MICHAŁ WÓJTOWICZ, *m.wojtowicz@itb.pl*
TERESA MOŻARYN, *t.mozaryn@itb.pl*
Instytut Techniki Budowlanej

STAN TECHNICZNY ZŁĄCZY I PREFABRYKATÓW BUDYNKU WIELKOPŁYTOWEGO PO 40 LATACH EKSPLOATACJI

THE TECHNICAL CONDITION OF JOINTS AND PRECAST ELEMENTS AFTER A 40-YEARS OF EXPLOATATION

Streszczenie Budynki wielkopłytowe eksploatowane od ok. 40 lat są w różnym stanie technicznym. O trwałości ich konstrukcji decyduje stan techniczny oraz procesy starzeniowe złączy prefabrykatów. Z jednego z budynków (wyburzonego) pobrano próbki materiałów konstrukcyjnych i poddano badaniom laboratoryjnym. Na podstawie wyników badań określono możliwość potencjalnej dalszej destrukcji złączy wskutek działania czynników środowiskowych.

Abstract Prefabricated residential buildings, which have been exploited over 40 years, are in different technical conditions. The technical condition and ageing processes of prefabrication joints have an impact on durability of the structures. The laboratory tests of specimens from structural materials were conducted. The research results enabled to assess the possibility of virtual destruction of joints with regard to the environmental impact.

1. Wprowadzenie

Problem bezpieczeństwa budynków mieszkalnych w technologii wielkopłytowej jest przedmiotem badań i analiz wielu ośrodków badawczych w Polsce. Instytut Techniki Budowlanej w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku prowadził prace badawcze dotyczące różnych aspektów bezpieczeństwa budynków. Efektem była zorganizowana w 1999 r. w Mrągowie konferencja „Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle aktualnego stanu" [1] oraz opracowanie dwunastu poradników dotyczących bezpieczeństwa i spełnienia przez budynki wymagań podstawowych [2].

W prowadzonych przez ITB i inne ośrodki badaniach nie podejmowano problemu złączy konstrukcyjnych, głównie dlatego, że dostęp do tych elementów jest od strony mieszkań. Wielokrotne próby podjęcia przez ITB tego typu badań nie przynosiły pożądanego skutku, ze względu na brak zgody użytkowników/mieszkańców na wykonanie odkrywek do złączy. Dotychczas stosowane badania nieniszczące mogą być dobrymi metodami wykrywania potencjalnych miejsc krytycznych. Jednak do ustalenia stanu rzeczywistego i oceny zagrożenia wymagane jest odsłonięcie reprezentatywnych miejsc.

Podstawowymi elementami konstrukcji budynków są ściany, stropy oraz złącza pomiędzy nimi. Budynki konstruowano w systemach: podłużnych, poprzecznych i mieszanych. Podstawą zapewnienia bezpieczeństwa było usztywnienie w postaci sztywnych tarczy stropowych, realizowanych poprzez stosowanie wieńców żelbetowych umieszczonych na górnych powierzchniach prefabrykatów. Złącza pionowe realizowano w kilku wariantach (połączenia spawane, dyblowe, mieszane). Sposób łączenia zależał głównie od systemu konstrukcyjnego. Wdrożono

też wiele wniosków racjonalizatorskich w wytwórniach prefabrykatów (fabrykach domów) i na budowie. Systemy były również modyfikowane przez projektantów w zależności od np. wymagań fabryk czy dostępności materiałów. Obecnie trudno jest stwierdzić, jaki wariant zastosowano w konkretnym budynku.

Jednak wcześniej czy później, ze względu na ich okres użytkowania, niezbędna będzie ocena rzeczywistego stanu poszczególnych budynków. Fachowców, którzy wiedzą jak realizowano budynki wielkopłytowe, jest coraz mniej, a niewielu zarządców budynków posiadana dokumentację techniczno-konstrukcyjną. Dokumentacja konstrukcyjna z likwidowanych biur projektów została zarchiwizowana w bibliotece Instytutu Techniki Budowlanej.

