ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: BUDOWNICTWO z.89 Nr kol. 1482

Radosław JASIŃSKI

BADANIA EFEKTU SKALI NIEZBROJONYCH MURÓW CEGLANYCH PODDANYCH ŚCISKANIU

Streszczenie. Stosowanie w praktyce inżynierskiej metod analizy konstrukcji opartych na MES-ie wiąże się z koniecznością coraz dokładniejszego wyznaczania charakterystyk mechanicznych zarówno elementów murowych, zaprawy, jak i murów z nich wykonanych. W referacie przedstawiono wyniki badań 5 serii elementów badawczych różniących się kształtem, wymiarami oraz zastosowanymi materiałami. Każda z serii składała się z pięciu elementów badawczych obciążanych aż do zniszczenia w jednym cyklu. Do porównań numerycznych użyto dwóch modeli obliczeniowych: Model 1 – dyskretny oraz Model 2 – homogeniczny. W wyniku badań i obliczeń potwierdzono wpływ kształtu i wymiarów na podstawowe parametry wytrzymałościowe muru.

INVESTIGATIONS OF „SCALING EFFECT" UNREINFORCED CLAY BRICK MASONRY UNDER COMPRESSION

Summary. Applied in design practice methods for analysis of building structures, especially based on FEM is connecting with more respectively description of mechanical properties of materials, used. In some causes it is necessary to make a very accurate analysis, e.g. existing buildings. Calculations were made by FEM with applied linear elastic material parameters. For comparisons applied two types of FE Models: Model 1 – micro model and Model 2 homogenous. The paper presents results of carried out investigations and calculations by FEM of 5 series of test specimens different shape, size and applied materials.

1. Wstęp

Możliwość stosowania w praktyce metod analizy konstrukcji, opartych na MES-ie, wiąże się z koniecznością coraz dokładniejszego wyznaczania charakterystyk mechanicznych zarówno elementów murowych, zaprawy, jak i murów z nich wykonanych. W związku z tym pojawia się pytanie, czy doświadczalne wyznaczanie parametrów wytrzymałościowych dla muru zgodnie z odpowiednimi normami (jeżeli oczywiście takie normy dla danych wielkości istnieją) w pełni odzwierciedla zachowanie się rzeczywistej konstrukcji murowej, której wymiary są zazwyczaj wielokrotnie większe niż normowe elementy próbne. Dla podstawowych sytuacji projektowych, gdy w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa

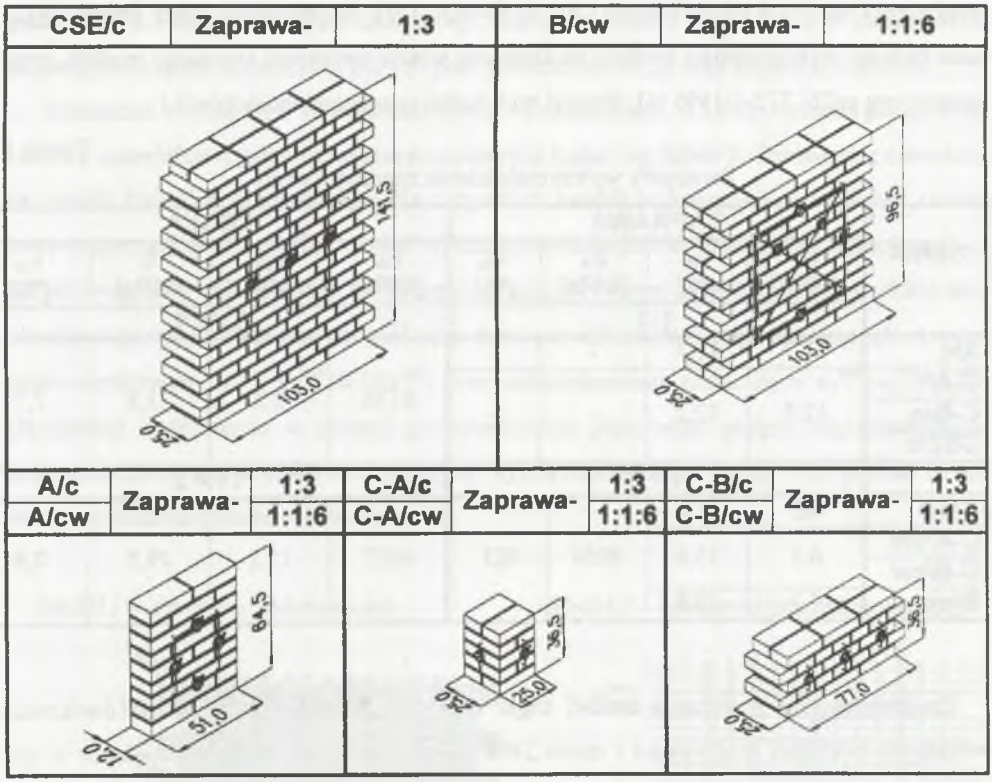
konstrukcji uwzględnia się odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa, czyli posługuje się pewnymi umownymi wartościami parametrów muru, pytanie powyższe nie jest zbyt istotne. Inaczej sprawa zaczyna wyglądać, gdy zaistnieje potrzeba dokładnej analizy, często bardzo złożonej konstrukcji, szczególnie w sytuacjach stanu zagrożenia lub uszkodzenia. Zastosowanie parametrów normowych muru nie zawsze daje w pełni rozeznanie co do rzeczywistego poziomu wytężenia konstrukcji. Wówczas niezbędne jest rozeznanie (choćby przybliżone), jaki wpływ na uzyskane wyniki ma tzw. efekt skali, aby móc określić rzeczywisty stan wytężenia konstrukcji.

