

Zamierzenie budowlane:

Projekt techniczny pod nazwą „Przebudowa mostu na rzece Brynicy w miejscowości Grążawy”

Przedmiot opracowania:

Most drogowy w km 3+130 Kanału Brynica w ciągu drogi gminnej bez nazwy.

Obliczenia statyczno - wytrzymałościowe

Przęsło mostu

Metryka dokumentu :

Opracował	Sprawdził	Opublikował
Bydgoszcz		
P. Stejbach		
07.2021r.		

Historia zmian :

[illegible]

Spis treści

1	Ogólny opis konstrukcji	5
1.1	Stan istniejący.....	5
1.1.1	Informacje ogólne	5
1.1.2	Konstrukcja nośna	6
1.1.3	Podpory	7
1.1.4	Wyposażenie	7
1.2	Stan projektowany	8
1.2.1	Przeznaczenie i program użytkowy obiektu	8
1.2.2	Rozwiązania konstrukcyjne	8
1.2.3	Podstawowe informacje o sposobie wznoszenia obiektu.....	8
2	Dokumentacja geologiczna	9
3	Przyjęte parametry materiałowe	9
4	Trwałość konstrukcji.....	10
4.1	Projektowany okres użytkowania	10
4.2	Elementy betonowe	10
4.3	Elementy drewniane	11
5	Współczynniki częściowe do sprawdzania stanów granicznych	12
6	Zebranie obciążeń	14
6.1	Obciążenia stałe	14
6.1.1	Ciężar własny konstrukcji	14
6.1.2	Obciążenie ciężarem pomostu	14
6.1.3	Wyposażenie	14
6.1.4	Obciążenia zmienne	14
6.1.5	Oddziaływanie obciążenia ruchem pojazdów	14
6.1.6	Siły poziome.....	16
6.1.7	Obciążenie wiatrem.....	16
7	Wyniki obliczeń statycznych.....	17
7.1	Dźwigary główne	17
7.1.1	Wartości obliczeniowe	17
7.1.2	Wartości charakterystyczne	18
7.2	Poprzecznice.....	19
7.2.1	Wartości obliczeniowe	19
7.2.2	Wartości charakterystyczne	20
7.3	Pale fundamentowe	21
7.3.1	Wartości obliczeniowe	21
7.4	Ugięcie konstrukcji	23

7.5	Zestawienie sił na łożyska.....	24
7.6	Sprawdzenie drgań konstrukcji	24
8	Wymiarowanie elementów	25
8.1	Poprzecznice.....	25
8.2	Dźwigary główne	27
8.2.1	Siodełka przy dźwigarach	27
8.2.2	Przekrój przęsłowy dźwigara	29
8.3	Pale drewniane.....	31

1 Ogólny opis konstrukcji

1.1 Stan istniejący

1.1.1 Informacje ogólne

Istniejący obiekt jest mostem drogowym zlokalizowanym w km 3+130 Kanału Brynica w miejscowości Grążawy w gminie Bartniczka.



Rysunek 1 Położenie mostu

Podstawowe parametry geometryczne obiektu:

- | | |
|---|--------------------|
| • Rok budowy obiektu | nieznany |
| • Rozpiętości teoretyczne | 4,75+4,80+2,46 [m] |
| • Kąt skrzyżowania z przeszkodą | ~94,81° |
| • Szerokość obiektu w świetle balustrad | 3,85m |
| • Wysokość konstrukcyjna | 0,39m |



Rysunek 2 Widok mostu od strony górnej wody



Rysunek 3 Widok od strony drogi

1.1.2 Konstrukcja nośna

Most prawdopodobnie został zbudowany w II połowie XX wieku. Dokładna data wykonania konstrukcji nie jest znana. Konstrukcja nośna została wykonana w całości z drewna. Obiekt został zaprojektowany i wykonany w schemacie belki ciągłej 3 przęsłowej. W przekroju poprzecznym zastosowano 4 dźwigary leżające, które nad filarami posiadają siodełka dla zmniejszenia rozpiętości teoretycznej przęsła. Na dźwigarach bezpośrednio ułożono jezdnię drewnianą wykonaną z desek ułożoną prostopadłe do osi mostu. W wyniku korozji biologicznej drewna konieczne było ułożenie 2 pasm dyliny równoległe do osi mostu w rozstawie ok 1,5m.

1.1.3 Podpory

Podpory skrajne zostały wykonane z betonu i prawdopodobnie posadowione na palach drewnianych. Konstrukcja przyczółków składa się z bloków betonowych, na których oparte na przekładce z papy są dźwigary drewniane. Widoczne są uszkodzenia powierzchniowe betonu.

Podpory pośrednie w całości zostały wykonane z drewna. Filary posadowiono pośrednio za pomocą 4 pali drewnianych spiętych oczepem drewnianym. Długość pali nie jest znana. Z uwagi na znaczne zniszczenia pali w wyniku działania bobrów oraz korozji biologicznej część z pali utraciła nośność.

1.1.4 Wyposażenie

Obiekt pełni funkcję dojazdu do okolicznych pól uprawnych i został wyposażony tylko w balustradę drewnianą.



Rysunek 4 Uszkodzenia filarów



Rysunek 5 Uszkodzenia filarów

1.2 Stan projektowany

1.2.1 Przeznaczenie i program użytkowy obiektu

Ze względu na przedawaryjny stan mostu oraz wydane przez Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego postanowienie o wyłączeniu obiektu z użytkowania konieczna jest odbudowa mostu. Po analizie uszkodzeń obiektu zdecydowano o odbudowie mostu w obecnym kształcie z dostosowaniem rzędnej jezdni do rzędnej wody wysokiej.

1.2.2 Rozwiązania konstrukcyjne

1.2.2.1 Konstrukcja przęsła

Przęsło zostanie wykonane w całości z drewna .

1.2.2.2 Konstrukcja podpór

1.2.3 Podstawowe informacje o sposobie wznoszenia obiektu

2 Dokumentacja geologiczna

3 Przyjęte parametry materiałowe

Konstrukcje mostu wykonana z następujących materiałów :

Beton nadbudowy przyczółków : C30/37

Charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie:	$f_{ck} = 30 \text{ MN/m}^2$
Obliczeniowa wytrzymałość na ściskanie:	$f_{cd} = 18,21 \text{ MN/m}^2$
Średnia wytrzymałość na rozciąganie:	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MN/m}^2$
Moduł sprężystości:	$E_{cm} = 33000 \text{ MN/m}^2$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

Kombinacja podstawowa:	$\gamma_c = 1,4$
Kombinacja wyjątkowa:	$\gamma_c = 1,2$
współczynnik korekcyjny:	$\alpha_{cc} = 0,85$

Drewno konstrukcji dźwigarów i pali

Gatunek drewna:

Charakterystyczna wytrzymałość na zginanie:	C35 $f_{mk} = 35 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien:	$f_{t,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien:	$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien:	$f_{c,0,k} = 25 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie w poprzek włókien:	$f_{c,90,k} = 6,0 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie:	$f_{v,k} = 3,4 \text{ N/mm}^2$
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien:	$E_{o,mean} = 13 \text{ kN/mm}^2$
5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien:	$E_{0,05} = 8,7 \text{ kN/mm}^2$
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien:	$E_{90,mean} = 0,43 \text{ kN/mm}^2$
Średni moduł odkształcenia postaciowego:	$G_{mean} = 0,81 \text{ kN/mm}^2$

Gęstość

Średnia gęstość

$$\rho_k = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{mean} = 480 \text{ kg/m}^3$$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

Kombinacja podstawowa:	$\gamma_M = 1,30$
Kombinacja wyjątkowa:	$\gamma_{M, fat} = 1,00$

Drewno konstrukcji pomostu

Gatunek drewna:

Charakterystyczna wytrzymałość na zginanie:	C27 $f_{mk} = 27 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien:	$f_{t,0,k} = 16 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien:	$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien:	$f_{c,0,k} = 22 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie w poprzek włókien:	$f_{c,90,k} = 5,6 \text{ N/mm}^2$
Charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie:	$f_{v,k} = 2,8 \text{ N/mm}^2$
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien:	$E_{o,mean} = 12 \text{ kN/mm}^2$

5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien:

$$E_{0,05} = 8,0 \text{ kN/mm}^2$$

Średni moduł sprężystości w poprzek włókien:

$$E_{90, \text{mean}} = 0,40 \text{ kN/mm}^2$$

Średni moduł odkształcenia postaciowego:

$$G_{\text{mean}} = 0,75 \text{ kN/mm}^2$$

Gęstość

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Średnia gęstość

$$\rho_{\text{mean}} = 450 \text{ kg/m}^3$$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

Kombinacja podstawowa:

$$\gamma_M = 1,30$$

Kombinacja wyjątkowa:

$$\gamma_{M, \text{fat}} = 1,00$$

4 Trwałość konstrukcji

4.1 Projektowany okres użytkowania

Dla konstrukcji mostowych przyjęto kategorię 5 projektowanego okresu użytkowania – 100 lat.

