



TOMASZ MAJEWSKI, *ppi.tomimaj@gmail.com*

WALDEMAR KULKOWSKI, *waldemar.kulkowski@gmail.com*

Pracownia Projektowo-Inżynierska Tomasz Majewski

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

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

DEGRADACJA STROPU NAD KOTŁOWNIĄ PO OKRESIE WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI ORAZ SPOSÓB JEGO NAPRAWY

DEGRADATION CEILING OVER THE BOILER ROOM AFTER LONG TERM PERIOD OPERATION AND METHOD OF ITS REPAIR

Streszczenie W artykule przedstawiono opis usterek stropu nad kotłownią będącego jednocześnie płytą przejazdu pomiędzy ulicą a zapleczem budynku. Wieloletni okres eksploatacji stropu oraz utrudnione warunki eksploatacyjne doprowadziły do ubytków korozyjnych zarówno betonu, jak również prętów zbrojeniowych. W pracy przedstawiono rozwiązania projektowe kompleksowego usunięcia występujących usterek stropu polegające na wzmocnieniu zarówno monolitycznych płyt żelbetowych jak również żeber i podciągów.

Abstract This paper presents a description of defects of the floor above the boiler which is the passage between the plate and the base of the building. Long period of operation of the floor and the difficult operating conditions have led to the corrosion losses of both concrete and rebar. The paper presents comprehensive design solutions to remove existing roof defects of strengthening both the monolithic concrete panels, as well as binders and ribs.

1. Wstęp

Na stan techniczny elementów konstrukcyjnych obiektu wpływają sposób eksploatacji, jak również częstość i zakres prowadzonych prac remontowych [1]. Elementy konstrukcyjne pracujące w środowisku agresywnym chemicznie narażone na rozwój uszkodzeń związanych z negatywnym oddziaływaniem otoczenia, w którym są użytkowane oraz powstanie usterek związanych z przeciążeniem konstrukcji [2÷3]. Występujące obciążenia dynamiczne związane z ruchem pojazdów mechanicznych dodatkowo przyspieszają rozwój uszkodzeń. Brak prowadzonych remontów okresowych oraz brak przeprowadzenia remontu kapitalnego wpływają w sposób bardzo istotny na tempo i zakres występujących usterek i uszkodzeń. Usterki elementów żelbetowych w pomieszczeniach technicznych, w tym kotłowniach są bardzo często wywołane agresją środowiska, w którym pracują a tempo ich powstawania i postępowania w czasie w głównej mierze zależy od intensywności czynników agresywnych takich jak aerozole soli, para wodna, temperatura. Usterki wywołane tymi czynnikami, w przypadku zagłębienia w gruncie pomieszczeń technicznych występują najczęściej jednocześnie w połączeniu z rozległym zawilgoceniem murów.

Celem artykułu jest przedstawienie stanu technicznego stropu nad kotłownią, zdegradowanego w wyniku wieloletniej eksploatacji i niepoddawanego pracom remontowym.

Użytkowanie stropu, jako przejazdu dodatkowo przyczyniło się do rozszerzenia występujących usterek [4]. Przedstawiono propozycje rozwiązań projektowych mających na celu rewitalizację stropu nad kotłownią [2], [5].

2. Dane ogólne

Będący przedmiotem analizy strop usytuowany jest w budynku trzykondygnacyjnym, całkowicie podpiwniczonym o układzie konstrukcyjnym ścian podłużnym. Mury budynku, w którym usytuowany był strop stanowiący przedmiot analizy wykonane zostały z drobnowymiarowych elementów ceramicznych-cegły pełnej o grubości 38 cm w poziomie piwnicy oraz o grubości 25 cm w poziomie kondygnacji nadziemnych. Stropy w części nadziemnej o rozpiętościach 540 i 600 cm wykonano, jako gęstożebrowe typu DZ-3. Przekrycie budynku wykonstruowano, jako stropodach niewentylowany. Strop, który poddany został pracom remontowym usytuowany jest nad pomieszczeniem dawnej kotłowni węglowej pracującej na potrzeby budynku od chwili oddania go do eksploatacji (lata 50-te XX wieku) do roku 1997. Aktualnie kotłownia wyłączona jest z eksploatacji, a budynek ogrzewany jest w systemie centralnego ogrzewania z zastosowaniem czynnika grzewczego dostarczanego przez Elektrociepłownię Miejską. W pomieszczeniu kotłowni znajduje się częściowo rozebrana, wyłączona z eksploatacji instalacja centralnego ogrzewania, w tym kocioł węglowy. Aktualnie użytkowany wymiennik ciepła znajduje się poza budynkiem, w którym usytuowany był strop objęty analizą.

