

dr inż. Iwona Galman¹⁾

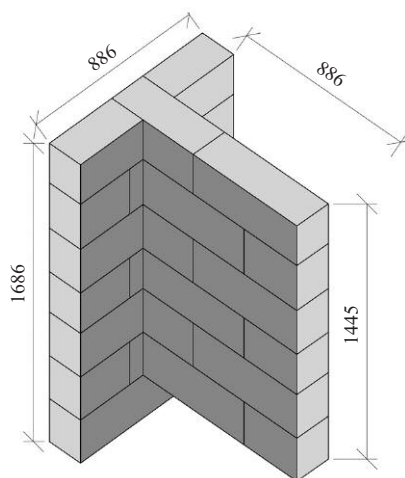
Wpływ sposobu obciążenia na nośność i morfologię uszkodzeń połączeń ścian wykonanych z ABK

W poprzednich artykułach opublikowanych na łamach miesięcznika „Materiały Budowlane” [1, 2] przedstawiono podstawy teoretyczne, zaprezentowano wyniki badań własnych, a także podjęto próbę opisu zachowania się połączeń klasycznych oraz zbrojonych z autoklawizowanego betonu komórkowego poddanych ścinaniu. Ze względu na złożoną pracę konstrukcji, połączenia poddane są nie tylko czystemu ścinaniu, ale także zginaniu i ściskaniu, dlatego też w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej prowadzone są kompleksowe badania połączeń ścian w różnych schematach obciążenia, z użyciem różnych typów łączników. W artykule zostaną przedstawione wyniki badania połączeń ścian klasycznych ścinanych oraz poddanych ścinaniu ze zginaniem. Porównam zachowanie się, nośność oraz morfologię uszkodzenia i zniszczenia ścian.

Program i technika badań

Badania przeprowadzono na modelach wykonanych z elementów murowych z ABK na zaprawie systemowej do spoin cienkowarstwowych, bez wypełniania spoin czołowych. Charakterystykę użytego materiału, wyniki badań materiałowych oraz towarzyszących szczegółowo opisano w [3, 4]. Wykonano i zbadano dwie serie. Każda składała się z sześciu elementów o identycznym kształcie i wymiarach. Modele były monosymetryczne w kształcie litery T, w których średnik oraz półka miały po ~89 cm długości (rysunek 1). Pomiedzy ścianą obciążoną a nieobciążoną wykształtowano klasyczne połączenie murarskie (fotografia 1).

¹⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa; iwona.galman@polsl.pl

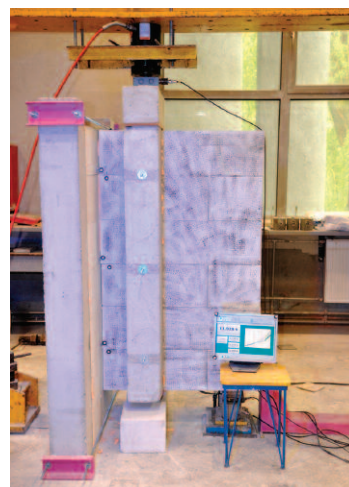


Rys. 1. Geometria i szczegóły modelu badawczego



Fot. 1. Klasyczne połączenie murarskie

Badania przeprowadzono w autorskim stanowisku badawczym pokazanym na fotografii 2. Modele obciążano w jednym cyklu, aż do zniszczenia. Pionowe obciążenie przekazywane było liniowo na całej wysokości muru przez elementy żelbetowe, uzyskując równomierność naprężeń w połączeniu. Różnica pomiędzy seriami polegała na zmianie lokalizacji obciążenia względem połączenia. Siłownik



