

Administrator obiektu:

**ZARZĄD DRÓG WOJEWÓDZKICH
w Krakowie**

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE
NOŚNOŚCI PŁYTY POMOSTU I BELEK GŁÓWNYCH
MOSTU PRZEZ POTOK ŻŁOTY W PIERZCHOWIE
W CIĄGU DROGI NR 967 MYŚLENICE-ŁAPANÓW**

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak
ul. Grochowska 6b, 31-521 Kraków
Uprawniony do projektowania
budowli mostowych i tuneli
Uprawnienia Nr UAN-Upr. 90/87

Wykonał:



Prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak

Kraków, 2004 r.

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE
NOŚNOŚCI PŁYTY POMOSTU I BELEK GŁÓWNYCH MOSTU
PRZEZ POTOK ŻŁOTY W PIERZCHOWIE W CIĄGU DROGI
NR 967 MYŚLENICE-ŁAPANÓW**

1. PODSTAWY MERYTORYCZNE

- 1.1. Projekt techniczny remontu mostu, wykonany przez firmę PYLON Sp. z o.o. w Katowicach we wrześniu 2000 r.
- 1.2. Ekspertyza mostu przez potok Żłoty w Pierzchowie, wykonana przez firmę INWESTKOM w grudniu 1991 r.
- 1.3. Obowiązujące normy i przepisy

2. DANE WYJŚCIOWE

Do obliczeń przyjęto wymiary geometryczne takie jak w opracowaniach 1.1 i 1.2. Zbrojenie belek i płyty pomostu przyjęto jak w projekcie 1.1.

Obliczenia wykonano dla płyty pomostu oraz belek głównych. Obciążenia przyjęto według normy PN-85/S-10030. Nie uwzględniano obciążenia pojazdem STANAG.

Dane materiałowe przyjęto zgodnie z opracowaniami 1.1 i 1.2. Uwzględniono przy tym zróżnicowane właściwości mechanicznych materiałów starej i nowej części mostu.

Obliczenia wykonano przy wykorzystaniu programu komputerowego do analizy statycznej konstrukcji prętowych. Wydruków nie załączono. Poniżej podano tylko wartości wynikowe momentów zginających (płyta pomostu i belki główne) i sił poprzecznych (belki główne). Obciążenia stałe i wartości sił wewnętrznych od nich zostały obliczone automatycznie.

3. OBLICZENIE PŁYTY POMOSTU

3.1. Obciążenie użytkowe

Przyjęto dla płyty obciążenie klasy A według normy PN-85/S-10030.

$$P = 100 \times 1,50 \times 1,325 = 198,75 \text{ kN}$$

$$q = 4,00 \times 1,50 = 6,00 \text{ kN/m}^2$$

Pominięto obciążenie samochodami S , gdyż jest ono mniejsze niż obciążenie pojazdem K .

3.2. Momenty zginające

3.2.1. Momenty zginające od obciążeń stałych

- ekstremalny moment dodatni

$$m_g = 6,01 \text{ kNm/m}$$

- ekstremalny moment ujemny

$$m_g = 6,41 \text{ kNm/m}$$

3.2.2. Momenty zginające od obciążeń użytkowych

- ekstremalny moment dodatni

$$m_p = 42,83 \text{ kNm/m}$$

- ekstremalny moment ujemny

$$m_g = 38,36 \text{ kNm/m}$$

3.2.3. Momenty całkowite

- moment dodatni

$$m = 6,01 + 42,83 = 48,84 \text{ kNm/m}$$

- moment ujemny

$$m = 6,41 + 38,36 = 44,77 \text{ kNm/m}$$

3.3. Sprawdzenie naprężeń

3.3.1. Naprężenia od momentów dodatnich

$$m = 48,84 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_a = 188,93 \text{ MPa} < f_a$$

$$\sigma_c = 5,24 \text{ MPa} < f_c$$

3.3.2. Naprężenia od momentów ujemnych

$$m = 44,77 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_a = 173,19 \text{ MPa} < f_a$$

$$\sigma_c = 4,80 \text{ MPa} < f_c$$

4. OBLICZENIE BELEK GŁÓWNYCH

4.1. Uwagi ogólne

Obliczenia wykonano przy pomocy mikrokomputera IBM PC/AT, wykorzystując programy do analizy ustrojów prętowych i płytowych. Dane dotyczące konstrukcji nośnej wzięto z opracowań 1.1 i 1.2. Na ich podstawie określono także charakterystyki geometryczne przekrojów.

