



85-861 BYDGOSZCZ, ul. Glinki 144
NIP: 953-26-46-109 Regon 341640936

Tel. (052) 345 13 33, Fax (052) 362 95 09
email: kormost@kormost.pl

OCENA STANU TECHNICZNEGO **WIADUKTU DROGOWEGO NAD TORAMI PKP** **W CIĄGU UL. SZUBIŃSKIEJ W BYDGOSZCZY**

BRANŻA: MOSTOWA

NAZWA ZADANIA: ROBOTY AWARYJNO- UTRZYMANIOWE I REMONTOWE
NA DROGOWYCH OBIEKTACH MOSTOWYCH I
INŻYNIERSKICH NA TERENIE MIASTA BYDGOSZCZY W
ROKU 2022

UMOWA: NR 85/IR/2022 zawarta 18.05.2022r;
PROTOKÓŁ PRAWO OPCJI nr 4/85 z 17.01.2023r.

INWESTOR: Zarząd Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w
Bydgoszczy
ul. Toruńska 174a, 85-844 Bydgoszcz

**JEDNOSTKA
PROJEKTOWA:** Pracownia projektowa KORMOST
KORMOST S. A.
ul. Glinki 144, 85-861 Bydgoszcz

Egz. nr...

Bydgoszcz Maj 2023

Klauzula: Opracowanie o tytule j.w. jest zgodne z umową, a także obowiązującymi przepisami, normami i kompletne z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.

Spis treści

OPIS TECHNICZNY	5
1. . Przedmiot i cel opracowania.....	5
2. Opis konstrukcji wiaduktu	5
3. Opis podstawowych uszkodzeń wiaduktu sprzed remontu	12
4. Opis stanu technicznego	15
4.1. Uwagi ogólne	15
4.2. Stan techniczny ustroju nośnego przęseł.....	15
4.3. Przyczółki.....	30
4.4. Filary	36
4.5. Wyposażenie wiaduktu	37
4.6. Badania chemiczne betonu	43
4.6.1. Badania stopnia karbonatyzacji betonu.....	43
4.7. Badania sklerometryczne betonu	44
5. Ogólna ocena stanu technicznego wiaduktu	44
6. Wymagany zakres prac porządkowych i remontu wiaduktu	46

OPIS TECHNICZNY

1. . Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest wiadukt drogowy zlokalizowane w ciągu ul. Szubińskiej w Bydgoszczy, nad torami kolejowymi (rys. 1). Celem opracowania jest ocena stanu technicznego wiaduktu oraz podanie warunków eksploatacji i wymagany zakres remontu.



Rys. 1 Lokalizacja wiaduktu

Ekspertyzę opracowano w oparciu o badania obiektu przeprowadzone w okresie luty -maj 2023 oraz o następujące opracowania i dokumenty:

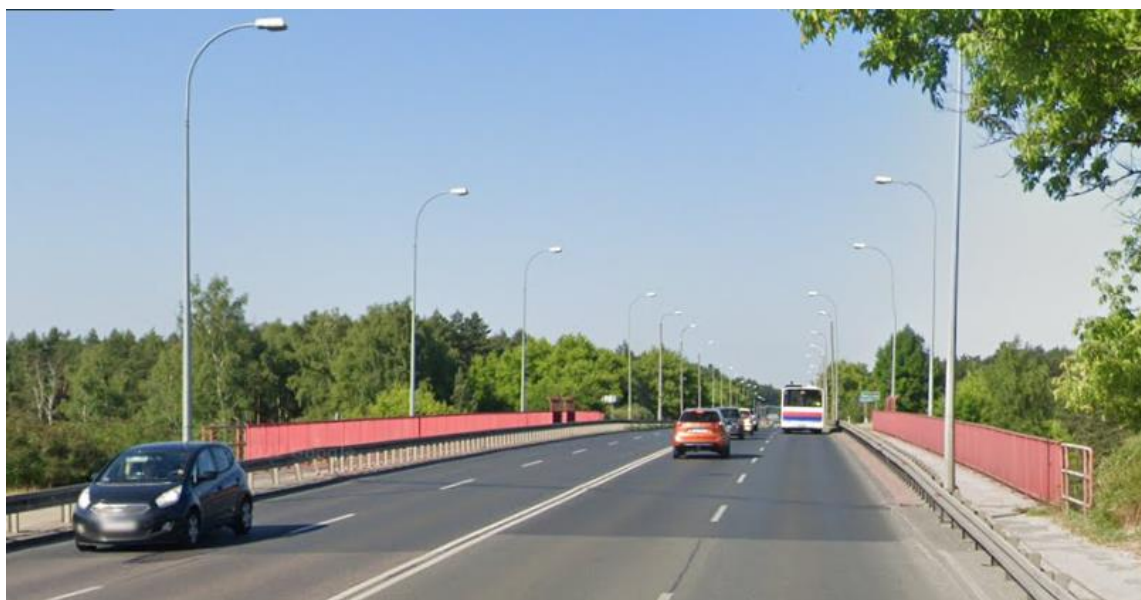
- pismo projektanta remontu wiaduktu z dnia 20.09.2005 do Zarządu Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w Bydgoszczy,
- fragmenty dokumentacji: „Remont wiaduktu nad torami PKP w ciągu ul. Szubińskiej w Bydgoszczy. Projekt wykonawczy” TRAB. Zbigniew Bartnikowski, Gdynia, grudzień 2005
- „Wyniki badań pod próbnym obciążeniem statycznym wiaduktu drogowego w ciągu ul. Szubińskiej w Bydgoszczy”, Politechnika Poznańska, Poznań, maj 2008
- karta obiektu mostowego,
- raporty z badań diagnostycznych i badań wytrzymałości materiału.

2. Opis konstrukcji wiaduktu

Ogólny widok wiaduktu pokazano na fot. 1, 2 i 3



Fot. 1 Ogólny widok wiaduktu z boku





Fot. 2 Widok wiaduktu z góry



Fot. 3 Widok wiaduktu od spodu

Wiadukt znajduje się w ciągu ul. Szubińskiej. Został wybudowany w roku 1968, a w roku 2007/2008 został wyremontowany. Został zaprojektowany na pierwszą klasę obciążenie zgodnie z

normą z 1966 roku. Po remoncie wiadukt ma nośność odpowiadającą klasie B zgodnie z normą PN-85/S-10030. Widok wiaduktu z boku pokazano na rys. 1.

Pod przęsłami skrajnymi znajduje się linia kolejowa dwuprzęsłowa (od strony Szubina) oraz bocznicą kolejowa (od strony Bydgoszczy). Wiadukt zlokalizowany jest na prostej. Ustrój wiaduktu jest w skosie ok. 52° (rys. 3). Osie podpór są równoległe do osi torów. Jezdnia na wiadukcie jest w łuku poziomym o promieniu 5500 m.

Jest to wiadukt ramownicowy, trójprzęsłowy, o rozpiętościach przęseł 24,0 + 24,0 + 24,0 m (rys. 1). Skrajne przęsła ramy oparte są z jednej strony przegubowo na przyczółkach a z drugiej strony utwierdzone w nogach ramy (filarach). Przęsło środkowe jest z obu stron utwierdzone w nogach ramy (filarach). Przęsła na filarach oparte są na łożyskach elastomerowych, niekotwionych

Rygiel jest konstrukcją sprężoną, kablobetonową. Wykonany on został z prefabrykowanych dźwigarów żelbetowych (nie sprężonych w fazie transportu i montażu), o przekroju dwuteowym, połączonych w ustrój ciągle za pomocą fragmentów monolitycznych, o przekroju skrzynkowym. Ustrój został sprężony po ustawieniu na rusztowaniach prefabrykatów i wykonaniu części monolitycznej nad filarami. W przekroju poprzecznym znajduje się 12 dźwigarów, o rozstawie 1,60 m. Dźwigary, połączone są ze sobą za pomocą poprzecznic zlokalizowanych w środku rozpiętości przęseł i nad przyczółkami oraz monolityczną fragmentami przęseł na filarach. Poprzecznice znajdujące się w środku rozpiętości są sprężone. Sprężona poprzecznie jest również płyta pomostowa.

W czasie remontu wiaduktu przeprowadzonym w latach 2007/2008 została wykonana na wiadukcie płyta nadbetonu grubości 12 – 25,5 cm, zespolona z konstrukcją pierwotną przęsła. Pogrubiona płyta pomostowa oraz niektóre dźwigary zostały wzmocnione za pomocą przyklejonych do pasa dolnego taśm z włókna węglowego. Również wzmocnione zostały filary. Wzmocnienie filarów polegało na wykonaniu na powierzchni filarów warstwy z betonu natryskowego grubości 8 cm, zbrojonego prętami wklejonymi konstrukcję przęsła.

Przęsło oparte jest na nogach – filarach, składających się z czterech słupów o średnicy po remoncie $85 + 16 = 101$ cm, które są przedłużeniem pali wierconych o średnicy 120 cm. Wiadukt oparty jest na ażurowych przyczółkach wykonanych z trzech pali o średnicy 80 cm będących przedłużeniem pali fundamentowych o średnicy 120 cm, które zwieńczone są oczepem. Na oczepach przęsła opierają się aktualnie na łożyskach neoprenowych, które zastąpiły pierwotne łożyska stalowe. Skarpy nasypu umocnione są za pomocą trylinki.

