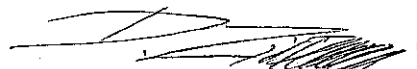


Zleceniodawca:  
STAROSTWO POWIATOWE W PABIANICACH  
UL. PIŁSUDSKIEGO 2  
95-200 PABIANICE

**RAPORT Z OBLICZEŃ**  
**AKTUALNEJ NOŚNOŚCI**  
**WOJSKOWEJ KLASY OBCIĄŻENIA MLC**  
mostu przez rzekę Dobrzyńkę w miejscowości Potażnia

Opracował:



*mgr inż. Damian Ziółkowski*

uprawnienia do projektowania:  
WKP/0112/POOM/12

uprawnienia do kierowania robotami budowlanymi:  
WKP/0253/IOWOM/14

bez ograniczeń w specjalności mostowej

ul. Czernika 3. 60-194 Poznań

tel. 668-473-110, e-mail: ziolkowski.damian@wp.pl

Pabianice, październik 2015

## Zawartość opracowania:

1. Przedmiot opracowania .....	3
2. Zamawiający .....	3
3. Podstawa opracowania.....	3
4. Charakterystyka obiektu .....	4
4.1. Charakterystyka ogólna obiektu .....	4
4.2. Ustrój nośny.....	4
4.3. Podpory.....	5
4.4. Wyposażenie obiektu.....	5
5. DOKUMENTACJA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ - BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA ŚCISKANIE METODĄ SKLEROMETRYCZNA .....	6
5.1. Założenia wstępne .....	6
5.2. Protokoły badania sklerometrycznego.....	7
5.2.1. Konstrukcja ustroju nośnego mostu.....	7
5.3. Opis i interpretacja wyników badania sklerometrycznego.....	10
6. DOKUMENTACJA OBLICZENIOWA.....	11
6.1. Informacje wstępne.....	11
6.2. Cel obliczeń .....	11
6.3. Model obliczeniowy .....	11
6.4. Obciążenia .....	12
6.4.1. Obciążenia stałe.....	12
6.4.2. Obciążenia zmienne.....	12
6.4.3. Obciążenia zmienne - wojskowe MLC.....	14
6.5. Siły wewnętrzne w konstrukcji ustroju nośnego od obciążenia normowego - klasa E.....	16
6.6. Naprężenia wewnętrzne w konstrukcji dźwigarów głównych od obciążenia normowego - klasa E .....	16
6.7. Siły wewnętrzne w konstrukcji ustroju nośnego od obciążenia wojskowego MLC .....	17
6.8. Naprężenia wewnętrzne w konstrukcji dźwigarów głównych od obciążenia wojskowego MLC .....	18
7. WNIOSKI KOŃCOWE.....	20

## 1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest raport z obliczenia aktualnej nośności oraz wojskowej klasy obciążenia MLC mostu przez rzekę Dobrzyńkę w miejscowości Potażnia.

## 2. Zamawiający

Starostwo Powiatowe w Pabianicach  
ul. Piłsudskiego 2  
95-200 Pabianice

## 3. Podstawa opracowania

- Własne pomiary inwentaryzacyjne i badania obiektu
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. *w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.* /Dz.U. Nr 63 z 2000r. poz.735/
- Rozporządzenie M.T.iG.M. z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43 poz. 430),
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo Budowlane (Dz. U. 1994 Nr 89 poz. 414, z późniejszymi zmianami)
- Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2010r. w sprawie wyznaczania wojskowej klasy obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych
- Literatura techniczna, wytyczne i zalecenia obowiązujące przy projektowaniu, budowie i remontach obiektów mostowych
- Specjalistyczne oprogramowanie komputerowe do obliczeń statycznych
- Normy i przepisy obowiązujące aktualnie w budownictwie, w tym:
  - PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia
  - PN-91/S-10042 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- Normy i Normatywy obciążeniowe z czasów budowy obiektu.

## 4. Charakterystyka obiektu

### 4.1. Charakterystyka ogólna obiektu

Most znajduje się w miejscowości Potażnia. Przeprowadza on drogę powiatową nr 3309E w km 1+500 przez rzekę Dobrzynekę.

Obiekt o schemacie statycznym belki jednoprzęsłowej swobodnie podpartej, konstrukcji ustroju nośnego płytowej, monolitycznej. Przyczółki betonowe - masywne, pełnościennie z podwieszonymi skrzydłami. Brak archiwalnej dokumentacji projektowej oraz informacji o klasie projektowanego obciążenia.

