

EKSPERTYZA

Obliczenia statyczno - wytrzymałościowe

**Most w ciągu ulicy Samsonowicza nad rzeką
Kamienną
w miejscowości Ostrowiec Świętokrzyski**

Spis treści

1	Dane wyjściowe	2
1.1	Cel opracowania	2
1.2	Opis drogi.....	2
1.3	Opis konstrukcji mostu	2
1.4	Materiał.....	3
1.4.1	Beton.....	3
1.4.2	Kable sprężające	4
1.4.3	Siła sprężająca	4
1.4.4	Straty sił sprężających	4
1.5	Obciążenia w stanie projektowanym.....	4
1.5.1	Dane archiwalne.....	4
2	Obliczenia	5
2.1	Charakterystyki geometryczne przekrojów	5
2.2	Przyjęta metoda obliczeń.....	9
2.3	Zestawienie otrzymanych wyników (wyciąg z załącznika nr 1)	9
3	Stan techniczny obiektu.....	10
3.1	Wyniki przeglądu i oceny wbudowanych materiałów (stan istniejący).....	10
3.1.1	Stan nasypów i skarp	10
3.1.2	Stan dojazdów:	10
3.1.3	Stan nawierzchni jezdni:	10
3.1.4	Stan balustrad, barier i osłon:	10
3.1.5	Stan nawierzchni chodników i krawężników:	10
3.1.6	Stan belek podporęczowych, gzymsów.....	10
3.1.7	Urządzenia odwadniające.....	10
3.1.8	Stan izolacji:	11
3.1.9	Stan konstrukcji pomostu (w tym poprzecznice)	11
3.1.10	Stan dźwigarów głównych:.....	11
3.1.11	Stan łożysk:	11
3.1.12	Stan urządzeń dylatacyjnych:.....	11
3.1.13	Stan przyczółków (fundamentów i korpusów):.....	11
3.1.14	Stan filarów (fundamentów i korpusów):	11
3.1.15	Stan skrzydełek	12
4	Analiza obliczeń i wnioski	12

1 Dane wyjściowe

1.1 Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest ekspertyza (ocena stanu technicznego i nośności mostu z belek prefabrykowanych kablobetonowych typu WBS) nad rzeką Kamienną w Ostrowcu Świętokrzyskim..

1.2 Opis drogi

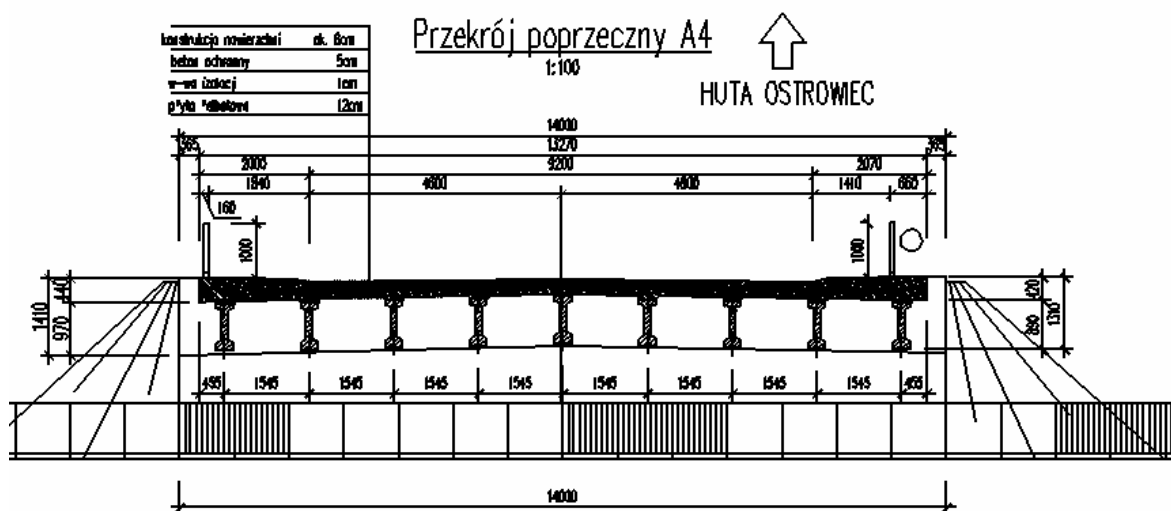
Analizowany obiekt znajduje się w ciągu ulicy Samsonowicza w Ostrowcu Świętokrzyskim nad rzeką Kamienną