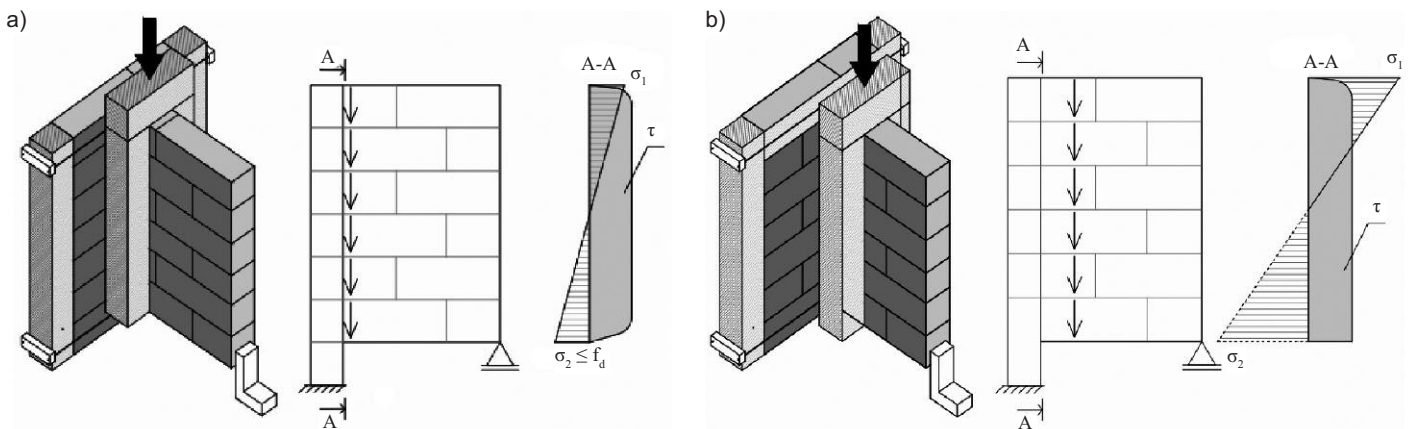
Fot. 2. Autorskie stanowisko badawcze

generujący obciążenie murów czystego ścinania był usytuowany w bezpośrednim sąsiedztwie styku ścian (seria P). Natomiast w przypadku połączenia poddanego ścinaniu ze zginaniem (seria bP) odległość ta wynosiła 28 cm.

Lokalizacja i umiejscowienie siły działającej na połączenia mają bardzo duży wpływ na rozkład i przebieg naprężeń występujących w łączonych ścianach. W przypadku obciążeń działających w bezpośrednim sąsiedztwie połączenia można mówić o czystym ścinaniu, ewentualnie o ścinaniu ze szczątkowym wpływem zginania. Sytuacja ulega zmianie, gdy siła działa na połączenie mimośrodowo. W takim przypadku przekrój poza ścinaniem jest też zginany. Schemat sposobu obciążenia i jego wpływ na przebieg rozkładu naprężeń normalnych i stycznych schematycznie przedstawiono na rysunku 2.

Wyniki badań

Zachowanie się wszystkich badanych elementów poddanych ścinaniu (seria P) było podobne. W początkowej fazie obciążenia nie występowały żadne słyszalne trzaski i nie były wi-



Rys. 2. Schemat badania oraz rozkład naprężeń normalnych i stycznych: a) przy ścinaniu (seria P); b) przy ścinaniu ze zginaniem (seria bP)

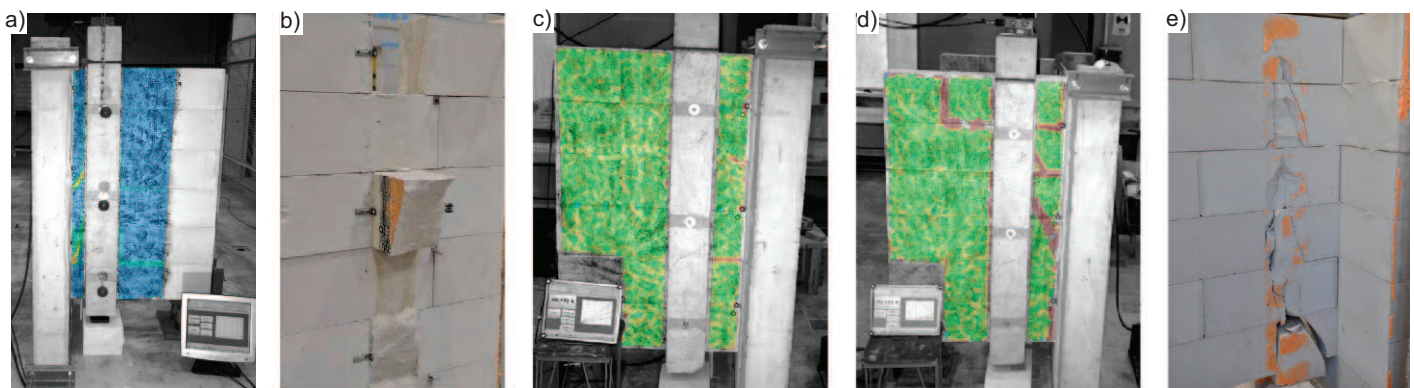
doczne zarysowania. Obserwowano (dzięki optycznemu pomiarowi przemieszczeń) jedynie odspojenie warstw muru w spoinach wspornych w sąsiedztwie połączenia. Faza ta trwała do chwili pojawienia się pierwszych ukośnych rys biegnących od połączenia do słupa transferującego obciążenie. Kolejny wzrost obciążenia spowodował szybki rozwój już istniejących rys (fotografia 3). W wyniku dalszego obciążania nastąpił wyraźny wzrost wzajemnych przemieszczeń i obrót połączonych ze sobą ścian. Po zniszczeniu połączenie rozebrano (fotografia 3b). Stwierdzono niemal pionowe ścięcia elementów tworzących wiązanie. Na pozostałych elementach nie zaobserwowano wyraźnych uszkodzeń.

Początkowy przebieg badania murów serii **bP** był identyczny jak serii **P** – brak trzasków, widoczne odspojenie się warstw muru w spoinach wspornych (fotografia 3c). Wraz ze wzrostem wartości obciążenia zaobserwowano jednak silny rozwój zarysowań całej ściany ob-

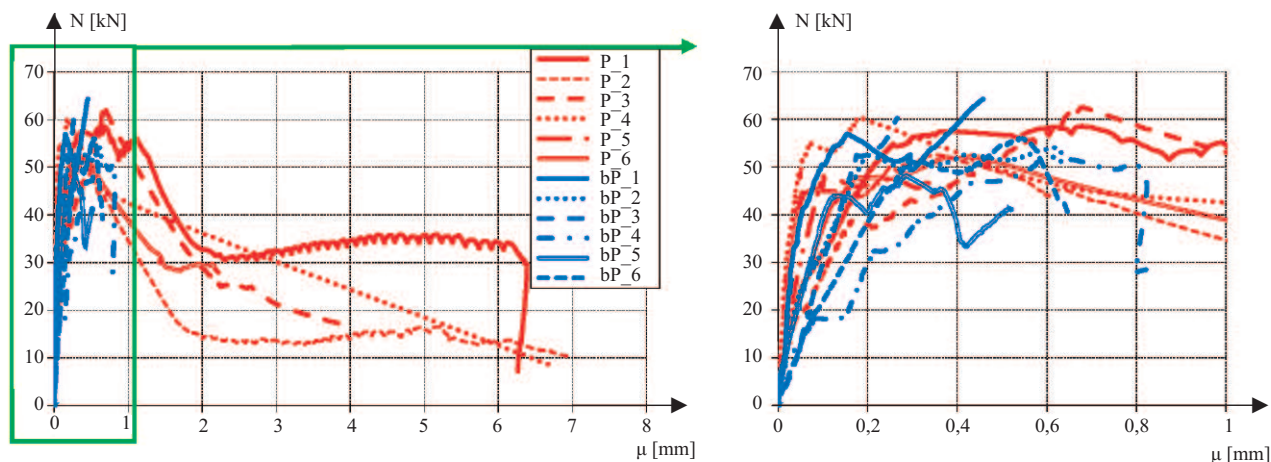
ciążonej (fotografia 3d). Zarysowania ukośne zlokalizowane były pomiędzy połączeniem a słupem transferującym obciążenie (tak jak w przypadku murów czysto ścinanych), a także na pozostałych fragmentach ściany. Po badaniu stanowisko badawcze rozebrano. Zaobserwowano znaczne uszkodzenia muru w płaszczyźnie słupa transferującego obciążenie (fotografia 3e). Nie zaobserwowano ścięcia elementów murowych przy połączeniu.

Mechanizm zarysowania murów widoczny jest także na wykresach zależności obciążenie N – względne (wzajemne) przemieszczenie u łączonych ścian (rysunek 3). W analizowanych seriach modeli badawczych widoczna jest faza sprężysta, w której przemieszczenia u narastały niemal proporcjonalnie do chwili pierwszego zarysowania styku. Obciążenie rysujące modeli poddanych czystemu ścinaniu wynosiło $N_{cr} = 27,3 \div 54,1$ kN, natomiast modeli ścinanych ze zginaniem $N_{cr} = 30,8 \div 56,5$ kN. Po zarysowaniu w fazie post-sprężystej

zaobserwowano zmniejszenie sztywności, ale połączenia wykazywały w dalszym ciągu zdolność do przyjmowania obciążenia. Faza ta zakończyła się przy maksymalnych siłach $N_u = 38,6 \div 59,8$ kN oraz $N_u = 48,3 \div 64,2$ kN odpowiednio w przypadku serii **P** i **bP**. Dalsze próby obciążenia w fazie zniszczenia spowodowały wyraźny spadek wartości sił rejestrowanych przez siłomierz, którym towarzyszył wzrost względnych przemieszczeń (znaczny wzrost w serii **P**). Siły nie zmniejszyły się do zera, a połączenie zdolne było przejąć pewne obciążenie. W końcowej fazie zaobserwowano zwiększenie rejestrowanej siły. Ostatnie, nazwane umownie siłami rezydualnymi, poprzedzały zniszczenie, które związane było z całkowitym odspojeniem się łączonych elementów i wzajemnym obrotem. Wartość przemieszczeń przy sile rezydualnej murów czysto ścinanych była prawie dziesięciokrotnie większa w porównaniu z przemieszczeniami murów ścinanych ze zginaniem.



