

# **SPIS TREŚCI**

## **1 WSTĘP**

- 1.1 PRZEDMIOT OPRACOWANIA
- 1.2 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA
- 1.3 PODSTAWY OPRACOWANIA

## **2 OGÓLNY OPIS PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU**

- 2.1 OGÓLNY OPIS OBIEKTU
- 2.2 NAWIERZCHNIA KŁADKI
- 2.3 ODWODNIENIE OBIEKTU
- 2.4 URZĄDZENIA DYLATACYJNE
- 2.5 KONSTRUKCJA NOŚNA KŁADKI
- 2.6 PODPORY SKRAJNE – PRZYCZÓŁKI
- 2.7 PODPORY POŚREDNIE - FILARY
- 2.8 PORĘCZE
- 2.9 URZĄDZENIA OBCE
- 2.10 SKARPY

## **3 AKTUALNY STAN TECHNICZNY PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU WRAZ Z INWENTARYZACJĄ USZKODZEŃ ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH (NA PODSTAWIE PRZEPROWADZONYCH PRZEGLĄDÓW OBIEKTU)**

- 3.1 NAWIERZCHNIA KŁADKI
- 3.2 ODWODNIENIE OBIEKTU
- 3.3 KONSTRUKCJA NOŚNA KŁADKI
  - 3.3.1 Konstrukcja stalowych dźwigarów głównych
  - 3.3.2 Konstrukcja żelbetowej płyty pomostu
- 3.4 PODPORY SKRAJNE – PRZYCZÓŁKI
- 3.5 PODPORY POŚREDNIE - FILARY
- 3.6 PORĘCZE
- 3.7 URZĄDZENIA OBCE
- 3.8 SKARPY

- 4      BADANIA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH KŁADKI**
  - 4.1    BADANIA STOPNIA SKORODOWANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH WRAZ Z OBLICZENIAMI UBYTKÓW ICH PRZEKROJÓW
    - 4.1.1    Ogólny opis przeprowadzonych badań
    - 4.1.2    Wyniki przeprowadzonych badań
    - 4.1.3    Analiza wyników badań
  - 4.2    BADANIA SKLEROMETRYCZNE BETONU
    - 4.1.2    Wyniki przeprowadzonych badań
    - 4.1.3    Analiza wyników badań
- 5      WERYFIKACYJNE OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE OBIEKTU**
  - 5.1    ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ
  - 5.2    SCHEMATY STATYCZNE I WYZNACZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH
  - 5.3    CHARAKTERYSTYKI GEOMETRYCZNE PRZEKROJÓW
  - 5.4    WYZNACZENIE NAPRĘŻEŃ W PRZEKROJU
- 6      WARUNKI DALSZEJ BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI KŁADKI**
- 7      ZALECENIA DO OPRACOWANIA DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ REMONTU PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU**
- 8      WNIOSKI I PODSUMOWANIE**

**ZAŁĄCZNIKI:**

- Załącznik nr 1 : Schematy lokalizacji wykonanych badań stopnia korozji stali konstrukcyjnej oraz wytrzymałościowych betonu sklerometrem Schmidta
- Załącznik nr 2: Protokoły z badań sklerometrycznych betonu
- Załącznik nr 3: Dokumenty

# 1 WSTĘP

## 1.1 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej obiektu mostowego w ciągu Alei Walecznych nad Kanałem Bernardyńskim w Kaliszu.

## 1.2 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania jest wykonanie **oceny stanu technicznego wraz z niezbędnym zakresem robót mających na celu dalszą bezpieczną eksploatację** przedmiotowego obiektu.

Zakres opracowania obejmuje wykonanie oceny stanu technicznego na podstawie przeglądu, wykonanie badań materiałowych wybranych elementów konstrukcyjnych, wykonanie weryfikacyjnych obliczeń nośności obiektu, podanie warunków dalszej eksploatacji oraz wykonanie zaleceń do opracowania dokumentacji projektowej na remont przedmiotowego obiektu.

## 1.3 PODSTAWY OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie wykonano na zlecenie **Zarządu Dróg Miejskich w Kaliszu** zgodnie z umową z dnia 22.11.2012 r. na wykonanie zadania p.n.: „Ocena stanu technicznego kładki dla pieszych, zlokalizowanej nad Kanałem Bernardyńskim w ciągu Al. Walecznych w Kaliszu”.

Ponadto podstawami opracowania są wizje lokalne, przegląd szczegółowy i badania przeprowadzone przez autorów niniejszej pracy na przedmiotowym obiekcie w dniu 21.12.2012 r. oraz:

- 1 Książka obiektu mostowego – Kładka dla pieszych nr JN1 01028003 w ciągu Al. Walecznych w Kaliszu. Data założenia książki: 31.05.2006 r.
- 2 *Czudek H., Wysokowski A.* Trwałość mostów drogowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa, 2005r.
- 3 *Wysokowski A., Ławniczak M.* Zalecenia Dotyczące Oceny Stanu Powłok Malarskich i Korozji w Konstrukcjach Stalowych Mostów Drogowych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Seria informacje i instrukcje, zeszyt 52, Warszawa 1995r.
- 4 *Czerepak A., Czudek H., Pryga A., Wysokowski A.* Metoda Szacowania Wpływu Korozji Na Nośność Konstrukcji Stalowych Drogowych Obiektów Mostowych. GDDKiA - IBDiM Warszawa 2003r.