Konstrukcję stropu nad kotłownią stanowi monolityczny, żelbetowy ruszt belkowy, na którym wykonana jest monolityczna płyta stropowa. Do obliczeń sprawdzających płyty przyjęto myślowo wydzielone pasmo o szerokości 1,0 m. Analizowana płyta wykonstruowana została, jako pracująca w schemacie belki wieloprzęsłowej o grubości 13 cm, oparta na monolitycznych żebrawach. Klasa betonu wbudowanego w konstrukcję stropu określona na pobranych z konstrukcji rdzeniach wynosiła B15. Zbrojenie główne stanowiły pręty ze stali gładkiej średnicy ϕ 12 mm, rozmieszczone w średnim rozstawie, co 12÷15 cm w przęśle oraz i co 12 cm nad podporami. Średnica prętów rozdzielczych, wykonanych ze stali gładkiej równa była ϕ 8 mm. Żebra o wymiarach 30×45 cm stanowią podpory dla płyty stropowej. Podobnie jak płyta, żebra wykonane zostały ze betonu klasy B15, zbrojonego prętami gładkimi średnicy ϕ 22 mm i strzemionami ϕ 6 mm w średnim rozstawie, co 25 cm. Żebra oparte zostały na ścianach poprzecznych budynku stanowiących, w poziomie parteru obudowę przejazdu. W środku rozpiętości płyt stropowych (w każdym z przęseł) osadzone były pustaki szklane (tzw. luksfery), pomiędzy którymi wykonano żeberka monolityczne o szerokości 15 cm.

Na przestrzeni okresu eksploatacji podstawowy układ warstw stropu nad kotłownią uległ zmianie, wykonane zostały dodatkowe warstwy nawierzchni oraz warstwy spadkowe. Otwory z pustaków szklanych stanowiące doświetlenie kotłowni zostały zakryte. Przed rozpoczęciem prac związanych ze wzmacnianiem stropu stwierdzono w wykonanych odkrywkach na następujący układ warstw (od góry): a) masa asfaltowa 3 cm, b) podkład betonowy 8 cm, c) podkład betonowy 5,5 cm d) beton z żużlem 10 cm, e) beton spadkowy 2,5 cm, f) żelbetowa płyta stropu 13 cm.

Na podstawie wykonanego Przeglądu Stanu Sprawności Technicznej Obiektu Budowlanego (tzw. przegląd roczny) z uwagi na występujące ubytki betonu i zbrojenia w płytach oraz ze względu na uszkodzenia otuliny betonowej żeber stropu nad piwnicą podjęto decyzje, co do konieczności pilnego przeprowadzenia remontu i modernizacji stropu nad pomieszczeniem kotłowni, stanowiącego jednocześnie drogę komunikacyjną pomiędzy ulicą a częścią zalepcza budynku (rys. 1).

3. Opis usterek i uszkodzeń stropu nad kotłownią

W pomieszczeniu kotłowni widoczne były uszkodzenia otuliny betonowej prętów zbrojonych zarówno w obszarze płyt, jak również żeber stropowych. Odslonięte pręty zbrojenio-
we wykazywały rozległą korozję powierzchniową, na części prętów widoczna była korozja
wżerowa wynosząca od 30 do 100% powierzchni przekroju poprzecznego prętów (rys. 2).



Rys. 1. Widok przejazdu: a) od strony ulicy, b) od strony zaplecza budynku



Rys. 2. Usterki stropu nad piwnicą w obszarze pomieszczenia kotłowni: a) pełnościenny fragment stropu, b) fragment stropu z wypełnieniem pustakami szklanymi



Rys. 3. Pomieszczenie kotłowni: a) usterki żeber stropu w postaci zarysowania strefy przypodporowej oraz odsłoniętych prętów zbrojeniowych b) widok ogólny pomieszczenia kotłowni z pokazaniem zakresu uszkodzeń wilgotnościowych

Na płaszczyznach bocznych oraz na spodzie żeber widoczne były zarysowania świadczące o rozwoju korozji pęczniającej prętów zbrojeniowych (rys. 3). W miejscach osadzenia pustaków szklanych widoczne były ślady nieszczelności i przecieków do wnętrza pomieszczenia. Na ścianach kotłowni występowały rozległe ubytki tynku oraz ślady intensywnego zawilgocenia. Lokalnie widoczne były ślady rozwoju korozji biologicznej murów.