2. Czynniki decydujące o bezpieczeństwie konstrukcji budynków

O bezpieczeństwie konstrukcji decydują czynniki związane z projektowaniem, wykonawstwem i eksploatacją (starzeniem, utrzymaniem, remontami). W przypadku budynków wielkopłytowych podstawowe czynniki są związane z jakością prefabrykatów betonowych i żelbetowych, wykonawstwem na placu budowy oraz procesami destrukcji zachodzącymi w czasie użytkowania.

Prefabrykaty betonowe i żelbetowe wykonywane w zakładach prefabrykacji (fabrykach domów) mają szereg wad, ale trudno jest w rzeczywistości wskazać takie, które mają wpływ na bezpieczeństwo. Wg badań ITB [3] beton był przeważnie dobrej jakości (w ponad 90% przypadków spełniał wymagania projektowe), zbrojenie było na ogół układane dokładnie, aczkolwiek stwierdzono wiele przypadków zbyt małej grubość otuliny. Jedynym niepokojącym problemem był stan wieszaków płyt warstwowych zewnętrznych [3], czego efektem było np. odpadnięcie fragmentu warstwy fakturowej w Rzeszowie i Szczecinie. Nie decydowało to jednak o bezpieczeństwie budynku.

Wykonawstwo – to oddzielny, złożony problem – a właściwie wiele problemów. Pierwszy to dokładność montażu. W Polsce stosowano montaż swobodny (systemy OWT, SZ) i montaż wymuszony (W-70, Wk-70, WWP). Montaż wymuszony gwarantował lepszą jakość wykonania, jakkolwiek zdarzały się przypadki odcinania lub odginania śrub rektyfikacyjnych, bo utrudniały prace. Szczegółowo zagadnienia montażu opisano w monografii [4].

Jednak najbardziej znaczącym czynnikiem jest jakość złączy (poziomych i pionowych) prefabrykatów oraz sposób łączenia (spawania) ich między sobą za pomocą różnych akcesoriów metalowych. Należy uwzględnić, że roboty wykonano w różnych porach roku jak i w różnych porach doby (często montaż odbywał się całodobowo), przy różnych umiejętnościach wykonawców i sprawności nadzoru. Złącza, po ustawieniu prefabrykatów, ich ewentualnym połączeniu, ułożeniu zbrojenia (np. wieńców stropowych) należało wypełnić betonem. Według projektów powinien to być beton drobnoziarnisty $R_w = 170$ lub $R_w = 200$, o konsystencji półciekłej, z zagęszczeniem masy wibratorem pogrążalnym. Budynki montowano również w okresach niskich temperatur. Jest możliwe, że stosowano dodatki przyspieszające wiązanie – czyli najbardziej wówczas popularny chlorek wapnia.

W skali kraju to tysiące budynków, a jakość wykonania mogła być różna w każdym budynku. Każdy budynek, mimo analogii konstrukcyjnych, jest jednak inny i problemy mogą być różne.

3. Stan techniczny budynków na podstawie danych literaturowych

Zgodnie z wymaganiami Ustawy Prawo budowlane budynki powinny być poddawane cyklicznym przeglądom. W większości przypadków jedynym kryterium wyboru rzeczoznawcy jest cena, stąd zakres przeglądów nie obejmuje oceny stanu konstrukcji. Na ich podstawie można jednak stwierdzić, że w budynkach na ogół nie pojawiają się nowe rysy, spękania,

odkształcenia itp. objawy mogące świadczyć o zagrożeniu konstrukcji budynku. Jeżeli rzeczoznawca lub lokator stwierdzi pojawienie się uszkodzeń to w wielu przypadkach zleca się opracowanie opinii technicznych. Opinie te – publikowane w czasopismach technicznych lub na konferencjach – stanowią źródło wiedzy o stanie konstrukcji. Jednak badania takie dotyczą określonych przypadków w określonych obiektach. Brak jest natomiast badań złączy na dużą skalę, analogicznych jak wykonane przez ITB [3] badania stanu ścian zewnętrznych.

