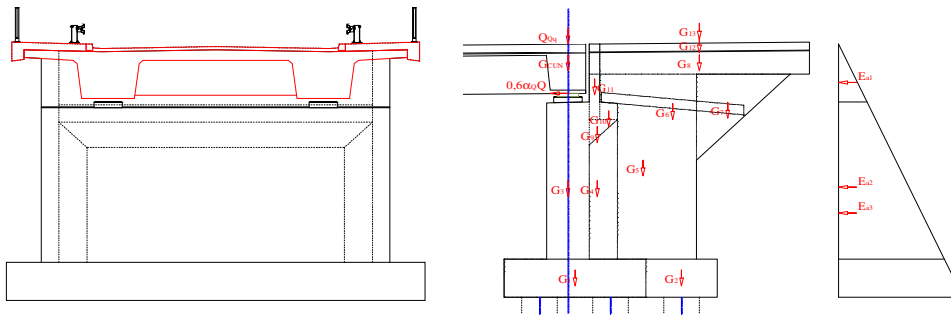


Część obliczeniowa  
Przyjęcie geometrii przyczółka



Dane wejściowe

Ciężary	
$g_{bet}$	25 kN/m <sup>3</sup>
$g_{naw}$	23 kN/m <sup>3</sup>
$g_{bar}$	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 <sup>3</sup>	V2	6.00 m <sup>3</sup>	V3	58.57 m <sup>3</sup>	V4	1.27 m <sup>3</sup>
G1	1432.80 kN	G2	150.00 kN	G3	1464.16 kN	G4	31.76 kN

Skrzydło 5		Pł. Przejść. 6		Skrzydło 7		Skrzydło 8	
L5	3.00 m	L6	4.00 m	L7	2.64 m	LP8	6.19 m
b5	0.50 m	b6	8.90 m	b7	0.50 m	bP8	0.50 m
h5	5.79 m	h6	0.30 m	h7	2.69 m	hP8	1.00 m
V5	8.69 m <sup>3</sup>	V6	10.68 m <sup>3</sup>	V7	3.55 m <sup>3</sup>	VP8	3.10 m <sup>3</sup>
G5	217.13 kN	G6	267.00 kN	G7	88.77 kN	QP8	77.38 kN

Wspornik 9		Wspornik 10		Ścianka zaplecza 11		Skrzydło wspornik 12	
L9	0.80 m	L10	0.50 m	L11	0.30 m	LP8	6.19 m
b9	8.94 m	b10	8.94 m	b11	8.94 m	bP8	0.50 m
h9	0.80 m	h10	0.52 m	h11	2.37 m	hP8	0.27 m
V9	2.86 m <sup>3</sup>	V10	2.32 m <sup>3</sup>	V11	6.36 m <sup>3</sup>	VP8	0.84 m <sup>3</sup>
Q9	71.52 kN	G10	58.11 kN	Q11	158.91 kN	QP8	20.89 kN

Skrzydło wyposażenie 13 (kapa chodnikowa)			
L13k	6.19 m	L13g	6.19 m
b13k	1.00 m	b13g	0.35 m
h13k	0.23 m	h13g	0.65 m
V13k	1.39 m <sup>3</sup>	V13g	1.41 m <sup>3</sup>
G13k	34.82 kN	G13g	35.21 kN

Skrzydło wyposażenie 13 (kapa chodnikowa)		Korpus przyczółka 3	
L13b	6.19 m	L13b	6.19 m
g,b	0.50 kN/m	g,b	0.50 kN/m
G13b	3.10 kN	G13b	3.10 kN
G13		G13	73.12 kN

Ciężar od ustroju nośnego

Ciężar płyty i wyposażenia

Lt	30.00 m
L	31.00 m

Płyta niosąca

Apł	7.24 m <sup>2</sup>
Vpł	224.44 m <sup>3</sup>
Qpł	5611.00 kN

Nawierzchnia

An	0.70 m <sup>2</sup>
Vn	21.79 m <sup>3</sup>
Qn	501.24 kN

Kapy chodnikowe

Akch	0.64 m <sup>2</sup>
Vkch	19.98 m <sup>3</sup>
Qkch	499.41 kN

Bariery

nb	4.00
Qb	62.00 kN

$G_{CUN} = 3336.82 \text{ kN}$

Obciążenia ruchome

Q11	300 kN	Q21	200 kN	qt,j	5 kN/m <sup>2</sup>
Q12	300 kN	Q22	200 kN	qt	232.5 kN
q1,j	9 kN/m <sup>2</sup>	q2,j	2.5 kN/m <sup>2</sup>		
q1	418.5 kN	q2	155 kN		