4.2 Elementy betonowe

Klasa ekspozycji : XC2

Klasa betonu C30/37

Otulenie zbrojenia :

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

$$c_{\text{min}} = \max \{ c_{\text{min},b}; c_{\text{min},\text{dur}} + \Delta c_{\text{dur},\gamma} - \Delta c_{\text{dur},\text{st}} - \Delta c_{\text{dur},\text{add}}; 10\text{mm} \}$$

$$c_{\text{min},b} = \phi = 25 \text{ mm}$$

$$c_{\text{min},\text{dur}} = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dur},\gamma} = 0 \text{ mm}, \quad \Delta c_{\text{dur},\text{st}} = 0 \text{ mm}, \quad \Delta c_{\text{dur},\text{add}} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{\text{min}} = \max \{ 25 ; 45 ; 10 \} \text{ mm}$$

$$c_{\text{min}} = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dev}} = 5 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 45 + 5 = 50 \text{ mm}$$

Ograniczenie szerokości rys

Szerokość rysy: $w_k = 0,3 \text{ mm}$

Maksymalna średnica pręta: $d_s = 25 \text{ mm}$

Maksymalny rozstaw: $s = 150 \text{ mm}$

4.3 Elementy drewniane

Klasa użytkowania : 2

Określenie współczynnika k_{mod}

Materiał	Norma	Klasa użytkowania	Klasa trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-trwałe	Działanie średnio-trwałe	Działanie krótko-trwałe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

5 Współczynniki częściowe do sprawdzania stanów granicznych

Zastosowano podejście obliczeniowe

Tablica A2.1 – Zalecane wartości współczynników ψ dla mostów drogowych

Oddziaływanie	Symbol		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenia ruchome (patrz EN 1991-2, Tablica 4.4)	gr1a	TS	0,75	0,75	0
	(LM1 + obciążenia pieszymi lub ścieżek rowerowych) ¹⁾	UDL	0,40	0,40	0
		Obciążenia pieszymi + ścieżek rowerowych ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (oś pojedyncza)		0	0,75	0
	gr2 (siły poziome)		0	0	0
	gr3 (obciążenia pieszymi)		0	0	0
	gr4 (LM4 – obciążenie tłumem)		0	0,75	0
	gr5 (LM3 – pojazdy specjalne)		0	0	0
Siły wiatru	F_{w2} – stałe sytuacje obliczeniowe		0,6	0,2	0
	– budowa		0,8	–	0
	F_{w1}		1,0	–	–
Oddziaływania termiczne	T_k		0,6 ³⁾	0,6	0,5
Obciążenia śniegiem	$Q_{s0,k}$ (podczas budowy)		0,8	–	–
Obciążenia w czasie budowy	Q_c		1,0	–	1,0

1) Zalecane wartości ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 dla gr1a i gr1b mają zastosowanie w przypadku ruchu drogowego odpowiadającego współczynnikom dostosowawczym α_{D0} , α_{D1} , α_{D2} / β_{D0} równym 1. Wartości dotyczące UDL odpowiadają najbardziej typowym scenariuszom ruchu, w których rzadko może pojawić się nagromadzenie samochodów ciężarowych. Inne wartości mogą być rozpatrywane w odniesieniu do innych klas dróg lub spodziewanego ruchu, w zależności od wyboru odpowiednich współczynników α . Na przykład, wartość ψ_2 różna od zera może być rozpatrywana tylko przy UDL w układzie LM1, w przypadku mostów, na których odbywa się ciężki ruch ciągły. Patrz także EN 1998.

2) Wartość do kombinacji obciążenia ruchem pieszych i rowerów, wymieniona w Tablicy 4.4a w EN 1991-2 jest wartością „zredukowaną”. Mają do niej zastosowanie współczynniki ψ_0 i ψ_1 .

3) Zalecana wartość ψ_0 dla oddziaływań termicznych w wielu przypadkach może być zredukowana do zera w stanach granicznych nośności EQU, STR i GEO. Patrz także Eurokody projektowania.

Kombinacje obciążeń w ujęciu PN-EN 1990

Zastosowano następujący układ kombinacji:

Kombinacja oddziaływań w przypadku trwałych lub przejściowych sytuacji obliczeniowych

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinacja charakterystyczna

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinacja częsta

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinacja quasi-stała

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinacja wyjątkowa

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d (\psi_{1,1} \text{ lub } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kombinacja w przypadku sprawdzenia zmęczenia stali, betonu i drewna

$$\left(\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right) + Q_{fat}$$

gdzie:

Q_{fat} jest obciążeniem zmęczeniowym

$Q_{k,1}, Q_{k,j}$ są to oddziaływania niecykliczne i nie stałe

6 Zebranie obciążeń

6.1 Obciążenia stałe

6.1.1 Ciężar własny konstrukcji

Ciężar własny konstrukcji przyjęto zgodnie z wprowadzonym przekrojem poprzecznym.

6.1.2 Obciążenie ciężarem pomostu

Przyjęto następujący układ warstw konstrukcyjnych na 1 m długości dźwigara:

Nr warstwy	Materiał	Masa jednostkowa kN/m ³	Wartość charakterystyczna obciążenia kN/m
1	Dylina górna 0,05x0,12x2,50 co 0,13m	4,5	$0,05 \cdot 0,12 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot (1,0/0,13) \cdot 4,5 = 1,04$
2	Dylina dolna 0,10x0,15 – 28szt.	4,5	$28 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 1,0 \cdot 4,5 = 1,89$
		Suma :	2,93 kN/m ²

Obciążenie przypadające na poprzecznice skrajną : $q = 0,4 \cdot 2,93 = 1,17$ kN/m

Obciążenie przypadające na poprzecznice wewnętrzną $q = 0,8 \cdot 2,93 = 2,34$ kN/m

6.1.3 Wyposażenie

Przyjęto ciężar wyposażenia (balustrady) o wartości 1,0 kN/m

6.1.4 Obciążenia zmienne

6.1.5 Oddziaływanie obciążenia ruchem pojazdów

Przyjęto następujące współczynniki dostosowawcze

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

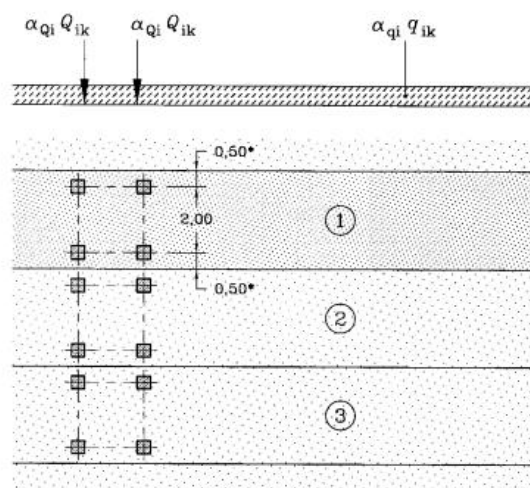
6.1.5.1 Podział jezdni na pasy umowne

Ze względu na szerokości jezdni $w < 5,4$ m przyjęto 1 pas umowny o szerokości 3,0 m.

