

MICHAŁ KOŁACZKOWSKI
WIESŁAW LIGEŻA
Politechnika Krakowska

ASPEKTY KONSTRUKCYJNE MODERNIZACJI FUNKcjONALNEJ BUDYNKÓW WIELKOPLYTOWYCH

1. WPROWADZENIE

Budynki wielkopłytowe wybudowane w latach 1960-1990 są obiektami, które aktualnie wymagają modernizacji w aspekcie dostosowania ich do aktualnych wymagań użytkowania budynków nowo wznoszonych. Zakres kompleksowej modernizacji budynków wielkopłytowych obejmuje problematykę trwałości [12] i termomodernizacji budynków [3] oraz aspekty konstrukcyjne związane z likwidacją uszkodzeń spowodowanych wadami wykonawczymi [8,9,11] i poprawą parametrów funkcjonalno-użytkowych [6,13,14].

Problem modernizacji budynków wielkopłytowych w ujęciu globalnym został podjęty przez Instytut Techniki Budowlanej w 1999 r. [1], a jego reasumpcja w zakresie dostosowania do współczesnych wymagań techniczno-użytkowych jest zawarta w 12 zeszytach Poradnika ITB [5].

Modernizacja budynków wielkopłytowych w Polsce jest wdrożona praktycznie jedynie w zakresie termomodernizacji [15, 16], która jest objęta od 1996 r. „Rządowym programem wspierania inwestycji energooszczędnych”, wkomponowanym w mechanizm gospodarki rynkowej. Doświadczenia wskazują także, że cele termomodernizacji nie zostały osiągnięte w wielu przypadkach, bowiem realizacje te obarczone są wadami wykonawczymi [7,10].

Modernizacja funkcjonalna w budynkach wielkopłytowych, polegająca na łączeniu sąsiednich mieszkań, nie ma dotychczas powszechnego zastosowania z uwagi na uwarunkowania finansowe i społeczne. Status własnościowy większości mieszkań wskazuje, że w najbliższym czasie mogą to być tylko rozwiązania jednostkowe.

W procesie modernizacji budynków wielkopłytowych występuje niejednokrotnie potrzeba wykonania nowych otworów komunikacyjnych w ścianach nośnych. Konieczna jest wówczas ocena możliwości technicznych wykonania nowych otworów i ich wpływu na zmianę schematu statycznego konstrukcji nośnej. W zależności od potrzeb szerokość otworów może wynosić od 0,9 m w przypadku nowych drzwi wewnętrznych, aż do szerokości możliwie największej przy powiększaniu otwartej przestrzeni, przykładowo tzw. „otwarcie kuchni na salon”. Istnieje również potrzeba dostosowania istniejących otworów drzwiowych do wymagań osób niepełnosprawnych.

Podstawy teoretyczne oraz zalecenia techniczne w zakresie możliwości wykonania nowych otworów w ścianach konstrukcyjnych budynków wielkopłytowych podane są w poradniku ITB nr 385/2003 [2]. W poradniku zwrócono szczególną uwagę na potrzebę uwzględniania współpracy przestrzennej ścian konstrukcyjnych podłużnych i poprzecznych, co pozwala wykorzystać istniejące rezerwy w konstrukcji nośnej. Wykonanie nowych otworów wymaga indywidualnej analizy obliczeniowej w zakresie redystrybucji naprężeń w konstrukcji nośnej budynku.

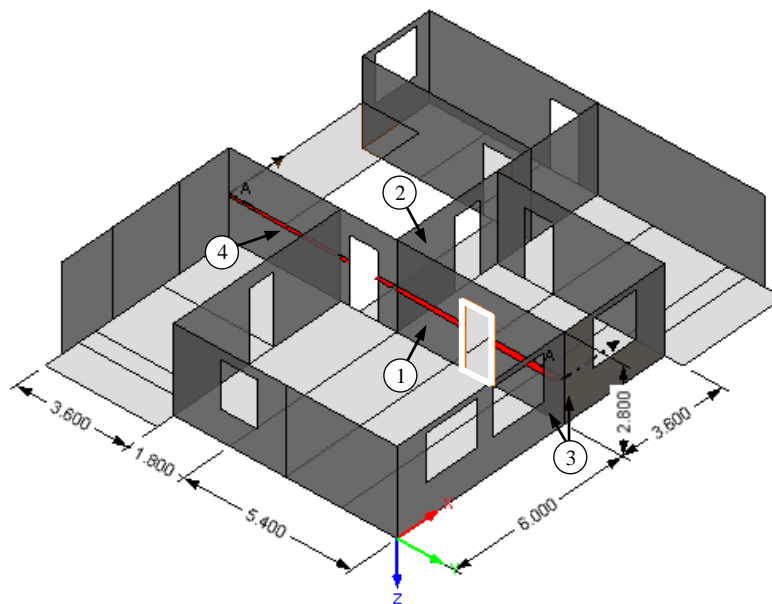
W tym artykule przedstawiono wyniki analizy redystrybucji naprężeń w ścianach nośnych 5-kondygnacyjnego budynku wielkopłytowego (system W-70), po wykonaniu w jednej ścianie poprzecznej szeregu nowych otworów o zmiennej szerokości. Przedstawiono także, do dyskusji, przykład obliczenia wyężenia zewnętrznego pasma ściany nośnej traktowanej, zgodnie z założeniami projektowymi, jako ściana nieusztynwiona wzdłuż krawędzi pionowej oraz z uwzględnieniem jej usztynwienia przez warstwę nośną ściany osłonowej ZWO.