Ciężar charakterystyczny

$Q_{Rk} = 1806.00 \text{ kN}$

Ciężar obliczeniowy

$\gamma_0 = 1.35$

$Q_{R,d} = 2438.10 \text{ kN}$

Rozkład obciążeń ruchomych na przyczółek

Zestawienie obciążeń charakterystycznych przypadających na łożyska

	Obciążenia stałe		Obciążenia ruchome		Razem	
RA	556.14 kN na	Ł1	302.00 kN na	Ł1	858.14 kN na	Ł1
RB	556.14 kN na	Ł2	302.00 kN na	Ł2	858.14 kN na	Ł2
RC	556.14 kN na	Ł3	301.00 kN na	Ł3	857.14 kN na	Ł3
RD	556.14 kN na	Ł4	301.00 kN na	Ł4	857.14 kN na	Ł4
RE	556.14 kN na	Ł5	300.00 kN na	Ł5	856.14 kN na	Ł5
RF	556.14 kN na	Ł6	300.00 kN na	Ł6	856.14 kN na	Ł6
	3336.82 kN		1806.00 kN		5142.82 kN	

**Siła hamowania na płycie**

$$H_1 = 0,6\alpha_{Q1} \cdot Q_1 + 0,1\alpha_{q1} \cdot q_1$$

$\alpha_{Q1}$	1
$\alpha_{q1}$	1
$q_{1,j}$	9 kN/m <sup>2</sup>
$q_1$	659.0 kN
$Q_1$	600 kN

$$H_1 = 425.9 \text{ kN} \quad \text{max} \quad 900 \text{ kN}$$

**Siła hamowania na ścianie zapleczej**

$$H_2 = 0,6\alpha_{Q1} \cdot Q_1 + 0,1\alpha_{q1} \cdot q_1$$

$\alpha_{Q1}$	1
$\alpha_{q1}$	1
$q_{1,j}$	9 kN/m <sup>2</sup>
$q_1$	6.37725 kN
$Q_1$	600 kN

$$H_2 = 360.6 \text{ kN}$$

**PARCIE GRUNTU**

$\phi$	32 st	0.559 Pi <sup>o</sup> rad
$\gamma$	18 kN/m <sup>3</sup>	

Parcie czynne

$$K_a = (1 - \sin(f)) / (1 + \sin(f))$$

$$1 - \sin(f) = 0.449$$

$$1 + \sin(f) = 1.551$$

$$K_a = 0.289$$

$$K_a^{0,5} = 0.538$$

$$e_a(z=h) = \gamma \cdot h \cdot K_a$$

$$E_a = 0,5 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot h^2$$

**Naziom nieobciążony****Parcie na ściankę zapleczną - ścianka zapleczna**

h1= 0 m poziom 0m  
 h2= 1.15 m poziom półki podłożyskowej

ea(z=h1)= 0.000 kPa  
 ea(z=h2)= 5.985 kPa  
 Ea= 3.441 kN/m  
 ra=h/3 0.383 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu ścianku zaplecznej)

**Ma1sz= 1.319 kNm**

**Parcie na ścianę przyczółka - korpus**

h1= 0 m poziom 0m  
 h2= 5.8 m poziom góry płyty fundamentowej/spodu korpusu przyczółka

ea(z=h1)= 0.000 kPa  
 ea(z=h2)= 30.186 kPa  
 Ea= 87.539 kN/m  
 ra=h/3 1.933 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu korpusu przyczółka)

**Ma1kp= 169.242 kNm**

**Parcie na przyczółek - ława**

h1= 0 m poziom 0m  
 h2= 6.8 m poziom spodu płyty fundamentowej

ea(z=h1)= 0.000 kPa  
 ea(z=h2)= 35.390 kPa  
 Ea= 120.327 kN/m  
 ra=h/3 2.267 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu płyty fundamentowej)

