

Ochrona i naprawa betonowych obiektów oczyszczania ścieków w ujęciu Norm Europejskich z serii PN-EN 1504

Materiał opracowany na podstawie artykułu L. Czarneckiego, P. Łukowskiego i J. Jasiczaka pt.: Ochrona i naprawa betonowych obiektów oczyszczania ścieków w ramach strategii zarządzania konstrukcją w świetle Norm Europejskich z serii PN-EN 1504

Streszczenie

Naprawy i ochrona konstrukcji betonowych stanowią złożone i trudne technicznie zadanie, a zarazem gospodarczo znaczące. Opracowanie podstaw naukowych i wynikających stąd zaleceń technicznych wymaga całościowego – systemowego ujęcia. Europejski Komitet Normalizacyjny opracował obszerną, dziesięcioczęściową serię norm EN 1504 pod ogólnym tytułem „Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji z betonu. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności”. Przyniosły one wiele porządkujących działań i nowych inspiracji, stanowiąc próbę sformalizowanego ujęcia zagadnienia napraw według współczesnego stanu wiedzy i techniki. Należy jednak zauważyć, że dziedzina ta znajduje się nadal w dynamicznym rozwoju i jest przedmiotem dyskusji nie tylko w Europie. W artykule przedstawiono zwięźle objawy i przyczyny uszkodzeń konstrukcji betonowych, a następnie omówiono strukturę i zalecenia Norm Europejskich dotyczących napraw i ochrony betonu. Całość zilustrowano przykładem wykorzystania norm przy wykonaniu napraw konstrukcji obiektów oczyszczalni ścieków. Zwrócono uwagę na związki norm 1504 z normą PN-EN 206 i Eurokodem 2.

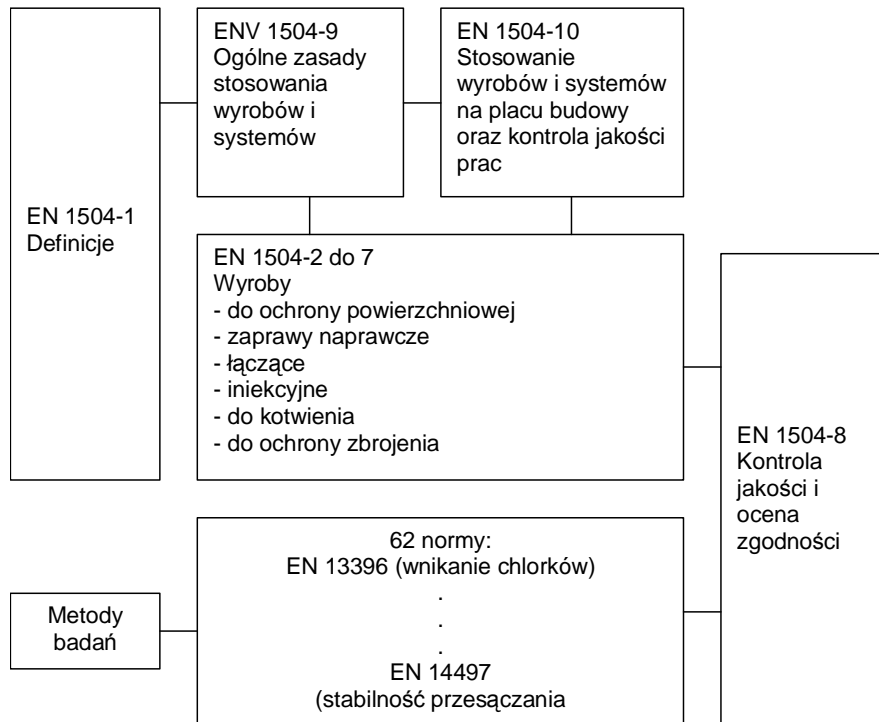
Słowa kluczowe: *beton, konstrukcja, materiał, naprawa, normalizacja, ochrona*

1. Wprowadzenie

Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) opracował w ciągu ostatnich piętnastu lat zbiór dziesięciu norm pod ogólnym tytułem „EN 1504: Products and systems for the protection and repair of concrete structure. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity” („Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji z betonu. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności”). Jako ostatnia część tej serii została wprowadzona część 9 „Ogólne zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów”.

Naprawa budowli to złożony sposób postępowania, mający na celu całkowite lub częściowe przywrócenie obiektowi wyjściowego lub wymaganego projektem stanu użytkowania. Złożoność zagadnienia znajduje odzwierciedlenie w dużej liczbie różnorodnych rozwiązań materiałowych w zakresie napraw i ochrony betonu przed korozją, oferowanych na rynku.

Założeniem serii norm europejskich EN 1504 jest kompleksowe ujęcie tematyki napraw i ochrony konstrukcji betonowych. W dziesięciu częściach przedstawiono całość problematyki – od definicji do wykorzystania materiałów i systemów na placu budowy. Wyroby i systemy ochronne i naprawcze, zgodnie z ogólnym tytułem zbioru, zajmują w strukturze norm PN-EN 1504 centralne miejsce (rys. 1).