Aby określić, jaki wpływ na uzyskiwane rezultaty ma kształt oraz wymiary elementu próbnego, przeprowadzono w Katedrze Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej serię badań porównawczych różnego kształtu modeli badawczych wykonanych z cegły pełnej na zaprawie cementowej i cementowo-wapiennej, poddanych osiowemu ściskaniu. Wyniki tych badań porównano z wynikami obliczeń numerycznych dla dwóch rodzajów modeli, w których stosowano liniowo sprężyste parametry materiałowe.

2. Modele badawcze i opis badań

Modele różniły się zastosowaną zaprawą, a także cegłą użytą do ich wykonania. Badaniom poddano łącznie 5 serii składających się z 5 modeli każda. Z zaprawy cementowej o proporcjach cementu do piasku 1:3 wykonano modele typu C-A/c, C-B/c, CSE/c oraz A/c. W skład elementów wykonanych na zaprawie cementowo-wapiennej o proporcjach cementu do wapna i piasku 1:1:6 weszły elementy typu C-A/cw, C-B/cw oraz B/cw i A/cw. Częściowe wyniki oraz opis badań modeli na zaprawie cementowej oraz cementowo–wapiennej przedstawiono w [1,2]. Modele na zaprawie cementowej wykonano z cegły pełnej nazywanej umownie *1*, natomiast cegły serii na zaprawie cementowo-wapiennej nazwano umownie *2*. Kształty i podstawowe wymiary modeli przedstawiono na rys.1.

Dla obydwu rodzajów zastosowanej zaprawy oraz cegieł wykonano modele oznaczone jako A/c i A/cw, będące typowymi elementami normowymi do wyznaczenia wytrzymałości na ściskanie wg PrPN-B-03200:1999 [3]. Celem uzyskania sytuacji maksymalnie zbliżonej do rzeczywistych realiów na budowie wszystkie modele wykonane zostały przez murarzy z firmy budowlanej z zachowaniem przeciętnej jakości wykonania robót murarskich. Efektem było niezbyt dokładne wypełnienie spoin w murze.



Rys.1. Kształt oraz wymiary elementów badawczych
Fig.1. Overall shape and size of test specimens

Wszystkie modele miały umieszczone na dwóch przeciwległych powierzchniach układy czujników indukcyjnych o dokładności pomiaru 0,002 mm, jedynie modele serii C-A zaopatrzono w czujniki na wszystkich czterech płaszczyznach elementu (por. rys.1). Wszystkie czujniki połączone były z automatyczną aparaturą rejestrującą. Badanie przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej, przekazując obciążenie przez podkładki redukujące tarcie. Wszystkie modele obciążano doraźnie w jednym cyklu obciążenia aż do zniszczenia, dokonując odczytu przemieszczeń dla każdego poziomu obciążenia.

3. Wyniki badań towarzyszących

W trakcie wykonywania modeli pobrano próbki zaprawy oraz cegły celem wykonania badań materiałowych. Liczba próbek każdorazowo wynosiła 6 sztuk. Badania obejmowały w przypadku zaprawy: wyznaczenie wytrzymałości średniej na ściskanie oraz siecznego modułu

sprężystości wg PN-85/B-04500 [4] i PN-71/B-04500 [5]. W przypadku cegły pełnej wykonano badanie wytrzymałości średniej na ściskanie wraz z pomiarem siecznego modułu sprężystości wg prEN-772-1:1995 [6]. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry wytrzymałościowe zaprawy i cegły

SERIA	ZAPRAWA				CEGŁA			
	f_m [MPa]	v_{fm} [%]	E_z [MPa]	v_{Ez} [%]	E_b [MPa]	v_{Eb} [%]	f_b [MPa]	v_{fb} [%]
	1:3				TYP 1			
A/c	11,7	11,3	-	-	8176	2,8	23,8	7,7
C-A/c	12,5	12,2	-	-				
C-B/c								
CSE/c								
	1:1:6				TYP 2			
A/cw	4,3	9,2	5950	8,3	4617	15,1	19,2	7,8
C-A/cw	6,1	13,4						
C-B/cw								
B/cw	4,2	10,8						

Zastosowana do wykonania modeli cegła typu *1* charakteryzuje się około dwukrotnie większym modułem sprężystości i około *24%* większą wytrzymałością na ściskanie w stosunku do cegły typu *2*, z której wykonano modele na zaprawie cementowo-wapiennej.

4. Parametry materiałowe modeli numerycznych

Celem weryfikacji uzyskanych wyników badań zastosowano dwa modele obliczeniowe. W pierwszym dyskretnym przypisano parametry materiałowe poszczególnym elementom skończonym wg tabeli 1. W przypadku elementów, w których występowała nieprzewiązana spoina podłuża, zastosowano zastępczy moduł sprężystości wynoszący E_{eq}=4670,32 MPa wyznaczony wg równania 1 podobnie jak [7,8].

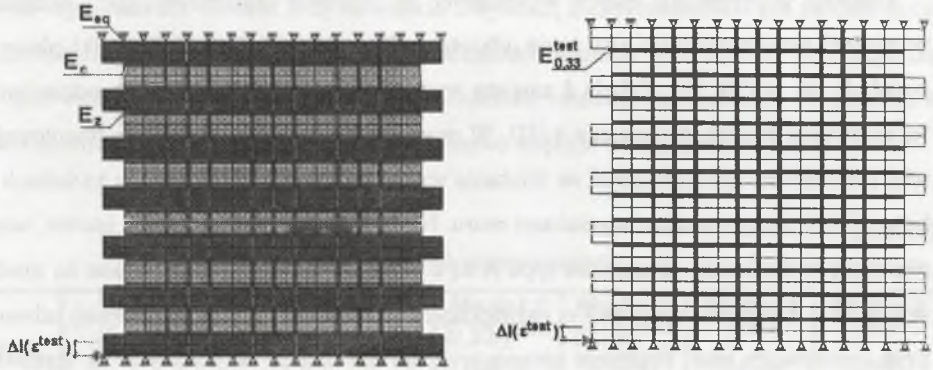
$$E_{eq} = \frac{2 \cdot F_c \cdot E_c + F_z \cdot E_z}{2 \cdot F_c + F_z} \quad (1)$$

Rys.2.

gdzie: Ez, Ec - moduł sprężystości zaprawy i cegły wg tabeli 1 wyznaczony w kierunku prostopadłym do spoin wspornych, Fc, Fz –pole powierzchni cegły oraz zaprawy w spoinie.

Natomiast w modelu 2 zastosowano pełną homogenizację, a każdy element posiadał parametry materiałowe, jakie uzyskano na podstawie badań wg tabeli 2. Porównanie (uśrednione wyniki badań) przeprowadzono dla wszystkich modeli wykonanych na zaprawie cementowo-wapiennej, a w wypadku modeli wykonanych na zaprawie cementowej ograniczono się do porównania wyników badań z obliczeniami numerycznymi modelu 2. Wpływ efektu skali określano przez porównanie naprężeń przy poziomie odkształceń odpowiadających obciążeniom użytkowym $\varepsilon_u^{test}=\varepsilon_u^{test}(0{,}33f_k^{test})$ oraz odkształceniom granicznym $\varepsilon_u^{test}=\varepsilon_u^{test}(f_k^{test})$. Obciążenie realizowano w postaci przemieszczenia pionowego podpór odpowiadającego przemieszczeniu płyt dociskowych maszyny wytrzymałościowej. Kształt oraz podział na elementy skończone przedstawiono na rys.3.

Model 1 – dyskretny (Mezomodel) *Model 2 – homogeniczny (Makromodel)*



Rys.3. Przykładowy podział na elementy skończone modeli do obliczeń dla elementów serii B/cw
Fig.3. Example of the net of FE for models of B/cw series

5. Wyniki badań zasadniczych

Zasadniczym celem badań laboratoryjnych było określenie wytrzymałości muru na ściskanie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny spoin wspornych, siecznego modułu sprężystości oraz maksymalnych (granicznych) odkształceń odpowiadających osiągnięciu zniszczenia elementu. Podstawowe wyniki badań laboratoryjnych, w postaci zależności σ-ε, przedstawiono w pracy [9], natomiast wartości wytrzymałości na ściskanie, modułu sprężystości i granicznych odkształceń w fazie zniszczenia - w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki badań zasadniczych

SERIA	f_k^{test} [MPa]	v_f [%]	$E_{0,33}^{test}$ [MPa]	ε_u^{test} [mm/m]	v_ε [%]
	ZAPRAWA CEMENTOWA				
A/c	6,43	5,7	7891	1,788	8,5
C-A/c	17,54	13,0	12961	2,971	32,0
C-B/c	11,54	12,0	9408	1,688	28,0
CSE/c	9,16	15,0	8723	1,492	38,0
	ZAPRAWA CEMENTOWO - WAPIENNA				
A/cw	6,1	6,3	2616	2,810	22,5
C-A/cw	4,3	4,7	3884	4,310	14,4
C-B/cw	4,6	5,1	1777	3,789	16,4
B/cw	6,8	11,0	2711	3,336	3,2

6. Analiza wyników badań i obliczeń numerycznych

Zarówno w przypadku murów wykonanych na zaprawie cementowej, jak i cementowo-wapiennej przy sterowaniu siłą a nie odkształceniem nie zaobserwowano półki plastycznej podobnie jak w [10, 11]. Tabela 4 zawiera wyznaczone parametry murów w odniesieniu do "normowych" modeli A (zgodnie z [3]). W przypadku stosowania zaprawy cementowej największe wartości wytrzymałości na ściskanie wykazują modele serii C-A/c, o kształtach słupków i C-B/c będące niskimi wycinkami muru. Natomiast, co jest szczególnie istotne, wartości określone w badaniach elementów typu A są o ok. 42% mniejsze niż uzyskane na modelach serii CSE/c będących modelami o największych gabarytach, a więc najwierniej odwzorujących rzeczywisty mur. Podobnie sprawa wygląda dla modeli wykonanych na zaprawie cementowo-wapiennej. Najmniejszą różnicą (w odniesieniu do elementów typu A), wynoszącą 12% wykazały również modele o największych gabarytach serii B/cw. W pozostałych przypadkach uzyskano niedobór wytrzymałości wahający się w granicach 29-25%. Na rys.4 zilustrowano otrzymane wartości wytrzymałości na ściskanie dla wszystkich modeli.

W przypadku modułów sprężystości (rys. 5) modeli wykonanych na zaprawie cementowej i cementowo-wapiennej obserwuje się pewne podobieństwo. Otóż największe w obu przypadkach moduły uzyskano na próbkach smukłych C-A/c i C-A/cw oraz modelach o największych gabarytach CSE/c i B/cw. Maksymalne różnice w odniesieniu do modeli A w tym przypadku wynoszą od 64% dla zaprawy cementowej w modelach C-A/c do 11% - dla modeli serii CSE/c. Dla elementów na zaprawie cementowo-wapiennej różnice te są znacznie mniejsze i wynoszą analogicznie w modelach serii C-A/cw - 48% i B/cw - 4%. Różnica po-

między wartościami modułów sprężystości, wyznaczonymi dla elementów serii C-B/cw oraz A, wynosi ok. 32%. Odwrotną sytuację obserwuje się dla elementów typu C-B/c, gdzie różnica ta nie przekracza 19%.

W tabeli 4 oraz na rys. 6 przedstawiono również porównanie odkształceń granicznych w momencie wyczerpania nośności. Zarówno w przypadku modeli wykonanych na zaprawie cementowej, jak i cementowo-wapiennej największe odkształcenia wykazały próbki „słupkowe" typu C-A. Natomiast odkształcenia pomierzone na największych elementach badawczych (serie: CSE/c oraz B/cw) nie odbiegają więcej niż 16 ÷ 19% od wartości pomierzonych na próbkach standardowych, czyli typu A, przy czym odkształcenia modeli serii CSE/c były mniejsze niż próbek typu A, zaś elementów na zaprawie cementowo-wapiennej (serii B/cw) - były o ok. 19% większe. Wyniki uzyskane na podstawie obliczeń numerycznych* przedstawiono w tabelach 3 i 4 oraz na rysunkach 7-10. Porównania przy poziomie odkształceń odpowiadających $0{,}33f_k^{tets}$ potwierdziły poprawność przyjętych do obliczeń modeli homogenicznych. Zarówno dla zaprawy cementowej i cementowo – wapiennej rozbieżności w uzyskanych wynikach dla modelu 2 są niewielkie i wynoszą maksymalnie 8% dla modelu B/cw w odniesieniu do normowych modeli A/cw. Znacznie większe rozbieżności obserwuje się przy porównaniu wyników badań modeli na zaprawie cementowo-wapiennej z modelem 1 (dyskretnym). Obliczone naprężenia są każdorazowo większe od uzyskanych z badań.

