

TECHNICZNE UWARUNKOWANIA REMONTU WIEŻY DZWONNICY KOŚCIOŁA NAJŚWIĘTSZEGO SERCA PANA JEZUSA W GDYNI

TOMASZ MAJEWSKI, *e-mail: to.majewski@emmcopomorze.com*
Emmco Pomorze Sp. z o.o. Sp. k.

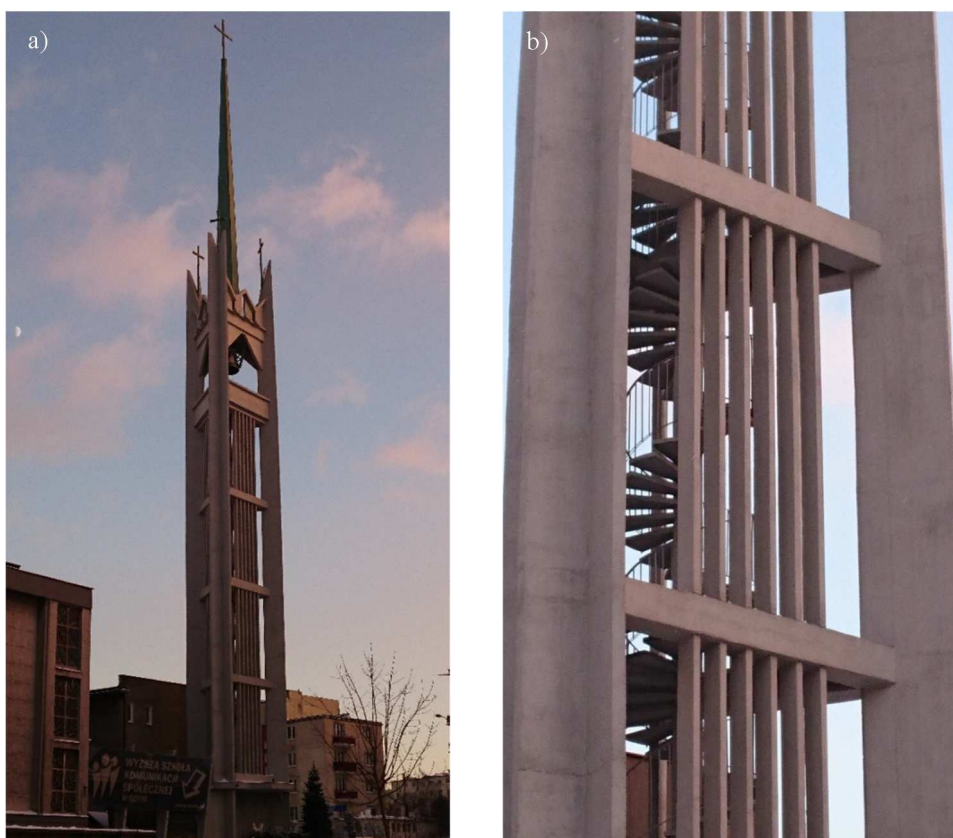
MACIEJ NIEDOSTATKIEWICZ, *e-mail: mniedost@pg.gda.pl*
Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

Streszczenie: Przestrzenna, ażurowa konstrukcja wieży dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa w Gdyni zaprojektowana i wykonana została jako żelbetowa, monolityczna na początku lat 80-tych XX wieku. Niezabezpieczona konstrukcja po latach eksploatacji wykazywała rozległą korozję betonu połączoną z intensywnym odpadaniem otuliny betonowej prętów zbrojeniowych. Zakres występujących uszkodzeń doprowadził do konieczności czasowego wyłączenia z eksploatacji dzwonnicy. W pracy przedstawiono koncepcje rozwiązania projektowego remontu konstrukcji żelbetowej wieży w celu doprowadzenia jej do właściwego stanu technicznego.