1.3 Opis konstrukcji mostu

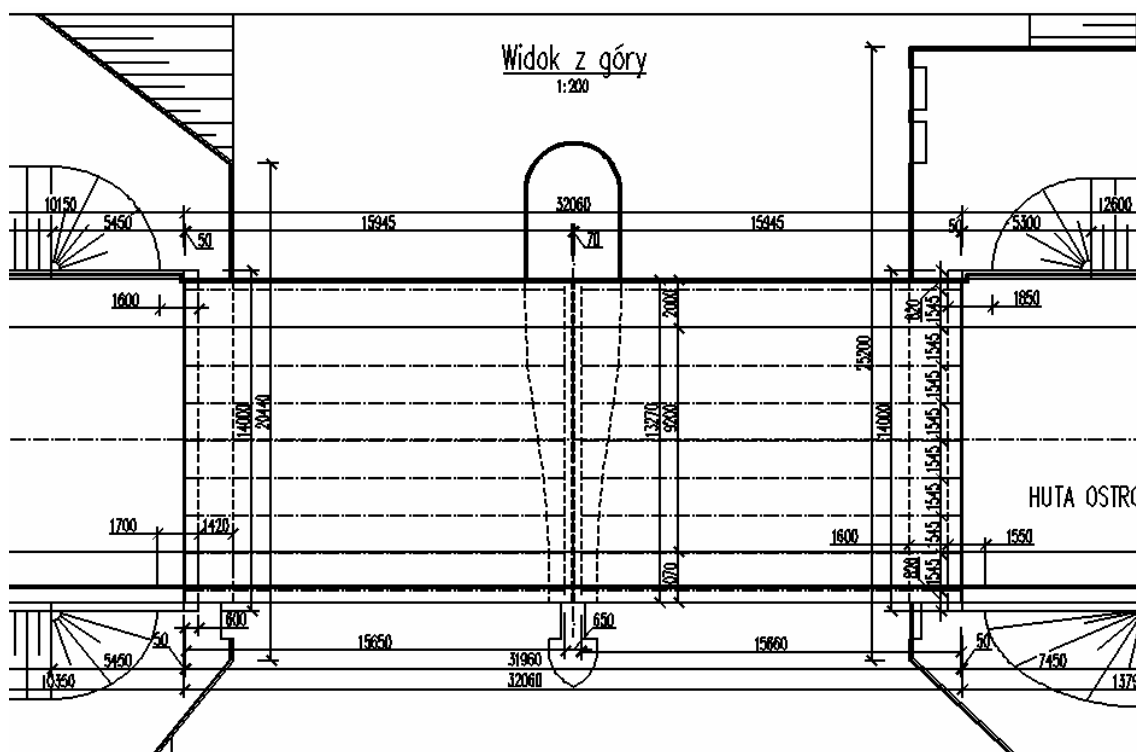
Istniejący most to konstrukcja z belek prefabrykowanych kablobetonowych typu WBS o następujących parametrach:

- Rozpiętość teoretyczna belki 15,00m
- Szerokość całkowita obiektu 13,27 m
- Długość całkowita obiektu (ze skrzydłami) 32,06 m
- Wysokość belki WBS 0,85 m
- Podstawowa gr. płyty+skos 0,12+0,05 m
- Liczba kabli sprężających 5 szt.
- Szerokość jezdni 9,20 m
- Szerokość kapy chodnikowej prawej 2,00 m
- Szerokość kapy chodnikowej lewej 2,07 m
- Podpory skrajne przyczółki betonowe

Rys 1. Przekrój poprzeczny mostu



Rys 2. Widok z góry



1.4 Materiał

1.4.1 Beton

Na podstawie badań wytrzymałościowych betonu określono klasę betonu belek sprężonych WBS. Określono klasę betonu jak **B35**.

Właściwość	Symbol	Wartość
Klasa betonu	B 35	
Moduł Younga	E_c	34,6 GPa
Współczynnik Poissona	μ	0,167
Ciężar	γ	27 kN/m ³
Rozrzeszalność termiczna	α	1,0e-5

