

ŁĄCZENIE ŚCIAN

część 2.



dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
Katedra Konstrukcji Budowlanych



dr inż. Iwona Galman
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
Katedra Inżynierii Budowlanej

Tematyka połączeń ścian jest zagadnieniem mało rozpoznany. Niewiele prowadzi się doświadczalnych badań w tym temacie, a ich wyniki trudno ze sobą porównać z uwagi na brak jednolitych schematów i procedur badawczych. Dlatego postanowiono przeprowadzić badania własne połączeń ścian, wykonanych z najpopularniejszego materiału, jakim są bloczki z betonu komórkowego, przy użyciu stalowych łączników.

W pracy [1] przedstawiono pilotażowe badania własne ścinanych połączeń murowych. Były to pierwsze tego typu doświadczenia w Polsce i jedne z pierwszych w Europie. Porównano zachowanie się trzech typów połączeń ścian: w postaci klasycznego przewiązania murarskiego, za pośrednictwem stalowych kątowników, a także stalowych płaskowników otworowanych dwuramiennych. Schemat statycznych badań modeli i widok stanowiska badawczego pokazano na rys. 1.

Proces destrukcji oraz rozwój zarysowań na murze połączonego przewiązaniem klasycznym przebiegał etapowo i dość łagodnie. Przed zniszczeniem pojawiły się wyraźne zarysowania muru w obrębie połączenia. Oprócz zdecydowanie mniejszej nośności połączeń także proces zarysowania i zniszczenia modeli ze stalowymi łącznikami był zupełnie inny. Nie wystąpiły, poprzedzające zniszczenie, zarysowania muru, ale gwałtownie narosły przemieszczenia ze spadkiem obciążeń. Klasyczne przewiązanie murarskie miało ponad pięciokrotnie większą nośność niż modele ze stalowymi kątownikami. Nośność połączenia ze stalowymi płaskownikami była niemal dwukrotnie większa.

Uzyskane rezultaty badań zachęcają do dalszego prowadzenia analiz w zakresie uszczegółowienia pracy połączenia, a także zastosowania nowych metod konstruowania połączeń – przy pomocy innych łączników, użycia większej liczby stalowych elementów w danej spoinie oraz optymalizacji kształtu stalowych płaskowników. Przeprowadzone pilotażowe badania uwypukliły również niedoskonałości w kształcie samych elementów badawczych i techniki badań. Niesymetryczne obrazy zniszczenia dwóch jednokowych połączeń nie pozwoliły rozeznaczyć

pojedynczego połączenia. Mimo przyłożenia skupionych sił blisko płaszczyzny połączenia wystąpiły także rysy w dolnej strefie ściany środniaka, świadczące o zginaniu tego fragmentu modelu, co niewątpliwie komplikuje dalsze analizy. Kolejnym niepokojącym zjawiskiem zaobserwowanym w czasie badań było zróżnicowanie deformacji łączników stalowych zależnie od położenia spoiny względem obciążanej krawędzi ściany środniaka, świadczące o niejednorodnej pracy połączenia. Dlatego też w badaniach zasadniczych postanowiono zmienić kształt samych elementów badawczych oraz sposób przyłożenia obciążenia.

Technika

Aby uniknąć wspomnianych niedoskonałości, zdecydowano, że w badaniach zasadniczych zmianie ulegnie kształt modelu badawczego oraz stanowisko badawcze.

Badania prowadzone były na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku badawczym składającym się ze stalowej ramy oraz poziomych elementów krepujących. Siłę powodującą ścinanie połączenia wywołymano hydraulicznym siłownikiem o zakresie 1000 kN, a rejestracji dokonywano przy użyciu siłomierza o zakresie 250 kN. Modele obciążano w jednym cyklu aż do zniszczenia, przykładając siłę z szybkością 0,1 kN/s. Pionowe obciążenie generujące ścinanie przekazywane było liniowo na całą wysokość muru, pozwalając na uzyskanie równomierności naprężeń ścinających w połączeniu. Schemat statycznych badań modeli i widok stanowiska badawczego pokazano na rys. 2. W trakcie badań dokonywano ciągłej rejestracji obciążenia oraz przemieszczeń ściany obciążonej względem ściany nieobciążonej. Rejestracja zmian odbywała się za

mocą dwóch niezależnych systemów. Jedną ze stron modelu badawczego była monitorowana przy użyciu optycznego rejestratora przemieszczeń ARAMIS. Druga strona była monitorowana za pomocą trzech indukcyjnych przetworników przemieszczeń typu PUX-10, o zakresie 10 mm i dokładności wskazań 0,002 mm.