#### Podstawowe parametry mostu:

Długość mostu (długość płyty pomostu):	5,95 m
Rozpiętość teoretyczna przęsła:	5,45 m
Długość całkowita mostu (ze skrzydłami):	10,00 m
Szerokość mostu:	7,60 m
Szerokość jezdni na moście:	6,10 m
Szerokość poboczy:	2x ,075 m
Pochylenie poprzeczne jezdni na moście:	1,0-1,5 %
Kąt skosu mostu:	90°

### 4.2. Ustrój nośny

Ustrój nośny ma schemat statyczny belki jednoprzęsłowej, swobodnie podpartej. Konstrukcja ustroju nośnego jest żelbetowa, płytowa, monolityczna. Grubość płyty wynosi 31 cm, wysokość od spodu płyty do krawędzi gzymsu wynosi 58 cm. Szerokość płyty wynosi 7,35 m. Płyta oparta jest na podporach bezpośrednio, długość podparcia wynosi 50 cm. Płyta zbrojona jest prętami podłużnymi o aktualnej średnicy  $\varnothing$  19,5 mm w rozstawie średnim co  $\sim$ 13 cm oraz prętami poprzecznymi (powyżej prętów zbrojenia podłużnego). Nie występuje korozja prętów zbrojenia.

### 4.3. Podpory

Przyczółki mostu są betonowe, pełnościenne, masywne ze skrzydłami podwieszonymi. Brak informacji na temat posadowienia przyczółków.

### 4.4. Wyposażenie obiektu

Nawierzchnia jezdni na moście jest bitumiczna, pod cienką warstwą nawierzchni bitumicznej znajduje się pierwotna nawierzchnia z kostki kamiennej na podsypce piaskowej, a pod nią izolacja pomostu. Grubość całkowita wszystkich warstw nawierzchni wynosi 20,5 cm.

Brak urządzeń dylatacyjnych.

Brak chodników, na krawędzi jezdni znajdują się belki podporęczowe bez nawierzchni i powłok malarskich.

Na krawędziach obiektu wykonano balustrady o słupkach żelbetowych i o trzech przeciągach stalowych.

Odwodnienie z poziomu nawierzchni jest powierzchniowe - woda odprowadzona jest spadkami na skarpy za obiektem. Z poziomu izolacji woda nie jest odprowadzona.

Dźwigar płytowy oparty jest na podporach bezpośrednio za pomocą przekładek papowych.

## **5. DOKUMENTACJA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ - BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA ŚCISKANIE METODĄ SKLEROMETRYCZNA**

### **5.1. Założenia wstępne**

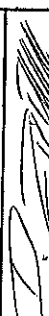
Badanie wykonano sklerometrem, zwanym inaczej młotkiem Schmidta typu N, o energii uderzenia 2,207 Nm. Przyrząd określa powierzchniową twardość, na podstawie której w wyniku obliczeń można uzyskać przybliżoną wytrzymałość podłoża.

Wykonano badania dla konstrukcji ustroju nośnego podpór. Na każdym elemencie wykonano 30 odczytów (po odrzuceniu odczytów odbiegających od średniej o 5 jednostek). Do badań podpór mostu wybrano miejsca położone od czoła korpusów, w związku z tym przyrząd znajdował się w pozycji poziomej. Badania ustroju nośnego przeprowadzono w pozycji poziomej i pionowej.

