dr hab. inż. Wiesław LIGĘZA, Prof. PK, *wligeza@pk.edu.pl*
mgr inż. Jacek DĘBOWSKI, *jdebowski@imikb.wil.pk.edu.pl*
Politechnika Krakowska

IDENTYFIKACJA USZKODZEŃ ELEMENTÓW WIELKOPŁYTOWYCH W ASPEKCIE OCENY BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACYJNEGO BUDYNKU

IDENTIFICATION OF DAMAGES OF PANELBUILDINGS ELEMENTS IN ASPECT OF OPINION OF EXPLOITATIVE SAFETY

Streszczenie Budynki wykonane w technologii wielkopłytowej, po kilkudziesięciu latach ich eksploatacji, wykazują niekiedy znaczny stopień zużycia, a zarazem niską wartość użytkową. Dlatego też, większość z nich musi zostać zmodernizowana z uwagi na współczesne wymagania i zapotrzebowanie rynku. Modernizacja ta powinna jednak zostać połączona z analizą występujących uszkodzeń w aspekcie bezpieczeństwa eksploatacyjnego, a przede wszystkim z weryfikacją planowanych prac naprawczych pod kątem konstrukcyjnym i ekonomicznym. W artykule tym, na podstawie badań przeprowadzonych na teranie miasta Krakowa, przedstawiono zakres występowania, rodzaj i stopień uszkodzeń, ocenę przyczyn ich powstania, a także możliwości oceny bez badań „in situ".

Abstract The buildings in the panelbuilding technologies, tens summers their exploitation, they show the sometimes considerable degree of waste, and so at present low usable value. Therefore and because of the present requirements and market demands the majority of such buildings has been already modernized or has to be modernized soon. However this modernization should be connected first of all with the verification of repair works planned in the building from the constructional and economical point of view and also with the analysis of damages in the aspect of exploitational safety. On the basis of researches conducted in Cracow the range of damages occurrence, possibilities of their estimation and also verifications of causes of of opinion without investigations "in sieve".

1. Wprowadzenie

Współczesne wymagania użytkowe i zapotrzebowanie rynku mieszkaniowego doprowadziły do podjęcia modernizacji starzejącej się substancji mieszkaniowej w istniejących budynkach prefabrykowanych. Powinna ona być realizowana zarówno w zakresie poprawy rozwiązań architektoniczno-funkcjonalnych, jak również w zakresie trwałości po docieplenia budynków. W krajach zachodnich proces ten przyjął formę programów rządowych, natomiast w Polsce został objęty wyłącznie „Rządowym programem wspierania inwestycji energooszczędnych" w zakresie docieplenia, wkomponowanym w mechanizm gospodarki rynkowej[2].

Przy planowaniu modernizacji budynków wielkopłytowych konieczne jest rozpoznanie: czy konstrukcja budynku spełnia współczesne wymagania w zakresie stanów granicznych nośności i użytkowalności, czy wykonawstwo budowlane było zgodne z założeniami projektowymi i czy nie wystąpiły istotne wady wykonawcze wpływające na bezpieczeństwo.

Budynki wielkopłytowe w Polsce projektowane i wznoszone były na podstawie doświadczeń zagranicznych i krajowych, a syntezę wiedzy w tym zakresie zawierają monografie profesora B. Lewickiego [3,4,5]. Przepisy normowe w czasie projektowania systemowego budownictwa prefabrykowanego zapewniają także obecnie bezpieczeństwo konstrukcji w zakresie stanów granicznych nośności i użytkowalności, jak również wymaganą odporność na lokalne uszkodzenia spowodowane oddziaływaniami wyjątkowymi [6,8,9]. Potwierdza to także prowadzony przez ITB od 35 lat rejestr, z którego wynika, iż liczba awarii budowlanych w budownictwie wielkopłytowym, odniesiona do liczby mieszkań zbudowanych w tej technologii nie odbiega od analogicznego stosunku awarii budynków zbudowanych w innych technologiach [9,20].

