



USZKODZENIA ŚCIAN KONSTRUKCYJNYCH WIELORODZINNEGO BUDYNKU MIESZKALNEGO SPOWODOWANE BŁĘDAMI PROJEKTOWYMI I WYKONAWCZYMI

MACIEJ NIEDOSTATKIEWICZ, *mniedost@pg.gda.pl*

TOMASZ MAJEWSKI

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

Streszczenie: W artykule przedstawiono opis usterek i uszkodzeń wewnętrznych przegród pionowych wielorodzinnego budynku mieszkalnego, które powstały w wyniku popełnionych błędów projektowych oraz wykonawczych. W pracy przedstawiono koncepcje rozwiązania projektowego remontu ścian w celu doprowadzenia ich do właściwego stanu technicznego.

Słowa kluczowe: ściany konstrukcyjne, zbrojenie przeciwskurczowe, zbrojenie rozproszone, zarysowania, pęknięcia, naprawa.

1. Wstęp

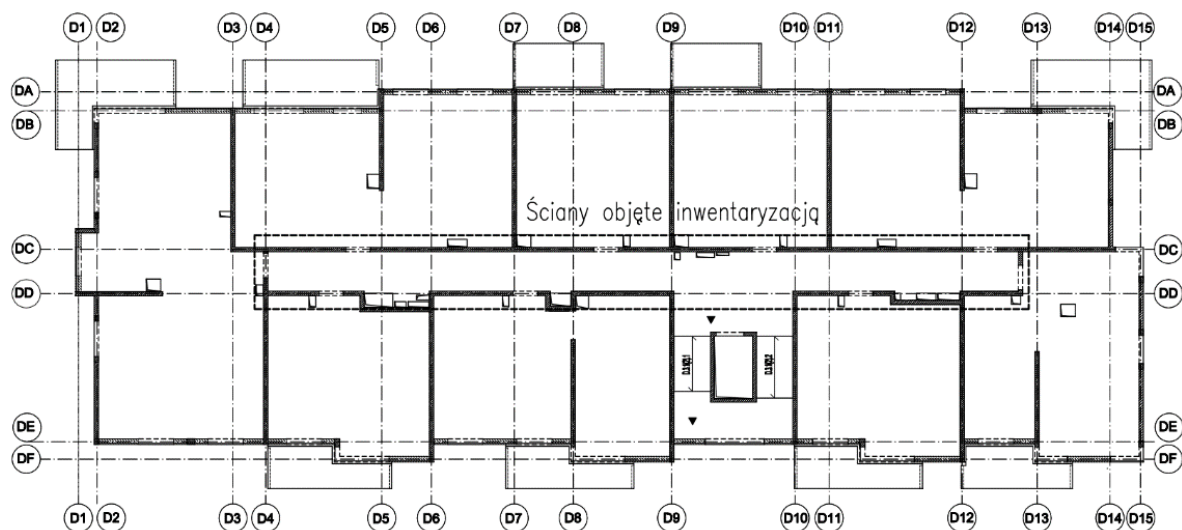
Elementami wpływającymi na stan techniczny obiektu budowlanego są jakość dokumentacji projektowej, sposób realizacji oraz jego eksploatacji. Błędy projektowe oraz wykonawcze mają zdecydowanie największy wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji, jak również bezpieczeństwo użytkowania obiektu [1–4,6]. Usuwanie usterek w zamieszkałych budynkach wielorodzinnych jest szczególnie trudne z uwagi na fakt, że budynki te są najczęściej cały czas eksploatowane, a mieszkania i części wspólne są bardzo często wykończone w sposób wysoko-standardowy [2, 4, 5, 7]. Dlatego też każda decyzja o przeprowadzeniu prac remontowych w budynkach już zamieszkałych pociąga za sobą nie tylko bardzo duże koszty finansowe, ale skutkuje również powstaniem istotnych utrudnień eksploatacyjnych [5–7]. Celem artykułu jest przedstawienie wpływu popełnionych błędów projektowych i wykonawczych, które skumulowane, po krótkim okresie użytkowania budynku doprowadziły do powstania bardzo istotnych uciążliwości eksploatacyjnych. W artykule przedstawiono również zaproponowane rozwiązanie usunięcia występujących usterek i uszkodzeń wewnętrznych przegród pionowych.

