

# Intensywność obciążenia mostów drogowych w sytuacji zatoru

## Intensity of load on road bridges in a congestion situation



**Czesław Machelski**

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Wroclawska, Wydział  
Budownictwa Lądowego i  
Wodnego; Katedra Dróg, Mostów,  
Kolei i Lotnisk

czeslaw.machelski@pwr.edu.pl

**Streszczenie:** W pracy analizowano bezpieczeństwo mostów drogowych w trakcie ich eksploatacji w sytuacji maksymalnego obciążenia. Takie obciążenia mostów występują podczas badań odbiorczych obiektu gdy programowany jest układ samochodów na jezdni. Rozpatrywaną w pracy jest sytuacja pełnego obciążenia mostów występująca w trakcie zatoru drogowego. Wówczas układ pojazdów jest z natury rzeczy losowy a kilka z nich może tworzyć układ maksymalnego, lokalnego obciążenia. Rezultaty pomiarów podczas rzeczywistego zatoru powstałego na moście o schemacie podwieszonym odniesiono do wyników analiz numerycznych. Przyjęto dwubelkowy model przęsła i dwujezdniowy układu obciążenia w zatorze. Jako przypadek skrajny rozpatrzono w pracy obciążenie od dwóch pojazdów ale w małym moście. Do analiz porównawczych wykorzystano algorytm obciążenia zastępczego.

**Słowa kluczowe:** Bezpieczeństwo mostów drogowych, Zator, Analiza numeryczna

**Abstract:** The work analyzed the safety of road bridges during their exploitation in the situation of maximum load. Such bridge loads occur during acceptance tests of the object when the system of cars on the roadway is programmed. Considered in the work is the situation of full load on bridges occurring during a road congestion. Then the layout of the vehicles is inherently random and several of them can form a system of maximum, local load. The results of measurements during the actual congestion created on the bridge with a suspended diagram were related to the results of numerical analyzes. A two-beam span model and a dual carriageway load system in the congestion were adopted. As an extreme case, the load from two vehicles was considered at work, but in a small bridge. A replacement load algorithm was used for comparative analysis.

**Keywords:** Safety of road bridge, Congestion, Numerical analysis

### Maksymalne obciążenia ruchome mostów drogowych

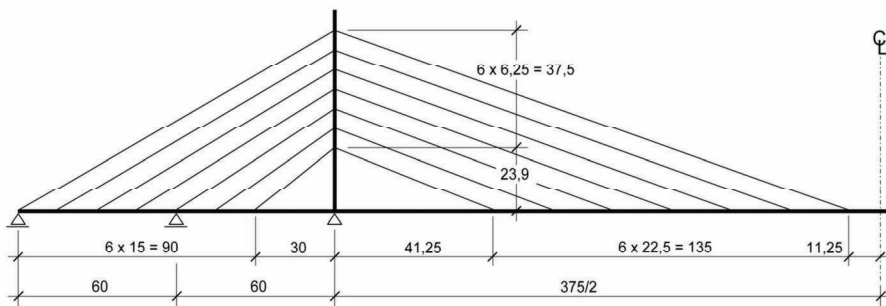
Po wybudowaniu obiektów mostowych o dużym znaczeniu komunikacyjnym realizuje się badania odbiorcze [1, 2, 3]. W przypadku małej rozpiętości przęseł ustawia się pojazdy samochodowe na całej powierzchni jezdni, zgodnie z kształtem powierzchni wpływu analizowanej wielkości statycznej [4]. Gdy realizowane są badania mostu o dużej rozpiętości obciążenie ogranicza się do części mostu gdzie występują największe rzędne powierzchni wpływu. Zmniejsza się w ten sposób i tak dużą liczbę samo-

chodów użytych w badaniu [5]. Oddzielnym zagadnieniem są transporty dużych elementów [6] jako przejazdy nienormatywne [1, 3].

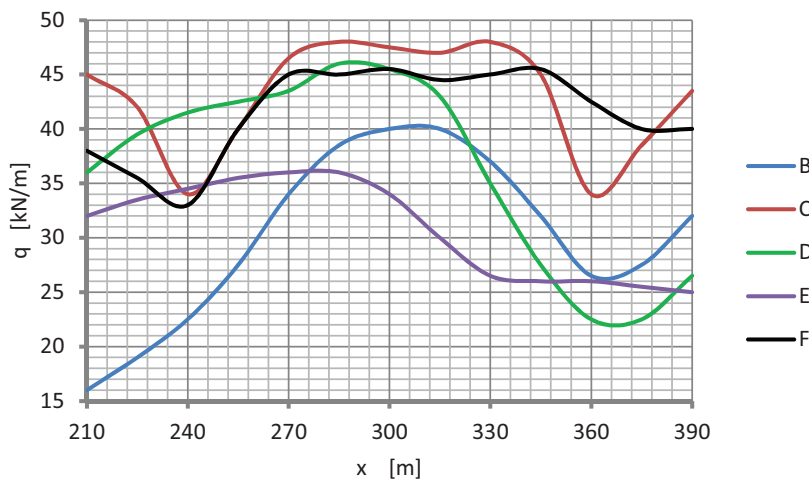
W przypadku zatoru na drodze zjazdowej z mostu może wystąpić pełne obciążenie jezdni na całym moście [7]. Układ pojazdów jest wtedy z natury rzeczy losowy a więc znajdują się tam zarówno pojazdy ciężarowe o dowolnych konfiguracjach osi i naciskach jak również samochody osobowe. Wspólną cechą obydwu rodzajów obciążeń (próbnych i w zatorze) są: oddziaływanie statyczne pojazdów na konstrukcję przęsła oraz minimalne odległości pomiędzy zderzakami samochodów

(są one mniejsze w sytuacji próbnej obciążenia). Różnicą tych obciążeń jest to, że w sytuacji zatoru układ pojazdów jest dowolny – nie jest związany ze schematem statycznym zatem część pojazdów może powodować odciążenie konstrukcji.

W przypadku mostów o małych rozpiętościach losowy układ pojazdów na moście, jak w zatorze nie stwarza niebezpieczeństwa. Bowiem podczas badania odbiorczego takiego mostu wypełnia się maksymalnie powierzchnię przęsła najcięższymi samochodami w układzie zgodnym z powierzchnią wpływu analizowanej wielkości statycznej [1, 4]. Gdy układ komunika-



1. Schemat statyczny połowy konstrukcji



2. Intensywność obciążenia przęśła w sytuacji zatoru na moście w Płocku

cyjny jest dwujezdniowy a rozpiętości są porównywalne z długością pojazdu ciężarowego istotne znaczenie ma sytuacja spotkania się dwóch pojazdów na moście [1]. Może to być mijanie się samochodów na obiekcie gdy ruch odbywa się w dwóch kierunkach lub występuje jazda równoległa na obiekcie typu autostradowego. Taką sytuację można spotkać częściej na małym moście niż zator.

## Zator na zjeździe z mostu w Płocku

Sytuacja utworzenia się zatoru na moście może być wykorzystana do określenia intensywności obciążenia wzdłuż jezdni mostu. Taki układ obciążenia analizowano w moście o schemacie podwieszonym w Płocku, jak na rys. 1 z wykorzystaniem monitoringu obiektu. Na podstawie algorytmu opartego na wykorzystaniu funkcji wpływu sił osiowych w wantach, przedstawionego w [7, 8] rozpatrywano zmiany sił w wantach przy bardzo powolnym ale zmiennym

układzie pojazdów na moście. W obliczeniach uwzględniano obciążenie na całym moście oraz kształt (i znak) linii wpływu sił osiowych w wantach. Zatem uwzględniano efekty zwiększający i zmniejszający siły wewnętrzne. Z uwagi na ograniczoną bazę pomiarową (małą liczbę want z urządzeniami pomiarowymi) korzystano z podejścia iteracyjnego by w końcowej fazie analizować część środkową przęśła podwieszono na odcinku  $210 < x < 390$  m.

Obciążenie w zatorze dotyczyło dwóch, zajętych pasów ruchu z jednego kierunku jazdy, gdy dwa sąsiednie pasy dla drugiego kierunku były swobodne. Uzyskane w ten sposób, przetworzone wyniki pomiarów podano na rys. 2 jako intensywność obciążenia przypadającego na jedną jezdnię. Zatem jest to wartość średnia uzyskana z pasów ruchu. Z uwagi na losowy układ samochodów na wykresach występuje złożony kształt funkcji  $q(x)$ . W miejscach gdzie spotykały się samochody ciężarowe z pełnym ła-

dunkiem powstawało ekstremum  $q$ . Do analiz wybrano sytuacje, w których w badanych wantach wykazywały największe przyrosty sił (schematy C – F). Schematy A i B były wykorzystywane do testowania algorytmu numerycznego [7].

Z wyników podanych na rys. 2 można obliczyć obciążenie pasa jezdni jako siły powierzchniowej. Jeżeli założy się, że szerokość pasa jezdni wynosi  $b_j = 3,5$  m otrzyma się, na podstawie maksymalnej wartości  $q$  obciążenie

$$p = \frac{q}{b_j} = \frac{48}{3,5} = 13,7 \text{ kN/m}^2 \quad (1)$$

Podana wyżej wartość jest bardzo duża w porównaniu do obciążeń starych mostów np. Grunwaldzkiego we Wrocławiu bo  $p_{DIN} = 5,0 \text{ kN/m}^2$  [1]. Również obciążenie rozłożone wg PN [9] dla klasy A wynosiło  $p_{PN} = 4,0 \text{ kN/m}^2$ . Wartość podana w (1) jest porównywalna z zalecaną w EN [10]. Ważne jest, że w podanych wyżej przypadkach zaleceń normowych stosowano dodatkowo pojazdy: walec parowy w DIN, pojazd K800 w PN, czy też układ sił skupionych w EN. Układy obciążeń projektowych były i są złożone z sił rozłożonych na powierzchni jezdni, uzupełnionych o siły skupione. Taki układ jest rozpatrywany również w pracy, jako model obciążenia w zatorze.

Przy ocenie porównawczej intensywności obciążenia  $p$ , podanej w (1) należy brać pod uwagę, że jest to lokalna wartość. Część funkcji  $q(x)$  podana na rys. 2 wykazuje duże wahania również poza obszarem analizowanym. W ocenie bezpieczeństwa mostu należy również brać pod uwagę losowy układ samochodów a więc ich udział w obszarach powodujących obciążenie elementu. Bowiem w takim moście funkcje wpływu mają złożony kształt [1, 7, 8]. Z podanych powodów przyjęto w dalszej części pracy prosty model konstrukcji mostu i dwujezdniowy układ komunikacyjny.

## Algorytm porównawczy obciążeń

Do przekształcania złożonych układów obciążeń na postać obciążenia zastępczego o prostej, jednorodnej postaci np. siły równomiernie rozłożonej wykorzystuje się algorytm porównawczy [1]. W celu uproszczenia modelu obliczeniowego przyjęto w pracy most o konstrukcji dwubelkowej [11] i schemacie swobodnie podpartym, jak na rys. 3. Również w tym celu na moście założono układ dwóch jezdni a obciążenie powierzchniowe sprowadzono do liniowego, równomiernie rozłożonego w środku jezdni, jak  $q_1$  i  $q_2$ . Do analizy porównawczej przyjęto jako siłę wewnętrzną moment zginający w środku rozpiętości dźwigara 1.

Wynikiem obliczeń jest obciążenie zastępcze  $q$  rozłożone równomiernie na całej długości przęsła o różnicowanych wartościach na obydwu jezdniach

$$p_1 = \frac{q}{b_j} \alpha_1 \quad (2)$$

oraz

$$p_2 = \frac{q}{b_j} \alpha_2 \quad (3)$$

Zatem współczynniki  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  są mnożnikami obciążenia jak w normie EN [10] w odniesieniu do pasów ruchu. Takie siły rozłożone wywołują moment zginający w środku rozpiętości dźwigara 1

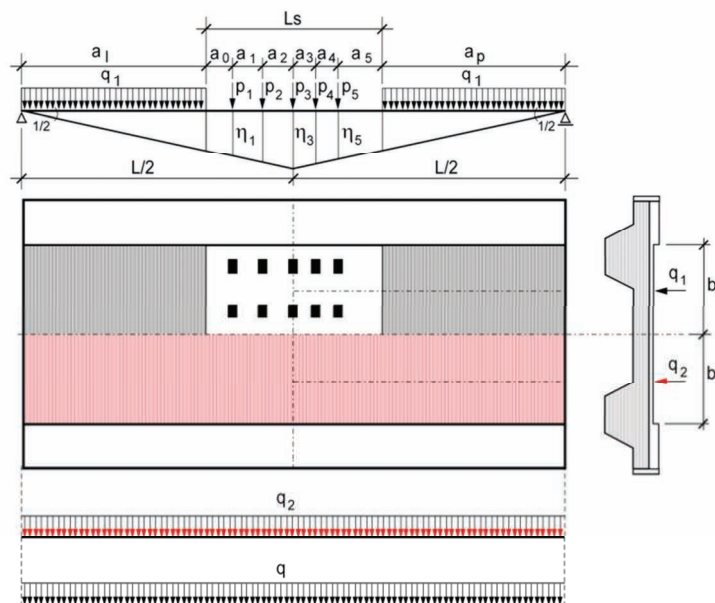
$$M = (k_{11} \cdot \alpha_1 + k_{12} \cdot \alpha_2) \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (4)$$

W tym wzorze  $k_{11}$  i  $k_{12}$  są współczynnikami rozdziału poprzecznego obciążenia [1, 4] a ich suma wynosi z założenia 1. Drugi, porównywany z nim układ obciążenia pochodzi od zatoru, czyli sił rozłożonych na długości przęsła  $q_1$  i  $q_2$ . Obciążenie z zatoru jest uzupełnione o pojazd samochodowy w postaci sił skupionych, występujący

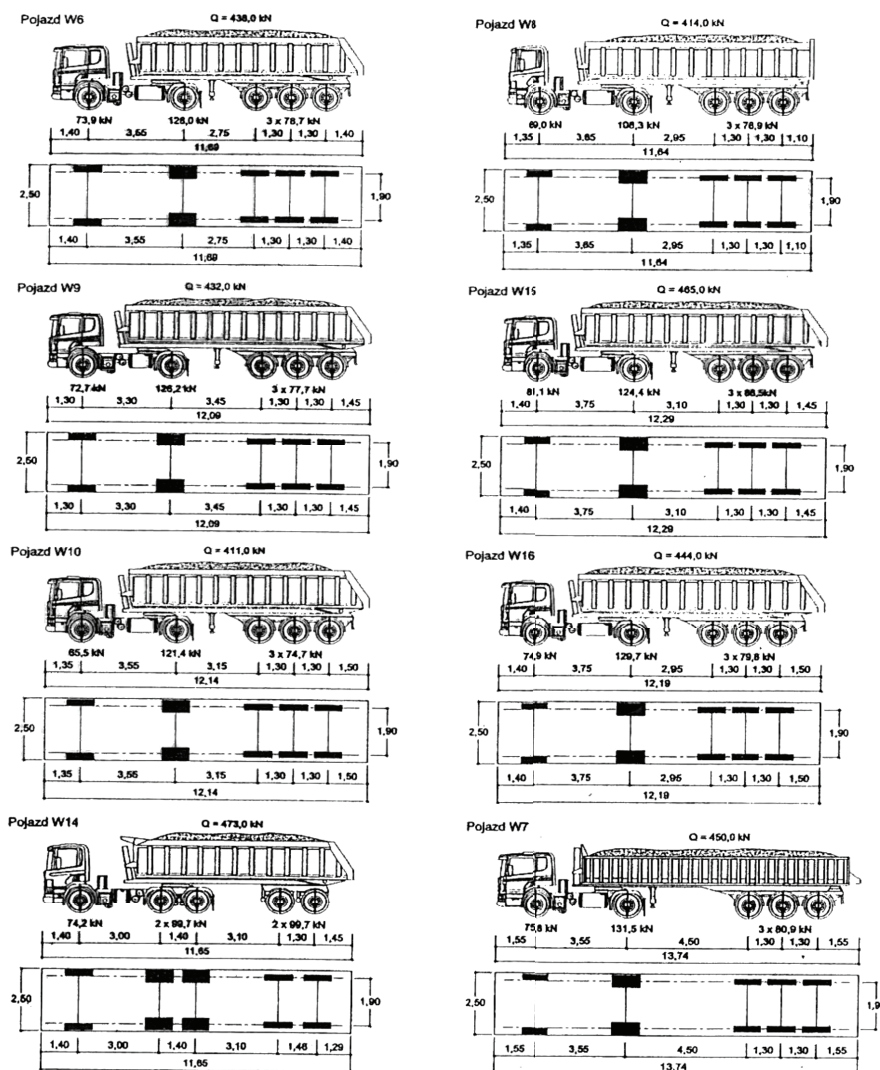
na pasie ruchu 1. Taki układ sił wywołuje moment zginający

$$M = q_1 \cdot k_{11} \left( \frac{L^2}{8} - A \right) + q_2 \cdot k_{12} \cdot \frac{L^2}{8} + k_{11} \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i \quad (5)$$

Ostatni człon wzoru pochodzi od sił skupionych  $P$  i rzędnych linii wpływu momentów zginających  $\eta$  położonych w połowie rozpiętości dźwigara 1. Wartość  $A$  jest polem powierzchni



3. Schemat obciążeń przęsła w sytuacji zatoru



4. Układ osi w rozpatrywanych pojazdach typu W

wolnym od obciążenia  $q_1$  na pasie jezdni 1, jak na rys. 3

$$A = \frac{1}{8} [L^2 - 2(a_1^2 + a_2^2)] \quad (6)$$

Zakładając, że w modelu określone są parametry dotyczące konstrukcji mostu, czyli  $L$ ,  $k_{11}$  i  $k_{12}$ , występujące we wzorze (5) oraz zostały przyjęte współczynniki obciążenia pasm jezdni  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  występujące w (4) określa się obciążenie zastępcze, jako

$$q = \frac{1}{K} \left[ q_1 \cdot k_{11} + q_2 \cdot k_{12} + \frac{8k_{11}}{L^2} \left( -q_1 \cdot A + \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i \right) \right] \quad (7)$$

gdzie

$$K = k_{11} \cdot \alpha_1 + k_{12} \cdot \alpha_2 \quad (8)$$

Gdy rozpatruje się most o dwóch jezdniach, po których odbywa się ruch w obydwu kierunkach nie ma specjalnego uzasadnienia przyjmowanie zróżnicowanych obciążeń na jego jezdniach 1 i 2. Zatem  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  oraz  $q_1 = q_2$  a stąd  $K = 1$ . Wobec tego a ze wzoru (7) powstaje równanie

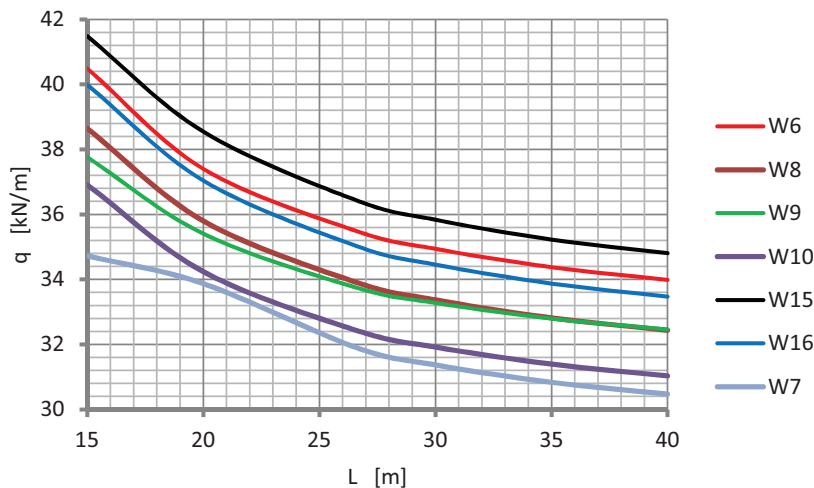
$$q = q_1 + \frac{8k_{11}}{L^2} \left( -q_1 \cdot A + \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i \right) \quad (9)$$

W przykładach analiz podanych w pracy dodatkowo zakłada się, że obciążenia w zatorze są zgodne z obciążeniem zastępczym, a więc  $q_1 = q_2 = q$ . Przy tym założeniu wzór (9) upraszcza się do postaci

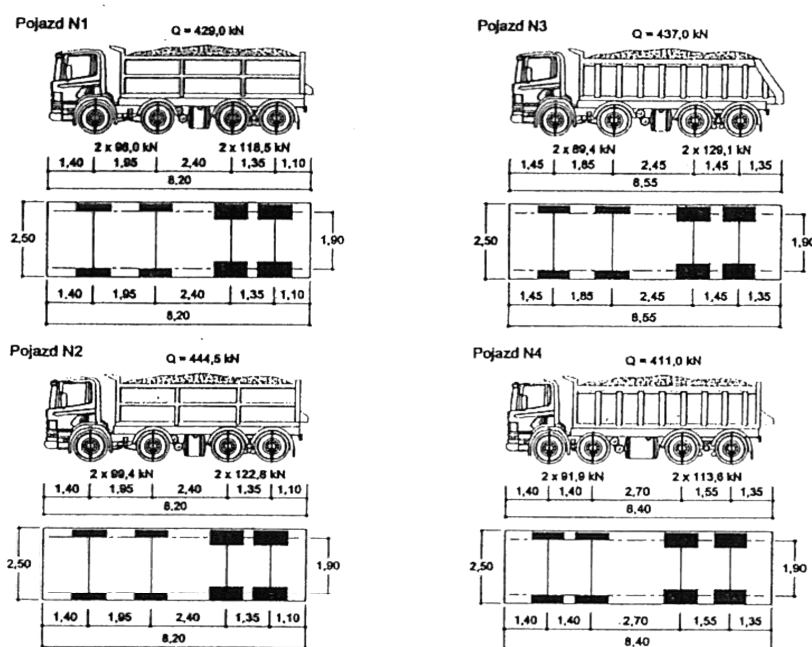
$$q = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i \quad (10)$$

## Analiza parametryczna efektu zatoru

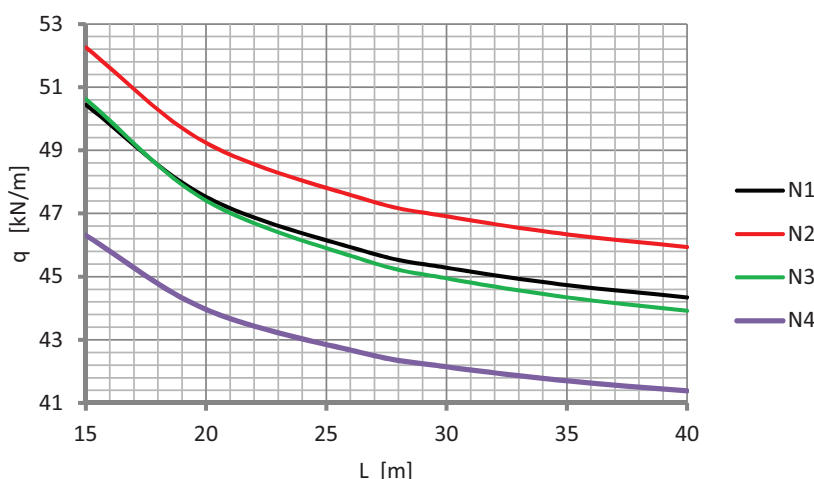
W celu oszacowania wartości obciążenia zastępczego  $q$  przyjęto do analizy najcięższe pojazdy samochodowe, stosowane do transportu materiałów sypkich na budowie. Pojazdy te zestawiono w dwóch grupach, jak na rysunkach 4 i 6. Parametry techniczne zestawiono w tab. 1 - 4. Parametrem



5. Intensywność obciążeń zastępczych z udziałem pojazdów typu W



6. Układ osi w pojazdach typu N



7. Intensywność obciążeń zastępczych z udziałem pojazdów typu N

zmiennym analizy jest rozpiętość przęsła  $L$ .

Na rys. 4 przedstawiono schemat obciążenia pojazdami typu W z oznaczeniami sił i rozstawem osi podanych w tab. 1 i 2.

Na rys. 5 przedstawiono wyniki obliczeń gdy zakres rozpiętości  $15 < L < 40$  m. Długość odcinka  $L_s$  podana na rys. 3 to odległość pomiędzy zderzakami powiększona o 1 m z każdej strony. Pomimo niewielkich różnic w geometrii pojazdów i naciskach na osie wykresy są rozproszone. Największe wartości  $q$  uzyskuje się w przypadku samochodu W15. Zgodnie z przewidywaniem, w przypadku mostu o małej rozpiętości uzyskuje się największe wartości  $q$ . Maksymalne wartości  $q$  z wykresów podanych na rysunkach 2 i 5 są zbliżone. Wobec tego Intensywność obciążeń z zatoru na moście w Płocku jest porównywalna do przeciętnego obiektu drogowego i pojazdów samochodowych podanych na rys. 4.

Na rys. 7 przedstawiono wyniki obliczeń analogiczne do podanych na rys. 6. Największe wartości  $q$  uzyskuje się w przypadku samochodu N2 jako najcięższego z pojazdów. Z porównania wyników z rysunków 5 i 7 widoczne są większe wartości  $q$  w przypadku samochodów o mniejszej liczbie osi i podobnym ciężarze jak pojazdy o pięciu osiach. Widoczne jest znaczne rozproszenie wykresów. Wartości  $q$  z wykresów podanych na rysunkach 2, 5 i 7 są zgodne.

Wyniki obliczeń przedstawione na rysunkach 5 i 7 uzyskano ze wzoru (10) a więc przy założeniu zgodności obciążeń w zatorze i oddziaływania zastępczego, czyli  $q_1 = q_2 = q$ . Na rys. 8 przedstawiono wykresy utworzone przy założeniu stałej, niezależnej od  $L$  wartości  $q_1 = q_2$ . Wybrano dwie wartości:  $L = 20$  m i  $L = 30$  m do wyznaczenia  $q_1 = q_2$ . Zatem na rys. 8 widoczna jest zgodność wyników uzyskanych w tych punktach. Z wykresów podanych na tym rysunku widoczne jest złągo-

Tab. 1. Naciski na osie w samochodach budowlanych [kN]

Pojazd	$P_1$	$P_2$	$P_3=P_4=P_5$	Q
W6	73,9	126	78,7	436
W7	75,8	131,5	80,9	450
W8	69	108,3	78,9	414
W9	72,7	126,2	77,7	432
W10	65,5	121,4	74,7	411
W14	74,2	99,7	99,7	473
W15	81,1	124,4	86,5	465
W16	74,9	129,7	79,8	444
W16	74,9	129,7	79,8	444

Tab. 2. Parametry geometryczne samochodów budowlanych [m]

Pojazd	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3 = a_4$	$a_5$	$L_s$
W6	1,4	3,55	2,75	1,3	1,4	11,7
W7	1,55	3,55	4,5	1,3	1,55	13,75
W8	1,35	3,65	2,95	1,3	1,1	11,65
W9	1,3	3,3	3,45	1,3	1,45	12,1
W10	1,35	3,55	3,15	1,3	1,5	12,15
W14	1,4	3,0	1,4	3,1/1,45	1,2	11,55
W15	1,4	3,75	3,1	1,3	1,45	12,3
W16	1,4	3,75	2,95	1,3	1,5	12,2

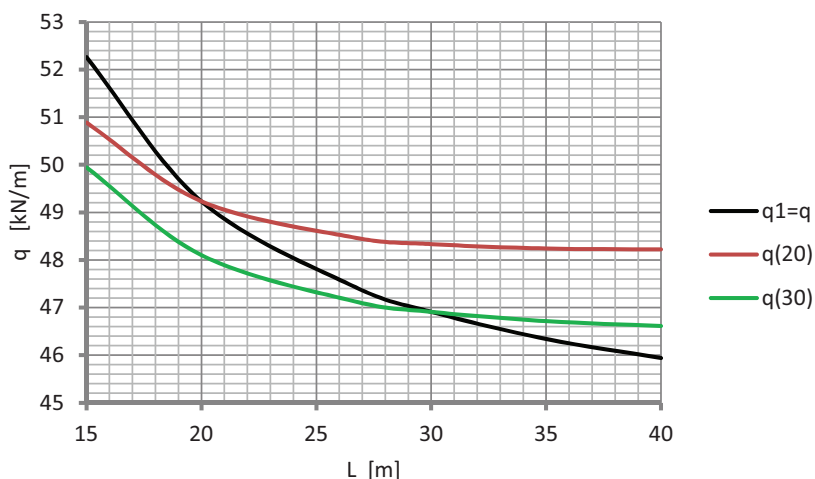
Tab. 3. Naciski na osie w samochodach budowlanych [kN]

Pojazd	$P_1$	$P_2$	$P_3$	Q
N1	96,0	96,0	118,5	429
N2	99,4	99,5	122,8	444,5
N3	89,4	89,4	129,1	437
N4	91,9	91,9	113,6	411

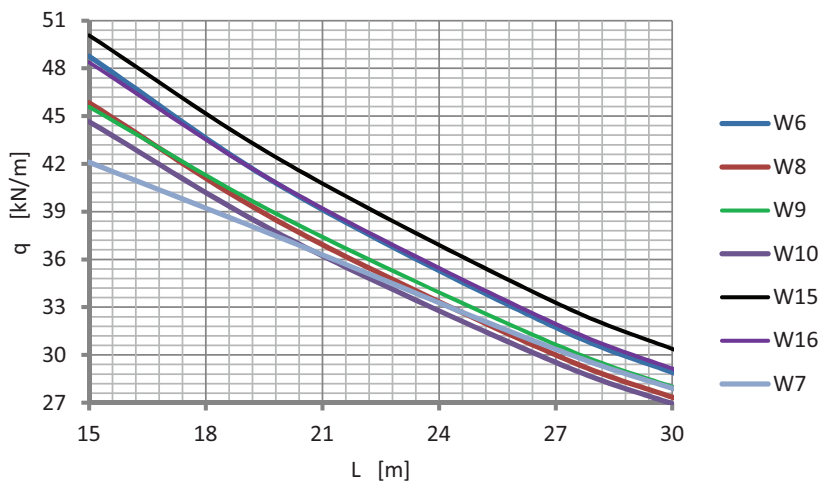
Tab. 4. Parametry geometryczne samochodów budowlanych [m]

Pojazd	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3 = a_4$	$a_5$	$L_s$
N1	1,40	1,95	2,40	1,35	1,10	8,20
N2	1,40	1,95	2,40	1,35	1,10	8,20
N3	1,45	1,85	2,45	1,45	1,35	8,55
N4	1,40	1,40	2,70	1,55	1,35	8,40

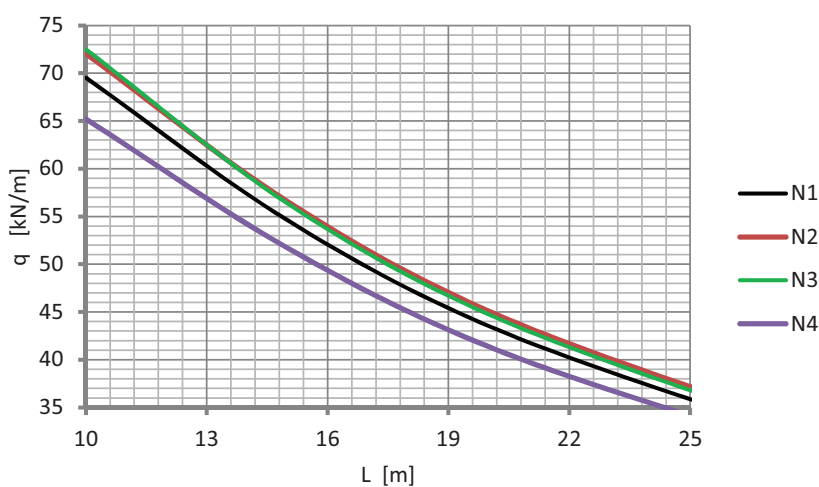
zenie funkcji  $q(L)$  co oznacza, że obciążenia zastępcze w zasadzie stabi-



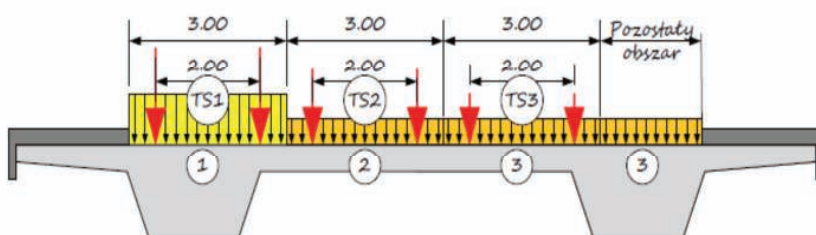
8. Intensywność obciążeń zastępczych z udziałem pojazdu typu N2



9. Obciążenie zastępcze w przypadku pojazdów typu W



10. Obciążenie zastępcze w przypadku pojazdów typu N



Tablica 4.2 – Model Obciążenia 1: wartości charakterystyczne

Położenie	Układ tandemowy TS	Układ UDL
	Obciążenia osi $Q_k$ (kN)	$q_k$ (lub $q_s$ ) (kN/m <sup>2</sup> )
Pas Numer 1	300	9
Pas Numer 2	200	2,5
Pas Numer 3	100	2,5
Pozostałe pasy	0	2,5
Obszar pozostały ( $q_k$ )	0	2,5

11. Schemat obciążenia przyjęty w PN-EN 1991-2:2007

zują się przy większych rozpiętościach. Jest to naturalne bowiem w mostach o dużych rozpiętościach efekt obciążenia normowego w postaci układu sił skupionych (np. pojazd K800) staje się elementem uzupełniającym a nie pod-

stawowym jak w małym moście [1].

W pracy pominięto wyniki analiz z wykorzystaniem ogólnego wzoru (7). Jest on przydatny do kalibrowania współczynników obciążenia pasów ruchu w moście o jednym kierunku jaz-

dy (typu autostradowego). Wówczas można analizować wartości  $q_{ik}$  występujące w EN [10]. Zakres możliwości analiz parametrycznych jest bardzo duży. Szczególny przypadek występuje gdy zachodzi jednakowa proporcja  $q_1/q_2 = a_1/a_2$ .

## Mijanie się pojazdów na moście

W mostach o małych rozpiętościach niebezpieczniejsze od powstania zatoru, jak na rys. 3 są sytuacje mijania się dwóch pojazdów jadących w przeciwnych kierunkach. Gdy pojazdy są w ruchu z uwagi na ich bezpieczeństwo odległości pomiędzy nimi a innymi samochodami musi być znaczna. Zatem zakłada się, że na małym obiekcie mostowym znajdują się wyłącznie dwa samochody.

Przy tych założeniach, korzystając z algorytmu porównawczego przedstawionego wcześniej otrzymuje się obciążenie zastępcze

$$q = \frac{8\varphi}{L^2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i = \frac{270-L}{25L^2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot \eta_i \quad (11)$$

Z uwagi na to, że obydwa pojazdy są w ruchu we wzorze (11) uwzględniono współczynnik dynamiczny o postaci ujętej w normie PN [9]

$$\varphi = 1,35 + 0,005 \cdot L = \frac{270-L}{200} \quad (12)$$

Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono wyniki obliczeń dla zmniejszonych rozpiętości mostów. Bowiern w przypadku większych rozpiętości może wystąpić obciążenie towarzyszące. Wobec tego na jezdni powinny znajdować się wyłącznie dwa samochody przyjęte w analizie jako tego samego typu i w niekorzystnym położeniu, jak na rys. 3.

Z wyników podanych na rys. 10 można obliczyć obciążenie pasa jezdni jako siły powierzchniowej. Jeżeli założy się, że szerokość pasa jezdni wynosi  $b_j = 3,5$  m otrzyma się, na podstawie maksymalnej wartości  $q$  obciążenie



12. Przykłady mostów dwudźwigarowych

$$p = \frac{q}{b_j} = \frac{72,5}{3,5} = 20,7 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

Podana wyżej wartość jest bardzo duża gdyż  $q$  zależy w dużym stopniu od uwzględnienia oddziaływania dynamicznego. Ze wzoru (12) wynika, że  $\varphi = 1,3$  gdy  $L = 10$  m. Zatem gdyby rozpatrywana była sytuacja zatoru, w którym uczestniczyły dwa pojazdy N2 uzyskuje się  $q = 72,5/1,3 = 55,8$  kN/m a więc wartość zbliżoną do podanej na rys. 7.

Analizowana wcześniej sytuacja mijania się samochodów dotyczy również okoliczności przejazdu równoległego samochodów jadących w tym samym kierunku, jak w przypadku wyprzedzania wynikającego z normalnego układu samochodów na obiekcie typu autostradowego.

## Obciążenia projektowe mostów

Współczesne mosty projektowane są na przejazdy pojazdów o dużej masie. W przypadku stosowania europejskich norm [10], schemat obciążeń ruchomych jest o postaci podanej na rys. 11. Układ obciążeń rozłożonych i skupionych jest podobny do modelu zatoru przedstawionego na rys. 3. W poprzednich zaleceniach normowych [9] stosowano również bardzo ciężki pojazd w postaci ciągnika K800. Konstrukcje mostów sprawdzano z uwagi

na przejazdy pojazdów wojskowych stanag 2021 o ciężarze: 1514 kN lub 1023 kN z naciskami na osie odpowiednio: 374 kN i 267 kN.

W przypadku starych, stuletnich mostów obciążenia były znacznie mniejsze [13]. Jako obciążenia projektowe z tego okresu były stosowane pojazdy w postaci walca drogowego o masie 24 tony oraz dwuosobowego samochodu o masie 12 ton. Jako obciążenie globalne stosowano równomiernie rozłożoną siłę, w zależności od rozpiętości mostu  $L > 25$  m, o intensywności

$$q = 5,25 - \frac{L}{100} \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (14)$$

Zatem obciążenia były znacznie mniejsze niż podano na rys. 11. Bardzo duża część tych, stuletnich mostów eksploatowana jest obecnie.

## Podsumowanie

W pracy analizowano bezpieczeństwo mostów drogowych podczas ich maksymalnego obciążenia pojazdami samochodowymi. Rozpatrywaną w pracy jest sytuacja pełnego obciążenia mostów występująca w trakcie zatoru drogowego. W pracy przedstawiono model prostego obiektu, jak na rys. 3 z analizą numeryczną, w której uwzględniono najcięższe pojazdy występujące na drogach w Polsce. Jako przypadek skrajny rozpatrzono obciążenie po-

wstałe od dwóch pojazdów ale na małym moście. Wyniki analiz odniesiono do rezultatów pomiarów wykonanych podczas zatoru na dużym moście o schemacie podwieszonym, przy losowym układzie pojazdów.

Maksymalne wartości  $q$  uzyskane z badań na obiekcie i analizy numeryczne z wykorzystaniem prostego modelu zatoru wykazują dużą zbieżność. Wobec tego intensywność obciążeń z zatoru na moście w Płocku jest porównywalna do rezultatów obliczeń gdy zakres rozpiętości dotyczy przeciętnych obiektów drogowych i pojazdów samochodowych, jak na rysunkach 4 i 6. Zatem przedstawione wyniki analizy parametrycznej mogą być odzwierciedleniem sytuacji spotykanych na większości mostów drogowych [1].

W pracy przedstawiono algorytm porównawczy, służący do wyznaczenia obciążenia zastępczego z ogólnym wzorem (7). Jest on przystosowany do kalibrowania współczynników obciążenia pasów ruchu na moście o jednym kierunku jazdy (typu autostradowego). Wówczas można analizować wartości  $q_{ik}$  występujące w EN [10], jak na rys. 11. Zakres możliwości analiz parametrycznych jest bardzo duży, został on celowo pominięty w pracy. Do analiz bezpieczeństwa mostów preferowane było wcześniej ujęcie probabilistyczne [13]. Niniejsza praca jest kolejną z zakresu ustalania obciążeń projektowych

mostów w Polsce. Od dawna dyskutowana jest kwestia załącznika krajowego do normy EN [10]. Do realizacji tego celu niezbędne są pomiary intensywności obciążeń, wykonywane nie tylko na mostach ale również drogach [14, 15] bowiem w obydwu konstrukcjach występują te same pojazdy.

Na rys. 3 podano schemat analizowanej w pracy konstrukcji z betonu. Algorytm porównawczy omówiono na przykładzie przęsła dwudźwigarowego i układu płytowo-belkowego. Taki sposób analizy obejmuje również inne rodzaje mostów stalowych o budowie dwudźwigarowej np. mosty kratowe czy łukowe, jak na rys. 12. W przypadku mostu kratowego linie wpływu siły osiowej w pasie górnym (lub dolnym) są o takim samym kształcie jak linia wpływu momentów zginających w dźwigarze głównym konstrukcji podanej na rys. 3. Gdy analizowany jest most belkowy wzmocniony łukiem wynik analizy zależy również od analizowanej siły wewnętrznej i schematu statycznego konstrukcji a ściśle linii wpływu. Dotyczy to również wieloprzęsłowych mostów o schemacie belkowym. ◀

### Materiały źródłowe

- [1] Machelski C.: Ruchome obciążenia obiektów mostowych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław, 2015.
- [2] Łaziński P., Salamak M.: O badaniach mostów pod próbnym obciążeniem. Inżynieria i Budownictwo nr 5-6/2010 s. 300-303.
- [3] Rymsza J.: Próbne obciążenia obiektów mostowych a obciążenia eksploatacyjne. Inżynieria i Budownictwo nr 10/1999 s. 584-586.
- [4] Oleszek R.: Rezerwy nośności betonowych obiektów mostowych a ich modele obliczeniowe. Politechnika Warszawska. Rozprawa doktorska, Warszawa 2020
- [5] Bień J., Kmita J., Zwolski J.: Próbne

obciążenia mostu autostradowego przez Wisłę koło Torunia. Inżynieria i Budownictwo nr 9/1999 s. 481-486.

- [6] Machelski C., Hildebrand M.: Wzmacnianie mostu z uwagi na bardzo duże obciążenie drogowe. Przegląd Komunikacyjny 8/2017 s. 5-10.
- [7] Machelski C., Hildebrand M.: Estimation of influences on a cable-stayed bridge on the basis of force changes in the stays recorded by Monitoring System. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* (2021) 5:1-9.
- [8] Machelski C., Hildebrand M.: Estimation of influences on a cable-stayed bridge on the basis of force changes in the stays recorded by Monitoring System. *Journal of Civil Structural Health Monitoring* (2015) 5:1-9.
- [9] Norma PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [10] Euronorma PN-EN 1991-2: 2007. Obciążenia ruchome mostów.
- [11] Chelstowski Ł., Oleszek R., Radomski W.: O możliwościach modelowania przęseł dwubelkowych mostów betonowych. Inżynieria i Budownictwo nr 7-8/2013 .
- [12] Machelski Cz.: Reliability assessment of structural elements of old bridges. *Archives of Civil Engineering*, XLVI, 3, 2000 s. 405 – 418.
- [13] Löser B.: *Bemessungsverfahren. Zahlentafeln und zahlenbeispiele.* Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1938.
- [14] Wardęga R.: Wpływ struktury ruchu na nośność nawierzchni drogowych. Praca doktorska, Politechnika Wroclawska, raport PRE 2/2006
- [15] Szydło A., Wardęga R.: Porównanie współczynników agresywności pojazdów w Polsce i Unii Europejskiej. *Drogownictwo* 5/2003.

### Dobiegają końca spotkania informacyjne w sprawie obwodnicy Złotego Stoku

Andrzej Zwoliński, Gazeta Wroclawska, 24.01.2022

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad zaprezentowała wstępne korytarze przebiegu obwodnicy Złotego Stoku w ciągu drogi krajowej nr 46 na terenie gminy Kamieniec Żąbkowicki. Za nami seria spotkań informacyjnych z mieszkańcami gmin, przez które przebiegać miałaby obwodnica. Swoje uwagi do proponowanych planów mogą składać jeszcze do 7 lutego. Inwestycja jest obecnie na etapie tworzenia „Studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego”, podczas którego analizowane są przebiegi korytarzy obwodnicy Złotego Stoku w ciągu DK46, jako drogi klasy głównej ruchu przyspieszonego. Trasa będzie miała długość około 8 km. Analizowanych jest siedem jej wariantów (...). Wiosną ubiegłego roku GDDKiA we Wrocławiu rozstrzygnęła przetarg na opracowanie dokumentacji dla obwodnicy Złotego Stoku. Najkorzystniejszą okazała się oferta firmy BBKS Projekt. Firma wykona pracę za kwotę ponad 4,4 mln zł (...).

### Droga S7 Kraków - Myślenice. Poznaliśmy sześć możliwych wariantów przebiegu nowej trasy

Katarzyna Hołuj, Gazeta Krakowska, 28.01.2022

Po spotkaniu samorządowców z ministrem infrastruktury Andrzejem Adamczykiem, wojewodą Małopolskim Łukaszem Kmitą i inżynierami GDDKiA, którzy opracowali Studium Korytarzowe dla odcinka drogi ekspresowej S7 Kraków-Myślenice, wiadomo już, że korytarzy, którymi może bieć jest sześć. Najkrótszy ma 23,6 km, a najdłuższy 29,1 km. Docelowo droga S7 ma być drogą ekspresową na całej długości, czyli z Gdańska do Rabki-Zdroju. Jednak podczas kiedy nowe fragmenty tej trasy są albo oddawane do użytku, albo w budowie, albo na etapie przygotowań, nic nie działa się w sprawie odcinka Kraków-Myślenice. Na południe od Krakowa bowiem ekspresówka zaczyna się dopiero 30 km dalej, tuż za Myślenicami (...). Niejących już odcinków dróg wraz ze ścieżkami rowerowymi i chodnikami. Powstanie nowy most na rzece Lubcza, wybudowana zostanie kanalizacja deszczowa oraz przebudowane będą istniejące już przepusty, oraz powstaną też nowe (...).