## 5.2. Protokoły badania sklerometrycznego


### 5.2.1. Konstrukcja ustroju nośnego mostu

PROTOKÓŁ BADANIA SKLEROMETRYCZNEGO															
Obiekt		Most przez rzekę Dobrynkę w miejscowości Potażnia w km 1+150 drogi powiatowej nr 3309E										Data badania		30.08.2015r.	
Element		Ustrój nośny mostu - pomiary w pionie i poziomie										Numer badania		1	
Numer miejsc	Kąt położenia przyrządu	Odczyty liczby odbicia w punktach pomiarowych										Odczyt średni uwzgl. kąt przyrządu	Wytrzymałość z funkcji regresji	Wytrzymałość z funkcji regresji	
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	O <sub>5</sub>	O <sub>6</sub>	O <sub>7</sub>	O <sub>8</sub>	O <sub>9</sub>	O <sub>10</sub>				$f_{ci}$ [MPa]
1	90	46	40	43	39	45	49	41,3	43,7	45,7	41,3	40,1	20,6	0,15	
2	90	42	40	41	41	44	45	42,2	42,2	42,2	39,7	40,1	18,6	2,45	
3	90	44	46	40	44	40	42	42,7	42,7	42,7	40,2	40,1	19,2	0,85	
4	90	45	46	40	45	40	39	42,5	42,5	42,5	40,1	40,1	19,0	1,30	
5	0	40	38	45	39	42	44	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3	20,6	0,20	
6	0	37	44	44	37	38	35	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	17,9	5,02	
7	0	43	36	42	36	41	41	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	18,7	2,05	
8	0	41	45	45	43	44	43	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	23,5	11,18	
9	0	41	44	45	44	42	44	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	23,3	9,70	
10	0	41	44	45	44	42	44	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	23,3	9,70	
wiek betonu (dni)	18250											Średnia liczba odbicia $Q_m$	$f_{cm} = \sum f_{ci} / n$	$\sum (f_i - f_{cm})^2$	
stan wilgotności	normalny											$= \sum Q_i / n$	40,9	20,2	32,91
Postać krzywej regresji	$f_c = a Q_i^2 + b Q_i + c$											Liczba pomiarów $n$	9		
Standardowe współcz. krzywej regresji wg ITB-210	$a =$											Odczytanie st. $S_r$	2,028		
	$b =$											Wskaznik zmien. $V_i$	0,101		
	$c =$											Jakość betonu	dobra		
poprawka na wiek	$V_1 =$											Wytrzymałość charakt. betonu na ściskanie $f_{k, calc}$	21,0	MPa	
poprawka na wilgot.	$V_2 =$											Klasa betonu	B 20		

Przyrząd	Młotek Schmidta Typ N
Mocel	AT 241/E
Nr serijny	13 02 1513
Badanie przeprowadził	

### 5.2.2. Konstrukcja przyczółka północnego mostu

PROTOKÓŁ BADANIA SKLEROMETRYCZNEGO														
Obiekt		Most przez rzekę Dobrzyńkę w miejscowości Potażnia w km 1+150 drogi powiatowej nr 3309E										Data badania	30.08.2015r.	
Element		Przyczółek północny										Numer badania	2	
Numer miejsca	Kąt położenia przyczółku	Odczyty liczby odbicia w punktach pomiarowych										Odczyt średni uwzględniający przyczółek	Wytrzymałość z funkcji regresji $f_{ca}$ [MPa]	Wytrzymałość z funkcji regresji $(f_c - f_{cm})^2$
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	O <sub>5</sub>	O <sub>6</sub>	O <sub>7</sub>	O <sub>8</sub>	O <sub>9</sub>	O <sub>10</sub>			
1	0	38	34	40	45	46	45	45	46	45	45	37,3	15,8	2,97
2	0	37	32	38	44	36	42	42	36	42	35,7	14,0	12,45	
3	0	47	40	40	45	42	42	42	42	42	42,7	22,4	23,48	
4	0	42	36	44	34	37	38	38	37	38	38,5	17,1	0,15	
5	0	45	40	46	33	38	35	35	38	35	39,5	18,3	0,64	
6														
7														
8														
9														
10														
wiek betonu (dni)		18250										Średnia liczba odbicia $Q_m$	$f_{cm} = \sum f_{ca} / n$	$\sum (f_c - f_{cm})^2$
stan wilgotności		normalny											17,5	39,69
Postać krzywej regresji		$f_c = a Q_i^2 + b Q_i + c$										Liczba pomiarów $n$		
Standardowe współcz. krzywej regresji wg ITB-210		$a =$	0,0356									Odczytanie st. $S_r$		
		$b =$	-0,795									Wskaźnik zmien. $V_r$		
		$c =$	6,4									Jakość betonu	dostateczna	
poprawka na wiek		$Y_1 =$	0,60									Wytrzymałość charakt. betonu na skutek $f_{k, age}$	15,4	MPa
poprawka na wilgot.		$Y_2 =$	1,00									Klasa betonu	B15	


Przyrząd	Młotek Schmidta Typ N
Model	AT 241/E
Nr seryjny	15 02 1513
Badanie przeprowadził	