2. Dane ogólne

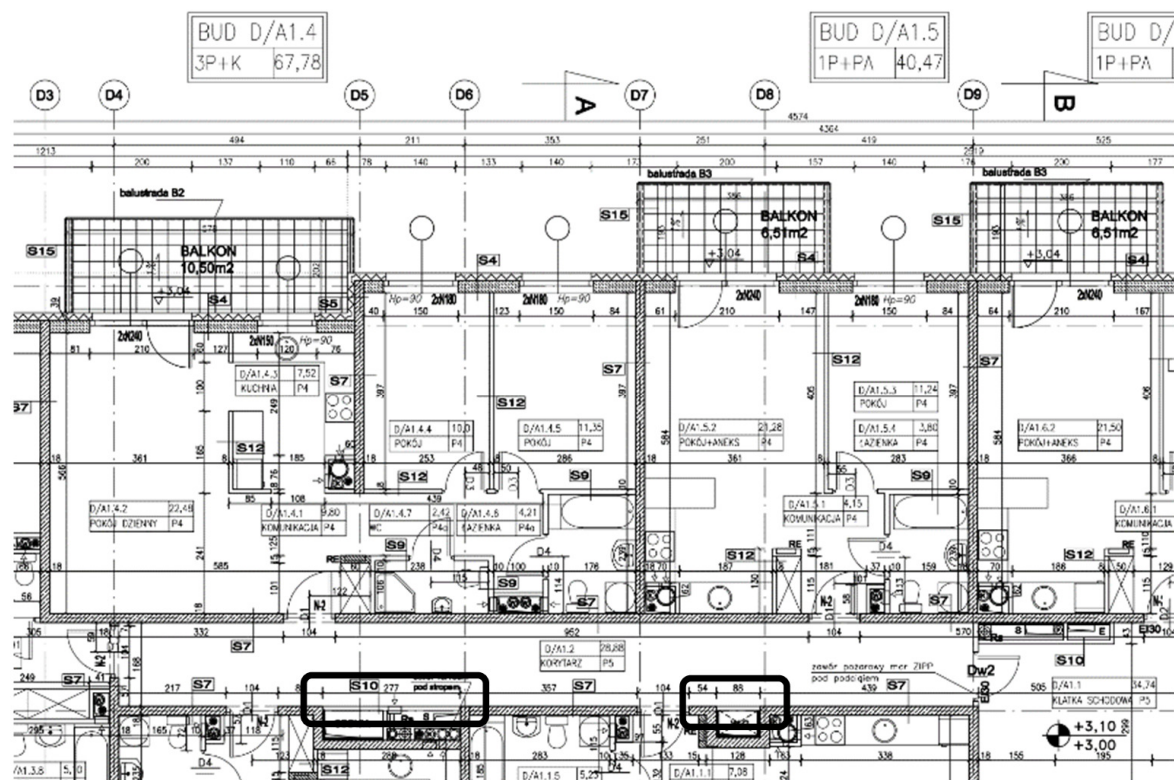
Wielorodzinny budynek mieszkalny zbudowany został w ramach inwestycji developerskiej na podstawie indywidualnie opracowanej dokumentacji projektowej jako element powstającego osiedla mieszkaniowego. Budynek zrealizowany został jako 5. kondygnacyjny: podziemna hala garażowa z wjazdem z poziomu terenu, parter, I, II oraz III piętro. Ustrój nośny budynku stanowiły ściany oraz stropy żelbetowe.

Podłużne ściany wewnętrzne w poziomie parteru (wzdłuż korytarzy komunikacyjnych w osiach DC i DD, pomiędzy osiami D1 i D15 pokazane na rys. 1) zaprojektowane zostały jako żelbetowe, monolityczne o grubości 20 cm z betonu klasy C25/30 ($f_{cd} = 16,7$ MPa), zbrojone dwoma siatkami o oczkach 20×20 cm z prętów $\varnothing 12$ mm ze stali klasy A-III N znaku RB500W ($f_{yd} = 420$ MPa). Prostopadłe do nich ściany konstrukcyjne pomiędzy poszczególnymi lokalami mieszkalnymi również zaprojektowane zostały jako ściany żelbetowe, monolityczne o grubości

20 cm. Ściany wewnętrzne pozostałych kondygnacji nadziemnych (w poziomie I, II oraz III piętra) zaprojektowane zostały jako fibrobetonowe o grubości 18 cm (rys. 1), podobnie jak ściany konstrukcyjne pomiędzy poszczególnymi lokalami mieszkalnymi (rys. 2).



