

dr inż. Iwona Galman¹⁾

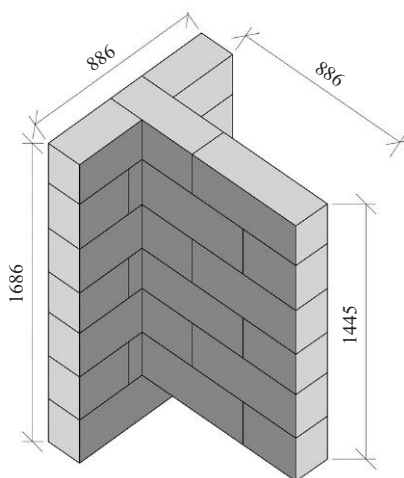
Wpływ sposobu obciążenia na nośność i morfologię uszkodzeń połączeń ścian wykonanych z ABK

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

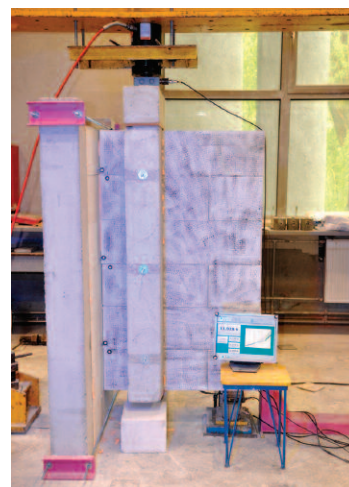


Rys. 1. Geometria i szczegóły modelu badawczego



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



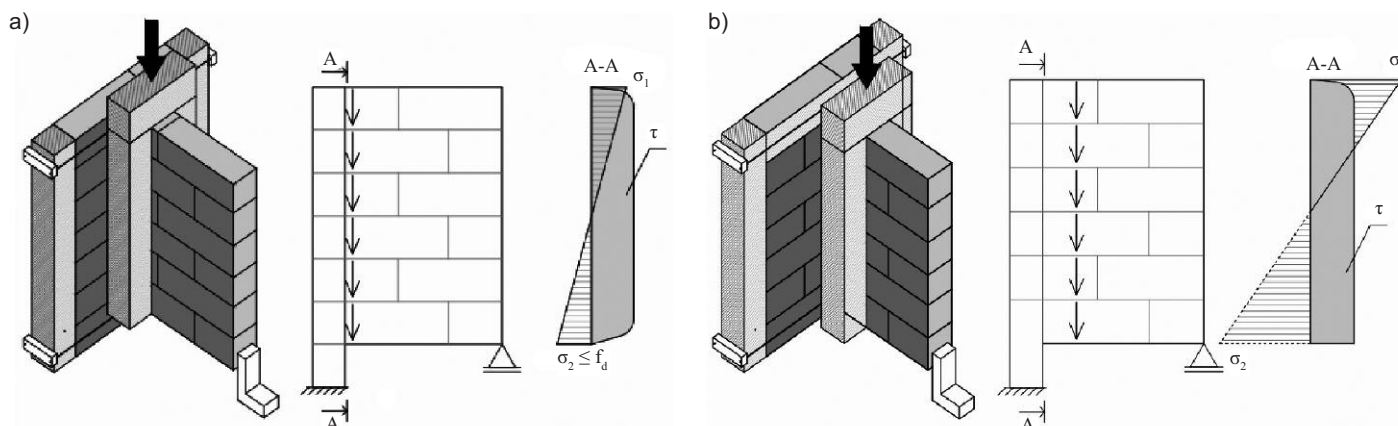
Fot. 2. Autorskie stanowisko badawcze

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)