Przystępując do analizy problemu bezpieczeństwa eksploatacyjnego[1] budynków prefabrykowanych należy mieć świadomość tego, że ich stan techniczny jest zróżnicowany. Mamy bowiem do czynienia z budynkami, które są w dobrym stanie technicznym oraz z budynkami, w których występują wady budowlane obniżające ich standard użytkowania [7,11,19,20,22]. Część z nich została wykonana niezgodnie z wymaganiami projektowo-technologicznymi, które spowodowały obniżenie ich trwałości, a niekiedy doprowadziły do stanu lokalnego zagrożenia bezpieczeństwa [6,12,16,17,21]. Ilość budynków dobrych i złych jest trudna do ustalenia, a analiza badań „in situ" [11,13] wykazała, że stopień i zakres uszkodzeń zależy bezsprzecznie od jakości wykonanego montażu. Dlatego można przyjąć, że w polskich zasobach mieszkalnych z wielkiej płyty istnieją budynki bez uszkodzeń, jak również budynki o różnej (znacznej) liczbie uszkodzonych złączy.

2. Identyfikacja uszkodzeń występujących w budynkach wielkopłytowych

Uszkodzenia występujące we wszystkich typach budynków wzniesionych metodami uprzemysłowionymi można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią te, które są bardzo zbliżone lub analogiczne do uszkodzeń występujących w budownictwie tradycyjnym i występują one najczęściej w elementach wykonywanych w miejscu wbudowania (np. ścianki działowe, wyprawy tynkarskie). Z kolei do drugiej grupy należą te uszkodzenia, które wynikają ze specyfiki budownictwa uprzemysłowionego, a szczególnie z jakości produkcji i montażu elementów. Są to uszkodzenia występujące w samych elementach, oraz w obszarach ich zamocowań czyli w tzw. złączach.

Przy ocenie bezpieczeństwa konstrukcji podstawowe znaczenia ma ustalenie, czy zaistniałe uszkodzenie (najczęściej rysa) jest ustabilizowane, czy też jego natężenie wzrasta w czasie [7,10,11,14]. Analiza jego rozwoju stanowi jeden z podstawowych elementów umożliwiających zastosowanie właściwych sposobów napraw, zapewniających bezpieczeństwo i trwałość konstrukcji budynku. Ocena uszkodzenia powinna więc ustalać, czy jest ono wadą wykonawczą, czy jest to lokalne przeciążenie jednego lub kilku elementów konstrukcji. Jest ona o tyle ważna, ponieważ jej ocena pozwala na wyeliminowania nie tylko skutków, ale przede wszystkim przyczyny powstania tego uszkodzenia.

3. Charakterystyka uszkodzeń w świetle badań *in situ*

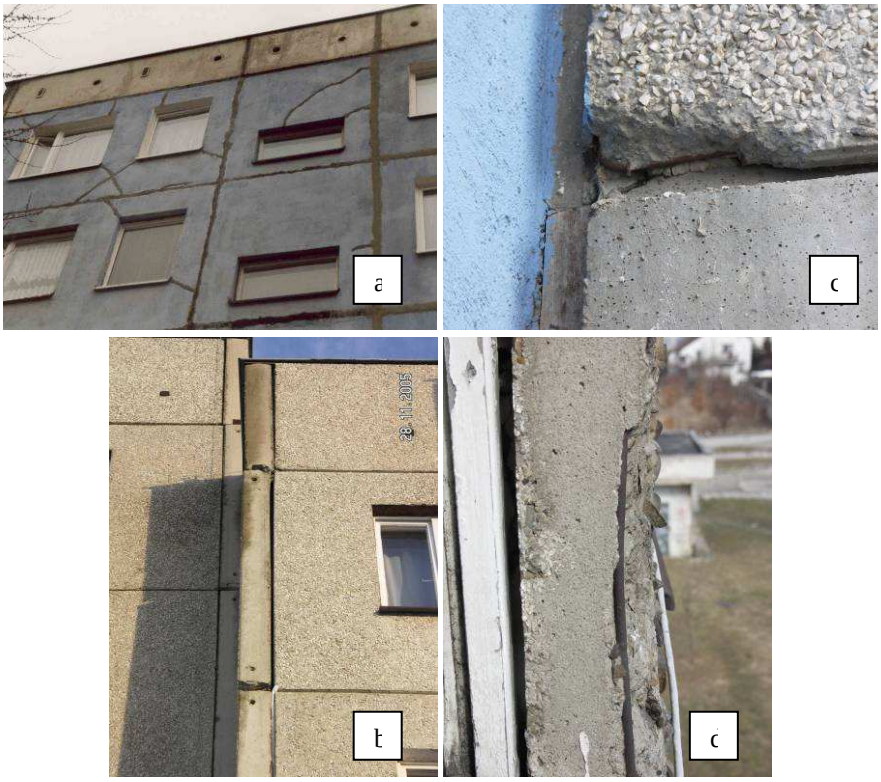
Podczas prowadzenia w latach 2003-2006 obserwacji obiektów zlokalizowanych na terenie miasta Krakowa i regionu poddano analizie wielorodzinne budynki mieszkalne wykonane w technologii wielkopłytowej. Budynki te zostały wykonane w systemach W-70 i Wk-70 w latach 1970-90, występowały w zabudowie wolnostojącej, posiadały od 4-rech do 12-tu kon-

