

dr inż. Teresa Możaryn*
dr inż. Anna Sokalska*

Naprawa i ochrona konstrukcji żelbetowych wg poradnika ITB

Repair and protection of concrete structures by ITB handbook

W grudniu 2012 r. opublikowany został Poradnik Instytutu Techniki Budowlanej pt. *Naprawa i ochrona konstrukcji żelbetowych* [1], w którym przedstawiono zalecenia dotyczące projektowania i wykonywania napraw konstrukcji z betonu oraz ochrony powierzchniowej po naprawie. Zakres Poradnika obejmuje:

- naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne betonu, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1504-3:2006 [2];
- iniekcję betonu, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1504-5:2006 i ZUAT ITB [3, 4];
- ochronę zbrojenia, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1504-7:2007 [5];
- ochronę powierzchniową naprawionych konstrukcji, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1504-2:2006 [6], gdy konstrukcja użytkowana jest w warunkach szkodliwych klasyfikowanych wg normy PN-EN 206-1:2003 [7].

W Poradniku przedstawiono również zalecenia dotyczące wykonania i odbioru napraw oraz robót dotyczących zabezpieczeń powierzchniowych. Natomiast Poradnik nie dotyczy:

- uzupełniania lub wymiany prętów zbrojeniowych, montowania prętów w betonie, doklejania płyt wzmacniających, sprężania struno- lub kablobetonów [8];
- realkalizacji skarbonatyzowanego betonu, elektrochemicznego usuwania chlorków, kontroli obszarów katodowych, ochrony katodowej oraz stosowania inhibitorów korozji w betonie;
- obliczeń i ocen konstrukcyjnych;
- ochrony powierzchniowej betonu w warunkach agresji chemicznej [9].

Przyczyny i rodzaje uszkodzeń konstrukcji żelbetowych

Uszkodzenia konstrukcji żelbetowych powodowane są różnymi przyczynami, które można podzielić na dwie grupy: błędy ludzkie oraz warunki występujące w trakcie użytkowania konstrukcji.

Uszkodzenia konstrukcji powodowane błędami ludzkimi mogą wynikać z:

- nieprawidłowego zaprojektowania konstrukcji, np. pod względem wytrzymałościowym, składu mieszanki betonowej, doboru wyrobów do izolacji przeciwwodnych, cieplnych lub innych niedostosowanych do warunków użytkowania, jednoczesnego zastosowania wyrobów niekompatybilnych;
- nieprawidłowego wykonania konstrukcji, np. niewystarczającego wymieszania i zagęszczenia mieszanki betonowej, wykonania zbyt cienkiej otuliny betonowej zbrojenia,

wprowadzenia do konstrukcji szkodliwych zanieczyszczeń z kruszywem lub wodą zarobową, niewłaściwej pielęgnacji betonu, nieszczelnych izolacji.

Uszkodzenia konstrukcji żelbetowych wynikające z warunków użytkowania są powodowane czynnikami fizycznymi i chemicznymi, działającymi odrębnie lub jednocześnie. Najczęstsze przyczyny uszkodzeń powierzchni betonu oraz otuliny betonowej zbrojenia, powodowanych warunkami użytkowania, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Najczęstsze przyczyny uszkodzeń betonu (wg normy PN-EN 1504-9:2008 [10])

Czynniki powodujące uszkodzenia betonu	Przyczyny uszkodzeń betonu
Fizyczne (w tym mechaniczne)	zamrażanie-rozmrażanie, oddziaływania cieplne, krystalizacja soli, skurcz, erozja, zużycie
	ścieranie, zmęczenie, uderzenia, przeciążenia, przemieszczenia, wybuch, wibracje
Chemiczne	alkaliczna reakcja kruszywa, substancje agresywne, np. sole siarczanowe lub inne, woda miękka

Szkodliwe oddziaływanie substancji chemicznych jest często trudne do wykrycia w pierwszych stadiach przebiegu reakcji. Objawy uszkodzeń betonu nie występują natychmiast, lecz pojawiają się dopiero po pewnym czasie. Substancje chemiczne najczęściej występujące w środowisku otaczającym konstrukcję, to dwutlenek węgla oraz sole chlorkowe i siarczanowe. Powodują one korozję zbrojenia lub betonu bez uszkodzenia powierzchni betonu i otuliny betonowej zbrojenia. Podczas korozji zbrojenia powstaje rdza, która zwiększa objętość prętów zbrojeniowych i rozpoczyna się proces rozsadzania betonowej otuliny zbrojenia. Na powierzchni betonu pojawiają się kolejno pęknięcia, zarysowania, rdzawe zacieki, odspojenia drobnych, a następnie większych fragmentów otuliny betonowej i odkryte zostaje korodujące zbrojenie. Najczęstsze przyczyny korozji zbrojenia zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Najczęstsze przyczyny korozji zbrojenia (wg normy PN-EN 1504-9:2008 [10])

