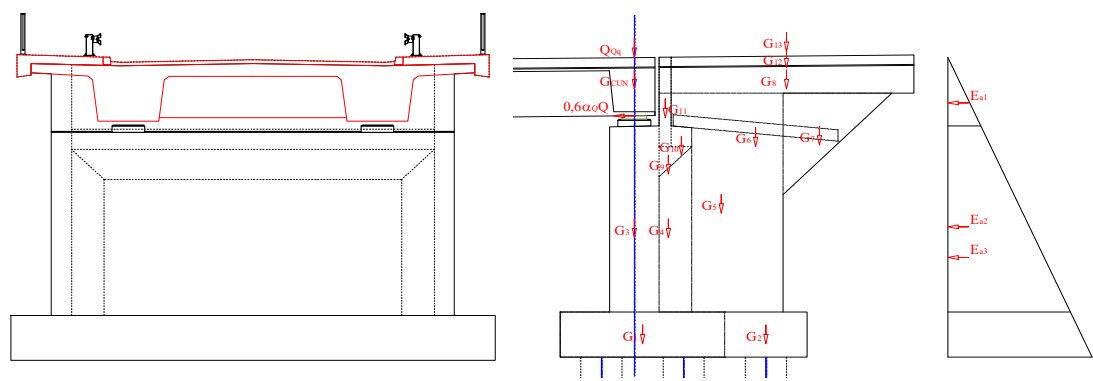


Część obliczeniowa
Przyjęcie geometrii przyczółka



Dane wejściowe

Ciężary	
g_{bet}	25 kN/m ³
g_{naw}	23 kN/m ³
g_{bar}	0.5 kN/m

ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

Ciężar własny przyczółka							
Ława fundamentowa 1		Ława fundamentowa 2		Korpus przyczółka 3		Pachwina 4	
L1	4.00 m	L2	2.00 m	L3	1.20 m	L4	0.80 m
b1	11.94 m	b2	2.50 m	b3	9.94 m	b4	0.80 m
h1	1.20 m	h2	1.20 m	h3	4.91 m	h4	3.97 m
V1	57.31 m ³	V2	6.00 m ³	V3	58.57 m ³	V4	1.27 m ³
G1	1433 kN	G2	150 kN	G3	1464 kN	G4	32 kN
Skrzydło 5		Pl. Przejść. 6		Skrzydło 7		Skrzydło 8	
L5	3.00 m	L6	4.00 m	L7	2.64 m	L8	6.19 m
b5	0.60 m	b6	8.90 m	b7	0.50 m	b8	0.50 m
h5	5.79 m	h6	0.30 m	h7	2.69 m	h8	1.00 m
V5	10.42 m ³	V6	10.68 m ³	V7	3.55 m ³	V8	3.10 m ³
G5	261 kN	G6	267 kN	G7	89 kN	G8	77 kN
Wspornik 9		Wspornik 10		Ścianka zapleczna 11		Skrzydło wspornik 12	
L9	0.80 m	L10	0.50 m	L11	0.30 m	L12	6.19 m
b9	8.94 m	b10	8.94 m	b11	8.94 m	b12	0.50 m
h9	0.80 m	h10	0.52 m	h11	2.37 m	h12	0.27 m
V9	2.86 m ³	V10	2.32 m ³	V11	6.36 m ³	V12	0.84 m ³
G9	72 kN	G10	58 kN	G11	158.91 kN	G12	21 kN
Skrzydło wyposażenie 13							
L13k	6.19 m	L13g	6.19 m	L13b	6.19 m		
b13k	1.00 m	b13g	0.35 m	g.b	0.50 kN/m		
h13k	0.23 m	h13g	0.65 m				
V13k	1.39 m ³	V13g	1.41 m ³				
G13k	35 kN	G13g	35 kN	G13b	3 kN	G13	73 kN

Ciężar dźwigara i wyposażenia					
Lt	30.00 m				
L	31.00 m				
Dźwigar		Nawierzchnia		Kapy chodnikowe	
Apł	7.24 m ²	An	0.70 m ²	Akch	0.64 m
Vpł	224.44 m ³	Vn	21.79 m ³	Vkch	19.98 m ³
Gpł	5611 kN	Gn	501 kN	Gkch	499 kN
				Bariery	
				nb	4
				Gbar	62 kN

$G_{Dzw} = 3337 \text{ kN}$

Obciążenia zmienne - ruchome

Pas Umowny 1		Pas Umowny 2		Pas Umowny 3		Pozostałe Pasy Umowne i Obszar Pozostały	
Q ₁₁	300 kN	Q ₂₁	200 kN	Q ₃₁	100 kN	w moim przekroju brak tych elementów	
Q ₁₂	300 kN	Q ₂₂	200 kN	Q ₃₂	100 kN		
q _{1,j}	9 kN/m ²	q _{2,j}	2.5 kN/m ²	q _{3,j}	2.5 kN/m ²	q _{n,j}	2.5 kN/m ²
b _{PU1}	3 m	b _{PU2}	3 m	b _{PU3}	0 m	b _{PU_n/OP}	1 m
α _{Q1}	1.0	α _{Q2}	1.0	α _{Q3}	1.0		
α _{1,I}	1.33	α _{2,I}	2.4	α _{3,I}	1.2	α _{n,I}	1.2
α _{1,II}	1.0	α _{2,II}	1.0	α _{1,II}	1.0	α _{n,II}	1.0
q ₁	419 kN	q ₂	116 kN	q ₃	0 kN	q _n	39 kN