- 5     *Wysocki A.* Trwałość Mostów Stalowych w Funkcji Zjawisk Zmęczeniowych i Korozyjnych. IBDiM. Seria studia i materiały zeszyt 53, Warszawa 2001r (Rozprawa Habilitacyjna).
- 6     *Moczko A., Rajski O., Thustochowski J., Wysocki A.* Zalecenia dotyczące oceny jakości betonu „In-situ” w istniejących konstrukcjach obiektów mostowych. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – IBDiM Wrocław-Żmigród 1998r.
- 7     *Germaniuk K., Kilarski R., Łukowski P., Michałowska M., Pryga A., Wysocki A., Żurawicka A.* Katalog zabezpieczeń powierzchniowych drogowych obiektów inżynierskich. Część I – Wymagania. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad – IBDiM Żmigród 2002r.
- 8     *Niemierko A.* Zalecenia dotyczące łóżyskowania obiektów mostowych oraz kontroli łóżysk podczas eksploatacji. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Warszawa 2005r.
- 9     Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w Sprawie Warunków Technicznych, Jakim Powinny Odpowiadać Drogowe Obiekty Inżynierskie i ich Usytuowanie. Dziennik Ustaw z 2000 r. Nr 63 poz. 735.
- 10    Specyfikacje, normy i dokumenty związane oraz literatura fachowa dotycząca przedmiotu opracowania.
- 11    Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 43, poz. 430).
- 12    Specyfikacje, normy i dokumenty związane oraz literatura fachowa dotycząca przedmiotu opracowania.

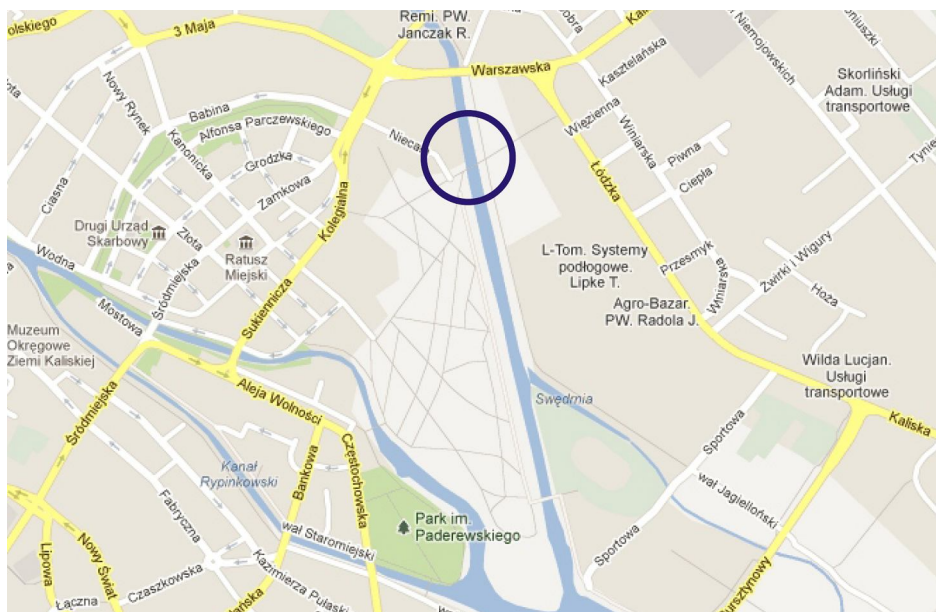


## 2 OGÓLNY OPIS PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU

### 2.1 OGÓLNY OPIS OBIEKTU

Obiekt mostowy będący przedmiotem niniejszego opracowania zlokalizowany jest nad Kanałem Bernardyńskim w ciągu Al. Walecznych w Kaliszu.

Na rysunku 1 przedstawiono plan orientacyjny przedmiotowego obiektu.



**Rys. 1** Plan orientacyjny przedmiotowego obiektu mostowego

Przedmiotowy obiekt jest trzyprzęsłową, kładką dla pieszych o konstrukcji zespolonej. Schemat statyczny przęsł stanowią belki wolnopodparte.

Zasadnicze aktualne wymiary geometryczne istniejącej konstrukcji kładki dla pieszych przedstawiono poniżej:

- rozpiętość teoretyczna przęsł	16,20+16,20+16,20 m,
- szerokość całkowita	B = 4,20 m,
- szerokość użytkowa chodnika	3,85 m,
- długość całkowita	48,60 m,
- liczba przęsł	3,
- liczba podpór	4,
- kąt skrzyżowania z przeszkodą	90°.

Na rysunku 2 przedstawiono widok ogólny przedmiotowego obiektu.



**Rys. 2** Widok ogólny obiektu od strony górnej wody

## 2.2 NAWIERZCHNIA KŁADKI

Nawierzchnia na obiekcie wykonana jest z asfaltu lanego. Szerokość użytkowa nawierzchni kładki wynosi 3,85 m.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono ogólne widoki wejścia na obiekt oraz nawierzchni chodnika.



**Rys. 3** Widok nawierzchni na obiekcie i dojeździe od strony ul. Niecałej



**Rys. 4** Widok nawierzchni na obiekcie i dojeździe od strony ul. Łódzkiej

## 2.3 ODWODNIENIE OBIEKTU

Odprowadzenie wody opadowej z obiektu odbywa się powierzchniowo. Spadki poprzeczne na obiekcie są wyprofilowane tak aby sprowadzić wodę bezpośrednio na poziom terenu, obiekt posiada również obustronny spadek podłużny. Odwodnienie obiektu od strony ul. Łódzkiej stanowi żeliwny wpust uliczny usytuowany poza obiektem.

## 2.4 URZĄDZENIA DYLATACYJNE

Na obiekcie nie stwierdzono występowania typowych urządzeń dylatacyjnych.

