

Nośność i morfologia uszkodzeń połączeń ścian wykonanych z ABK poddanych ścinaniu ze zginaniem

Load-bearing capacity and damages morphology of joints of AAC masonry walls subjected to shearing with bending

dr inż. Iwona Galman (ORCID: 0000-0002-0196-6478), Politechnika Śląska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.3608

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych 4 serii (łącznie 24 modeli badawczych) połączeń wzajemnie prostopadłych ścian wykonanych z elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (abk) poddanych ścinaniu ze zginaniem. Badano modele referencyjne składające się z dwóch ścian połączonych prostopadle tradycyjnym wiązaniem murarskim oraz modele o takiej samej geometrii, ale ze zmodyfikowanym sposobem łączenia – z wykorzystaniem różnych, dostępnych na rynku typów łączników (blach, kratowniczek). Dokonano analizy dotyczącej nośności oraz morfologii i mechanizmu uszkodzeń modeli.

Słowa kluczowe: konstrukcje murowe, połączenia ścian, abk, badania doświadczalne, łączniki do murów, zbrojenie do spoin wspornych murów.

Abstract: The paper presents the results of experimental tests of 4 series (a total of 24 research models) of mutually perpendicular joints of walls made of autoclaved aerated concrete (aac) masonry elements subjected to shearing with bending. Reference models consisting of two walls connected perpendicularly with a traditional masonry bond and models with the same geometry, but with a modified method of connection – using various types of connectors available on the market (plates, trusses) were tested. An analysis of the load capacity, morphology and damage mechanism of the models was made.

Keywords: masonry structures, wall intersection joints, aac, experimental testing, connectors, bed joint reinforcement.

1. Wprowadzenie

Tematyka połączeń ścian jest zagadnieniem mało rozpoznany. Z przeglądu literatury zamieszczonego w pracy [1] wynika, że problematyka wzajemnego połączenia ścian jest nadal mało rozpoznana, a wyniki nielicznych przeprowadzonych analiz i tak nie są porównywalne z uwagi na różne standardy prowadzonych doświadczeń. Dlatego zajęto się tym tematem i w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej prowadzone są kompleksowe badania połączeń ścian z użyciem różnych typów elementów łączących (łączników mechanicznych). Do tej pory analizowano zagadnienia połączeń ścian poddane obciążeniom czystego ścinania [1, 2]. W niniejszej pracy przedstawiono po raz pierwszy badania połączeń ścian poddanych ścinaniu ze zginaniem.

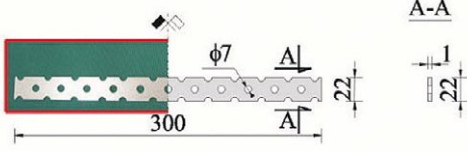
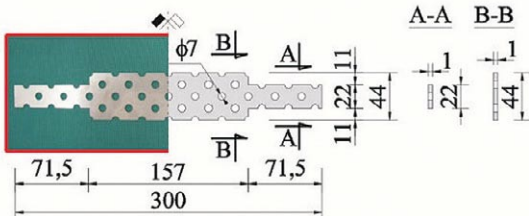
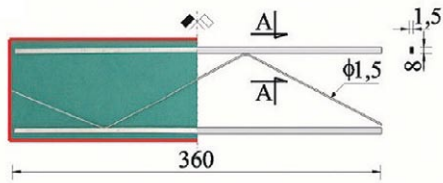
2. Program i technika badań

Wykonano i zbadano cztery serie (łącznie 24 modeli badawczych) o identycznym kształcie i wymiarach. Modele były monosymetryczne o przekroju poprzecznym w kształcie litery T, w którym środnik oraz półka miały po ok. 89 cm

długości. Pomiędzy ścianą obciążoną a nieobciążoną wykształcono pionowe połączenie, którego konstrukcję celowo zróżnicowano. Program badań tabelarycznie zestawiono w tabeli 1.