[1] bezpieczeństwo eksploatacyjne rozumiane jako czynniki wpływające na obniżenie trwałości i standardu użytkowania budynku.

dygnacji i złożone były z jednego do sześciu oddylatowanych od siebie segmentów. Podczas badań wyodrębniono typowe uszkodzenia, których ocena i analiza pozwoliły na ustalenie prawdopodobnych przyczyn ich powstania.

Uszkodzenia występujące na zewnątrz budynku:

Do charakterystycznych uszkodzeń można zaliczyć zarysowania warstwy fakturowej, których przebieg i lokalizacja były zróżnicowane. Występowały one na powierzchni elementu, rzadziej w okolicy złącza, a ich rozwartość kształtowała się na poziomie 0,5-3,0 mm (rys. 1a). Stwierdzono także nieprawidłowe usytuowanie w płaszczyźnie elementu wskutek wadliwego montażu (rys. 1b), które najczęściej występowało jednocześnie w złączach poziomych i pionowych (tzw. „skoszenie" elementu). Przemieszczenia te kształtowały się na poziomie od 2-4 cm. Uszkodzenia elementu polegające na wykruszeniu warstwy fakturowej występowały średnio w co trzecim, bądź czwartym elemencie i najczęściej rejestrowane były na narożach płyt (rys. 1c,d). Zdarzały się także przypadki wystąpienia takich uszkodzeń w środku elementu.



Rys.1. Przykłady uszkodzeń elementów wielkopłytowych zinwentaryzowanych od zewnątrz budynku: a,c,d) uszkodzenia warstwy fakturowej, b) wychylenie płyt ***ZWS*** wskutek nieprawidłowego montażu

Uszkodzenia występujące wewnątrz budynku:

Do grupy tych uszkodzeń zakwalifikowano rysy występujące w złączach płyt ściennych i stropowych oraz na styku ściany ze stropem. W złączach pionowych występowały one na styku prefabrykatu i złącza lub w jego narożu, a lokalnie stwierdzono destrukcję samego złącza (rys. 2a-c). W górnych narożach ściany i stropu rejestrowano także uszkodzenia, które świadczyły o wadach eksploatacyjnych – zatynkowanie lub zabetonowanie szczeliny pomiędzy ścianą ***ZWO*** i stropem ***S*** (rys. 2d,e). Wszystkie te przypadki pozwalają na uogólnienie charakterystyk rys w złączach, które są skutkiem przede wszystkim wad wykonawstwa.