## 2.5 KONSTRUKCJA NOŚNA KŁADKI

Ustrój składa się z trzech wolnopodpartych przęseł o konstrukcji zespolonej. Na przekrój poprzeczny obiektu składają się trzy stalowe dźwigary kratownicowe w rozstawie osiowym co 1,50 m, z którymi połączona jest żelbetowa płyta współpracująca poprzez pasy górne.

Żelbetowa płyta pomostowa posiada zmienną grubość poprzez ukosowanie płyty w obrębie dźwigarów głównych.

Poprzecznice stanowią konstrukcję wykonaną z kształtowników walcowanych o rozstawie co 2,00 m. Belki nośne wsparte są na przyczółkach za pośrednictwem stalowych łożysk liniowych.

## 2.6 PODPORY SKRAJNE – PRZYCZÓŁKI

Przyczółki przedmiotowego obiektu mostowego są wykonane jako masywne, żelbetowe. Skrzydełka usytuowane są równolegle do osi kładki.

## 2.7 PODPORY POŚREDNIE – FILARY

Filary przedmiotowego obiektu wykonano jako masywne żelbetowe. Od strony górnej wody filary zostały ukształtowane tak aby stanowiły izbice. Dodatkowo powierzchnię natarcia izbic wzmocniono kątownikami stalowymi.

## 2.8 PORĘCZE I BARIERY

Poręcze na obiekcie wykonane są z odpowiednio profilowanych kształtowników stalowych mocowanych bezpośrednio w płycie pomostu.

## 2.9 URZĄDZENIA OBCE

Przedmiotowy obiekt przeprowadza rurociąg stalowy o średnicy 200 mm mocowany na poprzecznicach obiektu.

## 2.10 SKARPY

Oskarpowanie obiektu w obrębie przyczółków stanowi grunt wzmocniony darniowaniem.



### **3 AKTUALNY STAN TECHNICZNY PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU WRAZ Z INWENTARYZACJĄ USZKODZEŃ ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH**

#### **3.1 NAWIERZCHNIA KŁADKI**

Nawierzchnia jezdni wykonana z asfaltu lanego jest ogólnie w dobrym stanie technicznym. Nie stwierdzono nierówności nawierzchni jak również jej ubytków (rys. 5). Podczas przeglądu stwierdzono zapadnięcie się nawierzchni w obrębie żeliwnego wpustu odwadniającego od strony ul. Łódzkiej – rys. 6.



**Rys. 5** Widok nawierzchni jezdni od strony ul. Niecałej. Widoczny dobry stan techniczny nawierzchni jezdni



**Rys. 6** Widok nawierzchni na wejściu na obiekt od strony ul. Łódzkiej. Widoczna miejscowe zapadnięcie nawierzchni w obrębie wpustu odwadniającego

#### **3.2 ODWODNIENIE OBIEKTU**

Jak już wspomniano obiekt posiada odwodnienie bezpośrednie - powierzchniowe. Stan techniczny odwodnienia jest ogólnie dobry wynika to z ogólnie dobrego stanu nawierzchni na obiekcie.

#### **3.3 KONSTRUKCJA NOŚNA KŁADKI**

##### **3.3.1 Konstrukcja stalowych dźwigarów głównych**

Po szczegółowych oględzinach konstrukcji dźwigarów głównych autorzy opracowania stwierdzają, że ich stan techniczny jest ogólnie dostateczny. Wątpliwości budzą miejscowe ogniska korozji powierzchniowej (rys. 7), szczególnie w obrębie podparcia konstrukcji (rys. 8). Zaobserwowano również zły stan powłok antykorozyjnych, powłoki malarskie wykazują złuszczenia głównie na środnikach i pasach dolnych dźwigarów głównych (rys. 9).

Dźwigary główne nie wykazują oznak przeciążenia ani jakichkolwiek deformacji mogących być następstwem obniżenia nośności obiektu.



**Rys. 7** Widok ogólny dźwigarów głównych mostu. Widoczna ogólna miejscowa korozja powierzchniowa elementów stalowych



**Rys. 8** Widok skrajnego dźwigara od strony górnej wody w strefie podporowej. Widoczna zaawansowana korozja powierzchniowa dźwigara i skrajnej poprzecznicy



**Rys. 9** Widok dźwigara skrajnego od strony górnej wody. Widoczne złuszczone powłoki antykorozyjne szczególnie w obrębie pasa dolnego

### 3.3.2 Konstrukcja żelbetowej płyty pomostu

Ogólnie stan techniczny żelbetowej płyty zespalającej jest dostateczny. Podczas przeglądu nie stwierdzono uszkodzeń płyty mogących świadczyć o jej przeciążeniu (rys. 10).

Stan gzymsów jest niedostateczny. Podczas ekspertyzy stwierdzono liczne ubytki betonu gzymsów (rys. 11 i 12). Dodatkowo od strony górnej i dolnej wody od ul. Łódzkiej stwierdzono całkowitą degradację betonu gzymsu (rys. 13 i 14).





**Rys. 10** Widok płyty żelbetowej pomostu. Widoczny dostateczny stan techniczny betonu płyty



**Rys. 11** Widok gzymsu od strony górnej wody. Widoczne ubytki betonu gzymsu



**Rys. 12** Widok gzymsu od strony dolnej wody. Widoczna zaawansowana degradacja betonu gzymsu



**Rys. 13** Widok gzymsu od spodu od strony ul. Łódzkiej od strony dolnej wody. Widoczna degradacja betonu skrajnej części płyty pomostu i gzymsu



**Rys. 14** Widok gzymsu od spodu od strony ul. Łódzkiej od strony górnej wody. Widoczna degradacja betonu skrajnej części płyty pomostu i gzymsu

### 3.4 PODPORY SKRAJNE – PRZYCZÓŁKI

Stan techniczny podpór skrajnych jest ogólnie dostateczny. Przyczółki nie wykazują rys i spękań mogących świadczyć o ich przeciążeniu.