6.1.5.2 Model obciążenia LM1

Tablica 4.2 – Model Obciążenia 1: wartości charakterystyczne

Polożenie	Układ tandemowy TS	Układ UDL
	Obciążenia osi Q_{ik} (kN)	q_{ik} (lub q_{rk}) (kN/m ²)
Pas Numer 1	300	9
Pas Numer 2	200	2,5
Pas Numer 3	100	2,5
Pozostałe pasy	0	2,5
Obszar pozostały (q_{rk})	0	2,5



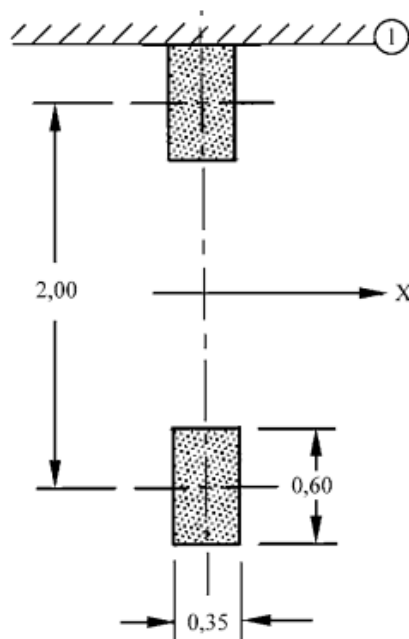
Objaśnienia

- (1) Pas nr 1: $Q_{1k} = 300$ kN ; $q_{1k} = 9$ kN/m²
 (2) Pas nr 2: $Q_{2k} = 200$ kN ; $q_{2k} = 2,5$ kN/m²
 (3) Pas nr 3: $Q_{3k} = 100$ kN ; $q_{3k} = 2,5$ kN/m²

* Dla $w_l = 3,00$ m

6.1.5.3 Model obciążenia LM2

Przyjęto obciążenie $Q_{ak}=400$ kN z współczynnikiem $\beta_Q=1,00$.



Objaśnienia

- X Kierunek osi podłużnej mostu
1 Krawężnik

6.1.6 Siły poziome

$$Q_{ik} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{q1}q_{1k}w_lL$$

$$180\alpha_{Q1} \text{ (kN)} \leq Q_{ik} \leq 900 \text{ (kN)}$$

$$Q_{ik} = 0,6 * 1,0 * 2 * 300 + 0,10 * 1,0 * 9,0 * 3,0 * 12,50 = 393,75 \text{ kN} \quad Q_{ik} < 900 \text{ kN}$$

6.1.7 Obciążenie wiatrem

6.1.7.1 Działanie wiatru prostopadłe do osi konstrukcji (kierunek x)

Gęstość powietrza	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
Bazowa prędkość wiatru	$v_{b,0} = 23 \text{ m/s}$
Szerokość obiektu	$b = 5,88 \text{ m}$
Wysokość konstrukcyjna	$d_{tot} = 0,76 \text{ m}$
$b/d_{tot} = 5,88/0,76 = 7,74$	$\rightarrow c_{fx,0} = 1,30$

współczynnik oporu aerodynamicznego konstrukcji $c_{fx,0} = 1,30$

Ze względu na zabezpieczenie po obu stronach balustrada przyjęto :

$$A_{ref,x} = d + 0,6 \text{ m} = 0,76 + 0,60 = 1,36 \text{ m} \quad \text{- bez obciążenia pojazdem na prześle}$$

$$A_{ref,x} = d + 2,0 \text{ m} = 0,76 + 2,00 = 2,76 \text{ m} \quad \text{- pojazd na prześle}$$

Współczynnik obciążenia wiatrem $C = 3,6 \text{ m} \quad z_e < 20 \text{ m}$

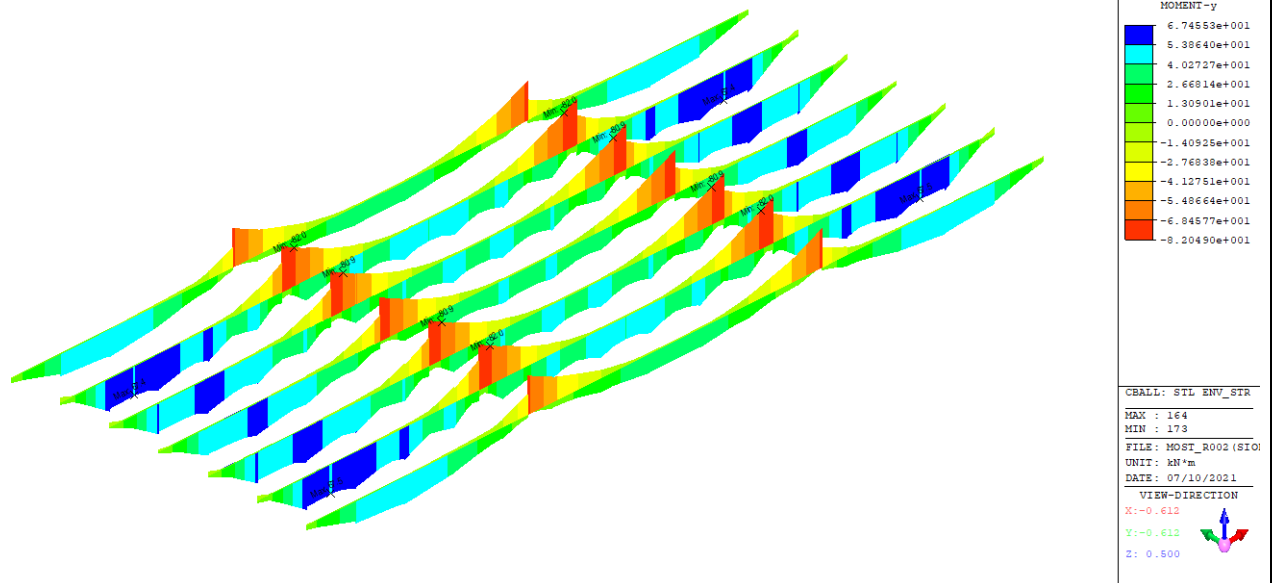
$$F_{w1} = 0,5 * 1,25 * (23)^2 * 3,6 * 1,36 = 1,62 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{w2} = 0,5 * 1,25 * (23)^2 * 3,6 * 2,76 = 3,28 \text{ kN/m}^2$$

