowa bruzda wypełniona tynkiem)



Rys. 2. Koncepcja przestrzennego ułożenia siatki: a) kształt siatki zbrojącej przygotowanej do montażu, b) widok przestrzennego ułożenia siatki w spoinach zaprawy, c) schemat rozmieszczenia siatki w dwóch łączonych ścianach, d) widok przestrzenny ułożenia siatki w łączonych ścianach (opis w tekście)



Rys. 3. Geometria i detale modeli badawczych: a) geometria modeli serii P z tradycyjnym wiązaniem murarskim, b) geometria modeli zbrojonych siatkami serii H i SHP, c) detale połączenia z użyciem siatki ułożonej płasko – seria H, d) metoda połączenia z zastosowaniem innowacyjnego przestrzennego ułożenia siatek – seria SHP (wymiały w mm)

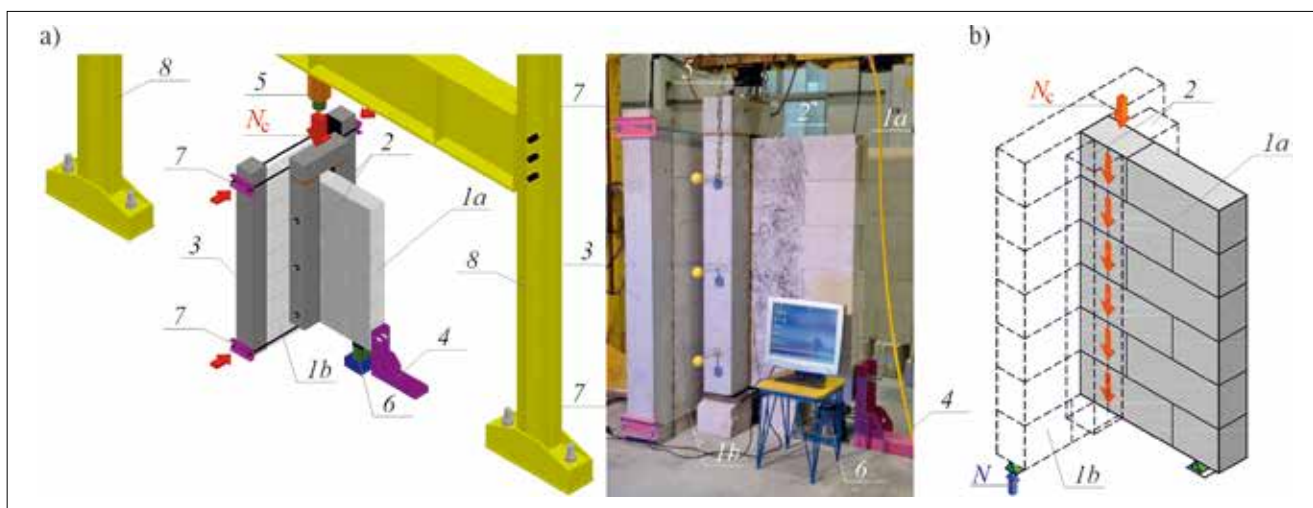
stykach między ścianami nienośnymi a nośnymi. Takie rozwiązania zwiększają stabilność przegrody w warunkach pożaru, ograniczają ryzyko przedwczesnego zniszczenia i wspierają realizację podstawowego celu, jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników w sytuacjach awaryjnych.

INNOWACYJNE UŁOŻENIE SIATKI

W dostępnych obecnie rozwiązaniach dotyczących połączeń ścian wyraźnie brakuje metod przeznaczonych do przegród niekonstrukcyjnych, które zapewniałyby jednocześnie skuteczne zbrojenie z uwagi na obciążenia prostopadłe do płaszczyzny oraz podparcie w płaszczyźnie i spełniały wymagania praktyczne, takie jak łatwość montażu oraz niski koszt. W odpowiedzi na te potrzeby **podjęto próbę modyfikacji istniejącej metody w postaci siatki ułożonej w płaszczyźnie spoin wspornych przez zmianę konfiguracji siatki w obrębie połączenia.**

Proponowana koncepcja zakłada wykorzystanie siatki pracującej na rozciąganie, co umożliwi efektywniejszy transfer sił rozciągających, redukcję koncentracji naprężeń oraz poprawę ogólnej odpowiedzi mechanicznej połączenia. Rozwiązanie stanowi próbę połączenia zalet tradycyjnych technik murarskich z nowoczesnym podejściem materiałowym i konstrukcyjnym.