### 3.5 PODPORY POŚREDNIE - FILARY

Stan techniczny filarów jest ogólnie dostateczny. Podczas przeglądu stwierdzono wegetację roślinności w obrębie ciosów podłożyskowych (rys. 15) oraz miejscowe ubytki betonu powierzchniowego filarów – rys 16.



**Rys. 15** Widok filara nr 1 od strony dolnej wody.  
Widoczna wegetacja roślinności w  
obrębie ciosu podłożyskowego



**Rys. 16** Widok filara nr 2 od strony górnej wody.  
Widoczne miejscowe ubytki betonu w  
strefie kontaktu z wodą

### 3.6 PORECZE I BARIERY

Stan techniczny balustrad wykonanych z kształtowników stalowych na obiekcie jest ogólnie dobry (rys. 17). Podczas przeglądu stwierdzono jedynie miejscowe ubytki powłok antykorozyjnych stalowych elementów balustrad szczególnie w obrębie zakotwień słupków - rys. 18.





**Rys. 17** Widok ogólny balustrady od strony górnej wody. Widoczny dobry stan techniczny balustrady



**Rys. 18** Widok zakotwienia balustrady od strony dolnej wody. Widoczne miejscowe ubytki w zabezpieczeniu antykorozyjnym – w strefie zakotwienia balustrady

### 3.7 URZĄDZENIA OBCE

Stan urządzeń obcych podwieszonych do konstrukcji przedmiotowej konstrukcji kładki jest ogólnie dostateczny. Wątpliwości autorów ekspertyzy budzi brak w powłokach antykorozyjnych rurociągu (rys. 19).



**Rys. 19** Widok ogólny rurociągu podwieszonego do konstrukcji kładki. Widoczne braki w powłokach antykorozyjnych

### 3.8 SKARPY

Skarpy w obrębie przyczółków są w ogólnie dostatecznym stanie technicznym. Wątpliwości autorów ekspertyzy budzi silnie przerośnięcie skarp oraz braki w ich umocnieniu. Należy stwierdzić, że w gorszym stanie znajduje się skarpa od strony ul. Niecałej.

## 4 BADANIA STOPNIA SKORODOWANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

### 4.1 OGÓLNY OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Badania stopnia skorodowania stalowych elementów konstrukcyjnych obiektu przeprowadzono dwuetapowo.

W pierwszej kolejności badanie polegało na ogólnych oględzinach konstrukcji (makroskopowo) w poszukiwaniu ognisk korozji i ewentualnych pęknięć zmęczeniowych.

Po zakończeniu prac objętych zakresem powyższego etapu przystąpiono do drugiego etapu badań. Zakres tego etapu obejmował pomiary grubości elementów o najintensywniejszym stopniu skorodowania, a co za tym idzie, elementów zagrażających bezpieczeństwu oraz trwałości konstrukcji.

Pomiary grubości wykonano przy pomocy elektronicznego grubościomierza ultradźwiękowego METRISON Sono M410 na wytypowanych stalowych elementach konstrukcyjnych. Miejsca wykonanych pomiarów grubościomierzem naniesiono na schematy konstrukcji kładki, które zestawiono w załączniku nr 1 do niniejszego opracowania.

Do przeprowadzenia badań wytypowano dźwigary stalowe w obrębie podparcia przedmiotowego obiektu – jako najbardziej narażone na działanie warunków atmosferycznych. Punkty pomiarowe obejmowały pas dolny dźwigarów kratownicowych.

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rysunku 20 i 21 przedstawiono przykładowe miejsce pomiaru grubościomierzem ultradźwiękowym.



**Rys. 20** Widok pomiaru pasa dolnego dźwigara skrajnego od strony górnej wody



**Rys. 21** Widok pomiaru środknika dźwigara środkowego

#### 4.2 WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań polegających na pomiarach grubości wytypowanych elementów (skorodowanych) zestawiono w tabeli 1.

Dla każdego wytypowanego miejsca pomiaru przeprowadzono trzy pomiary grubości przekroju.

**Tabela 1** Wyniki pomiarów grubościomierzem ultradźwiękowym

Lp.	Nr przęsła	Element	Wynik pomiaru grubości przekroju [ mm ]			Średnia [mm]
			1	2	3	
1	1	Belka nr 1 (od strony górnej wody) Półka górna pasa dolnego	13,1	12,8	12,9	12,93
2	1	Belka nr 1 (od strony górnej wody) Środek pasa dolnego	10	10,1	10,1	10,07
3	1	Belka nr 1 (od strony górnej wody) Półka dolna pasa dolnego	10,3	10,6	10,5	10,47
4	1	Belka nr 2 (od strony górnej wody) Półka górna pasa dolnego	11,7	11,8	11,9	11,80
5	1	Belka nr 2 (od strony górnej wody) Środek pasa dolnego	9,7	9,7	9,7	9,70
6	1	Belka nr 2 (od strony górnej wody) Półka dolna pasa dolnego	12,2	12,3	12,3	12,27
7	1	Belka nr 3 (od strony górnej wody) Półka górna pasa dolnego	12,1	12,1	12,2	12,13
8	1	Belka nr 3 (od strony górnej wody) Środek pasa dolnego	8,7	8,9	8,7	8,77
9	1	Belka nr 3 (od strony górnej wody) Półka dolna pasa dolnego	12,2	12,2	12,3	12,23
10	1	Poprzecznicą od ul. Niecałej Środek	12,2	12,2	12,3	12,23

#### 4.3 ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Pomiary grubości kształtowników zostały porównane z rzeczywistymi wartościami grubości ścianek tych elementów, na podstawie katalogów wyrobów hutniczych. Ubytki w stali przedstawiono w wartości różnic pola powierzchni przekroju elementu.