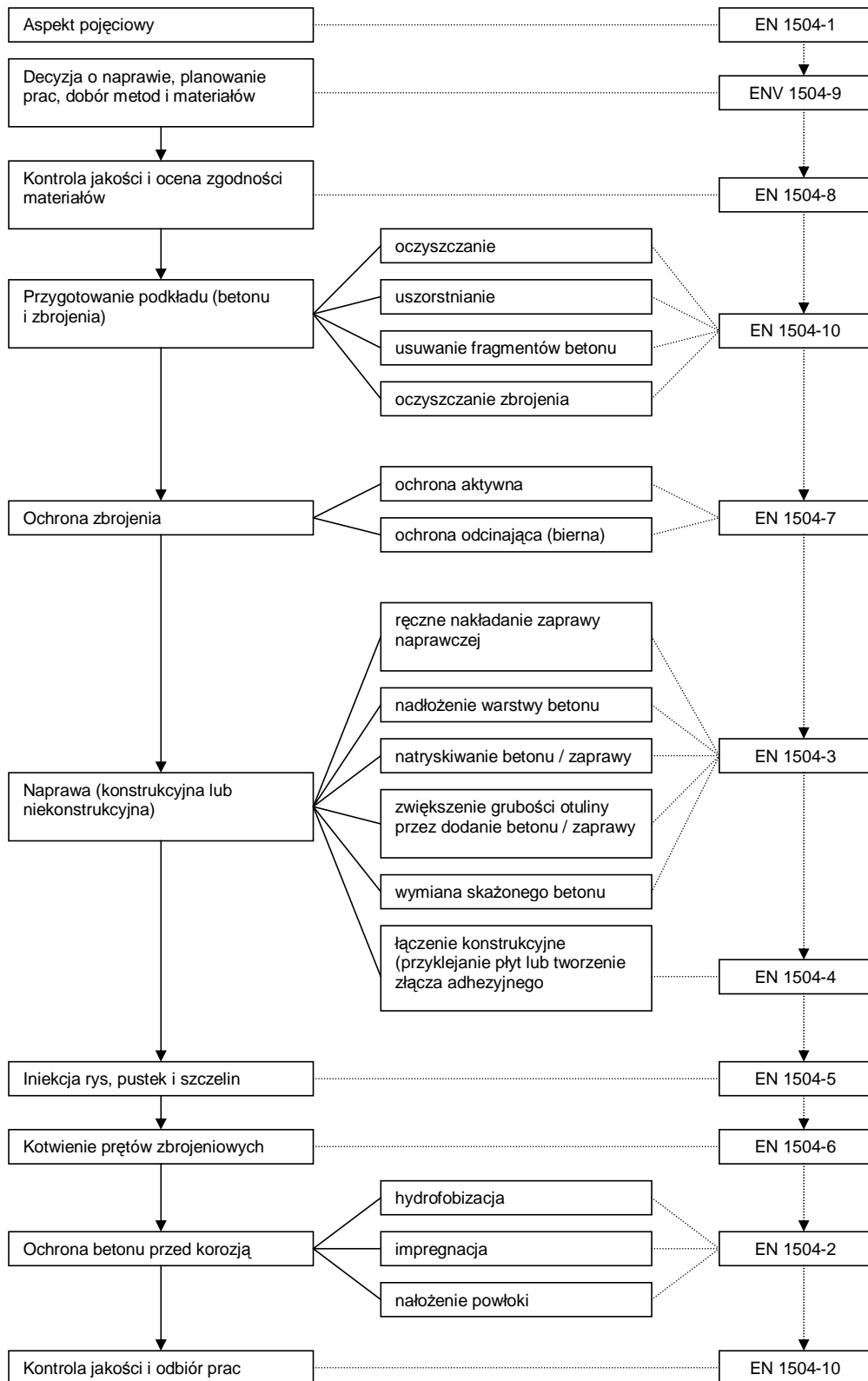
Rys. 1. Struktura zbioru norm z serii PN-EN 1504

2. Etapy naprawy, metody i odpowiadające im normy z serii EN 1504

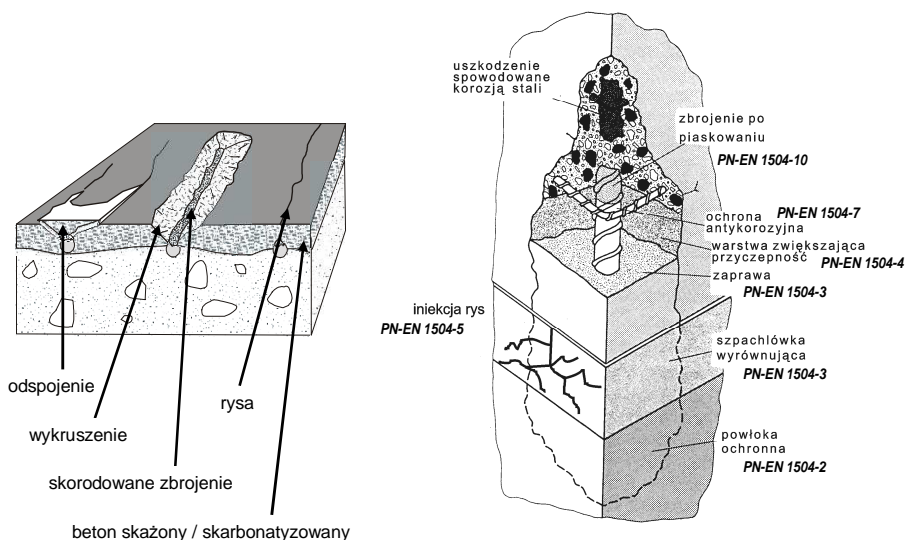
W każdej naprawie betonu lub żelbetu można wyróżnić szereg operacji naprawczych (rys. 2). Operacje te wyznaczają funkcje używanych materiałów i są podstawą ich klasyfikacji według PN-EN 1504-1.

