



Biuro Projektów Budownictwa RBM sp. j.

os. Stefana Batorego 17/53
60-687 Poznań
tel. +48 61 649 80 81
faks +48 61 649 80 81
e-mail: biuro@rbm-projekt.pl

NIP 972-10-44-765
REGON 634361320
KRS 0000116939
Sąd Rejonowy w Poznaniu
VIII Wydział Gospodarczy KRS

PROJEKTOWANIE MOSTÓW I OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH
PROJEKTOWANIE REMONTÓW MOSTÓW I OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH
EKSPERTYZY, NADZORY, KONSULTACJE W ZAKRESIE BUDOWNICTWA MOSTOWEGO
PROJEKTOWANIE DRÓG I ULIC

Inwentaryzacja wraz z oceną techniczną mostu w ciągu drogi gminnej nr 496525P na rzece Ner w miejscowości Sobótka



Zamawiający:

Gmina Dąbie
pl. Mickiewicza 1
62-660 Dąbie

Branża:

Mostowa

Nr umowy:

Umowa z dn. 29.09.2015

Stanowisko	Imię i nazwisko	Nr uprawnień Nr PIIB	Specjalność	Data	Podpis
Opracował zespół	mgr inż. Robert Palicki	7131/23/P/2000 WKP/BO/3745/01	projektowanie bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej	30.11.2015	
	mgr inż. Błażej Golec	WKP/0072/POOM/05 WKP/BM/0083/06	projektowanie bez ograniczeń w specjalności mostowej	30.11.2015	
	mgr inż. Michał Wołoszyński	WKP/0073/POOM/05 WKP/BM/0084/06	projektowanie bez ograniczeń w specjalności mostowej	30.11.2015	

Nr egzemplarza: **2**

Poznań, listopad 2015

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

1.	OPIS TECHNICZNY	4
1.1.	<i>Tytuł opracowania.....</i>	<i>4</i>
1.2.	<i>Zamawiający</i>	<i>4</i>
1.3.	<i>Podstawa opracowania</i>	<i>4</i>
1.4.	<i>Normy i literatura</i>	<i>4</i>
1.5.	<i>Przedmiot opracowania.....</i>	<i>5</i>
1.6.	<i>Istniejące zagospodarowanie terenu.....</i>	<i>5</i>
1.7.	<i>Podstawowe dane techniczne mostu.....</i>	<i>5</i>
1.8.	<i>Charakterystyka ogólna obiektu.....</i>	<i>5</i>
1.8.1.	<i>Omówienie systemu Bailey.....</i>	<i>5</i>
1.8.2.	<i>Charakterystyka mostu</i>	<i>7</i>
2.	Ocena stanu technicznego obiektu	8
2.1.	<i>Dokumentacja fotograficzna ogólna</i>	<i>8</i>
2.2.	<i>Dokumentacja fotograficzna stanu technicznego i uszkodzeń.....</i>	<i>10</i>
2.3.	<i>Oględziny konstrukcji - stan techniczny</i>	<i>20</i>
3.	Obliczenia statyczne mostu	22
3.1.	<i>Obliczenia statyczne pomostu z desek o wym. 65x200 mm.....</i>	<i>22</i>
3.2.	<i>Obliczenia statyczne podłużnic.....</i>	<i>24</i>
3.3.	<i>Obliczenia statyczne poprzecznic.....</i>	<i>28</i>
3.4.	<i>Obliczenia statyczne dźwigara kratowego.....</i>	<i>31</i>
4.	Obliczenia wytrzymałościowe.....	36
4.1.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe podłużnic.....</i>	<i>36</i>
4.2.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe poprzecznic.....</i>	<i>37</i>
4.3.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe pasa górnego</i>	<i>39</i>
4.4.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe pasa dolnego.....</i>	<i>41</i>
4.5.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe słupka ściskanego.....</i>	<i>42</i>
4.6.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe słupka rozciąganego.....</i>	<i>43</i>
4.7.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe krzyżulca ściskanego.....</i>	<i>44</i>
4.8.	<i>Obliczenia wytrzymałościowe krzyżulca rozciąganego.....</i>	<i>45</i>
5.	Ocena stanu obiektu - wnioski i zalecenia	46
5.1.	<i>Ocena ogólna stanu obiektu</i>	<i>46</i>
5.2.	<i>Wnioski z obliczeń statyczno – wytrzymałościowych.....</i>	<i>46</i>
5.3.	<i>Wnioski oraz zalecenia remontowo - eksploatacyjne</i>	<i>47</i>
6.	Wycena wstępna kosztów remontu.....	48

7.	Rysunki inwentaryzacyjne	52
1.	Plan orientacyjny	skala 1:10000
2.	Widok z boku	skala 1:50
3.	Przekrój poprzeczny	skala 1:25
4.	Konstrukcja mostu - moduł	skala 1:25

1. OPIS TECHNICZNY

1.1. Tytuł opracowania

Inwentaryzacja wraz z oceną techniczną mostu w ciągu drogi gminnej nr 496525P na rzece Ner w miejscowości Sobótka

1.2. Zamawiający

Gmina Dąbie
pl. Mickiewicza 1
62-660 Dąbie

1.3. Podstawa opracowania

- 1) Umowa zawarta z Gminą Dąbie Darłowie z dnia 29.09.2015 na opracowanie inwentaryzacji z oceną techniczną mostu na rzece Ner w miejscowości Sobótka,
- 2) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 43/99 poz. 430,
- 3) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie – Dz. U. Nr 63 poz. 735,
- 4) Polskie normy, ustawy i zarządzenia oraz aprobaty IBDiM.

1.4. Normy i literatura

1. PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia.
2. PN-89/S-10050 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania.
3. PN-82/S-10052 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
(stan 1986 r.)
4. Instrukcja do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych (załącznik do Zarządzenia Nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 01.06.2004 r.)
5. Zespół autorski: prof. dr hab. inż. Jan MARSZAŁEK, mgr inż. Jerzy Robert JARZYNA, ppłk dr inż. Paweł BRYDA, kpt. dr inż. Ryszard CHMIELEWSKI, mjr mgr inż. Grzegorz JAKUBOWSKI, dr hab. inż. Roman MARCINKOWSKI, dr inż. Janusz RYMSZA "Mosty składane. Projektowanie, budowa i eksploatacja", GDDKiA Warszawa 2005

1.5. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest opracowanie inwentaryzacji oraz oceny technicznej mostu składanego na rzece Ner. Zadaniem oceny technicznej jest wskazanie możliwości eksploatacyjnych mostu oraz wydanie zaleceń w celu ich poprawy.

1.6. Istniejące zagospodarowanie terenu

Most zlokalizowany jest w sąsiedztwie miejscowości Sobótka, gmina Dąbie. Przeprowadza drogę gminną nr 496525P nad rzeką Ner. Droga na prawym brzegu od strony miejscowości Sobótka posiada nawierzchnię gruntową ulepszoną, natomiast na lewym droga ma nawierzchnię bitumiczną. Droga na obydwu brzegach doprowadzona jest do obiektu na niewysokim nasypie. Bezpośrednie sąsiedztwo mostu stanowią tereny zalewowe rzeki Ner. Prawy brzeg jest niezagospodarowany i porośnięty niewysoką roślinnością oraz krzewami i drzewami, natomiast na lewym brzegu teren przyległy do obiektu wykorzystywany jest jako łąka. Równolegle do obiektu przebiega napowietrzna linia energetyczna.

1.7. Podstawowe dane techniczne mostu

- położenie obiektu: droga gminna nr 496525P, rz. Ner,
- kąt skrzyżowania: $\alpha = 90^\circ$
- schemat statyczny: jednoprzęsłowy, wolnopodparty,
- rozpiętość teoretyczna: $11 \times 3,05 = 33,55$ m,
- wysokość dźwigara: 1,55 m,
- szerokość mostu: 6,0 m,
- szerokość pomostu: 4,46 m,

1.8. Charakterystyka ogólna obiektu

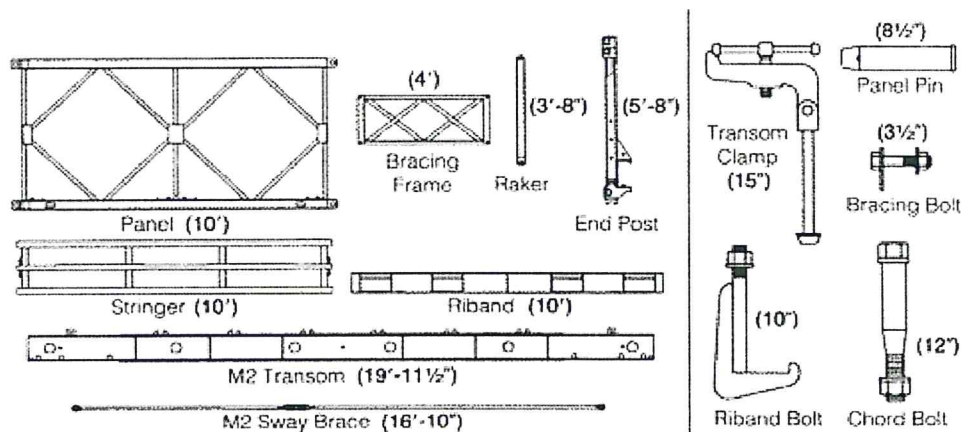
1.8.1. Omówienie systemu Bailey.

Projekt systemu został opracowany w czasie II wojny światowej, a jego pomysłodawcą był brytyjski inżynier Donald Bailey. Pochodzenie projektu wyraźnie widoczne jest brytyjskim systemie miar zastosowanym do wymiarowania elementów. Dla takich jednostek (stopy i cale) wymiary większości elementów wykazują modularność opisaną liczbami całkowitymi (Rys. 1).

System ten oparto na zastosowaniu kilkunastu podstawowych elementów zestawianych w sposób umożliwiający dostosowanie do wymagań pokonywanej przeszkody przy zapewnieniu odpowiedniej nośności konstrukcji. Po zmontowaniu uzyskiwano most kratowy z pomostem w układzie jazdy dołem. Podstawę nośną mostu stanowią kratowe dźwigary, na których kolejno opierano poprzecznice, podłużnice, a na końcu pomost drewniany lub stalowy.

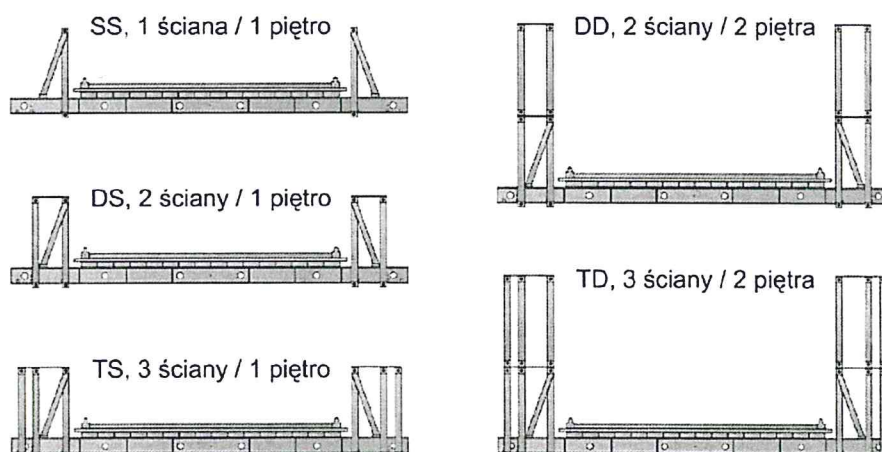
Podstawowe elementy konstrukcji mostu:

- moduł dźwigara kratowego,
- poprzecznicę,
- moduł poprzecznicę,
- stężenie poprzeczne dźwigara,
- wiatrownica prętowa,
- moduł podparcia (stopa),
- element podporowy dźwigara,
- klamry, sworznie i łączniki,
- drewniane/metalowe elementy pomostu.



Rys. 1. Elementy konstrukcyjne mostu w systemie Bailey.

Elementy składowe mostu montowane są w moduły o długości 10' czyli 3050 mm, które łączy się w liczbie odpowiedniej dla przekroczenia przeszkody. W celu uzyskania odpowiedniej nośności konstrukcji modułowe dźwigary kratowe można zestawiać w układach wielokrotnych, a także zwiększać wysokość ustawiając je piętrowo (Rys. 2).



Rys. 2. Schematy zestawienia dźwigara kratowego systemie Bailey.

1.8.2. Charakterystyka mostu

Most nad rzeką Ner w miejscowości Sobótka wzniesiony został z wykorzystaniem systemu Baileya - modularnych mostów składanych.

Obiekt jednoprzęsłowy o schemacie statycznym wolnopodpartym został zmontowany na początku lat 80-tych ubiegłego wieku. Brzegi rzeki w miejscu oparcia konstrukcji są nieumocnione. Konstrukcja opiera się na systemowych płytach łóżyskowych. Podczas prac inwentaryzacyjnych nie udało się ustalić rodzaju zastosowanej podwaliny pod płytami.

