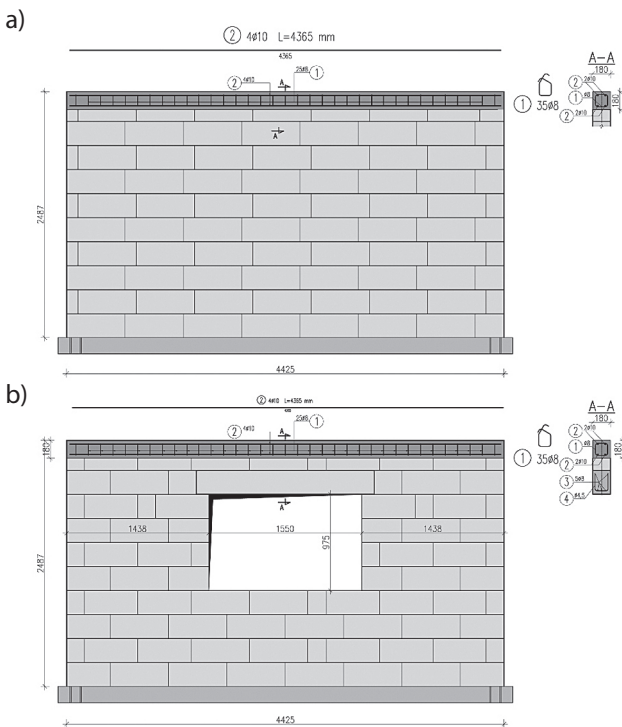


Wpływ otworu i nadproża na nośność ściskanych ścian z betonu komórkowego

Dr hab. inż. Łukasz Drobiec, prof. PŚ, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

1. Wprowadzenie

Nośność ścian zależy od paramentów materiałowych, geometrii oraz od sposobu przyłożenia obciążenia. W przypadku ścian obciążonych głównie pionowo o nośności decydują ponadto efekty drugiego rzędu związane z odchyleniem ściany z płaszczyzny i wielkością mimośrodowo obciążenia [1]. Wpływ geometrii, a w szczególności otworów okiennych i nadproży może mieć istotne znaczenie dla nośności konstrukcji [2, 3]. W artykule opisano wyniki badań ścian wzniesionych z bloczków z ABK (autoklawizowany beton komórkowy) w skali naturalnej, ściskanych w płaszczyźnie ściany. Badaniu poddano dwie serie badawcze. W serii pierwszej badano 4 ściany bez wypełnionych spoin pionowych, a w serii drugiej 4 ściany z wypełnionymi spoinami pionowymi. W każdej serii badano dwie ściany bez otworu i dwie z otworem. Stosowano typowe prefabrykowane nadproża.