W normach z serii PN-EN 1504 ujęto (rys. 3):

- *wyroby i systemy do ochrony powierzchniowej betonu*: wyroby i systemy, których zastosowanie poprawia trwałość konstrukcji betonowych i żelbetowych,
- *wyroby i systemy do napraw niekonstrukcyjnych*: wyroby i systemy stosowane do napraw powierzchniowych, przywracające geometrię powierzchni lub estetyczny wygląd konstrukcji,
- *wyroby i systemy do napraw konstrukcyjnych*: wyroby i systemy stosowane do napraw konstrukcji betonowych, zastępujące uszkodzony beton i przywracające ciągłość i trwałość konstrukcji,
- *wyroby i systemy do łączenia konstrukcyjnego*: wyroby i systemy stosowane w celu zapewnienia trwałej konstrukcyjnej przyczepności między betonem a dodatkowo stosowanym materiałem,
- *wyroby i systemy do iniekcji betonu*: wyroby i systemy wprowadzane do konstrukcji betonowej przez iniekcję, przywracające ciągłość i/lub trwałość konstrukcji,
- *wyroby i systemy do kotwienia*: wyroby i systemy, które kotwią zbrojenie w betonie, zapewniając odpowiednią współpracę obu materiałów lub przez wypełnianie pustek zapewniają współodkształcalność stali i betonu,
- *wyroby i systemy do ochrony zbrojenia przed korozją*: wyroby i systemy nakładane na niezabezpieczone zbrojenie w celu zapewnienia ochrony przed korozją.



Rys. 2. Etapy naprawy, metody i odpowiadające im normy z serii EN 1504



Rys. 3. Typowe uszkodzenia elementu żelbetowego oraz ich naprawa żelbetowego wg [2] z przypisaniem odpowiednich części normy PN-EN 1504

3. PN-EN 1504-9 – Ogólne zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów

Norma PN-EN 1504-9 obejmuje następujące zagadnienia:

- zasady badania i oceny stanu konstrukcji betonowej przed i po naprawie,
- zapobieganie uszkodzeniom, powodowanym przez chemiczne i biologiczne oddziaływania środowiska, oddziaływania mechaniczne lub inne fizyczne oraz korozję zbrojenia,
- naprawa wad spowodowanych przez błędy w projektowaniu, specyfikacji lub budowie lub przez zastosowanie nieodpowiednich materiałów konstrukcyjnych
- zapewnienie wymaganej nośności naprawianej konstrukcji
- uszczelnienia przeciwwodne jako integralny element ochrony i naprawy;
- zasady i metody ochrony i naprawy.

Postanowienia normy nie obejmują natomiast przygotowania podłoża przed stosowaniem materiałów do napraw i ochrony, wymagań odnośnie do warunków zewnętrznych przechowywania i stosowania materiałów naprawczych oraz kontroli jakości prac naprawczych; zagadnienia te są przedmiotem normy EN 1504-10.

W dziewiątej części normy EN 1504 dokonano istotnego uporządkowania zagadnień związanych ze stosowaniem materiałów i systemów do napraw i ochrony konstrukcji betonowych [3]. Między innymi, określono najważniejsze etapy procesu naprawy, którymi są:

- ocena stanu konstrukcji;
- określenie przyczyn uszkodzenia;
- podjęcie decyzji o sposobie ochrony i naprawy;
- dobór właściwej zasady (zasad) ochrony i naprawy;
- wybór metod;
- określenie wymaganych właściwości wyrobów i systemów;
- specyfikacja wymagań dotyczących konserwacji po wykonaniu ochrony i naprawy.

Wady konstrukcji betonowych mogą wynikać z błędów popełnionych w czasie projektowania, specyfikowania, nadzoru, wykonania prac i doboru materiałów, w tym zwłaszcza:

- niewłaściwego zaprojektowania konstrukcji,
- niewłaściwego zaprojektowania, wymieszania i zagęszczenia mieszanki betonowej,
- niewystarczającej otuliny betonowej,
- niewystarczającej lub wadliwej izolacji przeciwwodnej,
- zastosowania kruszywa złej jakości, reaktywnego lub skażonego,
- niewłaściwej pielęgnacji.

