Mesilo Engineering sp. z o.o.
ul. Tadeusza Kościuszki 34/L306
50-012 Wrocław
tel. +48 691 682 555
e-mail: biuro@mesilo.pl

Ekspertyza techniczna wiaduktu drogowego w ciągu ul. Poznańskiej nad linią kolejową E20 oraz ul. Przybyszewskiego w ciągu drogi 2593C w km 2+405

Wrocław, wrzesień 2024 r.

Opracowanie zostało wykonane na zlecenie:

Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu

ul. Poznańska 384c;88-100 Inowrocław

Oświadcza się, że niniejsza dokumentacja jest wykonana zgodnie z umową, nr ZDP/45/2024 zawartą w dniu 27.06.2024r. pomiędzy Zarządem Dróg Powiatowych w Inowrocławiu mającą swą siedzibę ul. Poznańska 384c;88-100 Inowrocław, a firmą Mesilo Engineering sp. z o.o. , z siedzibą: ul. Tadeusza Kościuszki 34/L306; 50-012 Wrocław, oraz została sprawdzona i uznana za sporządzoną prawidłowo, zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, normami i wytycznymi oraz, że jest kompletna z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.

ZESPÓŁ AUTORSKI:

dr inż. Kamil Pawłowski

SPIS TREŚCI

1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA ... 4
2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA ... 4
3. PODSTAWA OPRACOWANIA ... 4
4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU ... 5
5. PRZEGLĄD KONSTRUKCJI OBIEKTU ... 12
5.1. Ustrój nośny ... 13
5.2. Podpory ... 21
5.3. Wyposażenie ... 27
5.3.1. Nawierzchnia jezdni i dojazdów ... 27
5.3.2. Nawierzchnia chodników, kapy chodnikowe ... 32
5.3.3. Gzymsy i belki podporęczowe ... 36
5.3.4. Izolacja ... 39
5.3.5. Łożyska ... 39
5.3.6. Urządzenia dylatacyjne ... 42
5.3.7. Odwodnienie ... 45
5.3.8. Balustrady, bariery energochłonne osłony przeciwporażeniowe ... 48
5.3.9. Nasypy, skarpy oraz przestrzeń podmostowa ... 50
6. BADANIA MATERIAŁOWE ... 53
6.1. Ocena wytrzymałości i jednorodności betonu na ściskanie za pomocą metody sklerometrycznej ... 53
6.2. Wytrzymałość na odrywanie metodą pull-off ... 58
6.3. Badania chemiczne betonu oraz zagrożenia korozyjnego zbrojenia w ustroju nośnym 61
6.4. Wnioski z badań ... 66
7. STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA ANALIZA KONSTRUKCJI ... 67
7.1. Cel i podstawa opracowania ... 67
7.2. Założenia do obliczeń ... 67
7.3. Metoda obliczeń i zastosowane schematy statyczne ... 68
7.4. Układ obciążeń ... 68
7.4.1. Szczegółowy zakres analizy ... 69
7.4.2. Numeryczny model obiektu ... 70
7.4.3. Obciążenia stałe i ruchome ... 72
7.4.4. Wyznaczenie sił wewnętrznych ... 72
7.5. Podsumowanie obliczeń sprawdzających dla przęsła ... 77
8. ORZECZENIE O STANIE TECHNICZNYM I USTALENIE STRATEGII DALSZEGO POSTĘPOWANIA ... 78

1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest wiadukt drogowy w ciągu ul. Poznańskiej nad linią kolejową E20 oraz ul. Przybyszewskiego w ciągu drogi 2593C w km 2+405.

2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania jest ekspertyza techniczna wyżej wymienionego obiektu mostowego.

Zakres opracowania w szczególności obejmuje:

- oględziny obiektu wykonane w dniach 27-28.06.2024,
- inwentaryzację uszkodzeń widocznych elementów konstrukcji,
- ocena stanu technicznego obiektu,
- badania materiałowe
- statyczno-wytrzymałościowa analiza konstrukcji, określenie nośności normowej i użytkowej
- ocena przydatności eksploatacji wiaduktu,
- strategię dalszego postępowania,

3. PODSTAWA OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie wykonano na zlecenie Zarządu Dróg Powiatowych w Inowrocławiu mającą swą siedzibę ul. Poznańska 384c;88-100 Inowrocław zgodnie z umową nr ZDP/45/2024zawartą w dniu 27.06.2024r

Podstawę do sporządzenia opracowania stanowią:

1. Oględziny obiektu, inwentaryzacja i materiały zdjęciowe wykonane w dniu 27-28.06.2024r.
2. Materiały udostępnione przez Zamawiającego..
3. Literatura i normy z zakresu budownictwa mostowego.

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Przedmiotowy obiekt zlokalizowany jest w ciągu ul. Poznańskiej nad linią kolejową E20 oraz ul. Przybyszewskiego w ciągu w km 2+405.

Obiekt został wybudowany w roku 1978. W 1999 r. wykonano remont obiektu. W roku 2004 wykonano ponowny remont w zakresie którego wymieniono dylatacje. W roku 2006 wykonano przebudowę filara nr 5 oraz wykonano remont przyczółków.

Obiekt mostowy o ustroju nośnym 8-przęsłowym wykonanym z korytkowych belek sprężonych typu BSKP-18 w układzie ramowym, zdylatowany nad podporami 1, 5 oraz 9. Przyczółki wykonane jako masywne, filary z kolei wykonano jako podpory słupowe zwieńczone oczepem, wykonane z żelbetu. Na przyczółkach wykonano i oparto płyty przejściowe. Posadowienie pośrednie na palach Franki (oraz obecnie podpora nr 5 na mikropalach). Niweleta jezdni przebiega w łuku kołowym wypukłym R=200 m. Obiekt znajduje się w skosie.

Wyposażenie konstrukcji stanowią: jezdnia z nawierzchnią z betonu asfaltowego szer.14,0 m, chodniki wyniesione szerokości 2,93m z nawierzchnią z żywic epoksydowych gr. 5 mm, bariery energochłonne typu SP-06, balustrady stalowe szczeblinkowe h=1,1 m, osłony przeciwporażeniowe nad torami o wysokości 2,10m, gzymsy monolityczne, urządzenia dylatacyjne jednomodułowe, łożyska wałkowe na przyczółkach, łożyska elastomerowe na filarze nr 5, izolacja termozgrzewalna, krawężniki kamienne, odwodnienie realizowane za pomocą wpustów mostowych oraz kolektorów, z poziomu izolacji realizowane przez dreny i sączki. Na obiekcie znajdują się słupy oświetleniowe zamocowane na wspornikach poza obrysem chodnika. W kapach zlokalizowane są kanały kablowe oraz studzienki rewizyjne– kanały przeprowadzają kable zasilające latarnie oraz kable teletechniczne (po stronie zachodniej).Podstawowe parametry obiektu:

- długość obiektu: 152,82 m,

- rozpiętości teoretyczne przęseł: 18,35 m + 6x18,95 m + 18,35 m,

- szerokość obiektu: 19,86 m.

Dostępna dokumentacja obiektu znajduje się w siedzibie Zarządcy Obiekt wraz z dostępną dokumentacją został przekazany Zarządowi Dróg Powiatowych w Inowrocławiu w dniu 26.09.2017 r. przez GDDKiA oddział w Bydgoszczy. Do tego czasu wiadukt stanowił element drogi krajowej nr 15 Trzebnica - Ostróda.

Fot. 4.1. Widok obiektu z boku od strony zachodniej

Fot. 4.2. Widok obiektu z boku od strony wschodniej

Fot. 4.3. Widok na wjazd na obiekt - od strony Kruszwicy

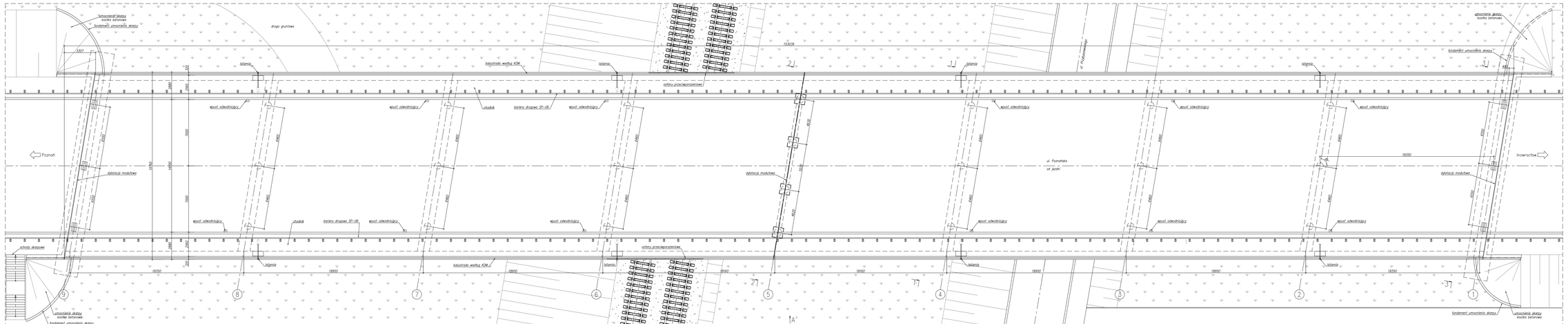
Fot. 4.4. Widok na wjazd na obiekt - od strony centrum Inowrocławia

Fot. 4.5 Widok na podporę skrajną i przyczółek oraz spód konstrukcji - od strony Kruszwicy

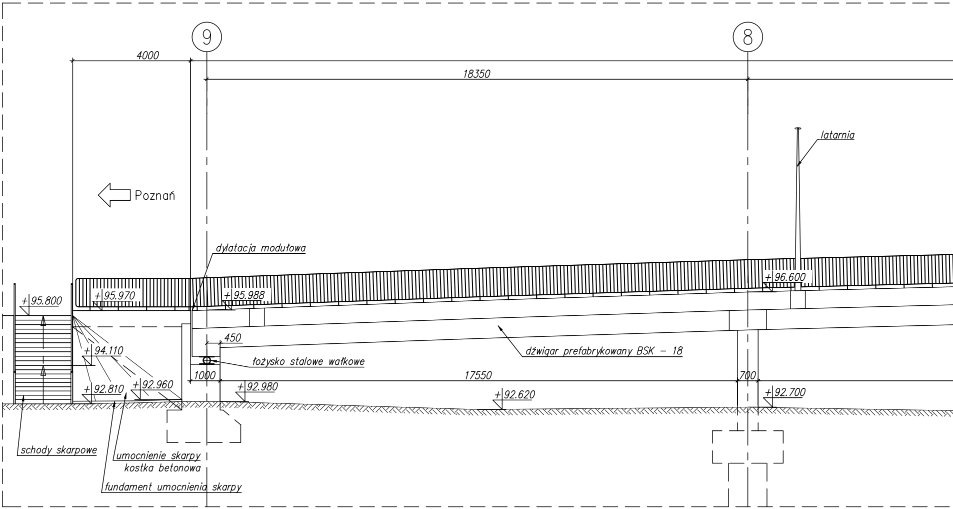
Fot. 4.6 Widok na podporę skrajną i przyczółek oraz spód konstrukcji - od strony Inowrocławia

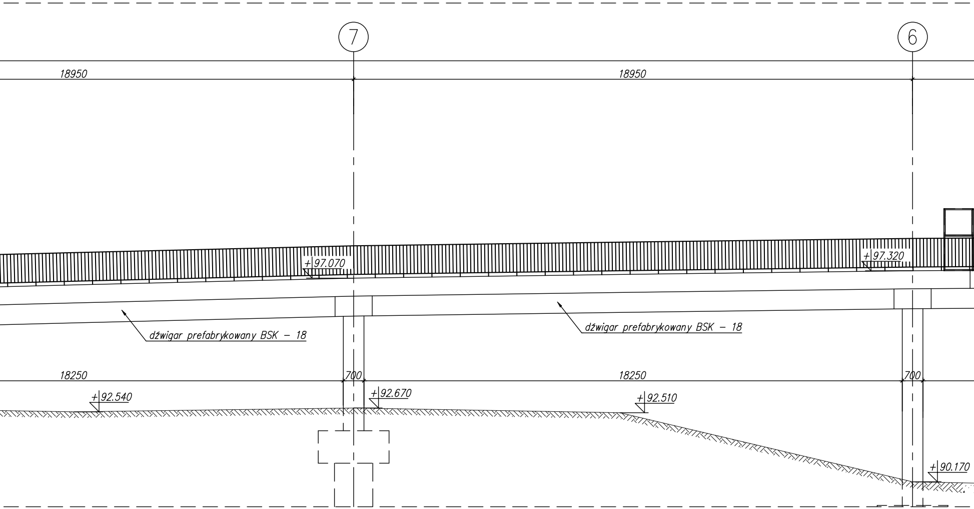
Widok z góry

Skala 1:100



Mesilo	Mesilo Engineering sp. z o.o. ul. Kościuszki 34/L306 50-012 Wrocław		
ZAMAWIAJĄCY : Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu			
OBIEKT: Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu		DATA : wrzesień 2024 r.	
		SKALA : 1:100	
Tytuł rysunku : Inwentaryzacja - widok z góry		W/ cm : A 4	
FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR. UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA			

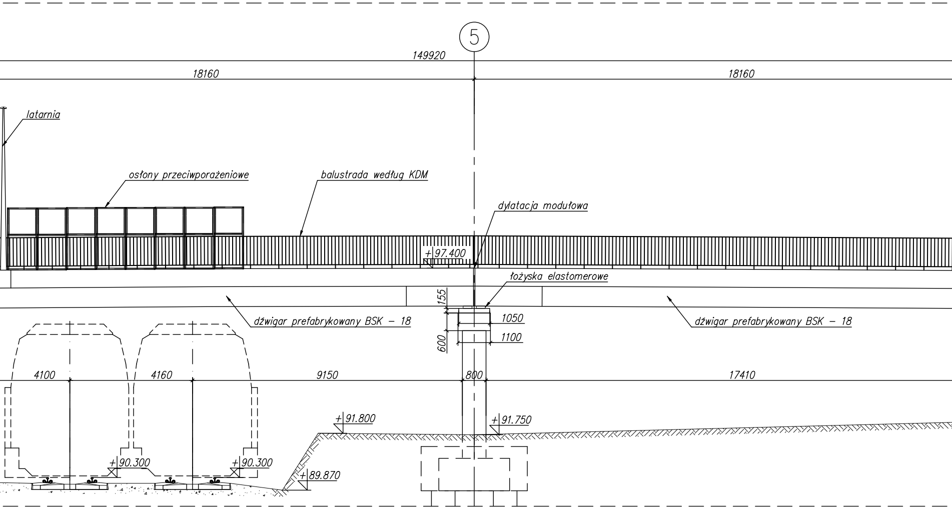

9
8
4000
18350
latarnia
Poznań
dylatacja modułowa
+95.800
+95.970
+95.988
+96.600
+94.110
450
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
łożysko stalowe wałkowe
+92.810
+92.960
1000
17550
700
+92.980
+92.620
+92.700
schody skarpowe
umocnienie skarpy
kostka betonowa
fundament umocnienia skarpy


7
6
18950
18950
+97.070
+97.320
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
18250
700
18250
700
+92.540
+92.670
+92.510
+90.170

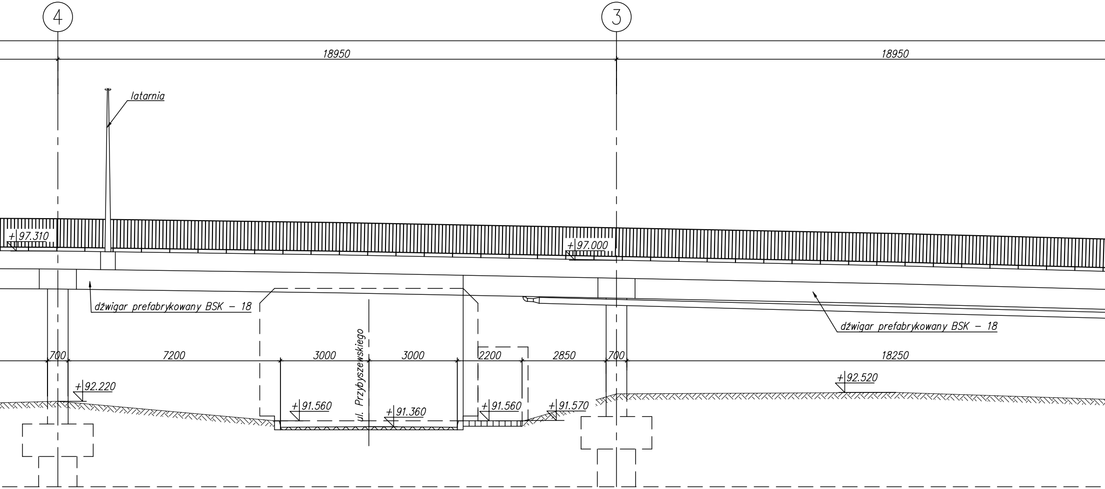
Widok A

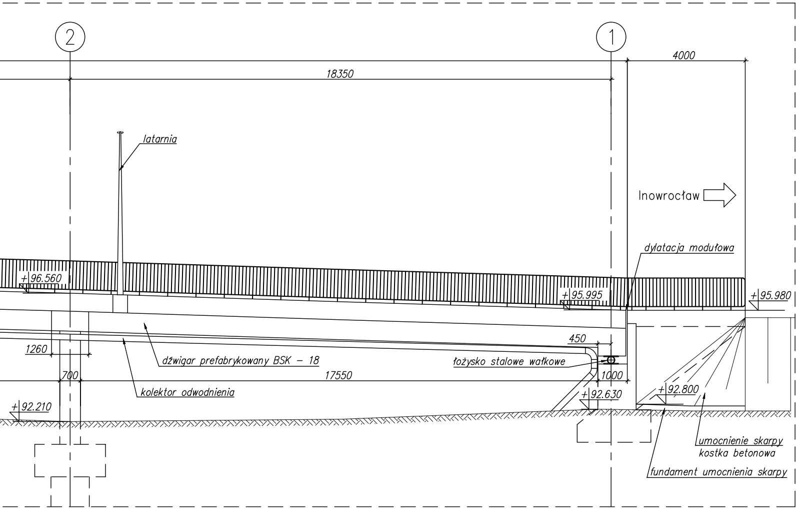
Widok z boku

Skala 1:100



5
149920
18160
18160
latarnia
osłony przeciwporażeniowe
balustrada według KDM
dylatacja modułowa
+97.400
łożyska elastomerowe
155
1050
600
1100
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
4100
4160
9150
800
17410
+91.800
+91.750
+90.300
+90.300
+89.870


4
3
18950
18950
latarnia
+97.310
+97.000
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
ul. Przybyszewskiego
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
700
7200
3000
3000
2200
2850
700
18250
+92.220
+91.560
+91.360
+91.560
+91.570
+92.520


2
1
18350
4000
latarnia
Inowrocław
dylatacja modułowa
+96.560
+95.995
+95.980
450
dźwigar prefabrykowany BSK – 18
łożysko stalowe wałkowe
1260
700
17550
1000
kolektor odwodnienia
+92.210
+92.630
+92.800
umocnienie skarpy
kostka betonowa
fundament umocnienia skarpy

Mesilo Engineering sp. z o.o.
ul. Kościuszki 34/L306
50-012 Wrocław

ZAMAWIAJĄCY : Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu

OBIEKT :
Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu

DATA : wrzesień 2024 r.