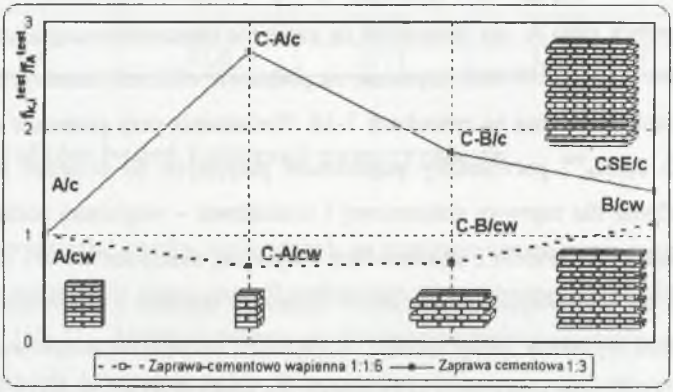
Tabela 3

Wyniki obliczeń numerycznych

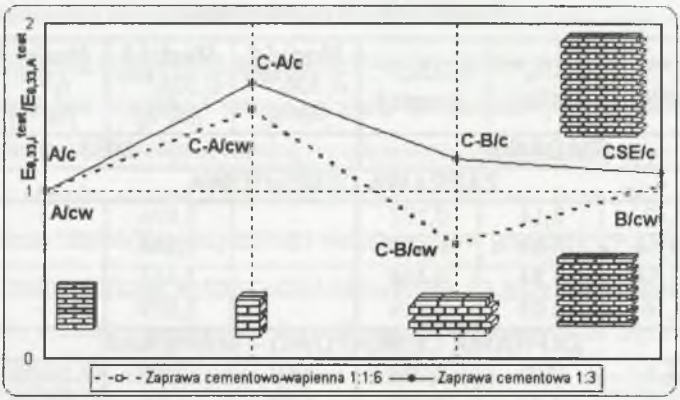
SERIA	f_k^{test} [MPa]	$0{,}33f_k^{test}$ [MPa]	$0{,}33\varepsilon_u^{test}$ [mm/m]	Model 1 $0{,}33f_k^{MES}$ [MPa]	Model 2 $0{,}33f_k^{MES}$ [MPa]	Model 1 f_k^{MES} [MPa]	Model 2 f_k^{MES} [MPa]
	BADANIA			MES			
ZAPRAWA CEMENTOWA							
A/c	6,43	2,14	0,272	-	2,076	-	18,19
C-A/c	17,54	5,84	0,451	-	5,846	-	38,50
C-B/c	11,54	3,84	0,408	-	3,465	-	16,02
CSE/c	9,16	3,05	0,349	-	3,079	-	10,57
ZAPRAWA CEMENTOWO – WAPIENNA							
A/cw	6,1	2,03	0,776	3,60	1,97	13,03	7,13
C-A/cw	4,3	1,43	0,369	1,77	1,43	20,62	16,74
C-B/cw	4,6	1,53	0,861	4,19	1,55	18,68	6,79
B/cw	6,8	2,27	0,837	3,73	2,09	14,90	8,35

* Program ABC Tarcza 5.2 autor dr inż. K. Grajek

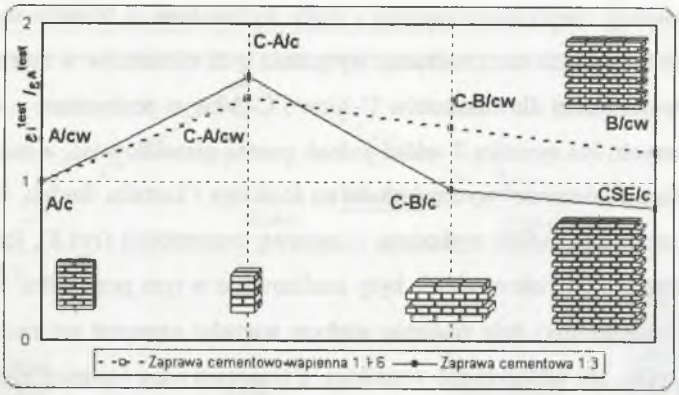
Inaczej sprawa wygląda przy porównaniach badań i obliczeń w stadium zniszczenia. Jak widać, największą zbieżność z wynikami badań laboratoryjnych przedstawiają modele podstawowe A/cw z modelem numerycznym 2, czyli modelem homogenicznym. Uzyskane naprężenie na podstawie badań numerycznych jest o około 11% większe niż w przypadku wyników badań. Podobną zbieżność uzyskano w przypadku elementów największych B/cw i tu również otrzymane na podstawie obliczeń naprężenie jest 30% większe w porównaniu z wynikami badań modeli laboratoryjnych. Dla pozostałych elementów C-A/cw, C-B/cw wyniki obliczeń odbiegają wyraźnie od uzyskanych na podstawie obliczeń numerycznych.



Rys.4. Porównania uzyskanych wytrzymałości na ściskanie
Fig.4. Comparison of compressive strength for all series



Rys.5. Porównania uzyskanych modułów sprężystości
Fig.5. Comparison of secant modulus of elasticity for all series



Rys.6. Porównania uzyskanych odkształceń granicznych
Fig.6. Comparison of ultimate strains for all series