Zgodnie z przesłaniem normy EN 1504, kluczowym elementem procesu decyzyjnego dotyczącego ochrony i/lub naprawy konstrukcji betonowej, jest dobór zasady lub zasad naprawy oraz metody lub metod ich technicznej realizacji [4]. W EN 1504-9 sformułowano 6 zasad dotyczących naprawy betonu i 5 zasad ochrony zbrojenia wraz z odpowiednimi metodami (tabl. 1); zbiór metod podany w normie liczy 30 metod (niektóre z nich mogą być przypisywane różnym zasadom).

Tablica 1. Zasady i metody ochrony i naprawy konstrukcji betonowych wg PN-EN 1504-9

Zasada	Przykłady metod opartych na danej zasadzie
Zasady i metody dotyczące wad betonu	
1. Ochrona przed wnikaniem	1.1 Impregnacja hydrofobizująca
	1.2 Impregnacja
	1.3 Nakładanie powłok
	1.4 Powierzchniowe zamykanie rys
	1.5 Wypełnianie rys
	1.6 Przenoszenie rys przez złącza
	1.7 Stosowanie zewnętrznych płyt
	1.8 Stosowanie membran
2. Ograniczenie zawilgocenia	2.1 Impregnacja hydrofobizująca
	2.2 Impregnacja
	2.3 Nakładanie powłok
	2.4 Stosowanie zewnętrznych płyt
	2.5 Ochrona elektrochemiczna
3. Odbudowanie elementu betonowego	3.1 Ręczne nakładanie zaprawy naprawczej
	3.2 Uzupełnienie warstwy betonu lub zaprawy
	3.3 Natryskiwanie betonu lub zaprawy
	3.4 Wymiana elementów
4. Wzmacnianie konstrukcji	4.1 Uzupełnienie lub wymiana wewnętrznych lub zewnętrznych prętów zbrojeniowych
	4.2 Zakotwienie prętów w przygotowanych wcześniej lub wywierconych otworach w betonie
	4.3 Doklejanie płyt wzmacniających
	4.4 Nadkład zaprawy lub betonu
	4.5 Iniekcja rys i pustek
	4.6 Wypełnianie rys i pustek
	4.7 Sprężanie (strunobeton lub kablobeton)
5. Zwiększanie odporności na czynniki fizyczne	5.1 Nakładanie powłok
	5.2 Impregnacja
	5.3 Nadkład zaprawy lub betonu
6. Odporność na czynniki chemiczne	6.1 Nakładanie powłok
	6.2 Impregnacja
	6.3 Nadkład zaprawy lub betonu

Tablica 1. c.d.

Zasady i metody dotyczące korozji zbrojenia	
7. Utrzymanie lub przywrócenie stanu pasywnego stali zbrojeniowej	7.1 Zwiększenie grubości otuliny przez dodanie zaprawy lub betonu
	7.2 Wymiana skażonego lub skarbonatyzowanego betonu
	7.3 Elektrochemiczna realkalizacja skarbonatyzowanego betonu
	7.4 Realkalizacja skarbonatyzowanego betonu przez dyfuzję
	7.5 Elektrochemiczne usunięcie chlorków
8. Podwyższenie oporności elektrycznej otuliny betonowej	8.1 Impregnacja hydrofobizująca
	8.2 Impregnacja
	8.3 Nakładanie powłok
9. Kontrola obszarów katodowych	9.1 Ograniczenie dostępu tlenu (na katodzie) przez nasycenie lub zastosowanie powłoki
10. Ochrona katodowa	10.1 Przyłożenie napięcia elektrycznego
11. Kontrola obszarów anodowych	11.1 Nakładanie na zbrojenie powłoki zawierającej aktywne domieszki
	11.2 Nakładanie na zbrojenie powłoki ochronnej
	11.3 Stosowanie inhibitorów korozji w betonie

Należy także ocenić możliwości spełniania przez konstrukcję swojej funkcji – użyteczność. Ocena stanu konstrukcji, zgodnie z zaleceniami normy, powinna obejmować następujące elementy, jednak nie ograniczając się tylko do nich:

- wizualna ocena stanu konstrukcji,
- badanie stanu betonu i stali zbrojeniowej,
- porównanie istniejącej konstrukcji z założeniami projektu,
- analiza wpływu środowiska (możliwość skażenia),
- dotychczasowy przebieg użytkowania konstrukcji (w tym warunki klimatyczne),
- obecne warunki użytkowania (w tym występujące obciążenia),
- wymagania dotyczące użytkowania w przyszłości.

W PN-EN 1504-9 wprowadzono kilka istotnych definicji. Rozróżniają one, na przykład, **czas użytkowania** konstrukcji (rzeczywisty) od **projektowego czasu użytkowania** (zakładanego). Zdefiniowano też jednoznacznie **wadę** jako stan wymagający interwencji oraz **naprawę** (usuwanie wad), **ochronę** (zapobieganie i ograniczanie powstawania wad) oraz **konserwację** (okresowe lub stałe prowadzenie napraw lub ochrony).

