



KORBET Tomasz Łakomy

Diagnostyka i projektowanie konstrukcji budowlanych

ul. Obożna 62/1, 52-244 Wrocław, tel. 732 575 750, www.KORBET.pl, korbet@korbet.pl

Nr raportu: **5.2/2024**

RAPORT

BADANIA DIAGNOSTYCZNE

przyczółka mostu nad rzeką Dobrzyńka koło m. Potażnia

Opracował:

dr inż. Tomasz Łakomy

Rzecznawca Budowlany

Nr RZE/X/0048/13

Dr inż. Tomasz Łakomy
Rzecznawca Budowlany
Nr RZE/X/0048/13

maj 2024 r.

1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES RAPORTU

Przedmiotem raportu przyczółek południowy mostu nad rzeką Dobrzyńka koło m. Potażnia.



Rys. 1.1 Lokalizacja przedmiotowego mostu

Celem raportu jest ustalenie parametrów materiałowych (m.in. klasa betonu, rodzaj i układ zbrojenia) oraz zakresu degradacji badanego przyczółka.

Zakres raportu obejmuje:

- Skanowanie zbrojenia – nieniszczący pomiar rozstawu oraz grubości otuliny prętów zbrojeniowych.
- Mikro-odkuwkę – bezpośredni pomiar średnicy oraz wielkości ubytków korozyjnych na prętach.
- Ocena jednorodności oraz oszacowanie klasy betonu na podstawie pomiarów sklerometrycznych przy użyciu młotka Schmidta typu N.
- Badanie chemiczne betonu – pomiar głębokości karbonatyzacji oraz skażenia betonu szkodliwymi solami (chlorkami, siarczanami, azotanami).

2. PODSTAWA RAPORTU

Całościowy raport wykonano na podstawie zlecenia z dnia 10.05.2024 od P. Jakuba Jarosz, ul. Kalatówki 2, 92-116 Łódź.

Badania diagnostyczne przedmiotowego przyczółka przeprowadzono w dniu 11.05.2024.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Ocena jednorodności oraz oszacowanie klasy betonu na podstawie pomiarów sklerometrycznych

Badanie przeprowadzono za pomocą sklerometru Schmidta typu „N”, realizując je zgodnie ze wskazówkami zawartymi w instrukcji fabrycznej, stosownej instrukcji ITB oraz przestrzegając wymagań określonych w PN-74/B-06262 i PN-EN 12504-2.

Sklerometr, wykorzystany w badaniach, poddano kontroli technicznej przed i po pomiarach. Stwierdzono, że urządzenie było w pełni sprawne. Beton znajdował się w chwili badania w stanie powietrzno-suchym.

Pomiary sklerometryczne poprzedziło ostukanie dostępnych powierzchni betonu przy użyciu młotka o masie 0,5 kg, które nie wykazało miejsc odspojień betonu.

Miejsce pomiarowe oczyszczano przez szlifowanie przy użyciu szlifierki kątowej.

Jako hipotetyczne równanie regresji, przyjęto równanie zalecane w instrukcji ITB Nr 210 w postaci:

$$R = 0,041 L^2 - 0,914 L + 7,36$$

zalecane dla betonów na żwirze wykonanych przed rokiem 1980, klas B15-B30.

Pomiary sklerometryczne wykorzystano do wstępnej oceny jakości przypowierzchniowej warstwy betonu w badanych elementach.

Klasyfikacja oceny jednorodności betonu na podstawie współczynnika zmienności (Instrukcja ITB nr 210):

- $v_r < 10$ (B7.5-25) < 7 (B30-50) – jednorodność betonu bardzo dobra
- $v_r < 11-13$ (B7.5-25) $8-10$ (B30-50) – jednorodność betonu dobra
- $v_r < 14-16$ (B7.5-25) $11-13$ (B30-50) – jednorodność betonu średnia
- $v_r < 17-20$ (B7.5-25) $14-15$ (B30-50) – jednorodność betonu dostateczna
- $v_r > 20$ (B7.5-25) > 15 (B30-50) – jednorodność betonu niedostateczna

Dziennik pomiarów sklerometrycznych

Typ przyrządu:	Młotek Schmidta typu "N"
Odbicie wzorcowe:	$79 < 80 \pm 2$
Data badania:	10.05.2024
Stan wilgotności betonu:	powietrzno-suchy
Wiek betonu w dniach:	> 1000 dni
Rodzaj kruszywa:	żwir

Przygotowanie powierzchni betonu: szlifowanie.