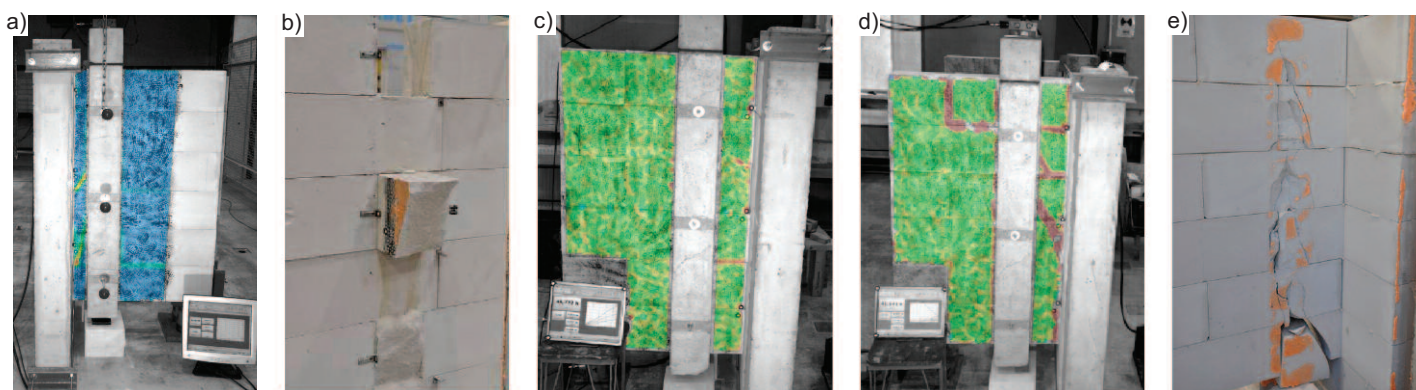
doczne zarysowania. Obserwowano (dzięki optycznemu pomiarowi przemieszczeń) jedynie odspojenie warstw muru w spoinach wspornych w sąsiedztwie połączenia. Faza ta trwała do chwili pojawienia się pierwszych ukośnych rys biegnących od połączenia do słupa transferującego obciążenie. Kolejny wzrost obciążenia 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 ścięcie 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-

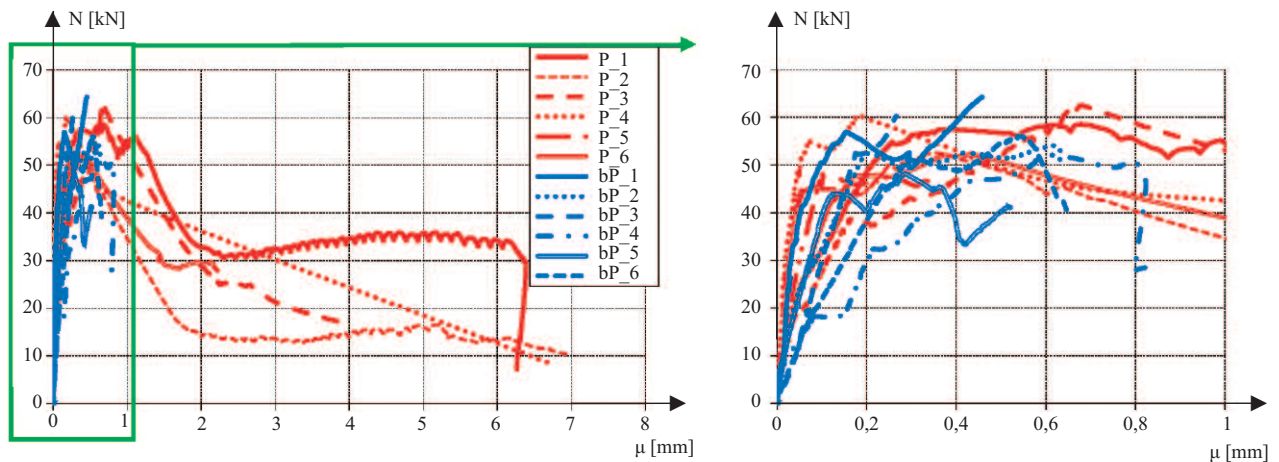
ciążonej (fotografia 3d). Zarysowania ukośne zlokalizowane były pomiędzy połączeniem a słupem transferującym obciążenie (tak jak w przypadku murów czysto ścinanych), a także na pozostałych fragmentach ściany. Po badaniu stanowisko badawcze rozebrano. Zaobserwowano znaczne uszkodzenia muru w płaszczyźnie 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 przejść 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 badanego 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