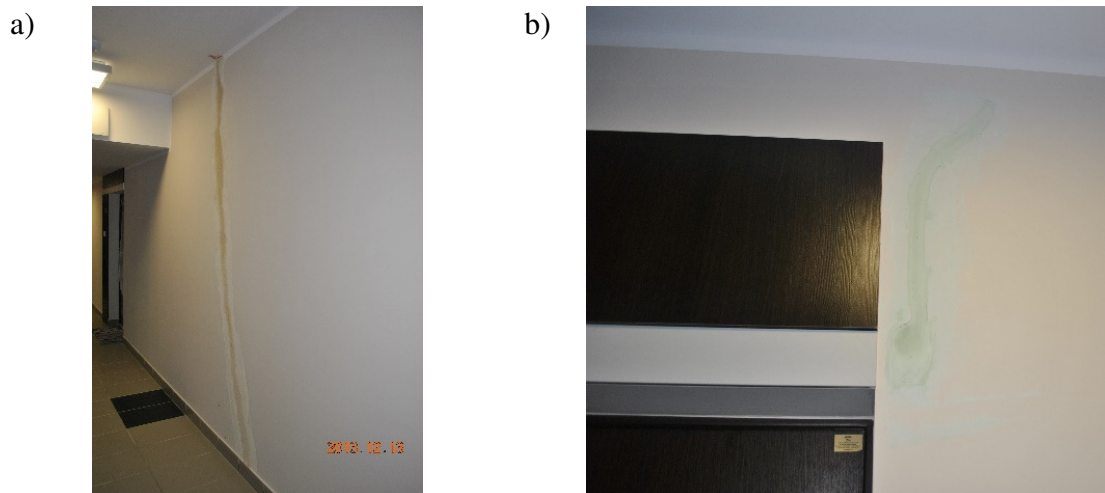
Rys. 1. Układ osi konstrukcyjnych w poziomie I piętra wielorodzinnego budynku mieszkalnego



12 cm, według rozwiązań technologii *BSO (Bezspoinowy System Ocieplania)*. Ściany działowe wykonane zostały jako murowane z betonu komórkowego odmiany O600, na zaprawie M2 oraz z płyt g-k i dyli gipsowych. Stropy między kondygnacyjne zaprojektowano jako płyty żelbetowe, monolityczne, krzyżowo-zbrojone, z betonu klasy C20/25, zbrojonego stalą klasy A-IIIIN znaku RB 500 W. Stropodach zaprojektowano jako niewentylowany.

3. Opis usterek i uszkodzeń wewnętrznych ścian konstrukcyjnych

Po upływie ≈ 6 miesięcy od rozpoczęcia eksploatacji budynku na podłużnych ścianach korytarzy komunikacyjnych budynku zaobserwowano zarysowania-pionowe oraz zbliżone do pionowych. Pomierzona szerokość rozwarcia rys (0,1–0,7 mm) nie ulegała istotnym zmianom na przestrzeni czasu-była w praktyce stała. Rozstaw zarysowań był regularny (podobny na obu podłużnych ścianach korytarzy komunikacyjnych) i wynosił od 180 do 660 cm. Zarysowania występowały w grubości okładziny szpachlarskiej i przenosiły się na konstrukcje ścian. Znaczna część stwierdzonych uszkodzeń była rysami wskrośnymi ($\sim 80\%$), które były widoczne od strony lokali mieszkalnych jako zarysowania o szerokości rozwarcia od włoskowatych do 0,4 mm. W ramach bieżących prac remontowych część rys widocznych od strony korytarzy została naprawiona przy pomocy klasycznych metod szpachlarsko-malarskich (rys. 3a), jednak skuteczność wykonanych prac była znikoma. Na powierzchni ścian pojawiły się nowe rysy, w bezpośrednim sąsiedztwie rys już naprawionych (rys. 3b).



Rys. 3. Przykładowe usterki ścian wewnętrznych w widoku od strony korytarza komunikacyjnego w poziomie II piętra wielorodzinnego budynku mieszkalnego: a) w środku ściany, b) w okolicy otworu drzwiowego

4. Analiza stanu technicznego wewnętrznych ścian konstrukcyjnych

Zgodnie z określeniami przyjętymi w dokumentacji projektowej jako fibrobeton należy rozumieć beton zbrojony włóknami polipropylenowymi – taka nomenklatura została przyjęta w dokumentacji projektowej.

Dokumentacja projektowa obarczona była rozbieżnościami, w tym również w odniesieniu do rozwiązań w zakresie konstrukcji przegród wewnętrznych.