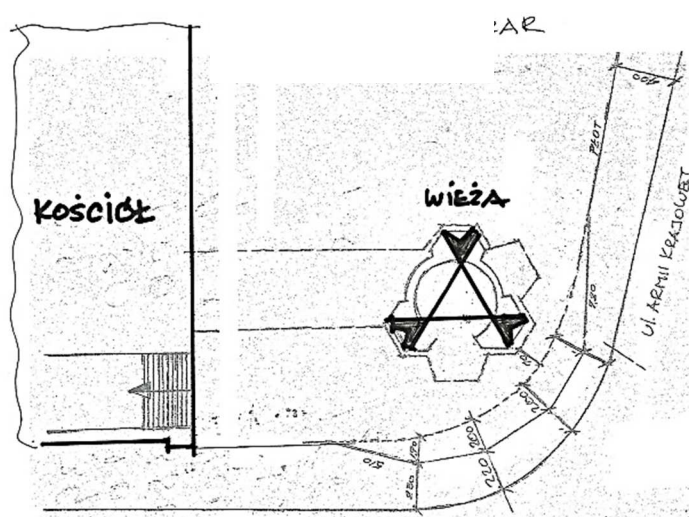
Słowa kluczowe: konstrukcja żelbetowa, wieża dzwonnicy, karbonatyzacja, korozja zbrojenia, reprofilacja

1. Wstęp

Powszechnie wiadomo, że błędy projektowe oraz wykonawcze mają kluczowy wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji, jak również późniejsze bezpieczeństwo użytkowania obiektu. Nie mniej jednak sposób eksploatacji, w tym regularność prowadzenia remontów okresowych wpływają istotnie na sprawność techniczną i trwałość obiektów budowlanych [10]. Usuwanie usterek w użytkowanych obiektach jest szczególnie trudne z uwagi na fakt, że są one najczęściej cały czas eksploatowane, a ich czasowe wyłączenie z użytkowania skutkuje poważnymi utrudnieniami organizacyjnymi [17–19]. Ponadto decyzja o przeprowadzeniu prac remontowych w obiektach już użytkowanych pociąga za sobą bardzo wysokie koszty finansowe [22–23]. Dla potrzeb opracowania kompleksowej dokumentacji remontowej każdego obiektu budowlanego niezbędne jest przeprowadzenie badań i analiz, których zakres należy ustalić indywidualnie, w zależności od rodzaju konstrukcji oraz stopnia jej degradacji [11–15]. Celem artykułu jest przedstawienie wyników wykonanych badań materiałowych oraz sprawdzających obliczeń statyczno-wytrzymałościowych żelbetowej konstrukcji wieży dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa w Gdyni, zaprojektowanej i wykonanej około 35 lat temu. Opisano zidentyfikowane mechanizmy korozji betonu oraz stali zbrojeniowej wbudowanych w konstrukcję wieży oraz przedstawiono zaproponowany program naprawy elementów żelbetowych.



Rys. 1. Wieża dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa w Gdyni: a) widok ogólny, b) zbliżenie na wewnętrzną klatkę schodową



Rys. 2. Wieża dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa w Gdyni – przekrój poprzeczny (na podstawie archiwalnej dokumentacji projektowej)



Rys. 3. Przykłady typowych uszkodzeń żelbetowych słupów wieży dzwonnicy – odspojenia i ubytki betonowej otuliny i korozja prętów zbrojeniowych