Przyczyna korozji zbrojenia	Czynniki wpływające na korozję zbrojenia
Karbonatyzacja	rodzaj i zawartość cementu, współczynnik w/c, pielęgnacja, opady, temperatura, wilgotność
Zanieczyszczenia działające korozyjnie	sole chlorkowe wprowadzone podczas produkcji, sole chlorkowe ze środowiska zewnętrznego, woda morska, środki odładzające, inne zanieczyszczenia

Szkodliwe działanie na powierzchnię betonu wywierają wody opadowe i topniejący śnieg, ponieważ są to na ogół wody miękkie. Woda miękka, stykając się z betonem, rozpuszcza i wymywa z betonu wodorotlenek wapnia. Jest to

* Instytut Techniki Budowlanej

korozja ługująca betonu. Uszkodzenia betonu zaczynają być widoczne po długotrwałym działaniu przepływającej wody. Z powierzchni betonu wymywane jest stwardniałe spoiwo cementowe, uwalnia się piasek i ziarna kruszywa, następuje zniszczenie mikrostruktury betonu.

Zasady, metody i dobór naprawy konstrukcji żelbetowych

Naprawa zdefiniowana w normie [10] jako usuwanie wad konstrukcji to wielokrotnie złożony sposób postępowania, mający na celu całkowite lub częściowe przywrócenie obiektowi stanu użytkowania zakłóconego na skutek złego wykonania lub uszkodzenia podczas użytkowania.

W zależności od przyczyny, rozmiaru i rodzaju uszkodzenia stosuje się:

- **naprawę konstrukcyjną**, przywracającą ciągłość i trwałość konstrukcji;
- **naprawę niekonstrukcyjną**, przywracającą właściwy kształt lub estetyczny wygląd konstrukcji.

W ramach tych napraw istnieje dalszy podział w zależności od sposobu wykonania, zastosowanej techniki i oczekiwanych efektów, obejmujący np. wymianę otuliny betonowej, uzupełnienie betonu, wzmocnienie konstrukcji, uodpornienie konstrukcji, iniekcję betonu, zabezpieczenie zbrojenia odkrytego w trakcie naprawy itd. Poszczególne rodzaje napraw

zostały pogrupowane i znormalizowane w postaci zasad i odpowiadających im metod napraw [2, 3, 4, 10]. Naprawa wg danej zasady może być wykonywana kilkoma różnymi metodami przeciwdziałającymi uszkodzeniom. Wyroby stosowane do naprawy daną metodą powinny spełniać ściśle powiązane z tą metodą wymagania właściwości użytkowych, ustanowione w odrębnej normie wyrobu (systemu/zestawu wyrobów).

Podstawą prawidłowego doboru, zaprojektowania i wykonania naprawy uszkodzonej konstrukcji jest wykonanie oceny jej stanu technicznego. Ocena taka wymagana jest zarówno w dokumentach normowych, jak i w instrukcjach, wytycznych i poradnikach krajowych. Tok postępowania przy ocenie stanu technicznego konstrukcji, opracowany na podstawie doświadczeń ITB oraz z uwzględnieniem postanowień normy [10] obejmuje:

- wstępną wizję lokalną, ocenę wizualną konstrukcji pod względem widocznych uszkodzeń;
- analizę dostępnej dokumentacji technicznej; projektowej; wykonawczej; powykonawczej itp.;
- ustalenie dotychczasowych warunków użytkowania konstrukcji na podstawie istniejących dokumentów oraz informacji uzyskanych od użytkownika;
- ustalenie planowanych warunków użytkowania po naprawie;

 **Instytut Techniki Budowlanej**
jakość w budownictwie
Zakład Materiałów Budowlanych
Laboratorium Materiałów Budowlanych
www.itb.pl



Laboratorium Materiałów Budowlanych wchodzi w skład Zespołu Laboratoriów Badawczych ITB, który posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (AB 023)

W laboratorium wykonywane są badania wg metod opisanych w normach PN, EN, ISO oraz Wytycznych do Europejskich Aprobac Technicznych (ETAG)

BADANE WYROBY:

- Wyroby do ochrony i napraw konstrukcji betonowych i żelbetowych
- Wyroby do zabezpieczeń wodochronnych i ochrony przed korozją biologiczną
- Powłoki ochronne i przeciwkorozyjne