Opis techniczny do projektu budowlanego branży architektonicznej przewidywał zastosowanie następujących rozwiązań w zakresie konstrukcji ścian wewnętrznych (wzdłuż korytarzy komunikacyjnych): a) garaż: żelbetowe, monolityczne o grubości 20 cm z betonu C20/25

i C25/30, zbrojone stalą klasy A-IIIIN, b) parter: żelbetowe, monolityczne o grubości 20 cm z betonu C25/30, zbrojone stalą A-IIIIN, c) I, II, III piętro: fibrobetonowe o grubości 18 cm (bez podania klasy wytrzymałości).

W opisie technicznym do projektu budowlanego branży konstrukcyjnej przewidziano zastosowanie następujących rozwiązań ścian wewnętrznych (wzdłuż korytarzy komunikacyjnych): a) garaż: żelbetowe, monolityczne o grubości 20 cm i 30 cm z betonu C20/25 i C25/30, zbrojone stalą A-IIIIN, b) parter: żelbetowe, monolityczne o grubości 20 cm z betonu C25/30, zbrojone stalą A-IIIIN, c) I, II, III piętro: fibrobetonowe o grubości 18 cm z betonu C20/25.

Podstawowa dokumentacja projektowa zawierała szczegóły (rysunki konstrukcyjne) połączenia ścian podłużnych korytarzy komunikacyjnych ze ścianami prostopadłymi rozdzielającymi lokale mieszkalne w poziomie parteru. Przyjęty sposób łączenia zbrojenia w sąsiednich (prostopadłych do siebie) ścianach, polegający na zastosowaniu tzw. szpilek zszywających, można było uznać za poprawny, zgodny z rozwiązaniami przyjętymi w praktyce inżynierskiej. Brak było widocznych uszkodzeń w postaci zarysowań ścian w narożnikach (miejscu ich prostopadłego względem siebie łączenia), co świadczyło o prawidłowości przyjętych rozwiązań.

Na podstawie analizy receptur betonu, przewidzianego do wbudowania w poziomie kondygnacji parteru można było stwierdzić, że na ich podstawie możliwe było wyprodukowanie betonu o założonej klasie wytrzymałości C20/25. W celu sprawdzenia wytrzymałości betonu na ściskanie wykonano odwierty rdzeniowe w ścianach klatek schodowych zaprojektowanych z fibrobetonu (dwóch ostatnich kondygnacji). Z pobranych rdzeni przygotowano próbki do badań. Otrzymane wyniki wytrzymałości betonu na ściskanie pozwoliły stwierdzić, że w ściany podłużne korytarzy w osi DC i DD, pomiędzy osiami D1 i D15 wbudowany został beton spełniający wymagania klasy B25 według zaleceń normy [14] oraz klasy C20/25 według zaleceń normy [15]. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że wbudowany beton spełniał wymagania założone w dokumentacji projektowej dla projektowanej klasy C20/25. W pobranych próbkach betonu stwierdzono obecność włókien polipropylenowych.

W dokumentacji projektowej w części odnoszącej się dla ścian w poziomie I, II oraz III piętra nie zamieszczono zapisów dotyczących szczegółowych (ilościowych) zaleceń odnośnie aplikacji włókien polipropylenowych do betonu (zalecanej ilości włókien w kg dozowanych na 1 m³ mieszanki betonowej).