4. Określenie wymaganych właściwości wyrobów i systemów a także wybór metod wykonania naprawy na przykładzie obiektów oczyszczania ścieków

Sformułowane w normie metody i zasady mają w większości charakter jakościowy choć i tak stanowią olbrzymi zasób wiedzy do celowego wykorzystania przez użytkowników. W praktyce napraw wymagane są jednakże ujęcia ilościowe, co można zilustrować na przykładzie zastosowania Zasady 3 Odbudowanie elementu betonowego oraz Zasady 6 Odporność na czynniki chemiczne. Przy wykonywaniu konkretnego projektu naprawy należy

korzystać nie tylko ze zbioru norm 1504 ale także i z 62 innych norm pokazanych na rys. 1. Na rysunkach 4, 5 i 6 podano 3 uszkodzone konstrukcje betonowe obiektów oczyszczania ścieków. Wymagane jest uzupełnienie ubytków betonu materiałem naprawczym ale o różnych objętościach , różnych właściwościach i różnej odporności na wpływy środowiskowe.

Wymienione przypadki napraw , zgodnie z PN-EN 1504-3, zrealizowano jedną z trzech zalecanych metod:

M 3.1 – ręczne nałożenie zaprawy naprawczej (rys. 4),

M 3.2 – nałożenie warstwy betonu (rys. 5),

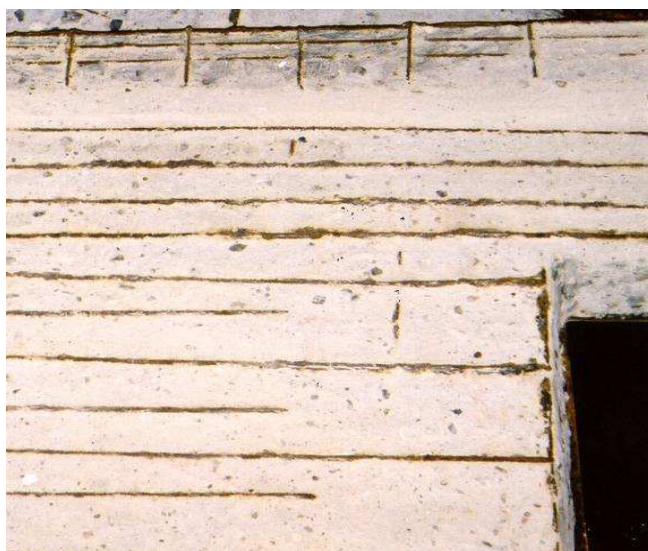
M 3.3 – natryskiwanie betonu lub zaprawy (rys. 6).



Rys. 4. Ubytki betonu o objętości około 3 dm³ w dnie zbiornika na ścieki . Osadnik wstępny o klasie ekspozycji XA1 i pH \geq 6. Naprawa niekonstrukcyjna



Rys. 5 Liniowy ubytek betonu przy dnie zbiornika o objętości około 20 dm³ na 1 mb długości. Klasa ekspozycji XA2, 4,5> pH \leq 5,5. Naprawa konstrukcyjna



Rys. 6 Powierzchniowy ubytek betonu w stropie przepompowni ścieków o objętości 70 dm³ na m² stropu. Silne obciążenie korozyjne siarkowodo-rem. Klasa ekspozycji XA3, pH ≤ 3. Naprawa konstrukcyjna

Wskazana norma specyfikuje wymagania użytkowe dotyczące wyrobów różnicując ich cechy w zależności od charakteru naprawy wyróżniając naprawę konstrukcyjną lub niekonstrukcyjną. Wymagania odnośnie cech użytkowych materiału naprawczego w stosunku do wymienionych przykładów naprawy podano w tabelicy 2.

Norma 1504-3 (Tabela 3) precyzuje także inne cechy materiału naprawczego przy dodatkowych wpływach środowiskowych takich jak: zamrażanie – rozmrażanie, zraszanie, cykle suszenia, odporność na poślizg, rozszerzalność cieplna. Wymagania odnośnie tych środowisk podane są także w sposób ilościowy.

W tabelicy 2 artykułu podane są parametry mechaniczne materiałów, wskazana metoda badania tych cech (odniesienie do odpowiednich norm) i rodzaj podłoża kontrolnego na którym należy sprawdzić deklarowane parametry materiału.

Tabela 2. Specyfikacja podstawowych parametrów materiałów naprawczych dla przypadków podanych na rys. 4, 5 i 6.

Nr	Właściwość użytkowa	Podłoże kontrolne EN 1766	Metoda badania	Klasa R4	Klasa R3	Klasa R2	Klasa R1
				Konstrukcyjna		Niekonstrukcyjna	
1	Wytrzymałość na ścislenie, MPa	Brak	EN 12190	≥ 45	≥25	≥15	≥10
2	Przyczepność MPa	MC(0,40)	EN 1542	≥ 2	≥ 1,5	≥ 0,8	≥0,8 ^a
3	Ograniczony skurcz/pęcznienie, Przyczepność po Badaniu ^{b,c} , MPa	MC(0,40)	EN 12617-4	≥2	≥1,5	≥0,8 ^a	Brak wym.
4	Moduł sprężystości GPa	Brak	EN 13412	≥20	≥15	Brak	Brak
5	Absorpcja kapilarna kg*m ⁻² *h ^{-0,5}	Brak	EN 13057	≤0,5	≤0,5	≤0,5	Brak

Uwagi

^a Osiągnięcie wartości 0,8 MPa nie jest wymagane, jeśli następuje zniszczenie kohezyjne w materiale naprawczym. W takim przypadku wymagana jest minimalna wytrzymałość na rozciąganie 0,5 MPa.