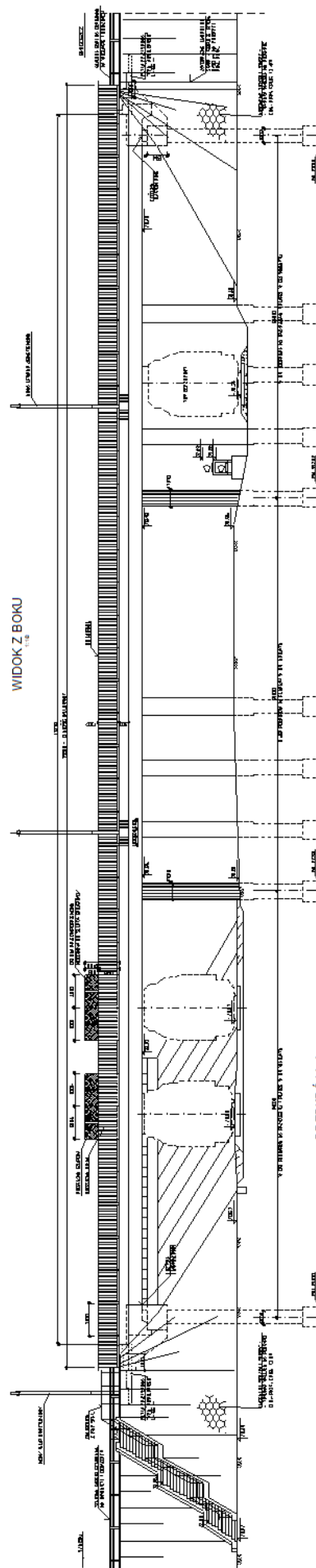
Na wiadukcie znajduje się jezdnia samochodowa o dwóch pasach ruchu dla każdego kierunku. Szerokość jezdni wynosi 14,0 m. Jezdnie nie są rozdzielone barierą a jedynie podwójną linią ciągłą. Po obu stronach wiaduktu znajdują się chodniki, o szerokości 1,83 m każdy. Chodniki od jezdni oddzielone są barierami sprężystymi. Całkowita szerokość wiaduktu wynosi 19,94 m (rys. 2).

Izolacja wiaduktu jest z pap termozgrzewalnych. Odwodnienie izolacji jest za pomocą sączków. Nawierzchnia odwadniana jest przy pomocy wpustów, z odprowadzeniem wody do kanalizacji deszczowej.

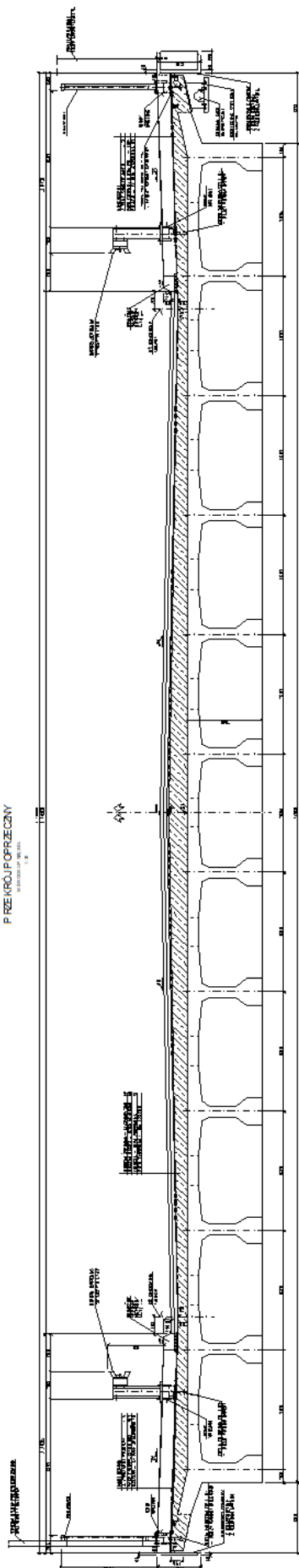
Nawierzchnia na jezdni jest bitumiczna, o nominalnej całkowitej grubości 9 cm a na chodnikach wykonana została żywic syntetycznych, o nominalnej grubości 5 mm.

Balustrady wykonana została z płaskowników stalowych. Balustrada mocowana jest do konstrukcji za pomocą wklejanych kotew. Wysokość balustrady wynosi 1,3 m. Zastosowano barierę ochronną typu SP-06, o rozstawie słupków 1,0 m, wklejanych w kapy chodnikowe.

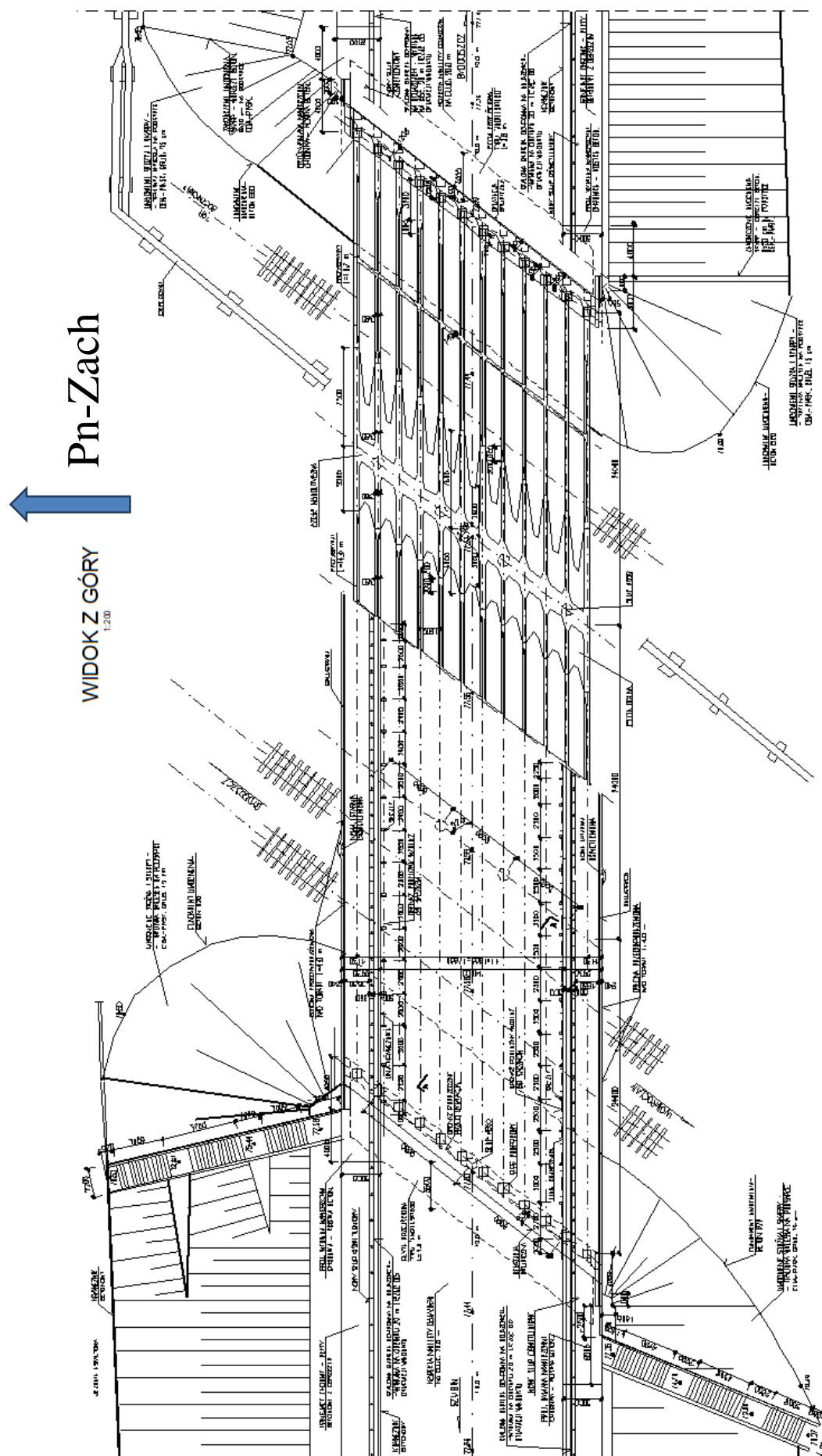
Na obiekcie brak jest urządzeń dylatacyjnych. Szczeliny dylatacyjne na końcach wiaduktu zakryto masami bitumicznymi, o dużej odkształcalności.