W serii modeli badawczych oznaczonym umownie jako bP między półką a środnikiem wykonano klasyczne połączenie murarskie (rys. 1a, 1c). Elementy te traktowano jako modele referencyjne. W pozostałych trzech seriach połączenie pomiędzy półką a środnikiem modelu badawczego wykonano za pośrednictwem łączników (geometria ściany według rysunku 1b). W serii bB10 były to pojedyncze płaskowniki otworowane (rys. 1d). Płaskownik otworowany typu B10 wykonany jest ze stalowej blachy szerokości 22 mm i grubości 1 mm z otworami o średnicy 7 mm. Pole powierzchni pojedynczego płaskownika to $A_{\text{brutto}} = 22 \text{ mm}^2$. Kolejna seria bPB10 (rys. 1e) to mury łączone płaskownikiem stworzonym i opatentowanym przez autorkę niniejszej pracy wraz z zespołem [3]. Płaskownik wykonany jest ze stalowej blachy szerokości 44 mm i grubości 1 mm z otworami o średnicy 7 mm. Pole powierzchni pojedynczego płaskownika to $A_{\text{brutto}} = 44 \text{ mm}^2$. W ostatniej zbrojonej serii bT połączenie realizowano przy użyciu zbrojenia do spoin wspornych w postaci kratowniczek typu Murfor EFS/Z 140 [4]. Kratowniczki

Tabela 1. Program badań

| Nazwa serii | Typ połączenia | Fotografia łącznika | Liczba elementów badawczych w serii |
|-------------|--|--|-------------------------------------|
| bP | tradycyjne przewiązanie murarskie | - | 6 |
| bB10 | stalowy łącznik – płaskownik otworowany |  | 6 |
| bBP10 | stalowy łącznik – płaskownik otworowany poszerzony |  | 6 |
| bT | stalowe kratowniczkę typu Murfor® EFS/Z 140 |  | 6 |

s składały się z pasów wykonanych z płaskowników o przekroju poprzecznym 1,5x8 mm, a krzyżulce wykonano z prętów gładkich średnicy 1,2 mm. W przekroju poprzecznym muru pole powierzchni przekroju poprzecznego kratowniczkę w pojedynczej spoinie wspornej wynosiło $A_s = 26,5 \text{ mm}^2$. Kratowniczkę o długości 36 cm ułożono symetrycznie w połączeniu (po 18 cm z każdej strony połączenia) (rys. 1f).

Badania prowadzono na bloczkach z betonu komórkowego typu SOLBET OPTIMAL o grubości 180 mm. Deklarowana przez producenta klasa gęstości elementów murowych to $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$, a średnia wytrzymałość na ściskanie $f_b = 4 \text{ MPa}$. Przeprowadzono własne badania materiałowe elementów murowych poddanych ściskaniu zgodnie z normą [7]. Uzyskano średnią wytrzymałość na ściskanie równą $4,53 \text{ N/mm}^2$ przy współczynniku zmienności 7,2%. Badanie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy przeprowadzono zgodnie z normą [8]. Badania laboratoryjne przeprowadzono na próbkach pobranych podczas wykonywania elementów badawczych. Otrzymano średnią wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu równą 2,96 MPa oraz średnią wytrzymałość na ściskanie równą 13,92 MPa przy współczynniku zmienności 5%. Badania przeprowadzono na modelach wykonanych z elementów murowych z ABK na zaprawie systemowej do spoin cienkowarstwowych, bez wypełniania spoin czołowych. Określona według normy PN-EN 1052-1:2000 [9] i przedstawiona w pracy [10] wytrzymałość na ściskanie muru wynosiła $f_c = 2,97 \text{ MPa}$, moduł sprężystości wynosił $E_m = 2040 \text{ MPa}$. Z kolei początkowa wytrzymałość na ścinanie wyznaczona według normy