Do konstrukcji mostu wykorzystano 11 segmentów systemowych uzyskując w ten sposób rozpiętość 33,55 m. Obiekt wzniesiono w układzie dźwigarów typu DS, czyli z wykorzystaniem dla każdego z dźwigarów dwóch ścian modułu kratowego ustawionych jednopiętrowo o wysokości - dźwigar o wysokości 1,55m.

Poprzecznice oparte na dźwigarach odbiegają przekrojem od stosowanych w oryginalnym projekcie Bailey'a (kształtowniki w brytyjskim systemie miar), a wykonano je z dwuteowników normalnych o wysokości 260 mm. W każdym module mostu zastosowano dwie poprzecznice. Dodatkowe poprzecznice występują w segmentach końcowych.

W przekroju poprzecznym mostu znajduje się 6 zestawów podłużnic. W konstrukcji zastosowano dwa typy zestawów podłużnic (na zestaw składają się trzy dwuteowniki) z dwuteowników o szerszych i węższych stopach ($4 \times 1 \frac{3}{4} \times 5$ BSB oraz $4 \times 3 \times 10$ BSB). Wzajemna lokalizacja tych zestawów w przekroju mostu nie wykazuje systematyczności rozmieszczenia.

Pomost ułożony na podłużnicach o szerokości 4,46 m wykonano z desek drewnianych o przeciętnej grubości 6,5 cm. Na krawędzi pomostu znajdują się drewniane krawężniki, które za pośrednictwem stalowych łączników stabilizują deski pomostu.

Elementem zapewniającym stabilność i niezmienność konstrukcji w planie są prętowe wiatrownice ułożone krzyżowo w każdym segmencie.

2. Ocena stanu technicznego obiektu

2.1. Dokumentacja fotograficzna ogólna



Fot. 1 Widok od strony m. Sobótka



Fot. 2 Widok z boku - strona wschodnia



Fot. 3 Widok pomostu od strony m. Sobótka



Fot. 4 Widok z boku - strona zachodnia

2.2. Dokumentacja fotograficzna stanu technicznego i uszkodzeń



Fot. 5 Widok dźwigara - segment końcowy, powierzchniowa korozja , brak sworznia



Fot. 6 Widok segmentu dźwigara - znaczne ubytki powłok malarskich , powierzchniowa korozja, uszkodzenie słupka segmentu



Fot. 7 Połączenie sworzniowe segmentów dźwigara kratowego - powierzchniowa korozja



Fot. 8 Segment końcowy i element kończący - korozja powierzchniowa, brakujący sworzeń



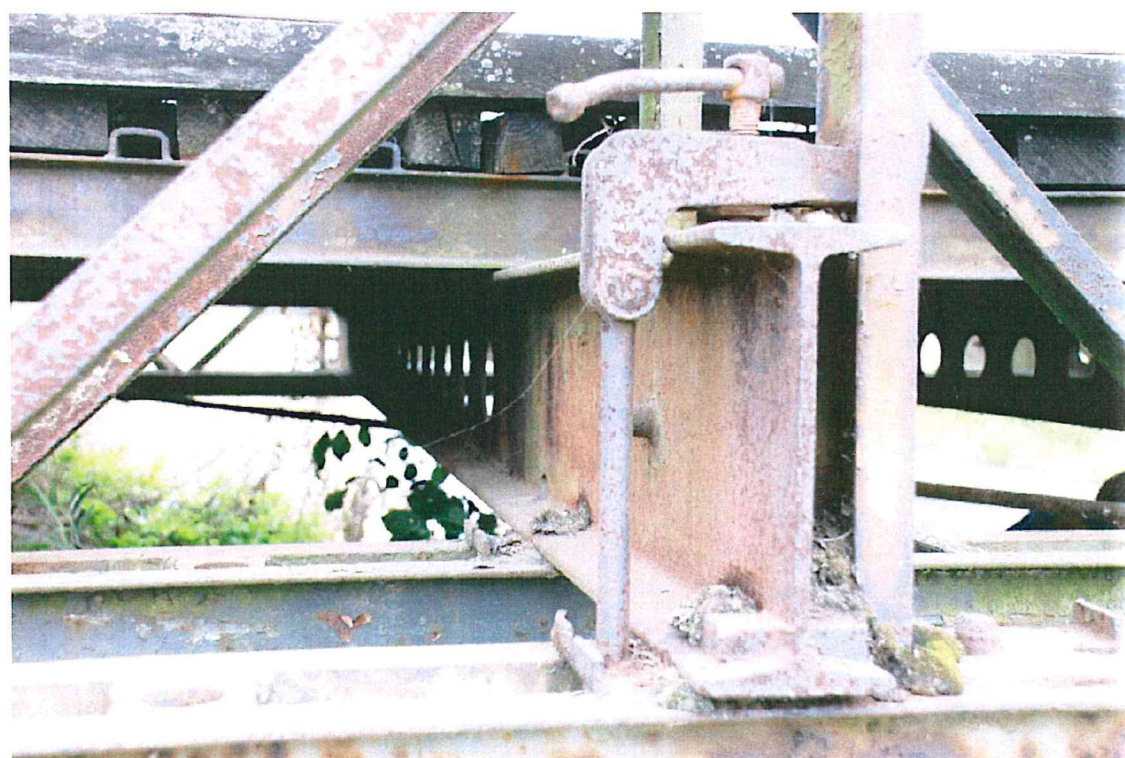
Fot. 9 Zbliżenie blachy węzłowej dźwigara kratowego - uszkodzenia powłok malarskich, korozja



Fot. 10 Element kończący - zgorzel korozyjna



Fot. 11 Dolny węzeł dźwigara kratowego, poprzecznica - braki powłok malarskich, korozja, odkształcenie pasa poprzecznicy, brakująca klamra mocująca poprzecznicę



Fot. 12 Mocowanie poprzecznicy do dźwigara kratowego - korozja, brakująca klamra mocowania poprzecznicy



Fot. 13 Widok spodu konstrukcji, dolny pas dźwigara, poprzecznica, zestawy podłużnic, zwiatrowanie - uszkodzenia korozyjne elementów, poluzowane zwiatrowanie prętowe



Fot. 14 Oparcie i mocowanie poprzecznicy - korozja elementów



Fot. 15 Widok dołu konstrukcji - korozja elementów, poluzowane zwiatrowanie prętowe



Fot. 16 Dolny pas dźwigara, oparcie poprzeczny, połączenie sworzniowe, mocowanie wiatrownicy - korozja elementów, poluzowana i wygięta wiatrownica



Fot. 17 Widok dołu konstrukcji - uszkodzenia korozyjne elementów, brakujące zwiatrowanie prętowe



Fot. 18 Widok z boku konstrukcji mostu - korozja powierzchni elementów, widoczna luźna wiatrownica prętowa



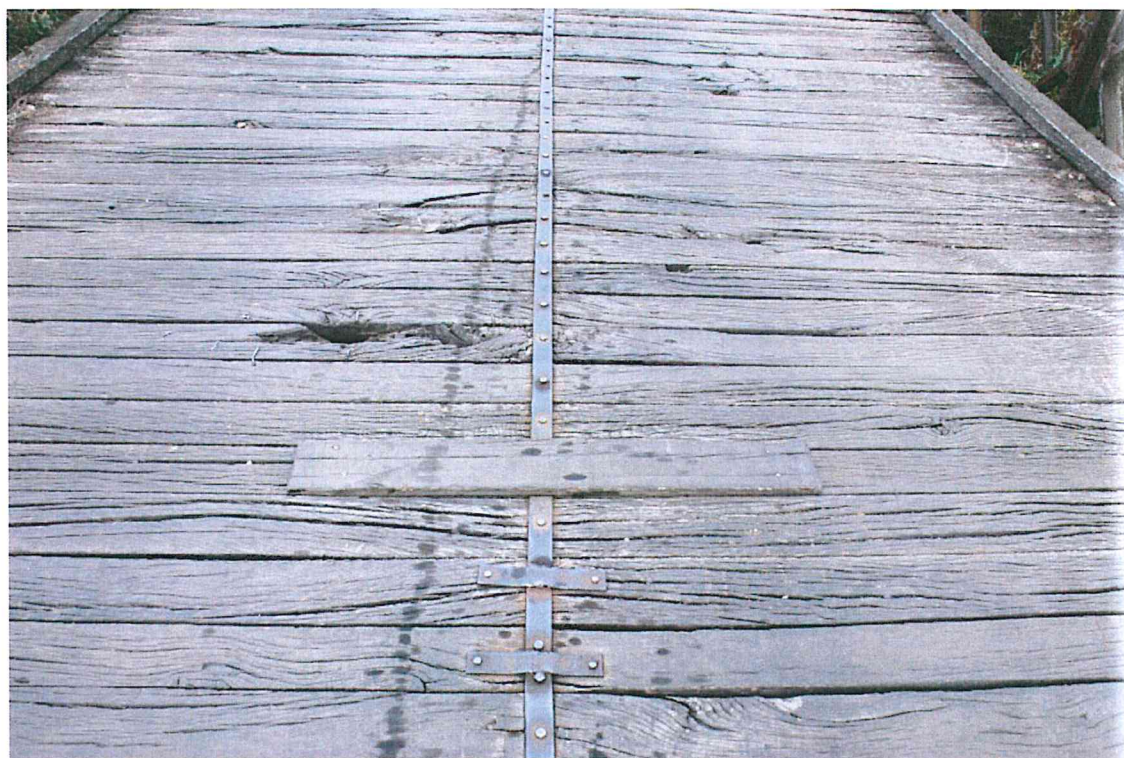
Fot. 19 Widok z boku konstrukcji mostu (strona lewobrzeżna) - korozja powierzchni elementów, widoczna luźna wiatrownica prętowa



Fot. 20 Widok z boku konstrukcji mostu (strona prawobrzeżna) - korozja powierzchni elementów, widoczne luźne wiatrownice prętowe



Fot. 21 Pomost drewniany - uszkodzenia i ubytki



Fot. 22 Pomost drewniany - uszkodzenia i ubytki



Fot. 23 Pomost drewniany - uszkodzenia i ubytki



Fot. 24 Pomost drewniany - uszkodzenia i ubytki, zniszczony krawężnik drewniany

2.3. Oględziny konstrukcji - stan techniczny

- Oględziny ogólne:

Konstrukcja stalowa mostu posiada znaczne ubytki powłok malarskich, a wszystkie odsłonięte miejsca pokryte są korozją. W większości przypadków jest to korozja powierzchniowa, a lokalnie uszkodzenia korozyjne są większe.

Obiekt wykazuje odchylenie geometrii dźwigarów w planie. Strzałka wychylenia dźwigarów wynosi kilkanaście centymetrów od osi.

Pomost drewniany wykazuje liczne braki i uszkodzenia, które są lokalnie naprawiane łatami w postaci desek.

- Stan elementów konstrukcji:

Dźwigary

Elementy modułowe dźwigarów całej konstrukcji posiadają znaczne ubytki powłok malarskich i jednocześnie odsłonięte powierzchnie pokryte są korozją. Pojedyncze elementy modułów kratowych wykazują uszkodzenia mechaniczne w postaci odkształceń przekroju. Połączenia sworzniowe segmentów są pokryte korozją. Na brzegu od strony m. Sobótka brakuje jednego sworznia łączącego dźwigar z elementem kończącym (ubytek ten nie ma istotnego wpływu na pracę konstrukcji).

Poprzecznice

Poprzecznice wykonano z dwuteowników normalnych IPN 260. Ich powierzchnia posiada znaczne ubytki powłok malarskich i w odsłoniętych miejscach pokryta jest korozją powierzchniową. Mocowanie poprzecznic do dźwigara kratowego odbywa się z pomocą klamer systemowych. Klamry nie posiadają powłok malarskich i w znacznej części pokryte są korozją. Gwinty śrub dociskowych i przeguby klamer są skorodowane w różnym stopniu co może stanowić utrudnienie w korygowaniu połączenia. Podczas oględzin stwierdzono, że dla części poprzecznic brakuje klamer mocujących poprzecznicę do paneli dźwigara. Dla części poprzecznic brakuje pojedynczych klamer. Ma to wpływ na schemat pracy i przekazywanie obciążeń na poszczególne elementy konstrukcji mostu. Brak poprzecznicy kończącej po stronie

Podłużnice

Podłużnice oparte na poprzecznicach zestawione są zestawy po trzy beleczki dwuteowe spięte przewiązkami ceowymi. Zastosowano dwa typy zestawów o różnych nośnościach, natomiast ich poprzeczne rozmieszczenie nie wskazuje na dostosowanie ich lokalizacji do poprzecznego rozkładu obciążeń. Podłużnice wykazują powierzchniowe uszkodzenia korozyjne. Lokalnie tego typu uszkodzenia mogą być większe (np. w miejscach styku z przewiązkami z ceownikami).

Pomost

Pomost drewniany posiada liczne uszkodzenia i ubytki nawierzchni. Część ubytków naprawiono za pomocą nabitych desek (rozwiązanie to jest nietrwałe). Mocowanie desek pomostu jest realizowane przy pomocy stalowych łączników, które dociskają za pośrednictwem drewnianych krawężników deski pomostu. Krawężniki w wielu miejscach są uszkodzone, a miejscami całkowicie zbutwiałe i wykruszone. Rzadkie mocowanie krawężnika za pomocą śrub oraz ubytki tego elementu

powodują, że miejscami deski pomostu wykazują luz. Jest to szczególnie zauważalne podczas przejazdu pojazdów.