Tabela 1. Charakterystyki materiałowe betonu belek WBS

Płyta zespalająca - przyjęto do obliczeń beton klasy **B20**

Właściwość	Symbol	Wartość
Klasa betonu	B 20	
Moduł Younga	E_c	27,0 GPa
Współczynnik Poissona	μ	0,167
Ciężar	γ	27 kN/m ³
Rozrzeszalność termiczna	α	1,0e-5

$$n = 27,0/34,6 = 0,78 \text{ (stosunek modułów sprężystości)}$$

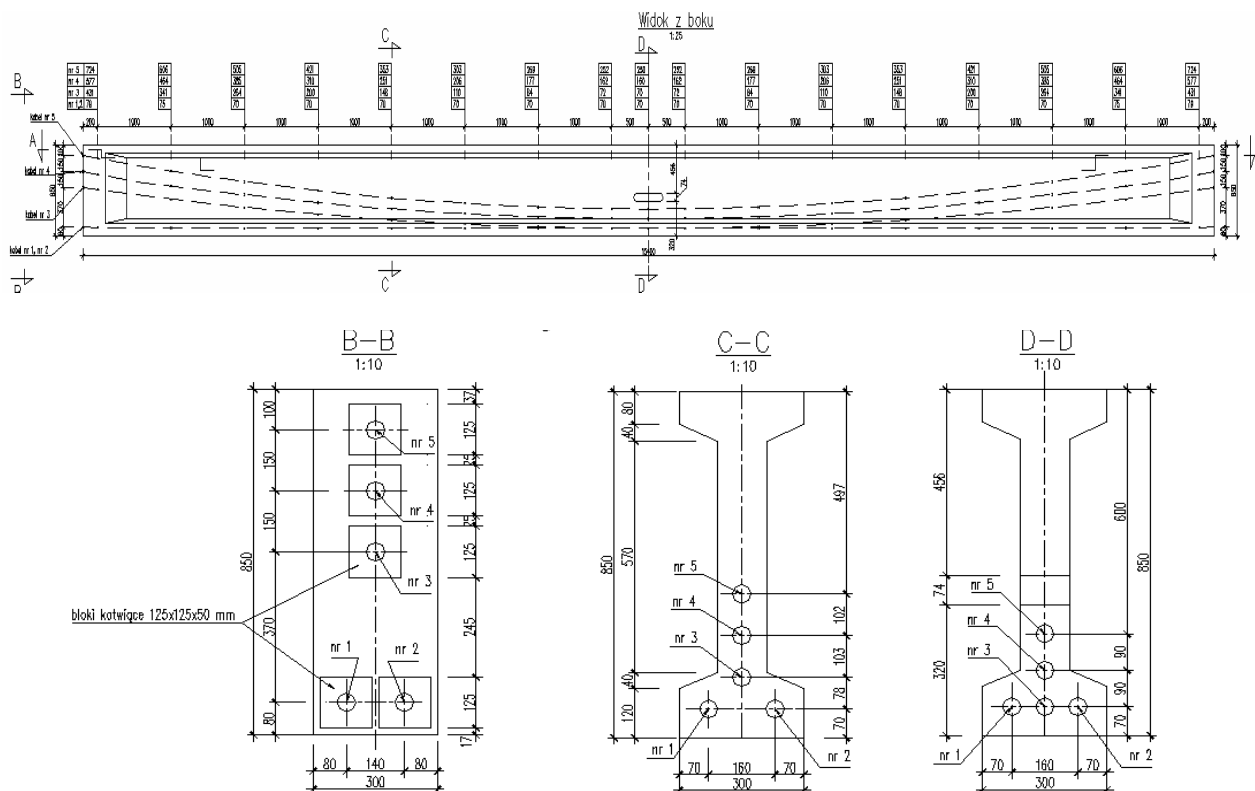
1.4.2 Kable sprężające

Na podstawie dokumentacji archiwalnej ustalono że do sprężenia belek WBS użyto stali kablowej $\varnothing 5$ gat. I o $R_r=16500 \text{ kg/cm}^2$ i naciągu podczas sprężania $\sigma=10500 \text{ kg/cm}^2$

1.4.3 Siła sprężająca

Zgodnie z dokumentacją archiwalną przyjęto siłę sprężającą każdy kabel jako równą 329,2 kN. Belka Kablobetonowa WBS sprężona jest za pomocą 5 kabli gdzie 2 z nich mają trasę prostoliniową a pozostałe krzywoliniową (paraboliczną).

Widok belki z trasami kabli, oraz przekroje poprzeczne pokazano na rysunkach poniżej.



Rys 2. Belka kablobetonowa WBS

1.4.4 Straty sił sprężających

Na podstawie projektu archiwalnego przyjęto wielkość strat jako równą 17%. Przy czym 14% strat zajdzie przed zamocowaniem belki natomiast pozostała część strat po stwardnieniu betonu płyty ustroju nośnego.