Chodnik

q _{tj}	3 kN/m ²
b _{chod}	1.5 m
q _t	140 kN

Ciężar charkterystyczny obciążenia ruchomego

Q _{R,k} =	1713 kN
--------------------	---------

Ciężar sił skupionych na pasach umownych i obciążeń równomiernie rozłożonych na pasach umownych i chodnikach na połowie rozpiętości dźwigara

Ciężar obliczeniowy obciążenia ruchomego

γ _Q =	1.35
Q _{R,d} =	2313 kN

Rozkład obciążeń na łożyska

Zestawienie obciążeń charakterystycznych przypadających na łożyska

Obciążenia pionowe

	Obciążenia stałe		Obciążenia ruchome		Razem	
RA	1668 kN na	Ł1	1091 kN na	Ł1	2759 kN na	Ł1
RB	1668 kN na	Ł2	622 kN na	Ł2	2291 kN na	Ł2
	3337 kN		1713 kN		5050 kN	
stałe rozkładamy równomiernie na łożyska ruchome rozkładamy z przeciężeniem						

Obciążenia poziome

Siła hamowania na płycie

$H_1=0,6\alpha_{Q1} * Q1 + 0,1\alpha_{q1} * q1$	$+0,6\alpha_{Q2} * Q2 + 0,1\alpha_{q2} * q2$	$+0,1\alpha_{qOP} * qOP$	hamowanie na płycie obciąża łożysko stałe może oddziaływać w kierunku nasypu lub w kierunku przęsła
α_{Q1}			
α_{q1}	1.33		
$q1,j$	9 kN/m2	qOP,j 2.5 kN/m2	
$q1$	837.0 kN	qOP,j 77.5 kN	
$Q1$	600 kN	$Q2$ 400 kN	
$H_1 =$	742.3 kN	max 900 kN	

Siła hamowania na ścianie zapleczej

H ₂ =0,6α _{Q1} *Q ₁ +0,1α _{q1} *q ₁	hamowanie na ścianie oddziałuje tylko na ściankę tutaj przyjęto rozkład hamowania na szerokości 3 m czyli na 1PU
α _{Q1}	
α _{q1}	
q _{1,j}	
q ₁	
Q ₁	
H ₂ =	360.8 kN

Siła tarcia na łożysku przesuwym przy zmianie temperatury

H ₃ =μ*(Q _{R,d} +G _{Dzw,d})	Dźwigar pod wpływem temperatury wydłuża się lub skraca. Wartość oddziaływania pionowego na łożyska ruchome należy przemnożyć przez współczynnik tarcia. Tutaj wartość oddziaływania pionowego to ciężar sił skupionych na pasach umownych i obciążeń równomiernie rozłożonych na pasach umownych i chodnikach na połowie rozpiętości dźwigara. Rozkłada się tutaj na dwa łożyska
μ=	0.2
H ₃ =	397 kN

PARCIE GRUNTU

φ =	32 st	0.559 PI*rad
γ =	18 kN/m ³	

Parcie czynne

Ka=(1 -sin (φ))/(1+sin(φ))	- współczynnik poziomego parcia granicznego gruntu
1-sin(φ)=	0.449
1+sin(φ)=	1.551
Ka=	0.289
Ka^0,5=	0.538
ea(z=h)=γ*h*Ka	
Ea=0,5*Ka*γ*h^2	- siła wypadkowa parcia gruntu na pasmo szerokości 1m (wysokość od góry do dołu)

Naziom nieobciążony

Parcie na ściankę zapleczną - ścianka zapleczna

h1=	0 m
h2=	1.15 m
ea(z=h1)=	0.0 kPa
ea(z=h2)=	6.0 kPa
Ea=	3.4 kN/m
ra=h/3	0.38 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki

Ma1sz=	0.8 kNm
--------	---------

Parcie na ścianę przyczółka - korpus

h1=	0 m
h2=	5.8 m
ea(z=h1)=	0.0 kPa
ea(z=h2)=	30.2 kPa
Ea=	87.5 kN/m
ra=h/3	1.93 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki

Ma1kp=	490.8 kNm
--------	-----------

Parcie na przyczółek - ława

h1=	0 m
h2=	6.8 m
ea(z=h1)=	0.0 kPa
ea(z=h2)=	35.4 kPa
Ea=	120.3 kN/m
ra=h/3	2.27 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ławy

Ma1lf=	927.3 kNm
--------	-----------

Naziom obciążony - uproszczenie

q _z = Q ₁ /(2,2*3)	
q _z =	90.9 kN/m ²
γ =	18.0 kN/m ³
h _z = q _z /γ	
h _z =	5.05 m

Parcie na ściankę zapleczną

Parcie czynne

h1=	0.00 m
h2=	1.15 m
ea(z=h1)=	26.3 kPa
ea(z=h2)=	32.3 kPa
Ea2=	33.7 kN/m
ra2=h/2	0.38 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki

Ma2sz=	14.8 kNm
--------	----------

Parcie na ścianę przyczółka

h1=	0 m
h2=	3.97 m
h3=	5.70 m
ea(z=h1)=	26.3 kPa
ea(z=h2)=	46.9 kPa
ea'(z=h2)=	20.7 kPa
ea'(z=h3)=	29.7 kPa
Ea1=	41.0 kN/m
ra1=	3.05 m
Ea2=	43.6 kN/m
ra2=	0.58 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi korpusu

Ma2kp= 540.4 kNm

Parcie na ścianę i ławę fundamentową

h1=	0.00 m
h2=	3.97 m
h3=	6.70 m
ea(z=h1)=	26.3 kPa
ea(z=h2)=	46.9 kPa
ea'(z=h2)=	20.7 kPa
ea'(z=h3)=	34.9 kPa
Ea1=	41.0 kN/m
ra1=	4.05 m
Ea2=	19.4 kN/m
ra2=	0.91 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki

Ma2lf= 707.8 kNm

Parcie na skrzydełko

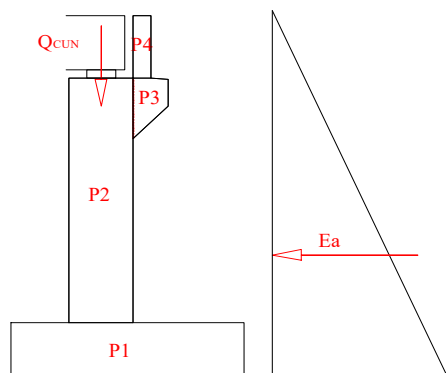
h1=	0.00 m
h2=	0.92 m
h3=	5.70 m
ea(z=h1)=	0.0 kPa
ea(z=h2)=	4.8 kPa
ea'(z=h2)=	31.1 kPa
ea'(z=h3)=	56.0 kPa
Ea1=	2.2 kN/m
ra1=	5.09 m
Ea2=	59.5 kN/m
ra2=	1.59 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki

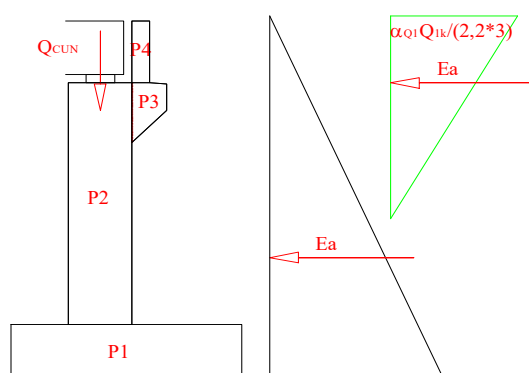
Ma3sk= 463.1 kNm

Przypadki obliczeniowe korpusu

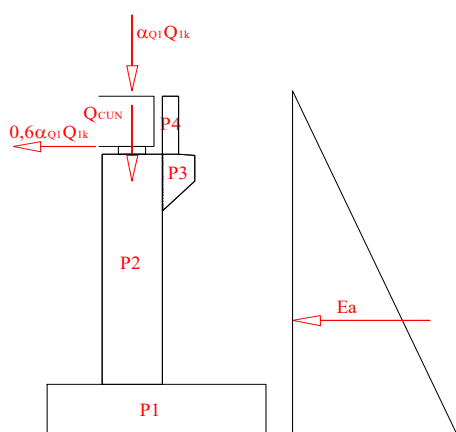
Płyta nieobciążona, naziom nieobciążony



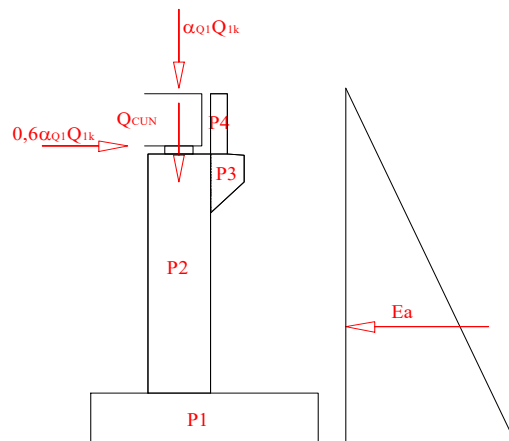
Płyta nieobciążona, naziom obciążony



Płyta obciążona (a), naziom nieobciążony



Płyta obciążona (b), naziom nieobciążony



1. Ścianka zaplecza - pojazd na ścianie

Obciążenie ruchome pionowo

$$V = Q_1/3 + q_1 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

$$V = 202.7 \text{ kN}$$

Hamowanie

$$H = H_2/3$$

$$H = 120.3 \text{ kN}$$

$$h = 1.15 \text{ m}$$

$$MH = 138.3 \text{ kNm}$$

Parcie gruntu

$$Ma_{sz} = 0.8 \text{ kNm}$$

Wymiarowanie ścianki zaplecza

Szukane:

x_1 - wysokość strefy ściskanej betonu

$\sigma_{c,max}$ - naprężenia maksymalne w betonie

$\sigma_{s,max}$ - naprężenia w stali

Dane:

$n =$	6.4	n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu
$M =$	187.7 kNm	moment zginający od obciążeń stałych i ruchomych obliczeniowych
$V =$	273.6 kN	
$h_{sz} =$	0.30 m	grubość ścianki zaplecza
$b_{sz} =$	1.00 m	szerokość obliczanej płyty (pasma 1m)
$a =$	0.045 m	otulina zbrojenia głównego
$r =$	0.0125 m	promień prętów zbrojenia głównego
$a_s =$	0.00049087 m ²	pole jednego pręta
$h_1 =$	0.243 m	wysokość użyteczna przekroju
$k =$	10 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
$A_s =$	0.00490874 m ²	pole stali
$E_s =$	205 GPa	moduł sprężystości stali
$E_c =$	32 GPa	moduł sprężystości betonu
$n = E_s/E_c =$	6.4	
$f_{yk} =$	500 MPa	umowna granica plastyczności stali
$f_{yd} =$	435 MPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
$f_{ck} =$	30 MPa	charakterystyczna wytrzymałość walцова na ściskanie betonu
$\alpha_{cc} =$	0.8	
$\gamma_c =$	1.4	
$f_{cd} =$	17.1 MPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x_1 = n \cdot A_s / b_{sz} \cdot \{ [1 + 2 \cdot b_{sz} \cdot h_1 / (n \cdot A_s)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x_1 = 0.14 \text{ m}$$

$$\sigma_{c,max} = 2M / [b_{sz} \cdot x_1 \cdot (h_1 - x_1/3)] + V / (h_{sz} \cdot b_{sz}) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c,max} = 14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = M / [A_s (h_1 - x_1/3)] < f_{yd}$$

$$\sigma_{s,max} = 197 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_c = 84 \%$$
 wykorzystanie betonu

$$\Delta \sigma_s = 45 \%$$
 wykorzystanie stali

2. Korpus przyczółka - przypadek 1 pojazd na dźwigarze

Ciężar korpusu przyczółka

G3 =	1464.2 kN	e3 =	0.00 m	-korpus
G9 =	71.5 kN	e9 =	-0.87 m	-wspornik płyty przejściowej - trójkąt
G10 =	58.1 kN	e10 =	-0.85 m	-wspornik płyty przejściowej - prostokąt
G11 =	158.9 kN	e11 =	-0.75 m	-ścianka zapleczna

V_{KP} = 1752.7 kN

M_{KP} = -230.6 kNm

Ciężar płyty

V_{UN} = 3336.8 kN

e_{UN} = 0.00 m

M_{UN} = 0.00 kNm

Ciężar ruchomy

V_r = R_c

V_r = 1713.0 kN

e_r = 0.00 m

M_r = 0.00 kNm

Parcie gruntu naziom nieobciążony

M_{par.nn} = M_{a1kp} * b_{kp}

M_{par.nn} = 4878.6 kNm

Hamowanie

H = H₁

H = 742.3 kN

h = 4.91 m

MH = 3644.8 kNm

Moment całkowity obliczeniowy

M = 10079.4 kNm

Siła pionowa obliczeniowa

V = 6817.3 kN

Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x₁ - wysokość strefy ściskanej betonu

σ_{c.max} - naprężenia maksymalne w betonie

σ_{s.max} - naprężenia w stali

Dane:

n =	6.4	n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu
M =	10079.4 kNm	moment całkowity obliczeniowy
V =	6817.3 kNm	siła pionowa obliczeniowa
h _{kp} =	1.20 m	grubość korpusu przyczółka
b _{kp} =	9.94 m	szerokość korpusu przyczółka
ρ _{min} =	0.0143 m ²	minimalny stopień zbrojenia
a =	0.050 m	otulina zbrojenia głównego
r =	0.0125 m	promień prętów zbrojenia głównego
a _s =	0.0005 m ²	pole jednego pręta
h ₁ =	1.138 m	wysokość użyteczna przekroju
k =	66 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
A _s =	0.0325 m ²	pole stali
A _s > ρ _{min} ?	0.0143 m ²	1
E _s =	205 GPa	moduł sprężystości stali
E _c =	32 GPa	moduł sprężystości betonu
n = E _s /E _c =	6.4	
f _{yk} =	500 MPa	umowna granica plastyczności stali
f _{yd} =	435 MPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
f _{ck} =	30 MPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
α _{cc} =	0.8	
γ _c =	1.4	
f _{cd} =	17.1 MPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x_1 = n \cdot A_s / b_{kp} \cdot \{ [1 + 2 \cdot b_{kp} \cdot h_1 / (n \cdot A_s)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x_1 = 0.20 \text{ m}$$

$$\sigma_{c.max} = 2M / [b_{kp} \cdot x_1 \cdot (h_1 - x_1/3)] + V / (h_{kp} \cdot b_{kp}) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c.max} = 10.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.max} = M / [A_s (h_1 - x_1/3)] < f_{yd}$$

$$\sigma_{s.max} = 289 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_c = 59 \%$$

$$\Delta \sigma_s = 67 \%$$

wykorzystanie betonu

wykorzystanie stali

3. Korpus przyczółka - przypadek 2 pojazd na dojeździe

Ciążar korpusu przyczółka

V_{KP} =	1752.7 kN
M_{KP} =	-230.6 kNm

Ciążar płyty

V_{UN} =	3336.8 kN
e_{UN} =	0.00 m
M_{UN} =	0.0 kNm

Parcie gruntu naziom obciążony

$M_{par.no} = M_{a2kp} * b_{kp}$	
$M_{par.no}$ =	5371.3 kNm

Moment całkowity obliczeniowy

M =	5700.9 kNm
-------	------------

Siła pionowa obliczeniowa

V =	6870.9 kN
-------	-----------

Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x_1 - wysokość strefy ściskanej betonu