**Ma1kp= 272.741 kNm**

**Naziom obciążony**

$q_z = Q_k / (2,2 \cdot 3)$  rozkład siły 2x300kN na prostokąt o szerokości 3 m i długości 2,2 m zgodnie z EC1-2

$q_z = 90.909$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma = 18.000$  kN/m<sup>3</sup>

$h_z = q_z / \gamma$

$h_z = 5.051$  m wysokość zastępcza od obciążenia 2x300 kN do wyznaczenia parcia na ścianę

**Parcie na ściankę zapleczną****Parcie czynne**

h1= 0.000 m poziom 0m  
 h2= 1.150 m poziom półki podłożyskowej

ea(z=h1)= 26.285 kPa  
 ea(z=h2)= 32.270 kPa

Ea1= 3.441 kN/m  
 ra1=h/3 0.383 m  
 Ea2= 30.228 kN/m  
 ra2=h/2 0.575 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu ścianku zaplecznej)

**Ma2sz= 18.700 kNm**

**Parcie na ścianę przyczółka**

h1= 0 m poziom 0m  
 h2= 3.969 m poziom, na którym parcie na ścianę od obciążenia naziomu obciążeniem ruchomym przestaje oddziaływać  
 h3= 5.700 m poziom spodu ściany czołowej/góry płyty fundamentowej

ea(z=h1)= 26.285 kPa  
 ea(z=h2)= 26.285 kPa  
 ea'(z=h2)= 20.656 kPa  
 ea'(z=h3)= 29.665 kPa

Ea1= 0.000 kN/m  
ra1= 3.054 m  
Ea2= 104.323 kN/m  
ra2= 3.716 m  
Ea3= 15.596 kN/m  
ra3= 0.577 m  
Ea4= 35.757 kN/m  
ra4= 0.866 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu korpusu przyczółka)

**Ma2kp= 423.067 kNm**

**Parcie na ścianę i ławę fundamentową**

h1= 0.000 m  
h2= 3.969 m  
h3= 6.700 m  
ea(z=h1)= 26.285 kPa  
ea(z=h2)= 32.270 kPa  
ea'(z=h2)= 20.656 kPa  
ea'(z=h3)= 55.526 kPa

$2,2m \cdot \tan\left[\frac{\pi}{4} + \phi/2\right]$   
(2,2m długość rozkładu obciążenia wzdłuż osi pasa umownego)

Ea1= 11.877 kN/m  
ra1= 4.054 m  
Ea2= 47.616 kN/m  
ra2= 0.910 m  
Ea3= 95.233 kN/m  
ra3= 1.366 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu płyty fundamentowej)

**Ma3ff= 660.474 kNm**

**Parcie na skrzydełko**

h1= 0.000 m poziom 0m  
h2= 0.920 m poziom, na którym parcie na ścianę od obciążenia naziomu obciążeniem ruchomym przestaje oddziaływać  
h3= 5.700 m poziom spodu ściany czołowej/góry płyty fundamentowej  
ea(z=h1)= 26.285 kPa  
ea(z=h2)= 31.073 kPa  
ea'(z=h2)= 31.073 kPa  
ea'(z=h3)= 55.950 kPa

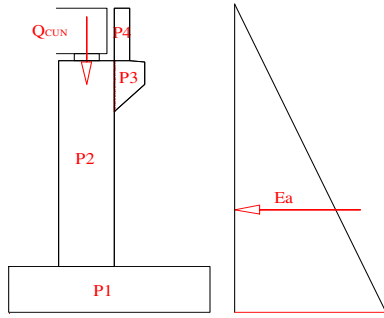
Ea1= 2.203 kN/m  
ra1= 5.087 m  
Ea2= 59.457 kN/m  
ra2= 1.593 m  
Ea3= 118.913 kN/m  
ra3= 2.390 m

Moment siły Ea względem dolnej krawędzi ścianki (spodu korpusu przyczółka)