1.5 Obciążenia w stanie projektowanym

1.5.1 Dane archiwalne

Obiekt został zaprojektowany na podstawie:

- 1) Normatywu technicznego projektowania mostów na drogach samochodowych. Obciążenia ruchome (1956 r),
- 2) PN-57/B-03320 Konstrukcje z betonu sprężonego,
- 3) PN-58/B-03261 Betonowe i żelbetowe konstrukcje mostowe,
- 4) PN/B-03280 – Projekt – Konstrukcje żelbetowe prefabrykowane,
- 5) Typowe mosty prefabrykowane kablobetonowe. Tom-II-15. Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe przęseł o rozpiętości 15,00 m.

Współczynnik dynamiczny do obciążenia ruchomego $f=1,15$ (według Normatywu .z 1956) Wg 5) Maksymalny moment od obciążeń ruchomych jaki może przenieść belka wynosi $M = 36,17 \text{ Tm}$ (361,7 kNm)

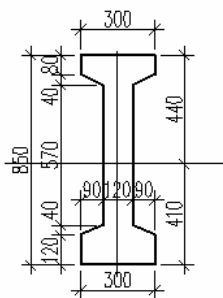
2 Obliczenia

2.1 Charakterystyki geometryczne przekrojów

Beton prefabrykatu		B35	E	34,6	GPa
Beton płyty		B20	E	27,0	GPa

Rys 3. Charakterystyki geometryczne elementów przekroju

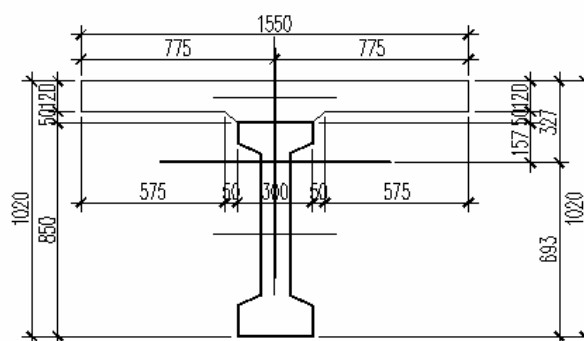
Rys 3.1 Belka WBS 15



PARAMETRY PRZEKROJU

WBS netto			
F	0.1452 m ²	Ob	2.53395 m
Xd	0.15 m	Xg	0.15 m
Yd	0.40988 m	Yg	0.44012 m
Ix	0.01186 m ⁴	ix	0.28576 m
Iy	0.00061 m ⁴	iy	0.06456 m
Wxd	0.02893 m ³	Wxg	0.02694 m ³
Wyd	0.00403 m ³	Wyg	0.00403 m ³
I1	0.01186 m ⁴	I2	0.00061 m ⁴
Ixy	0 m ⁴		

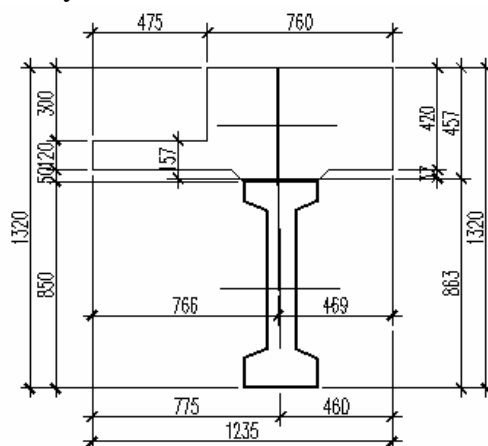
Rys 3.2 Przekrój zespolony nr1



PARAMETRY PRZEKROJU

z1		netto	
F	0.304 m ²	Ob	5.9154 m
Xd	0.775 m	Xg	0.775 m
Yd	0.6935 m	Yg	0.3265 m
Ix	0.0345 m ⁴	Ix	0.3368 m
Iy	0.0298 m ⁴	Iy	0.3131 m
Wxd	0.0497 m ³	Wxg	0.1056 m ³
Wyd	0.0385 m ³	Wyg	0.0385 m ³
I1	0.0345 m ⁴	I2	0.0298 m ⁴
Ixy	0 m ⁴		