Modele badawcze

Badania przeprowadzono na modelach wykonanych z elementów murowych z ABK na zaprawie systemowej do spoin cienko-warstwowych, bez wypełniania spoin czołowych. Określona według normy PN-EN 1052-1:2000 I i przedstawiona w pracy [2] wytrzymałość na ściskanie muru wynosiła $f_c = 2,97 \text{ N/mm}^2$, moduł sprężystości wynosił $E_m = 2040 \text{ N/mm}^2$, z kolei wytrzymałość na ścinanie, wyznaczona według normy PN-EN 1052-3:2004 i zaprezentowana w pracy [3], była równa $f_{vo} = 0,31 \text{ N/mm}^2$, a moduł Kirchhoffa, określony według normy ASTM E519-81 i przedstawiony w pracy [4], miał wartość $G = 329 \text{ N/mm}^2$.

Wykonano i zbadano trzy serie po trzy modele o identycznych kształtach oraz wymiarach. Modele były monosymetryczne w kształcie litery T, w których średnik oraz półka miały po ~89 cm długości. Pomiedzy ścianą obciążoną a nieobciążoną wykształcono pionowe połączenie, którego konstrukcję celowo zróżnicowano. W serii modeli badawczych oznaczonych umownie jako P między półką a średnikiem wykonano klasyczne połączenie murarskie (rys. 3a). Elementy te traktowano jako modele referencyjne, których parametry mechaniczne i zachowanie się podczas obciążenia oraz zniszczenia było porównywane z wynikami pozostałych badań. W kolejnych dwóch seriach murów (geo-

metria wg rys. 3b) połączenie pomiędzy ścianami było uzyskane za pomocą stalowych łączników, bez wiązania elementów murew. W elementach typu B połączenie zostało ukształtowane za pomocą zatopienia w spoinach poziomych pojedynczych płaskowników otworowanych (rys. 3c). W modelach oznaczonych jako F zastosowano stalowe pręty $\phi 10$ o długości 36 cm zakotwione w każdej warstwie elementów drobnomiarowych (rys. 3d). Pręty były wkładane we wcześniej wywiercone otwory przechodzące przez całą grubość muru pówki i zakotwione na 18 cm w ścianie środniaka. Dodatkowo pręty w otworze były stabilizowane na piance poliuretanowej. Nazwy elementów wraz z kształtami łączników zestawiono w tabeli 1.

Zarysowania i zniszczenia

Charakter i morfologia zarysowań zależały od sposobu ukształtowania połączenia. Pierwsze widoczne zarysowanie w murze referencyjnym pojawiło się przy około 70% wartości siły niszczącej – rys. 4a. Powstałe zarysowania systematycznie zwiększały swoją rozwartość. Niszcząca rysa przebiegała przez spoinę pionową oraz przecinała bloczek betonowy (rys. 4b).

W modelach, w których połączenie zostało uzyskane za pomocą elementów stalowych (seria B i F), nie obserwowano rozwoju zarysowań i uszkodzeń muru. Zniszczenie miało charakter gwałtowny, polegało na ścięciu połączenia i wyraźnym pionowym przemieszczeniu (o około 17 mm) ściany środniaka – rys. 5a, która osiadła na drewnianym zabezpieczeniu. Zniszczenie modeli z serii B, z otworowanymi płaskownikami, nastąpiło w wyniku uplastycznienia, wygięcia stalowych płaskowników w obrębie styku (rys. 5b). Za sprawą otworów w płaskowniku nie doszło do poślizgu łącznika w zaprawie spoiny wspornych. Zaprawa przenikająca przez otwory nie została ścięta, a zadziałała jak dybel, eliminując przesuw. Murzy serii F, podobnie jak mury serii B, ulegały zniszczeniu w wyniku przemieszczenia ściany obciążonej względem nieobciążonej. Jednak w tym przypadku nie dochodziło do uplastycznienia elementu stalowego. Pod wpływem siły ścinającej stalowy pręt wbijał się w betonowy bloczek (rys. 5c).

