

Obliczenia dla budynku żłobka w Ryglicach.

Obiekt: Budowa żłobka .

Ryglice

dz. nr ewid. 533/2, 534

Inwestor: Gmina Ryglice

33-160 Ryglice

Ul. Rynek 9

Ława Fundamentowa Ł1

Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Klasa środowiska : XC3
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Dopuszczalne rozwarście rys : 0.20 (mm)
- Współczynnik pełzania betonu : $\phi_p = 2.00$
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

Ława: Ława

Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B30 $f_{cd} = 16.67$ (MPa) ciężar objętościowy = 2501.36 (kG/m³)
- Zbrojenie podłużne : A-IIIN typ A-IIIN (B500SP) $f_{yk} = 500.00$ (MPa)
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) $f_{yk} = 220.00$ (MPa)

2.2 Geometria:

2.2.1	Przęsło	Pozycja	Pl (m)	L (m)	Pp (m)
	P1	Przęsło	0.00	1.00	0.00
		Rozpiętość obliczeniowa: $L_o = 1.00$ (m)			
	Przekrój	od 0.00 do 1.00 (m)			
		70.0 x 40.0 (cm)			
		Bez lewej płyty			
		Bez prawej płyty			

2.3 Grunty:

Poziom posadowienia: -1.20 (m)

Początek: 0.00 (m)

Koniec: 1.00 (m)

Współczynnik sprężystości: 58733.79 (kN/m²)

2.4 Opcje obliczeniowe:

- Regulamin kombinacji : PN82
- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Obliczenia geotechniczne wg normy : PN-81/B-03020
- Belka prefabrykowana : nie
- Otulina zbrojenia : dolna c = 3.0 (cm)
: boczna c1 = 3.0 (cm)
: górna c2 = 3.0 (cm)

2.5 Obciążenia:

2.5.1 Ciągłe:

Typ Q	Natura	Poz.	Przęsło	γ_f	X ₀	P _{z0}	X ₁	P _{z1}	X ₂	P _{z2}	X ₃	Qd/
					(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	
ciężar własny	stałe	-	1	1.10	-	-	-	-	-	-	-	1.00
jednorodne	stałe	góra	1	1.10	-	180.00	-	-	-	-	-	1.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.6 Wyniki obliczeniowe:

2.6.1 Oddziaływania w SGN

Przęsło	M _{tmaks} (kN*m)	M _{tmin} (kN*m)	M _I (kN*m)	M _p (kN*m)	Q _I (kN)	Q _p (kN)
P1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.6.2 Oddziaływania w SGU

Przęsło	M _{tmaks} (kN*m)	M _{tmin} (kN*m)	M _I (kN*m)	M _p (kN*m)	Q _I (kN)	Q _p (kN)
P1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.6.3 Teoretyczna powierzchnia zbrojenia

Przęsło	Przęsłowe (cm ²)		Podpora lewa (cm ²)		Podpora prawa (cm ²)	
	dolne	górne	dolne	górne	dolne	górne
P1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.6.4 Rezultaty wymiarowania przekroju

Zarysowanie

afp - szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu
 afu - szerokość rozwarcia rysy ukośnej
 n - Przęsło

Przęsło	afp (mm)	afu (mm)
P1	0.00	0.00
.		

Zginanie poprzeczne ławy : n = 1 x = 0.00 (m) A = 4.68 (cm²/m) M = 3.32 (kN*m/m)

2.6.5 Rezultaty geotechniczne

n - Przęsło
 Ref - wartość obliczona
 Adm - wartość dopuszczalna
 .

Nośność gruntu SGN: n = 1 x = 0.00 (m) N = 227.52 (kN/m) H = 0.00 (kN/m) M = 0.00 (kN*m/m)

Ref = 0.33 (MPa) Adm = 0.56 (MPa) f = 1.72 >= flim = 1.00

Osiadanie gruntu SGU: n = 1 x = 0.00 (m) N = 0.00 (kN/m) H = 0.00 (kN/m) M = 0.00 (kN*m/m)

Ref = 0.4 (cm) Adm = 5.1 (cm) f = 13.81 >= flim = 1.00

Powierzchnia kontaktu SGN: n = 1 x = 0.00 (m) N = 227.52 (kN/m) H = 0.00 (kN/m) M = 0.00 (kN*m/m)

Ref = +INF Adm = 1.00 f = 0.00 < flim = 1.00

2.6.6 Szczegółowa analiza wyników

Przęsło: 1

Rzędna: 0.00 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm²)

Zbrojenie dolne: A(-) = 0.00 (cm²)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Naprężenia w stali ściskanej

MSd = | M | max = 0.00 (kN*m)

A s1 = 0.00 (cm²)

As2 = 0.00 (cm²)

f cd = 16.67 (MPa)

x = 0.0 (cm)

x eff = 0.8 * x = 0.0 (cm)

ξ = 0.00

ξgr = 0.50

B = 70.0 (cm)

A cc,eff = 0.00 (cm²)

z = 40.0 (cm)

S cc,eff = A cc,eff * z = 0.0 (cm³)

f yd = 420.00 (MPa)

Fs1 = fyd * A s1 = 0.00 (kN)

Fs2 = σs2 * A s2 = 0.00 (kN)

σs2 = 0.00 (MPa)

Sprawdzanie położenia wysokości x eff

przy pełnym uplastycznieniu stali As2:

f yd * A s1 = fcd * A cc,eff + fyd * A s2 (29)

przy częściowym uplastycznieniu stali As2:

f yd * As1 = fcd * A cc,eff + σs2 * A s2

420.00 (MPa) * 0.00 (cm²) = 16.67 (MPa) * 0.00 (cm²) + 0.00 (MPa) * 0.00 (cm²)

0.00 (kN) ≈ 0.00 (kN)

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$
$$0.00 \text{ (kN*m)} = 16.67 \text{ (MPa)} * 0.0 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 30.0 \text{ (cm)}$$
$$MSd \leq MRd \quad (28)$$
$$0.00 \text{ (kN*m)} > 0.00 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie $VRd1$:

$$VRd1 = [0.35 * k * f_{ctd} * (1.2 + 40 \rho_L) + 0.15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VRd1 = 168.92 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 40.0 \text{ (cm)} \quad b_w = 70.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.20 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1.6 - d \geq 1.0 \quad k = 1.20 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0.01 \quad \rho_L = 0.000 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu $VRd2$:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v * f_{cd} * b_w * z * (\cot \theta / (1 + \cot \theta * \cot \theta)) \quad VRd2 = 1134.00 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 36.0 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$$

$$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.54 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie $VRd3$:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} * f_{ywd1} * z * \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 38.68 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 36.0 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s_1 = 2.5 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających a_L zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VRd = \min (VRd2, VRd3)$

(63)

$$V_{sd} \leq V_{Rd}$$

$$0.00 \text{ (kN)} \leq 168.90 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.56 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 18666.7 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 2800.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Napężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 0.00 \text{ (MPa)}$	
Napężenia rysujące w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 0.00 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.000 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 0.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 0.000 \%$	
Średni, końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 1000.00 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

Obliczeniowa szerokość rys:	$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 0.00 \text{ (mm)}$	(112)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.2 \text{ (mm)}$	

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$	
Szerokość środnika:	$b_w = 70.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 40.0 \text{ (cm)}$	
Napężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.00 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 2.5 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.081 \%$	(121)
Średnica strzemion prostokątnych:	$\phi_1 = 3.0 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostokątnych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 1.24$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.2 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 1

Rzędna: 0.50 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm²)

Zbrojenie dolne: A(-) = 0.00 (cm²)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:	$M_{Sd} = M _{\max} = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$
Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):	$A_{s1} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):	$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
Obliczenia nośności przekroju MRd	
Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:	$f_{cd} = 16.67 \text{ (MPa)}$
Wysokość strefy ściskanej:	$x = 0.0 \text{ (cm)}$
Efektywna wysokość strefy ściskanej:	$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 0.0 \text{ (cm)}$

Względna wysokość strefy ściskanej:	$\xi = 0.00$
Graniczna wysokość strefy ściskanej:	$\xi_{gr} = 0.50$
Szerokość strefy ściskanej:	$B = 70.0 \text{ (cm)}$
Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:	$A_{cc,eff} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
Ramię sił wewnętrznych w przekroju:	$z = 40.0 \text{ (cm)}$
Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:	$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} * z = 0.0 \text{ (cm}^3\text{)}$
Wytrzymałość obliczeniowa stali:	$f_{yd} = 420.00 \text{ (MPa)}$
Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:	$F_{s1} = f_{yd} * A_{s1} = 0.00 \text{ (kN)}$
Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:	$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$
Napężenia w stali ściskanej	$\sigma_{s2} = 0.00 \text{ (MPa)}$

Sprawdzanie położenia wysokości x_{eff}

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} \quad (29)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2}$$

$$420.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} = 16.67 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$0.00 \text{ (kN)} \approx 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$M_{Rd} = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$M_{Rd} = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$0.00 \text{ (kN*m)} = 16.67 \text{ (MPa)} * 0.0 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 30.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (28)$$

$$0.00 \text{ (kN*m)} > 0.00 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d1} :

$$VR_{d1} = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad (67)$$

$$VR_{d1} = 168.92 \text{ (kN)}$$

$$d = 40.0 \text{ (cm)} \quad b_w = 70.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.20 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.20 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.000 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VR_{d2} :

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VR_{d2} = v * f_{cd} * b_w * z * (\cot \theta / (1 + \cot \theta * \cot \theta)) \quad (70)$$

$$VR_{d2} = 1134.00 \text{ (kN)}$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 36.0 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.54 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d3} :

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s1 \quad VRd3 = 3.87 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 36.0 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s1 = 25.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min (VRd2, VRd3)$$

$$VSd \leq VRd$$

(63)

$$0.00 \text{ (kN)} \leq 168.90 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.56 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 18666.7 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 2800.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 0.00 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 0.00 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.000 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 0.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 0.000 \%$	
Średni , końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 1000.00 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

Obliczeniowa szerokość rys:	$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 0.00 \text{ (mm)}$	(112)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.2 \text{ (mm)}$	

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$	
Szerokość środka:	$b_w = 70.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 40.0 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.00 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 25.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.008 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 3.0 \text{ (mm)}$	

Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych : $\beta_1 = 1.00$
Współczynnik Boriszańskiego: $\lambda = 1 / \{3 * [\rho_{w1} / (\beta_1 * \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 * \phi_2)]\} = 12.38$ (123)

Szerokość rozwarcia rysy: $w_k = 4 * \tau^2 * \lambda / (\rho_w * E_s * f_{ck}) = 0.0$ (mm) (118)
 $w_k \leq w_{lim} = 0.2$ (mm)

Przęsło: 1

Rzędna: 1.00 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm²)

Zbrojenie dolne: A(-) = 0.00 (cm²)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Naprężenia w stali ściskanej

$$MSd = |M|_{max} = 0.00 \text{ (kN*m)}$$

$$A_{s1} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ (MPa)}$$

$$x = 0.0 \text{ (cm)}$$

$$x_{eff} = 0.8 * x = 0.0 \text{ (cm)}$$

$$\xi = 0.00$$

$$\xi_{gr} = 0.50$$

$$B = 70.0 \text{ (cm)}$$

$$A_{cc,eff} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$z = 40.0 \text{ (cm)}$$

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} * z = 0.0 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$f_{yd} = 420.00 \text{ (MPa)}$$

$$F_{s1} = f_{yd} * A_{s1} = 0.00 \text{ (kN)}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_{s2} = 0.00 \text{ (MPa)}$$

Sprawdzanie położenia wysokości x eff

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} \quad (29)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2}$$

$$420.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} = 16.67 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$0.00 \text{ (kN)} \approx 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$0.00 \text{ (kN*m)} = 16.67 \text{ (MPa)} * 0.0 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 30.0 \text{ (cm)}$$

$$MSd \leq MRd \quad (28)$$

$$0.00 \text{ (kN*m)} > 0.00 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$VRd1 = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VRd1 = 168.92 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 40.0 \text{ (cm)}$$

$$b_w = 70.0 \text{ (cm)}$$

$$f_{ctd} = 1.20 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0$$

$$k = 1.20 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,01$$

$$\rho_L = 0.000 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VRd2 = 1134.00 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 36.0 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$$

$$v = 0.54 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 38.68 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 36.0 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$s_1 = 2.5 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min (VRd2, VRd3)$$

$$VSd \leq VRd$$

$$(63)$$

$$0.00 \text{ (kN)} \leq 168.90 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:

$$f_{ctm} = 2.56 \text{ (MPa)}$$

Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:

$$W_c = 18666.7 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (116)$$

Pole przekroju betonowego:

$$A_c = 2800.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Moment działający:

$$M_y = 0.00 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

Naprężenia w zbrojeniu rozciąganych:

$$\sigma_s = 0.00 \text{ (MPa)}$$

Naprężenia rysujące w zbrojeniu rozciąganych:

$$\sigma_{sr} = 0.00 \text{ (MPa)}$$

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:

$$\beta_1 = 1.00$$

Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:

$$\beta_2 = 0.50$$

Moduł sprężystości stali:

$$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$$

Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.000 \% \quad (114)$$

Średnica pręta zbrojeniowego:

$$\phi = 0.00 \text{ (mm)}$$

Współczynnik przyczepności prętów:

$$k_1 = 0.80$$

Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:

$$k_2 = 0.50$$

Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:

$$A_{ct,eff} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Efektywny stopień zbrojenia:

$$\rho_r = 0.000 \%$$

Średni , końcowy rozstaw rys: $s_{rm} = 50 + 0.25k_1k_2\phi/\rho_r = 1000.00 \text{ (mm)}$ (113)
 Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej: $\beta = 1.70$