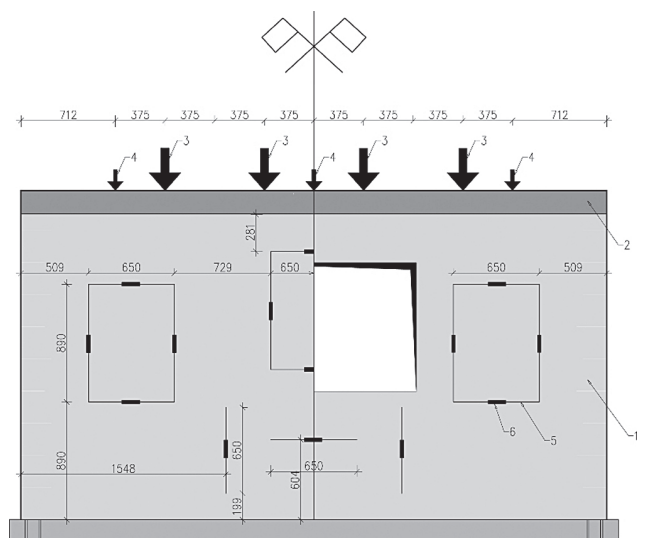


Rys. 1. Widok modeli badawczych: a) model bez otworu, b) model z otworem

2. Modele badawcze

Modele badawcze wykonano z bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego o szerokości 180 mm, na systemowej murarskiej zaprawie cienkowarstwowej. Znormalizowana wytrzymałość bloczków wynosiła $f_b = 4,0 \text{ N/mm}^2$, a wytrzymałość zaprawy na ściskanie wynosiła $f_m = 6,1 \text{ N/mm}^2$. Wytrzymałość muru na ściskanie wynosiła $f_{\text{test}} = 2,97 \text{ N/mm}^2$ w murach bez wypełnionych spoin pionowych i $f_{\text{test},2} = 2,61 \text{ N/mm}^2$ w murach z wypełnionymi spoinami pionowymi. Moduł sprężystości wyniósł odpowiednio $E = 2040 \text{ N/mm}^2$ i $E_2 = 2447 \text{ N/mm}^2$, a współczynnik Poissona $\nu = 0,18$ i był jednakowy w murach z wypełnionymi i niewypełnionymi spoinami. Sposób prowadzenia podstawowych badań materiałowych oraz szczegółowe wyniki tych badań opisano w pracach [4, 5].

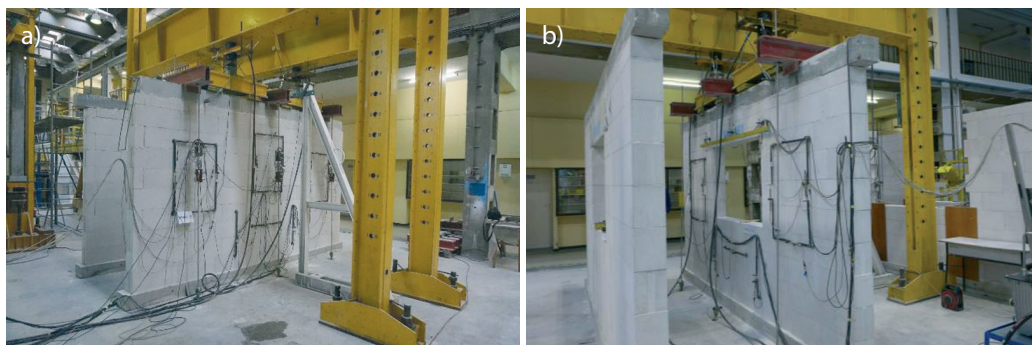
Zaplanowano i wykonano badania 4 ścian pełnych (bez otworów) i 4 ścian z otworami. Ściany pełne i z otworami wykonywano po dwie z niewypełnionymi i z wypełnionymi spoinami pionowymi. Każdy model badawczy został zwieńczony żelbetowym wieńcem (beton klasy C20/25) zbrojonym 4 prętami średnicy 10 mm i strzemionami $\varnothing 8$. Wieńce wykonano



Rys. 2. Sposób obciążenia i bazy pomiaru przemieszczeń: 1 – model badawczy, 2 – wieńiec, 3 – obciążenie z ramy stalowej, 4 – obciążenie z siłowników tłokowych, 5 – ramka do pomiaru przemieszczeń, 6 – czujnik indukcyjny

Rys. 3. Widok modeli przed badaniem:

- a) modele bez otworu,
b) modele z otworem



jako elementy prefabrykowane i układano je na modelach na warstwie zaprawy. Długość modeli wynosiła 4,43 m, a wysokość 2,49 m (wraz z wieńcem żelbetowym) – rysunek 1. Ściany pełne z niewypełnionymi spoinami pionowymi oznaczono symbolem MNS-Z1, a ściany z wypełnionymi spoinami oznaczono MNS-Z2. Ściany z otworami i niewypełnionymi spoinami pionowymi oznaczono symbolem MNSO-Z1, natomiast podobne ściany, lecz z wypełnionymi spoinami pionowymi oznaczono jako MNSO-Z2. W ścianach z otworami zastosowano typowe prefabrykowane nadproże z betonu komórkowego, zbrojone trzema prętami średnicy 8 mm i strzemiionami otwartymi.