Pomiary wykonano na powierzchniach bocznych oraz powierzchni czołowej korpusu przyczółka południowego.

Tabela 3.1 – Tabela pomiarów sklerometrycznych

Punkt nr	Kąt a [°]	Liczby odbicia						Odczyt średni Lśr	Odczyt sprow. Lśr spr
		1	2	3	4	5	6		
1	0	44	44	48	47	49	47	46,5	46,5
2	0	51	47	51	51	50	51	50,2	50,2
3	0	45	43	48	46	48	45	45,8	45,8
4	0	50	51	50	49	47	49	49,3	49,3
5	0	44	44	49	46	48	46	46,2	46,2
6	0	46	48	51	51	48	49	48,8	48,8
7	0	43	45	45	47	48	45	45,5	45,5
8	0	45	44	45	47	45	46	45,3	45,3
9	0	52	52	48	47	49	48	49,3	49,3
10	0	46	46	51	51	50	47	48,5	48,5
11	0	47	45	46	48	49	46	46,8	46,8
12	0	46	48	47	45	50	47	47,2	47,2

Obliczenie wytrzymałości betonu według Instrukcji ITB Nr 210

Wytrzymałość średnia betonu

Wytrzymałość minimalna betonu

$$R = 0,041 \cdot L^2 - 0,914 \cdot L + 7,36$$

R_{sr} 56,4 MPa

R_{min} 50,2 MPa

Po uwzględnieniu wieku i wilgotności betonu

Współczynnik poprawkowy a **0,6**

Wartość średnia wytrzymałości betonu na ściskanie f_{m(n),is} 33,9 MPa

Wartość minimalna wytrzymałości betonu na ściskanie f_{is,lowest} 30,1 MPa

Odchylenie standardowe S_R 3,0

Współczynnik zmienności wytrzymałości n_R 9 %

Ocena jednorodności betonu - b.dobra

Zgodnie z normą PN-EN 13791:2008

$$f_{ck,is,cube} = f_{m(n),is} - k \quad \text{lub} \quad f_{ck,is,cube} = f_{is,lowest} + 4$$

k = 5

Wytrzymałość charakterystyczna betonu

28,9 MPa

Szacunkowa klasa wytrzymałości betonu

~ C20/25 (B25)

Pomiary sklerometryczne pozwoliły oszacować wytrzymałość betonu w przyczółku południowym jako odpowiadającą klasie wytrzymałości ~ C20/25 (B25) i odznaczającą się bardzo dobrą jednorodnością.