SKALA : 1:100

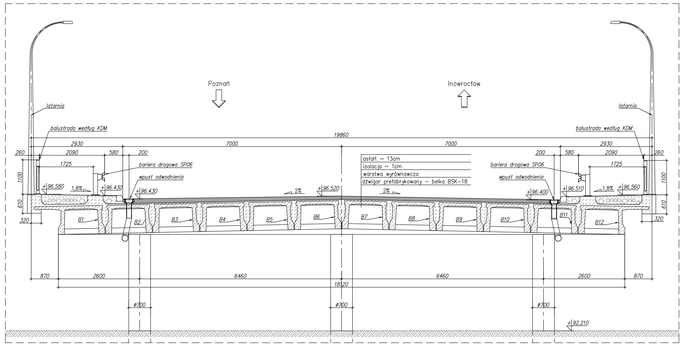
Tytuł rysunku :
Inwentaryzacja - widok z boku

Nr rys. : 4.2

FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ:	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA:			

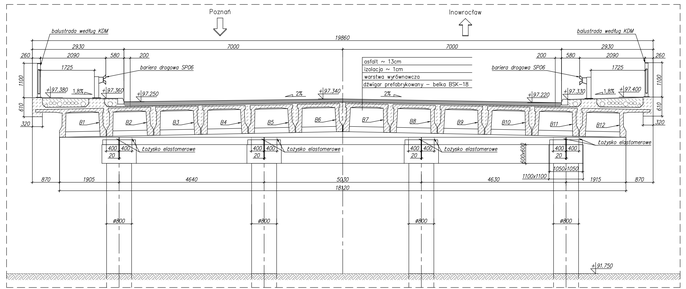
Przekrój 1–1

Skala 1:50



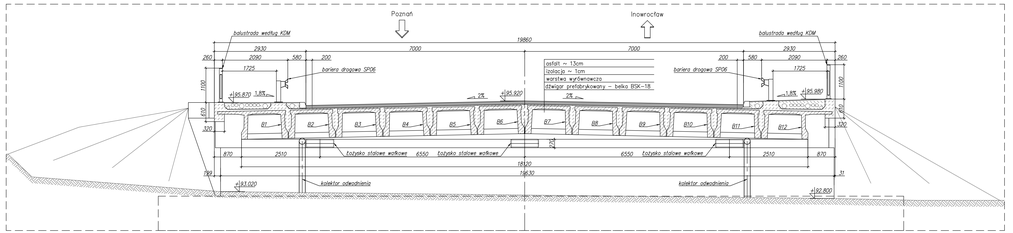
Przekrój 2–2

Skala 1:50



Przekrój 3–3

Skala 1:50



Mesilo Engineering sp. z o.o.
ul. Kościuszki 34/1,306
50-012 Wrocław

ZAMAWIAJĄCY : Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu

OBIEKT :
Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu

DATA : wrzesień 2024 r.

SKALA : 1:50

Tytuł rysunku :
Inwentaryzacja - przekroje poprzeczne

Nr rys. : 4.3

FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ:	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA:			

5. PRZEGLĄD KONSTRUKCJI OBIEKTU

Istniejący stan konstrukcji oceniono na podstawie wizji lokalnej i oględzin obiektu przeprowadzonych w dniach 27-28.06.2024 r.

Przegląd ustroju nośnego obiektu oraz jego podpór przeprowadzono z poziomu terenu i z poziomu jezdni wykorzystując bezpośredni dostęp do elementów konstrukcji oraz z wykorzystaniem drabin do oceny spodu konstrukcji i podpór.

Dla oceny stanu technicznego wiaduktu przeprowadzono zaplanowane badania, pomiary oraz analizy ich wyników. Na potrzeby opracowania niniejszej opinii przyjęto kryteria oceny elementów konstrukcyjnych obiektu zgodnie z zaleceniami Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad zawartymi w „Instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich" wg poniższej tabeli.

Tabela 5.1. Skala oceny stanu obiektu

Ocena	Stan	Opis stanu elementu
5	odpowiedni	bez uszkodzeń i zanieczyszczeń możliwych do stwierdzenia podczas przeglądu
4	zadowalający	wykazuje zanieczyszczenia lub pierwsze objawy uszkodzeń pogarszających wygląd estetyczny
3	niepokojący	wykazuje uszkodzenia, których nienaprawienie spowoduje skrócenie okresu bezpiecznej eksploatacji
2	niedostateczny	wykazuje uszkodzenia obniżające przydatność użytkową, ale możliwe do naprawy
1	przedawaryjny	wykazuje nieodwracalne uszkodzenia dyskwalifikujące przydatność użytkową
0	awaryjny	uległ zniszczeniu lub przestał istnieć

Ocenę izolacji wykonano zgodnie z zaleceniami Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad według skali i kryteriów przedstawionych w tabeli 3 w „Instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich" tabelę tą zamieszczono również poniżej:

Tabela 5.2. Skala i kryteria oceny izolacji

Ocena	Stan	Opis stanu elementu
5	odpowiedni	brak objawów wskazujących na nieszczelność izolacji
2	niedostateczny	występują nieliczne małe zacieki; miejscowa naprawa może zatrzymać proces niszczenia elementu
0	awaryjny	występują rozległe przecieki powodujące zmniejszenie trwałości elementu

5.1. Ustrój nośny

Stan techniczny ustroju nośnego należy ocenić jako **niedostateczny (ocena 2/5) .**

Na ustroju nośnym nie stwierdzono uszkodzeń o charakterze wytężeniowym. Zaobserwowano jednak uszkodzenia , które mogą wpływać na obniżenie nośności obiektu. Zaliczyć do nich należy:

- uszkodzenie taśm węglowych wzmacniających konstrukcję
- na przęsłach skrajnych i przed skrajnych zaobserwowano w środku szerokości spękania korozyjne i zacieki świadczcie o intensywnej migracji wody, która to powoduje korozję zbrojenia, a także w tym przypadku strun sprężających, jednak ze względu na brak dostępu nie można stwierdzić zakresu tych uszkodzeń oraz ich wpływu na nośność,

Zaobserwowano uszkodzenia wpływające na obniżenie trwałości konstrukcji oraz jej estetyki. Do zaobserwowanych uszkodzeń należy zaliczyć:

- przypowierzchniowe ubytki betonu belek dźwigara oraz płyty pomostowej wraz z odsłoniętymi korodującymi prętami zbrojeniowymi,
- rysy betonu spowodowane korozją zbrojenia belek,
- zacieki i wykwity wapienne na belkach i płycie pomostowej,
- zanieczyszczenia w postaci graffiti,

Fot. 5.1. Widoczne rozległe spękania i rysy na spodzie belki prefabrykowanej wraz z rdzawymi wykwitami, rysy mają charakter korozyjny, spowodowane nieszczelnością izolacji pomostu– przęsło od strony Inowrocławia w środku szerokości obiektu. Podobne uszkodzenia można zaobserwować w innych częściach obiektu

Fot. 5.2. Widoczne rozległe ubytki przypowierzchniowych warstw betonu wraz z towarzyszącą korozją odsłoniętego zbrojenia miękkiego, rysy na powierzchniach belek prefabrykowanych- uszkodzenia powstały w

wyniku zbyt małej otuliny zbrojenia (wada z etapu prefabrykacji) oraz procesów erozyjnych– przęsło nad koleją. Uszkodzenie typowe dla całej konstrukcji obiektu

Fot. 5.3. Widoczne rozległe ubytki przypowierzchniowych warstw betonu wraz z towarzyszącą korozją odsłoniętego zbrojenia miękkiego, rysy na powierzchniach belek prefabrykowanych- uszkodzenia powstały w wyniku zbyt małej otuliny zbrojenia (wada z etapu prefabrykacji) oraz procesów erozyjnych. Widoczne wykonane naprawy. Uszkodzenie typowe dla całej konstrukcji obiektu.

Fot. 5.4. Uszkodzenie taśmy z włókna węglowego, wzmacniającej konstrukcję. Uszkodzenie powstałe w wyniku uderzenia mechanicznego pojazdu ponadgabarytowego. Uszkodzenie wpływa na wyłączenie wzmocnienia ze współpracy, a co za tym idzie obniżenie nośności do nośności pierwotnej. Przęsło nad ul. Przybyszewskiego.

Fot. 5.5. Widoczne ubytki betonu na spodzie wspornika belki prefabrykowanej wraz z rdzawymi wykwitami oraz korozją odsłoniętego zbrojenia miękkiego, spowodowane nieszczelnością izolacji pomostu. Podobne uszkodzenia można zaobserwować w innych częściach obiektu

Fot. 5.6. Widoczne rozległe ubytki przypowierzchniowych warstw betonu wraz z towarzyszącą korozją odsłoniętego zbrojenia miękkiego wraz z wapiennymi wykwitami, uszkodzenie spowodowane nieszczelnością izolacji pomostu. Uszkodzenie można zaobserwować w innych częściach obiektu

Fot. 5.7. Widoczne ubytki betonu na bocznej powierzchni belki prefabrykowanej wraz z rdzawymi zaciekami oraz korozją odsłoniętego zbrojenia miękkiego, spowodowane przeciekami wody z rurki przeprowadzającej uszynienie obiektu. Przy podporze nr 6.

Fot. 5.8. Widoczne rdzawe i wapienne wykwity w obrębie spodu belek, uszkodzenie spowodowane nieszczelnością izolacji pomostu, świadczące o korozji zbrojenia. Uszkodzenie można zaobserwować w innych częściach obiektu.

Fot. 5.9. Rozległe wapienne wykwity i zacieki na oczepie przęsła skrajnego spowodowane nieszczelnością w obrębie dylatacji – od strony Inowrocławia

Fot. 5.10. Widoczne rozległe spękania i rysy na spodzie oczepu przęsła, wraz z odspojeniem warstw naprawczych, rysy mają charakter korozyjny, spowodowane nieszczelnością w obrębie dylatacji – od strony Inowrocławia

.

Fot. 5.11. Widoczne rozległe spękania i odspojenia przypowierzchniowych warstw betonu na oczepie przęsła przy podporze nr5 spowodowane zaciekami wody z nieszczelności w obrębie dylatacji

Fot. 5.12. Widoczne rozległe spękania i odspojenia przypowierzchniowych warstw betonu na oczepie przęsła przy podporze nr5 spowodowane zaciekami wody z nieszczelności w obrębie dylatacji

Fot. 5.13. Widoczne nieprawidłowe ułożenie belek z etapu budowy.

Fot. 5.14. Widoczne zanieczyszczenia w postaci graffiti spowodowane aktami wandalizmu, występują w obrębie przęseł skrajnych.

5.2. Podpory

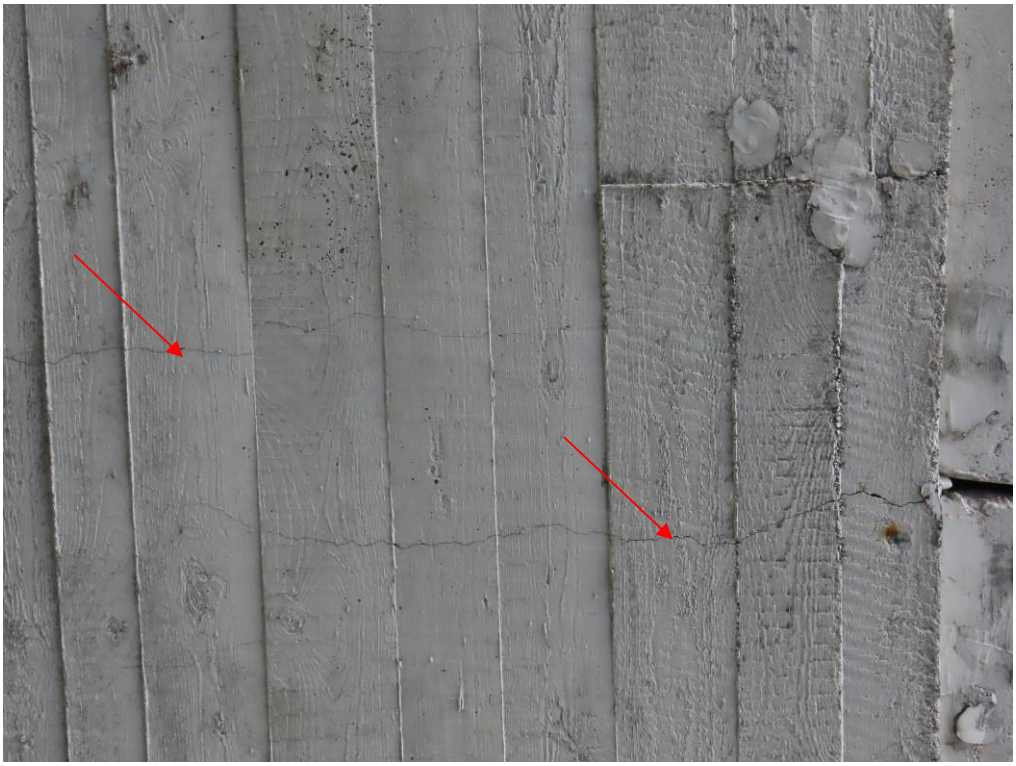
Stan techniczny podpór jest **niedostateczny (ocena 2/5) .**

W obrębie podpór pośrednich zaobserwowano uszkodzenia o charakterze wytężeniowym, które mogą wpływać na obniżenie nośności obiektu, są to rysy betonu na spodzie oczepów podpór pośrednich mające poprzeczny przebieg do osi oczepu. Nie można jednak jednoznacznie określić momentu kiedy powstały, czy na etapie budowy czy już w fazie eksploatacji.

Dodatkowo zaobserwowano uszkodzenia wpływające na obniżenie trwałości konstrukcji oraz jej estetyki. Do zaobserwowanych uszkodzeń należy zaliczyć:

- przypowierzchniowe ubytki betonu wraz z odsłoniętymi korodującymi prętami zbrojeniowymi,
- rysy betonu na słupach i oczepach o charakterze korozyjnym,
- zanieczyszczenia nisz podłożyskowych,
- zacieki i zawilgocenia na korpusach przyczółków,
- zanieczyszczenia betonu podpór w postaci graffiti.

Fot. 5.15. Widoczne rysy betonu na spodzie oczepów podpór pośrednich mające poprzeczny przebieg do osi oczepu, rysy maja charakter przeciążeniowy, a ich rozwartość sięga do 0,6mm – oczep podpory nr 2.



Fot. 5.16. Widoczne rysy betonu na spodzie oczepów podpór pośrednich mające poprzeczny przebieg do osi oczepu, rysy maja charakter przeciążeniowy, a ich rozwartość sięga do 0,6mm – oczep podpory nr 3.

Fot. 5.17. Widoczne rysy betonu na spodzie oczepów podpór pośrednich mające poprzeczny przebieg do osi oczepu, rysy maja charakter przeciążeniowy, a ich rozwartość sięga do 0,6mm – oczep podpory nr 8

Fot. 5.18. Widoczne zanieczyszczenia niszy podłożyskowej materiałem ziemnym przedostającym się przez nieszczelne urządzenie dylatacyjne.

Fot. 5.19. Widoczne rozległe i intensywne zawilgocenia, zacieki i uszkodzenia powłok ochronnych betonu korpusu przyczółka, spowodowane przeciekami przez nieszczelne urządzenie dylatacyjne. Podpora od strony Inowrocławia.

Fot. 5.20. Widoczne rysy betonu oczepu wraz z rdzawymi wykwitami świadczącymi o korozji zbrojenia. Uszkodzenie spowodowane przeciekami przez nieszczelne urządzenie dylatacyjne przy podporze nr 5

Fot. 5.21. Widoczne miejscowe spękania i odspojenia przypowierzchniowych warstw betonu wraz z korozja odsłoniętego zbrojenia na słupie filara przy podporze nr 6 spowodowane wieloletnią erozją oraz lokalnie zbyt małą otuliną zbrojenia.

Fot. 5.22. Widoczna pionowa rysa na słupie podpory pośredniej nr 5 o charakterze korozyjnym. Rozwartość rysy sięga do1mm .

Fot. 5.23. Widoczne wapienne wykwity w obrębie oczepu podpory 3, uszkodzenie spowodowane nieszczelnością izolacji pomostu.

Fot. 5.24. Widoczne zanieczyszczenia przyczółków w postaci graffiti powstałe na skutek aktów wandalizmu, wpływające na obniżenie walorów estetycznych. Podpora od strony Inowrocławia. Dotyczy wszystkich podpór.

Fot. 5.25. Widoczne zanieczyszczenia podpór pośrednich w postaci graffiti powstałe na skutek aktów wandalizmu, wpływające na obniżenie walorów estetycznych. Dotyczy wszystkich podpór.

5.3. Wyposażenie

5.3.1. Nawierzchnia jezdni i dojazdów

Stan techniczny nawierzchni jezdni i dojazdów jest **niepokojący (ocena 3/5)**

Na obiekcie występuje jezdnia bitumiczna, ograniczona z obu stron krawężnikiem kamiennym.

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie jezdni i dojazdów należy zaliczyć:

- spękania nawierzchni jezdni i dojazdów
- deformacje materiału bitumicznego nawierzchni jezdni w postaci skoleinowań,
- miejscowe ubytki materiału bitumicznego nawierzchni,
- nieznaczne zanieczyszczenia materiałem ziemnym w obrębie stref przykrawężnikowych.

Fot. 5.26. Widoczne spękania, osiadanie i wykruszenia bitumicznej nawierzchni jezdni w obrębie dojazdu od strony Kruszwicy. Widoczny niezabezpieczony styk technologiczny. Uszkodzenia spowodowane wieloletnią eksploatacja oraz błędami wykonawczymi.

Fot. 5.27. Widoczne spękania i wykruszenia bitumicznej nawierzchni jezdni w obrębie styków technologicznych dojazdu od strony Inowrocławia. Uszkodzenia spowodowane wieloletnią eksploatacja oraz błędami wykonawczymi

Fot. 5.28. Widoczny niezabezpieczony masą zalewową poprzeczny styk technologiczny w obrębie urządzenia dylatacyjnego nad podpora nr 5.