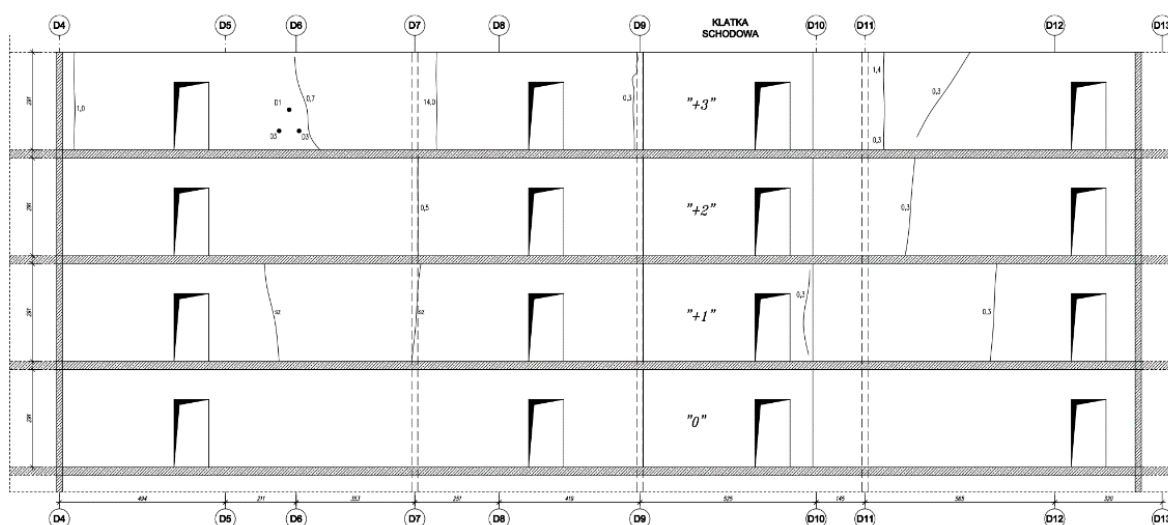
Uznani producenci włókien polipropylenowych w kartach materiałowych deklarują zalecaną lub maksymalną zawartość włókien w 1 m³ świeżej mieszanki betonowej równą ~1,0 kg na 1 m³ mieszanki. Na podstawie udostępnionych materiałów stwierdzono, że wbudowany w przedmiotowe ściany beton zawierał 0,9 kg włókien w 1 m³ mieszanki betonowej, co jest zgodne z zaleceniami producentów włókien polipropylenowych.

Należy jednak zauważyć, że włókna polipropylenowe z uwagi na swoją niewielką sztywność i wytrzymałość na rozciąganie zabezpieczają beton jedynie przed pojawieniem się rys wywołanych skurczem plastycznym (powstającym w początkowym okresie dojrzewania betonu), natomiast nie zabezpieczają przed rysami powstającymi w okresie późniejszym, tzn. gdy beton osiągnie wytrzymałość na rozciąganie lub sztywność większą niż dodane włókna. Na tym etapie dojrzewania betonu wpływ włókien staje się już pomijalny rys. 5 [8–9].

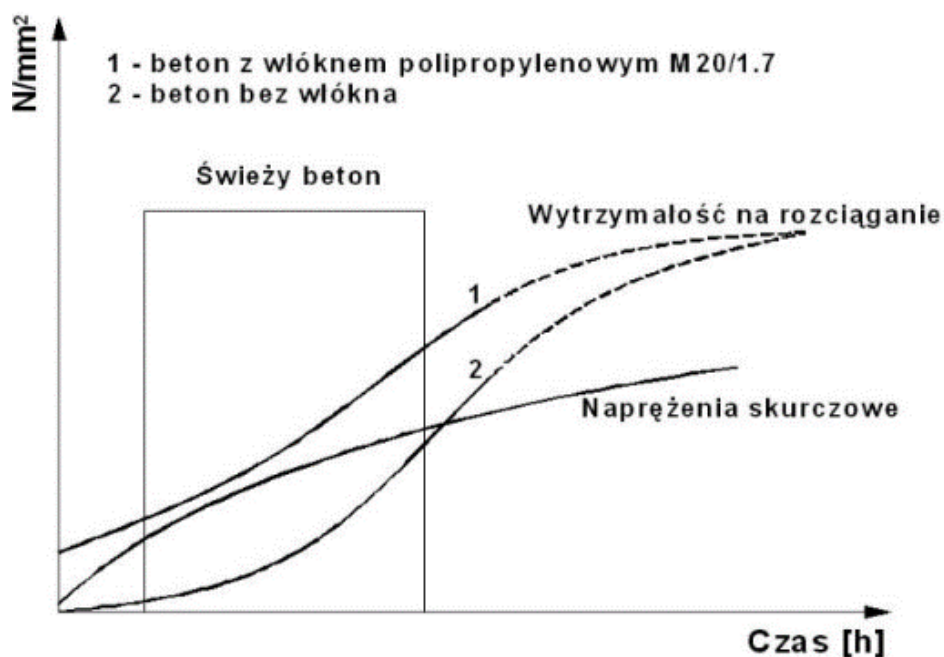
Średni pomierzony rozstaw rys na ścianach korytarzy komunikacyjnych wykonanych z fibrobetonu wynosił od ~3,0 m do 6,5 m (rys. 4). Stwierdzono również rysy na styku różnych materiałów (betonu oraz dyli gipsowych) w miejscu lokalizacji pionów instalacyjnych (rys. 2).

