

WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Nazwa zamierzenia budowlanego	Budowa obwodnicy Szamotuł w ciągu drogi wojewódzkiej nr 187 Pniewy – Szamotuły – Oborniki – Murowana Goślina
Kategoria obiektu budowlanego	XXVIII
Tom	Wyciąg z obliczeń statyczno-wytrzymałościowych - most M1
Inwestor	Wielkopolski Zarząd Dróg Wojewódzkich ul. Wilczak 51 61-623 Poznań
Numer umowy	364/91.WZP/22
Egzemplarz	1

Stanowisko	Imię i nazwisko	Uprawnienia	Podpis
Główny Projektant branży mostowej	mgr inż. Krzysztof Pokorski	WKP/0091/POOM/06 specjalność mostowa	
Projektant branży mostowej	mgr inż. Dawid Żuchliński	WKP/0130/POOM/20 specjalność inż. mostowa	
Sprawdzający branży mostowej	mgr inż. Łukasz Szuba	7131/190/P/2002 specjalność konstrukcyjno-budowlana	

Poznań, styczeń 2024 r.



SPIS TREŚCI

1. OPIS ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH I MATERIAŁOWYCH PROJEKTOWANEGO OBIEKTU.....	3
2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE	4
2.1. Oznaczenia, konwencja znakowania i stosowane jednostki	4
2.2. Charakterystyka podstawowych materiałów konstrukcyjnych.....	4
2.3. Model obliczeniowy	5
2.4. Wykorzystane oprogramowanie	5
3. ZEBRANIE OBCIĄŻENIA	5
3.1. Obciążenia stałe przęsła.....	5
3.2. Obciążenia zmienne na przęsło obiektu.....	6
4. USTRÓJ NOŚNY – STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI.....	6
4.1. Charakterystyka ogólna przekroju przęsła obiektu.....	6
4.2. Obliczenie nośności ustroju nośnego.....	8
4.3. Technologia budowy – obliczenia sprawdzające.....	9
4.4. Dobór rozstawu sworzni	10
4.5. Sprawdzenie poprzecznic podporowych – etap wymiany łożysk.....	11
4.6. Podniesienie wykonawcze przęsła mostu	12
5. USTRÓJ NOŚNY - STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI.....	12
5.1. Sprawdzenie warunku dopuszczalnych naprężeń w dźwigarach głównych	12
5.2. Sprawdzenie warunku dopuszczalnych ugięć ustroju nośnego	13
5.3. Ograniczenie zarysowania w przekroju podporowym.....	14
6. WYMIAROWANIE PODPÓR POŚREDNICH	14
6.1. Sprawdzenie nośności rygla (oczepu) słupów	15
6.2. Sprawdzenie nośności słupów żelbetowych	16
7. WYMIAROWANIE POSADOWIENIA.....	16
7.1. Parametry geometryczne podpór	16
7.2. Zestawienie obciążeń do wymiarowania posadowienia	17
7.3. Sprawdzenie nośności fundamentu palowego	17
8. PODSUMOWANIE	17



1. OPIS ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH I MATERIAŁOWYCH PROJEKTOWANEGO OBIEKTU

Projektuje się wykonanie 7-przęsłowego obiektu o schemacie belki ciągłej i konstrukcji nośnej w postaci stalowych dźwigarów zespolonych z żelbetową płytą pomostową opartą na masywnych, żelbetowych podporach posadowionych pośrednio.

Podstawowe parametry techniczne projektowanego obiektu:

Typ konstrukcji	belkowo-płytowa zespolona
Schemat statyczny	belka ciągła
Liczba przęseł / rozpiętości	7 25,0m + 5x30,0m + 25,0m
Materiał konstrukcyjny ustroju nośnego	stal konstrukcyjna, żelbet
Materiał konstrukcyjny podpór	żelbet
Przekrój poprzeczny	dźwigary stalowe, blachownicowe, zespolone ze współpracującą płytą żelbetową

Podstawowe parametry geometryczne projektowanego obiektu:

Kilometr obiektu	3+227,00 (DW nr 187)	
Kąt skrzyżowania	90,0°	
Łuk poziomy/prosta	prosta	
Łuk pionowy lub pochylenie podłużne	pochylenie podłużne 0,5%,	
Pochylenie poprzeczne jezdni	2,0% (daszkowe)	
Pochylenie poprzeczne kap	3,0%	
Długość obiektu (konstrukcji niosącej)	~201,0 m	
Szerokość: jezdni, kap chodnikowych	3,5+3,5=7,0m (jezdni) 0,5+0,5=1,0m (opaska)	2,4 + 2,4=4,8m (kapy chodnikowe)
Szerokość całkowita obiektu	12,8m	

Obciążenia uwzględnione w obliczeniach:

- ciężar własny konstrukcji,
- ciężar wyposażenia,
- parcie gruntu,
- obciążenie eksploatacyjne (UDL i TS), w tym obciążenia na prześle, na naziomie oraz siły przyspieszania/hamowania,
- tłum ludzi 3 [kN/m²]
- osiadania podpór,
- wpływ temperatury
- wpływy reologiczne (skurcz, pęcznienie).

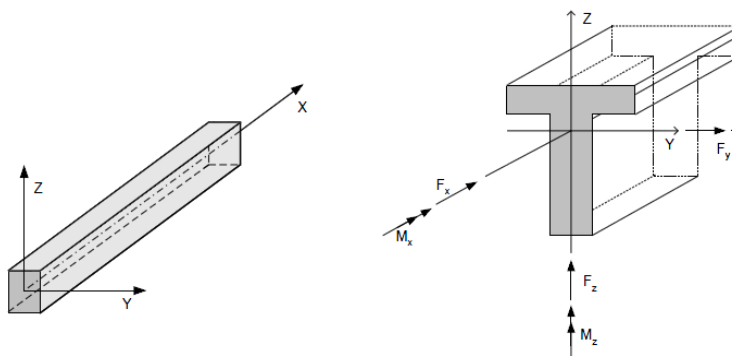
Współczynniki obliczeniowe γ przyjęte w modelu kombinacjach dla obciążeń stałych i zmiennych:

Rodzaj obciążenia	Współczynnik γ		Współczynnik ψ		
	Efekt/Działanie		0	1	2
	niekorzystne	korzystne			
Ciężar własny	1,35	1,0	Nie dotyczy		
Osiadanie	1,2	0			
Skurcz	1,0	0			
Pęcznienie	1,0	0			
Obciążenie TS	1,35	0	0,75	0,75	0
Obciążenie UDL	1,35	0	0,40	0,40	0
Temperatury	1,5	0	0,60	0	0