$\sigma_{c.max}$ - naprężenia maksymalne w betonie

$\sigma_{s.max}$ - naprężenia w stali

Dane:

n =	6.4	n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu
M =	5700.9 kNm	
V =	6870.9 kN	
h_{kp} =	1.20 m	grubość korpusu przyczółka
b_{kp} =	9.94 m	szerokość korpusu przyczółka
ρ_{min} =	0.0143 m ²	minimalny stopień zbrojenia
a =	0.050 m	otulina zbrojenia głównego
r =	0.0125 m	promień prętów zbrojenia głównego
a_s =	0.0005 m ²	pole jednego pręta
h_1 =	1.138 m	wysokość użyteczna przekroju
k =	66 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
A_s =	0.0325 m ²	pole stali
$A_s > \rho_{min}?$	0.0143 m ²	1
E_s =	205 GPa	moduł sprężystości stali
E_c =	32 GPa	moduł sprężystości betonu
$n = E_s/E_c$ =	6.4	
f_{yk} =	500 MPa	umowna granica plastyczności stali
f_{yd} =	435 MPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
f_{ck} =	30 MPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
α_{cc} =	0.8	
γ_c =	1.4	
f_{cd} =	17.1 MPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x_1 = n * A_s / b_{kp} \{ [1 + 2 b_{kp} * h_1 / (n * A_s)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x_1 = 0.20 \text{ m}$$

$$\sigma_{c.max} = 2M / [b_{kp} * x_1 * (h_1 - x_1/3)] + V / (h_{kp} * b_{kp}) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c.max} = 6.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.max} = M / [A_s (h_1 - x_1/3)] < f_{yd}$$

$$\sigma_{s.max} = 164 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{c.} = 35 \%$$
 wykorzystanie betonu

$$\Delta \sigma_{s.} = 38 \%$$
 wykorzystanie stali

4. Skrzydelko - przypadek pojazd na dojeździe

Ciężar skrzydła

$$V_{SK} = (G5+G7+G8 +G12+G13)$$

$$V_{SK} = 520.7 \text{ kN}$$

Parcie gruntu naziom obciążony

$$M_{par.sk} = M_{a3sk} * b_{sk}$$

$$M_{par.sk} = 1389.4 \text{ kNm}$$

Moment całkowity obliczeniowy

$$M = 1875.7 \text{ kNm}$$

Siła pionowa obliczeniowa

$$V = 703.0 \text{ kN}$$

Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x_1 - wysokość strefy ściskanej betonu

$\sigma_{c.max}$ - naprężenia maksymalne w betonie

$\sigma_{s.max}$ - naprężenia w stali

Dane:

$n =$	6.4	n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu
$M =$	1875.7 kNm	
$V =$	703.0 kN	
$h_{sk} =$	0.60 m	grubość skrzydła
$b_{sk} =$	3.00 m	szerokość pasma
$\rho_{min} =$	0.002160 m2	minimalny stopień zbrojenia
$a =$	0.050 m	otulina zbrojenia głównego
$r =$	0.0125 m	promień prętów zbrojenia głównego
$a_s =$	0.00049087 m2	pole jednego pręta
$h_1 =$	0.538 m	wysokość użyteczna przekroju
$k =$	30.0 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
$A_s =$	0.014726 m2	pole stali
$A_s > \rho_{min}?$	0.002160 m2	1
$E_s =$	205 GPa	moduł sprężystości stali
$E_c =$	32 GPa	moduł sprężystości betonu
$n = E_s/E_c =$	6.4	
$f_{yk} =$	500 MPa	umowna granica plastyczności stali
$f_{yd} =$	435 MPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
$f_{ck} =$	30 MPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
$\alpha_{cc} =$	0.8	
$\gamma_c =$	1.4	
$f_{cd} =$	17.1 MPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x_1 = n * A_s / b_{sk} \{ [1 + 2 b_{sk} * h_1 / (n * A_s)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x_1 = 0.16 \text{ m}$$

$$\sigma_{c.max} = 2M / [b_{sk} * x_1 * (h_1 - x_1/3)] + V / (h_{sk} * b_{sk}) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c.max} = 17.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s.max} = M / [A_s (h_1 - x_1/3)] < f_{yd}$$

$$\sigma_{s.max} = 262 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_c = 99 \%$$
 wykorzystanie betonu

