

SPIS ZAWARTOŚCI

I. OŚWIADCZENIE + zaświadczenia	3
II. OPIS TECHNICZNY	8
1. Podstawa i przedmiot opracowania	8
2. Ogólna charakterystyka istniejącej konstrukcji	9
3. Przyjęta założenia do sposobu zabezpieczenia uszkodzonego dźwigara	15
4. Przyjęty sposób zabezpieczenia	21
5. Technologia wykonania zabezpieczenia	27
6. Wnioski końcowe	28
III. INFORMACJA BIOZ.....	29

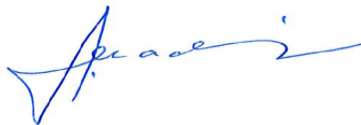

SPIS RYSUNKÓW

1 – Plan orientacyjny	33
2 – Przekroje	34
3 – Zabezpieczenie styku pomiędzy częścią monolityczną i segmentem 1	35
4 – Zabezpieczenie styku pomiędzy segmentem 1 i segmentem 2	36
5 – Zabezpieczenie styku pomiędzy segmentem 2 i segmentem 3	37
6 – Zabezpieczenie styku pomiędzy segmentem 3 i segmentem 4	38
7 – Kolizja z podwieszeniem istniejącego gazociągu	39
8 – Konstrukcja podwieszenia tymczasowego gazociągu	40

I. OŚWIADCZENIE + zaświadczenia

OŚWIADCZENIE

Zgodnie z art. 34 ust. 3d Ustawy z dnia 7.07. 1994r. – Prawo budowlane, (Dz.U. 2020 poz. 1333 ze zmianami) oświadczamy, że niniejszy projekt sporządzony jest zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej

Stanowisko:	Imię i nazwisko	Data	Podpis
Projektant:	dr hab. inż. Arkadiusz Madaj, prof. PP nr upr. 7131/133/P/2001 do projektowania bez ograniczeń kierunek budownictwo lądowe	12.2023	
Sprawdził:	mgr inż. Damian Wiluś KUP/0050/PWOM/11 do projektowania bez ograniczeń w specjalności mostowej	12.2023	

PROJEKTANT

WOJEWODA WIELKOPOLSKI

Poznań, dnia 7 listopada 2001 roku

Nr uprawn. 7131/133/P/2001

DECYZJA

o nadaniu uprawnień budowlanych

Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt. 1, 5 i 6, art. 13 ust. 1 pkt. 1, art. 14 ust. 1 pkt. 2 i ust. 3 pkt. 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. Nr 89, poz. 414 z późniejszymi zmianami) w związku z § 3 i § 9 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 30 grudnia 1994 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 8, poz. 38) stwierdza się, że

Pan Arkadiusz MADAJ

doktor inżynier budownictwa lądowego
kierunek: Budownictwo lądowe

syn Stanisława i Julianny
urodzony 5 stycznia 1954 r. w Puszczykowie

zdał egzamin przed Komisją Egzaminacyjną, w związku z czym nadaje Panu uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

Pan Arkadiusz Madaj

jest uprawniony do:

- projektowania i sprawdzania projektów budowlanych w specjalności objętej tymi uprawnieniami,
- sprawowania nadzoru autorskiego,
- sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych,
- wykonywania nadzoru budowlanego.



Z up. WOJEWODY

mgr inż. arch. Andrzej J. Nowak
Dyrektor Wydziału
Architektury i Budownictwa
Główny Architekt Wojewódzki



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:
WKP-7L5-JDC-2PS *

Pan Arkadiusz Madaj o numerze ewidencyjnym WKP/BO/6877/02
adres zamieszkania ul. Dworcowa 31, 62-041 Puszczykowo
jest członkiem Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-01-01 do 2023-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-12-01 roku przez:

Andrzej Kulesa, Przewodniczący Rady Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie z art. 78⁴ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



SPRAWDZAJĄCY



OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

KUJAWSKO
POMORSKA
OKRĘGOWA
I Z B A
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Sygn. akt KUPOIIB/KK-0054-0004/11
KUPOIIB/KK-0055-0004/11

Bydgoszcz, dnia 10 czerwca 2011 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (*Dz. U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42, z późn. zm.*), art. 13 ust. 1 pkt 1 i 2 i ust. 2, art. 14 ust. 1 pkt 2b i ust. 3 pkt 1 i 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (*Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623, z późn. zm.*) oraz § 11 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. z 2006 r. Nr 83, poz. 578, z późn. zm.*) w związku z art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego (*Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071, z późn. zm.*)

**Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
n a d a j e**

Panu Damianowi Janowi Wiluś
magistrowi inżynierowi o kierunku budownictwo
urodzonemu dnia 17 października 1975 r. w Głogowie

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny KUP/0050/PWOM/11

**do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności mostowej**

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej KUPOIIB w Bydgoszczy w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

**Skład Orzekający
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej**

mgr inż. Jacek Kołodziej

inż. Wojciech Klatecki

inż. Franciszek Szypliński



Otrzymują:

1. Pan Damian Jan Wiluś
ul. Bałtycka 47
86-031 Osielsko
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor
Nadzoru Budowlanego
4. a/a



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

KUP-J72-SIS-CY9 *

Pan Damian Wiluś o numerze ewidencyjnym KUP/BO/0348/06
adres zamieszkania ul. Bałtycka 47, 86-031 Osielsko
jest członkiem Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2023-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-09-02 roku przez:

Renata Staszak, Przewodniczący Rady Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piiib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



II. OPIS TECHNICZNY

1. Podstawa i przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt zabezpieczenia uszkodzonych przęseł Mostu Pomorskiego nad rzeką Brdą w Bydgoszczy.

Podstawą projektu pn. „Zabezpieczenia Mostu Pomorskiego nad rzeką Brdą w Bydgoszczy” jest umowa nr 168/IR/2023 z Zarządem Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w Bydgoszczy z dnia 19.10.2023.

Przy opracowaniu projektu zabezpieczenia wykorzystano następujące dokumenty:

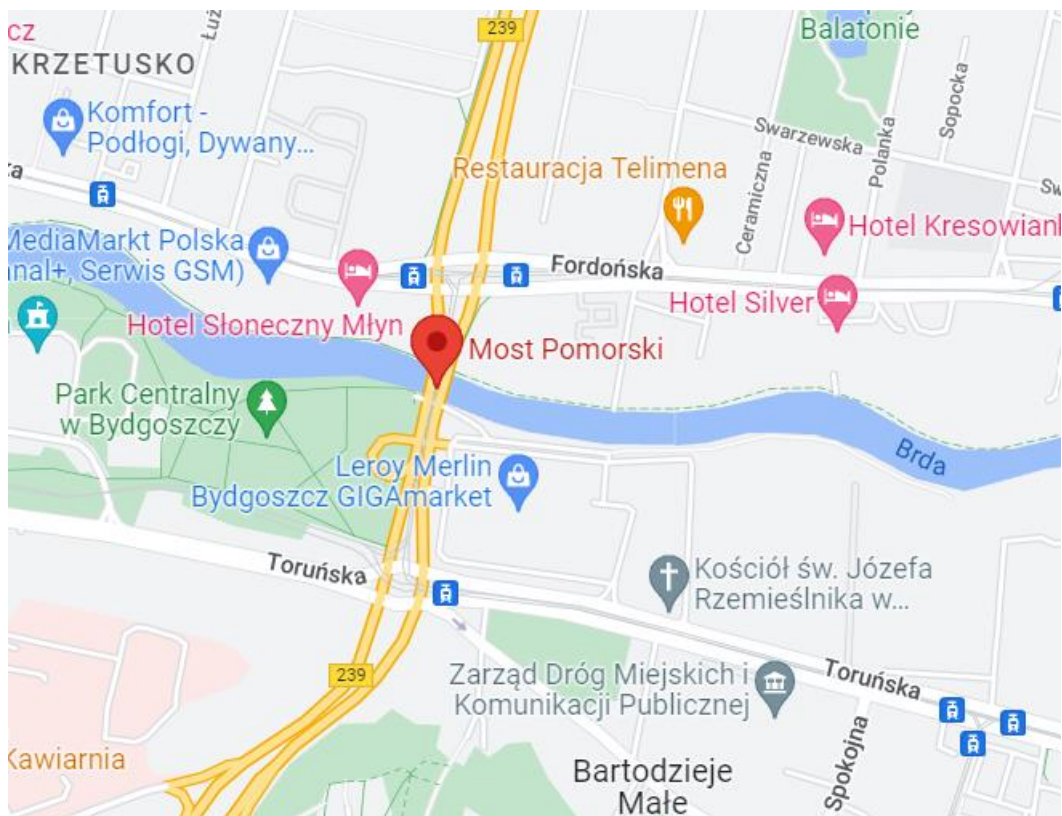
- [1] zachowane fragmenty dokumentacji technicznej z okresu budowy mostu: „Most miejski w ciągu ul. Szerokiej przez rzekę Brdę w Bydgoszczy. Projekt techniczno – roboczy” Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Gdańsku, 1965 – 66,
- [2] opracowanie: „Ocena stanu technicznego i przydatności do dalszej eksploatacji trzech mostów drogowych położonych nad rzeką Brdą w centrum Bydgoszczy. Mostu Bernardyńskiego, Mostu Pomorskiego, Mostu Królowej Jadwigi, Zespół Badawczo – projektowy. MOSTY – WROCŁAW s.c., Wrocław czerwiec – sierpień 1994,
- [3] Ekspertyza techniczna mostu w Al. Wyszyńskiego w Bydgoszczy, cz I i cz. II. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa-Kielce, sierpień 1998
- [4] fragmenty dokumentacji projektu remontu mostu – Rawex, Bydgoszcz 2001,
- [5] fragmenty dokumentacji projektowej z okresu przebudowy mostu, Biuro Projektów Budownictwa Komunikacyjnego, Bydgoszcz 2005
- [6] opracowanie: „Most Pomorski w ciągu ul. Wyszyńskiego w Bydgoszczy. Wyniki pomiarów z dnia 12.08.2000”, Rawex 2000,
- [7] opracowanie „Prace geodezyjne na Moście Pomorskim w Bydgoszczy. Pomiary z okresu lipiec 1997 – marzec 2001”, Fundacja „Rozwój ATR”, Bydgoszcz, kwiecień 2001
- [8] fragmenty dokumentacji związane z realizacją nadzoru autorskiego realizowanego w czasie remontu mostu, Jan Siuda, Bydgoszcz, 2004-2005
- [9] opracowanie: „Operat techniczny. Obiekt: Most Pomorski w Bydgoszczy. Założenie reperów kontrolnych i „stałych”. Wyniki pomiaru „zerowego”. Metoda niwelacji precyzyjnej.”, Zakład Usług Geodezyjnych i kartograficznych GEO_PRO. Eugeniusz Radzik, Bydgoszcz 2010
- [10] opracowanie: „Pomiary okresowe na Moście Pomorskim w Bydgoszczy z dnia 29 grudnia 2022 roku”, mgr inż. Piotr Wiśniewski, grudzień, 2022

- [11] opracowanie: „Ekspertyza Mostu Pomorskiego w Bydgoszczy. Etap I Wstępna analiza przyczyn powstania awarii i warunki eksploatacji mostu” UNIPLAN Krzysztof Sturzbecher, Poznań, grudzień 2022,
- [12] pomiary okresowe z marca 2023 (pliki Excel)
- [13] opracowanie: „Pomiary okresowe na Moście Pomorskim w Bydgoszczy z dnia:- 20 czerwca - 2023 roku i - 04 lipca 2023 roku,
- [14] pomiary zmiany rozwartości rys – pęknięć przeprowadzone w dniach od 25.05.2023 do 19.07.2023,
- [15] opracowanie: „Ekspertyza Mostu Pomorskiego Etap II, Przegląd specjalny – „wiosenny” i ocena stanu technicznego obiektu Mostu Pomorskiego nad rzeką Brda w Bydgoszczy”. UNIPLAN Krzysztof Sturzbecher, lipiec 2023

2. Ogólna charakterystyka istniejącej konstrukcji

Most będący przedmiotem opracowania, jest mostem ramownicowym, o ryglu trójpřesłowym, z przegubem w środku rozpiętości przęsła środkowego. Rygiel połączony jest z filarami przegubowo i przegubowo-przesuwnie oparty na filarach. Rozpiętość teoretyczne przęseł wynoszą odpowiednio 18,0 + 43,0 + 18,0 m (rys. 2). Zastosowany schemat statyczny był ściśle związany ze sposobem wykonywania środkowej części rygla (przęsła nurtowego) – montaż wspornikowy.

Most znajduje się w Bydgoszczy i przeprowadza Al. Wyszyńskiego nad rzeką Brdą i łączy Rondo Toruńskie (na południu) z Rondem Fordońskim (na północy). Most jest w ukosie 75° w stosunku do osi rzeki Brda. (fot. 1, rys. 1).



Rys. 1 Lokalizacja Mostu Pomorskiego w Bydgoszczy

Most został wybudowany w latach 1966 – 1970. Do wykonania części nurtowej zastosowano nowatorską, jak na ówczesne czasy, technologię montażu wspornikowego prefabrykatów betonowych. Na moście aktualnie znajdują się dwie jezdnie (każda o szerokości 6,5 m), wydzielone torowisko tramwajowe o szerokości 6,90 oraz dwa chodniki o szerokości użytkowej min. 2,5 m każdy (szerokość chodnika zmienia się na długości mostu). Zgodnie z projektem pierwotnym torowisko było położone po stronie wschodniej pomostu – przy jednym z chodników, a obie jezdnie przy drugiej krawędzi. W taki sposób most był eksploatowany do czasu przeprowadzenia remontu w roku 2005. W ramach remontu - przebudowy zmieniono lokalizację torowiska tramwajowego (aktualnie torowisko położone jest w osi mostu), a po obu stronach torowiska tramwajowego zlokalizowano jezdnie drogowe, dokonano wzmocnienia konstrukcji przęseł za pomocą klejonych do górnej krawędzi przęseł taśm z włókien węglowych oraz zespolonej z pierwotną konstrukcją płyty żelbetowej, zbrojonej dwukierunkowo (Płyta nadbetonu została wykonana z betonu lekkiego). Podniesiona w czasie remontu została również nośność mostu do klasy B wg. PN-85/S-10030. W projekcie remontu brak jest informacji o sposobie zabezpieczenia kabli sprężających umieszczonych na górnej płycie pomostu, które jak wynika np. dokumentacji związanej z nadzorem autorskim, zostały częściowo odsłonięte.

Autorzy projektu nie posiadają również informacji o stanie kabli sprężających ustalonych w czasie remontu mostu.



Fot. 1 Widok mostu z boku (lipiec – 2023)



Fot. 2 Widok na pomost od góry (lipiec 2023)