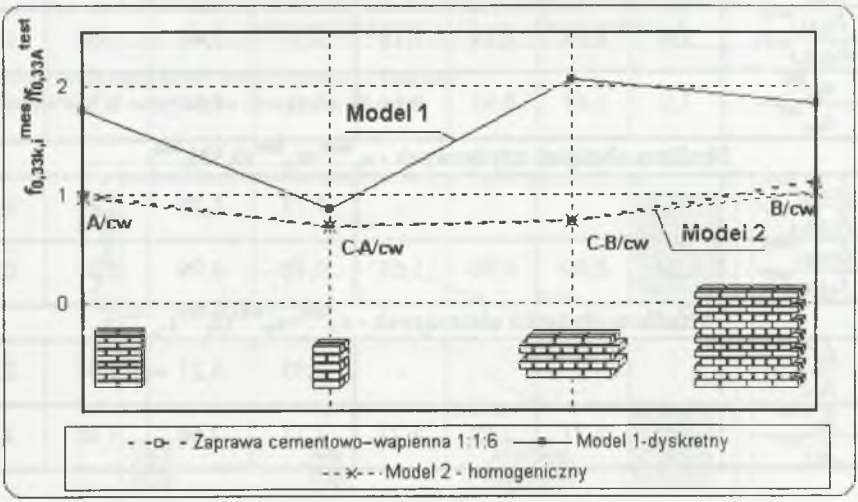
Tabela 4

Porównanie podstawowych parametrów modeli uzyskanych z badań

SERIA		ZAPRAWA CEMENTOWA				ZAPRAWA CEMENTOWO-WAPIENNA			
		A/c	C-A/c	C-B/c	CSE/c	A/cw	C-A/cw	C-B/cw	B/cw
	$\frac{f_{k,i}^{test}}{f_{k,A}^{test}}$	1,0	2,73	1,78	1,42	1,0	0,71	0,75	1,12
	$\frac{E_{0,33,i}^{test}}{E_{0,33,A}^{test}}$	1,0	1,64	1,19	1,11	1,0	1,48	0,68	1,04
	$\frac{\varepsilon_{u,i}^{test}}{\varepsilon_{u,A}^{test}}$	1,0	1,67	0,95	0,84	1,0	1,54	1,35	1,19
Stadium obciążeń użytkowych - $\varepsilon_u^{test}=\varepsilon_u^{test}(0,33f_k^{test})$									
Model	1 $\frac{f_{0,33k,i}^{MES}}{f_{0,33k,A}^{test}}$	-	-	-	-	1,77	1,23	2,74	1,64
Model	2 $\frac{f_{0,33k,i}^{MES}}{f_{0,33k,A}^{test}}$	0,96	0,99	0,90	1,01	0,96	0,99	1,01	0,92
Stadium obciążeń niszczących - $\varepsilon_u^{test}=\varepsilon_u^{test}(f_k^{test})$									
Model	1 $\frac{f_{k,i}^{MES}}{f_{k,A}^{test}}$	-	-	-	-	2,03	3,21	2,91	2,32
Model	2 $\frac{f_{k,i}^{MES}}{f_{k,A}^{test}}$	2,98	6,31	2,62	1,73	1,11	2,60	1,06	1,30

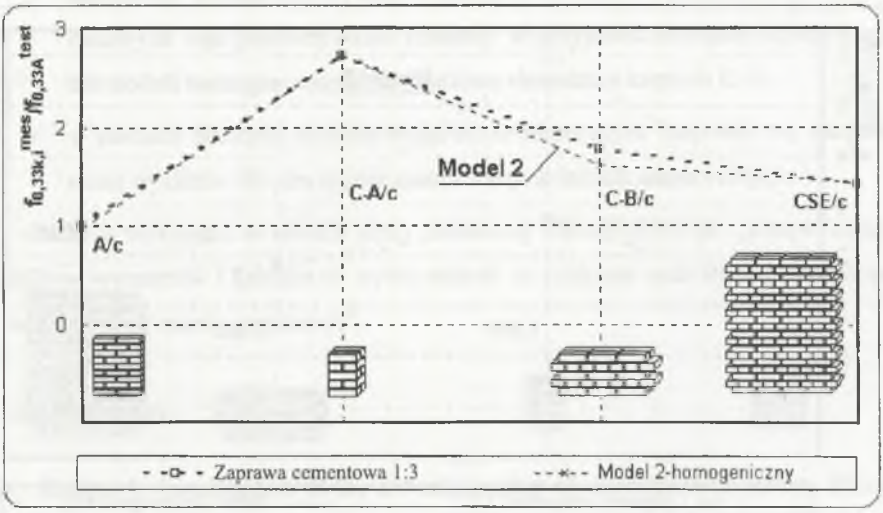
Taką samą znaczną rozbieżność obserwuje się w przypadku modelu dyskretnego (model 1). Wyniki obliczeń są zacznie większe, jednakże najmniejsze w przypadku elementów A/cw i B/cw. Uzyskane rozbieżności w wynikach badań i obliczeń są oczywiście konsekwencją przyjętych modeli obliczeniowych, a zbieżność wyników w pewnych przypadkach dla modelu 2 wynika z przyjęcia modułu sprężystości. Określono go na podstawie badań modeli, a nie z przyjęcia parametrów materiałowych elementów składowych muru zaprawy i cegły jak