3. Stanowisko do badań i technika badań

Badane modele obciążano za pomocą dwóch siłowników o zakresie 1000 kN, mocowanych do dwóch stalowych ram zamocowanych w płycie wielkich sił Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w rozstawie co 2,25 m, symetrycznie (rys. 2). Obciążenie z siłowników rozkładano na dwie siły skupione za pomocą stalowych belek trawersowanych. Dodatkowo modele obciążano za pomocą układu ciągnowego przez siłowniki tłokowe zamocowane od spodu stropu wielkich sił. Siłowniki te mają zakres 25 kN, w zawiązku z tym na jedną parę przypadało

obciążenie 50 kN zwiększone nieznacznie o ciężar stalowego trawersu.

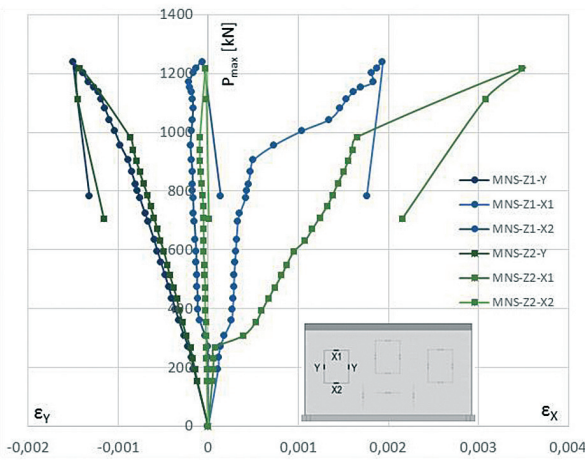
W poziomie żelbetowego wieńca model obciążany był 4 siłami z belek trawersowych, które obciążano siłownikami mocowanymi do ram (rys. 2) oraz trzema układami ciągnowymi, które obciążano poprzez siłowniki tłokowe, mocowane od spodu stropu wielkich sił. Siłowniki tłokowe przekazywały obciążenie na stalowe ciągnia, które poprzez belki trawersowe obciążały model. Strop Wielkich Sił w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej zaopatrzony jest w otwory średnicy 80 mm w rozstawie co 75 cm, w kierunku podłużnym i poprzecznym. Otwory te służą do mocowania ram, przez które przykłada się obciążenie do modeli badawczych oraz do przepuszczania ciągnien mocowanych do siłowników tłokowych.

Obciążenia przykładano najpierw z siłowników tłokowych równomiernie, aż do wyczerpania zakresu siłowników tłokowych. Następnie obciążenie przykładano przez ramy, równomiernie, aż do zniszczenia modeli. Obciążenie przykładano w sposób jednostajny, zwiększając ciśnienie w siłownikach za pomocą automatycznych pomp.

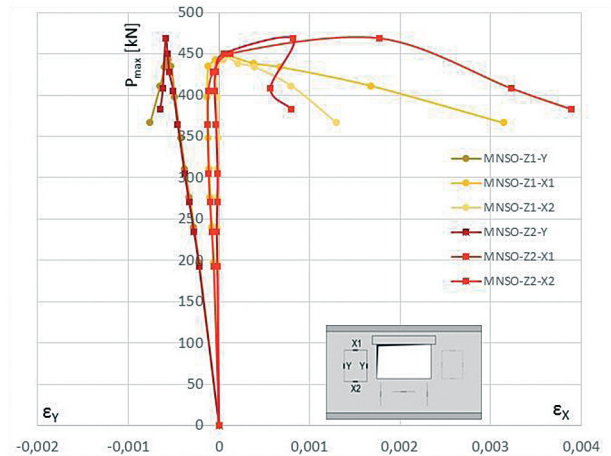
Podczas badań rejestrowano przemieszczenia na bazach pomiarowych pokazanych na rysunku 2 oraz siły w siłownikach zabudowanych pod ramami i na ciągnach. Rejestrację przemieszczeń wykonywano przy użyciu 30 (modele

Tabela 1. Siły rysujące i niszczące

Nazwa serii		Siła rysująca, kN		Siła niszcząca, kN	
		w modelu	średnia	w modelu	średnia
MNS-Z1 Mur bez otworu z niewypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z1-1	475,6	474,7	1223,3	1239,3
	MNS-Z1-2	473,8		1255,2	
MNS-Z2 Mur bez otworu z wypełnionymi spoinami pionowymi	MNS-Z2-1	377,1	356,6	1431,1	1218,7
	MNS-Z2-2	332,0		1006,3	
MNSO-Z1 Mur z otworem oraz z niewypełnionymi spoinami pionowymi	MNSO-Z1-1	160,4	180,2	444,7	448,1
	MNSO-Z1-2	200,0		451,4	
MNSO-Z2 Mur z otworem oraz z wypełnionymi spoinami pionowymi	MNSO-Z2-1	202,0	177,2	460,5	469,0
	MNSO-Z2-2	152,3		477,4	