Rys.2. Przykłady zinwentaryzowanych uszkodzeń wewnątrz budynku: a,b,c) zarysowania i destrukcja w złączach ***ZWO-W-ZWO***, d) zarysowanie tynku w złączu ***ZWO-S-ZWO***, e) uszkodzenie wywołane wadliwą naprawą (zabetonowaniem) szczeliny pod stropem

W złączach ***ZWO-W-ZWO*** zarysowania występowały: na jednej kondygnacji, bądź też jako ciągłe na kilku kondygnacjach lub na całej wysokości budynku. Ich rozwarcie wynosiło od około 0,5 mm w poziomie parteru i zwiększała się do około 1,5 mm na ostatniej kondygnacji, a lokalnie wynosiło nawet 2-5 mm (rys. 2a-c). Rysy te w większości przypadków przebiegały w płaszczyźnie styku prefabrykatu i złącza, a także w samych złączach. Nie stwierdzono istotnej prawidłowości w występowaniu rys na wysokości jednej kondygnacji, gdyż występowały one losowo na różnych kondygnacjach. Zawsze jednak połączone one były z niedokładnym zabetonowaniem złącza, a ich nasilenie było większe w nieocieplanych budynkach.

W złączach ***ZWS-ZWO*** i ***ZWO-W-ZWS*** występujących w narożach skrajnych sekcji i w wewnętrznych narożach budynków z uskokami, zaobserwowano większą częstość występowania rys w narożach południowych, niż w narożach północnych. Najczęściej ich rozwarcia nie przekraczały 0,5 mm. Jednak w kilku przypadkach zarejestrowano rysy o rozwartości powyżej 2 mm, które są skutkiem odkształceń termicznych i wad wykonawstwa (rys. 2b).

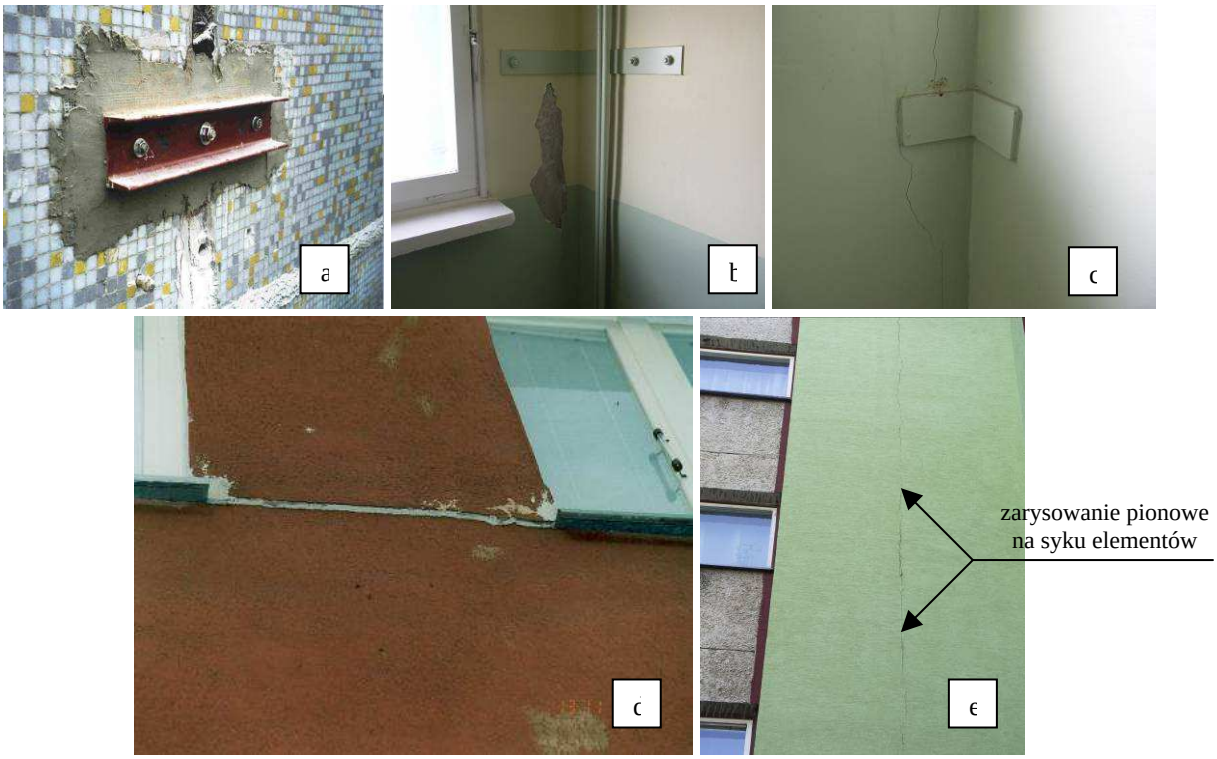
W złączach ***ZWS-ZWS*** i ***W-W*** rysy występowały z reguły na całej wysokości kondygnacji, wzdłuż obu styków złącza i prefabrykatu. Ich rozwarcia wynosiły maksymalnie 0,5 mm. W złączach tych nie stwierdzono wadliwego wykonawstwa, a morfologia rys wykazuje, że są one skutkiem odkształceń skurczowych betonu i niedostatecznej jego przyczepności w płaszczyźnie styku.