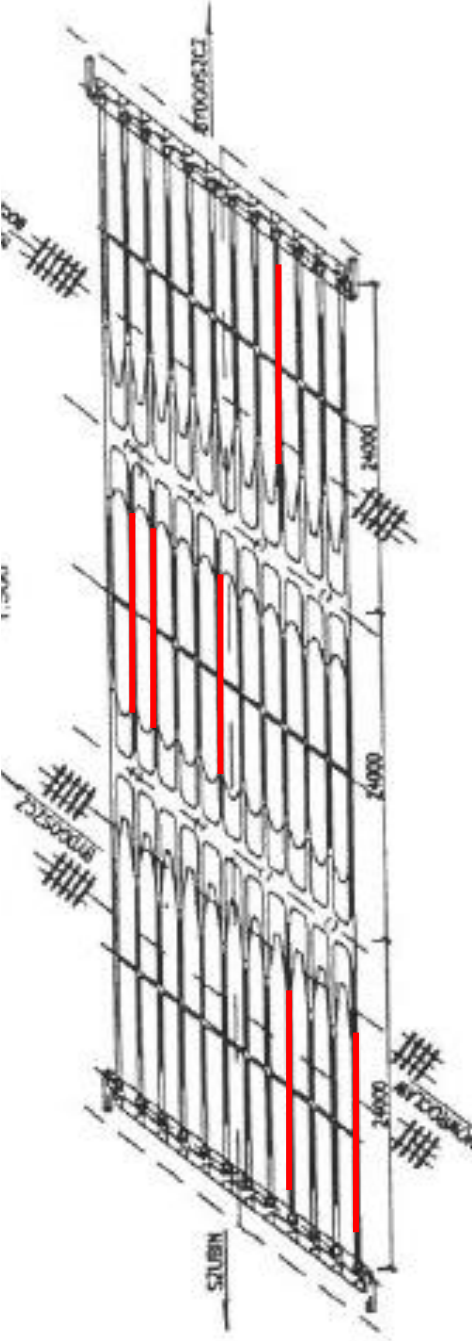
Rys. 1 Widok wiaduktu z boku



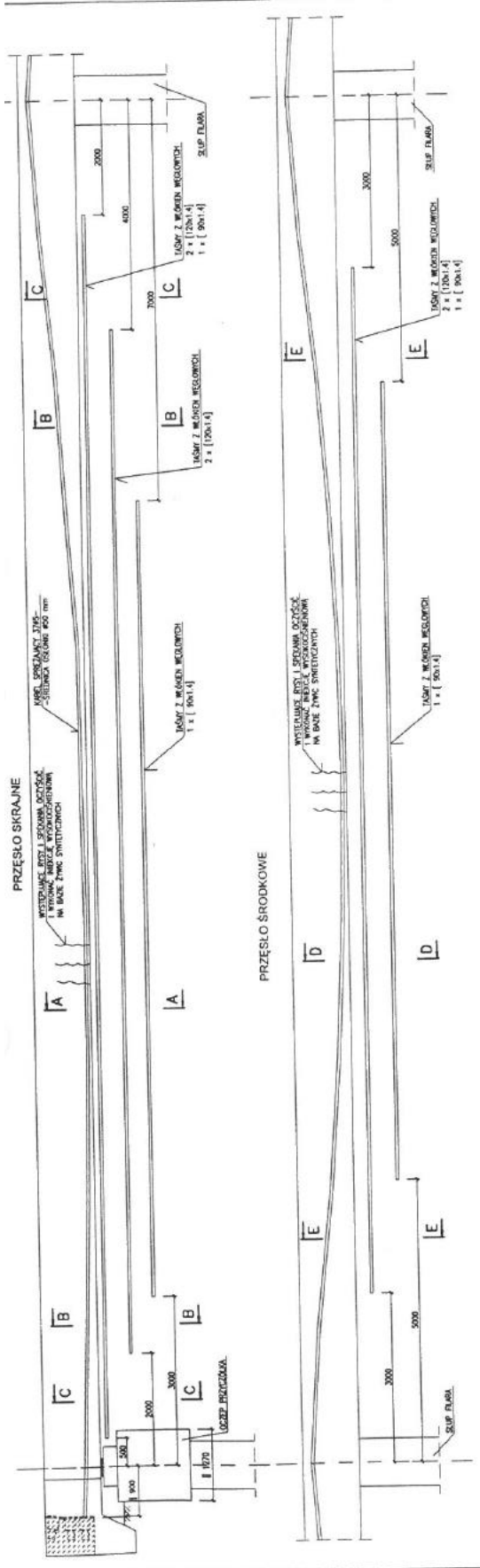
Rys. 2 Przekrój poprzeczny wiaduktu



Rys. 3 Widok wiaduktu z góry



Rys. 4 Lokalizacja wzmocnionych taśmami z włókna węglowego dźwigarów



Rys. 5 Sposób wzmocnienia dźwigarów za pomocą taśm z włókien węglowych

3. Opis podstawowych uszkodzeń wiaduktu sprzed remontu

Jak wynika z fragmentów dokumentacji archiwalnej z okresu remontu mostu z lat 2005 -2007 wiadukt miał liczne uszkodzenia. Z dokumentacji tej wynika, że najistotniejsze uszkodzenia przęseł wynikały z przecieków wody przez nieszczelną izolację i nie działający sprawnie system odwodnienia. Były to przede wszystkim uszkodzenia o charakterze korozyjnym. Stwierdzono silną korozję na spodzie płyty pomostu i części spodu dźwigarów głównych oraz monolitycznej płyty przęseł (w miejscu usytuowania kabli sprężających poprzecznic), korozję zbrojenia miękkiego dźwigarów sprężonych.

W przypadku podpór stwierdzono silną korozję i ubytki betonu oraz korozję odsłoniętych prętów zbrojenia dolnej części słupów na styku z powierzchnią terenu, korozję betonu i zbrojenia oczepów przyczółków i ciosów podłożyskowych.

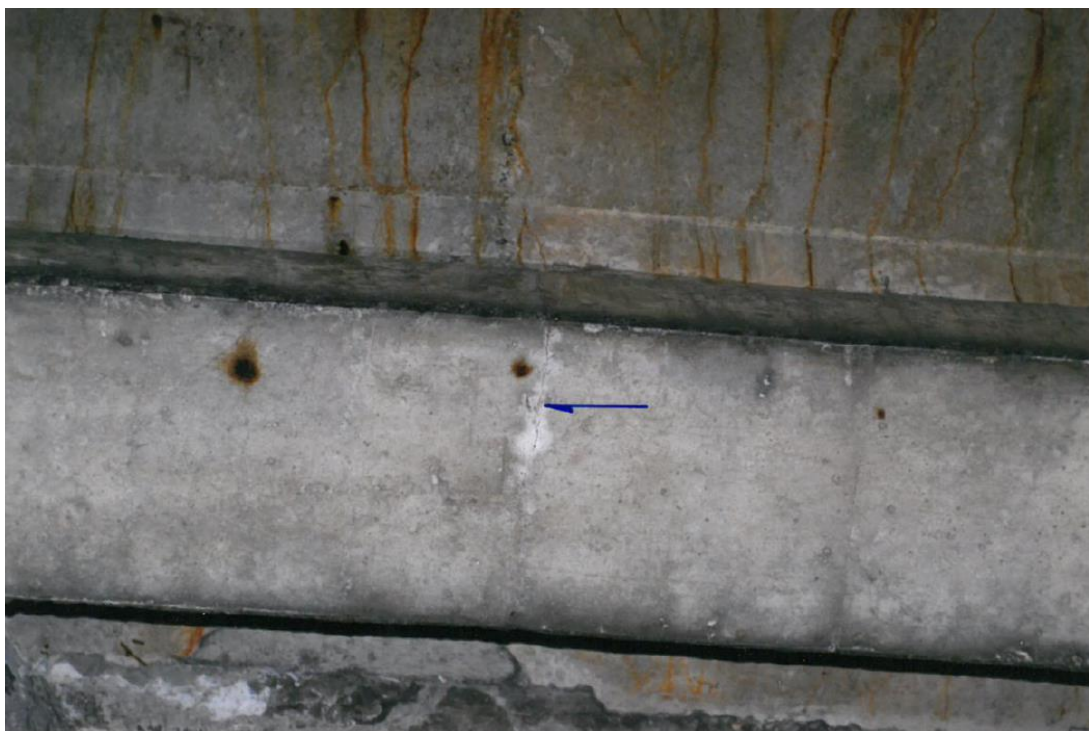
Z zachowanej dokumentacji nie wynika jednak czy były przeprowadzone badania betonu pod kątem zawartości szkodliwych związków sprzyjającej korozji stali i betonu, a przede wszystkim jaka była zawartość chlorków.

Poza uszkodzeniami o charakterze korozyjnym stwierdzono zarysowania i pęknięcia dźwigarów głównych w rejonie środków przęseł. W sumie tego typu uszkodzenia stwierdzono w siedmiu dźwigarach (rys. 4). Z zachowanej dokumentacji archiwalnej wynika, że wg. Autora projektu uszkodzenia te powstały w czasie transportu belek, jeszcze przed ich scaleniem w układ ramownicowy. Zwraca się uwagę, że przed scaleniem były to belki niesprężone, a sprężenia nastąpiło dopiero po scaleniu konstrukcji w układ ramownicowy. Postawiono również diagnozę jakoby w belkach tych doszło do uplastycznienia zbrojenia. W mojej ocenie diagnoza ta jest bardzo mało prawdopodobna. W konsekwencji tak uszkodzone belki zostały wzmocnione za pomocą taśm z włókien węglowych zamocowanych do pasów dolnych belek (rys. 5).

Na fotografiach 1A-5A zaczerpniętych z cytowanego pisma Autora projektu do ZDMiKP pokazano kilka przykładów uszkodzeń przęseł wiaduktu. Fotografie te załączono, ponieważ w mojej ocenie stan przęsła przed remontem miał prawdopodobnie duży wpływ na aktualny stan przęsła.



Fot. 1A Zarysowanie przedskrajnej belki od strony północnej, przęsło środkowe (fot. z pisma Projektanta do ZDMiKP)



Fot. 2A Zarysowanie środkowej belki od strony północnej, przęsło środkowe (fot. z pisma Projektanta do ZDMiKP)



Fot. 3A Zarysowanie środkowej belki od strony południowej, przęsło skrajne od strony Bydgoszczy (fot. z pisma Projektanta do ZDMiKP)



Fot. 4A Uszkodzenia korozyjne płyty pomostu (fot. z pisma Projektanta do ZDMiKP)



Fot. 5A Zarysowanie środkowej belki, przęsło skrajne od strony Szubina (fot. z pisma Projektanta do ZDMiKP)

4. Opis stanu technicznego

4.1. Uwagi ogólne

Stan techniczny wiaduktu ustalono na podstawie przeglądu obiektu przeprowadzonego we lutym i marcu 2022 roku oraz wykonanych badań betonu: sklerometryczne badania wytrzymałości na ściskanie, głębokości karbonatyzacji betonu oraz nasycenia betonu chlorkami. Wyniki badań znajdują się w załączonych do ekspertyzy Raportach.

Inwentaryzację uszkodzeń pokazano na załączonych rysunkach w opracowaniu: „Inwentaryzacja uszkodzeń” i załącznikach do tego opracowania.