### 5.2.3. Konstrukcja przyczółka południowego mostu

PROTOKÓŁ BADANIA SKLEROMETRYCZNEGO																	
Obiekt		Most przez rzekę Dobrynkę w miejscowości Potażnia w km 1+150 drogi powiatowej nr 3309E										Data badania	30.08.2015r.				
Element		Przyczółek południowy										Numer badania	3				
Numer miejsca	Kąt położenia przyrządu	Odczyty liczby odbicia w punktach pomiarowych										Odczyt średni uwzgl. kąt przyrządu	Wyrzymalność z funkcji regresji	Wyrzymalność z funkcji regresji			
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	O <sub>5</sub>	O <sub>6</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>ia</sub>	f <sub>ca</sub> [MPa]	(f <sub>ca</sub> - f <sub>cm</sub> ) <sup>2</sup>						
1	0	37	42	37	42	43	40	40,2	40,2	40,2	40,2	19,1	0,35	0,35			
2	0	38	45	37	43	43	40	41,0	41,0	41,0	41,0	20,2	0,21	0,21			
3	0	36	38	43	42	45	43	41,2	41,2	41,2	41,2	20,4	0,45	0,45			
4	0	35	40	43	42	42	43	40,8	40,8	40,8	40,8	20,0	0,06	0,06			
5	0	42	42	36	42	38	40	40,0	40,0	40,0	40,0	18,9	0,63	0,63			
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
wiek betonu (dni)		18250										Średnia liczba odbicia Q <sub>m</sub>	40,6	f <sub>cm</sub> = Σf <sub>ci</sub> / n	19,7	Σ(f <sub>i</sub> - f <sub>cm</sub> ) <sup>2</sup>	1,70
stan wilgotności		normalny										Liczba pomiarów n	5	Odechylenie st. S <sub>f</sub>	0,652	Współczynnik zmien. V <sub>f</sub>	0,033
Postać krzywej regresji		f <sub>c</sub> = a Q <sub>i</sub> <sup>2</sup> + b Q <sub>i</sub> + c										Jakość betonu	<b>b. dobra</b>				
Standardowe współcz.		a = 0,0356										Wyrzymalność charakt. betonu na suchanie f <sub>ck,0,05</sub>	23,3				
Krzywej regresji wg ITB-210		b = -0,795										Klasa betonu	B 20				
		c = 6,4															
poprawka na wiek		V <sub>1</sub> = 0,60															
poprawka na wilgot.		V <sub>2</sub> = 1,00															

MPa

Przeznacz.	Miastek Schmidta Typ N
Model	AT 241/E
Nr serijny	13.02.1513
Badanie przeprowadził	

### 5.3. Opis i interpretacja wyników badania sklerometrycznego

Na podstawie przeprowadzonych badań, a następnie przeliczeń określono, przybliżoną wytrzymałość, odpowiadającą wytrzymałości gwarantowanej betonu na ściskanie określaną na kostkach sześciennych o boku 150mm.

Wytrzymałość ta wynosi:

- dla ustroju nośnego – 21,0 MPa
- dla przyczółka północnego – 15,4 MPa
- dla przyczółka południowego – 23,3 MPa

Wytrzymałość ta odpowiada następującej klasie betonu:

- dla ustroju nośnego – B20
- dla przyczółka północnego – B15
- dla przyczółka południowego – B20

## 6. DOKUMENTACJA OBLICZENIOWA

### 6.1. Informacje wstępne

Brak informacji na temat projektowanej klasy obciążenia mostu.