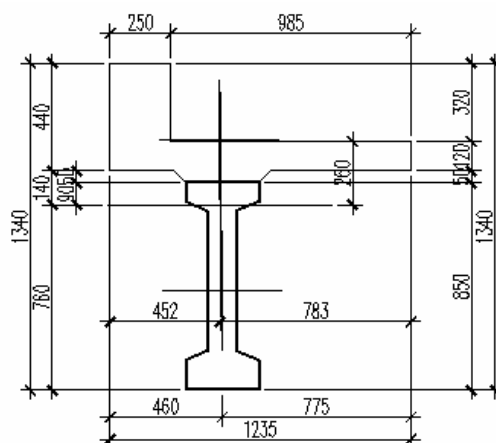
Rys 3.3 Przekrój zespolony nr2



PARAMETRY PRZEKROJU

z2		netto	
F	0.4524 m ²	Ob	5.8854 m
Xd	0.7662 m	Xg	0.4688 m
Yd	0.8635 m	Yg	0.4565 m
Ix	0.061 m ⁴	Ix	0.3672 m
Iy	0.028 m ⁴	Iy	0.2487 m
Wxd	0.0706 m ³	Wxg	0.1336 m ³
Wyd	0.0365 m ³	Wyg	0.0597 m ³
I1	0.0616 m ⁴	I2	0.0274 m ⁴
Ixy	0.0043 m ⁴		

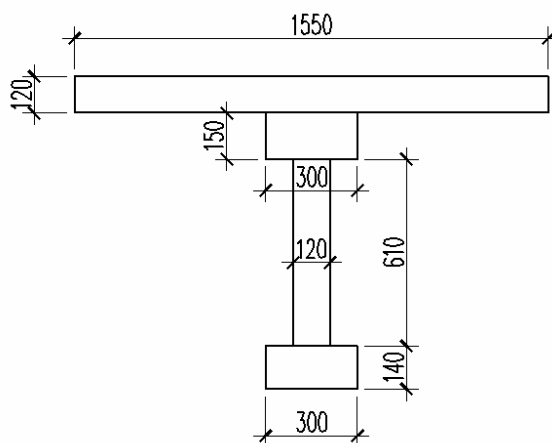
Rys 3.4 Przekrój zespolony nr3



PARAMETRY PRZEKROJU

z3		netto	
F	0.3369 m ²	Ob	5.9254 m
Xd	0.452 m	Xg	0.783 m
Yd	0.7603 m	Yg	0.5797 m
Ix	0.0462 m ⁴	ix	0.3701 m
Iy	0.0256 m ⁴	iy	0.2758 m
Wxd	0.0607 m ³	Wxg	0.0796 m ³
Wyd	0.0567 m ³	Wyg	0.0327 m ³
I1	0.0468 m ⁴	I2	0.025 m ⁴
Ixy	-0.0037 m ⁴		

Rys 3.5 Przekrój nr1 do obliczenia momentu bezwładności na skręcanie



Przekrój 1

h/b

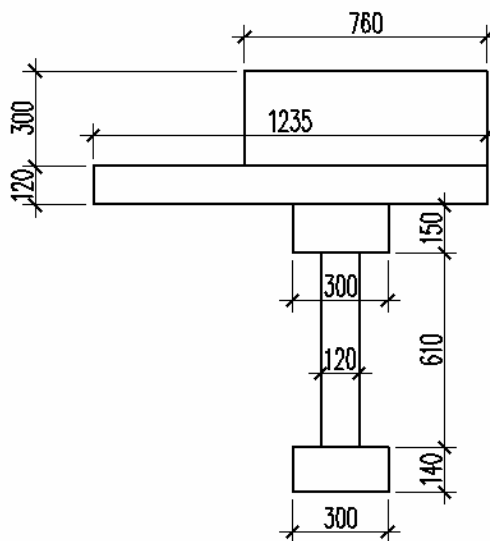
$$1550/120 = 12,92 \Rightarrow B = 0,333 \quad 300/150 = 2,0 \Rightarrow B = 0,299 \quad 610/120 = 5,08 \Rightarrow B = 0,2907$$

$$300/140 = 2,14 \Rightarrow B = 0,2346$$

$$I_s = \Sigma b \cdot h \cdot b^3$$

$$I_s = 0,333 \cdot 155,0 \cdot 12,0^3 + 0,299 \cdot 30,0 \cdot 15,0^3 + 0,2907 \cdot 61,0 \cdot 12,0^3 + 0,2346 \cdot 30,0 \cdot 14,0^3 = 89190,72 + (23186,25 + 30642,11 + 19312,27) = 162331,35 \text{ cm}^4 \text{ (} 0,001623135 \text{ m}^4 \text{)}$$

