

dr inż. Iwona Galman¹⁾

ORCID: 0000-0002-0196-6478

prof. dr hab. inż. Radosław Jasiński^{1)*}

ORCID: 0000-0003-4015-4971

Stanowisko badawcze do wyznaczania wytrzymałości na ścinanie połączeń ścian murowanych

Zagadnienie połączeń konstrukcji murowych jest uznawane za marginesowe. Niestety taki stan rzeczy skutkuje luką w stanie wiedzy oraz brakami w algorytmach obliczeniowych dla projektantów konstrukcji. Powoduje to zaniedbania projektowe tego fragmentu konstrukcji, a w konsekwencji uszkodzenia naroży i połączeń murowych. Problem ten szczególnie dotyczy połączeń ścian za pośrednictwem różnego rodzaju łączników i kotew.

Wymagania normowe oraz stan wiedzy

W Eurokodzie [1] zalecono, żeby ściany wzajemnie prostopadłe lub ukośne łączyć w sposób zapewniający przekazanie obciążeń pionowych i poziomych z jednej ściany na drugą. Może to być zrealizowane przez klasyczne wiązanie muru, łączniki lub zbrojenie przedłużone w każdą ze ścian

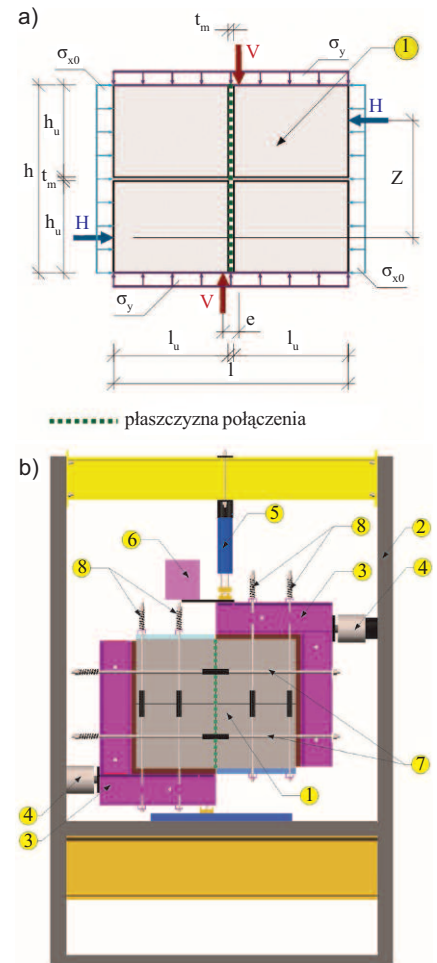
Sprawdzenie stanu granicznego nośności połączenia polega na porównaniu obliczeniowej siły z obliczeniową nośnością połączenia. Obliczeniowe wartości sił wewnętrznych w połączeniu (E_d) określa się, stosując klasyczne metody teorii sprężystości. Natomiast obliczeniowa nośność połączenia (R_d) jest funkcją obliczeniowej wytrzymałości na ścinanie f_{vv} i geometrii połączenia. Niestety historyczne i aktualne normy projektowania i normy związane nie podają adekwatnych wytrzymałości charakterystycznych i procedur badawczych wyznaczania wytrzymałości połączenia ścian z klasycznym wiązaniem, jak i z łącznikami ściennymi. Materiał badawczy dotyczący połączeń ścian jest bardzo skromny.

Dotychczas nie udokumentowano badań połączenia ścian, którego celem byłoby wyznaczenie wytrzymałości na ścinanie. Zamiast tego można znaleźć nieliczne badania połączeń całych ścian prowadzone na świecie przez Paganoni i D'Ayala [2] czy Maddaloni z zespołem [3]. My również od kilku lat prowadzimy na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej badania własne połączeń murowych [4, 5] na modelach ścian, a ich efektem jest nośność konkretnego połączenia, a nie wytrzymałość na ścinanie. Niestety różnorodność stosowanych stanowisk badawczych i brak jednolitych procedur wyklucza porównanie uzyskanych wyników, a co najważniejsze wyznaczenie wytrzymałości na ścinanie połączenia f_{vv} . Z tego powodu postanowiliśmy i zaproponowaliśmy nowatorskie stanowisko badawcze, które pozwoli ocenić pracę pojedynczego połączenia.