2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

2.1. Oznaczenia, konwencja znakowania i stosowane jednostki



Rys.1. Schemat osi elementu, konwencja oznaczenia sił wewnętrznych

Lp.	Oznaczenie	Opis	Jednostka
1.	M, T	Moment zginający, siła poprzeczna	kNm, kN
2.	F	Siła	kN
3.	A	Powierzchnia	m ² , cm ²
4.	R, f	Wytrzymałość materiału	MPa
5.	E	Moduł Younga	GPa
6.	G	Moduł odkształcenia postaciowego	m, cm
7.	B, b	Szerokość	m, cm
8.	H, h	Wysokość	m, cm
9.	L	Długość	m, cm
10.	g	Grubość	m, cm, mm
11.	L _t	Rozpiętość teoretyczna	m
12.	a	Rozstaw	m, cm
13.	X, Y, Z	Oznaczenie osi	-
14.	x, y, z	Indeks kierunkowy osi	-
15.	j, k, l	Indeksy wektorowe	-
16.	J	Moment bezwładności przekroju	m ⁴ , cm ⁴
17.	W	Wskaźnik wytrzymałości	m ³ , cm ³

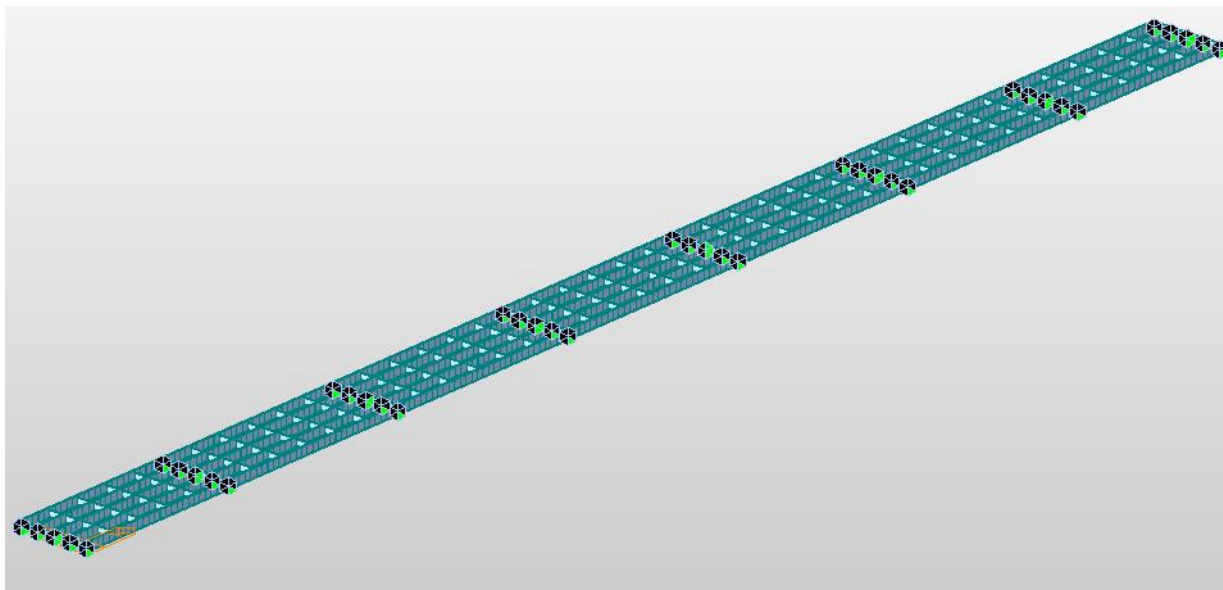
2.2. Charakterystyka podstawowych materiałów konstrukcyjnych

Lp	Nazwa	Ciężar jedn.	Wytrzymałość charakterystyczna			Wytrzymałość obliczeniowa			Moduł E
			Rozc.	Ścisk.	Ścin.	Rozc.	Ścisk.	Ścin.	
	[-]	[kN/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[GPa]
1.	Beton C30/37	25	1,9	26,2	0,475	1,25	20,2	0,32	34,6
2.	Stal A-IIIN Zbrojenie	78,5	500	500	-	435	435	-	210
3.	Stal S355J2+M Stal konstrukcyjna	78,5	355	355	-	309	309	-	210



2.3. Model obliczeniowy

Do obliczeń sił wewnętrznych w dźwigarach głównych wiaduktu przyjęto model rusztu. Siły w konstrukcji przeszła obliczono metodą elementów skończonych (MES), przy wykorzystaniu programu MIDAS Civil.



Rys.1 Schemat modelu obliczeniowego (FAZA I)

2.4. Wykorzystane oprogramowanie

Do zestawienia obciążeń oraz wykonania analizy statycznej i sprawdzenia stanów granicznych nośności (SLS) i użytkowości (ULS) ustroju wykorzystano własne arkusze kalkulacyjne programu Excel oraz program do obliczeń statycznych metodą elementów skończonych (Midas Civil).

3. ZEBRANIE OBCIĄŻENIA

3.1. Obciążenia stałe przeszła

Zebranie obciążeń wg EN											
USTRÓJ NOŚNY - PROJEKTOWANY (FAZA I)											
l.p	element	ciężar właściwy	Wartość char. [kN/m]					Wartość obliczeniowa [kN/m]			
		[kN/m3]	G _k	γ _{sup}	G _{k,sup}	γ _{inf}	G _{k,inf}	γ _f	G _{d,sup}	γ _f	G _{d,inf}
1	Konstrukcja stalowa	78,5	19,12	1,00	19,12	1,00	19,12	1,35	25,82	1,00	19,12
2	Płyta pomostowa	27,0	85,73	1,00	85,73	1,00	85,73	1,35	115,73	1,00	85,73
3	Deskowanie	7,0	8,53	1,00	8,53	1,00	8,53	1,35	11,52	1,00	8,53
ΣG _k =			113,38	ΣG _{k,sup} =	113,38	ΣG _{k,inf} =	113,38	ΣG _{d,sup} =	153,07	ΣG _{d,inf} =	113,38
USTRÓJ NOŚNY - PROJEKTOWANY (FAZA II)											
l.p	element	ciężar właściwy	Wartość char. [kN/m]					Wartość obliczeniowa [kN/m]			
		[kN/m3]	G _k	γ _{sup}	G _{k,sup}	γ _{inf}	G _{k,inf}	γ _f	G _{d,sup}	γ _f	G _{d,inf}
1	Płyta pomostowa - ubytek	1,0	-3,18	1,00	-3,18	1,00	-3,18	1,35	-4,29	1,00	-3,18
2	Deskowanie - ubytek	7,0	-8,53	1,00	-8,53	1,00	-8,53	1,35	-11,52	1,00	-8,53
3	Kapa chodnikowa	26,0	26,52	1,20	31,82	0,80	21,22	1,35	42,96	1,00	21,22
4	Nawierzchnia	23,0	16,56	1,20	19,87	0,80	13,25	1,35	26,83	1,00	13,25
5	Nawierzchnia kapy	14,0	0,32	1,20	0,39	0,80	0,26	1,35	0,52	1,00	0,26
6	Izolacja	14,0	1,78	1,20	2,13	0,80	1,42	1,35	2,88	1,00	1,42
7	Krawężnik	26,0	2,08	1,00	2,08	1,00	2,08	1,35	2,81	1,00	2,08
8	Deski gzymsowe	0,8 kN/m	1,60	1,00	1,60	1,00	1,60	1,35	2,16	1,00	1,60
9	Bariera	0,7 kN/m	1,40	1,00	1,40	1,00	1,40	1,35	1,89	1,00	1,40
10	Balustrada	0,5 kN/m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,00	1,00
11	Odwodnienie	0,5 kN/m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,00	1,00
ΣG _k =			40,55	ΣG _{k,sup} =	49,59	ΣG _{k,inf} =	31,51	ΣG _{d,sup} =	66,94	ΣG _{d,inf} =	31,51

