

dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PS¹⁾
 ORCID: 0000-0003-4015-4971
 mgr inż. Tomasz Gąsiorowski¹⁾

Zarysowanie i zniszczenie ścian skrępowanych ścinanych poziomo

Cracking and ultimate shear stresses of confined masonry walls sheared horizontally

DOI: 10.15199/33.2019.05.06

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki naprężeń rysujących i niszczących sześciu ścian skrępowanych ścinanych poziomo wykonanych z elementów murowych z ABK. Wymiary zewnętrzne ścian wynosiły: grubość $t = 0,18$ m; długość $l = 4,43$ m; wysokość $h = 2,49$ m. Ściany badano przy wstępnych naprężeniach ściskających $\sigma_c = 0,1; 0,75$ i $1,0$ N/mm². Analizowano wartości naprężeń rysujących i niszczących w odniesieniu do wyników badań ścian niezbrojonych, zbrojonych stalowymi kratowniczkami i siatkami z tworzywa sztucznego.

Słowa kluczowe: ABK; ściany usztywniające; ściany skrępowane; naprężenia rysujące; naprężenia niszczące.

Abstract. The paper presents the results of cracking and ultimate shear stresses of 6 confined walls made of AAC masonry units. The external dimensions of the walls were: thickness $t = 0.18$ m; length $l = 4.43$ m; height $h = 2.49$ m. The walls were tested at initial compressive stresses equal to $\sigma_c = 0.1; 0.75$ and 1.0 N/mm². The values of cracking and ultimate shear stresses were analyzed in relation to the results of tests of unreinforced walls, walls reinforced with steel trusses and plastic grid.

Keywords: AAC; shear walls; confined walls; cracking shear stress; ultimate shear stress.

W publikacji [1] omówiono konstrukcję modeli i przedstawiono podstawowe wyniki badań ścian skrępowanych ścinanych poziomo (fotografia). Scharakteryzowano morfologię zarysowań i mechanizm zniszczenia. W tym artykule zostanie porównana efektywność dwóch typów zbrojenia oraz skrępowania na wartości naprężeń rysujących, niszczących ścian ścinanych wykonanych z ABK.

Do opisu odkształceń ściany poddanej poziomemu ścinaniu stosowano globalny kąt odkształcenia postaciowego



Widok modelu ściany skrępowanej w stanowisku badawczym

Overall view of the confined wall in the test stand

¹⁾ Politechnika Śląska; Wydział Budownictwa

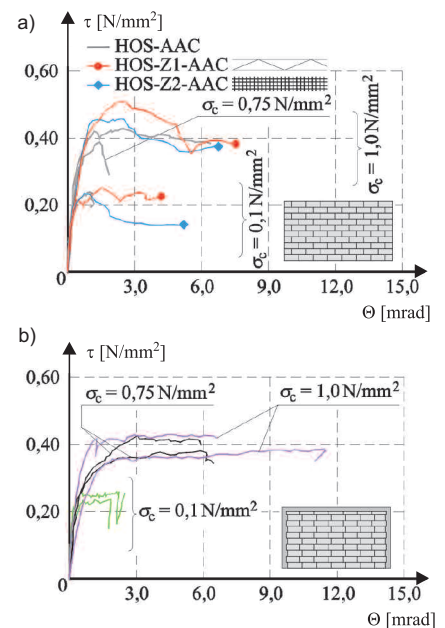
^{*} Adres do korespondencji: radoslaw.jasinski@polsl.pl

lub globalny kąt deformacji postaciowej w fazie po zarysowaniu [2, 3, 4]. Wartości naprężeń stycznych τ_i określano jako iloraz obciążenia poziomego H_i i pola powierzchni poziomej muru. Jako siłę rysującą H_{cr} traktowano siłę, którą zarejestrowano w chwili pojawienia się nowej rysy. Odpowiadające jej naprężenia nazywano naprężeniami rysującymi τ_{cr} , a kąt Θ_{cr} kątem odkształcenia postaciowego w chwili zarysowania. Za siłę niszczącą H_u uznano największą zmierzoną siłę, a naprężenia na górnej krawędzi ściany nazywano naprężeniami niszczącymi τ_u . Zmierzone przy siłę H_u kąt Θ_u nazywano kątem deformacji postaciowej.