Opis nowego stanowiska

W prototypowym stanowisku badawczym [6], połączenie ścian bada się na prostokątnym modelu 1 o wymiarach $h \times l \times t$ w schemacie tarczy (rysunek a) z wykształtowanym połączeniem obciążonym asymetrycznie parą sił V na mimośrodku $e \leq 20$ mm. Model badawczy może być obciążony wstępnymi naprężeniami ściskającymi σ_{y0} prostopadłymi do płaszczyzny spoin wspornych (równoległymi do płaszczyzny połączenia) oraz naprężeniami σ_{x0} równoległymi do spoin czołowych (prostopadłe do płaszczyzny połączenia). Obrót modelu wywołany obciążeniem parą sił V jest eliminowany parą sił poziomych H w odległości Z (przyłożonych blisko przeciwnych naroży modelu).

Model 1 umieszcza się w stalowej sztywnej ramie 2 za pośrednictwem dwóch rygli stabilizujących 3 w kształ-



Stanowisko badawcze do wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie połączeń ścian murowanych: a) schemat statyczny badania; b) widok ogólny stanowiska (opis w tekście)
Rys. R. Jasiński

cie litery L (rysunek b). Elementy stabilizujące ograniczają możliwość przesuwu modelu badawczego oraz umożliwiają wywołanie obciążenia ścinającego V i naprężeń ściskających σ_{y0} i σ_{x0} . Wymiary elementów stabilizujących powinny być dopasowane do wielkości modelu i umożliwiać ścięcie połączenia. Obciążenie ścinające generowane jest siłownikiem hydraulicznym 5 sprzężonym z manometrem cy-

¹⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

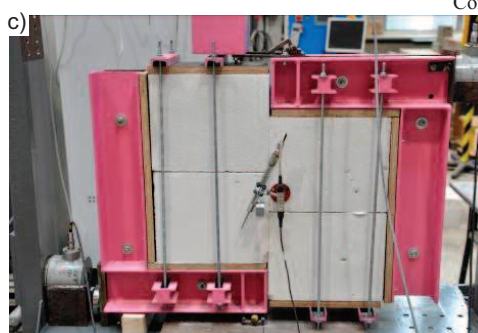
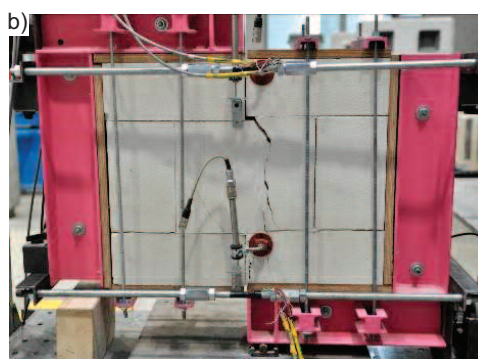
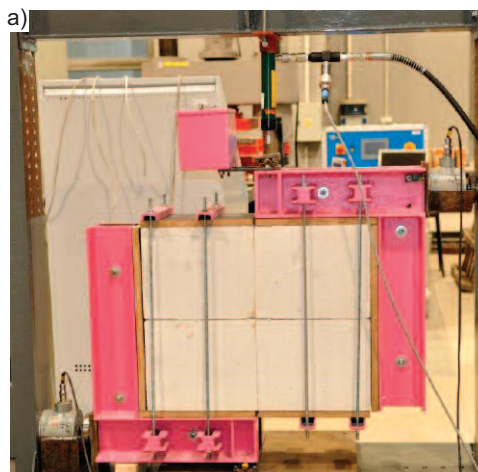
^{*)} Adres do korespondencji:
Radoslaw.Jasinski@polsl.pl

frowym służącym do pomiaru siły V . Siły poziome H mierzy natomiast zestaw dwóch siłomierzy 4 o zakresie 25 kN, połączonych przegubowo z ryglami stabilizującymi 3. W celu zniwelowania nierównomiernego obciążenia, wywołanego ciężarem własnym górnego rygla stabilizującego, wykształtowano przeciwwagę 6. Do wywołania poziomych σ_{x0} i pionowych naprężeń ściskających σ_{y0} (rysunek b) zastosowano układy ciągnowe 7 i 8 zaopatrzone w sprężyny kompensacyjne i siłomierze.