Obliczeniowa szerokość rys: $w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 0.00 \text{ (mm)}$ (112)
 $w_k \leq w_{lim} = 0.2 \text{ (mm)}$

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne): Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie: $f_{ck} = 25.00 \text{ (MPa)}$
 Moduł sprężystości stali: $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
 Siła poprzeczna: $V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$
 Szerokość środnika: $b_w = 70.0 \text{ (cm)}$
 Wysokość użyteczna przekroju: $d = 40.0 \text{ (cm)}$
 Naprężenia ścinające w przekroju: $\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.00 \text{ (MPa)}$ (119)
 Rozstaw strzemion prostych: $d_s = 2.5 \text{ (cm)}$
 Powierzchnia strzemion prostych: $A_s = 0.14 \text{ (cm}^2\text{)}$
 Stopień zbrojenia strzemionami prostymi: $\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.081 \%$ (121)
 Średnica strzemion prostokątnych: $\phi_1 = 3.0 \text{ (mm)}$
 Wsp. przyczepności dla strzemion prostokątnych : $\beta_1 = 1.00$
 Współczynnik Boriszańskiego: $\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 1.24$ (123)

Szerokość rozwarcia rysy: $w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$ (118)
 $w_k \leq w_{lim} = 0.2 \text{ (mm)}$

Obliczenia dla podciągu P-01

1 Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Klasa środowiska : X0
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Dopuszczalne rozwarcie rys : 0.30 (mm)
- Współczynnik pełzania betonu : $\phi_p = 2.00$
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

2 Belka: Belka1

Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B25 $f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$ ciężar objętościowy = 2501.36 (kG/m3)
- Zbrojenie podłużne : A-III typ A-III (34GS) $f_{yk} = 410.00 \text{ (MPa)}$
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) $f_{yk} = 220.00 \text{ (MPa)}$

2.2 Geometria:

2.2.1	Przęsło	Pozycja	Pl (m)	L (m)	Pp (m)
	P1	Przęsło	0.24	2.90	0.24

Rozpiętość obliczeniowa: $L_o = 3.14 \text{ (m)}$
 Przekrój od 0.00 do 2.90 (m)
 24.0 x 55.0 (cm)

Bez lewej płyty
 Bez prawej płyty
 24.0 x 55.0, Przesunięcie (+ góra, - dół): 0.0 x +0.0 (cm)
 Bez lewej płyty
 Bez prawej płyty

2.3 Opcje obliczeniowe:

- Regulamin kombinacji : PN82
- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Belka prefabrykowana : nie
- Otulina zbrojenia : dolna c = 3.0 (cm)
 : boczna c1 = 3.0 (cm)
 : górna c2 = 3.0 (cm)

2.4 Obciążenia:

2.4.1 Ciągłe:

Typ Q	Natura	Poz.	Przęsło	γ_f	X ₀	P _{z0}	X ₁	P _{z1}	X ₂	P _{z2}	X ₃	Qd/
					(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	
ciężar własny	stałe	-	1	1.10	-	-	-	-	-	-	-	1.00
jednorodne	stałe	góra	1	1.10	-	100.00	-	-	-	-	-	1.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.5 Wyniki obliczeniowe:

Zwiększono ilość zbrojenia podłużnego z uwagi na rysy prostopadłe

Lp.	Typ	Stan	Przęsło	x(m)	Wartość	Nośność	n*
1.	M [kN*m]	SGN	1	1.69	139.96	129.21	0.92
2.	A _{fp} [mm]	SGU	1	1.69	0.30	0.30	0.99
3.	A _{req} [cm ²]	SGU	1	1.69	0.89	0.80	0.91

n* - Współczynnik bezpieczeństwa

2.5.1 Reakcje

Podpora V1

Przypadek	F _x (kN)	F _z (kN)	M _x (kN*m)	M _y (kN*m)
G1	-	5.08	-	0.00
G2	-	157.00	-	0.00
Obwiednia max:	-	178.29	-	0.00
Obwiednia min:	-	145.88	-	0.00

Podpora V2

Przypadek	F _x (kN)	F _z (kN)	M _x (kN*m)	M _y (kN*m)
G1	-	5.08	-	0.00
G2	-	157.00	-	0.00
Obwiednia max:	-	178.29	-	0.00
Obwiednia min:	-	145.88	-	0.00

2.5.2 Oddziaływania w SGN

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	139.96	0.00	53.97	53.97	164.66	-164.66

2.5.3 Oddziaływania w SGU

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	127.24	0.00	17.51	17.51	149.70	-149.70

2.5.4 Teoretyczna powierzchnia zbrojenia

Przęsło	Przęsłowe (cm2)		Podpora lewa (cm2)		Podpora prawa (cm2)	
	dolne	górne	dolne	górne	dolne	górne
P1	8.86	0.00	3.20	0.00	3.20	0.00

2.5.5 Ugięcie i zarysowanie

- ao,k+d - ugięcie początkowe od obciążenia całkowitego
 ao,d - ugięcie początkowe od obciążenia długotrwałego
 a,d - ugięcie długotrwałe od obciążenia długotrwałego
 a - ugięcie całkowite
 a,lim - ugięcie dopuszczalne

 afp - szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu
 afu - szerokość rozwarcia rysy ukośnej

Przęsło	ao,k+d (cm)	ao,d (cm)	a,d (cm)	a (cm)	a,lim (cm)	afp (mm)	afu (mm)
P1	0.5	0.5	0.6	0.6=(L ₀ /513)	1.6	0.30	0.06

2.5.6 Szczegółowa analiza wyników

Przęsło: 1

Rzędna: 0.24 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm2)

Zbrojenie dolne: A(-) = 4.94 (cm2)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzanie położenia wysokości x eff

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 4.94 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 129.78 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$MSd = |M|_{\max} = 53.97 \text{ (kN*m)}$$

$$A_{s1} = 4.94 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$x = 6.8 \text{ (cm)}$$

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 5.4 \text{ (cm)}$$

$$\xi = 0.11$$

$$\xi_{gr} = 0.53$$

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$A_{cc,eff} = 129.78 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$z = 47.6 \text{ (cm)}$$

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 6177.2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 173.05 \text{ (kN)}$$

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

$$173.05 \text{ (kN)} \approx 173.05 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$82.36 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 6177.2 \text{ (cm}^3) + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2) * 45.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{Sd} \leq MR_d \quad (28)$$

$$53.97 \text{ (kN*m)} \leq 82.36 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 164.66 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d1} :

$$VR_{d1} = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VR_{d1} = 65.21 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.3 \text{ (cm)}$$

$$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0$$

$$k = 1.10$$

$$(68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,01$$

$$\rho_L = 0.410 \%$$

$$(69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VR_{d2} :

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VR_{d2} = v * f_{cd} * b_w * z * (\cot \theta / (1 + \cot \theta * \cot \theta)) \quad VR_{d2} = 399.82 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v = 0.55$$

$$(71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d3} :

$$VR_{d3} = VR_{d3,1} = A_{sw1} * f_{ywd1} * z * \cot \theta / s_1 \quad VR_{d3} = 172.94 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.20 \text{ (cm}^2)$$

$$f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$s_1 = 1.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających a_L zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):

$$VRd = \min(VRd2, VRd3)$$

(63)

$$VSd \leq VRd$$

$$164.66 \text{ (kN)} \leq 172.94 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:

$$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$$

Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:

$$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (116)$$

Pole przekroju betonowego:

$$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Moment działający:

$$M_y = 17.51 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

Napężenia w zbrojeniu rozciągającym:

$$\sigma_s = 75.64 \text{ (MPa)}$$

Napężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:

$$\sigma_{sr} = 115.57 \text{ (MPa)}$$

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

Moduł sprężystości stali:

$$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$$

Siła poprzeczna:

$$V_{sd} = 149.70 \text{ (kN)}$$

Szerokość środnika:

$$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$$

Wysokość użyteczna przekroju:

$$d = 50.3 \text{ (cm)}$$

Napężenia ścinające w przekroju:

$$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 1.24 \text{ (MPa)} \quad (119)$$

Rozstaw strzemion prostych:

$$d_s = 1.0 \text{ (cm)}$$

Powierzchnia strzemion prostych:

$$A_s = 0.20 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:

$$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.838 \% \quad (121)$$

Średnica strzemion prostopadłych:

$$\phi_1 = 2.5 \text{ (mm)}$$

Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :

$$\beta_1 = 1.00$$

Współczynnik Boriszańskiego:

$$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 0.10 \quad (123)$$

Szerokość rozwarcia rysy:

$$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)} \quad (118)$$

$$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$$

Przęsło: 1

Rzędna: 1.69 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm²)

Zbrojenie dolne: A(-) = 8.04 (cm²)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

$$MSd = |M|_{\max} = 139.96 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

$$A_{s1} = 8.04 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

Wysokość strefy ściskanej:

$$x = 11.0 \text{ (cm)}$$

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 8.8 \text{ (cm)}$$

Względna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi = 0.17$$

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi_{gr} = 0.53$$

Szerokość strefy ściskanej:

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

$$A_{cc,eff} = 211.12 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

$$z = 45.9 \text{ (cm)}$$

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 9690.6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 281.49 \text{ (kN)}$$

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Sprawdzenie położenia wysokości x_{eff}

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 8.04 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 211.12 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$281.49 \text{ (kN)} \approx 281.49 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$$

$$129.21 \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 9690.6 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 45.0 \text{ (cm)}$$

$$MSd \leq MRd \quad (28)$$

$$139.96 \text{ (kN}\cdot\text{m)} > 129.21 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie $VRd1$:

$$VRd1 = [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad VRd1 = 70.12 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.3 \text{ (cm)}$$

$$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0$$

$$k = 1.10$$

(68)

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01$$

$$\rho_L = 0.666 \%$$

(69)

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu $VRd2$:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VRd2 = 399.82 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v = 0.55$$

(71)

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie $VRd3$:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 6.18 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.20 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$s_1 = 28.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VRd = \min(VRd2, VRd3)$

$$VSd \leq VRd$$

(63)

$$0.00 \text{ (kN)} \leq 70.11 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} * W_c = 26.75 \text{ (kN*m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 127.24 \text{ (kN*m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 344.03 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 72.32 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.168 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 16.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 282.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 2.852 \%$	
Średni , końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 106.10 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

$$\text{Obliczeniowa szerokość rys: } w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 0.30 \text{ (mm)} \quad (112)$$

$$w_k > w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$	
Szerokość środka:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.3 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.00 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 28.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.20 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.030 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 2.5 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 * [\rho_{w1} / (\beta_1 * \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 * \phi_2)]\} = 2.82$	(123)

$$\text{Szerokość rozwarcia rysy: } w_k = 4 * \tau^2 * \lambda / (\rho_w * E_s * f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)} \quad (118)$$

$$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$$

Pręśło: 1

Rzędna: 3.14 (m)

Zbrojenie górne: $A(+) = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$

Zbrojenie dolne: $A(-) = 4.94 \text{ (cm}^2\text{)}$

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

$$MSd = |M|_{\max} = 53.97 \text{ (kN*m)}$$

$$A_{s1} = 4.94 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

Wysokość strefy ściskanej:

$$x = 6.8 \text{ (cm)}$$

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

$$x_{eff} = 0.8 * x = 5.4 \text{ (cm)}$$

Względna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi = 0.11$$

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi_{gr} = 0.53$$

Szerokość strefy ściskanej:

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

$$A_{cc,eff} = 129.78 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

$$z = 47.6 \text{ (cm)}$$

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} * z = 6177.2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

$$F_{s1} = f_{yd} * A_{s1} = 173.05 \text{ (kN)}$$

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

$$F_{s2} = f_{yd} * A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Sprawdzanie położenia wysokości x_{eff}