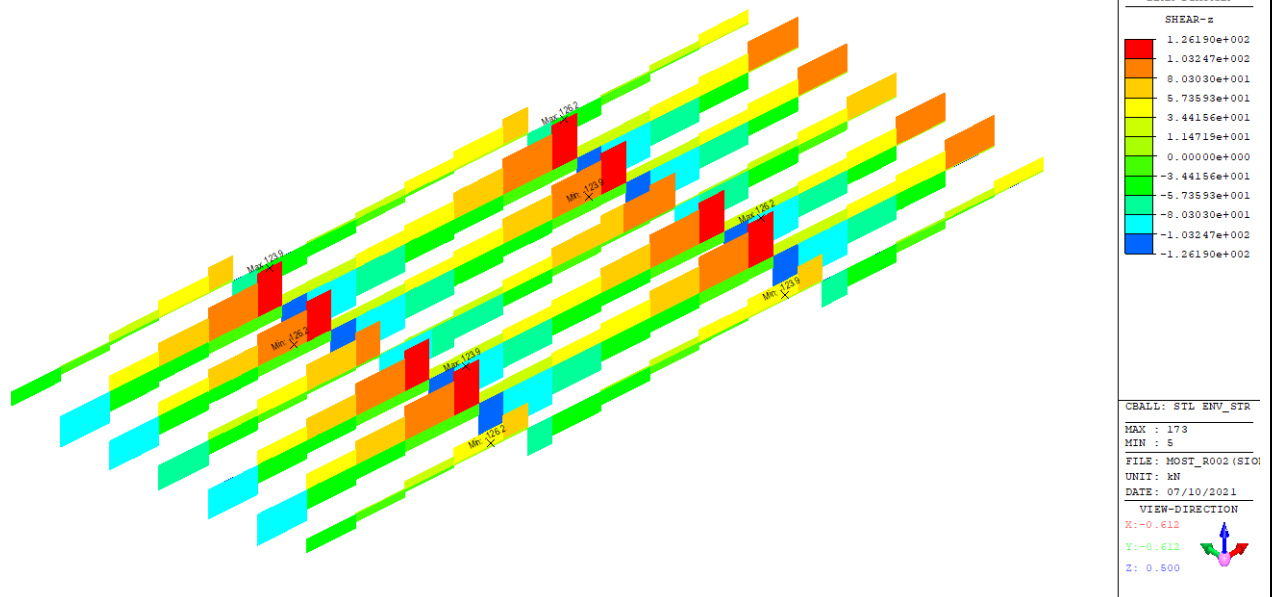
7 Wyniki obliczeń statycznych

7.1 Dźwigary główne

7.1.1 Wartości obliczeniowe

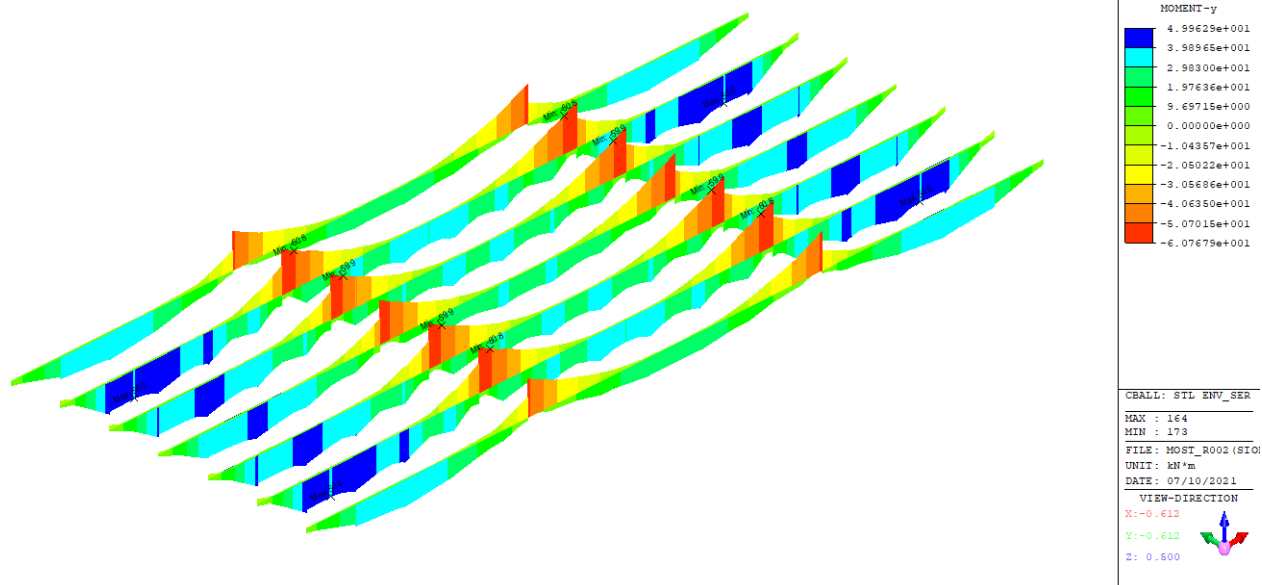


Rysunek 6 Wykres momentów zginających

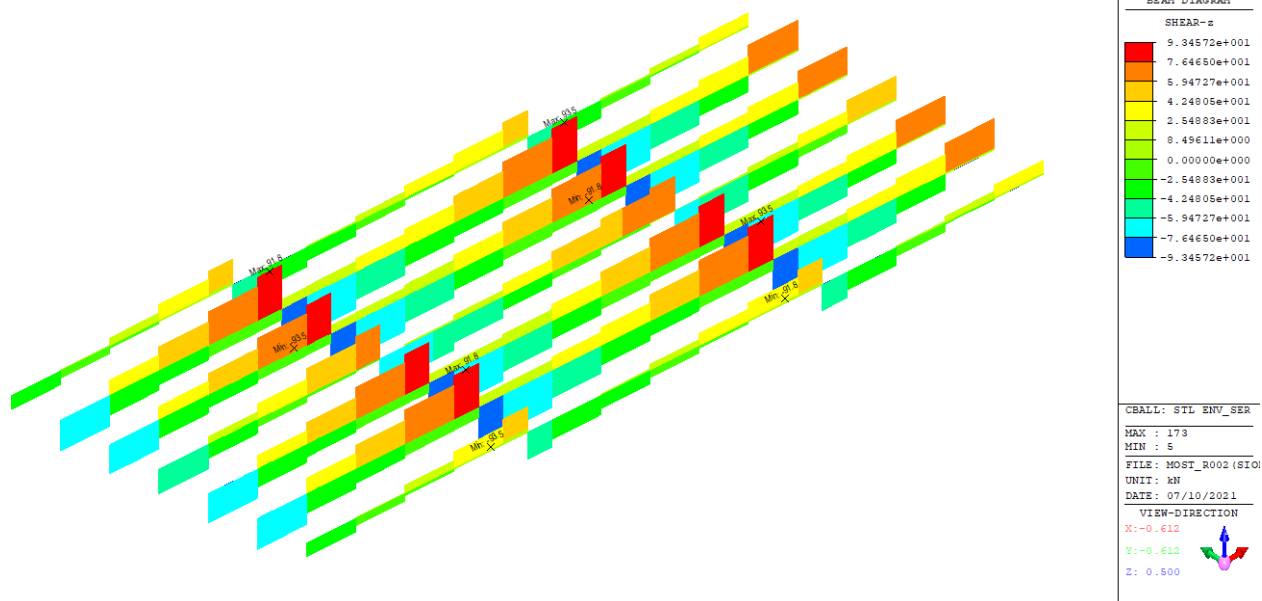


Rysunek 7 Wykres sił ścinających

7.1.2 Wartości charakterystyczne



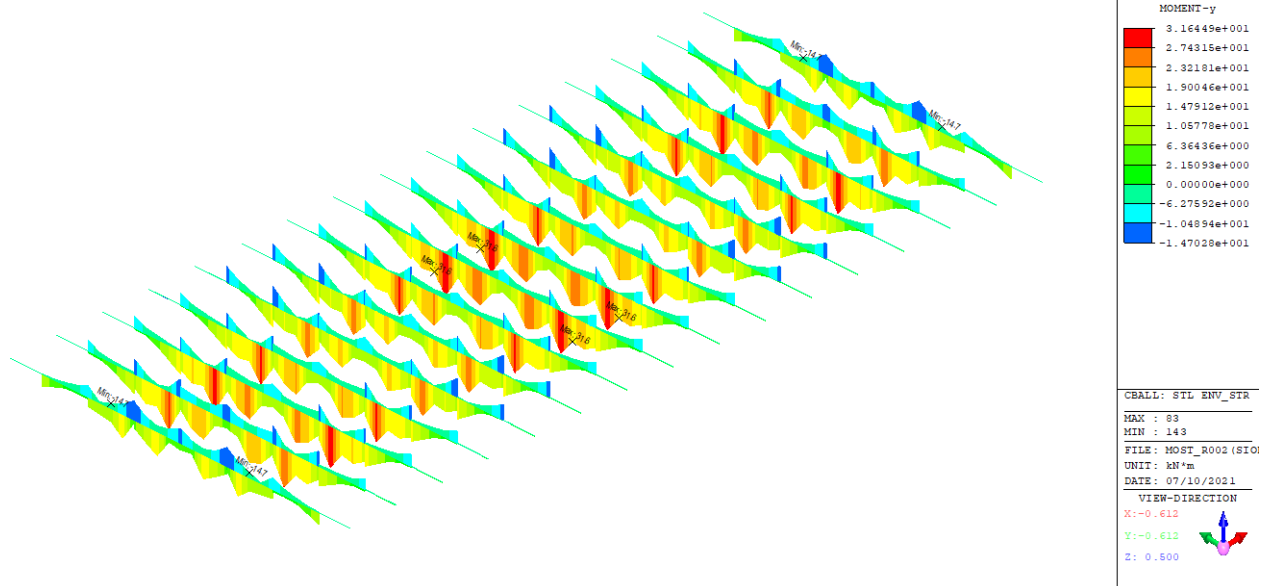
Rysunek 8 Wykres momentów zginających



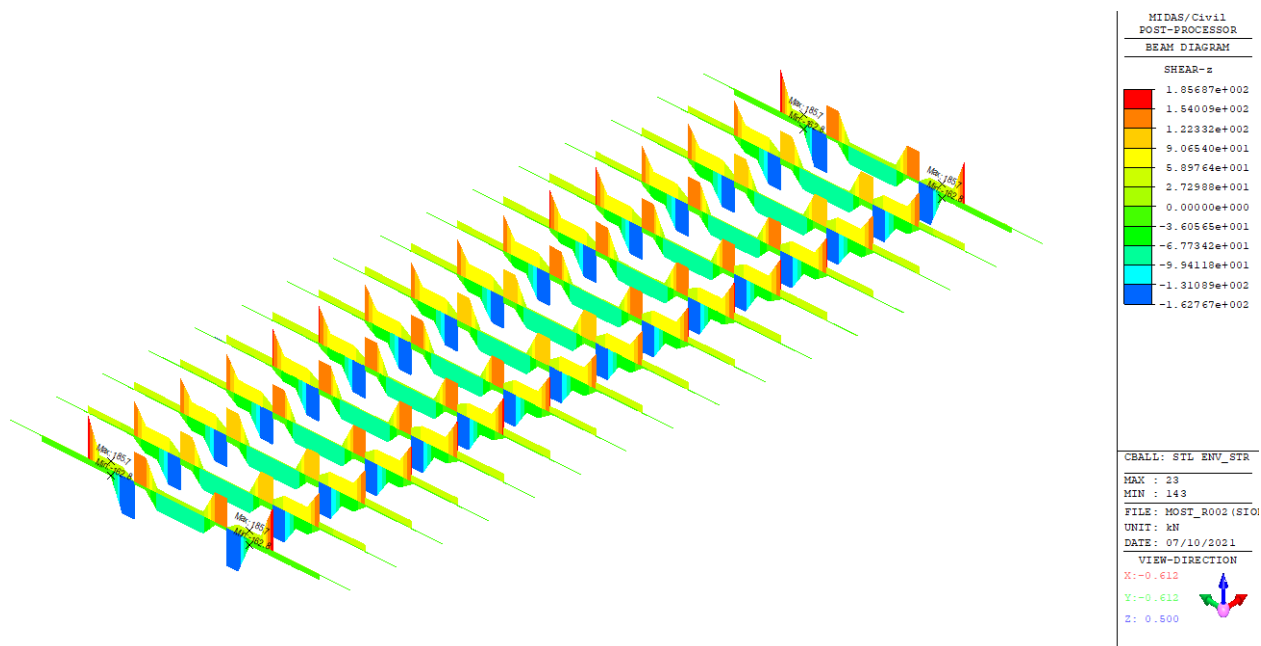
Rysunek 9 Wykres sił ścinających

7.2 Poprzecznice

7.2.1 Wartości obliczeniowe

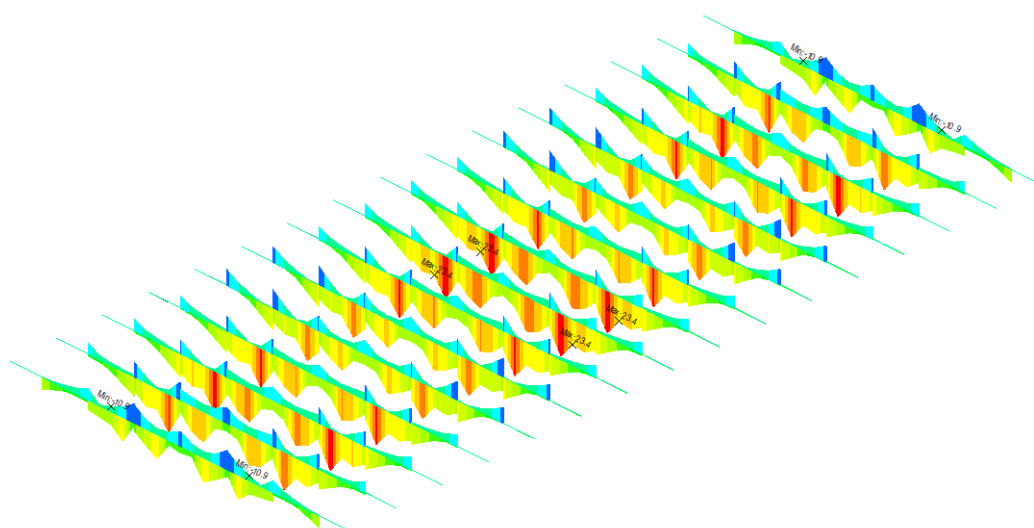


Rysunek 10 Wykres momentów zginających