W złączach ***ZWO-S-ZWO*** pojawiające się uszkodzenia były konsekwencją przekazania obciążenia z płyty stropowej ***S*** na górną krawędź warstwy nośnej ściany ***ZWO*** (rys. 2e). W takich przypadkach szczelina między górną krawędzią ściany ***ZWO*** i dolną powierzchnią płyty stropowej ***S*** była wypełniona zaprawą cementową. Występowały również przypadki wypełnienia tej szczeliny metodą iniekcji wykonanej, w wyniku zaleceń rzeczoznawców, w celu zlikwidowania widocznych rys tynku wzdłuż styku ściany ***ZWO*** ze stropem (rys.2 d). Niestety efekt takiego postępowania był odmienny od oczekiwanego.

4. Spotykane działania naprawcze

Na podstawie badań własnych autorów oraz opisywanych w literaturze przedmiotu [8,10,11,12,14,15,18] w większości przypadków prace naprawcze ograniczają się do drobnych poprawek podczas remontów bieżących, ale incydentalnie istnieje konieczność poważniejszych napraw związanych z wadami wykonawczymi. Wszystkie one powinny być poprzedzone oceną dokonaną przez osoby posiadające do tego odpowiednie kwalifikacje z uwzględnieniem specyfiki konstrukcji systemu wielkopłytowego. Istotne jest to szczególnie w momencie zastosowania nowych materiałów i technologii remontowo-naprawczych.

Prowadzona ocena stanu technicznego budynków wielkopłytowych ujawniła liczne próby napraw uszkodzeń w złączach (rys. 3a-c). Niestety niektóre zbadane sposoby napraw wskazują, iż zostały one wykonane bez znajomości specyfiki konstrukcji budynków wielkopłytowych, jak również świadczą o podstawowych błędach technicznych (rys. 3b,c). W konsekwencji nie przyniosły one oczekiwanych rezultatów, a jedynie podniosły koszty remontów poprzez konieczność wykonania kolejnych napraw. Przemieszczenia w złączach mogą prowadzić również do uszkodzenia ocieplenia (rys. 3d,e).