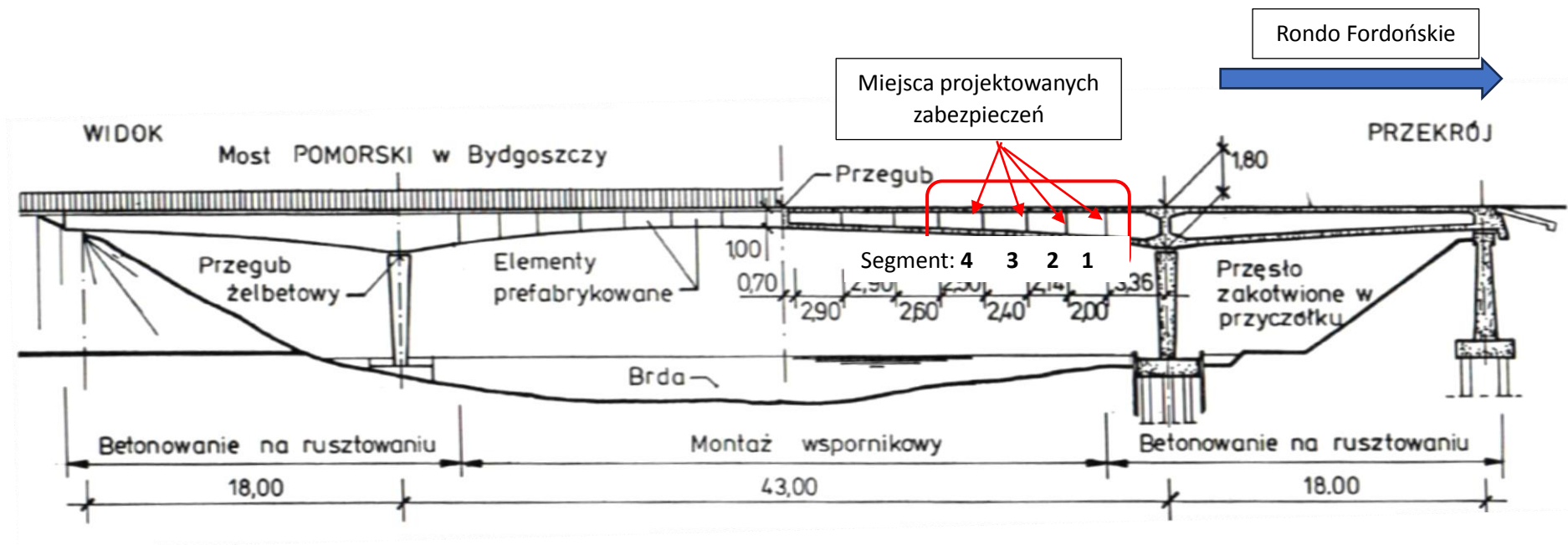
Szerokość obiektu jest zmienna: od 28,98 do 30,68 m.

W przekroju poprzecznym ustrój złożony jest z pięciu dźwigarów o przekroju skrzynkowym, połączonych na długości przęseł jedynie płytą pomostową. Dźwigary główne zostały wykonane z betonu sprężonego (kablobeton). Nad filarami przekrój zmienia się w ustrój 9 skrzynkowy. Niezależne przekroje skrzynkowe w przęsłach, połączone są nad podporami zarówno płytą pomostową jak i płyta dolną, tworząc na całej szerokości ustrój skrzynkowy, wielkomorowy.



Fot. 3 Widok mostu od spodu (lipiec 2023)

Dźwigary skrzynkowe mają zmienną wysokość: od 0,91 m środka rozpiętości do 1,71 m nad filarami. Nad przyczółkami dźwigary mają wysokość 0,94 m. Wysokość dźwigarów zmienia się według sinusoidy (rys. 2).



Rys. 2 Widok i przekrój podłużny mostu z lokalizacją pęknięć w dźwigarze drugim (od strony zachodniej). Miejsca projektowanych zabezpieczeń.

W ekspertyzie z roku 1998 [3] ustalono, że nośność mostu odpowiadała co najmniej klasie C wg PN-85/S-10030. Jak wynika z dostępnych fragmentów projektu remontu mostu, nośność ta po remoncie została podniesiona do klasy B wg. PN-85/S-10030.

Nurtowa część – poza początkowymi fragmentami przy filarach, wykonana została w technologii montażu wspornikowego (nawisowego). Każdy dźwigar, do przegubu, składa się siedmiu segmentów, o zmiennej szerokości. Segmenty mają w planie kształt prostokąta. Skos przęsła uzyskano dzięki odpowiedniemu ukształtowaniu początkowej, monolitycznej części monolitycznej oraz segmentu przy przegubie (rys. 2). Segmenty poszczególnych dźwigarów zostały ze sobą połączone tzw. zamkami żelbetowymi, które zapewniają współpracę poprzeczna dźwigarów skrzynkowych.

Przęsła nie mają poprzecznic, poza poprzecznicami podporowymi i przy przegubie. W związku z tym zasadnicza współpraca poprzeczna w części monolitycznej jest zagwarantowana przez płytę pomostową, a w części prefabrykowanej przez tzw. zamki żelbetowe, łączące poszczególne prefabrykaty.

Poprzecznice podporowe nad filtrami zostały sprężone.

Konstrukcje przęseł zaprojektowano z betonu o marce $R_w = 40$ MPa. Wyniki badania wytrzymałości betonu na ściskanie w obiekcie podano w ekspertyzie z roku 1998 [3] stwierdzając, że odpowiada ona klasie:

- ustroju nośnym B40,
- w filarach B35,
- w przyczółkach B25.

Ponieważ po okresie jaki upłynął od wykonania badań betonu, przyrost wytrzymałości jest praktycznie pomijany, można przyjąć, że beton aktualnie ma parametry odpowiadające wskazanym klasom betonu.

Do zbrojenia zastosowano stal zbrojeniową gatunku 18G2, która odpowiada aktualnie klasie AII.

Przyczółki zatopione, składające się 10 słupów tarczowych w jednym przyczółku (szerokość 50 cm, wysokość zmienna od 140 do 60 cm na górze). W każdym słupie umieszczono dwa ciągnaliny 37 $\phi 5$, kotwione w fundamencie i w przęsle. Celem zastosowanych ciągnięć było przeniesienie sił odrywających skrajne przęsła od podpory.

Filary zaprojektowano jako żelbetowe, tarczowe, utwierdzone w belkach zwieńczających pale fundamentowe. Filary zostały przegubowo połączone z dźwigarami skrzynkowymi (żelbetowe przeguby plastyczne). Na przyczółkach konstrukcja oparta jest na łożyskach stalowych, stycznych.

Obiekt posadowiono na palach Franki. Pale Franki mają średnicę 52 cm i o długości 10m – filar lewobrzeżny, 6 m – filar prawobrzeżny (po 30 pali pod każdym filarem); pod przyczółkami pale są długości 7,5 m (po 20 pali pod przyczółkiem).

Nawierzchnia na jezdni jest z asfaltobetonu. Torowisko tramwajowe zgodnie z projektem było mocowane bezpośrednio do konstrukcji. Tor tramwajowy ułożony jest na płytach betonowych, na taśmie gumowej i podbudowie bitumicznej. Nawierzchnia na chodnikach z żywic syntetycznych.

Aktualnie ograniczono dopuszczalną masę pojazdów poruszających się po moście do 10t, za wyjątkiem autobusów komunikacji publicznej i tramwajów (fot. 4), przy ograniczeniu prędkości tramwajów do 10 km/h.



Fot. 4 Znak ograniczenia masy dopuszczalnych pojazdów samochodowych

3. Przyjęte założenia do sposobu zabezpieczenia uszkodzonego dźwigara.

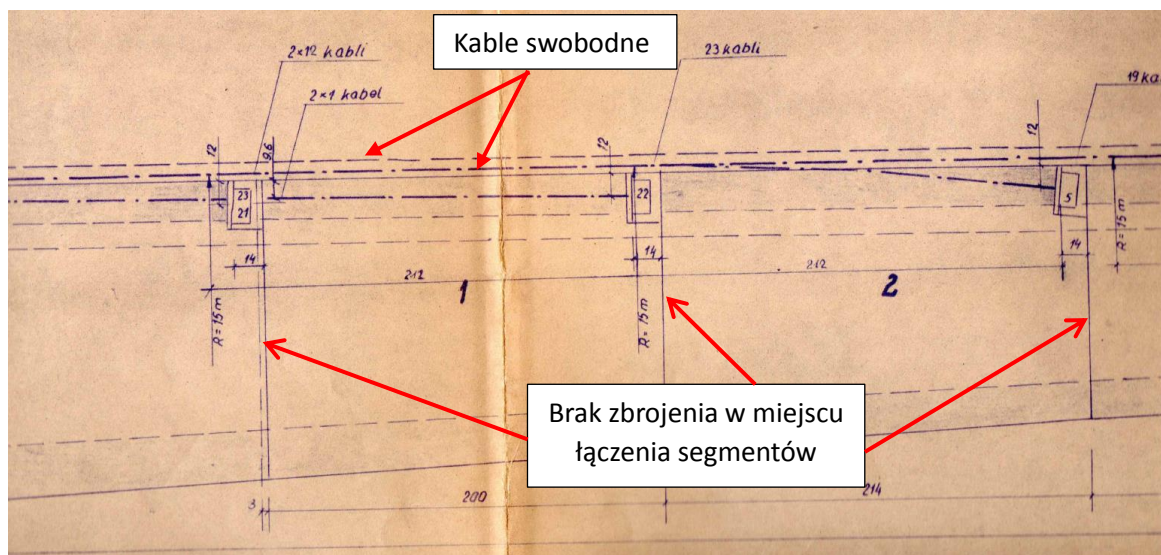
W oparciu o analizy zawarte w ekspertyzie [15] ustalono, że stwierdzone ugięcie przęsła nurtowego (północnego), przede wszystkim po stronie zachodniej oraz spękania drugiego dźwigara głównego (licząc od strony zachodniej) wspornika północnego przęsła nurtowego są spowodowane zmniejszeniem siły sprężającej, a bezpośrednią tego przyczyną jest

prawdopodobnie zerwanie niektórych kabli (lub pojedynczych drutów w kablach typu Freyssineta). Fotografie uszkodzonego dźwigara pokazano na fot. 5 do 9, a lokalizację pęknięć na rys. 2.

