

# DIAGNOSTYKA I NAPRAWY KONSTRUKCJI

**Tomasz Kordjak**

00-877 Warszawa, Al. Solidarności 161/130  
Biuro Techniczne, Ratuszowa 11 lok. 83  
03-450 Warszawa,  
tel./fax (22) 619 82 26  
e-mail: [biuro@dink-mosty.pl](mailto:biuro@dink-mosty.pl)  
[www.dink-mosty.pl](http://www.dink-mosty.pl)

NIP 527-147-69-41

REGON 013089352

## EKSPERTYZA TECHNICZNA

**mostu przez rzekę Pilsię w ciągu drogi wojewódzkiej nr 484 w  
km 9+215 w miejscowości Łobudzice**

Nr umowy: Umowa nr 75/2012 z dnia 13.11.2012r.

Inwestor Zarząd Dróg Wojewódzkich w Łodzi  
i Zamawiający: ul. Sienkiewicza 3, 90-113 Łódź

Obiekt: Most drogowy

Lokalizacja: Województwo: Łódzkie, Powiat: Bełchatów, Gmina: Żelów

Branża: MOSTOWA



Opracowali:	Zakres:	Nr i zakres uprawnień	Podpis
mgr inż. Tomasz Kordjak	Przegląd szczegółowy, analiza nośności, opracowanie całości i wnioski końcowe	Wa-220/93 do kierowania robotami budowlanymi w zakresie mostów MAZ/0183/POOM/04 projektowe w zakresie mostów.	
mgr inż. Paweł Szczypek	Badania diagnostyczne	_____	
mgr inż. Agata Krawczyk-Rumińska	Analiza nośności, inwentaryzacja geometryczna	_____	

## SPIS TREŚCI

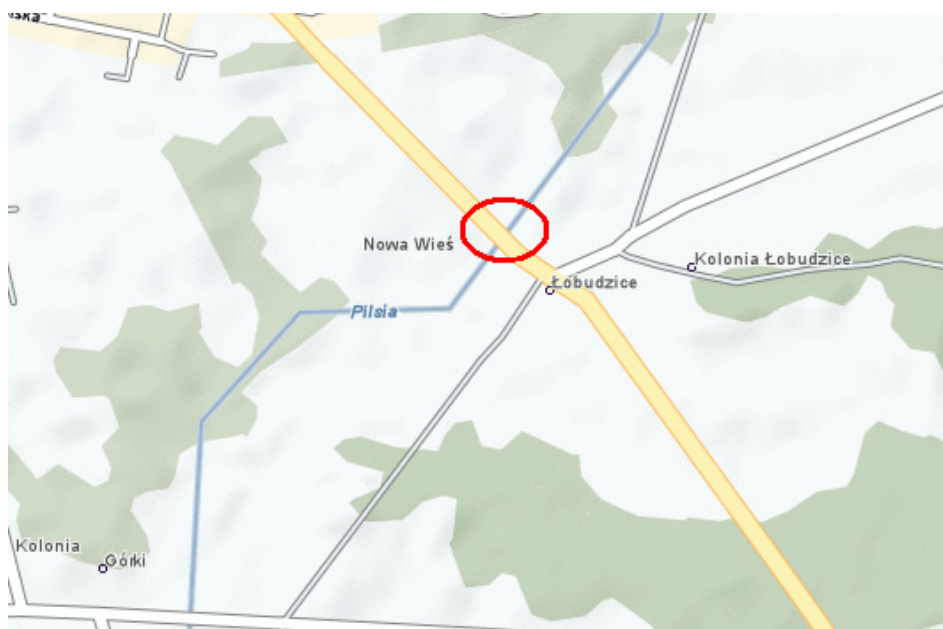
<b>1.</b>	<b>PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>PODSTAWY OPRACOWANIA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>OPIS TECHNICZNY MOSTU .....</b>	<b>8</b>
	PARAMETRY GEOMETRYCZNE OBIEKTU .....	8
<b>4.</b>	<b>OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU I ZALECENIA UTRZYMANIOWE .....</b>	<b>11</b>
4.1	NAWIERZCHNIA JEZDNI I CHODNIKÓW .....	11
4.2	BALUSTRADY .....	11
4.3	ODWODNIENIE.....	14
4.4	IZOLACJA .....	14
4.5	DYLATACJE .....	14
4.6	USTRÓJ NOŚNY .....	15
4.7	PODPORY.....	17
<b>5.</b>	<b>POMIARY I PODSTAWOWE BADANIA.....</b>	<b>19</b>
5.1	BADANIA MATERIAŁOWE KONSTRUKCJI OBIEKTU MOSTOWEGO .....	19
5.1.1	Badanie sklerometryczne betonu.....	19
5.1.2	Badania wytrzymałościowe próbek rdzeniowych betonu.....	20
5.1.3	Określenie rozstawu, otuliny i średnicy zbrojenia.....	20
5.1.4	Badanie chemiczne betonu .....	21
5.1.5	Badanie stopnia karbonatyzacji betonu.....	22
5.1.6	Badanie mrozoodporności betonu .....	22
5.2	POMIAR ROZWARCIA RYS Z ICH INWENTARYZACJĄ .....	22
5.3	BADANIE UBYTKÓW KOROZYJNYCH ZBROJENIA.....	22
5.4	WYKONANIE NIWELACJI POMOSTU .....	22
5.5	WYKONANIE ODWIERTÓW W KONSTRUKCJI .....	22
<b>6.</b>	<b>ANALIZA NOŚNOŚCI.....</b>	<b>23</b>
6.1	ZAKRES ANALIZY .....	23
6.2	ZAŁOŻENIA MATERIAŁOWE.....	23
6.2.1	Beton .....	23
6.2.2	Stal zbrojeniowa.....	23
6.2.3	Obciążenie ciężarem własnym.....	23
6.3	OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE.....	23
6.3.1	Obciążenie taborem samochodowym wg PN-85/S-10030 [6].....	23
6.3.2	Obciążenie pojazdami dopuszczonymi do ruchu wg [29].....	24
6.3.3	Obciążenie pojazdami wojskowymi wg [35].....	24
6.4	METODOLOGIA OBLICZEŃ .....	24
6.5	WYNIKI ANALIZY NOŚNOŚCI .....	25
6.6	OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI WZMOCNIENIA OBIEKTU .....	26
<b>7.</b>	<b>ORZECZENIE O STANIE TECHNICZNYM MOSTU.....</b>	<b>27</b>
<b>8.</b>	<b>OKREŚLENIE ZAKRESU I TERMINU ROBÓT NAPRAWCZYCH .....</b>	<b>28</b>