Wyniki obliczeń utraty nośności wybranych przekrojów zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 2** Wyniki obliczeń utraty nośności wybranych przekrojów

Lp.	Nr przęsła	Element	Ubytek grubości przekroju	Ubytek grubości przekroju	Uwagi
-	-	-	[ mm <sup>2</sup> ]	[ % ]	-
1	1	Pas dolny dźwigara nr 1	234,0	6,19	Zaawansowana korozja ogólna
2	1	Pas dolny dźwigara nr 2	201,0	5,32	Zaawansowana korozja ogólna
3	1	Pas dolny dźwigara nr 3	258,0	6,83	Zaawansowana korozja ogólna
4	1	Poprzecznica	58,6	3,49	Złuszczenie powłok malarskich

Z analizy uzyskanych wyników pomiaru grubości wynika, że największy ubytek grubości przekroju występuje na dolnej półce dźwigara nr 3 (6,83% ubytku przekroju).

Stwierdzony ubytek jednak nie wpływa znacząco na nośność całego dźwigara kratownicowego.

#### 4.2 BADANIA SKLEROMETRYCZNE BETONU

W celu ustalenia wytrzymałości betonu na ściskanie płyty pomostowej, gzymsów, oraz ciosów podłożyskowych, przeprowadzono badania sklerometryczne przy pomocy młotka Schmidta typu N firmy Proceq.

Dla każdego badanego elementu konstrukcyjnego wykonano pomiary w minimum 6 punktach. W każdym punkcie wykonano po 5 odczytów.

Na podstawie badań sklerometrycznych oszacowano wytrzymałość betonu na ściskanie, a przede wszystkim określono różnicę w jakości betonów dla elementów konstrukcji kładki.

Wyniki pomiarów wraz z określeniem klasy betonu elementów badanych zestawiono w tabeli 3.1.

Dodatkowo wyniki pomiarów cząstkowych (dzienniki pomiarów sklerometrycznych) zestawiono w załączniku nr Z.I.1.

**Tabela 3.1** Wyniki pomiarów sklerometrycznych.

<b>PŁYTA POMOSTU</b>	
$R_{\min, \acute{S}R} [MPa]$	28,96
OSTATECZNIE:	Przyjęto beton C25/30
<b>GZYMSY</b>	
$R_{\min, \acute{S}R} [MPa]$	24,34
OSTATECZNIE:	Przyjęto beton C20/25
<b>PRZYCZÓŁEK</b>	
$R_{\min, \acute{S}R} [MPa]$	18,96
OSTATECZNIE:	Przyjęto beton C15/20

#### 4.1.3 Analiza wyników badań

Wyniki badania wytrzymałości betonu na ściskanie metodą sklerometryczną (młotkiem Schmidta typu N) wykazały, że wytrzymałość betonu elementów konstrukcyjnych na ściskanie dla przyjętej klasy betonu wynosi:

- dla płyty pomostowej 30,0 MPa,
- dla betonu gzymsów 25,0 MPa,
- dla przyczółków 20,0 MPa.

## 5 WERYFIKACYJNE OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE OBIEKTU

### 5.1 ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

#### Obciążenia stałe

W tabeli 1 zestawiono przyjęte obciążenia stałe konstrukcji kładki.

**Tabela 1** Zestawienie obciążeń stałych

Element konstrukcyjny	Wartość obciążenia charakterystyczna [kN/m]	Wartość obciążenia obliczeniowa [kN/m]
Nawierzchnia z asfaltu lanego gr. 5,0 cm	$0,05 \cdot 23,0 = 1,15$	$3,22 \cdot 1,20 = 1,38$
Izolacja pomostu 2,0 cm	$0,02 \cdot 14,0 = 0,28$	$0,28 \cdot 1,20 = 0,34$
Płyta żelbetowa gr 25,0 cm	$0,25 \cdot 25,0 = 6,25$	$2,00 \cdot 1,20 = 7,50$
Dźwigary stalowe 3xC260	$0,38 \cdot 3 = 1,14$	$0,80 \cdot 1,2 = 1,37$
	<b>RAZEM</b>	<b>10,59 kN/m<sup>2</sup></b>

#### Obciążenia zmienne

Oddziaływania wywołane obciążeniem tłumem pieszych kładki przyjęto wg EN 1991-2.

W obliczeniach uwzględniono efekty statyczne ciągłego gęstego tłumy pieszych.

W tabeli 2 zestawiono przyjęte obciążenie tłumem pieszych.

**Tabela 2** Charakterystyczne i obliczeniowe wartości obciążenia tłumem

Obciążenie	Współczynnik	Charakterystyczne	Obliczeniowe
	$\gamma_{Q,1}$	$q_{fl}$	$\gamma_{Q,1} q_{fl}$
Obciążenie tłumem [ kN/m <sup>2</sup> ]	1,50	5,00	<b>7,50</b>

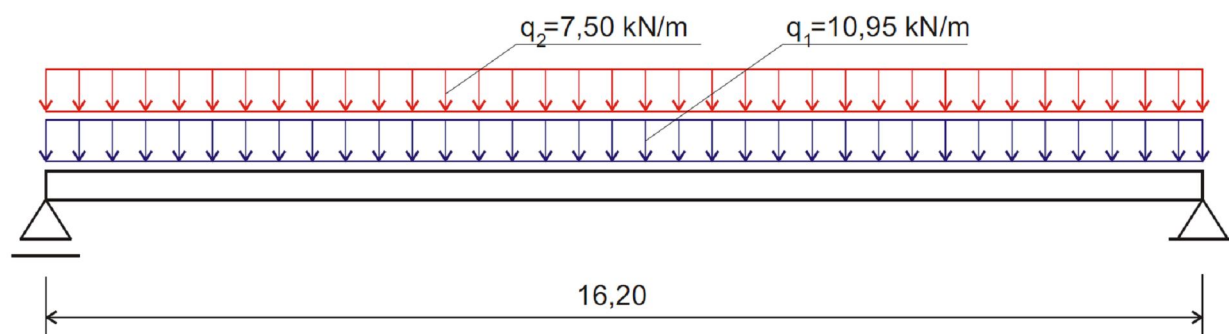
– Oddziaływanie temperatury:

$\Delta T = 0$  Pominięto zgodnie z PN+85/S-10030.