Schemat proponowanego rozwiązania przedstawiono na rys. 2. Siatkę (1) układa się na całej powierzchni spoiny wspornej w ścianie łączącej (6), po czym w płaszczyźnie styku ścian przecina się ją wzdłuż osi podłużnej. Górne pasy zakotwienia siatki (2, 4) zagina się do spoiny warstwy wyższej, dolne (3, 5) zaś do warstwy niższej w ścianie prostopadłej (7). Pionowe części siatki (4, 5), przechodzące przez pionową spoinę styku, wstępnie napręża się i nachyla pod kątem ok. 95° względem płaszczyzny spoiny wspornej. Długość poziomych części siatki (1, 2, 3) powinna wynosić co najmniej 38 cm (czyli być większa od długości zakotwienia l_{bd}), w przeciwnym razie konieczne jest jej mechaniczne zakotwienie w elemencie murowym. Jej poziome części osadza się w zaprawie z górnym i dolnym otuleniem niemniejszym



Rys. 4. Stanowisko do badań połączeń ścian: a) widok; b) sposób podparcia i obciążenia modelu ściany (1a – ściana podłużna; 1b – ściana poprzeczna; 2 – żelbetonowy słup przekazujący obciążenie ścinające na ścianę 1a; 3 – żelbetonowe słupy ograniczające poziome odkształcenia; 4 – poziome podparcie; 5 – układ siłownika hydraulicznego i czujnika siły generujący naprężenia ścinające; 6 – czujnik siły, reakcja pionowa; 7 – ściąg poziomy; 8 – rama stalowa)

niż 1 mm w przypadku spoin cienkowarstwowych oraz 5 mm w przypadku tych zwykłej grubości (z tolerancją $\pm 0,5$ mm). Siatka w połączeniu ścian nienośnych jest ułożona przestrzennie w trzech spoinach wspornych oraz w pionowej spoinie styku.

BADANIA WŁASNE

Program i technika badań

W ramach programu badawczego sporządzono trzy serie modeli (łącznie 12 próbek) o identycznej geometrii i wymiarach. Wszystkie elementy miały kształt litery T i były monosymetryczne; długość środnika i półki wynosiła ok. 89 cm. Między ścianą obciążaną a nieobciążaną wykonano pionowe połączenie, którego konfigurację celowo zróżnicowano. W serii oznaczonej jako P (sześć modeli) zastosowano tradycyjne przewiązanie murarskie między półką a środnikiem. Modele te stanowiły odniesienie, na podstawie którego oceniano parametry mechaniczne oraz mechanizmy pracy i zniszczenia w pozostałych seriach. W dwóch kolejnych, które obejmowały po trzy modele w każdej, połączenie półki ze środnikiem wykonano z zastosowaniem siatki. W serii H wykorzystano pojedynczą siatkę ułożoną płasko. Natomiast w serii SHP rozmieszczono ją w innowacyjnej konfiguracji przestrzennej (rys. 3). Sposób ten został zgłoszony przez autorów niniejszej pracy jako wniosek patentowy [12].

Modele badawcze wykonano z elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK), łączonych systemową zaprawą klasy M5 w spoinach cienkowarstwowych, przy czym pionowe spoiny czołowe pozostawiono niewypełnione. Wytrzymałość na ściskanie muru, określona zgodnie z normą PN-EN 1052-1:2000 Metody badań murów. Część 1: Wyznaczanie wytrzymałości na ściskanie [13], wynosiła $f_c = 2,97$ N/mm², a moduł sprężystości – $E_m = 2040$ N/mm². Początkową wytrzymałość na ścinanie, ustaloną według

wspornych typu MAP-Reinforcement [16], w postaci połączonych włókien Silica Glass Mesh o oczku 10×10 mm. Siatka składała się z dwusplotowych włókien wiatku o średnicy 0,5 mm oraz płaskich włókien osnowy o przekroju $0,25 \times 1,5$ mm. Pole przekroju poprzecznego siatki w pojedynczej spoinie wspornej wynosiło $A_s = 7,07$ mm². Na podstawie normy ASTM D5035-11(R2024) Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method) [17] określono średnie wytrzymałości na rozciąganie:

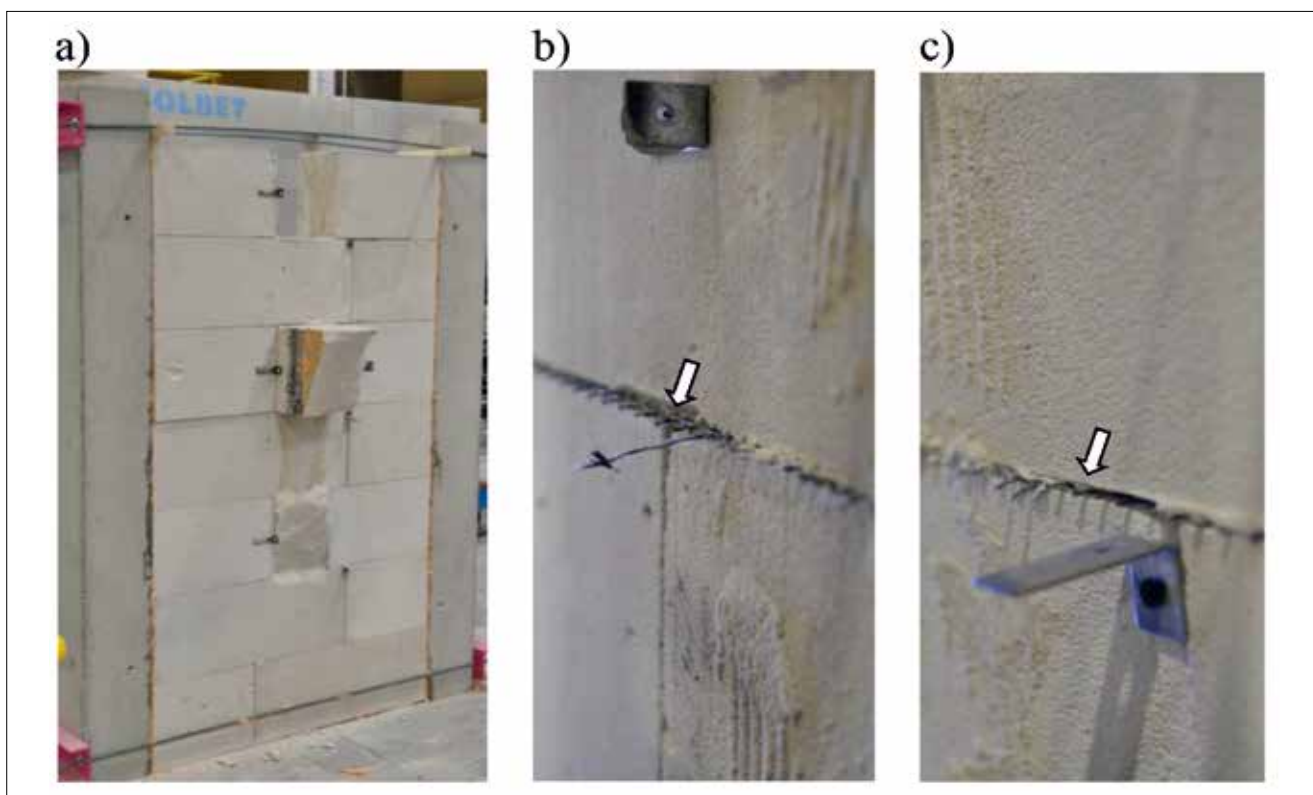
Metoda łączenia ścian działowych z wykorzystaniem przestrzennie ukształtowanej siatki to alternatywa dla tradycyjnego przewiązania murarskiego.

normy PN-EN 1052-3:2004 Metody badań murów. Część 3: Wyznaczanie początkowej wytrzymałości na ścinanie [14], określono jako $f_{v0} = 0,31$ N/mm², natomiast średni współczynnik tarcia w spoinach niewypełnionych zaprawą był równy $\mu = 0,92$. Moduł Kirchhoffa muru, wyznaczony zgodnie z normą ASTM E519-81 Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) of Masonry Assemblages [15], wynosił $G = 329$ N/mm².

