



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

INWENTARYZACJA WRAZ Z KONCEPCJĄ REMONTU

dotyczące

MOSTU KOLEJKI WĄSKOTOROWEJ „EKSPRES PONIDZIE” W M. SKOWRONNO



Opracowali:

Imię i nazwisko	Nr uprawnień i specjalność	Podpis
prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt	KL-20/99 drogi/mosty/konstrukcje bud.	
dr inż. Wiktor Wciślik	SWK/0058/PBKb/18 konstrukcje budowlane	

Kielce, marzec 2022

SPIS TREŚCI

1. Przedmiot opracowania	3
2. Podstawa opracowania	3
3. Materiały wykorzystane do opracowania	3
4. Opis obiektu – stan istniejący.....	3
5. Dokumentacja fotograficzna obiektu i uszkodzeń	5
6. Koncepcja remontu obiektu	8
7. Wstępna weryfikacja warunków nośności i użytkowości stalowej konstrukcji pomostu ..	9
7.1. Zestawienie obciążeń stałych wg PN-S-10030:1985.....	9
7.2. Zestawienie obciążeń zmiennych	9
7.2.1. Obciążenie zestawem dwóch lokomotyw Lxd2	10
7.2.2. Obciążenie zestawem parowóz + tender.....	11
7.2.3. Obciążenie wagonem towarowym	13
7.2.4. Obciążenie wagonem pasażerskim	14
7.3. Obliczenia statyczne pomostu.....	14
7.4. Sprawdzenie nośności konstrukcji pomostu (obliczenia wstępne).....	15
CZĘŚĆ RYSUNKOWA	19

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest inwentaryzacja wraz z koncepcją remontu mostu kolejki wąskotorowej „Ekspres Ponidzie” w m. Skowronno. Lokalizację mostu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja obiektu.

2. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie pisma zlecającego z dnia 2.03.2022r.

3. Materiały wykorzystane do opracowania

- Wytyczne Inwestora,
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. Dz.U. 1998 nr 151 poz. 987),
- PN-S-10030:1985 Obiekty mostowe – Obciążenia,
- PN-S-10052:1982 Obiekty mostowe - Konstrukcje stalowe – Projektowanie.

4. Opis obiektu – stan istniejący

Z uwagi na brak dokumentacji archiwalnej mostu, przeprowadzono jego inwentaryzację w marcu 2022 r. Przedmiotowy obiekt znajduje się w ciągu linii kolejki wąskotorowej „Ekspres Ponidzie”.

Obiekt jednoprzęsłowy. Konstrukcja nośna pomostu składa się ze stalowych belek dwuteowych IPN 500 (3 szt. w przekroju poprzecznym). Nad podporami i na środku przęsła belki połączone poprzecznicami o przekroju 2L100x10. Na belkach oparto konstrukcję torowiska w postaci podkładów drewnianych o przekroju około 20 x 24 cm, w rozstawie co ok. 50 cm i szyn. Elementy stalowe konstrukcji w stanie ogólnym dobrym, występuje korozja dźwigarów.

Pomost oparty na kamiennych przyczółkach, które, jak stwierdzono podczas oględzin, uległy zaawansowanej erozji. Dotyczy to zwłaszcza przyczółka od strony Umianowic. Od strony

Skowronna zainstalowano dodatkową podporę, wykonaną z belek drewnianych o przekroju ok. 24x13 cm (patrz dokumentacja rysunkowa). Zły stan podpór pierwotnych i tymczasowych (korozja biologiczna) wskazuje na konieczność wykonania nowych podparć.

Parametry geometryczne istniejącego obiektu:

- długość całkowita mostu bez skrzydełek L_c = ok. 10,6 m,
- szerokość całkowita przęsła B_c = ok. 3,09 m,
- światło pionowe pod obiektem h_o = 1,5 m.

5. Dokumentacja fotograficzna obiektu i uszkodzeń



Fot. 1. Widok ogólny obiektu z poziomu torowiska.



Fot. 2. Widok przęsła od spodu.