3.2. Lokalizacja i pomiar grubości otuliny zbrojenia

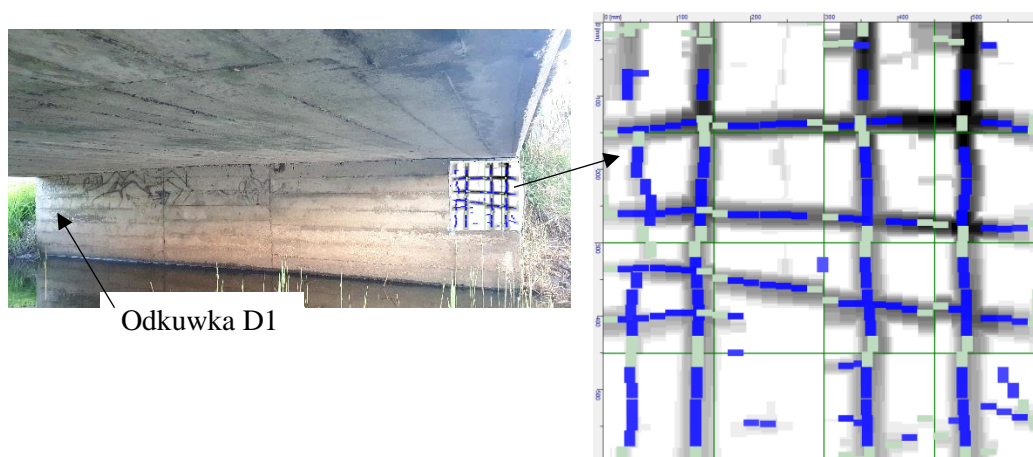
- Pomiary (skanowanie) wykonano w sposób nieniszczący, przy zastosowaniu specjalistycznych przyrządów do lokalizacji i pomiaru grubości otuliny prętów zbrojeniowych Hilti Ferroskan PS 200 i Elcometer 331 T, wykorzystujących metodę elektromagnetyczną (wzbudzenie w zbrojeniu prądów wirowych).
- Pomiary metodą elektromagnetyczną wykorzystuje się do:
 - wskazania miejsc do bezpiecznych przewiertów, tak aby w trakcie ich wykonywania nie przeciąć istniejących prętów zbrojeniowych,
 - lokalizacji prętów zbrojeniowych, kotew, ale również tras kabli sprężających,
 - pomiaru grubości otuliny prętów zbrojeniowych,
 - szacowania średnicy prętów zbrojeniowych.
- Zasięg skanowania - głębokość skanowania, w zależności od warunków (rozstaw, średnica, otulina zbrojenia) wynosi do około 80-120 mm. Wyniki pomiarów dotyczą przypowierzchniowej (pierwszej) warstwy zbrojenia. Pręty głębiej położone lub za pierwszą warstwą zbrojenia mogą pozostać nie wykryte.

W obszarach silnie zagęszczonego zbrojenia tj. jeżeli rozstaw prętów jest mniejszy niż około 5 cm lub rozstaw prętów jest mniejszy niż ich głębokość - mogą wystąpić problemy z rozróżnieniem poszczególnych prętów.

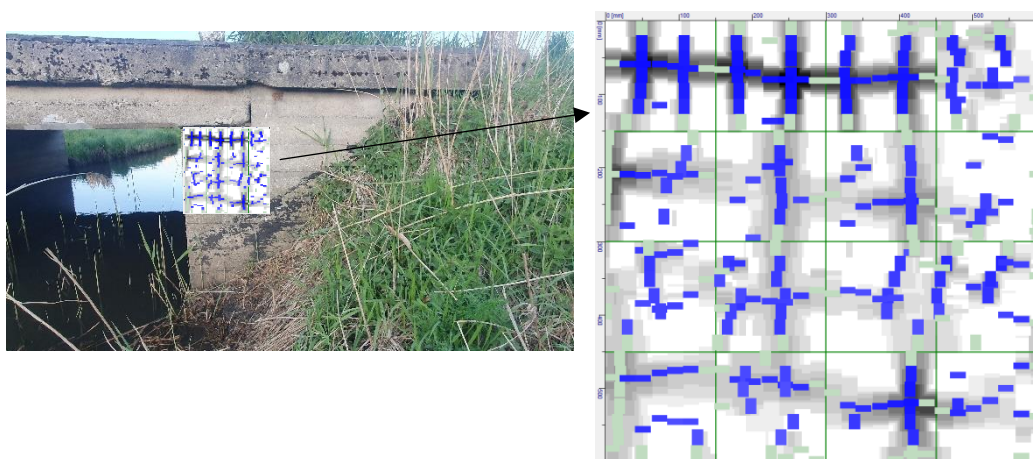
Nie jest możliwe skanowanie w odległości mniejszej niż około 5-10 cm od innych elementów stalowych (źródło zakłóceń) znajdujących się na badanej powierzchni takich jak kable, rury, profile itp. oraz w odległości mniejszej niż około 5 cm od krawędzi wklęsłych konstrukcji (brak dostępu dla głowicy pomiarowej).

- Wymiar typowego miejsca pomiarowego (obszaru skanowania) - 60 cm x 60 cm.
- Pomiar średnicy prętów zbrojeniowych oraz wielkości ich ubytków korozyjnych wykonano bezpośrednio w mikro-odkuwce kontrolnej.