Fot. 3. Zniszczenie modeli: a) pierwsza rysa modelu ścinanego (P_2); b) widok połączenia ścinanego po zniszczeniu (P_3); c) pierwsza rysa muru ścinanego ze zginaniem (bP_6); d) rozwój zarysowań muru ścinanego ze zginaniem (bP_1); e) widok modelu badawczego po badaniu (bP_1)



Rys. 3. Zależność pomiędzy obciążeniem a względnym przemieszczeniem łączonych ścian

Porównanie otrzymanych wyników

Wyniki badań wszystkich modeli zestawiono w tabeli. Poza wartościami liczbowymi uzyskanymi z badań (charakterystycznymi wartościami sił i przemieszczeń) zamieszczono porównanie średnich wartości sił uzyskanych w różnych schematach obciążenia.

Siły, przy których wystąpiło pierwsze zarysowanie murów poddanych ścinaniu ze zginaniem, były o 20% większe w porównaniu z siłami uzyskanymi w testach czystego ścinania. Nośność połączeń modeli serii **bP** okazała się o 10% większa w porównaniu z nośno-

ścią murów serii **P**. Wartość przemieszczenia w chwili pojawienia się pierwszej rysy murów czysto ścinanych była dwukrotnie mniejsza w porównaniu z modelami ścinanymi ze zginaniem. Odwrotne proporcje występują przy porównaniu przemieszczeń tuż przed zniszczeniem. W tym przypadku mury serii **P** wykazały przemieszczenia rezydualne zdecydowanie większe w porównaniu z murami serii **bP** (4,72 do 0,55 mm).

Podsumowanie

Zaprezentowane badania stanowią fragment badań prowadzonych w Laboratorium Wydziału Budownictwa

Politechniki Śląskiej, dotyczących połączeń ścian wykonywanych z autoklawizowanego betonu komórkowego. Zaprezentowano wyniki badań połączenia ścian w postaci klasycznego przewiązania murarskiego w dwóch schematach obciążenia, a także różnice wartości sił rysujących i niszczących w zależności od sposobu obciążenia. Pokazano też obrazy zarysowań oraz sposoby zniszczenia badanych serii i udowodniono, że lokalizacja obciążenia względem połączenia ma wpływ na nośność połączenia, a także obraz jego zniszczenia.

Wyniki badań siły i przemieszczenia

Nazwa badane-go elementu	Siła rysująca [kN]		Siła niszcząca [kN]		Przemieszczenie przy zarysowaniu [mm]		Przemieszczenie rezydualne [mm]		$\frac{N_{cr}(bP)}{N_{cr}(P)}$	$\frac{N_u(bP)}{N_u(P)}$
	N_{cr}	$N_{cr,mv}$	N_u	$N_{u,mv}$	u_{cr}	$u_{cr,mv}$	u_r	$u_{r,mv}$		
P_1	27,3		56,3		0,07		6,36		1,20	1,10
P_2	42,6		50,0		0,12		6,97			
P_3	31,2	39,3	38,6	50,7	0,12	0,09	5,64	4,72		
P_4	54,1		59,8		0,07		6,72			
P_5	35,1		48,1		0,06		0,40			
P_6	45,5		51,6		0,08		2,20			
bP_1	56,5		64,2		0,15		0,45			
bP_2	49,6		53,9		0,16		0,63			
bP_3	51,6	47,1	59,2	55,6	0,17	0,18	0,26	0,55		
bP_4	30,8		52,1		0,20		0,82			
bP_5	43,8		48,3		0,13		0,51			
bP_6	50,3		55,9		0,28		0,65			

Literatura

- [1] Galman I, Jasiński R. Wytrzymałość niezbrojonych połączeń ścian z ABK Materiały Budowlane. 2019; DOI: 10.15199/33.2019.03.13.
- [2] Jasiński R, Galman I. Propozycja analitycznego opisu faz pracy niezbrojonego połączenia ścian murowych wykonanych z AAC. Materiały Budowlane. 2020; DOI: 10.15199/33.2020.05.
- [3] Jasiński R, Galman I. Testing joints between walls made of AAC masonry units. Buildings 2020 vol. 10 iss. 4, art. no. 69 s. 1-24, bibliogr. 21 poz. DOI: 10.3390/buildings10040069, p-ISSN: 2075-5309.
- [4] Galman I. Nośność i morfologia uszkodzeń połączeń ścian wykonanych z ABK poddanych ścinaniu ze zginaniem. Przegląd Budowlany. 2024; DOI:10.5604/01.3001.0054.3608.

Dziękuję firmie Solbet Sp. z o.o. za cenne merytoryczne wskazówki oraz dostarczenie elementów murowych i zaprawy wykorzystanych do wykonania badanych modeli i przeprowadzenia badań.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