4.2. Stan techniczny ustroju nośnego przęseł

Ogólny stan techniczny przęseł jest zróżnicowany. Przeważająca część dźwigarów gładnych jest w zadowalającym stanie. W dźwigarach, których stan oceniono jako niezadowalający a nawet niepokojący stwierdzono uszkodzenia w postaci rys podłużnych (pęknięć) zlokalizowanych przy dolnych krawędziach dźwigarów sprężonych (fot. 4 do 10).



Fot. 4 Spękania korozyjne krawędzi dźwigara i powłoki ochronnej. Rdzawe wykwity (przyciółek od strony Bydgoszczy)



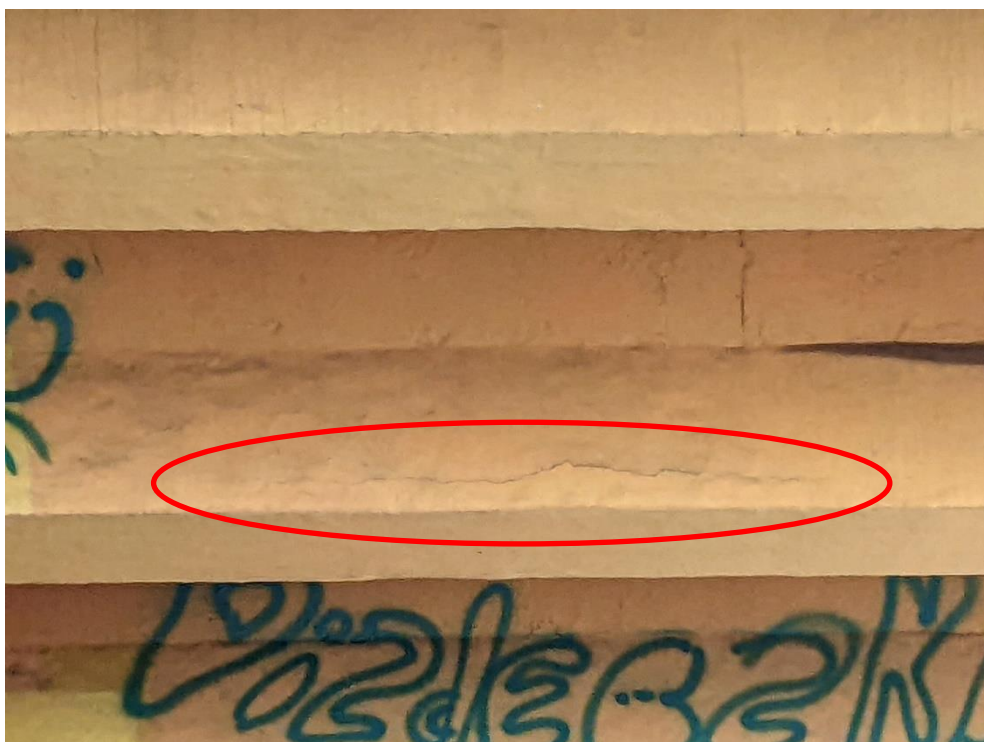
Fot. 5 Spękania korozyjne krawędzi dźwigara i powłoki ochronnej (przyczółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 6 Spękania korozyjne pasa dolnego dźwigara sprężonego (przęsło od strony Bydgoszczy)



Fot. 7 Spękania pasa dolnego dźwigara sprężonego (przęsło środkowe).



Fot. 8 Spękania dźwigara głównego (przęsło od strony Szubina)



Fot. 9 Spękania pasa dolnego dźwigara głównego (przęsło od strony Szubina)



Fot. 10 Spękania korozyjne pasa dolnego dźwigara sprężonego (przęsło od strony Bydgoszczy). Rdzawe zacieki (korozja zbrojenia)

Źródłem tego typu uszkodzeń jest korozja zbrojenia (zbrojenia pomocniczego tzw. miękkiego oraz również sprężającego) i rozsadzające działania produktów korozji. Ustalenie stopnia korozji zbrojenia będzie możliwe po całkowitym usunięciu spękanego betonu. Wykonane lokalnie odkrywki wskazują na miejscowo zawansowaną korozję zbrojenia pomocniczego (fot. 11 do 14), prowadząc nawet do utraty ciągłości strzemion (fot. 12). Stwierdzone podłużne pęknięcie środnika dźwigara (fot. 12) jest efektem

utruty ciągłości strzemion, ale jego przyczyną może być również korozja kabla sprężającego. Pokazane na fotografii pęknięcie ma szerokość ok. 4-5 mm. Takie uszkodzenie wskazuje na utratę przez dźwigar w istotnym stopniu nośności dźwigara.



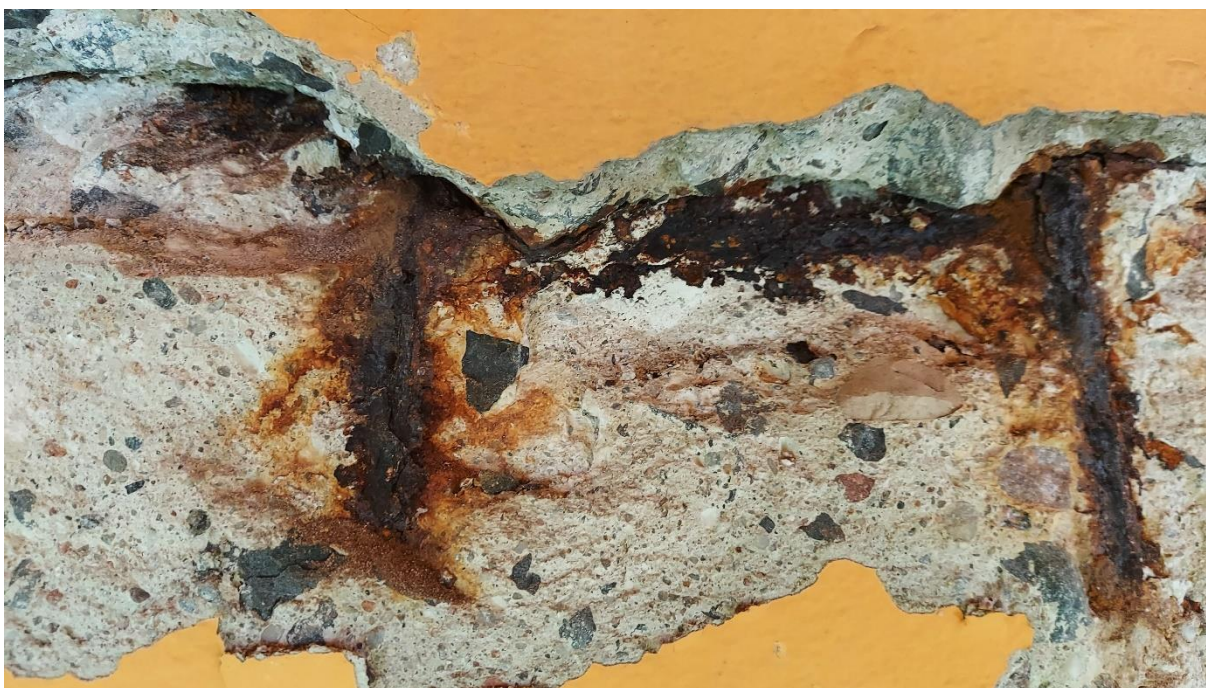
Fot. 11 Skorodowane strzemiona - widok po odbiciu skorodowanej otuliny. (Przesło od strony Bydgoszczy. Drugi dźwigar od skraju - Pn-Zach)



Fot. 12 Skorodowane strzemiona (zerwane) – widok po usunięciu skorodowanej otuliny . Pęknięcie poziome. (Przesło od strony Bydgoszczy. Drugi dźwigar od skraju - Pn-zach)



Fot. 13 Skorodowane zbrojenie podłużne i strzemiona – widok po usunięciu skorodowanej otuliny (Przęsło od strony Bydgoszczy. Trzeci dźwigar od skraju - Pn-Zach)



Fot. 14 Całkowicie skorodowane zbrojenie podłużne – widok po usunięciu skorodowanej otuliny. (Przęsło od strony Bydgoszczy. Trzeci dźwigar od skraju - Pn-zach)

Szczególnie groźna jest korozja zbrojenia sprężającego, gdyż prowadzi to do istotnego obniżenia nośności przęseł. Obserwacje sposobu zarysowania niektórych dźwigarów wskazuje, że do takiej korozji mogło już dojść, a prawie jest pewnym, że doszło do korozji osłon kabli sprężających.

Niepokojącą obserwacją jest to, że podłużne rysy stwierdzono w dźwigarach, które zostały wzmocnione w czasie remontu za pomocą taśm z włókna węglowego (fot. 15 do 19). Ponieważ aktualnie nie stwierdzono przecieków przez płytę pomostu i porównanie zdjęć sprzed remontu

wiaduktu sugeruje, że przyczyną spękań może być niestaranne przygotowanie powierzchni betonu dźwigarów przed ich naprawą i spękania są efektem odspajania się warstwy naprawczej.