Rezultaty badań

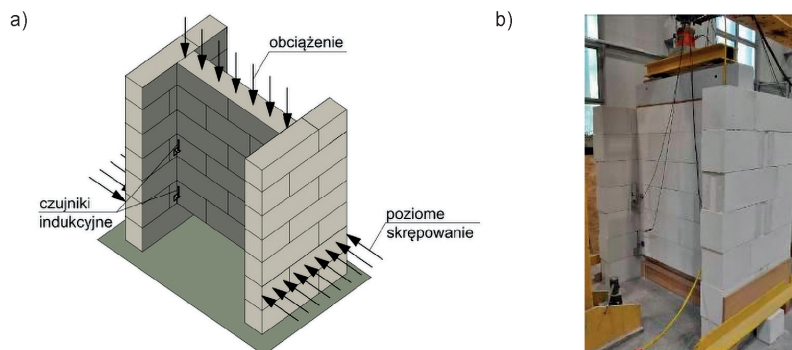
Pierwsze widoczne rysy w murach referencyjnych (P) pojawiły się przy sile równej 27–43 kN. Zniszczenie miało miejsce przy obciążeniu wartości 39–56 kN. Prawie trzykrotnie mniejsze obciążenia były zdolne przejąć modele z łącznikami w postaci otworowanych płaskowników (12–24 kN) (B). Porównując wartości siły niszczącej połącze-

nia referencyjnego z połączeniem na stalowy pręt, zaobserwowano prawie dwukrotnie większą nośność na korzyść klasycznego przewiązania.

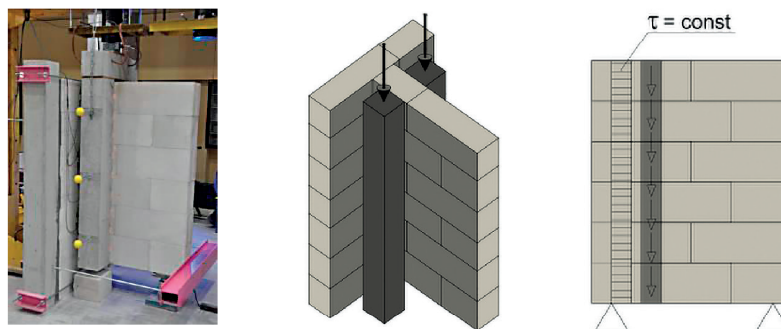
Zestawienie wyników w postaci sił oraz przemieszczeń zarejestrowanych w chwili zarysowania i zniszczenia zamieszczono w tabeli 2. Podano również sztywności połączenia zdefiniowane jako iloraz obciąże-

Tabela 1. Program badań

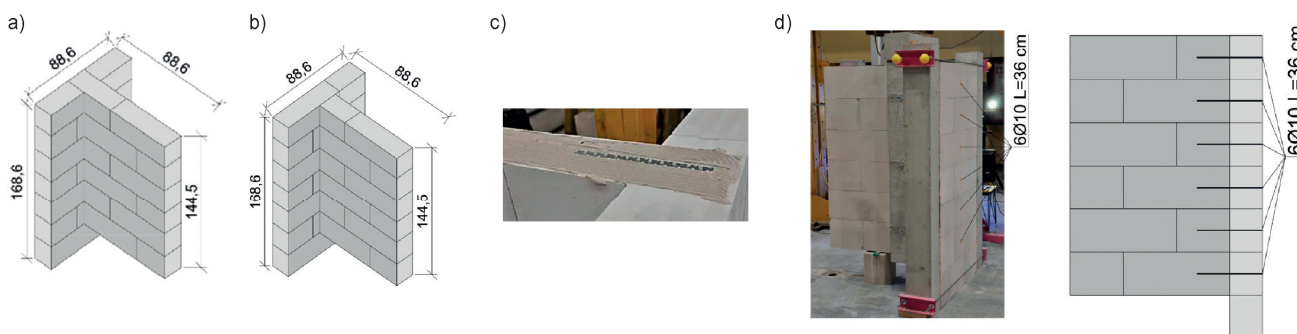
Nazwa serii	Rodzaj połączenia	Liczba modeli w serii
P	klasyczne przewiązanie murarskie	3
B	otworowany płaskownik	3
F	stalowy pręt $\phi 10$	3



Rys. 1. Pilotażowy model badawczy a) schemat statyczny, b) widok stanowiska badawczego



Rys. 2. Schemat statyczny i widok badanego elementu



Rys. 3. Geometria: a) murów referencyjnych (seria P), b) murów ze stalowymi łącznikami (seria B i F), c) metoda łączenia płaskownikiem otworowanym, d) sposób kotwienia stalowym prętem

nia przypadającego na połączenie oraz odpowiadającego przemieszczenia.