4. Analiza przyczyn usterek stropu nad piwnicą

Bezpośrednią przyczyną występujących usterek był brak prowadzenia na przestrzeni okresu eksploatacji prac remontowych. Doraźne prace naprawcze prowadzone były sposobem gospodarczym, bez opracowania chociażby uproszczonej dokumentacji remontowej.

Na podstawie analizy składu chemicznego zanieczyszczeń zawartych w tynku oraz betonie, nie stwierdzono istotnego ich wpływu na nośność i trwałość elementów konstrukcyjnych oraz wykończeniowych (lokalizacja stropu nad kotłownią) [3], [6]. W pobranych próbkach betonu i tynku obecność jonów Cl^- oraz SO_4^{2-} była nieznacznie większa niż wartości dopuszczalne.

W wykonanych obliczeniach sprawdzających pominięto udział zbrojenia dolnego płyt stropowych w przenoszeniu obciążeń z uwagi na intensywność uszkodzeń korozyjnych prętów. Uwzględniając ubytki korozyjne zbrojenia głównego w przypadku płyt stropowych występujące niedoszacowanie nośności przekroju żelbetowego wynosiło ponad 80% [7÷9]. W przypadku żeber stropowych niedoszacowanie zbrojenia ze względu na zginanie wynosiło $\approx 68\%$ (momenty zginające wynosiły odpowiednio 148 kNm oraz 88 kNm), natomiast ze względu na ścinanie niedoszacowanie wynosiło $\approx 189\%$ (siły tnące wynosiły odpowiednio 185 kN oraz 64 kN).

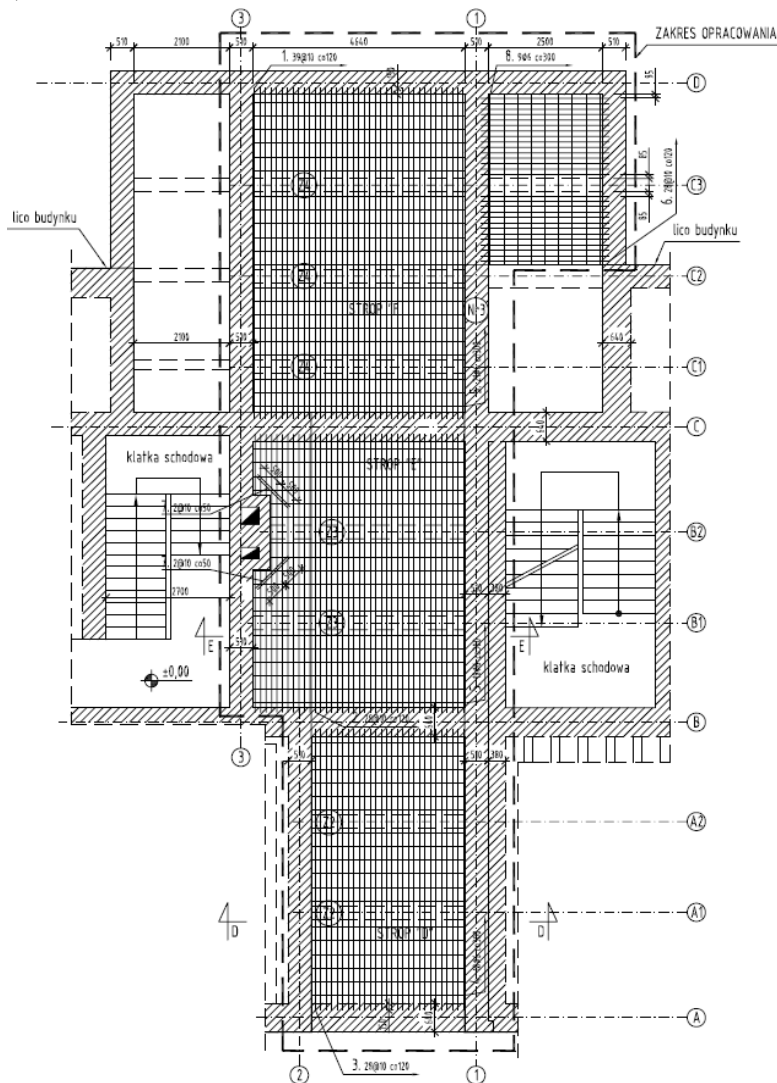
Obliczenia sprawdzające przeprowadzono przyjmując zobowiązującą wielkość obciążenia przejazdu pojazdami mechanicznymi wynoszącą 15 kN/m^2 (obciążenie równomiernie rozłożone)