Fot. 15 Spękania pasa dolnego dźwigara sprężonego (przęsło środkowe). Dźwigar wzmocniony taśmą z włókien węglowych



Fot. 16 Spękania pasa dolnego dźwigara sprężonego (Dźwigary wzmocnione taśmą z włókien węglowych). Spękania powłoki ochronnej (przęsło środkowe)



Fot. 17 Spękania pasa dolnego dźwigara sprężonego. (Dźwigary wzmocnione taśmą z włókien węglowych).
Spękania powłoki ochronnej (przęsło środkowe)



Fot. 18 Spękania dźwigara głównego (dźwigar wzmocniony taśmą z włókien węglowych). Przyczółek od strony Szubina



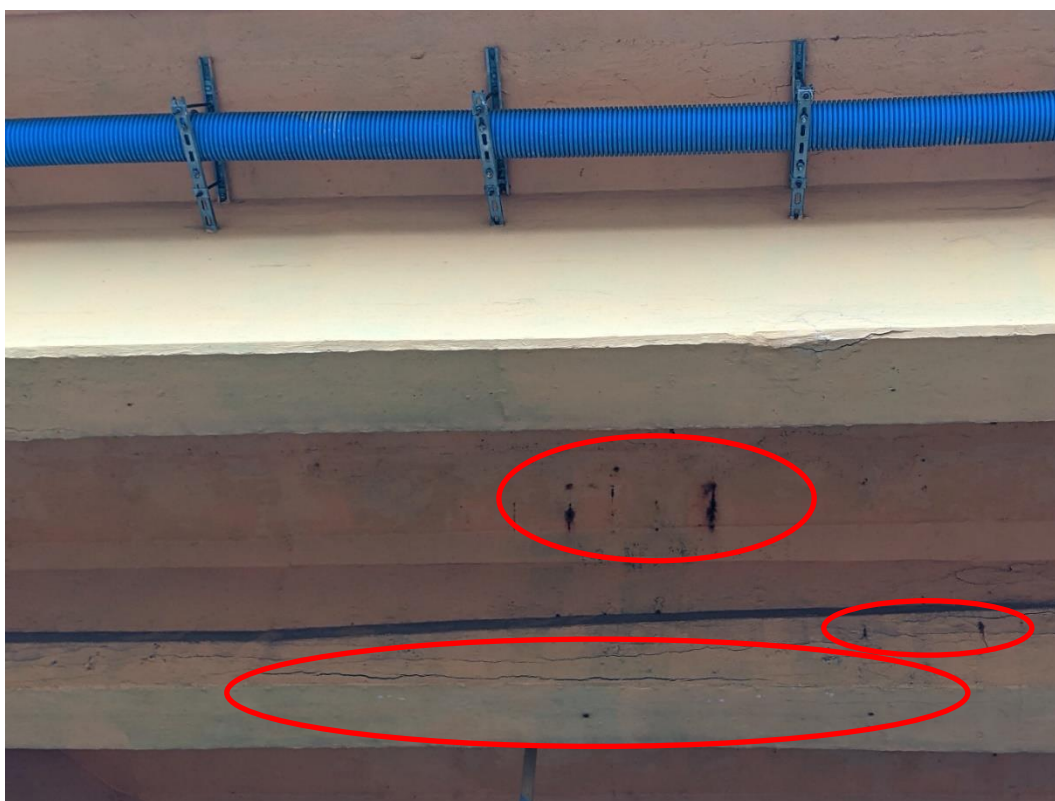
Fot. 19 Odspojona otulina zbrojenia wraz doklejoną taśmą z włókna węglowego (przęsło środkowe)

Jest to poważne uszkodzenie ustroju nośnego, które w najbliższej przyszłości może wpłynąć na nośność i trwałość konstrukcji. Badania wykazały, że wielu miejscach taśmy odspajają się łącznie z otuliną betonową, co powoduje, że wzmocnienie jest nieskuteczne, gdyż taśmy nie są powiązane ze wzmacnianymi dźwigarami.

Poza opisanymi spękaniami stwierdzono również lokalne rdzawe wykwity na powierzchni niektórych dźwigarów i na płycie pomostowej (fot. 20 do 24). Jest to skutkiem korozji zbrojenia pomocniczego. Jest to prawdopodobnie również skutek niestarannie wykonanej naprawy – nie całkowite usunięcia nasączonego szkodliwymi związkami i skarbonatyzowanego betonu. Aktualnie liczba miejsc ze stwierdzonymi rdzawymi wykwitami jest niewielka.



Fot. 20 Rdzawe wykwyty na powierzchni belki (przyciółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 21 Spękania korozyjne pasa dolnego dźwigara sprężonego. Rdzawe wykwyty na powierzchni belek. Korozja zbrojenia miękkiego (przęsło od strony Bydgoszczy)



Fot. 22 Spękania korozyjne pasa dolnego dźwigara sprężonego. Rdzawe wykwity. Korozja zbrojenia miękkiego (przęsło od strony Bydgoszczy)



Fot. 23 Korozja zbrojenia na styku prefabrykatu i części monolitycznej przęsła – po usunięciu skorodowanego betonu(przęsło środkowe)



Fot. 24 Korozja zbrojenia miękkiego – odprysk otuliny (przęsło od strony Bydgoszczy)

Bardzo niepokojące są rysy widoczne na bocznych krawędziach dźwigarów, układające się w osi kabli sprężających (fot. 25). Przyczyną tego typu zarysowania jest w pierwszej fazie korozja osłon kabli, a w następnie dochodzi do korozji kabli sprężających.



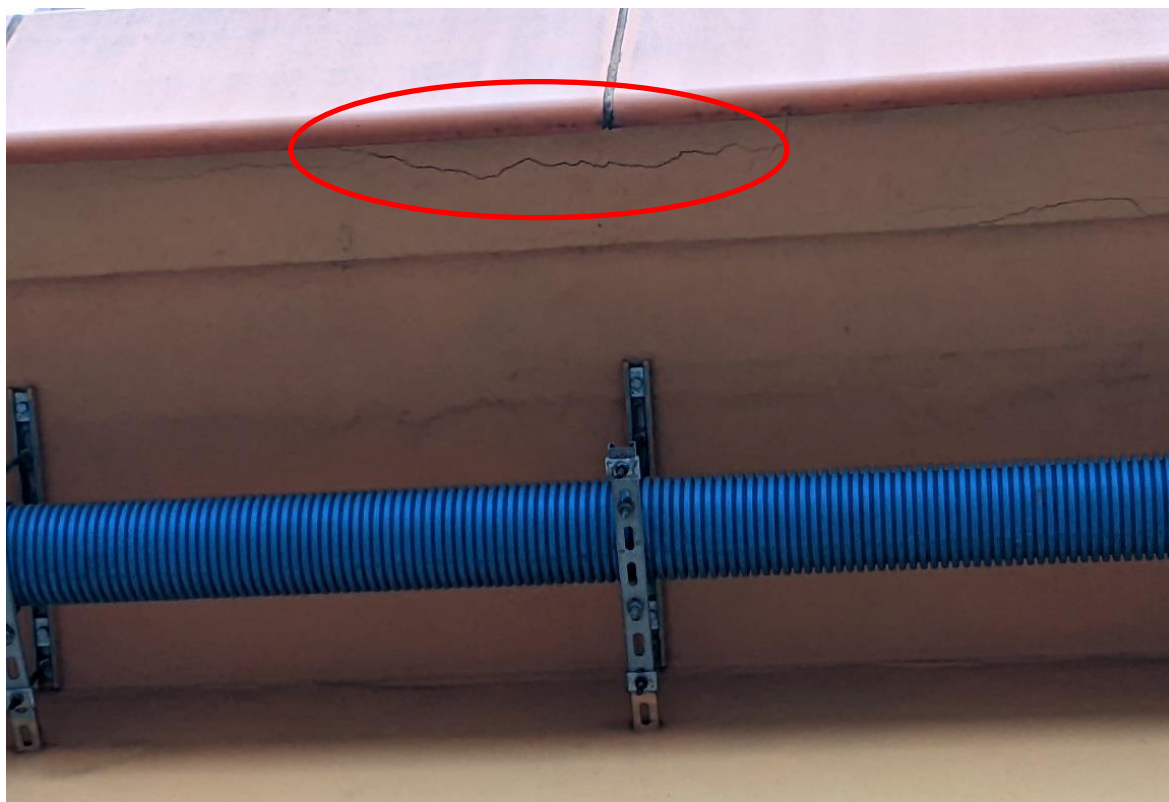
Fot. 25 Rysy podłużne wzdłuż osi kabli sprężającej (przęsło środkowe)

Lokalnie stwierdzono również łuszczenie się powłok ochronnych (fot. 4, 9, 12, 17, 23, 26). Podobnie jak w wypadki ognisk korozji ilość tych miejsc jest na razie niewielka.



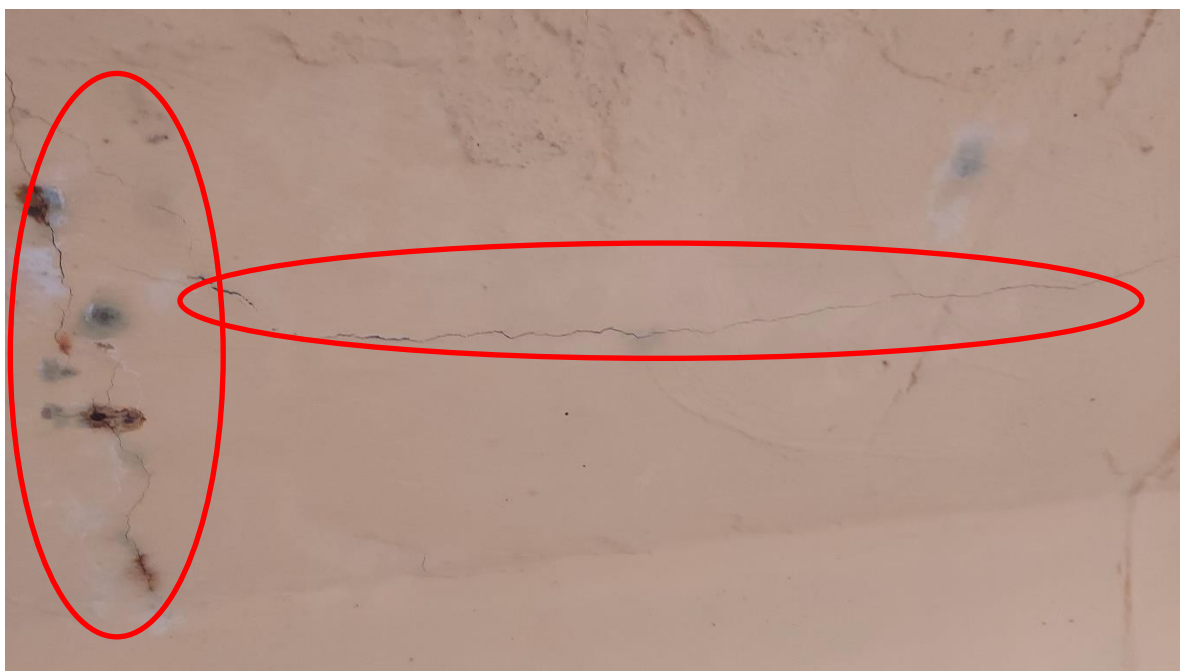
Fot.26 Odpadająca powłoka antykorozyjna (przęsło od strony Szubina)

Występują również lojalne spękania belek gzymsowych (fot. 27).