^b Wartość średnia przy braku pojedynczych wartości mniejszych niż 75% wymaganego minimum.

^c Maksymalna dopuszczalna średnia szerokość rysy $\leq 0,05$ mm przy braku rys $\geq 0,1$ mm i braku odspojień.

Podłoże kontrolne określone jest w normie PN-EN 1766: 2001 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Betony wzorcowe do badań. Podłoże typu MC(0,40) wykonać należy z mieszanki betonowej o zawartości 455 kg cementu, w/c = 0,40 i średniej wytrzymałości na rozciąganie w warstwie przypowierzchniowej co najmniej 3,0 N/mm² (3 MPa). Badanie przez odrywanie powinno być wykonane na przygotowanej powierzchni betonu bezpośrednio przed zastosowaniem materiału, który ma być badany, z użyciem co najmniej jednej próbki z każdego zarobu. Należy badać co najmniej jedną z każdych 15 próbek do badania. W normie zawarto także następującą uwagę: wymaganie to jest zwykle spełnione dla betonów o klasie C50/60 zgodnie z normą PN- EN 206. Odnosząc tę uwagę do wykonawstwa budowlanego jedynie przy stosowaniu betonu natryskowego (torkretu), którego średnia wytrzymałość przekracza 60 MPa, można by nie sprawdzać przyczepności, w pozostałych przypadkach jednak tak (Tablica 2, wiersz 1). Po określeniu wymagań stawianych materiałom naprawczym należałoby spełnić dla rozpatrywanych obiektów oczyszczania ścieków Zasadę 6 Odporność na czynniki chemiczne stosując alternatywnie związane z nią 3 metody naprawy:

M 6.1 Nakładanie powłok (zgodnie z 1504 -2),

M 6.2 Impregnacja (zgodnie z 1504 – 2),

M 6.3 Nadkład zaprawy lub betonu (zgodnie z omówioną wcześniej normą 1504 – 3).

W normie PN-EN 1504 – 9 odnośnie zastosowania Zasady 6 zapisano (punkt A.6.2.1.7), iż niniejsza norma obejmuje wyroby i systemy, które mogą chronić beton przed działaniem agresywnych czynników chemicznych ze środowisk wymienionych w normie PN-EN 206 – 1. Ponieważ omawiane konstrukcje betonowe charakteryzuje klasa ekspozycji XA 1-3 beton naprawczy powinien charakteryzować się parametrami jak w tablicy 3.

Tablica 3. Niezbędne parametry betonu dla napraw obiektów pokazanych na rys. 4, 5 i 6

Klasa ekspozycji betonu	XA1	XA2	XA3
Minimalna klasa betonu	C 30/37	C30/37	C35/45
Maksymalna wartość w/c	0,55	0,50	0,45
Minimalna ilość cementu, kg/m ³	300	320	360
Rodzaj cementu odpornego na siarczany	-	HSR	HSR

Porównując dane z tablicy 3 z danymi z tablicy 2 widać, iż w przypadku napraw konstrukcyjnych stosować należy beton o klasach wytrzymałościowych C30/37 i C35/45 (co jest w zasadzie zgodne z zapisami normy 1504 – 3), jednak w przypadku napraw niekonstrukcyjnych wytrzymałość betonu musi być zdecydowanie wyższa (C30/37 a nie ≥ 15 MPa i ≥ 10 MPa). Ze względu na agresywne oddziaływanie środowiska także pozostałe parametry betonu naprawczego powinny być bliżej klas R3 i R4.

Prowadząc rozważania w intencji normy PN-EN 206 należałoby zwrócić uwagę, iż dla środowiska o pH < 4 ochrona materiałowo- strukturalna nie jest wystarczająca. Zabezpieczenie betonu o wymaganiach jak dla klasy XA3 stanowią powłoki ochronne nakładane zgodnie z normą 1504 – 2. Niestety norma ta nie specyfikuje wyraźnie wymagań ilościowych co do właściwości powłok zalecając jedynie dla odporności chemicznej obowiązkowe określenie przyczepności przy odrywaniu oraz reakcji na silną agresję

chemiczną (EN 13 529; w normie tej opisano stanowisko do badań i rodzaj aplikowanych cieczy agresywnych. Badania wykonac należy na podłożach betonowych wg PN-EN 1766). Dla niektórych zamierzonych zastosowań określać należy także skurcz liniowy, wytrzymałość na ścislenie, współczynnik rozszerzalności cieplnej, przyczepność metodą nacinania itp. Nie zaleca się badań przepuszczalności przez powłokę gazowego H₂S, co jest wyraźnym brakiem tej normalizacji. Wprawdzie norma PN-EN 1504 – 9 zwraca uwagę na możliwość wytwarzania przez bakterie w ściekach kwasów lub siarczanów inicjujących korozję betonu i zbrojenia, ale pozostawia ten problem do rozwiązania producentom powłok, którzy powinni określić właściwe warunki ich stosowania.