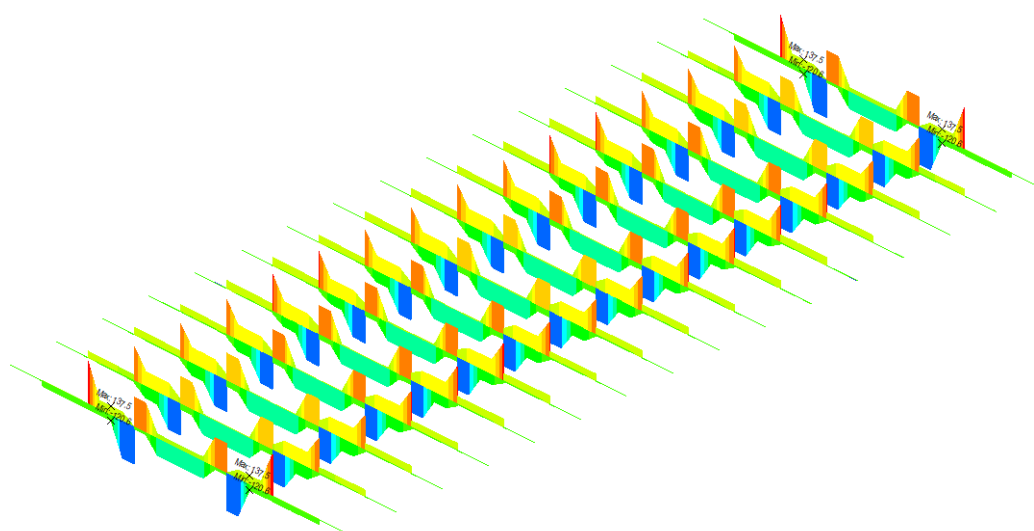


Rysunek 11 Wykres sił ścinających

7.2.2 Wartości charakterystyczne



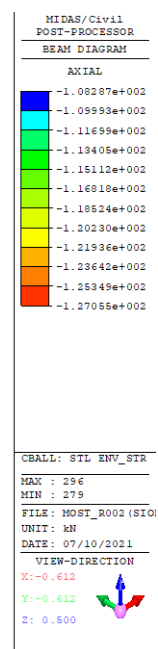
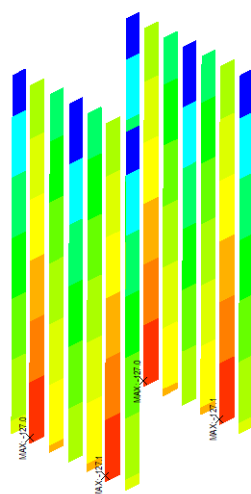
Rysunek 12 Wykres momentów zginających



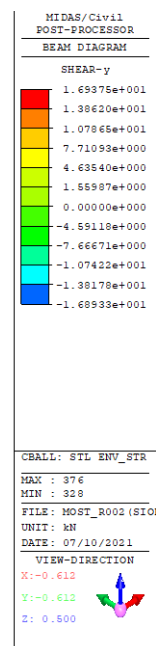
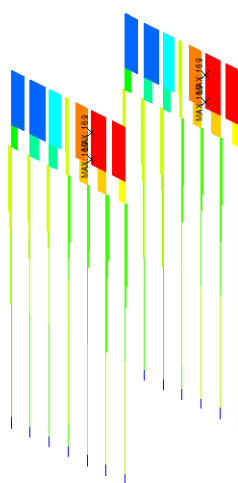
Rysunek 13 Wykres sił poprzecznych

7.3 Pale fundamentowe

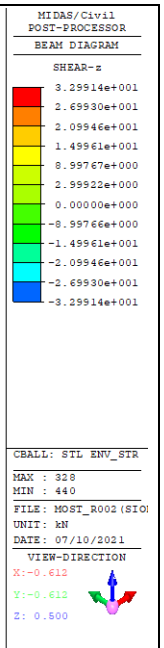
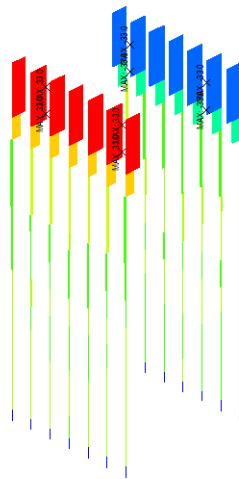
7.3.1 Wartości obliczeniowe



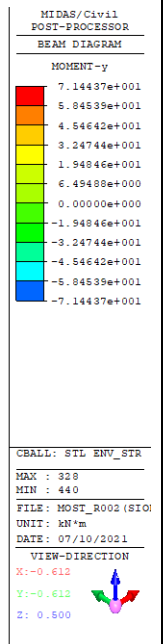
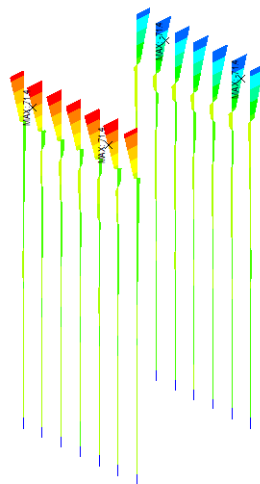
Rysunek 14 Wykres sił ściskających