Fot. 27 Spękania belki gzymsowej (przęsło od strony Szubina)

W kilku miejscach zaobserwowano rysy podłużne na tzw. zamkach, łączących poszczególne prefabrykaty rysy podłużne na płycie pomostowej (fot. 28) rysy na styku elementów prefabrykowanych i części monolitycznej wiaduktu (fot. 29).



Fot. 28 Pęknięcia płyty pomostowej. Rdzawe wykwity na spodzie płyty (Przęsło skrajne od strony Bydgoszczy)



Fot. 29 Rysa (pęknięcie) na styku dźwigara prefabrykowanego i części monolitycznej (przęsło środkowe)

Belki podporęczowe w pobliżu przyczółków mają spękania (fot. 30, 31). Jest to prawdopodobnie wynikiem niestarannie wykonanego remontu – złego przygotowania powierzchni przed wykonaniem reprofilacji.



Fot. 30 Uszkodzona (spękana) belka gzymsowa (przyczółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 31 Uszkodzenia krawędzi przęsła (przyczółek od strony Szubina)

4.3. Przyczółki

Ponieważ są to przyczółki zatopione (składające się ze słupów zwieńczonych oczepem) nie możliwości oceny stanu technicznego słupów oraz dolnej części oczepów. Natomiast negatywnie wypada ocena górnej, widocznej części oczepów. Widoczne są spękania poziome oraz zacieki – białe i rdzawe wykwity (fot. 32 do 34) . Wskazuje to na przedostawanie się wody do oczepów przyczółków. Ponieważ nie stwierdzono przecieków przez dylatacje, woda wnika w oczepy prawdopodobnie od strony nasypów. Powodem spękań oczepów może również być niestaranne przygotowanie powierzchni oczepów w czasie naprawy, co uniemożliwiło poprawne zespolenie warstw naprawczych z naprawianym elementem.



Fot. 32 Spękania i wykwity na powierzchni przyczółka od strony Bydgoszczy. Spękania ciosu podłożyskowego



Fot. 33 Spękania oczepu i ciosu podłożyskowego (przyczółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 34 Rdzawe wycieki na głowicy, ciosach podłożyskowych i dźwigarze głównym (przyczółek od strony Bydgoszczy)

Występują liczne uszkodzenia ciosów podłożyskowych. Są to przede wszystkim spękania ciosów podłożyskowych, ale również stwierdzono rdzawe wycieki na powierzchni niektórych, wskazujące na korozję zbrojenia ciosów (fot. 35 do 38). Uszkodzenia ciosów mają charakter korozyjnych (nie są efektem ich przeciążenia). Powstałe spękania są spowodowane rozsadzającym działaniem produktów korozji zbrojenia lub wadliwie wykonanej polewki (fot. 38). W jednym wypadku stwierdzono zacieki na ciosie podłożyskowym (fot. 37), co by wskazywało na brak szczelności dylatacji w tym miejscu.



Fot. 35 Spękania ciosu podłożyskowego (przyczółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 36 Spękania i rdzawe wycieki na ciosie podłożyskowym. Spękania i rdzawe zacieki na dźwigarze (przyczółek od strony Bydgoszczy)



Fot. 37 Spękania głowicy przyczółka. Zacieki na ciosie podłożyskowym – przyczółek od strony Szubina



Fot. 38 Spękany cios podłożyskowy. Przyczółek od strony Szubina

Ścianki maskujące nisze podłożyskowe mają lokalne uszkodzenia – spękania (39 do 41)



Fot. 39 Uszkodzenia krawędzi przyczółka od strony Bydgoszczy. Spękania elki gzymsowej. Uszkodzona osłona kabla.



Fot. 30 Spękania ścianki maskującej łóżyska (przyczółek od strony Szubina)



Fot. 41 Uszkodzenia warstwy naprawczej. Przyciótek od strony Szubina.

Niemożliwa do oceny jest stan ścianki żwirowej. Jednak stan jej jest prawdopodobnie dobry, jakkolwiek nie można wykluczyć lokalnych (niewielkich) przecieków, na co wskazują np. zacieki na ławach oczepie.

Stożki nasypowe są w ogólnie dobrym stanie. Jednak powierzchnia umocnień stożków jest porośnięta trawą (fot. 42, 43).



Fot. 42 Skarpa nasypu od strony Szubina



Fot. 43 Skarpa nasypu przyczółka od strony Bydgoszczy. Zacieki na belce gzymsowej.

4.4. Filary

Ogólny stan filarów jest dobry. Brak oznak przeciążenia. Stwierdzono jedynie na niektórych słupach niewielkiej siatkowate spękania (fot. 44), charakterystyczne na elementach naprawianych w technologii betonu natryskowego (torkretu). Występują też niewielkie rdzawe przebarwienia na powierzchni słupów, mogące wskazywać na korozję zbrojenia (fot. 45).



Fot. 44 Lokalne spękania na słupie nogi ramy od strony Szubina



Fot. 45 Punktowe rdzawe wykwity na słupie nogi ramy od strony Bydgoszczy

4.5. Wyposażenie wiaduktu

Nawierzchnia na jezdni (fot. 46, 49) i chodnikach (fot. 47, 49) jest silnie wyeksploatowana. Nawierzchnia na jezdni jest nierówna. Występują liczne spękania. Nawierzchnia na chodnikach jest spękana i lokalnie wytarta. Jest również odbarwiona i silnie zanieczyszczona.



Fot. 47 Zniszczona nawierzchnia jezdni



Fot. 48 Zniszczona nawierzchnia chodnika



Fot. 49 Zniszczona nawierzchnia na jezdni i chodniku. Uszkodzenie bariery ochronnej

Również bitumiczne przykrycia dylatacyjne są zniszczone (fot. 50 i 51). Występują spękania i nierówności. Makroskopową oceną wypełnienia bitumicznego przykrycia dylatacyjnego wskazuje, że utraciła ona prawdopodobnie w znacznym stopniu zdolność do odkształceń, a tym samym zapewniać jej szczelność.



Fot. 50 Spękania zalewki bitumicznej nad dylatacją (os strony Szubina)



Fot. 51 Uszkodzona bariera ochronna na styku wiaduktu z dojazdem

Bariery ochronne na wiadukcie mają uszkodzenia mechaniczne (fot. 49, 51). Powierzchnia marska na balustradach jest matowa i skorodowana, co wskazuje na jej zużycie. Występują również uszkodzenia korozyjne balustrad (fot. 52, 53). Nie są one liczne, ale w miejscach uszkodzeń są mocno zawansowane.



Fot. 52 Uszkodzenia korozyjne balustrady



Fot. 53 Uszkodzenia korozyjne balustrady

Skorodowane są wszystkie osłony przeciwporażeniowe. Ogniska korozji występują przede wszystkim w miejscach łączenia kształtowników, z wypełniającymi je blachami (fot. 54, 55).

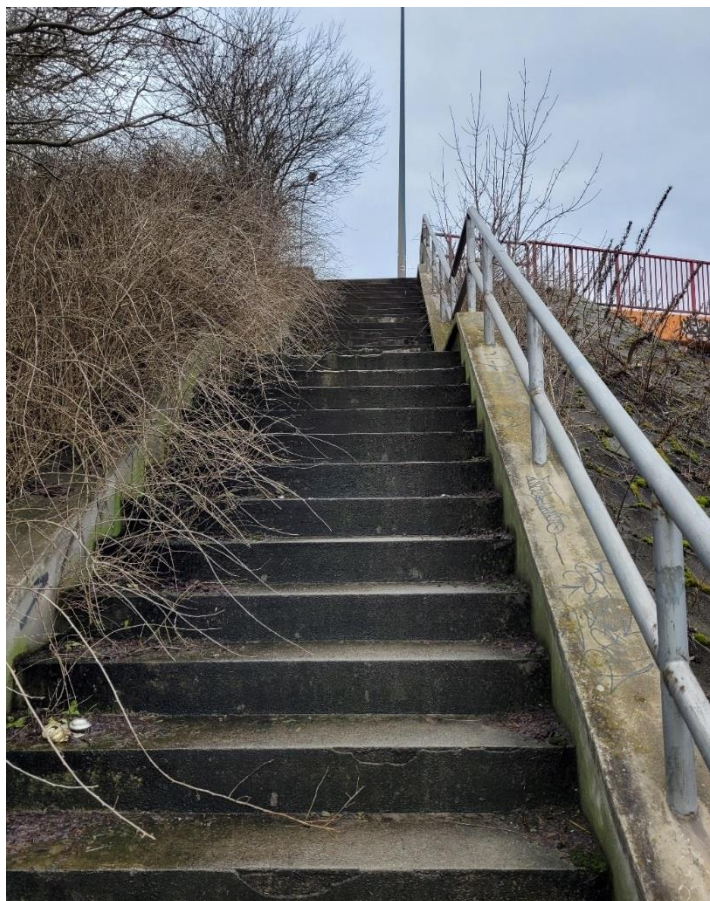


Fot. 54 Uszkodzenia korozyjne osłon przeciwporażeniowych



Fot. 55 Korozja osłon przeciwporażeniowych (przęsło od strony Szubina)

Schody skarpowe są silnie zanieczyszczone i zniszczone. Krzewy porastające skarpę nasypu częściowo wchodzi w skrajnię schodów (fot. 56).