Fot. 5.29. Widoczne nieznaczne deformacje w postaci skoleinowania nawierzchni jezdni spowodowane wieloletnia eksploatacją. Deformacje sięgają do około 1-2cm i występują na całej długości obiektu.

Fot. 5.30. Lokalne ubytki nawierzchni jezdni. Widoczne nieznaczne deformacje w postaci skoleinowania nawierzchni jezdni spowodowane wieloletnia eksploatacją. Deformacje sięgają do około 1-2cm i występują na całej długości obiektu.

Fot. 5.31. Widoczna miejscowa znaczna deformacja nawierzchni jezdni wraz z prowizoryczną naprawą. Uszkodzenie wpływa na komfort i bezpieczeństwo użytkowników ruchu.

Fot. 5.32. Widoczny miejscowy ubytek nawierzchni jezdni wraz z prowizoryczną naprawą.

Fot. 5.33. Widoczna miejscowa znaczna deformacja nawierzchni jezdni wraz z prowizoryczną naprawą w obrębie urządzenia dylatacyjnego od s trony Kruszwicy. Uszkodzenie wpływa na komfort i bezpieczeństwo użytkowników ruchu.

Fot. 5.34. Widoczne zanieczyszczenie stref przykrawężnikowych materiałem ziemnym.

5.3.2. Nawierzchnia chodników, kapy chodnikowe

Stan techniczny nawierzchni chodników i kap chodnikowych jest **niedostateczny (ocena 2/5)**

Na obiekcie występują chodniki obustronne o nawierzchni z żywic epoksdowych,.

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie chodników należy zaliczyć:

- spękania nawierzchni z żywic wraz z rozległymi odspojeniami i ubytkami
- przemieszczenia brukowych dojść obniżające komfort i bezpieczeństwo użytkowników ,
- przemieszczenia włazów rewizyjnych obniżające komfort i bezpieczeństwo użytkowników ,,

Fot. 5.35. Widoczne rozległe spękania i odspojenia żywicznej nawierzchni na chodniku. Podobne uszkodzenia można zaobserwować na całej długości chodnika. Uszkodzenia wynikają najprawdopodobniej ze źle przygotowanego podłoża pod wykonane naprawy. Chodnik od strony zachodniej.

Fot. 5.36. Widoczne rozległe spękania i odspojenia żywicznej nawierzchni na chodniku. Podobne uszkodzenia można zaobserwować na całej długości chodnika. Uszkodzenia wynikają najprawdopodobniej ze źle przygotowanego podłoża pod wykonane naprawy. Chodnik od strony zachodniej.

Fot. 5.37. Widoczne rozległe spękania i odspojenia żywicznej nawierzchni na chodniku. Podobne uszkodzenia można zaobserwować na całej długości chodnika. Uszkodzenia wynikają najprawdopodobniej ze źle przygotowanego podłoża pod wykonane naprawy. działania soli odmrażających. Dodatkowo uszkodzenia świadczą o zniszczonej strukturze betonu kapy chodnikowej. Chodnik od strony wschodniej.

Fot. 5.38. Widoczne rozległe spękania i odspojenia żywicznej nawierzchni na chodniku. Podobne uszkodzenia można zaobserwować na całej długości chodnika. Uszkodzenia wynikają najprawdopodobniej ze źle przygotowanego podłoża pod wykonane naprawy oraz działania soli odmrażających. Dodatkowo uszkodzenia świadczą o zniszczonej strukturze betonu kapy chodnikowej. Chodnik od strony wschodniej.

Fot. 5.39. Widoczna rozległe spękania i odspojenia żywicznej nawierzchni na włazie rewizyjnym. Podobne uszkodzenia można zaobserwować na pozostałych włazach. Uszkodzenia wynikają najprawdopodobniej z korozji stalowych elementów włazu oraz działania soli odmrażających. Dodatkowo uszkodzenia świadczą o zniszczonej strukturze betonu włązu. Chodnik od strony wschodniej.

Fot. 5.40. Widoczne przemieszczenie pokrywy włazu rewizyjnego w obrębie dojścia do obiektu. Uszkodzenie wpływa na obniżenie komfortu i bezpieczeństwa użytkowników. Uszkodzenie wywołane brakiem prawidłowego wyregulowania pokrywy. Od strony zachodniej, od Inowrocławia.

Fot. 5.41. Widoczne przemieszczenie nawierzchni brukowej w obrębie dojścia do obiektu. Uszkodzenie wpływa na obniżenie komfortu i bezpieczeństwa użytkowników. Uszkodzenie wywołane nadmiernym osiadaniem podbudowy. Od strony zachodniej, od Inowrocławia.

5.3.3. Gzymsy i belki podporęczowe

Stan techniczny gzymsów i belek podporęczowych jest **niepokojący (ocena 3/5)**

Po obu stronach gzymsy wykonano w postaci betonowej belki monolitycznej wykonanej razem z kapą chodnikową.

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie gzymsów należy zaliczyć:

- spękania i odspojenia betonu gzymsów,
- rozległe przypowierzchniowe zanieczyszczenia w postaci zacieków,
- miejscowe zanieczyszczenia w postaci graffiti.

Fot. 5.42. Widoczne miejscowe odspojenia i ubytki warstw naprawczych betonu belek gzymsowych, będące prawdopodobnie następstwem zacieków z chodnika. Widoczne rozległe zacieki obniżające walory estetyczne. Od strony wschodniej.

Fot. 5.43. Widoczne miejscowe pionowe rysy o charakterze skurczowym lub korozyjnym. Uszkodzenia występują na całej długości gzymsów Widoczne rozległe zacieki obniżające walory estetyczne. Od strony zachodniej.

Fot. 5.44. Widoczne miejscowe pionowe rysy o charakterze skurczowym lub korozyjnym. Uszkodzenia występują na całej długości gzymsów Widoczne rozległe zacieki obniżające walory estetyczne. Od strony wschodniej.

Fot. 5.45. Widoczne rozległe zacieki obniżające walory estetyczne. Zacieki są wynikiem napływającej wody z chodników, a rdzawe wykwity nakapywaniem wody z korodujących balustrad. Od strony zachodniej.

Fot. 5.46. Widoczne zanieczyszczenia belek gzymsowych w postaci graffiti powstałe na skutek aktów wandalizmu, wpływające na obniżenie walorów estetycznych. Uszkodzeni występują na gzymsach, w obrębie podpór skrajnych

5.3.4. Izolacja

Stan techniczny izolacji jest **niedostateczny (ocena 2/5)**

Na spodzie ustroju nośnego stwierdzono liczne i rozległe wykwity dodatkowo stwierdzono kilka aktywnych zawilgoceń, świadczących o uszkodzonej izolacji. Zacieki i zawilgocenia zaobserwowano głównie w obrębie środników belek w połowie szerokości przęsła (gdzie najprawdopodobniej źle zostało wykonane połączenie izolacji) oraz w obrębie szczelin dylatacyjnych na końcach obiektu.

Zdjęcia obrazujące wapienne wykwity które świadczą o uszkodzonej izolacji przedstawiono powyżej na fotografiach nr: Fot 5,6; Fot 5,8; Fot 5,9; Fot 5,23

5.3.5. Łożyska

Stan techniczny łożysk jest **niepokojący (ocena 3/5)**

Przęsła na przyczółkach oparte są na stalowych łożyskach wałkowych, natomiast przęsła na podporze nr 5 wspierają się na łożyskach elastomerowych.

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie łożyskowania obiektu należy zaliczyć:

- korozję powierzchniową oraz wżerową stalowych łożysk wałkowych oraz podkładek pod łożyskami elastomerowymi, uszkodzenia powstały w wyniku wieloletniej eksploatacji obiektu, erozji materiałowej oraz zacieków ze szczeliny dylatacyjnej,
- ograniczenie możliwości pracy łożysk przez rozległe zanieczyszczenia nisz podłożyskowych z nieszczelnych urządzeń dylatacyjnych,
- ograniczenie możliwości pracy łożysk wałkowych poprzez nieprawidłowo wykonane prace remontowe.

Zaobserwowane uszkodzenia mogą wpływać na ograniczenie przesuwów i płynności przemieszczeń przęseł.

Fot. 5.47. Widoczna zaawansowana korozja powierzchniowa i wżerowa stalowych elementów łożyska wałkowego powstałą w wyniku zacieków ze szczeliny dylatacyjnej. Łożysko od strony Inowrocławia.

Fot. 5.48. Widoczne nieprawidłowo wykonane naprawy oczepu przęsła. Materiał naprawczy blokuje przesuw elementów tocznych łożyska. Łożysko od strony Inowrocławia.

Fot. 5.49. Widoczne zanieczyszczenia niszy podłożyskowej, materiał ziemny ogranicza możliwość przesuwów elementów tocznych łożyska. Łożysko od strony Inowrocławia.

Fot. 5.50. Widoczna zaawansowana korozja wżerowa stalowej przekładki łożysk elastomerowych, dodatkowo widoczna erozja powierzchniowa elastomeru. uszkodzenia powstały w wyniku zacieków ze szczeliny dylatacyjnej. Widoczne zanieczyszczenia materiałem betonowym ograniczające przesuw łożysk. .

5.3.6. Urządzenia dylatacyjne

Stan techniczny urządzeń dylatacyjnych jest **przedawaryjny (ocena 1/5)**

Na obiekcie zamontowano trzy urządzenia dylatacyjne typu jednomodułowe. Urządzenia zamontowane nad podporami skrajnymi i podporze środkowej tj. podpory nr 1,5 i 9.

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie urządzeń dylatacyjnych obiektu należy zaliczyć:

- przebicie wkładek gumowych powodujące nieszczelność urządzeń,
- brak, ubytek elementu profilu stalowego urządzenia dylatacyjnego,
- brak blach maskujących urządzenia dylatacyjne w obrębie chodników lub ich deformacje
- zanieczyszczenia wkładek gumowych materiałem ziemny powodujące ograniczenie pracy urządzenia oraz uszkodzenia gumowych wkładek,

Fot. 5.51. Widoczny ubytek stalowego profilu jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego wraz z prowizorycznymi naprawami. Uszkodzeni wpływa na bezpieczeństwo i komfort użytkowników. Efekt powyższego uszkodzenia widoczny jest na Fot. 5.49

Fot. 5.52. Zanieczyszczenia wkładek jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego w obrębie chodnika powodujące ograniczenie pracy urządzenia i wpływające na uszkodzenie gumowych wkładek. Dotyczy wszystkich urządzeń na obiekcie. Dodatkowo widoczny brak blach maskujących. Od strony Inowrocławia, zachód

Fot. 5.53. Widoczny brak blach maskujących w obrębie chodnika wpływający na zmniejszenie komfortu i bezpieczeństwa użytkowników. Od strony Inowrocławia, wschód. .

Fot. 5.54. Widoczna deformacja blachy maskującej urządzenie dylatacyjne nad podpora nr 5 od strony zachodniej, spowodowana czynnikiem mechanicznym, uderzenie.

Fot. 5.55. Widoczne zanieczyszczenia wkładki jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego w obrębie jezdni powodujące ograniczenie pracy urządzenia i wpływające na uszkodzenie gumowych wkładek. Dodatkowo widoczne ubytki materiału bitumicznego w obrębie stalowego profilu urządzenia dylatacyjnego.

5.3.7. Odwodnienie

Stan techniczny odwodnienia jest **niepokojący (ocena 3/5)**

Do zaobserwowanych uszkodzeń w systemie odwodnienia należy zaliczyć:

- ubytki elementów kratek wpustów mostowych,
- zanieczyszczenia wpustów mostowych ograniczające drożność sytemu odwodnienia,
- korozja stalowych rur odpływowych wpustów mostowych,
- ubytki i rozszczelnienia systemu odprowadzania wody z kolektora i sączkow

Fot. 5.56. Widoczny ubytek żebra kraty wpustowej powodujący przedostawanie się dużych zanieczyszczeń do systemu odwodnia co może skutkować jego zapchaniem i niedrożnością. Wpust od strony zachodniej.

Fot. 5.57. Widoczna wegetacja roślinności wraz z zanieczyszczeniami powodującymi niedrożność wpustu mostowego, brak bieżących prac utrzymaniowych. Wpust od strony wschodniej.

Fot. 5.58. Widoczna korozja wraz z perforacją i zniszczeniem elementu odprowadzania wody z wpustu mostowego. Przyczyną jest wieloletnia eksploatacja oraz brak prac remontowych w zakresie odwodnienia.

Fot. 5.59. Widoczne rozszczelnienie rury odpływowej sączka mostowego wraz z widoczną niedrożnością wynikającą z dostania się do systemu odwodnienia materiału cementowego na etapie remontu, który doprowadził do niedrożności. Przy przyczółku od strony Inowrocławia.

Fot. 5.60. Widoczny brak nakrętki rewizyjnej kolektora odwodnieniowego. Uszkodzenie powstało w wyniku aktu wandalizmu. Przy przyczółku od strony Inowrocławia.

5.3.8. Balustrady, bariery energochłonne osłony przeciwporażeniowe

Stan techniczny balustrad, barier i osłon jest **niepokojący (ocena 3/5)**

Do zaobserwowanych uszkodzeń balustrad należy zaliczyć:

- złuszczenia powłok ochronnych stalowych elementów balustrad wraz z towarzyszącymi ogniskami korozji powierzchniowej,
- zbyt niska wysokość balustrad powoduje obniżenie bezpieczeństwa ruchu po obiekcie,
- deformacje elementów barier powstałe na skutek pracy konstrukcji,
- zanieczyszczenia w postaci graffiti na osłonach przeciwporażeniowych

Fot. 5.61. Rozległe złuszczenia powłok ochronnych stalowych elementów balustrad wraz z towarzyszącymi ogniskami korozji powierzchniowej i wżerowej. Widok od strony zachodniej od Kruszwicy.

.

Fot. 5.62. Rozległe złuszczenia powłok ochronnych stalowych elementów balustrad wraz z towarzyszącymi ogniskami korozji powierzchniowej i wżerowej. Widok od strony wschodniej.

Fot. 5.63. Widoczne zanieczyszczenia w postaci graffiti na osłonach przeciwporażeniowych, powstałe w wyniku aktów wandalizmu. Widok od strony zachodniej.

Fot. 5.64. Widoczna deformacja pasa profilowego bariery energochłonnej powstała w wyniku pracy konstrukcji, brak odpowiedniego luzu umożliwiającego przesuw profilu. Widok od strony zachodniej.

5.3.9. Nasypy, skarpy oraz przestrzeń podmostowa

Stan techniczny skarp oraz przestrzeni podmostowej jest **zadowalający (ocena 4/5)**

Do zaobserwowanych uszkodzeń w obrębie nasypów, skarp i przestrzeni pod obiektem należy zaliczyć:

- wegetacja roślinności w obrębie umocnionych skarp,

-zanieczyszczenia strefy pod obiektem odpadami pochodzenia biologicznego i komunalnego,

- wegetacja roślinności pod obiektem oraz w bliskim sąsiedztwie,

- złuszczenia powłok ochronnych stalowych elementów balustrad przy schodach skarpowych wraz z towarzyszącymi ogniskami korozji powierzchniowej i wżerowej,

Fot. 5.65. Widoczna wegetacja traw na umocnieniu skarpy. Wegetująca roślinność na umocnieniach przyspiesza procesy degradacyjne materiału umacniającego skarpę. Dotyczy wszystkich skarp przy obiekcie

Fot. 5.66. Widoczne zanieczyszczenia strefy pod obiektem odpadami pochodzenia komunalnego(gruz) oraz biologicznego (pozostałości roślin), spowodowane aktami wandalizmu. Dodatkowo widoczna wegetacja drobnych krzewów pod obiektem. Przęsło 7-8.

Fot. 5.67. Widoczna wegetacja roślinności w bliskim sąsiedztwie obiektu powodująca przyspieszenie procesów degradacyjnych materiału konstrukcyjnego belek podporęczowych i przęsła. Od strony zachodniej.

Fot. 5.68. Rozległe złuszczenia powłok ochronnych stalowych elementów balustrad przy schodach skarpowych wraz z towarzyszącymi ogniskami korozji powierzchniowej i wżerowej. Widok od strony wschodniej od Kruszwicy.

6. BADANIA MATERIAŁOWE

6.1. Ocena wytrzymałości i jednorodności betonu na ściskanie za pomocą metody sklerometrycznej

Badania sklerometryczne betonu przeprowadzono celem oceny jednorodności betonu i szacunkowego oznaczenia jego wytrzymałości na ściskanie dla potrzeb związanych z określaniem parametrów technicznych betonu w konstrukcji. Pomiary wykonano młotkiem Schmidta typu N wg PN-EN 12504-2:2002. Badanie sklerometryczne oparte jest na zasadzie, że odbicie się sprężystej masy po uderzeniu zależy od twardości powierzchni, z jaką owa masa się zderza. Metoda pomiaru polega tu na określeniu wytrzymałości na ściskanie betonu R na drodze wyznaczenia powierzchniowej twardości rozpatrywanego materiału scharakteryzowanej przez tzw. liczbę odbicia L, opisującą wielkość odskoku trzpienia połączonego z masą uderzeniową i układem sprężynowym od badanej powierzchni, po uprzednim uderzeniu w nią z określoną siłą.

Zależność R – L przyjęto wstępnie na podstawie "Instrukcji stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji" wydanej przez ITB w 1969 r.

Za krzywą podstawową regresji R-L przyjęto krzywą paraboliczną, o równaniu:

$$Rśr = 0.3634(\nu L2+1)Lśr2-8.107Lśr+65.255 \quad [kG/cm2]$$

Metodą przekształceń matematycznych, powyższe równanie przekształcono na równanie o jednostkach w [MPa], tj.:

$$Rśr = 0.037044(\nu L2+1)\ Lśr2-0.8264Lśr+6.652$$

$$sR = Lśr\ \nu L\ (0.00274\ Lśr2(\nu L2+2)-0.1224\ Lśr+0.6829)-0.5$$

Odczytów liczby odbicia dokonano przy prostopadłym położeniu młotka do badanej powierzchni. Wybrana powierzchnia do badań charakteryzowała się brakiem widocznych uszkodzeń powierzchniowych, nalotów oraz oznak skorodowania betonu Każdorazowo powierzchnia została oczyszczona za pomocą kamienia ściernego lub/i szlifierki.