Fot. 3. Widok na przyczółek od strony Skowronna i podporę tymczasową. Widoczna korozja stalowych elementów przęsła, odspojenie fragmentu przyczółka oraz korozja biologiczna drewna.



Fot. 4. Poprzecznicę/stężenie pomostu nad przyczółkiem od strony Skowronna. Widoczna korozja elementów konstrukcji stalowej.



Fot. 5. Widok przyczółka od strony Umianowic. Widoczne odspojenie narożnika od strony dołu rzeki.



Fot. 6. Widok przyczółka od strony Umianowic. Widoczne odspojenie narożnika od strony góry rzeki i wegetacja roślinna.



Fot. 7. Widok uszkodzonego (nadpalonego) podkładu od strony Umianowic.

6. Koncepcja remontu obiektu

Z uwagi na niedostateczny stan konstrukcji mostu (przede wszystkim podpór) opracowano koncepcję remontu i przebudowy obiektu.

Obejmuje ona demontaż istniejącej konstrukcji pomostu, rozbiórkę kamiennych przyczółków i wykonanie nowych podpór w postaci filarów opartych na żelbetowych palach o przekroju 40x40 cm, zwieńczonych monolitycznym oczepem. Przewiduje się ponadto wykonanie konstrukcji oporowej nasypów z wykorzystaniem grodzic stalowych, wg dokumentacji rysunkowej.

Istniejące belki stalowe przewiduje się wypiąskować i poddać zabezpieczeniu antykorozyjnemu. Przewiduje się wymianę uszkodzonych (nadpalonych) podkładów drewnianych i wykorzystanie istniejących szyn.

Zakres robót:

- demontaż istniejącego torowiska (szyny, odbojnice, podkłady) – 30 m,
- demontaż istniejącej konstrukcji stalowej pomostu (belki + poprzecznice) – 10,6 m,
- rozbiórka istniejących przyczółków kamiennych,
- wykonanie wbijanych grodzic stalowych + docięcie górnej krawędzi wg dokumentacji rysunkowej,
- wykonanie pali wbijanych żelbetowych prefabrykowanych o przekroju 40x40 cm, L = 8 m – 6 szt.,
- wykonanie monolitycznych żelbetowych oczepów podpór, przekrój 40x25 cm L = 178 cm – 2 szt.
- wykonanie ciosów podłożyskowych – 6 szt.

- montaż łożysk elastomerowych – 6 szt.
- piaskowanie i zabezpieczenie a-kor konstrukcji stalowej pomostu i grodzic,
- montaż konstrukcji stalowej pomostu - 10,6 m,
- wykonanie dodatkowych poprzecznic wg dokumentacji rysunkowej - 2 szt.,
- wykonanie nowych podkładów drewnianych 20x24 cm i ich montaż – 6 szt.,
- montaż torowiska (podkładów, szyn i odbojnic staroużytecznych) – 30 m.

Proponowane rozwiązania zilustrowano w części rysunkowej niniejszego opracowania.

Opisane powyżej rozwiązania mają charakter koncepcyjny i wymagają szczegółowej weryfikacji przez Projektanta konstrukcji.

7. Wstępna weryfikacja warunków nośności i użytkowalności stalowej konstrukcji pomostu

7.1. Zestawienie obciążeń stałych wg PN-S-10030:1985

Tabela 1. Obciążenie wyposażeniem na 1mb długości pomostu.

Wyszczególnienie obciążeń na 1mb toru	Wartość charakterystyczna [kN/m]	γ_f	Wartość obliczeniowa [kN/m]
ciężar własny belek	uwzględniono w programie obl.	1,2	-
poprzecznice	1	1,2	1,2
szyny + odbojnice	2	1,5	3
podkłady kolejowe	2	1,5	3
RAZEM	5,0	-	7,2

Zestawienie obciążeń przypadających na
1 m² pomostu

Szerokość pomostu w osiach belek 1,28m

Tabela 2. Obciążenie wyposażeniem przypadające na 1 belkę.