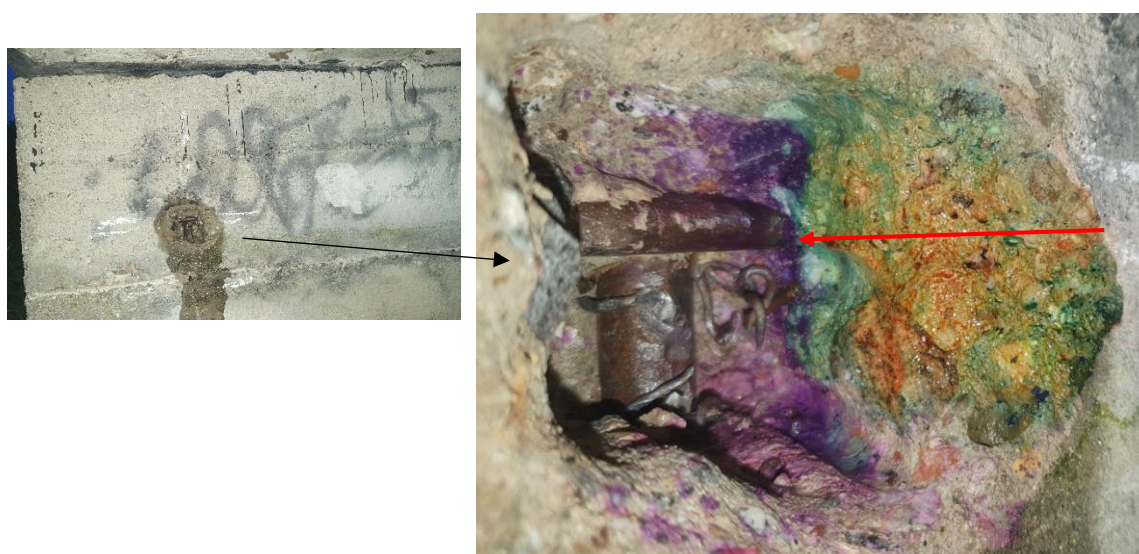
♦ **Przyczółek południowy**



Rys. 3.1 Miejsce skanowania zbrojenia (F2293) na powierzchni czołowej przyczółka PD



Rys. 3.2 Miejsce skanowania zbrojenia (F2292) na powierzchni bocznej przyczółka PD



Rys. 3.3 Odkuwka kontrolna D1 i miejsce badań chemicznych betonu
czerwoną strzałką oznaczono głębokość karbonatyzacji betonu (do zbrojenia)

Rozkład zbrojenia ustalony na podstawie skanowania i odkuwki kontrolnej:

- **Korpus przyczółka zbrojony**, rozstaw i układ prętów nieregularny.
- **Pręty pionowe - Ø16 mm** (pręty gładkie z pojedynczymi żebrami poprzecznymi – stal St52 wg PN-59/H-93244 – wczesna wersja stali AII)
Rozstaw prętów nieregularny od 9 do 22 cm, średnio co około 15 cm.
Grubość otuliny prętów zmienna od 18 do 58 mm – poniżej wartości zalecanej tj. 70 mm dla zbrojenia głównego podpór masywnych wg PN-91/S-10042.
- **Pręty poziome - Ø8 mm** (pręty gładkie z pojedynczymi żebrami poprzecznymi – stal St52 wg PN-59/H-93244 – wczesna wersja stali AII)
Rozstaw prętów nieregularny od 8 do 30 cm.
Grubość otuliny prętów zmienna od 13 do 40 mm – poniżej wartości zalecanej tj. 55 mm dla strzemion podpór masywnych wg PN-91/S-10042.
- **Na odkutych prętach widoczna korozja powierzchniowa**, na chwilę obecną bez ubytków przekroju poprzecznego.

3.3. Badania chemiczne betonu

♦ Profil (pH) i głębokość karbonatyzacji betonu

W ramach niniejszych badań, ocenę zasięgu i intensywności (profil) procesu karbonatyzacji, określono przy użyciu testu tęczowego (preparatem Rainbow-Test).