Tabela 6.1. Dziennik pomiarów sklerometrycznych - belki dźwigara

Punkt nr	Kąt α [o]	Liczby odbicia									Odczyt średni Lśr [MPa]	Odczyt sprow. Lśr spr [MPa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	0	52	54	52	52	52	57	57	52	55	53.7	53.7
2	0	50	50	54	52	52	52	54	52	54	52.2	52.2
3	0	52	54	54	52	52	52	52	52	52	52.4	52.4
4	0	54	52	54	54	56	52	54	52	52	53.3	53.3
5	0	56	56	56	54	54	54	52	52	54	54.2	54.2
6	0	54	54	54	56	54	59	56	54	59	55.6	55.6
7	0	52	54	52	54	54	54	54	54	54	53.6	53.6
8	0	52	56	54	56	52	54	56	52	54	54.0	54.0
9	0	54	58	56	54	56	58	54	56	54	55.6	55.6
10	0	54	54	56	54	54	54	52	56	54	54.2	54.2
11	0	52	56	56	56	56	56	54	56	56	55.3	55.3
12	0	56	56	54	58	56	56	54	54	59	55.9	55.9

Obliczenie wytrzymałości betonu według Instrukcji ITB Nr 210

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

Wytrzymałość średnia betonu	**Rśr**	**78.2**	MPa
Wytrzymałość minimalna betonu	**Rmin**	**71.4**	MPa
Po uwzględnieniu wieku i wilgotności betonu			
Współczynnik korelujący B	**B**	**0.59**	
Skorygowana wytrzymałość średnia betonu	**Rśr**	**46.1**	MPa
Skorygowana wytrzymałość minimalna betonu	**Rmin**	**42.2**	MPa
Odczylenie standardowe wytrzymałości średniej betonu	**S_R**	**2.5**	
Współczynnik zmienności wytrzymałości betonu	**v_R**	**5.5**	%
Ocena jednorodności betonu		**bardzo dobra**	
Szacunkowa klasa betonu		**~ B40**	

Klasę betonu na ściskanie w badanych elementach konstrukcji obiektu można oszacować jako C30/37

Na podstawie badania sklerometrycznego służącemu oszacowaniu wytrzymałości betonu na ściskanie oraz do jednorodności betonu w badanych elementach konstrukcji obiektu stwierdza się że badany beton spełnia wymagania **wg PN-EN 13791 dla klasy C30/37**, dodatkowo **jednorodność badanego betonu jest na bardzo dobrym poziomie**.

Tabela 6.2. Dziennik pomiarów sklerometrycznych - podpory

Punkt nr	Kąt α [o]	Liczby odbicia 1	2	3	4	5	6	7	8	9	Odczyt średni Lśr [MPa]	Odczyt sprow. Lśr spr [MPa]
1	90	50	52	50	50	50	55	55	50	53	51.7	48.7
2	90	48	48	52	50	50	50	50	52	52	50.2	47.1
3	90	52	54	52	50	50	50	50	50	52	51.1	48.1
4	90	52	50	52	52	54	50	52	50	50	51.3	48.3
5	90	54	54	54	52	52	52	50	50	52	52.2	49.3
6	90	52	52	52	54	52	57	54	52	57	53.6	50.7
7	0	50	52	50	52	52	52	52	52	52	51.6	51.6
8	0	50	54	52	54	50	52	54	50	52	52.0	52.0
9	0	52	56	54	52	54	56	52	54	52	53.6	53.6
10	0	52	52	54	52	52	52	50	54	52	52.2	52.2
11	0	50	54	54	54	54	54	52	54	54	53.3	53.3
12	0	54	54	52	56	54	54	52	52	57	53.9	53.9

Obliczenie wytrzymałości betonu według Instrukcji ITB Nr 210

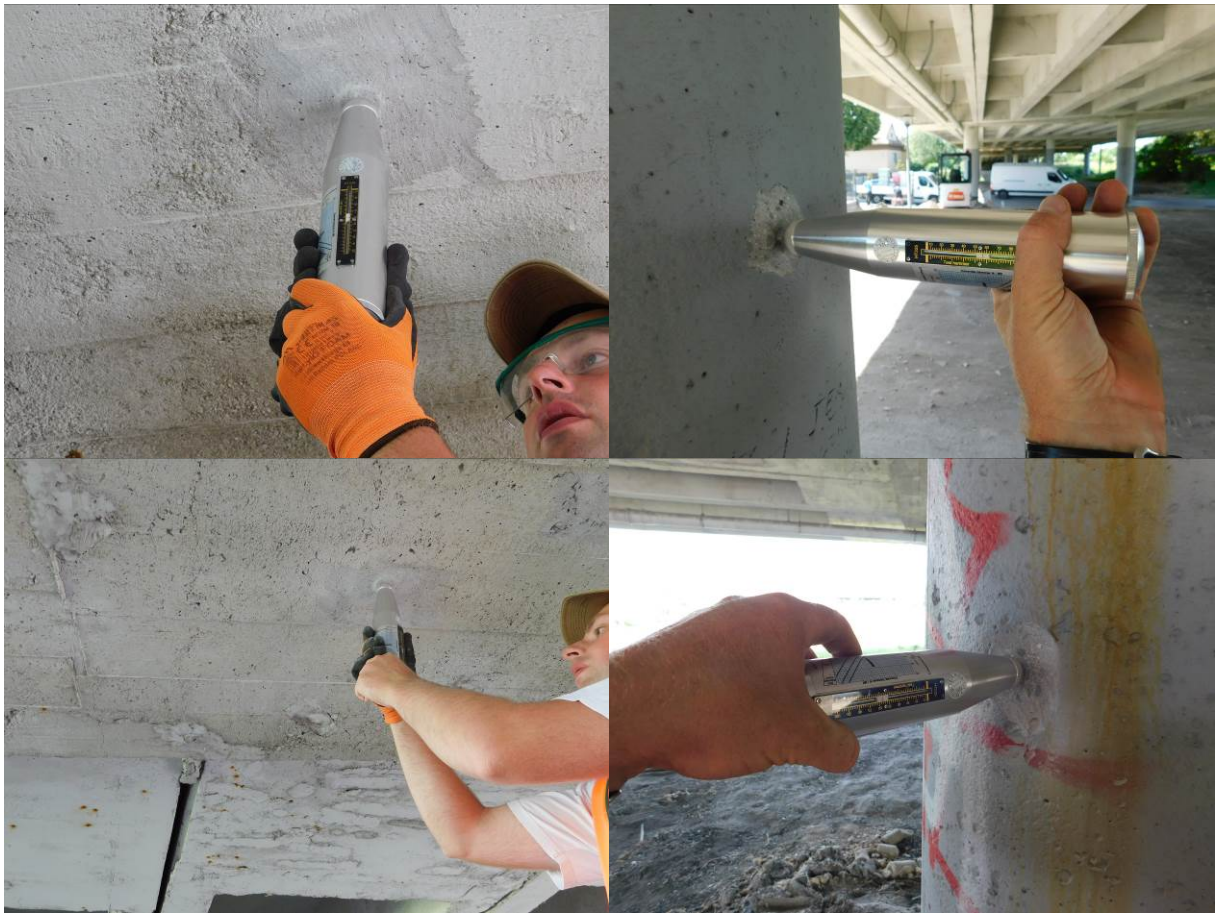
$$R = 0{,}041 \cdot L^2 - 0{,}914 \cdot L + 7{,}36$$

Wytrzymałość średnia betonu	**Rśr**		**66.7** MPa
Wytrzymałość minimalna betonu	**Rmin**		**55.4** MPa
Po uwzględnieniu wieku i wilgotności betonu			
Współczynnik korelujący B	**B**	**0.59**	
Skorygowana wytrzymałość średnia betonu	**Rśr**		**39.4** MPa
Skorygowana wytrzymałość minimalna betonu	**Rmin**		**32.7** MPa
Odczylenie standardowe wytrzymałości średniej betonu	**S_R**		**4.5**
Współczynnik zmienności wytrzymałości betonu	**v_R**		**11.4** %
Ocena jednorodności betonu		**średnia**	
Szacunkowa klasa betonu		**~ B30**	

Klasę betonu na ściskanie w badanych elementach konstrukcji obiektu można oszacować jako C25/30

Na podstawie badania sklerometrycznego służącemu oszacowaniu wytrzymałości betonu na ściskanie oraz do jednorodności betonu w badanych elementach konstrukcji obiektu stwierdza się że badany beton spełnia wymagania **wg PN-EN 13791 dla klasy C25/30**, dodatkowo **jednorodność badanego betonu jest na średnim poziomie**.

Fot.6.1. Widok na badanie młotkiem Schmidt'a wraz z zakresem otrzymanych wyników – belka dźwigara



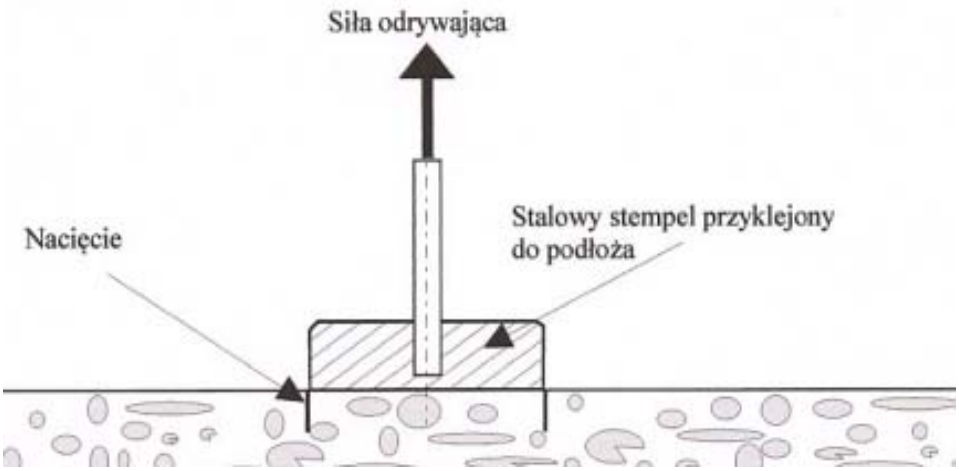
Fot.6.2. Widok na badanie młotkiem Schmidt'a wraz z zakresem otrzymanych wyników – podpory.

6.2. Wytrzymałość na odrywanie metodą pull-off

Badania przeprowadzono za pomocą zestawu BOND-TEST duńskiej firmy Germann Instruments, wykorzystując metalowe stemple o średnicy 50 mm.

Celem badania jest określenie podstawowych parametrów technicznych materiału konstrukcyjnego na podstawie badania wytrzymałości na odrywanie wykonanego bezpośrednio („in-situ") na konstrukcji przedmiotowego obiektu.

Badanie wytrzymałości powierzchniowych warstw betonu na odrywanie miało na celu sprawdzenie czy warstwa przypowierzchniowa betonu na obszarze pomiarowym spełnia wymagania wytrzymałościowe (<1,5MPa) warunkujące ewentualne wykonanie jego napraw powierzchniowych. Wstępnie obwiercono miejsce wykonania badania wiertłem koronowym o średnicy wewnętrznej 50 mm. Pomiar wytrzymałości na odrywanie wykonano poprzez przyklejenie do badanej powierzchni stalowego krążka (stempla) o średnicy 50 mm. Po stwardnieniu kleju do stempla mocuje się urządzenie dynamometryczne, którym wykonuje się test odrywania, z przyrastającą siła.



Schematyczne przedstawienie metody pull – off.

Do wykonania badania metodą „pull-off" wykorzystano:

- dwuskładnikowy klej, zgodnie z zaleceniami producenta.
- krążki o średnicy (50 ± 0,5) mm i grubości co najmniej 20 mm. Powierzchnia krążka, na którą nakłada się klej była płaska z tolerancją 0,1 mm na 50 mm długości.
- krążki zaopatrzone były w urządzenie umożliwiające przyłączenie przyrządu do odrywania, zapewniające prostopadłe przyłożenie obciążenia do badanej powierzchni, nie powodujące zginania ani powstawania sił ścinających.
- urządzenie do szlifowania i do czyszczenia z kleju krążków po ich użyciu.
- szczotkę stalową i szczotkę o miękkim włosiu.

- przyrząd do odrywania o sile odrywającej wystarczającej do spowodowania zniszczenia przyczepności badanej próbki. Dokładność wskazań przyrządu wynosiła ± 0,1kN. Przyrząd odrywający umożliwiał przyłożenie obciążenia zgodnie z EN 24624:1992 i zaopatrzony był w urządzenie pomiarowe umożliwiające zarejestrowanie odczytu maksymalnej wartości przyłożonej siły.

Do przeprowadzenia badań wybrano powierzchnię najmniej zanieczyszczoną, a wszelkie nierówności i zanieczyszczenia zostały usunięte poprzez starcie. Przed wykonaniem badania powierzchni została odpylona. Powierzchnię krążka, która będzie się stykać z klejem, oczyszczono, odtłuszczono i osuszono. Następnie nałożono cienką warstwę kleju na powierzchnię krążka, tak aby utworzył on jednolitą warstwę pomiędzy krążkiem a podłożem. Krążek odpowiednio dociśnięto w celu usunięcia powietrza i nadmiaru kleju. Pozostawiono klej do stwardnienia, zgodnie z instrukcją producenta. Przyrząd do odrywania wraz z wyposażeniem stosowano zgodnie z instrukcją producenta. Przyrząd umieszczono współśrodkowo nad krążkiem, pod kątem (90±1)° do powierzchni. Przyrząd zabezpieczono przed zmianą pozycji w czasie badania. Przyłożone obciążenie wzrastało w sposób ciągły i równomierny aż do wystąpienia zniszczenia. Zapisano wartość obciążenia przy zniszczeniu oraz określono procentowy typ zniszczenia (przełom) w każdym miejscu badania zgodnie z oznaczeniem: B – kohezyjne zerwanie w betonie, K – kohezyjne zerwanie w kleju, B/K – adhezyjne zerwanie między betonem i klejem.

Wyniki badania przedstawia tabela 6.3 i 6.4

Tabela 6.3 Wyniki badań wytrzymałości na odrywanie betonu - dźwigar

Obszar badania	Punkt pomiarowy	Bezpośredni odczyt siły odrywającej[kN]	Rzeczywista siła odrywająca [kN]	Zmierzona wytrzymałość betonu na rozciąganie [MPa]		Typ przełomu
Dźwigar belkowy	B1	3,9	3,7	1,8		B100%
	B2	7,2	7,0	3,5		B100%
	B3	4,8	4,6	2,3		B100%
Wartość średnia wytrzymałości betonu na odrywanie				**2,5**	≥1,5 MPa	
Wartość minimalna wytrzymałości betonu na odrywanie				**1,8**	≥1,0 MPa	

Tabela 6.4 Wyniki badań wytrzymałości na odrywanie betonu – oczep podpory

Obszar badania	Punkt pomiarowy	Bezpośredni odczyt siły odrywającej[kN]	Rzeczywista siła odrywająca [kN]	Zmierzona wytrzymałość betonu na rozciąganie [MPa]		Typ przełomu
Oczep podpory	B4	2,1	2,0	1,0		B100%
	B5	2,6	2,4	1,2		B100%
	B6	3,0	2,8	1.4		B100%
Wartość średnia wytrzymałości betonu na odrywanie				**1,2**	≥1,5 MPa	
Wartość minimalna wytrzymałości betonu na odrywanie				**1.0**	≥1,0 MPa	

Badany beton prefabrykowanych belek **spełnia** wymagania wytrzymałościowe warunkujące ewentualne wykonanie jego napraw powierzchniowych.

Badany beton monolitycznych oczepów **nie spełnia** jednego z dwóch wymagań wytrzymałościowych betonu na odrywanie warunkującego ewentualne wykonanie jego napraw powierzchniowych. Wykonanie trwałych napraw powierzchniowych na takim betonie jest możliwe, jednak należy uprzednio odpowiednio przygotować powierzchnię betonu pod nakładany system napraw.

Fot.6.3 Pomiary betonu metodą pull-off

6.3. Badania chemiczne betonu oraz zagrożenia korozyjnego zbrojenia w ustroju nośnym

6.3.1. Głębokość karbonatyzacji przypowierzchniowej warstwy betonu

„RAINBOW-Test" jest metodą bezpośredniej oceny zasięgu (głębokości) i zaawansowania procesu (stopnia) karbonatyzacji betonu.

„RAINBOW -Test" polega na określeniu przebiegu zmian wartości pH w przekroju badanego elementu, na podstawie oceny rozkładu barw na powierzchni jego przełomu.

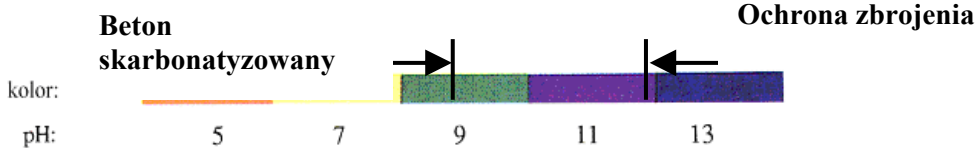
Pomiar głębokości karbonatyzacji oraz określenie profilu rozkładu stopnia karbonatyzacji po głębokości badanego elementu ma zastosowanie przy:

- ocenie stanu technicznego konstrukcji żelbetowych w celu ustalaniu przyczyny jej korozji,
- określeniu pozostałego czasu eksploatacji obiektu w sytuacjach, gdy stopień korozji jest czynnikiem krytycznym,
- monitorowaniu efektywności procesu re-alkalizacji otuliny betonowej.

„RAINBOW -Test" pozwala na identyfikację poszczególnych wartości pH w zakresie od 5 do 13. Test wykonuje się na świeżym przełomie (najczęściej na przełomie wykonanego odwiertu kontrolnego), poprzez pokrycie go aerozolowym natryskiem - RAINBOW INDICATOR. Kompozycja odczynników chemicznych znajdująca się w arietce, w zależności od pH betonu zabarwia go na kolor:

- czerwony dla pH = 5
- pomarańczowy dla pH = 7
- zielony dla pH = 9
- fioletowy dla pH = 11
- granatowy dla pH = 13

Fot.6.3 „RAINBOW INDICATOR" - opakowanie 80 ml z atomizerem

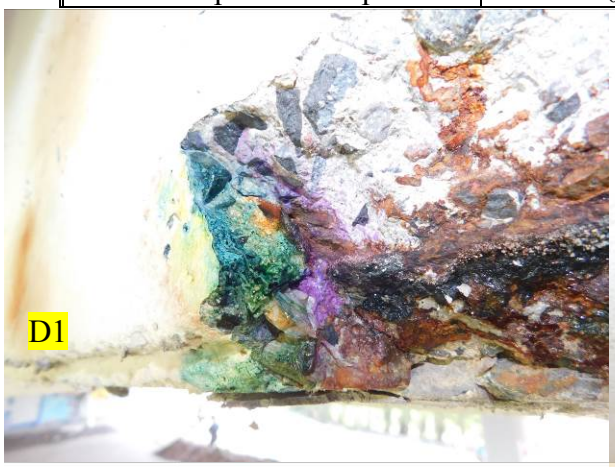


Wykorzystując świeże przełomy betonu, uzyskane w czasie wykonywania odkrywek, określono bezpośrednio na obiekcie, za pomocą metody „Rainbow-Test", przebieg zmian wartości pH w przekroju badanego przełomu.