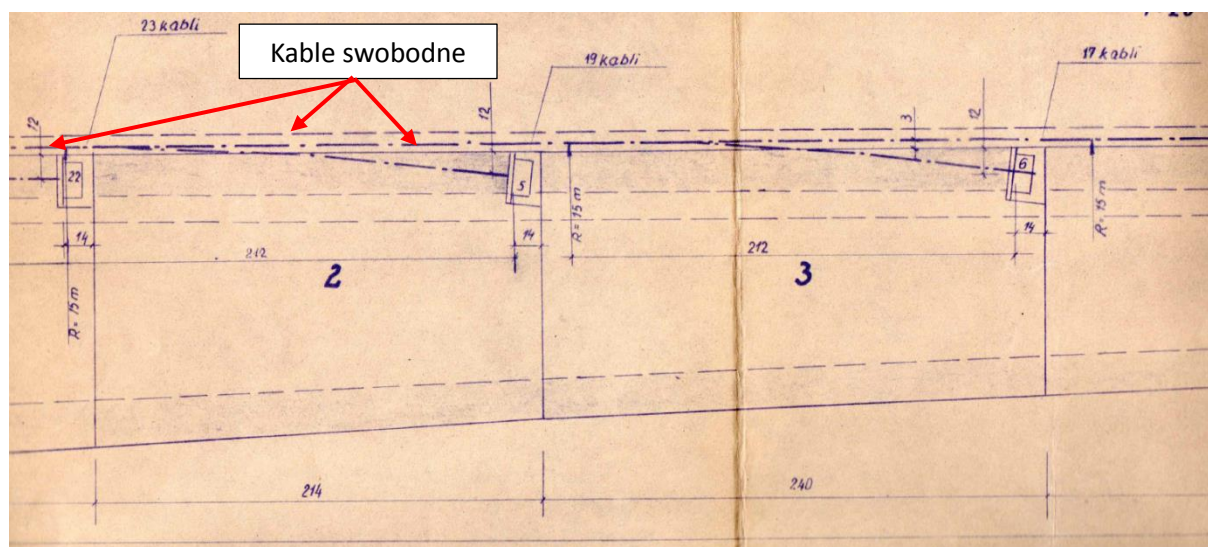
Zaobserwowane spękania dolnej krawędzi dźwigara skrzynkowego oraz na wysokości ok. 50 cm ścian bocznych są spowodowane przyrostem odkształceń od ściskania i prawdopodobnie efektem mniejszej odkształcalności sztywnej powłoki wykonanej na powierzchni dźwigarów w czasie przeprowadzonego w roku 2005 remontu mostu. W oparciu o badania konstrukcji przeprowadzone w sierpniu 2023 roku nie stwierdzono, by doszło do uplastycznienia betonu konstrukcji dźwigarów skrzynkowych. Nie stwierdzono również, by uplastycznił się beton znajdujący się w styku segmentów. Jest charakterystycznym, że spękania wystąpiły jedynie na stykach sąsiednich segmentów, co prawdopodobnie wynika z tego, że do wypełnienia styków zastosowano beton o mniejszej wytrzymałości (i mniejszym module sprężystości) od betonu prefabrykatów. Spękania i odspajanie się powłoki ochronnej jest najprawdopodobniej, o czym pisano wcześniej, wynikiem wzrostu odkształceń betonu na styku segmentów i większym modulem sprężystości warstwy naprawczej niż betonu w stykach segmentów (mniejszej odkształcalności).

Z zachowanej dokumentacji projektowej z okresu remontu mostu wynika, że na górnej powierzchni konstrukcji naklejono taśmy wykonane z włókien węglowych w ilości gwarantującej uzyskanie wymaganej nośności konstrukcji ze względu na zginanie, i że ten pozwolił na zapewnienie wymaganego współczynnikiem bezpieczeństwa ze względu na zginanie od obciążeń stałych i zmiennych odpowiadającym klasie obciążenia B zgodnie z PN-85/S-10030 (zachowana jest nośność graniczna na zginanie, nawet po zerwaniu części cięgien). Potwierdziły to przeprowadzone badania, które nie wykazały by doszło do przekroczenia nośności granicznej na zginanie, a przyrost ugięć jest najprawdopodobniej wynikiem przyrostu odkształceń betonu w strefie ściskanej, jako bezpośredni skutek zmniejszenia siły sprężającej i wzrostu naprężeń ściskających przy dolnej krawędzi.

Jednak zastosowany sposób wzmocnienia za pomocą doklejonych taśm z włókien węglowych na powierzchni pomostu nie spowodował podniesienia nośności na ścinanie. Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne powoduje, że siła poprzeczna przenoszona jest jedynie przez siły tarcia i adhezji w styku łączenia prefabrykatów (brak zbrojenia łączącego poszczególne prefabrykaty). Przykładowy sposób „łączenia” segmentów jedynie za pomocą tarcia pokazano na rys. 3 i 4.



Rys. 3 Przykładowy sposób łączenia segmentów – sprężenia konstrukcji kablami swobodnymi ułożonymi na górnej powierzchni pomostu (połączenie części monolitycznej i segmentów 1 i 2)



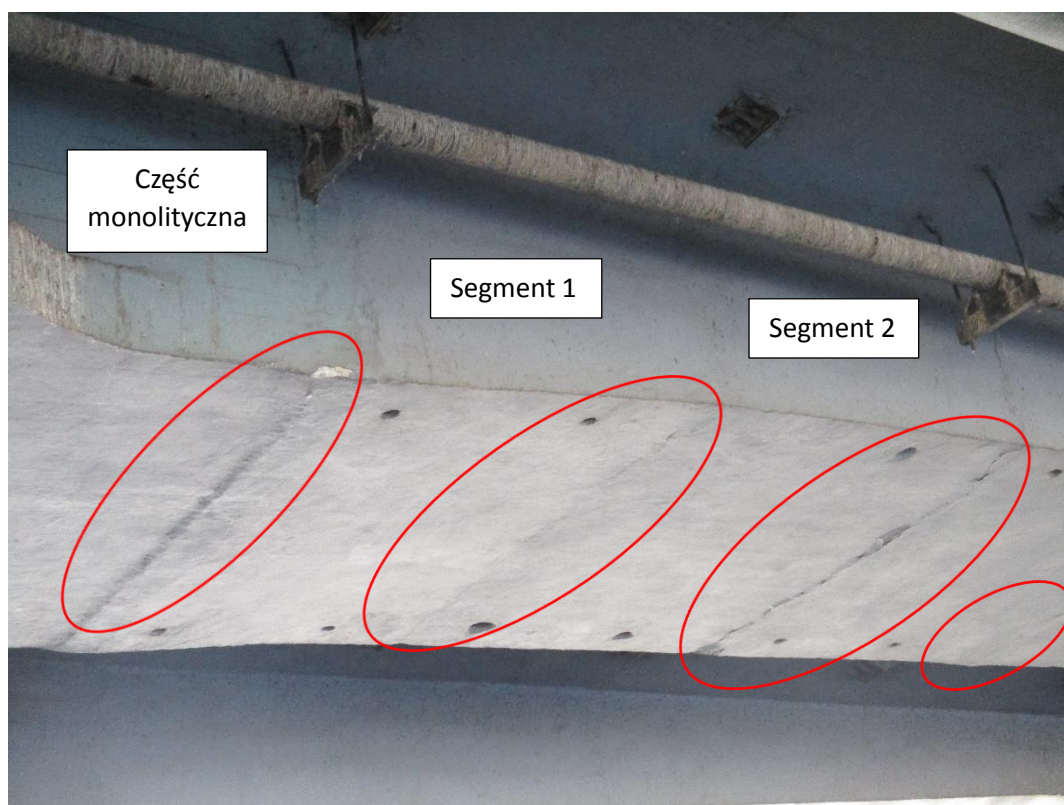
Rys. 4 Przykładowy sposób rozmieszczenie splotów na długości przęsła, na połączeniu segmentu 2 i 3

Ponadto zastosowany sposób prowadzenia kabli (rys. 3 i 4) powoduje, że faktycznie są to tzw. kable swobodne, ze wszelkimi tego konsekwencjami dotyczącym stanu granicznego nośności i wpływem na wartość siły sprężającej wywołanej uszkodzeniem, nawet lokalnym, kabla (utrata ciągłości kabla niesie za sobą skutki na całej jego długości – całkowita eliminacja siły sprężającej).