Do wykonania połączenia ścian zastosowano zbrojenie strukturalne do spoin

$F_{D1} = 25,1$ kN/m (osnowa D1) oraz $F_{D2} = 37,6$ kN/m (wętek D2), a odkształcenia przy maksymalnym obciążeniu sięgały odpowiednio $\epsilon_{D1} = 1,99\%$ i $\epsilon_{D2} = 2,56\%$.

Program badawczy zrealizowano z wykorzystaniem specjalnie zaprojektowanego stanowiska (rys. 4a), opisanego szczegółowo w pracy [10]. Każdy model obciążano monotonicznie aż do zniszczenia. Obciążenie pionowe, odpowiedzialne za generowanie sił ścinających, rozkładano równomiernie na pełną wysokość ściany (rys. 4b), co pozwalało przyjąć równomierny



Rys. 5. Obrazy zniszczenia modeli: a) model P_3 z tradycyjnym przewiązaniem murarskim, b) zerwanie siatki w modelu H_1 z siatką ułożoną poziomo, c) zerwanie siatki w modelu SHP_1 z siatką ułożoną przestrzennie

rozkład naprężeń w spoinach. W trakcie badań rejestrowano siłę oraz względne przemieszczenia między ścianą obciążaną i nieobciążaną. Do pomiaru przemieszczeń zastosowano dwa niezależne systemy akwizycji danych: optyczny system ARAMIS po jednej stronie próbki oraz indukcyjne czujniki przemieszczeń PJX 10 (zakres

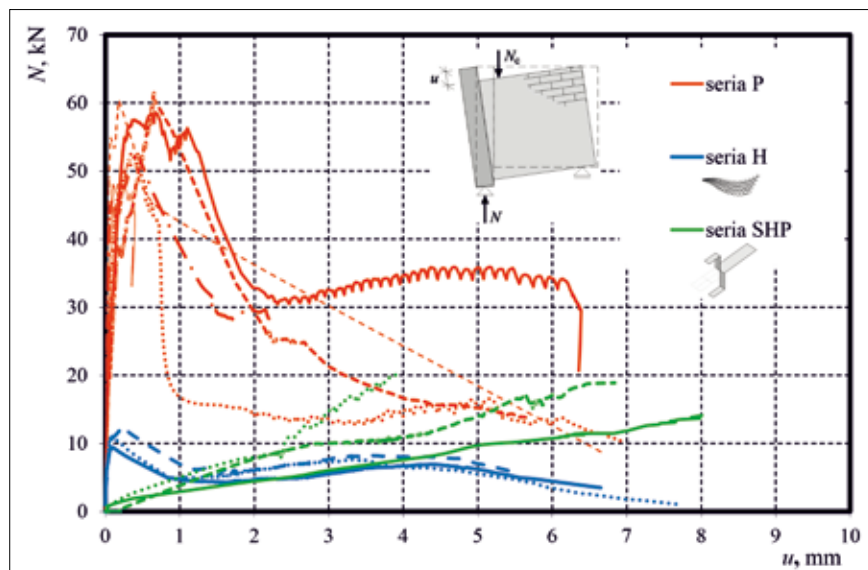
10 mm, maksymalny błąd wskazań $\pm 0,1\%$) po stronie przeciwnej.

Wyniki badań

W modelach referencyjnych serii P odnotowano jednolity mechanizm zniszczenia. Początkowy etap obciążania przebiegał bez widocznych rys i bez akustycznych sygnałów uszkodzeń, choć lokalnie pojawiały się

niewielkie odkształcenia. Pierwsze rysy diagonalne rozwijały się w strefie styku ścian, a następnie – wraz ze wzrostem obciążenia – propagowały w kierunku żelbetowego słupa przenoszącego siły ścinające. Po osiągnięciu maksymalnego obciążenia następowały znaczne przemieszczenia względne i rotacja segmentów ścian, prowadzące do ich rozdzielenia. Zniszczenie miało charakter niemal pionowego ścięcia elementów w strefie połączenia (rys. 5a), przy braku istotnych uszkodzeń pozostałych części muru.