Bezpośrednią przyczyną uszkodzeń korozyjnych prętów zbrojeniowych było zawilgocenie elementów żelbetowych spowodowane brakiem skutecznej izolacji przeciwwodnej stropu w obszarze przejazdu. Podstawowe rozwiązanie projektowe stropu (płyta żelbetowa monolityczna 13 cm z warstwą betonu spadkowego 2 cm) przewidywało jedynie wykonanie pojedynczej warstwy papy na osnowie tekturowej, jako izolacji przeciwwodnej przejazdu. Dokumentacja projektowa nie przewidywała nawet wykonania jakiegokolwiek impregnacji warstwy wierzchniej betonu. Ponadto w podstawowej dokumentacji projektowej nie było szczegółów dotyczących uszczelnienia stropu w miejscu montażu pustaków szklanych. Wykonane w okresie eksploatacji przebudowy układu warstw przejazdu były prowadzone z pominięciem zasad wiedzy technicznej i nie zapewniały szczelności izolacji przeciwwilgociowej. Dodatkowo brak jednoznacznych spadków nawierzchni przyczynił się do braku spływu wód opadowych oraz tworzenia się zastoisk wody na płycie przejazdu, co skutkowało jej przesączeniem i dalszym rozszerzaniem się usterek wilgotnościowych.

5. Rozwiązania projektowe usunięcia usterek stropu nad piwnicą

Jako rozwiązanie projektowe mające na celu usunięcie występujących usterek stropu nad piwnicą w obszarze przejazdu przyjęto, rozwiązanie polegające na wykonaniu nowej płyty. Ze względów użytkowych (brak zgody na wyłączenie pomieszczeń kotłowni z użytkowania i wyłączenie przejazdu na czas remontu – droga ewakuacyjna) niemożliwe było rozebranie uszkodzonej płyty i jej późniejsze odtworzenie. Przyjęto, że stara płyta pozostanie nierozebrana i wykorzystana zostanie, jako szalunek dla nowej płyty. W obliczeniach współpraca

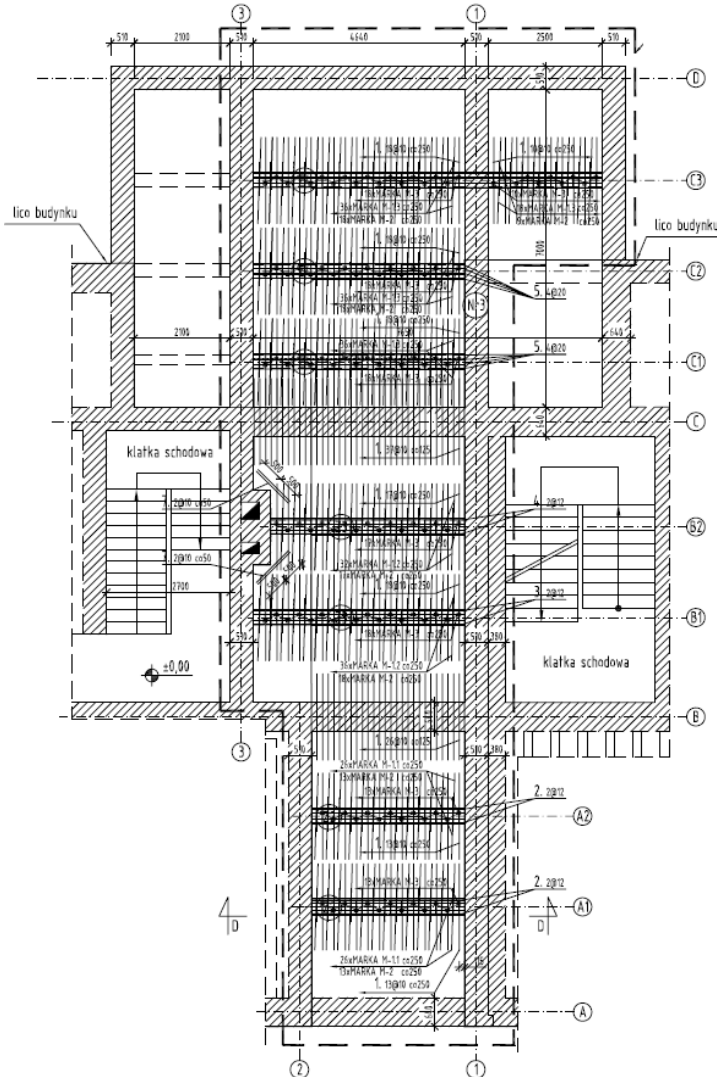
obu płyt w przenoszeniu obciążeń nie została uwzględniona. Wszystkie obciążenia na żebra przenosi nowa płyta. Przyjęto, że w stanie projektowanym istniejąca płyta przenosi tylko i wyłącznie swój ciężar własny (rys. 4 oraz rys. 5) oraz tymczasowe obciążenia montażowe ($0,5 \text{ kN/m}^2$).