Kolejna norma PN-EN 1504-10 odnośnie powłok zaleca przyjmować grubość, temperaturę aplikacji, wilgotność podłoża i otoczenia zgodnie ze specyfikacją przygotowana przez projektanta naprawy i producenta wyrobu.

Po spełnieniu określonych zasad i dokonania wyboru metod naprawy a także – w przypadku obiektów oczyszczania ścieków – uwzględnieniu zaleceń normy 206-1 należy sprawdzić warunek użyteczności, nośności i stateczności konstrukcji betonowych ustalonych przez Normę PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu [1]. Spełnione być muszą warunki dotyczące trwałości betonu i otulenia zbrojenia (pkt. 4 normy) oraz stany graniczne użyteczności (pkt. 7 normy). Zapisy te dotyczą odpowiedniego doboru klas betonu, grubości otuliny i podatności na zarysowanie konstrukcji betonowych w nawiązaniu do klas ekspozycji określonych w normie PN-EN 206-1.

5. Projektowanie na trwałość a ochrona i naprawa jako element strategii zarządzania konstrukcją

Trwałość można traktować jako proces zapewnienia stanu użyteczności w przewidywanym czasie eksploatacji konstrukcji. Czas życia obiektu norma PN-EN 206 – 1 definiuje jako okres, w którym stan betonu w konstrukcji odpowiada wymaganom eksploatacyjnym dotyczącym tej konstrukcji pod warunkiem, że jest ona właściwie użytkowana [7]. Okres ten określony został na minimum 50 lat. Przyjęte graniczne składniki betonu są właśnie oparte na założeniu, że przewidywany czas użytkowania konstrukcji wynosi 50 lat. Także nowe obiekty oczyszczania ścieków projektowane być muszą zgodnie z tą zasadą. Rozumieć przez to należy, iż obiekty naprawiane powinny być także poddane ochronie zgodnie z tą zasadą.

Możliwości zapewnienia realizacji tego procesu są ujęte w nowej normie PN-EN 1504-9, w której powiązано ochronę i naprawy ze strategią zarządzania konstrukcją [5].

W normie wskazano *opcje*, które należy brać pod uwagę podejmując decyzję o ochronie i/lub naprawie obiektu, oraz *czynniki*, które należy brać pod uwagę przy wyborze spośród dostępnych możliwości. Ogólne założenia strategii zarządzania konstrukcją – w odniesieniu do napraw i ochrony – są następujące:

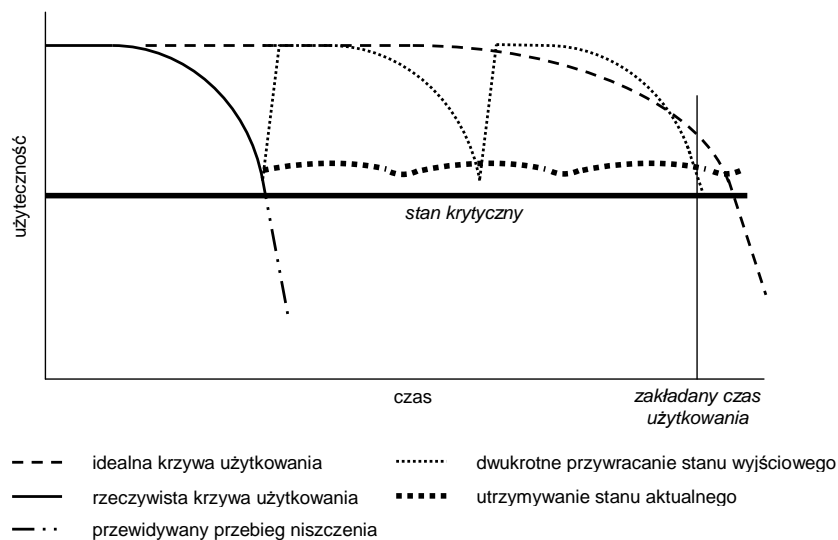
- w każdym przypadku przedwczesnej degradacji konstrukcji istnieje możliwość dokonania wyboru jednej z następujących możliwości: albo przeprowadzenie ochrony i naprawy umożliwiającej osiągnięcie pierwotnie projektowanego czasu użytkowania, albo przeprowadzenie ochrony i naprawy przedłużającej okres użytkowania o krótszy czas ze świadomością, że w przyszłości konieczne będzie poniesienie kosztów dodatkowej ochrony i naprawy,
- prawidłowa konserwacja wykonanej ochrony i naprawy pozwala na osiągnięcie dłuższego czasu użytkowania zarówno samej naprawy, jak i konstrukcji,
- rodzaj i sposób użytkowania konstrukcji wpływa na wybór strategii zarządzania, zasad naprawy oraz stosowanego sprzętu i systemów ,

- właściwości i metody przygotowania podłoża mogą wpływać na końcowy wygląd chronionej i naprawianej konstrukcji.