W modelach typu H, w których zastosowano płasko ułożoną siatkę, proces zniszczenia przebiegał odmiennie – gwałtownie i bez jakichkolwiek sygnałów zapowiadających utratę nośności. Nie obserwowano stopniowego rozwoju rys ani odgłosów pękania; zniszczenie następowało nagle, z wyraźnym przemieszczeniem ściany obciążanej względem nieobciążanej. Włókna siatki ulegały zerwaniu (rys. 5b), przy czym nie dochodziło do jej wyciągnięcia ze spoin, co potwierdza prawidłowe zakotwienie siatki w zaprawie.



Rys. 6. Zależność między całkowitą siłą N a średnim przemieszczeniem względnym w połączeniu oznaczonym jako u

W modelach typu SHP proces zniszczenia miał charakter bardziej stopniowy i przewidywalny. Przemieszczenia ściany obciążanej narastały proporcjonalnie do przyrostu siły, co wskazuje na łagodniejszą i bardziej kontrolowaną odpowiedź konstrukcji. Po osiągnięciu maksymalnego obciążenia następowało zerwanie włókien siatki (rys. 5c) – podobnie jak w cyklu H, bez jej wyciągnięcia ze spoin wspornych. Mechanizm zniszczenia był zatem determinowany wytrzymałością na rozciąganie materiału siatki, a nie utratą przyczepności na styku siatka–zaprawa. W obu seriach zbrojonych (H i SHP) nie stwierdzono uszkodzeń elementów murowych; zniszczenie polegało wyłącznie na separacji połączonych ścian. Zachowanie połączeń oceniano na podstawie zależności siła–przemieszczenie ($N-u$) trzech typów połączeń: tradycyjnego oraz z siatką ułożoną poziomo i przestrzennie (rys. 6).

Połączenie pierwsze charakteryzowało się wysoką sztywnością początkową. Aż do chwili zarysowania ($N_{cr} = 27,3-54,1$ kN) odpowiedź była niemal liniowa, po czym następował etap postsprężysty o obniżonej sztywności. Maksymalne obciążenia wyniosły $N_u = 38,6-59,8$ kN. W fazie niszczenia siły wyraźnie zmalały, ale połączenie zachowywało jeszcze ograniczoną nośność resztkową wynikającą z sił zazębienia ($N_{ag} = 14,1-31,1$ kN). Ostateczne siły rezydualne przed całkowitą separacją ścian były równe $N_r = 8,4-42,9$ kN.

Połączenie drugiego typu wykazywało najmniejsze wartości sił w całym zakresie przemieszczeń. Początkowa quasisprężysta faza kończyła się przy $N_{cr} = 9,4-12,5$ kN, a nośność była determinowana głównie tarciem między ścianami. Po osiągnięciu maksimum obciążenia następował gwałtowny spadek siły ($N_{ag} = 4,32-5,47$ kN), po którym rozpoczynała się ciągnowa praca siatki ($N_t = 6,91-8,15$ kN). W fazie niszczenia włókna ulegały stopniowo zrywaniu, a siły rezydualne wynosiły $N_r = 1,04-5,55$ kN.

Połączenie z siatką ułożoną przestrzennie charakteryzowało się odmienną, bardziej stabilną odpowiedzią niż w przypadku siatki ułożonej poziomo.

W quasisprężystej fazie tarcie było mniejsze, a zarysowanie następowało przy $N_{cr} = 8,37-9,94$ kN. W fazie ciągnowej siły rosły do $N_t = 12,5-15,7$ kN. Dalszy wzrost przemieszczeń nie powodował degradacji siły, lecz jej dalszy przyrost wynikający z pracy ciągnowej i tarcia. Maksymalne wartości w końcowej fazie niszczenia wynosiły $N_{tu} = 14,1-20,2$ kN.

PODSUMOWANIE

W artykule zaproponowano innowacyjną metodę łączenia ścian działowych, wykorzystującą przestrzenny układ siatki zbrojeniowej. Rozwiązanie to stanowi alternatywę dla tradycyjnego przewiązania murarskiego, szczególnie w ścianach niekonstrukcyjnych, gdzie wymagana nośność nie musi odpowiadać klasycznemu połączeniu.