Istotnym problemem jest jakość złączy prefabrykatów. Jeden z przypadków wadliwie wykonanego złącza poziomego (wieńca) opisano w referacie [5]. Stwierdzono następujące wady: brak odpowiedniego zbrojenia podłużnego (pętle płyty ściennej i stropowej nie były połączone), w wieńcu na długości ok. 2 m istniały pustki obejmujące 30-50% jego przekroju poprzecznego. Budynek wznoszono w okresie zimowym i, być może, robotnicy nie usunęli lodu lub śniegu z przestrzeni między płytami, nie ułożyli też prętów zbrojeniowych. Przypadki takie mogą występować w wielu budynkach, jednak objawy uszkodzeń mogą się nie ujawniać, o ile jest to złącze wewnątrz budynku. Autorzy niniejszej pracy stwierdzili w jednym ze złączy pionowych budynku na Śląsku niewypełnienie betonem styku ściany poprzecznej nośnej i ściany podłużnej usztywniającej (jest to bardzo istotne dla złącza dyblowego) – był natomiast ułożony pręt zbrojenia. Na styku ścian szczelinę osłonięto workami po cemencie, aby umożliwić tynkowanie.

Wiele wskazówek o stanie budynków można uzyskać analizując konstrukcję po wybuchu gazu lub pożarze. Autorzy referatu [6] przedstawili stan techniczny pięciokondygnacyjnego budynku po wybuchu i pożarze. Co charakterystyczne, stwierdzono uszkodzenia prefabrykatów (spękania, ugięcia itp.). Dla złączy stwierdzono jedynie jeden rodzaj uszkodzenia dotyczący zarysowania poziomych złączy podstropowych lub pionowych ściennych. Wynikało to z małej podatności złączy, przy siłach rozciągających i ścinających wywołanych wybuchem, w stosunku do płyt żelbetowych. Nie stwierdzono natomiast uszkodzenia w samych złączach. Stwierdzono również pęknięcia złączy (widoczne od wewnątrz i zewnątrz), które mogły, ale nie musiały być przyczyną zmniejszenia nośności konstrukcji [7]. W wielu przypadkach powstawanie rys wynika ze sposobu montażu płyt zewnętrznych (np. zawieszanie na wyprofilowanych uchwytach ścian poprzecznych).

Przedstawiono powyżej problemy najbardziej typowe dla bezpieczeństwa konstrukcji budynków, nie cytując wielu prac, w których stwierdzono podobne wady.

4. Badania in situ i laboratoryjne złączy i prefabrykatów w budynku wielkopłytowym

Budynek, w którym wykonano badania został wzniesiony na Śląsku w latach siedemdziesiątych XX w. Pięciokondygnacyjny budynek wykonano w technologii wielkopłytowej stosując różne „zamienniki". Fundamenty, ściany nośne piwnic jak i część stropów nad piwnicą wykonano w konstrukcji żelbetowej monolitycznej. Część stropów wykonano w konstrukcji gęsto żebrowej, z zastosowaniem pustaków. Budynek miał układ konstrukcyjny poprzeczny, ściany nośne i usztywniające były prawdopodobnie, oceniając na podstawie wymiarów, systemu WK-70. Natomiast stropy żelbetowe kanałowe były typowe dla systemu wielkoblokowego (żerańskiego). Ściany zewnętrzne wykonano jako murowane z bloczków gazobetonowych oraz cegły, oparte na stropach. Budynek ocieplono metodą lekką suchą, stosując materiał termoizolacyjny osłonięty płytami azbestowo-cementowymi – mocowanymi na ruszcie drewnianym. W budynku nastąpiły bardzo duże uszkodzenia fundamentów, będące efektem deformacji podłoża spowodowanej podziemną eksploatacją. Obserwowane uszkodzenia (spękania, odchylenia od pionu) zdecydowały o konieczności rozbiórki budynku. Rozbiórkę przeprowadzono w listopadzie 2012 r. W tym czasie pracownicy ITB dokonali szczegółowym oględzinom złącza elementów konstrukcyjnych i pobrali do dalszych badań fragmenty płyt