### Załączniki:

- Z-1. Inwentaryzacja geometryczna
- Z-2. Dokumentacja badań diagnostycznych
- Z-3. Schematy obciążeń
- Z-4. Wybrane elementy analizy nośności obiektu
- Z-5. Część przedmiarowo-kosztorysowa
- Z-6. Protokoły z rady technicznej

## 1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest most drogowy przez rzekę Pilsię w km. 9+215 drogi wojewódzkiej nr 484 w m. Łobudzice. Usytuowanie obiektu w planie oraz widok z boku przedstawia rys. 1.1 i fot. 1.2.



Rys. 1.1 Lokalizacja obiektu w planie



Fot. 1.2 Widok z boku z poziomego terenu pod obiektem od strony zachodniej.

Celem niniejszego opracowania jest wykonanie ekspertyzy przedmiotowego mostu drogowego ze szczególnym uwzględnieniem stanu technicznego poszczególnych elementów nośnych, wykonanie sprawdzających obliczeń statyczno – wytrzymałościowych określających nośność oraz wojskową klasyfikację obiektu oraz opracowanie opinii na temat warunków jego dalszej eksploatacji.

W zakres niniejszego opracowania wchodzi:

- ✓ Inwentaryzacja geometryczna obiektu.
- ✓ Dokumentacja fotograficzna podstawowych uszkodzeń.
- ✓ Wzrokowa ocena stanu technicznego poszczególnych elementów konstrukcyjnych.
- ✓ Wykonanie podstawowych badań materiałowych.
- ✓ Określenie ubytków betonu i ich wpływu na nośność.
- ✓ Ocena korozji prętów zbrojenia z określeniem wpływu na nośność obiektu.
- ✓ Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe z określeniem nośności mostu.
- ✓ Opinia techniczna dot. stanu technicznego ustroju nośnego obiektu.
- ✓ Określenie klasy obciążeń obiektu.
- ✓ Ocena potrzeb niezbędnych ograniczeń na obiekcie.
- ✓ Podsumowanie i wnioski końcowe.
- ✓ Podanie zakresu robót budowlanych z określeniem terminów zalecanych do wykonania prac remontowych na przedmiotowym obiekcie.

## 2. PODSTAWY OPRACOWANIA

- A. Umowa nr 75/2012 z dnia 13.11.2012 r., zawarta pomiędzy Zamawiającym: Zarząd Dróg Wojewódzkich w Łodzi z siedzibą w Łodzi, ul. Sienkiewicza 3 i Wykonawcą: Diagnostyka i Naprawy Konstrukcji Tomasz Kordjak, z siedzibą w Warszawie Al. Solidarności 161/130
- B. Oględziny obiektu, pomiary inwentaryzacyjne oraz dokumentacja fotograficzna wykonane w listopadzie 2012 r.
- C. Badania wykonane w dniach 14.11.2012 i 15.11.2012 r.
- D. Dokumentacja archiwalna przedmiotowego obiektu:

[1] Przegląd szczegółowy mostu wykonany w roku 2011 przez M.S.M. "Pontex"

- E. Obowiązujące przepisy, normy oraz literatura techniczna:

- [1] Biliszczyk J., Bień J., Maliszewicz P., Machelski Cz., Mistewicz M., Onysyk J., Rabiega J.: Podręcznik inspektora mostowego. Część I i II. Politechnika Wrocławska. Wrocław 1995.
- [2] PN-B-01800:1980 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Klasyfikacja i określenie środowisk.
- [3] PN-B-01807:1988 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Zasady diagnostyki konstrukcji.
- [4] PN-B-01810:1986 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Własności ochronne betonu w stosunku do stali zbrojeniowej. Badania elektrochemiczne.
- [5] PN-B-06250:1988 Beton zwykły.
- [6] PN-S-10030:1985 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [7] PN-S-10040:1977 Żelbetowe i betonowe obiekty mostowe. Wymagania i badania.
- [8] PN-S-10042:1991 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- [9] PN-S-10050:1989 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania.
- [10] PN-S-10052:1982 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
- [11] PN-EN 1991-2 Obciążenia ruchome mostów.
- [12] PN-EN 1992-2 Mosty betonowe. Projektowanie i szczegółowe zasady.
- [13] PN-B-06262:1974 Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N.
- [14] PN-B-10021:1980 Prefabrykaty budowlane z betonu. Metody pomiaru cech geometrycznych.
- [15] PN-EN 473:2008 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.
- [16] PN-EN 571-1:1999 Badania nieniszczące. Badania penetracyjne. Zasady ogólne.
- [17] PN-EN 12504-1:2001 Badania betonu w konstrukcjach. Cz. 1: Odwierty rdzeniowe. Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.
- [18] PN-EN 12504-2:2002 Badania betonu w konstrukcjach. Cz. 2: Badania nieniszczące. Oznaczenie liczby odbicia.
- [19] PN-EN 12504-3:2006 Badania betonu w konstrukcjach. Cz. 3: Oznaczenie siły wyrywającej.
- [20] PN-EN 14630:2007 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczenie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową.
- [21] PN-H-04610:1978 Korozja metali. Metody oceny badań korozyjnych.
- [22] PN-H 04651:1971 Ochrona przed korozją. Klasyfikacja i określenie agresywności korozyjnej środowisk.
- [23] Pomiary odkształceń i przemieszczeń obiektów mostowych metodami geodezyjnymi, Ogólne Specyfikacje Techniczne, GG-00.13.01, Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 1998.