Wiatrownice

Wiatrownice prętowe wykazują typowe dla całej konstrukcji stalowej uszkodzenia korozyjne. Szczególną uwagę zwraca to, że w wielu segmentach pręty wiatrownicy są luźne (do tego stopnia, że zwisają poniżej konstrukcji). Przynajmniej w jednym polu stwierdzono brak pręta dla jednego kierunku krzyżulca. Niektóre pręty poprzecznic są wygięte. Część elementów napinających (śruba rzymska) jest uszkodzona. Uszkodzenia, wybrakowania i brak naciągnięcia prętów wiatrownic mają wpływ na geometryczną niezmiennosć i odkształcenie poszczególnych segmentów konstrukcji.

- **Geometria konstrukcji**

Schemat obiektu zakłada prostoliniowy przebieg dźwigarów i pomostu. Oględziny konstrukcji wskazują na jej odkształcenie w planie, a strzałka tego odkształcenia wynosi kilkanaście centymetrów. Za prawdopodobną przyczynę takiego stanu najprawdopodobniej odpowiada opisany wcześniej stan wiatrownic.

Pomiary geometrii pionowej wykazały, że podparcie mostu na brzegu prawym jest wyżej o ok. 30 cm od brzegu lewego. Profil podłużny obiektu ukształtowany jest przez ugięcie wywołane ciężarem własnym oraz luzami w połączeniach sworzniowych segmentów kratowych dźwigara.

Podparcie dźwigarów prawego i lewego jest poprzecznie nierównomierne. Dla brzegu lewego różnica wysokości oparcia dźwigarów wynosi 4 cm, natomiast dla brzegu prawego 6 cm. Jednocześnie wymienione różnice wysokości podparcia występują przeciwnie dla obu brzegów. Powoduje to, że płaszczyzna pomostu na jego długości ulega skręceniu.

3. Obliczenia statyczne mostu

3.1. Obliczenia statyczne pomostu z desek o wym. 65x200 mm

Deski pomostu drewnianego oparte są bezpośrednio na układzie podłużnic składających się z połączonych „trójkami” dwuteowników o wysokości 101,6 mm ($4 \times 1^3/4 \times 5$ BSB). Rozstaw osiowy poszczególnych belek w zestawach wynosi 240 mm, natomiast rozstaw osiowy pomiędzy skrajnymi belkami sąsiednich zestawów wynosi 260 mm. Z uwagi na bardzo niewielki rozstaw belek stanowiących punkty podparcia dla pomostu drewnianego, pominięto obliczenia wytrzymałościowe desek drewnianych. Obliczenia statyczne ograniczą się jedynie do wyznaczenia ekstremalnych wartości reakcji, które zostaną użyte w dalszych obliczeniach.

Dotychczas na przedmiotowy obiekt były dopuszczone pojazdy o łącznej masie 10 t = 100 kN, w związku z tym do obliczeń zostało przyjęte obciążenie zmienne klasy E wg PN-85/S-10030, umożliwiające wpuszczenie pojazdu o łącznym ciężarze 150 kN oraz pojazd 5/S10 wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”, będącej załącznikiem do Rozporządzenia nr 61 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Z uwagi na fakt, że most jest już użytkowany od kilkadziesiąt lat, założono ograniczony okres dalszej eksploatacji. Skutkuje to przyjęciem dla obciążeń eksploatacyjnych współczynników obciążeniowych jak dla układu dodatkowego PD.

- Ciężar pomostu z desek drewnianych:

$$g_k = \gamma_{dr} \cdot h_1 \cdot b_1 \quad \text{gdzie:}$$

$$\gamma_{dr} = 10,00 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 0,065 \text{ m}$$

$$b = 1,000 \text{ m}$$

$$g_k = 10,00 \cdot 0,065 \cdot 1,000 = 0,650 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 1,20 \cdot 0,650 = 0,780 \text{ kN/m}$$

$$g'_d = 0,90 \cdot 0,650 = 0,585 \text{ kN/m}$$

- Powierzchniowe obciążenie zmienne dla klasy E wg PN-85/S-10030:

$$q = 1,200 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = q \cdot b \quad \text{gdzie:}$$

$$q_k = 1,200 \cdot 1,00 = 1,200 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 1,30 \cdot 1,200 = 1,560 \text{ kN/m}$$

- Obciążenie pojazdem K dla klasy E wg PN-85/S-10030:

$$K_1 = 30,00 \text{ kN}$$

$$\phi = 1,35 - 0,005 \cdot 33,550 = 1,182$$

$$K_{1\phi} = 30,00 \cdot 1,182 = 35,46 \text{ kN}$$

$$k_{1\phi} = 35,46 / 0,60 = 59,10 \text{ kN/m}$$

$$k_{1\phi d} = 1,30 \cdot 59,10 = 76,83 \text{ kN/m}$$

- Liniowe obciążenie zmienne dla pojazdu 5/S10 wg Instrukcji:

$$p = 1,000 \text{ kN/m}$$

$$p_k = q \cdot b / L \quad \text{gdzie:}$$

$$p_k = 1,000 \cdot 1,00 / 0,60 = 1,67 \text{ kN/m}$$

$$p_d = 1,30 \cdot 1,670 = 2,170 \text{ kN/m}$$

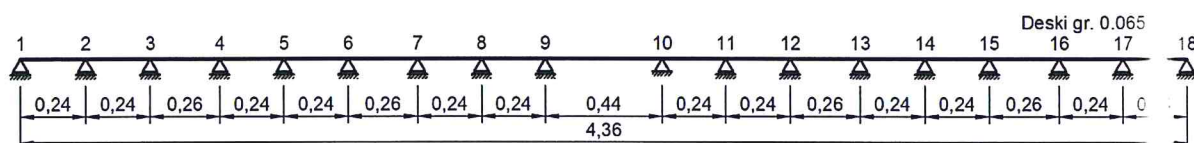
- Obciążenie pojazdem 5/S10 wg Instrukcji:

$$S_1 = 30,00 \text{ kN}$$

$$S_2 = 20,00 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\phi &= 1,35 - 0,005 \cdot 33,550 = 1,182 \\ S_{1\phi} &= 30,00 \cdot 1,182 = 35,46 \text{ kN} \\ S_{2\phi} &= 20,00 \cdot 1,182 = 23,64 \text{ kN} \\ S_{1\phi} &= 35,46 / 0,60 = 59,10 \text{ kN/m} \\ S_{2\phi} &= 23,64 / 0,60 = 39,40 \text{ kN/m} \\ S_{1\phi d} &= 1,30 \cdot 59,10 = 76,83 \text{ kN/m} \\ S_{2\phi d} &= 1,30 \cdot 39,40 = 51,22 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

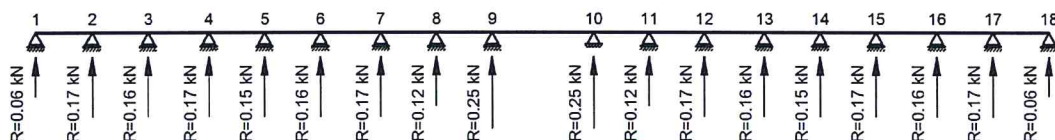
Rys. 1. Schemat statyczny pomostu drewnianego:



Powyższy schemat obciążono zgodnie z zasadami PN-85/S-10030, uwzględniając dociążający i odciążający charakter obciążeń na poszczególnych przęsłach pomostu. Obciążenie skupione od koła pojazdu K oraz obciążenia pojazdem 5/S10 zamieniono na obciążenie równomiernie rozłożone na szerokości 0,60 m.

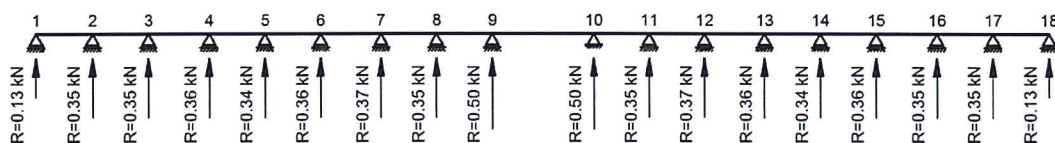
Wyniki:

Rys. 2. Charakterystyczne reakcje od ciężaru własnego pomostu przypadające na 1 mb



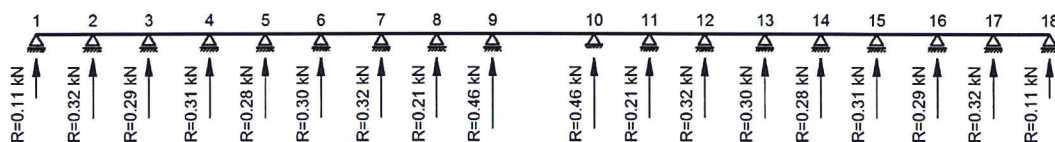
Rys. 3. Charakterystyczne reakcje od obciążeń zmiennych q przypadające na 1 mb

Kombinacje zwracające maksymalne wartości poszczególnych reakcji na podłużnicy



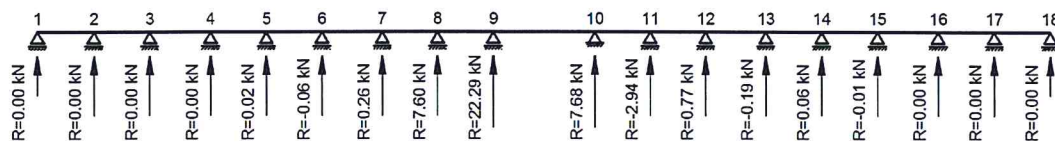
Rys. 4. Charakterystyczne reakcje od obciążeń zmiennych q przypadające na 1 mb

Obciążenie powierzchniowe równomiernie rozłożone na całej szerokości pomostu



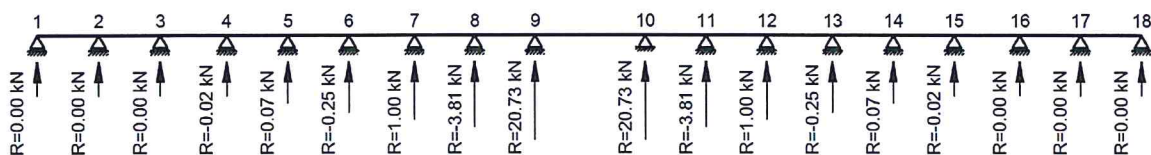
Rys. 5. Charakterystyczne reakcje od obciążenia kołem pojazdu K

Koło pojazdu K ustawione centralnie nad podłużnicą 9 (10).

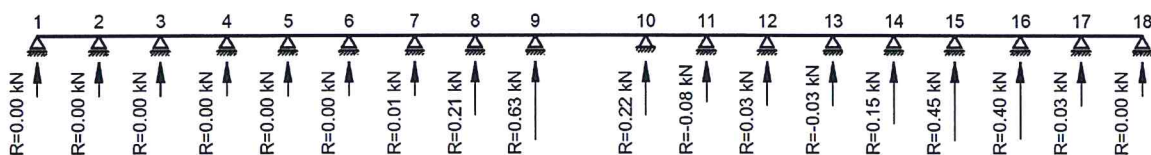


Rys. 6. Charakterystyczne reakcje od obciążenia kołem pojazdu K

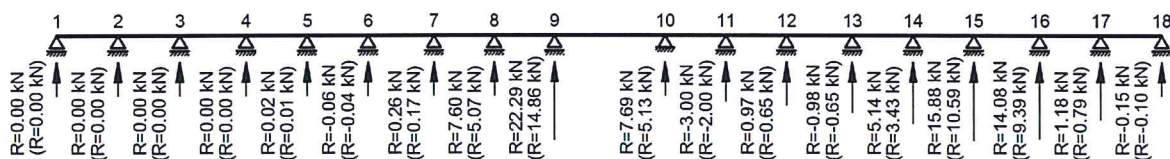
Koło pojazdu K ustawione na środku pomostu.

**Rys. 7. Charakterystyczne reakcje od obciążenia liniowego 5/S10 na 1 mb**

Obciążenie 5/S10 ustawione bezpośrednio nad podłużnicą nr 9 i w okolicy podłużnicy nr 15.

**Rys. 8. Charakterystyczne reakcje od obciążenia pojazdem 5/S10**

Koła pojazdu 5/S10 ustawione bezpośrednio nad podłużnicą nr 9 i w okolicy podłużnicy nr 15.