ściennych i stropowych oraz beton i stal złączy poziomych i pionowych. Oględziny wykazały, że złączami poziomymi są wieńce żelbetowe. Zbrojenie główne stanowiły pręty ϕ14÷18 mm (fot. 1, 3) łączone strzemionami. Na częściach czołowych płyt stropowych kanałowych nie uszczelniono kanałów, przez co podczas betonowania wieńców beton wpłynął do wnętrza płyt stropowych (fot. 2). Przestrzeń między sąsiednimi płytami stropowymi była również wypełniona betonem (fot. 4).

Fot. 1. Fragment złącza poziomego (wieńca) na styku stropu i ściany nośnej

Fot. 2. Czoło stropowych płyt końcowych wypełnione betonem wieńca

Fot. 3. Fragment betonu złącza poziomego nad ścianą nośną. Widoczne pręty zbrojeniowe bez uszkodzeń korozyjnych

Fot. 4. Fragment złącza poziomego na styku dwóch płyt stropowych

Fot. 5. Fragment złącza pionowego z widocznymi pozostałościami usuniętego betonu

Na powierzchni większości prętów zbrojeniowych i betonu nie stwierdzono objawów korozji, która mogła powstać podczas eksploatacji budynku. Stwierdzona na powierzchni części prętów zwarta, cienka warstewka produktów korozji świadczy, że zabetonowano stal powierzchniowo skorodowaną. Głębokość karbonatyzacji betonu – określona metodą fenoloftaleinową – w płytach prefabrykowanych była powierzchniowa, a w złączach nie przekraczała 5 mm. Złącza poziome wykonano z betonu niezbrojonego (tzw. złącza dyblowe). We wszystkich elementach poddanych oględzinom nie stwierdzono braku wypełnienia betonem (fot. 5).

Podczas rozbiórki budynku pobrano do badań laboratoryjnych serię próbek betonów z różnych elementów konstrukcyjnych. W pierwszym etapie przeprowadzono pilotażowe badania wizualne, chemiczne i elektrochemiczne jedenastu wybranych próbek badawczych pobranych z następujących elementów budynku:

– wylewki betonowej między elementami stropowymi (próbka nr 1),
– złącza poziomego na styku ścian wewnętrznej nośnej i zewnętrznej osłonowej (pr. nr 2),
– złącza pionowego między elementami prefabrykowanymi ścian wewnętrznych (pr. nr 3),
– złącza poziomego nad ścianą wewnętrzną nośną/między płytami stropowymi (pr. nr 4),
– nadproża/wieńca ściany wewnętrznej nośnej (pr. nr 5),
– złącza poziomego/wieńca nad ścianą wewnętrzną nośną (pr. nr 6),

– złącza pionowego między elementami prefabrykowanymi ścian wewnętrznych nośnych i usztywniającej (pr. nr 7),
– nadproża/wieńca nad otworem okiennym ściany zewnętrznej osłonowej od strony zachodniej (pr. nr 9),
– wypełnienia kanału płyty stropowej (pr. nr 10),
– skrajnej część żelbetowej płyty stropowej kanałowej z wypełnieniem kanału i zamka międzypłytowego (pr. nr 13 – wypełnienie kanału, pr. nr 14 – płyta żelbetowa).

Oznaczenia zawartości jonów agresywnych wobec zbrojenia i betonu wykonano metodami chemicznej analizy ilościowej. Zawartości agresywnych jonów odniesiono do ilości części próbki betonowej rozpuszczalnych w kwasie (w przybliżeniu do zawartości stwardniałego zaczynu cementowego). Oznaczenia odczynu pH betonu wykonano w odwzorowanej cieczy porowej z każdej próbki. Właściwości ochronne betonu względem zbrojenia określono na podstawie analizy przebiegu krzywych polaryzacji anodowej elektrod ze stali St3S, a elektrodą odniesienia była nasycona elektroda kalomelowa. Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono w tablicach 1 i 2.