Uzyskane wyniki zestawiono w poniższej tabeli 6.5:

Tabela 6.5.
Wyniki badań głębokości karbonatyzacji przypowierzchniowej warstwy betonu konstrukcji

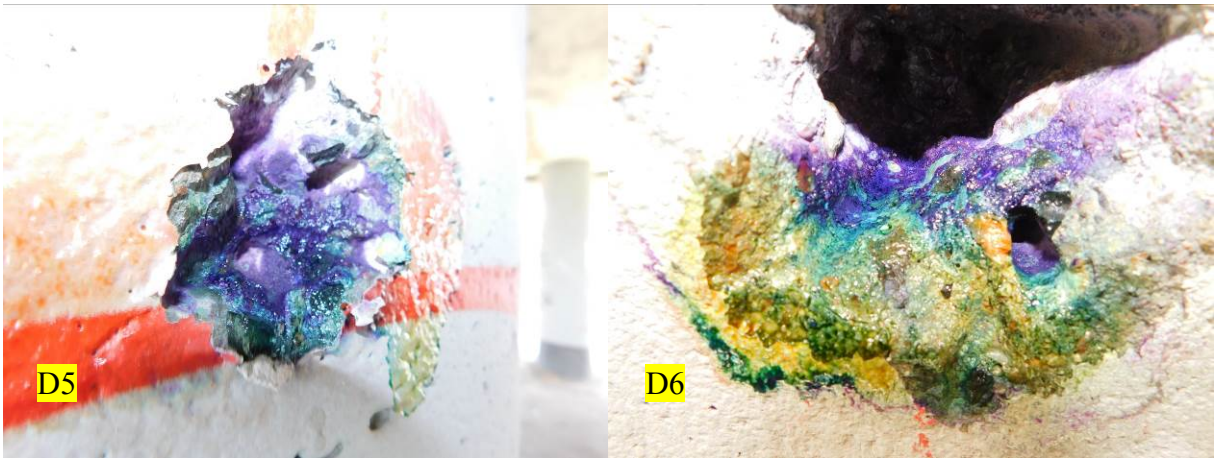
Lokalizacja	**Punkt pomiarowy**	**Głębokość karbonatyzacji [mm]**
Dźwigar	D_1	pH9 /18mm dalej pH13
Dźwigar	D_2	pH7 /16mm dalej pH13
Dźwigar	D_3	pH13
Podpora – filar	D_4	pH7 /20mm dalej pH13
Podpora –filar	D_5	pH13
Podpora – oczep	D_6	pH7 /15mm dalej pH13


D1

D2

D3

D4



Fot.6.4. Widok przełomów, na których określono głębokość karbonatyzacji.

- Na podstawie uzyskanych wyników **stwierdzono nieznaczny zasięg** procesu karbonatyzacji w konstrukcji **przęseł.** Jednak w stosunku do zbrojenia, które posiada bardzo małą grubość otuliny, a miejscami wręcz jej brak, (błędy na etapie prefabrykacji) proces karbonatyzacji pomimo małego zasięgu, **wpływa na zwiększenie ryzyka zagrożenie korozji zbrojenia**. Należy przyjąć że otulina betonowa utraciła swoje własności pasywne i nie chroni w sposób prawidłowy zbrojenia.

- Na podstawie uzyskanych wyników **stwierdzono nieznaczny zasięg** procesu karbonatyzacji w konstrukcji **podpór.** W podporach stwierdzono jedynie lokalne miejsca gdzie otulina betonowa uległa odspojeniom i ubytkom, zakłada się więc, że proces karbonatyzacji, wpływa na zwiększenie ryzyka zagrożenie korozji zbrojenia właśnie w tych miejscach. Należy przyjąć że otulina betonowa utraciła swoje własności pasywne lokalnie i nie chroni w sposób prawidłowy zbrojenia tylko w tych miejscach.

6.3.2. Lokalizacja prętów zbrojeniowych, ocena grubości ich betonowej otuliny oraz ubytków korozyjnych na zbrojeniu

Badania przeprowadzono za pomocą metody elektromagnetycznej, wykorzystując przyrządy „BOSCH Wallscanner D-tect 150 SV" oraz dokonując bezpośrednich pomiarów w odkrywkach (odkuwkach) prętów zbrojeniowych.

- W przyjętych do badań elementach konstrukcji zlokalizowano pręty zbrojeniowe. Następnie oszacowano średnice tych prętów oraz dokonano oceny grubości ich betonowej otuliny. Dla sprawdzenia przeprowadzono wyrywkową kontrolę średnicy

zbrojenia oraz jego otuliny w kilku odkrywkach. Badania te potwierdziły wyniki uzyskane wcześniej za pomocą metody elektromagnetycznej.

- Podane grubości otuliny dotyczą przypowierzchniowej warstwy zbrojenia, to jest w przypadku np. płyty pomostowej, pierwszego rzędu zbrojenia.
- Metoda elektromagnetyczna w przypadku wkładek zbrojeniowych rozmieszczonych bardzo blisko siebie na dużej lub małej głębokości obarczona jest błędem .

Dźwigar – na podstawie wykonanej odkrywki (D1) zlokalizowano pręty zbrojenia miękkiego, strzemię Ø 10 gładkie, którego otulina wynosiła 0- 10 mm mierząc od boku, minimalna grubość otuliny powinna wynosić 25 mm wg PN-91/S-10042. Zlokalizowano także pręt podłużny Ø 8 gładki którego otulina wynosiła 10- 20 mm mierząc od boku, minimalna grubość otuliny powinna wynosić 30 mm wg PN-91/S-10042. W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że na prętach występują produkty korozji w postaci nalotu rdzy w przypadku odkrywek wykonanych w miejscach bez uszkodzeń. W przypadku prętów odsłoniętych lub występujących zacieków ubytek korozyjny pręta sięga nawet do 25% przekroju poprzecznego pręta.

Niedostateczną grubość otuliny stwierdzono w odniesieniu do zbrojenia miękkiego. Brak minimalnej grubości otuliny wpływa na stan zbrojenia powodując jego niedostateczną ochronę przed korozją.

Podpora słup – na podstawie wykonanej odkrywki (D2) zlokalizowano pręty główne Ø 32 żebrowane których otulina wynosiła 26 mm. Zlokalizowano 15 prętów po obwodzie słupa. Odkryto również strzemiona Ø 12 gładkie, których otulina wynosiła w granicach 10 mm - minimalna grubość otuliny powinna wynosić 50 mm wg PN-91/S-10042 dla zbrojenia głównego. Rozstaw strzemion wynosił około 30cm. W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że na prętach głównych występują produkty korozji w postaci nalotu rdzy, w przypadku strzemion znajdujących się pod odspojoną otuliną, ubytek korozyjny pręta sięga około 5-10% przekroju poprzecznego pręta.

Niedostateczną grubość otuliny stwierdzono miejscowo w obrębie podpór. Brak minimalnej grubości otuliny wpływa na stan zbrojenia powodując jego niedostateczną ochronę przed korozją.

Fot.6.5 Widok z wykonanej lokalizacji zbrojenia oraz wykonanych odkrywek.

6.4. Wnioski z badań

- Oceny wytrzymałości betonu na ściskanie w badanych elementach konstrukcji obiektu dokonano przy wykorzystaniu metody sklerometrycznej, uzyskując następujące wyniki:
  - Dźwigar – klasa betonu C30/37 badanie sklerometrem
  - Podpora – klasa betonu C25/30 badanie sklerometrem

- Oceny wytrzymałości betonu na rozciąganie metodą pull-off

  Badany beton prefabrykowanych belek **spełnia** wymagania wytrzymałościowe warunkujące ewentualne wykonanie jego napraw powierzchniowych.

  Badany beton monolitycznych oczepów **nie spełnia** jednego z dwóch wymagań wytrzymałościowych betonu na odrywanie warunkującego ewentualne wykonanie jego napraw powierzchniowych. Wykonanie trwałych napraw powierzchniowych na takim betonie jest możliwe, jednak należy uprzednio odpowiednio przygotować powierzchnię betonu pod nakładany system napraw.

- Badania chemiczne betonu i ocena zagrożenia korozyjnego zbrojenia

  Karbonatyzacja.

  Na podstawie uzyskanych wyników **stwierdzono nieznaczny zasięg** procesu karbonatyzacji w konstrukcji **przęseł.** Jednak w stosunku do zbrojenia, które posiada bardzo małą grubość otuliny, a miejscami wręcz jej brak, (błędy na etapie prefabrykacji) proces karbonatyzacji pomimo małego zasięgu, **wpływa na zwiększenie ryzyka zagrożenie korozji zbrojenia**. Należy przyjąć że otulina betonowa utraciła swoje własności pasywne i nie chroni w sposób prawidłowy zbrojenia.

  Na podstawie uzyskanych wyników **stwierdzono nieznaczny zasięg** procesu karbonatyzacji w konstrukcji **podpór.** W podporach stwierdzono jedynie lokalne miejsca gdzie otulina betonowa uległa odspojeniom i ubytkom, zakłada się więc, że proces karbonatyzacji, wpływa na zwiększenie ryzyka zagrożenie korozji zbrojenia właśnie w tych miejscach. Należy przyjąć że otulina betonowa utraciła swoje własności pasywne lokalnie i nie chroni w sposób prawidłowy zbrojenia tylko w tych miejscach.

Ocena zbrojenia.

W **dźwigarze głównym i podporach** w wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że na prętach występują produkty korozji w postaci nalotu rdzy w przypadku miejsc bez widocznych uszkodzeń tj. zacieków, odspojeń. Dla prętów znajdujących się pod odspojoną otuliną lub w miejscach widocznych zacieków i zawilgoceń, ubytek korozyjny prętów sięga około **5-10%** przekroju poprzecznego pręta **dla podpór** i nawet **do 25%** przekroju poprzecznego pręta **dla belek prefabrykowanych**.

Dodatkowo stwierdzono, że w świetle obowiązujących norm grubość otuliny zbrojenia belek prefabrykowanych jest niewystarczająca niemal na całej powierzchni, a w przypadku podpór grubość otuliny zbrojenia jest niewystarczająca lokalnie.

7. STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA ANALIZA KONSTRUKCJI

7.1. Cel i podstawa opracowania

Celem opracowania jest określenie aktualnej nośności przedmiotowego wiaduktu

Podstawy techniczne obliczeń:

PN-EN 1991-2	Obciążenia ruchome mostów drogowych
PN-85/S-10030	Obiekty mostowe. Obciążenia
PN-91/S-10042	Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
PN-82/S-10052	Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
PN-EN 1991-2	Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje Część 2: Obciążenia ruchome mostów
PN-66/B-02015	Polska Norma. Mosty, wiadukty i przepusty

Literatura i normy z zakresu budownictwa mostowego.

Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami.

7.2. Założenia do obliczeń

Na podstawie dokumentacji otrzymanej od Zamawiającego obiekt został wybudowany w 1978 roku, co wskazuje, że obiekt powinien zostać wykonany na podstawie normy PN-66/B-02015 Polska Norma. Mosty, wiadukty i przepusty.

Obliczenia opierają się na założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej (oględzin obiektu), własnych pomiarów inwentaryzacyjnych oraz dokumentacji dostarczonej przez Zleceniodawcę zbudowano numeryczny model wiaduktu. Następnie przeprowadzono analizę statyczno-wytrzymałościową określającą stopień wytężenia poszczególnych elementów obiektu od obciążenia ciężarem własnym konstrukcji, pod normowym obciążeniem taborem samochodowym wg PN-66/B-02015 z 1966 roku oraz pod obciążeniem zgodnie z normą obciążeń mostowych PN-EN 1991-2 Obciążenia ruchome mostów drogowych; PN-85/S-10030 i Obwieszczeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27.10.2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U.2016 poz. 2022 z dnia 15.12.2016 r., z późn. zm.).

Na podstawie uzyskanych wartości sił wewnętrznych oraz poprzez ich porównanie wyznaczono nośność wiaduktu. Podczas wyznaczania nośności uwzględniono stan techniczny obiektu.

Nośność podpór przyjęto nie mniejszą niż nośność konstrukcji przęseł.

7.3. Metoda obliczeń i zastosowane schematy statyczne

Obliczenia wykonano w odniesieniu do ustroju nośnego oraz podpór. Przyjęto schemat statyczny ramownicy– zastosowano model obliczeniowy klasy e^1+e^2; p^3.

Obliczenia wykonano stosując program do analizy statycznej konstrukcji „Autodesk Robot Structural Analysis 2010".

7.4. Układ obciążeń

Obliczenia konstrukcji zostały przeprowadzone przy przyjęciu następujących obciążeń:

I. Obciążenie ciężarem własnym konstrukcji niosącej oraz ciężarem elementów wyposażenia obiektu

II. Obciążenie ruchome taborem samochodowym „q" i pojazdami specjalnymi zgodnie z przyjętymi normami i rozporządzeniami

W obliczeniach zastosowano wartości charakterystyczne. Jedynie dla obciążeń ruchomych zastosowano współczynnik dynamiczny zgodnie z poszczególnymi normami i rozporządzeniami.

7.4.1. Szczegółowy zakres analizy

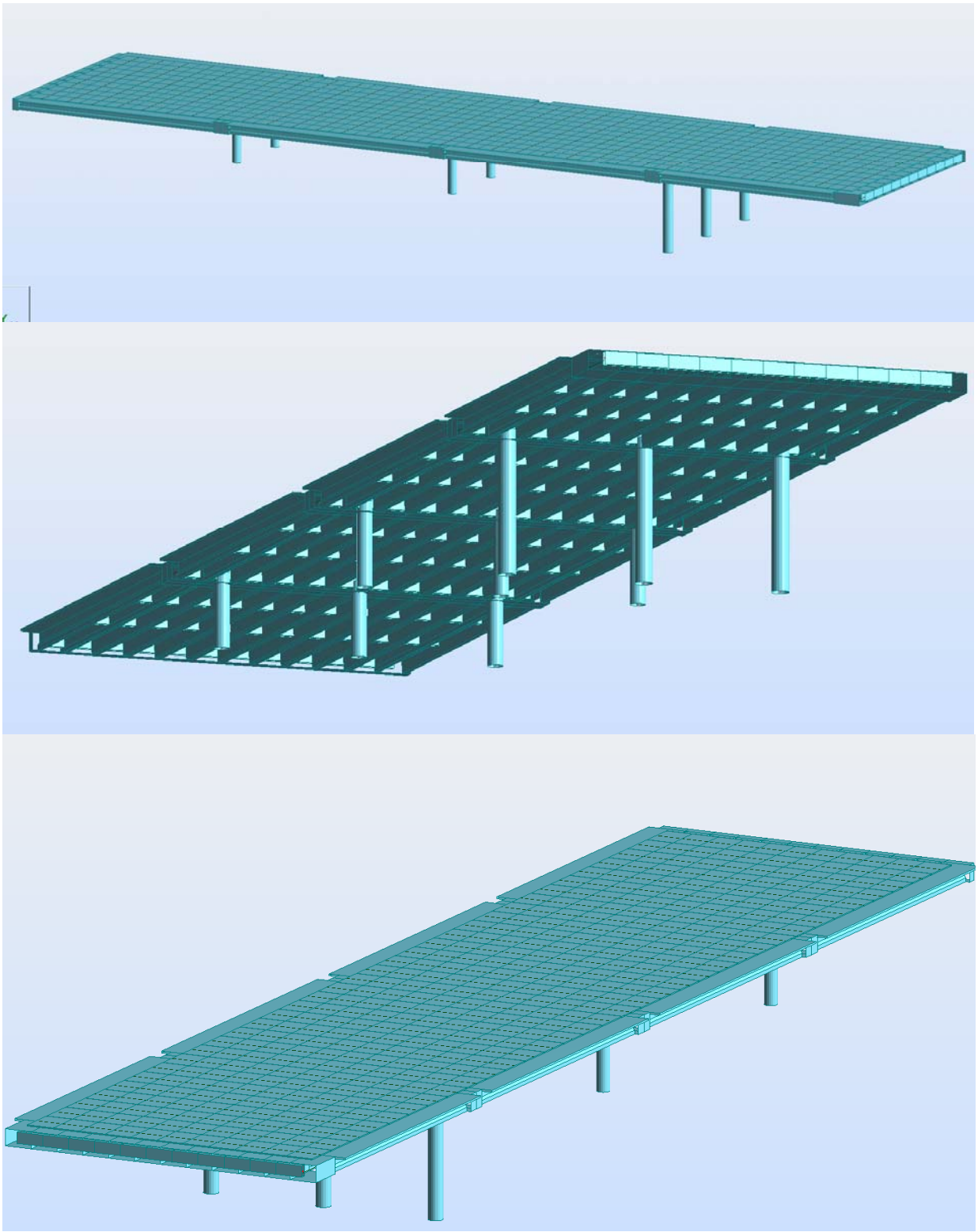
W celu określenia nośności użytkowej przedmiotowego wiaduktu przyjęto następującą procedurę badawczą:

1) Utworzenie numerycznego modelu odwzorowującego analizowaną konstrukcję. Model obiektu wykonano w oparciu o dokumentację dostarczoną przez Zamawiającego oraz pomiary własne przeprowadzone podczas wizji lokalnej. Do analizy wykorzystano program obliczeniowy Autodesk Robot Structural Analysis 2010;
2) Obciążenie modelu siłami odwzorowującymi normowe obciążenie taborem samochodowym oraz tłumem pieszych wg. normy z 1966 roku;
3) Obciążenie modelu siłami odwzorowującymi normowe obciążenie taborem samochodowym wg normy obciążeń mostowych PN-EN 1991-2 Obciążenia ruchome mostów drogowych;
3) Obciążenie modelu siłami odwzorowującymi normowe obciążenie taborem samochodowym wg normy obciążeń mostowych PN-85/S-10030;
4) Obciążenie modelu siłami odwzorowującymi obciążenie taborem samochodowym wg Obwieszczeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27.10.2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U.2016 poz. 2022 z dnia 15.12.2016 r., z późn. zm.);
5) Wygenerowanie sił wewnętrznych od ciężaru własnego elementów konstrukcyjnych wiaduktu (opcja dostępna w systemie obliczeniowym) oraz wyposażenia obiektu;
6) Zestawienie i porównanie wartości sił wewnętrznych w charakterystycznych przekrojach głównych elementów nośnych obiektu, uzyskanych dla poszczególnych przypadków obciążenia;
7) Określenie, na podstawie uzyskanych wyników badań i obliczeń, aktualnej nośności użytkowej przedmiotowego obiektu.