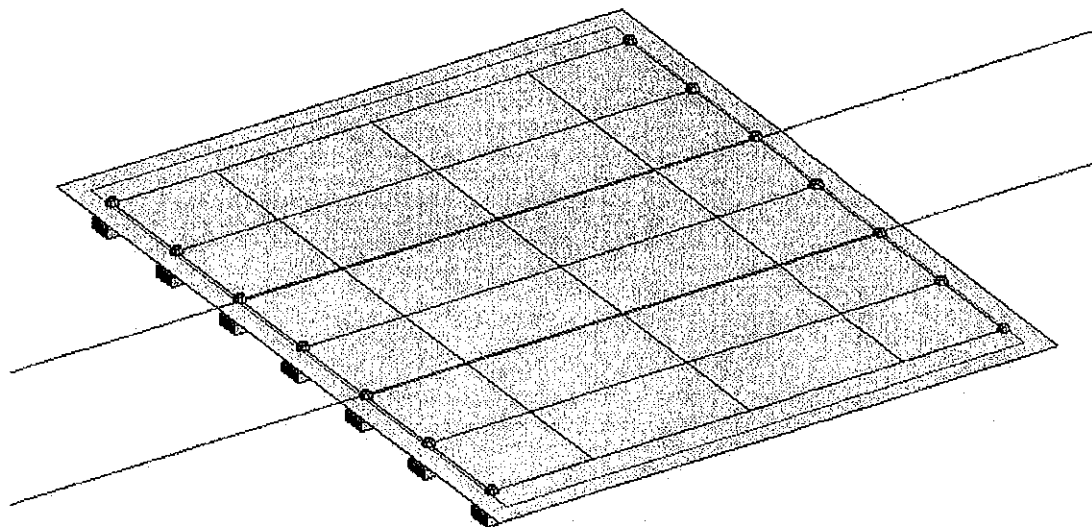
### 6.2. Cel obliczeń

Celem obliczeń jest ustalenie aktualnej nośności obiektu. Sprawdzenia dokonano, obciążając obiekt obciążeniem użytkowym odpowiadającym klasie E wg PN-85/S-10030. Klasa E dopuszcza do ruchu po obiekcie pojazdy o masie całkowitej do 15 ton.

Drugim etapem obliczeń jest ustalenie wojskowej klasy obciążenia MLC mostu dla ruchu jednokierunkowego i dwukierunkowego pojazdów kołowych i gąsienicowych, zgodnie z zarządzeniem nr 38 Ministra Infrastruktury, na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych.

### 6.3. Model obliczeniowy

Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu do obliczeń statycznych metodą elementów skończonych (MES). Obiekt zamodelowano rusztem prętowym w przestrzeni dwuwymiarowej – model e1p2. W przekroju poprzecznym płytę odzwierciedlono siedmioma prętami podłużnymi. W przekroju podłużnym ustrój nośny zamodelowano pięcioma prętami poprzecznymi.



## 6.4. Obciążenia

### 6.4.1. Obciążenia stałe

Obciążenia zestawiono dla całej szerokości mostu na metr długości mostu.

Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna	Wartość obliczeniowa dociążająca	Wartość obliczeniowa odciążająca
ustrój nośny	$2,28 \cdot 25 \text{ kN/m}^3$ $= 57,0 \text{ kN/m}$	$57,0 \cdot 1,2$ $= 68,4 \text{ kN/m}$	$57,0 \cdot 0,9$ $= 51,3 \text{ kN/m}$
nawierzchnia + izolacja ustroju + belki podporęczowe	$40,0 \text{ kN/m}$	$40,0 \cdot 1,5$ $= 60,0 \text{ kN/m}$	$40,0 \cdot 0,9$ $= 36,0 \text{ kN/m}$
balustrady	$2 \cdot 0,5 \text{ kN/m}$	$1,0 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}$	$1,0 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ kN/m}$

### 6.4.2. Obciążenia zmienne

Klasa E wg PN-85/S-10030

pojazd K – 240 kN

$$240 \cdot 1,5 = 360 \text{ kN}$$

obciążenie powierzchniowe na jezdni  $q = 1,2 \text{ kN/m}^2$

$$1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ kN/m}^2$$

współczynnik dynamiczny

$$l_i = 5,45 \text{ m}$$

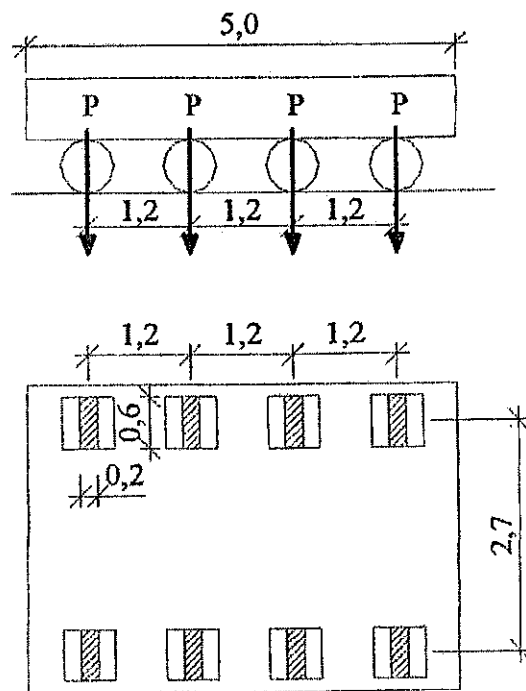
$$\varphi = 1,35 - 0,005 \cdot 5,45 = 1,29$$