Wyszczególnienie obciążeń na 1mb belki	Wartość charakterystyczna [kN/m]	γ_f	Wartość obliczeniowa [kN/m]
ciężar własny belek	uwzględniono w programie obl.	1,2	-
poprzecznice	0,78	1,2	0,94
szyny	1,56	1,5	2,34
podkłady kolejowe	1,56	1,5	2,34
RAZEM	3,9	-	5,62

7.2. Zestawienie obciążeń zmiennych

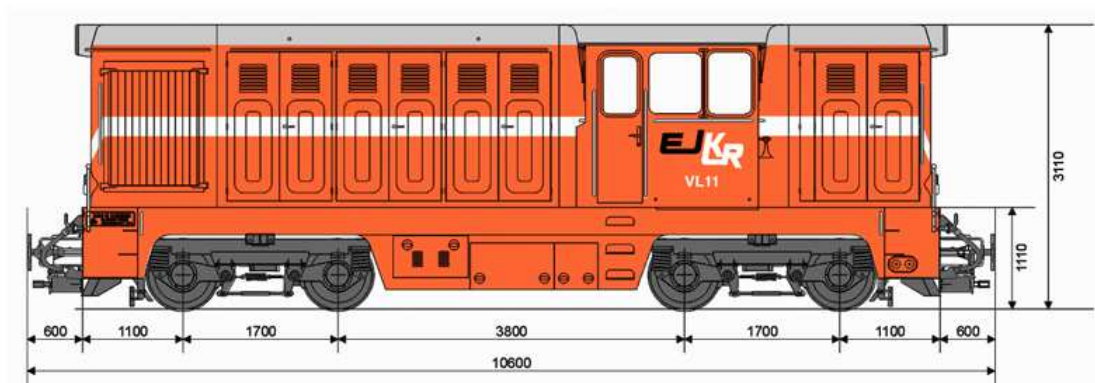
Zestawienie sporządzono na podstawie informacji uzyskanych od Administratora

obiektu

7.2.1. Obciążenie zestawem dwóch lokomotyw Lxd2

LOKOMOTYWY Lxd2

Układ osi	BoBo
Szerokość toru	750
Średnica koła	750 mm
Nacisk osi na szynę	8 T + 6% / 78,4 kN + 6% /
Masa lokomotywy w stanie służbowym	32 T + 6%
Siła pociągowa ciągła przy mocy nominalnej i szybkości 7,5 km/h	7 600 kG / 74,5 kN/
Siła pociągowa rozruchowa przy wadze eksploatacyjnej 32 T oraz przy $\mu = 0,33$	10 500 kG / 102,9 kN/
Liczba wózków	2
Ilość osi	4
Odległość między skrajnymi osiami	7 200 mm
Odległość między czopami skreśtu wózków	9 500 mm
Odległość między osiami wózka – 1 700 mm	