Wyboru strategii zarządzania konstrukcją dokonuje się nie tylko na gruncie technicznym, ale także biorąc pod uwagę czynniki ekonomiczne, funkcjonalne i środowiskowe, a przede wszystkim wymagania właściciela konstrukcji, dotyczące projektu i czasu użytkowania konstrukcji oraz możliwości konserwacji i naprawy. Określa to przyjmowaną strategię zarządzania naprawą.

Najważniejszym wymaganiem w strategii zarządzania konstrukcją jest utrzymanie lub przywrócenie bezpieczeństwa. Możliwości spełnienia tego warunku należy oceniać ze względu na ich efektywność w pozostałym czasie użytkowania konstrukcji. Analiza dostępnych możliwości i ich konsekwencji w aspekcie ekonomicznym powinna obejmować koszt początkowy, koszty konserwacji i ewentualną konieczność wprowadzenia ograniczeń w użytkowaniu konstrukcji [6].

Podstawową przesłanką w projektowaniu systemu ochrony i naprawy jest przewidywany czas użytkowania naprawionej konstrukcji betonowej. Ważny jest także czas do pierwszej konserwacji poszczególnych wyrobów użytych do naprawy, jako że ich okres użytkowania może być krótszy niż zakładany czas użytkowania całej konstrukcji (rys.7).



Rys. 7. Cykle naprawcze przy różnych strategiach zarządzania konstrukcją

Wreszcie, należy uwzględnić takie czynniki, jak dostępność miejsc prowadzenia prac oraz możliwość wymiany i naprawy zastosowanych systemów ochronnych i naprawczych.

Zakres dostępnych możliwości obejmuje zarówno przywrócenie projektowego czasu użytkowania konstrukcji betonowej w jednej, wszechstronnej operacji, jak i prostsze działania, które mogą wymagać cyklicznie powtarzanej konserwacji, lub w których występuje potrzeba wielokrotnego stosowania składników układu naprawczego, np. systemów ochrony powierzchniowej.

6. Podsumowanie

Naprawy konstrukcji betonowych stanowią złożone i trudne technicznie zadanie, a przy tym są istotne z gospodarczego punktu widzenia. Seria Norm Europejskich EN 1504, dotycząca wyrobów i systemów do napraw konstrukcji betonowych porządkuje wcześniejsze

działania, zwłaszcza w zagadnieniach doboru materiałów naprawczych i ochronnych, a także w problematykę sterowania jakością, co należy uznać za szczególnie istotne ze względu na techniczną odpowiedzialność napraw obiektów budowlanych.

W procesie projektowania naprawy należy brać także pod uwagę specyfikę eksploatacji obiektu na którą rzutują, jak w przypadku oczyszczalni ścieków, środowiska agresywne o klasach ekspozycji jak w normie PN-EN 206. Należy pamiętać także i o tym, iż po naprawie obiektu konstrukcja musi spełniać warunki użyteczności, nośności i stateczności wyznaczone przez Eurokod 2.

Jeszcze raz podkreślić należy znaczenie normy EN 1504-9, co wynika między innymi z faktu, iż sformułowano w niej zasady dotyczące naprawy betonu i ochrony zbrojenia, a zasadom przyporządkowano odpowiednie metody technicznej realizacji. Określono także etapy naprawy oraz czynniki, jakie powinny być brane pod uwagę w poszczególnych fazach realizacji przedsięwzięcia, a decyzje podejmowane w trakcie procesu ochrony i naprawy i przesłanki ich podejmowania umieszczono w szerszym kontekście strategii zarządzania konstrukcją. Wyboru tej strategii należy dokonywać nie tylko na gruncie technicznym, ale także biorąc pod uwagę inne czynniki, przede wszystkim ekonomiczne, związane z przewidywanym czasem użytkowania konstrukcji.

Literatura

- [1] Ajdukiewicz A.: Eurokod 2. Podręczny skrót dla projektantów konstrukcji żelbetowych. Polski Cement, Kraków 2009
- [2] Czarnecki L., Emmons P.H.: Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement, Kraków, 2003
- [3] Czarnecki L., Łukowski P.: Wdrażanie normy PN-EN 1504-9 do stosowania w Polsce. Materiały Budowlane, 2, 2010, 2-5
- [4] Raupach M.: Concrete repair according to the New European Standard EN 1504. In „Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting” (M. Alexander, H.D. Beushausen, F. Dehn and P. Moyo eds.), Taylor & Francis Group, London, 2006, 6-8
- [5] Somerville G.: Management of deteriorating concrete structures. Taylor & Francis, London and New York, 2008
- [6] Flint A.R., Das P.: Whole life performance-based assessment rules – background and principles. Proc. of Conference on Safety of Bridges, Thomas Telford, London, 1996
- [7] Praca zbiorowa pod kierunkiem L. Czarneckiego: BETON według normy PN EN 206 – 1 – komentarz. Polski Cement, Kraków 2004