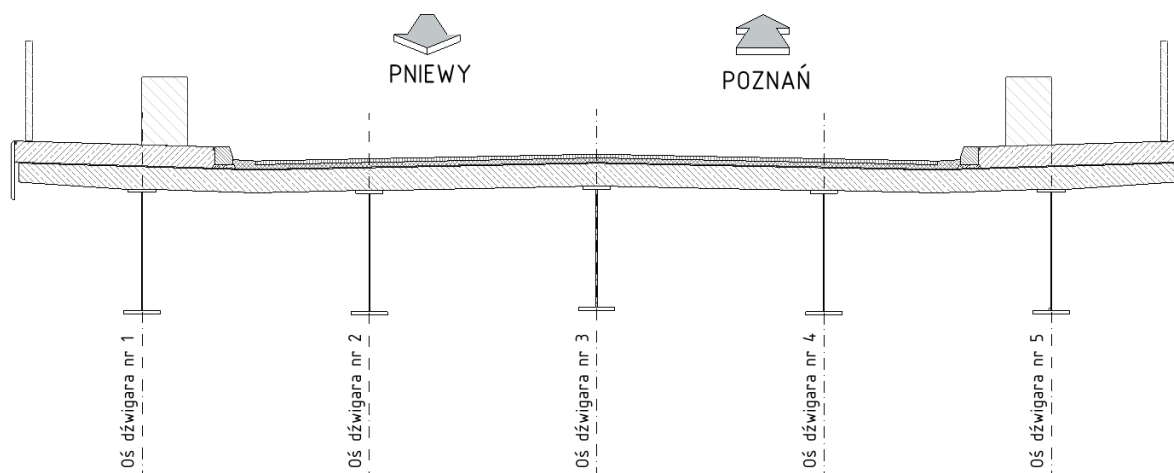


3.2. Obciążenia zmienne na przęsło obiektu

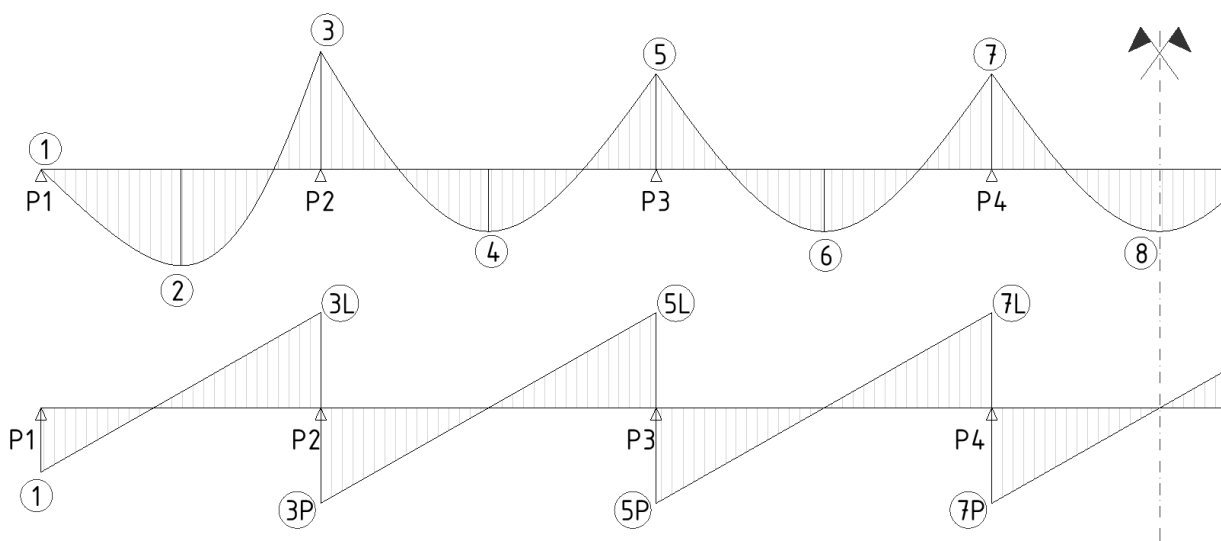
OBCIĄŻENIA UŻYTKOWE - schemat obciążenia LM1 (klasa I obciążenia)					
L.p.	Wyszczególnienie		Wartość charakterystyczna	γ_f	Wartość obliczeniowa
1	Tandem TS	α_Q (klasa I)	Q_k [kN]	-	Q_d [kN]
	Pas nr 1: 2x300 kN	1,00	600,00	1,35	810,00
	Pas nr 2: 2x200 kN	1,00	400,00	1,35	540,00
2	Obciążenie równomiernie rozłożone UDL	α_q (klasa I)	q_k [kN/m ²]	-	q_d [kN/m ²]
	Pas 1: 9,0 kN/m ²	1,33	12,00	1,35	16,20
	Pas 2: 2,5 kN/m ²	2,40	6,00	1,35	8,10
	Pas resztowy: 2,5 kN/m ²	1,20	3,00	1,35	4,05
	Tłum pieszych: 3,0 kN/m ²	1,00	3,00	1,35	4,05

4. USTRÓJ NOŚNY – STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI

4.1. Charakterystyka ogólna przekroju przęsła obiektu

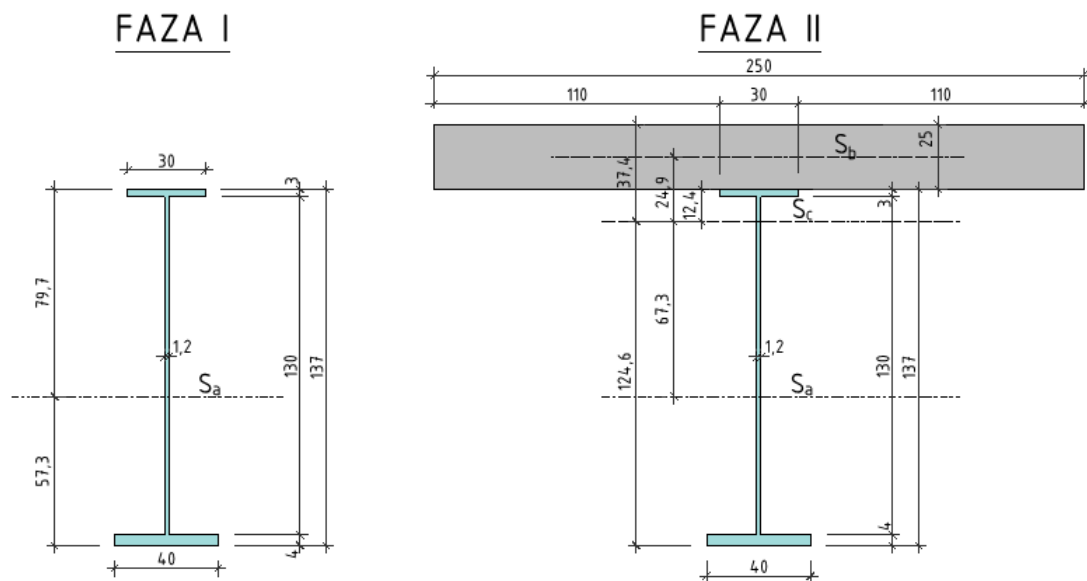


Rys. 2 Schemat numeracji dźwigarów głównych obiektu.