Przeprowadzone badania wykazały, że choć połączenia z siatkami osiągały znacznie mniejsze nośności (o 65–78%), to jednocześnie charakteryzowały się nieco większymi przemieszczeniami w chwili zniszczenia (o 12–15%), co sprzyja bardziej stopniowej i bezpiecznej degradacji. **W szczególności konfiguracja przestrzenna zapewniła korzystniejszą pracę ciągnową, większą odkształcalność oraz stabilniejszy mechanizm zniszczenia niż układ płaski.**

Uzyskane wyniki są obiecujące i wskazują, że proponowany system może stanowić efektywną, praktyczną i ekonomiczną alternatywę w łączeniu ścian działowych, zwłaszcza tam, gdzie istotne są zdolność do redystrybucji sił i kontrolowany przebieg zniszczenia. ■

Literatura

- [1] Gkourmelos P.D., Triantafyllou T.C., Bournas D.A., „Seismic upgrading of existing masonry structures: A state-of-the-art review” w: *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, t. 161, nr 107428, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107428>.
- [2] Hafner I., Kišiček T., Gams M., „Review of Methods for Seismic Strengthening of Masonry Piers and Walls” w: *Buildings*, t. 13(6), nr 1524, 2023, <https://doi.org/10.3390/buildings13061524>.
- [3] EN 845-1:2013 Wymagania dotyczące elementów pomocniczych do murów. Część 1: Łączniki murarskie, taśmy usztywniające, wieszaki i wsporniki.
- [4] Cismaşiu I., Azevedo N.M., Pinho F.F.S., „Numerical Evaluation of Transverse Steel Connector Strengthening Effect on the Behavior of Rubble Stone Masonry Walls under Compression Using a Particle Model” w: *Buildings*, t. 13, nr 4, 2023, <https://doi.org/10.3390/buildings13040987>.
- [5] Galman I., Jasiński R., „Tests of joints in AAC masonry walls” w: *Architecture Civil Engineering Environment*, t. 11, nr 4, 2018, s. 79–92, <https://doi.org/10.21307/ACEE-2018-056>.
- [6] Jasiński R., Galman I., „Procedure and test stand for determining the shear strength of masonry wall joints – comparative and numerical analysis” w: *Engineering Structures*, t. 350, 2026, s. 1–25, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.122024>.
- [7] Nova Sp. z o.o., *Karta katalogowa produktu – łącznik P30 ocynk*, 4.02.2022, [dostęp: 10.08.2026], w: https://nova-elewave.pl/files/DEKLARACJE_2026/Bodegraven_Karta_produktu_P30_ocynku.pdf.
- [8] Gattesco N., Boem I., „Experimental and analytical study to evaluate the effectiveness of an in-plane reinforcement for masonry walls using GFRP meshes” w: *Construction and Building Materials*, t. 88, 2015, s. 94–104, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.014>.
- [9] Gattesco N., Boem I., „Characterization tests of GFRM coating as a strengthening technique for masonry buildings” w: *Composite Structures*, t. 165, 2017, s. 209–222, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.01.043>.
- [10] Jasiński R., Galman I., „Testing joints between walls made of AAC masonry units” w: *Buildings*, t. 10, nr 4, 2020, s. 1–24, <https://doi.org/10.3390/buildings10040069>.
- [11] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05P Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych. Część 11: Reguły ogólne dotyczące konstrukcji murowych niezbrojonych i zbrojonych.
- [12] Jasiński R., Galman I., Zgłoszenie patentowe nr P.451056 złożone w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej dnia 27 stycznia 2025 r. pt. „Sposób łączenia ścian niekonstrukcyjnych”.
- [13] PN-EN 1052-1:2000 Metody badań murów. Część 1: Wyznaczanie wytrzymałości na ściskanie.
- [14] PN-EN 1052-3:2004 Metody badań murów. Część 3: Wyznaczanie początkowej wytrzymałości na ścinanie.
- [15] ASTM E519-81 Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) of Masonry Assemblages, American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA, USA, 1981 [dostęp: 10.08.2026], w: <https://store.astm.org/standards/e519>.
- [16] Materiały reklamowe firmy TBM-Reinforcement.
- [17] ASTM D5035-11(R2024) Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA, USA, 2011 [dostęp: 10.08.2026], w: <https://store.astm.org/d5035-11r24.html>.