obciążenie powierzchniowe chodników  $q_T = 2,5 \text{ kN/m}^2$

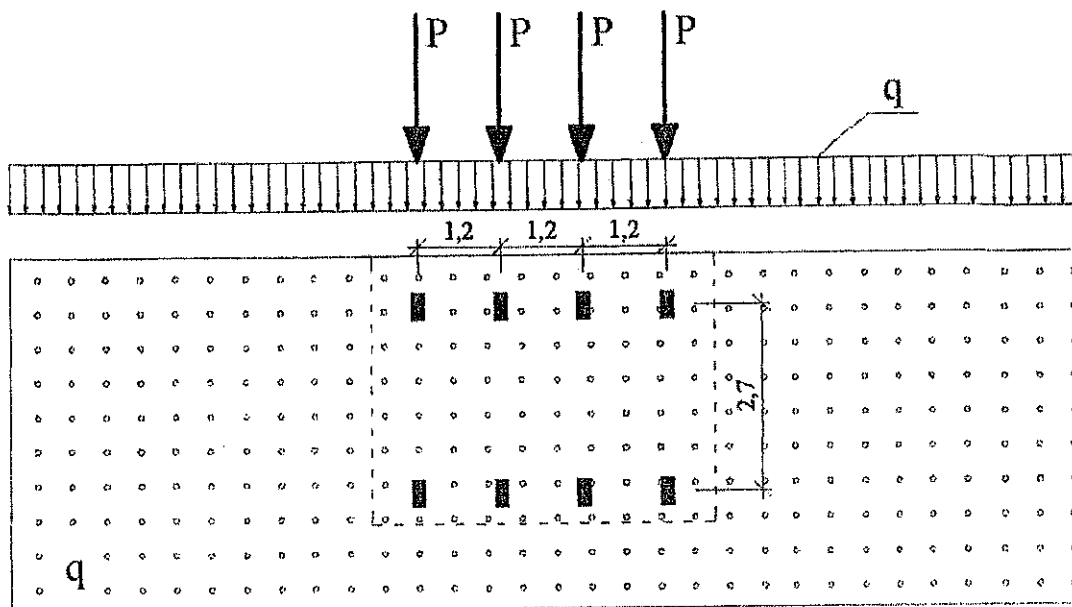
$$2,5 \cdot 1,3 = 3,25 \text{ kN/m}^2$$

Pojazd K ustawiono w odległości 2,50 m od balustrady / 2,00 m od krawężnika do osi pojazdu.

**Schemat normowego pojazdu K z obciążeniem powierzchniowym jezdni  $q$ ,  
wg PN-85/S-10030:**



Schemat w widoku z boku i z góry



Rozplanowanie sił w widoku z boku i z góry

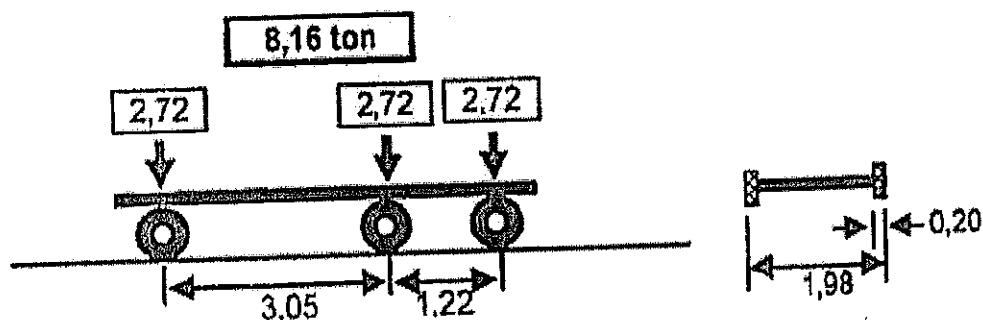
P - siła przypadająca na jedno koło osi pojazdu K, równa 1/8 masy całego pojazdu K.

### 6.4.3. Obciążenia zmienne - wojskowe MLC

Na podstawie wielokrotnych prób obciążania modelu obliczeniowego obiektu poszczególnymi klasami MLC dobrano najwyższą klasę obciążenia dla której wartości sił wewnętrznych i naprężeń w konstrukcji ustroju nośnego nie przekraczają tych, na które obiekt został sprawdzony. Podpory i fundamenty obiektu nie wykazują oznak nieprawidłowej pracy oraz uszkodzeń, które mogłyby zaniżyć nośność mostu w stosunku do nośności ustroju nośnego jako najbliższego elementu konstrukcyjnego.

