



WYDZIAŁ INŻYNIERII
LĄDOWEJ I
TRANSPORTU

BUDOWNICTWO MOSTOWE I

Ćwiczenia projektowe





Obciążenia zmienne



Omawiany zakres projektu

3. Dane dotyczące obciążeń użytkowych

- Ogólny opis modelu obciążenia (wg PN-EN 1991-2) (szkic)
- Podział jezdni na pasy umowne (szkic)
- Zestawienie wartości obciążeń charakterystycznych od obciążeń użytkowych z uwzględnieniem współczynników zależnych od klasy drogi (tabela)



Modele obciążeń zmiennych należy przyjmować wg PN-EN 1991-2 **Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, część 2: Obciążenia ruchome mostów** dla mostów o długości mniejszej niż **200 m** i jezdni o szerokości nie większej niż **42 m**.

Modele są przygotowane z nadwyżką dynamiczną dla obciążeń wynikających ruchu drogowego: samochodów osobowych, ciężarowych i pojazdów specjalnych.

Ruch pojazdów może różnić się składem (np. większy udział ruchu pojazdów ciężarowych), natężeniem, ekstremalnymi ciężarami pojazdów i naciskami ich osi itd.

Różnice te można uwzględnić poprzez odpowiednie dopasowanie modeli obliczeniowych np. poprzez dobór współczynników dostosowawczych α .



Modele i związane z nimi reguły uwzględniają wszystkie typowe sytuacje ruchu pojazdów występujące podczas eksploatacji obiektu.

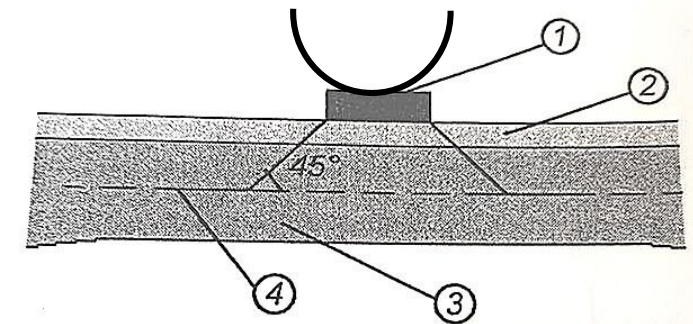
Modele nie opisują obciążeń rzeczywistych. Zostały dobrane i skalibrowane w taki sposób, aby ich skutki przedstawiały skutki ruchu rzeczywistego w krajach europejskich w roku 2000.

W przypadku mostów drogowych za najbardziej niekorzystne obciążenie ruchome uważane są Modele Obciążeń 1 i 2 (LM1 i LM2).

Podział jezdni na pasy umowne

Szerokość jezdni należy liczyć **między krawężnikami** lub wewnętrznymi krawędziami barier ochronnych. Ilość pasów umownych zależy zatem tylko od szerokości jezdni.

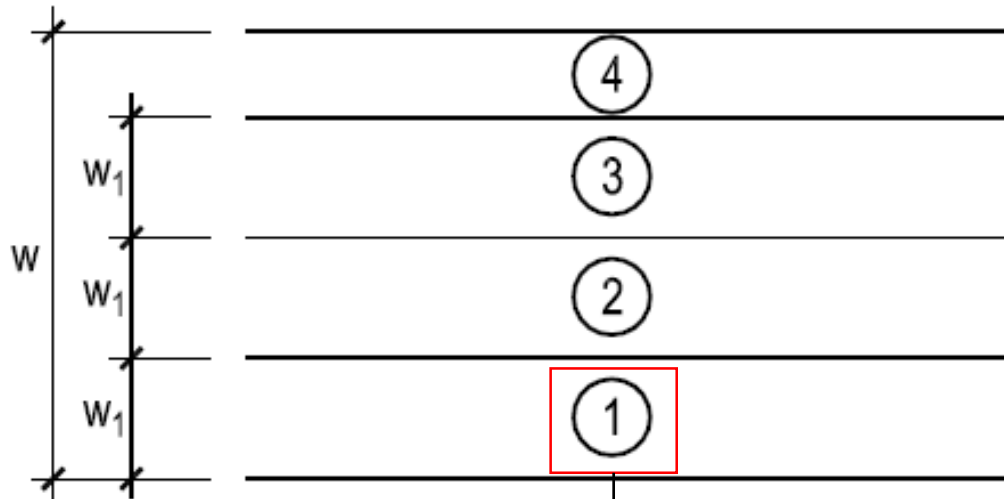
Położenie i kolejność umownych pasów na jezdni powinno być dobrane w taki sposób, aby efekty wywołane ustawionymi na nich modelami były najbardziej niekorzystne. **Pas nr 1 należy ustawiać nad ekstremalnymi rzędnymi linii / powierzchni wpływu.**



Objaśnienia

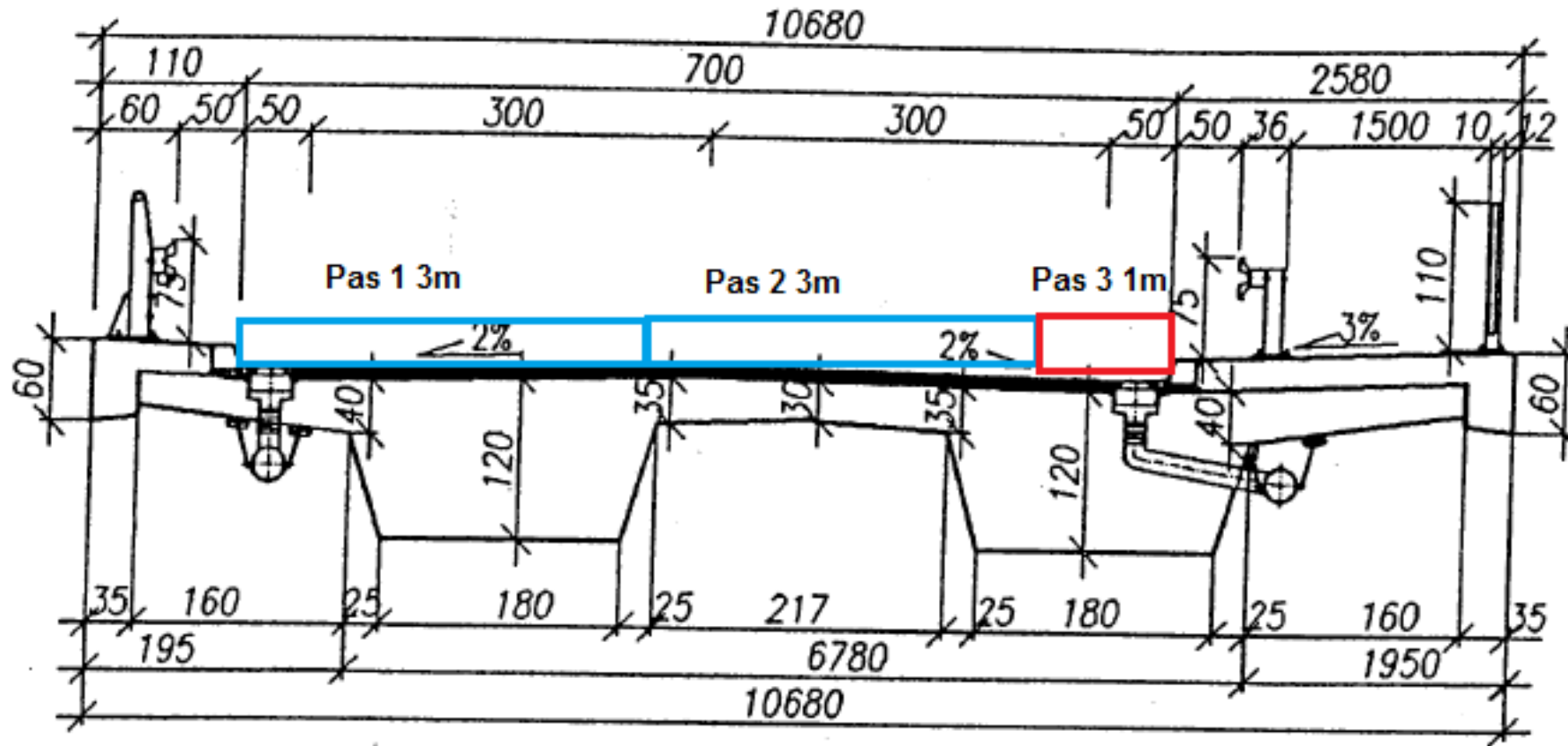
- 1 Ciśnienie kontaktowe koła
- 2 Nawierzchnia
- 3 Płyta betonowa
- 4 Płaszczyzna środkowa płyty betonowej

Pasy rozkładamy dowolnie aby osiągnąć najbardziej niekorzystne oddziaływanie – na podstawie linii wpływu.



Szerokość jezdni „w”	Liczba pasów umownych	Szerokość pasa umownego „w _i ”	Szerokość obszaru pozostałego
$w < 5,4\text{m}$	$n_1 = 1$	3,0 m	$w - 3,0\text{m}$
$5,4\text{m} \leq w < 6,0\text{m}$	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6,0\text{m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3,0 m	$w - 3 \cdot n_1$

Pas umowny numer 1 o szerokości 3m lub $w/2$





Modele obliczeniowe

Norma wyróżnia 4 modele obciążeń zmiennych LM (ang. *load models*):

- **LM1 – obciążenia skupione i równomiernie rozłożone obejmujące większość ruchu samochodów ciężarowych i osobowych; stosowany do sprawdzeń ogólnych i lokalnych**
- LM2 – pojedynczy nacisk osi przyłożony do określonych powierzchni kontaktu opony z nawierzchnią, stosowany dla krótkich elementów konstrukcyjnych (od 3 do 7 m)
- LM3 – zbiór nacisków osi tworzących pojazdy specjalne, które mogą poruszać się po drogach dopuszczonych do obciążeń nienormatywnych; stosowany do sprawdzeń ogólnych i lokalnych
- LM4 – obciążenie tłumem do sprawdzeń ogólnych.



Model obciążenia LM1

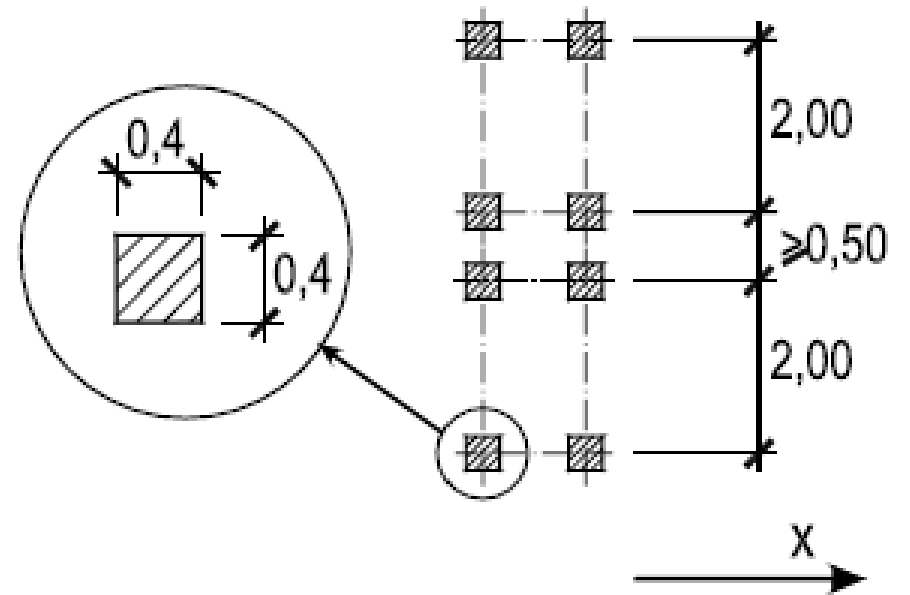
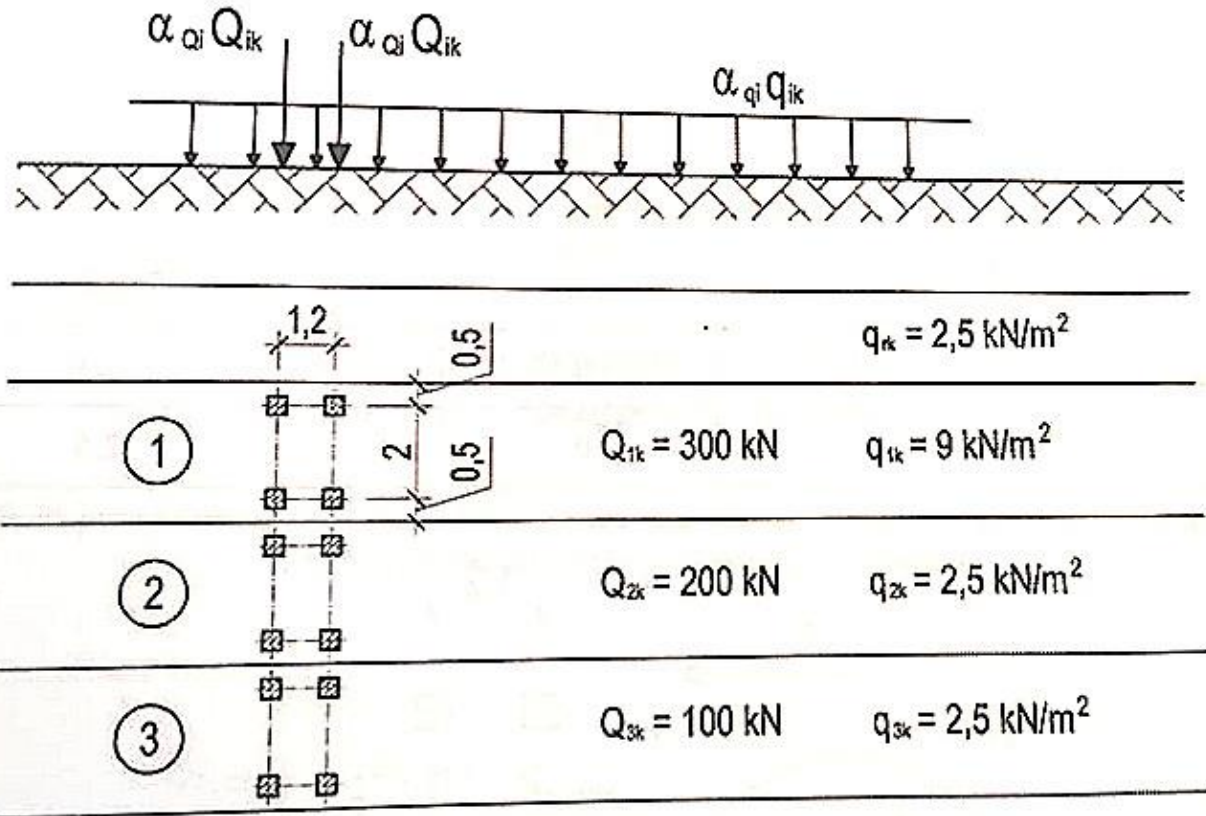
Model obciążenia LM1 składa się z dwóch układów częściowych:

- dwuosiowych obciążeń skupionych (układ tandemowy TS, ang. *tandem systems*) o nacisku na oś $\alpha_Q Q_k$
- obciążeń równomiernie rozłożonych (układ UDL, ang. *uniformly distributed loads*) o nacisku podanym na 1m^2 pasa umownego, o wartości $\alpha_q q_k$

Na pasie umownym należy uwzględniać jeden pełny układ tandemowy (który działa obciążająco) w postaci dwóch identycznych kół z naciskiem $0,5 \alpha_Q Q_k$.

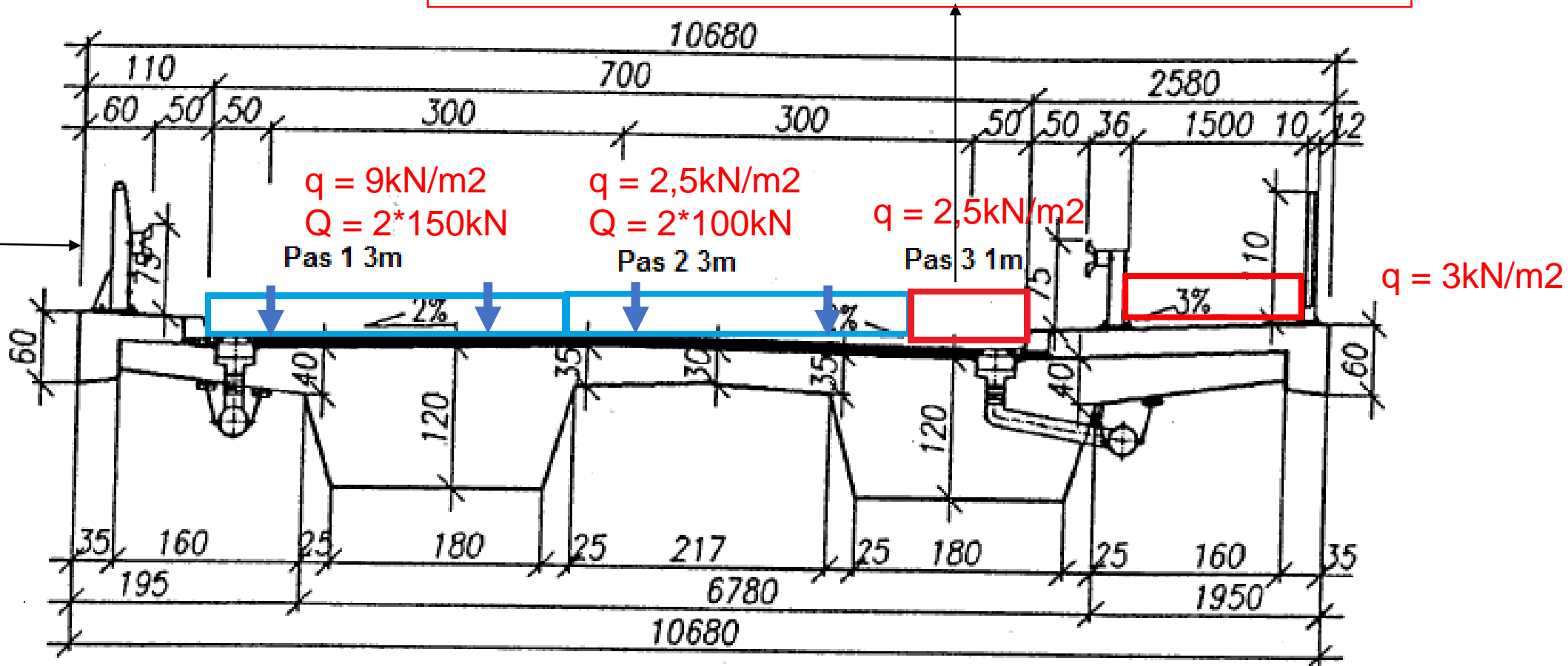
Powierzchnia kontaktu koła należy przyjmować za kwadrat o boku $0,4\text{ m}$.

Wartości współczynników dostosowawczych α należy dobierać w zależności od przewidywanego ruchu oraz w zależności od klasy drogi.



Nie wstawiamy tandemu na pasie, na którym się nie zmieści

Przy braku chodnika nie wstawiamy obciążenia



Rozmieszczenie pasów jest dowolne, pas 1 (gdzie $q=9 \text{ kN/m}^2$, $Q = 300 \text{ kN}$) może więc znajdować się pomiędzy pasem 2 a 3 – decydujemy o umieszczeniu na podstawie linii wpływu!

Chodniki i ścieżki rowerowe mostów obciąża się obciążeniem równomiernie rozłożonym q_{fk} o wartości 3 kN/m^2 (w kombinacji z LM1) **tylko na dodatnich częściach linii wpływu.**

W przypadku braku bariery ochronnej na chodniku w obliczeniach należy również uwzględnić obciążenie pojazdem.

Tablica 4.4

Rodzaj obciążenia	JEZDNIA						CHODNIKI I ŚCIEŻKI ROWEROWE
	Siły pionowe				Siły poziome		Tylko siły pionowe
Pozycja	4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2-(1)
Układ obciążenia	LM1 (układy TS i UDL)	LM2 (osć pojedyncza)	LM3 (Pojazdy specjalne)	LM4 (Obciążenie tłumem)	Siły hamowania i przyspieszenia	Siły odśrodkowe i poprzeczne	Obciążenie równomiernie rozłożone
Grupy Obciążeń	gr 1a	Wartość charakterystyczna					Wartość kombinacji ^b
	gr 1b		Wartość charakterystyczna				
	gr 2	Wartość czasowa				Wartość charakterystyczna	Wartość charakterystyczna
	gr 3 ^d						Wartość charakterystyczna
	gr 4				Wartość charakterystyczna		Wartość charakterystyczna ^c
	gr 5	Patrz Załącznik A		Wartość charakterystyczna			
Dominująca składowa oddziaływania (oznaczona jako składowa związana z grupą)							
^a Może być określona w załączniku krajowym. ^b Może być określona w załączniku krajowym. Zalecana wartość 3 kN/m^2 . ^c Patrz 5.3.2.1-(2). Tylko jeden chodnik należy rozpatrywać jako obciążony, jeśli jego efekt jest bardziej niekorzystny niż efekt obciążenia dwóch chodników. ^d Ta grupa jest niemiernarodajna, jeśli rozpatrywana jest gr 4.							



Klasy obciążenia taborem

W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 1.08.2019 zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie wprowadzono sposób przyjmowania **klas obciążenia taborem samochodowym**.

Klasy obciążenia przyjmuje się ze względu na klasę drogi.

Klasa drogi	Klasa obciążenia taborem samochodowym
A, S, GP, G	klasa I
Z, L, D	co najmniej klasa II



Klasa obciążenia pojazdami samo- chodowymi	Wartości współczynników dostosowawczych					
	α_{Q1}	$\alpha_{Q,i}, i > 2$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{q,i}, i \geq 3$	α_{qr}
Klasa I	1	1	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1	1	1	1	1	1

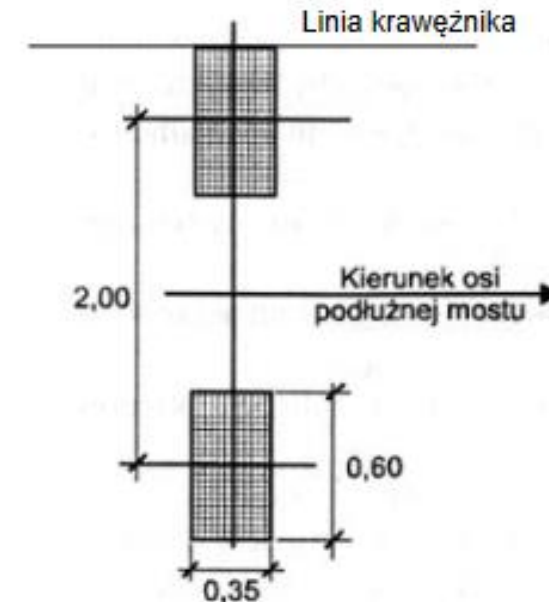
Model obciążenia LM2

W modelu występuje pojedynczy tandem o wartości obciążenia $\beta_Q Q_{ak}$, gdzie $Q_{ak} = 400$ kN (zawiera nadwyżkę dynamiczną). β_Q przyjmuje się równe 1,0 (Dz.U. Poz. 1642). Można zastosować tylko jedno koło o nacisku 200 kN

Obciążenie LM2 ustawia się w dowolnym miejscu wywołującym najniekorzystniejsze wartości sił wewnętrznych; w pobliżu dylatacji obciążenie LM2 należy przemnażyć przez współczynnik dynamiczny:

$$\Delta\varphi_{fat} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{D}{6}\right) \quad \Delta\varphi_{fat} \geq 1,0$$

D – odległość rozpatrywanego przekroju od urządzenia dylatacyjnego



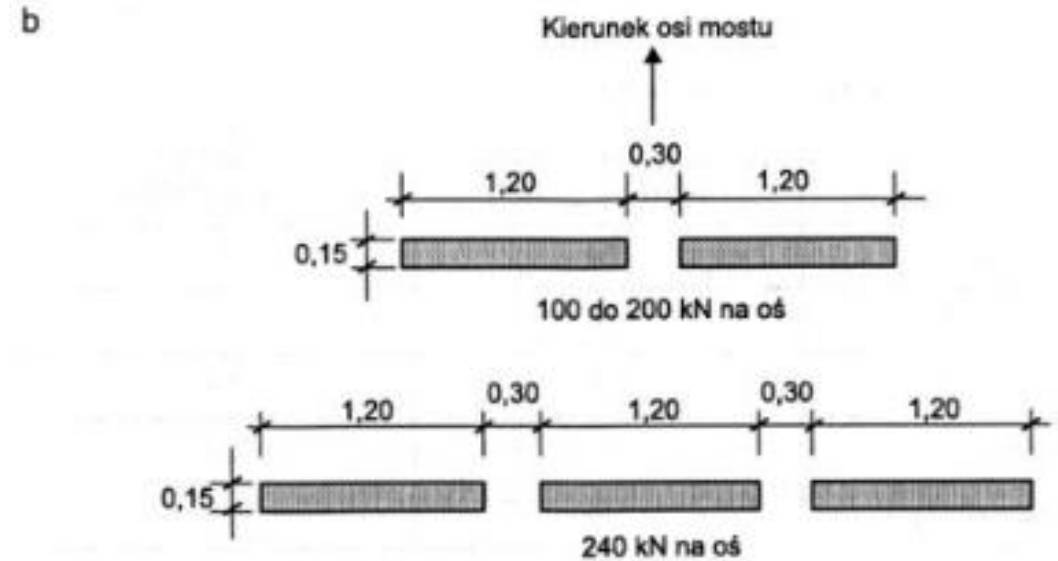
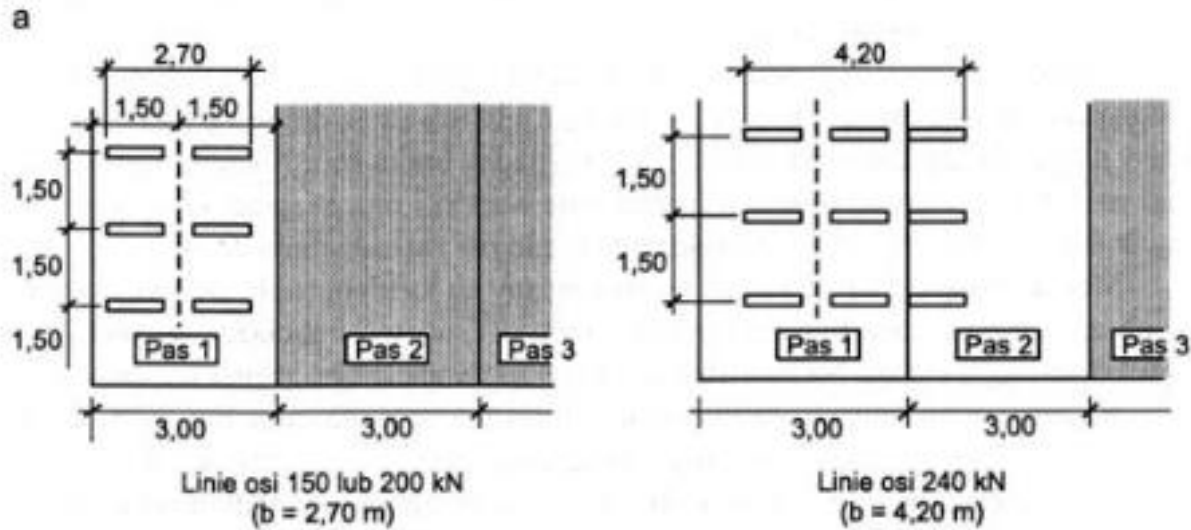


Model obciążenia LM3

Model obejmuje obciążenia pojazdami specjalnymi i stosowany jest na specjalne życzenie klienta. Jako pojazdy specjalne definiuje się pojazdy niespełniające wymagań wynikających z krajowych przepisów dotyczących ograniczeń ciężarów i wymiarów pojazdów typowych. Takie pojazdy mogą być włączone do ruchu na drogach na podstawie zezwolenia.

- Występuje 8 klas pojazdów specjalnych o ciężarze od 600 do 3600 kN
- liczba rozpatrywanych modeli może być różna i zależy od zamawiającego (inwestora)
- obciążenie LM3 ustawia się na jednym (tylko nr 1) bądź dwóch (nr 1 i 2) umownych pasach ruchu
- wartość obciążenia LM3 uwzględnia współczynnik dynamiczny
- prędkość przejazdu obciążenia LM3 zakłada się o wartości 5 km/h

Model obciążenia LM3





Model obciążenia LM4

Model obciążenia LM4 obejmuje obciążenie tłumem pieszych na jezdni drogowej (bez ograniczania go do chodnika). Stosowany jest tylko na specjalne życzenie klienta. Składa się z obciążenia równomiernie rozłożonego o wartości $5,0 \text{ kN/m}^2$. Zawiera nadwyżkę dynamiczną; ustawia się go na pomoście z wyjątkiem pasa dzielącego (jeśli występuje).