Zmniejszenie siły sprężającej powoduje zmniejszenie sił tarcia i w konsekwencji zmniejszenie nośności dźwigara na przenoszenie sił poprzecznych. Ponieważ nie jest znany

procent zmniejszenia siły sprężającej (liczba uszkodzonych kabli), nie jest możliwe precyzyjne oszacowanie o ile zmniejszyła się aktualna nośność na przenoszenie siły poprzecznej przez dźwigar. Brak spękań dźwigarów (poza warstwą naprawczą) na bocznej krawędzi (na wysokości środków), a przede wszystkim brak pionowych przemieszczeń segmentów, wskazuje, że nie został jeszcze przekroczony stan graniczny nośności dźwigarów na ścinanie. Biorąc to wszystko na uwagę stwierdzono, że z uwagi na sposób łączenia segmentów, zachodzi duże zagrożenie wystąpienia awarii zagrażającej bezpieczeństwu eksploatacji mostu z uwagi na przekroczenie nośności na ścinanie (nawet przy wprowadzonych ograniczeniach w użytkowaniu mostu). Jest to możliwe np. jeśli uszkodzone zostały kolejne kable sprężające w uszkodzonej belce lub gdyby doszło do uszkodzenia kabli w sąsiedniej belce.

W oparciu o przedstawioną analizę stanu konstrukcji uznano, że aktualnie nie jest konieczne wzmacnianie uszkodzonej belki na zginanie (na przenoszenie momentów zginających), ale konieczne jest wzmocnienie na ścinanie (przenoszenie sił poprzecznych) co zabezpieczy konstrukcję przed katastrofą budowlaną.



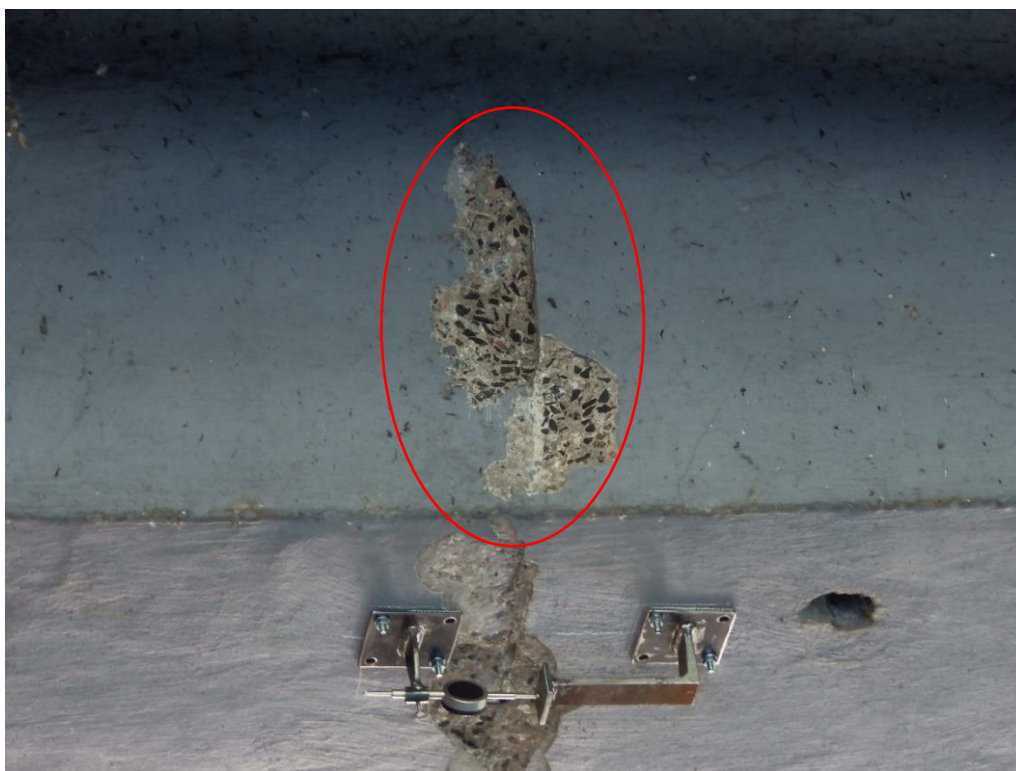
Fot. 5 Lokalizacja pęknięć pomiędzy segmentami dźwigara przedskrajnego (o strony zachodniej) – północna część przęsła nurtowego



Fot. 6 Przykładowe uszkodzenia – spękania warstwy naprawczej (szpachli) pomiędzy drugim i trzecim segmentem – belka przedskrajna od strony zachodniej (stan na 25.05.2023) - część północna mostu



Fot. 7 Przykładowe uszkodzenie - spękania warstwy naprawczej na styku segmentu 2 i 3 – strona północno-zachodnia (przed usunięciem luźnych fragmentów). Widoczne spękanie na bocznej krawędzi belki



Fot. 8 Przykładowe uszkodzenie - spękania warstwy naprawczej na styku segmentu 2 i 3 – strona północno-zachodnia (przed usunięciem luźnych fragmentów). Widoczne spękanie na bocznej krawędzi belki



Fot. 9 Pęknięcie pomiędzy drugim i trzecim segmentem – belka przedskrajna od strony zachodniej (stan na 25.05.2023) - część północna mostu. Odspojony fragmenty betonu dolnej krawędzi skrzynki. Ubytki betonu na polaczeniu prefabrykatów.

4. Przyjęty sposób zabezpieczenia

4.1 Uwagi ogólne. Przyjęte założenia do zakresu zabezpieczenia przęseł.

Na podstawie przeprowadzonej analizy geometrii przęseł oraz zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych ustalono, że nie jest możliwe wzmocnienie czynne przęseł, np. za pomocą dodatkowego sprężenia belki (zwiększenia siły sprężającej), bez całkowitego wyłączenia mostu z eksploatacji i rozebraniu nawierzchni. Co prawda taki sposób wzmocnienia pozwoliłby w sposób racjonalny ewentualnie przywrócić pierwotną nośność mostu, wiązałoby się to jednak z wyłączeniem mostu z eksploatacji. Ponadto biorąc pod uwagę wiek mostu (ponad 50 lat eksploatacji), aktualny stan techniczny konstrukcji mostu i zastosowane rozwiązania konstrukcyjne (przede wszystkim przyjęty schemat statyczny) uznano, że nie jest racjonalne przywracanie pierwotnej nośności mostu, a należy jedynie zabezpieczyć jego bezpieczną ograniczoną eksploatację i podjąć działania mające na celu wybudowanie nowego mostu. Dlatego po uzgodnieniu z Zarządem Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w Bydgoszczy zaprojektowano wzmocnienie bierne umożliwiające bezpieczną, ograniczoną eksploatację mostu i zabezpieczające przed ewentualnym wystąpieniem katastrofy budowlanej.

Biorąc pod uwagę diagnozę przyczyn powstałych uszkodzeń (patrz pkt. 3 opracowania) i założonych warunków eksploatacji uznano, że wzmocnienie powinno dotyczyć jedynie podniesienia nośności na przenoszenie sił poprzecznych styków prefabrykowanych segmentów.