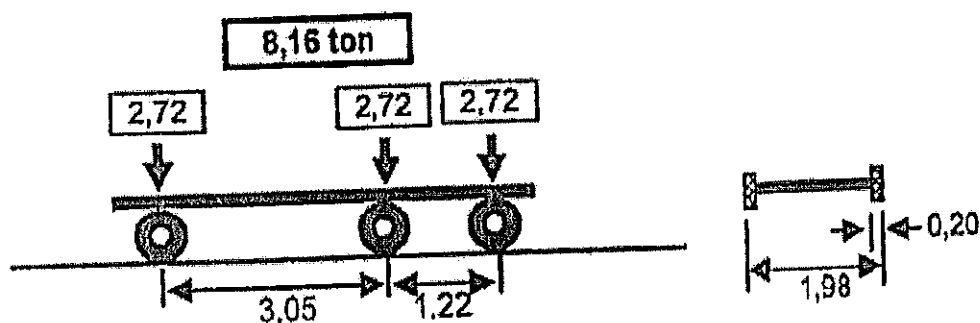
#### Ruch dwukierunkowy pojazdów kołowych - klasa MLC 8

Schemat obciążeń hipotetycznego pojazdu:



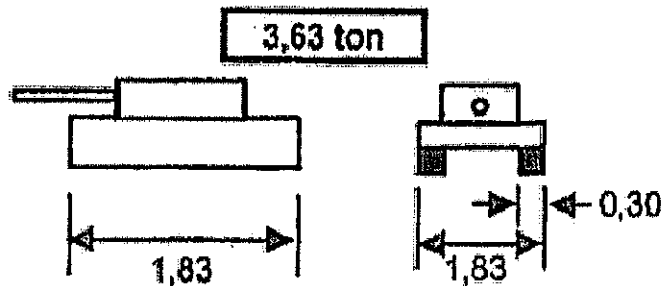
#### Ruch jednokierunkowy pojazdów kołowych - klasa MLC 8

Schemat obciążeń hipotetycznego pojazdu:



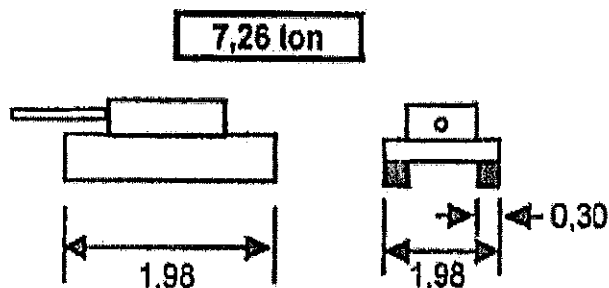
**Ruch dwukierunkowy pojazdów gasienicowych - klasa MLC 4**

Schemat obciążeń hipotetycznego pojazdu:



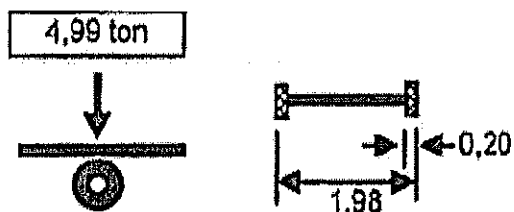
**Ruch jednokierunkowy pojazdów gasienicowych - klasa MLC 8**

Schemat obciążeń hipotetycznego pojazdu:



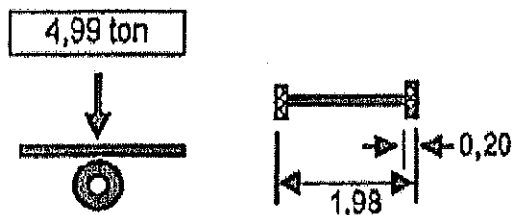
**Pojedyncza oś pojazdu w ruchu dwukierunkowym - klasa MLC 8**

Schemat obciążeń hipotetycznej osi pojazdu:



**Pojedyncza oś pojazdu w ruchu jednokierunkowym - klasa MLC 8**

Schemat obciążeń hipotetycznej osi pojazdu:



## 6.5. Siły wewnętrzne w konstrukcji ustroju nośnego od obciążenia normowego - klasa E

W obliczeniach analizowano moment zginający jako parametr wystarczający do określenia wytrzymałości przekroju i przydzielenia odpowiedniej klasy obciążenia normowego oraz klasy obciążenia wojskowego MLC obiektu.