Wartości w nawiasach dotyczą koła o nacisku 20 kN

3.2. Obliczenia statyczne podłużnic

Do wyznaczenia ekstremalnych momentów zginających w podłużnicy posłużono się wartościami reakcji z rysunków nr 2, 3 i 5. Do wyznaczenia reakcji podporowych podłużnicy, służących do obciążenia poprzecznic posłużono się wartościami reakcji z rysunków 2, 4 i 6. Sprawdzenie przeprowadzono dla podłużnicy typu 2 z dwuteownika $4 \times 1^3/4 \times 5$ BSB ponieważ jest mniejsza od poprzecznic typu 1, będącej dwuteownikiem $4 \times 3 \times 10$ BSB

- Ciężar podłużnic – dwuteownik 101,6 mm ($4 \times 1^3/4 \times 5$ BSB):

$$g_{1k} = \gamma_{st} \cdot A_{PD} \quad \text{gdzie:}$$

$$\gamma_{st} = 78,50 \text{ kN/m}^3$$

$$A_{PD} = 0,000952 \text{ m}^2$$

$$g_{1k} = 78,50 \cdot 0,000952 = 0,075 \text{ kN/m}$$

$$g_{1d} = 1,20 \cdot 0,075 = 0,090 \text{ kN/m}$$

$$g'_{1d} = 0,90 \cdot 0,075 = 0,068 \text{ kN/m}$$

- Ciężar pomostu drewnianego (rys. 2):

$$g_{2k} = R_{st} \quad \text{gdzie:}$$

$$R_{st} = 0,250 \text{ kN/m}$$

$$g_{2k} = 0,250 \text{ kN/m}$$

$$g_{2d} = 1,20 \cdot 0,250 = 0,300 \text{ kN/m}$$

$$g'_{2d} = 0,90 \cdot 0,250 = 0,225 \text{ kN/m}$$

- Powierzchniowe obciążenie zmienne dla klasy E wg PN-85/S-10030:

- Wielkości do wyznaczenia maksymalnych momentów zginających (rys. nr 3):

$$q_{1k} = R_{zm(3)} \quad \text{gdzie:}$$

$$R_{zm(3)} = 0,500 \text{ kN/m}$$

$$q_{1k} = 0,500 \text{ kN/m}$$

$$q_{1d} = 1,30 \cdot 0,500 = 0,650 \text{ kN/m}$$

- o Wielkości do wyznaczenia reakcji przekazywanych na poprzecznice (rys. nr 4):

$q_{2k}=R_{zm(4)}$ gdzie:

	Obc. char. q_{2k}
q_1, q_{18}	0,11
q_2, q_{17}	0,32
q_3, q_{16}	0,29
q_4, q_{15}	0,31
q_5, q_{14}	0,28
q_6, q_{13}	0,30
q_7, q_{12}	0,32
q_8, q_{11}	0,21
q_9, q_{10}	0,46

- Obciążenie pojazdem K dla klasy E wg PN-85/S-10030:

- o Wielkości do wyznaczenia maksymalnych momentów zginających (rys. nr 5):

$K_{1k}=R_{zm(5)}$ gdzie:

$R_{zm(5)}=22,29$ kN

$K_{1k}=22,29$ kN

$K_{1d}=1,30 \cdot 22,29=28,98$ kN

- o Wielkości do wyznaczenia reakcji przekazywanych na poprzecznice (rys. nr 6):

$K_{2k}=R_{zm(6)}$ gdzie:

	Obc. char. K_{2k}
K_1, K_{18}	0,00
K_2, P_{17}	0,00
K_3, K_{16}	0,00
K_4, K_{15}	-0,02
K_5, K_{14}	0,07
K_6, K_{13}	-0,25
K_7, K_{12}	1,00
K_8, K_{11}	-3,81
K_9, K_{10}	20,73

Wartości ujemne pominięto podczas obciążania modelu obliczeniowego.

- Obciążenie liniowe 5/S10 wg Instrukcji:

- o Wielkości do wyznaczenia maksymalnych momentów zginających (rys. nr 7):

$p_{1k}=R_{zm(7)}$ gdzie:

$R_{zm(7)}=0,630$ kN/m

$p_{1k}=0,630$ kN/m

$p_{1d}=1,30 \cdot 0,630=0,82$ kN/m

- o Wielkości do wyznaczenia reakcji przekazywanych na poprzecznice (rys. nr 7):

$p_{2k}=R_{zm(7)}$ gdzie:

	Obc. char. q_{6k}
p_1	0,00
p_2	0,00
p_3	0,00
p_4	0,00
p_5	0,00
p_6	0,00

p ₇	0,01
p ₈	0,21
p ₉	0,63
p ₁₀	0,22
p ₁₁	-0,08
p ₁₂	0,03
p ₁₃	-0,03
p ₁₄	0,15
p ₁₅	0,45
p ₁₆	0,40
p ₁₇	0,03
p ₁₈	0,00

Wartości ujemne pominięto podczas obciążania modelu obliczeniowego.

- Obciążenie pojazdem 5/S10 wg Instrukcji:
 - Wielkości do wyznaczenia maksymalnych momentów zginających (rys. nr 8):

$S_{1k}=R_{zm(8)}$ gdzie:

$R_{1zm(8)}=22,29$ kN

$R_{2zm(8)}=14,86$ kN

$S_{1k1}=22,29$ kN

$S_{1k2}=14,86$ kN

$S_{1d1}=1,30 \cdot 22,29=28,98$ kN

$S_{1d2}=1,30 \cdot 14,86=19,32$ kN

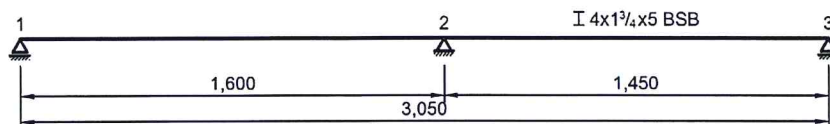
- Wielkości do wyznaczenia reakcji przekazywanych na poprzecznice (rys. nr 7):

$S_{2k}=R_{zm(8)}$ gdzie:

	Obc. char. S_{2k1}	Obc. char. S_{2k2}
S ₁	0,00	0,00
S ₂	0,00	0,00
S ₃	0,00	0,00
S ₄	0,00	0,00
S ₅	0,02	0,01
S ₆	-0,06	-0,04
S ₇	0,26	0,17
S ₈	7,60	5,07
S ₉	22,29	14,86
S ₁₀	7,69	5,13
S ₁₁	-3,00	-2,00
S ₁₂	0,97	0,65
S ₁₃	-0,98	-0,65
S ₁₄	5,14	3,43
S ₁₅	15,88	10,59
S ₁₆	14,08	9,39
S ₁₇	1,18	0,79
S ₁₈	-0,15	-0,10

Wartości ujemne pominięto podczas obciążania modelu obliczeniowego.

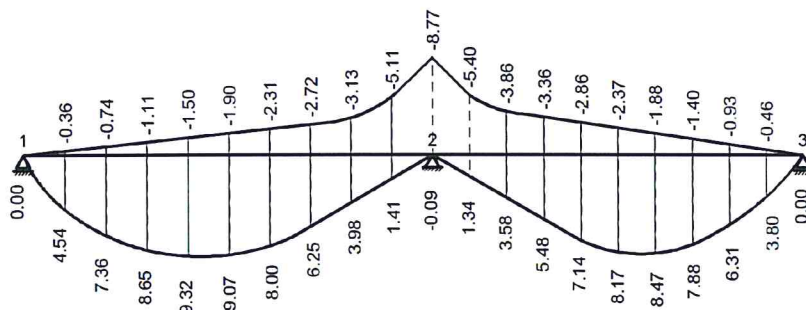
Rys. 9. Schemat statyczny podłużnicy



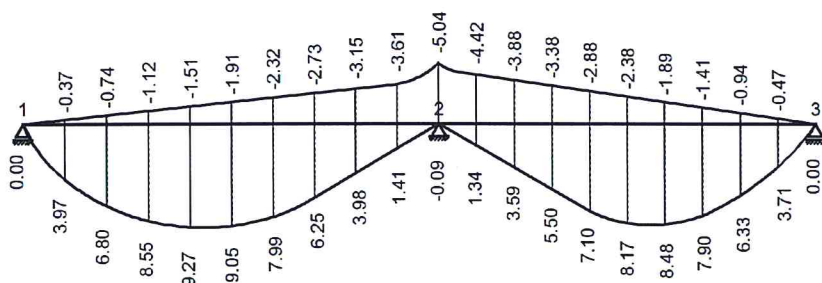
Powyższy schemat obciążono zgodnie z zasadami PN-85/S-10030. Wyniki obliczeń przedstawiono na poniższych wykresach.

Wyniki:

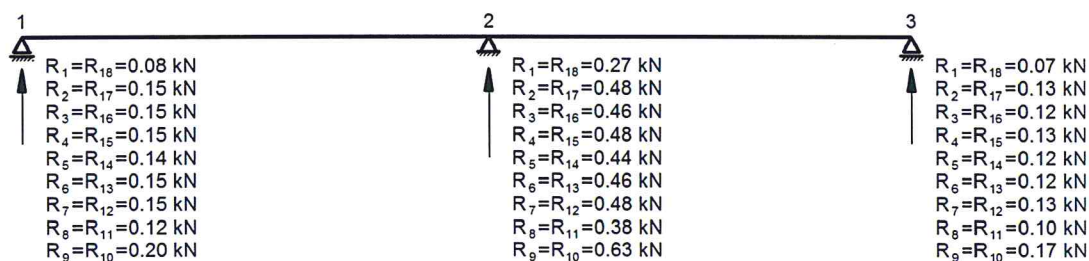
Rys. 10. Obliczeniowe momenty zginające od obciążeń stałych i zmiennych normowych



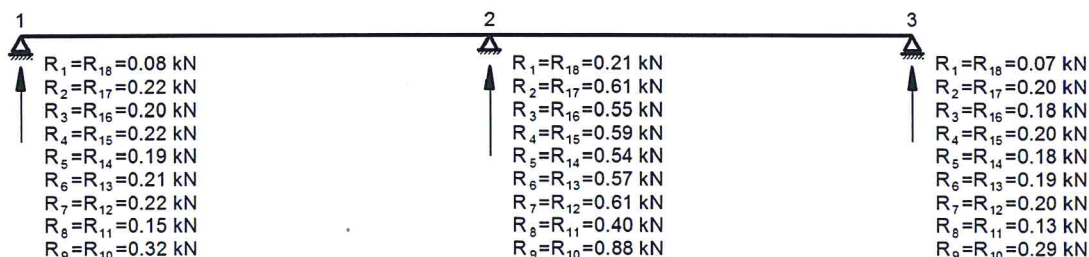
Rys. 11. Obliczeniowe momenty zginające od obciążeń stałych i zmiennych z Instrukcji



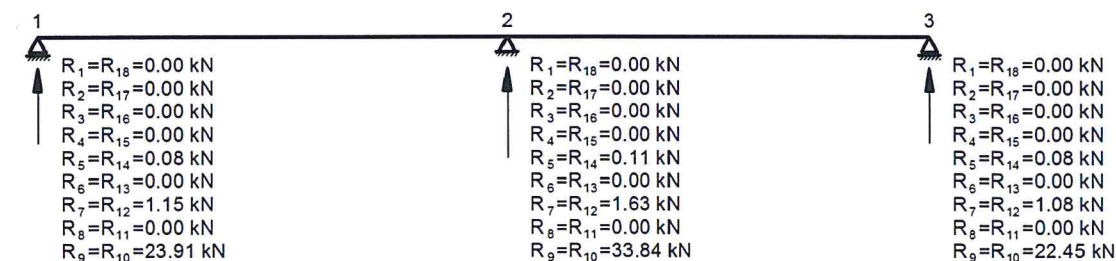
Rys. 12. Charakterystyczne reakcje od obciążeń stałych



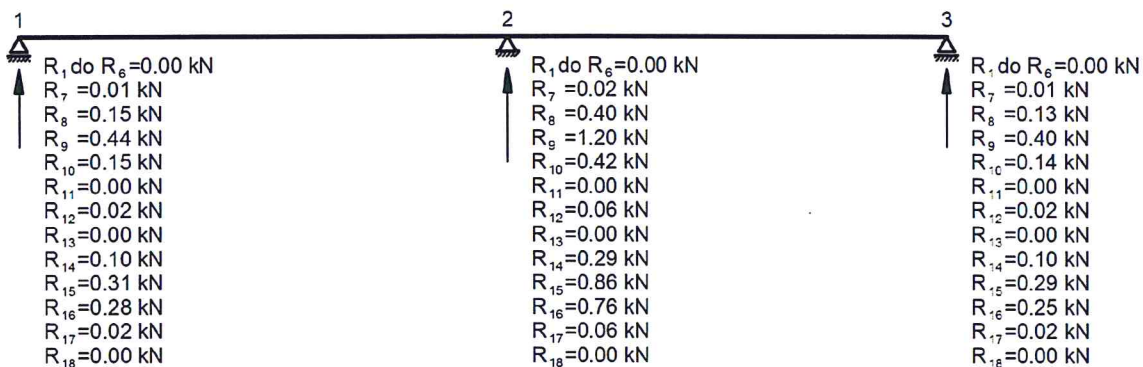
Rys. 13. Charakterystyczne reakcje od obciążeń zmiennych q