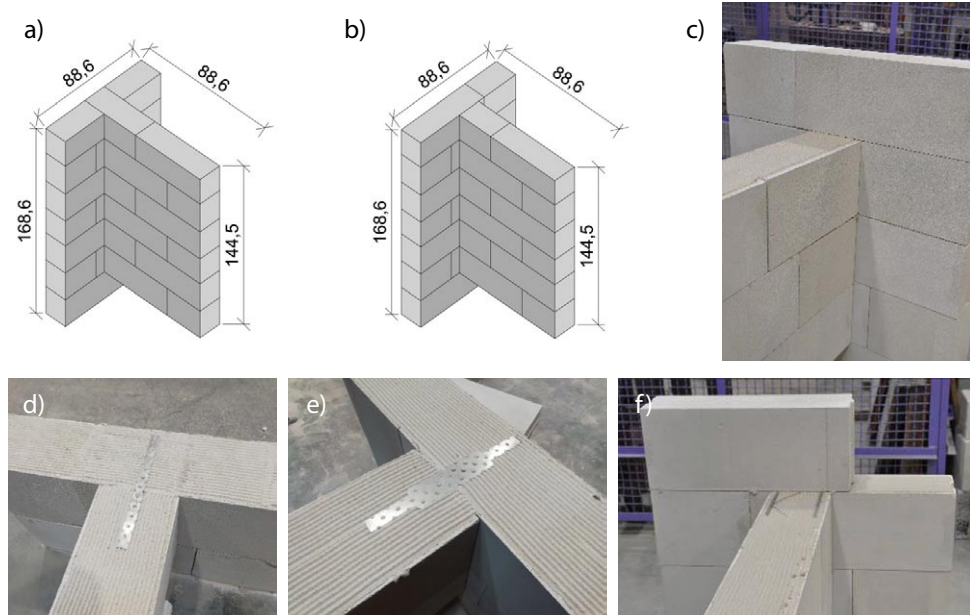
PN-EN 1052-3:2004 [11] była równa $f_{vo} = 0,31 \text{ MPa}$. Badaniom poddano również łączniki. Próbkę stali zbrojeniowej stalowych kratowniczek (typ bT) przebadano zgodnie z wymaganiami normy [12]. W przypadku pasów uzyskano granicę plastyczności równą $f_y = 685 \text{ MPa}$ oraz wytrzymałość na rozciąganie w wynoszącą $f_t = 716 \text{ MPa}$. Natomiast w przypadku krzyżulców granica plastyczności wynosiła $f_y = 821 \text{ MPa}$, a wytrzymałość na rozciąganie była równa $f_t = 856 \text{ MPa}$. Na podstawie badań płaskowników stalowych (typ bB10) według normy [12] otrzymano granicę plastyczności równą $f_y = 236 \text{ MPa}$ oraz wytrzymałość na rozciąganie wynoszącą $f_t = 408 \text{ MPa}$, a w przypadku łączników typu bBP10 granica plastyczności wynosiła $f_y = 207 \text{ MPa}$, a wytrzymałość na rozciąganie wynosiła $f_t = 345 \text{ MPa}$.

Taki wybór typów zbrojenia podyktowany był względami praktycznymi. Zbrojenie w postaci stalowych kratowniczek jest aktualnie jedynym legalnym w kraju i zalecanym przez normę [5] typem zbrojenia strukturalnego spoin wspornych. Natomiast elementy łączące w postaci płaskowników są zalecane do połączeń ścian szczelinowych, zgodnie z normą [6].

We wszystkich zbrojonych modelach zarówno kratowniczkę, jak i płaskowniki umieszczano w każdej spoinie wspornej w rozstawie (po wysokości) równym 243 mm.

Badania wykonano w autorskim stanowisku badawczym pokazanym na rysunku 2. Model badawczy składający się z dwóch połączonych ze sobą fragmentów ścian (oznaczenia: 1a, 1b) zaopatrzonych w elementy krępujące (3) ustawiono na płycie wielkich sił pod stalową ramą (8). Siłę wywołującą

Rys. 1. Geometria i szczegóły modeli badawczych: a) klasyczne przewiązanie murarskie (seria bP), b) mury ze stalowymi łącznikami (seria bB10, bBP10, bT), c) sposób połączenia w postaci klasycznego przewiązania (seria bP), d) sposób połączenia płaskownikiem otworowanym (seria bB10), e) sposób połączenia płaskownikiem otworowanym poszerzonym (seria bBP10), f) połączenie za pomocą stalowej kratowniczki (seria bT) [wymiały podano w cm]



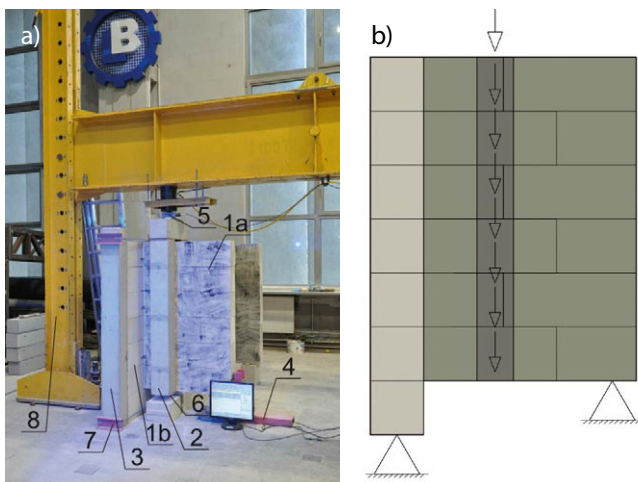
ścianę połączenia wywoływano hydraulicznym siłownikiem (5), a wartość jej rejestrowano przy użyciu elektrooporowego siłomierza. Odpowiedź konstrukcji rejestrowano za pomocą indukcyjnego przetwornika siły o zakresie 250 kN i dokładności wskazań $\pm 2,5$ kN. W celu stężenia elementu badawczego, w części 1b wprowadzono wstępne ścisnienie o wartości 0,1 MPa, wykorzystując żelbetowe elementy (3) oraz stalowe cięgna (7). Modele obciążano w jednym cyklu, aż do zniszczenia. Pionowe obciążenie generujące ścinanie ze zginaniem przekazywane było liniowo na całej wysokości muru przez elementy żelbetowe (2), uzyskując równomierność naprężeń w połączeniu. Siłownik generujący obciążenie zlokalizowany był 28 cm od styku ścian. Schemat

statyczny stanowiska badawczego zamieszczono na rysunku 2b. W trakcie badań dokonywano ciągłej rejestracji obciążenia oraz przemieszczeń ściany obciążonej względem ściany nieobciążonej. Rejestracja zmian odbywała się za pomocą dwóch niezależnych systemów. Jedną ze stron modelu badawczego była monitorowana przy użyciu optycznego rejestratora przemieszczeń Aramis (rys. 2c). Drugą stroną była monitorowana przy użyciu trzech indukcyjnych przetworników przemieszczeń typu PJX-10 o zakresie 10 mm i dokładności wskazań $\pm 0,002$ mm.

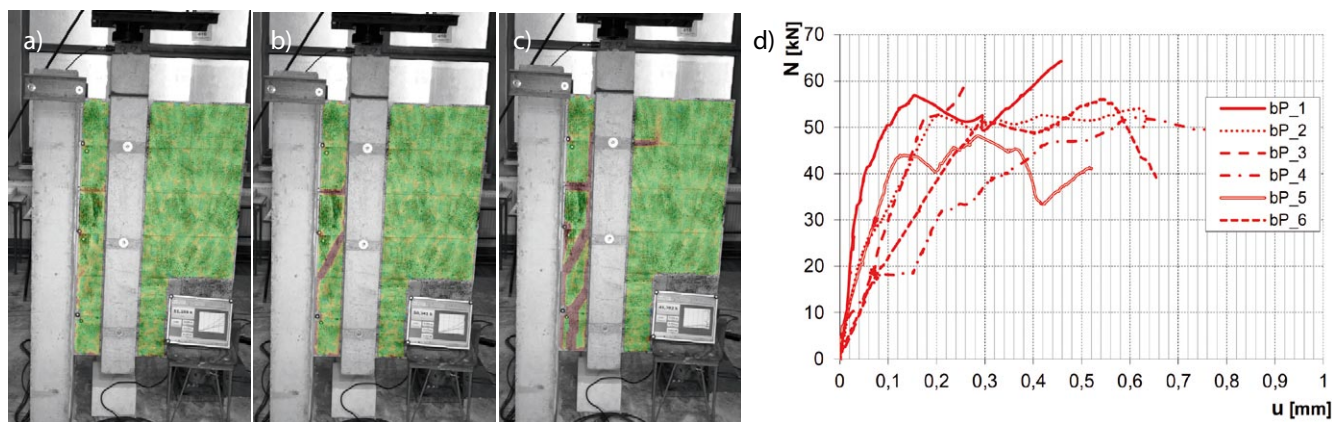
3. Wyniki badań

3.1. Seria bP – klasyczne przewiązanie murarskie

Zachowanie się wszystkich elementów referencyjnych było podobne. W początkowej fazie obciążenia nie były słyszalne żadne trzaski i nie były widoczne zarysowania. Obserwowano (dzięki optycznemu pomiarowi przemieszczeń) jedynie odspojenie warstw muru w spoinach wspornych w sąsiedztwie połączenia (rys. 3a). Faza ta trwała do chwili pojawienia się pierwszych ukośnych rys biegnących od połączenia do słupa transferującego obciążenie (rys. 3b). Kolejny wzrost obciążenia spowodował wyraźny rozwój istniejących rys – rysunek 3c. W tej fazie pracy zarejestrowano największą siłę. Dalsze obciążenie spowodowało wyraźny wzrost wzajemnych przemieszczeń. Po zniszczeniu stanowisko i model badawczy rozebrano. Stwierdzono liczne zarysowanie w płaszczyźnie słupa transferującego obciążenie. Zachowanie się połączenia w trakcie obciążenia znalazło odzwierciedlenie w wykresach zależności obciążenie N – względne (wzajemne) przemieszczenie u łączonych ścian – rysunek 3d. Do chwili zarysowania ukośnego, które wystąpiło przy obciążeniu rzędu $N_{cr} = 31\text{--}56$ kN przemieszczenia u narastały niemal wprost proporcjonalnie. Po zarysowaniu połączenie wykazywało w dalszym ciągu zdolność do przejmowania