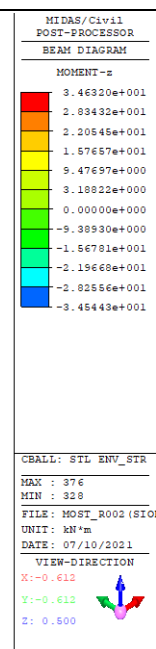
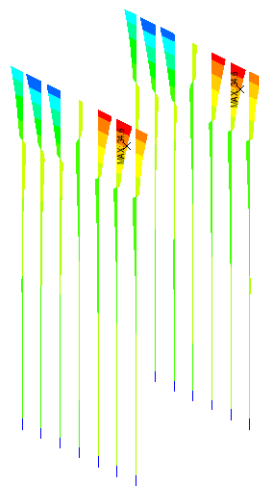
Rysunek 15 Wykres sił poprzecznych



Rysunek 16 Wykres sił poprzecznych



Rysunek 17 Wykres momentów zginających



Rysunek 18 Wykres momentów zginających

Zestawienie sił obliczeniowych do wymiarowania pali:

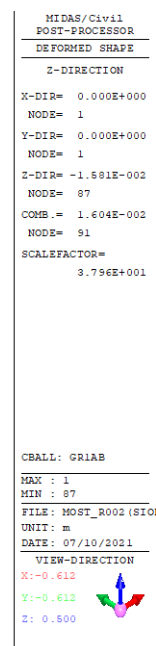
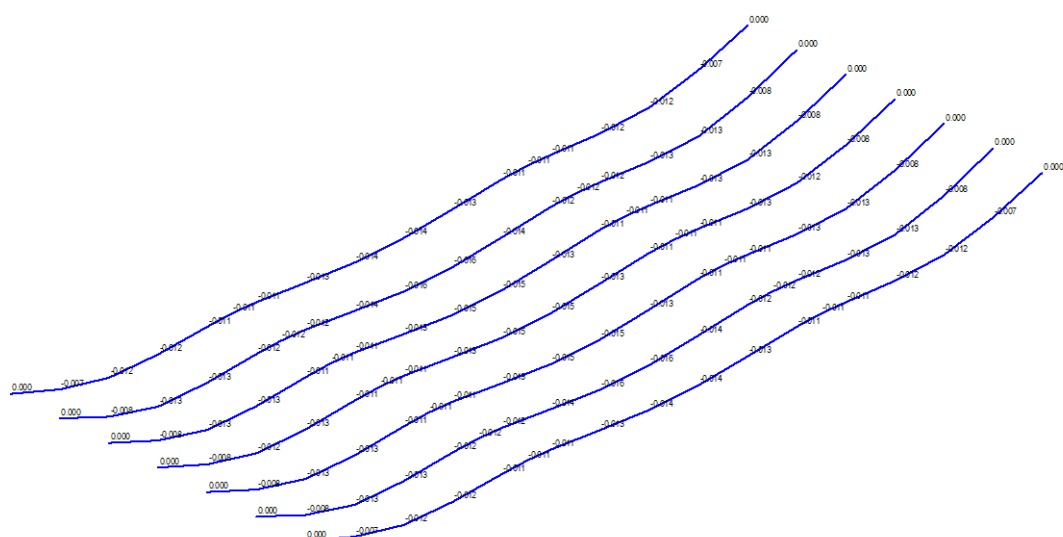
$F_x = 127 \text{ kN}$

$F_{y,z} = \sqrt{17^2 + 33^2} = 37,12 \text{ kN}$

$M_{y,z} = \sqrt{48^2 + 24^2} = 53,66 \text{ kNm}$ – wartości sił przyjęto w odległości 0,70 od początku pala

7.4 Ugięcie konstrukcji

Sprawdzono ugięcie konstrukcji od obciążeń charakterystycznych ruchomych



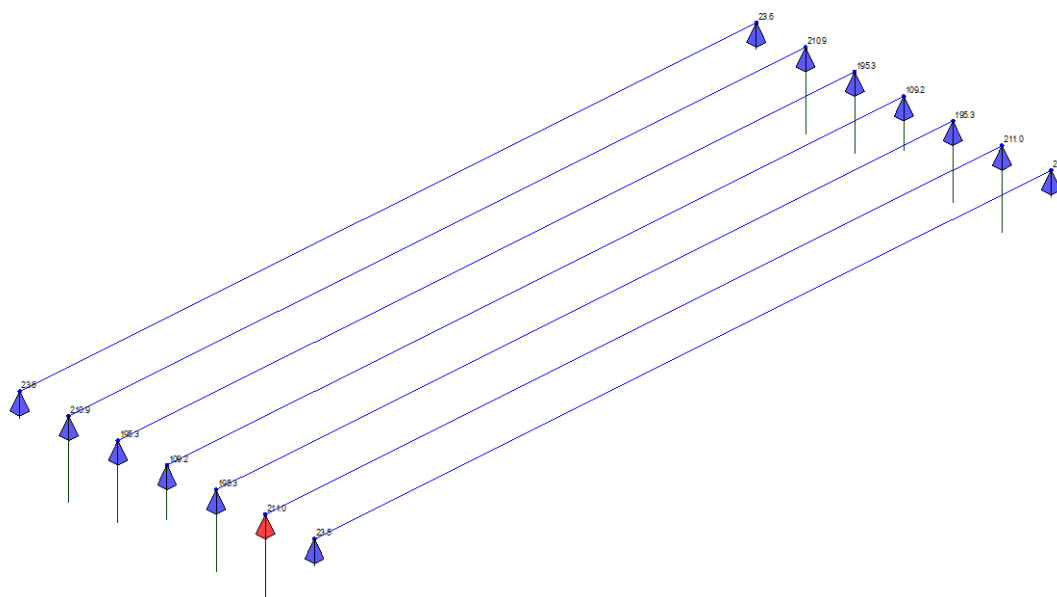
Rysunek 19 Ugięcia od obciążeń ruchomych

Maksymalne ugięcie występuje na przęsłach skrajnych i wynosi $u = 0,013 \text{ m}$

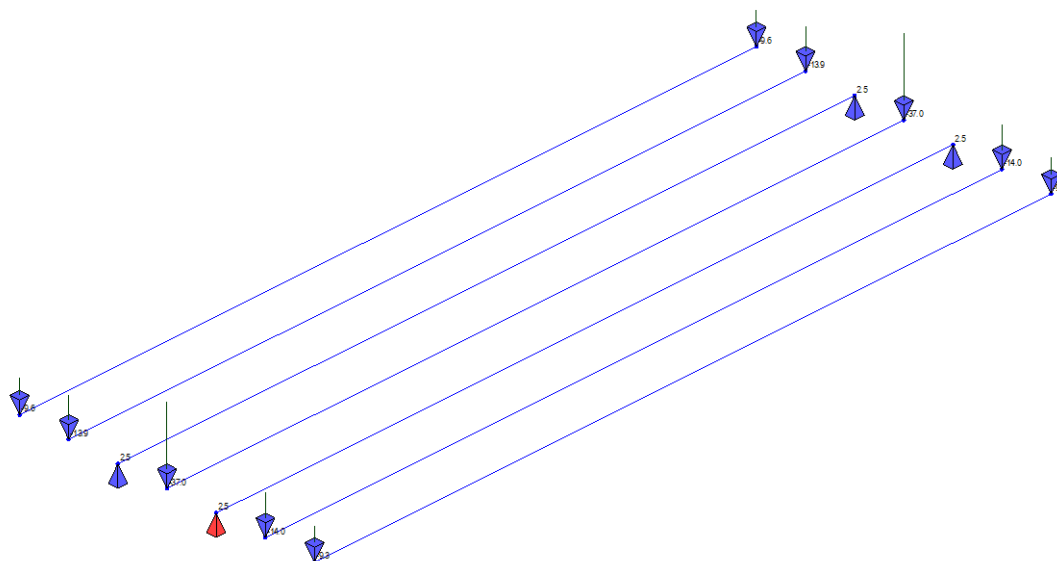
Dopuszczalne ugięcie dla małych obciążeń ruchomych $L/200 = 3,60/200 = 0,018 \text{ m}$

7.5 Zestawienie sił na łożyska

Poniżej podano siły obliczeniowe na łożyska



Rysunek 20 Maksymalne wartości sił w łożyskach



Rysunek 21 Minimalne wartości sił w łożyskach

Z uwagi na ujemne wartości sił na łożysk niezbędne jest kotwienie łożysk do konstrukcji przyczółka.