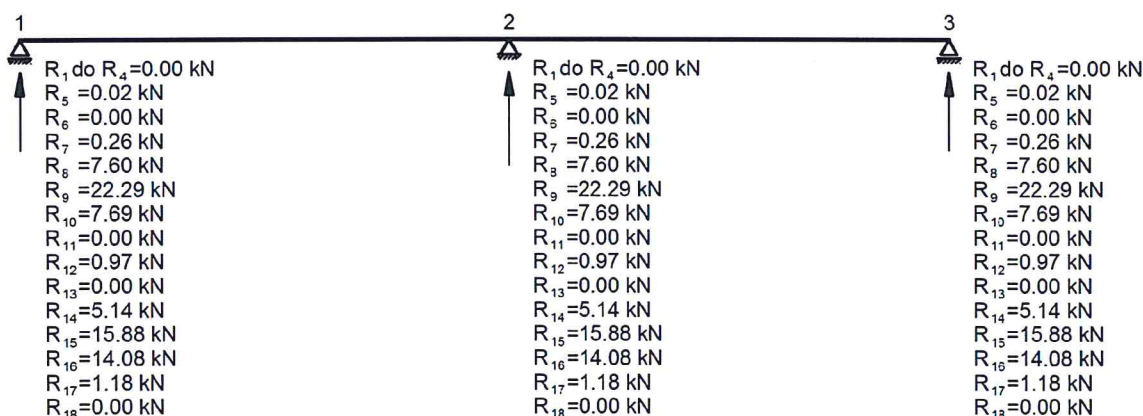
Rys. 14. Charakterystyczne reakcje od obciążeń zmiennych K



Rys. 15. Charakterystyczne reakcje od obciążenia liniowego 5/S10



Rys. 16. Charakterystyczne reakcje od obciążenia pojazdem 5/S10



3.3. Obliczenia statyczne poprzecznic

Z uwagi na fakt, że górne pasy dźwigarów kratowych nie posiadają stężeń poprzecznych, stanowiących zabezpieczenie przed wyboczeniem, schematem obliczeniowym poprzecznic jest pótrama w kształcie zbliżonym do litery U. Rygiel ramy stanowi belka poprzecznicowa wykonana z dwuteownika 260, natomiast słupki pótramy stanowią słupki dźwigara kratowego wykonane z dwóch dwuteowników $3 \times 1\frac{1}{2} \times 4$ BSB. Połączenie poprzecznic z dźwigarami realizowane jest za pośrednictwem specjalnych klamer, które spinają poprzecznicę z każdą gałęzią pasa dolnego kratownicy.

Zakłada się, że pionowe elementy pótramy są w kierunku prostym do osi mostu podparte sprężystości. Skutkuje to wprowadzenie do układu dodatkowych sił poziomych zaczepionych w osi pasa górnego. Wartości współczynników potrzebnych do określenia momentów „utwierdzenia” poprzecznic w dźwigarze kratowym wyznaczono z rozwiązania obciążonego siłami jednostkowymi przestrzennego modelu ramy opisanego powyżej i zamocowanego końcami słupków w pasach górnych kratownicy. Obciążenie pionowe ryglu pótramy stanowią siły wyznaczone powyżej i zobrazowane na rysunkach 9, 10 i 11.

Sprawdzeniu zostanie poddana poprzecznicą stanowiącą podporę środkową dla podłużnic. W obliczeniach model półpramy został sprowadzony do belki wolnopodpartej (rys. 12), natomiast otrzymane momenty zginające zostały rozdyskrybuowane zgodnie z uzyskanymi wcześniej współczynnikami.

- Ciężar poprzecznic – dwuteownik 260 mm:

$$g_{1k} = \gamma_{st} \cdot A_{pp} \quad \text{gdzie:}$$

$$\gamma_{st} = 78,50 \text{ kN/m}^3$$

$$A_{pp} = 0,005332 \text{ m}^2$$

$$g_{1k} = 78,50 \cdot 0,005332 = 0,419 \text{ kN/m}$$

$$g_{1d} = 1,20 \cdot 0,419 = 0,502 \text{ kN/m}$$

$$g'_{1d} = 0,90 \cdot 0,419 = 0,377 \text{ kN/m}$$

- Obciążenie wywołane reakcjami od obciążeń stałych na pomoście (rys. 12):

$$P_{stk} = R_{st(12)} \quad \text{gdzie:}$$

	Obc. char. P_{stk}	γ_f	Obc. obl. P_{std}	γ'_f	Obc. obl. P'_{std}
P_1, P_{18}	0,27	1,20	0,32	0,90	0,24
P_2, P_{17}	0,48	1,20	0,58	0,90	0,43
P_3, P_{16}	0,46	1,20	0,55	0,90	0,41
P_4, P_{15}	0,48	1,20	0,58	0,90	0,43
P_5, P_{14}	0,44	1,20	0,53	0,90	0,40
P_6, P_{13}	0,46	1,20	0,55	0,90	0,41
P_7, P_{12}	0,48	1,20	0,58	0,90	0,43
P_8, P_{11}	0,38	1,20	0,46	0,90	0,34
P_9, P_{10}	0,63	1,20	0,76	0,90	0,57

- Obciążenie wywołane reakcjami od obciążeń zmiennych q na pomoście (rys. 13):

$$P_{zm(q)k} = R_{zm(13)} \quad \text{gdzie:}$$

	Obc. char. $P_{zm(q)k}$	γ_f	Obc. obl. $P_{zm(q)d}$
P_1, P_{18}	0,21	1,30	0,27
P_2, P_{17}	0,61	1,30	0,79
P_3, P_{16}	0,55	1,30	0,72
P_4, P_{15}	0,59	1,30	0,77
P_5, P_{14}	0,54	1,30	0,70
P_6, P_{13}	0,57	1,30	0,74
P_7, P_{12}	0,61	1,30	0,79
P_8, P_{11}	0,40	1,30	0,52
P_9, P_{10}	0,88	1,30	1,14

- Obciążenie wywołane reakcjami od obciążeń zmiennych K na pomoście (rys. 14):

$$P_{zm(K)k}=R_{zm(14)}$$

gdzie:

	Obc. char. $P_{zm(K)k}$	γ_f	Obc. obl. $P_{zm(K)d}$
P_1, P_{18}	0,00	1,30	0,00
P_2, P_{17}	0,00	1,30	0,00
P_3, P_{16}	0,00	1,30	0,00
P_4, P_{15}	0,00	1,30	0,00
P_5, P_{14}	0,11	1,30	0,14
P_6, P_{13}	0,00	1,30	0,00
P_7, P_{12}	1,63	1,30	2,12
P_8, P_{11}	0,00	1,30	0,00
P_9, P_{10}	33,84	1,30	43,99

- Obciążenie wywołane reakcjami od obciążenia liniowego 5/S10 (rys. 15):

$$P_{zm(p)k}=R_{zm(15)}$$

gdzie:

	Obc. char. $P_{zm(p)k}$	γ_f	Obc. obl. $P_{zm(p)d}$
P_1 do P_6	0,00	1,30	0,00
P_7	0,02	1,30	0,03
P_8	0,40	1,30	0,52
P_9	1,20	1,30	1,56
P_{10}	0,42	1,30	0,55
P_{11}	0,00	1,30	0,00
P_{12}	0,06	1,30	0,08
P_{13}	0,00	1,30	0,00
P_{14}	0,29	1,30	0,38
P_{15}	0,86	1,30	1,12
P_{16}	0,76	1,30	0,99
P_{17}	0,06	1,30	0,08
P_{18}	0,00	1,30	0,00

- Obciążenie wywołane reakcjami od obciążenia pojazdem 5/S10 (rys. 16):

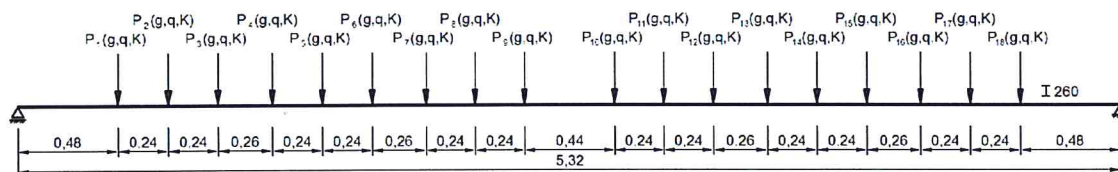
$$P_{zm(S)k}=R_{zm(16)}$$

gdzie:

	Obc. char. $P_{zm(S)k}$	γ_f	Obc. obl. $P_{zm(S)d}$
P_1 do P_4	0,00	1,30	0,00
P_5	0,02	1,30	0,03
P_6	0,00	1,30	0,00
P_7	0,26	1,30	0,34
P_8	7,60	1,30	9,88
P_9	22,29	1,30	28,98
P_{10}	7,69	1,30	10,00
P_{11}	0,00	1,30	0,00
P_{12}	0,97	1,30	1,26
P_{13}	0,00	1,30	0,00
P_{14}	5,14	1,30	6,68
P_{15}	15,88	1,30	20,64

P ₁₆	14,08	1,30	18,30
P ₁₇	1,18	1,30	1,53
P ₁₈	0,00	1,30	0,00

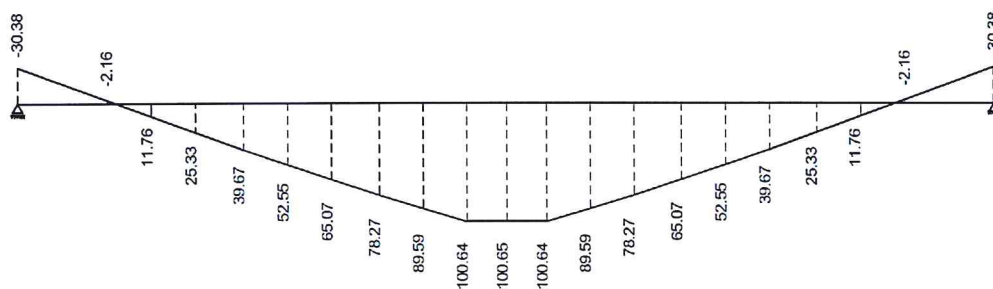
Rys. 17. Schemat statyczny poprzeczny



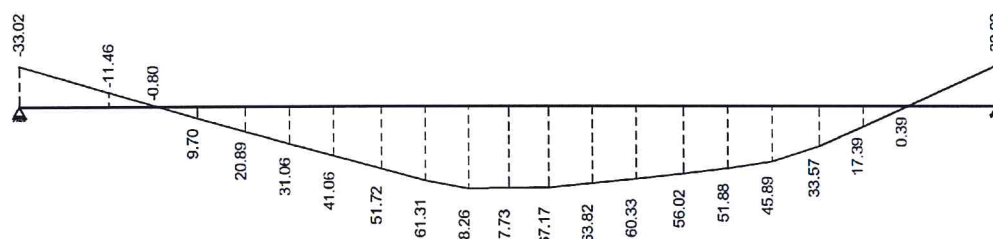
Powyższy schemat obciążono zgodnie z zasadami PN-85/S-10030. Wyniki obliczeń przedstawiono na poniższych wykresach.

Wyniki:

Rys. 18. Obliczeniowe momenty zginające od obciążeń stałych i zmiennych normowych



Rys. 19. Obliczeniowe momenty zginające od obciążeń stałych i zmiennych wg Instrukcji



3.4. Obliczenia statyczne dźwigara kratowego

Przedmiotowy dźwigar kratowy składa się z 11 segmentów o długości 3,05 m. Połączenie poszczególnych segmentów ze sobą realizowane jest za pośrednictwem sworzni $\varnothing 50$ mm, umiejscowionych w osiach pasów górnego i dolnego.

Pasy górne i dolne wykonstruowano identycznie w postaci dwóch gałęzi, z których każda składa się z 2 ceowników $4 \times 2 \times 7.91$ RSC połączonych ze sobą poziomymi przeponami z blach stalowych przyspawanymi w rejonie pasów górnych ceowników. Rozstaw przepon wynosi 396 mm, co stanowi mniej niż $15i_z$ i pozwala zgodnie z zapisem normy traktować jako pojedynczy pręt.

Obie gałęzie pasów górnych stężono ze sobą ramą kratownicową przykręconą w środkowej części segmentu, natomiast pasy dolne „spięte” są ze sobą poprzecznica za pośrednictwem wspomnianych w punkcie 1.3 klamer.

Słupki i krzyżulce kratownicy wykonano w postaci pary dwuteowników $3 \times 1\frac{1}{2} \times 4$ BSB. Dodatkowo każdy ostatni słupek segmentu stężony jest przeponą kratownicową.

Z uwagi na fakt, że przedmiotowa konstrukcja jest już zmontowana i eksploatowana od kilkudziesięciu lat, w obliczeniach pominięto fazę „wybierania” luzów i skoncentrowano się jedynie na fazie, w której konstrukcja jest już zwarta.

- Ciężar kratownicy:

Charakterystyczny ciężar własny elementów dźwigara kratowego został przyjęty automatycznie przez program Robot Structural Analysis 2016. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,20$.

- Ciężar pomostu drewnianego przyłożony do podłużnic:

Charakterystyczny ciężar pomostu drewnianego został przyjęty z punktu 1.1. – rys. 2. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,50$.

- Ciężar podłużnic:

Charakterystyczny ciężar własny podłużnic został przyjęty z punktu 1.2. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,20$.

- Ciężar poprzecznic:

Charakterystyczny ciężar własny poprzecznic został przyjęty z punktu 1.3. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,20$.

- Powierzchniowe obciążenie zmienne q klasy E wg PN-85/S-10030:

Charakterystyczne obciążenie zmienne q zostało przyjęte z punktu 1.1. – rys. 4. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,30$.