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych na 1,05 m szerokości przęsła:

$$M = 145,74 \text{ kNm}$$

## 6.6. Naprężenia wewnętrzne w konstrukcji dźwigarów głównych od obciążenia normowego - klasa E

Naprężenia wewnętrzne w konstrukcji ustroju nośnego obliczono przyjmując rzeczywisty przekrój najbardziej obciążonego pręta, modelującego fragment płyty ustroju – pręt skrajny płyty, obciążając go momentami zginającymi przedstawionymi w punkcie 6.5. Na tej podstawie obliczono naprężenia rozciągające w zbrojeniu umieszczonym w strefie rozciąganej przekroju oraz naprężenia ściskające, przejmowane przez beton i zbrojenie w strefie ściskanej przekroju.

Wytrzymałość stali zbrojeniowej przyjęto na podstawie najczęściej wbudowywanego w tamtym okresie gatunku. Jest to stal St0S. Wytrzymałość obliczeniowa takiej stali równa jest  $R_a = 190 \text{ MPa}$ .

Wytrzymałość betonu ustroju nośnego określono na podstawie badań na klasę B30.

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 262,0 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 9,7 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

**Warunki nośności na przekroju zginanie NIE są spełnione**



## 6.7. Siły wewnętrzne w konstrukcji ustroju nośnego od obciążenia wojskowego MLC

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem kołowym MLC 4 w ruchu dwukierunkowym:

$$M = 93,23 \text{ kNm}$$

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem kołowym MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

$$M = 97,53 \text{ kNm}$$

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem gąsienicowym MLC 4 w ruchu dwukierunkowym:

$$M = 96,68 \text{ kNm}$$

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem gąsienicowym MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

$$M = 106,20 \text{ kNm}$$

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojedynczą osią pojazdu MLC 8 w ruchu dwukierunkowym:

$$M = 90,77 \text{ kNm}$$

Moment obliczeniowy od obciążeń stałych i zmiennych pojedynczą osią pojazdu MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

$$M = 101,98 \text{ kNm}$$

## 6.8. Naprężenia wewnętrzne w konstrukcji dźwigarów głównych od obciążenia wojskowego MLC

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem kołowym MLC 4 w ruchu dwukierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 167,6 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 6,2 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem kołowym MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 175,3 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 6,5 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem gąsienicowym MLC 4 w ruchu dwukierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 173,8 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 6,4 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojazdem gaśnicowym  
MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 189,9 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 7,1 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

**Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione**

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojedynczą osią pojazdu  
MLC 4 w ruchu dwukierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 163,2 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 6,0 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

**Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione**

Naprężenia wewnętrzne od obciążeń stałych i zmiennych pojedynczą osią pojazdu  
MLC 8 w ruchu jednokierunkowym:

- Naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej

$$\sigma_a = 183,3 \text{ MPa} < R_a = 190 \text{ MPa}$$

- Naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej

$$\sigma_c = 6,8 \text{ MPa} < f_{cd} = 11,5 \text{ MPa}$$

**Warunki nośności na przekroju zginanie są spełnione**

## 7. WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń określono ostatecznie naprężenia rozciągające w zbrojeniu strefy rozciąganej i naprężenia ściskające w betonie strefy ściskanej.

Po obciążeniu obiektu klasą E wg PN-85/S-10030, stwierdzono, że naprężenia rozciągające w zbrojeniu oraz naprężenia ściskające w betonie ustroju nośnego przekroczyły wytrzymałości obliczeniowe obu materiałów.

Ustrój nośny **NIE** przenosi nawet najniższej klasy obciążenia normowego - klasy E.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń określono, że po obiekcie mogą poruszać się pojazdy wojskowe o następujących klasach MLC:

- |                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| - Ruch kołowy dwukierunkowy:        | ↑↓ 4 |
| - Ruch kołowy jednokierunkowy:      | ↑ 8  |
| - Ruch gąsienicowy dwukierunkowy:   | ↑↓ 4 |
| - Ruch gąsienicowy jednokierunkowy: | ↑ 8  |

  
**mgr inż. Damian Ziółkowski**

uprawnienia do projektowania:  
WKP/0112/P/00M/12  
uprawnienia do kierowania robotami budowlanymi:  
WKP/0253/O/WOM/14  
bez ograniczeń w specjalności mostowej  
ul. Czernika 3, 60-194 Poznań  
tel. 868-473-110, e-mail: ziolkowski.damian@wp.pl