$$\Delta \sigma_s = 60 \%$$
 wykorzystanie stali

5.1. Wyznaczenie sił oddziałujących na pale

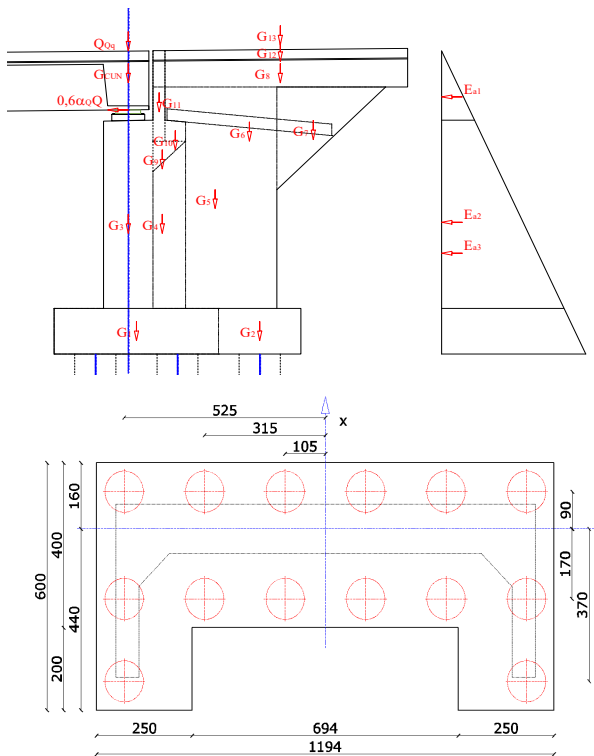
b _{x1} =	4.00 m	kr. ławy prz. =	1.5 m
h _{y1} =	11.94 m	oś ławy =	0.00 m
b _{x2} =	2.00 m	oś 1 rzędu =	0.90 m
h _{y2} =	2.50 m	oś 2 rzędu =	-1.80 m
Liczba pali		oś 3 rzędu =	-3.80 m
np. =	14	kr. ławy nas. =	-2.50 m

3 rzędy pali
6 sztuk w rzędzie 1
6 sztuk w rzędzie 2
2 sztuki w rzędzie 3 (pod skrzydłami)

G1 =	1433 kN	e1 =	0.50 m
M1 =	716 kNm		
G2 =	150 kN	e2 =	2.50 m
M2 =	375 kNm		
G3 =	1464 kN	e3 =	0.00 m
M3 =	0 kNm		
G4 =	64 kN	e4 =	0.87 m
M4 =	55 kNm		
G5 =	521 kN	e5 =	2.10 m
M5 =	1094 kNm		
G6 =	267 kN	e6 =	2.90 m
M6 =	774 kNm		
G7 =	178 kN	e7 =	4.93 m
M7 =	876 kNm		
G8 =	155 kN	e8 =	3.70 m
M8 =	572 kNm		
G9 =	72 kN	e9 =	0.87 m
M9 =	62 kNm		
G10 =	58 kN	e10 =	0.85 m
M10 =	49 kNm		
G11 =	159 kN	e11 =	0.75 m
M11 =	119 kNm		
G12 =	42 kN	e12 =	3.70 m
M12 =	154 kNm		
G13 =	70 kN	e13 =	3.70 m
M13 =	257 kNm		
G13g =	35 kN	e13 g=	3.70 m
M13g =	130 kNm		
G13b =	6 kN	e13 b=	3.70 m
M13b =	23 kNm		
Vun =	3337 kN	eUN =	0.00 m
Mun =	0 kNm		
Vr =	1713 kN	er =	0.00 m
Mr =	0 kNm		
Vgr =	2475 kN	egr =	0.95 m
Mgr =	2351 kNm		
H =	-742 kN	eH =	6.11 m
MH =	-4536 kNm		

$$M_{\text{par.nn}} = M_{\text{allf}} * b_{\text{kp}}$$

$$M_{\text{par.nn}} = -9217.5 \text{ kNm}$$



5.1.1. Charakterystyki geometryczne grupy pali

$J_o = \pi \cdot D^4 / 64$	- moment bezwładności pala względem jego osi obojętnej
$J_{pi} = J_o + A_i \cdot x_i^2$	- moment bezwładności pala względem osi obojętnej fundamentu (obrot w kierunku przęsła/nasypu)
$J = \sum J_{pi}$	- moment bezwładności układu pali
$D =$	1 m - średnica pala
$A_i =$	0.79 m ² - pole powierzchni pojedynczego pala
$J_o =$	0.05 m ⁴
$x_1 =$	0.90 m - odległość 1 rzędu pali od osi podpory wzdłuż osi jezdni
$x_2 =$	-1.70 m - odległość 2 rzędu pali od osi podpory wzdłuż osi jezdni
$x_3 =$	-3.70 m - odległość 3 rzędu pali od osi podpory wzdłuż osi jezdni
$y_1 =$	1.05 m - odległość 1 pala od osi podpory w poprzek jezdni
$y_2 =$	3.15 m - odległość 2 pala od osi podpory w poprzek jezdni
$y_3 =$	5.25 m - odległość 3 pala od osi podpory w poprzek jezdni
$J_{p1.1} =$	0.69 m ⁴
$J_{p1.2} =$	0.69 m ⁴
$J_{p1.3} =$	0.69 m ⁴
$J_{p1.4} =$	0.69 m ⁴
$J_{p1.5} =$	0.69 m ⁴
$J_{p1.6} =$	0.69 m ⁴
$J_{p2.1} =$	2.32 m ⁴
$J_{p2.2} =$	2.32 m ⁴
$J_{p2.3} =$	2.32 m ⁴
$J_{p2.4} =$	2.32 m ⁴
$J_{p2.5} =$	2.32 m ⁴
$J_{p2.6} =$	2.32 m ⁴
$J_{p3.1} =$	10.80 m ⁴
$J_{p3.2} =$	10.80 m ⁴
$J =$	18.02 m ⁴