- Obciążenie zmienne pojazdem K klasy E wg PN-85/S-10030:

$$K_1=30,00 \text{ kN}$$

$$\phi=1,35-0,005 \cdot 33,550=1,182$$

$$K_{1\phi}=30,00 \cdot 1,182=35,46 \text{ kN}$$

$$K_{1\phi d}=35,46 \cdot 1,30=46,10 \text{ kN}$$

Ustawienie pojazdu w przekroju poprzecznym obrazuje rysunek nr 20.

- Liniowe obciążenie zmienne pojazdem 5/S10 wg Instrukcji:

Charakterystyczne obciążenie zmienne p zostało przyjęte z punktu 1.1. – rys. 4. Do konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe zastosowano współczynnik obciążeniowy $\gamma_f=1,30$.

- Obciążenie zmienne pojazdem 5/S10 wg Instrukcji:

$$S_1=30,00 \text{ kN}$$

$$S_2=20,00 \text{ kN}$$

$$\phi=1,35-0,005 \cdot 33,550=1,182$$

$$S_{1\phi}=30,00 \cdot 1,182=35,46 \text{ kN}$$

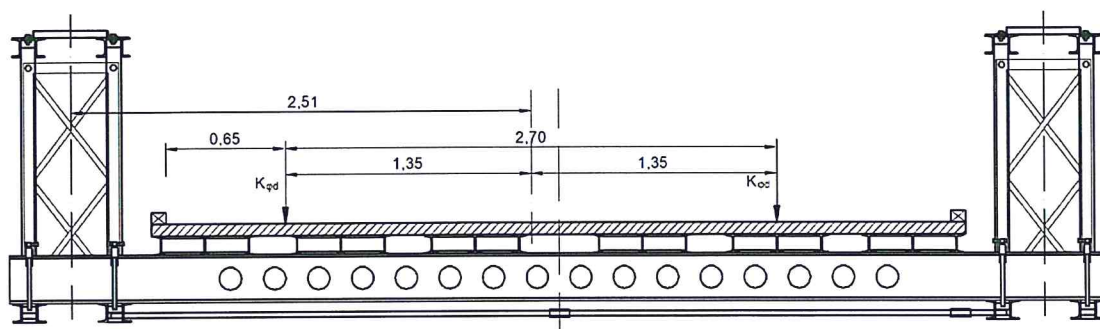
$$S_{2\phi}=20,00 \cdot 1,182=23,64 \text{ kN}$$

$$S_{1\phi d}=35,46 \cdot 1,30=46,10 \text{ kN}$$

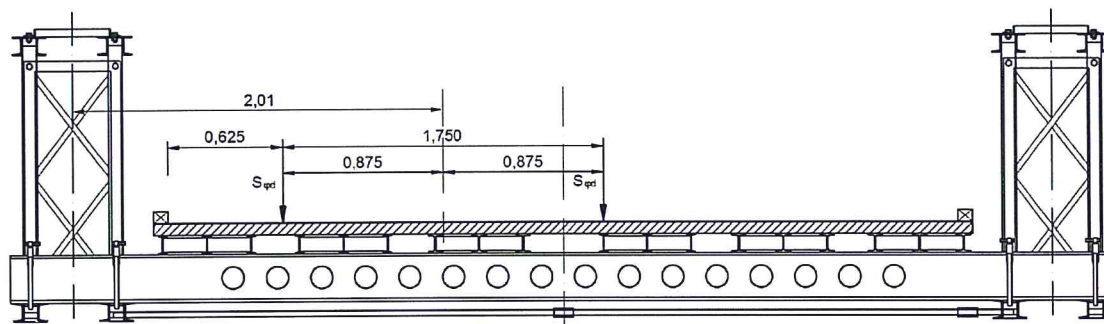
$$S_{2\phi d}=23,64 \cdot 1,30=30,73 \text{ kN}$$

Ustawienie pojazdu w przekroju poprzecznym obrazuje rysunek nr 21.

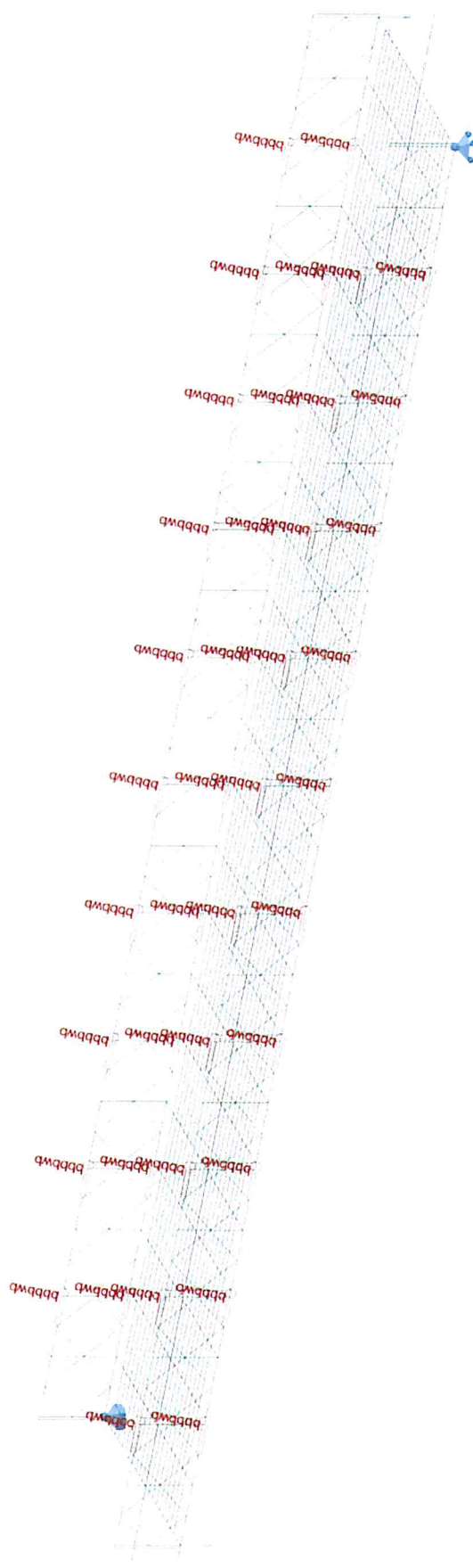
Rys. 20. Ustawienie pojazdu K w przekroju poprzecznym



Rys. 21. Ustawienie pojazdu 5/S10 w przekroju poprzecznym



Rys. 22. Model obliczeniowy konstrukcji



Wyniki:

Obliczeniowe siły wewnętrzne w prętach dla układu z obciążeniami zmiennymi wg PN-85/S-10030

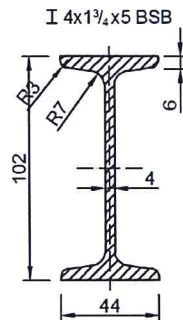
- Pas górny: $N_{\max}=1822,1$ kN (w środku rozpiętości)
- Pas dolny: $N_{\min}=-1459,1$ kN (w środku rozpiętości)
- Słupki: $N_{\max}=242,5$ kN (drugi skrajny słupek, odcinek dolny)
 $N_{\min}=-206,0$ kN (drugi skrajny słupek, odcinek górny)
- Krzyżulce: $N_{\max}=242,7$ kN (skrajny górny krzyżulec, ostatnie pole)
 $N_{\min}=-240,4$ kN (skrajny dolny krzyżulec, ostatnie pole)

Obliczeniowe siły wewnętrzne w prętach dla układu z obciążeniami zmiennymi wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

- Pas górny: $N_{\max}=1100,0$ kN (w środku rozpiętości)
- Pas dolny: $N_{\min}=-877,3$ kN (w środku rozpiętości)
- Słupki: $N_{\max}=152,1$ kN (drugi skrajny słupek, odcinek dolny)
 $N_{\min}=-204,6$ kN (drugi skrajny słupek, odcinek górny)
- Krzyżulce: $N_{\max}=207,0$ kN (skrajny górny krzyżulec, ostatnie pole)
 $N_{\min}=-204,9$ kN (skrajny dolny krzyżulec, ostatnie pole)

4. Obliczenia wytrzymałościowe

4.1. Obliczenia wytrzymałościowe podłużnic



$M_1 = 9,32 \text{ kNm} = 932 \text{ kNcm}$ – dla zestawu normowego

$M_2 = 9,27 \text{ kNm} = 927 \text{ kNcm}$ – dla zestawu wg Instrukcji

$R = 29,0 \text{ kN/cm}^2$

$I_y = 153,5 \text{ cm}^4$

$z = 5,10 \text{ cm}$

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{M \cdot z}{I_y} = \frac{932,0 \cdot 5,10}{153,5} = 30,96 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > 1,05R = 1,05 \cdot 29,0 = 30,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{M \cdot z}{I_y} = \frac{927,0 \cdot 5,10}{153,5} = 30,80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > 1,05R = 1,05 \cdot 29,0 = 30,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Występuje przekroczenie naprężeń o:

- Dla obciążeń normowych

$$\frac{30,96 - 30,45}{30,45} \cdot 100\% = 1,7\%$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\frac{30,80 - 30,45}{30,45} \cdot 100\% = 1,1\%$$

Sprawdzenie naprężeń z uwzględnieniem możliwości zwichrzenia

$$\sigma = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y}$$

$$\lambda_s = \frac{L}{h} \cdot \sqrt{\frac{I_x}{I_z}}$$

Gdzie:

L – odległość między stężeniami poprzecznymi

$L = 94,4 \text{ cm}$

h – wysokość belki

$h = 10,2 \text{ cm}$

I_x – moment bezwładności na skręcanie

$I_x = 0,848 \text{ cm}^4$

I_y – moment bezwładności względem osi poziomej

$I_y = 153,5 \text{ cm}^4$

I_z – moment bezwładności względem osi pionowej

$$I_z = 7,5 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_s = \frac{94,4}{10,2} \cdot \sqrt{\frac{0,848}{7,5}} = 3,11 \xrightarrow{\text{tab. Z3-1}} K_z = 860$$

$$\lambda_p = \frac{K_z}{\sqrt{R}} = \frac{860}{\sqrt{290}} = 50,5$$

$$\lambda = \frac{L}{h} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{I_z}} = \frac{94,4}{10,2} \cdot \sqrt{\frac{153,5}{7,5}} = 41,9$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = \frac{41,9}{50,5} = 0,83 \xrightarrow{\text{tab. 20}} m_z = 1,103$$

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y} = \frac{1,103 \cdot 932,0 \cdot 5,10}{153,5} = 34,15 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y} = \frac{1,103 \cdot 927,0 \cdot 5,10}{153,5} = 33,97 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Występuje przekroczenie naprężeń o:

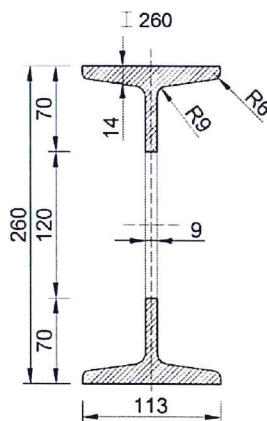
- Dla obciążeń normowych

$$\frac{34,15 - 29,00}{29,00} \cdot 100\% = 17,8\%$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\frac{33,97 - 29,00}{29,00} \cdot 100\% = 17,1\%$$

4.2. Obliczenia wytrzymałościowe poprzecznic



$M_1 = 100,65 \text{ kNm} = 10065,0 \text{ kNcm}$ – dla zestawu normowego

$M_2 = 68,26 \text{ kNm} = 6826,00 \text{ kNcm}$ – dla zestawu wg Instrukcji

$R = 29,0 \text{ kN/cm}^2$

$$I_{y,brutto}=5734,6 \text{ cm}^4$$

$$z=13,00 \text{ cm}$$

$$I_{y,netto}=I_{y,brutto}-\frac{0,9 \cdot 12^3}{12}=5605,0 \text{ cm}^4$$

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{M \cdot z}{I_y} = \frac{10065,0 \cdot 13,00}{5605,0} = 23,34 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 1,05R = 1,05 \cdot 29,0 = 30,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{M \cdot z}{I_y} = \frac{6826,0 \cdot 13,00}{5605,0} = 15,83 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 1,05R = 1,05 \cdot 29,0 = 30,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Sprawdzenie naprężeń z uwzględnieniem możliwości zwichrzenia

$$\sigma = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y}$$

$$\lambda_s = \frac{L}{h} \cdot \sqrt{\frac{I_x}{I_z}}$$

Gdzie:

L – odległość pomiędzy momentami zerowymi

$$L=410,0 \text{ cm}$$

h – wysokość belki

$$h=26,0 \text{ cm}$$

I_x – moment bezwładności na skręcanie

$$I_x=25,0 \text{ cm}^4$$

I_y – moment bezwładności względem osi poziomej

$$I_y=5734,6 \text{ cm}^4$$

I_z – moment bezwładności względem osi pionowej

$$I_z=287,4 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_s = \frac{410,0}{26,0} \cdot \sqrt{\frac{25,0}{287,4}} = 4,65 \xrightarrow{\text{tab. Z3-1}} K_z = 1130 \text{ (kol. 2)}$$

$$\lambda_p = \frac{K_z}{\sqrt{R}} = \frac{1130}{\sqrt{290}} = 66,4$$

$$\lambda = \frac{L}{h} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{I_z}} = \frac{410,0}{26,0} \cdot \sqrt{\frac{5734,6}{287,4}} = 70,4$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = \frac{70,4}{66,4} = 1,06 \xrightarrow{\text{tab. 20}} m_z = 1,377$$