2. Dane ogólne

W początku lat 80-tych XX wieku zbudowano wieżę dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa. Wieża zrealizowana została na podstawie dokumentacji projektowej opracowanej społecznie (rys. 1). Przestrzenna, ażurowa konstrukcja wieży zaprojektowana i wykonana została jako żelbetowa, monolityczna, z betonu klasy $R_w = 170$ atm., zbrojona prętami żebrowanymi ze stali klasy A-III znaku 34GS (zbrojenie konstrukcyjne) oraz prętami gładkimi ze stali A-0 znaku St0 (strzemiona). W przekroju poprzecznym wieża miała kształt trójkąta równobocznego w narożnikach którego znajdują się, żelbetowe, monolityczne słupy o przekroju w kształcie litery V (oznaczanie słupów: A, B, C) (rys. 2). Słupy na wysokości połączone były poziomymi, żelbetowymi ryglami rozmieszczonymi na wysokości wieży w 6 poziomach: poziom nr 1 na wysokości +6,00 m n.p.t, poziom nr 2 na wysokości +12,00 m n.p.t., poziom nr 3 na wysokości +18,00 m n.p.t., poziom nr 4 na wysokości +24,00 m n.p.t., poziom 5 na wysokości + 30,00 m n.p.t. oraz poziom 6 na wysokości + 36,00 m n.p.t. W przekroju poprzecznym rygle miały kształt prostokąta o wymiarach 40×45 cm. Przestrzenie między ryglami (od poziomu nr 1 do poziomu nr 5) wypełnione zostały dekoracyjnymi żelbetowymi słupkami prefabrykowanymi, które ustawione były na poziomych ryglach. Ilość słupków ustawionych na jednym ryglu (boku) wynosiła 6 szt. Słupki w przekroju poprzecznym miały kształt prostokąta o wymiarach 15×30 cm, osiowy rozstaw słupków wynosił 25 cm. W środku wieży wykonane zostały żelbetowe, prefabrykowane schody śrubowe, słupowe, umożliwiające wejście na szczyt wieży obsłudze dzwonnicy. Elementem nośnym schodów jest żelbetowy monolityczny słup na którym zamocowane zostały prefabrykaty stopni (prefabrykowane płyty stopni z otworem stanowiły szalunek monolitycznego słupa nośnego). Od poziomu nr 6 (+36,00 m n.p.t.) wykonano stalową konstrukcję iglicy ze stali profilowej pokrytej blachą miedzianą. Całkowita wysokość wieży wynosiła +62,00 m n.p.t. Do konstrukcji w poziomie technicznym nr 6 podwieszony był dzwon o masie 2,5 t. Wieża posadowiona została bezpośrednio na gruncie w poziomie -3,0 m p.p.p.t. na kołowej, żelbetowej, monolitycznej płycie fundamentowej o średnicy 10,8 m.

W miejscach oparcia słupów na płycie wykonstruowany został pierścień obwodowy z którego wyprowadzone zostało zbrojenie słupów. Do poziomu nr 1 (+6,0 m.n.p.t) na pierścieniu wykonane zostały żelbetowe ściany obudowy parteru. Grubość płyty fundamentowej pod

słupami wynosiła 2,0 m (grubości płyty wraz z pierścieniem obwodowym), w pozostałej części płyta miała grubość 1,0 m. W poziomie posadowienia występowały grunty niespoiste – piaski średnie (Ps).



Rys. 4. Przykładowe uszkodzenia betonowych rygli – ubytki betonowej otuliny oraz korozja prętów zbrojeniowych



Rys. 5. Przykładowe uszkodzenia prefabrykowanych słupków – ubytki betonowej otuliny oraz korozja prętów zbrojeniowych



Rys. 6. Zarysowane prefabrykaty stopni schodów spiralnych prowadzących na szczyt wieży