Ciężar lokomotywy	339,2 kN
Ilość osi	4
Nacisk osi	84,8 kN

Ilość kół na osi	2
------------------	---

Siła przekazywana na koło	42,4 kN
---------------------------	---------

Wartość współczynnika dynamicznego wg PN-S-10030:1985

Dla $3,6 \text{ m} \leq L \leq 65 \text{ m}$ współczynnik dynamiczny wynosi

$$\varphi = \frac{1,44}{\sqrt{L} - 0,2} + 0,82$$

$L =$ 10 m

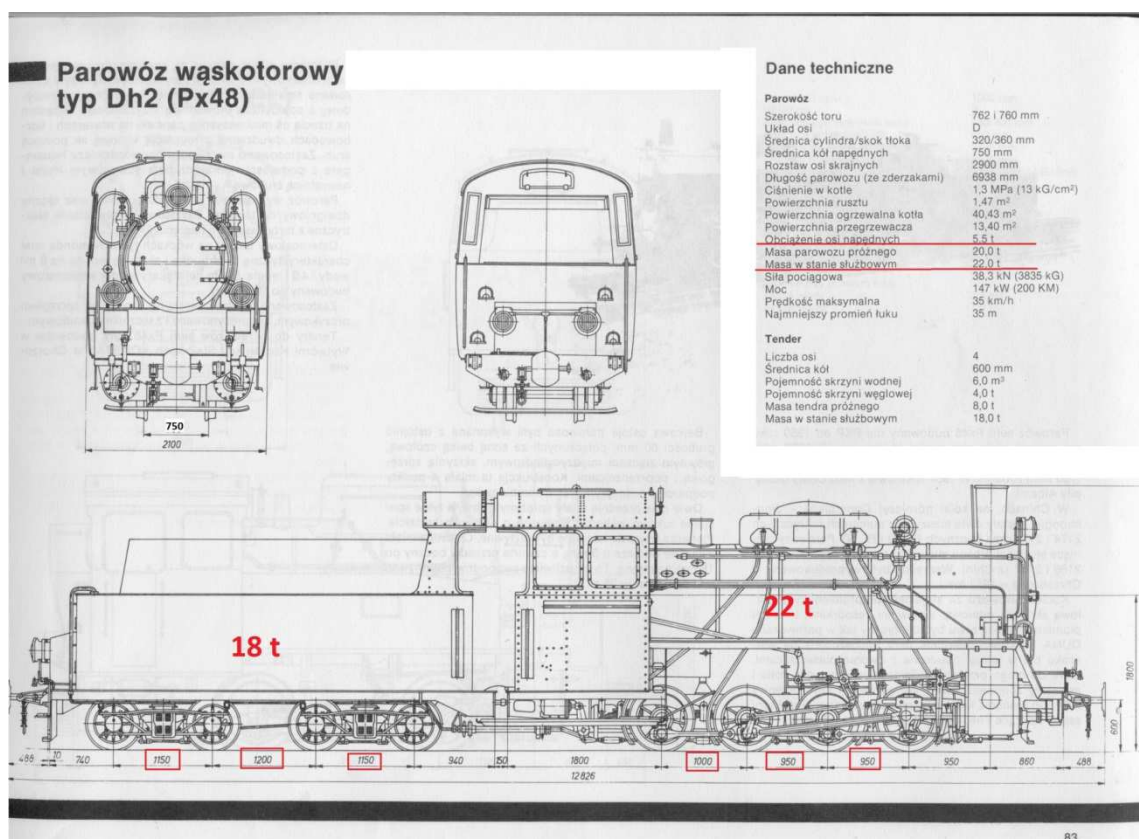
$\varphi =$ 1,306

Reakcja od 1 koła
z uwzględnieniem współczynnika
dynamicznego 55,37 kN

$\gamma_f =$ 1,5

Obliczeniowa wartość reakcji 83,06 kN

7.2.2. Obciążenie zestawem parowóz + tender



Ciężar parowozu 220 kN
Ilość osi 4
Nacisk osi 55 kN

Ilość kół na osi 2

Reakcja od 1 koła 27,5 kN

Wartość współczynnika dynamicznego wg PN-S-10030:1985

Dla $3,6 \text{ m} \leq L \leq 65 \text{ m}$ współczynnik dynamiczny wynosi

$$\varphi = \frac{1,44}{\sqrt{L} - 0,2} + 0,82$$

L = 10 m

$\varphi = 1,306$

Reakcja od 1 koła

z uwzględnieniem współczynnika

dynamicznego 35,92 kN

$\gamma_f = 1,5$

Obliczeniowa wartość reakcji 53,87 kN

Ciężar tendera 180 kN

Ilość osi 4

Nacisk osi 45 kN

Ilość kół na osi 2