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y} = \frac{1,377 \cdot 10065,0 \cdot 13,0}{5734,6} = 31,42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

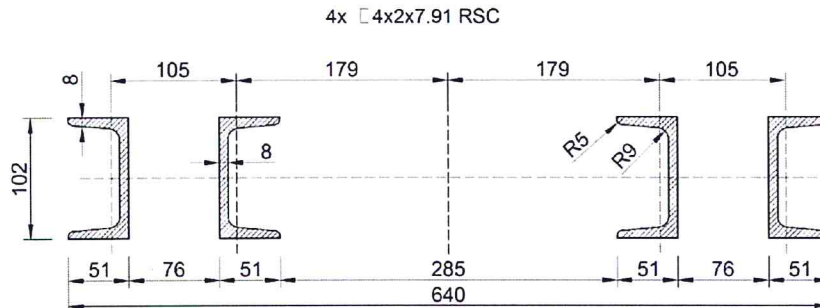
$$\sigma_2 = \frac{m_z \cdot M \cdot z}{I_y} = \frac{1,377 \cdot 6826,0 \cdot 13,0}{5734,6} = 21,31 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Występuje przekroczenie naprężeń o:

- Dla obciążeń normowych

$$\frac{31,42-29,00}{29,00} \cdot 100\% = 8,3\%$$

4.3. Obliczenia wytrzymałościowe pasa górnego



$N_1 = 1822,1$ kN – dla zestawu normowego

$N_2 = 1100,0$ kN - dla zestawu wg instrukcji

$R = 290,0$ MPa = $29,0$ kN/cm²

F_1 – pole przekroju pojedynczej gałęzi (2 ceowniki)

$F_1 = 29,6$ cm²

F – całkowite pole przekroju pasa górnego dźwigara

$F = 59,2$ cm²

I_y – moment bezwładności pasa względem osi poziomej

$I_y = 877,9$ cm⁴

I_{z1} – moment bezwładności pojedynczej gałęzi względem osi pionowej

$I_{z1} = 876,2$ cm⁴

I_z – moment bezwładności pasa względem osi pionowej

$I_z = 33412,0$ cm⁴

L_{wy} – długość wyboczeniowa pasa względem osi poziomej (w płaszczyźnie kratownicy)

$L_{wy} = 0,8 \cdot 145,0 = 116,0$ cm

L_{wz1} – długość wyboczeniowa pojedynczej gałęzi względem osi pionowej

$L_{wz1} = 1,0 \cdot 92,0 = 92,0$ cm

L_{wz} – długość wyboczeniowa pasa względem osi pionowej

$L_{wz} = 1,0 \cdot 145,0 = 145,0$ cm

$$\lambda_y = \frac{L_{wy}}{i_y} = L_{wy} \sqrt{\frac{F}{I_y}} = 116,00 \sqrt{\frac{59,2}{877,9}} = 30,1$$

$$\lambda_z = \frac{L_{wz}}{i_z} = L_{wz} \sqrt{\frac{F}{I_z}} = 145,00 \sqrt{\frac{59,2}{33412,0}} = 6,1$$

$$\lambda_{z1} = \frac{L_{wz1}}{i_{z1}} = L_{wz1} \sqrt{\frac{F_1}{I_{z1}}} = 92,00 \sqrt{\frac{29,6}{876,2}} = 16,9$$

$$\gamma = \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_{z1}}{\lambda_z}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{16,9}{6,1}\right)^2} = 2,95$$

$$\lambda'_z = \lambda_z \cdot \gamma = 6,1 \cdot 2,95 = 18,0$$

Dla stali 18G2 $\lambda_p = 98,0$

$$\frac{\lambda_y}{\lambda_p} = \frac{30,1}{98,0} = 0,31 \rightarrow m_{wy} = 1,080$$

$$\frac{\lambda'_z}{\lambda_p} = \frac{18,0}{98,0} = 0,18 \rightarrow m_{wz} = 1,040$$

Większą wrażliwość na wyboczenie pręt wykazuje względem osi poziomej

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{1822,1 \cdot 1,080}{59,2} = 33,24 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{1100,0 \cdot 1,080}{59,2} = 20,07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Występuje przekroczenie naprężeń o:

- Dla obciążeń normowych

$$\frac{33,24 - 29,00}{29,00} \cdot 100\% = 14,6\%$$

Siła pozioma prostopadła do osi pasów ściskanych

$$H_0 = \frac{3,2 \cdot P_{\max} \cdot \gamma_s}{\mu_{sr}^2 \cdot d_{\min}}$$

$P_{\max}$ – maksymalna siła jaką jest w stanie przenieść przekrój dla danych warunków wyboczeniowych

$$P_{\max} = 1589,6 \text{ kN}$$

γ_s – współczynnik materiałowy

μ_{sr} – średnia wartość współczynnika wyboczeniowego wszystkich prętów pasa

$d_{\min}$ – minimalna długość pasa pomiędzy półramami

$$d_{\min} = 1,450 \text{ m} = 145,0 \text{ cm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{F}} = \sqrt{\frac{33412,0}{59,2}} = 23,8 \text{ cm}$$

$$\mu_{sr} = \frac{\lambda'_z}{\lambda_p} \cdot \frac{\lambda_p \cdot i_z}{d_{\min}} = 0,18 \cdot \frac{98,0 \cdot 23,8}{145,0} = 2,90$$

$$\gamma_s = \frac{R_e}{R} = \frac{353 \text{ MPa}}{290 \text{ MPa}} = 1,217$$

$$H_0 = \frac{3,2 \cdot 1589,6 \cdot 1,217}{2,90^2 \cdot 145,0} = 5,08 \text{ kN/cm}$$

Wyznaczenie współczynnika c

Ponieważ sztywność półram zewnętrznych i wewnętrznych jest zbliżona, przyjęto współczynnik:

$$\alpha = 1,00$$

$$c = \frac{1+0,6\alpha\mu}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1,44\alpha\mu}{(1+0,6\alpha\mu)^2}} \right] = \frac{1+0,6 \cdot 1,0 \cdot 2,90}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1,44 \cdot 1,0 \cdot 2,9}{(1+0,6 \cdot 1,0 \cdot 2,9)^2}} \right] = 2,28$$

Wyznaczenie odporu półramy

$$H = \frac{E}{\frac{h_s^3}{3I_s} + \frac{bh^2}{2I_p}}$$

Gdzie:

E – moduł sprężystości

$$E = 205,00 \text{ GPa} = 205000,00 \text{ MPa} = 20500,00 \text{ kN/cm}^2$$

h_s – wysokość słupka kratownicy mierzona od górnej powierzchni poprzecznicy do środka ciężkości pasa

$$h_s = 114,0 \text{ cm}$$

I_s – moment bezwładności słupka względem osi równoległej do osi pasa

$$I_s = 8282,1 \text{ cm}^4$$

h – wysokość słupa mierzona od osi poprzecznicy do osi pasa

$$h = 127,0 \text{ cm}$$

b – rozpiętość teoretyczna poprzecznicy

$$b = 532,0 \text{ cm}$$

I_p – moment bezwładności poprzecznicy

$$I_p = 5734,6 \text{ cm}^4$$

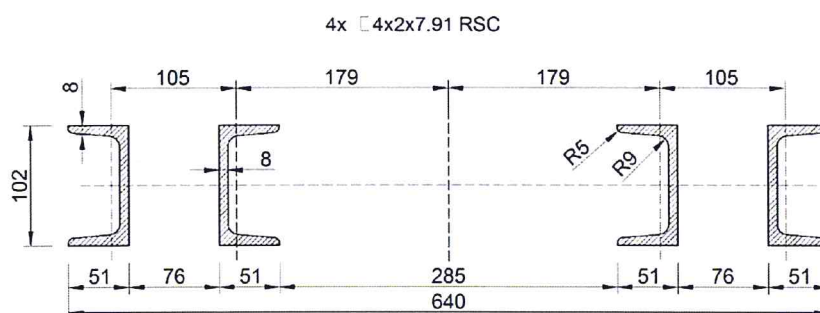
$$H = \frac{20500,00}{\frac{114,0^3}{3 \cdot 8282,1} + \frac{532 \cdot 127,0^2}{2 \cdot 5734,6}} = \frac{20500,00}{59,63 + 748,15} = 25,37 \text{ kN/cm}$$

Sprawdzenie warunku stateczności pasów

$$H \geq c \cdot H_0$$

$$H = 25,37 \text{ kN/cm} > 2,28 \cdot 5,08 = 11,58 \text{ kN/cm}$$

4.4. Obliczenia wytrzymałościowe pasa dolnego



N₁ = 1459,1 kN - dla zestawu normowego

N₂ = 877,3 kN - dla zestawu wg Instrukcji

R = 290,0 MPa = 29,0 kN/cm²

F – całkowite pole przekroju pasa górnego dźwigara

$$F = 59,2 \text{ cm}^2$$

- Dla obciążeń normowych

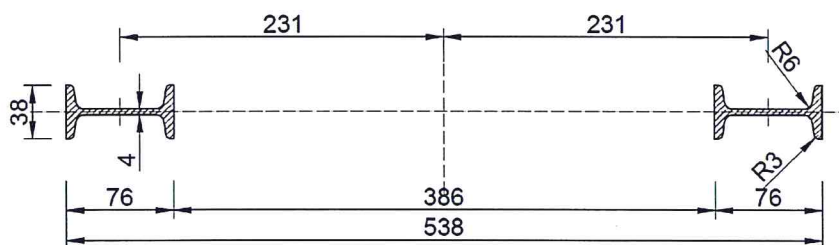
$$\sigma_1 = \frac{P}{F} = \frac{1459,1}{59,2} = 24,65 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P}{F} = \frac{877,3}{59,2} = 14,82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

4.5. Obliczenia wytrzymałościowe słupka ściskanego

2x I 3x1½x4 BSB



$N_1 = 242,5 \text{ kN}$ – dla zestawu normowego

$N_2 = 152,1 \text{ kN}$ - dla zestawu wg instrukcji

$R = 290,0 \text{ MPa} = 29,0 \text{ kN/cm}^2$

F_1 – pole przekroju pojedynczej gałęzi (1 dwuteownik)

$F_1 = 7,6 \text{ cm}^2$

F – całkowite pole przekroju słupka

$F = 15,3 \text{ cm}^2$

I_y – moment bezwładności słupka względem osi poziomej

$I_y = 10,6 \text{ cm}^4$

I_{z1} – moment bezwładności pojedynczej gałęzi względem osi pionowej

$I_{z1} = 69,5 \text{ cm}^4$

I_z – moment bezwładności krzyżulca względem osi pionowej

$I_z = 8282,1 \text{ cm}^4$

L_{wy} – długość wyboczeniowa słupka względem osi poziomej (w płaszczyźnie kratownicy)

$L_{wy} = 1,0 \cdot 72,4 = 72,4 \text{ cm}$ – (słup podporowy)

L_{wz} - długość wyboczeniowa względem osi pionowej

$$L_{wz} = L_{wz1} = L_t \left(0,75 + 0,25 \frac{|P_m|}{|P_w|} \right) = 144,8 \left(0,75 + 0,25 \frac{206,0}{242,5} \right) = 139,4 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{wy}}{i_y} = L_{wy} \sqrt{\frac{F}{I_y}} = 72,40 \sqrt{\frac{15,3}{10,6}} = 87,0$$

$$\lambda_z = \frac{L_{wz}}{i_z} = L_{wz} \sqrt{\frac{F}{I_z}} = 139,40 \sqrt{\frac{15,3}{8282,1}} = 6,0$$

$$\lambda_{z1} = \frac{L_{wz1}}{i_{z1}} = L_{wz} \sqrt{\frac{F_1}{I_{z1}}} = 139,40 \sqrt{\frac{7,6}{69,5}} = 46,1$$

$$\gamma = \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_{z1}}{\lambda_z} \right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{46,1}{6,0} \right)^2} = 7,75$$

$$\lambda'_z = \lambda_z \cdot \gamma = 6,0 \cdot 7,75 = 46,5$$

Dla stali 18G2 $\lambda_p = 98,0$

$$\frac{\lambda_y}{\lambda_p} = \frac{87,0}{98,0} = 0,89 \rightarrow m_{wy} = 1,660$$

$$\frac{\lambda'_z}{\lambda_p} = \frac{46,5}{98,0} = 0,47 \rightarrow m_{wz} = 1,160$$