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej, analizy statyczno-wytrzymałościowej sformułowano zalecenia dotyczące dalszego utrzymania i użytkowania wiaduktu

7.4.2.Numeryczny model obiektu

Numeryczny model obiektu zbudowano w systemie ARSA 2010, wykorzystując do analizy statyczno-wytrzymałościowej Metodę Elementów Skończonych (MES). Poszczególnym elementom modelu nadano przekroje geometryczne wynikające z rzeczywistych wymiarów, przez co w trakcie analizy nie trzeba obliczać ani dodatkowo definiować charakterystyk geometrycznych takich jak pole przekroju poprzecznego czy momenty bezwładności przy zginaniu i skręcaniu. Utworzony model wiaduktu przedstawiono na Rys.7.0. Model numeryczny obiektu zbudowano z odrębnych grup elementów prętowych, którym przypisano odpowiednie charakterystyki geometryczne, wynikające z rzeczywistych wymiarów liniowych elementów wiaduktu.



Rys.7.0. Model konstrukcji.

7.4.3.Obciążenia stałe i ruchome

Ze względu na zakres analizy oraz konieczność wyznaczenia aktualnej nośności normowej obiektu w obliczeniach statycznych uwzględniano wszystkie obciążenia pochodzące od ciężarów własnych elementów konstrukcyjnych i wyposażenia, obciążenia ruchome wg PN-66/B-02015 z 1966 roku, normy PN-EN 1991-2 oraz normy PN-85/S-10030 z roku 1985.

Dla oszacowania wytężenia poszczególnych elementów obiektu, od ciężaru własnego konstrukcji, wykorzystano procedurę dostępną w programie Robot. Po przyporządkowaniu rzeczywistych charakterystyk geometrycznych (wymiarów liniowych) elementom tworzącym model uzyskano wartości sił wewnętrznych w analizowanym przekroju przęsła wiaduktu. Rozróżniano obciążenie od ciężaru stałego konstrukcji nośnej (g_o) i obciążenie od ciężaru wyposażenia wiaduktu (g_w).

7.4.4.Wyznaczenie sił wewnętrznych

Wartości sił wewnętrznych przęsła w analizowanym przekroju, uzyskane z analizy statycznej, przedstawione w tabeli 7.1 wykorzystano do określenia nośności normowej i użytkowej przedmiotowego wiaduktu. Przedstawione wyniki odpowiadają maksymalnym wartościom momentów zginających powstałych od analizowanych typów obciążenia, dla poszczególnych grup elementów. Wartości momentów zginających oraz sił tnących dla wybranych elementów prętowych przęsła uzyskano od kombinacji obciążeń, tj. od obciążeń wywołanych ciężarem własnym prętowych elementów dźwigara, ciężarem wyposażenia oraz obciążeniem eksploatacyjnym. W celu określenia nośności normowej zastosowano procedurę polegającą na porównaniu sił wewnętrznych powodowanych przez miarodajne obciążenia wykorzystane do obliczeń przy projektowaniu wiaduktu wg PN-66/B-02015 z 1966 roku, sił wewnętrznych od obciążeń z normy PN-EN 1991-2, normy PN-85/S-10030 i pojazdów zgodnych z rozporządzeniem ministra (Dz.U.2016 poz. 2022 z dnia 15.12.2016 r., z późn. zm.). Jeżeli założy się jednakowe wytężenie materiału dla obydwu rodzajów obciążenia, to wtedy możliwa do określenia jest klasa obiektu lub jego nośność.

Zakłada się, że obiekt był projektowany zgodnie z wymaganiami, aby wewnętrzne siły uogólnione nie przekraczały naprężeń dopuszczalnych w materiale. Ze względu na fakt iż w normie z 1966r nie stosowano współczynników bezpieczeństwa dla obciążeń (poza współczynnikiem dynamicznym), a jedynie materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, to dla normy PN-85/S-10030 wygenerowano wartości sił wewnętrznych do obciążeń

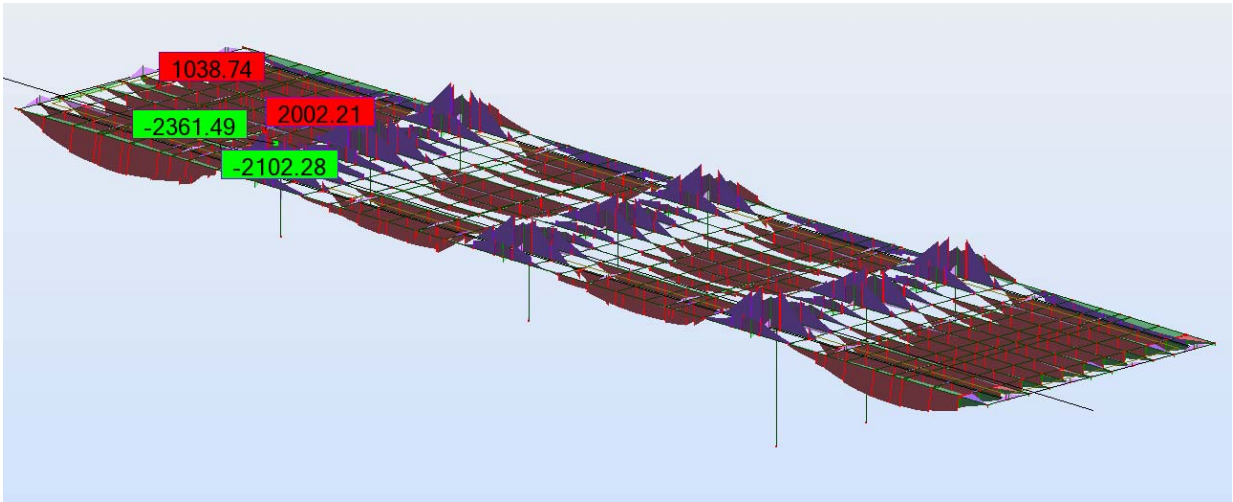
charakterystycznych uwzględniając jedynie współczynnik dynamiczny dla obciążeń eksploatacyjnych.

TABELA 7.1

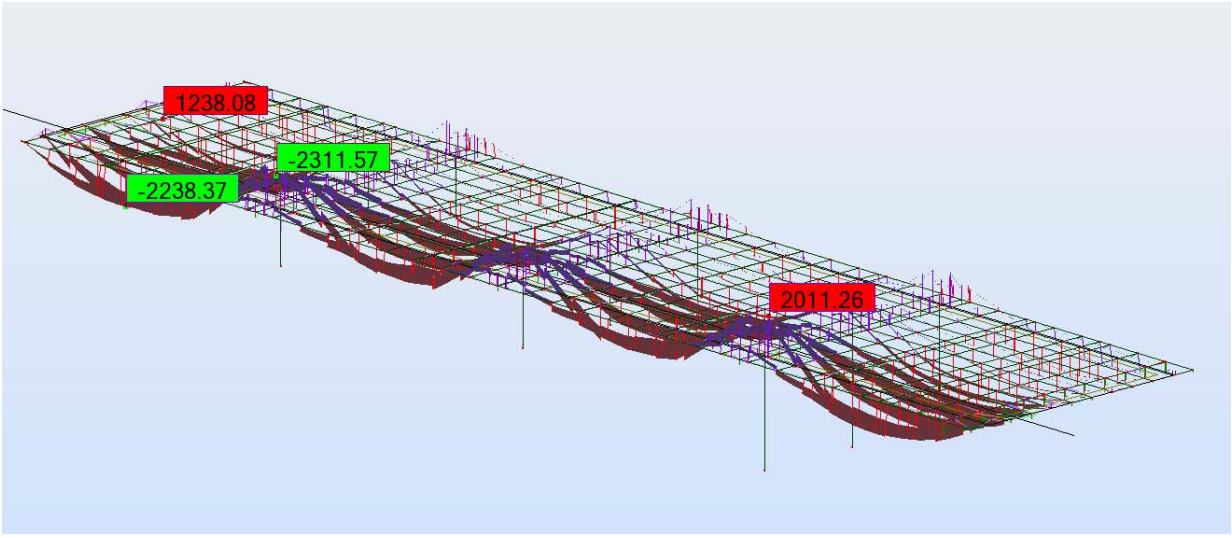
Zestawienie sił wewnętrznych od normowych obciążeń

PN-EN 1991-2		PN-85/S-10030			Norma PN-66/B-02015 z 1966 roku	Dz.U.2016/ Zarządzenie Nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 1 czerwca 2004 roku
		Moment przęsłowy/podporowy [kNm]				
Klasa I	Klasa II	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa III tabor	1/S42 2-kierunkowy
2631,87/2281,17	2568,08/2228,06	2485.56/2162.38	2370,33/2065,45	2255,09/1968,52	2361,49/2002,21	2226,74/1942,21
					Klasa III traktor T80	
					2311,57/2011,26	

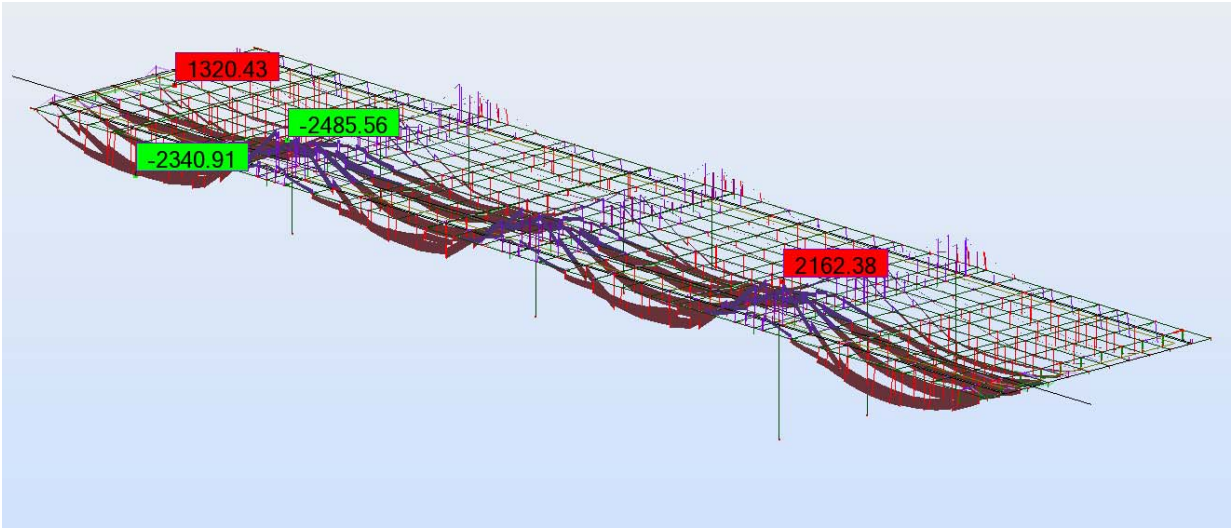
Na rysunkach poniżej przedstawiono wykresy sił wewnętrznych od kombinacji ustawień obciążeń stałych i ruchomych w analizowanej konstrukcji.



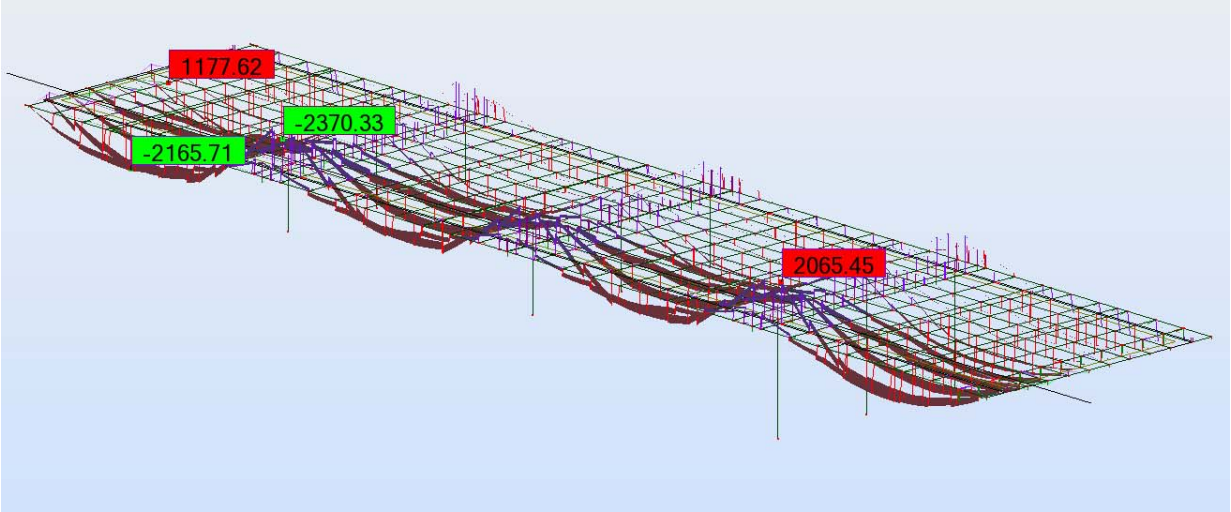
Rys. 7.1. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego



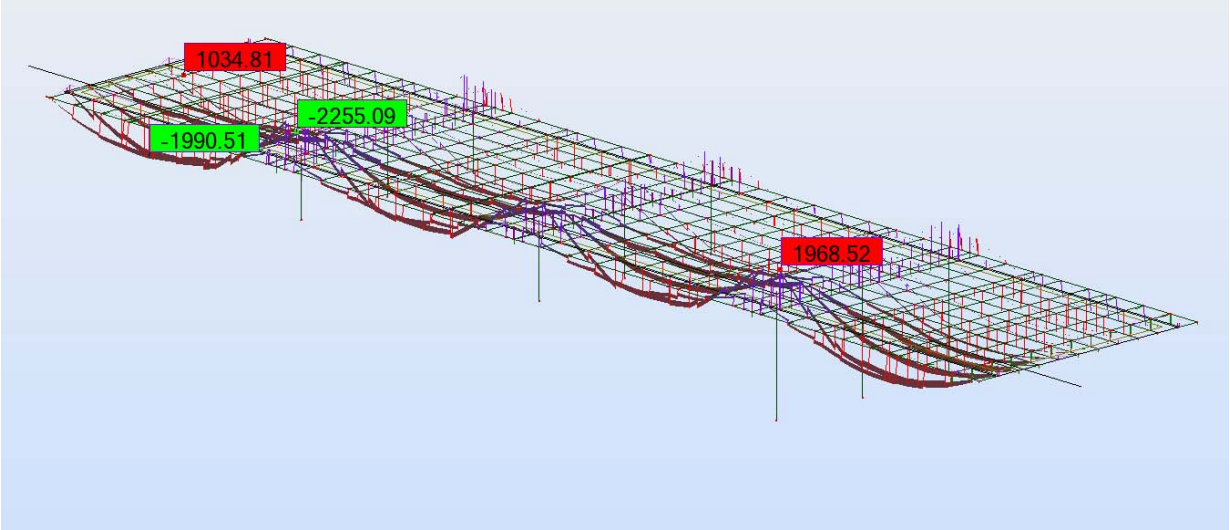
Rys. 7.1. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz ciągnika T80 wg normy z 1966r.



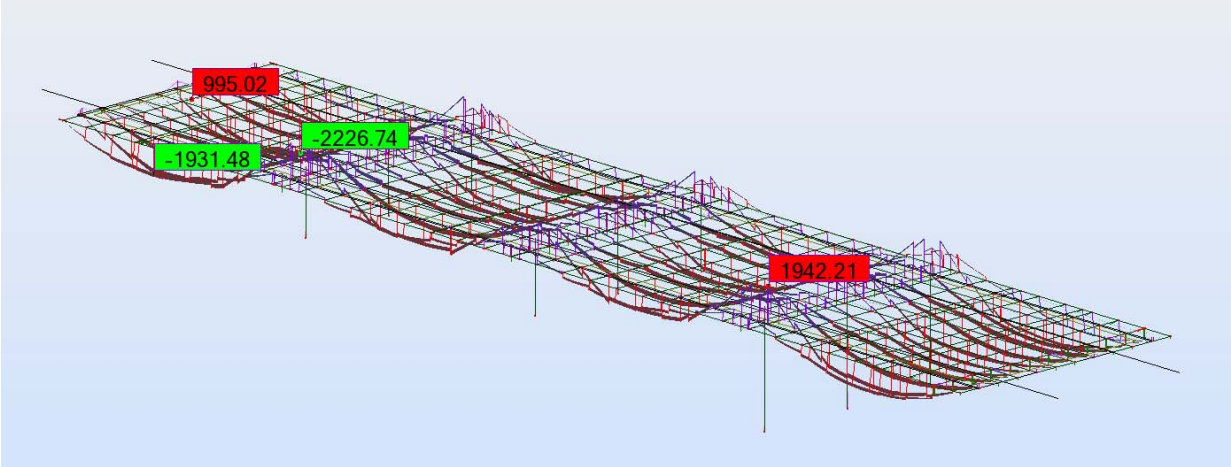
Rys. 7.2. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdu K klasa A wg PN-85/S-10030.



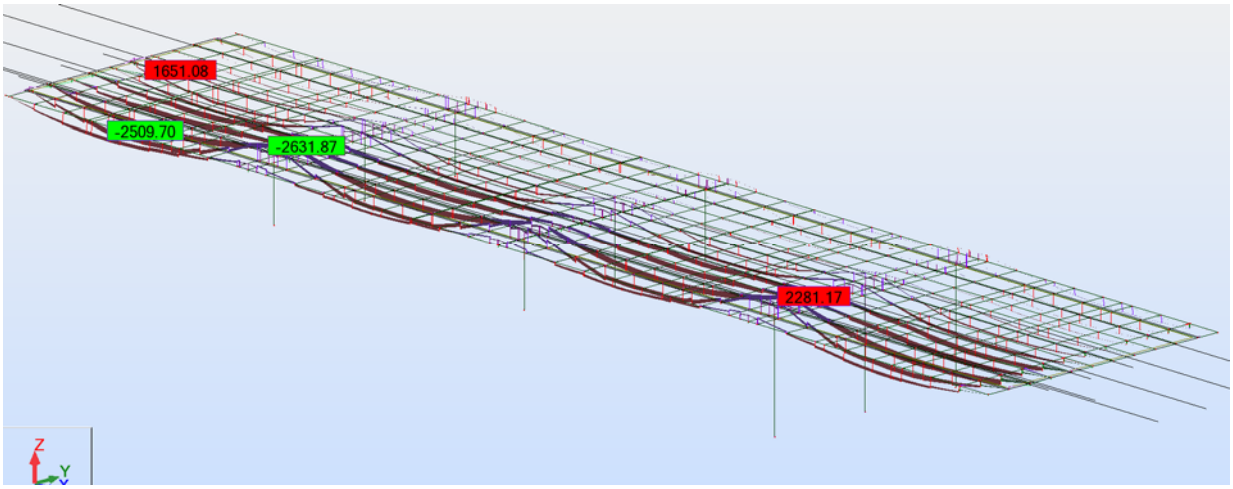
Rys. 7.3. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdu K klasa B wg PN-85/S-10030.