4.2 Zabezpieczenie na działanie siły poprzecznej

4.2.1 Założenia

Przyjęto, że całą siłę poprzeczną w styku przejmuje siła tarcia. Ponieważ nie jest znana początkowa wartość siły sprężającej, przyjęto, że maksymalne naprężenia ściskające w styku prefabrykatów po wybudowaniu mostu nie przekraczały dopuszczalnych naprężeń dla betonu marki $R_w = 40$ MPa, tj. wg normy PN-66/B-03320 $\sigma_{dop} = 16$ MPa. Jeśli przyjmiemy, że na przeciwległej krawędzi siła normalna równa jest zero, daje to średnią wartość naprężeń normalnych w styku $\sigma_{\text{śred}} = 8,0$ MPa. Do obliczenia siły tarcia przyjęto współczynnik tarcia w styku $\mu = 0,7$ (zgodnie z normą PN-EN 1992-1-1 – powierzchnie bardzo szorstkie). W obliczeniach pominięto siły adhezji w styku.

W obliczeniach aktualnej siły tarcia w stykach segmentów przyjęto, że w odniesieniu do pierwotnej, siła sprężająca jest aktualnie mniejsza o 25% i w takim procencie uległa

zmniejszeniu nośność na ścinanie styku, którą muszą przenieść dodatkowe elementy stalowe mocowane do ścian bocznych skrzynki.

Przyjęto ponadto, że całą siłę poprzeczną przejmują środniki (ścianki boczne skrzynek) – elementy prostopadłe do kierunku działania siły poprzecznej.

4.2.2 Siła w poszczególnych stykach – dla jednej ścianki skrzynki

Styk segmentu 0 - 1

Pole przekroju ścianki bocznej (przyjmując średnią wysokość na długości segmentu)

$$F_{\text{środ, 0-1}} = 0,2 \times 0,97 = 0,194 \text{ m}^2$$

Siła tarcia

$$T_{0-1} = 0,194 \times 8,0 \times 0,7 = 1,086 \text{ MN} = 1086 \text{ kN}$$

Styk segmentu 1 - 2

Pole przekroju ścianki bocznej (przyjmując średnią wysokość na długości segmentu)

$$F_{\text{środ, 1-2}} = 0,2 \times 0,91 = 0,182 \text{ m}^2$$

Siła tarcia

$$T_{1-2} = 0,177 \times 8,0 \times 0,7 = 1,019 \text{ MN} = 1019 \text{ kN}$$

Styk segmentu 2 - 3

Pole przekroju ścianki bocznej (przyjmując średnią wysokość na długości segmentu)

$$F_{\text{środ, 2-3}} = 0,2 \times 845 = 0,169 \text{ m}^2$$

Siła tarcia

$$T_{2-3} = 0,169 \times 8,0 \times 0,7 = 0,946 \text{ MN} = 946 \text{ kN}$$

Styk segmentu 3 - 4

Pole przekroju ścianki bocznej (przyjmując średnią wysokość na długości segmentu)

$$F_{\text{środ, 3-4}} = 0,2 \times 0,79 = 0,158 \text{ m}^2$$

Siła tarcia

$$T_{3-4} = 0,158 \times 8,0 \times 0,7 = 0,885 \text{ MN} = 885 \text{ kN}$$

4.2.3 Potrzebne pole przekroju blachy zabezpieczającej styk

Przyjęto, że blacha zabezpieczająca musi przenieść 25% nominalnej siły w styku.

Przyjęto, że blachy będą wykonane ze stali S235. Przyjęto wytrzymałość obliczeniową:

- siła normalna: $R_{obl} = 200 \text{ MPa}$

- siła ścinająca: 120 MPa

Styk segmentu 0 -1

Przyjęto blachę wysokości $1,0 \text{ m}$

Wymagana grubość

$$g = \frac{0,25 \cdot 1,086}{120 \cdot 1,0} = 0,0023 \text{ m} = 2,3 \text{ mm}$$

Styk segmentu 1- 2

Przyjęto blachę wysokości $0,9 \text{ m}$

Wymagana grubość

$$g = \frac{0,25 \cdot 1,019}{110 \cdot 0,9} = 0,0026 \text{ m} = 2,6 \text{ mm}$$

Styk segmentu 2- 3

Przyjęto blachę wysokości $0,8 \text{ m}$

Wymagana grubość

$$g = \frac{0,25 \cdot 0,946}{120 \cdot 0,8} = 0,0025 \text{ m} = 2,5 \text{ mm}$$

Styk segmentu 3- 4

Przyjęto blachę wysokości $0,65 \text{ m}$

Wymagana grubość

$$g = \frac{0,25 \cdot 0,885}{120 \cdot 0,65} = 0,0028 \text{ m} = 2,8 \text{ mm}$$

Przyjęto we wszystkich stykach blachę o grubości 12 mm .

4.2.4 Wymagana ilość kotew mocujących blachy do dźwigarów

4.2.4.1 Nośność jednej kotwy

Przyjęto kotwy wklejane (tzw. kotwy chemiczne).

Uwaga. **Obliczenia przeprowadzono dla kotew wklejanych HVU z trzpieniem HAS – (E) firmy HILTI.** Dopuszczalne jest stosowanie innych kotew mających nie mniejszą nośność. Nośność jednej kotwy przyjęto na podstawie: Podręcznik techniki mocowań. Wyd. Hilti, 2010

Przyjęto kotwy wklejane HVU M16, z trzpieniem HAS – (E) o długości 125 mm.

Nośność jednej kotwy obliczono przy założeniu, że minimalna grubość podłoża betonowego wynosi 200 mm. Wytrzymałość betonu na ściskanie odpowiada klasie C30/37. Rozstaw kotew wynosi co najmniej 100 mm. Odległość od krawędzi bocznej wynosi co najmniej 100 mm, a odległość od krawędzi w kierunku działania siły poprzecznej co najmniej 250 mm.

Nośności obliczeniowa trzpienia kotwy na ścinanie: $N_{Rd,s} = 48,1 \text{ kN}$

Nośność ze względu na wyłupanie betonu: $N_{Rd,p} = 47,94 \text{ kN}$

Nośność ze względu na zniszczenie krawędzi betonu: $N_{Rd,c} = 17,0 \text{ kN}$

Uwaga. Decyduje nośność ze względu na zniszczenie krawędzi betonu.