## 5.2 SCHEMATY STATYCZNE I WYZNACZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH

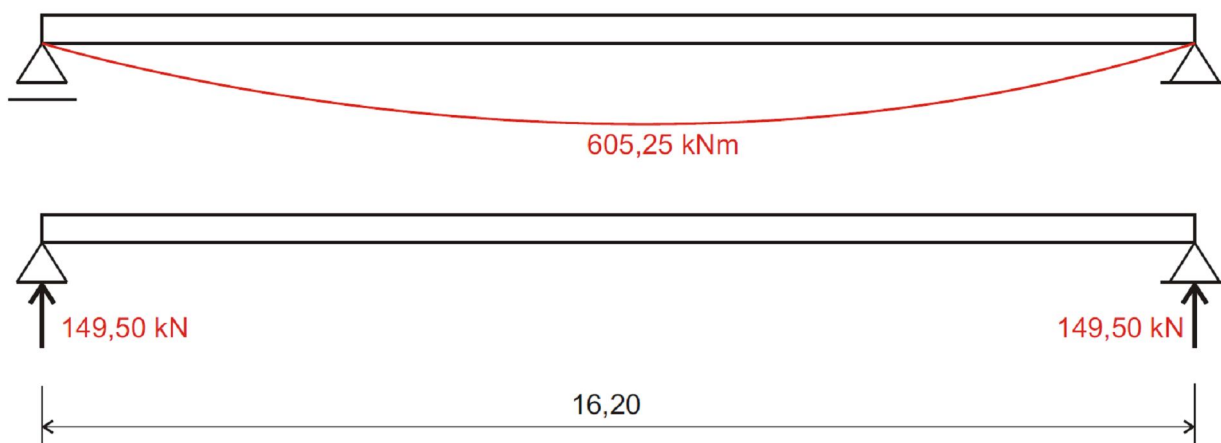
Na rysunku 1 przedstawiono przyjęty schemat do wyznaczenia sił wewnętrznych od obciążeń stałych i zmiennych.



**Rys. 1** Przyjęty schemat do wyznaczenia sił wewnętrznych

### Momenty zginające i reakcje podporowe:

Na rysunku 2 przedstawiono wykres momentów zginających w przekroju zespolonym oraz reakcje podporowe.



**Rys. 2** Wykres momentów zginających i reakcje podporowe

## 5.3 CHARAKTERYSTYKI GEOMETRYCZNE PRZEKROJÓW

### Dane materiałowe i geometryczne przekrojów

W niniejszych obliczeniach statycznych jako beton z którego wykonano płytę przyjęto beton B-25 (C20/25). Poniżej przedstawiono podstawowe parametry wytrzymałościowe przyjętego betonu:

Klasa betonu:	B-25 (C20/25)
- Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie $f_{cd}$	13,3 [MPa]
- Wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie $f_{ctd}$	1,0 [MPa]
- Średnia gwarantowana wytrzymałość na rozciąganie	2,2 [MPa]

Kształtowniki stalowe z których C260 wykonano dźwigary przyjęto jako wykonane ze stali St3S:

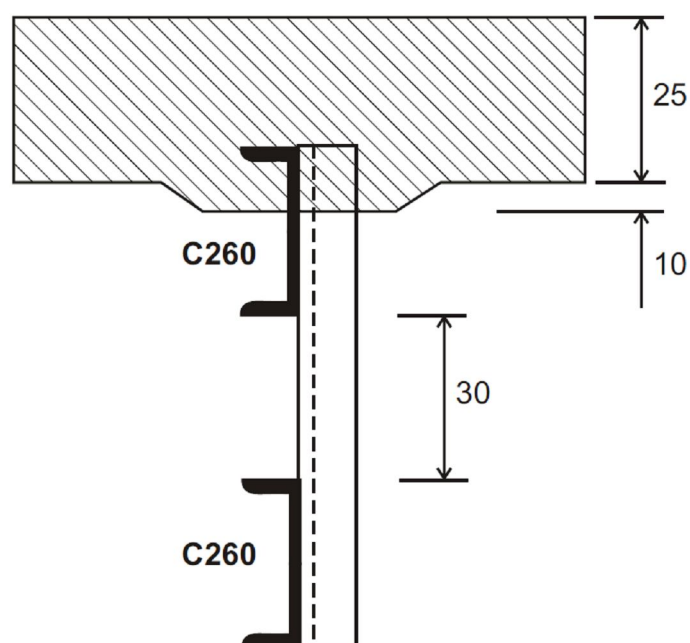
$$E = 205000 \text{ MPa}$$

$$G = 78846,15 \text{ MPa}$$

$$f_c = 215,0 \text{ MPa}$$

### Dane geometryczne przekroju obliczeniowego

Obliczeniowy przekrój zespolony przedstawiono na rysunku 3.  
W tabeli 3 zestawiono parametry przekroju przyjętego do obliczeń.