Tablica 1. Wyniki oceny wyglądu i oznaczeń nasiąkliwości i zawartości części rozpuszczalnych w kwasie próbek betonu pobranych z elementów budynku wielkopłytowego.

Nr próbki	**Wygląd próbki**	**Nasiąkliwość**	**Ilość części rozpuszczalnych w kwasie**
		[%] wag	
1	Beton barwy szarej z beżowymi przebarwieniami. Widoczne kruszywo o średnicy od 1÷30 mm (otoczaki). Lokalnie występują niewielkie kawerny. Zbrojenie pokryte cienką, zwartą warstewką produktów korozji.	9	32
2	Beton barwy szarej. Dość dobrze zagęszczony. Lokalnie widoczne przy kruszywie kawerny o średnicy do 3 mm. Widoczne kruszywo o średnicy do 10 mm.	8	28
3	Beton barwy szarej. Dość dobrze zagęszczony. Lokalnie widoczne przy kruszywie pustki o średnicy do 3 mm. Widoczne kruszywo o średnicy do 30 mm.	8	39
4	Beton barwy jasnoszarej, dobrze zagęszczony. Widoczne drobne kruszywo o średnicy do 5 mm.	9	37
5	Beton barwy jasnoszarej, dobrze zagęszczony. Widoczne drobne kruszywo o średnicy do 5 mm i lokalnie otoczaki o średnicy do 30 mm.	9	37
6	Beton barwy szarej z widocznymi licznymi, drobnymi porami. Kruszywo o średnicy do 10 mm.	7	41
7	Beton barwy jasnoszarej, dobrze zagęszczony. Lokalnie występują pory o średnicy do 1 mm. Widoczne drobne kruszywo o średnicy do 10 mm.	9	44
9	Beton barwy jasnoszarej dobrze zagęszczony. Kruszywo drobne o średnicy do 15 mm.	8	25
10	Beton barwy szarej dobrze zagęszczony. Widoczne liczne drobne pory kuliste. Kruszywo drobne o średnicy do 5 mm.	9	36
13	Beton barwy szarej dobrze zagęszczony. Widoczne nieliczne drobne pory kuliste. Kruszywo drobne o średnicy do 5 mm.	7	37
14	Beton barwy szarej dobrze zagęszczony. Widoczne nieliczne drobne pory kuliste.	nie oznaczano	

Wyniki badań laboratoryjnych wykazały, że beton próbek pobranych z elementów złączy i płyty prefabrykowanej zawierał średnio 36% części rozpuszczalnych w kwasie. W dwóch próbkach betonu (nr 2 i 9), narażonych na intensywniejsze działanie zewnętrznych warunków atmosferycznych ilości części rozpuszczalnych w kwasie była niższa niż 30% wag. Oznaczona nasiąkliwość betonu była w granicach 7÷9% wag. W badanych próbkach nie stwierdzono podwyższonych zawartości agresywnych jonów chlorkowych i siarczanowych. Odczyn betonu w większości próbek był w granicach 11,6÷12,1 jednostek pH. Badane próbki betonowe charakteryzowały się dobrymi właściwościami ochronnymi względem stali zbrojeniowej, co potwierdziły badania elektrochemiczne. Potencjały stacjonarne i gęstości prądów pasywacji były niskie, kształt wyznaczonych anodowych krzywych polaryzacji był prawidłowy. Wyniki badań pilotażowych będą podstawą do opracowania, w drugim etapie pracy, programu badań laboratoryjnych betonu złączy, niezbędnego do określenia stanu technicznego złączy i prefabrykatów w budynkach wielkopłytowych.

Tablica 2. Wyniki oznaczeń chemicznych i elektrochemicznych próbek betonu pobranych z elementów budynku wielkopłytowego.