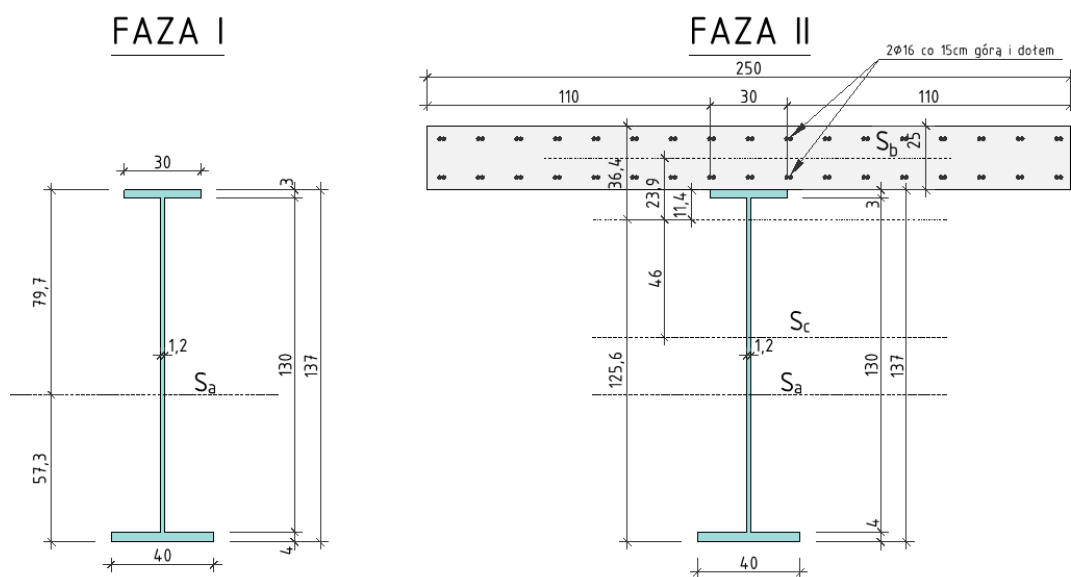


Rys.3 Schemat przekroju podłużnego obiektu – analizowane punkty charakterystyczne dla wartości sił wewnętrznych.





Rys.4 Przekrój poprzeczny dźwigara głównego - w środku rozpiętości przęsła [wymiary w cm]



Rys.5 Przekrój poprzeczny dźwigara głównego - nad podporą [wymiary w cm]

W obliczeniach sprawdzono nośność dla poszczególnych dźwigarów (wg rys.2) w każdym z charakterystycznych punktów (wg. rys.3). Dla sprawdzenia nośności w przekrojach podporowych uwzględniono zarysowanie płyty pomostowej.

4.2. Obliczenie nośności ustroju nośnego

Wartości **momentów zginających** dla dźwigara przedskrajnego (nr. 2) - wartości charakterystyczne [kNm]:

Faza pracy	Przypadek/kombinacja	Przekrój na długości mostu			
		Przekrój podporowy		Przekrój przęsłowy	
		p. skrajna	p. środkowa	p. skrajne	p. środkowe
Faza 1	Ciężar własny konstrukcji	-1732,78	-1707,94	1014,56	856,2
Faza 2	Demontaż deskowania i odparowanie wody	170,7	169,2	-103,6	-86,7
	Wypożyczenie	-1072,3	-1064,3	620,4	506,5
	TS+UDL	-2200,1	-2339,3	2486,5	2615,5
	Temperatura	-716,5	-592,8	431,6	661,9
	Nierównomierne osiadanie	-250,8	-459,3	213,3	426,6
	Wpływy reologiczne	-162,6	-4,8	366,9	21,8

Określenie miarodajnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań od momentu zginającego:

Podpora pośrednia – skrajna:

$$M_{Ed} = 1,35 * (-1732,78) + 1,0 * 170,7 + 1,35 * (-1072,2) + 1,35 * (-2200,1) + 1,5 * (-716,5) * 0,6 + 1,2 * (-250,8) + 1,0 * (-162,6) = -7,694 \text{ MNm}$$

Podpora pośrednia – środkowa:

$$M_{Ed} = 1,35 * (-1707,94) + 1,0 * 169,2 + 1,35 * (-1064,3) + 1,35 * (-2339,3) + 1,5 * (-592,8) * 0,6 + 1,2 * (-459,3) + 1,0 * (-4,8) = -7,821 \text{ MNm}$$

Przęsło mostu - skrajne:

$$M_{Ed} = 1,35 * 1014,56 + 1,0 * (-103,6) + 1,35 * 620,4 + 1,35 * 2486,5 + 1,5 * 431,6 * 0,6 + 1,2 * 213,3 + 1,0 * 366,9 = 6,472 \text{ MNm}$$

Przęsło mostu - pośrednie:

$$M_{Ed} = 1,35 * 856,2 + 1,0 * (-86,7) + 1,35 * 506,5 + 1,35 * 2615,5 + 1,5 * 661,9 * 0,6 + 1,2 * 426,6 + 1,0 * 21,8 = 6,414 \text{ MNm}$$

Nośność plastyczna przekroju przęsłowego wynosi:

$$M_{pl,Rd} = 12,73 \text{ MNm}$$

Obliczeniowy moment zginający (faza F1+F2) wynosi:

$$M_{Ed} = 6,472 \text{ MNm} < M_{pl,Rd} = 12,73 \text{ MNm}$$

Warunek spełniony

Nośność plastyczna przekroju podporowego wynosi:

$$M_{pl,Rd} = 8,21 \text{ MNm}$$

Obliczeniowy moment zginający (faza F1+F2) wynosi:

$$M_{Ed} = 7,821 \text{ MNm} < M_{pl,Rd} = 8,21 \text{ MNm}$$

Warunek spełniony

Wartości **sił poprzecznych** dla dźwigara przedskrajnego (nr. 2) - wartości charakterystyczne [kN]:

Faza pracy	Przypadek/kombinacja	Przekrój na długości mostu	
		Podpora pośrednia	
		skrajna	środkowa
Faza 1	Ciężar własny konstrukcji	353,4	340,8
Faza 2	Demontaż deskowania i odparowanie wody	-33,1	-32,0
	Wypożyczenie	225,0	218,4
	TS+UDL	902,8	908,4
	Temperatura	27,3	27,3
	Nierównomierne osiadanie	28,6	28,6
	Wpływy reologiczne	35,3	6,7



Określenie maksymalnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań od sił poprzecznych:

Podpora pośrednia – skrajna:

$$V_{Ed} = 1,35 * 353,4 + 1,0 * (-33,1) + 1,35 * 225,0 + 1,35 * 902,8 + 1,5 * 27,3 * 0,6 + 1,2 * 28 + 1,0 * 35,3$$

$$= \mathbf{2060,0 \text{ kN}}$$

Podpora pośrednia – środkowa:

$$V_{Ed} = 1,35 * 340,8 + 1,0 * (-32,0) + 1,35 * 218,4 + 1,35 * 908,4 + 1,5 * 27,3 * 0,6 + 1,2 * 28,6 + 1,0 * 6,7$$

$$= \mathbf{2014,9 \text{ kN}}$$

Nośność na ścinanie przekroju podporowego wynosi:

$$V_{pl,Rd} = 3630 \text{ MNm}$$

Obliczeniowa siła poprzeczna (faza F1+F2) wynosi:

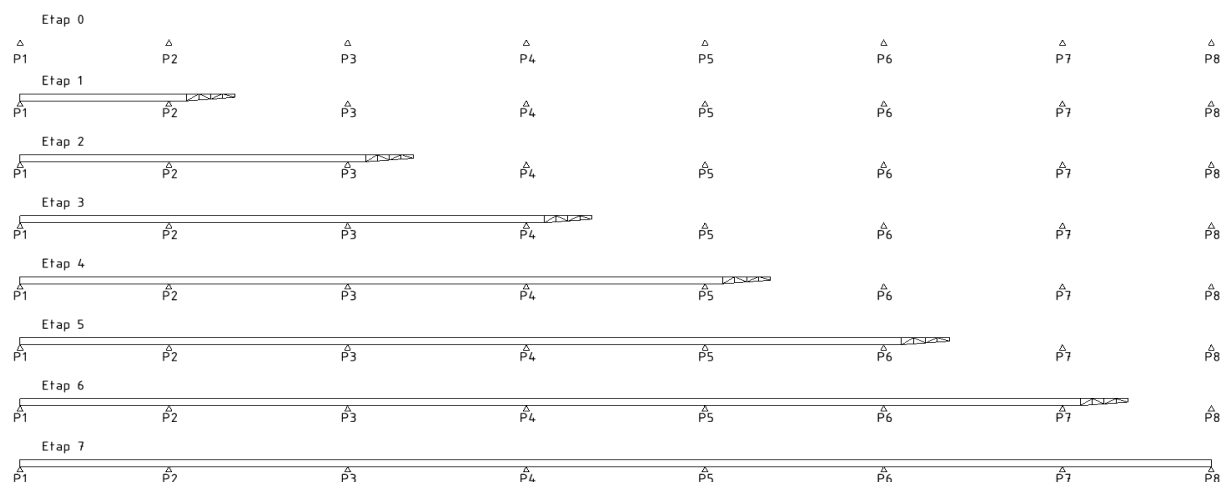
$$V_{Ed} = 2060,0 \text{ kNm} < V_{pl,Rd} = \mathbf{3630 \text{ kNm}}$$

Warunek spełniony

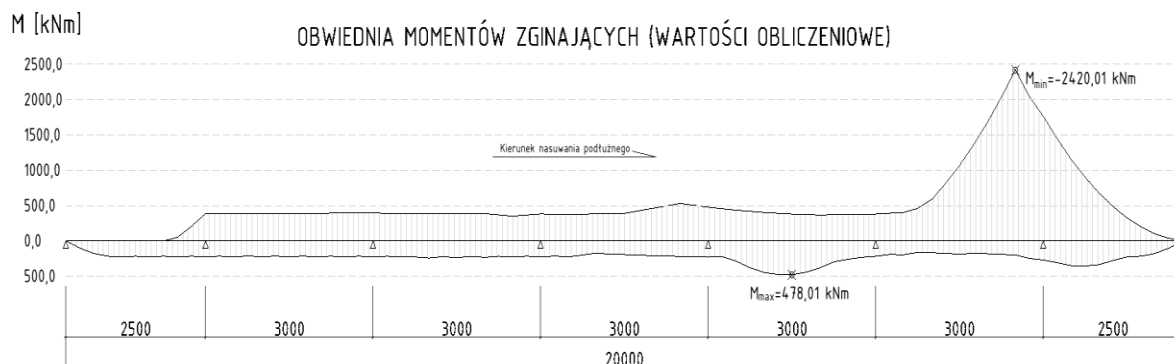
4.3. Technologia budowy – obliczenia sprawdzające

Założenia ogólne przyjęte do obliczeń:

- montaż w technologii nasuwania podłużnego,
- kierunek nasuwania należy rozpocząć od podpory P1,
- do obliczeń przyjęto Awanbek o długości 8,0m i ciężarze 16,0 kN/m,
- ruszt stalowy zostaje w całości zmontowany na dojeździe i w takiej postaci zostaje nasuwany,
- podczas nasuwania konstrukcję należy zapewnić dociążenie elementów, aby nie nastąpiło odrywanie łożysk.

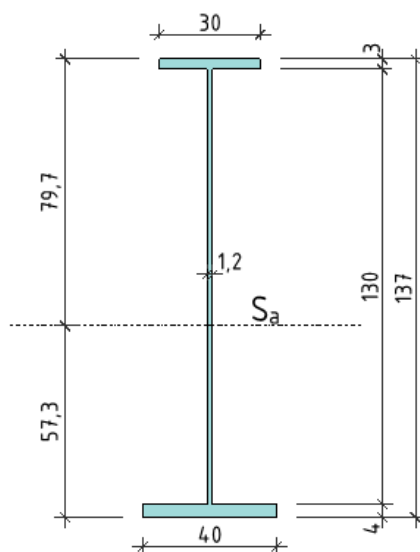


Rys.6. Schemat etapowania nasuwania podłużnego



Rys.7. Obwiednia momentów zginających dla pojedynczego dźwigara głównego:





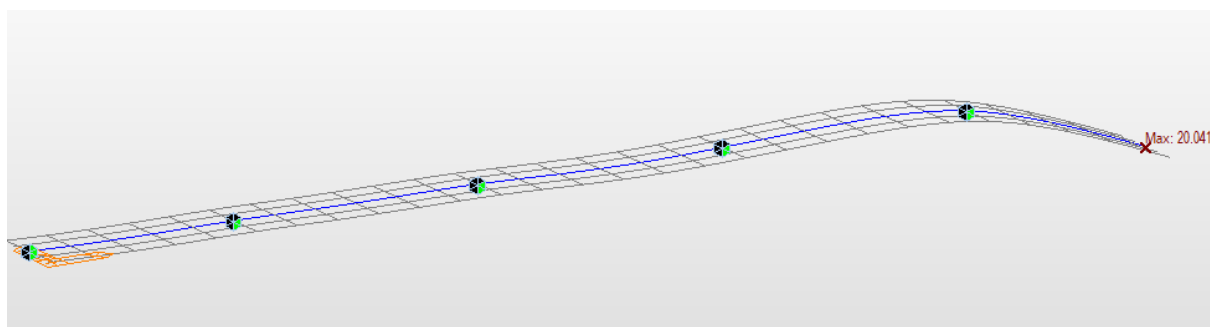
Rys. 7. Przekrój poprzeczny nasuwanego dźwigara głównego

Sprawdzenie warunku dopuszczalnych naprężeń normalnych w dźwigarze stalowym :

$$\sigma_s \leq f_{yd}$$

$$150,49 \text{ MPa} < 309,0 \text{ MPa}$$

Warunek spełniony



Rys. 8. Nasuwanie podłużne - maksymalne ugięcie

Maksymalne ugięcie podczas nasuwania podłużnego (przy uwzględnieniu awenboku długości 8,0m i ciężaru 16,0 kN/mb) wyniesie:

$$u_{maks} = 20,4 \text{ cm}$$

4.4. Dobór rozstawu sworzni

Zespolenie pomiędzy dźwigarem i płytą betonową zostało zaprojektowane w postaci sworzni ze stali S355+C450 przyspawanych do pasów górnych kształtowników.