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} * 4.94 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 129.78 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$173.05 \text{ (kN)} \approx 173.05 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$82.36 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 6177.2 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 45.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{Sd} \leq MR_d \quad (28)$$

$$53.97 \text{ (kN*m)} \leq 82.36 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 164.66 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$VR_{d1} = [0.35 * k * f_{ctd} * (1.2 + 40 \rho_L) + 0.15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VR_{d1} = 65.21 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.3 \text{ (cm)}$$

$$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1.6 - d \geq 1.0$$

$$k = 1.10 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0.01$$

$$\rho_L = 0.410 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VR_{d2} = v * f_{cd} * b_w * z * (\cot \theta / (1 + \cot \theta * \cot \theta)) \quad VR_{d2} = 399.82 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0.6 * (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v = 0.55 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s1 \quad VRd3 = 172.94 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.20 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.3 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s1 = 1.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min (VRd2, VRd3)$$

$$VSd \leq VRd$$

$$(63) \quad 164.66 \text{ (kN)} \leq 172.94 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 17.51 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 75.64 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 115.57 \text{ (MPa)}$	

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 149.70 \text{ (kN)}$	
Szerokość środka:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.3 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 1.24 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 1.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.20 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.838 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 2.5 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 0.10$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

2.6 Wyniki teoretyczne - szczegółowe:

2.6.1 P1 : Przęsło od 0.24 do 3.14 (m)

	SGN		SGU			
Odcięta (m)	M maks (kN*m)	M min (kN*m)	M maks (kN*m)	M min (kN*m)	A górne (cm ²)	A dolne (cm ²)

0.24	53.97	0.00	17.51	0.00	0.00	3.20
0.43	78.19	0.00	45.80	0.00	0.00	4.71
0.75	109.43	0.00	81.43	0.00	0.00	6.75
1.06	129.48	0.00	106.88	0.00	0.00	8.12
1.38	138.33	0.00	122.15	0.00	0.00	8.74
1.69	139.96	0.00	127.24	0.00	0.00	8.86
2.00	138.33	0.00	122.15	0.00	0.00	8.74
2.32	129.48	0.00	106.88	0.00	0.00	8.12
2.63	109.43	0.00	81.43	0.00	0.00	6.75
2.95	78.19	0.00	45.80	0.00	0.00	4.71
3.14	53.97	0.00	17.51	0.00	0.00	3.20

	SGN	SGU					
Odcięta (m)	Q maks (kN)	Q maks (kN)	a _{fp} (mm)	a _{fu} (mm)	Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)	Vrd3 (kN)
0.24	164.66	149.70	0.00	0.06	65.21	399.82	172.94
0.43	142.63	129.67	0.10	0.04	69.26	399.82	172.94
0.75	106.98	97.25	0.19	0.02	70.12	399.82	172.94
1.06	71.32	64.83	0.25	0.04	70.12	399.82	96.08
1.38	35.66	32.42	0.29	0.02	70.12	399.82	61.76
1.69	0.00	0.00	0.30	0.00	70.12	399.82	61.76
2.00	-35.66	-32.42	0.29	0.02	70.12	399.82	61.76
2.32	-71.32	-64.83	0.25	0.04	70.12	399.82	96.08
2.63	-106.98	-97.25	0.19	0.02	70.12	399.82	172.94
2.95	-142.63	-129.67	0.10	0.04	69.26	399.82	172.94
3.14	-164.66	-149.70	0.00	0.06	65.21	399.82	172.94

2.7 Zbrojenie:

2.7.1 P1 : Przęsło od 0.24 do 3.14 (m)

Zbrojenie podłużne:

- dolne (A-III (34GS))
4 $\phi 16$ $l = 3.47$ od 0.05 do 3.33
- montażowe (górne) (A-0 (St0S))
4 $\phi 12$ $l = 3.32$ od 0.03 do 3.35

Zbrojenie poprzeczne:

- główne (A-0 (St0S))
strzemiona 40 $\phi 8$ $l = 1.33$
 $e = 1*0.01 + 5*0.10 + 1*0.16 + 2*0.18 + 3*0.28 + 2*0.18 + 1*0.16 + 5*0.10$ (m)
- szpilki 40 $\phi 8$ $l = 1.33$
 $e = 1*0.01 + 5*0.10 + 1*0.16 + 2*0.18 + 3*0.28 + 2*0.18 + 1*0.16 + 5*0.10$ (m)

3 Ilościowe zestawienie materiałów:

- Objętość betonu = 0.45 (m³)
- Powierzchnia deskowania = 4.68 (m²)
- Stal A-III, typ A-III (34GS)
 - Ciężar całkowity = 21.94 (kG)
 - Gęstość = 49.17 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 16.0 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
16	3.47	5.48	4	21.94

- Stal A-0, typ A-0 (St0S)
 - Ciężar całkowity = 32.78 (kG)
 - Gęstość = 73.48 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 8.8 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
8	1.33	0.52	40	20.99
12	3.32	2.95	4	11.79

Obliczenia dla podciągu P-02

1 Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Klasa środowiska : X0
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Dopuszczalne rozwarście rys : 0.30 (mm)
- Współczynnik pełzania betonu : $\phi_p = 2.00$
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

2 Belka: Belka1

Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B25 $f_{cd} = 13.33$ (MPa) ciężar objętościowy = 2501.36 (kG/m³)
- Zbrojenie podłużne : A-III typ A-III (34GS) $f_{yk} = 410.00$ (MPa)
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) $f_{yk} = 220.00$ (MPa)

2.2 Geometria:

2.2.1	Przęsło	Pozycja	Pl (m)	L (m)	Pp (m)
	P1	Przęsło	0.30	6.20	0.30
		Rozpiętość obliczeniowa: $L_o = 6.50$ (m)			
	Przekrój	od 0.00 do 6.20 (m)			
		30.0 x 62.0 (cm)			
		Bez lewej płyty			
		Bez prawej płyty			
		30.0 x 62.0, Przesunięcie (+ góra, - dół): 0.0 x +0.0 (cm)			
		Bez lewej płyty			
		Bez prawej płyty			

2.3 Opcje obliczeniowe:

- Regulamin kombinacji : PN82
- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Belka prefabrykowana : nie
- Otulina zbrojenia : dolna $c = 3.0$ (cm)
: boczna $c_1 = 3.0$ (cm)
: górna $c_2 = 3.0$ (cm)

2.4 Obciążenia:

2.4.1 Ciągłe:

Typ Q	Natura	Poz.	Przęsło	γ_f	X_0	P_{z0}	X_1	P_{z1}	X_2	P_{z2}	X_3	Qd/
					(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	
ciężar własny	stałe	-	1	1.10	-	-	-	-	-	-	-	1.00
jednorodne	stałe	górn	1	1.10	-	20.00	-	-	-	-	-	1.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.5 Wyniki obliczeniowe:

2.5.1 Reakcje

Podpora V1

Przypadek	F_x (kN)	F_z (kN)	M_x (kN*m)	M_y (kN*m)
G1	-	14.83	-	0.00
G2	-	65.00	-	0.00
Obwiednia max:	-	87.81	-	0.00
Obwiednia min:	-	71.85	-	0.00

Podpora V2

Przypadek	F_x (kN)	F_z (kN)	M_x (kN*m)	M_y (kN*m)
G1	-	14.83	-	0.00
G2	-	65.00	-	0.00
Obwiednia max:	-	87.81	-	0.00
Obwiednia min:	-	71.85	-	0.00

2.5.2 Oddziaływania w SGN

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	142.69	0.00	31.70	31.70	83.76	-83.76

2.5.3 Oddziaływania w SGU

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	129.72	0.00	10.78	10.78	76.14	-76.14

2.5.4 Teoretyczna powierzchnia zbrojenia

Przęsło	Przęsłowe (cm2)		Podpora lewa (cm2)		Podpora prawa (cm2)	
	dolne	górne	dolne	górne	dolne	górne
P1	7.60	0.00	1.61	0.00	1.61	0.00

2.5.5 Ugięcie i zarysowanie

ao,k+d	- ugięcie początkowe od obciążenia całkowitego
ao,d	- ugięcie początkowe od obciążenia długotrwałego
a,d	- ugięcie długotrwałe od obciążenia długotrwałego
a	- ugięcie całkowite
a,lim	- ugięcie dopuszczalne
afp	- szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu
afu	- szerokość rozwarcia rysy ukośnej

Przęsło	ao,k+d (cm)	ao,d (cm)	a,d (cm)	a (cm)	a,lim (cm)	afp (mm)	afu (mm)
P1	1.4	1.4	1.8	$1.8=(L_0/360)$	3.0	0.28	0.15

2.5.6 Szczegółowa analiza wyników

Przęsło: 1

Rzędna: 0.30 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm2)

Zbrojenie dolne: A(-) = 5.74 (cm2)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzenie położenia wysokości x eff

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 5.74 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 150.55 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$200.73 \text{ (kN)} \approx 200.73 \text{ (kN)}$$

$$M_{Sd} = |M| \text{ max} = 31.70 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$A_{s1} = 5.74 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$x = 6.3 \text{ (cm)}$$

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 5.0 \text{ (cm)}$$

$$\xi = 0.09$$

$$\xi_{gr} = 0.53$$

$$B = 30.0 \text{ (cm)}$$

$$A_{cc,eff} = 150.55 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$z = 55.1 \text{ (cm)}$$

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 8293.9 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 200.73 \text{ (kN)}$$

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$$

$$110.59 \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 8293.9 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 52.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (28)$$

$$31.70 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \leq 110.59 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 83.76 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia

na ścinanie VRd1:

$$\begin{aligned}VRd1 &= [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d & VRd1 &= 85.14 \text{ (kN)} \quad (67) \\d &= 57.6 \text{ (cm)} & b_w &= 30.0 \text{ (cm)} & f_{ctd} &= 1.03 \text{ (MPa)} \\k &= 1,6 - d \geq 1,0 & k &= 1.02 & & (68) \\\rho_L &= A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 & \rho_L &= 0.332 \% & & (69)\end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$\begin{aligned}VRd2 &= v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) & VRd2 &= 572.31 \text{ (kN)} & (70) \\f_{cd} &= 13.33 \text{ (MPa)} & f_{ck} &= 20.00 \text{ (MPa)} \\z &= 51.8 \text{ (cm)} & \cot \theta &= 1.00 \\v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) & v &= 0.55 & (71)\end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$\begin{aligned}VRd3 &= VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 & VRd3 &= 85.49 \text{ (kN)} \quad (73) \\A_{sw1} &= 0.09 \text{ (cm}^2\text{)} & f_{ywd1} &= 190.00 \text{ (MPa)} & z &= 51.8 \text{ (cm)} \\\cot \theta &= 1.00 & s_1 &= 1.0 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\begin{aligned}\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} & & VRd &= \min (VRd2, VRd3) \\(63) & & VSd &\leq VRd \\ & & 83.76 \text{ (kN)} &\leq 85.13 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

$$\begin{aligned}\text{Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:} & & f_{ctm} &= 2.21 \text{ (MPa)} \\ \text{Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:} & & W_c &= 19220.0 \text{ (cm}^3\text{)} \\ \text{Moment rysujący:} & & M_{cr} &= f_{ctm} \cdot W_c = 42.48 \text{ (kN}\cdot\text{m)} & (116) \\ \text{Pole przekroju betonowego:} & & A_c &= 1860.00 \text{ (cm}^2\text{)} \\ \text{Moment działający:} & & M_y &= 10.78 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\ \text{Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:} & & \sigma_s &= 34.82 \text{ (MPa)} \\ \text{Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:} & & \sigma_{sr} &= 137.29 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 76.14 \text{ (kN)}$	
Szerokość średnika:	$b_w = 30.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 57.6 \text{ (cm)}$	
Napężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.44 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 1.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemionami prostymi:	$A_s = 0.09 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.289 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 1.7 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 0.19$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 1

Rzędna: 3.40 (m)

Zbrojenie górne: $A(+) = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$

Zbrojenie dolne: $A(-) = 8.04 \text{ (cm}^2\text{)}$

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzenie położenia wysokości x_{eff}