W literaturze technicznej [11–13] oraz normie [16 pkt 6.2] zaleca się w ścianach monolitycznych zastosowanie zbrojenia przeciwskurczowego w odpowiedniej ilości i w zadanych miejscach. Ilość oraz rozmieszczenie zbrojenia przeciwskurczowego uzależniona jest od wymiarów (masywności) elementu oraz jego geometrii, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zbrojenie nadproży, miejsc zmiany grubości oraz otworów. W tab. 29 normy [16] podane

zostały maksymalne odległości między przerwami dylatacyjnymi w budynku, które dla ścian wewnętrznych w budynkach wielokondygnacyjnych wynoszą 30 m. Długość części nadziemnych (kondygnacji powyżej poziomu terenu) analizowanego budynku wynosiła 45,44 m, a długość ścian korytarza 37,65 m (ściany w osiach DC i DD)-tak więc budynek nie spełniał zaleceń normy [16] pod względem dopuszczalnego, maksymalnego rozstawu dylatacji pionowych z uwagi na warunek zwalniający i konieczne było przeprowadzenie szczegółowej analizy wpływu skurczu na wyężenie ścian. Norma [16] pozwala na wykonywanie elementów betonowych dłuższych niż określone w tab. 29 bez zbrojenia przeciwskurczowego pod warunkiem wykonania szczegółowych obliczeń termiczno-skurczowych uwzględniających wpływ skurczu na naprężenia w analizowanych elementach. Dokumentacja projektowa nie zawierała takich obliczeń dla ścian objętych analizą.



Rys. 4. Kład ściany w osi D-C, pomiędzy osiami D4-D13 z pokazaniem uproszczonej inwentaryzacji usterek ściany w wielorodzinnym budynku mieszkalnym



Rys. 5. Rola włókien polipropylenowych w procesie dojrzewania betonu w funkcji czasu [8]

Według zaleceń sformułowanych w [12] ściany betonowe i słabo zbrojone należy dobroić w miejscach wrażliwych na zarysowanie w celu przeciwdziałania nadmiernemu rozwarciu rys – takiego sposobu rozmieszczenia zbrojenia w ścianach w udostępnionej dokumentacji projektowej nie stwierdzono.

Również w [13] i [17] podano zalecenia dotyczące sposobu konstruowania i doboru ilości zbrojenia niezbędnego w ścianach betonowych z uwagi na ograniczenie szerokości rozwarcia rys skurczowych. Zalecenia te nie zostały uwzględnione w udostępnionej dokumentacji projektowej.

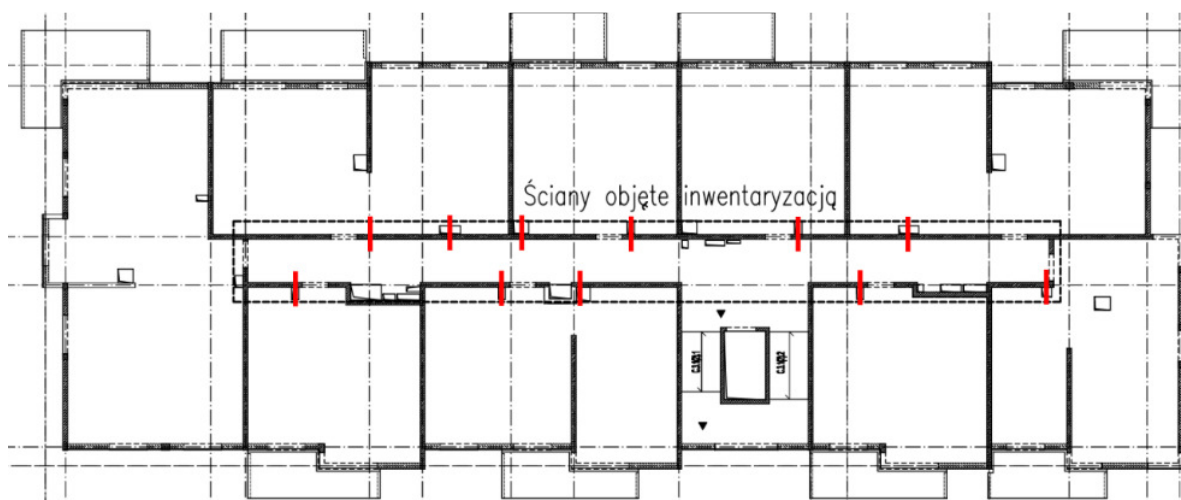
W miejscach połączenia prostopadłych do siebie ścian konstrukcyjnych, w widoku od strony korytarzy komunikacyjnych widoczne były uszkodzenia w postaci zarysowań ścian w miejscu ich łączenia, co było zgodne z oczekiwaniami ponieważ w tych miejscach następowała koncentracja naprężeń skurczowych w związku ze skokową zmianą sztywności przekroju (rys. 1 i 4).