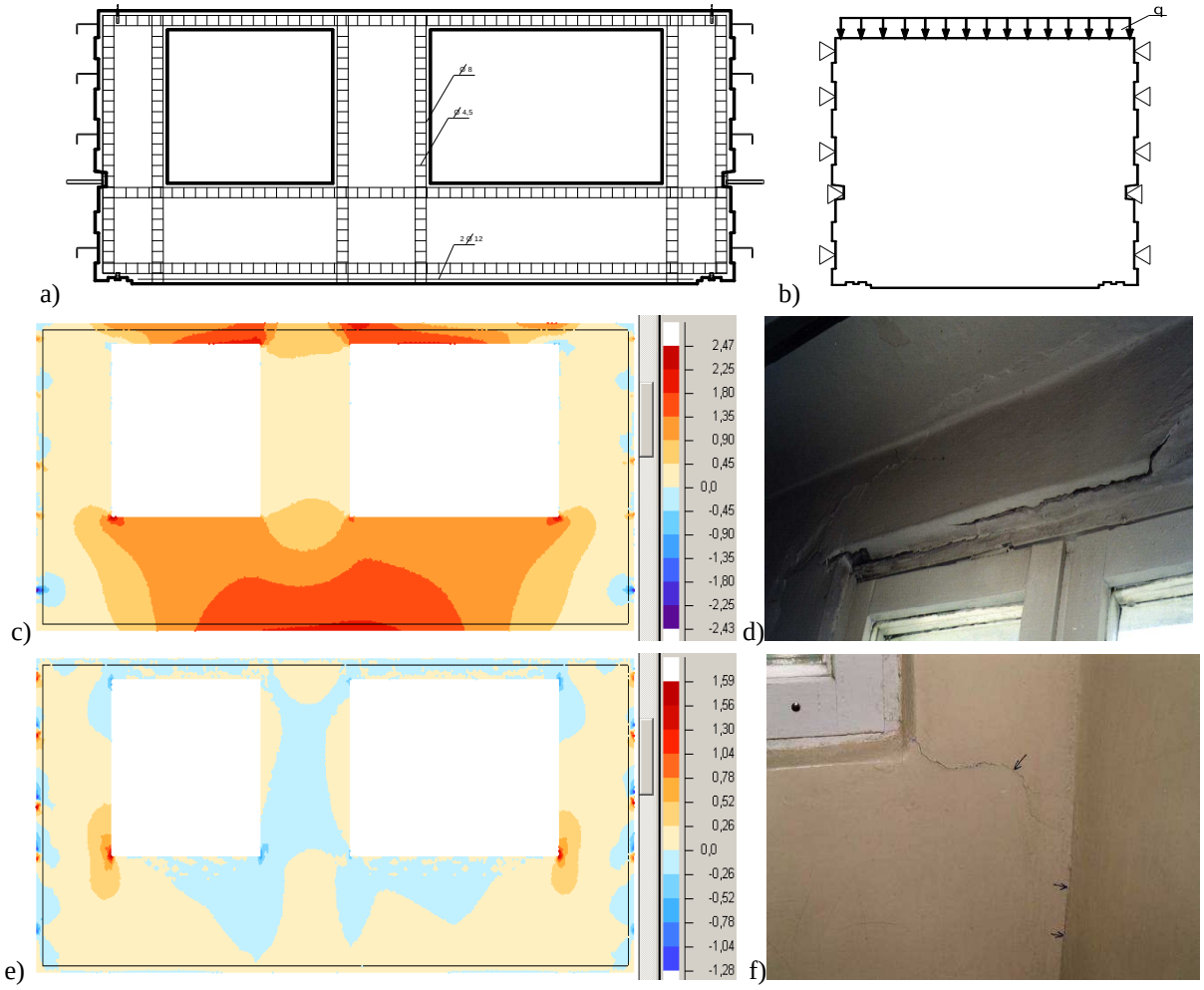


Rys.3. Przykłady napraw uszkodzeń: a-c) zinwentaryzowane sposoby wzmocnienia złącz ***ZWO-W-ZWO***, d,e) uszkodzenia ocieplenia BSO wskutek przemieszczeń w złączach

5. Analizy numeryczne

Przeprowadzona inwentaryzacja uszkodzeń w złączach umożliwiła wyselekcjonowanie wad wykonawczo-montażowych, które można uwzględnić przy modelowaniu warunków brzegowych dla ściennych elementów wielkopłytowych ***ZWO***. Przy doborze schematów wykorzystano zarówno literaturę przedmiotu [10,12,16,17,18,20], jak również dane zebrane podczas prowadzonych badań. W modelowaniu pracy elementu uwzględniono zarówno wady wykonawcze jak i sposoby jego napraw i wzmocnień.