Rys. 4. Siatka zbrojenia dolnego nowoprojektowanej płyty żelbetowej, monolitycznej stropu nad kotłownią

Projektowana nowa płyta żelbetowa przeniesie pozostałe działające obciążenia tj. ciężar własny, warstwy wykończeniowe oraz obciążenie pojazdami. W przeprowadzonych obliczeniach sprawdzających istniejącej płyty uwzględniono jej częściowe odciążenie poprzez usunięcie zalegających warstw wykończeniowych i dociążenie świeżą mieszanką betonową w trakcie prac betonowych. Obciążenie świeżą mieszanką betonową było mniejsze niż ciężar istniejących warstw wykończeniowych, różnica nie przekraczała wielkości $\approx 10\%$. celu

zapewnienia współpracy obu płyt, ich wzajemnego połączenia (w tym przeniesienia sił rozwarstwiających), pomiędzy płytami wykonane zostały trzpienie stalowe ϕ 8 mm osadzone z zastosowaniem żywicy epoksydowej w płycie istniejącej. Przyjęto rozstaw trzpieni w ilość 8 szt./m². Na czas betonowania płyta stropowa podparta została rozporami stalowymi.



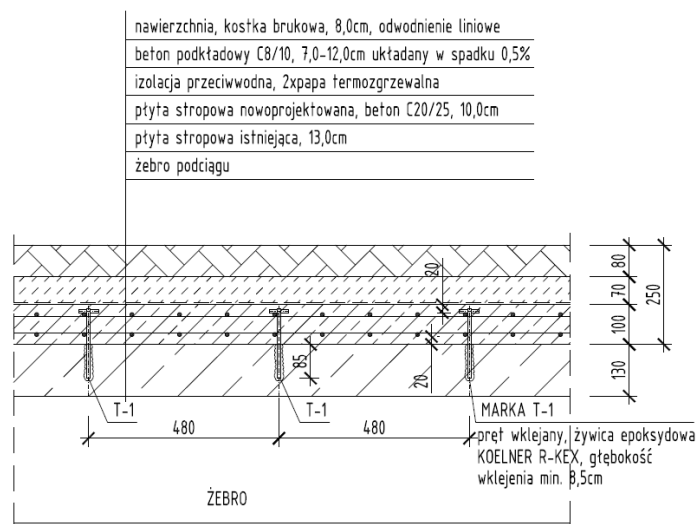
Rys. 5. Siatka zbrojenia górnego nowoprojektowanej płyty żelbetowej, monolitycznej stropu nad kotłownią

Nowoprojektowany układ warstw przejazdu przyjęty został w następującym układzie (rys. 6): a) nawierzchnia z kostki betonowej 8 cm, b) podkład betonowy 7÷12 cm, c) 2× papa termozgrzewalna, d) nowoprojektowana płyta stropowa 10 cm, e) istniejąca płyta stropowa 13 cm. Nowa płyta stropu zaprojektowana została, jako element monolityczny, żelbetowy, którego zbrojenie główne stanowią pręty o średnicy ϕ 10 mm, natomiast średnica prętów