Rys 3.6 Przekrój nr2 do obliczenia momentu bezwładności na skręcanie



Przekrój 2

h/b

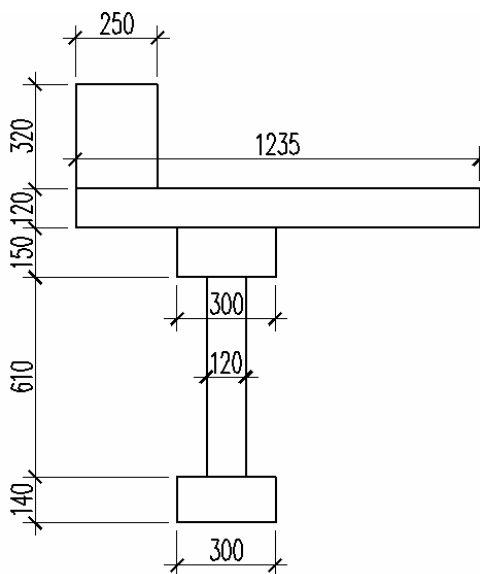
$$760/300 = 2,53 \Rightarrow 0,2498 = B \quad 1235/120 = 10,29 \Rightarrow 0,333 = B \quad 300/150 = 2,0 \Rightarrow 0,229 = B$$

$$610/120 = 5,08 \Rightarrow 0,2907 = B \quad 300/140 = 2,14 \Rightarrow 0,2346 = B$$

$$I_s = \sum b \cdot h \cdot b^3$$

$$I_s = 0,2498 \cdot 76,0 \cdot 30,0^3 + 0,333 \cdot 123,5 \cdot 12,0^3 + 0,229 \cdot 30,0 \cdot 15,0^3 + 0,2907 \cdot 61,0 \cdot 12,0^3 + 0,2346 \cdot 30,0 \cdot 14,0^3 = 512589,6 + 71064,9 + 73140,63 = 195495,13 \text{ cm}^4 \text{ (0,0019549513m}^4\text{)}$$

Rys 3.7 Przekrój nr3 do obliczenia momentu bezwładności na skręcanie



Przekrój 3

h/b

$$320/250 = 1,28 \Rightarrow B = 0,1718 \quad 1235/120 = 10,29 \Rightarrow B = 0,333 \quad 300/150 = 2,0 \Rightarrow B = 0,229$$

$$610/120 = 5,08 \Rightarrow B = 0,2907 \quad 300/140 = 2,14 \Rightarrow B = 0,2346$$

$$I_s = \sum B h \cdot b^3$$

$$I_s = 0,1718 \cdot 32,0 \cdot 25,0^3 + 0,333 \cdot 123,5 \cdot 12,0^3 + 0,229 \cdot 30,0 \cdot 15,0^3 + 0,2907 \cdot 61,0 \cdot 12,0^3 + 0,2346 \cdot 30,0 \cdot 14,0^3 = 85900,0 + 71064,9 + 73140,63 = 230105,53 \text{ cm}^4 \text{ (0,002010553m}^4\text{)}$$

2.2 Przyjęta metoda obliczeń

1) Normy wymienione niżej opierają się przy wymiarowaniu na metodzie naprężeń liniowych.

- 2) PN-57/B-03320 Konstrukcje z betonu sprężonego,
- 3) PN-58/B-03261 Betonowe i żelbetowe konstrukcje mostowe,

Norma obecnie obowiązująca (dla określenia klasy obciążenia) PN-91/S-10042 (Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.) również bazuje na metodzie naprężeń liniowych z uwzględnieniem współczynników obciążeń (współczynników bezpieczeństwa).

Generalnie można przyjąć, że brak współczynników oznacza obciążenia charakterystyczne.

Normy 2 i 3 bazują na obciążeniach charakterystycznych.

2) Z inwentaryzacji i przeglądu wynika, że od czasu wybudowania obiekt nie był remontowany. Obciążenia stałe (ciężar belki i płyty zespolonej – pomostowej) i dodatkowe (ciężar izolacji, w-wy ochronnej, nawierzchni, kap chodnikowych, balustrad) nie uległy zmianie.

3) Zmianie ulega klasyfikacja obciążeń, obiekt był zaprojektowany na I klasę według - 1) Normatywu technicznego projektowania mostów na drogach samochodowych.

Obciążenia ruchome (1956 r), obecna norma PN-85/S-10030 definiuje obciążenia w klasach odpowiednio A, B, C, D, E i związane z tym obciążenia (przy założeniu ob. Charakterystycznych).