7.6 Sprawdzenie drgań konstrukcji

Ze względu na brak obciążeń od tłumy pieszych oraz niewielka wartości sił od działania wiatru nie sprawdzono kryterium komfortu wg PN-EN 1990.

8 Wymiarowanie elementów

8.1 Poprzecznice

Do wymiarowania przyjęto wysokość poprzecznicy nad dźwigarem przedskrajnym

$h=0,22\text{m}$ – wysokość dźwigara

$b=0,20\text{m}$ – szerokość dźwigara

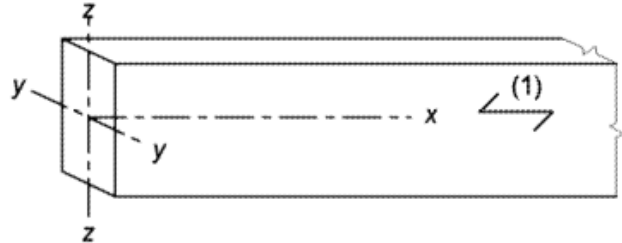
$A=0,22*0,20=0,044\text{ m}^2$ – pole przekroju elementu

$I_y=0,20*0,22^3/12=0,000177467\text{ m}^4$

$I_z=0,22*0,20^3/12=0,000146667\text{ m}^4$

$W_y=0,20*0,22^2/6=0,001613\text{ m}^3$

$W_z=0,22*0,20^2/6=0,001467\text{ m}^3$



Siły do wymiarowania poprzecznicy :

$M_d=32\text{ kNm}$

$V_d=41\text{ kN}$ – siła do obliczeń została odczytana w odległości h od krawędzi dźwigara

Stan naprężeń w elemencie :

$\sigma_{m,y,d}=32/0,001613=19\,838\text{ kN/m}^2$

$\tau_d=41/0,044 = 932\text{ kN/m}^2$

Określenie naprężeń dopuszczalnych

klasa konstrukcji – 2

$k_{mod}=0,90$ – dominujące obciążenia krótkotrwałe

$\gamma_M=1,30$

$f_{m,y,d}=0,9*35\,000/1,3=24\,230\text{ kN/m}^2$

$f_{v,d}=0,9*3\,400/1,3=2\,353\text{ kN/m}^2$

Weryfikacja warunku zginania poprzecznicy :

$\sigma_{m,y,d}= 19,84\text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d}= 0\text{ MPa}$

$f_{m,y,d}= 24,23\text{ MPa}$

$f_{m,z,d}= 24,23\text{ MPa}$

$k_m=0,70$ – przekrój prostokątny

warunek :

$19,84/24,23 = 0,82 < 1,00$ - warunek spełniony

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Weryfikacja ścinania w poprzecznicy :

uwzględnienie wpływu pęknięć w elemencie zginanym :

$k_{cr} = 0,67$ – współczynnik dla drewna litego

$b_{cr} = 0,67 \cdot 0,20 = 0,134$ m – szerokość po uwzględnieniu wpływu pęknięcia

$A_{cr} = 0,22 \cdot 0,134 = 0,029$ m²

$\tau_d = 41 / 0,029 = 1\,414$ kN/m²

warunek :

$\tau_d = 1,41$ MPa < $f_{v,d} = 2,35$ MPa - warunek spełniony

Weryfikacja stateczności elementów zginanych :

wyznaczenie naprężenia krytycznego przy zginaniu :

$E_{0,05} = 8700$ MPa

$l_{ef} = 0,9 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,22 = 1,16$ m

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05}$$

$h = 0,22$ m

$b = 0,20$ m

$\sigma_{m,crit} = 1\,063$ MPa

wyznaczenie smukłości względnej :

$f_{m,k} = 35$ MPa

$\sigma_{m,crit} = 1\,063$ MPa

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$\lambda_{rel,m} = 0,1814$

wyznaczenie współczynnika redukcji wytrzymałości ze względu na zwichrowanie elementu :

$k_{crit,m} = 1,0$ dla $\lambda_{rel,m} < 0,75$

sprawdzenie warunku ze względu na moment zginający

$f_{m,y,d} = 24,23$ MPa

$k_{crit,m} = 1,0$

$\sigma_{m,y,d} = 19,84$ MPa

warunek :

$\sigma_{m,y,d} = 19,84$ MPa < $1,0 \cdot 24,23$ - warunek spełniony

8.2 Dźwigary główne

8.2.1 Siodełka przy dźwigarach

Do wymiarowania przyjęto wysokość dźwigara złożonego z 2 elementów z drewna płazowanego

$h=0,50\text{m}$ – wysokość dźwigara

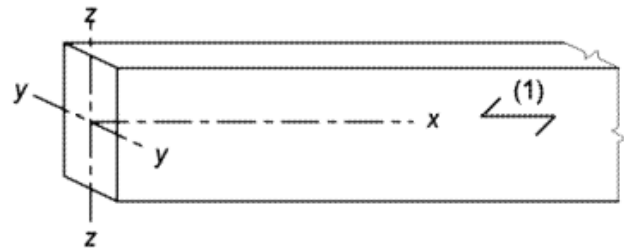
$b=0,30\text{m}$ – szerokość dźwigara

Wartości odczytano z programu ZW-CAD

$A=0,1301\text{ m}^2$ – pole przekroju elementu

$I_y=0,002622\text{ m}^4$

$I_z=0,000779\text{ m}^4$



Siły do wymiarowania dźwigara :

$M_d=82\text{ kNm}$

$V_d=104\text{ kN}$ – siła do obliczeń została odczytana w odległości h od krawędzi dźwigara

Stan naprężeń w elemencie :

$$\sigma_{m,y,d}=(82/0,002622)*0,25=7\,818\text{ kN/m}^2$$

$$\tau_d=100/0,1301 = 768\text{ kN/m}^2$$

Określenie naprężeń dopuszczalnych

klasa konstrukcji – 2

$k_{mod}=0,90$ – dominujące obciążenia krótkotrwałe

$$\gamma_M=1,30$$

$$f_{m,y,d}=0,9*35\,000/1,3=24\,230\text{ kN/m}^2$$

$$f_{v,d}=0,9*3\,400/1,3=2\,353\text{ kN/m}^2$$

Weryfikacja warunku zginania dźwigara :

$$\sigma_{m,y,d}= 7,82\text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d}= 0\text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d}= 24,23\text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d}= 24,23\text{ MPa}$$

$k_m=1,00$ – przekrój płazowany

warunek :

$$7,82/24,23 = 0,32 < 1,00 \quad - \quad \text{warunek spełniony}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Weryfikacja ścinania w dźwigarze :

uwzględnienie wpływu pęknięć w elemencie zginanym :

$k_{cr} = 0,67$ – współczynnik dla drewna litego

$b_{cr} = 0,67 \cdot 0,30 = 0,20$ m – szerokość po uwzględnieniu wpływu pęknięcia

$A_{cr} = 0,5 \cdot 0,20 = 0,10$ m²

$\tau_d = 104 / 0,10 = 1\,040$ kN/m²

warunek :

$\tau_d = 1,04$ MPa < $f_{v,d} = 2,35$ MPa - warunek spełniony

Weryfikacja stateczności elementów zginanych :

wyznaczenie naprężenia krytycznego przy zginaniu :

$E_{0,05} = 8700$ MPa

$l_{ef} = 0,9 \cdot 4,55 + 2 \cdot 0,22 = 4,54$ m

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05}$$

$h = 0,50$ m

$b = 0,30$ m

$\sigma_{m,crit} = 269$ MPa

wyznaczenie smukłości względnej :

$f_{m,k} = 35$ MPa

$\sigma_{m,crit} = 269$ MPa

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$\lambda_{rel,m} = 0,36$

wyznaczenie współczynnika redukcji wytrzymałości ze względu na zwichrowanie elementu :

$k_{crit,m} = 1,0$ dla $\lambda_{rel,m} < 0,75$

sprawdzenie warunku ze względu na moment zginający

$f_{m,y,d} = 24,23$ MPa

$k_{crit,m} = 1,0$

$\sigma_{m,y,d} = 7,82$ MPa

warunek :