Oprócz wartości sił powodujących zarysowania i zniszczenia istotnym parametrem charakteryzującym każde połączenie jest sztywność. Jej znajomość pozwala wyznaczyć wzajemne przemieszczenia połączonych ze sobą ścian przy znanych obciążeniach, a także wartość obciążenia przy znanych wzajemnych przemieszczeniach. Największą sprężystą sztywnością charakteryzowały się modele z klasycznymi wiązaniami murarskimi. Z kolei sztywność modeli z perforowanymi płaskownikami była niemal dwukrotnie mniejsza, a sztywność modeli ze stalowym prętem była o około 50% mniejsza. Na rys. 6. zamieszczono przebieg zależności siła – średnie przemieszczenie względne ściany obciążonej i nieobciążonej wszystkich zbadanych elementów próbnych.

Otrzymała w badaniach zależność obciążenie – przemieszczenie modelu z klasycznym przewiązaniem murarskim obrazuje wieloetapowość pracy połączenia. Do chwili zarysowania przemieszczenia narastały proporcjonalnie do obciążenia, a więc występowała sprężysta praca połączenia. Po zarysowaniu zaobserwowano niewielkie załamanie wykresu, ale w dalszym ciągu przemieszczenia narastały niemal proporcjonalnie do obciążeń (wyjątek: model badawczy P_3). W chwili poprzedzającej zniszczenie wystąpił gwałtowny przyrost przemieszczeń przy nieznacznym wzroście pionowych obciążeń. W modelach z perforowanymi płaskownikami zakres sprężystej pracy modelu był niezauważalny. Niemal w całym zakresie obciążenia przemieszczenia narastały nieproporcjonalnie. Zależność obciążenie – przemieszczenie modeli ze stalowym prętem w początkowej fazie badania była liniowa. Po przekroczeniu siły powodującej wbijanie się elementu stalowego w miękkie bloczki z ABK zaobserwowano nagły wzrost przemieszczeń przy niezacznym wzroście siły obciążającej.

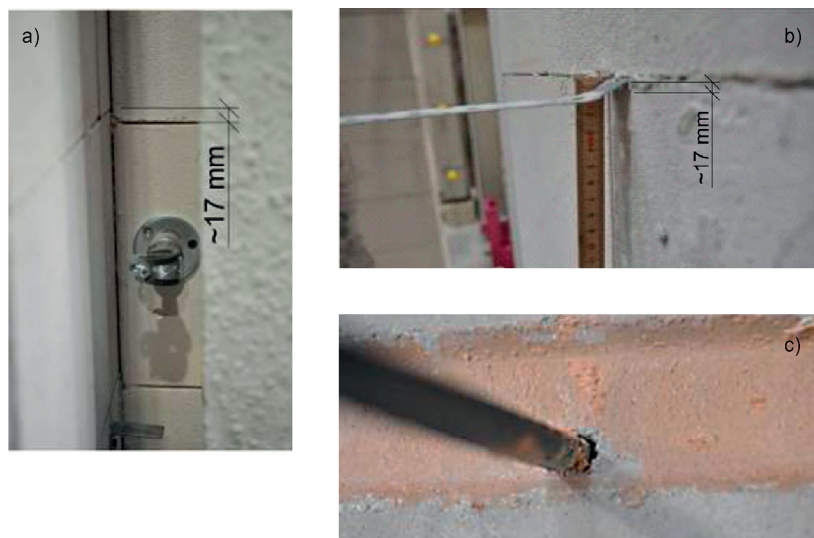
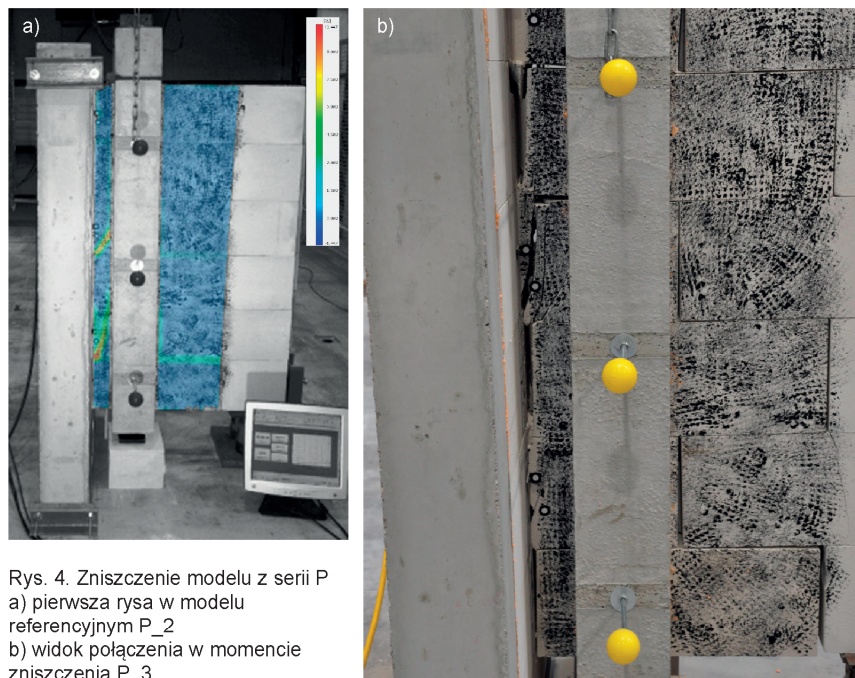
Wnioski i dalsze kierunki