W miejscach styku ścian wykonanych z różnych materiałów (betonu, cegły silikatowej oraz dyli gipsowych – rys. 2) w poziomie I, II oraz III piętra występowały pionowe zarysowania, które powstały jako następstwo braku lub niedostatecznej ilości łączników umożliwiających kompensację odkształceń wywołanych różną odkształcalnością łączonych materiałów. W miejscach tych powstały samoistne dylatacje przegród pionowych. Należy zauważyć, że dokumentacja projektowa, zarówno branży konstrukcyjnej jak również architektonicznej nie uwzględniała konieczności wykonania dylatacji w miejscu łączenia materiałów.

5. Koncepcja rozwiązania projektowego usunięcia uszkodzeń wewnętrznych ścian konstrukcyjnych

Uwzględniając stan techniczny wewnętrznych przegród pionowych zaproponowany został następujący sposób ich naprawy: a) na ścianach wykonanych z fibrobetonu od strony korytarzy komunikacyjnych w poziomie I, II oraz III piętra usunięcie wyprawy tynkarskiej na szerokości ≈ 30 cm (po ≈ 15 cm z każdej strony rysy), b) oczyszczenie oraz uszczelnienie istniejących rys stosując metodę iniekcji oraz żywicę o wysokiej elastyczności, c) po wykonaniu iniekcji naklejenie, wzdłuż rys, siatki elewacyjnej z tworzywa sztucznego spełniającej wymagania dla siatek stosowanych w technologii *BSO (Bezspoinowy System Ocieplania)*, zgodnie z wymaganiami określonymi w [18] – szerokość wklejonej siatki powinna wynosić ≈ 40 cm (po ≈ 20 cm z każdej strony rysy), d) odtworzenie wyprawy tynkarskiej, gładzi szpachlarskich oraz ochronnych powłok malarskich od strony korytarzy komunikacyjnych na fragmentach ścian wykonanych jako fibrobetonowe, e) ewentualna wymiana części cokołów przyściennych wykonanych z płytek typu gres które mogą ulec uszkodzeniu w czasie ich demontażu w celu wykonania iniekcji rys i pęknięć, f) w miejscu styku ścian wykonanych z fibrobetonu z fragmentami ścian wykonanymi z elementów drobnowymiarowych od strony korytarzy komunikacyjnych, w poziomie I, II oraz III piętra usunięcie wyprawy tynkarskiej na szerokości ≈ 10 cm (po ≈ 5 cm z każdej strony rysy), g) oczyszczenie oraz usunięcie pozostałości materiału stanowiącego dylatację, h) odtworzenie wypełnienia przy pomocy wysokorozprężnej pianki poliuretanowej, i) odtworzenie wyprawy tynkarskiej wzdłuż dylatacji oraz wykonanie nacięcia w świeżej wyprawie tynkarskiej które należało wypełnić docelowo materiałem trwaleplastycznym, j) odtworzenie gładzi szpachlarskich oraz ochronnych powłok malarskich w miejscach wykonanych napraw szczelin dylatacyjnych [10].

W celu ograniczenia możliwości ponownego pojawienia się zarysowań ścian korytarzy komunikacyjnych zaproponowano wykonanie nowych, w ustalonych lokalizacjach, dylatacji ścian konstrukcyjnych z fibrobetonu poprzez ich nacięcie piłą diamentową oraz wypełnienie materiałem trwaleplastycznym (rys. 6).



Rys. 6. Zaproponowana lokalizacja nowych dylatacji ścian konstrukcyjnych w osiach DC i DD, pomiędzy osiami D1-D15 w poziomie I piętra wielorodzinnego budynku mieszkalnego (nowoprojektowane dylatacje oznaczono kreskami pionowymi, prostopadłymi do ścian w osiach DC i DD)

6. Wnioski

Bezpośrednią przyczyną usterek i uszkodzeń w postaci pęknięć i zarysowań ścian korytarzy komunikacyjnych w poziomie I, II oraz III piętra było zjawisko skurczu betonu w ścianach stanowiących podpory dla stropów międzykondygnacyjnych.