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 8.04 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 211.12 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$281.49 \text{ (kN)} \approx 281.49 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$$

$$152.23 \text{ (kN} \cdot \text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 11417.4 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 52.0 \text{ (cm)}$$

$$MS_d \leq MR_d \quad (28)$$

$$142.69 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \leq 152.23 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia

na ścinanie VRd1:

$$\begin{aligned}VRd1 &= [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d & VRd1 &= 88.55 \text{ (kN)} & (67) \\d &= 57.6 \text{ (cm)} & b_w &= 30.0 \text{ (cm)} & f_{ctd} &= 1.03 \text{ (MPa)} \\k &= 1,6 - d \geq 1,0 & k &= 1.02 & & (68) \\\rho_L &= A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 & \rho_L &= 0.465 \% & & (69)\end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$\begin{aligned}VRd2 &= v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) & VRd2 &= 572.31 \text{ (kN)} & (70) \\f_{cd} &= 13.33 \text{ (MPa)} & f_{ck} &= 20.00 \text{ (MPa)} \\z &= 51.8 \text{ (cm)} & \cot \theta &= 1.00 \\v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) & v &= 0.55 & (71)\end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$\begin{aligned}VRd3 &= VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 & VRd3 &= 3.05 \text{ (kN)} & (73) \\A_{sw1} &= 0.09 \text{ (cm}^2\text{)} & f_{ywd1} &= 190.00 \text{ (MPa)} & z &= 51.8 \text{ (cm)} \\\cot \theta &= 1.00 & s_1 &= 28.0 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\begin{aligned}\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} & & VRd &= \min (VRd2, VRd3) \\(63) & & VSd &\leq VRd \\ & & 0.00 \text{ (kN)} &\leq 88.55 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

$$\begin{aligned}\text{Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:} & & f_{ctm} &= 2.21 \text{ (MPa)} \\ \text{Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:} & & W_c &= 19220.0 \text{ (cm}^3\text{)} \\ \text{Moment rysujący:} & & M_{cr} &= f_{ctm} \cdot W_c = 42.48 \text{ (kN}\cdot\text{m)} & (116) \\ \text{Pole przekroju betonowego:} & & A_c &= 1860.00 \text{ (cm}^2\text{)} \\ \text{Moment działający:} & & M_y &= 129.72 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\ \text{Napężenia w zbrojeniu rozciągającym:} & & \sigma_s &= 302.22 \text{ (MPa)} \\ \text{Napężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:} & & \sigma_{sr} &= 98.98 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów: $\beta_1 = 1.00$
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia: $\beta_2 = 0.50$
Moduł sprężystości stali: $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego: $\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.143 \%$ (114)
Średnica pręta zbrojeniowego: $\phi = 16.00 \text{ (mm)}$
Współczynnik przyczepności prętów: $k_1 = 0.80$
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej: $k_2 = 0.50$
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej: $A_{ct, eff} = 330.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
Efektywny stopień zbrojenia: $\rho_r = 2.437 \%$
Średni, końcowy rozstaw rys: $s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 115.65 \text{ (mm)}$ (113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej: $\beta = 1.70$

Obliczeniowa szerokość rys: $w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 0.28 \text{ (mm)}$ (112)
 $w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie: $f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$
Moduł sprężystości stali: $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
Siła poprzeczna: $V_{sd} = 0.00 \text{ (kN)}$
Szerokość środnika: $b_w = 30.0 \text{ (cm)}$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 57.6 \text{ (cm)}$
Napężenia ścinające w przekroju: $\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.00 \text{ (MPa)}$ (119)
Rozstaw strzemion prostych: $d_s = 28.0 \text{ (cm)}$
Powierzchnia strzemion prostych: $A_s = 0.09 \text{ (cm}^2\text{)}$
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi: $\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.010 \%$ (121)
Średnica strzemion prostopadłych: $\phi_1 = 1.7 \text{ (mm)}$
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych: $\beta_1 = 1.00$
Współczynnik Boriszańskiego: $\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 5.36$ (123)

Szerokość rozwarcia rysy: $w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$ (118)
 $w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$

Przęsło: 1

Rzędna: 6.50 (m)

Zbrojenie górne: $A(+) = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$

Zbrojenie dolne: $A(-) = 5.74 \text{ (cm}^2\text{)}$

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne: $MSd = |M|_{max} = 31.70 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$
Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach): $A_{s1} = 5.74 \text{ (cm}^2\text{)}$
Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach): $A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
Obliczenia nośności przekroju MRd
Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie: $f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$
Wysokość strefy ściskanej: $x = 6.3 \text{ (cm)}$
Efektywna wysokość strefy ściskanej: $x_{eff} = 0.8 \cdot x = 5.0 \text{ (cm)}$
Względna wysokość strefy ściskanej: $\xi = 0.09$
Graniczna wysokość strefy ściskanej: $\xi_{gr} = 0.53$
Szerokość strefy ściskanej: $B = 30.0 \text{ (cm)}$
Efektywna powierzchnia strefy ściskanej: $A_{cc, eff} = 150.55 \text{ (cm}^2\text{)}$
Ramie sił wewnętrznych w przekroju: $z = 55.1 \text{ (cm)}$
Efektywny moment statyczny strefy ściskanej: $S_{cc, eff} = A_{cc, eff} \cdot z = 8293.9 \text{ (cm}^3\text{)}$
Wytrzymałość obliczeniowa stali: $f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$
Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej: $F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 200.73 \text{ (kN)}$
Siła w stali zbrojeniowej ściskanej: $F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$
Sprawdzanie położenia wysokości x_{eff}
 $f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc, eff} + f_{yd} \cdot A_{s2}$ (29)
 $350.00 \text{ (MPa)} \cdot 5.74 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 150.55 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
 $200.73 \text{ (kN)} \approx 200.73 \text{ (kN)}$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$110.59 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 8293.9 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 52.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{Sd} \leq MRd \quad (28)$$

$$31.70 \text{ (kN*m)} \leq 110.59 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 83.76 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d1} :

$$VR_{d1} = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VR_{d1} = 85.14 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 57.6 \text{ (cm)}$$

$$b_w = 30.0 \text{ (cm)}$$

$$f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0$$

$$k = 1.02$$

$$(68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,01$$

$$\rho_L = 0.332 \%$$

$$(69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VR_{d2} :

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VR_{d2} = v * f_{cd} * b_w * z * (\cot \theta / (1 + \cot \theta * \cot \theta)) \quad VR_{d2} = 572.31 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 51.8 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v = 0.55$$

$$(71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d3} :

$$VR_{d3} = VR_{d3,1} = A_{sw1} * f_{ywd1} * z * \cot \theta / s_1 \quad VR_{d3} = 85.49 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.09 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 51.8 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$s_1 = 1.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających a_L zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VR_d = \min (VR_{d2}, VR_{d3})$

$$V_{Sd} \leq VR_d$$

$$83.76 \text{ (kN)} \leq 85.13 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 19220.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} * W_c = 42.48 \text{ (kN*m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1860.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 10.78 \text{ (kN*m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 34.82 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 137.29 \text{ (MPa)}$	

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 76.14 \text{ (kN)}$	
Szerokość środka:	$b_w = 30.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 57.6 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w * d) = 0.44 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 1.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.09 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s * b_w) = 0.289 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 1.7 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Borisańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 * [\rho_{w1} / (\beta_1 * \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 * \phi_2)]\} = 0.19$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 * \tau^2 * \lambda / (\rho_w * E_s * f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

2.6 Wyniki teoretyczne - szczegółowe:**2.6.1 P1 : Przęsło od 0.30 do 6.50 (m)**

Odcięta (m)	SGN		SGU		A górne (cm ²)	A dolne (cm ²)
	M maks (kN*m)	M min (kN*m)	M maks (kN*m)	M min (kN*m)		
0.30	31.70	0.00	10.78	0.00	0.00	1.61
0.80	66.80	0.00	46.70	0.00	0.00	3.44
1.45	102.35	0.00	83.02	0.00	0.00	5.35
2.10	126.48	0.00	108.97	0.00	0.00	6.68
2.75	139.19	0.00	124.53	0.00	0.00	7.40
3.40	142.69	0.00	129.72	0.00	0.00	7.60
4.05	139.19	0.00	124.53	0.00	0.00	7.40
4.70	126.48	0.00	108.97	0.00	0.00	6.68
5.35	102.35	0.00	83.02	0.00	0.00	5.35
6.00	66.80	0.00	46.70	0.00	0.00	3.44
6.50	31.70	0.00	10.78	0.00	0.00	1.61

Odcięta (m)	SGN		SGU		Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)	Vrd3 (kN)
	Q maks (kN)	Q maks (kN)	afp (mm)	afu (mm)			
0.30	83.76	76.14	0.00	0.05	85.14	572.31	85.49
0.80	70.25	63.86	0.06	0.15	88.55	572.31	39.78
1.45	52.69	47.90	0.17	0.08	88.55	572.31	39.78

2.10	35.12	31.93	0.23	0.04	88.55	572.31	39.78
2.75	17.56	15.97	0.27	0.01	88.55	572.31	39.78
3.40	0.00	0.00	0.28	0.00	88.55	572.31	39.78
4.05	-17.56	-15.97	0.27	0.01	88.55	572.31	39.78
4.70	-35.12	-31.93	0.23	0.04	88.55	572.31	39.78
5.35	-52.69	-47.90	0.17	0.08	88.55	572.31	39.78
6.00	-70.25	-63.86	0.06	0.15	88.55	572.31	39.78
6.50	-83.76	-76.14	0.00	0.05	85.14	572.31	85.49

2.7 Zbrojenie:

2.7.1 P1 : Przęsło od 0.30 do 6.50 (m)

Zbrojenie podłużne:

- dolne (A-III (34GS))
 - 4 $\phi 16$ $l = 6.89$ od 0.05 do 6.75
- montażowe (górne) (A-0 (St0S))
 - 4 $\phi 12$ $l = 6.74$ od 0.03 do 6.77

Zbrojenie poprzeczne:

- główne (A-0 (St0S))
 - strzemiona 54 $\phi 6$ $l = 1.55$
 $e = 1*0.01 + 1*0.05 + 2*0.12 + 20*0.28 + 2*0.12 + 1*0.05$ (m)
 - szpilki 54 $\phi 6$ $l = 1.55$
 $e = 1*0.01 + 1*0.05 + 2*0.12 + 20*0.28 + 2*0.12 + 1*0.05$ (m)

3 Ilościowe zestawienie materiałów:

- Objętość betonu = 1.26 (m³)
- Powierzchnia deskowania = 10.66 (m²)

- Stal A-III, typ A-III (34GS)
 - Ciężar całkowity = 43.54 (kG)
 - Gęstość = 34.42 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 16.0 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
16	6.89	10.88	4	43.54

- Stal A-0, typ A-0 (St0S)
 - Ciężar całkowity = 42.53 (kG)
 - Gęstość = 33.63 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 7.5 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
6	1.55	0.34	54	18.59
12	6.74	5.99	4	23.94

Obliczenia dla podciągu P-03

1 Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Klasa środowiska : X0
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Dopuszczalne rozwarcie rys : 0.30 (mm)
- Współczynnik pękania betonu : $\varphi_p = 2.00$
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

2 Belka: Belka1

Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B25 $f_{cd} = 13.33$ (MPa) ciężar objętościowy = 2501.36 (kg/m³)
- Zbrojenie podłużne : A-III typ A-III (34GS) $f_{yk} = 410.00$ (MPa)
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) $f_{yk} = 220.00$ (MPa)

2.2 Geometria:

2.2.1	Przęsło	Pozycja	Pl (m)	L (m)	Pp (m)
	P1	Przęsło	0.24	2.70	0.24

Rozpiętość obliczeniowa: $L_o = 2.94$ (m)

Przekrój od 0.00 do 2.70 (m)
24.0 x 55.0 (cm)
Bez lewej płyty
Bez prawej płyty
24.0 x 55.0, Przesunięcie (+ góra, - dół): 0.0 x +0.0 (cm)
Bez lewej płyty
Bez prawej płyty

2.2.2	Przęsło	Pozycja	Pl (m)	L (m)	Pp (m)
	P2	Przęsło	0.24	2.45	0.24

Rozpiętość obliczeniowa: $L_o = 2.69$ (m)

Przekrój od 0.00 do 2.45 (m)
24.0 x 55.0, Przesunięcie (+ góra, - dół): 0.0 x 0.0 (cm)
Bez lewej płyty
Bez prawej płyty
24.0 x 55.0, Przesunięcie (+ góra, - dół): 0.0 x +0.0 (cm)
Bez lewej płyty
Bez prawej płyty

2.3 Opcje obliczeniowe:

- Regulamin kombinacji : PN82
- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Belka prefabrykowana : nie
- Otulina zbrojenia : dolna $c = 3.0$ (cm)
: boczna $c1 = 3.0$ (cm)
: górna $c2 = 3.0$ (cm)

2.4 Obciążenia:

2.4.1 Ciągłe:

Typ Q	Natura	Poz.	Przęsło	γ_f	X_0	P_{z0}	X_1	P_{z1}	X_2	P_{z2}	X_3	Qd/
				(m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	
ciężar własny	stałe	-	1	1.10	-	-	-	-	-	-	-	1.00
jednorodne	stałe	góra	1-2	1.10	-	80.00	-	-	-	-	-	1.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.5 Wyniki obliczeniowe:

2.5.1 Reakcje

Podpora V1

Przypadek	F_x (kN)	F_z (kN)	M_x (kN*m)	M_y (kN*m)
	-	3.66	-	0.00
	-	90.49	-	0.00
Obwiednia max:	-	103.56	-	0.00
Obwiednia min:	-	84.73	-	0.00