Rys. 2. Widok i szczegóły stanowiska badawczego a) 1a – ściana podłużna (obciążona), 1b – ściana poprzeczna (nieobciążona), 2 – słup żelbetowy przenoszący obciążenie, 3 – słupy żelbetowe ograniczające odkształcenia poziome, 4 – podpora pozioma, 5 – układ siłownika hydraulicznego oraz siłomierz, 6 – siłomierz, reakcja pionowa, 7 – ściąg poziomy, 8 – rama stalowa, b) szkic schematu statycznego



Rys. 3. Wyniki badań murów referencyjnych: a) pierwsze zarysowania w spoinie spornej (bP_3), b) pierwsze zarysowania ukośne (bP_3), c) rozwój zarysowań w końcowej fazie badania (bP_3), d) zależność N - u

obciążenia, przy jednoczesnym wzroście przemieszczeń. Faza ta zakończyła się przy maksymalnych siłach rzędu $N_u = 48$ – 64 kN. Dalsze próby obciążenia spowodowały wyraźny spadek wartości sił rejestrowanych przez siłomierz, którym towarzyszył wzrost względnych przemieszczeń. Wartości sił i odpowiadających im przemieszczeń wszystkich serii zestawiono zbiorczo w tabeli 2.

3.2. Seria bB10 – połączenie za pośrednictwem płaskownika otworowanego

W modelach zbrojonych za pomocą stalowych płaskowników otworowanych nie zaobserwowano ukośnych zarysowań, które występowały w modelach niezbrojonych. Przy obciążeniach około 40% siły niszczącej widoczne było rozwarstwienie w spoinach wspornych. Wzrost obciążeń powodował pojawianie się zarysowań w pionowych spoinach niewypełnionych, a dalsze obciążenie modelu powodowało zwiększanie już istniejących rys – rysunek 4a). Ściana podłużna przesunęła się względem ściany poprzecznej o około 15 mm (rys. 4b). Zniszczenie nastąpiło w wyniku uplastycznienia stalowych łączników oraz zniszczenia ściany podłużnej (obciążonej). Graficzną interpretację zachowania się połączenia zbrojonego blaszką perforowaną poddanego obciążeniu zginającemu zamieszczono poniżej (rys. 4c). Niemalże od początku działania obciążenia widoczna jest paraboliczna krzywa zależności N - u . Po przekroczeniu

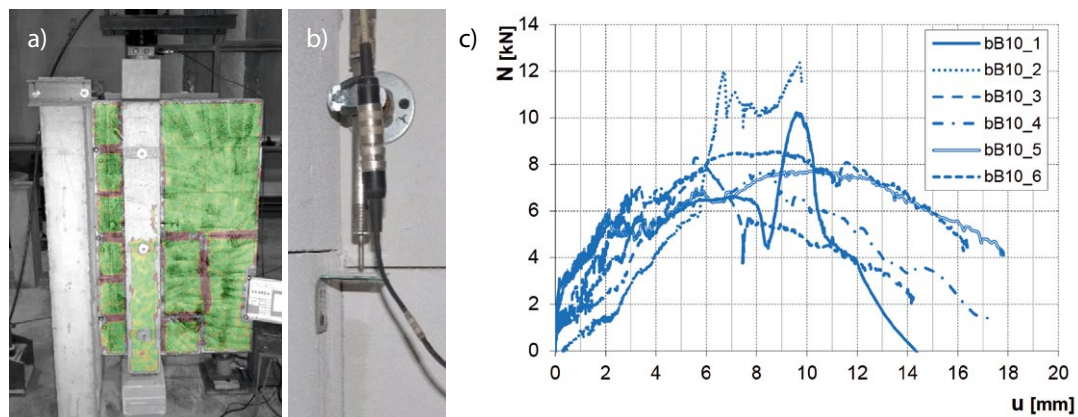
siły (7–12 kN) powodującej uplastycznienie blaszki doszło do nagłego wzrostu przemieszczeń i zniszczenia modelu badawczego.