4.2. Dane wyjściowe

4.2.1. Obciążenia

4.2.1.1. Obciążenia stałe

Obciążenia stałe oblicza program zgodnie z podaną charakterystyką geometryczną przekroju.

4.2.1.2. Obciążenia stałe

Przyjęto wstępnie do obliczeń obciążenie użytkowe klasy C.

- współczynnik dynamiczny

$$\phi = 1,35 - 0,005 \times 12,56 = 1,287 \text{ kNm/m}$$

- obciążenie q

$$q = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie kołem samochodu S

$$P_S = 60 \times 1,287 = 77,23 \text{ kN}$$

- obciążenie tłumem ludzi

$$q_t = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2. Charakterystyki geometryczne elementów konstrukcji

Charakterystyki geometryczne elementów konstrukcji oblicza program na podstawie zadanych wymiarów.

4.3. Ustawienie obciążeń użytkowych

Rozpatrzono szesnaście podstawowych ustawień obciążenia użytkowego:

- ustawienie 1 - maksymalny moment zginający od obciążenia $K + q$ dla belki skrajnej dla stanu istniejącego,
- ustawienie 2 - maksymalny moment zginający od obciążenia S dla belki skrajnej dla stanu istniejącego,
- ustawienie 3 - maksymalna siła poprzeczna od obciążenia $K + q$ dla belki skrajnej dla stanu istniejącego,
- ustawienie 4 - maksymalna siła poprzeczna od obciążenia S dla belki skrajnej dla stanu istniejącego,
- ustawienie 5 do 8 - analogicznie jak w ustawieniach od 1 do 4 tylko dla stanu po zmniejszeniu grubości warstw nawierzchni i odkryciu krawężników w odległości 1,17 m od poręczy,
- ustawienie 9 do 16 - analogicznie jak w ustawieniach od 1 do 8 tylko dla belki środkowej.

W każdym z podanych ustawień analizowano po kilka położów sił skupionych w celu ustalenia wartości ekstremalnych. W właściwych schematach ustawienia obciążenia uwzględniono tłum ludzi.

4.4. Wyniki obliczeń

4.4.1. Momenty zginające

Poniżej podano tylko największe wartości momentów zginających, miarodajne dla belek skrajnych i środkowych, od poszczególnych obciążeń. Dotyczą one środka rozpiętości mostu.

4.4.1.1. Belka skrajna

Dla belki skrajnej uzyskano następujące miarodajne wartości momentów zginających:

- obciążenie stałe
 $M_g = 988,61$
- obciążenie K
 $M_K = 973,07 \text{ kNm}$
- obciążenie q
 $M_q = 132,03 \text{ kNm}$
- obciążenie S
 $M_S = 1129,73 \text{ kNm}$
- moment miarodajny
 $M = 988,61 + 1129,73 = 2118,34 \text{ kNm}$

4.4.1.2. Belka środkowa

Dla belki środkowej uzyskano następujące miarodajne wartości momentów zginających:

$$\begin{aligned}M_g &= 732,83 \text{ kNm} \\M_K &= 577,22 \text{ kNm} \\M_q &= 108,95 \text{ kNm} \\M_S &= 798,51 \text{ kNm} \\M &= 732,83 + 798,51 = 1531,34 \text{ kNm}\end{aligned}$$

4.4.2. Siły poprzeczne

Podobnie jak w przypadku momentów zginających poniżej podano tylko największe wartości sił poprzecznych, miarodajne dla belek skrajnych i środkowych, od poszczególnych obciążeń. Dotyczą one stref przyporowych.

4.4.2.1. Belka skrajna

Dla belki skrajnej uzyskano następujące miarodajne wartości sił poprzecznych:

- obciążenia stałe

$$Q_g = 295,29 \text{ kN}$$

- obciążenie K

$$Q_K = 321,83 \text{ kN}$$

- obciążenie q

$$Q_q = 37,92 \text{ kN}$$

- obciążenie S

$$Q_S = 345,74 \text{ kN}$$

- siła poprzeczna miarodajna

$$Q = 295,29 + 321,83 + 37,92 = 655,04 \text{ kN}$$

4.4.2.2. Belka środkowa

Dla belki środkowej uzyskano następujące miarodajne wartości sił poprzecznych:

$$Q_g = 256,88 \text{ kN}$$

$$Q_K = 254,31 \text{ kN}$$

$$Q_q = 38,87 \text{ kN}$$

$$Q_S = 356,94 \text{ kN}$$

$$Q = 256,88 + 356,49 = 613,37 \text{ kN}$$

4.5. Sprawdzenie nośności na zginanie

Nośność na zginanie sprawdzono poprzez porównanie wartości naprężeń normalnych w przekroju najbardziej wyężonym (maksymalny moment zginający) z wytrzymałością obliczeniową – odpowiednio dla stali zbrojeniowej i betonu.