Wyniki i analiza badań

Na rysunku 1a przedstawiono uzyskane zależności naprężenie τ_{vi} – odkształcenie Θ_i niezbrojonych elementów serii HOS-AAC oraz modeli zbrojonych serii HOS-Z1-AAC i HOS-Z2-AAC, a na rysunku 1b elementów skrępowanych serii HOS-C-AAC. We wszystkich modelach do chwili powstania zarysowań zależność $\tau_{vi} - \Theta_i$ była niemal wprost proporcjonalna. W ścianach skrępowanych HOS-C-AAC wstępnie ściskanych do wartości $0,1$ N/mm² (rysunek 1b) zaobserwowano wyraźnie mniejsze deformacje postaciowe po zarysowaniu, a szczególnie po osią-

gnięciu maksymalnych naprężeń. Deformacje były mniejsze niż w przypadku ścian niezbrojonych, ale większe od ścian zbrojonych kratowniczkami czy siatkami z tworzywa sztucznego. Zupełnie odmienną tendencję stwierdzono



Rys. 1. Zależność naprężenie ścinające τ – kąt odkształcenia postaciowego Θ : a) ściany serii HOS-AAC, HOS-Z1-AAC i HOS-Z2-AAC; b) ściany skrępowane serii HOS-C-AAC

Fig. 1. Relationships shear stress τ – strain angle Θ : a) walls HOS-AAC, HOS-Z1-AAC and HOS-Z2-AAC series; b) confined walls HOS-C-AAC series

w ścianach ściskanych do wartości 0,75 i 1,0 N/mm². Ściany po zarysowaniu i po osiągnięciu największych naprężeń charakteryzowały się zdecydowanie największymi deformacjami. W tabeli 1 podano wyniki badań w postaci naprężeń ścinających określonych w chwili zarysowania τ_{cr} oraz zniszczenia τ_u , a w tabeli 2 wyniki badań ścian zbrojonych serii HOS-Z1-AAC i HOS-Z2-AAC oraz skrępowanych HOS-C-AAC odniesione do tak samo badanych ścian bez zbrojenia, serii HOS-AAC. Na rysunku 2 zestawiono uzyskane wartości analizowanych parametrów wszystkich zbadanych serii elementów. W przypadku modeli skrępowanych serii HOS-C-AAC podano uśrednione wartości pochodzące z dwóch modeli.

W elementach zbrojonych kratowniczkami serii HOS-Z1-AAC, w stosunku do elementów niezbrojonych, wzrost naprężeń rysujących wystąpił tylko w modelu maksymalnie ściskanym i wynosił 17%. W modelu minimalnie ściskanym naprężenia rysujące były mniejsze o 3%.

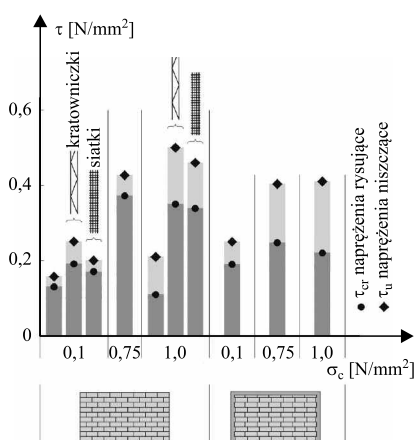
Tabela 1. Wyniki badań
Table 1. Research results

| Seria | σ_c [N/mm ²] | Naprężenia | |
|-----------|---------------------------------|--|---|
| | | zarysowanie τ_{cr} [N/mm ²] | zniszczenie τ_u [N/mm ²] |
| HOS-C-AAC | 0,1 | 0,213 | 0,260 |
| | 0,1 | 0,168 | 0,242 |
| | 0,75 | 0,252 | 0,425 |
| | 0,75 | 0,245 | 0,386 |
| | 1,0 | 0,331 | 0,387 |
| | 1,0 | 0,303 | 0,431 |

Tabela 2. Porównanie wyników badań ścian zbrojonych oraz ścian skrępowanych serii HOS-C-AAC z wynikami badań elementów bez zbrojenia, serii HOS-AAC

Table 2. Comparison of the results of tests of reinforced walls and confined HOS-C-AAC series with the results of elements without reinforcement, HOS-AAC series

| Seria | Typ zbrojenia | ρ_h [%] | σ_c [N/mm ²] | Naprężenia | |
|------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | zarysowanie $\tau_{cr,z}/\tau_{cr,N}$ | zniszczenie $\tau_{u,z}/\tau_{u,N}$ |
| HOS-Z1-AAC | kratowniczkami | 0,07 | 0,1 | 0,97 | 1,06 |
| | | | 1,0 | 1,17 | 1,30 |
| HOS-Z2-AAC | siatki z tworzywa sztucznego | 0,07 | 0,1 | 1,05 | 0,98 |
| | | | 1,0 | 1,13 | 1,19 |
| HOS-C-AAC | brak zbrojenia, ściany skrępowane | 0 | 0,1 | 0,97 | 1,07 |
| | | | 1,0 | 1,06 | 1,06 |