3.3. Seria bPB10 – połączenie za pośrednictwem poszerzonego płaskownika otworowanego

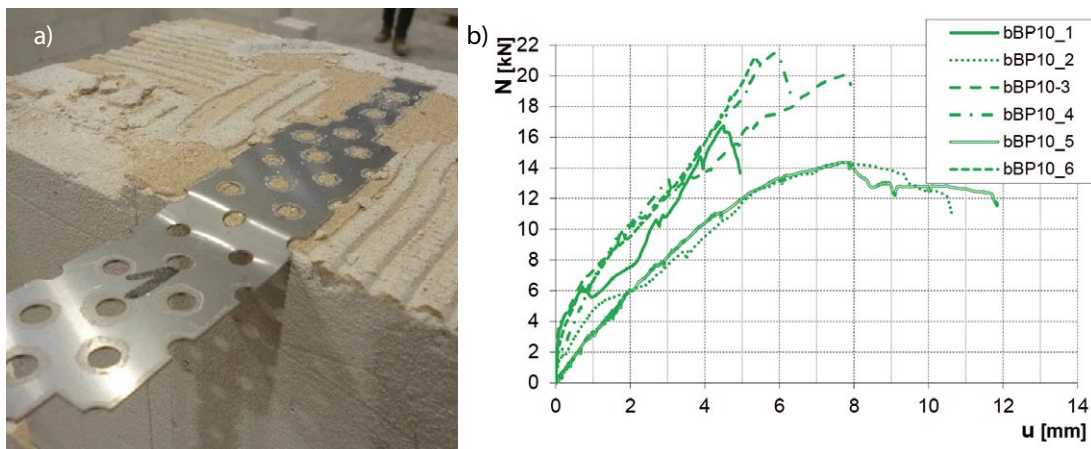
Pierwsze zarysowania murów zbrojonych płaskownikami poszerzonymi (seria bBP10) zaobserwowano jako rozwarstwienie spoin wspornych (przy sile $N_{cr} = 5$ – 10 kN). Dalsze obciążanie modelu powodowało separację elementów drobnowymiarowych w pionowych spoinach niewypełnionych, a także powstanie ukośnych zarysowań biegnących od słupa transformującego obciążenie. Po badaniu model i stanowisko badawcze zostało rozebrane. Zaobserwowano uplastycznienie się łącznika na styku połączenia (rys. 5a), a także odspojenie pojedynczych elementów drobnowymiarowych. Za sprawą otworów w płaskowniku nie doszło do poślizgu łącznika w zaprawie spoin wspornych. Zaprawa przenikająca przez otwory nie została ścięta, a zadziałała jak dybel eliminując przesuw.

Zależność całkowita siła – średnie, względne przemieszczenie styku (rys. 5b) obrazuje, że do momentu uplastycznienia się łącznika połączenie pracuje niemalże sprężysto. Po przekroczeniu obciążenia maksymalnego ($N_{max} = 14$ – 21 kN) element badawczy był w stanie przenosić mniejsze obciążenie, ale przy znacznym przyroście przemieszczeń.

Rys. 4. Wyniki badań murów serii bB10: a) obraz zarysowania modelu bB10_1, b) przemieszczenie ściany obciążonej względem ściany nieobciążonej (bB10_3), c) zależność N - u



Rys. 5. Wyniki badań murów serii bBP10: a) widok łącznika po badaniu, b) zależność N - u



3.4. Seria bT – połączenie za pośrednictwem stalowej kratowniczki

Mury, w których połączenie ukształtowano przy użyciu kratowniczki w początkowej fazie badania charakteryzowało się sprężystą pracą. Po przekroczeniu siły rysującej ($N_{cr} = 8-20$ kN) i pojawieniu się silnych zarysowań (w spoinach spornych i na elementach drobnowymiarowych – rys. 6a) połączenie nadal było w stanie przenosić obciążenia, ale już niewielki wzrost siły zginającej powodował duży wzrost przemieszczeń pomiędzy ścianami. Graficzną interpretację zachowania się połączenia zbrojonego kratowniczkami poddanego obciążeniu zamieszczono na rysunku 6b.

4. Analiza i porównanie otrzymanych wyników

Rezultaty badań wszystkich zbadanych serii zbiorczo zestawiono w tabeli 2. W tabeli poza wartościami liczbowymi uzyskanymi z badań (charakterystycznymi wartościami sił i odpowiadającymi im przemieszczeń) w ostatniej kolumnie zamieszczono porównanie średniej wartości siły maksymalnej danej serii ze średnią wartością maksymalną murów referencyjnych.

Ściany połączone płaskownikiem otworowanym (seria bP10) wykazały się najmniejszą nośnością. Siła potrzebna do zniszczenia takiego połączenia stanowi zaledwie 16% siły

potrzebnej do zniszczenia klasycznego przewiązania murarskiego. Około 32% wartości siły niszczącej modelu referencyjnego potrzeba, aby zniszczyć połączenie za pośrednictwem płaskownika otworowanego poszerzonego (seria bBP10). Wartość ta wzrasta do 42% w przypadku połączenia przy użyciu kratowniczek stalowych (seria bT).