BADANIA WYROBÓW OBEJMUJĄ M.IN. OKREŚLANIE:

- Cech identyfikacyjnych
- Właściwości fizykochemicznych i odporności chemicznej
- Trwałości
- Cech specyficznych dla konkretnych zastosowań
- Właściwości eksploatacyjnych wyrobów i systemów

- ustalenie agresywności środowiska oddziałującego na konstrukcję aktualnie i po naprawie;

- opracowanie, na podstawie wyników ustaleń, programu badań konstrukcji;

- wizję lokalną w celu wykonania zaprogramowanych badań konstrukcji, w tym (w zależności od potrzeb) pobieranie próbek betonu/betonowej otuliny zbrojenia do badań laboratoryjnych;

- wykonanie, w specjalistycznych laboratoriach, zaplanowanych badań chemicznych, elektrochemicznych, fizycznych, wytrzymałościowych i innych;

- opracowanie wyników badań i oględzin przeprowadzonych w trakcie wizji lokalnych oraz wyników badań laboratoryjnych próbek betonów pobranych z konstrukcji;

- przeprowadzenie obliczeń konstrukcyjnych;

- ustalenie przyczyn wystąpienia stwierdzonych rodzajów uszkodzeń konstrukcji;

- opracowanie oceny stanu konstrukcji oraz zaleceń projektowych i wykonawczych wymaganych napraw;

- określenie wymagań właściwości użytkowych, jakie powinny spełniać wyroby lub zestawy wyrobów do wybranej naprawy.

W Poradniku uszczegółowiono zarówno opisany tok postępowania, jak i dobór rodzaju, zasad i metod napraw w zależności od rodzajów, rozmiarów i zasięgu stwierdzonych uszkodzeń oraz przyczyn ich powstania. Omówiono też rodzaje wyrobów i systemów przeznaczonych do napraw konstrukcji żelbetowych oraz scharakteryzowano ich właściwości techniczno-użytkowe.

Zalecenia do wykonania i odbioru naprawy

W Poradniku opisano wymagania i zalecenia dotyczące:

- wymaganej dokumentacji projektowej i wykonawczej napraw konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych;

- zawartości projektu wykonawczego naprawy konstrukcyjnej;

- przygotowania podłoża pod naprawę z wyspecyfikowaniem wymagań zgodnie z właściwościami i warunkami stosowania wyrobów naprawczych;

- dokumentacji powykonawczej napraw konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych;

- warunków przyjmowania, przechowywania i stosowania wyrobów przeznaczonych do napraw;

- kontroli i badań przy odbiorze robót naprawczych, uwzględniając rodzaje odbiorów, wykazy niezbędnych dokumentów, zakresy podstawowych czynności kontrolnych zarówno podczas odbiorów przejściowych, jak i odbioru końcowego.

Przykładowy wykaz badań kontrolnych podłoża i wykonanej naprawy, które mogą być przeprowadzone w trakcie odbioru przejściowego i końcowego, po uzgodnieniu między zainteresowanymi stronami, podano w tabeli 3.

Tabela 3. Wykaz badań kontrolnych podłoża i wykonanej naprawy do uzgodnienia między zainteresowanymi stronami, które mogą przeprowadzić w trakcie odbiorów

Rodzaj odbioru	Badana właściwość użytkowa	Metoda badania	Wymagana wartość
Odbiór betonu podłoża	czystość	wizualnie, wycieranie, taśma samoprzylepna	brak zabrudzeń, zatuszczeń, mleczka cementowego, wykwitów, ziaren piasku, pyłów (taśma samoprzylepna)
	zawartość jonów chlorokowych	pobranie próbki, analiza chemiczna w laboratorium wg PN-EN 14629:2007	zawartość jonów chlorowych poniżej 0,01%
	wytrzymałość na rozciąganie	wg PN-EN 1542:2000	nie mniej niż 1,5 MPa lub deklaracja producenta stosowanego wyrobu/systemu
	wytrzymałość na ściskanie	pomiar liczby odbicia: PN-EN 12540-2:2004 ściskanie odwiertu PN-EN 12540-1:2011	deklaracja producenta stosowanego wyrobu/systemu
	zawilgocenie	wizualnie lub pobranie próbki i badanie laboratoryjne	deklaracja producenta stosowanego wyrobu lub systemu naprawczego
	karbonatyzacja	pomiar wskaźnikiem fenoloftaleinowym, PN-EN 14630:2007	deklaracja producenta stosowanego wyrobu/systemu
Odbiór zbrojenia	czystość zbrojenia	wizualnie	ocena wg PN-ISO 8501-1:2007
Odbiór naprawy po stwierdzeniu	grubość warstwy	wizualnie, na rdzeniu (odwiercie)	ocena wg wymagań dokumentacji projektowej
	wytrzymałość na ściskanie	pomiar liczby odbicia: PN-EN 12540-2:2004 ściskanie odwiertu PN-EN 12540-1:2011	deklaracja producenta stosowanego wyrobu/systemu
	odspojenie	ostukiwanie młotkiem	brak głuchoego odgłosu
	grubość otuliny zbrojenia, bez lub z naprawą	wizualnie lub grubościomierzem na rdzeniu (odwiercie)	ocena wg dokumentacji projektowej, deklaracja producenta wyrobu/systemu
	przyczepność materiału naprawczego	wg PN-EN 1542:2000	deklaracja producenta stosowanego wyrobu/systemu