3. Opis uszkodzeń żelbetowej wieży dzwonnicy

Budowa wieży prowadzona była sposobem gospodarczym konsekwencją czego zrealizowana została z wieloma niedoskonałościami, między innymi charakteryzowała się brakiem zachowania pionowości części elementów słupowych oraz brakiem zachowania właściwej otuliny prętów zbrojeniowych. Konstrukcja wieży z założenia miała fakturę surowego betonu [16]. Na etapie wykonawstwa powierzchnia betonu nie została zabezpieczona w jakikolwiek sposób przed działaniem czynników atmosferycznych, co przez wiele lat ekspozycji betonu na szkodliwe działanie aerozoli zawierających sole, między innymi pochodzące z wody morskiej, doprowadziło do rozległej korozji betonu. Postępująca karbonatyzacja w połączeniu z uszkodzeniami mrozowymi betonu, będącymi następstwem zawilgocenia spowodowanego między innymi brakiem obróbek blacharskich elementów żelbetowych doprowadziły do powstania uszkodzeń betonowej otuliny prętów zbrojeniowych. Na poszczególnych poziomach (od 1 do 6) nie stwierdzono rys i pęknięć słupów i rygli. Występowało natomiast masowo odpajanie się otuliny zbrojenia głównego i strzemion w wyniku korozji prętów i strzemion (rys. 3, 4 i 5). Uszkodzenia korozyjne na poziomach 4–5 i 5–6 były bardziej intensywne niż w poziomach 2–3 i 3–4. Występujące uszkodzenia wieży spowodowały konieczność wyłączenia z użytkowania działającego nieprzerwanie od prawie 35-ciu lat carillonu – ze względu na niebezpieczeństwo poruszanie się po wewnętrznej klatce schodowej w celu uruchomienia dzwonu. Na słupie powstałym ze złożeń prefabrykowanych schodów, na odcinku pomiędzy poziomami 2–3 widoczne były pionowe zarysowania (rys. 6).

4. Analiza stanu technicznego żelbetowej wieży dzwonnicy

Ocena stanu technicznego wieży dzwonnicy obejmowała analizę wyników: a) badań pH betonu, b) badań sklerometrycznych oraz c) sprawdzających obliczeń statyczno-wytrzymałościowych.

Badania pH

Najpopularniejszą i najmniej dokładną metodą szacowania głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie jest metoda fenoloftaleinowa, opisana szczegółowo w [7]. Przepisy

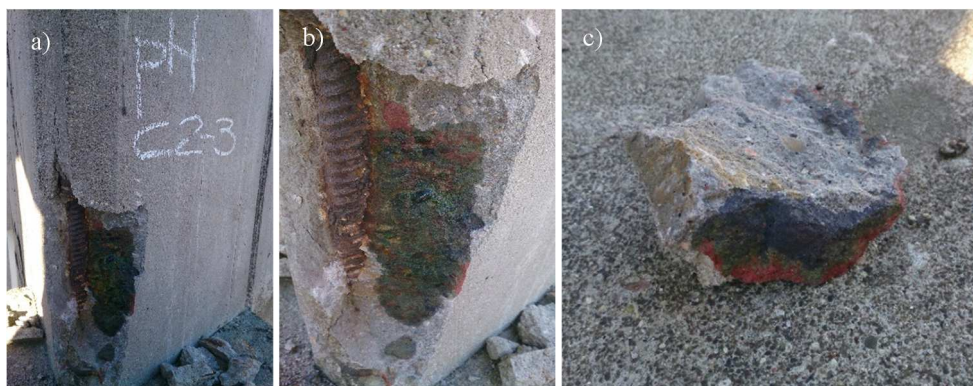
normowe oraz literatura techniczna zalecają, aby zmianę barwy strefy nieskarbonatyzowanej zmierzyć w ciągu 30 sekund od zwilżenia roztworem. Należy podkreślić, że zmiana koloru przełomu betonu z bezbarwnego na czerwono-fioletowy następuje przy wartościach $pH \approx 9,0$. Przy wartości $pH = 11,8$ beton traci naturalną zdolność do ochrony stali przed korozją a przy wartości $pH < 11,2$ inicjowane są procesy korozyjnych na powierzchni stali. Stosując metodą fenoloftaleinową w celu ustalenia zasięgu frontu karbonatyzacji możliwe jest więc znaczne przeszacowanie zasięgu strefy obniżonych właściwości ochronnych betonu względem zbrojenia. Dokładniejsze wyniki pomiarów daje zastosowanie dedykowanych do betonu cieczy (odczynniki) do oznaczania głębokości karbonatyzacji betonu np. *Deep Purple Indicator* lub *Rainbow Indicator*. W przypadku wieży kościoła do oceny głębokości i stopnia karbonatyzacji betonu w strefie przypowierzchniowej (otuliny prętów zbrojenia) wykorzystano roztwór pomiarowy firmy Germann Instruments tzw. *Rainbow Test* (rys. 7 i 8). Pomiar polegał na rozpyleniu roztworu cieczy na powierzchni betonu (świeżym przełomie pobranej próbki), który w zależności od wartości pH betonu zmieniał swoją barwę. Ocenę głębokości oraz stopnia karbonatyzacji wykonano porównując barwę spryskanej próbki (rys. 7) ze wzornikiem (rys. 8). Przejście palety barw z koloru fioletowego ($pH \approx 11$) na zielony ($pH \approx 9$) sygnalizuje spadek pH poniżej wartości uznawanej za graniczną i sygnalizuje potencjalne zagrożenie korozyjne zbrojenia (rys. 8):