2. ANALIZA OBLICZENIOWA

Typowe ściany nośne w budynkach wielkopłytowych systemu W-70 traktowane są, jako betonowe niezbrojone. W ścianach tych występuje tylko zbrojenie obwodowe w postaci siatek, które nie spełnia wymagań zbrojenia minimalnego dla konstrukcji żelbetowej. Grubość ścian wynosi 15 cm, wysokość w świetle stropów równa jest 258 cm (wysokość kondygnacji brutto 280 cm). Ściany nośne budynków wielkopłytowych wykonywane były z betonu klasy minimum B15. Ściany zbrojone stosowane były jedynie w przypadku szczególnie dużych obciążeń, przy których zwiększenie klasy betonu było niewystarczające lub nieekonomiczne.

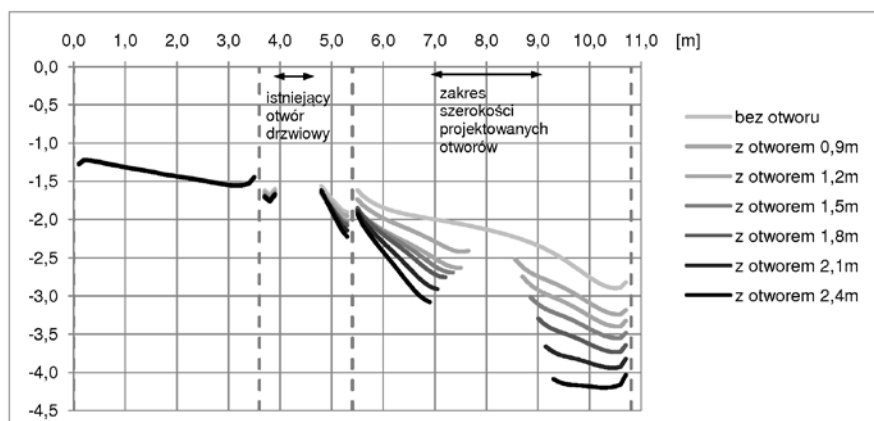
Analizę przeprowadzono dla poprzecznej ściany nośnej (1) 5-kondygnacyjnego budynku wielkopłytowego wybudowanego w systemie W-70 (rys. 1), wykorzystując przestrzenny model MES oparty na dwuwymiarowych elementach skończonych płyto-wo-tarczowych. Wykonano model segmentu budynku, obejmujący 5 kondygnacji nadziemnych prefabrykowanych i jedną podziemną monolityczną, w którym uwzględniono redukcję sztywności złączy prefabrykowanych ścian na podstawie wytycznych zawartych w pracy [4]. W modelu przyjęto kombinację obciążeń uwzględniającą obciążenia stałe oraz oddziaływania zmienne – obciążenie użytkowe i obciążenie śniegiem.