Podpora V2

Przypadek	F_x (kN)	F_z (kN)	M_x (kN*m)	M_y (kN*m)
	-	11.41	-	0.00
	-	281.94	-	0.00
Obwiednia max:	-	322.69	-	0.00
Obwiednia min:	-	264.02	-	0.00

Podpora V3

Przypadek	F_x (kN)	F_z (kN)	M_x (kN*m)	M_y (kN*m)
	-	3.16	-	0.00
	-	77.97	-	0.00
Obwiednia max:	-	89.24	-	0.00
Obwiednia min:	-	73.01	-	0.00

2.5.2 Oddziaływania w SGN

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	58.48	-7.33	29.57	-72.97	92.58	-154.64
P2	43.01	-16.55	-73.86	24.55	146.08	-78.25

2.5.3 Oddziaływania w SGU

Przęsło	Mtmaks (kN*m)	Mtmin (kN*m)	MI (kN*m)	Mp (kN*m)	QI (kN)	Qp (kN)
P1	53.16	0.00	9.83	-66.34	84.16	-140.58
P2	39.10	0.00	-67.15	8.39	132.80	-71.13

2.5.4 Teoretyczna powierzchnia zbrojenia

Przęsło	Przęsłowe (cm2)		Podpora lewa (cm2)		Podpora prawa (cm2)	
	dolne	górne	dolne	górne	dolne	górne
P1	3.47	0.00	1.72	0.00	0.00	4.38
P2	2.53	0.00	0.00	4.44	1.42	0.00

2.5.5 Ugięcie i zarysowanie

ao,k+d	- ugięcie początkowe od obciążenia całkowitego
ao,d	- ugięcie początkowe od obciążenia długotrwałego
a,d	- ugięcie długotrwałe od obciążenia długotrwałego
a	- ugięcie całkowite
a,lim	- ugięcie dopuszczalne
afp	- szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi elementu
afu	- szerokość rozwarcia rysy ukośnej

Przęsło	ao,k+d (cm)	ao,d (cm)	a,d (cm)	a (cm)	a,lim (cm)	afp (mm)	afu (mm)
P1	0.2	0.2	0.2	0.2=(Lo/1233)	1.5	0.30	0.06
P2	0.1	0.1	0.1	0.1=(Lo/2295)	1.3	0.30	0.06

2.5.6 Szczegółowa analiza wyników

Przęsło: 1

Rzędna: 0.24 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm2)

Zbrojenie dolne: A(-) = 3.36 (cm2)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzanie położenia wysokości x eff

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 3.36 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 88.29 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$117.72 \text{ (kN)} \approx 117.72 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali As2:

$$MRd = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d-a2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali As2:

$$MRd = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d-a2)$$

$$57.28 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 4296.2 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 51.0 \text{ (cm)}$$

$$MSd = |M|_{\max} = 29.57 \text{ (kN*m)}$$

$$A_{s1} = 3.36 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$x = 4.6 \text{ (cm)}$$

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 3.7 \text{ (cm)}$$

$$\xi = 0.07$$

$$\xi_{gr} = 0.53$$

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$A_{cc,eff} = 88.29 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$z = 48.7 \text{ (cm)}$$

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 4296.2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 117.72 \text{ (kN)}$$

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

$$MSd \leq MRd \quad (28)$$

$$29.57 \text{ (kN*m)} \leq 57.28 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 92.58 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$VRd1 = [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad VRd1 = 62.82 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.5 \text{ (cm)} \quad b_w = 24.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.10 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.278 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VRd2 = 401.41 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.5 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.55 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 96.46 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s_1 = 3.6 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VRd = \min (VRd2, VRd3)$

(63)

$$V_{Sd} \leq VRd$$

$$92.58 \text{ (kN)} \leq 96.46 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} * W_c = 26.75 \text{ (kN*m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 9.83 \text{ (kN*m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 61.46 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 167.22 \text{ (MPa)}$	

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 84.16 \text{ (kN)}$	
Szerokość środnika:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.5 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w * d) = 0.69 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 3.6 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s * b_w) = 0.465 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 3.6 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 * [\rho_{w1} / (\beta_1 * \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 * \phi_2)]\} = 0.26$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 * \tau^2 * \lambda / (\rho_w * E_s * f_{ck}) = 0.0 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 1**Rzędna:** 1.59 (m)**Zbrojenie górne:** $A(+) = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$ **Zbrojenie dolne:** $A(-) = 4.52 \text{ (cm}^2\text{)}$ **ULS - zginanie**Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramie sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzanie położenia wysokości x eff

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} * 4.52 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 118.75 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$158.34 \text{ (kN)} \approx 158.34 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$76.04 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 5703.2 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 51.0 \text{ (cm)}$$

 $MSd = |M|_{max} = 57.23 \text{ (kN*m)}$ $A_{s1} = 4.52 \text{ (cm}^2\text{)}$ $A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$ $f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$ $x = 6.2 \text{ (cm)}$ $x_{eff} = 0.8 * x = 4.9 \text{ (cm)}$ $\xi = 0.10$ $\xi_{gr} = 0.53$ $B = 24.0 \text{ (cm)}$ $A_{cc,eff} = 118.75 \text{ (cm}^2\text{)}$ $z = 48.0 \text{ (cm)}$ $S_{cc,eff} = A_{cc,eff} * z = 5703.2 \text{ (cm}^3\text{)}$ $f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$ $F_{s1} = f_{yd} * A_{s1} = 158.34 \text{ (kN)}$ $F_{s2} = f_{yd} * A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (28)$$

$$57.23 \text{ (kN*m)} \leq 76.04 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 31.03 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d1} :

$$VR_{d1} = [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad VR_{d1} = 64.65 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.5 \text{ (cm)} \quad b_w = 24.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.10 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.373 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VR_{d2} :

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VR_{d2} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VR_{d2} = 401.41 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.5 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.55 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d3} :

$$VR_{d3} = VR_{d3,1} = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VR_{d3} = 12.40 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s_1 = 28.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VR_d = \min (VR_{d2}, VR_{d3})$

(63)

$$V_{Sd} \leq VR_d$$

$$31.03 \text{ (kN)} \leq 64.64 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = 48.47 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Napężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 227.29 \text{ (MPa)}$	
Napężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 125.43 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.096 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 12.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 270.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 1.676 \%$	
Średni , końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 121.62 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

Obliczeniowa szerokość rys:	$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 0.20 \text{ (mm)}$	(112)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 28.21 \text{ (kN)}$	
Szerokość środnika:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.5 \text{ (cm)}$	
Napężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.23 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 28.0 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.060 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 3.6 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 1.99$	(123)
Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.2 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 1**Rzędna:** 2.94 (m)**Zbrojenie górne:** A(+) = 4.52 (cm²)**Zbrojenie dolne:** A(-) = 1.36 (cm²)**ULS - zginanie**Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia powierchnia strefy ściskanej:

Ramie sił wewnętrznych w przekroju:

$$M_{Sd} = |M|_{\max} = 72.97 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$A_{s1} = 4.52 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$x = 5.1 \text{ (cm)}$$

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 4.1 \text{ (cm)}$$

$$\xi = 0.08$$

$$\xi_{gr} = 0.53$$

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

$$A_{cc,eff} = 97.84 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$z = 48.5 \text{ (cm)}$$

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej: $S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 4741.4 \text{ (cm}^3\text{)}$
 Wytrzymałość obliczeniowa stali: $f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$
 Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej: $F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 158.34 \text{ (kN)}$
 Siła w stali zbrojeniowej ściskanej: $F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$
Sprawdzanie położenia wysokości x_{eff}
 $f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$
 $350.00 \text{ (MPa)} \cdot 4.52 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 97.84 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$
 $158.34 \text{ (kN)} \approx 130.45 \text{ (kN)}$

Nośność przekroju:
 przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :
 $MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$
 przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :
 $MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$
 $76.05 \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 4741.4 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 51.0 \text{ (cm)}$
 $MS_d \leq MR_d \quad (28)$
 $72.97 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \leq 76.05 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne: $V_{sd} = 154.64 \text{ (kN)}$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d1} :

$VR_{d1} = [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad VR_{d1} = 64.65 \text{ (kN)} \quad (67)$
 $d = 50.5 \text{ (cm)} \quad b_w = 24.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$
 $k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.10 \quad (68)$
 $\rho_L = A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.373 \% \quad (69)$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VR_{d2} :

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$VR_{d2} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VR_{d2} = 401.41 \text{ (kN)} \quad (70)$
 $f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$
 $z = 45.5 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$
 $v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.55 \quad (71)$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VR_{d3} :

$VR_{d3} = VR_{d3,1} = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VR_{d3} = 78.92 \text{ (kN)} \quad (73)$
 $A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.5 \text{ (cm)}$
 $\cot \theta = 1.00 \quad s_1 = 4.4 \text{ (cm)}$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona): $VRd = \min(VRd2, VRd3)$

$$VSd \leq VRd$$

(63)

$$154.64 \text{ (kN)} > 78.92 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = -66.34 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany:	$\sigma_s = 311.01 \text{ (MPa)}$	
Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągany:	$\sigma_{sr} = 125.40 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.143 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 12.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 270.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 1.676 \%$	
Średni , końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 121.62 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

Obliczeniowa szerokość rys:	$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 0.30 \text{ (mm)}$	(112)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 140.58 \text{ (kN)}$	
Szerokość środka:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.5 \text{ (cm)}$	
Naprężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 1.16 \text{ (MPa)}$	(119)
Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 4.4 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.381 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 3.6 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Borisańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 0.31$	(123)

Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.1 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 2

Rzędna: 3.18 (m)

Zbrojenie górne: $A(+) = 4.52 \text{ (cm}^2\text{)}$

Zbrojenie dolne: $A(-) = 1.36 \text{ (cm}^2\text{)}$

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzanie położenia wysokości x_{eff}

$$\begin{aligned} f_{yd} \cdot A_{s1} &= f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} & (29) \\ 350.00 \text{ (MPa)} \cdot 4.52 \text{ (cm}^2\text{)} &= 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 97.84 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \\ 158.34 \text{ (kN)} &\approx 130.45 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$$
$$76.05 \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 4741.4 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 51.0 \text{ (cm)}$$

$$\begin{aligned} MS_d &\leq MR_d & (28) \\ 73.86 \text{ (kN}\cdot\text{m)} &\leq 76.05 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 146.08 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$\begin{aligned} VR_{d1} &= [0.35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1.2 + 40 \rho_L) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d & VR_{d1} &= 64.65 \text{ (kN)} & (67) \\ d &= 50.5 \text{ (cm)} & b_w &= 24.0 \text{ (cm)} & f_{ctd} &= 1.03 \text{ (MPa)} \\ k &= 1.6 - d \geq 1.0 & & & k &= 1.10 & (68) \\ \rho_L &= A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0.01 & & & \rho_L &= 0.373 \% & (69) \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$\begin{aligned} VR_{d2} &= v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) & VR_{d2} &= 401.41 \text{ (kN)} & (70) \\ f_{cd} &= 13.33 \text{ (MPa)} & f_{ck} &= 20.00 \text{ (MPa)} \\ z &= 45.5 \text{ (cm)} & \cot \theta &= 1.00 \\ v &= 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) & v &= 0.55 & (71) \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot\theta / s1 \quad VRd3 = 78.92 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot\theta = 1.00 \quad s1 = 4.4 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min(VRd2, VRd3)$$

(63)

$$VSd \leq VRd$$

$$146.08 \text{ (kN)} > 78.92 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$	
Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:	$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$	
Moment rysujący:	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	(116)
Pole przekroju betonowego:	$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Moment działający:	$M_y = -67.15 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	
Napężenia w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_s = 314.81 \text{ (MPa)}$	
Napężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym:	$\sigma_{sr} = 125.40 \text{ (MPa)}$	

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:	$\beta_2 = 0.50$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:	$\epsilon_{sm} = \sigma_{sr} / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.145 \%$	(114)
Średnica pręta zbrojeniowego:	$\phi = 12.00 \text{ (mm)}$	
Współczynnik przyczepności prętów:	$k_1 = 0.80$	
Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:	$k_2 = 0.50$	
Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:	$A_{ct,eff} = 270.00 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Efektywny stopień zbrojenia:	$\rho_r = 1.676 \%$	
Średni , końcowy rozstaw rys:	$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 121.62 \text{ (mm)}$	(113)
Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej:	$\beta = 1.70$	