- [24] Zalecenia dotyczące oceny jakości betonu „in situ” w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych, Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów 1998.
- [25] Rozporządzenie Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z dnia 28 marca 1972 r. W sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu robót rozbiórkowych i budowlano-montażowych (Dz. U. nr 13 z dnia 10 kwietnia 1972 r.)
- [26] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 43, poz. 430 z 1999 r.
- [27] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30.05.2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 63, poz. 735 z 2000 r.
- [28] Rozporządzenie Ministrów Komunikacji oraz Administracji Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 10.02.1977 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu robót drogowych i mostowych. Dz. U. Nr 7, poz. 30 z 1977 r.
- [29] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. Nr 32 / 2003 r., poz. 263).
- [30] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego. Dz. U. Nr 202, poz. 2072.
- [31] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie numeracji i ewidencji dróg oraz obiektów mostowych (Dz. U. Nr 32 / 200 r., poz. 393).
- [32] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tj.: Dz. U. z 2010 r. nr 243, poz. 1623, tekst jednolity).
- [33] „Zalecenia do wykonywania oraz odbioru napraw i ochrony powierzchniowej betonu w konstrukcjach mostowych” załącznik do Zarządzenia Nr 10 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 27 listopada 1998r.
- [34] Instrukcja ITB nr 209: „Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji”. ITB, Warszawa 1977;
- [35] Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury z 26 Października 2010 r. w sprawie wyznaczania wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych. (Dz. Urz. MI.2010.2012.13.37)
- [36] Katalog detali mostowych. GDDKiA 2004.
- [37] Bień J., Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych, WKŁ, Warszawa 2010.
- [38] Bień J., Modelowanie obiektów w procesie ich eksploatacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [39] Furtak K., Śliwiński J., Materiały budowlane w mostownictwie, WKŁ, Warszawa 2004.
- [40] Kmita J., Bień J., Machelski Cz., Komputerowe wspomaganie projektowania mostów, WKŁ, Warszawa 1989.
- [41] Madaj A., Wołowicki W., Budowa i utrzymanie mostów, WKŁ, Warszawa 1995.
- [42] Jarominiak A., Przeglądy obiektów mostowych, WKŁ, Warszawa 1991.
- [43] Rymśa. J. z zespołem. Instrukcja dla operatora programu do wyznaczania wojskowych klas obciążenia drogowych obiektów inżynierskich na obszarze RP według standardów stosowanych w siłach zbrojnych NATO.
- [44] Ryżyński A., Badania konstrukcji mostowych, WKŁ, 1982.
- [45] Szlęzak. F., „Małe mosty” PWN, Łódź 1979
- [46] Szczepaniak W., Metody instrumentalne w analizie chemicznej, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2008.
- [47] Ściślewski Z., Ochrona konstrukcji żelbetowych, Arkady, Warszawa 1999.
- [48] Wawrusiewicz A., Wstępne wytyczne potencjometrycznego wykrywania stref korodującego zbrojenia w mostach betonowych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Instrukcje, Zeszyt 36, Warszawa 1992.
- [49] Wesołowski P., Wytyczne badań właściwości ochronnych betonu względem zbrojenia w mostach, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Instrukcje, Zeszyt 39, Warszawa 1992.

### 3. OPIS TECHNICZNY MOSTU

Przedmiotowy most przekracza przeszkodę jednym przęsłem żelbetowym, opartym na cienkościennych przyczółkach. Jest to obiekt jednoprzęsłowy, o ustroju niosącym płytowym. Schemat statyczny belki wolnopodpartej. Ustrój niosący wykonany jest z betonu zbrojonego. Minimalna grubość płyty wynosi 40 cm. Konstrukcja płyty, podobnie jak całej konstrukcji mostu wykonana jest z betonu z kruszywem łamanym, bazaltowym. Zbrojenie płyty wykonane jest ze stali gładkiej  $\varnothing$  22 mm. Pręty w rozstawie około 9 cm. Strzemiona wykonano ze stali  $\varnothing$  10 mm. Pręty rozdzielcze ze stali  $\varnothing$  14 mm.

Krawędzie płyty zakończone są belkami podporęczowymi szerokości około 30 cm z kapinosem.

Podpory skrajne, wykonane są jako cienkościennie przyczółki żelbetowe z podwieszonymi skrzydłami żelbetowymi. Kształt przyczółków i brak wydzielonych ław fundamentowych sugeruje posadowienie na palach żelbetowych wbijanych.

Droga na obiekcie ma przekrój poprzeczny bezkrawężnikowy i składa się z jezdni o nawierzchni bitumicznej o przekroju daszkowym szerokości od około 6,10 m z obustronnymi opaskami o szerokości po około 1,15 m. W odkrywcę widoczne są liczne warstwy bitumiczne, tworzące w chwili obecnej warstwę grubości min. 33 cm. Na jezdni występuje oznakowanie poziome w postaci osiowej linii przerywanej. Oznakowania krawędziowego nie ma.

Ruch pieszy odbywa się po opaskach, niczym nie oddzielonych od jezdni. Nawierzchnia opasek jest bitumiczna.

Odwodnienie realizowane jest powierzchniowo. Wody opadowe spływają zgodnie ze spadkami poprzecznymi na pobocza, a następnie po gzymsach pod obiekt.

Balustrady wykonane są ze słupków żelbetowych z przeciągami rurowymi.

#### PARAMETRY GEOMETRYCZNE OBIEKTU

– długość obiektu	7,22 m,
– rozpiętość teoretyczna	6,70 m,
– szerokość całkowita	9,23 m,
w tym	
– szerokość jezdni	6,10 m,
– pobocza	2x1,15 m,
– minimalna grubość płyty pomostu wynosi	0,40m,
– grubość korpusu przyczółka	ok. 0,6 m,
– kąt skrzyżowania osi przęsła mostu z przeszkodą.	$\alpha = 90^\circ$ .