Nowe otwory są zlokalizowane w ścianie (1) nadziemnych kondygnacji, w osi traktu o szerokości 5,4 m, pomiędzy ścianą usztynwiającą (2) i ścianami osłonowymi (3). Przyjęto zmienną szerokość otworów od 0,9 m do 2,4 m, zwiększając je stopniowo co 0,3 m. Wysokość otworów przyjęto równą wysokości otworów systemowych – 202 cm. Do obliczeń przyjęto beton klasy C12/15 – wytrzymałość na ściskanie w konstrukcji niezbrojonej $f_{cd,pl} = 6,86\text{MPa}$ ($\gamma_C = 1,4$; $\alpha_{cc,pl} = 0,8$) oraz wytrzymałość na rozciąganie w konstrukcji niezbrojonej $f_{ctd,pl} = 0,63\text{MPa}$ ($\gamma_C = 1,4$; $\alpha_{ct,pl} = 0,8$). Nie uwzględniano zmiany parametrów betonu wynikającej z jego wieku. Przeanalizowano redystrybucję rozkładu naprężeń ściskających w kierunku pionowym w połowie wysokości ściany na parterze – przekrój (4), oraz głównych naprężeń rozciągających w strefie nadproża projektowanego otworu. Analizę wykonano dla stanu przed modernizacją (z jednym otworem drzwiowym pomiędzy ścianami usztynwiającymi) oraz stanu po wprowadzeniu dodatkowych otworów o zmiennej szerokości, w kondygnacjach nadziemnych, w trakcie pomiędzy ścianą usztynwiającą (2) i ścianami osłonowymi (3).



Rys. 1. Fragment kondygnacji powtarzalnej modelu obliczeniowego: 1 – analizowana ściana nośna (W) z zaznaczonym nowym otworem, 2 – ściana usztywniająca (W) prostopadła do analizowanej ściany, 3 – ściany osłonowe (ZWO), 4 – linia przekroju, w którym wykonano wykresy naprężeń pokazane na rys. 2.

Fig. 1. Fragment of numerical model for repeatable storey: 1 – analyzed load-bearing wall (W) with new opening marked, 2 – load-bearing wall (W) perpendicular to analyzed one, 3 – curtain wall (ZWO), 4 – section line for which stress diagrams as presented in Fig.2 are made.



Rys. 2. Rozkład naprężeń ściskających w kierunku pionowym [MPa] na szerokości ściany [m], przy zmiennej szerokości otworu. Liniami przerywanymi zaznaczono lokalizację złączy pionowych z dochodzącymi ścianami prostopadłymi.

Fig. 2. Vertical compressive stress distribution [MPa] on the wall's width [m] with variable opening's width. Dashed lines mark localization of vertical joints with adjacent perpendicular walls.

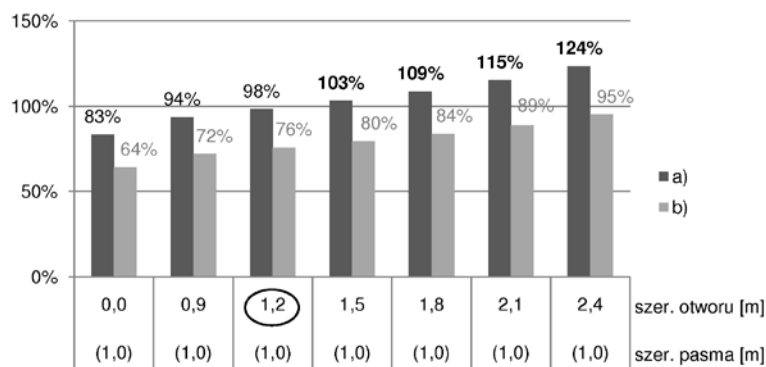
Rozkłady naprężeń ściskających w kierunku pionowym w ścianie (1), przed modernizacją i po modernizacji polegającej na wykonaniu szeregu otworów w nadziemnych kondygnacjach przedstawiono na rysunku 2. W analizowanym przypadku, zarówno przed modernizacją, jak i po modernizacji największe naprężenia występują w skrajnym paśmie, w trakcie pomiędzy ścianą usztywniającą (2) i ścianami osłonowymi ZWO (3). Spowodowane jest to kierunkiem rozpięcia stropów w traktach przyległych do analizowanej ściany (1) oraz krawędziowym obciążeniem przekazywanym ze ścian osłonowych ZWO (3). Widoczna na wykresie nieciągłość wartości naprężeń, w strefie złącz pionowych (linia przerywana) jest efektem przyjętej w modelu redukcji przeniesienia siły ścinającej w złączach pionowych. Po wykonaniu otworów obserwujemy wzrost naprężeń praktycznie tylko pomiędzy otworem drzwiowym istniejącym i ścianami ZWO (3), największy wzrost jest w paśmie w skrajnym paśmie, pomiędzy nowym otworem i złączem pionowym ZWO-W-ZWO (3).

Rozważając nośność ściany po wykonaniu nowych otworów, należy uwzględnić stopień współpracy ścian ZWO i ścian nośnych w umonolitycznionym złączu pionowym ZWO-W-ZWO. Usztywnienie krawędzi ściany W przez ścianę ZWO może mieć wówczas znacząco korzystny wpływ na nośność pasma ściany W. Zgodnie z p.12.6.5.1 PN-EN 1992-1-1:2008 ściany ZWO o niewadliwych złączach można uważać za ściany usztywniające, bowiem: a) grubość warstwy nośnej ściany ZWO (usztywniającej) wynosi 8 cm i jest większa niż połowa 15cm grubości usztywnianej ściany nośnej W, b) ściana usztywniająca ma taką samą wysokość jak usztywniana ściana nośna W, c) otwory w ścianach ZWO znajdują się poza długością ściany równą 1/5 wysokości w świetle usztywnianej ściany W. W przypadku wadliwie wykonanych złącz pionowych ZWO-W-ZWO (rysy strukturalne) [9,11] należy pomijać współpracę pasma ściany W ze ścianami osłonowymi ZWO i traktować to pasmo jako nieusztywnione wzdłuż krawędzi pionowej zgodnie z PN-EN 1992-1-1:2008.

Dla porównania obliczono wyężenie analizowanej ściany nośnej (1), jako usztywnionej jedynie wzdłuż dwóch poziomych krawędzi przez stropy (bez usztywnienia krawędzi pionowej), oraz alternatywnie, jako usztywnioną dodatkowo wzdłuż pionowej krawędzi przez ścianę ZWO. Obliczenia nośności ściany przeprowadzono z uwzględnieniem wpływu efektów II rzędu, przy użyciu metody uproszczonej obliczania ścian niebrojonych według PN-EN 1992-1-1:2008. Przyjęto parametry geometryczne ściany systemowej oraz wartość mimośrodów całkowitego $e_{tot} = 20$ mm.

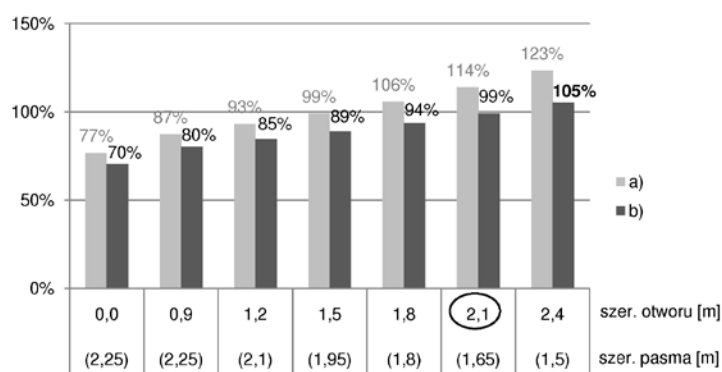
W celu sprawdzenia maksymalnie wyężonych pasm ściennych przy założeniu braku usztywnienia krawędzi pionowej oraz przy jego uwzględnieniu – rozpatrzono pasmo ściany szerokości 1 m, o maksymalnych naprężeniach średnich oraz pasmo o zmiennej szerokości – od krawędzi nowego otworu do krawędzi zewnętrznej. Wyniki obliczeń wyężenia ściany przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

W przypadku ściany nieusztywnionej wzdłuż krawędzi pionowych najbardziej wyężonym pasmem ściany jest pasmo o największych średnich naprężeniach. W przypadku ściany usztywnionej wzdłuż krawędzi pionowej wyężenie pasma zależy nie tylko od wartości naprężeń, lecz także jest związane z jego odległością od usztywnionej krawędzi. Przy założeniu braku współpracy ściany ZWO dopuszczalna szerokość nowego otworu w osi ściany, ze względu na wyężenie strefy między stropami wyniosła 1,2 m (rys. 3, wykres a). Przy uwzględnieniu współpracy ściany ZWO dopuszczalne okazało się wykonanie otworu o szerokości równej 2,1 m (rys. 4, wykres b).



Rys. 3. Wartości wyężenia pasma ściany nośnej o maksymalnych średnich pionowych naprężeniach ściskających, w zależności od szerokości otworu: a) bez uwzględnienia usztywnienia pionowej krawędzi ściany, b) przy uwzględnieniu usztywnienia pionowej krawędzi ściany.

Fig. 3. The effort's result of the load-bearing wall's strip with maximum average vertical compressive stress as a function of the opening's width: a) without consideration of vertical wall's edge bracing, b) with consideration of vertical wall's edge bracing.



Rys. 4. Wartości wyężenia pasma ściany nośnej o zmiennej szerokości, w zależności od szerokości otworu: a) bez uwzględnienia usztywnienia pionowej krawędzi ściany, b) przy uwzględnieniu usztywnienia pionowej krawędzi ściany

Fig. 4. The effort's result of the load-bearing wall's strip with variable width as a function of opening's width: a) without consideration of vertical wall's edge bracing, b) with consideration of vertical wall's edge bracing

W dalszej kolejności wykonano obliczenia ze względu na wyężenie strefy nadproża nowego otworu w ścianie (1) - rys.1. W obliczeniach nie uwzględniono współpracy przy zginaniu strefy nadprożowej ściany z wieńcem żelbetowym. Jako maksymalną dopuszczalną wartość naprężeń rozciągających przyjęto wytrzymałość na rozciąganie betonu w konstrukcji niezbrojonej. Z warunku nieprzekroczenia dopuszczalnej wartości przez główne naprężenia rozciągające występujące w strefie nadprożowej

ustalono maksymalną dopuszczalną szerokość otworu w ścianie betonowej niezbrojonej. W analizowanym przypadku największa szerokość otworu dopuszczalna ze względu na wyężenie niezbrojonej strefy nadprożowej wyniosła 0,9 m, co stanowi ograniczenie dla szerokości nowego otworu, ze względu na wyężenie strefy między stropami zarówno dla ścian traktowanych jak usztywnione jak i nieusztywnione wzdłuż krawędzi pionowych. W przypadku otworów o większej szerokości konieczne jest zaprojektowanie wzmocnienia części nadprożowej.

3. WNIOSKI

Na bezpieczeństwo konstrukcji budynku wielkopłytowego, po wprowadzaniu nowych otworów w ścianach nośnych, poza szerokością otworów istotny wpływ ma ich lokalizacja w rzucie – odległość od wolnych krawędzi ścian oraz odległość od ścian prostopadłych. Ściany prostopadłe do ściany z projektowanymi nowymi otworami pełnią dwie podstawowe funkcje. Pierwszą z nich jest współpraca przy przekazywaniu obciążeń, a mianowicie przejęcie części obciążeń ze stropu bezpośrednio nad rozpatrywanymi ścianami oraz współpraca przy przejściu sił ściskających z kondygnacji powyżej. Drugą jest funkcja usztywnienia rozpatrywanego pasma ściennego. Pierwsza z wymienionych funkcji pełniona jest jedynie przez ściany nośne. Rozpatrując drugą funkcję ścian prostopadłych – rolę ścian usztywniających, dopuszczalne jest wzięcie pod uwagę warstwy nośnej ściany osłonowych ZWO (system W-70). Uwzględnienie współpracy ściany osłonowej znacząco zwiększa nośność usztywnionej ściany nośnej W i daje możliwość wykonania nowych otworów o większej szerokości i pozostawienia węższego przykrawędziowego pasma ściany nośnej. Stwierdzenie możliwości uwzględnienia współpracy ściany osłonowej należy każdorazowo do projektanta konstrukcji, po ocenie jakości prefabrykatu ściany nośnej W, warstwy nośnej ściany ZWO oraz złącza ZWO-W-ZWO, na podstawie ekspertyzy wykonanej indywidualnie dla konkretnego obiektu. W szczególnych przypadkach korzystna może okazać się odpowiednia naprawa złącza w celu usztywnienia krawędzi ściany nośnej [8], w której planowany jest otwór w sąsiedztwie ściany zewnętrznej.

Przy uwzględnianiu usztywnienia ściskanej ściany nośnej pasmem decydującym o jej wyężeniu może być pasmo o wyższych naprężeniach średnich zlokalizowane bliżej krawędzi usztywnianej lub pasmo o niższych naprężeniach średnich, lecz zlokalizowane dalej od krawędzi usztywnionej. Ponadto należy zwracać uwagę na to, że ściana nośna, w której jest projektowany nowy otwór, może również pełnić funkcję ściany usztywniającej. Wykonując otwór można pozbawić usztywnienia ścianę prostopadłą na skutek zmniejszenia długości ściany usztywniającej poniżej minimum podanego w PN-EN 1992-1-1:2008.

Przeprowadzona analiza wskazuje także, że w przypadku braku wzmocnienia strefy nadprożowej nad nowym otworem, niska wytrzymałość betonu na rozciąganie może mieć decydujące znaczenie przy ustalaniu dopuszczalnej szerokości otworu. Sposób wzmocnienia oraz analiza zakresu pojawienia się rys w strefie nadprożowej ściany betonowej stanowią osobne zagadnienie nieobjęte zakresem niniejszego artykułu.