Rys. 2. Porównanie wartości ścinających naprężeń rysujących i niszczących

Fig. 2. Comparison of values of cracking and ultimate shear stresses

Wzrost wartości naprężeń w odniesieniu do analogicznych elementów niezbrojonych wynosił odpowiednio 6 i 30%.

W ścianach serii HOS-Z2-AAC, zbrojonych siatkami z tworzywa sztucznego, zwiększenie naprężeń rysujących w porównaniu z elementami niezbrojonymi wyniosło odpowiednio 5 i 13%. W chwili zniszczenia wzrost wartości naprężeń w odniesieniu do ścian niezbrojonych stwierdzono tylko w modelu maksymalnie ściskanym i był on równy 19%, natomiast w ścianie minimalnie ściskanej zwiększenie naprężeń nie wystąpiło.

W przypadku ścian skrępowanych, przy najmniejszych wstępnych naprężeniach ściskających, naprężenia rysujące były niemal identyczne jak w ścianach

bez zbrojenia. Z kolei w ścianach ściskanych do wartości 0,75 N/mm² naprężenia rysujące były o przeszło 30% mniejsze niż w elementach bez zbrojenia. Tylko w ścianach maksymalnie ściskanych zaobserwowano wzrost wartości naprężeń rysujących o ok. 6%. Bardzo podobnie sytuacja wyglądała w chwili zniszczenia. W ścianach ściskanych do wartości 0,1 i 1,0 N/mm²

wzrost naprężeń wyniósł 7 i 6%, w ścianach ściskanych do 0,75 N/mm² odnotowano spadek wartości naprężeń o 5%.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania ścian zbrojonych kratowniczkami i siatkami z tworzywa sztucznego oraz ścian skrępowanych wykazały, że:

- w przypadku elementów niezbrojonych, zbrojenie w postaci kratowniczek zwiększyło wartości naprężeń τ_{cr} o 17% (ściany maksymalnie ściskane), a zbrojenie w postaci siatek z tworzywa sztucznego o 5 – 13%. Podobny wpływ stwierdzono w chwili zniszczenia. W stosunku do modeli bez zbrojenia, naprężenia τ_u w ścianach ze zbrojeniem kratowniczkami zwiększyły się o 6 – 30%, a w ścianach z siatkami z tworzywa sztucznego o 19% (ściany maksymalnie ściskane);
- skrępowanie nie wpłynęło istotnie na wartości naprężeń rysujących. Jedyne w elemencie maksymalnie ściskanym stwierdzono wzrost naprężeń o 6% w porównaniu z analogicznie badanym modelem bez zbrojenia. W chwili zniszczenia 6 i 7% wzrost naprężeń τ_u wystąpił w modelach minimalnie i maksymalnie ściskanych.

Fotografia: R. Jasiński

Literatura

- [1] Jasiński Radosław, Tomasz Gąsiorowski. 2019. „Morfologia zarysowań ścian skrępowanych ścinanych poziomo”. *Materiały Budowlane* 560 (4): 23 ÷ 25. DOI: 10.15199/33.2019.04.03.
- [2] Jasiński Radosław. 2018. „Size effect of monotonically sheared masonry walls made of AAC masonry units”. *ICAAC 6th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete*. Postdam, p. E12 ÷ E25. DOI: 10.1002/cepa.900.
- [3] Jasiński Radosław. 2019. „Research of Influence of the Shape of Unreinforced Masonry Shear Walls Made of Calcium Silicate Masonry Units”. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 471 022009. DOI: 10.1088/1757-899X/471/2/022009.
- [4] Jasiński Radosław. 2017. „Badania wpływu kształtu ścian murowanych z elementów silikato- wych poddanych ścinaniu”. *Materiały Budowlane* 536 (4): 21 ÷ 26. DOI: 10.15199/33.2017.04.05.

Podziękowania

Autorzy dziękują firmom Solbet Sp. z o.o. i Nova Sp. z o.o. za pomoc merytoryczną oraz dostarczenie materiałów do badań.

Przyjęto do druku: 23.04.2019 r.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