Badania pilotażowe na prototypowym stanowisku badawczym

Badania przeprowadzone na nowo projektowanym stanowisku badawczym pozwalają opisać mechanizm pracy pojedynczego połączenia, wyznaczyć początkową wytrzymałość na ścinanie f_{vv0} , kąt tarcia wewnętrznego ϕ i główne naprężenia w różnych fazach pracy połączeń. Zastosowanie nieskomplikowanego i powtarzalnego kształtu elementów próbnymi umożliwia eksperymentalną weryfikację skuteczności różnego typu połączeń. W przyszłości, po przeprowadzeniu wielu badań doświadczalnych, pozyskane informacje posłużą do sformułowania wytycznych do projektowania i konstruowania połączeń murowych.

W Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej przeprowadzono eksperymentalne badania doświadczalne na zaprezentowanym stanowisku badawczym [6] z różnymi układami ciągnięć, wywołujących wstępne ściskanie σ_{x0} i σ_{y0} . Wyniki były zgodne z oczekiwaniami i pozwoliły na wyznaczenie naprężeń rysujących i niszczących bez udziału wstępnych naprężeń pionowych σ_{y0} . Fotografia a) przedstawia model badawczy, fotografia b) zniszczenia połączenia klasycznego, a fotografia c) połączenia za pomocą autorskiego łącznika [7].



Pilotażowe badania połączeń ścian na stanowisku badawczym: a) badania połączenia ścian przy $\sigma_{x0} = 0$ i $\sigma_{y0} > 0$; b) obraz zniszczenia połączenia ścian przy $\sigma_{x0} > 0$ i $\sigma_{y0} > 0$ (skrajne położenie ciągnięć wywołujących ściskanie σ_{x0}); c) obraz zniszczenia połączenia ścian przy $\sigma_{x0} = 0$ i $\sigma_{y0} > 0$
Fot. I. Galman

Podsumowanie

W artykule zaprezentowano konstrukcje i sposób działania nowatorskiego stanowiska badawczego [6], które umożliwi wyznaczenie początkowej wytrzymałości na ścinanie f_{vv0} , kąta tar-

cia wewnętrznego ϕ i głównych naprężeń w różnych fazach pracy połączeń ścian murowanych. Wyniki badań umożliwią opisanie mechanizmu pracy pojedynczego połączenia oraz parametrów mechanicznych niezbędnych do projektowania. Dzięki temu możliwe będzie wypełnienie luki wiedzy dotyczącej połączeń konstrukcji murowych.

Literatura

- [1] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05P, Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych, Część 1-1: Reguły ogólne dla niezbrojonych i zbrojonych konstrukcji murowych
- [2] Paganoni S, D'Ayala D. Testing and design procedure for corner connections of masonry heritage buildings strengthened by metallic grouted anchors. *Engineering Structures*. 2014; 70: 278 – 293.
- [3] Maddaloni G, Balsamo A, Di Ludovico M, Protà A. Out of Plane Experimental Behavior of T-Shaped Full Scale Masonry Orthogonal Walls Strengthened with Innovative Composite Systems. *Fourth International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*. 2016; Las Vegas (CD-ROM).
- [4] Jasiński R, Galman I. Testing joints between walls made of AAC masonry units. *Buildings*. 2020. DOI: 10.3390/buildings10040069, p-ISSN: 2075-5309.
- [5] Galman I, Jasiński R. Morphology of cracks and comparison of load bearing capacity of joints of AAC masonry walls ce/papers: the online collection for conference papers in civil engineering. 2023, vol. 6, nr 2, s.125-133.
- [6] Zgłoszenie nr P. 450415 w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej z 2.12.2024 o udzielenie patentu na wynalazek pt.: „Stanowisko badawcze do wyznaczania wytrzymałości na ścinanie połączeń ścian murowych”.
- [7] Trześniewski S, Jasiński R, Galman I. Łącznik do zespalania ścian. Wzór użytkowy, Chroniony nr 71 925. Data udzielenia prawa: 04.12.2020, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 04.05.2021].

Podziękowanie

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

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