Nr próbki	**pH cieczy porowej [jedn. pH]**	**Potencjał stacjonarny [mV]**	**Gęstość prądu pasywacji [μA/cm²]**	**Zawartość jonów, [%] wag**		
				chlorkowych		**siarczanowych**
				całkowita	**rozpuszczalnych w wodzie**	
1	11,2	nie oznaczano		0,04	0,02	2,10
2	12,1	nie oznaczano		0,04	0,02	3,12
3	11,6	nie oznaczano		0,07	0,05	3,38
4	12,0	nie oznaczano		0,02	0,01	3,19
5	12,0	nie oznaczano		0,04	0,02	3,37
6	11,3	nie oznaczano		0,02	0,01	2,53
7	12,0	-106	2,53	0,02	0,01	2,11
9	11,2	-260	5,25	0,02	0,01	6,05
10	12,0	-220	3,83	0,03	0,02	2,96
13	12,1	nie oznaczano		0,02	0,01	3,25
14	11,8	nie oznaczano		0,03	0,01	3,60

5. Podsumowanie

O bezpieczeństwie konstrukcji decydują czynniki związane z projektowaniem, wykonawstwem i eksploatacją. W przypadku budynków wielkopłytowych podstawowymi czynnikami są: jakość prefabrykatów betonowych i żelbetowych, wykonawstwo na placu budowy oraz procesy destrukcji zachodzące w czasie użytkowania. Najbardziej znaczącym czynnikiem jest jakość wykonanych złączy prefabrykatów oraz sposób łączenia ich między sobą. W drugiej połowie 2012 r w Instytucie Techniki Budowlanej przeprowadzono pilotażowe badania próbek elementów złączy i prefabrykatów pobranych z pięciokondygnacyjnego budynku wykonanego w technologii wielkopłytowej, po 40 latach eksploatacji. Wizualna ocena złączy i prefabrykatów nie wykazała występowania korozji zbrojenia ani metalowych elementów łączników. Karbonatyzacja płyt prefabrykowanych była powierzchniowa, a w betonie łączników nie przekraczała 5 mm. W próbkach betonów pobranych z elementów budynku nie stwierdzono podwyższonej zawartości jonów chlorkowych i siarczanowych. Badania chemiczne i elektrochemiczne wykazały, że beton łączników stanowił skuteczną ochronę stali zbrojeniowej. Badania pobranych fragmentów elementów konstrukcyjnych budynku będą kontynuowane,

w celu wykorzystania ich do prognozowania pozostałego okresu użytkowania budynków wielkopłytowych.

Podjęte przez Instytut Techniki Budowlanej prace mogą być przydatne przy ustalaniu założeń do ogólnego rozwiązania problemu badań złączy budynków wielkopłytowych do celów rzeczoznawstwa.

Literatura

1. Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle aktualnego stanu: Materiały konferencyjne, Konferencja naukowo-techniczna Mrągowo 3-5. 11.1999 r.
2. Budynki wielkopłytowe – wymagania podstawowe – Zeszyty 1-12, Seria: instrukcje, wytyczne poradniki, Wydawnictwa ITB, Warszawa.
3. Wójtowicz M.: Możliwość awarii warstwowych ścian zewnętrznych budynków wielkopłytowych – problem realny czy sensacja medialna, Konferencja Awarie Budowlane 2011.
4. Taczanowska T., Ostańska A.: Dokładność realizacji a potrzeba modernizacji budynków wielkopłytowych, Wydawnictwo Medium 2012.
5. Ligęza W., Płachecki M.: Stan zagrożenia i jego likwidacja w konstrukcji budynku wielkopłytowego, Inżynieria i Budownictwo 5/2001.
6. Ślusarczyk J., Wójcicki A.: Skutki wybuchu gazu w budynku o konstrukcji żelbetowej wielkopłytowej, Konferencja Awarie Budowlane 2011.
7. Ligęza W., Dębowski J.: Identyfikacja uszkodzeń elementów wielkopłytowych w aspekcie oceny bezpieczeństwa eksploatacyjnego budynku, Konferencja Awarie Budowlane 2007.