Z uwagi jak wyżej do określenia nośności wystarczy porównanie momentów w belkach od obciążeń ruchomych obliczonych wg 5) Typowe mosty prefabrykowane kablobetonowe. Tom-II-15. Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe przęseł o rozpiętości 15,00 m. i momentów od obciążeń ruchomych wg PN-85/S-10030.

Wg 5) Maksymalny moment od obciążeń ruchomych jaki może przenieść belka wynosi $M = 36,17 \text{ Tm}$ (361,7 kNm)

2.3 Zestawienie otrzymanych wyników (wyciąg z załącznika nr 1)

Belka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
KL. B	466,2	566,7	631,4	649,2	647,4	650,7	638,1	579,7	446,3
KL. C	310,8	377,8	420,9	432,8	431,6	433,8	425,4	386,5	297,5
KL. D	207,2	251,9	280,6	288,5	287,7	289,2	283,6	257,6	198,4

Uwaga: Wyniki dla klasy C uzyskano z podzielenia wartości dla klasy B przez 1,5 (zgodnie z normą PN-85/S-10030), dla klasy D z podzielenia wartości dla klasy C przez 1,5.

Procentowe przekroczenie wartości momentów dopuszczalnych (361,7 kNm) poszczególnych belek dla klasy C (- oznacza brak przekroczenia)

Procent przekroczenia	-14,1	4,5	16,4	19,7	19,3	19,9	17,6	6,8	-17,7
-----------------------	-------	-----	------	------	------	------	------	-----	-------

3 Stan techniczny obiektu

3.1 Wyniki przeglądu i oceny wbudowanych materiałów (stan istniejący)

W styczniu 2009 przeprowadzono przegląd istniejącego obiektu (jego poszczególnych elementów) i stwierdzono:

3.1.1 Stan nasypów i skarp

Stwierdzono:

- wegetację roślin
- ubytki, erozja materiału

Stan techniczny określono jako: **zadowolający (4)**

3.1.2 Stan dojazdów:

Nawierzchnia asfaltowa, stwierdzono:

- deformacje (lokalne)
- zarysowania, spękania

Stan techniczny określono jako: **niepokojący (3)**

3.1.3 Stan nawierzchni jezdni:

Nawierzchnia betonowa, stwierdzono:

- deformacje w obrębie połączenia konstrukcji z nasypem (znaczne) 25%
- zarysowania, spękania siatkowe (znaczne) 25%
- zanieczyszczenia

Stan techniczny określono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.4 Stan balustrad, barier i osłon:

Stwierdzono:

- uszkodzenie balustrady
- korozja wżerowa (miejscowo) 15%

Stan techniczny oceniono jako: **niepokojący (3)**

3.1.5 Stan nawierzchni chodników i krawężników:

Stwierdzono:

- rysy i pęknięcia z wykruszeniami i luźnymi kawałkami betonu 40%
- ubytki betonu 30%

Stan techniczny oceniono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.6 Stan belek podporęczowych, gzymsów

Stwierdzono:

- korozję powierzchniową betonu, starzenie
- ubytki betonu (znaczne)
- wegetacją roślinności 30%

Stan techniczny określono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.7 Urządzenia odwadniające

Stwierdzono:

- zniszczenie zabezpieczeń antykorozyjnych rur spustowych
- zniszczenie struktury materiału rur spustowych
- niedrożne wpusty odwodnienia

Stan techniczny określono jako: **awaryjny (0)**

3.1.8 Stan izolacji:

Stwierdzono brak izolacji:

- występują nieliczne przecieki
- osady i wykwyty

Stan techniczny izolacji oceniono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.9 Stan konstrukcji pomostu (w tym poprzecznice)

Stwierdzono:

- nieliczne przecieki wody
- korozję powierzchniową betonu, starzenie
- korozję zbrojenia (lokalnie)
- osady i wykwyty
- ubytki betonu końcówki poprzecznicy (widoczne zbrojenie)

Stan techniczny określono jako: **niepokojący (3)**

3.1.10 Stan dźwigarów głównych:

Stwierdzono:

- korozję powierzchniową betonu, starzenie
- rdzawe wykwyty (lokalnie)

Stan techniczny oceniono jako: **zadowalający (4)**

3.1.11 Stan łożysk:

Stwierdzono:

- zniszczenie zabezpieczeń antykorozyjnych
- korozję wszystkich elementów łożysk

Stan techniczny izolacji oceniono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.12 Stan urządzeń dylatacyjnych:

Brak danych o zastosowanych urządzeniach dylatacyjnych.