Do obliczeń wymaganej liczby kotew przyjęto nośność jednej kotwy: 17,0 kN

4.2.4.2 Wymagana minimalna liczba kotew

- styk segmentów 0-1

$$n = 1086 \times 0,25/17,0 = 15,9$$

Przyjęto 16 sworzni

- styk segmentów 1-2

$$n = 1019 \times 0,25/17,0 = 15,0$$

Przyjęto 16 sworzni

- styk segmentów 2-3

$$n = 946 \times 0,25/17,0 = 13,9$$

Przyjęto 14 sworzni

- styk segmentów 3-4

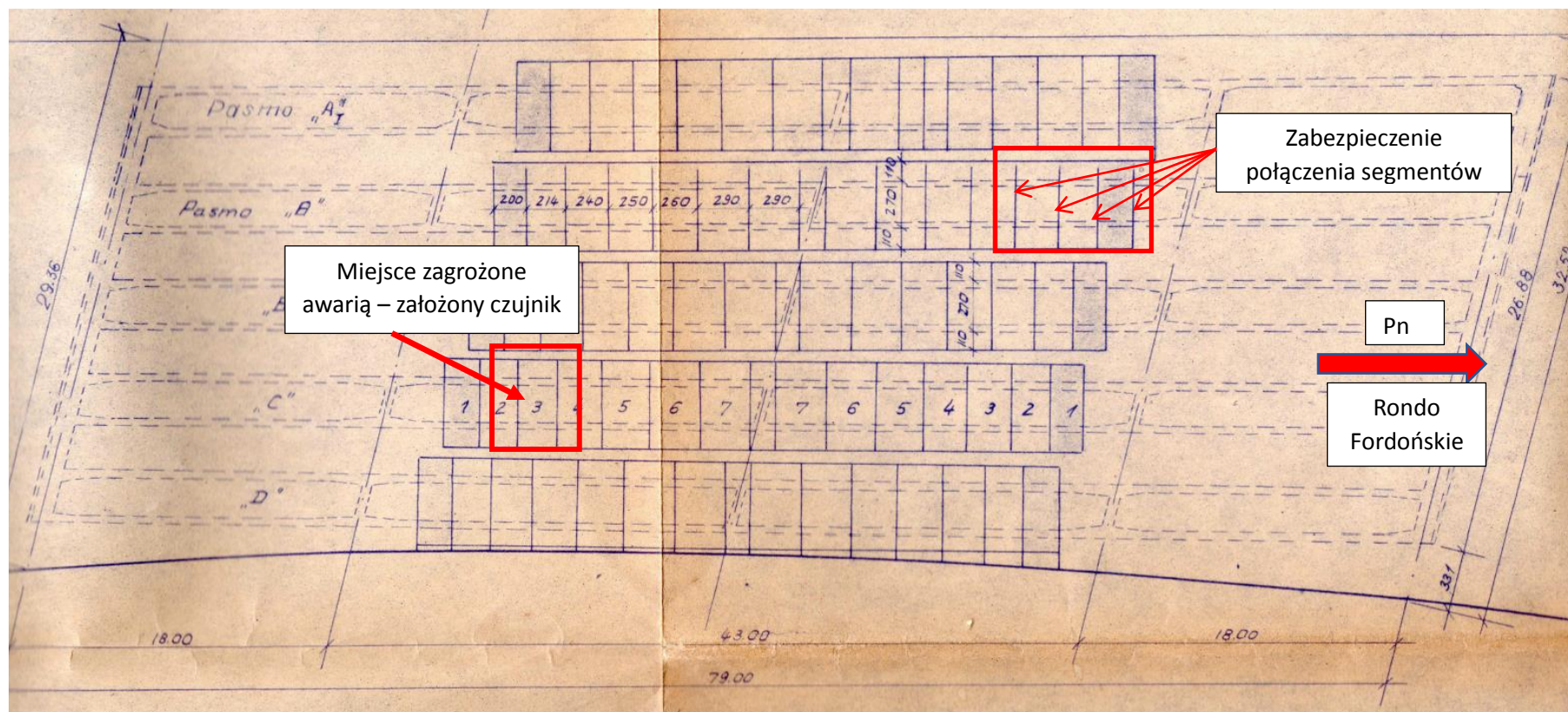
$$n = 885 \times 0,25/17,0 = 13,0$$

Przyjęto 13 sworzni

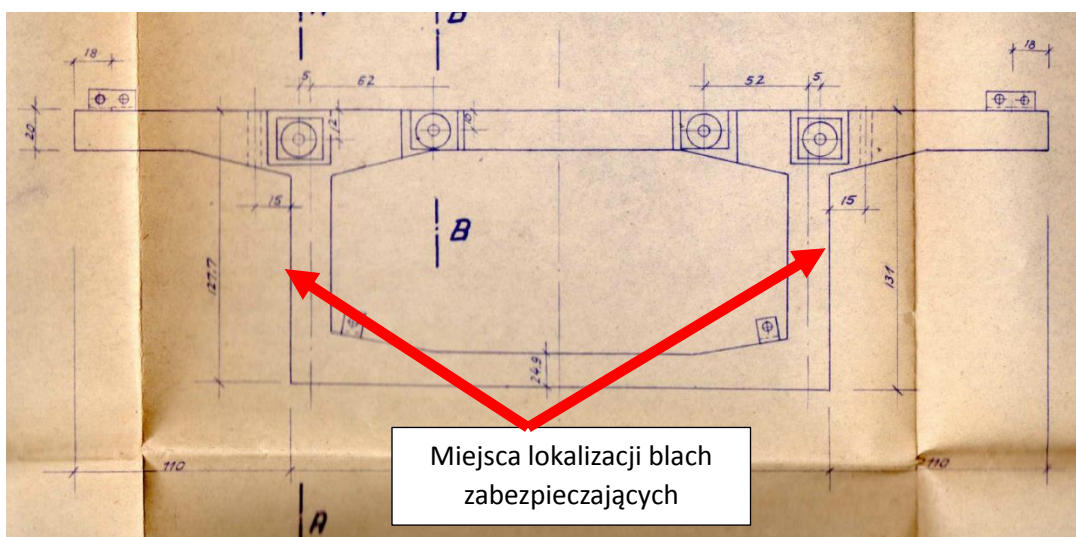
Uwaga:

Ze względu na ryzyko wystąpienia wad betonu w miejscu potencjalnej lokalizacji sworzni i brak możliwości ich skutecznego osadzenia, zwiększona została ich liczba o jeden rząd w każdym połączeniu tj. do

- styk segmentów 0 -1 – 24 sworznie
- styk segmentów 1- 2 – 22 sworznie
- styk segmentów 2 -3 – 20 sworzni
- styk segmentów 3-4 – 18 sworzni



Rys. 5 Lokalizacja zabezpieczenia dźwigarów



Rys. 6 Przykładowe miejsca lokalizacji blach zabezpieczających (Przekrój poprzeczny - segment 2).

5. Technologia wykonywania zabezpieczenia

Przed przystąpieniem do wykonania zabezpieczenia należy przygotować stalowe blachy przewidziane jako elementy mocowane do bocznych ścian skrzynki. Blachy należy zabezpieczyć przed korozją za pomocą cynkowania ogniowego i pomalować zestawem farb do zabezpieczeń antykorozyjnych.

Przed przystąpieniem do prac na obiekcie należy dokonać modyfikacji sposobu mocowania gazociągu w miejscach, w których występuje kolizja uniemożliwiająca mocowanie blach wzmacniających.

Powierzchnie boczne skrzynek w miejscu mocowania blach należy oczyścić z warstwy naprawczej, a następnie usunąć ewentualne duże ubytki betonu za pomocą zaprawy PCC (nie pokrywać warstwą PCC całej powierzchni betonu przewidzianej do mocowania blach, a jedynie starannie oczyścić ze skorodowanego, luźnego betonu).

Następnie wykonać otwory w miejscu osadzania kotew. Otwory trasować wykorzystując jako szablon wcześniej wykonane blachy, lub przygotować stosowne szablony odzwierciedlające dokładnie układ otworów.

Następnie zamocować blachy za pomocą wklejanych kotew (tzw. kotwy mocowane chemicznie). Ewentualnie uzupełnić uszkodzoną powłokę antykorozyjną oraz wykonać powłokę na powierzchni kotew.

W dokumentacji projektowej założono, że prace zabezpieczające styki prefabrykatów prowadzone będą ze środka pływakącego na który zamontowane będzie rusztowanie robocze.

Uwaga: W projekcie przyjęto kotwy HVU z trzpieniem HAS – (E) firmy HILTI, jednak jest możliwość zastosowanie równoważnych kotew innych producentów, pod warunkiem, że ich nośność będzie nie mniejsza od kotew przyjętych w projekcie zabezpieczenia oraz spełnione będą wymagania co warunków ich mocowania (m.in. głębokość osadzenia czy odległości między kotwami i od krawędzi wzmacnianych elementów). W przeciwnym razie należy przeprowadzić obliczenia sprawdzające i dokonać ewentualnych korekt w projekcie wzmocnienia.

6. Uwagi końcowe

Zaproponowany sposób zabezpieczenia przęsła należy traktować jako zabieg mający przede wszystkim nie dopuścić do wystąpienia katastrofy budowlanej i pozwalający utrzymać ograniczoną eksploatację mostu. Przeprowadzone analizy wykazały, że technicznie bardzo trudne jest przywrócenie pierwotnej nośności mostu, a praktycznie nie możliwe, bez całkowitego wyłączenia mostu z eksploatacji i rozebraniu nawierzchni, a także prawdopodobnie również usunięcia dodanej w roku 2005 warstwy nadbetonu. Biorąc pod uwagę wiek i stan techniczny obiektu oceniam, że taki zabieg jest nieracjonalny i nieuzasadniony ekonomicznie. Istnieje ryzyko wystąpienia uszkodzeń korozyjnych w kolejnych kablach i belkach w nieokreślonym czasie. Dlatego w porozumieniu z Zarządcą mostu zdecydowano się na zastosowanie zawartego w tym opracowaniu sposobu zabezpieczenia mostu. Zaproponowany sposób zabezpieczenia styków prefabrykatów nie wyklucza jednak, jeśli byłaby taka wola Władz Miasta, by przeprowadzić remont przywracający nośność mostu przed awarią, ale przy znacznych i kosztownych zabiegach remontowych.