Rys. 4. Średnie wykresy siła-odkształcenie modeli bez otworu



Rys. 5. Średnie wykresy siła-odkształcenie modeli z otworem

bez otworu) lub 22 (modele z otworami) transformatorowych przetworników przemieszczeń liniowych o dokładności 0,02 mm. Oprócz pomiaru przemieszczeń za pomocą transformatorowych przetworników przemieszczeń liniowych w kilku modelach wykonano również bezdotkowy pomiar optyczny.

Widok przykładowych modeli przed badaniem pokazano na rysunku 3. Ze względów logistycznych pod ramami ustawiano po dwa modele i badano jeden pod drugim.

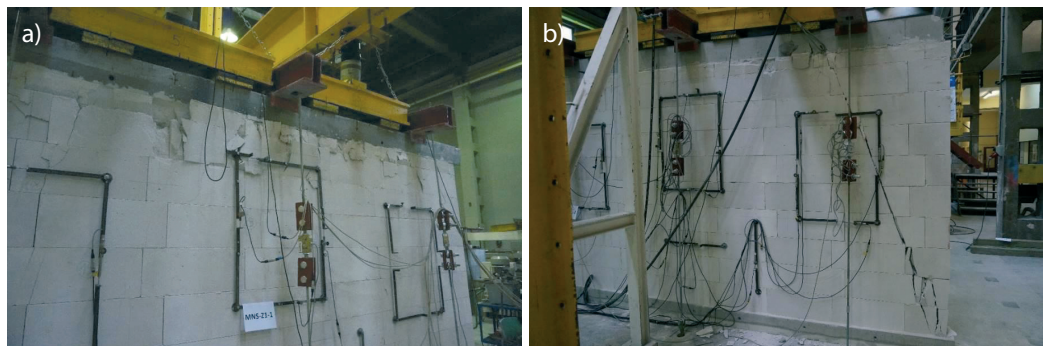
4. Wyniki badań

Całkowite siły niszczące i rysujące modele podano w tabeli 1. Za siły całkowite uznano sumę obciążenia z siłowników tłokowych i ciągnowych, powiększoną o ciężar stalowych

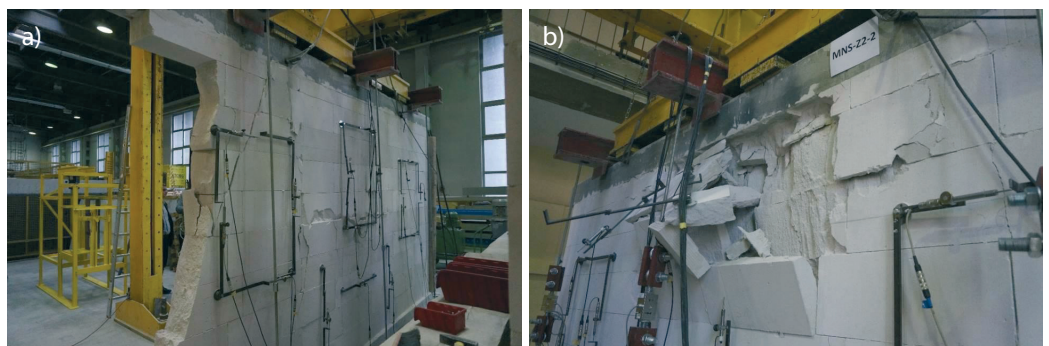
trawersów. Wykresy zależności siły-odkształcenia zamieszczono na rysunkach 4 i 5. Odkształcenia były mierzone na ramach pomiarowych usytuowanych w skrajnych częściach modeli (4 ramki w każdym modelu). Wartości odkształceń pionowych przyjęto w oparciu o wskazania czterech czujników usytuowanych bliżej środka modelu.