Fot. 3.1 Widok obiektu od strony wschodniej ( górnej wody).



Fot. 3.2 Widok obiektu z poziomu jezdni od strony północnej ( zjazd w kierunku Zelowa).



Fot. 3.3 Widok spodu ustroju nosącego.



Fot. 3.4 Widok przyczółka od strony Bełchatowa.



## **4. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU I ZALECENIA UTRZYMANIOWE**

### **4.1 NAWIERZCHNIA JEZDNI I CHODNIKÓW**

Stan techniczny nawierzchni na moście jest niepokojący. Występują koleiny głębokości około 45 mm. W obrębie płyty mostu występują łaty w nawierzchni. Na krańcach mostu w strefie połączenia obiektu z nasypem występują poprzeczne spękania nawierzchni. Nawierzchnia na dojazdach jest w stanie podobnym. Oznakowanie poziome w stanie dobrym.

Ruch pieszy odbywa się po opaskach m niczym nie oddzielonych od jezdni. Stan nawierzchni opasek jest dość dobry.

Należy jednak zwrócić uwagę, na brak zabezpieczenia pieszych poruszających się po moście. Gzymsy w obrębie balustrad są zniszczone wskutek korozji zbrojenia i betonu. Zaobserwowano kilka ubytków głębokich na 5 do 8 cm o powierzchni kilku dm<sup>2</sup> każdy.

### **4.2 BALUSTRADY**

Słupki i przeciągi balustrad nie wykazują poważniejszych uszkodzeń. Występuje osłabienie przekrojów utwierdzenia spowodowane uszkodzeniami korozyjnymi gzymsu. Wysokość balustrad wynosi około 1,0 m, czyli jest zbyt mała w stosunku do wymagań zawartych w [27]. Konstrukcja słupków nie zapewnia powstrzymania samochodów przed upadkiem w przypadku uderzenia w balustradę.



Fot. 4.1 Nawierzchnia. Na pierwszym planie siatkowe spękania podbudowy, świadczące o zaniżonej nośności nawierzchni drogi. Na moście głębokie koleiny i ślady napraw.



Fot. 4.2 Wypiętrzona masa warstwy ścieralnej na krawędzi jezdni na obiekcie.



Fot. 4.3 Nawierzchnia. Głębokie koleiny i ślady napraw. Wypiętrzona nawierzchnia na krawędzi jezdni.





Fot. 4.4 Zanieczyszczona gruntem nawierzchnia opaski. Wegetacja chwastów na styku nawierzchni opaski i belki podporęczowej Korozja przeciągów balustrady.



Fot. 4.5 Korozja zbrojenia i ubytki betonu w obrębie gzymsu belki podporęczowej. Korozja strzemion płyty .

### **4.3 ODWODNIENIE**

Odwodnienie obiektu jest powierzchniowe. Odwodnienie działa zgodnie z pierwotnym zamysłem znaczy odprowadza wodę dzięki spadkom poprzecznym poza obiekt, po gzymsach. Powoduje to nawilgacanie oraz powodowanie skażeń solami w betonie belek podporęczowych, co skutkuje uszkodzeniami opisanymi w p. 4.1. Część wód opadowych gromadzi się w koleinach skąd przesącza się w głąb nawierzchni lub jest rozpryskiwana przez koła samochodów. Stan odwodnienia jest niepokojący.

### **4.4 IZOLACJA**

O stanie izolacji wnioskowano pośrednio na podstawie obserwacji spodu konstrukcji. W związku z brakiem przecieków stan izolacji uważa się za właściwy.

### **4.5 DYLATACJE**

Brak jest informacji na temat sposobu dylatowania płyty. Ponieważ rozwiązania dylatacji nie mają bezpośredniego wpływu na nośność konstrukcji, nie wykonano rozpoznania dylatacji w obrębie jezdni. W obrębie gzyśów dylatacja północna uległa zablokowaniu przez kamyki.



Fot. 4.6 Spękania nawierzchni na końcu mostu.



#### **4.6 USTRÓJ NOŚNY**

Ustrój nośny, po blisko pięćdziesięciu latach eksploatacji nosi ślady normalnego zużycia. Nie występują uszkodzenia o charakterze mechanicznym lub przeciążeniowym. Na powierzchni spodu płyty zaobserwowano pojedyncze przecieki o małym zasięgu. Na bocznych powierzchniach płyty widoczne są odkryte pręty rozdzielcze i strzemiona w miejscach, gdzie zostały ułożone ze zbyt małą otuliną betonową. Ze względu na wyżej opisane uszkodzenia, oraz wykazane w badaniach miejscowe, znaczne przekroczenia stężenia chlorków, stan płyty ocenia się jako niepokojący.



Fot. 4.7 Ogólnie dobry stan spodu płyty pomostu. Pojedynczy zaciek.