Zaprezentowane wyniki stanowią fragment badań obecnie prowadzonych w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, dotyczących połączeń ścian wykonywanych z autoklawizowanego betonu komórkowego. Tu zaprezentowano zaledwie trzy typy połączeń ścian: w postaci klasycznego przewiązania murarskiego, za pośrednictwem stalowych płaskowników otworowanych oraz prętów stalowych.

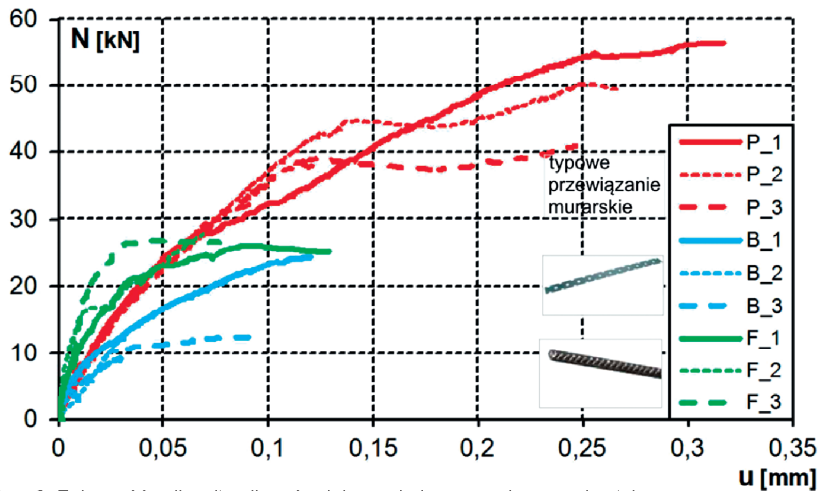
Proces destrukcji oraz rozwój zarysowań w murze połączonym przewiązaniem klasycznym przebiegał etapowo i dość łagodnie. Przed zniszczeniem pojawiły się wyraźne zarysowania muru w obrębie połączenia. Oprócz zdecydowanie mniejszej nośności połączeń także proces zarysowania i zniszczenia modeli ze stalowymi elementami był

Tabela 2. Wyniki badań

Nazwa modelu badawczego	Siła rysująca	Siła niszcząca	Przemieszczenie w chwili zarysowania	Przemieszczenie tuż przed zniszczeniem	Sztywność połączenia
	N_{cr} kN	N_u kN	u_{cr} mm	u_u mm	$K_t = N_{cr} / u_{cr}$ MN/m
P_1	27	56	0.06	0.32	450
P_2	43	50	0.12	0.25	358
P_3	31	39	0.08	0.18	388
B_1	24	24	0.12	0.12	200
B_2	16	16	0.05	0.05	320
B_3	12	12	0.09	0.09	133
F_1	25	25	0.13	0.13	192
F_2	28	28	0.07	0.07	400
F_3	26	26	0.08	0.08	325



Rys. 5. Zniszczenie modeli z serii B i F: a) widok zniszczonego modelu ze zwiromiarowaną odległością między spoinami wspornymi (B_1), b) typowe wygięcie stalowego płaskownika w spoinie (B_3), c) widok na pręt łączący ściany



Rys. 6. Zależność całkowita siła – średnie względne przemieszczenie styku

zupelnie inny. Nie wystąpiły poprzedzające zniszczenie zarysowania muru, ale gwałtownie narosły przemieszczenia ze spadkiem obciążeń.