W oparciu o analizę aktualnego stanu mostu nie stwierdzono natomiast symptomów wskazujących na realne zagrożenie podobną awarią pozostałych belek, za wyjątkiem drugiego (licząc od krawędzi wschodniej), po stronie południowej mostu (patrz rys. 5). Dlatego na razie ograniczono zabezpieczenie jedynie do dźwigara po stronie północno-zachodniej. **Konieczna jest jednak stała obserwacja stanu mostu i ewentualne zabezpieczenie innych dźwigarów, gdyby stwierdzono ich uszkodzenia, jak również nowych uszkodzeń w zabezpieczonym dźwigarze.** Dotyczy to przede wszystkim wymienionego wcześniej dźwigara po stronie południowo-wschodniej (rys. 5) – z założonym czujnikiem do monitorowania stanu połączenia

segmentów prefabrykowanych. Podany sposób zabezpieczenia wskazanego dźwigara po stronie wschodniej można wykonać w podobny sposób.

Prace zabezpieczające połączenia segmentów należy wykonać w trybie awaryjnym w możliwie najkrótszym terminie.

III. INFORMACJA BIOZ

1. Zakres robót oraz kolejność realizacji.

W ramach zabezpieczenia uszkodzonych przęseł Mostu Pomorskiego nad rzeką Brdą w Bydgoszczy przewiduje się wykonanie następujących zasadniczych robót:

- wykonanie platformy roboczej na środku pływającym,
- przygotowanie blach zabezpieczających zabezpieczonych antykorozyjnie,
- wykonanie nowych podwieszeń gazociągu w sąsiedztwie podwieszenia kolidującego z blachami zabezpieczającymi,
- usunięcie powłoki naprawczej z powierzchni dźwigarów w miejscu mocowania blach zabezpieczających,
- wykonać odwierty pod kotwy wklejane
- zamontować blachy zabezpieczające

2. Wykaz istniejących obiektów budowlanych:

- w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu jest budynek marketu budowlanego;
- tunel;
- w dalszej odległości budynki biurowe;

3. Ramowe wytyczne realizacyjne zadania:

- roboty prowadzić zgodnie z projektem technicznym, przestrzegając wytycznych i zaleceń producentów materiałów, zgodnie z obowiązującymi przepisami ze szczególnym uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów BHP,
- wykonać niezbędne roboty przygotowawcze,
- wykonanie kotew,
- montaż blach zabezpieczających

Prace wykonywać pod stałym, fachowym nadzorem technicznym zgodnie z projektem i obowiązującymi przepisami ze szczególnym uwzględnieniem przepisów bhp.

4. Elementy zagospodarowania terenu mogące stanowić zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia:

- ul. Wyszyńskiego
- rzeka Brda

5. Przewidywane zagrożenia podczas realizacji robót:

- zagrożenia związane z robotami przygotowawczymi,
- zagrożenia wynikające z pracy na wysokości,
- zagrożenia związane z używaniem elektronarzędzi podczas robót budowlano-montażowych,
- zagrożenia związane z robotami malarskimi i powłokowym zabezpieczeniem antykorozyjnym,

6. Sposób prowadzenia instruktażu pracowników.

Wykonawca przed przystąpieniem do robót budowlanych zobowiązany jest opracować instrukcję bezpiecznego ich wykonywania i zaznajomić z nią pracowników zakresie wykonywanych przez nich robót.

Bezpośredni nadzór nad bhp na stanowiskach pracy sprawują odpowiednio kierownik robót oraz mistrz budowlany, stosownie do zakresu obowiązków.

Pracodawca ma obowiązek ustalić wykaz prac szczególnie niebezpiecznych na budowie oraz sposoby postępowania przy wykonywaniu tych prac.

Pracownicy na placu budowy powinni być wyposażeni w odpowiedni dla danej pracy sprzęt ochrony osobistej lub zbiorowej oraz powinni być wyposażeni w odzież roboczą i ochronną wg obowiązujących tabel i norm; zobowiązuje się pracowników do stosowania ich zgodnie z przeznaczeniem.

Dla pracowników powinny być prowadzone szkolenia bhp. Rodzaje szkoleń wg Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dn. 28.05.1996 w sprawie szczegółowych zasad szkolenia w dziedzinie bhp (Dz. U. 1996/62/285) są następujące:

- a) szkolenie wstępne ogólne,
- b) szkolenie wstępne stanowiskowe,
- c) szkolenie wstępne podstawowe,
- d) szkolenie okresowe.

Podczas szkolenia na każdym etapie należy zapoznać pracowników z ryzykiem zawodowym związanym z wykonywaną pracą na poszczególnych stanowiskach pracy oraz sposobem stosowania podczas pracy środków ochrony osobistej, zabezpieczających przed skutkami zagrożeń np.: kaski, szelki, okulary ochronne, odzież ochronna i.t.p.

7. Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom

wynikającym z wykonywania robót budowlanych:

- teren budowy powinien być ogrodzony i oznakowany tablicami ostrzegawczymi,
- strefy szczególnie niebezpieczne powinny być dodatkowo ogrodzone i oznakowane dla uniemożliwienia dostępu osobom postronnym,
- drogi dojazdowe powinny mieć utwardzoną nawierzchnię i być oznakowane zgodnie z przepisami o ruchu drogowym,
- przejścia dla pieszych powinny być wyznaczone w miejscach bezpiecznych, przejścia nad zagłębieniami powinny być wyposażone w balustrady,
- materiały budowlane należy składać w wyznaczonych miejscach odpowiednio do tego celu przygotowanych,
- substancje i materiały niebezpieczne należy przechowywać w opakowaniach producenta,
- instalacje elektryczne na placu budowy realizuje się w postaci przewodów ruchomych o długości nie przekraczającej 50 m do poszczególnych odbiorników,
- wysokość zawieszenia przewodów nie może utrudniać prowadzenia robót i transportu,
- urządzenia i instalacje należy poddawać okresowym przeglądom, pomiarom i próbom w terminach określonych przez pracowników dozoru i w instrukcji eksploatacji,
- zabrania się urządzania stanowisk pracy i składowisk bezpośrednio pod napowietrznymi liniami energetycznymi lub w odległościach mniejszych niż określone w odnośnych przepisach zależnie od napięcia dla danych linii,
- skrzynki rozdzielcze (rozdzielnice) należy zabezpieczyć przed dostępem osób nieupoważnionych,
- miejsca pracy powinny być należycie oświetlone, w przypadku konieczności stosowania oświetlenia sztucznego jego konstrukcja nie może powodować zagrożenia porażeniem,
- inwestor jest zobowiązany zawiadomić właściwego inspektora pracy na 7 dni przed rozpoczęciem budowy,
- wszystkie roboty należy prowadzić zgodnie z przyjętą technologią ich wykonania,
- wszystkie roboty należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP,

- stosowanie niezbędnych środków ochrony indywidualnej obowiązuje wszystkie osoby przebywające na terenie budowy,
- zabrania się wykonywania prac bez polecenia bezpośredniego przełożonego oraz poruszania się pracowników po terenie nie związanym bezpośrednio z powierzonymi zadaniami,
- wszyscy pracownicy zobowiązani są do niezwłocznego zawiadomienia przełożonego o dostrzeżonych nieprawidłowościach dotyczących BHP z jednoczesnym ostrzeżeniem o ewentualnych zagrożeniach współuczestników oraz inne osoby znajdujące się w rejonie zagrożenia,
- każdy pracownik musi być poinformowany, że wszystkie przepisy i instrukcje dotyczące BHP znajdują się w biurze kierownika budowy.

Opracował:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Arkadiusz Madaj', with a stylized flourish at the end.

dr hab. inż. Arkadiusz Madaj, prof. PP

(upr. nr 7131/133/P/2001)