4.5.1. Belka skrajna

Dla belki skrajnej otrzymano:

$$M = 2118,34 \text{ kNm}$$

$$\sigma_a = 226,93 \text{ MN/m}^2 > f_a = 200 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_b = 6,87 \text{ MN/m}^2 < f_c = 11,5 \text{ MN/m}^2$$

Przekroczenie wartości naprężeń dopuszczalnych w stali zbrojeniowej wynosi:

$$p = \frac{226,93 - 200}{200} \times 100 = 13,47 \%$$

4.5.2. Belka środkowa

Dla belki środkowej otrzymano:

$$M = 1531,34 \text{ kNm}$$

$$\sigma_a = 187,40 \text{ MN/m}^2 < f_a = 200 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_b = 4,08 \text{ MN/m}^2 < f_c = 11,5 \text{ MN/m}^2$$

4.6. Sprawdzenie nośności na ścinanie

Wobec braku szczegółowych danych dotyczących zbrojenia poprzecznego nośność na ścinanie sprawdzono przez porównanie wartości naprężeń ścinających w betonie w przekrojach przypodporowych ze zmodyfikowanymi naprężeniami dopuszczalnymi k_t . Przyjęto $k_t = 1,1 \text{ MN/M}^2$.

4.6.1. Belka skrajna

Dla belki skrajnej otrzymano:

$$\tau = \frac{0,65504}{0,40 \times 1,45} = 1,13 \text{ MN/m}^2 > k_t = 1,10 \text{ MN/m}^2$$

Przekroczenie nośności wynosi:

$$p = \frac{1,13 - 1,10}{1,10} \times 100 = 2,73 \%$$

4.6.2. Belka środkowa

$$\tau = \frac{0,61337}{0,40 \times 1,27} = 1,21 \text{ MN/m}^2 > k_t = 1,10 \text{ MN/m}^2$$

Przekroczenie:

$$p = \frac{1,21 - 1,10}{1,10} \times 100 = 10,00 \%$$

4.7. Analiza wyników obliczeń statyczno-wytrzymałościowych

Most nie przenosi obciążeń klasy Cze względu na zginanie i ścinanie. Szczególnie duże (13,47 %) jest przekroczenie wytrzymałości obliczeniowej w zbrojeniu belki skrajnej.

Przy klasie D obciążenia otrzymamy:

$$M_g = 988,61 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{0,40}{0,50} \times (937,07 + 132,03) = 855,28 \text{ kNm}$$

$$M = 988,61 + 855,28 = 1843,89 \text{ kNm}$$

$$\sigma_a = \frac{1843,89}{2118,34} \times 226,93 = 195,53 \text{ MN/m}^2 < f_a = 200 \text{ MPa}$$

Siła poprzeczna w belce skrajnej wynosi:

$$Q_g = 295,29 \text{ kN}$$

$$Q_p = \frac{0,40}{0,50} \times (321,83 + 37,92) = 287,80 \text{ kN}$$

$$Q = 295,29 + 287,80 = 583,09 \text{ kN}$$

Naprężenia ścinające są równe:

$$\tau = \frac{583,09}{655,04} \times 1,13 = 1,01 \text{ MN/m}^2 < k_t = 1,1 \text{ MN/m}^2$$

Siła poprzeczna w belce środkowej wynosi:

$$Q_g = 256,88 \text{ kN}$$

$$Q_p = \frac{0,40}{0,50} \times (254,31 + 38,87) = 234,54 \text{ kN}$$

$$Q = 256,88 + 234,54 = 491,42 \text{ kN}$$

Naprężenia ścinające są równe:

$$\tau = \frac{491,42}{613,37} \times 1,21 = 0,97 \text{ MN/m}^2 < k_t = 1,1 \text{ MN/m}^2$$

5. WNIOSEK KOŃCOWY

Po wykonaniu remontu nośność mostu odpowiada klasie D obciążeń według normy PN-85/S-10030. Można zatem przyjąć nośność 20 ton.