We wszystkich modelach bez otworu zniszczenie było podobne i nastąpiło przez miażdżenie oraz odspojenie bocznych powierzchni elementów murowych, najczęściej zabudowanych bezpośrednio pod żelbetowym wieńcem. W modelach MNS-Z1-2 i MNS-Z2-1 powstały dodatkowo rysy ukośne biegnące od miejsca położenia siły z trawersu ramy do spodu modelu. Rozwarście rys w momencie zniszczenia badanych modeli było znaczne i lokalnie przekraczało 9 mm. Zniszczenie nieskrępowanych modeli

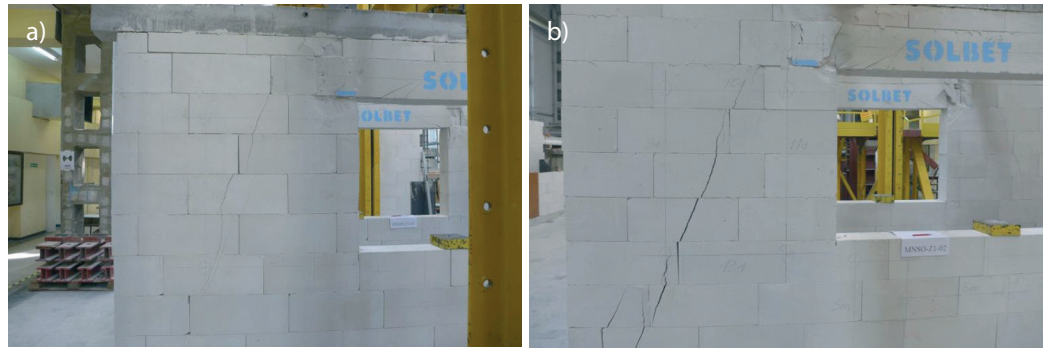
Rys. 6. Zarysowanie modeli z niewypełnionymi spoinami pionowymi:
a) MNS-Z1-1,
b) MNS-Z1-2



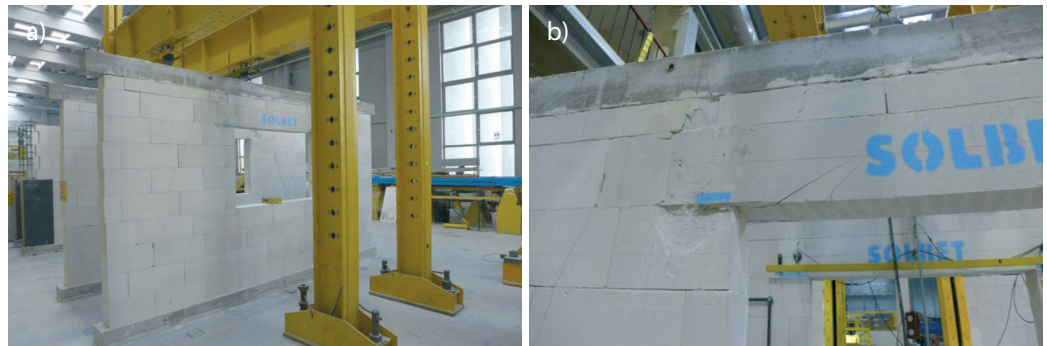
Rys. 7. Zarysowanie modeli z wypełnionymi spoinami pionowymi:
a) MNS-Z2-1,
b) MNS-Z2-2



Rys. 8. Zarysowanie modeli z niewypełnionymi spoinami pionowymi:
a) MNSO-Z1-1,
b) MNSO-Z1-2



Rys. 9. Zarysowanie modeli z wypełnionymi spoinami pionowymi:
a) MNSO-Z2-1,
b) MNSO-Z2-2