- 11–13 – beton wolny od wpływów karbonatyzacji,
- 11 – wartość graniczna (obniżona zdolność otuliny do ochrony zbrojenia przed korozją),
- $\downarrow 9 (< 9)$ – zagrożenie korozyjne zbrojenia,
- $\downarrow 7 (< 7)$ – korozja prętów zbrojenia.

Na podstawie wykonanych badań uzyskano następujące wyniki:

- słup A3–4 (poziom 4) $pH = 7$,
- słup C3–4 (poziom 4) $pH = 7$,
- słup C2–3 (poziom 3) $pH = 9$,
- słup A1–2 (poziom 2) $pH = 11$.

Otrzymane wyniki badań pozwoliły na sformułowanie wniosku, że beton w strefie przypowierzchniowej (otulinie) utracił zdolność do ochrony prętów zbrojenia przed korozją [13–16, 20–21]. W wykonanych odkrywkach stwierdzono korozję prętów zbrojenia: pomierzone ubytki korozyjne prętów wynosiły maksymalnie do 2 mm średnicy prętów zbrojenia głównego i do 1,50 mm średnicy prętów zbrojenia poprzecznego (strzemion).



Rys. 7. Przykładowe wyniki pomiarów stopnia karbonatyzacji betonu w wykonanych odkrywkach: a) i b) odbarwienie betonu na słupach głównych wieży dzwonnicy od $pH = 5$ do $pH = 11$, c) odbarwienie odkutego fragmentu otuliny betonowej prętów zbrojeniowych rygla od $pH = 5$ do $pH = 13$



Rys. 8. Wzornik odbarwienia betonu dla cieczy kontrolnej – *Rainbow Test* firmy Germann Instruments

Badania sklerometryczne

Z uwagi na niedostateczny stan techniczny schodów spiralnych zrezygnowano z pobrania próbek betonu do badań niszczących przy pomocy wiertnicy. W celu oszacowania wytrzymałości betonu wykonano szereg badań porównawczych sklerometrycznych [6, 8].

Badanie betonu w słupach i ryglach na poszczególnych poziomach (od 1 do 6) wykonano metodą nieniszczącą przy pomocy młotka Schmidta typu N. Wszystkie pomiary wykonane zostały na odkrytym betonie po uprzednim oszlifowaniu jego powierzchni szlifierką szybkoobrotową.

W trakcie wykonanych badań uzyskano następujące wyniki:

a) słupy (wyniki uśrednione na całej wysokości słupa (poziomy 1–6):

- słup A: $f_{c,cube} = 20,90$ MPa jednorodność dostateczna,
- słup B: $f_{c,cube} = 23,00$ MPa jednorodność średnia,
- słup C: $f_{c,cube} = 19,10$ MPa jednorodność średnia.

b) rygle (wyniki przykładowe dla wybranych rygli):

- rygiel R2, poziom 2, pomiędzy sł. B–C: $f_{c,cube} = 24,60$ MPa, jednorodność średnia,
- rygiel R3, poziom 3, pomiędzy sł. B–C: $f_{c,cube} = 25,40$ MPa jednorodność dobra,
- rygiel R4, poziom 4, pomiędzy sł. B–C: $f_{c,cube} = 34,10$ MPa jednorodność dostateczna,
- rygiel R5, poziom 5, pomiędzy sł. B–C: $f_{c,cube} = 21,90$ MPa jednorodność dostateczna.