W trakcie oraz w planach jest przebadanie połączeń z wykorzystaniem najpopularniejszych dostępnych na rynku łączników, a także różnego rodzaju siatek, mat oraz innych elementów, które w sposób prosty i skuteczny łączyłyby ze sobą ściany. Ponadto planuje się zaprojektowanie autorskiego stalowego łącznika o kształcie zoptymalizowanym pod względem nośności oraz sztywności. Oprócz tego zamierza się wykonać „bliźniacze” serie modeli połączeń ścian ze szkieletem żelbetowym i stalowym. Osobnym zagadnieniem, które zostanie zrealizowane, będzie problem połączeń ścian w przypadku nierównomiernych obciążeń części współpracujących ściany konstrukcyjnej.

Bardziej zaawansowane rozważania dotyczące pracy połączeń czytelnik może zna-

leźć w publikacji [5], w której podano pewne empiryczne zależności umożliwiające wyznaczenie sztywności oraz sił rysujących i niszczących ścinane połączenie. ■

Autorzy wyrażają szczególne podziękowania dla firmy Solbet Sp. z o.o. i firmy NOVA Sp. z o.o. za cenne merytoryczne wskazówki oraz dostarczenie elementów murowych, zaprawy i łączników wykorzystanych do wykonania modeli badawczych oraz przeprowadzenia badań.

DOI: 10.5604/01.3001.0013.2440

Bibliografia części 2.

- Galman I., Jasiński R. (2017), Badanie połączeń ścian murowych, „Materiały Budowlane” Nr 10, str. 94–96. DOI: 10.15199/33.2017.10.32.
- Drobiec Ł., Jasiński R. (2015), Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne z ABK poddanych ścisaniu, „Materiały Budowlane” Nr 4, str. 3–7. DOI: 10.15199/33.2015.04.02.

- Drobiec Ł., Jasiński R. (2015), Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne murów z betonu komórkowego poddanych ścinaniu, „Materiały Budowlane” Nr 5, str. 106–109. DOI: 10.15199/33.2015.05.44.
- Drobiec Ł., Jasiński R. (2015), Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne murów poddanych ścinaniu – odczłatalność postaciowa, „Materiały Budowlane” Nr 7/2015, str. 116–119. DOI: 10.15199/33.2015.07.32.
- Galman I., Jasiński R. (2018), Tests of joints in AAC masonry walls, „Architecture Civil Engineering Environment” Vol. 11, No. 4, str. 79–92. DOI: 10.21307/ACEE-2018-056.

Streszczenie. W artykule zostały przedstawione wyniki badań własnych połączeń ścian wykonanych z autoklawizowanego betonu komórkowego. Badania przeprowadzono na autorskim, zmodyfikowanym stanowisku badawczym. Łącznie przebadano trzy serie murów po trzy elementy badawcze. Ponadto zaprezentowano ustalenia normowe w zakresie, jakim jest łączenie ścian murowanych, a także przedstawiono podstawowy dostępny na rynku asortyment służący do łączenia ścian.

Słowa kluczowe: konstrukcje murowe, połączenia ścian, łączniki, zbrojenie spoin wspornych

ABSTRACT: JOINTS IN WALLS

The issue of joints in masonry walls is not well investigated. There is very little experimental research performed on this matter and the test results are hard to be compared because of a lack of unified testing schemes and procedures. Hence, the authors performed own tests of joints in walls made of the AAC - the most popular masonry element - with the use of steel connectors.

Key words: masonry structures, wall joints, connectors, bed joint reinforcement

REKLAMA

LEXUS

KANCELARIA PRAWNA



pięciogwiazdkowa jakość usług

Kancelaria Prawna LEXUS M. Bobolewski i Spółka, Spółka Komandytowa działa na rynku usług prawnych od 17 lat. W tym czasie zaufało nam znaczne grono przedsiębiorców z całej Polski, w tym Banki. Klient traktowany jest przez nas indywidualnie oraz z najwyższą starannością. Siłą Kancelarii jest dynamiczna kadra oraz wykorzystanie nowoczesnych technologii. Potwierdzeniem wyników są osiągnięte przez Kancelarię nagrody i pozycja w rankingach branżowych.

Kancelaria świadczy usługi w zakresie:

- Doradztwo prawno-biznesowe
- Pomoc prawną na telefon, na e-mail
- Opracowywanie umów, regulaminów, zleceń, pism
- Negocjacje umów
- Weryfikację kontrahentów
- Windykację polubowną w tym monitoring płatności
- Windykację sądowo-egzekucyjną

(+48) 71 374 74 00

@ kancelaria@lexus.net.pl

www.lexus.net.pl