Na rysunku 4 przedstawiono przykład wyników analizy numerycznej elementu warstwowej ściany ***ZWO***. W przyjętym modelu obliczeniowym założono warunki brzegowe uwzględniające zbadane wady wykonawcze (brak wieńca) oraz eksploatacyjne (dodatkowe obciążenie spowodowane obciążeniem stałym i użytkowym wskutek wykonania iniekcji szczeliny dylatacyjnej pod stropem).



Rys.4. Przykład modelowania elementu ***ZWO*** o rozpiętości 600 cm obciążonego dodatkowo reakcją od stropu przekazywaną na wolną krawędź elementu w przypadku zabetonowania szczeliny dylatacyjnej pod stropem: a) układ zbrojenia, b) przyjęty schemat statyczny warstwy nośnej - oddylatowanie złącz pionowych oraz brak wypełnienia betonem złącza poziomego (brak podparcia dolnej krawędzi elementu), c) mapa maksymalnych naprężeń na kierunku poziomym d) przykładowe uszkodzenia e)mapa maksymalnych naprężeń na kierunku pionowym, f) przykładowe uszkodzenia

Wyniki analiz numerycznych podanego przykładu oraz innych badanych przypadków wskazują, że stan obliczonych maksymalnych naprężeń zadowalająco odwzorowuje obszary zinwentaryzowanych uszkodzeń (rys. 4d,e).

Można zatem oczekiwać, że taki sposób podejścia umożliwi identyfikację wad wykonawczych tylko na podstawie inwentaryzacji makroskopowej uszkodzeń, bez konieczności wykonywania badań odkrywkowych.

W zamierzeniach autorów jest opracowanie zasad, które pozwolą na ustalenie przyczyn powstawania uszkodzeń, bez konieczności działań inwazyjnych w mieszkaniach, a jednocześnie umożliwią one zastosowanie właściwych sposobów napraw i wzmocnień.

6. Podsumowanie

Przedstawiona charakterystyka uszkodzeń ilustruje zakres i jakościowy problem uszkodzeń występujących w budynkach wielkopłytowych.

Rysy o niewielkiej rozwartości (do 0,5 mm) występujące w złączach i poza złączami są charakterystyczne w budynkach prefabrykowanych i jeżeli są one ustabilizowane, to nie wymagają nagłych napraw, a mogą one być zlikwidowane w czasie okresowej konserwacji. Rysy o większych rozwarciach (> 0,5 mm) na ogół sygnalizują przeciążenie elementów i wymagają napraw.

Inwentaryzacja uszkodzeń wewnątrz budynku, prowadzona przez autorów wskazuje, że identyfikacja stanu technicznego budynku powinny obejmować nie tylko stan zachowania warstwy fakturowej ścian zewnętrznych, jak to przewidują instrukcje ITB [23,24], ale również stan ich warstwy nośnej, a przede wszystkim złączy.

Autorzy artykułu wskazują na konieczność stworzenia numerycznej metody identyfikacji przyczyn występujących uszkodzeń, która w znacznym stopniu może ograniczać inwazyjne metody badań. Pozwoli ona jednocześnie na dokonywanie oceny rodzaju uszkodzeń w badanych złączach, a w konsekwencji na dobór odpowiednich sposobów napraw i wzmocnień zapewniających bezpieczeństwo i trwałość budynku.

Omawiana tematyka ujawniła również potrzebę ujednolicenia zasad oceny stanu technicznego oraz inwentaryzacji budynków wielkopłytowych. Stworzenie jednolitej metody do diagnozowania uszkodzeń pojawiających się przede wszystkim wewnątrz budynków pozwoliłoby również na eliminacje podstawowych błędów popełnianych już na etapie projektowania napraw i wzmocnień.