W udostępnionej archiwalnej dokumentacji projektowej, założono wykonanie konstrukcji wieży z betonu klasy $R_w = 170$ atm, co w przybliżeniu odpowiada klasie betonu B15 (C15/20) [2–4, 7]. Z otrzymanych wyników badań wynikało, że beton w słupach i ryglach wieży miał wyższą wytrzymałość na ściskanie niż zakładana w projekcie, charakteryzował się on jednak dużą niejednorodnością.

Sprawdzające obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Na podstawie analizy dostępnej archiwalnej dokumentacji projektowej ustalono:

- na etapie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych zastosowano uproszczenie układu przestrzennego do ramy płaskiej,
- do wymiarowania elementów żelbetowych o przekroju trójkątnym zastosowano nomogramy (metoda przybliżona),
- ze względu na monumentalny charakter konstrukcji przyjęto zasadę zwiększenia o 50% przekroju zbrojenia pionowego w słupach wieży (słupy w osi A, B oraz C),
- do obliczeń przyjęto dzwon o masie 5,00 t.

Sprawdzające obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano dla następujących parametrów (założeń):

- analiza prętowego modelu przestrzennego (3D) z wykorzystaniem programu bazującego na metodzie elementów skończonych (MES),
- wymiarowanie przekrojów żelbetowych przeprowadzono według zasad zamieszczonych w [1],
- uwzględniono dokładny (rzeczywisty) rozkład naprężeń w przekroju dla trójkątnych słupów wieży w osiach A, B oraz C,
- w trakcie obliczeń uwzględniono rzeczywiste ubytki korozyjne prętów zbrojenia głównego przyjmując pręty o średnicy mniejszej o 2 mm w stosunku do średnicy nominalnej,

– do obliczeń przyjęto dzwon o masie 2,50 t (rozwiązanie zrealizowane) zamiast 5,00 t jak w stanie projektowanym.

Uzyskane wyniki obliczeń wykazały że konstrukcja wieży dzwonnicy nie stwarza zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji, bezpieczeństwa użytkowania oraz utraty stateczności wieży jako całości [1–4]. Maksymalny poziom wyężenia słupów głównych wynosił 47%, natomiast rygli poziomych 54%.

5. Trwałość konstrukcji

Trwałość konstrukcji żelbetowych zależy od agresywności środowiska (klas ekspozycji) w jakim eksploatowana jest konstrukcja. W zurbanizowanych terenach nadmorskich istotny wpływ na trwałość konstrukcji żelbetowych mają sole pochodzące z wody morskiej (aerozole) oraz agresywne związki pochodzące od przejeżdżających samochodów, które przez rysy i pęknięcia migrują w głąb elementów powodując korozję betonu oraz stali zbrojeniowej. W środowiskach nieagresywnych migracja agresywnych środków w głąb jest niewielka i długotrwała natomiast wraz ze wzrostem agresywności szybkość procesów korozyjnych (degradacji) ulega przyspieszeniu. Korozja zbrojenia postępuje powoli do momentu, w którym betonowa otulina nie utraci właściwości ochronnych wobec zbrojenia. W praktyce trwałość konstrukcji zapewnia się ograniczając dopuszczalną szerokość rozwarcia rys, np. przez zastosowanie odpowiedniej ilości zbrojenia i jego średnicy lub stosując dodatkowe środki ochrony powierzchniowej betonu (np. wyprawy tynkarskie). Wymagane jest również stosowanie materiałów odpowiedniej jakości o składzie dobranym do warunków środowiska.

W nowo projektowanych konstrukcjach przyjmuje się domyślny okres trwałości równy 50 lat a w obiektach monumentalnych nawet dłuższy (do takich np. zalicza się kościoły – 100 lat). Okres trwałości zdefiniowany jest jako czas w którym konstrukcja użytkowana zgodnie z zamierzonym przeznaczeniem będzie spełniała warunki stanów granicznych nośności i użytkowości. Zapewnienie wymaganej trwałości konstrukcji zależy w dużym stopniu od jakości wykonania i zastosowanych materiałów.

Wpływ na szybkość procesu degradacji betonu w konstrukcji mają:

- minimalna grubość otuliny prętów zbrojenia, w zależności od agresywności środowiska (klas ekspozycji),
- skład betonu o określonych parametrach (tzn. minimalna klasa betonu, maksymalny stosunek w/c, minimalna zawartość cementu w betonie),
- zapewnienie odpowiedniej pielęgnacji betonu w trakcie dojrzewania,
- stan zarysowania (tj. występowanie rys przy powierzchni elementu przez które mogą migrować w głąb elementu szkodliwe związki chemiczne).
- zastosowanie powłok ochronnych.

Konstrukcje zlokalizowane w strefie nadmorskiej narażone są na działanie chlorków pochodzących z wody morskiej. Zawarte w powietrzu aerozole zawierające jony Cl^- migrują w głąb betonu powodując jego depasywację i korozję stalowych prętów zbrojenia. Zawilgocenie betonu zwiększa prędkość dyfuzji jonów w głąb. Gdy stężenie jonów osiągnie w pobliżu zbrojenia wartość graniczną (około 0,4 % masy cementu) rozpoczyna się korozja stali.

6. Koncepcja remonty żelbetowej wieży dzwonnicy

Roboty budowlane związane z remontem wieży dzwonnicy zalecono przeprowadzić w następującym zakresie:

- elementy konstrukcyjne (słupy główne w osiach A, B, C, prefabrykowane słupki pomocnicze oraz rygle i belki w poziomie podestów technicznych od nr 1 do nr 6) poddano reprofiliacji

z zastosowaniem mas naprawczych typu PCC i PCC II. W tym celu usunięto luźne fragmenty betonu, pręty zbrojenia oczyszczono z produktów korozji i zabezpieczono inhibitorami korozji, następnie ubytki betonu uzupełnione zostały droбноziarnistą zaprawą mineralną typu PCC II

- słup schodów spiralnych pomiędzy poziomami 2–3 ze względu na występujące zarysowania należało wzmocnić i zabezpieczyć przez naklejenie mat węglowych, tworząc formę zamkniętych pierścieni wokół słupa między prefabrykowanymi stopniami schodów. W tym celu usunięto luźne fragmenty betonu, wykonano iniekcję rys i pęknięć, powierzchnie betonu wyrównano i wyprofilowano. Następnie przyklejone zostały maty węglowe na całym obwodzie słupa nośnego schodów. Powierzchnie mat zabezpieczono przed działaniem czynników atmosferycznych pokrywając ją warstwą ozdobnej żywicy polimerocementowej.
- po wykonaniu reprofiliacji powierzchni elementów ich powierzchnie zabezpieczono środkami hydrofobizującymi minimalizującymi migrację jonów chlorkowych (Cl^-) oraz wilgoci w głąb betonu, minimalizując równocześnie postęp karbonatyzacji betonu.

Prace naprawcze wieży dzwonnicy wykonano stosując wyroby i systemy spełniające wymagania zamieszczone w normie [5] uznanych na rynku krajowym i międzynarodowym producentów chemii budowlanej.