Fot. 56 Schody skarpowe. Spękania stopni i belki podporęczowej. Krzewy w skrajni schodów.

Występują ubytki w nawierzchni schodów (fot. 57). Spękana jest belka krawędziowa (fot. 55).



Fot. 57 Spękania nawierzchni na schodach skarpowych

Zniszczona jest powłoka malarska na poręczy schodów z nielicznymi ogniskami korozji (fot. 58).

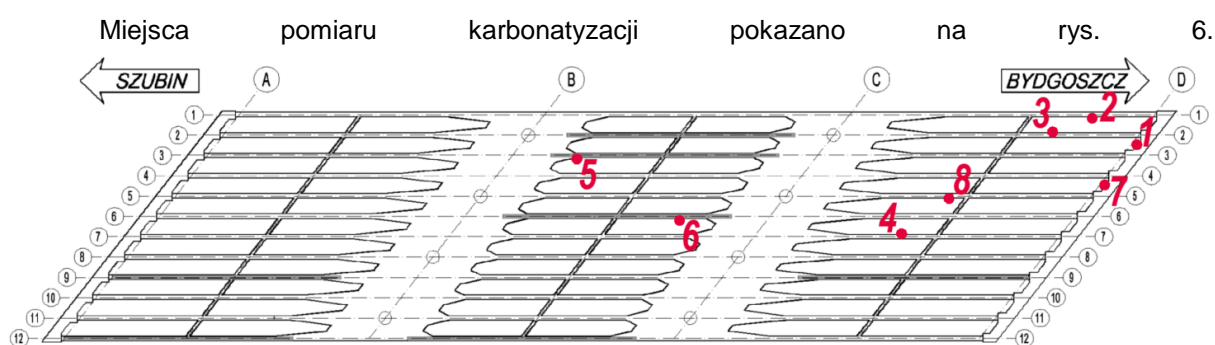


Fot. 58 Uszkodzenia korozyjne balustrady przy schodach skarpowych.

Miejscowo zniszczone są również osłony kabli podwieszonych do konstrukcji (fot. 39).

4.6. Badania chemiczne betonu

4.6.1. Badania stopnia karbonatyzacji betonu



Rys. 6. Miejsca pomiaru karbonatyzacji betonu

Miejsca pomiaru 1 i 7 były zlokalizowane na oczepie przyczółka, miejsca pomiary 2, 3, 4, 5, 6 i 8 na prefabrykowanych belkach sprężonych.

Głębokość karbonatyzacji na oczepach przyczółków jest stosunkowo niewielka i wynosi ok. 3 mm. W przypadku belek prefabrykowanych głębokość karbonatyzacji wynosi jest znaczna jest w granicach 15 – 35 mm (poza punktem 3, gdzie zmierzono zaledwie 5 mm karbonatyzację).

Analiza wyników pomiarów wskazuje, szczególnie zagrożone korozją jest zbrojenie belek prefabrykowanych, w których front karbonatyzacji sięga zbrojenia miękkiego i jest na granicy kabli sprężających. Stanowi to bardzo duże zagrożenie trwałości konstrukcji. Lepiej prezentują się wyniki pomiaru głębokości karbonatyzacji elementów wiaduktu wykonane technologii betonu monolitycznego. Stwarza to mniejsze zagrożenie wystąpienia korozji zbrojenia.

Nasycenie chlorkami betonu jest bardzo zróżnicowane. Generalnie jest ono poniżej dopuszczalnej granicznej wartości dla konstrukcji żelbetowej (0,4% w odniesieniu do masy cementu). **Jednak w dwóch miejscach pomiaru zlokalizowanych na dźwigarach prefabrykowanych jest to wartość zbliżona do dopuszczalnej (pkt. nr 4 i nr 8).** Są to również miejsca, których takie zagrożenie jest wysokie dla konstrukcji sprężonych, dla których dopuszczalna wartość nasycenia chlorkami wynosi 0,2% w odniesieniu do masy cementu. W pozostałych punktach pomiarowych stopień nasycenia betonu chlorkami nie stanowi jeszcze podwyższonego zagrożenia korozją zarówno stali miękkiej jak i sprężonej.

Wykonane badania wskazuje, że biorąc pod uwagę głębokość karbonatyzacji oraz stopień nasycenia ustroju nośnego chlorkami, zachodzi duże prawdopodobieństwo korozji zbrojenia, zwłaszcza sprężonych belek prefabrykowanych.

W przypadku siarczanów, to generalnie ich zawartość waha się w granicach dopuszczalnych, nie zagrażających korozją betonu powodowaną powstawaniem pęczniejących soli.

4.7. Badania sklerometryczne betonu

Badania sklerometryczne betonu wykonano przy pomocy młotka Schmidta typu N. Pomiar przeprowadzona na filarach wiaduktu (pomiar na warstwie betonu natryskowego), przyczółkach oraz dźwigarach głównych. Na podstawie badań oceniono, że klasa betonu warstwy torkretu filarach odpowiada co najmniej klasie C35/45, przyczółków C40/50 a dźwigarów głównych C50/60 (są to wartości ustalone na podstawie średniej wyników pomiarów). Przy czym należy podkreślić, że badania sklerometryczne należy traktować jako przybliżonej co do wytrzymałości betonu na ściskanie. Dają one natomiast dobry obraz jednorodności badanego betonu. **Analiza wyników badań wskazuje na duży rozrzut wyników, co wskazuje na małą jednorodność betonu.** Jednak zarówno ocena makroskopowa betonu jak i pomiary sklerometryczne pozwalają uznać, **że aktualne parametry wytrzymałościowe betonu są dobre. I z tego punktu widzenia nie ma zagrożenia bezpiecznej eksploatacji wiaduktu.**

5. Ogólna ocena stanu technicznego wiaduktu

Ogólny stan techniczny jest zadowalający. Na podstawie badań stanu technicznego wiaduktu oraz badań aktualnych właściwości betonu stwierdzam, że **aktualnie nie występują zagrożenia bezpiecznej eksploatacji wiaduktu i może on być eksploatowany na dotychczasowych zasadach.** Jednak występują uszkodzenia, które mają wpływ na warunki eksploatacji mostu, a w dłuższej perspektywie również na jego nośność. Dlatego obiekt wymaga częściowego remontu oraz wzmocnienia niektórych elementów.

W czasie prowadzonych badań stwierdzono lokalne rdzawe zacieki oraz rysy i pęknięcia biegnące wzdłuż zbrojenia. Wskazuje to na korozję zbrojenia. Wykonane odkrywki potwierdzają tę diagnozę. Spękania przebiegające równoległe do krawędzi belek są przede wszystkim skutkiem korozji zbrojenia pomocniczego, ale mogą wskazywać również na początek korozji stalowych osłon kablowych. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że rysy te biegną po wzdłuż osi kabli sprężających. Nie wyklucza się jednak, że rysy te mogą być one również początkiem korozji kabli sprężających. Dlatego w miejscach zaobserwowanych rys należałoby usunąć otulinę i dokonać oceny stanu kabli i dokonać koniecznych napraw. Ale prace te powinny być połączone z remontem wiaduktu, by bez natychmiastowego wykonania naprawy wiaduktu nie wprowadzać dodatkowych uszkodzeń. Nie stwierdzono natomiast rys prostopadłych do osi belek, które by mogłyby wskazywać na istotne zmniejszenie siły sprężającej.

Przeprowadzone badania wykazały szczególnie duże uszkodzenia korozyjne tzw. zbrojenia miękkiego w dwóch belkach w przeszle skrajnym od strony Bydgoszczy, pod jezdnią

w kierunku Szubina (Poznania) i w belce środkowej pod jezdnią w kierunku Bydgoszczy. Na skutek korozji nastąpiło zerwanie kilku strzemion i powstało pęknięcie podłużne o rozwartości 4-5 mm. Nie można wykluczyć, że doszło również do uszkodzenia korozyjnego kabla w belce nr 2 (pod jezdnią w kierunku Szubina). Dlatego belki te powinny być jak najszybciej wzmocnione, a wzmocnienie powinno być poprzedzone stosownym projektem. Nie wyklucza się że w taki sam sposób powinny być wzmocnione jeszcze trzy inne belki. Jednak jednoznaczną decyzję należy podjąć już na etapie wykonywania naprawy obiektu, wykonując odkrywki w miejscu stwierdzonych spękań. (Patrz wcześniejsza uwaga dotycząca wykonywania ewentualnych odkrywek).

Innym uszkodzeniem wymagającym wykonania napraw mających na celu podniesienie nośności wiaduktu, to naprawa wykonanego w czasie remontu wzmocnienia dźwigarów za pomocą taśm z włókien węglowych. Dotyczy to tych miejsc, w których na skutek korozji zbrojenia nastąpiło odspojenie się otuliny zbrojenia, łącznie taśmami z włókien węglowych. Uszkodzone w ten sposób wzmocnienie należy usunąć, wykonać naprawę belek i następnie wkleić nowe taśmy, stosując odpowiednie zakłady na taśmy na nie uszkodzone fragmenty.