Brak zbrojenia przeciwskurczowego w postaci prętów zbrojenia miękkiego oraz brak dylatacji na długości budynku były następstwem błędów w dokumentacji projektowej skutkującym zarysowaniem ścian betonowych zbrojonych włóknami. W celu ograniczenia wpływu skurczu betonu należało zastosować włókna stalowe o odpowiedniej ilości wynikającej z obliczeń lub zastosować zbrojenie miękkie tak jak na niższych kondygnacjach lub zastosować dylatację ścian na długości.

Zarysowania występujące na kondygnacjach nadziemnych w poziomie I, II oraz III piętra w miejscu styku ścian wykonanych z betonu zbrojonego włóknami z fragmentami ścian wykonanych z elementów drobnowymiarowych były następstwem nie oznaczenia sposobu wykonania styku pomiędzy elementami o zróżnicowanych właściwościach, co stanowiło wadę projektu.

W wielorodzinnym budynku mieszkalnym ściany konstrukcyjne w poziomie parteru zaprojektowane zostały w sposób poprawny z uwagi na ilość oraz kształt zbrojenia, w szczególności ilość zbrojenia poziomego (przeciwskurczowego). Skład mieszanki betonowej wbudowanej w ściany umożliwił uzyskanie betonu o parametrach technicznych założonych w dokumentacji projektowej.

Stwierdzone usterki i uszkodzenia ścian podłużnych korytarzy komunikacyjnych nie stwarzały bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji oraz bezpieczeństwa użytkowania budynku. Miały jednak wpływ na obniżenie walorów estetycznych budynku jako całości oraz wpływały negatywnie na komfort użytkowania lokali mieszkalnych.

Występujące uszkodzenia ścian nie wymagały podjęcia działań naprawczych w trybie natychmiastowym, wymagały jednak podjęcia czynności mających za zadanie ich docelowe usunięcie.

Literatura

1. Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J. *Awarie konstrukcji betonowych i murowych*, Arkady, 1982.
2. Runkiewicz L. *Diagnostyka i wzmacnianie konstrukcji żelbetowych*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 1999.

3. Ściślewski Z. Ochrona konstrukcji żelbetowych, Arkady, Warszawa 1999.
4. Masłowski E., Spiżewska D. Wzmacnianie konstrukcji budowlanych, Arkady, 2000.
5. Praca zbiorowa: Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2007.
6. Substyk M. Utrzymanie i kontrola okresowa obiektów budowlanych. Wydawnictwo ODDK, Warszawa, 2012.
7. Rokiel M. Renowacje obiektów budowlanych. Projektowanie i warunki techniczne wykonania i odbioru robót. Wydawnictwo Medium, Warszawa, 2014.
8. Jasiczak J., Mikołajczak P: Technologia betonu modyfikowanego domieszkami i dodatkami. Oficyna Wydawnicza Politechniki Poznańskiej. Poznań 2003.
9. Jamróży Z. Beton i jego technologie, PWN, Warszawa, 2005.
10. Czarnecki L., Emmons P., H. Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych, Wydawnictwo Polski Cement, 2002.
11. Praca zbiorowa (edytor: B. Lewicki): Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Komentarz naukowy do PN-B-03264:2002. Tom 1, Wydawnictwo ITB, Warszawa, 2005.
12. Starosolski W. Konstrukcje żelbetowe wg PN-B-03264:2002, PWN, Warszawa, 2003.
13. Flaga K. Naprężenia skurczowe oraz zbrojenie przypowierzchniowe w konstrukcjach betonowych, Monografia 2004, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
14. PN-B-06250:1988 *Beton zwykły*.
15. PN-EN 13791:2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych.
16. PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
17. Lewicki B. Budynki wznoszone metodami uprzemysłowionymi, Instrukcja ITB nr 418/2006.
18. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 2006.

DAMAGE TO STRUCTURAL WALLS OF THE MULTI-OCCUPIED RESIDENTIAL BUILDING CAUSED BY DESIGN FAULTS AND IMPLEMENTATION

Abstract: In the paper a description of defects and damages of inside vertical compartments of the multi-occupied residential building which rose in the result committed was presented design and implementation. At the work conceptions of the design solution of the repair of walls were presented in order to lead them to the appropriate technical condition.

Keywords: structural walls, antispasmodic reinforcement, dispersed reinforcement, outlining, crack, repair.