Literatura

1. Brunarski L. A., Wierzbicki St. M. (red.): Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle ich aktualnego stanu, Konferencja Naukowo-Techniczna ITB, Mrągowo 1999.
2. Dębowski J.: Budynki wielkopłytowe. Potrzeba wczoraj – problemem jutra, VI Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy projektowe w kontekście nowych technologii budowlanych”, Kraków 2005.
3. Lewicki B.: Budynki mieszkalne z prefabrykatów wielkowymiarowych, Arkady, Warszawa 1964.
4. Lewicki B. i współautorzy: Budynki wznoszone metodami uprzemysłowionymi, Arkady, Warszawa 1979.
5. Lewicki B.: Konstrukcje budynków z prefabrykatów wielkopłytowych zasady projektowania z przykładami obliczeń, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy, Warszawa 1993.
6. Lewicki B.: Bezpieczeństwo konstrukcji istniejących budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo 3/2000.
7. Lewicki B.: Rysy w ścianach i stropach budynków wielkopłytowych, Prace Instytutu Techniki Budowlanej, Kwartalnik nr 2-3, Warszawa 2000.
8. Lewicki B.: Metodyka oceny stanu technicznego konstrukcji budynków wielkopłytowych, Instrukcja 371/2002.
9. 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, Konferencja Naukowo-Techniczna ITB, Mrągowo 1999.

10. Ligęza W., Płachecki M.: Analiza uszkodzeń i możliwości wzmacniania budynków wielkopłytowych, V konferencja „Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego”, Kielce-Ameliówka 1999.
11. Ligęza W., Płachecki M.: Uszkodzenia złączy w ścianach osłonowych budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo 4-5/2000.
12. Ligęza W., Płachecki M.: Stan zagrożenia i jego likwidacja w konstrukcji budynku wielkopłytowego, Inżynieria i Budownictwo 5/2001.
13. Ligęza W., Płachecki M.: Stan techniczny konstrukcji budynków wielkopłytowych a ich termomodernizacja, w: Budownictwo i Inżynieria Środowiska 32, Zeszyty Naukowe Nr 235, ATR w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2001.
14. Ligęza W.: Naprawa i wzmacnianie budynków z wielkiej płyty, XXI Ogólnopolska Konferencja „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, t. II, Ustroń 2006.
15. Ligęza W., Dębowski J.: Termorenowacja budynków wielkopłytowych w świetle ich aktualnego stanu konstrukcji, Czasopismo Techniczne, Budownictwo z.5-B/2006.
16. Orłowski Z., Stackiewicz R.: Błędy wykonawcze przyczyną awarii budynku mieszkalnego, Konferencja Naukowo-Techniczna „Technologia w budownictwie”, Wrocław–Polanica Zdrój 1996.
17. Pająk Z., Jóźwiak I. Buczek T.: Awaryjny stan konstrukcji budynków systemu W-70, Przegląd Budowlany 3/1994.
18. Płachecki M., Ślaga T.: Analiza uszkodzeń ścian osłonowych w budynkach wielkopłytowych systemu W-70 z uwzględnieniem wad wykonawstwa, niepublikowane prace Zakładu Konstrukcji Żelbetowych IMiKB Politechniki Krakowskiej, Kraków 2001.
19. Płoński Wł.: Problemy trwałości i termomodernizacji budynków wielkopłytowych, Przegląd Budowlany 6/1998.
20. Runkiewicz Wł.: Błędy i uszkodzenia w budownictwie wielkopłytowym, w: Błędy i uszkodzenia budowlane oraz ich usuwanie, WEKA, Warszawa 2000.
21. Ruppert J., Ligęza W.: Awarie konstrukcji budynków realizowanych w systemie Wk-70, Inżynieria i Budownictwo 1/1978.
22. Starosolski Wł.: Wady przegród zewnętrznych budynków (orzeczenia techniczne), Przegląd Budowlany 3/1994.
23. Ściślewski Z., Woyzbun I., Wójtowicz M.: Badania i ocena betonowych płyt warstwowych w budynkach mieszkalnych, Instrukcja ITB 360/99.
24. Woyzbun I., Wójtowicz M., Konieczny K.: Metodyka oceny stanu technicznego wielkopłytowych warstwowych ścian zewnętrznych. Dodatkowe połączenia warstwy fakturowej z warstwą konstrukcyjną wielkopłytowych ścian zewnętrznych, Instrukcja ITB 374/2002.