5.1.2. Wyznaczenie sił w pojedynczym palu

Wzór na siłę w pojedynczym palu

$$N_i = f^* \sigma_i = \Sigma V / n \pm M y_i / \Sigma x_i^2$$

$\Sigma V =$	16616 kN	v	12375				
$n =$	14	m	8762				
$M y =$	8295 kNm	x_1	-0.95	6	5.415		-0.03661
$\Sigma x_i^2 =$	49.58 m ²	x_2	1.85	6	20.535	25.95	0.071291
$x_1 =$	0.90 m						
$x_2 =$	-1.70 m	1	1352.017				
$x_3 =$	-3.70	2	1655.901				
$N_{1rz} =$	1337 kN						
$N_{2rz} =$	902 kN						
$N_{3rz} =$	568 kN						

5.2. Wyznaczenie nośności pali

5.2.1. Wstęp

Obciążenie obliczeniowe Q_r działające wzdłuż pala

$$Q_r \leq mN_t - m_n T_n$$

N_t - obliczeniowa nośność pala wciskanego, kN,

m - współczynnik korekcyjny w odniesieniu do przyjętej metody obliczeń

$m = 0,9$ dla pali pracujących w grupie; $m = 0,8$ dla dwóch pali, $m = 0,7$ dla jednego pala

m_n - współczynnik korekcyjny tarcia negatywnego dla pala pracującego w grupie

T_n - obliczeniowe obciążenie pala pojedynczego tarcie negatywne od odkształcalnych gruntów słabonośnych

$$N_t = N_p + N_s = m_2 [s_p \cdot a_1 \cdot q^{(r)} \cdot A_p + m_1 \cdot \sum a_2 \cdot s_{si} \cdot t^{(r)} \cdot A_{si}]$$

N_p - opór podstawy pala, kN,

N_s - opór poboczniczy pala wciskanego, kN,

A_p - pole przekroju poprzecznego podstawy pala, m²,

A_{si} - pole poboczniczy pala zagłębionego w gruncie, w rozpatrywanej warstwie, m²,

m_1 - współczynnik redukcyjny uwzględniający pracę pali w grupie

$m_2 \geq 1$ - współczynnik korekcyjny nośności pali wbijanych

$q^{(r)}$ - jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pala, kPa,

$t^{(r)}$ - jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu wzdłuż poboczniczy pala, w obrębie rozpatrywanej warstwy, kPa,

s_p, s_{si} - wsp. technologiczne zależne od rodzaju pala, rodzaju i stanu gruntu

a_1, a_2 - wsp. redukcyjne pali otwartych

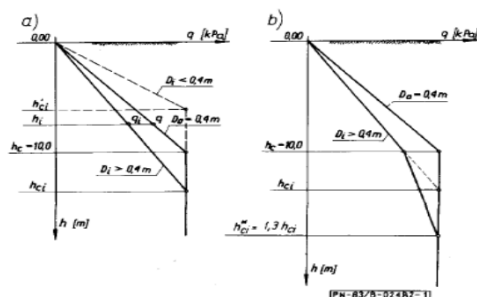
D - średnica trzonu pala lub szerokość jego boku, m,

D_p - średnica podstawy pala, m,

5.2.2. Głębokość krytyczna

W PN-B-02482:1983 przyjęto, że głębokość krytyczna dla oporu pod podstawą $h_c = 10$ m i odnosi się do wyjściowej średnicy $D_o = 0,4$ m

Przy głębokościach mniejszych niż h_c wartości q można interpolować liniowo.



$$\text{dla } h < h_c, q_i = q \cdot (D_o/D_i)^{0,5} \quad (6)$$

$$h_{ci} = h_c \cdot (D_i/D_o)^{0,5} \quad (7)$$

Dla pali wierconych, głębokość krytyczną określoną powyższym wzorem (7) należy zwiększyć o 30%.

Wytrzymałość gruntu pod podstawą pala należy interpolować zgodnie z rys. 1b), przyjmując dla $h \leq h_c = 10$ m zależność (6)

Dla pozostałych gruntów (wymienionych w tabl. 1) wartości q nie zależą od średnicy pala i po przekroczeniu głębokości krytycznej 10 m

$$D_i = 1,0 \text{ m}$$

$$D_o = 0,4 \text{ m}$$

$$h_c = 10,0 \text{ m}$$

$$h_{ci} = 15,8 \text{ m}$$

$$1,3 \cdot h_{ci} = 20,6 \text{ m}$$

$$h_t = 5 \text{ m}$$

Wytrzymałość obliczeniowa gruntu $q(r)$ wyznaczamy ze wzoru

$$q^{(r)} = \gamma_m q = 0,9q \quad q - \text{jednostkowa, graniczna wytrzymałość gruntu pod podstawą pala, kPa,}$$

Wytrzymałość gruntu wzdłuż poboczniczy $t(r)$

$$t^{(r)} = \gamma_m t = 0,9t \quad t - \text{jednostkowa, graniczna wytrzymałość gruntu wzdłuż poboczniczy pala, kPa,}$$