Obliczeniowa szerokość rys:	$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 0.30 \text{ (mm)}$	(112)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie:	$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$	
Moduł sprężystości stali:	$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$	
Siła poprzeczna:	$V_{sd} = 132.80 \text{ (kN)}$	
Szerokość środnika:	$b_w = 24.0 \text{ (cm)}$	
Wysokość użyteczna przekroju:	$d = 50.5 \text{ (cm)}$	
Napężenia ścinające w przekroju:	$\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 1.10 \text{ (MPa)}$	(119)

Rozstaw strzemion prostych:	$d_s = 4.4 \text{ (cm)}$	
Powierzchnia strzemion prostych:	$A_s = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$	
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi:	$\rho_{w1} = A_s / (d_s * b_w) = 0.381 \%$	(121)
Średnica strzemion prostopadłych:	$\phi_1 = 3.6 \text{ (mm)}$	
Wsp. przyczepności dla strzemion prostopadłych :	$\beta_1 = 1.00$	
Współczynnik Boriszańskiego:	$\lambda = 1 / \{3 * [\rho_{w1} / (\beta_1 * \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 * \phi_2)]\} = 0.31$	(123)
Szerokość rozwarcia rysy:	$w_k = 4 * \tau^2 * \lambda / (\rho_w * E_s * f_{ck}) = 0.1 \text{ (mm)}$	(118)
	$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$	

Przęsło: 2

Rzędna: 4.41 (m)

Zbrojenie górne: A(+) = 0.00 (cm²)

Zbrojenie dolne: A(-) = 4.52 (cm²)

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

Wysokość strefy ściskanej:

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

Względna wysokość strefy ściskanej:

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

Szerokość strefy ściskanej:

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

Sprawdzenie położenia wysokości x eff

$$f_{yd} * A_{s1} = f_{cd} * A_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} * 4.52 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 118.75 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$158.34 \text{ (kN)} \approx 158.34 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali As2:

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + f_{yd} * A_{s2} * (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali As2:

$$MRd = f_{cd} * S_{cc,eff} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - a_2)$$

$$76.04 \text{ (kN*m)} = 13.33 \text{ (MPa)} * 5703.2 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} * 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} * 51.0 \text{ (cm)}$$

$$MSd \leq MRd \quad (28)$$

$$42.01 \text{ (kN*m)} \leq 76.04 \text{ (kN*m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 33.91 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$VRd1 = [0,35 * k * f_{ctd} * (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad VRd1 = 64.65 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.5 \text{ (cm)} \quad b_w = 24.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.10 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w * d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.373 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VRd2 = 401.41 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$v = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$$

$$v = 0.55 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 12.40 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00$$

$$s_1 = 28.0 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min (VRd2, VRd3)$$

$$VSd \leq VRd$$

$$(63)$$

$$33.91 \text{ (kN)} \leq 64.64 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:

$$f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)}$$

Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:

$$W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (116)$$

Pole przekroju betonowego:

$$A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Moment działający:

$$M_y = 33.82 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

Naprężenia w zbrojeniu rozciągany:

$$\sigma_s = 158.61 \text{ (MPa)}$$

Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągany:

$$\sigma_{sr} = 125.43 \text{ (MPa)}$$

Przekrój jest zarysowany

Współczynnik przyczepności prętów:

$$\beta_1 = 1.00$$

Współczynnik czasu działania i powtarzalności obciążenia:

$$\beta_2 = 0.50$$

Moduł sprężystości stali:

$$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$$

Średnie odkształcenie zbrojenia rozciąganego:

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = 0.055 \% \quad (114)$$

Średnica pręta zbrojeniowego:

$$\phi = 12.00 \text{ (mm)}$$

Współczynnik przyczepności prętów:

$$k_1 = 0.80$$

Współczynnik rozkładu odkształceń w strefie rozciąganej:

$$k_2 = 0.50$$

Efektywne pole przekroju strefy rozciąganej:

$$A_{ct,eff} = 270.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Efektywny stopień zbrojenia:

$$\rho_r = 1.676 \%$$

Średni, końcowy rozstaw rys:

$$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 121.62 \text{ (mm)} \quad (113)$$

Stosunek obliczeniowej szerokości rys do szerokości średniej: $\beta = 1.70$

Obliczeniowa szerokość rys:

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 0.11 \text{ (mm)} \quad (112)$$
$$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie: $f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$
Moduł sprężystości stali: $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
Siła poprzeczna: $V_{sd} = 30.83 \text{ (kN)}$
Szerokość środka: $b_w = 24.0 \text{ (cm)}$
Wysokość użyteczna przekroju: $d = 50.5 \text{ (cm)}$
Napężenia ścinające w przekroju: $\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.25 \text{ (MPa)}$ (119)
Rozstaw strzemion prostych: $d_s = 28.0 \text{ (cm)}$
Powierzchnia strzemion prostych: $A_s = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)}$
Stopień zbrojenia strzemionami prostymi: $\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.060 \%$ (121)
Średnica strzemion prostokątnych: $\phi_1 = 3.6 \text{ (mm)}$
Wsp. przyczepności dla strzemion prostokątnych: $\beta_1 = 1.00$
Współczynnik Boriszańskiego: $\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 1.99$ (123)

Szerokość rozwarcia rysy:

$$w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.2 \text{ (mm)} \quad (118)$$
$$w_k \leq w_{lim} = 0.3 \text{ (mm)}$$

Przęsło: 2

Rzędna: 5.63 (m)

Zbrojenie górne: $A(+) = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$

Zbrojenie dolne: $A(-) = 3.36 \text{ (cm}^2\text{)}$

ULS - zginanie

Siły wewnętrzne:

$$M_{sd} = |M|_{\max} = 24.55 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

Stal rozciągana (uwzględniona w obliczeniach):

$$A_{s1} = 3.36 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Stal ściskana (uwzględniona w obliczeniach):

$$A_{s2} = 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Obliczenia nośności przekroju MRd

Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)}$$

Wysokość strefy ściskanej:

$$x = 4.6 \text{ (cm)}$$

Efektywna wysokość strefy ściskanej:

$$x_{eff} = 0.8 \cdot x = 3.7 \text{ (cm)}$$

Względna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi = 0.07$$

Graniczna wysokość strefy ściskanej:

$$\xi_{gr} = 0.53$$

Szerokość strefy ściskanej:

$$B = 24.0 \text{ (cm)}$$

Efektywna powierzchnia strefy ściskanej:

$$A_{cc,eff} = 88.29 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ramię sił wewnętrznych w przekroju:

$$z = 48.7 \text{ (cm)}$$

Efektywny moment statyczny strefy ściskanej:

$$S_{cc,eff} = A_{cc,eff} \cdot z = 4296.2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Wytrzymałość obliczeniowa stali:

$$f_{yd} = 350.00 \text{ (MPa)}$$

Siła w stali zbrojeniowej rozciąganej:

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 117.72 \text{ (kN)}$$

Siła w stali zbrojeniowej ściskanej:

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 0.00 \text{ (kN)}$$

Sprawdzenie położenia wysokości x_{eff}

$$f_{yd} \cdot A_{s1} = f_{cd} \cdot A_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (29)$$

$$350.00 \text{ (MPa)} \cdot 3.36 \text{ (cm}^2\text{)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 88.29 \text{ (cm}^2\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$117.72 \text{ (kN)} \approx 117.72 \text{ (kN)}$$

Nośność przekroju:

przy pełnym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) \quad (28)$$

przy częściowym uplastycznieniu stali A_{s2} :

$$MR_d = f_{cd} \cdot S_{cc,eff} + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)$$

$$57.28 \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 13.33 \text{ (MPa)} \cdot 4296.2 \text{ (cm}^3\text{)} + 0.00 \text{ (MPa)} \cdot 0.00 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 51.0 \text{ (cm)}$$

$$M_{sd} \leq MR_d \quad (28)$$

$$24.55 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \leq 57.28 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

ULS - Ścinanie

Siły wewnętrzne:

$$V_{sd} = 78.25 \text{ (kN)}$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie betonu w elemencie nie mającym poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd1:

$$VRd1 = [0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad VRd1 = 62.82 \text{ (kN)} \quad (67)$$

$$d = 50.5 \text{ (cm)} \quad b_w = 24.0 \text{ (cm)} \quad f_{ctd} = 1.03 \text{ (MPa)}$$

$$k = 1,6 - d \geq 1,0 \quad k = 1.10 \quad (68)$$

$$\rho_L = A_{sL} / (b_w \cdot d) \leq 0,01 \quad \rho_L = 0.278 \% \quad (69)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na ściskanie betonu VRd2:

Weryfikacja z uwzględnieniem strzemion (odcinek drugiego rodzaju):

$$VRd2 = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta / (1 + \cot \theta \cdot \cot \theta)) \quad VRd2 = 401.41 \text{ (kN)} \quad (70)$$

$$f_{cd} = 13.33 \text{ (MPa)} \quad f_{ck} = 20.00 \text{ (MPa)}$$

$$z = 45.5 \text{ (cm)} \quad \cot \theta = 1.00$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad v = 0.55 \quad (71)$$

Nośność obliczeniowa na ścinanie ze względu na rozciąganie poprzecznego zbrojenia na ścinanie VRd3:

$$VRd3 = VRd3,1 = A_{sw1} \cdot f_{ywd1} \cdot z \cdot \cot \theta / s_1 \quad VRd3 = 96.46 \text{ (kN)} \quad (73)$$

$$A_{sw1} = 0.40 \text{ (cm}^2\text{)} \quad f_{ywd1} = 190.00 \text{ (MPa)} \quad z = 45.5 \text{ (cm)}$$

$$\cot \theta = 1.00 \quad s_1 = 3.6 \text{ (cm)}$$

Dodatkowe zbrojenie podłużne z uwagi na ścinanie uwzględnione w przesunięciu wykresów momentów zginających aL zgodnie z (208).

Nośność przekroju:

$$\text{Odcinek drugiego rodzaju (uwzględniono strzemiona):} \quad VRd = \min (VRd2, VRd3)$$

$$(63) \quad VSd \leq VRd$$

$$78.25 \text{ (kN)} \leq 96.46 \text{ (kN)}$$

SLS - Zarysowanie (rysy prostopadłe):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

$$\begin{aligned} \text{Średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie:} & f_{ctm} = 2.21 \text{ (MPa)} \\ \text{Wskaźnik wytrzymałości betonu na zginanie:} & W_c = 12100.0 \text{ (cm}^3\text{)} \\ \text{Moment rysujący:} & M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c = 26.75 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{Pole przekroju betonowego:} & A_c = 1320.00 \text{ (cm}^2\text{)} \\ \text{Moment działający:} & M_y = 8.39 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \text{Napężenia w zbrojeniu rozciągany:} & \sigma_s = 52.46 \text{ (MPa)} \end{aligned} \quad (116)$$

Naprężenia rysujące w w zbrojeniu rozciągającym: $\sigma_{sr} = 167.22$ (MPa)

Przekrój nie jest zarysowany

SLS - Zarysowanie (rysy ukośne):

Obliczenia szerokości rozwarcia rysy:

Obliczenia dla rysy od siły ścinającej:

Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie: $f_{ck} = 20.00$ (MPa)
 Moduł sprężystości stali: $E_s = 200000.00$ (MPa)
 Siła poprzeczna: $V_{sd} = 71.13$ (kN)
 Szerokość środka: $b_w = 24.0$ (cm)
 Wysokość użyteczna przekroju: $d = 50.5$ (cm)
 Naprężenia ścinające w przekroju: $\tau = V_{sd} / (b_w \cdot d) = 0.59$ (MPa) (119)

Rozstaw strzemion prostych: $d_s = 3.6$ (cm)
 Powierzchnia strzemion prostych: $A_s = 0.40$ (cm²)

Stopień zbrojenia strzemionami prostymi: $\rho_{w1} = A_s / (d_s \cdot b_w) = 0.465$ % (121)

Średnica strzemion prostokątnych: $\phi_1 = 3.6$ (mm)

Wsp. przyczepności dla strzemion prostokątnych: $\beta_1 = 1.00$

Współczynnik Boriszańskiego: $\lambda = 1 / \{3 \cdot [\rho_{w1} / (\beta_1 \cdot \phi_1) + \rho_{w2} / (\beta_2 \cdot \phi_2)]\} = 0.26$ (123)

Szerokość rozwarcia rysy: $w_k = 4 \cdot \tau^2 \cdot \lambda / (\rho_w \cdot E_s \cdot f_{ck}) = 0.0$ (mm) (118)

$w_k \leq w_{lim} = 0.3$ (mm)