Reakcja od 1 koła 22,5 kN

Wartość współczynnika dynamicznego wg PN-S-10030:1985

Dla $3,6 \text{ m} \leq L \leq 65 \text{ m}$ współczynnik dynamiczny wynosi

$$\varphi = \frac{1,44}{\sqrt{L} - 0,2} + 0,82$$

L = 10 m

$\varphi = 1,306$

Reakcja od 1 koła

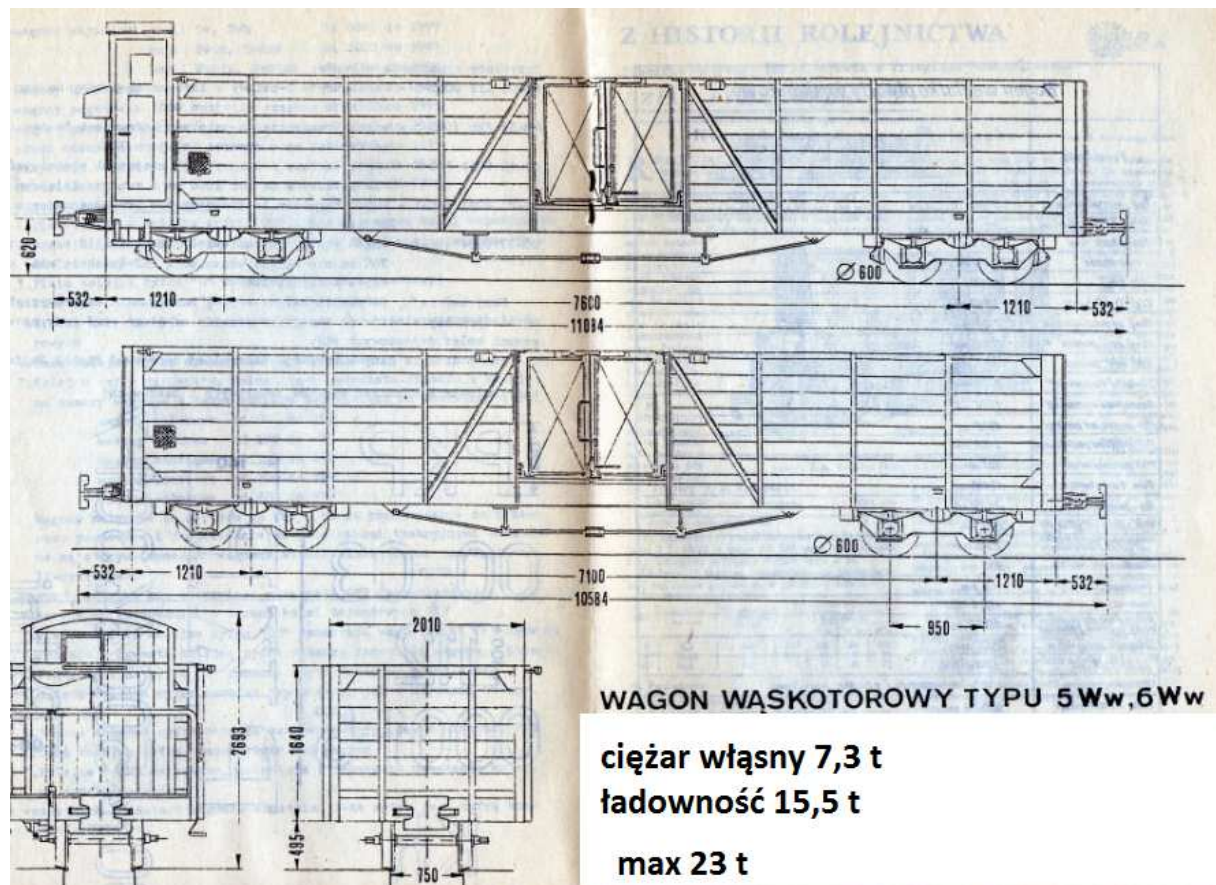
z uwzględnieniem współczynnika

dynamicznego 29,39 kN

$\gamma_f =$ 1,5

Obliczeniowa wartość reakcji 44,09 kN

7.2.3. Obciążenie wagonem towarowym



Ciężar wagonu 230 kN

Ilość osi 4

Nacisk osi 57,5 kN

Ilość kół na osi 2

Reakcja od 1 koła 28,75 kN

Wartość współczynnika dynamicznego wg PN-S-

10030:1985

Dla $3,6 \text{ m} \leq L \leq 65 \text{ m}$ współczynnik dynamiczny wynosi

$$\varphi = \frac{1,44}{\sqrt{L} - 0,2} + 0,82$$

$L =$ 10 m

$\varphi =$ 1,306

Reakcja od 1 koła

z uwzględnieniem współczynnika

dynamicznego 37,55 kN

$\gamma_f =$ 1,5

Obliczeniowa wartość reakcji 56,32 kN

7.2.4. Obciążenie wagonem pasażerskim

Z uwagi na niewielką wartość obciążenia, obciążenia wagonem pasażerskim pominięto w obliczeniach, przyjmując za miarodajne wartości obciążeń od wagonów towarowych.