Ochrona powierzchniowa naprawionych konstrukcji żelbetowych

Na konstrukcje lub elementy konstrukcji żelbetowych, użytkowane w warunkach atmosferycznych i gruntach, działają różne czynniki niszczące, które zostały pogrupowane i sklasyfikowane w tablicach 1 – 2 w normie PN-EN 206-1:2003 [6], w formie klas ekspozycji betonu (tabela 4). Obejmują one **Tabela 4. Zestawienie agresywnych jonów zawartych w naturalnych wodach gruntowych i gruncie oraz klasyfikacja ich agresywności chemicznej wobec betonu (na podstawie tablicy 2 normy PN-EN 206-1:2003 [6])**

Rodzaj agresywnego jonu w wodzie gruntowej	Klasa ekspozycji betonu		
	środowisko chemiczne mało agresywne, XA1	środowisko chemiczne średnio agresywne, XA2	środowisko chemiczne silnie agresywne, XA3
pH	5,5 ≤ pH ≤ 6,5	4,5 ≤ pH < 5,5	4,0 ≤ pH < 4,5
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	200 ≤ SO ₄ ²⁻ ≤ 600	600 < SO ₄ ²⁻ ≤ 3000	3000 < SO ₄ ²⁻ ≤ 6000
CO ₂ agresywny [mg/l]	15 ≤ CO ₂ ≤ 40	40 < CO ₂ ≤ 100	100 < CO ₂ i do nasycenia
NH ₄ ⁺ [mg/l]	15 ≤ NH ₄ ⁺ ≤ 30	30 < NH ₄ ⁺ ≤ 60	60 < NH ₄ ⁺ ≤ 100
Mg ²⁺ [mg/l]	300 ≤ mg/l ≤ 1000	1000 < Mg ²⁺ ≤ 3000	3000 < Mg ²⁺ i do nasycenia
SO ₄ ²⁻ w gruncie [mg/kg]	2000 ≤ SO ₄ ²⁻ ≤ 3000	3000 < SO ₄ ²⁻ ≤ 12 000	12 000 < SO ₄ ²⁻ ≤ 24 000

oddziaływania: naturalnych gruntów i wód gruntowych, dwutlenku węgla zawartego w powietrzu, jonów chlorkowych pochodzących z wody morskiej lub ze środków odladzających, wilgoci i mrozu.

W zależności od wielkości stężeń agresywnych wobec betonu jonów pochodzących z rozpuszczonych soli zawartych w gruntach i naturalnych wodach gruntowych, naturalne wody gruntowe zostały sklasyfikowane zgodnie z normą PN-EN 206-1:2003 jako trzy klasy ekspozycji agresywności chemicznej, obejmujące: XA1 – środowisko chemiczne mało agresywne; XA2 – środowisko chemiczne średnio agresywne; XA3 – środowisko chemiczne silnie agresywne.

Zasady, metody i wyroby stosowane do wykonywania ochrony powierzchniowej konstrukcji

Do ochrony naprawionych konstrukcji żelbetowych narażonych głównie na działanie czynników atmosferycznych i gruntów, wody morskiej i środków odladzających zastosowanie mają dwie zasady ochrony wg PN-EN 1504-2:2006 [5]: **zasada 1 – ochrona przed wnikaniem do betonu niepożądanych substancji** i **zasada 5 – zwiększenie odporności fizycznej**. Zasada 1 polega na zmniejszeniu wnikania lub zabezpieczeniu przed wnikaniem np. wody, innych cieczy, pary wodnej, gazów, innych substancji chemicznych. Może być realizowane metodami: impregnacji hydrofobizującej; impregnacji; zabezpieczania powierzchni betonu powłokami. Zwiększenie odporności powierzchni betonu na oddziaływania fizyczne, w tym na uszkodzenia mechaniczne, może być realizowane metodami impregnacji oraz zabezpieczania powierzchni betonu powłokami. Do danej metody ochrony stosuje się odpowiednie rodzaje wyrobów (tabela 5).