7. Wnioski

Wieża dzwonnicy Kościoła Najświętszego Serca Pana Jezusa w Gdyni zrealizowana została w latach 80-tych XX wieku jako konstrukcja żelbetowa, monolityczna z dodatkowymi elementami prefabrykowanymi. Konstrukcja wieży wykonana została sposobem gospodarczym i nie została zabezpieczona przed agresywnym oddziaływaniem środowiska. Na przestrzeni lat eksploatacji wieża beton w strefie przypowierzchniowej uległ korozji, co doprowadziło do korozji prętów zbrojenia i lokalnych ubytków betonowej otuliny. Z uwagi na zakres występujących uszkodzeń wieża czasowo wyłączona została z eksploatacji, a jej stan techniczny oceniony został jako przed awaryjny. W celu przywrócenia pełnej sprawności techniczno-użytkowej wieży wymagane było przeprowadzenie prac naprawczych w trybie pilnym. Pomimo występujących uszkodzeń wieży bezpieczeństwo konstrukcji było zachowane.

Literatura

1. PN-EN-1991-1-1 Oddziaływania na konstrukcje (część 1–5).
2. PN-EN-1992-1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków.
3. PN-B-06250:1988 Beton zwykły.
4. PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
5. PN-EN 1504-(cz. 1–10):2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności.
6. PN-74/B-06262 Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N.
7. PN-EN 14630:2007 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową.
8. Instrukcja ITB nr 210 z 1977 r. Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji.
9. Komentarz naukowy do PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone, Instytut Techniki Budowlanej, Tom 1 i 2, Warszawa 2005.
10. Baranowski W.: Zużycie obiektów budowlanych. Wydawnictwo Warszawskiego Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego Budownictwa, Ośrodek Szkolenia WACETOB sp. z o.o., Warszawa, 2000.

11. Bukowski B.: Morfologia rys w konstrukcjach betonowych i żelbetowych. Archiwum Inżynierii Lądowej, 3, 4, Warszawa 1957.
12. Czarnecki L. Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2002.
13. Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A. Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
14. Drobiec Ł., Jasiński R.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych, tom 1, Wydawnictwo PWN, 2010.
15. Godycki-Ćwirko T.: Morfologia rys w konstrukcjach z betonu. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1992.
16. Jamróży Z. Beton i jego technologie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
17. Kobiak J.: Błędy w konstrukcjach żelbetowych. Doświadczenia z ekspertyz. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1971.
18. Masłowski E., Spiżewska D.: Wzmacnianie konstrukcji budowlanych. Wydawnictwo Arkady, 2000.
19. Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J.: Awarie konstrukcji betonowych i murowych, Wydawnictwo Arkady, 1982. Ścisłowski Z.: Trwałość konstrukcji żelbetowych. Wydawnictwo ITB, Warszawa, 1995.
20. Ścisłowski Z.: Ochrona konstrukcji żelbetowych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1999. Fegerlund G.: Trwałość konstrukcji betonowych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1997.
21. Praca zbiorowa: Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2007.
22. Rokiel M.: Renowacje obiektów budowlanych. Projektowanie i warunki – techniczne wykonania i odbioru robót. Wydawnictwo Medium, Warszawa, 2014.
23. Subtyk M.: Utrzymanie i kontrola okresowa obiektów budowlanych. Wydawnictwo ODDK, Warszawa, 2012.

TECHNICAL CONSIDERATIONS OF THE BELL TOWER REPAIR OF THE CHURCH OF THE SACRED HEART OF JESUS IN GDYNIA

Abstract: Spatial openwork shape of the bell tower of the Church of the Sacred Heart of Jesus in Gdynia has been designed and constructed as reinforced concrete, monolithic structure in the early 80s of the twentieth century. Not protected after years of operation showed extensive corrosion of concrete combined with intense spalling. The range of damage caused temporary closure of the bell tower. The paper presents the concepts of the design solution for renovation of the reinforced concrete structure of the bell tower to restore it to the proper state.

Keywords: reinforced concrete structure, bell tower, carbonation, corrosion of reinforcement, reprofiling