7.3. Obliczenia statyczne pomostu

Do obliczeń przyjęto schemat belki swobodnie podpartej. Analizowano następujące przypadki obciążeń:

- 1) Ciężar własny konstrukcji (uwzględniony automatycznie w programie),
- 2) Obciążenie wyposażeniem wg tabeli 2,
- 3) Zestaw 2 lokomotyw Lxd2 jako obciążenie ruchome (wg zestawienia),
- 4) Przejazd zestawu parowóz + tender jako obciążenie ruchome (wg zestawienia),
- 5) Przejazd wagonów towarowych w zestawie z lokomotywą lub parowozem.

Maksymalne wartości sił wewnętrznych w najbardziej wyężonym dźwigarze wynoszą w poszczególnych przypadkach:

1) ciężar własny, $M=19,21\text{kNm}$, $T=7,66\text{kN}$,

2) wyposażenie, $M=21,35\text{kNm}$, $T=8,72\text{kN}$,

3) zestaw 2 lokomotyw, $M=195,12\text{kNm}$, $T=102,57\text{kN}$ (z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego),

4) parowóz + tender, $M=207,5\text{kNm}$, $T=90,27\text{kN}$ (z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego),

5) wagon towarowy, $M=119,05\text{kNm}$, $T=56,73\text{kN}$ (z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego).

W stanie granicznym nośności dla uzyskania obwiedni momentów zginających przyjęto kombinację:

$$1 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1,5$$

Maksymalna wartość momentu zginającego w środku rozpiętości najbardziej wyężonej belki wynosi:

$$M = 19,21 \cdot 1,2 + 21,35 \cdot 1,5 + 207,5 \cdot 1,5 = 366,33 \text{ kNm}$$

Kombinacja dla stanu granicznego nośności (obwiednia siły poprzecznej):

$$1 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 1,5$$

Maksymalna wartość siły poprzecznej nad podporą najbardziej wyężonej belki:

$$T = 7,66 \cdot 1,2 + 8,72 \cdot 1,5 + 102,57 \cdot 1,5 = 176,13 \text{ kN}$$

7.4. Sprawdzenie nośności konstrukcji pomostu (obliczenia wstępne) wg PN-S-10052:1982

Belka swobodnie podparta IPN500

$$L_T = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

UWAGA Wartości naprężeń dopuszczalnych R wyznaczono na podstawie granicy plastyczności stali wykonanej w podobnym okresie, co analizowana konstrukcja, na podstawie pracy (Kossakowski P.G.

"Mechanical properties of late nineteenth century bridge steel at low temperature", Procedia Engineering, 156 (2016), pp. 180-185).

Zgodnie z cytowaną pracą $R_e = 243,3 \text{ MPa}$

Wg PN-S-10052:1982, dla stali o $R_e \leq 355 \text{ MPa}$:

$$R = \frac{R_e}{1,20} = \frac{243,3}{1,20} = 202,7 \text{ MPa}$$

Powyższe założenie powinno być zweryfikowane przez Projektanta przebudowy obiektu.

ZGINANIE

$$\sigma = \frac{M}{W_{nt}} \leq 1,05R \quad (30)$$

M - obliczeniowy moment zginający w rozpatrywanym przekroju [kNcm]

W_{nt} - wskaźnik wytrzymałości dla przekroju netto [cm³]

R - obliczeniowa wytrzymałość stali [kN/cm²]

$$\begin{aligned}
 M &= 366,33 \text{ kNm} = 36633 \text{ kNcm} \\
 W_{nt} &= 2750 \text{ cm}^3 \\
 R &= 202,7 \text{ MPa} = 20,27 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= 13,32109 \text{ kN/cm}^2 = 133,2109 \text{ MPa} \\
 1,05 R &= 212,835 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunek spełniony