w modelu 1. Moduły sprężystości zaprawy i cegły wyznaczane są bowiem na próbkach normowych, co nie odpowiada rzeczywistemu wytężeniu tych elementów w murze. Wątpliwości budzą także wyniki badań dla elementów C-A/cw i C-B/cw w porównaniu z wynikami obliczeń numerycznych. Na rysunku 7 widać jednak pewną prawidłowość, a mianowicie podobieństwo przebiegu zależności wytrzymałości na ściskanie i kształtu modeli. Podobny kształt tej zależności wykazują próbki wykonane z zaprawy cementowej (rys.8), jednakże z braku kompletności badań materiałowych nie były analizowane w tym przypadku. Zauważyć można, że model 1 (dyskretny) daje znacznie większe wartości naprężeń niż model 2 (homogeniczny), co wynika, jak wspomniano wcześniej, z przyjęcia odpowiednich parametrów materiałowych. Podobną sytuację zaobserwowano dla serii elementów badawczych wykonanych na zaprawie cementowej. Uzyskane wartości naprężeń przy maksymalnych odkształceniach są około trzykrotnie większe dla próbek A/c i 73% dla modeli CSE/c. Potwierdził się jednakże wyraźny wzrost naprężeń dla próbek najmniejszych (C-A/c), wzrost ten był największy około sześciokrotny. Z przebiegu zależności (rys. 9 i 10) widać, że w wypadku modelu 2 efekt kształtu potwierdził się w przypadku modeli serii C-A, dając zacznie większe wartości naprężeń ściskających.



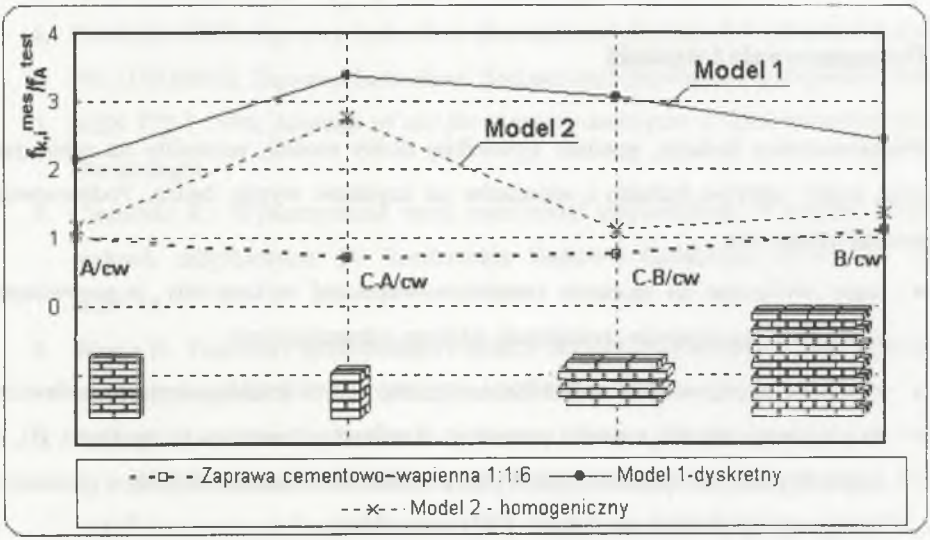
Rys.7. Porównania uzyskanych wyników naprężeń ściskających z badań i obliczeń MES dla zaprawy cementowo – wapiennej w stadium użytkowym

Fig.7. Comparison of compressive strength from investigations and calculations by FEM for all series made of lime cement mortar user load



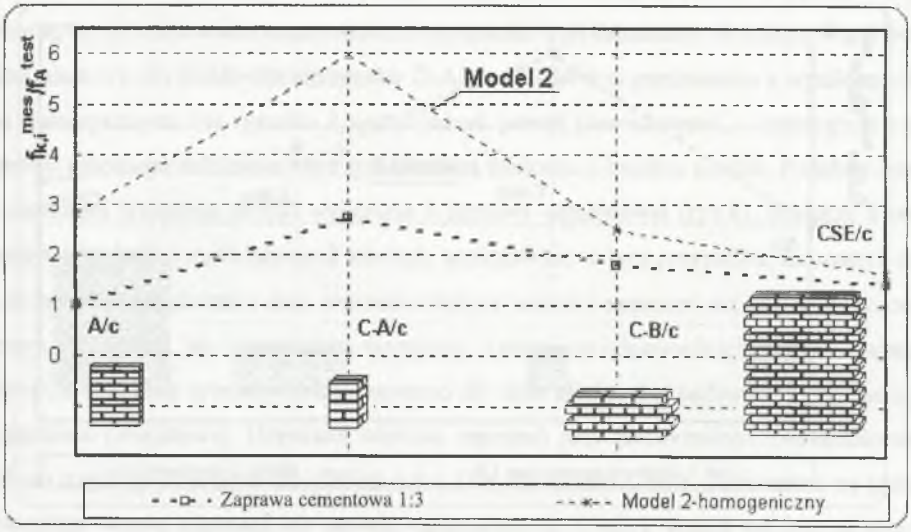
Rys.8. Porównania uzyskanych wyników naprężeń ściskających z badań i obliczeń MES dla zaprawy cementowej w stadium użytkowym