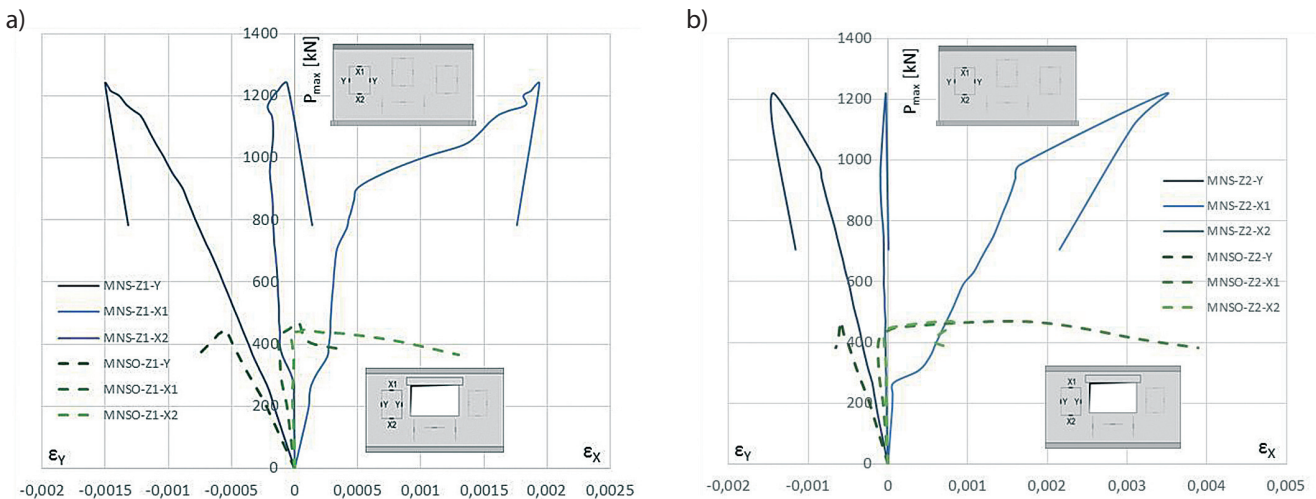


bez otworów (odpowiednio bez wypełnionych spoin czołowych i z wypełnionymi spoinami czołowymi) pokazano na rysunkach 6 i 7.

We wszystkich modelach z otworami pierwsze rysy pojawiały się w nadprożach. Dlatego poziom naprężeń rysujących był w tych modelach zbliżony. We wszystkich modelach, niezależnie od sposobu wykonania spoin pionowych, powstały rysy ukośne biegnące od miejsca połączenia siły z trawersu ramy do spodu modelu. Rozwarcie rys w momencie zniszczenia badanych modeli było znaczne i lokalnie przekraczało 7 mm. Zniszczenie modeli z otworami (odpowiednio bez wypełnionych spoin czołowych i z wypełnionymi spoinami czołowymi) pokazano na rysunkach 8 i 9.

5. Analiza wyników badań

Porównując uzyskane wyniki badań, można stwierdzić, że wpływ otworu na wartości sił rysujących i niszczących może być bardzo istotny. Porównanie wykresów siła-odkształcenie uzyskanych z badań ścian bez otworów i z otworami, wniesionych bez wypełnienia spoin pionowych pokazano na rysunku 10a. Podobne wykresy z badań ścian ze spoinami wypełnionymi pokazano na rysunku 10b. W obu przypadkach widać znaczny spadek wartości siły rysującej i niszczącej, który w ścianach z niewypełnionymi spoinami wyniósł odpowiednio 62% i 64%, a w ścianach z wypełnionymi spoinami odpowiednio 50% i 62%. Badania wykazały ponadto, że wypełnienie spoin pionowych



Rys. 10. Porównanie uśrednionych wykresów siła-odkształcenie modeli bez otworu i z otworem: a) ściany z niewypełnionymi spoinami pionowymi, b) ściany z wypełnionymi spoinami pionowymi

nie wpływa w sposób istotny na nośność ścian obciążonych pionowo.

Spadek nośności modeli z otworem względem modeli bez otworu zależy oczywiście od nośności i sztywności nadproża oraz od nośności muru na obciążenia skupione (reakcja z nadproża). W badaniach zastosowano typowe nadproża z betonu komórkowego. Nadproża te cechują się dobrą nośnością, a mimo to w murach z otworem zanotowano znaczne spadki sił rysujących i niszczących. Wyniki badań wytrzymałościowych nadproży opublikowano w pracach [6, 7 i 8].