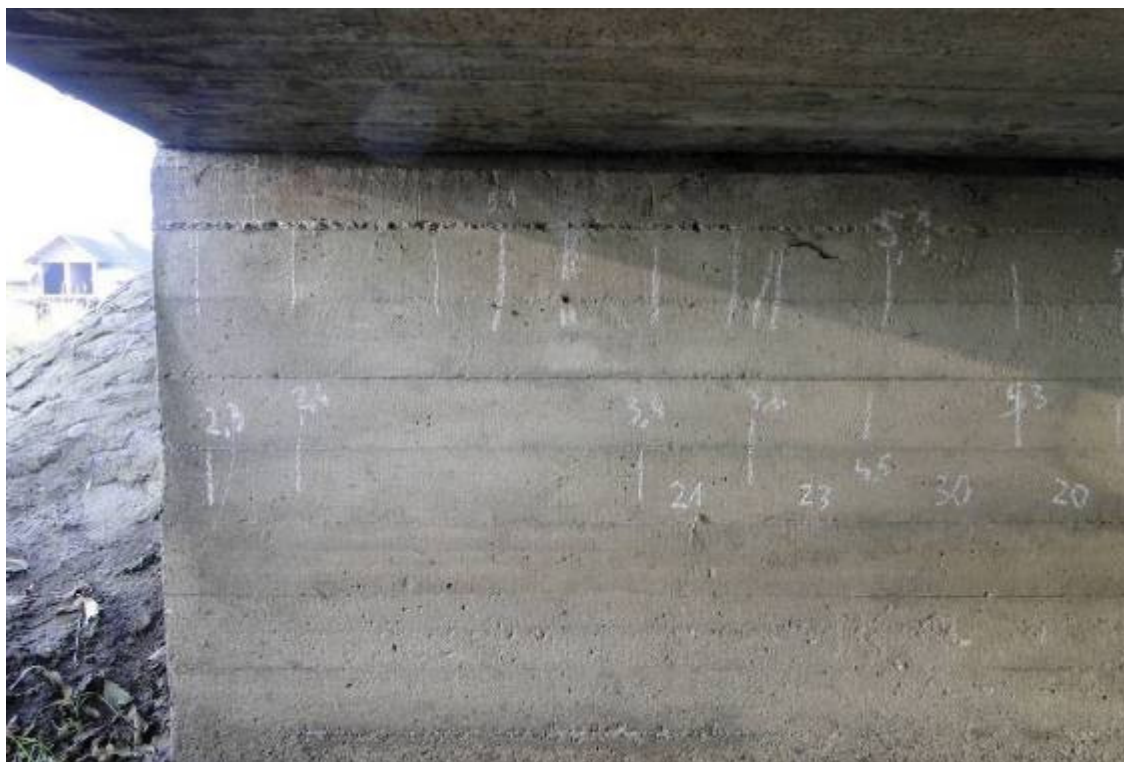
Fot. 4.8 Zbliżenie wykwitów w miejscu sączenia się wody w miejscu, w którym beton jest niedogęszczony.



Fot. 4.9 Korodujące pręty na bocznej krawędzi płyty po stronie dolnej wody.

## 4.7 PODPORY

Korpusy przyczółków są w stanie dobrym, praktycznie bez uszkodzeń. Na skrzydłach za dylatacją o większej rozwartości występują rysy o rozwartości około 0,4 mm w przekroju utwardzenia skrzydła w korpusie przyczółka. Powstawanie rys wiąże się z blokowaniem przesuwów przez kamienie znajdujące się w szczelinie dylatacyjnej.



Fot. 4.10 Dość dobry stan przyczółka.



Fot. 4.11. Skośna rysa wychodząca z naroża na styku korpusu przyczółka ze skrzydłem.



## 5. POMIARY I PODSTAWOWE BADANIA

### 5.1 BADANIA MATERIAŁOWE KONSTRUKCJI OBIEKTU MOSTOWEGO

#### 5.1.1 Badanie sklerometryczne betonu

Badania sklerometryczne betonu miały na celu oszacowanie podstawowych cech betonu w strefach przypowierzchniowych konstrukcji obiektu, czyli wytrzymałości betonu na ściskanie oraz określenia jego jednorodności. Wykonane badania ograniczają się do stref przypowierzchniowych, ponieważ odnoszą się do planowanych napraw. Nie napotkano na oznaki uszkodzeń mogące świadczyć, że stwierdzenie zaniżenia wytrzymałości mają zasięg na tyle duży, aby oddziaływać na nośność konstrukcji. Badanie przeprowadzone zostało zgodnie z poniższymi przepisami:

- Instrukcja ITB nr 209: „Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji”. ITB, Warszawa 1977;
- PN-EN 12504-2: „Badania betonu w konstrukcjach. Część 2: Badania nieniszczące. Oznaczenie liczby odbicia”.

Metoda sklerometryczna oparta jest na zależności między powierzchniową twardością betonu a jego wytrzymałością na ściskanie. Badanie wykonane zostało za pomocą młotka Schmidta typu N. Każdorazowo przed badaniem powierzchnię betonu przygotowano przez szlifowanie. Następnie przy pomocy młotka Schmidta odczytano liczbę odbicia. Obróbkę wyników badań sklerometrycznych wykonano za pomocą arkusza programu Excel. Dzienniki badań sklerometrycznych znajdują się w Załączniku nr 2. Zbiorne wyniki badania przedstawiono w Tabelicy 5.1.

W związku z wykonaniem badań niszczących dokonano skalowania młotka Schmidtaa osiągając współczynnik 1,84.

*Tablica 5.1. Wyniki badania sklerometrycznego betonu*

Element obiektu	Średnia wytrzymałość [MPa]	Gwarantowana wytrzymałość [MPa]	Jednorodność	Klasa betonu
Płyta	46,5	31,5	niedostateczna	C25/30
Przyczółek od strony Zelowa	47,1	27,5	niedostateczna	C20/25
Przyczółek od strony Bełchatowa	35,9	27,9	dostateczna	C20/25

### 5.1.2 Badania wytrzymałościowe próbek rdzeniowych betonu

Badania miały na celu identyfikację podstawowych cech betonu w konstrukcji obiektu, niezbędnych do wykonania analizy aktualnej nośności mostu oraz oceny jego stanu technicznego.

Z badanych elementów pobrano próbkę rdzeniową o średnicy 70 mm, z której wycięto próbki o wysokości równej średnicy. Beton w próbkach był jednolity, ocena makroskopowa potwierdziła zawartość ziaren kruszywa o wymiarze maksymalnie 16 mm.

Próbki poddano ścisłaniu w maszynie wytrzymałościowej. Na podstawie uzyskanych wyników, w oparciu o PN EN 13791, określono klasę betonu.