Stwierdzono:

- nierówności progowe nad potencjalną szczeliną dylatacyjną, spękania
- osady i wykwyty

Stan techniczny oceniono jako: **niedostateczny (2)**

3.1.13 Stan przyczółków (fundamentów i korpusów):

Nie stwierdzono oznak nieprawidłowej pracy fundamentów.

Stwierdzono:

- przecieki, wykwyty,
- korozję powierzchniową, starzenie
- ubytki betonu

Stan techniczny oceniono jako: **niepokojący (3).**

3.1.14 Stan filarów (fundamentów i korpusów):

Nie stwierdzono oznak nieprawidłowej pracy fundamentów.

Stwierdzono:

- przecieki, wykwyty,
- korozję powierzchniową, starzenie
- ubytki betonu

Stan techniczny oceniono jako: **niepokojący (3).**

3.1.15 Stan skrzydełek

Stwierdzono:

- wegetacja roślinności
- powierzchnią korozję betonu (wykwity)
- ubytki materiału (lokalnie)

Stan techniczny oceniono jako: **niepokojący (3)**.

Zalecenia ogólne (wnioski z przeglądu):

Stwierdzono:

***Średnia ocena obiektu 38/15 =2,5**

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu stwierdzono konieczność wykonania następujących robót remontowych (schemat):

- rozbiórka istniejącej nawierzchni (łącznie z izolacją i warstwą ochronną), fragmentów skrzydeł, ścianek żwirowych, fragmentów korpusu łącznie ze skrzydełkami,
- przebudowa kap chodnikowych
- wykonanie izolacji płyty pomostu,
- wykonanie odwodnienia ulicznego łącznie z separatorem substancji ropopochodnych (odprowadzenie ścieków do rzeki)
- wymiana nawierzchni jezdni,
- wykonanie nawierzchni na dojazdach do obiektu
- wykonanie dylatacji
- przebudowa ułożyskowania obiektu
- wykonanie nowych ław podłożyskowych, łącznie z ściankami zaplecznymi i skrzydełkami nadbudowa skrzydeł

4 Analiza obliczeń i wnioski

Po analizie obiektu na obciążenie pojazdem K klasy „B”, obciążono analizowany obiekt pojazdem K klasy „C” i klasy „D”.

Obiekt w stanie istniejącym nie przenosi obciążeń normowych klasy C, bezpiecznie przenosi obciążenia klasy D.

Przekroczenie nośności belek (momentów wywołanych obciążeniem ruchomym klasy C) wynosi około 20%.

Zadowolający stan techniczny belek, bardzo dobra jednorodność betonu belek i płyty pomostowej oraz brak widocznych uszkodzeń (zarysowań, pęknięć) powstałych w trakcie użytkowania obiektu pozwala dopuścić obiekt na obciążenia klasy C.

Przeprowadzono wstępną analizę możliwości poszerzenia obiektu i przystosowania obiektu do przenoszenia obciążeń klasy C (obecnie przekroczenie nośności belek od obciążeń ruchomych wynosi 20%) oraz B.

Dopuszcza się obustronne poszerzenie obiektu o 0,5 m (zwiększenie szerokości całego obiektu o 1 m) pod warunkiem wzmocnienia ustroju nośnego gwarantującego przeniesienie normowych obciążeń klasy C.

W przypadku podniesienia nośności do klasy B nie dopuszcza się możliwości poszerzenia obiektu w stanie istniejącym

Wzmocnienie polega na wykonaniu nadbetonu płyty połączonego przy pomocy kotew z istniejącą płytą (minimalna grubość nadbetonu 10 cm) oraz zmniejszenie ciężaru kapy chodnikowej (np. beton lekki).

Dalsze zwiększanie szerokości obiektu wymaga zastosowania dodatkowych belek.

Wniosek końcowy

- 1). Analizowany obiekt w stanie istniejącym przenosi obciążenia klasy „C” zgodnie z PN-85/S-10030.**
- 2). W celu powstrzymania degradacji konstrukcji należy przeprowadzić remont obiektu w zakresie podanym w zaleceniach ogólnych (wnioski z przeglądu).**
- 3). Remont przeprowadzić w ciągu najbliższych 5 lat (do maja 2015r).**
- 4). Ważność ekspertyzy 5 lat (pod warunkiem braku postępów degradacji konstrukcji – ocena - na podstawie przeglądów obiektu).**

Opracował

mgr inż. M. Martynowicz