Zespolenie pracuje głównie na przeniesieniu sił rozwarstwiających pomiędzy stalą i betonem z pominięciem przyczepności pomiędzy tymi materiałami.

Parametry geometryczne i wytrzymałościowe przyjęte do obliczenia nośności sworzni:

$d_{sw} = 22 \text{ mm}$ – średnica sworznia

$h_{sc} = 200 \text{ mm}$ – wysokość sworznia

$f_u = 470,0 \text{ MPa}$ – wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie (sworzeń)

$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$ – wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie (beton)



$E_{cm} = 34,6 \text{ MPa}$ – średni moduł sprężystości (beton)

$\gamma_v = 1,25$ – częściowy współczynnik bezpieczeństwa

$\alpha_{sw} = 1,0$ - współczynnik korekcyjny

Nośność obliczeniowa sworznia na ścinanie:

$$P_{Rd1} = \frac{0,8 * f_u * 3,142 * d_{sw}^2}{4 * \gamma_v} = \frac{0,8 * 470,0 * 3,142 * 0,022^2}{4 * 1,25} = 114,36 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa sworznia na docisk do betonu:

$$P_{Rd2} = \frac{0,29 * \alpha_{sw} * d_{sw}^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}}}{\gamma_v} = \frac{0,29 * 1,0 * 0,022^2 * \sqrt{30,0 * 34,6}}{1,25} = 114,40 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa sworznia przyjęta do dalszych obliczeń:

$$P_{rd} = \min(P_{Rd1}, P_{Rd2}) = 114,36 \text{ kN}$$

Wyznaczenie rozstawu sworzni na podstawie sił rozwarstwiających:

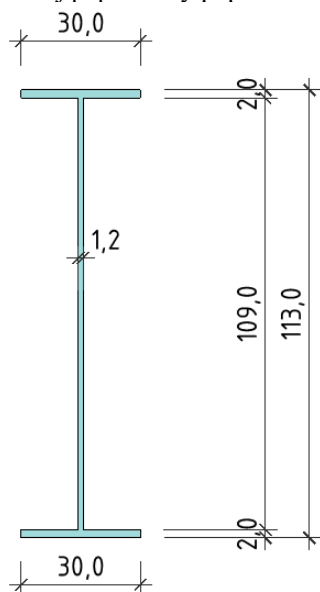
Odcinek przęsła			0-1/8L	1/8L - 1/4L	1/4L - 3/8L	3/8L - 1/2L
Wypadkowa siła tnąca (war. obl) na danym odcinku	V_{sr}	kN	1352,1	1090,6	933,9	848,5
moment statyczny płyty betonowej względem środka ciężkości dźwigara zespolonego	S_b	cm ³	25212	25212	25212	25212
moment bezwładności przekroju zespolonego	I_c	cm ⁴	3893600	3893600	3893600	3893600
długość rozwarstwowanego odcinka	e	cm	375	375	375	375
siła rozwarstwiająca na odcinku e	V_{sd}	kN	3283,2	2648,2	2267,7	2060,3
wymagana ilość sworzni na odcinku e	$n_{wymagana}$	szt.	28,71	23,16	19,83	18,02
przyjęta ilość sworzni	$n_{przyjeta}$	szt.	50	50	25	25

Przyjęty rozstaw sworzni:

- na odcinku podporowym: 2 sworznie w rzędzie co 15cm,
- na odcinku przęsłowym: 2 sworznie w rzędzie co 30cm.

4.5. Sprawdzenie poprzecznic podporowych – etap wymiany łożysk

Przekrój poprzeczny poprzecznicy podporowej (wymiaru podano w cm):



Określenie miarodajnej kombinacji efektów oddziaływań od momentu zginającego:

Podpora pośrednia – skrajna: $M_{Ed(I)} = -1,733 \text{ MNm}$

$$M_{Ed(I)} = 170,7 + (-1072,2) + (-2200,1) + (-716,5) * 0,6 + (-250,8) + (-162,6) = -3,945 \text{ MNm}$$

Podpora pośrednia – środkowa: $M_{Ed(I)} = -1,708 \text{ MNm}$

$$M_{Ed(I)} = 169,2 + (-1064,3) + (-2339,3) + (-592,8) * 0,6 + (-459,3) + (-4,8) = -4,054 \text{ MNm}$$

Przęsło mostu - skrajne: $M_{Ed(II)} = 1,015 \text{ MNm}$

$$M_{Ed(II)} = (-103,6) + 620,4 + 2486,5 + 431,6 * 0,6 + 213,3 + 366,9 = 3,843 \text{ MNm}$$

Przęsło mostu - środkowe: $M_{Ed(II)} = 0,857 \text{ MNm}$

$$M_{Ed(II)} = (-86,7) + 506,5 + 2615,5 + 661,9 * 0,6 + 426,6 + 21,4 = 3,881 \text{ MNm}$$

Maksymalne naprężenia w środku rozpiętości przęsła:

$$\sigma_{PRZ(max)} = 169,7 \text{ MPa} < 355,0 \text{ MPa}$$

warunek spełniony

Maksymalne naprężenia nad podporą:

$$\sigma_{POD(max)} = 228,8 \text{ MPa} < 355,0 \text{ MPa}$$

warunek spełniony

Wartości **sił poprzecznych** dla dźwigara przedskrajnego (nr. 2) - wartości charakterystyczne [kNm]:

Faza pracy	Przypadek/kombinacja	Przekrój na długości mostu	
		Podpora pośrednia	
		skrajna	środkowa
Faza 1	Ciężar własny konstrukcji	353,4	340,8
Faza 2	Demontaż deskowania i odparowanie wody	-33,1	-32,0
	Wypośażenie	225,0	218,4
	TS+UDL	902,8	908,4
	Temperatura	27,3	27,3
	Nierównomierne osiadanie	28,6	28,6
	Wpływy reologiczne	35,3	6,7

Określenie miarodajnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań od sił poprzecznych:

Podpora pośrednia – skrajna: $V_{Ed(I)} = 353,4 \text{ kN}$

$$V_{Ed(I)} = (-33,1) + 225,0 + 902,8 + 27,3 * 0,6 + 28,6 + 35,3 = 1175,0 \text{ kN}$$

Podpora pośrednia – środkowa: $V_{Ed(I)} = 340,8 \text{ kN}$

$$V_{Ed(I)} = (-32,0) + 218,4 + 908,4 + 27,3 * 0,6 + 28,6 + 6,7 = 1146,5 \text{ kN}$$

Maksymalne naprężenia styczne nad podporą:

$$\tau_{maks} = 87,3 \text{ MPa} < \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{355,0}{\sqrt{3}} = 205,0 \text{ MPa} - \text{warunek spełniony}$$

Maksymalne naprężenia zredukowane nad podporą:

$$\sigma_{zr,POD(max)} \sqrt{228,8^2 + 3 * 87,3^2} = 274,3 \text{ MPa} < 355,0 \text{ MPa} - \text{warunek spełniony}$$

5.2. Sprawdzenie warunku dopuszczalnych ugięć ustroju nośnego

Sprawdzenie ugięć wykonano dla dźwigara nr 1 – najbardziej wytężonego.