Tablica 5.2. Wyniki badania wytrzymałości betonu na próbkach rdzeniowych

L.p.	Element	Klasa betonu		
		wytrzymałość na podstawie badania próbek rdzeniowych	Średnia Minimalna	Klasa betonu
1	Płyta (odwiert przez opaskę)	37,2 44,4 38,8	40,1 37,2	C30/37
2.	Przyczółek od strony Bełchatowa (boczna część przyczółka od strony GW)	47,4 49,8 56,5	51,2 47,4	C40/50

Biorąc pod uwagę niską jednorodność betonu zdecydowano o przyjęciu do obliczeń klas betonu określone w skorygowanych badaniach sklerometrycznych:

beton płyty - C25/30

beton przyczółków - C20/25

### 5.1.3 Określenie rozstawu, otuliny i średnicy zbrojenia

W celu określenia zagrożeń korozyjnych miejsc bez widocznych śladów korozji wykonano pomiar otuliny zbrojenia za pomocą urządzenia Wallscanner D-tect 150. Badaniu poddano płytę mostu. Zbrojenie podłużne płyty ma rozstaw około 9 cm i znajduje się na głębokości około 30mm.

Dla określenia rodzaju i średnicy stali zbrojeniowej wykonano dwie odkrywki, w których pomierzono średnicę stali suwmiarką. Ponadto pomierzono średnicę pręta przeciętego w trakcie pobierania rdzenia z konstrukcji. Wszystkie próby wskazują na zastosowanie stali okrągłej, gładkiej o średnicy 22 mm.

### 5.1.4 Badanie chemiczne betonu

W ramach badań chemicznych betonu określono:

- zawartość chlorków metodą półilościową;
- oznaczenie siarczanów metodą jakościową;
- oznaczenie azotanów i azotynów;
- odczyn pH betonu.

Badania chemiczne wykonywano jedynie w elementach żelbetowych, ponieważ zarówno zawartość chlorków jak i odczyn pH betonu nie ma bezpośredniego wpływu na wytrzymałość betonu, natomiast ma istotne znaczenie w aspekcie właściwości ochronnych betonu w stosunku do zlokalizowanego w nim zbrojenia.

Badania zawartości chlorków, oznaczenie występowania siarczanów i odczynu pH w betonie wykonano w warunkach laboratoryjnych na filtracie uzyskanym z próbek pobranych z wybranych, charakterystycznych miejsc konstrukcji. W wyniku badań określono procentowe zawartości chlorków w wodzie w stosunku do masy betonu, a następnie przeliczono odnosząc je do masy cementu w betonie, którą przyjęto na poziomie 16%.

Na obiekcie dokonano oceny poziomu skażenia jonami azotanowymi  $\text{NO}_3^-$  i azotynowymi  $\text{NO}_2^-$  dla badanych roztworów. Jony azotynowe związane z występowaniem w powietrzu tlenków azotu oraz azotany związane zazwyczaj ze skażeniami nawozami sztucznymi lub występującymi w naturze saletrami stanowią zagrożenie dla budowli z tworzyw porowatych. Badania wykonano zanurzając w roztworze wzorcowym paski kolorymetryczne Merckoquant pozwalające wykryć obecność azotynów oraz azotanów w zakresie stężeń od 10 do 500 mg/l.

Wyniki badań chemicznych podano w Tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Wyniki badań chemicznych betonu

Lp.	Badany element	Głębokość [mm]	Zawartość chlorków [% masy betonu]	pH betonu	Występowanie siarczanów	Występowanie azotanów NO <sub>3</sub> [% masy betonu]	Występowanie azotynów NO <sub>2</sub> [% masy betonu]
1.	Płyta bok (od str. DW w pobliżu przyczółka od str. Zelowa)	0 - 5	0,150	7,5	brak	0,01	brak
		25 - 30	0,169	10	brak	0,01	brak
2.	Płyta spód	0 - 5	0,013	8	brak	brak	brak
		25 - 30	0,019	11	brak	brak	brak
Wartości dopuszczalne			0,064	11,5	-	-	-

### **5.1.5 Badanie stopnia karbonatyzacji betonu**

W trakcie badań sprawdzono głębokość karbonatyzacji. Zmierzono ją metodą polową poprzez działanie roztworem fenoloftaleiny na lekko zwilżoną powierzchnię świeżo przełamane go betonu. Wynik pomiaru stanowiła grubość powierzchniowej warstwy betonu, który nie odbarwił się odróżniając się od zabarwionego betonu wewnątrz konstrukcji (nieskarbonatyzowanego).

Głębokość karbonatyzacji dla obiektu wynosi:

- płyta bok (od str. DW w pobliżu przyczółka od str. Zelowa) do 15 mm;
- płyta spód 15 - 18 mm.

### **5.1.6 Badanie mrozoodporności betonu**

Wobec braku jakichkolwiek ubytków betonu we wszystkich elementach ustroju niosącego narażonych na zawilgocenie betonu po blisko 50 latach eksploatacji, beton należy uznać za spełniający warunek mrozoodporności. Odstąpiono od badania biorąc pod uwagę, że pobranie niezbędnej do wykonania badania ilości próbek z konstrukcji może w znacznym stopniu osłabić konstrukcję pomostu.

## **5.2 POMIAR ROZWARCIA RYS Z ICH INWENTARYZACJĄ**

W ustroju niosącym nie zaobserwowano rys o charakterze przeciążeniowym lub skurczowym mogących mieć wpływ na trwałość lub wytrzymałość obiektu.

## **5.3 BADANIE UBYTKÓW KOROZYJNYCH ZBROJENIA**

Nie występują ubytki korozyjne zbrojenia mające wpływ na nośność mostu.

## **5.4 WYKONANIE NIWELACJI POMOSTU**

Wobec braku materiałów archiwalnych wykonano inwentaryzację geometryczną obiektu wraz z niwelacją. Wyniki pomiarów zamieszczono w załącznikach rysunkowych.