**Rys. 3** Przekrój obliczeniowy konstrukcji kładki



**Tabela 3** Parametry przekroju obliczeniowego

Parametr przekroju obliczeniowego	
Moment bezwładności - $J_x$ [cm <sup>4</sup> ]:	2157110.11
Moment bezwładności - $J_y$ [cm <sup>4</sup> ]:	1954652.65
Moment dewiacyjny - $J_{xy}$ [cm <sup>4</sup> ]:	0.00
Moment biegunowy - $J_s$ [cm <sup>4</sup> ]:	4111762.76
Promień bezwładności - $i_x$ [cm]:	25.79
Promień bezwładności - $i_y$ [cm]:	24.55
Wskaźnik wytrzymałości - $W_x$ [cm <sup>3</sup> ]:	<b>43142.20</b>

#### 5.4 WYZNACZENIE NAPRĘŻEŃ W PRZEKROJU

W poniższych obliczeniach sprawdzono naprężenie pasa dolnego dźwigara stalowego jako najbardziej wytężonego dla maksymalnego momentu zginającego od obciążeń stałych i zmiennych.

$$M_{\max} = 605,25 \text{ kNm}$$

$$\sigma_d = (M_{\max}/W_x)$$

$$\sigma_d = (6052,5/43142,20) = 1,4029 \text{ [kN/cm}^2\text{]} = \mathbf{14,03 \text{ [N/mm}^2\text{]} [MPa]}$$

$$\sigma_d < f_c$$

$$\mathbf{14,03 < 215,0 \text{ [MPa]}}$$

**Tym samym obliczone naprężenia w pasie dolnym dźwigara są o rząd wielkości mniejsze od naprężeń dopuszczalnych.**

## **6      WARUNKI DALSZEJ BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI KŁADKI**

Po szczegółowych oględzinach obiektu, wykonaniu badań materiałowych oraz weryfikacyjnych obliczeń nośności obiektu należy stwierdzić, że ogólny stan techniczny kładki dla pieszych jest dostateczny chociaż jego poszczególne elementy są w stanie niezadowalającym.

W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości należy przeprowadzić prace zabezpieczające stalową konstrukcję nośną. Dodatkowo należy wykonać trwałe uszczelnienie w obrębie dylatacji, oraz wykonać kompleksowy remont żelbetowej płyty pomostu ze szczególnym uwzględnieniem gzymsów kładki.

Remont obiektu powinien być poprzedzony wykonaniem odpowiedniego projektu technicznego. W ramach przedmiotowego projektu należy określić szczegółowo stan techniczny wszystkich elementów konstrukcji i na tej podstawie należy podać sposób przeprowadzenia remontu lub jego wzmocnienia po przeprowadzeniu odpowiednich obliczeń nośności.

Organizacja ruchu pieszego na obiekcie nie budzi zastrzeżeń. Oznakowanie pionowe i poziome zastosowane poza obiektem jest właściwe.

**Obiekt nie wymaga stosowania ograniczeń nośności jak i zmiany organizacji ruchu.**

## **7 ZALECENIA DO OPRACOWANIA DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ REMONTU PRZEDMIOTOWEGO OBIEKTU**

Przy określaniu zakresu niezbędnych robót budowlanych dla wykonania dokumentacji projektowej remontu przedmiotowego obiektu założono, że przeprowadzony remont powinien zapewnić możliwie długą trwałość obiektu. Dlatego też, uwzględniono zastosowanie nowoczesnych materiałów i technologii.

Poniżej w punktach przedstawiono zakres projektowanego remontu z wyszczególnieniem prac budowlanych.

- **Nawierzchnia kładki**

- Roboty rozbiórkowe**

- Przed pracami rozbiórkowymi należy utrwalić geodezyjnie położenie wysokościowe i sytuacyjne wszystkich elementów kładki. Również w czasie prowadzenia robót winny być niwelowane wszystkie warstwy nawierzchni. Operaty geodezyjne należy przekazać nadzorowi do ewentualnej weryfikacji dokumentacji.

- Roboty rozbiórkowe nawierzchni będą polegać na:

- 1. Istniejącą nawierzchnię na obiekcie należy rozebrać metodami ręcznymi przy pomocy narzędzi pneumatycznych. Podczas rozbiórki nawierzchni na obiekcie należy stale kontrolować jej głębokość.

- Roboty remontowe**

- 1. Wykonanie warstwy ochronnej hydroizolacji z papy termozgrzewalnej po uprzednim zagruntowaniu podłoża.
    2. Wykonanie warstwy ścieralnej z asfaltu lanego 0/12,8 (warstwa szczelna).Nawierzchnie kładki można również wykonać z żywic epoksydowych, jak również w innej technologii izolacyjno-nawierzchni.

- **Płyta pomostowa**

- 1. Zerwanie istniejącej izolacji płyty pomostu.
  2. Wyczyszczenie płyty pomostowej obróbką strumieniowo-cierną.Powierzchnię betonową płyty pomostowej należy oczyścić metodą strumieniowo – ścierną. Powierzchnie betonowe przygotowane pod aplikację materiałów zabezpieczających i naprawczych powinny być czyste, suche, wolne od zatłuszczeń i

innych zanieczyszczeń, które mogłyby mieć wpływ na przyczepność materiałów niskoskurczowych. W przypadku, gdy przygotowanie podłoża odbywało się za pomocą metod powodujących wydzielanie się ścierów, kurzu czy pyłu, przed aplikacją warstw naprawczych należy bezwzględnie odpylić powierzchnię płyty za pomocą np. sprężonego powietrza, itp.