Maksymalne ugięcie przęseł skrajnych (nr I i VII) od obciążenia zmiennego:

$$u_I = 18,0 \text{ mm}$$

Dopuszczalne ugięcie:

$$u_{I,dop} = \frac{L}{300} = 25\,000/300 = 83,3 \text{ mm}$$

$$u_I = 18,0 \text{ mm} < 83,3 \text{ mm} - \text{warunek spełniony}$$



Maksymalne ugięcie pręseł środkowych (nr II - VI) od obciążenia zmiennego:

$$u_{II} = 25,0mm$$

Dopuszczalne ugięcie:

$$u_{II,dop} = \frac{L}{300} = 30\,000/300 = 100,0mm$$

$$u_{II} = 25,0mm < 100,0mm - \text{warunek spełniony}$$

5.3. Ograniczenie zarysowania w przekroju podporowym

Ograniczenie zarysowania płyty pomostu w przekroju podporowym dźwigara zespolonego (rysy poprzeczne do osi mostu) zostało przeprowadzone w sposób uproszczony, na podstawie wytycznych pkt 7.4.1 normy PN-EN 1994-2:2010 Eurokod 4. Zgodnie z pkt 7.3.1 normy PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2 do obliczeń zostały przyjęte kombinacja prawie stała i maksymalna rozwarłość rys 0,3mm.

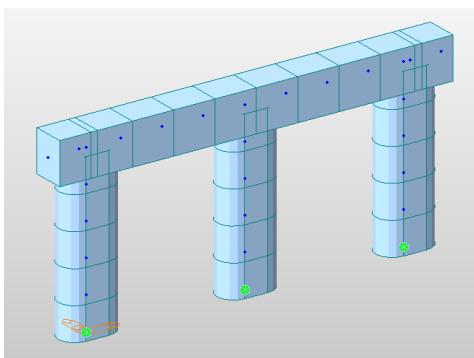
Naprężenia w prętach zbrojeniowych uwzględniające efekt tension stiffening:

$$\sigma_s = 263,9 MPa$$

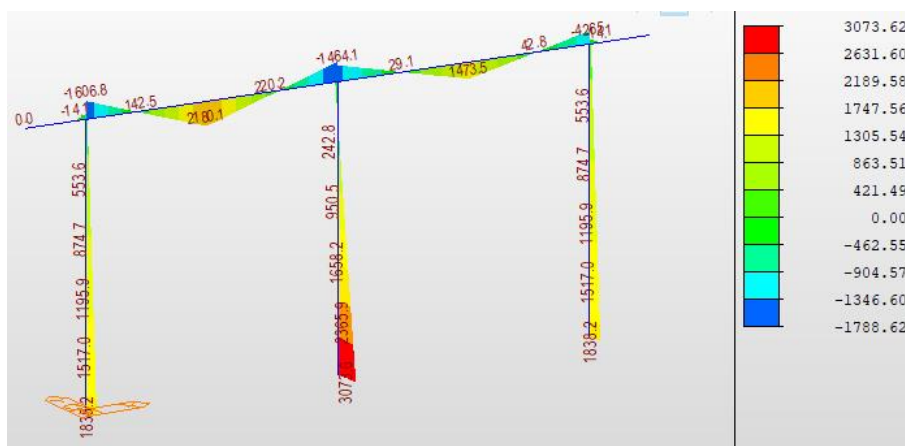
Dla tej wartości naprężeń maksymalna średnica prętów wynosi 20 mm (tab. 7.1 z normy PN-EN 1994-2:2010 Eurokod 4), a maksymalny rozstaw 200mm (tab. 7.2 z normy PN-EN 1994-2:2010 Eurokod 4). Oba warunki zostały spełnione przez przyjęte zbrojenie w postaci prętów 2Ø16 w rozstawie 150mm, chociaż wystarczające jest spełnienie tylko jednego z tych warunków.

6. WYMIAROWANIE PODPÓR POŚREDNICH

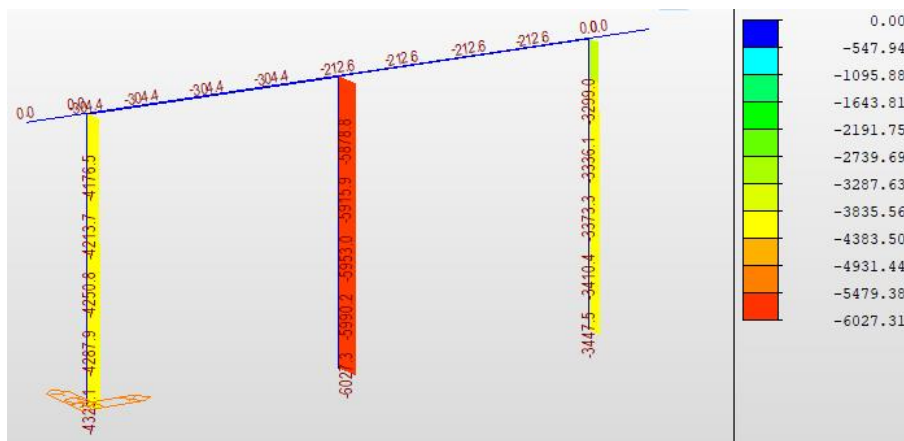
Model podpór pośrednich wykonano jako z elementów e1 w przestrzeni p2 (elp2):



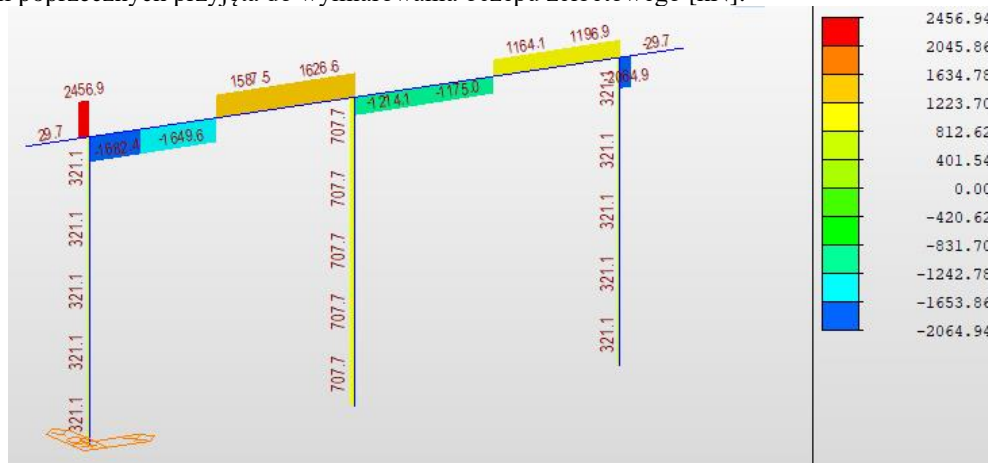
Wartość momentu zginającego przyjęta do wymiarowania słupa oraz oczepu żelbetowego [kNm]:



Wartość sił normalnych przyjęta do wymiarowania słupa żelbetowego [kN]:



Wartość sił poprzecznych przyjęta do wymiarowania oczepu żelbetowego [kN]:



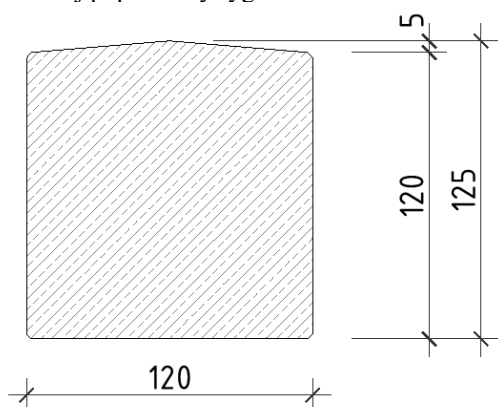
6.1. Sprawdzenie nośności rygla (oczepu) słupów

Określenie miarodajnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań do wymiarowania rygla:

$$M_{Ed} = 2180,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1682,4 \text{ kN}$$

Przekrój poprzeczny rygla:



Nośność przekroju rygla na zginanie wynosi (zbrojenie dołem 10Ø25): : $M_{Rd} = 2454,4 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment zginający (faza F1+F2) wynosi: $M_{Ed} = 2180,1 \text{ kNm} < M_{Rd} = \mathbf{2454,4 \text{ kNm}}$

Warunek spełniony

Nośność przekroju rygla na ścinanie (strzemiona 4Ø16 co 15cm): $V_{Rd} = 2168,3 \text{ kN}$

Obliczeniowy moment zginający (faza F1+F2) wynosi: $V_{Ed} = 1682,4 \text{ kN} < V_{Rd} = \mathbf{2168,3 \text{ kN}}$

Warunek spełniony

6.2. Sprawdzenie nośności słupów żelbetowych

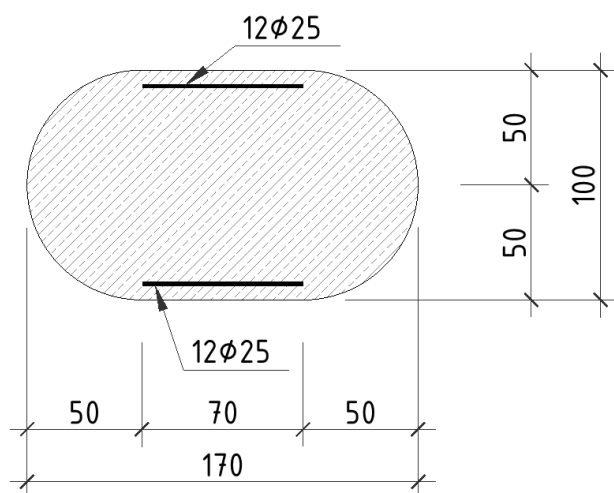
Jako miarodajny do wymiarowania przyjęto słup pod łożyskiem stałym dla którego występują obciążenia wiodące od siły hamowania (wywołuje maksymalny moment w słupie).

Określenie miarodajnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań do wymiarowania rygla:

$$M_{Ed} = 3073,6 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 6027,3 \text{ kN}$$

Przekrój poprzeczny słupa przyjęty do wymiarowania:



Nośność przekroju słupa (zbrojenie 2 x 12Ø25): :

$$M_{Rd} = 5360,8 \text{ kNm}$$

Obliczeniowy moment zginający (faza F1+F2) wynosi:

$$M_{Ed} = 3073,6 \text{ kNm} < M_{Rd} = \mathbf{5360,8 \text{ kNm}}$$

Warunek spełniony

7. WYMIAROWANIE POSADOWIENIA

7.1. Parametry geometryczne podpór

Parametry geometryczne podpór:

Nr podpory	Szerokość ławy fundamentowej	Długość ławy fundamentowej	Wysokość ławy fundamentowej	Ilość pali	Rozstaw pali fundamentowych
	[m]	[m]	[m]	[szt.]	[m]
P1	7,9	14,8	1,0-1,1	40 (5x8)	1,4
P2	5,6	13,4	1,25-1,35	32 (4x8)	1,4
P3	5,6	13,4	1,25-1,35	32 (4x8)	1,4
P4	8,4	15,0	1,25-1,35	60 (6x10)	1,4
P5	6,0	15,4	1,25-1,35	32 (4x8)	1,4
P6	5,6	13,4	1,25-1,35	40 (4x10)	1,4



P7	5,6	13,4	1,25-1,35	24 (4x6)	1,4
P8	8,1	14,8	1,0-1,1	30 (5x6)	1,4

7.2. Zestawienie obciążeń do wymiarowania posadowienia

Określenie miarodajnej kombinacji obliczeniowej efektów oddziaływań do wymiarowania posadowienia:

Podpora	Sumaryczna siła pionowa $F_{z,k}$	Sumaryczna siła pozioma $F_{x,k}$	Sumaryczny moment zginający $M_{y,k}$
	[kN]	[kN]	[kNm]
P1	24133,02	2017,03	14640,96
P2	15475,93	519,46	3220,67
P3	16170,56	550,02	3630,13
P4	23066,43	550,02	4372,65
P5	20835,95	1350,00	11205,00
P6	18501,83	550,02	4482,66
P7	15717,39	488,91	3226,78
P8	26551,26	1639,18	12062,12

7.3. Sprawdzenie nośności fundamentu palowego

Spełnienie nośności geotechnicznej pali wykazano na podstawie sprawdzenia nierówności:

$$F_{c,d} \leq R_{c,d},$$

gdzie:

$F_{c,d}$ – obliczeniowe osiowe obciążenie pała wciskanego,

$R_{c,d}$ – obliczeniowa wartość nośności pała wciskanego.

Wymiarowanie posadowienia pośredniego – pali prefabrykowanych :

Podpora	Osiowe obciążenie pała wciskanego $F_{c,d}$	Przyjęta długość pała (czynna) L	Nośność pała prefabrykowanego $R_{c,d}$	Warunek $R_{c,d} / F_{c,d} > 1$
	[kN]	[m]	[kN]	[-]
P1	913,4	13,0	982,0	1,08
P2	637,3	12,0	721,0	1,13
P3	726,1	22,0	994,0	1,37
P4	626,5	25,0	802,0	1,28
P5	1074,8	22,0	1124,0	1,05
P6	687,8	23,0	865,0	1,26
P7	854,4	15,0	914,0	1,07
P8	1632,6	17,0	1676,0	1,03

8. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że we wszystkich stadiach pracy konstrukcji oraz w zweryfikowanych stanach granicznych nośności i użytkowości obiekt zapewnia możliwość przeniesienia obciążeń dla klasy I, wg PN-EN.