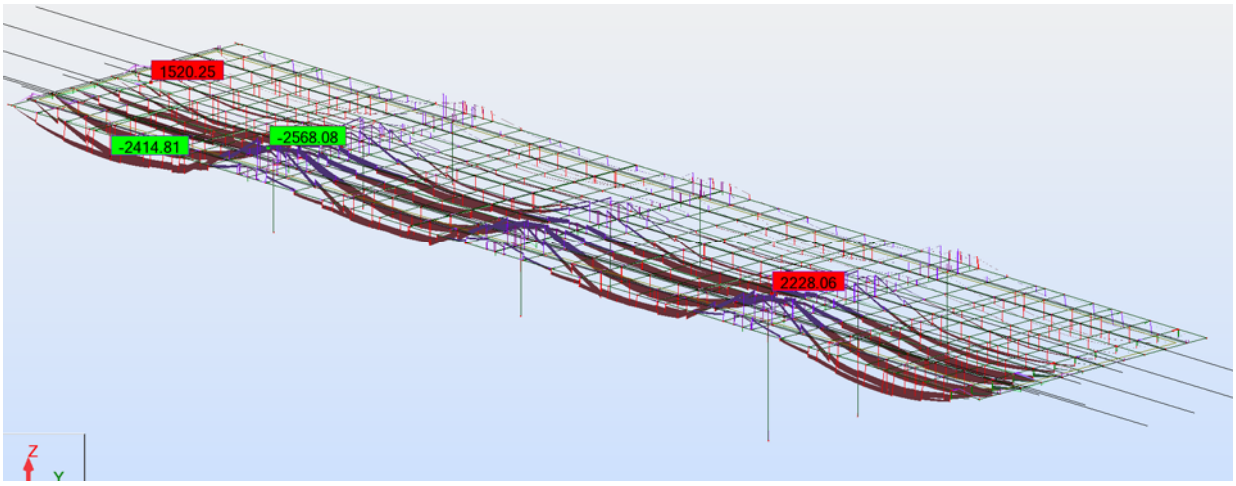
Rys. 7.4. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdu K klasa C wg PN-85/S-10030.



Rys. 7.7. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdów 1/S42 w ruchu dwukierunkowym.



Rys. 7.8. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdów wg PN-EN 1991-2 dla klasy I.



Rys. 7.9. Maksymalny moment zginający generowany kombinacją obciążeń od ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru wyposażenia oraz taboru samochodowego i pojazdów wg PN-EN 1991-2 dla klasy II.

7.5. Podsumowanie obliczeń sprawdzających dla przęsła

Na podstawie analizy statyczno-wytrzymałościowej należy stwierdzić, że dla identycznej konstrukcji obciążonej wg. różnych wytycznych wynika, że siły wewnętrzne wygenerowane na podstawie normy z 1966r. są większe niż siły wygenerowane od kombinacji obciążeń wg PN-85/S-10030 dla obciążeń klasy C, odpowiadającej 30 tonom. Siły wygenerowane od pojazdów zgodnych z Dz.U.2016 i Zarządzenia Nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 1 czerwca 2004 roku są mniejsze do wartości generowanych od obciążeń zgodnych z normą z 1966r. dla pojazdów w ruchu dwukierunkowym 1/S42 odpowiadającemu 42 tonom.

Reasumując w obecnej chwili przedmiotowy wiadukt nie spełnia wymagań zgodnych z PN-EN 1991-2 dla klasy I i II . Spełnia wymagania stawiane obiektom mostowym o nośności odpowiadającej **30 tonom** wg PN-85/S-10030 dla klasy obciążeń C, oraz przenosi obciążenia **od pojazdów 1/S42** w ruchu dwukierunkowym (ze względu na szerokość jezdni) zgodnych z Dz.U.2016. i S42 zgodnych z Zarządzeniem Nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 1 czerwca 2004 roku

8. ORZECZENIE O STANIE TECHNICZNYM I USTALENIE STRATEGII DALSZEGO POSTĘPOWANIA

- **Ocena stanu technicznego** przedmiotowego obiektu obejmująca:
  - przegląd konstrukcji wraz z oceną stanu technicznego elementów konstrukcyjnych obiektu,
  - ocenę materiałów konstrukcyjnych na podstawie wykonanych badań „in-situ",
  - analizę stwierdzonych uszkodzeń,
  - obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dotyczące aktualnej nośności obiektu,

  prowadzi do niżej zapisanych wniosków i orzeczeń.

- **Stan obiektu.**

  Obecnie stan techniczny obiektu biorąc pod uwagę oceny wszystkich istotnych elementów konstrukcji można ocenić jako **niepokojący.**

  W trakcie przeglądu na ustroju nośnym nie stwierdzono uszkodzeń o charakterze wytężeniowym. Zaobserwowano jednak **uszkodzenia** , które **mogą wpływać** na **obniżenie nośności** obiektu. Zaliczyć do nich należy:

  - uszkodzenie taśmy z włókna węglowego, wzmacniającej konstrukcję - uszkodzenie wpływa na wyłączenie wzmocnienia ze współpracy, a co za tym idzie obniżenie nośności do nośności pierwotnej konstrukcji, brak dokumentacji projektowej ze wzmocnienia konstrukcji,

  - na przęsłach skrajnych i przed skrajnych zaobserwowano w środku szerokości spękania korozyjne i zacieki świadczcie o intensywnej migracji wody, która to powoduje korozję zbrojenia, a także w tym przypadku strun sprężających, jednak ze względu na brak dostępu nie można stwierdzić zakresu tych uszkodzeń oraz ich wpływu na nośność,

  Dodatkowo zaobserwowano uszkodzenia mogące świadczyć o przeciążeniu konstrukcji.

  Do tych zaliczyć należy:

  - rysy na spodzie oczepów uciąglających – rysy te mają charakter przeciążeniowy, jednak nie można jednoznacznie określić czy powstały na etapie budowy/remontu obiektu czy pochodzą z etapu eksploatacji obiektu

Stwierdzono uszkodzenia wpływające na trwałość, komfort, bezpieczeństwo i estetykę obiektu.

Do uszkodzeń wpływających na komfort i bezpieczeństwo zaliczyć należy:

- zbyt niska wysokość balustrad,
- deformacje w obrębie nawierzchni bitumicznej jezdni,
- deformacje i przemieszczenia nawierzchni chodników na dojściach,
- nieprawidłowo osadzone/wyregulowane włazy studni rewizyjnych w obrębie nawierzchni chodników,
- brak blach maskujących w obrębie urządzeń dylatacyjnych na chodnikach,

Do uszkodzeń obniżających trwałość obiektu zaliczyć należy:

- zacieki i wykwity na spodzie belek świadczące o uszkodzonej izolacji, przyczyniające się do przyspieszenia wgłębnych procesów degradacyjnych betonu oraz stali zbrojeniowej oraz sprężającej, która ma kluczowe znaczenie dla belek prefabrykowanych
- spękania, ubytki i odspojenia betonu belek prefabrykowanych, podpór oraz belek gzymsowych,
- korozja odsłoniętego zbrojenia miękkiego,
- korozja stalowych łożysk,
- nieszczelne urządzenia dylatacyjne,
- spękania i ubytki nawierzchni jezdni,
- spękania i odspojenia nawierzchni chodników,
- korozja stalowych balustrad ,
- uszkodzenia systemu odwodnienia,

Do uszkodzeń obniżających estetykę obiektu zaliczyć należy:

- zanieczyszczenia w postaci graffiti na elementach konstrukcji obiektu,
- wegetacja roślinności pod obiektem ,
- zanieczyszczenia nawierzchni jezdni i chodników,
- zanieczyszczenia w strefie pod obiektem,

Na powyższy stan rzeczy główny wpływ ma wieloletnia eksploatacja obiektu oraz brak wykonywania bieżących prac remontowych.

- **Ustalenie strategii dalszego postępowania z obiektem**

Po przeprowadzeniu szczegółowej inwentaryzacji, wykonaniu statyczno-wytrzymałościowej analizy, badań materiałowych oraz określeniu stanu technicznego przedmiotowego obiektu stwierdza się, co następuje:

1) Na podstawie analizy statyczno-wytrzymałościowej można stwierdzić, że:
   - pierwotna nośność obiektu wg PN-66/ /B-02015 odpowiadała klasie I tj. 30 ton,
   - nośność obiektu wg PN-EN 1991-2 - pozaklasowy.
   - nośność obiektu wg PN-85/S-10030 odpowiada klasie C tj. 30ton.
   - nośność użytkowa obiektu dla pojazdów zgodnych z Dz.U.2016 odpowiada pojazdom 1/S42 tj. 42tonowym.

2) Z uwagi na nieprawidłowości przedstawione w pkt. 5 przedmiotowego opracowania obiekt **wymaga przeprowadzenia kapitalnego remontu** (na podstawie opracowanej wcześniej dokumentacji projektowej), którego zakres powinien obejmować m.in.:
   - naprawy powierzchniowe prefabrykowanych dźwigarów (odkryć skorodowane zbrojenie, odsłonięte pręty zbrojeniowe zabezpieczyć antykorozyjnie, stwierdzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC),
   - naprawy powierzchniowe żelbetowych słupów podpór pośrednich oraz przyczółków (skucie do zdrowego betonu bez luźnych, nienośnych fragmentów, odsłonięte pręty zbrojeniowe zabezpieczyć antykorozyjnie, stwierdzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC),
   - wykonanie nowej izolacji wraz z reprofilacją i naprawą górnej powierzchni

płyty pomostowej,

- wykonanie nowych kap chodnikowych wraz z nową nawierzchnią chodników,
- wykonanie nowej nawierzchni jezdni,
- wykonanie nowego systemu odwodnienia,
- wykonanie nowych balustrad, barier i ekranów przeciwporażeniowych z uwzględnieniem obowiązujących przepisów,
- wymianę urządzeń dylatacyjnych w obrębie jezdni i chodników,
- konserwację łożysk wałkowych,
- naprawę umocnień stożków skarpowych,
- naprawę schodów skarpowych,
- wymiana podbudowy wraz z wykonaniem/naprawą płyt przejściowych na dojazdach wraz z nową nawierzchnią w obrębie skrzydeł
- wykonanie renowacji instalacji oświetleniowej na obiekcie.

Wyżej wymieniony zakres prac remontowych pozwoli na utrzymanie aktualnej nośności obiektu. Powyższe prace nie wpłyną na poprawę nośności obiektu, jednak znacznie poprawią jego trwałość i pozwolą na jego bezpieczne użytkowanie. Zakres wymienionych poniżej prac przedstawiono także na rysunkach poglądowych 8.1-8.3, jako stan projektowany.

3) W ramach bieżącego utrzymania do czasu wykonania remontu obiektu należy:

   a) regularnie oczyszczać nisze podłożyskowe przyczółków i podpory P5,
   b) regularnie oczyszczać nawierzchnię chodników i jezdni na obiekcie i dojazdach,
   c) regularnie oczyszczać wpusty mostowe,
   d) regularnie oczyszczać wkładki urządzeń dylatacyjnych,
   e) regularnie kosić wegetującą roślinność na terenie pod obiektem i stożkach nasypowych przyczółków,
   f) założyć monitoring rys na oczepach podpór w celu określenia aktywności i ewentualnej propagacji rys,

4) W **trybie pilnym** należy wymienić urządzenia dylatacyjne w celu ograniczenia przecieków przyspieszających degradację elementów konstrukcyjnych obiektu.

5) **Ze względu na rozległy zakres prac remontowych bez możliwości efektywnego wzmocnienia konstrukcji, ograniczoną nośność obiektu oraz aspekt ekonomiczny należy rozważyć przebudowę obiektu.**

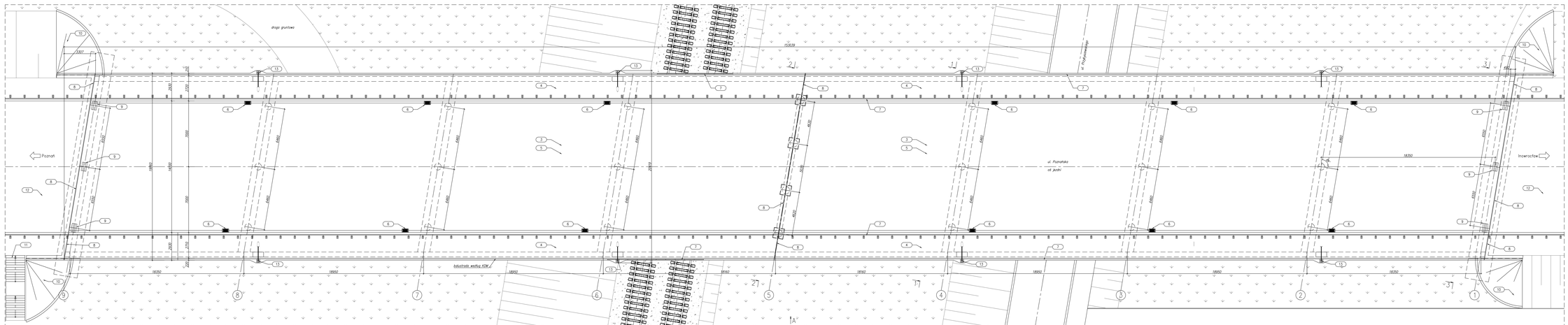
6) **W przypadku braku podjęcia prac remontowych czas bezpiecznej eksploatacji obiektu ustala się na okres 2 lat pod warunkiem realizacji zaleceń z pkt. 3) 4) przedmiotowych wniosków. Po upływie tego czasu należy przeprowadzić kolejne oględziny obiektu w celu ustalenia możliwości jego dalszej bezpiecznej eksploatacji.**

Za zespół:

dr inż. Kamil Pawłowski
upr. nr DOŚ/0126/PBM/17

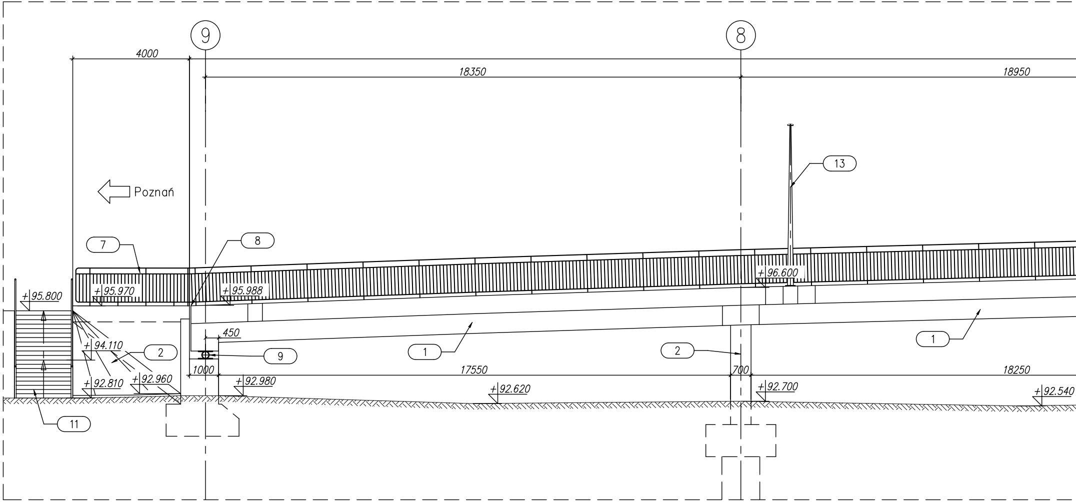
Widok z góry

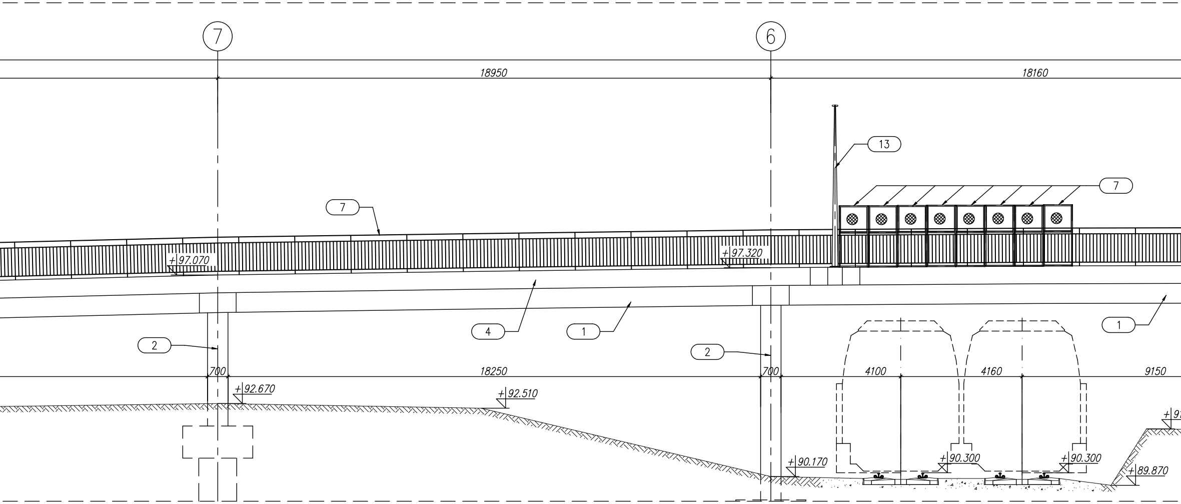
Skala 1:100



1. Naprawy powierzchniowe przebitkowanych otworów (odkuć skorodowane zbrojenia, odbitnięte przy zbrojeniu zabezpieczyć antykorozyjnie, otworzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC).
2. Naprawy powierzchniowe jednostronnych ubytków podpór pośrednich oraz przyczółków (skucie do zdrowego betonu bez luźnych, niezdrowych fragmentów, odbitnięte przy zbrojeniu zabezpieczyć antykorozyjnie, otworzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC).
3. Naprawy powierzchniowe (widoczne wraz z naprawą) i naprawy głębokie powierzchni płyty pomostowej.
4. Wykonanie nowych kap chodnikowych wraz z nową nawierzchnią chodników.
5. Wykonanie nowej nawierzchni jezdni.
6. Wykonanie nowego systemu odwodnienia.
7. Wymiana uszkodzonych elementów stalowych (barierka przeciwporażeniowych z uwzględnieniem obowiązujących przepisów).
8. Wymiany urządzeń dylatacyjnych w obrębie jezdni i chodników.
9. Konserwację łożysk wałkowych.
10. Naprawę umocnień stożków skarpowych.
11. Naprawę ścianek skrzydełkowych.
12. Naprawę podłużnej wraz z wykonaniem/naprawą płyt przejściowych na dojazdach wraz z nową nawierzchnią w obrębie skrzydeł.
13. Wykonanie renowacji instalacji odwodnieniowej na obiekcie.