Mury z klasycznym przewiązaniem murarskim przy maksymalnej wartości siły wykazały przemieszczenia zdecydowanie mniejsze w porównaniu z murami zbrojonymi (była to wartość 15 razy mniejsza w porównaniu z murami serii bBP10 i 38 razy mniejsza w porównaniu z murami serii bT).

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania były pierwszymi tego typu badaniami w Polsce i jednymi z nielicznych na świecie. Proces zniszczenia i rozwój zarysowań w murze połączonym przewiązaniem klasycznym przebiegał etapowo i dość łagodnie. Przed zniszczeniem pojawiły się wyraźne zarysowania muru w obrębie połączenia i przy słupie transferującym obciążenie. Proces zarysowania i zniszczenia modeli ze stalowymi elementami był zupełnie inny. Wystąpiły zarysowania w poziomie spoin wspornych, a w końcowej fazie badania obserwowano gwałtowny wzrost przemieszczeń przy niewielkich wzrostach obciążeń. Przy zastosowaniu

Rys. 6. Wyniki badań murów serii bT: a) rozwarstwienie w spoinie wspornej (bT_5), b) zależność siła obciążająca – pionowe wzajemne przemieszczenie N - u

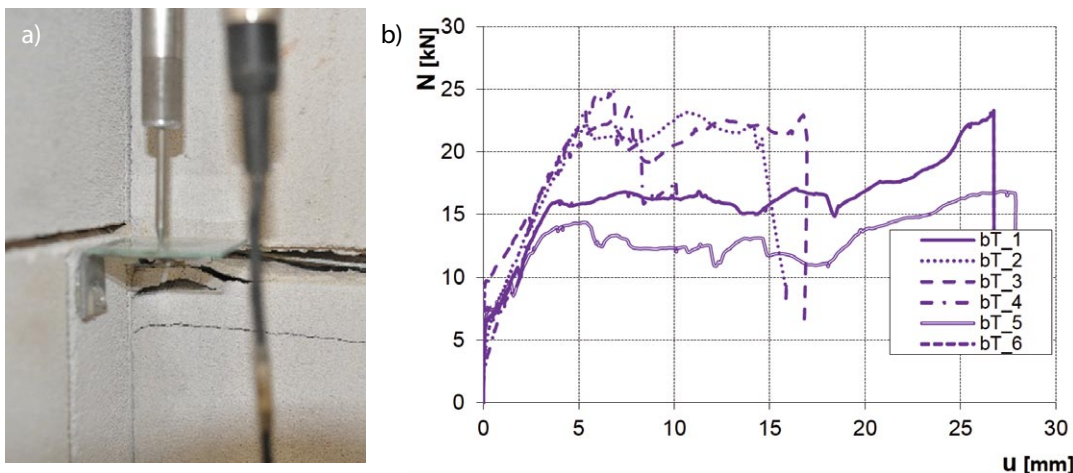


Tabela 2. Wyniki badań – siły i przemieszczenia

| Nazwa elementu badawczego | Siła rysująca | | Siła maksymalna | | Przemieszczenie przy zarysowaniu | | Przemieszczenie przy sile maksymalnej | | Porównanie $N_{max,mv}^{(i)}/N_{max,mv}^{(bP)}$ |
|---------------------------|---------------|-------------|-----------------|--------------|----------------------------------|-------------|---------------------------------------|--------------|--|
| | N_{cr} | $N_{cr,mv}$ | N_{max} | $N_{max,mv}$ | u_{cr} | $u_{cr,mv}$ | u_{max} | $u_{max,mv}$ | |
| | kN | kN | kN | kN | mm | mm | mm | mm | |
| bP_1 | 56,5 | 47,1 | 64,2 | 55,6 | 0,15 | 0,18 | 0,45 | 0,46 | - |
| bP_2 | 49,6 | | 53,9 | | 0,16 | | 0,62 | | |
| bP_3 | 51,6 | | 59,2 | | 0,17 | | 0,25 | | |
| bP_4 | 30,8 | | 52,1 | | 0,20 | | 0,61 | | |
| bP_5 | 43,8 | | 48,3 | | 0,13 | | 0,27 | | |
| bP_6 | 50,3 | | 55,9 | | 0,28 | | 0,54 | | |
| bB10_1 | 5,4 | 6,4 | 9,9 | 9,0 | 2,10 | 3,77 | 9,90 | 9,00 | 0,16 |
| bB10_2 | 5,7 | | 12,3 | | 5,40 | | 9,70 | | |
| bB10_3 | 8,3 | | 8,3 | | 5,60 | | 5,60 | | |
| bB10_4 | 7,0 | | 7,3 | | 4,20 | | 8,70 | | |
| bB10_5 | 5,5 | | 7,7 | | 2,10 | | 10,30 | | |
| bB10_6 | 6,5 | | 8,2 | | 3,20 | | 9,80 | | |
| bBP10_1 | 5,6 | 7,9 | 16,4 | 17,8 | 1,10 | 1,88 | 4,50 | 6,62 | 0,32 |
| bBP10_2 | 5,3 | | 14,2 | | 1,30 | | 8,30 | | |
| bBP10_3 | 9,9 | | 19,0 | | 1,90 | | 7,90 | | |
| bBP10_4 | 9,7 | | 21,5 | | 1,70 | | 5,80 | | |
| bBP10_5 | 10,8 | | 14,4 | | 4,40 | | 7,90 | | |
| bBP10_6 | 6,1 | | 21,2 | | 0,90 | | 5,30 | | |
| bT_1 | 15,8 | 13,9 | 22,3 | 23,5 | 4,30 | 3,10 | 26,70 | 17,55 | 0,42 |
| bT_2 | 18,7 | | 22,8 | | 4,10 | | 11,40 | | |