Tabela 5. Wyroby zalecane do stosowania w metodach ochrony powierzchniowej betonu

Metoda ochrony	Rodzaj wyrobu zalecanego do danej metody ochrony
Impregnacja hydrofobizująca	wyroby: silikonowe, silanowe, siloksanowe i inne bazujące na związkach krzemooorganicznych, o właściwościach odpychania cząsteczek wody, nie tworzą powłok
Impregnacja	wyroby z żywic syntetycznych: epoksydowych; poliuretanowych; akrylowych; poliestrowych. np. farby, impregnaty, lakiery, wyroby polimerowo-cementowe, wyroby mineralne, wypełniają pory i kapilary, tworzą powłoki nieciągłe
Powłoki	żywice syntetyczne i kompozycje z żywic epoksydowych, poliuretanowych, akrylowych, poliestrowych, poliwęglanowych i inne wyroby polimerowe, wyroby polimerowo-cementowe, wyroby mineralne, tworzące powłoki grubości do 5 mm, a w szczególnych przypadkach powyżej 5 mm (ciągłe powłoki o skończonej grubości)

Charakterystyka wymienionych zabezpieczeń powierzchniowych oraz wymagania dotyczące ich właściwości w zależności od warunków użytkowania zabezpieczanej konstrukcji zostały wyspecyfikowane w Poradniku oraz w dokumentach związanych [7, 9]. W Poradniku opisano również zasady wykonania ochrony powierzchniowej naprawionych podłoży betonowych, odnosząc się do: przygotowania podłoża pod ochronę powierzchniową i jego jakości; procedury przyjmowania podłoża; warunków wykonania ochrony po-

wierzchniowej uwzględniając: przyjmowanie i kontrolowanie wyrobów i systemów, warunki przechowywania, zasady stosowania wyrobów przeznaczonych do wykonania ochrony; zasad kontroli i badań przy odbiorze robót zabezpieczających.

Streszczenie

Artykuł dotyczy zagadnień naprawy i ochrony konstrukcji żelbetowych, które przedstawione zostały w Poradniku Instytutu Techniki Budowlanej w grudniu 2012 r. Przedmiotem Poradnika są zalecenia dotyczące projektowania i wykonywania napraw konstrukcji z betonu oraz ochrony powierzchniowej konstrukcji po naprawie. Zalecenia uwzględniają wieloletnie doświadczenia ITB oraz przepisy norm europejskich. Mogą być przydatne dla projektantów, wykonawców, inspektorów nadzoru, rzeczoznawców budowlanych, pracowników uczelni technicznych.

Słowa kluczowe: konstrukcje betonowe, uszkodzenia, korozja, naprawa, ochrona powierzchniowa.

Abstract

This paper applies to issues of repair and protection of reinforced concrete structures, which are presented in the publication of the Building Research Institute in a series of manuals, guides, guidelines in December 2012. The subject of the Guidance are the recommendations for the design and repair of concrete structures and to protect the surface structure after repair. The recommendations take into account the long experience of the ITB and the provisions of European standards. They can be useful for designers, contractors, supervision inspectors, construction experts and staff of technical universities.

Literatura

- [1] Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 479/2012. Naprawa i ochrona konstrukcji żelbetowych – A. Sokalska, T. Możaryn, Instytut Techniki Budowlanej 2012 r.
- [2] PN-EN 1504-3:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 3: Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne.
- [3] PN-EN 1504-5:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 5: Iniekcja betonu.
- [4] Zalecenia Udzielania Aprobata Technicznych ITB ZUAT-15/VI.22/2009 Wyroby żywiczne do iniekcji w celu doraźnego i właściwego uszczelnienia elementów betonowych.
- [5] PN-EN 1504-7:2007 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 7: Ochrona zbrojenia przed korozją.
- [6] PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [7] PN-EN 1504-2:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu.
- [8] Runkiewicz L.: Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych Poradnik, ITB Warszawa 2011.
- [9] Instrukcja ITB nr 453/2009 Ochrona powierzchniowa betonu w warunkach agresji chemicznej.
- [10] PN-EN 1504-9:2008 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 9: Ogólne zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów.