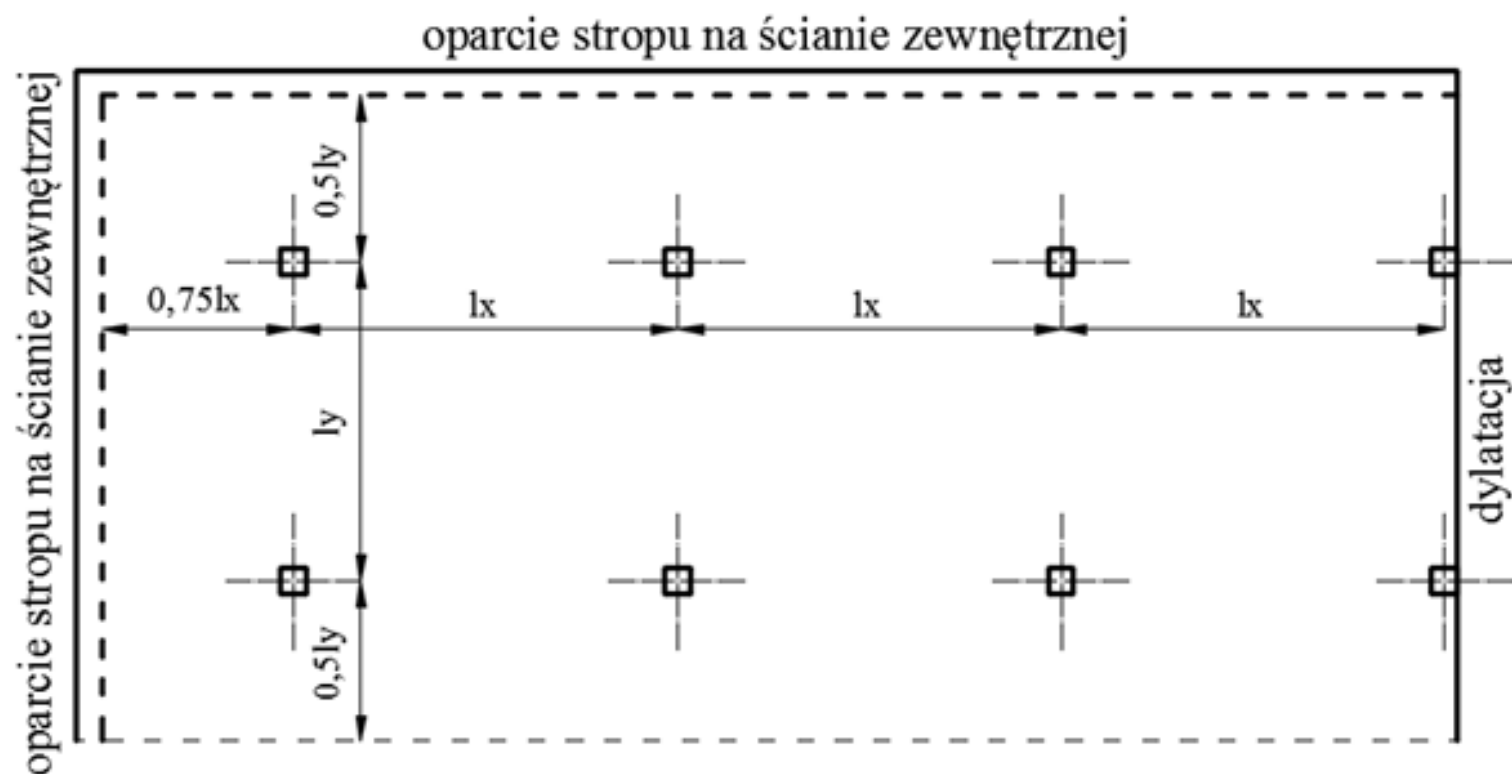


strop garażu podziemnego
(przejścia podziemnego)
zebranie obciążeń

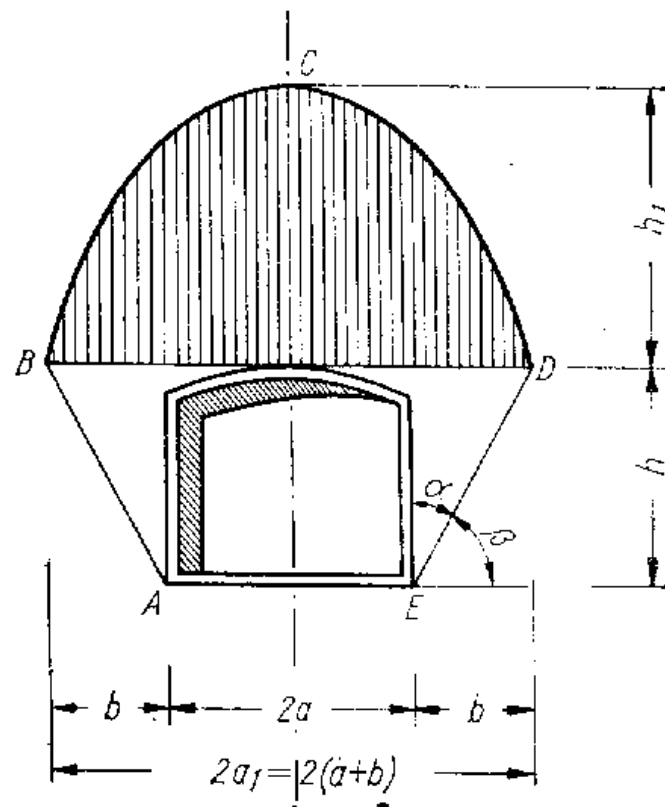
2. Wykonać projekt fragmentu stropu krzyżowo zbrojonego o zadanym schemacie, w następującym zakresie:
 - zebranie obciążeń, odpowiednich dla lokalizacji obiektu podziemnego z pkt.1
 - obliczenia statyczne i wymiarowanie stropu
 - sporządzenie rysunku konstrukcyjnego (1:50)



$l_x = \dots\dots\dots [m]$ $l_y = \dots\dots\dots [m]$

Obciążenia tuneli głębokich

- Podstawowym założeniem jest uwzględnienie sklepienia gruntowego co powoduje wydatne zmniejszenie obciążeń w porównaniu z ciężarem masy gruntu nad tunelem;
- Obciążenia naziomu są pomijalnie małe;
- Zakłada się, że ruch gruntu może nastąpić tylko w obszarze ABCDE. Poza tym obszarem grunt pozostaje nienaruszony.



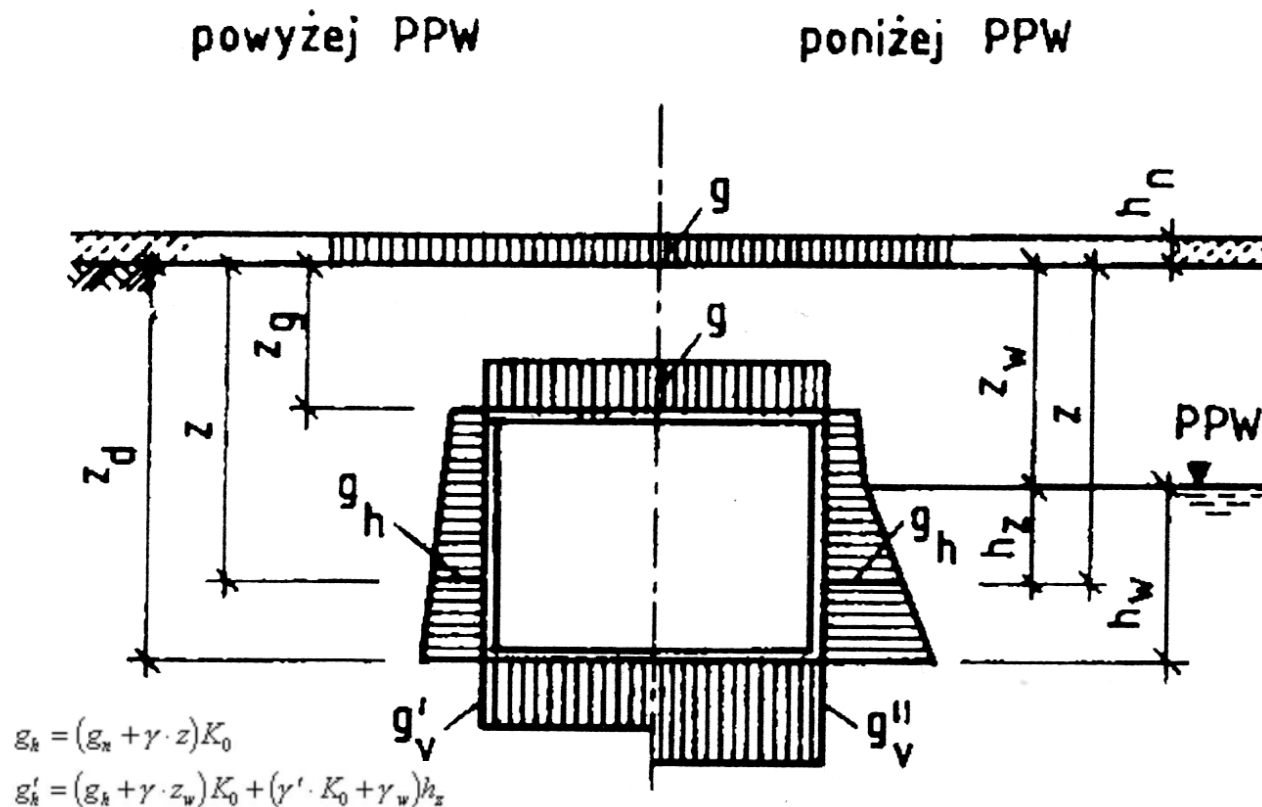
Rozkład ciśnień gruntu na obudowę tunelu (wg Protodiakonowa)

Obciążenia płytkich budowli podziemnych

- Dla obiektów płytkich zakłada się brak powstającego nad nimi przesklepienia w gruncie, stąd przejmują one obciążenie zmienne naziomu. Uwzględnia się więc obciążenie taborem samochodowym, tramwajowym, tłumem ludzi itp.,
- Dla obiektów pod drogami uwzględnia się redukujące obciążenia działanie nawierzchni ulicznych (drogowych) i podkładów kolejowych;
- Można zakładać rozchodzenie się obciążeń skupionych w gruncie pod kątem 38 - 45 stopni (w zależności od rodzaju gruntu) uzyskując przybliżone naprężenia w gruncie nad konstrukcją przekrycia. Bardziej precyzyjne modele do analizy naprężeń w gruncie podaje mechanika gruntów.

Obciążenia tuneli płytkich cd.

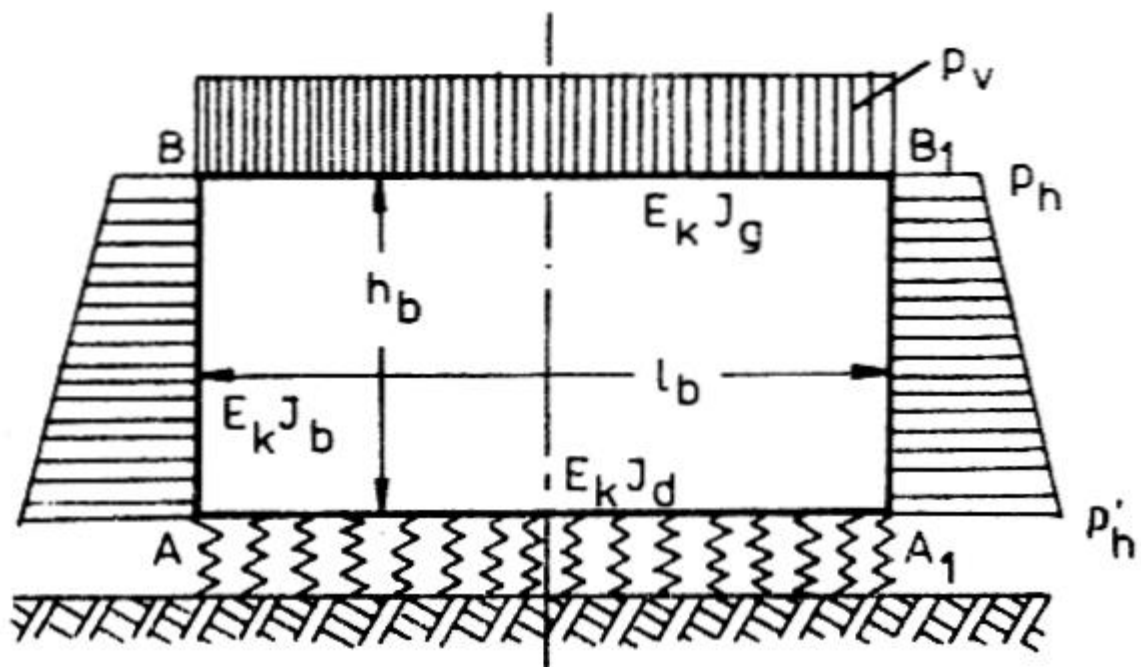
- uwzględnia się ciężar prostokątnej bryły gruntu nad obiektem (ewentualne zmniejszenie ciężaru poprzez uwzględnienie tarcia na ścianach wykopu);
- na ściany boczne tunelu działa parcie (najczęściej spoczynkowe);
- reakcję podłoża oblicza się z uwzględnieniem ciężaru konstrukcji, w zależności od modelu podłoża (podłoże sprężyste, podłoże sztywne);
- uwzględnić należy wodę gruntową - w tym siłę wyporu zgodnie z prawem Archimedesesa !



Obciążenia jednostkowe, działające na budowę całkowicie zagłębioną

za PN 88/B-02014: Obciążenia budowli. Obciążenia gruntem.

norma podaje obciążenia powierzchni terenu przyjmowane dla płytkich obiektów podziemnych, w tym również dla terenów zielonych. Powyższy rysunek przedstawia założenie modelu sztywnego podłoża gruntowego z jego skierowaną w górę reakcją – obciążenie g_v .



„podłoże sprężyste”

Klasy dróg publicznych

- **autostrady** (oznaczane symbolem **A**),
- **drogi ekspresowe** (oznaczane symbolem **S**),
- **drogi główne ruchu przyspieszonego** (oznaczane symbolem **GP**),
- **drogi główne** (oznaczane symbolem **G**),
- **drogi zbiorcze** (oznaczane symbolem **Z**),
- **drogi lokalne** (oznaczane symbolem **L**),
- **drogi dojazdowe** (oznaczane symbolem **D**).

Kategoria drogi	klasa drogi
krajowa	A, S, GP, wyjątkowo Z
wojewódzka	G, Z, wyjątkowo GP
powiatowa	G, Z, wyjątkowo L
gminna	L, D, wyjątkowo Z

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 dnia 3 sierpnia 2000 r.)

(Dz.U. Z 2000r. Nr 63, poz. 735 z późn. zm.)

KLASY OBCIĄŻEŃ TABOREM SAMOCHODOWYM OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

1. Klasy obciążeń taborem samochodowym obiektów inżynierskich zależne od klasy drogi określa tabela:

Klasa drogi	Klasa obciążenia taborem samochodowym według PN-85/S-10030
A, S, GP, G	A
Z, L	co najmniej B
D	co najmniej C

A – autostrada,
S – droga ekspresowa,
GP – droga główna ruchu przyspieszonego,
G – droga główna,
Z – droga zbiorcza,
L – droga lokalna,
D – droga dojazdowa.

ZAŁĄCZNIK Nr 3

POJAZDY SPECJALNE WEDŁUG UMOWY STANDARYZACYJNEJ NATO (STANAG 2021)

- 1. Pojazd specjalny - klasa 150 2. Pojazd specjalny - klasa 100**

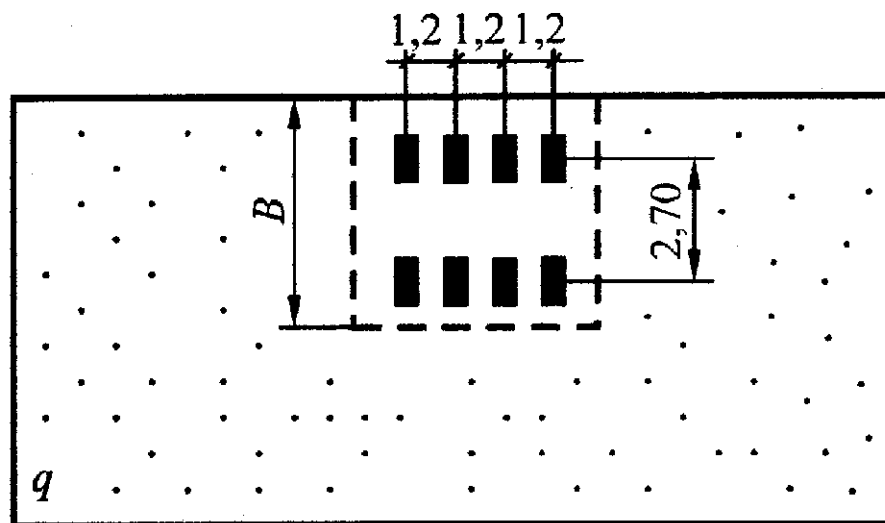
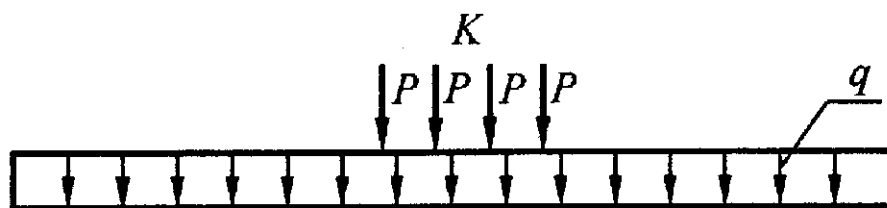
jako obciążenie pomostów odpowiednio dla obiektów nowych i przebudowywanych

Obciążenia taborém samochodowym,

Klasa obciążeń	Mnożnik dla klasy A	Obciążenie q , kN/m ²	Obciążenie K , kN	Nacisk na oś, kN
A	1,00	4,00	800	200
B	0,75	3,00	600	150
C	0,50	2,00	400	100
D	0,40	1,60	320	80
E	0,30	1,20	240	60

Ciężary pojazdów dopuszczonych do eksploatacji dla klas obciążeń A – E

Klasa	A	B	C	D	E
Ciężar, kN	500	400	300	200	150

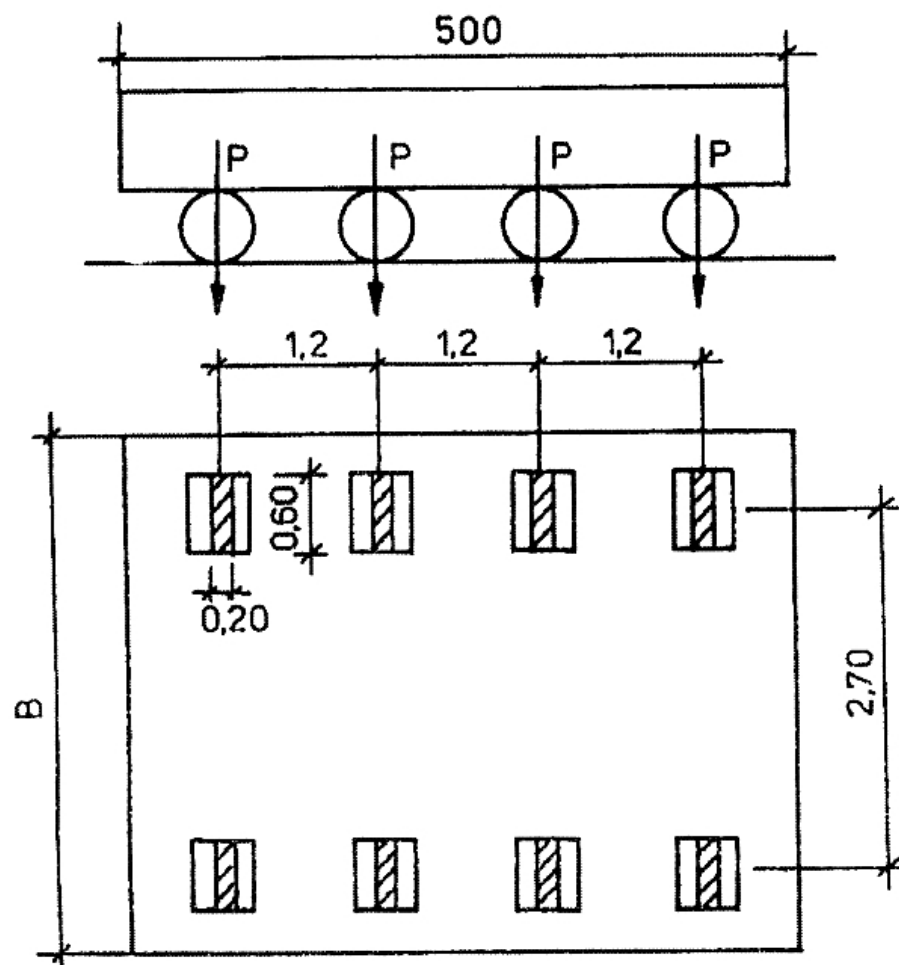


B - szerokość pasa ruchu

Schemat obciążenia od taboru samochodowego

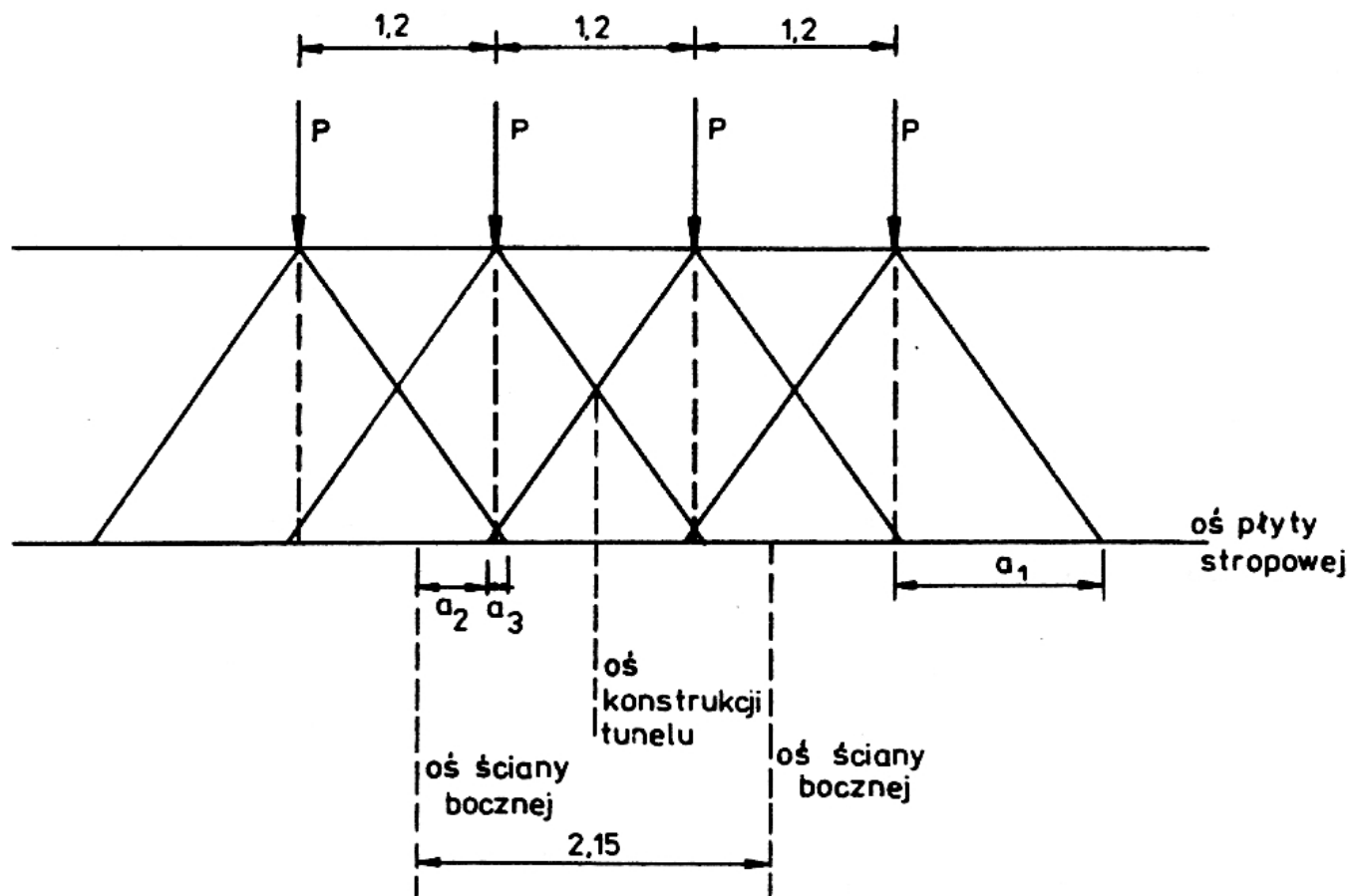
PN 85/S-10030: Obiekty mostowe. Obciążenia.

Alternatywnie modele obciążenia LM1-LM4 wg PN EN 1991-2



Pojazd samochodowy przyjmowany do obliczeń

Najniekorzystniejsze położenie pojazdu w stosunku do osi konstrukcji tunelu





DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 20 lipca 2022 r.

Poz. 1518

**ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA INFRASTRUKTURY¹⁾**

z dnia 24 czerwca 2022 r.

w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych^{2), 3)}

§ 108. 1. Most, wiadukt lub konstrukcję oporową projektuje się w szczególności na obciążenie ruchome:

1) według modelu LM1, w zależności od klasy obciążenia pojazdami samochodowymi:

- a) klasy I – w przypadku mostu, wiaduktu lub konstrukcji oporowej usytuowanych w ciągu drogi klasy A, S, GP lub G,
- b) co najmniej klasy II – w przypadku mostu, wiaduktu lub konstrukcji oporowej usytuowanych w ciągu drogi klasy Z, L lub D;

2) według modelu LM2, z założeniem, że wartość współczynnika dostosowawczego wynosi $\beta_Q = 1,00$.

2. Wartości współczynników dostosowawczych, które dotyczą modelu LM1 i danej klasy obciążenia pojazdami samochodowymi, przyjmuje się zgodnie z tabelą:

Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi	Wartości współczynników dostosowawczych					
	α_{Q1}	α_{Qi} $i > 2$	α_{q1}	α_{q2}	α_{qi} $i \geq 3$	α_{qr}
Klasa I	1,00	1,00	1,33	2,40	1,20	1,20
Klasa II	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

3. Most, wiadukt lub konstrukcję oporową, które są usytuowane w ciągu drogi krajowej lub w ciągu drogi o znaczeniu obronnym niebędącej drogą krajową, projektuje się na obciążenie pojazdami specjalnymi zgodnie z załącznikiem nr 2 do rozporządzenia.

4. Przejście górne dla zwierząt projektuje się na obciążenie ruchome, tak jak na obciążenie pojazdami samochodowymi klasy II, z założeniem, że wartości współczynników dostosowawczych wynoszą $\alpha = 0,50$.

5. Tunel lub przepust projektuje się na obciążenie pojazdami samochodowymi lub specjalnymi, które znajdują się nad tunelem lub przepustem lub w ich pobliżu, jeżeli to obciążenie stanowi nie mniej niż 5% ich obciążenia stałego.

6. Drogowe obiekty inżynierskie usytuowane w ciągu danej drogi projektuje się na takie same obciążenia.

7. W przypadku istniejącego mostu lub wiaduktu dopuszcza się przyjęcie innych obciążeń, pod warunkiem wprowadzenia zakazu poruszania się pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej, która przekracza nośność użytkową tego mostu lub tego wiaduktu albo klasę MLC.

Załącznik nr 2

OBCIĄŻENIE POJAZDAMI SPECJALNYMI

1. Obciążenie pojazdami specjalnymi, wynikające z umowy standaryzacyjnej NATO – STANAG 2021, jest obciążeniem o wartościach charakterystycznych, zawierającym nadwyżkę dynamiczną, dla którego przyjmuje się wartość współczynnika częściowego $\gamma_Q = 1,35$ oraz schematy pojazdów specjalnych określone w ust. 6.

2. Mosty i wiadukty z co najmniej dwoma pasami ruchu na jezdni projektuje się na cztery klasy MLC. W zależności od klasy obciążenia pojazdami samochodowymi obiekty obciąża się pojazdami kołowymi i gąsienicowymi, które są usytuowane w jednej kolumnie i w dwóch kolumnach zgodnie z poniższą tabelą:

Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi	Klasa MLC			
	pojazdy kołowe		pojazdy gąsienicowe	
	jedna kolumna	dwie kolumny	jedna kolumna	dwie kolumny
Klasa I	150	100	120	80
Klasa II	120	80	100	60

6. Schematy pojazdów specjalnych dla poszczególnych klas MLC

Klasa MLC	Pojazdy gaśnicowe	Pojazdy kolowe	
		obciążenie [t] i rozstaw osi [m]	rozstaw osiowy kół na osi pojazdu [m]
150	-		
120			
100			
80			
60			
40			



**Polski Komitet
Normalizacyjny**

POLSKA NORMA

ICS 91.010.30; 93.040

PN-EN 1991-2

maj 2007

Wprowadza

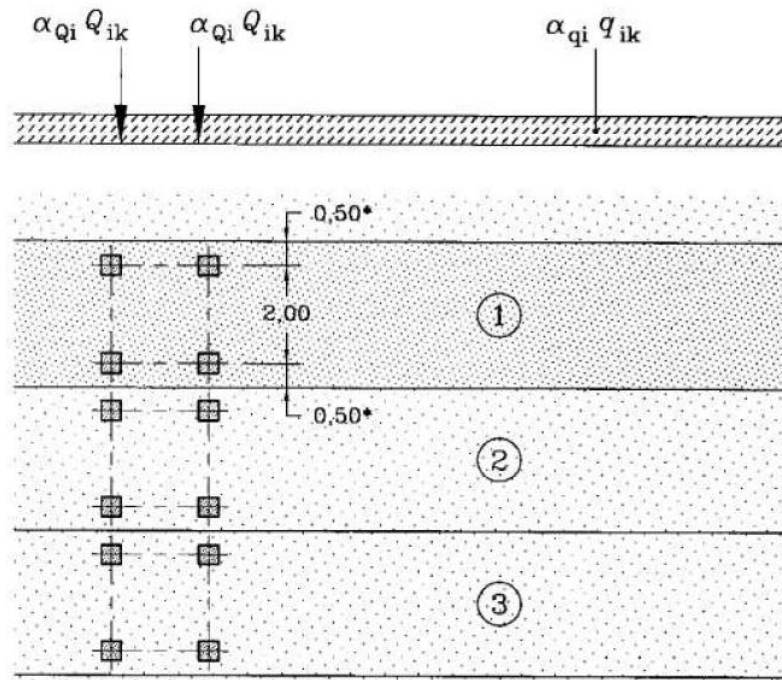
EN 1991-2:2003, IDT

Zastępuje

PN-EN 1991-2:2005 (U)

**Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
Część 2: Obciążenia ruchome mostów**

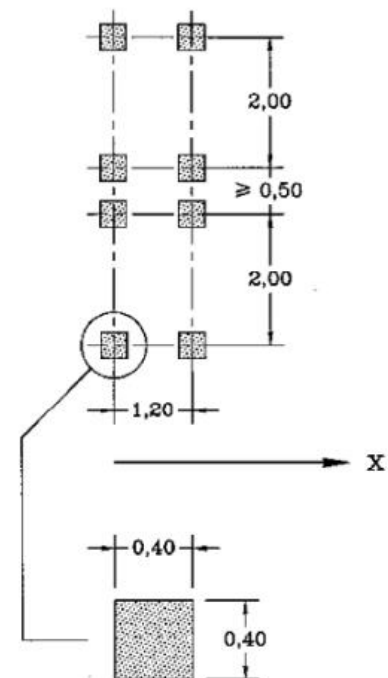
Modele obciążeń pionowych z wyróżnieniem LM1 (ogólnie LM1 – LM4)



sprawdzenie ogólne

Tablica 4.2 – Model Obciążenia 1: wartości charakterystyczne

Położenie	Układ tandemowy TS	Układ UDL
	Obciążenia osi Q_{ik} (kN)	q_{ik} (lub q_{rk}) (kN/m ²)
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_{rk})	0	2,5



Stosowanie układów tandemowych
do sprawdzeń lokalnych

Modele obciążeń zawierają w sobie
tzw. nadwyżkę dynamiczną.

PN 88/B-02014: *Obciążenia budowli. Obciążenia gruntem.*

norma dla terenów zielonych zakładała przyjęcie obciążenia równomiernie rozłożonego na polu o nieograniczonej powierzchni o wartości 5 kPa i nie mniej niż samochodem ciężkim z ładunkiem wg. PN-82/B-02004 (*Obciążenia budowli Obciążenia zmienne technologiczne Obciążenia pojazdami*) (jeden samochód na stropie obiektu podziemnego)

Można było przyjmować obciążenie zgodnie ze schematem pojazdu lub zastępcze obciążenie rozłożone na ograniczonej powierzchni (8 X 2,6 m) o wartości 10 kPa

- a) jeśli teren jest ogólnie dostępny, miejski lub rolniczy, to przyjmuje się obciążenie naziomu nie mniejsze niż pojedynczym samochodem ciężarowym ciężkim, z ładunkiem według PN-82/B-02004, lecz nie mniejszym niż $5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ w polu o powierzchni nieograniczonej,

Jednostkowe charakterystyczne obciążenie p_z zastępcze równomiernie rozłożone w gruncie na głębokości z w polu $a_z \cdot b_z$ (rys. 2.2) wyznacza się według wzoru:

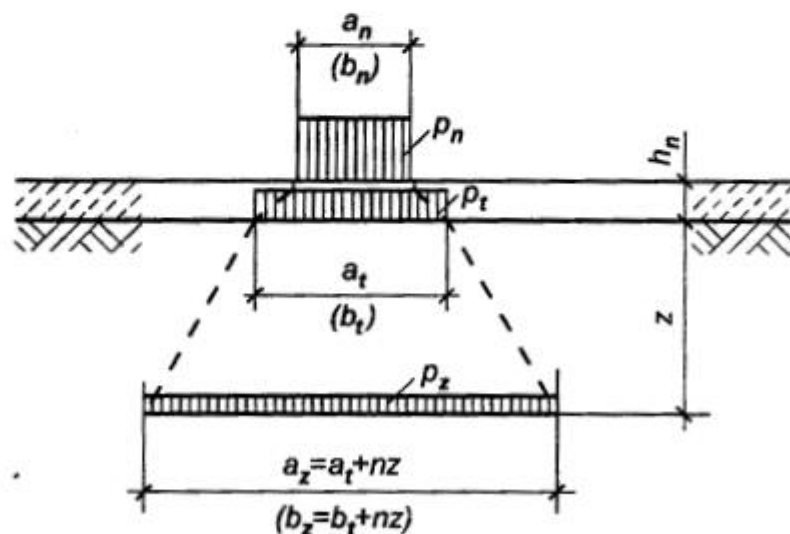
$$p_z = p_t \frac{a_t \cdot b_t}{(a_t + n z)(b_t + n z)}$$

dla obciążenia pasmowego

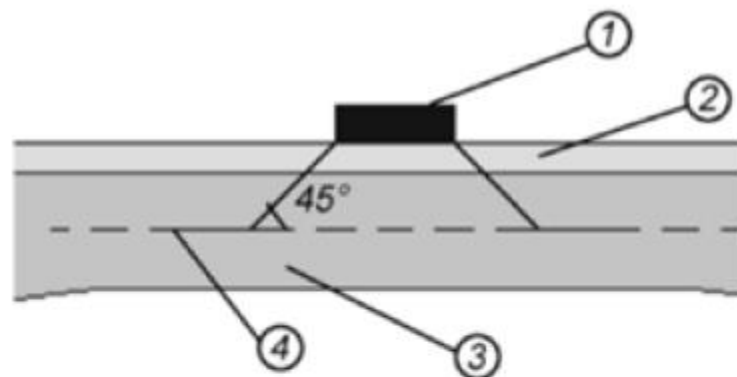
$$p_z = p_t \frac{a_t}{a_t + n \cdot z}$$

w którym wartości n przyjmuje się następujące:

- $n = 1,6$ – dla żwirów i pospólek,
- $n = 1,4$ – dla piasków grubych i średnich,
- $n = 1,2$ – dla piasków drobnych i pylastych,
- $n = 1,1$ – dla gruntów małośpoistych,
- $n = 1,0$ – dla gruntów średniośpoistych.



Rys. 2.2. Rozkład obciążeń w gruncie

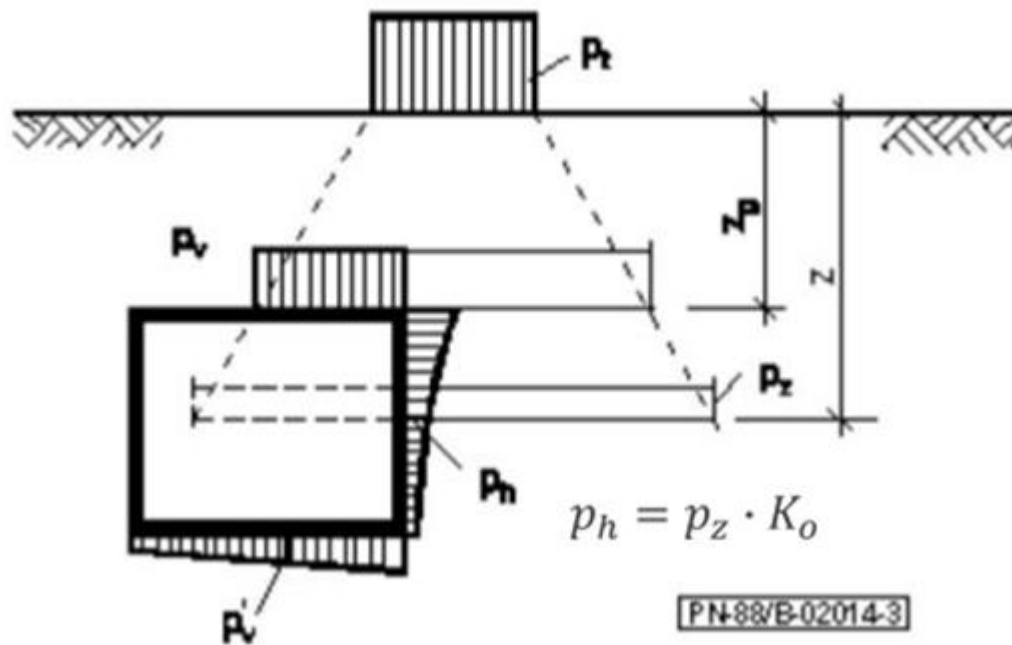


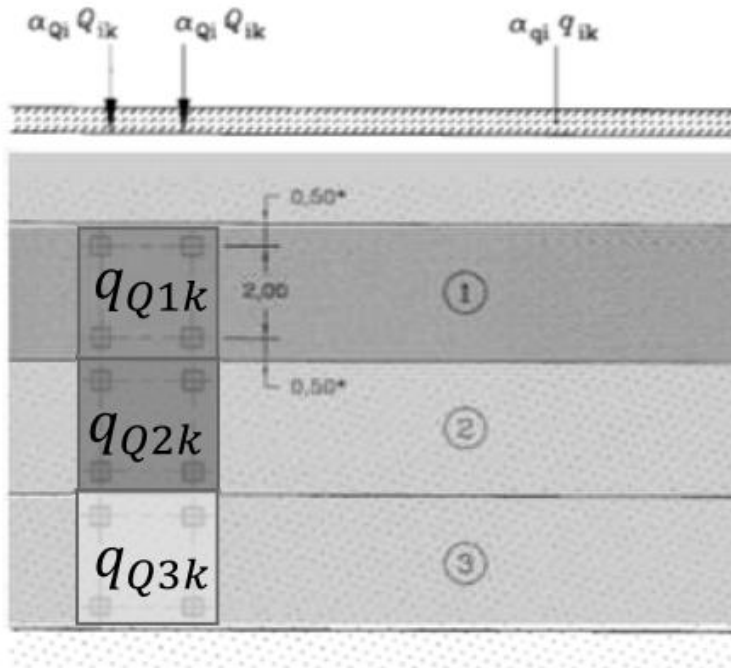
Objaśnienia

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

Rysunek 4.4 – Rozkład obciążeń skupionych poprzez nawierzchnię i płytę betonową

rozkład obciążeń w gruncie przekazywanych na konstrukcję podziemną





q_{4k}

q_{1k}

q_{2k}

q_{3k}

Objaśnienia

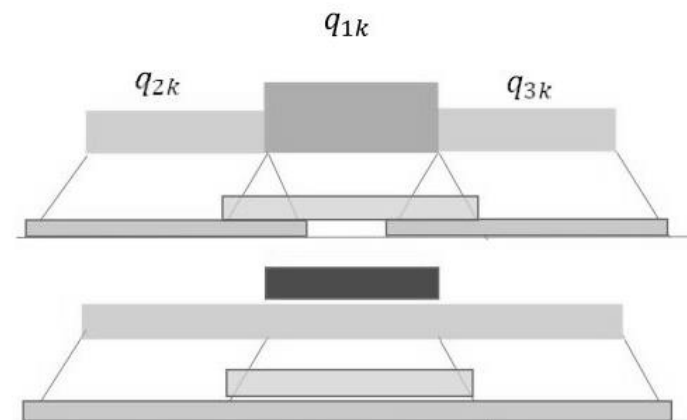
- (1) Pas nr 1: $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$; $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$
- (2) Pas nr 2: $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$; $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- (3) Pas nr 3: $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$; $q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

* Dla $w_l = 3,00 \text{ m}$

$$q_{Q1k} = \frac{2 \cdot Q_{1k}}{2,2 \cdot 3,0} = \frac{2 \cdot 300}{2,2 \cdot 3,0} = 90,91 \text{ kN/m}^2$$

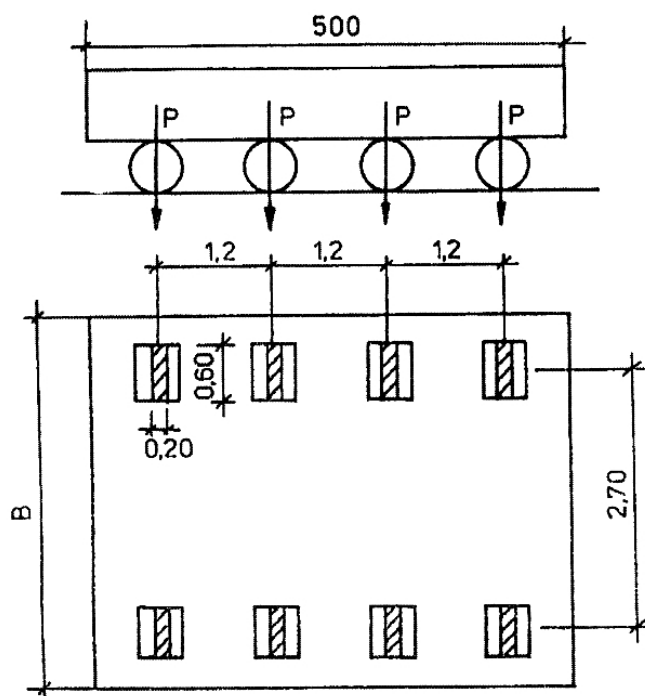
$$q_{Q2k} = \frac{2 \cdot Q_{2k}}{2,2 \cdot 3,0} = \frac{2 \cdot 200}{2,2 \cdot 3,0} = 60,61 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Q3k} = \frac{2 \cdot Q_{3k}}{2,2 \cdot 3,0} = \frac{2 \cdot 100}{2,2 \cdot 3,0} = 30,30 \text{ kN/m}^2$$



Tablica 4.2 – Model Obciążenia 1: wartości charakterystyczne

Polożenie	Układ tandemowy TS	Układ UDL
	Obciążenia osi Q_k (kN)	q_k (lub q_{sk}) (kN/m ²)
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_{sk})	0	2,5



Pojazd samochodowy przyjmowany do obliczeń

norma podaje, że przy obliczaniu elementów o rozpiętości $L \geq 4,80$, obciążenie K może być zastąpione przez obciążenie równomiernie rozłożone na długości 4,80 m.

szerokość nie została podana – można się domyślać że to B jako szerokość pasa ruchu lub 3,5 m.

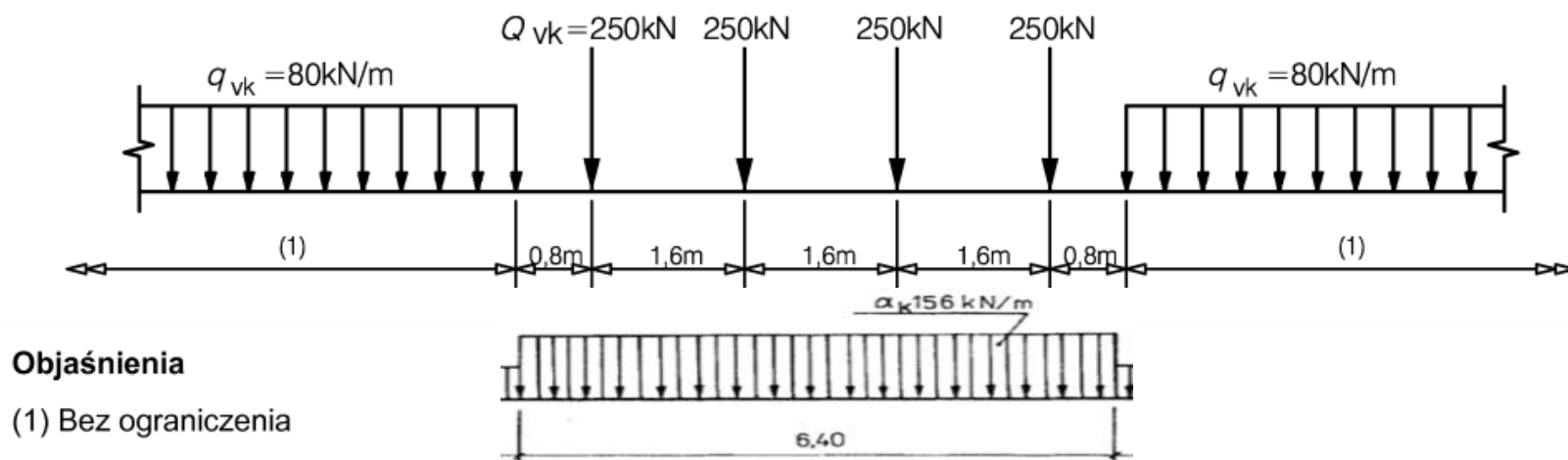
niezależnie, jako siły hamowania norma ta przyjmuje 10% obciążenia q oraz 20% obciążenia K, lecz nie mniej niż $1/3$ obc. K bez współczynnika dynamicznego. Odpowiednio podawany jest wzór na siłę odśrodkową.

6.3.2 Model Obciążenia 71

wg. PN-S-10030:1985 Obiekty mostowe – Obciążenia

(1) Model Obciążenia 71 przedstawia statyczny efekt obciążenia pionowego wywołany normalnym ruchem kolejowym.

(2)P Ustawienie obciążenia i wartości charakterystyczne obciążeń pionowych należy przyjmować zgodnie z Rysunkiem 6.1.



Objaśnienia

(1) Bez ograniczenia

Rysunek 6.1 – Model Obciążenia 71 i wartości charakterystyczne obciążeń pionowych

norma mostowa i tu dopuszcza przyjęcie obciążenia zastępczego

b) obciążenie równomiernie rozłożone przy podsypce o grubości przynajmniej 0,5 m od wierzchu podkładu na szerokości 3,0 m,

$$q_{Kwk} = \frac{80}{3,0} = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

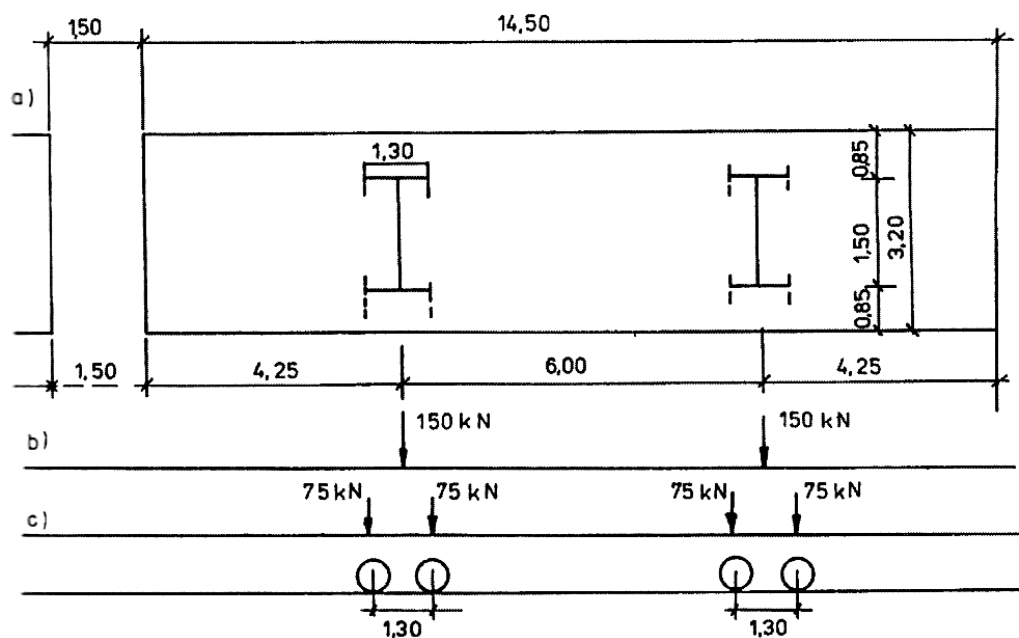
$$q_{Klk} = \frac{156}{3,0} = 52,00 \text{ kN/m}^2$$

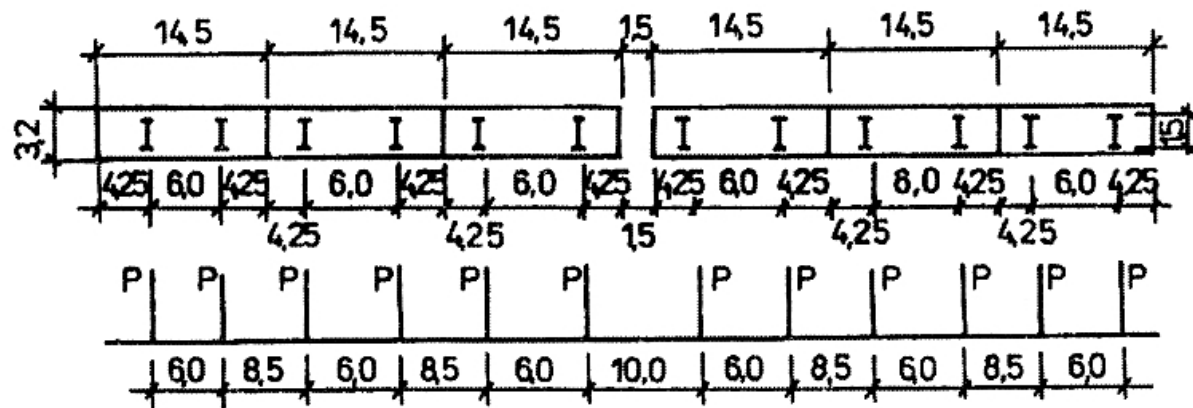
W rzucie z góry



Obciążenia zmienne stropu tunelu od taboru tramwajowego

Obciążenie taborem tramwajowym, stosowane do obliczeń tuneli, nad którymi występuje transport samochodowy i tramwajowy lub wyłącznie tramwajowy, należy przyjmować zgodnie z rys. 3.9 jako obciążenie niezależne od klas obciążenia taboru samochodowym.





Schemat obciążenia taborem tramwajowym

Minimalne odstępny między skrajnymi osiami tandemów sąsiednich wagonów w pociągu wynoszą 8,5 m, zaś między skrajnymi osiami tandemów sąsiednich pociągów - 10 m. Liczba pociągów może być dowolna. Nacisk tandemu wynosi 150 kN. Każdy tandem składa się z dwóch osi po 75 kN.

norma podaje obciążenie zastępcze od taboru tramwajowego jako działające na poziomie spodu nawierzchni podkładów lub płyt betonowych, na szerokości 3,0 m i nieograniczonej długości symetrycznie do osi toru, o wartości 7 kN/m^2

Obciążenia zmienne stropu tunelu tłumem pieszych

Obciążenie tłumem pieszych należy przyjmować niezależnie od klasy obciążenia taborem samochodowym jako równomiernie rozłożone bez współczynnika dynamicznego. W przypadku projektowania konstrukcji tunelu należy przyjmować wartość obciążenia tłumem pieszych równą $s_t = 4 \text{ kN/m}^2$.

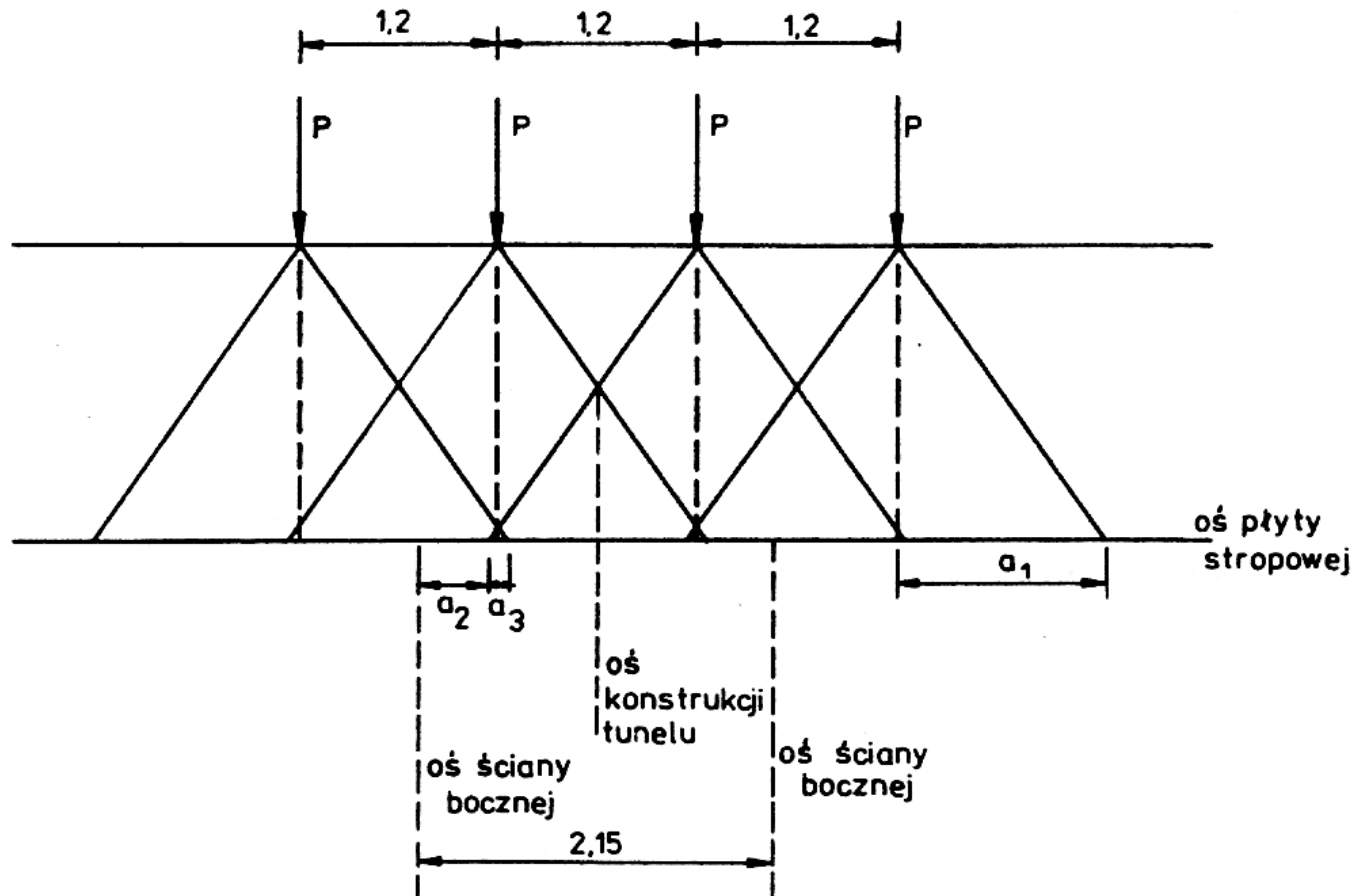
Obciążenie na chodniku i ścieżkach rowerowych wg PN-EN 1991-2:2007

Obciążenie równomiernie rozłożone uwzględniane w kombinacji obciążeń

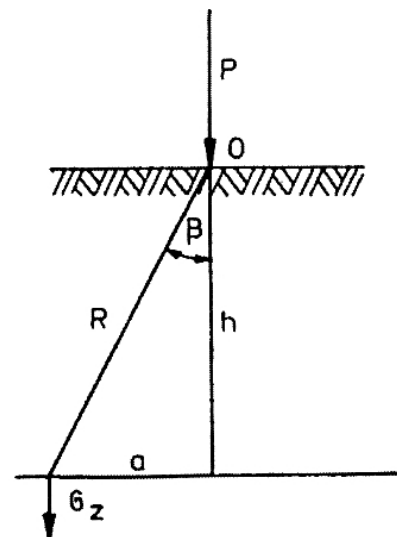
- piesi 3 kN/m^2
- tłum pieszych 5 kN/m^2

Schemat obciążenia za PN 85/S-10030: Obiekty mostowe. Obciążenia.

Najniekorzystniejsze położenie pojazdu w stosunku do osi konstrukcji tunelu



Przy obliczaniu obciążeń zastępczych od taboru samochodowego stosuje się /podobnie jak przy stałym obciążeniu naziemnym/ przybliżenie, polegające na założeniu rozprzestrzeniania się obciążeń w głąb terenu pod kątem 45° , 40° lub nawet 35° [23] i równomiernego przy tym rozkładu naprężeń pionowych. Mniejsze wartości kątów zaleca się przyjmować w przypadku gruntów niespoistych.



wzory Boussinsq

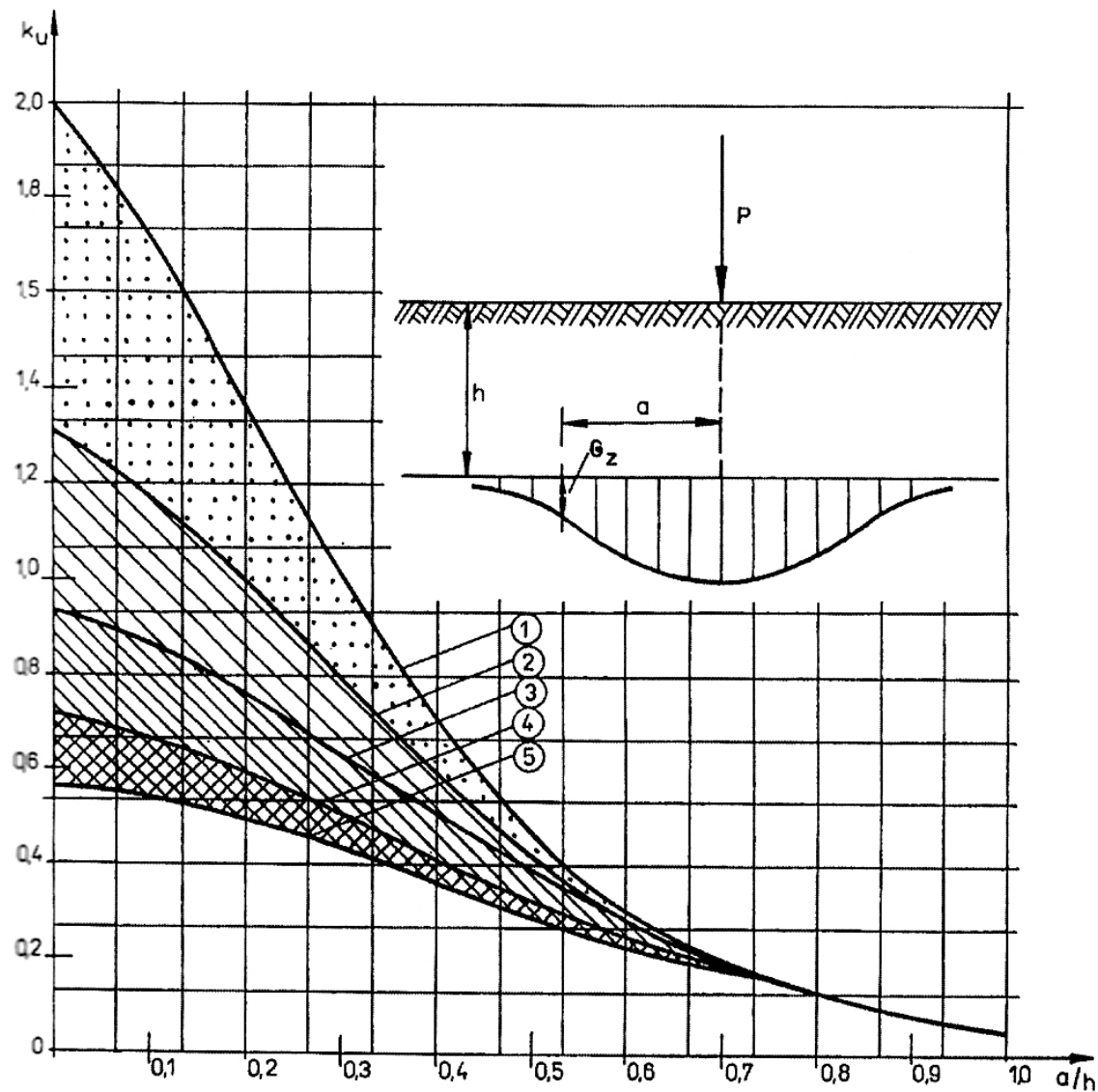
Oznaczenia przy obciążeniu półprzestrzeni
sprężystej siłą skupioną

Inny sposób ustalania rozkładu naprężeń w gruncie w przypadku obciążenia siłą skupioną podaje Schwaigerer .

Naprężenia σ_z oblicza się ze wzoru

$$\sigma_z = k_u \frac{P}{h^2}$$

Współczynnik k_u odczytuje się z wykresu podanego na rys. w zależności od rodzaju gruntu oraz wartości ilorazu $\frac{a}{h}$.



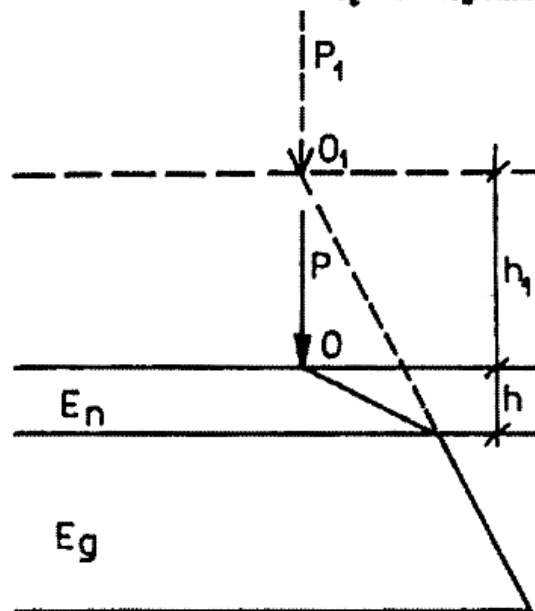
Wartości współczynników k_u dla różnych rodzajów gruntu: 1 - grunty niespoiste niezagęszczone, 2 - grunty niespoiste zagęszczone, 3 - grunty mało spoiste, 4 - grunty średnio spoiste, 5 - grunty bardzo spoiste

Gdy siła P działa bezpośrednio na nawierzchnię uliczną o module odkształcenia $E_n \gg E_g$ / E_g - moduł odkształcenia gruntu zalegającego bezpośrednio pod nawierzchnią uliczną/, należy punkt O przyłożenia siły P umieścić wyżej nad nawierzchnią

Wysokość h_1 umieszczenia siły P nad nawierzchnią oblicza się ze wzoru

$$h_1 = h \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{E_n}{E_g}} - h \right)$$

Do wielkości h_1 należy dodać wielkości $h_2 = 0,26 \text{ m}$ [20]
z uwagi na fakt, że siła P nie jest bezpośrednio przyłożona
do nawierzchni, lecz jest przekazywana przez powierzchnię
styku koła pojazdu z nawierzchnią o wymiarze $0,2 \times 0,6 \text{ m}$.



Uwzględnienie warstwy nawierzchni przy
wyznaczaniu naprężeń w gruncie

Przykład w skrypcie

7.1. Zestawienie obciążeń

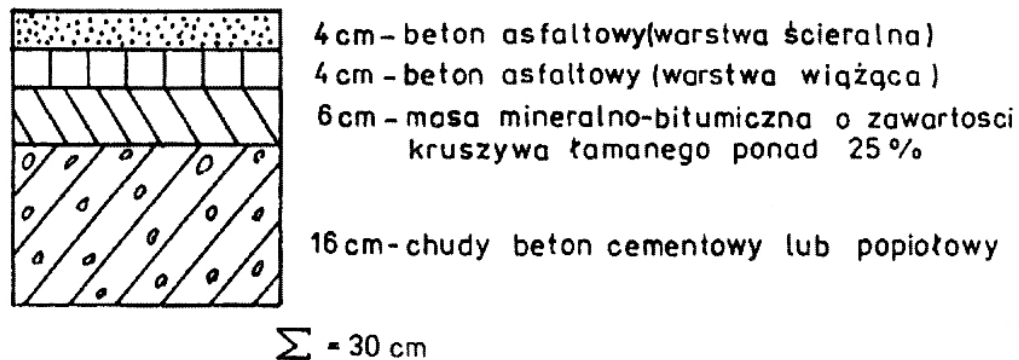
7.1.1. Obciążenia stałe stropu tunelu

a. Rodzaj przyjętej nawierzchni /rys. 7.2/.

Przyjęto [35] ciężar objętościowy nawierzchni $\gamma_n = 23,0 \text{ kN/m}^3$.

b. Rodzaj nadsypki gruntu nad stropem tunelu: piaski grube i średnie zagęszczone mało wilgotne o $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$ i wysokości $h_p = 0,40 \text{ m}$.

c. Grubość płyty stropowej tunelu /rys. 7.1b/: 15 cm,
 $\gamma_k = 25,0 \text{ kN/m}^3$.



Rys. 7.2. Rodzaj przyjętej nawierzchni

Zestawienie obciążeń obliczeniowych /współczynniki obciążeń z tab. 3.1/:

- nawierzchnia	$1,5 \cdot 23,0 \cdot 0,30 = 10,35 \text{ kPa}$
- grunt	$1,5 \cdot 18,0 \cdot 0,40 = 10,80 \text{ kPa}$
- konstrukcja	$1,2 \cdot 25,0 \cdot 0,15 = \underline{4,50 \text{ kPa}}$

$$\text{Razem } p_{vs1} = 25,65 \text{ kPa}$$

7.1.2. Obciążenie zmienne stropu tunelu od taboru samochodowego

A. Obliczenie współczynnika dynamicznego

$$\varphi = 1,35 - 0,005 L = 1,35 - 0,005 \cdot 2,15 = 1,34 > 1,325$$

Przyjęto $\varphi = 1,325$

$$\begin{aligned} \varphi_{/h/} &= 1 + \frac{1 - h / (\varphi - 1)}{0,5} = 1 + \frac{1 - 0,7 / (1,325 - 1)}{0,5} = \\ &= 1,195 \approx 1,20 \end{aligned}$$

B. Obliczenie ze wzoru /3.9/ wysokości h'_1 /na której należy umieścić siłę P /, uwzględniającej różnicę modułów odkształcenia nawierzchni i gruntu pod nawierzchnią

$$h'_1 = h \sqrt[3]{\frac{E_n}{E_g}} - h = 0,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{1000}{23}} - 0,3 = 0,76 \text{ m}$$

Dla:

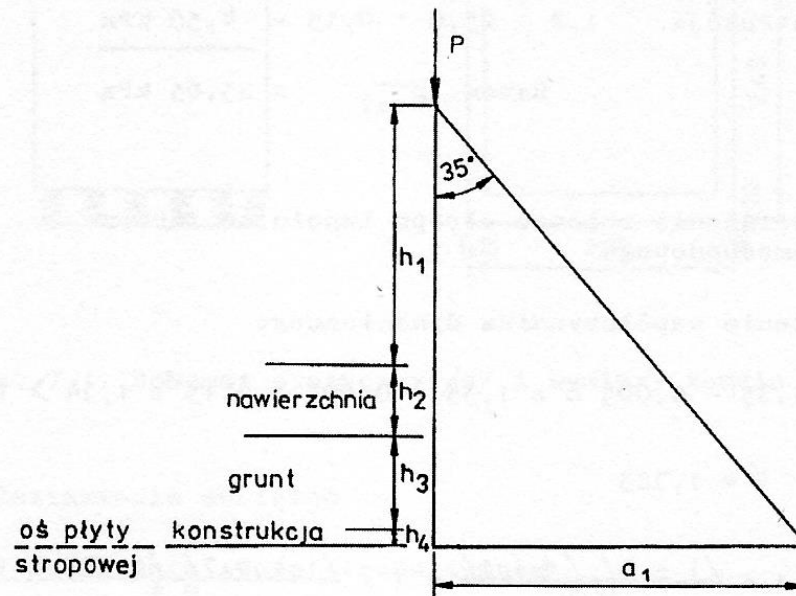
$E_n = 1000 \text{ MPa}$ /nawierzchnia podatna ze sztywną podbudową betonową/

$E_g = 23 \text{ MPa}$ /grunty niespoiste przy $I_s = 97\%$ /.

Do h'_1 dodaje się wysokość h'_1' uwzględniającą fakt, że siła P przekazywana jest na nawierzchnię przez ślad koła o wymiarach $0,2 \times 0,6 \text{ m}$, a nie punktowo

$$h_1 = h'_1 + h'_1' = 0,76 + 0,26 = 1,02 \text{ m}$$

C. Obliczenie zasięgu działania siły P na głębokości $\sum h$
 /rys. 7.3/

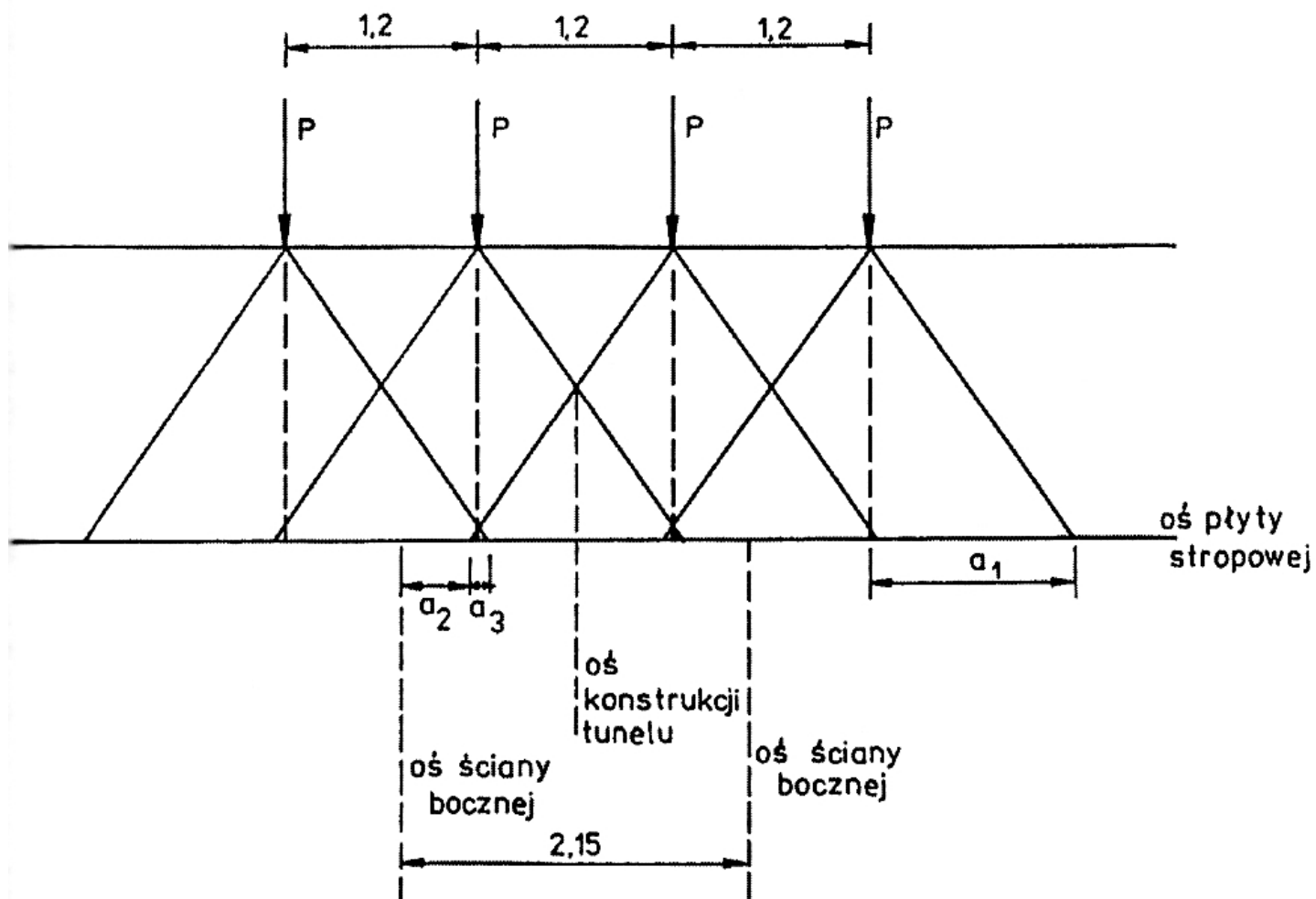


Zasięg działania siły P

$$\sum h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1,02 + 0,30 + 0,40 + 0,075 =$$

$$= 1,80 \text{ m}$$

$$a_1 = \sum h \cdot \operatorname{tg} 35^\circ = 1,26 \text{ m}$$



Najniekorzystniejsze położenie pojazdu w stosunku
do osi konstrukcji tunelu

E. Obliczenie obciążeń zmiennych stropu tunelu

Obciążenie zmienne charakterystyczne od jednej siły skupionej

$$p_{1P} = \psi/h/ \cdot \frac{P_A}{\pi a_1^2} = 1,20 \cdot \frac{100}{3,14 \cdot 1,26^2} = 24,07 \text{ kPa}$$

Obciążenie zmienne charakterystyczne od dwu sił skupionych

$$p_{2P} = 2 p_{1P} = 2 \cdot 24,07 = 48,14 \text{ kPa}$$

Obciążenie zmienne charakterystyczne od trzech sił skupionych

$$p_{3P} = 3 p_{1P} = 3 \cdot 24,07 = 72,21 \text{ kPa}$$

Obciążenie zmienne obliczeniowe na całej długości stropu z wyjątkiem odcinków o długości a_3

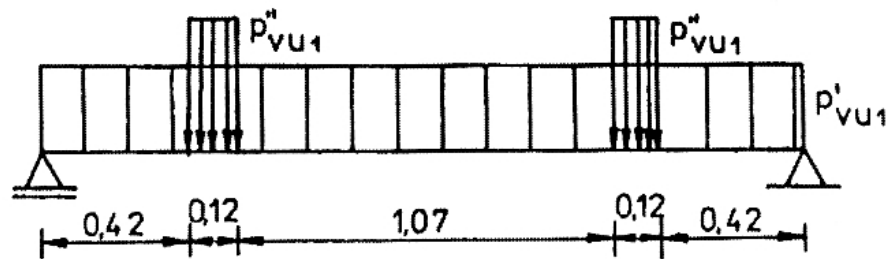
$$p'_{vu1} = \gamma_f \cdot p_{2P} = 1,5 \cdot 48,14 = 72,21 \text{ kPa}$$

Obciążenie zmienne obliczeniowe na odcinkach o długości a_3

$$p''_{vu1} = \gamma_f \cdot p_{3P} = 1,5 \cdot 72,21 = 108,32 \text{ kPa}$$

Na rys. 7.5 podano rozkład obliczeniowych obciążeń zmiennej działających na płytę stropową. Do obliczeń przyjęto obciążenie równomiernie rozłożone o stałej wartości p_{vu1} na długości całej płyty stropowej /z uwagi na niewielki zasięg działania obciążenia p'_{vu1} oraz jego równomierne rozłożenie na długości płyty stropowej/

$$p_{vu1} = 108,32 \cdot \frac{0,24}{2,15} + 72,21 \cdot \frac{1,91}{2,15} = 76,24 \text{ kPa}$$



Obciążenie zmienne obliczeniowe działające na
płytę stropową