Oprócz wymienionych w niniejszym artykule skutków wykonania nowych otworów w ścianach nośnych należy wziąć pod uwagę również wpływ nowych otworów na zmniejszenie sztywności ustroju konstrukcyjnego przy oddziaływaniu sił poziomych, na przykład wiatru. Wpływ ten ma tym większe znaczenie dla całego obiektu im większa jest szerokość projektowanych otworów oraz im mniej ścian współtworzy ustrój

usztyniający w kierunku równoległym do perforowanej ściany. Analiza wpływu nowych otworów na sztywność przestrzenną budynku została przedstawiona w Poradniku ITB nr 385/2003.

LITERATURA

- [1] Brunarski L. A., Wierzbicki St. M. (red.): Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle ich aktualnego stanu. Konferencja naukowo-techniczna ITB, Mrągowo, 3-5 listopada 1999.
- [2] Cholewicki A., Chyży T., Szulc J.: Nowe otwory w ścianach konstrukcyjnych budynków wielkopłytowych. Poradnik ITB nr 385/2003.
- [3] Kasperkiewicz K., Pogorzelski J. A.: Termomodernizacja budynków wielkopłytowych, [w:] Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle ich aktualnego stanu (red.) L. A. Brunarski, St. M. Wierzbicki, Konferencja naukowo-techniczna ITB, Mrągowo, 3-5 listopada 1999, str. 73-96.
- [4] Lewicki B. i współautorzy: Cholewicki A., Gałkowski Z., Henclewski T., Kotlicki W., Pawlikowski J., Pogorzelski A., Zarzycki A., Zieleniewski S.: Budynki wznoszone metodami uprzemysłowionymi, Arkady, Warszawa 1979.
- [5] Lewicki B., Brunarski L. A. (red.): Budynki wielkopłytowe - wymagania podstawowe. Poradnik ITB, z. 1-12. Warszawa 2002, 2003.
- [6] Lewicki B., Zieliński J. W., Cholewicki A., Kawulok M.: Bezpieczeństwo konstrukcji istniejących budynków wielkopłytowych i możliwości ich modernizacji, [w] Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle ich aktualnego stanu (ed.) L. A. Brunarski, St. M. Wierzbicki, Konferencja naukowo-techniczna ITB, Mrągowo, 3-5 listopada 1999, str. 107-120.
- [7] Ligęza W.: Wykonawstwo jako czynnik trwałości ocieplenia budynków wykonywanego metodą lekko-mokrą. Przegląd Budowlany 12/2005, 16-22.
- [8] Ligęza W.: Naprawa i wzmacnianie budynków z wielkiej płyty. XXI Ogólnopolska Konferencja „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, t. II. Wyd. Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Gliwicach, 2006, s. 217-259.
- [9] Ligęza W.: Problemy uszkodzeń i napraw budynków z wielkiej płyty, Materiały Budowlane 12/2006, 32-33,36.
- [10] Ligęza W.: Systematyka wad wykonawczych ocieplania budynków metodą bezspoinową. Materiały Budowlane, 1/2007, s.35-35-37,55.
- [11] Ligęza W., Płachecki M.: Uszkodzenia złączy w ścianach osłonowych budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo Nr 4-5/2000, str. 204-208
- [12] Ściślewski Z., Suchan M.: Trwałość i utrzymanie budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo Nr 3/2000, str. 133-136.
- [13] Zieliński J. W.: O możliwościach modernizacji konstrukcji budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo Nr 3/2000, str. 129-130.
- [14] Zieliński J. W.: Modernizacja budynków wielkopłytowych z uwzględnieniem doświadczeń zagranicznych, Materiały budowlane, Nr 1/2001, str. 2-5.
- [15] Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków. Instrukcja ITB Nr 334/2002.
- [16] Ocieplanie ścian zewnętrznych metodą lekką. Instrukcja ITB Nr 334/1996.

STRUCTURAL ASPECTS OF FUNCTIONAL MODERNIZATION FOR PREFABRICATED BUILDINGS

Summary

The paper presents theoretical analysis for possibility of making new door openings in load-bearing walls for existing five-storey prefabricated building (constructed in W-70 system). Analysis was conducted on the basis of author's own computer models with taking into account co-operation degree between ZWO type curtain wall and load-bearing wall.