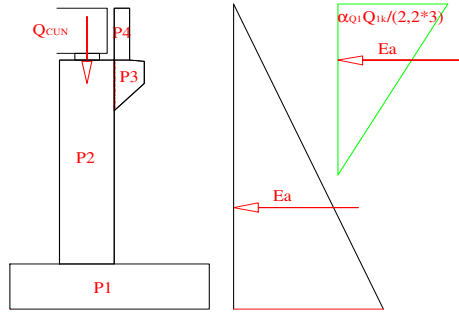
**Ma3sk= 396.188 kNm**

**Przypadki obliczeniowe korpusu**

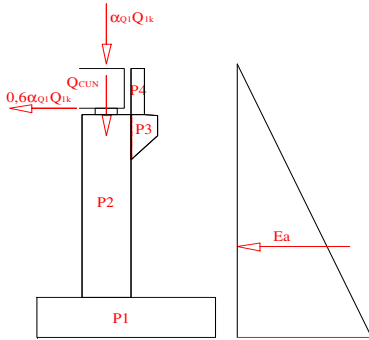
**Płyta nieobciążona, naziom nieobciążony**



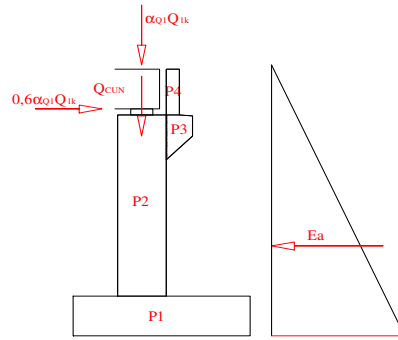
**Płyta nieobciążona, naziom obciążony**



**Płyta obciążona (a), naziom nieobciążony**



**Płyta obciążona (b), naziom nieobciążony**



## Wymiarowanie elementów przyczółka

### 1. Ścianka zapleczna

Obciążenie ruchome pionowo

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

$$V = 202,7 \text{ kN}$$

Hamowanie

$$H = H_2/3$$

$$H = 120,21 \text{ kN}$$

$$h = 1,15 \text{ m}$$

$$MH = 138,24 \text{ kNm}$$

Parcie gruntu

$$Ma_{1sz} = 1,32 \text{ kNm}$$

### Wymiarowanie ścianki zapleczej

Szukane:

x - 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 =	188,41 kNm	moment zginający od obciążeń stałych i ruchomych obliczeniowych
V =	273,65 kN	
$h_{sz}$ =	0,30 m	grubość ścianki zapleczej
$b_{sz}$ =	1,00 m	szerokość obliczanej płyty
a =	0,050 m	otulina zbrojenia głównego
r =	0,008 m	promień prętów zbrojenia głównego
$a_s$ =	0,00020106 m <sup>2</sup>	pole jednego pręta
d =	0,942 m	wysokość użyteczna przekroju
k =	5 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
$A_s$ =	0,00100531 m <sup>2</sup>	pole stali
$E_s$ =	205000 MPa	moduł sprężystości stali
$E_c$ =	32000 MPa	moduł sprężystości betonu
$n = E_s/E_c =$	6,4	
$f_{yk}$ =	500000 kPa	umowna granica plastyczności stali
$f_{yd}$ =	420000 kPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
$f_{ck}$ =	30000 kPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
$\alpha_{cc}$ =	0,8	
$\gamma_c$ =	1,5	
$f_{cd}$ =	16000 kPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x = n A_s / b \{ [1 + 2 b d / (n A_s)]^{0,5} - 1 \}$$

$$x = 0,18 \text{ m}$$

$$\sigma_{c,max} = 2M / [b x (d - x/3)] + V / (h b) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c,max} = 8792 \text{ kPa}$$

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

$$\sigma_{s,max} = 212553 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_c = 55 \% \quad \text{wykorzystanie betonu}$$

$$\Delta \sigma_s = 51 \% \quad \text{wykorzystanie stali}$$

## 2. Korpus przyczółka

Płyta obciążona (a), naziom nieobciążony

### Ciężar korpusu przyczółka

QP2 = 150.00 kN  
e2 = 0.00 m  
QP3 = 1464.16 kN  
e3 = -0.7 m  
QP4 = 31.76 kN  
e4 = -0.7 m  
MPrz = -1047.15 kNm  
Vprz = 1645.92 kN