ŚCINANIE

$$\tau = \frac{Q}{g * h} \leq R_t \quad (32)$$

Q - obliczeniowa siła poprzeczna [kN]

g - grubość środnika [cm]

h - wysokość środnika [cm]

R_t - obliczeniowa wytrzymałość stali przy ścinaniu

Przyjęto R_t = 0,6 R wg tablicy 8 PN-S-10052:1982

$$\begin{aligned}
 Q &= 176,13 \text{ kN} \\
 g &= 1,8 \text{ cm} \\
 h &= 41 \text{ cm} \\
 R_t = 0,6R &= 121,62 \text{ MPa} = 12,162 \text{ kN/cm}^2 \\
 &=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= 2,386585 \text{ kN/cm}^2 = 23,86585 \text{ MPa} \\
 R_t &= 121,62 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Warunek spełniony

ZWICHRZENIE

$$\sigma = \frac{M * m_z}{W_{cbr}} \leq R \quad (36)$$

M - obliczeniowy moment zginający [kNm]

m_z - współczynnik zwichrzenia

W_{cbr} - wskaźnik wytrzymałości dla krawędzi ściskanej i przekroju brutto [cm³]

$$\begin{aligned}
 M &= 366,33 \text{ kNm} = 36633 \text{ kNcm} \\
 W_{cbr} &= 2750 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

m_z = m_s wg tablicy 20 PN, na podstawie wartości λ i λ_p

$$\lambda = \frac{l}{h} * \sqrt{\frac{I_x}{I_y}}$$

l - długość belki [cm]

h - wysokość belki [cm]

I_x - moment bezwładności belki względem osi zginania [cm⁴]

I_y - moment bezwładności belki względem osi pionowej [cm⁴]

l = 1000 cm

h = 50 cm

I_x = 68740 cm⁴

I_y = 2480 cm⁴

λ = 105,2953

$$\lambda_s = \frac{l}{h} * \sqrt{\frac{I_s}{I_y}}$$

l - długość belki [cm]

h - wysokość belki [cm]

I_s - moment bezwładności na skręcanie [cm⁴]

I_y - moment bezwładności belki względem osi pionowej [cm⁴]

I_s = 433 cm⁴

λ_s = 8,356956

K_z = 1480 (w zależności od λ_s , na podstawie tabeli Z3-1 PN)

$$\lambda_s = \frac{l}{h} * \sqrt{\frac{I_s}{I_y}}$$

λ_p = 103,9525

λ/λ_p = 1,012918

$m_z = m_s$ 1,28 na podstawie tablicy 20 PN, w zależności od λ/λ_p

Warunek:

$$\sigma = \frac{M * m_z}{W_{cbr}} \leq R \quad (36)$$

$$\sigma = 17,051 \text{ kN/cm}^2 = 170,51 \text{ MPa}$$
$$R = 202,7 \text{ MPa}$$

Warunek spełniony

UGIĘCIE

Wartość ugięcia wyznaczonego w programie obliczeniowym

$$U = 1,4 \text{ cm}$$

Ugięcie dopuszczalne LT/600

$$U_{dop} = 1,666667 \text{ cm}$$

Warunek spełniony

Przyjęta koncepcja podparć powinna być szczegółowo zweryfikowana przez Projektanta.

Przedstawione powyżej obliczenia powinny być uszczegółowione przez Projektanta przebudowy obiektu.

CZEŚĆ RYSUNKOWA

Spis rysunków:

1. I-01 - Widok z boku - stan istniejący, skala 1:50
2. I-02 - Przekrój poprzeczny z widokiem na przyczółek od strony Skowronna - stan istniejący, skala 1:50
3. I-03 - Widok z góry - stan istniejący, skala 1:50
4. P-01 - Widok z boku - stan projektowany, skala 1:50
5. P-02 - Przekrój poprzeczny z widokiem na przyczółek od strony Skowronna - stan projektowany, skala 1:50
6. P-03 - Widok z góry - stan projektowany, skala 1:50