5.2.3. Uwarstwienie gruntu podłoża

1. Głina (tpl) - miąższość warstwy [m] = 2.00

$I_L = 0.25$
 $g_{zg} = 0.00 \text{ m}$
 $g_{zd} = 2.00 \text{ m}$
 $q_1 = 1400 \text{ kPa}$ $q_{r1} = q_1 * S_s * (g_{zg} + g_{zd}) / (2 * 1.3 h_{c1})$
 $q_{r1} = 61 \text{ kPa}$
 $t_1 = 38 \text{ kPa}$ $t_{r1} = t_1 * S_w * (g_{zg} + g_{zd}) / (h_t)$
 $t_{r1} = 1 \text{ kPa}$
 $S_s = 0.9$
 $S_w = 0.6$

2. Głina piaszcz. (tpl) - miąższość warstwy [m] = 2.00

$I_L = 0.20$
 $g_{zg} = 2.00 \text{ m}$
 $g_{zd} = 4.00 \text{ m}$
 $q_2 = 1510 \text{ kPa}$ $q_{r2} = q_2 * S_s * (g_{zg} + g_{zd}) / (2 * 1.3 h_{c1})$
 $q_{r2} = 198 \text{ kPa}$
 $t_2 = 40 \text{ kPa}$ $t_{r2} = t_2 * S_w * (g_{zd} - g_{zg}) / (0.5 * 1.3 h_{ci})$
 $t_{r2} = 4 \text{ kPa}$
 $S_s = 0.9$
 $S_w = 0.6$

3. Piasek drobny - miąższość warstwy [m] = 2.00

$I_D = 0.35$
 $g_{zg} = 4.00 \text{ m}$
 $g_{zd} = 6.00 \text{ m}$
 $q_3 = 2235 \text{ kPa}$ $q_{r3} = q_3 * S_s * (g_{zg} + g_{zd}) / (2 * 1.3 h_{c1})$
 $q_{r3} = 489 \text{ kPa}$
 $t_3 = 49 \text{ kPa}$ $t_{r3} = t_3 * S_w * (g_{zd} - g_{zg}) / (h_t)$
 $t_{r3} = 8 \text{ kPa}$
 $S_s = 0.9$
 $S_w = 0.7$

4. Piasek średni - miąższość warstwy [m] = 4.00

$I_D = 0.55$
 $g_{zg} = 6.00 \text{ m}$
 $g_{zd} = 10.00 \text{ m}$
 $q_4 = 3088 \text{ kPa}$ $q_{r4} = q_4 * S_s * (g_{zg} + g_{zd}) / (2 * 1.3 h_{c1})$
 $q_{r4} = 1082 \text{ kPa}$
 $t_4 = 64 \text{ kPa}$
 $t_{r4} = 45 \text{ kPa}$
 $S_s = 0.9$
 $S_w = 0.7$

5. Piasek średni - miąższość warstwy [m] = 3.00

$I_D = 0.55$
 $g_{zg} = 10.00 \text{ m}$
 $g_{zd} = 13.00 \text{ m}$
 $q_4 = 3088 \text{ kPa}$ $q_{r5} = q_5 * S_s * (g_{zg} + g_{zd}) / (2 * 1.3 h_{c1})$
 $q_{r4} = 1728 \text{ kPa}$
 $t_4 = 64 \text{ kPa}$
 $t_{r4} = 45 \text{ kPa}$
 $S_p = 1$
 $S_s = 0.9$
 $S_w = 0.7$

Średnica podstawy pała

$D = 1 \text{ m}$
 $A_p = 0.79 \text{ m}^2$
 $Obpala = 3.14 \text{ m}$
 $L_{pala} = 10.00 \text{ m}$
 $h_1 = 0.80 \text{ m}$
 $h_2 = 2.00 \text{ m}$
 $h_3 = 2.00 \text{ m}$
 $h_4 = 4.00 \text{ m}$
 $h_5 = 1.20 \text{ m}$

$N_t = N_p + N_s = S_p * q(r) * A_p + \sum S_{si} t_i(r) A_{si}$

N_t = 2085 kN - nośność pojedynczego pała na wciskanie

$N_w = \sum S_{si} t_i(r) A_{si}$

N_w = 564 kN - nośność pojedynczego pała na wyciąganie

5.2.4. Obliczanie nośności grupy pali obciążonych siłą pionową według stanów granicznych nośności

5.2.4.1. Pile wciskane

$$R=D/2+h*\operatorname{tg}\alpha$$

$$r=2.10\text{ m}$$

$$h=10.00\text{ m}$$

$$D=1.00\text{ m}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1=0.07$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2=0.11$$

$$R=1.41\text{ m}$$

$$r/R=1.49$$

$$m_1=0.925$$

$$N_t = Sp*q(r)*A_p + m_1 \Sigma S_{si}(r) A_{si}$$

$$N_t = 2030\text{ kN}$$

5.2.4.2. Pile wciągane

$$R=D/2+h*0,1$$

$$r=2.10\text{ m}$$

$$h=10.00\text{ m}$$

$$D=1.00\text{ m}$$

$$R=1.5\text{ m}$$

$$r/R=1.400$$

$$m_1'=0.89$$

$$N_w = m_1' \Sigma S_{si}(r) A_{si}$$

$$N_w = 502\text{ kN}$$

Wyznaczenie sił dla najbardziej obciążonego pala wciskanego

$$N_{t,obl,max} = 1337.4\text{ kN} < N_t = 2030$$

Wyznaczenie sił dla najbardziej obciążonego pala wciąganego

$$N_{w,obl,max} = \text{ kN} < N_w = 502$$