### Ciężar płyty

V<sub>2cun</sub> = 3336.82 kN  
eUN = 0.00 m  
MUN = 0.00 kNm

### Ciężar ruchomy

V<sub>i</sub> = R<sub>c</sub>  
V<sub>i</sub> = 1806.00 kN  
e<sub>r</sub> = 0.00 m  
Mr = 0.00 kNm

### Parcie gruntu naziem nieobciążony

M<sub>atkp</sub> = 1682.263 kNm

### Hamowanie

H = H<sub>i</sub>/2  
H = 425.90 kN  
h = 4.55 m  
MH = 1937.84 kNm

### Moment całkowity obliczeniowy

M = 3473.49 kNm

### Siła pionowa obliczeniowa

V = 6942.81 kN

### Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x - wysokość strefy ściskanej betonu

σ<sub>c,max</sub> - naprężenia maksymalne w betonie

σ<sub>s,max</sub> - naprężenia w stali

Dane:

n = 6.4 n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu  
M = 3473.49 kNm  
V = 6942.81 kN  
h<sub>kp</sub> = 1.20 m grubość korpusu przyczółka  
b<sub>kp</sub> = 9.94 m szerokość korpusu przyczółka  
ρ<sub>min</sub> = 0.0143 m<sup>2</sup> minimalny stopień zbrojenia  
a = 0.050 m otulina zbrojenia głównego  
r = 0.0125 m promień prętów zbrojenia głównego  
a<sub>s</sub> = 0.0005 m<sup>2</sup> pole jednego pręta  
d = 1.138 m wysokość użyteczna przekroju  
k = 66.27 szl/b ilość prętów na szerokości przekroju pręty co 15 cm  
A<sub>s</sub> = 0.0325 m<sup>2</sup> pole stali  
A<sub>s</sub> > ρ<sub>min</sub>?  
0.0143 m<sup>2</sup>  
E<sub>s</sub> = 205000 MPa moduł sprężystości stali  
E<sub>c</sub> = 32000 MPa moduł sprężystości betonu  
n = E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> = 6.4  
f<sub>yk</sub> = 500000 kPa umowna granica plastyczności stali  
f<sub>yd</sub> = 420000 kPa obliczeniowa wytrzymałość stali  
f<sub>ck</sub> = 30000 kPa charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu  
σ<sub>cc</sub> = 0.8  
γ<sub>c</sub> = 1.5  
f<sub>cd</sub> = 16000 kPa C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x = n A_s / b \{ [1 + 2 b d / (n A_s)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x = 0.48 \text{ m}$$

$$\sigma_{c,max} = 2M / [b x (d - x/3)] + V / (h b) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c,max} = 12954 \text{ kPa}$$

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

$$\sigma_{s,max} = 109182 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_c = 81 \% \text{ wykorzystanie betonu}$$