## **5.5 WYKONANIE ODWIERTÓW W KONSTRUKCJI**

Wobec braku materiałów archiwalnych wykonano inwentaryzację grubości warstw nawierzchni i płyty przez wykonanie odwiertów. Wyniki pomiarów zamieszczono w załącznikach rysunkowych.



## **6. ANALIZA NOŚNOŚCI**

### **6.1 ZAKRES ANALIZY**

Zgodnie z wymaganiami Zamawiającego analiza nośności obiektu obejmuje:

1. Określenie klasy obciążenia (nośności obiektu) wg PN-85/S-10030 [6].
2. Sprawdzenie konstrukcji na obciążenie pojazdami dopuszczonymi do ruchu po drogach publicznych na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia [29].
3. Określenie nośności MLC (ang. Military Load Classification), według Zarządzenia nr 38 Ministra Infrastruktury z 26 Października 2010 r. w sprawie wyznaczania wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych [35].

### **6.2 ZAŁOŻENIA MATERIAŁOWE**

#### **6.2.1 Beton**

Parametry wytrzymałościowe betonu przyjęto wg PN-91/S-10042 [8], dla klasy betonu określonej w oparciu o badania wytrzymałościowe (patrz pkt. 5.1.2).

#### **6.2.2 Stal zbrojeniowa**

W analizie nośności uwzględniono ilość i średnicę prętów zbrojeniowych zidentyfikowaną w trakcie badań diagnostycznych (patrz pkt. 5.1.3). Wytrzymałość obliczeniową oraz moduł sprężystości stali zbrojeniowej przyjęto wg [8] dla stali gładkiej A-I. Nie przyjęto redukcji powierzchni stali ze względu na powierzchniową korozję.

#### **6.2.3 Obciążenie ciężarem własnym**

Ciężar własny elementów konstrukcyjnych oraz elementów wyposażenia określono na podstawie rzeczywistej geometrii konstrukcji, z uwzględnieniem współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma=1.2$ . Ciężary objętościowe materiałów przyjęto w oparciu o PN-85/S-10030 [6].

### **6.3 OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE**

#### **6.3.1 Obciążenie taborem samochodowym wg PN-85/S-10030 [6].**

Celem określenia klasy obciążenia obiektu, konstrukcję przeszła obciążono taborem samochodowym klasy od A do E wg PN-85/S-1003 tj.:

- pojazdem “K” + obciążenie równomiernie rozłożone “q”.

Do obciążenia taborem samochodowym zastosowano współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma=1.5$  (podstawowy układ obciążenia). Ciężar pojazdów  $K$  zwiększono ponadto stosując współczynnik dynamiczny  $\phi$ , obliczony zgodnie z pkt. 6.3.2 [6].

Dla obciążenia tłumem przyjęto współczynnik  $\gamma=1.3$ .

### **6.3.2 Obciążenie pojazdami dopuszczonymi do ruchu wg [29]**

W celu sprawdzenia konstrukcji na obciążenie pojazdami dopuszczonymi do ruchu po drogach publicznych, obiekt obciążono pojazdami modelowymi o masie całkowitej oraz naciskach i rozstawach osi, spełniających wymagania Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. [29]. Schematy pojazdów przyjęte do analizy przedstawiono w Załączniku Z-3.2. Do obciążenia pojazdami modelowymi zastosowano współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma=1.5$  oraz współczynnik dynamiczny  $\phi$ , obliczony zgodnie z pkt. 6.3.2 [6].

### **6.3.3 Obciążenie pojazdami wojskowymi wg [35]**

Celem określenia klasy obciążenia obiektu MLC, konstrukcję przęsła obciążono pojazdami gąsienicowymi i kołowymi spełniającymi wymagania umowy standaryzacyjnej STANAG 2021 zdefiniowanych w Zarządzeniu nr 38 Ministra Infrastruktury z 26 Października 2010 r. w sprawie wyznaczania wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych [35].

Biorąc pod uwagę szerokość jezdni na obiekcie, w zależności od analizowanej klasy obciążenia (schematu pojazdu), w przekroju poprzecznym pomostu ustawiano jeden lub dwa pojazdy gąsienicowe lub kołowe. Do obciążenia pojazdami zastosowano współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma=1,35$ .

## **6.4 METODOLOGIA OBLICZEŃ**

W obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych elementów mostu wykorzystano zasady mechaniki budowli, liniowej teorii sprężystości oraz metodę stanów granicznych, zgodnie z [8].

Konstrukcję przęsła zamodelowano w układzie przestrzennym, przy pomocy programu komputerowego ROBOT, opartego na metodzie elementów skończonych. W analizie uwzględniono rzeczywiste charakterystyki geometryczne elementów konstrukcyjnych. Model konstrukcji przęsła zamieszczono w załączniku Z-4.

Konstrukcję przęsła obciążono ciężarem własnym a następnie obciążeniem zmiennym:

- taborem samochodowym wg PN-85/S-10030 [6],
- pojazdami samochodowymi spełniającymi wymagania rozporządzenia [29],
- pojazdami gąsienicowymi i kołowymi wg [35].

Dla każdego schematu obciążenia odczytywano obliczeniowe wartości ekstremalnych sił wewnętrznych w przekroju przęsłowym (moment zginający) i przekroju podporowym (siła poprzeczna). Następnie sprawdzano nośność przekrojów poddanych działaniu ekstremalnych sił wewnętrznych, uwzględniając obliczeniowe parametry wytrzymałościowe betonu i stali zbrojeniowej.

Analizę nośności na zginanie przeprowadzono przez porównanie momentu zginającego wywołanego daną klasą/kategorią obciążenia z nośnością przekroju. Nośność przekrojów podporowych na ścinanie sprawdzono przez porównanie obliczeniowej wartości siły ścinającej wywołanej daną klasą/kategorią obciążenia z obliczeniową nośnością przekroju na ścinanie. W obliczeniach wytrzymałościowych wykorzystano programy komputerowe Excel 2002 oraz Kalkulator Przekrojów Mostowych ROBOT v. 3.0.