$\sigma_{m,y,d} = 7,82$ MPa < $1,0 \cdot 24,23$ - warunek spełniony

8.2.2 Przekrój przęsłowy dźwigara

Do wymiarowania przyjęto wysokość dźwigara złożonego drewna płazowanego

$h=0,27\text{m}$ – wysokość dźwigara

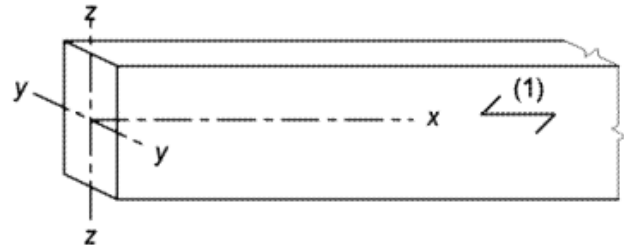
$b=0,30\text{m}$ – szerokość dźwigara

Wartości odczytano z programu ZW-CAD

$A=0,068\text{ m}^2$ – pole przekroju elementu

$I_y=0,000345\text{ m}^4$

$I_z=0,000395\text{ m}^4$



Siły do wymiarowania dźwigara :

$M_d=68\text{ kNm}$

$V_d=86\text{ kN}$

Stan naprężeń w elemencie :

$\sigma_{m,y,d}=(68/0,000345)*0,126=24\,834\text{ kN/m}^2$

$\tau_d=86/0,068 = 1\,265\text{ kN/m}^2$

Określenie naprężeń dopuszczalnych

klasa konstrukcji – 2

$k_{mod}=0,90$ – dominujące obciążenia krótkotrwałe

$\gamma_M=1,30$

$f_{m,y,d}=0,9*35\,000/1,3=24\,230\text{ kN/m}^2$

$f_{v,d}=0,9*3\,400/1,3=2\,353\text{ kN/m}^2$

Weryfikacja warunku zginania dźwigara :

$\sigma_{m,y,d}= 24,83\text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d}= 0\text{ MPa}$

$f_{m,y,d}= 24,23\text{ MPa}$

$f_{m,z,d}= 24,23\text{ MPa}$

$k_m=1,00$ – przekrój płazowany

warunek :

$24,83/24,23 = 1,02 < 1,00$

- dopuszczam przekroczenie wartości obliczeniowych ze względu na zastosowanie rozdzielonych współczynników bezpieczeństwa. Warunek spełniony.

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Weryfikacja ścinania w dźwigarze :

uwzględnienie wpływu pęknięć w elemencie zginanym :

$k_{cr} = 0,67$ – współczynnik dla drewna litego

$b_{cr} = 0,67 \cdot 0,30 = 0,20$ m – szerokość po uwzględnieniu wpływu pęknięcia

$A_{cr} = 0,27 \cdot 0,20 = 0,14$ m²

$\tau_d = 86 / 0,14 = 614$ kN/m²

warunek :

$\tau_d = 0,64$ MPa < $f_{v,d} = 2,35$ MPa - warunek spełniony

Weryfikacja stateczności elementów zginanych :

wyznaczenie naprężenia krytycznego przy zginaniu :

$E_{0,05} = 8700$ MPa

$l_{ef} = 0,9 \cdot 4,55 + 2 \cdot 0,22 = 4,54$ m

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05}$$

$h = 0,27$ m

$b = 0,30$ m

$\sigma_{m,crit} = 498$ MPa

wyznaczenie smukłości względnej :

$f_{m,k} = 35$ MPa

$\sigma_{m,crit} = 498$ MPa

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$\lambda_{rel,m} = 0,27$

wyznaczenie współczynnika redukcji wytrzymałości ze względu na zwichrowanie elementu :

$k_{crit,m} = 1,0$ dla $\lambda_{rel,m} < 0,75$

sprawdzenie warunku ze względu na moment zginający

$f_{m,y,d} = 24,23$ MPa

$k_{crit,m} = 1,0$

$\sigma_{m,y,d} = 24,83$ MPa

warunek :

$\sigma_{m,y,d} = 24,83$ MPa = $1,0 \cdot 24,23$ - dopuszczam przekroczenie wartości obliczeniowych ze względu na zastosowanie rozdzielonych współczynników bezpieczeństwa. Warunek spełniony.

8.3 Pale drewniane

Do wymiarowania przyjęto przekrój pala z drewna okrągłego

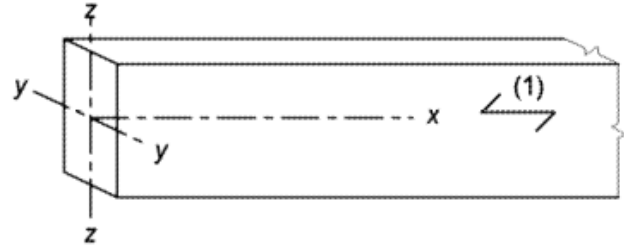
$d = 0,30\text{m}$ – średnica pala

$A=0,0706\text{ m}^2$ – pole przekroju elementu

$I=0,000397\text{ m}^4$

$W=0,00265\text{ m}^3$

$i_{\min}=(I/A)^{0,5}=0,075\text{m}$



Siły do wymiarowania pala :

$M_d=53,66\text{ kNm}$

$V_d=37,12\text{ kN}$

$N_d= 127\text{ kN}$

Stan naprężeń w elemencie :

$\sigma_{c,0,d}=127/0,0706 = 1\,799\text{ kN/m}^2$

$\sigma_{m,y,d}=53,66/0,00265=20\,249\text{ kN/m}^2$

$\tau_d=37,12/0,0706 = 526\text{ kN/m}^2$

Określenie naprężeń dopuszczalnych

klasa konstrukcji – 2

$k_{\text{mod}}=0,90$ – dominujące obciążenia krótkotrwałe

$\gamma_M=1,30$

$f_{c,0,d}=0,9*25\,000/1,3=15\,385\text{ kN/m}^2$

$f_{m,d}=0,9*35\,000/1,3=24\,230\text{ kN/m}^2$

$f_{v,d}=0,9*3\,400/1,3=2\,353\text{ kN/m}^2$

Weryfikacja warunku zginania pala :

$\sigma_{m,d}= 20,25\text{ MPa}$

$f_{m,d}= 24,23\text{ MPa}$

$k_m=1,00$ – przekrój okrągły

warunek :

$20,25/24,23 = 0,83 < 1,00$ - warunek spełniony

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Weryfikacja ścinania w palu :

$\tau_d=37,12/0,0706 = 526\text{ kN/m}^2$

warunek :

$\tau_d= 0,53\text{ MPa} < f_{v,d}= 2,35\text{ MPa}$ - warunek spełniony

Weryfikacja złożonego stanu naprężeń dla pala

$$\sigma_{c,0,d}=1,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d}=20,25 \text{ MPa}$$

$k_m=1,00$ – przekrój okrągły

$$f_{c,0,d} = 15,38 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 24,23 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

warunek ;

$$(1,8/15,38)^2 + (20,25/24,23) = 0,85 < 1 \quad - \quad \text{warunek spełniony}$$

Weryfikacja stateczności elementów zginanych i ściskanych :

$$E_{0,05}=8700 \text{ MPa}$$

$$i_{\min}=0,075 \text{ m}$$

$$l_w=1,0 \cdot 4,0 \text{ m}=4,0 \text{ m}$$

$$\lambda=4,0/0,075=53,3 \text{ – smukłość pala}$$

smukłość względna

$$\lambda_{\text{rel}}= 53,3/3,14 \cdot (25/8700)^{0,5}=0,909$$

obliczenie wpływu wyboczenia na naprężenia ściskające:

$$k_{y,z}=0,5 \cdot (1+0,2 \cdot (0,909-0,3)+0,909^2)=0,974$$

$$k_c=1/(0,974+(0,974^2-0,909^2)^{0,5})=0,756$$

Weryfikacja złożonego stanu naprężeń dla pala z uwzględnieniem wyboczenia :

$$\sigma_{c,0,d}=1,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d}=20,25 \text{ MPa}$$

$k_m=1,00$ – przekrój okrągły

$$k_c=0,756$$

$$f_{c,0,d} = 15,38 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 24,23 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

warunek ;

$$(1,8/0,756 \cdot 15,38) + (20,25/24,23) = 0,99 < 1 \quad - \quad \text{warunek spełniony}$$