$$\Delta \sigma_s = 26 \% \text{ wykorzystanie stali}$$

### 3. Korpus przyczółka - przypadek 2 pojazd na dojeździe

Ciężar korpusu przyczółka

$$V_{1ckp} = QP2/bp2 + QP3/bp3 + QP4/bp4$$

$$V_{1ckp} = 1645.92 \text{ kN}$$

Ciężar płyty

$$V_{2sun} = Q_{GUN}/h_{koz}$$

$$V_{2sun} = 3336.82 \text{ kN}$$

Parcie gruntu naziom obciążony

$$M_{z2kp} = 338.453 \text{ kNm}$$

**Moment całkowity obliczeniowy**

$$M = 456.91 \text{ kNm}$$

**Siła pionowa obliczeniowa**

$$V = 6726.71 \text{ kN}$$

#### Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x - 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 =	456.91 kNm	
V =	6726.71 kN	563.9426
$h_{kp}$ =	1.20 m	grubość korpusu przyczółka
$b_{kp}$ =	9.94 m	szerokość korpusu przyczółka
$\rho_{min}$ =	0.0143 m <sup>2</sup>	minimalny stopień zbrojenia
a =	0.050 m	otulina zbrojenia głównego
r =	0.0125 m	promień prętów zbrojenia głównego
as =	0.0005 m <sup>2</sup>	pole jednego pręta
d =	1.138 m	wysokość użyteczna przekroju
k =	66.27 szt/b	ilość prętów na szerokości przekroju
As =	0.0325 m <sup>2</sup>	pole stali
As > $\rho_{min}$ ?	0.0143 m <sup>2</sup>	
Es =	205000 MPa	moduł sprężystości stali
Ec =	32000 MPa	moduł sprężystości betonu
n = Es/Ec =	6.4	
fyk =	500000 kPa	umowna granica plastyczności stali
fyd =	420000 kPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
fck =	30000 kPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
$\alpha_{cc}$ =	0.8	
$\gamma_{tc}$ =	1.5	
fcd =	16000 kPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x = n As/b \{ [1+2 b d/(n As)]^{0.5} - 1 \}$$

$$x = 0.48 \text{ m}$$

$$\sigma_{c,max} = 2M/[b x (d - x/3)] + V/(h b) < f_{cd}$$

$$\sigma_{c,max} = 2191 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{s,max} = M/[As(d - x/3)] < f_{yd}$$

$$\sigma_{s,max} = 14362 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma_c = 14 \% \quad \text{wykorzystanie betonu}$$

$$\Delta\sigma_s = 3 \% \quad \text{wykorzystanie stali}$$



#### 4. Skrzydełko - przypadek pojazd na dojeździe (nie liczyć)

Ciężar skrzydła

$$V_{\text{cisk}} = (QP6 + QP7 + QP8)/L8$$

$$V_{\text{cisk}} = 69.97 \text{ kN}$$

Parcie gruntu naziom obciążony

$$M_{\text{cisk}} = 396.188 \text{ kNm}$$

#### Wymiarowanie ściany korpusu przyczółka

Szukane:

x - wysokość strefy ściskanej betonu

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

$\sigma_{s,\text{max}}$  - naprężenia w stali

Dane:

n =	6.4	n - stosunek modułów sprężystości stali i betonu
M =	396.19 kNm	
V =	69.97 kN	
$h_{\text{sk}}$ =	0.50 m	
$b_{\text{sk}}$ =	1.00 m	
$\rho_{\text{min}}$ =	0.000600 m <sup>2</sup>	minimalny stopień zbrojenia
a =	0.050 m	otulina zbrojenia głównego
r =	0.008 m	promień prętów zbrojenia głównego
as =	0.00020106 m <sup>2</sup>	pole jednego pręta
d =	0.942 m	wysokość użyteczna przekroju
k =	6.667 szt./b	ilość prętów na szerokości przekroju
As =	0.001340 m <sup>2</sup>	pole stali
As > $\rho_{\text{min}}$ ?	0.000600 m <sup>2</sup>	
Es =	205000 MPa	moduł sprężystości stali
Ec =	32000 MPa	moduł sprężystości betonu
n = Es/Ec =	6.4	
f <sub>yk</sub> =	500000 kPa	umowna granica plastyczności stali
f <sub>yd</sub> =	434783 kPa	obliczeniowa wytrzymałość stali
f <sub>ck</sub> =	30000 kPa	charakterystyczna wytrzymałość walcowa na ściskanie betonu
$\alpha_{\text{cc}}$ =	0.8	
$\gamma_{\text{c}}$ =	1.5	
f <sub>cd</sub> =	16000 kPa	C30/37 obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie

$$x = n As / b \{ [1 + 2 b d / (n As)]^{0.5} - 1 \}$$

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

$$\sigma_{c,\text{max}} = 2M / [b x (d - x/3)] + V / (h b) < f_{\text{cd}}$$

$$\sigma_{c,\text{max}} = 11060 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{s,\text{max}} = M / [As (d - x/3)] < f_{\text{yd}}$$

$$\sigma_{s,\text{max}} = 333041 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_{\text{c}} = 69 \% \quad \text{wykorzystanie betonu}$$

$$\Delta \sigma_{\text{s}} = 77 \% \quad \text{wykorzystanie stali}$$