## 6.5 WYNIKI ANALIZY NOŚNOŚCI

Zbiorcze wyniki analizy nośności konstrukcji przęsła zestawiono w tablicy 6.1 Szczegółowe wyniki obliczeń wytrzymałościowych zamieszczono w załączniku Z-4.

*Tablica 6.1. Zbiorcze zestawienie wyników analizy nośności konstrukcji przęsła*

	Klasa obciążenia przęsła wg PN-85/S-10030 [6]	Ciężar pojazdów spełniających wymagania 0, dopuszczonych do ruchu po obiekcie [t]	Klasa obciążenia MLC	
		Samochody ciężarowe	Pojazdy kołowe (ruch dwukierunkowy / ruch jednokierunkowy)	Pojazdy gąsienicowe (ruch dwukierunkowy / ruch jednokierunkowy)
Aktualna	<b>C</b>	<b>S-40</b>	<b>60/100</b>	<b>50/50</b>

W związku z małą stwierdzoną grubością nawierzchni (stwierdzona w wyniku odkrywki grubość warstw nawierzchniowych wynosi 10 do 12cm), nie analizowano nośności konstrukcji przy założeniu redukcji jej grubości.

W ramach niniejszego opracowania nie wykonywano analizy nośności podpór obiektu przyjmując założenie, że jest ona nie niższa niż nośność konstrukcji przęsła. Za przyjęciem takiego

założenia przemawia dobry stan techniczny korpusów przyczółków. Nie stwierdzono w nich uszkodzeń o charakterze przeciążeniowym.

Uszkodzenia obiektu nie mają w chwili obecnej negatywnego wpływu na nośność obiektu.

## **6.6 OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI WZMOCNIENIA OBIEKTU**

Wykonano analizę możliwości wzmocnienia obiektu.

W wyniku obliczeń stwierdzono, że pogrubienie płyty zespolonym z nią nadbetonem spowoduje wzrost nośności odpowiadający klasie “B” wg [6].  
z niedoborem około 8%.

W związku z powyższym dla osiągnięcia nośności odpowiadającej klasie “B” wg [6] należy, oprócz pogrubienia płyty wykonać dodatkowe wzmocnienie zbrojeniem przyklejanym do spodu płyty.

## **7. ORZECZENIE O STANIE TECHNICZNYM MOSTU**

Most drogowy rzekę Pilsię w km. 9+215 drogi wojewódzkiej nr 484 w m. Łobudzice jest w niepokojącym stanie technicznym związanym z normalnym zużyciem w ciągu blisko pięćdziesięciu lat eksploatacji.

Rozwiązania balustrad nie odpowiadają warunkom technicznym [27].

Dopuszczalne obciążenia obiektu odpowiadają klasie C wg [6].

Maksymalne obciążenie użytkowe nie powinno przekraczać 40 T.

Klasa MLC obiektu w przypadku pojazdów kołowych wynosi 100 T przy ruchu jednokierunkowym a 60 T przy ruchu dwukierunkowym, natomiast w przypadku pojazdów gąsienicowych wynosi 60T przy ruchu jednokierunkowym i 50 T przy ruchu dwukierunkowym.

W celu doprowadzenia obiektu do stanu odpowiedniego należy w trybie planowym przeprowadzić przebudowę w zakresie opisanym w rozdziale 8.

## **8. OKREŚLENIE ZAKRESU I TERMINU ROBÓT NAPRAWCZYCH**

W celu doprowadzenia obiektu do stanu odpowiedniego potrzebne jest wykonanie robót mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa użytkowania przez rozdzielenie ruchu pieszego i samochodowego, polepszenia izolacyjności pomostu, oraz wzmocnienie obiektu do klasy „B” wg [6].

W tym celu należy wykonać:

- W zakresie wyposażenia:
  - nową izolację pomostu;
  - kapy chodnikowe z barierami ochronnymi na obiekcie i na dojazdach;
  - płyty przejściowe;
  - nową nawierzchnię na obiekcie i dojazdach;
  - urządzenia dylatacyjne na końcach obiektu.
- W zakresie ustroju niosącego:
  - na bocznych i dolnych powierzchniach płyty usunąć skażony beton, odkryte zbrojenie oczyścić i zabezpieczyć antykorozyjnie, wykonać reprofilację ubytków zaprawami SPCC z jednoczesnym zwiększeniem otuliny o ok. 1 cm;
  - przykleić na spodzie płyty dodatkowe zbrojenie;
  - zabezpieczyć antykorozyjnie naprawiane powierzchnie powłokami ochronnymi;
  - wykonać pogrubienie płyty zespolonym nadbetonem klasy C30/37 grubości min. 10 cm;
- W zakresie podpór:
  - zainiektować rysy;
  - usunąć skorodowany, skażony beton, odkryte zbrojenie oczyścić i zabezpieczyć antykorozyjnie, wykonać reprofilację ubytków zaprawami SPCC z jednoczesnym zwiększeniem otuliny o ok. 1 cm;
  - zabezpieczyć antykorozyjnie naprawiane powierzchnie powłokami ochronnymi.

### ***Zalecenia komunikacyjne***

Bez poszerzenia istniejący obiekt jest w stanie przenieść ruch pieszego tylko jednym chodnikiem. Wymaga to nieznacznej korekty osi jezdni. Szerokość pasa ruchu będzie wynosiła trzy metry.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa i komfortu użytkowania obiektu wydaje się celowe przeniesienie ruchu pieszego poza most na niezależną kładkę i pozostawienie na moście tylko jezdni z wyniesionymi poboczami roboczymi.

### ***Przewidywane koszty robót naprawczych***

Szacunkowy koszt remontu mostu wynosi: 520 556,99 zł z VAT (Załącznik Z-5).

Szacunkowy koszt budowy kładki obok mostu wynosi: 468 397,93 zł z VAT (Załącznik Z-5).