Fig.8. Comparison of compressive strength from investigations and calculations by FEM for all series made of cement mortar on user load



Rys.9. Porównania uzyskanych wyników naprężeń ściskających z badań i obliczeń MES dla zaprawy cementowo – wapiennej w momencie wyczerpania nośności

Fig.9. Comparison of compressive strength from investigations and calculations by FEM for all series made of lime cement mortar on ultimate load



Rys.10. Porównania uzyskanych wyników naprężeń ściskających z badań i obliczeń MES dla zaprawy cementowej w momencie wyczerpania nośności
Fig.10. Comparison of compressive strength from investigations and calculations by FEM for all series made of cement mortar on ultimate load

7. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania, pomimo niewielkiej liczby modeli, pozwoliły na próbę jakościowej oceny wpływu kształtu i wymiarów na uzyskane wyniki badań. Podsumowując, stwierdzić można, że:

- mury wykonane na zaprawie cementowo-wapiennej wykazywały, w porównaniu z elementami na zaprawie cementowej, większą odkształcalność;
- zgodnie z oczekiwaniami stwierdzono wyraźny wpływ kształtu elementu badawczego na otrzymane wyniki,a istotne parametry określane na zalecanych, zgodnie z [3], elementach próbnych (modele typu A) były bardzo zbliżone do wartości wyznaczonych na największych elementach (serie CSE/c oraz B/cw);
- naprężenia w elementach wykonanych na zaprawie cementowej i cementowo – wapiennej uzyskane na podstawie obliczeń numerycznych były większe niż uzyskane na podstawie badań laboratoryjnych, wykazując najmniejsze rozbieżności w przypadku modeli normowych (A/c, A/cw) oraz modeli największych (CSE/c, B/cw);

- stosowanie modeli numerycznych opartych na liniowo sprężystych parametrach materiałowych daje porównywalne rezultaty w przypadku obciążeń użytkowych $0{,}33f_k^{tets}$ dla modeli homogenicznych z wyjątkiem elementów krępych C-A;
- w stadiach obciążeń bliskich obciążeniom niszczącym obserwuje się znaczne rozbieżności wyników dla obu typów zastosowanych modeli numerycznych.

Badania wykonano w ramach pracy badawczej BK-259/RB-2 pt: „Uzupełniające badania wpływu wymiarów i kształtu na wytrzymałość na ściskanie oraz sieczny moduł sprężystości niezbrojonych murów ceglanych".

LITERATURA

1. Kubica J.: Investigation of the σ-ε relationship of unreinforced masonry. Proceedings of Seventh North American Masonry Conference. p. 1111-1120.
2. Kubica J., Drobiec Ł., Jasiński R.,:Badania siecznego modułu sprężystości murów z cegły. XLV Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Wrocław – Krynica 1999.
3. PrPN-99/B-03002, *Konstrukcje murowe niezbrojne. Projektowanie i obliczanie.*
4. PN-85/B-04500, *Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych.*
5. PN-71/B-04500, *Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych.*
6. prEN 772-1:1995, *Methods of test for masonry units-part 1: Determination of compressive strength.*
7. Ciesielski R.: Wykorzystanie teorii konstrukcji inżynierskich w analizie historycznych budowli zabytkowych. IV Konferencja Naukowo-Techniczna REW-INŻ. 1998 t.III, ss.57-74.
8. Wrana B.: Problemy modelowania i analizy numerycznej murów. V Konferencja Naukowo-Techniczna REW-INŻ. 2000 t.II, ss.245-258.
9. Jasiński R., Drobiec Ł., Kubica J.: Influences of shape and size specimens on load capacity and deformations of unreiforced clay brick masonry under compression. Proceedings of 12th International Brick/Block Masonry Conference Madrid 2000, p. 517-523.
10. Knutsson H. H., Nielsen J.: On the modulus of elasticity for masonry. *Journal of the British Masonry Society. Masonry International*, Vol.9, No2, 1995, p.57-61.
11. Brooks J.J., Abu Baker B.H.: The modulus of elasticity of masonry. *Journal of the British Masonry Society. Masonry International*, Vol.12, No12, p. 58-63.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Zbigniew Janowski

Abstract

Applied in design practice more advanced methods for analysis of building structures, also made as masonry, especially based on FEM is connecting with more respectively description of mechanical properties of materials, used. In some causes it is necessary to make a very accurate analysis, eg. Existing buildings. Therefore the answer on question about influence of shape and overall dimensions of test specimen (also requested in standard methods) on mechanical properties of masonry is very important. The paper presents results of carried out investigations and calculations of 5 series of test specimens different shape, size and applied materials. Calculations were made by FEM with applied linear elastic material parameters. For comparisons applied two types of FE Models: Model 1 – micro model and Model 2 homogenous. The investigations and calculations confirmed the significant influence of type of specimens, used. The most interesting is the fact that behaviour of standard models (type A) was quite similar than the largest models (type CSE/c - for cement mortar and B/cw - for lime-cement mortar).