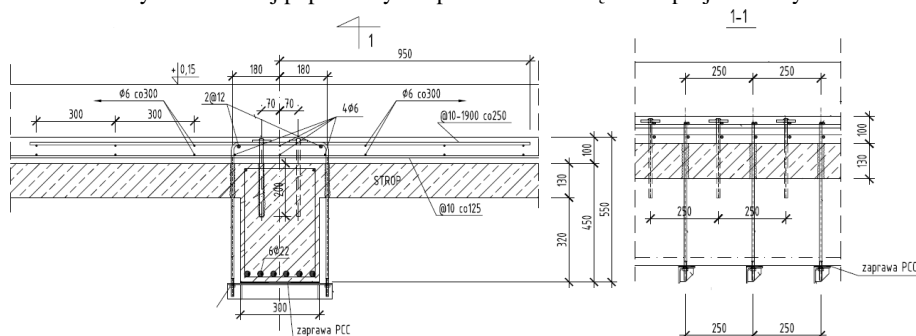
rozdzielczych, pracujących jednocześnie, jako zbrojenie przeciwskurczowe wynosiła $\phi 6$ mm [10]. Rozwiązanie projektowe uwzględniało wykonstwo spadku podłużnego oraz poprzecznego, który przyjęto 0,5% [11]. W celu zapewnienia odprowadzenia wody opadowej zaprojektowano montaż odwodnień (wpustów ulicznych). Odprowadzenie wody do kanalizacji deszczowej wykonano powierzchniowo do najbliższej studzienki kanalizacji deszczowej ($\approx 2,0$ m od krawędzi przejazdu). Zaproponowane rozwiązanie konstrukcji przejazdu nie przewidywało odtworzenia transparentnych fragmentów stropu. Istniejące wypełnienia z pustaków szklanych zostały usunięte a otwory w starej płycie stropowej zostały zabetonowane.

Ze względu na przekroczenie warunków normowych wykonano również wzmocnienia żeber stropowych. Żebra wzmocniono poprzez wykonanie stalowych opasek z prętów o średnicy $\phi 10$ mm, które dla zwiększenia efektywności pracy zostały wykorzystane, jako pręty pracujące na moment podporowe (rys. 7).

W ramach prac remontowych przewidziano również odtworzenie izolacji pionowej ścian budynku zagłębionych w gruncie z zastosowaniem bitumicznych mas naprawczych oraz wykonanie izolacji poziomej murów metodą iniekcji niskociśnieniowej w poziomie posadzki piwnic i poniżej stropu nad piwnicą. Ponadto w ramach prac naprawczych usunięto ze ścian pomieszczenia kotłowni ślady lokalnego rozwoju korozji biologicznej murów.



Rys. 6. Przekrój poprzeczny stropu nad kotłownią – stan projektowany



Rys. 7. Żebro poprzeczne stropu nad kotłownią – stan projektowany

6. Wnioski

Przedstawione rozwiązanie projektowe naprawy płyty przejazdu stanowiącej przekrycie pomieszczeń kotłowni polegało na usunięciu istniejących warstw wykończeniowych, wykonaniu nowej izolacji przeciwwodnej i nowej monolitycznej płyty żelbetowej. Powodem zastosowania takiego rozwiązania naprawy był brak możliwości wyłączenia pomieszczeń kotłowni z użytkowania na czas prowadzenia prac remontowych oraz czasowego zamknięcia przejścia między frontem i podwórzem budynku, będącego drogą ewakuacyjną. Ze względu na uszkodzenia korozyjne prętów zbrojeniowych oraz dostosowanie stropu do obowiązujących przepisów (tj. zmianę klasy obciążenia przejazdu) konieczne było również wzmocnienie żeber stropu. Zastosowane rozwiązanie projektowe ograniczyło do niezbędnego minimum wyłączenie z eksploatacji przejazdu oraz umożliwiło odtworzenie warstw izolacji przeciwwilgociowej eliminując tym samym źródło powstawania uszkodzeń wilgotnościowych.

Literatura

1. Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J.: *Awarie konstrukcji betonowych i murowych*, Wydawnictwo Arkady, 1982.
2. Kobiak J.: *Błędy w konstrukcjach żelbetowych. Doświadczenia z ekspertyz*, Wydawnictwo Arkady, 1971.
3. Czarnecki L., Emmons P.H.: *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*, Wydawnictwo Polski Cement sp. z o.o., 2009.
4. Kamiński M., Jasiczak J., Buczkowski W., Błaszczński T.: *Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2007.
5. Masłowski E., Spiżewska D.: *Wzmacnianie konstrukcji budowlanych*, Wydawnictwo Arkady, 2000.
6. Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: *Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.
7. Sekcja Konstrukcji Betonowych KILiW PAN: *Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2006.
8. Starosolski W.: *Konstrukcje żelbetowe według PN-B-03264:2002 i Eurokodu 2*, Wydawnictwo naukowe PWN, 2008.
9. Łapko A., Jansen B.Ch.: *Podstawy projektowania i algorytmy obliczeń konstrukcji żelbetowych*, Wydawnictwo Arkady, 2005.
10. Flaga K.: *Naprężenia skurczowe i zbrojenie przypowierzchniowe w konstrukcjach betonowych*, wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2004.
11. Szydło A.: *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja*, Wydawnictwo Polski Cement sp. z o.o., 2004.