Lokalne korozja zbrojenia pomocniczego objawiając się rdzawymi wyciekami ze względu na ich na razie niewielki zakres nie stanowi zagrożenia bezpieczeństwa eksploatacji, ale wymaga wykonania lokalnych napraw polegających na usunięciu otuliny betonowej, zabezpieczeniu antykorozyjnym zbrojenia oraz dokonania reprofilacji belek. Zwraca się uwagę na bardzo staranne usunięcie skorodowanego betonu i zabezpieczenie antykorozyjne betonu, przed nałożeniem warstwy naprawczej. Jest to bardzo istotne, biorąc pod uwagę że beton jest skarbonatyzowany i nie chroni aktywnie zbrojenia. Biorąc pod uwagę karbonatyzację otuliny zbrojenia, że w przyszłości mogą pojawiać się nowe ogniska korozji zbrojenia.

Ocenia się również lokalne zarysowanie na połączeniu belek oraz na połączeniu prefabrykowanych belek z częścią monolityczną nie powodują na razie obniżenia nośności wiaduktu. W przypadku przyczółków wiaduktu, to ze względu na ich konstrukcję (przyczółek zatopiony), nie jest możliwa ocena ich jako całości. Jednak na podstawie lokalnych wycieków na oczepach można wnioskować, że brak jest szczelności izolacji ścian przyczółka. Będzie to powodowało postęp korozji w już zaobserwowanych miejscach. Spękania i rdzawe zacieki na niektórych ciosach podłożyskowych mogą spowodować osłabienie mocowania łożysk. Natomiast drobne spękania elementów maskujących nisze podłożyskowe nie mają praktycznie żadnego wpływu na bezpieczeństwo eksploatacji, nie mniej powinny być naprawione.

Słupy/nogi ramy nie mają aktualnie uszkodzeń, które by miały wpływ na ich nośność. Jednak pajęczynowa siatka spękań warstwy torkretu oraz lokalne rdzawe plamy mogą wskazywać na rozpoczęte procesy korozji betonu i zbrojenia.

W złym stanie jest nawierzchnia na jezdni i chodnikach. W mojej ocenie wymagana jest jej pilna naprawa (wymiana). Dotyczy to przede wszystkim nawierzchni na jezdni.

Pilnej naprawy (wymiany) wymagają również bitumiczne przykrycia dylatacyjne. Liczne spękania wskazują, że uległy one naturalnemu procesowi starzenia i przestają być z tego powodu szczelne.

Na zakończenie przeprowadzonej oceny stanu technicznego wiaduktu, zwraca się uwagę, że wszystkie zaobserwowane uszkodzenia o charakterze korozyjnym, nawet te, których ocenia się jako nie zagrażające aktualnie bezpieczeństwa eksploatacji, powodują obniżenie trwałości obiektu. Wpływa na to również wiek obiektu (ponad 50 lat) i zachodzące naturalnie procesy starzenia obiektu oraz istotny wzrost obciążenia. Uważa się, że w celu przedłużenia bezpiecznej eksploatacji wiaduktu, powinny być przeprowadzone w najbliższym czasie prace remontowe. Zakres wymaganych prac, wraz ze wskazaniem priorytetu ich wykonania podano w pkt. 6 opracowania.

Niezależnie opisanych w pkt. 6 prac remontowych i o charakterze utrzymaniowym, obiekt należy poddać obserwacji pod kątem rozwoju uszkodzeń korozyjnych, przede wszystkim kabli sprężających. Dotyczy do kilku dźwigarów zwłaszcza w przęśle środkowym, w którym

zaobserwowano rysy przebiegające przybliżeniu wzdłuż osi kabli sprężających. Może to wskazywać na rozwijanie się korozji, prawdopodobnie na razie jedynie stalowych osłon kabli sprężających.

6. Wymagany zakres prac porządkowych i remontu wiaduktu

Wymagany zakres prac mających na celu podniesienie trwałości wiaduktu i jego aktualnych parametrów użytkowych został podzielony na trzy grupy:

- prace utrzymaniowe,
- remont obiektu, bez wykonywania wzmocnień,
- wzmocnienie obiektu.

Prace związane ze wzmocnieniem obiektu zostały wydzielony z prac utrzymaniowych, ponieważ prace związane ze wzmocnieniem obiektu powinny być wykonane w możliwie szybkim terminie, a najlepiej jeszcze w bieżącym roku. Dotyczy to przede wszystkim dwóch dźwigarów w przęśle skrajnym od strony Bydgoszczy, oraz belek wzmocnionych taśmami z włókien węglowych, gdzie występują widoczne są rysy (pęknięcia) wzdłuż ich dolnej krawędzi.

Natomiast prace remontowe można odłożyć w czasie i wykonać w jego okresie 2- 4 lat. Oczywiście prace związane ze wzmocnieniem obiektu można połączyć z innymi pracami remontowymi (co jest zalecane).

Prace utrzymaniowe, które powinny być przeprowadzone w ramach bieżącego utrzymania obiektu to:

- oczyszczenie nawierzchni na jezdni i chodnikach,
- oczyszczenie schodów skarpowych,
- oczyszczenie stożków nasypowych,
- doraźne wypełnienie ubytków betonu w miejscach stwierdzonych braków w otulinie,
- naprawa osłon kabli energetycznych i teletechnicznych,
- naprawa barier sprężystych.

Remont obiektu powinien dotyczyć:

- wzmocnienie przęsła skrajnego (od strony Bydgoszczy), w miejscu uszkodzonych korozyjnie belek (Inwentaryzacja uszkodzeń – Rysunek 2); wzmocnienie należy wykonać przez np. wykonanie dodatkowych stalowych belek, zespolonych z ustrojem przęsła,
- naprawa istniejącego wzmocnienia belek taśmami z włókien węglowych (przęsło środkowe (Inwentaryzacja uszkodzeń – Rysunek 2), w miejscach w których widoczne są rysy (pęknięcia) wzdłuż krawędzi belek, z odspojoną łącznie taśmami otuliną zbrojenia podłużnego belek; wzmocnienie wykonać wycinając na odcinkach odspojenia otulin taśmy, usunąć skorodowaną otulinę i dokonania reprofiliacji belek. Następnie uzupełnić wycięte taśmy nowymi, z odpowiednim zakładem na pozostawione odcinki taśm z włókien węglowych.
- wymiana nawierzchni na jezdni i chodnikach; wymianę nawierzchni należy połączyć ewentualną naprawą izolacji odsłoniętych ścian przyczółków,
- wymiana zalewek bitumicznych nad dylatacjami (wykonać nowe przekrycia szczelin dylatacyjnych),
- naprawa uszkodzeń otuliny zbrojenia dźwigarów głównych i podpór, połączony z zabezpieczeń antykorozyjnym odsłoniętego zbrojenia;
- naprawa uszkodzonych korozyjnie ciosów podłożyskowych,
- renowacja powłok malarskich na balustradach i osłonach przeciwporażeniowych,
- naprawa nawierzchni na schodach skarpowych.

Zwraca się uwagę, by do naprawy uszkodzeń w miejscach występowania korozji zbrojenia usunąć cały skorodowany i nasączony szkodliwymi związkami (zwłaszcza chlorkami beton). Przeprowadzone lokalne badania mający na celu stwierdzenie występowania szkodliwych związków chemicznych w betonie, że w niektórych miejscach występuje przekroczenie zawartości chlorków. Stosowne badania należy przeprowadzić każdym naprawianym miejscu by potwierdzić, że

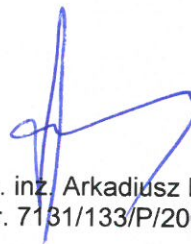
nasączony szkodliwymi związkami beton został całkowicie usunięty. Konieczne jest również usunięcie całkowicie skarbonatyzowanego betonu wokół prętów zbrojeniowych i po ich oczyszczeniu, wykonanie na ich powierzchni ochrony antykorozyjnej i dopiero po takim przygotowaniu naprawianego miejsca konstrukcji wykonać reprofilację elementu.

Wymagania i zasady dotyczące reprofilacji belek:

1. Należy w całości usunąć skarbonatyzowany beton wokół prętów zbrojeniowych.
2. Odśłonięte pręty zbrojeniowe muszą być oczyszczone z produktów korozji i **pokryte preparatem antykorozyjnym**.
3. Na powierzchni starego betonu **musi być nałożona warstwa szepna**.
4. **Grubość nakładanej warstwy PCC nie może być mniejsza od ok. 1,2 do 1,5 cm.** Natomiast warstwy grubsze, ponad 3,0 cm należy dodatkowo zbroić, a zbrojenie najlepiej mechanicznie kotwić do starej konstrukcji. Jeśli z jakichś względów trzeba wyprofilować powierzchnię belek cienką, kilkumilimetrową warstwą, to stosować do tego tzw. szlamy. Do warstwy naprawczej dodać ewentualnie inhibitory korozji.
5. Naprawiony fragment, wraz z przylegającymi odcinkami ok. 50 cm pokryć warstwą ochronną.
6. Szczególną uwagę zwrócić na reprofilację belek, na których będą klejone uzupełniające taśmy węglowe. Tam bezwzględnie trzeba odkuć całą otulinę zbrojenia - nawet jeśli nie jest skorodowana, a jedynie skarbonatyzowana i dokonać reprofilacji w sposób opisany w punktach powyżej.

Niestosowanie się do tych zasad będzie skutkowało dalszym rozwojem korozji zbrojenia, co obecnie obserwujemy na obiekcie po niecałych 15 latach od wykonanego ostatniego remontu wiaduktu.

Opracował:



dr hab. inż. Arkadiusz Madaj, prof. PP
(nr upr. 7131/133/P/2001)

Maj, 2023