2.6 Wyniki teoretyczne - szczegółowe:

2.6.1 P1 : Przęsło od 0.24 do 2.94 (m)

Odcięta (m)	SGN		SGU		A górne (cm ²)	A dolne (cm ²)
	M maks (kN*m)	M min (kN*m)	M maks (kN*m)	M min (kN*m)		
0.24	29.57	0.00	9.83	0.00	0.00	1.72
0.41	40.57	0.00	24.08	0.00	0.00	2.38
0.71	53.15	0.00	40.97	0.00	0.00	3.15
1.00	57.81	0.00	50.66	0.00	0.00	3.43
1.30	58.48	0.00	53.16	0.00	0.00	3.47
1.59	57.23	0.00	48.47	0.00	0.00	3.40
1.88	50.14	0.00	36.57	0.00	0.00	2.96
2.18	35.14	-7.33	17.49	0.00	0.42	2.05
2.47	14.58	-37.57	0.00	-8.79	2.19	0.84
2.77	0.00	-72.97	0.00	-42.27	4.38	0.00
2.94	0.00	-72.97	0.00	-66.34	4.38	0.00

Odcięta (m)	SGN		SGU		Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)	Vrd3 (kN)
	Q maks (kN)	Q maks (kN)	afp (mm)	afu (mm)			
0.24	92.58	84.16	0.00	0.04	62.82	401.41	124.02
0.41	76.65	69.68	0.00	0.02	64.65	401.41	124.02
0.71	49.73	45.21	0.16	0.04	64.65	401.41	62.01
1.00	22.81	20.73	0.21	0.01	64.65	401.41	62.01
1.30	-4.11	-3.74	0.23	0.00	64.65	401.41	62.01
1.59	-31.03	-28.21	0.20	0.02	64.65	401.41	62.01
1.88	-57.95	-52.68	0.13	0.06	64.65	401.41	62.01
2.18	-84.87	-77.15	0.00	0.03	64.65	401.41	124.02
2.47	-111.79	-101.63	0.00	0.05	64.65	401.41	124.02
2.77	-138.71	-126.10	0.16	0.04	64.65	401.41	173.63
2.94	-154.64	-140.58	0.30	0.05	64.65	401.41	173.63

2.6.2 P2 : Przęsło od 3.18 do 5.63 (m)

Odcięta (m)	SGN		SGU		A górne (cm ²)	A dolne (cm ²)
	M maks (kN*m)	M min (kN*m)	M maks (kN*m)	M min (kN*m)		

3.18	0.00	-73.86	0.00	-67.15	4.44	0.00
3.33	0.00	-73.86	0.00	-47.54	4.44	0.00
3.60	4.72	-46.74	0.00	-18.16	2.75	0.27
3.87	21.49	-16.55	5.19	0.00	0.94	1.23
4.14	35.07	0.00	22.52	0.00	0.00	2.05
4.41	42.01	0.00	33.82	0.00	0.00	2.47
4.67	43.01	0.00	39.10	0.00	0.00	2.53
4.94	42.87	0.00	38.36	0.00	0.00	2.52
5.21	40.92	0.00	31.60	0.00	0.00	2.40
5.48	32.34	0.00	18.81	0.00	0.00	1.89
5.63	24.55	0.00	8.39	0.00	0.00	1.42

	SGN	SGU					
Odcięta (m)	Q maks (kN)	Q maks (kN)	a _{fp} (mm)	a _{fu} (mm)	Vrd1 (kN)	Vrd2 (kN)	Vrd3 (kN)
3.18	146.08	132.80	0.30	0.05	64.65	401.41	173.63
3.33	132.44	120.40	0.19	0.04	64.65	401.41	173.63
3.60	107.81	98.00	0.00	0.05	64.65	401.41	124.02
3.87	83.18	75.61	0.00	0.05	64.65	401.41	96.46
4.14	58.54	53.22	0.00	0.06	64.65	401.41	62.01
4.41	33.91	30.83	0.11	0.02	64.65	401.41	62.01
4.67	9.28	8.44	0.15	0.00	64.65	401.41	62.01
4.94	-15.35	-13.95	0.14	0.00	64.65	401.41	62.01
5.21	-39.98	-36.34	0.10	0.03	64.65	401.41	62.01
5.48	-64.61	-58.73	0.00	0.03	64.65	401.41	96.46
5.63	-78.25	-71.13	0.00	0.04	62.82	401.41	96.46

2.7 Zbrojenie:

2.7.1 P1 : Przęsło od 0.24 do 2.94 (m)

Zbrojenie podłużne:

- dolne (A-III (34GS))
4 ϕ 12 l = 3.11 od 0.04 do 3.08
- montażowe (górne) (A-0 (St0S))
4 ϕ 12 l = 2.31 od 0.03 do 2.34
- podporowe (A-III (34GS))
4 ϕ 12 l = 2.53 od 1.75 do 4.27

Zbrojenie poprzeczne:

- główne (A-0 (St0S))
strzemiona 30 ϕ 8 l = 1.33
e = 1*0.04 + 1*0.14 + 1*0.18 + 5*0.28 + 1*0.18 + 3*0.14 + 3*0.10 (m)
- szpilki 30 ϕ 8 l = 1.33
e = 1*0.04 + 1*0.14 + 1*0.18 + 5*0.28 + 1*0.18 + 3*0.14 + 3*0.10 (m)

2.7.2 P2 : Przęsło od 3.18 do 5.63 (m)

Zbrojenie podłużne:

- dolne (A-III (34GS))
4 ϕ 12 l = 2.86 od 3.04 do 5.83
- montażowe (górne) (A-0 (St0S))
4 ϕ 12 l = 2.16 od 3.68 do 5.84

Zbrojenie poprzeczne:

- główne (A-0 (St0S))
strzemiona 28 ϕ 8 l = 1.33
e = 1*0.04 + 1*0.05 + 2*0.10 + 2*0.14 + 2*0.18 + 4*0.28 + 2*0.18 (m)
- szpilki 28 ϕ 8 l = 1.33
e = 1*0.04 + 1*0.05 + 2*0.10 + 2*0.14 + 2*0.18 + 4*0.28 + 2*0.18 (m)

3 Ilościowe zestawienie materiałów:

- Objętość betonu = 0.77 (m³)
- Powierzchnia deskowania = 7.96 (m²)

- Stal A-III, typ A-III (34GS)
 - Ciężar całkowity = 30.21 (kG)
 - Gęstość = 38.99 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 12.0 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
12	2.53	2.25	4	8.98
12	2.86	2.54	4	10.17
12	3.11	2.76	4	11.06

- Stal A-0, typ A-0 (St0S)
 - Ciężar całkowity = 46.28 (kG)
 - Gęstość = 59.73 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 8.8 (mm)
 - Zestawienie według średnic:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
8	1.33	0.52	58	30.37
12	2.16	1.92	4	7.69
12	2.31	2.06	4	8.22

Słup S-02.

1 Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Współczynnik pełzania betonu : $\varphi_p = 2.00$
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Klasa środowiska : XC3
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

2 Słup: Słup1 Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B25 fcd = 13.33 (MPa) ciężar objętościowy = 2501.36 (kG/m3)
- Zbrojenie podłużne : A-III typ A-III (34GS) fyk = 410.00 (MPa)
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) fyk = 220.00 (MPa)

2.2 Geometria:

2.2.1	Prostokąt	24.0 x 24.0 (cm)
2.2.2	Wysokość:	= 3.00 (m)
2.2.3	Grubość płyty	= 0.24 (m)
2.2.4	Wysokość belki	= 0.79 (m)
2.2.5	Otulina zbrojenia	= 5.0 (cm)
2.2.6	Ac	= 576.00 (cm ²)
2.2.7	Icy	= 27648.0 (cm ⁴)
2.2.8	Icz	= 27648.0 (cm ⁴)
2.2.9	dy	= 19.0 (cm)
2.2.10	dz	= 19.0 (cm)

2.3 Opcje obliczeniowe:

- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Słup prefabrykowany : nie
- Uwzględnienie smukłości : tak
- Metoda obliczeń : uproszczona
- Konstrukcja o węzłach nieprzesuwnych

2.4 Obciążenia:

Przypadek	Natura	Grupa	γ_f	N_d/N	N (kN)	Myg (kN*m)	Myd (kN*m)	My (kN*m)	Mzg (kN*m)	Mzd (kN*m)	Mz (kN*m)
G1	stałe	1	1.10	1.00	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.5 Wyniki obliczeniowe:

2.5.1 Analiza SGN

Kombinacja wymiarująca: 1.10G1 (C)

Siły przekrojowe:

$$N_{sd} = 220.00 \text{ (kN)} \quad M_{sdy} = 0.00 \text{ (kN*m)} \quad M_{sdz} = 0.00 \text{ (kN*m)}$$

Siły wymiarujące: przekrój środkowy słupa

$$N_{sd} = 220.00 \text{ (kN)} \quad N_{sd}^* e_{totz} = 3.48 \text{ (kN*m)} \quad N_{sd}^* e_{toty} = 3.48 \text{ (kN*m)}$$

2.5.1.1 Mimośród:

Mimośród:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
statyczny	ee:	0.0 (cm)	0.0 (cm)
niezamierzony	ea:	1.0 (cm)	1.0 (cm)
początkowy	e0:	1.0 (cm)	1.0 (cm)
całkowity	etot:	1.6 (cm)	1.6 (cm)

2.5.1.2 Analiza szczegółowa-Kierunek Y:

2.5.1.2.1 Siła krytyczna

(38)

$$N_{crit} = (9 / I_o^2) * [(E_{cm} * I_c) / (2 * klt) * (0.11 / (0.1 + e_o / h) + 0.1) + E_s * I_s] = 598.58 \text{ (kN)}$$

$Lo = 4.74 \text{ (m)}$
 $E_{cm} = 29890.98 \text{ (MPa)}$
 $I_c = 27648.0 \text{ (cm}^4\text{)}$
 $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
 $I_s = 221.7 \text{ (cm}^4\text{)}$
 $klt = 2.00$
 $\phi = 2.00$
 $Nd/N = 1.00$
 $eo/h = \max(eo/h, 0.05, 0.5 - 0.01 * lo / h - 0.01 * fcd) = 0.17$
 $eo = 1.0 \text{ (cm)}$
 $h = 24.0 \text{ (cm)}$

2.5.1.2.2 Analiza smukłości

Konstrukcja nieprzesuwana

$l_{col} \text{ (m)}$	$l_o \text{ (m)}$	λ	λ_{lim}	λ_{crit}	
4.74	4.74	68.42	25.00	104.00	Słup smukły

2.5.1.2.3 Analiza wyboczenia

$M1 = 0.00 \text{ (kN*m)}$ $M2 = 0.00 \text{ (kN*m)}$ $M3 = 0.00 \text{ (kN*m)}$
 Przypadek: przekrój środkowy słupa, uwzględnienie wpływu smukłości
 $ee = (0.6M1sd + 0.4M2sd) / Nsd = 0.0 \text{ (cm)}$ (32)
 $ee_{min} = 0.4M1sd/Nsd$ (33)
 $ea = \max(lcol/600, hy/30, 1.0cm) = 1.0 \text{ (cm)}$
 $lcol = 4.74 \text{ (m)}$
 $hy = 24.0 \text{ (cm)}$
 $eo = ee + ea = 1.0 \text{ (cm)}$ (31)
 $etot = \eta * eo = 1.6 \text{ (cm)}$ (36)
 $\eta = 1 / (1 - Nsd/N_{crit}) = 1.58$ (37)
 $N_{crit} = 598.58 \text{ (kN)}$ (38)

2.5.1.3 Analiza szczegółowa-Kierunek Z:

2.5.1.3.1 Siła krytyczna (38)

$$N_{crit} = (9 / I_o^2) * [(E_{cm} * I_c) / (2 * klt) * (0.11 / (0.1 + e_o / h) + 0.1) + E_s * I_s] = 598.58 \text{ (kN)}$$

$Lo = 4.74 \text{ (m)}$
 $E_{cm} = 29890.98 \text{ (MPa)}$
 $I_c = 27648.0 \text{ (cm}^4\text{)}$
 $E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$
 $I_s = 221.7 \text{ (cm}^4\text{)}$
 $klt = 2.00$
 $\phi = 2.00$
 $Nd/N = 1.00$
 $eo/h = \max(eo/h, 0.05, 0.5 - 0.01 * lo / h - 0.01 * fcd) = 0.17$
 $eo = 1.0 \text{ (cm)}$
 $h = 24.0 \text{ (cm)}$

2.5.1.3.2 Analiza smukłości

Konstrukcja nieprzesuwana

$l_{col} \text{ (m)}$	$l_o \text{ (m)}$	λ	λ_{lim}	λ_{crit}	
4.74	4.74	68.42	25.00	104.00	Słup smukły