3. Odkucie miejsc słabych, spękanych i odpajających się od zbrojenia na powierzchni betonowej płyty pomostowej wykonać lekkim ręcznym sprzętem przeznaczonym do tego typu prac. W przypadku odsłonięcia zbrojenia konstrukcyjnego płyty należy je odpowiednio zabezpieczyć środkami do ochrony zbrojenia.
4. Naprawa i reprofilacja płyty pomostowej materiałami PCC.  
Powierzchnie płyty pomostowej, po uprzednim oczyszczeniu metodą strumieniowo - ścierną, należy uzupełnić niskoskurczowym zestawem naprawczym na bazie PCC. Odsłonięte, skorodowane zbrojenie środkiem do powierzchniowej ochrony zbrojenia wchodzącym w skład w/w zestawu. Ewentualne rysy należy zainiektować odpowiednimi materiałami. Przy wykonywaniu tych prac należy zachować odpowiednie wymagane spadki płyty pomostowej.  
W przypadku dużych ubytków materiału płyty (szczególnie w obrębie gzymsów oraz spodu płyty od strony ul. Łódzkiej) należy zastosować dodatkowe zbrojenie w postaci prętów wklejanych (np.  $\phi 12$ ) mających na celu połączenie nowego betonu ze „starym”. Powierzchnie istniejącego betonu należy pokryć materiałem szepnym.
5. Wykonanie zabezpieczenia antykorozyjnego betonu gzymsów oraz spodu płyty materiałami ze zdolnością przekrywania rys. Kolorystykę pozostawia się do decyzji Inwestorowi.

- **Ustrój nośny – dźwigary główne**

#### **Roboty przygotowawcze**

Roboty przygotowawcze polegać będą na wyczyszczeniu nośnej konstrukcji stalowej obróbką strumieniowo-cierną (przy zastosowaniu odpowiedniego rodzaju ścierniwa) do odpowiedniego, wymaganego stopnia czystości Sa.

#### **Roboty remontowe**

Konstrukcję stalowych dźwigarów głównych należy odpowiednio zabezpieczyć antykorozyjnie. Możliwe jest tutaj zastosowanie zestawów malarskich do zabezpieczania stalowych konstrukcji mostowych. W celu zwiększenia trwałości

elementów stalowych dźwigarów należy rozważyć pod względem ekonomicznym wykonanie docelowego zabezpieczenia antykorozyjnego kładki poprzez metalizację natryskową najlepiej systemem cynkowo-aluminiowym (ZnAl). Proponowany system powinien być z grupy systemów Duplex czyli z użyciem warstwy zamykającej. Kolorystykę warstwy zamykającej pozostawia się do wyboru przez Inwestora. Należy w tym wypadku wziąć pod uwagę konieczność uzyskania wysokiego stopnia oczyszczenia konstrukcji stalowej co ma bezpośredni wpływ na uzyskaną trwałość zabezpieczeń.

- **Elementy wyposażenia kładki**

1. Na przedmiotowym obiekcie proponuje się wykonanie renowacji istniejących balustrad wraz wykonaniem odpowiedniego zabezpieczenia antykorozyjnego. Elementy o dużym stopniu skorodowania (słupki w obrębie zakotwień) należy wymienić na nowe.

## 8 WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Na podstawie analiz stanu technicznego konstrukcji, weryfikacyjnych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oraz przeanalizowaniu dostępnej dokumentacji przedmiotowej kładki dla pieszych należy stwierdzić, że stan techniczny obiektu jest **ogólnie niedostateczny**.

Podczas przeglądu nie stwierdzono śladów awaryjnych uszkodzeń pomiędzy stalowymi dźwigarami głównymi a współpracującą żelbetową płytą pomostową. Obiekt nie posiada również nadmiernych ugięć. Stwierdzone uszkodzenia wyspecyfikowane w pierwszej części opracowania mają charakter jedynie miejscowy.

Przeprowadzone badania uszkodzeń korozyjnych dźwigarów głównych w miejscach o największym stopniu korozji wykazały zmiany ich nośności, ale nie są one na obecnym etapie istotne.

Biorąc powyższe pod uwagę obiekt w pełni **nadaje się do renowacji**.

Z uwagi na obecny stan techniczny i pogłębiającą się w tym stanie degradację obiektu, proponuje się aby prace remontowe przeprowadzić w możliwie najszybszym terminie.

Renowacja powinna polegać na:

**Dla płyty betonowej:** na jej wypiaskowaniu, odkuciu luźnych fragmentów, uzupełnieniu ubytków i miejscowym wykonaniu zbrojenia pomocniczego, oraz wykonaniu zabezpieczenia antykorozyjnego (preparatami ze zdolnością przekrywania rys).

**Dla dźwigarów głównych konstrukcji stalowej:** na ich wypiaskowaniu, oczyszczeniu do odpowiedniego stopnia czystości i wykonaniu zabezpieczenia antykorozyjnego najlepiej poprzez metalizację z warstwą zamykającą (system Duplex).

**Dodatkowo należy wykonać:** nowe warstwy hydroizolacyjne zapewniające pełną szczelność obiektu, uszczelnienie dylatacji materiałami trwale-elastycznymi, wykonanie **nowej nawierzchni kładki** z asfaltu lanego lub nawierzchni epoksydowej.

Po przeprowadzeniu remontu, którego zakres opisano w niniejszym opracowaniu, a którego szczegółowy zakres powinien być przedmiotem odpowiedniego projektu technicznego, obiekt będzie mógł być dalej bezpiecznie eksploatowany dla potrzeb komunikacji pieszej miasta Kalisza. Jednocześnie remont powinien być tak wykonany, aby podniósł walory estetyczne obiektu (renowacja konstrukcji, oświetlenie i ewentualna iluminacja).