Większą wrażliwość na wyboczenie pręt wykazuje względem osi poziomej

- Dla obciążeń normowych

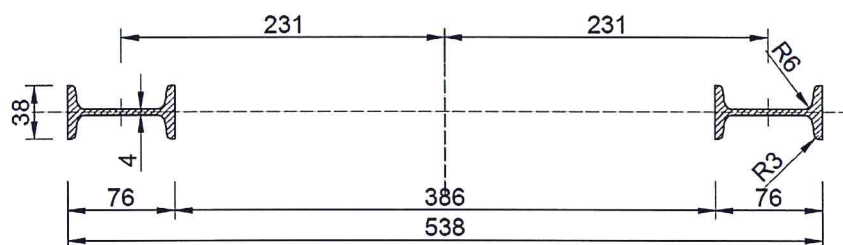
$$\sigma_1 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{242,5 \cdot 1,660}{15,3} = 26,31 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{152,1 \cdot 1,660}{15,3} = 16,50 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

4.6. Obliczenia wytrzymałościowe słupka rozciąganego

2x I 3x1½x4 BSB



$N_1 = 206,0 \text{ kN}$ - dla zestawu normowego

$N_2 = 204,6 \text{ kN}$ - dla zestawu wg Instrukcji

$R = 290,0 \text{ MPa} = 29,0 \text{ kN/cm}^2$

F – całkowite pole przekroju słupka kratownicy

$F = 15,3 \text{ cm}^2$

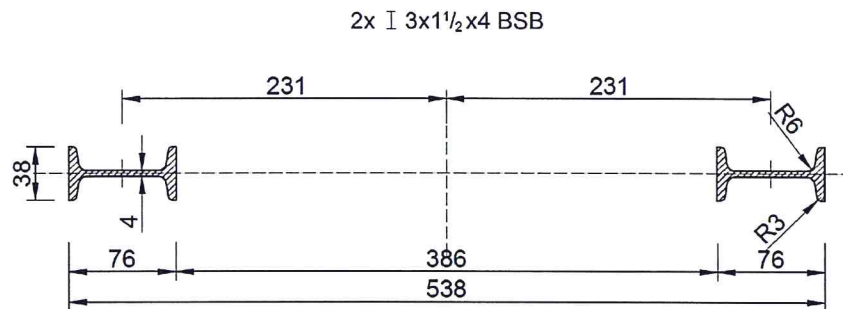
- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{P}{F} = \frac{206,0}{15,3} = 13,46 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P}{F} = \frac{204,6}{15,3} = 13,37 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

4.7. Obliczenia wytrzymałościowe krzyżulca ściskanego



$N_1=242,7$ kN – dla zestawu normowego

$N_2=207,0$ kN - dla zestawu wg instrukcji

$R=290,0$ MPa= 29,0 kN/cm²

F_1 – pole przekroju pojedynczej gałęzi (1 dwuteownik)

$F_1=7,6$ cm²

F – całkowite pole przekroju krzyżulca

$F=15,3$ cm²

I_y – moment bezwładności krzyżulca względem osi poziomej

$I_y=10,6$ cm⁴

I_{z1} – moment bezwładności pojedynczej gałęzi względem osi pionowej

$I_{z1}=69,5$ cm⁴

I_z – moment bezwładności krzyżulca względem osi pionowej

$I_z=8282,1$ cm⁴

L_{wy} – długość wyboczeniowa krzyżulca względem osi poziomej (w płaszczyźnie kratownicy)

$L_{wy}=0,8 \cdot 102,0=81,6$ cm

L_{wz1} - długość wyboczeniowa pojedynczej gałęzi względem osi pionowej

$L_{wz1}=1,0 \cdot 102,0=102,0$ cm

L_{wz} – długość wyboczeniowa pasa względem osi pionowej

$L_{wz}=1,0 \cdot 102,0=102,0$ cm

$$\lambda_y = \frac{L_{wy}}{i_y} = L_{wy} \sqrt{\frac{F}{I_y}} = 81,60 \sqrt{\frac{15,3}{10,6}} = 98,0$$

$$\lambda_z = \frac{L_{wz}}{i_z} = L_{wz} \sqrt{\frac{F}{I_z}} = 102,00 \sqrt{\frac{15,3}{8282,1}} = 4,4$$

$$\lambda_{z1} = \frac{L_{wz1}}{i_{z1}} = L_{wz} \sqrt{\frac{F_1}{I_{z1}}} = 102,00 \sqrt{\frac{7,6}{69,5}} = 33,7$$

$$\gamma = \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_{z1}}{\lambda_z}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{33,7}{4,4}\right)^2} = 7,72$$

$$\lambda'_z = \lambda_z \cdot \gamma = 4,4 \cdot 7,72 = 34,0$$

Dla stali 18G2 $\lambda_p=98,0$

$$\frac{\lambda_y}{\lambda_p} = \frac{98,0}{98,0} = 1,00 \rightarrow m_{wy}=2,000$$

$$\frac{\lambda'_z}{\lambda_p} = \frac{34,0}{98,0} = 0,35 \rightarrow m_{wz} = 1,100$$

Większą wrażliwość na wyboczenie pręt wykazuje względem osi poziomej

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{242,7 \cdot 2,000}{15,3} = 31,73 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot m_w}{F} = \frac{207,0 \cdot 2,000}{15,3} = 27,06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

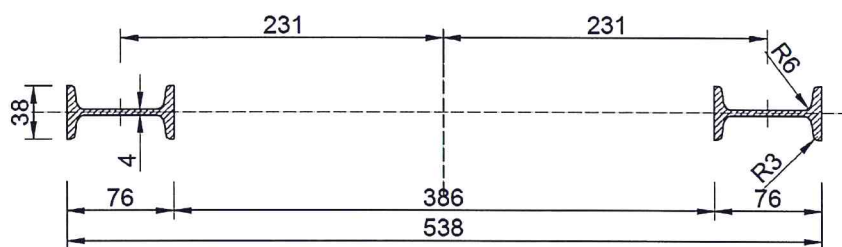
Występuje przekroczenie naprężeń o:

- Dla obciążeń normowych

$$\frac{31,73 - 29,00}{29,00} \cdot 100\% = 9,4\%$$

4.8. Obliczenia wytrzymałościowe krzyżulca rozciąganego

2x I 3x1½x4 BSB



$N_1 = 240,4 \text{ kN}$ - dla zestawu normowego

$N_2 = 204,9 \text{ kN}$ - dla zestawu wg Instrukcji

$R = 290,0 \text{ MPa} = 29,0 \text{ kN/cm}^2$

F – całkowite pole przekroju słupka kratownicy

$F = 15,3 \text{ cm}^2$

- Dla obciążeń normowych

$$\sigma_1 = \frac{P}{F} = \frac{240,4}{15,3} = 15,71 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Dla obciążeń wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”

$$\sigma_2 = \frac{P}{F} = \frac{204,9}{15,3} = 13,39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < R = 29,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

5. Ocena stanu obiektu - wnioski i zalecenia

5.1. Ocena ogólna stanu obiektu

Oględziny obiektu wykazały liczne uszkodzenia elementów mostu. Konstrukcja stalowa posiada znaczące ubytki powłok malarskich, a co jest z tym związane, odsłonięte powierzchnie pokryte są korozją. W większości przypadków występuje korozja powierzchniowa. Lokalnie występują poważniejsze uszkodzenia korozyjne.

Zauważono również miejscowe uszkodzenia mechaniczne pojedynczych elementów np. w postaci odkształceń profili stalowych (uszkodzenia na etapie przedmontażowym konstrukcji bez znaczącego wpływu na bieżącą eksploatację). Istotne, z uwagi na poprawną pracę obiektu, są wybrakowania pojedynczych elementów konstrukcji: klamry spinające poprzecznice i dźwigar, sworznie, wiatrownice prętowe i ich elementy.

Stwierdzono również odchylenia zakładanej geometrii mostu w planie oraz wysokości podparcia dźwigarów kratowych. W pierwszym przypadku na utratę prostoliniowości dźwigarów istotny wpływ mają uszkodzenia i wybrakowanie wiatrownic. Natomiast nierównomierne oparcie dźwigarów może być spowodowane zarówno błędami montażowymi, jak również różnicami w osiadaniu podczas eksploatacji obiektu.

Duże uszkodzenia eksploatacyjne widoczne są również w przypadku drewnianych elementów pomostu. Znacząca degradacja mechaniczna i biologiczna elementów drewnianych spowodowała ubytki desek jezdni oraz krawężników.

Podsumowując oględziny obiektu, należy stwierdzić, że dla dalszej prawidłowej eksploatacji konstrukcji konieczne jest wykonanie prac remontowych. W pierwszej kolejności wymagane są naprawy przywracające techniczną sprawność obiektu - uzupełnienie brakujących elementów i naprawę nawierzchni.

5.2. Wnioski z obliczeń statyczno – wytrzymałościowych

Obliczenia przeprowadzono dla dwóch układów obciążeń. W pierwszym przyjęto obciążenie klasy E wg PN-85/S-10030 w postaci obciążenia $q=1,20$ kN/m² i pojazdu $K=240,0$ kN. W drugim przyjęto obciążenie klasy 5/S10 wg „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”, będącej załącznikiem do Rozporządzenia nr 61 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad w postaci dwóch pasm obciążeń o wartości 1,00 kN/m i pojazdu o łącznym ciężarze $S=100,0$ kN. Celem konwersji obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe przyjęto współczynniki obciążeniowe jak dla układu dodatkowego PD. Zwiększanie obciążeń 5/S10 nie było konieczne, lecz zdecydowano się je zastosować z uwagi na fakt nieokreślonego okresu dalszej eksploatacji wspomnianego obiektu.

W konsekwencji przeprowadzonej analizy okazuje się, że badany most składany nie przenosi klasy E. Następują przekroczenia naprężeń zarówno w elementach pomostu (podłużnicach – 17,8% i poprzecznicach - 8,3%) jak i w pasach górnych dźwigarów kratowych o 14,6% oraz krzyżulcach 9,4%. Należy tutaj dodać, że w przypadku podłużnic, analizę przeprowadzono na podłużnicach o mniejszym przekroju. Jak widać naprężenia występujące w elementach (z wyjątkiem podłużnic) nie przekraczają naprężeń dopuszczalnych o więcej niż 15%. Obciążenie normowe klasy E, dopuszcza wpuszczenie pojazdu o łącznym ciężarze 15 t. W związku z powyższym istnieje możliwość bezpiecznego utrzymania dopuszczalnej nośności na obiekcie wynoszącej 10 t.

Powyższe rozważania potwierdzają wyniki obliczeń dla pojazdu 5/S10, gdzie nie występuje przekroczenie naprężeń dopuszczalnych w żadnym elemencie za wyjątkiem podłużnic. Zaleca się w związku z tym poprzekładanie podczas prac remontowych zestawów podłużnic, w taki sposób aby sztywniejsze zestawy znalazły się pod najbardziej

prawdopodobnym śladem kół pojazdów poruszających się po obiekcie, czyli w miejscu drugiej i piątej „trójki”

5.3. Wnioski oraz zalecenia remontowo - eksploatacyjne

Obiekt nad rz. Narew w m. Sobótka został wykonany w technologii wojskowych mostów składanych - systemu Bailey. Projekt tego systemu zakładał tymczasowość tego typu konstrukcji. Z uwagi na to, most ten wykazuje specyficzne cechy zarówno pod względem możliwości oceny jego przydatności eksploatacyjnej, jak również wymogów utrzymaniowych.

Należy stwierdzić, że stan obiektu (użytkowanego od ponad 30 lat) wykazuje uszkodzenia eksploatacyjne oraz ubytki, które są konieczne do usunięcia w celu jego dalszej poprawnej eksploatacji.

Przeprowadzona, w powyższym opracowaniu, analiza statyczno wytrzymałościowa została przeprowadzona dla modelu teoretycznego zakładającego kompletność elementów konstrukcji. W związku z powyższym jej wyniki należy rozpatrywać przy założeniu uprzedniego wykonania odpowiednich prac naprawczych.

Zalecenia remontowe:

- uzupełnienie elementów konstrukcji stalowej - klamer, łączników, stężeń wiatrowych,
- naprawa lub wymiana uszkodzonych elementów konstrukcji stalowej - klamry, wiatrownice,
- wymiana konstrukcji pomostu drewnianego,
- dostosowanie lokalizacji modułów podłużnic (zgodnie z punktem 5.2.),
- oczyszczenie uszkodzeń korozyjnych konstrukcji stalowej (**z pominięciem połączeń sworzniowych** w celu uniknięcia ich poluzowania),
- wykonanie powłok malarskich, antykorozyjnych,
- poprawa geometrii konstrukcji (naprawa wiatrownic),
- rektyfikacja oparcia dźwigarów.

Zalecenia eksploatacyjne:

- **po wykonaniu prac remontowych** istnieje możliwość dopuszczenia ruchu pojazdów o ciężarze **nie przekraczającym 10 t**,
- z uwagi na szerokość pomostu wprowadzić organizację ruchu z uprzywilejowaniem pojazdu nadjeżdżającego z przeciwka,
- z uwagi na wpływ oddziaływań dynamicznych, wprowadzić na obiekcie **ograniczenie prędkości do 20 km/h** (rozważyć wprowadzenie przed i za obiektem progów zwalniających),
- w celu zapewnienia sprawności eksploatacyjnej należy położyć szczególny nacisk na wykonywanie bieżących przeglądów oraz koniecznych napraw.