2.5.1.3.3 Analiza wyboczenia

$M1 = 0.00 \text{ (kN*m)}$ $M2 = 0.00 \text{ (kN*m)}$ $M3 = 0.00 \text{ (kN*m)}$
 Przypadek: przekrój środkowy słupa, uwzględnienie wpływu smukłości
 $ee = (0.6M1sd + 0.4M2sd) / Nsd = 0.0 \text{ (cm)}$ (32)
 $ee_{min} = 0.4M1sd/Nsd$ (33)
 $ea = \max(lcol/600, hz/30, 1.0cm) = 1.0 \text{ (cm)}$

$$\begin{aligned}
 l_{col} &= 4.74 \text{ (m)} \\
 h_z &= 24.0 \text{ (cm)} \\
 e_o &= e_e + e_a = 1.0 \text{ (cm)} & (31) \\
 e_{tot} &= \eta * e_o = 1.6 \text{ (cm)} & (36) \\
 \eta &= 1 / (1 - N_{sd} / N_{crit}) = 1.58 & (37) \\
 N_{crit} &= 598.58 \text{ (kN)} & (38)
 \end{aligned}$$

2.5.2 Nośność

$$\begin{aligned}
 (e_z * b) / (e_y * h) &= 1.00 \\
 m_n &= 1.00 \\
 N_{Rdz} &= 695.01 \text{ (kN)} \\
 N_{Rdy} &= 695.01 \text{ (kN)} \\
 N_{Rdo} &= 920.30 \text{ (kN)} \\
 m_n * N_{Sd} &= 220.00 \text{ (kN)} \\
 N_{Rd} &= 1 / ((1 / N_{Rdz}) + (1 / N_{Rdy}) - (1 / N_{Rdo})) = 558.32 \text{ (kN)} \\
 N_{Rd} / N_{Sd} &= 1.91
 \end{aligned}$$

2.5.3 Zbrojenie:

Przekrój zbrojony prętami	$\phi 12.0 \text{ (mm)}$
Całkowita liczba prętów w przekroju	= 4
Liczba prętów na boku b	= 2
Liczba prętów na boku h	= 2
rzeczywista powierzchnia	$A_{sr} = 4.52 \text{ (cm}^2\text{)}$
Stopień zbrojenia:	$\mu = A_{sr} / A_c = 0.79 \%$

2.6 Zbrojenie:

Pręty główne (A-III (34GS)):

- 4 $\phi 12$ $l = 4.69 \text{ (m)}$

Zbrojenie poprzeczne (A-0 (St0S)):

- strzemiona: 28 $\phi 6$ $l = 0.75 \text{ (m)}$
- szpilki 28 $\phi 6$ $l = 0.75 \text{ (m)}$

3 Ilościowe zestawienie materiałów:

- Objętość betonu = 0.23 (m³)
- Powierzchnia deskowania = 3.79 (m²)
- Stal A-III, typ A-III (34GS)
 - Ciężar całkowity = 16.66 (kG)
 - Gęstość = 73.23 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 12.0 (mm)
 - Zestawienie zbrojenia:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
12	4.69	4.17	4	16.66

- Stal A-0, typ A-0 (St0S)
 - Ciężar całkowity = 4.64 (kG)
 - Gęstość = 20.41 (kG/m³)
 - Średnia średnica = 6.0 (mm)
 - Zestawienie zbrojenia:

Średnica (mm)	Długość (m)	Ciężar (kG)	Ilość (szt.)	Ciężar łączny (kG)
6	0.75	0.17	28	4.64

Słup S-01, S-03

1 Poziom:

- Nazwa : Poziom standardowy
- Poziom odniesienia : ---
- Wilgotność względna środowiska : 45 %
- Współczynnik pękania betonu : $\phi_p = 2.00$
- Wiek betonu w chwili obciążenia : 28 (dni)
- Klasa środowiska : XC3
- Wiek betonu : 5 (lat)
- Konstrukcja o specjalnym znaczeniu : nie

2 Słup: Słup1 Ilość: 1

2.1 Charakterystyki materiałów:

- Beton : B25 fcd = 13.33 (MPa) ciężar objętościowy = 2501.36 (kG/m³)
- Zbrojenie podłużne : A-III typ A-III (34GS) $f_{yk} = 410.00$ (MPa)
- Zbrojenie poprzeczne : A-0 typ A-0 (St0S) $f_{yk} = 220.00$ (MPa)

2.2 Geometria:

2.2.1	Prostokąt	30.0 x 30.0 (cm)
2.2.2	Wysokość:	= 4.74 (m)
2.2.3	Grubość płyty	= 0.24 (m)
2.2.4	Wysokość belki	= 0.79 (m)
2.2.5	Otulina zbrojenia	= 5.0 (cm)
2.2.6	Ac	= 900.00 (cm ²)
2.2.7	Icy	= 67500.0 (cm ⁴)
2.2.8	Icz	= 67500.0 (cm ⁴)
2.2.9	dy	= 25.0 (cm)
2.2.10	dz	= 25.0 (cm)

2.3 Opcje obliczeniowe:

- Obliczenia wg normy : PN-B-03264 (2002)
- Słup prefabrykowany : nie

- Uwzględnienie smukłości : tak
- Metoda obliczeń : uproszczona
- Konstrukcja o węzłach nieprzesuwnych

2.4 Obciążenia:

Przypadek	Natura	Grupa	γ_f	N_d/N	N	Myg	Myd	My	Mzg	Mzd	Mz
G1	stałe	1	1.10	1.00	(kN)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)
					200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

γ_f - współczynnik obciążenia

2.5 Wyniki obliczeniowe:

2.5.1 Analiza SGN

Kombinacja wymiarująca: 1.10G1 (C)

Siły przekrojowe:

$$N_{sd} = 220.00 \text{ (kN)} \quad M_{sdy} = 0.00 \text{ (kN*m)} \quad M_{sdz} = 0.00 \text{ (kN*m)}$$

Siły wymiarujące: przekrój środkowy słupa

$$N_{sd} = 220.00 \text{ (kN)} \quad N_{sd} \cdot e_{totz} = 2.65 \text{ (kN*m)} \quad N_{sd} \cdot e_{toty} = 2.65 \text{ (kN*m)}$$

2.5.1.1 Mimośród:

Mimośród:		ez (My/N)	ey (Mz/N)
statyczny	ee:	0.0 (cm)	0.0 (cm)
niezamierzony	ea:	1.0 (cm)	1.0 (cm)
początkowy	e0:	1.0 (cm)	1.0 (cm)
całkowity	etot:	1.2 (cm)	1.2 (cm)

2.5.1.2 Analiza szczegółowa-Kierunek Y:

2.5.1.2.1 Siła krytyczna (38)

$$N_{crit} = (9 / l_o^2) * [(E_{cm} * I_c) / (2 * klt) * (0.11 / (0.1 + e_o / h) + 0.1) + E_s * I_s] = 1284.56 \text{ (kN)}$$

$$l_o = 4.74 \text{ (m)}$$

$$E_{cm} = 29890.98 \text{ (MPa)}$$

$$I_c = 67500.0 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$E_s = 200000.00 \text{ (MPa)}$$

$$I_s = 452.4 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$klt = 2.00$$

$$\phi = 2.00$$

$$N_d / N = 1.00$$

$$e_o / h = \max(e_o / h, 0.05, 0.5 - 0.01 * l_o / h - 0.01 * f_{cd}) = 0.21$$

$$e_o = 1.0 \text{ (cm)}$$

$$h = 30.0 \text{ (cm)}$$

2.5.1.2.2 Analiza smukłości

Konstrukcja nieprzesuwna

l_{col} (m)	l_o (m)	λ	λ_{lim}	λ_{crit}	
4.74	4.74	54.73	25.00	104.00	Słup smukły

2.5.1.2.3 Analiza wyboczenia

$$M1 = 0.00 \text{ (kN*m)} \quad M2 = 0.00 \text{ (kN*m)} \quad M3 = 0.00 \text{ (kN*m)}$$

Przypadek: przekrój środkowy słupa, uwzględnienie wpływu smukłości

$$ee = (0.6M1sd + 0.4M2sd) / Nsd = 0.0 \text{ (cm)} \quad (32)$$

$$ee_{min} = 0.4M1sd / Nsd \quad (33)$$

$$\begin{aligned}
 e_a &= \max(l_{col}/600, h_y/30, 1.0\text{cm}) = 1.0 \text{ (cm)} \\
 l_{col} &= 4.74 \text{ (m)} \\
 h_y &= 30.0 \text{ (cm)} \\
 e_o &= e_e + e_a = 1.0 \text{ (cm)} & (31) \\
 e_{tot} &= \eta * e_o = 1.2 \text{ (cm)} & (36) \\
 \eta &= 1/(1 - N_{sd}/N_{crit}) = 1.21 & (37) \\
 N_{crit} &= 1284.56 \text{ (kN)} & (38)
 \end{aligned}$$

2.5.1.3 Analiza szczegółowa-Kierunek Z:

2.5.1.3.1 Siła krytyczna (38)

$$\begin{aligned}
 N_{crit} &= (9 / l_o^2) * [(E_{cm} * I_c) / (2 * klt) * (0.11 / (0.1 + e_o/h) + 0.1) + E_s * I_s] = 1284.56 \text{ (kN)} \\
 l_o &= 4.74 \text{ (m)} \\
 E_{cm} &= 29890.98 \text{ (MPa)} \\
 I_c &= 67500.0 \text{ (cm}^4\text{)} \\
 E_s &= 200000.00 \text{ (MPa)} \\
 I_s &= 452.4 \text{ (cm}^4\text{)} \\
 klt &= 2.00 \\
 \phi &= 2.00 \\
 N_d/N &= 1.00 \\
 e_o/h &= \max(e_o/h, 0.05, 0.5 - 0.01 * l_o/h - 0.01 * f_{cd}) = 0.21 \\
 e_o &= 1.0 \text{ (cm)} \\
 h &= 30.0 \text{ (cm)}
 \end{aligned}$$

2.5.1.3.2 Analiza smukłości

Konstrukcja nieprzesuwana					
l_{col} (m)	l_o (m)	λ	λ_{lim}	λ_{crit}	
4.74	4.74	54.73	25.00	104.00	Słup smukły

2.5.1.3.3 Analiza wyboczenia

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 0.00 \text{ (kN*m)} & M_2 &= 0.00 \text{ (kN*m)} & M_3 &= 0.00 \text{ (kN*m)} \\
 \text{Przypadek: przekrój środkowy słupa, uwzględnienie wpływu smukłości} & & & & & \\
 e_e &= (0.6M_1sd + 0.4M_2sd) / N_{sd} = 0.0 \text{ (cm)} & (32) \\
 e_{e \min} &= 0.4M_1sd/N_{sd} & (33) \\
 e_a &= \max(l_{col}/600, h_z/30, 1.0\text{cm}) = 1.0 \text{ (cm)} \\
 l_{col} &= 4.74 \text{ (m)} \\
 h_z &= 30.0 \text{ (cm)} \\
 e_o &= e_e + e_a = 1.0 \text{ (cm)} & (31) \\
 e_{tot} &= \eta * e_o = 1.2 \text{ (cm)} & (36) \\
 \eta &= 1/(1 - N_{sd}/N_{crit}) = 1.21 & (37) \\
 N_{crit} &= 1284.56 \text{ (kN)} & (38)
 \end{aligned}$$

2.5.2 Nośność

$$\begin{aligned}
 (e_z * b) / (e_y * h) &= 1.00 \\
 m_n &= 1.00 \\
 N_{Rdz} &= 1241.88 \text{ (kN)} \\
 N_{Rdy} &= 1241.88 \text{ (kN)} \\
 N_{Rdo} &= 1352.30 \text{ (kN)} \\
 m_n * N_{Sd} &= 220.00 \text{ (kN)} \\
 N_{Rd} &= 1 / ((1 / N_{Rdz}) + (1 / N_{Rdy}) - (1 / N_{Rdo})) = 1148.12 \text{ (kN)} \\
 N_{Rd}/N_{Sd} &= 4.01
 \end{aligned}$$

2.5.3 Zbrojenie:

Przekrój zbrojony prętami	$\phi 12.0$ (mm)
Całkowita liczba prętów w przekroju	= 4
Liczba prętów na boku b	= 2
Liczba prętów na boku h	= 2
rzeczywista powierzchnia	$A_{sr} = 4.52$ (cm ²)
Stopień zbrojenia:	$\mu = A_{sr}/A_c = 0.50$ %

2.6 Zbrojenie:

Pręty główne (A-III (34GS)):

- 8 $\phi 12$ $l = 4.69$ (m)

Zbrojenie poprzeczne (A-0 (St0S)):

- strzemiona: 28 $\phi 6$ $l = 0.99$ (m)
- szpilki 28 $\phi 6$ $l = 0.99$ (m)

**Obliczenia konstrukcyjne stropu RECTOR dla
budynku żłobka w Ryglicach.**

**Obliczenia konstrukcyjne więźby dachowej dla
budynku żłobka w Ryglicach.**

**Obliczenia konstrukcyjne schodów dla budynku
żłobka w Ryglicach.**