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że ściany z otworami cechują się nośnością i rysoodpornością mniejszą o nawet 2/3 w porównaniu do nośności i rysoodporności ściany pełnej. Nośność ściany z otworem zależy od nośności i sztywności samego nadproża oraz od nośności muru na obciążenia skupione wywołane reakcją z nadproża. Nie stwierdzono istotnego wpływu wypełnienia spoin pionowych na uzyskane wyniki sił rysujących i niszczących zarówno w ścianach pełnych, jak i z otworem.

Podziękowanie: autor pragnie serdecznie podziękować firmie Solbet Sp. z o.o. za podjętą współpracę i przekazanie materiałów do badań.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych, tom 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013
- [2] Drobiec Ł., Jasiński R., Mazur W., Prefabrykowane nadproża z autoklawizowanego betonu komórkowego – badania i analizy teoretyczne/Precast lintels made of autoclaved aerated concrete – test and theoretical analyses, Cement Wapno Beton 5/2017, str. 339–413
- [3] Drobiec Ł., Limitation of cracking in AAC masonry under the window zone/Begrenzung von Rissbildung in Porenbetonmauerwerk im Brüstungsbereich. Mauerwerk 21 (2017), Heft 5, str. 332–342
- [4] Drobiec Ł., Jasiński R., Rybarczyk T., The influence of the type of mortar on the compressive behaviour of walls made of Autoclaved Aerated Concrete (AAC). Brick and Block Masonry – Trends, Innovations and Challenges, Taylor & Francis Group, London 2016, str. 1531–1538
- [5] Jasiński R., Drobiec Ł., Study of Autoclaved Aerated Concrete Masonry Walls with Horizontal Reinforcement under Compression and Shear, Procedia Engineering 161/2016, str. 918–924
- [6] Mazur W., Jasiński R., Drobiec Ł., Shear Capacity of the Zone of Supporting of Precast Lintels Made of AAC. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 471 (2019) 052070, IOP Publishing
- [7] Drobiec Ł., Jasiński R., Mazur W., Analysis of AAC precast lintels embedded in walls different construction, Ce/Peppers, tom 2, 4/2018, str. 367–376
- [8] Mazur W., Analiza nośności i odształcalności wybranych systemowych nadproży z betonu komórkowego, Praca doktorska, Gliwice, 2018



XXI WARSZTATY NADZORU INWESTYCYJNEGO
W WAŁCZU
ORAZ XVII KONFERENCJA NAUKOWA

REWITALIZACJA OBSZARÓW ZURBANIZOWANYCH

„REWITALIZACJA KUBATUROWYCH OBIEKTÓW
BUDOWLANYCH”

12-14 WRZEŚNIA 2019 WAŁCZ

WAŻNE DATY

- zgłaszanie referatów do 19.04.2019 r.,
- nadsyłanie referatów do 10.06.2019 r.,
- zatwierdzenie artykułów do druku do 08.07.2019 r.,
- wniesienie opłaty za uczestnictwo w konferencji do 28.06.2019 r.,
- wydanie komunikatu zawierającego program konferencji do 30.08.2019 r.,
- 12-14.09.2019 - Konferencja

Zapraszamy do udziału w XVII Konferencji Naukowo-Technicznej, która jak poprzednie edycje, poświęcona będzie szeroko pojętym aspektom rewitalizacji.

Zamierzeniem Organizatorów jest aby Konferencja była okazją do wymiany wiedzy, poglądów i doświadczeń przedstawicieli różnych środowisk.

Interdyscyplinarny charakter konferencji pozwoli na wypracowanie efektywnych metod działań wspierających procesy rewitalizacyjne.

Konferencji towarzyszyć będzie prezentacja badań, praktyk, materiałów wspierających ten proces w wymiarze społecznym, przestrzennym, technicznym i gospodarczym.

Konferencja skupia się na szeroko pojętej tematyce związanej z rewitalizacją obszarów zurbanizowanych, kładąc w tym roku szczególny nacisk na zagadnienia związane z eksploatacją, modernizacją i rewitalizacją obiektów budowlanych kubatury naziemnej, w tym także możliwości wykorzystania technologii BIM.

Mamy nadzieję, że spotkanie będzie wartościowym doświadczeniem dla jego uczestników.