



BARBARA RYMSZA

Instytut Badawczy Dróg  
i Mostów w Warszawie  
brymsza@ibdim.edu.pl

## Analiza parametryczna klasy MLC\* obiektów mostowych zaprojektowanych po 2000 r.

Wejście Polski do NATO nakłada na państwo obowiązek dostosowania sił zbrojnych, resortów cywilnych oraz organów administracji rządowej i samorządowej, do współpracy z Sojuszem Północnoatlantycznym. Dostosowanie to polega m.in. na przygotowaniu infrastruktury drogowej Polski do przyjmowania wojsk sojuszniczych zgodnie z wymaganiami określonymi w umowach standaryzacyjnych NATO.

W celu sprawnego uzgadniania przebiegu tras transportowych i warunków przejazdu pojazdów specjalnych sił zbrojnych, zgodnie z umową standaryzacyjną STANAG 2021, należy określić wojskową klasę obciążenia (klasę MLC) pojazdów oraz obiektów mostowych, umożliwiającą przekraczanie przeszkód terenowych.

W Polsce, w odniesieniu do obiektów mostowych, została opracowana i jest stosowana metoda o nazwie MILORY służąca do szybkiego wyznaczania wojskowej klasy obciążenia obiektów mostowych zgodnie ze standardami NATO.

Powstaje pytanie czy obiekty wybudowane lub przebudowane zgodnie z obowiązującymi obecnie przepisami wymagają indywidualnego określenia klasy MLC? Przedstawiony niżej materiał powinien dać odpowiedź na to pytanie.

Zacznijmy od sprecyzowania, co należy rozumieć pod pojęciem „obowiązujące przepisy”?

### Klasa MLC obiektu mostowego

W Polsce w odniesieniu do obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg o znaczeniu obronnym, prócz ustaw i rozporządzeń określających ład administracyjno-prawny w dziedzinie budownictwa drogowego np. [4], [5] trzeba uwzględnić także przepisy i wymagania NATO np. [10].

W umowie standaryzacyjnej STANAG 2021 ustanowiono wojskowe klasy standardowe o następujących numerach klasyfikacyjnych: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 i 150, określając charakterystyczne parametry hipotetycznych pojazdów standardowych (kołowych i gąsienicowych). W umowie podano zasadę, że kolumna pojazdów może przejechać po obiekcie mostowym, jeżeli numer klasyfikacyjny pojazdów jest mniejszy lub – co najwyżej – równy numerowi klasyfikacyjnemu obiektu mostowego. W przeciwnym wypadku pojazdy nie mogą przejechać po obiekcie i powinny być zawrócone.

Wojskowa klasyfikacja obiektu mostowego (klasa MLC) powinna być wyznaczona przy obciążeniu hipotetycznymi pojazdami poruszającymi się w kolumnie (jednej lub dwóch),

a punkty styku z podłożem sąsiednich pojazdów w kolumnie powinny być oddalone od siebie o 30,5 m (100 stóp). Taki sposób obciążania obiektu jest zasadniczo różny od przyjmowanego w projektowaniu obiektów mostowych.

Numer klasyfikacyjny obiektu mostowego odpowiada określonemu poziomowi sił wewnętrznych w konstrukcji niosącej obiektu, wywołanemu przejazdem kolumny hipotetycznych pojazdów standardowych, poruszających się po obiekcie według ogólnie przyjętych zasad ruchu (np. ruch prawostronny, w osi pasa ruchu).

Klasę MLC obiektu mostowego stanowią cztery liczby określające klasę pojazdu kołowego i gąsienicowego, który może przejechać po obiekcie, poruszając się w jednej lub w dwóch kolumnach.

### Nośność obiektu mostowego a jego klasa MLC

Obowiązujące 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 z 2000 r., poz. 735) [4] określa zasady dotyczące przyjmowania zarówno klasy obciążenia obiektu mostowego taborem samochodowym w zależności od klasy drogi, jak i zaleca na jaką klasę obciążenia należy projektować obiekty mostowe zlokalizowane w ciągach dróg o znaczeniu obronnym. Przy czym podstawowym dokumentem odniesienia jest PN-85/S-10030 *Obiekty mostowe. Obciążenia* [5], w której określono klasy oraz sposób obciążenia taborem samochodowym. Jednocześnie należy podkreślić, że wycofanie tej normy przez Polski Komitet Normalizacyjny z końcem marca 2010 r., wobec braku załączników krajowych do Eurokodów dotyczących obiektów mostowych, w praktyce projektowej niczego nie zmienia – wycofana norma pozostaje w obrocie prawnym.

Z rozporządzenia [4] wynika, jakie obiekty powinny być projektowane i na jaką klasę obciążenia – zależności te podano w tabeli 1.

Analizując rozporządzenie [4] można dojść do błędnego przekonania, że niezależnie od klasy drogi, obiekty mostowe usytuowane w ciągach dróg krajowych, stanowiących część europejskiej infrastruktury drogowej lub dróg o znaczeniu obronnym, powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby:

- obiekty nowo budowane miały klasę MLC150,
- obiekty odbudowywane, rozbudowywane lub przebudowywane miały klasę MLC100.

Jak będzie wykazane w dalszej części artykułu, zaprojektowanie obiektu na klasę obciążenia A oraz pomostu na obciążenie pojazdem specjalnym klasy 150 nie zapewnia wojskowej klasy obciążenia obiektu MLC150.

\* MLC – Military Load Class

Tabela 1. Klasy obciążenia stosowane w projektowaniu obiektów mostowych

Klasa obciążenia	Klasa drogi	Obiekty usytuowane w ciągach dróg krajowych stanowiących część europejskiej infrastruktury drogowej lub dróg o znaczeniu obronnym	
		obiekt mostowy	pomost
A	A, S, GP, G	nowo budowany	nowo budowany, odbudowywany, rozbudowywany lub przebudowywany
Co najmniej B	Z, L	odbudowywany, rozbudowywany lub przebudowywany	–
Co najmniej C	D	–	–
Obciążenie pojazdem specjalnym klasy 150	–	–	nowo budowany
Obciążenie pojazdem specjalnym klasy co najmniej 100	–	–	odbudowywany, rozbudowywany lub przebudowywany

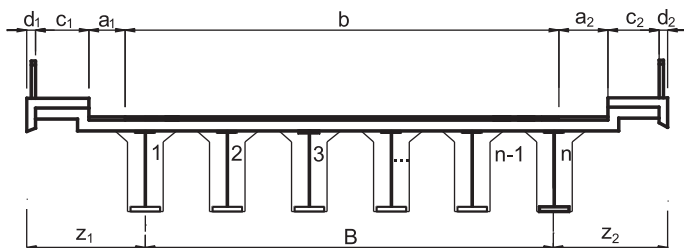
- norma, według której zaprojektowano obiekt;
- normowa klasa obciążenia obiektu;
- schemat statyczny konstrukcji niosącej obiektu;
- rozpiętość przęsła;
- podstawowe wymiary przekroju poprzecznego przęsła, np. belkowego z krawężnikami (rys. 1), takie jak:
  - $n$  – liczba dźwigarów głównych,
  - $B$  – rozstaw osiowy skrajnych dźwigarów głównych,
  - $z$  – wysięg wspornika płyty pomostu,
  - $b$  – szerokość jezdni,
  - $a$  – odległości krawędzi jezdni od krawężnika (np. szerokość opaski lub pasa awaryjnego),
  - $c$  – szerokość chodnika (odległość od krawężnika do balustrady),
  - $d$  – odległość od krawędzi balustrady do krawędzi belki podporęczowej.

## Metody wyznaczania klasy MLC obiektu

Zgodnie z umową standaryzacyjną, sposób określenia wojskowej klasy obiektów mostowych (przez wykonanie obliczeń lub przeprowadzenie próbnego obciążenia) powinien być ustanowiony przez poszczególne kraje członkowskie. Przy czym wyznaczenie klasy obciążenia obiektu mostowego w drodze obliczeń statyczno-wytrzymałościowych jest czynnością porównywalną z opracowaniem nowej dokumentacji projektowej (często wymaga bardzo szczegółowej inwentaryzacji obiektu), natomiast przeprowadzenie badań wytrzymałościowych pod próbnym obciążeniem obiektu jest bardzo kosztowne. W Polsce do wyznaczania klasy MLC obiektów mostowych od 2002 r. jest stosowana metoda MILORY [6÷9].

Do przeprowadzenia analizy wykorzystano program MILO-RY 2002 opracowany w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów. Metodę MILORY, jej założenia oraz warunki stosowania szczegółowo opisano m.in. w pracach autora metody [1], [2], [3]. Metoda MILORY pozwala na szybkie wyznaczenie wojskowych klas obciążenia obiektów mostowych na podstawie informacji zawartych w dokumentach ewidencyjnych obiektu, w razie potrzeby uzupełnionych o pomiar jego podstawowych parametrów geometrycznych.

Do określenia klasy MLC, niezbędne są następujące informacje:



Rys. 1. Niezbędne dane obiektu belkowego z krawężnikami

## Przykład obliczeniowy

Do przeprowadzenia analizy obliczeniowej wykorzystano parametry geometryczne mostu na rzece Gielczew. Jest to obiekt o numerze ewidencyjnym JNI 8210012, zlokalizowany w km 642+613 drogi nr 12 w pobliżu miejscowości Pełczyn. Podstawowe dane obiektu, zwanego dalej mostem w Pełczynie, są następujące:

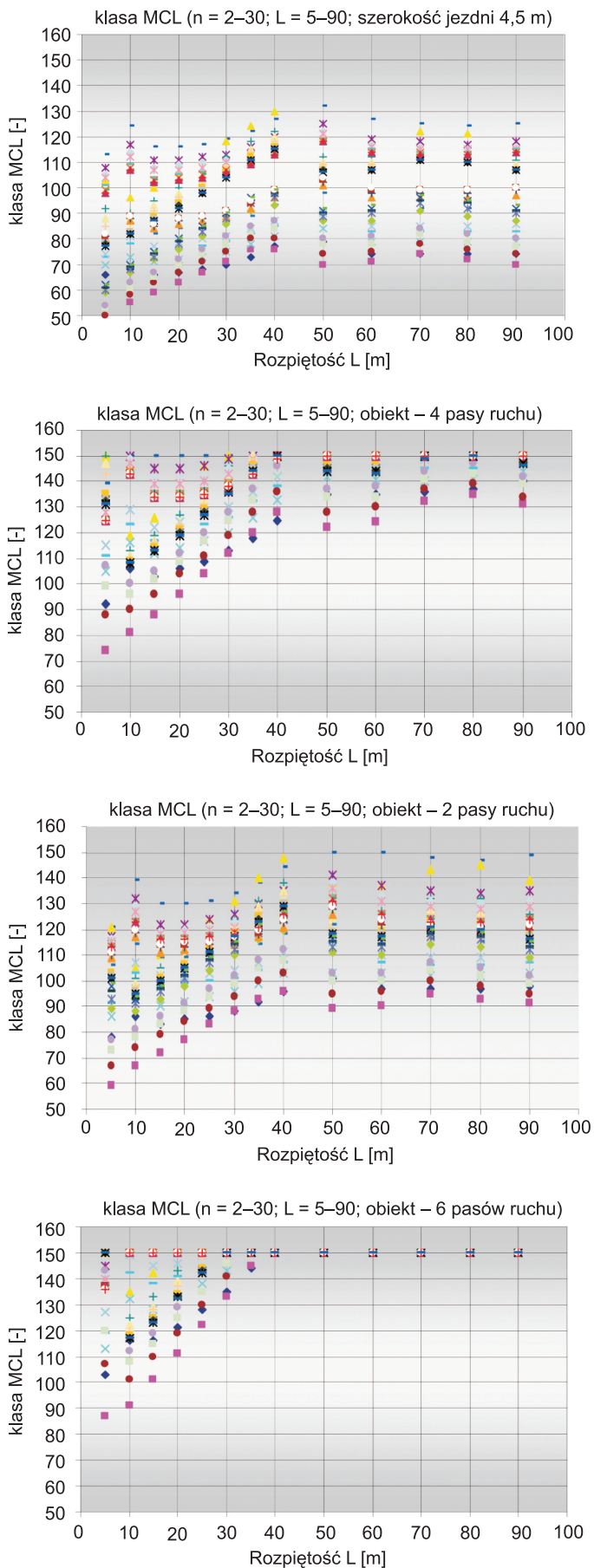
- obiekt zaprojektowano według normatywu z 1985 r., na klasę obciążenia A,
- rok budowy: 2006;
- liczba dźwigarów  $n = 4$ ;
- wymiary przekroju poprzecznego:  $z_1 = z_2 = 0,43$  m;  $B = 11,50$  m;  $d_1 = d_2 = 0,18$  m;  $c_1 = c_2 = 2,00$  m;  $a_1 = a_2 = 0,0$  m;  $b = 8,00$  m.

Wynik obliczeń mostu w Pełczynie przedstawiono w tabeli 2.

W kolejnych etapach obliczeń przyjęto, że większość parametrów przekroju poprzecznego obiektu pozostaje niezmienną, natomiast zmianie ulega rozpiętość  $L$  obiektu (do wartości  $L = 90$  m – zgodnie z wymaganiami określonymi w STANAG 2021), szerokość jezdni  $b$  oraz liczba belek konstrukcji niosącej, a w konsekwencji rozstaw osiowy skrajnych dźwigarów głównych  $B$ .

Tabela 2. Wyniki obliczeń mostu w Pełczynie

Dane obiektu		Wojskowa klasa obciążenia MLC			
		Pojazdy kołowe		Pojazdy gąsienicowe	
		↕	↑	↕	↑
Nr drogi	12	86	131	83	124
Rodzaj obiektu	most				
Najbliższa miejscowość	Pełczyn				
Kilometraż	642+613				
JNI	08210013				

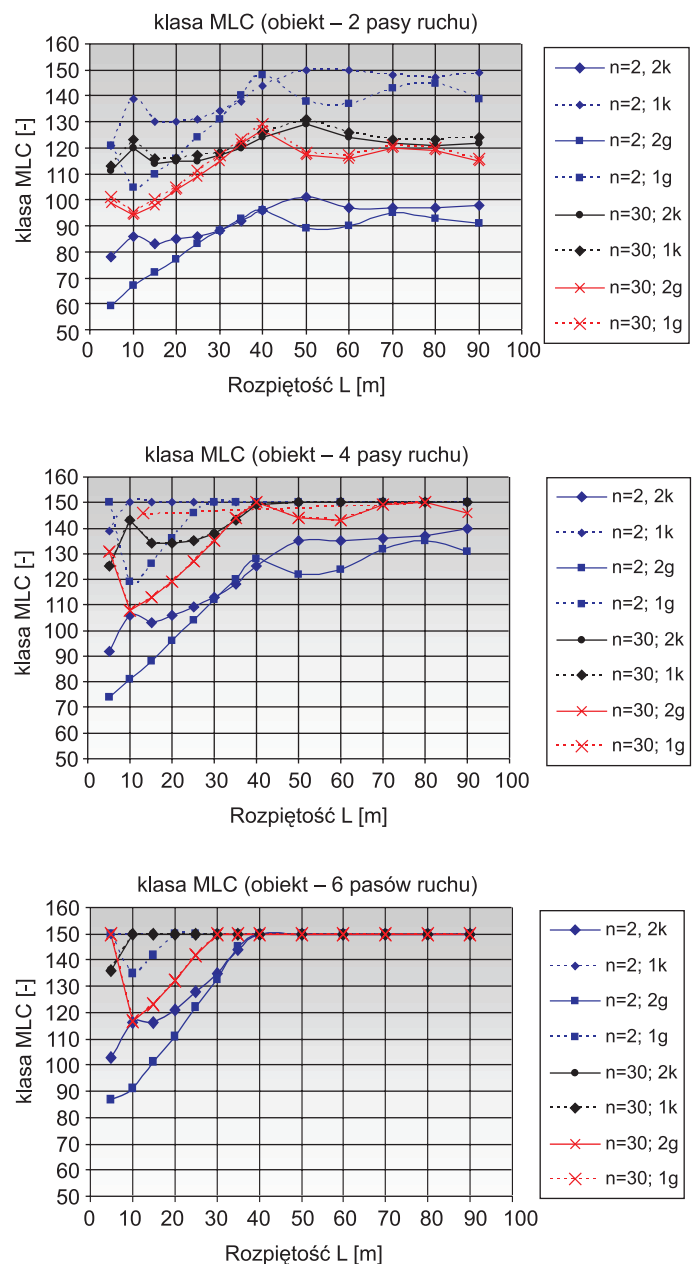


Rys. 2. Klasa MLC – zestawienie wyników wszystkich kombinacji analizowanych parametrów

Jednocześnie należy pamiętać, że w metodzie MILORY przyjęto zasadę, że obiekt zaprojektowano zgodnie z wymaganiami określonymi w danym normatywie projektowania. W przypadku analizowanego przykładu przyjmuje się, że każdy z analizowanych wariantów obiektu zaprojektowano zgodnie z normatywem z 1985 r., a więc wszystkie analizowane warianty zaprojektowano na taką samą nośność projektową.

Klasę MLC wyznaczono dla obliczeniowego obiektu mostowego o następujących wartościach wyspecyfikowanych niżej parametrów:

- rozpiętość  $L = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90$  m;
- szerokość jezdni: 1 pas ruchu:  $0,5 + 3,5 + 0,5$  m = 4,5 m;  
2 pasy ruchu:  $0,5 + 2 \times 3,5 + 0,5$  m = 8 m;  
4 pasy ruchu:  $0,5 + 4 \times 3,5 + 0,5$  m = 15 m;  
6 pasów ruchu:  $0,5 + 6 \times 3,5 + 0,5$  m = 22 m;



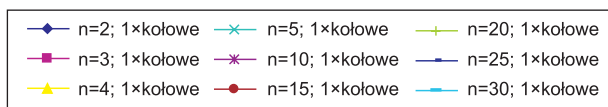
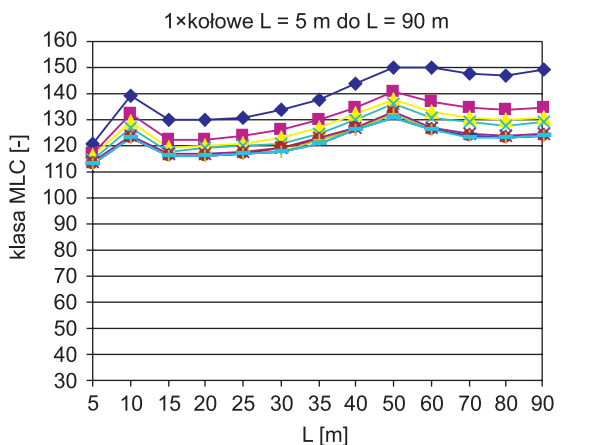
Rys. 3. Klasa MLC – Obiekty o minimalnej i maksymalnej liczbie belek ( $n = 2$  i  $n = 30$ )

- liczbę belek konstrukcji niosącej  $n = 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30$ .

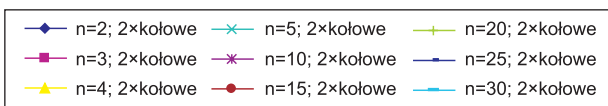
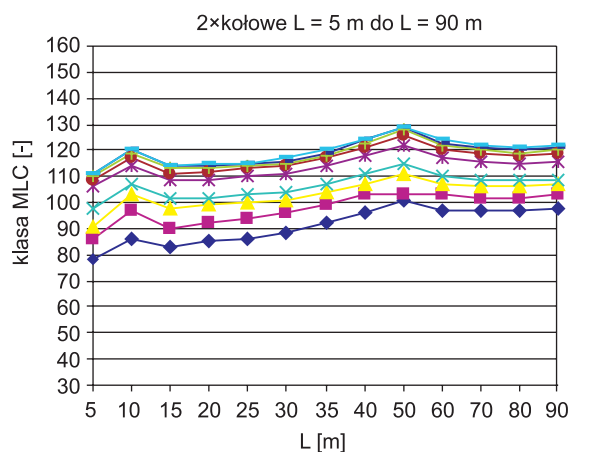
Aby nie różnicować zakresu zmienności parametrów obiektów o różnych rozpiętościach i różnych szerokościach, określając liczbę belek przyjęto, wzorem obiektów popularnych na polskich drogach, że dźwigary mogą być zestawione jeden obok drugiego na całej szerokości pomostu.

Wybrane wyniki obliczeń – wyznaczoną klasę MLC – przedstawiono w formie graficznej przy kolejnych szerokościach obiektu (jezdni o 2, 4, 6 pasach ruchu) prezentując:

- zestawienie wyników obliczeń przy wszystkich kombinacjach analizowanych parametrów (rys. 2);
- klasę MLC obiektów o minimalnej i maksymalnej liczbie belek ( $n = 2$  i  $n = 30$ ) (rys. 3);



Przejazd jednej kolumny pojazdów kołowych

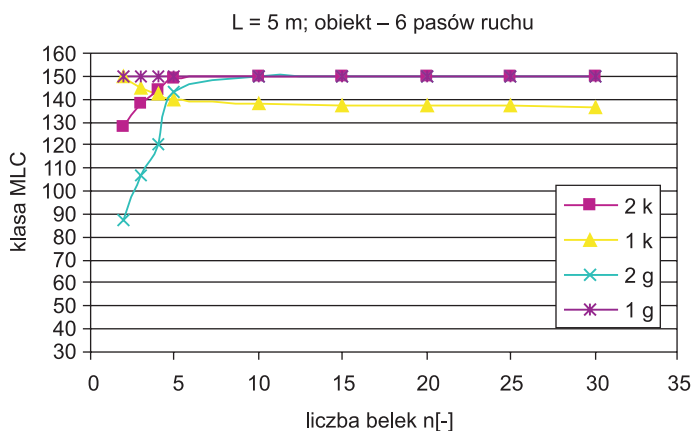
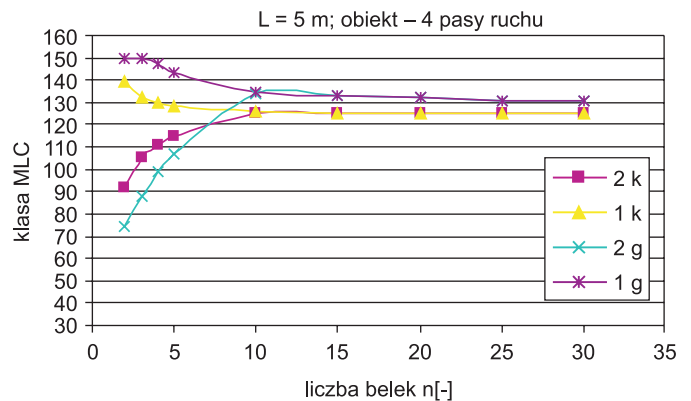
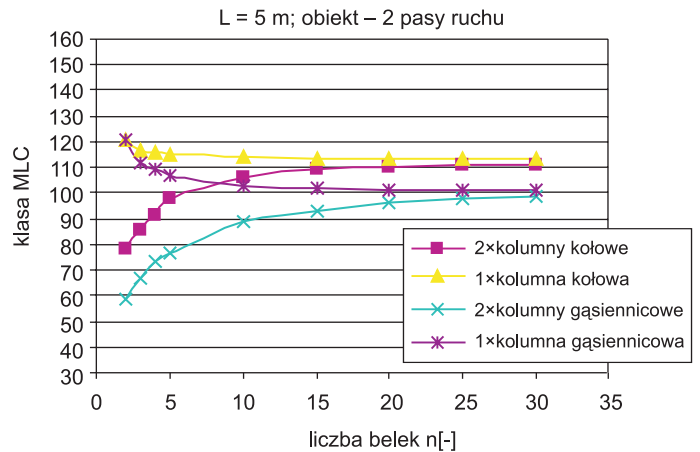


Przejazd dwóch kolumn pojazdów kołowych

- klasę MLC obiektów mostowych o 2 pasach ruchu przy przejeździe jednej lub dwóch kolumn pojazdów kołowych, w funkcji rozpiętości przęsła (rys. 4);
- klasę MLC obiektów mostowych w funkcji liczby belek:
  - obiekty o rozpiętości  $L = 5$  m (rys. 5);
  - obiekty o rozpiętości  $L = 25$  m (rys. 6);
  - obiekty o rozpiętości  $L = 90$  m (rys. 7).

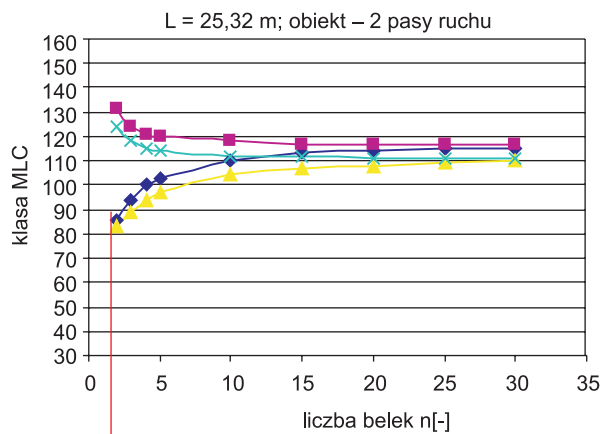
Na rysunkach przyjęto następujące oznaczenia:

- 2 k – dwie kolumny pojazdów kołowych,
- 1 k – jedna kolumna pojazdów kołowych,
- 2 g – dwie kolumny pojazdów gąsienicowych,
- 1 g – jedna kolumna pojazdów gąsienicowych.

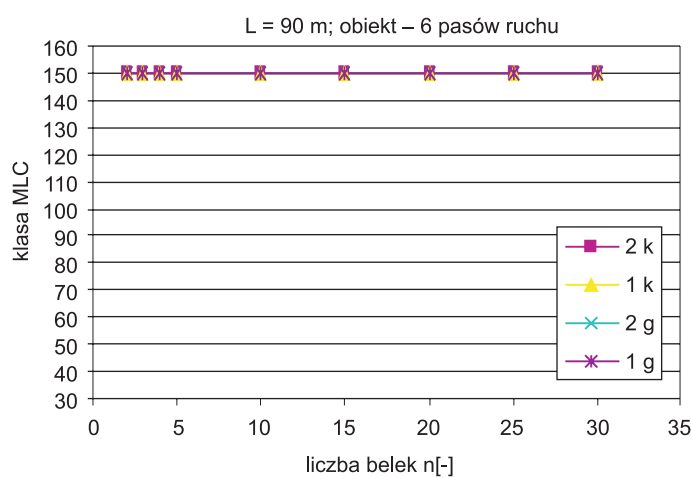
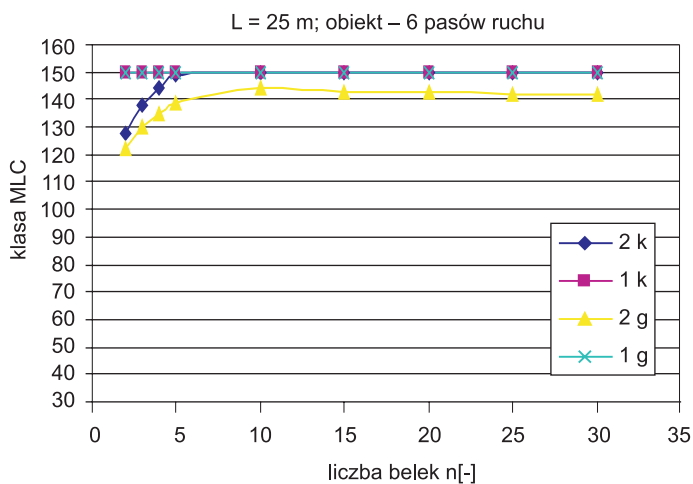
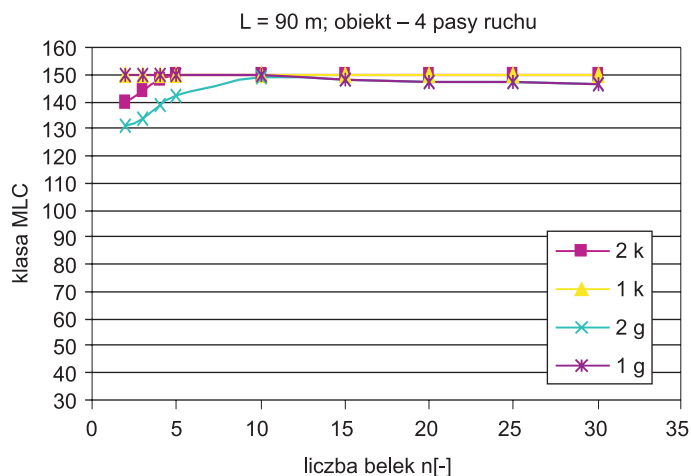
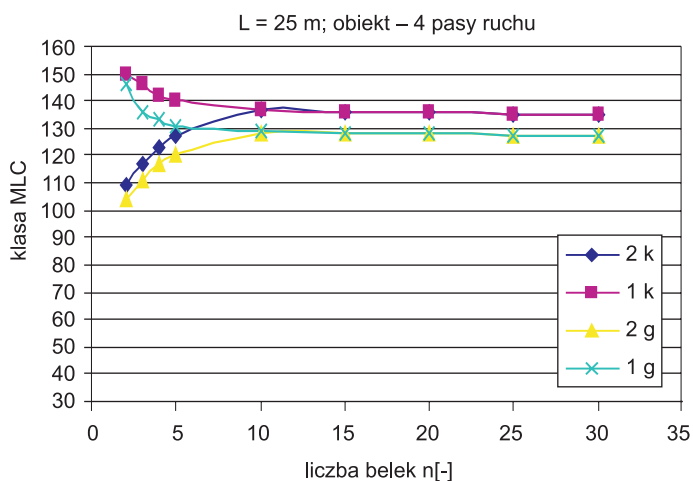
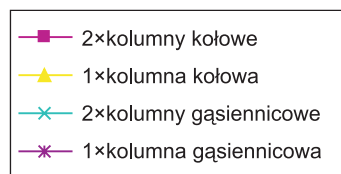
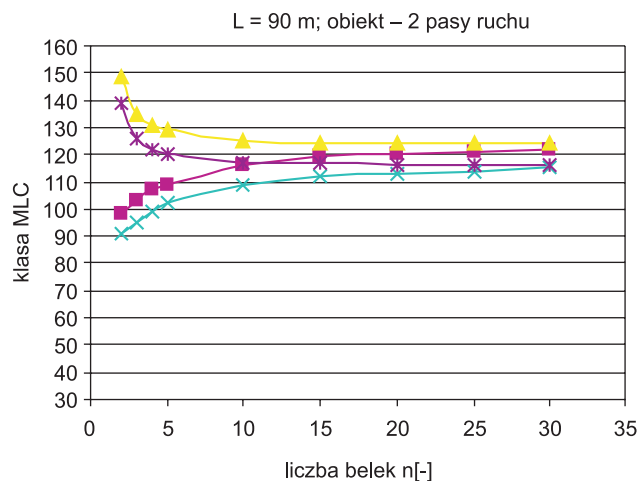
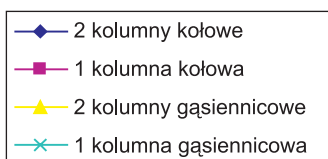


Rys.4. Klasa MLC obiektów mostowych o 2 pasach ruchu, w funkcji rozpiętości przęsła przy przejeździe jednej lub dwóch kolumn pojazdów kołowych

Rys. 5. Klasa MLC obiektów mostowych o rozpiętości 5m, w funkcji liczby belek



Most w Pelczynie, dla którego wyznaczono klasy: MLC86, MLC131, MLC83, MLC124 (por. tab. 2.)



Rys. 6. Klasa MLC obiektów mostowych o rozpiętości  $L=25$  m, w funkcji liczby belek (przy jezdni o 2 pasach ruchu wyniki obliczeń podano wyjątkowo przy rozpiętości  $L = 25,32$  m – tj. mostu w Pelczynie)

Rys. 7. Klasa MLC obiektów mostowych o rozpiętości  $L = 90$  m w funkcji liczby belek



## Wnioski i podsumowanie

Wynik obliczeń mostu w Pełczynie to kolejno MLC86, MLC131, MLC83, MLC124 (por. tab. 2). Zmieniając parametry obiektu: jego rozpiętość, liczbę dźwigarów czy szerokość obiektu wyrażoną liczbą pasów ruchu, uzyskano wiele bardzo różniących się między sobą wartości klasy MLC, przy czym największa klasa to MLC150, a najmniejsza to MLC59 (przy obiekcie o 2 pasach ruchu,  $L = 5$  m,  $n = 2$ , i 2 kolumnach pojazdów gąsienicowych). Tę dużą różnorodność wartości klasy MLC zaprezentowano najpełniej na rysunku 3.

Analizując wyniki obliczeń można sformułować następujące wnioski:

- zaprojektowanie obiektu mostowego na klasę obciążenia A zgodnie z PN-85/S-10030 oraz uwzględnienie w projektowaniu pomostu obciążenia pojazdem specjalnym klasy 150, nie gwarantuje uzyskania wojskowej klasy obciążenia MLC150;
- przebieg zmian wartości klasy MLC nie jest ani liniowy, ani jednostajnie rosnący czy malejący;
- klasy MLC przy przejeździe pojazdów kołowych i gąsienicowych różnią się między sobą zarówno przy przejeździe w jednej, jak i w dwóch kolumnach;
- im szerszy obiekt tym większa jest jego klasa MLC.

Należy przypomnieć, że zgodnie z założeniem wszystkie analizowane obiekty (ich warianty obliczeniowe) zaprojektowano na taką samą nośność projektową. Natomiast wyznaczenie klasy MLC, zgodnie ze sposobem obciążania obiektu wynikającym z zapisów umowy standaryzacyjnej STANAG 2021 wykazało, że sposób obciążenia obiektu ma istotny wpływ na ocenę jego nośności odnoszonej do sposobu użytkowania obiektu. Wydaje się, że doświadczenie zdobyte przy okazji analizy dotyczącej wyznaczania klasy MLC obiektów zbudowanych po 2000 r. może być cenną wskazówką przy opracowywaniu załącznika krajowego do Eurokodów mostowych.

W odniesieniu do odpowiedzi na pytanie postawione na początku artykułu należy stwierdzić, że z przedstawionej analizy jednoznacznie wynika, iż klasa MLC obiektów mostowych powinna być wyznaczana indywidualnie dla każdego obiektu.

W przedstawionym przykładzie obliczeniowym ograniczono się do przekroju poprzecznego, którego parametry geometryczne ulegały zmianie jedynie w wyniku poszerzenia

jezdni. Obiekty użytkowane na sieci dróg w Polsce charakteryzują się dużą różnorodnością rozwiązań, zarówno pod względem parametrów geometrycznych przekroju poprzecznego obiektu, jak i elementów wynikających z organizacji ruchu na obiekcie (szerokości: chodników, opasek i jezdni). Różne są także ustroje niosące obiektów (np. belkowe, płytowe). Zatem, jeżeli w przypadku przekroju przyjętego w przykładzie uzyskano tak dużą różnorodność wyników, to tym bardziej przy obiektach o różnych ustrojach niosących należy spodziewać się zróżnicowanych wartości klasy MLC.

## Bibliografia

- [1] Rymśka J.: *Metoda szybkiego wyznaczania wojskowych klas obciążenia drogowych obiektów mostowych MILORY według standardów stosowanych w siłach zbrojnych NATO*. Wojskowa Akademia Techniczna. Instytut Logistyki. Systemy Logistyczne Wojsk, 2002 zeszyt 27, s. 183-188
- [2] Rymśka J.: *Analiza naukowo-techniczna wojskowej klasyfikacji obiektów mostowych, promów i tratw oraz pojazdów według umowy standaryzacyjnej NATO STANAG 2021*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Seria Studia i Materiały zeszyt 58, Warszawa 2007.
- [3] Rymśka J.: *Identyfikacja nośności normowej drogowych obiektów mostowych na podstawie ich nośności projektowej*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Seria Studia i Materiały zeszyt 61, Warszawa 2009. s. 304
- [4] 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. z 2000 r. Nr 63, poz. 735)
- [5] PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [6] Zarządzenie Nr 4 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie wprowadzenia do stosowania „Instrukcji oznakowania obiektów mostowych i promów znakami wojskowej klasyfikacji obciążeń”
- [7] Decyzja Ministra Infrastruktury Nr 65/2005 z dnia 26 października 2005, w sprawie wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych
- [8] Decyzja Ministra Transportu i Budownictwa Nr 10/2005 z dnia 29 marca 2006, w sprawie wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych
- [9] Decyzja Ministra Transportu Nr 21/2005 z dnia 27 lipca 2006, w sprawie wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych
- [10] Umowa standaryzacyjna NATO – STANAG 2021: „Wojskowe obliczenia klasyfikacji mostów, promów, tratw i pojazdów”, wydanie nr 5 ■

## Z prasy zagranicznej

### Obwodnica tamy Hoovera gotowa

Ukończono nowy most Mike O'Callaghan-Pat6 Tillman Memorial Bridge nad rzeką Colorado, leżący w ciągu drogi między Nevadą i Arizoną. Most jest częścią nowej obwodnicy tamy Hoovera, a wartość projektu to 240 mln USD. Nowa obwodnica zastępuje bardzo zatłoczoną US Route 93, dwupasową drogę biegnącą na szczycie tamy Hoovera. Obwodnica będzie mogła przejąć zwiększony ruch i uchronić kierowców przed oczekiwaniem w długich kolejkach, tworzących się w godzinach szczytu, zwłaszcza z powodu kontrolnych punktów bezpieczeństwa, wprowadzonych po atakach terrorystycznych w USA w 2001 r. Ciężkie pojazdy, którym zakazano poruszania się drogą powyżej tamy (US Route 95) mają teraz alternatywne połączenie.

*World Highways, 11-12/2010*

*M.R.*

### Zintegrowany wieloskładnikowy system zarządzania mostami

System pozwala na optymalizację decyzji o remontach mostów, uwzględniając wiele ich elementów oraz całą sieć mostową. Proces optymalizacji podzielono na podprocesy, w których zastosowano algorytmy genetyczne.

Jako kryterium przyjęto maksymalizację stosunku korzyści do kosztów napraw w skali całej sieci drogowej. Pokazano także przykłady zastosowania systemu w konkretnych przypadkach.

*Journal of Bridge Engineering ASCE, 3, 2009*

*A.N.*