Mesilo	Mesilo Engineering sp. z o.o. ul. Kościuszki 243,306 50-012 Wrocław		
ZAMAWIAJĄCY: Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu			
OBIEKT: Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu		DATA: wrzesień 2024 r.	
		SKALA: 1:100	
Tytuł rysunku: Stan projektowany - widok z góry		Nr rys.: 8.1	
FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA			

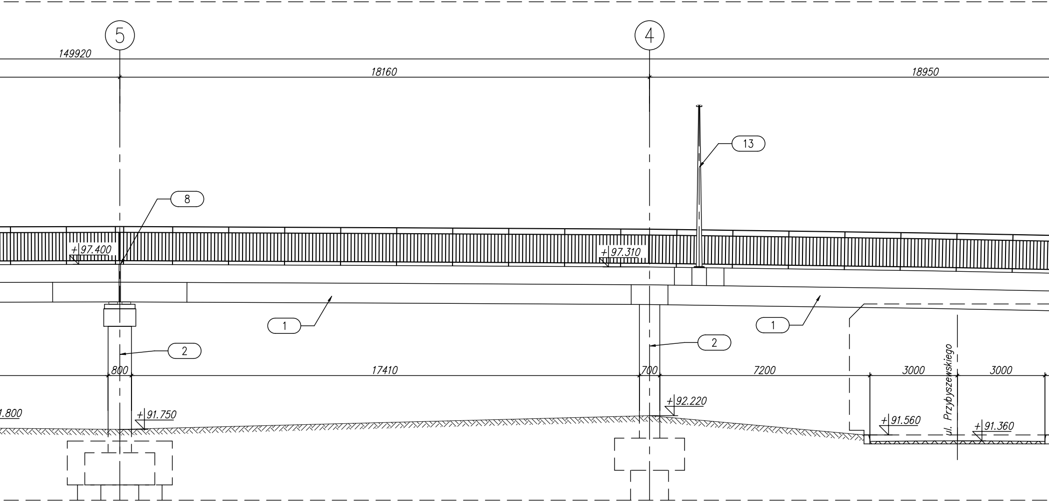

9
8
4000
18350
18950
13
Poznań
7
8
+95.800
+95.970
+95.988
+96.600
450
+94.110
2
1
9
2
1
1000
17550
700
18250
+92.810
+92.960
+92.980
+92.620
+92.700
+92.540
11


7
6
18950
18160
13
7
7
+97.070
+97.320
4
1
1
2
2
700
18250
700
4100
4160
9150
+92.670
+92.510
+90.170
+90.300
+90.300
+89.870

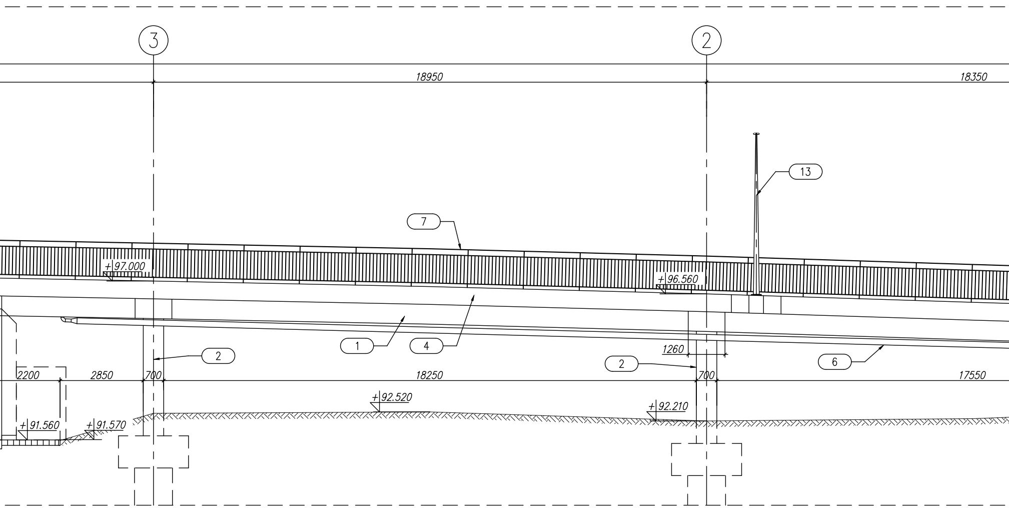
Widok A

Widok z boku

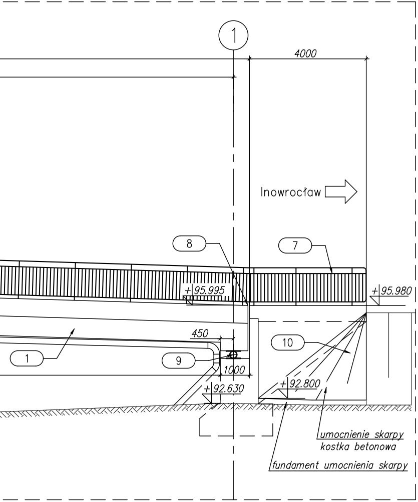
Skala 1:100



5
4
149920
18160
18950
13
8
+97.400
+97.310
1
1
2
2
800
17410
700
7200
3000
3000
1.800
+91.750
+92.220
+91.560
+91.360
ul. Przybyszewskiego


3
2
18950
18350
13
7
+97.000
+96.560
1
4
2
1260
2
6
2200
2850
700
18250
700
17550
+92.520
+92.210
+91.560
+91.570

1. Naprawy powierzchniowe prefabrykowanych dźwigarów (odkryć skorodowane zbrojenie, odsłonięte pręty zbrojeniowe zabezpieczyć antykorozyjnie, stwierdzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC).
2. Naprawy powierzchniowe żelbetowych słupów podpór pośrednich oraz przyczółków (skucie do zdrowego betonu bez luźnych, nienośnych fragmentów, odsłonięte pręty zbrojeniowe zabezpieczyć antykorozyjnie, stwierdzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu systemem PCC).
3. Wykonanie nowej izolacji wraz z reprofilacją i naprawą górnej powierzchni płyty pomostowej.
4. Wykonanie nowych kap chodnikowych wraz z nową nawierzchnią chodników.
5. Wykonanie nowej nawierzchni jezdni.
6. Wykonanie nowego systemu odwodnienia.
7. Wykonanie nowych balustrad, barier i ekranów przeciwporażeniowych z uwzględnieniem obowiązujących przepisów.
8. Wymianę urządzeń dylatacyjnych w obrębie jezdni i chodników.
9. Konserwację łożysk wałkowych.
10. Naprawę umocnień stożków skarpowych.
11. Naprawę schodów skarpowych.
12. Wymiana podbudowy wraz z wykonaniem/naprawą płyt przejściowych na dojazdach wraz z nową nawierzchnią w obrębie skrzydeł.
13. Wykonanie renowacji instalacji oświetleniowej na obiekcie.


1
4000
Inowrocław
8
7
+95.995
+95.980
450
1
9
10
1000
+92.630
+92.800
umocnienie skarpy
kostka betonowa
fundament umocnienia skarpy

Mesilo Engineering sp. z o.o.
ul. Kościuszki 34/L306
50-012 Wrocław

ZAMAWIAJĄCY : Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu

OBIEKT :
Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu

DATA : wrzesień 2024 r.

SKALA : 1:100

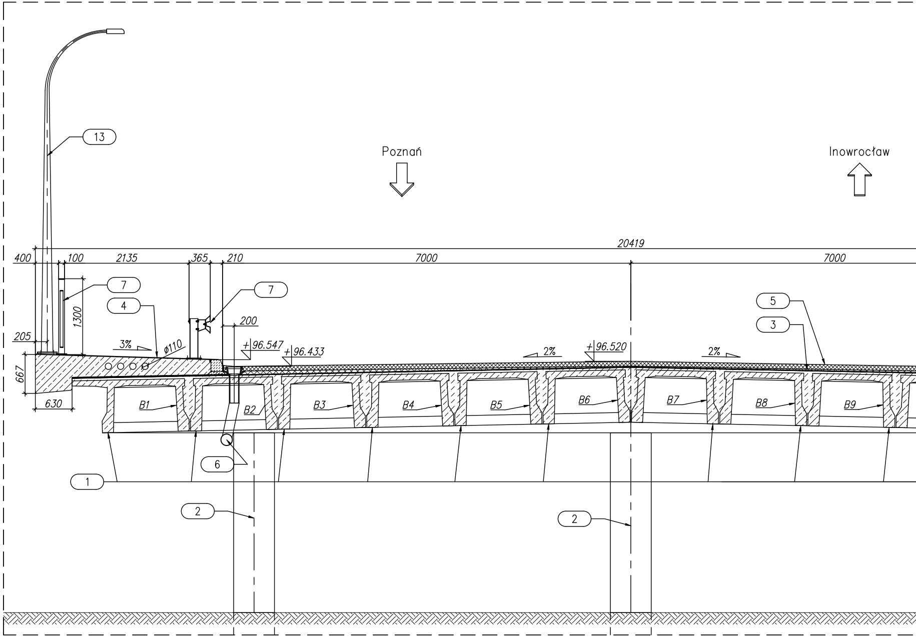
Tytuł rysunku :
Stan projektowany - widok z boku

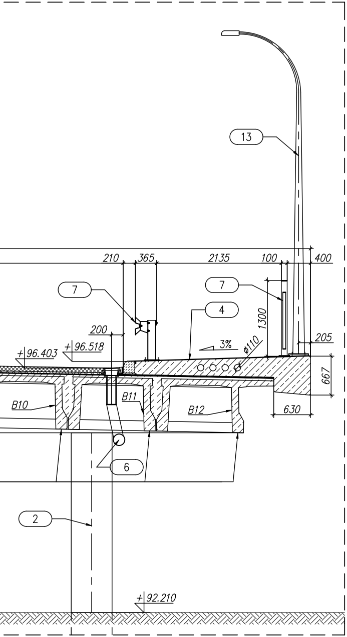
Nr rys. : 8.2

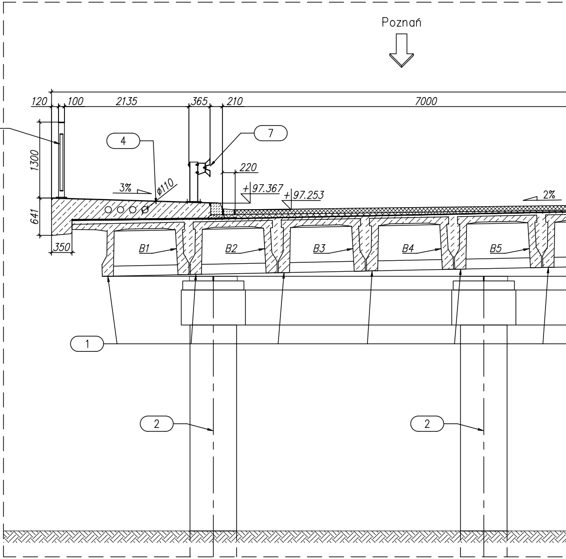
FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ:	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA:			

Przekrój 1–1

Skala 1:50

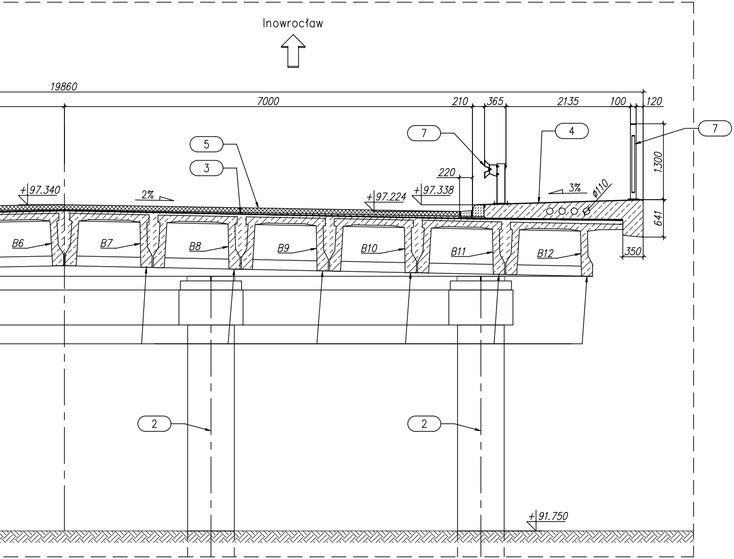

13
Poznań
Inowrocław
20419
400
100
2135
365
210
7000
7000
7
7
4
1300
200
5
3
205
3%
ø110
+96.547
+96.433
2%
+96.520
2%
667
630
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
6
1
2
2

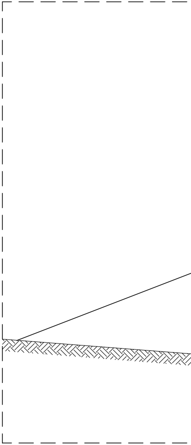

13
7
7
4
210
365
2135
100
400
200
+96.403
+96.518
3%
ø110
1300
205
667
B10
B11
B12
630
6
2
+92.210


Poznań
120
100
2135
365
210
7000
7
4
7
1300
220
+97.367
+97.253
3%
ø110
2%
641
350
B1
B2
B3
B4
B5
1
2
2

Przekrój 2–2

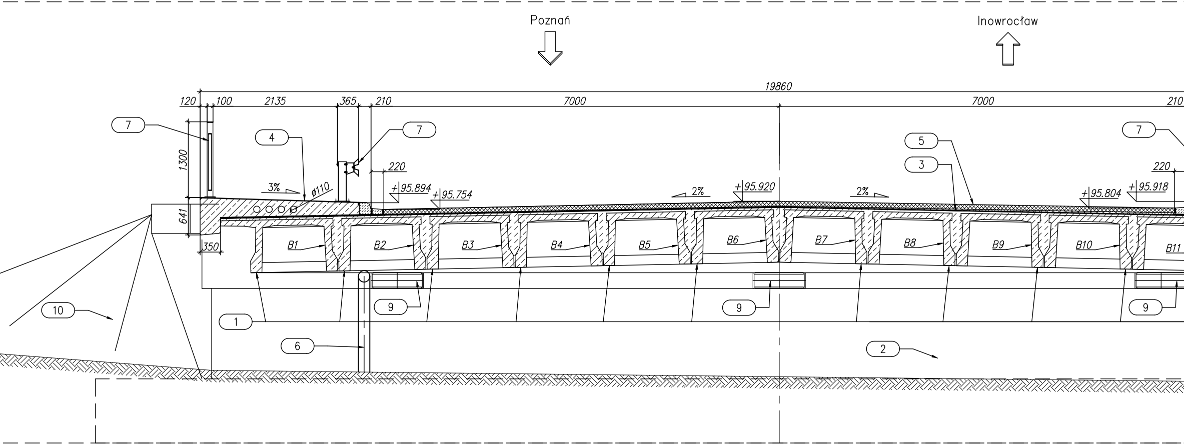
Skala 1:50


Inowrocław
19860
7000
210
365
2135
100
120
7
4
7
5
3
220
+97.340
2%
+97.224
+97.338
3%
ø110
1300
641
350
B6
B7
B8
B9
B10
B11
B12
2
2
+91.750

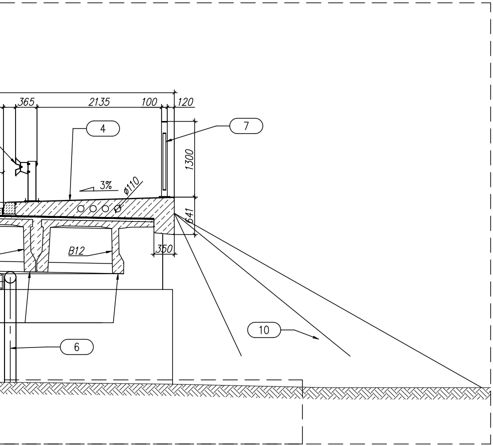


Przekrój 3-3

Skala 1:50


Poznań
Inowrocław
19860
120
100
2135
365
210
7000
7000
210
1300
641
350
220
220
3%
ϕ110
2%
2%
+95.894
+95.754
+95.920
+95.804
+95.918
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
B10
B11
1
2
3
4
5
6
7
7
7
9
9
9
10

1. Naprawy powierzchniowe prefabrykowanych dźwigarów (odkryć sk
pręty zbrojeniowe zabezpieczyć antykorozyjnie, stwierdzone ubytki
uzupełnić ubytki betonu systemem PCC).
2. Naprawy powierzchniowe żelbetowych słupów podpór pośrednich
zdrowego betonu bez luźnych, nienośnych fragmentów, odsłonięte
antykorozyjnie, stwierdzone ubytki w zbrojeniu uzupełnić, a następ
systemem PCC).
3. Wykonanie nowej izolacji wraz z reprofilacją i naprawą górnej p
4. Wykonanie nowych kap chodnikowych wraz z nową nawierzchnią
5. Wykonanie nowej nawierzchni jezdni.
6. Wykonanie nowego systemu odwodnienia.
7. Wykonanie nowych balustrad, barier i ekranów przeciwporażeniow
obowiązujących przepisów.
8. Wymianę urządzeń dylatacyjnych w obrębie jezdni i chodników.
9. Konserwację łożysk wałkowych.
10. Naprawę umocnień stożków skarpowych.
11. Naprawę schodów skarpowych.
12. Wymiana podbudowy wraz z wykonaniem/naprawą płyt przejści
nawierzchnią w obrębie skrzydeł.
13. Wykonanie renowacji instalacji oświetleniowej na obiekcie.


365
2135
100
120
4
7
1300
3%
ø110
641
350
B12
10
6

orodowane zbrojenie, odsłonięte
w zbrojeniu uzupełnić, a następnie

oraz przyczółków (skucie do
pręty zbrojeniowe zabezpieczyć
nie uzupełnić ubytki betonu

owierzchni płyty pomostowej.
chodników.

wych z uwzględnieniem

owych na dojazdach wraz z nową

Mesilo Engineering sp. z o.o.
ul. Kościuszki 34/L306
50-012 Wrocław

ZAMAWIAJĄCY : Zarząd Dróg Powiatowych w Inowrocławiu			
OBIEKT : Wiadukt drogowy w ciągu ulicy Poznańskiej w Inowrocławiu			DATA : wrzesień 2024 r. SKALA : 1:50
Tytuł rysunku : Stan projektowany - przekroje			Nr rys. : 8.3
FUNKCJA	IMIĘ I NAZWISKO	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTOWAŁ:	dr inż. Kamil Pawłowski	DOŚ/0126/PBM/17	
OPRACOWAŁA:			