| bT_3 | 20,2 | | 22,1 | | 4,70 | | 16,90 | | |
| bT_4 | 10,3 | | 23,6 | | 2,00 | | 7,60 | | |
| bT_5 | 8,5 | | 27,9 | | 1,60 | | 16,00 | | |
| bT_6 | 10,1 | | 22,2 | | 1,90 | | 26,70 | | |

stalowych łączników w postaci perforowanych płaskownikó w otrzymano zdecydowanie mniejsze wartości sił niż w połączeniach z klasycznym wiązaniem murarskim. W chwili zarysowania wartość sił stanowiła 13% (bB10)–29% (bT) siły uzyskanej przy badaniach murów referencyjnych, a przy maksymalnej sile stosunek ten wynosił 16% (bB10)–42% (bT). Modele zbrojone charakteryzowały się zdecydowanie większymi przemieszczeniami. W chwili zarysowania zaobserwowano przemieszczenie 20-krotnie większe (bB10), a w chwili zniszczenia 38-krotnie większe (bT) w porównaniu z wynikami otrzymanymi z badań murów referencyjnych.

Reasumując wykonane badania stwierdzono, że:

- nośność połączeń klasycznych jest kilkakrotnie większa niż połączeń zbrojonych;
- łączniki w początkowej fazie pracowały jak sztywnie utwierdzone pręty (widoczne trwałe deformacje łączników), a później jak ciągną;
- zniszczenie połączeń za pośrednictwem łączników miało charakter gwałtowny;
- nie występowało zerwanie metalowych łączników.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Galman I., Jasiński R., Joints in masonry walls, 6th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, September 3–4/2018, University Postam
- [2] Jasiński R., Galman I., Testing joints between walls made of AAC masonry units, Buildings tom 10, 4/2020, art. no. 69 str. 1–24, bibliogr. 21 poz., p-ISSN: 2075-5309
- [3] Trzeźniewski S., Jasiński R., Galman I., Łącznik do zespalania ścian, nr zgłoszenia 128153
- [4] Katalog Techniczny produktów firmy Bekaert, Dystrybucja w Polsce – firma Habe
- [5] PN-EN 845-3+A1:2016-10: Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów, Część 3: Stalowe zbrojenie do spoin wspornych
- [6] PN-EN 845-1:2003: Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów, Część 1: Kotwy, listwy kotwiące, wieszaki i wsporniki
- [7] PN-EN 772-1:2011E: Metody badań elementów murowych. Część 1 Określenie wytrzymałości na ściskanie
- [8] PN-EN 1015-11:2001/A1: Metody badań zapraw do murów. Część 11: Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy
- [9] PN-EN 1052-1:2000: Methods of tests for masonry. Part 1: Determination of Compression Strength (In Polish)
- [10] Jasiński R., Drobiec Ł., Comparison Research of Bed Joints Construction and Bed Joints Reinforcement on Shear Parameters of AAC Masonry Walls, Journal of Civil Engineering and Architecture, tom 10, 12/2016, str. 1329–1343
- [11] PN-EN 1052-3:2004: Methods of tests for masonry. Part 3: Determination of Initial Shear Strength (In Polish)
- [12] PN-EN 10002-1:2004: Metale. Próba rozciągania. Część 1: Metoda badania w temperaturze otoczenia