Interpretacja wyników pomiarów przy użyciu Rainbow-Test:

- pH 11 – 13 – beton wolny od wpływu karbonatyzacji,
 - pH 11 – wartość graniczna (obniżona zdolność betonu do ochrony zbrojenia),
 - poniżej pH 9 – zagrożenie korozyjne zbrojenia, beton nie chroni zbrojenia przed korozją.
- Profil karbonatyzacji w odkuwce kontrolnej D1 (Rys. 3.3):
Głębokość karbonatyzacji betonu (pH 7 – 9) do głębokości około 37 mm,
przy grubości otuliny zbrojenia głównego 18-58 mm – średnio około 38 mm.

Stwierdzono znaczną głębokość karbonatyzacji betonu – front karbonatyzacji w wielu miejscach dotarł do zbrojenia przyczółka - **zbrojenie zagrożone jest więc korozją**, która w kolejnych latach może skutkować powstaniem zarysowań korozyjnych na powierzchni przyczółka.

◆ Głębokość skażenia betonu szkodliwymi solami

Badania głębokości skażenia betonu szkodliwymi solami wykonano w odkuwce D1 na trzech głębokościach. W tym celu z konstrukcji pobrano zwierniny, które następnie poddano laboratoryjnej analizie chemicznej z wykorzystaniem testów Merck. Zawartość chlorków wyznaczono metodą ilościową poprzez miareczkowanie, natomiast zawartość siarczanów i azotanów określono metodą półilościową z wykorzystaniem pasków wskaźnikowych.

Zawartość jonów chlorkowych. Wartość dopuszczalna stężenia jonów chlorkowych w żelbecie (ze względu na zagrożenie korozją zbrojenia), zgodnie z normą PN-EN 206 oraz rozporządzeniem mostowym (Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735), nie powinna przekraczać 0,2-0,4% masy cementu oraz 0,1 % masy cementu w betonie skarbonatyzowanym.

Zawartość jonów siarczanowych. W oparciu o niemieckie wytyczne WTA 2-9-04, za szkodliwą dla materiałów budowlanych przyjęto zawartość siarczanów powyżej 0,50%.

Zawartość jonów azotanowych. W oparciu o niemieckie wytyczne WTA 2-9-04, za szkodliwą dla materiałów budowlanych przyjęto zawartość azotanów powyżej 0,15%.

Tabela 3.3 Zestawienie wyników badania skażenia betonu solami

Pkt.	Głębokość pomiaru	Chlorki		Siarczany		Azotany	
		[%] masy cementu		[%] masy betonu		[%] masy betonu	
D1	0÷1 cm	0,12	Wartość	< 0,2	Wartość	0	Wartość
	1÷2 cm	0,05	dopuszcz.	< 0,2	dopuszcz.	0	dopuszcz.
	2÷4 cm	0,04	< 0,1	< 0,2	≤ 0,5	0	≤ 0,1

Badania zasolenia nie wykazały skażenia betonu w grubości otuliny zbrojenia szkodliwymi solami.

4. PODSUMOWANIE

- ♦ **Badaniom poddano korpus przyczółka południowego – badania wykazały, że jest to konstrukcja żelbetowa.**
- ♦ **Konstrukcja oraz rodzaj zbrojenia przyczółka wskazuje, że został on wybudowany około lat 60-70-tych ubiegłego wieku. Szacunkowy wiek przyczółków – około 60 lat.**
- ♦ **Szacunkowa klasa betonu ~ C20/25 – ustalona na podstawie pomiarów sklerometrycznych.**
- ♦ **Zbrojenie przyczółka – prętami ze stali zbrojonej (wczesna wersja stali AII), rozstaw prętów nieregularny, grubość otuliny prętów zbrojeniowych niedostateczna – poniżej wymagań norm mostowych.**

Na prętach w odkuwce widoczna korozja powierzchniowa, na chwilę obecną bez mierzalnych ubytków przekroju poprzecznego prętów.

- ♦ **Badania korozyjno-chemiczne betonu wykazały znaczną głębokość karbonatyzacji betonu – zbrojenie zagrożone jest korozją, która w kolejnych latach może objawić się intensyfikacją rys korozyjnych na powierzchni betonu.**

Badania chemiczne nie wykazały skażenia betonu w grubości otuliny szkodliwymi solami tj. chlorkami, siarczanami i azotanami.