

EKSPERTYZA TECHNICZNA

Adres obiektu
budowlanego

Szczecin, ul: Willowa 2

Inwestor

Akademia Morska w Szczecinie

Adres Inwestora

ul: Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin

Branża

KONSTRUKCJA

Autor projektu
budowlanego
Projektant konstrukcji

mgr inż. Ryszard Klemiata



Nr uprawnień

**upr. bud. w specjalności konstrukcyjnej
do projektowania bez ograniczeń
nr 258/Sz/87**

maj 2020

SPIS TREŚCI

1.0. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA EKSPERTYZY.

- 1.1. Przedmiot ekspertyzy.
- 1.2. Cel i zakres opracowania.
- 1.3. Podstawa wykonania ekspertyzy.
- 1.4. Ogólna charakterystyka budynku.

2.0. OPIS TECHNICZNY OBIEKTU I JEGO STAN TECHNICZNY.

- 2.1. Opis konstrukcji obiektu.
- 2.2. Ocena stanu sprawności technicznej elementów obiektu.

3.0. ANALIZA ZAKRESU I PRAC PROJEKTOWYCH WZMACNIAJĄCYCH.

- 3.1. Wyszczególnienie niezbędnych zabezpieczeń projektowych.

4.0. WNIOSKI I ZALECENIA.

- 4.1. Wnioski końcowe.
- 4.2. Zalecenia.

5.0. ZAŁĄCZNIKI.

- 4.1. Obliczenia układu ramowego zaplecza.

1.0. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA EKSPERTYZY.

1.1. Przedmiot ekspertyzy.

Przedmiotem niniejszej ekspertyzy jest budynek położony w Szczecinie przy ul. Willowej 2.

1.2. Cel i zakres opracowania.

Celem niniejszej ekspertyzy jest ocena stanu technicznego budynku, określenie zużycia i uszkodzeń w budynku oraz całego obiektu w kontekście zmiany sposobu jego użytkowania, a także podanie sposobu zabezpieczenia i przystosowania budynku do dalszej eksploatacji. Realizacja tego celu wymagała przeprowadzenia przeglądu stanu sprawności technicznej i oceny wartości użytkowej budynku oraz podanie zakresu ewentualnego remontu i modernizacji.

W zakres ekspertyzy wchodzi:

- podanie sposobu i rozległości niezbędnych napraw,

1.3. Podstawa wykonania ekspertyzy.

1.3.1. ekspertyzę niniejszą opracowano na podstawie

- Ekspertyzy technicznej wykonanej w 2014 roku przez Izomorfis Pracownia Architektoniczna,
- wizji lokalnej,
- wykonania odkrywek,

1.3.2. Inwentaryzacja budowlana budynku.

1.4. Ogólna charakterystyka budynku.

Adres obiektu:	Szczecin, ul. Willowa 2,
Rodzaj zabudowy :	Budynek wolnostojący,
Rok budowy:	-
Powierzchnia użytkowa:	1281 m ² ,
Liczba kondygnacji:	1 kondygnacja nadziemna,
Podpiwniczenie:	brak,
Rodzaj dachu:	dwuspadowy.

2.0. OPIS TECHNICZNY OBIEKTU I JEGO STAN ZACHOWANIA.

2.1 Opis konstrukcji obiektu.

- fundamenty:
 - żelbetowe wylewane na mokro na budowie,
- ściany:
 - cegła pełna na zaprawie cementowo-wapiennej, ściany nośne grubości 1 cegły,
- konstrukcja nośna:
 - szkieletowa stalowa, wspornikowe słupy HEB400 z przekryciem w postaci przestrzennej kratownicy z profili zamkniętych,

- rama stalowa z dwuprzęsłowych ryglem IN300, opartym przegubowo na słupie pośrednim 2xC120 i utwierdzonym w słupie skrajnym o przekroju dwuteowym o wysokości 200mm.
- dach:
 - przestrzenna kratownica z profili zamkniętych oparta na słupach nawy głównej,
 - stalowe płatwie w rozstawie około 2,5m, oparte na ryglu ramy zaplecza.

2.2. Ocena stanu sprawności technicznej elementów obiektu

Kryteria oceny, klasyfikacji stanu elementów budynku wg. „Wytycznych w sprawie opracowania ekspertyz techniczno-ekonomicznych i przeglądów sprawności technicznych budynków mieszkalnych autor W. Winniczek z roku 1986.

Lp.	Klasyfikacja stanu techn. Elementu	Procent zużycia elementu	Kryterium oceny elementu
1.	Dobry	0÷15	Element budynku/lub rodzaj konstrukcji, wykończenia wyposażenia/- jest dobrze utrzymany, konserwowany, nie wykazuje zużycia i uszkodzeń. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogom norm.
2.	Zadawalający	16÷30	Element budynku utrzymany jest należycie. Celowy jest remont bieżący, polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji.
3.	Średni	31÷50	W elementach budynku występują niewielkie uszkodzenia i ubytki niezagrożące bezpieczeństwu publicznemu. Celowy jest częściowo remont kapitalny.
4.	Lichy	51÷70	W elementach budynku występują znaczne uszkodzenia, ubytki. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów mają obniżone klasy. Wymagany kompleksowy remont kapitalny względnie wymiana.
5.	Zły	71÷100	W elementach budynku występują duże uszkodzenia i ubytki, które mogą lub zagrażają dalszemu użytkowaniu. Zahamowanie zagrożenia wymaga rozbiórki i wykonania nowego elementu. W uzasadnionych przypadkach zahamowanie zagrożenia może nastąpić drogą kapitalnego remontu w bardzo dużym zakresie.

2.2.1 Fundamenty.

Żelbetowe, wylewane na mokro - widoczne spękania części ścian szczytowych wypełniających przy słupach głównych stalowych. Spękania nie są nowe lecz już ustabilizowane co świadczyć może o pewnych ruchach konstrukcji w czasie budowy lub zaraz po niej. Obecnie nie widać świeżych śladów spękań, które świadczyłyby o dalszym procesie jakichkolwiek ruchów konstrukcji. Ścianki fundamentowe wzdłuż budynku nie są spękane. Brak miejscowych obniżeń oraz zapadlin gruntów przy budynku co świadczyć może o ustabilizowanej pracy i równomiernym osiadaniu budynku.

Stan techniczny fundamentów ocenia się jako średni.

2.2.2 Ściany.

Na ścianach widoczne spękania. Ściany stabilne nie wykazują nadmiernych odchyień od pionu oraz przewarstwień.

Stan techniczny ścian ogólnie jest zadowalający.

2.2.3. Posadzka.

Na podstawie wykonanych odkrywek warstw posadzkowych w części zaplecza budynku stwierdzono że posadzki betonowe grubości 10cm wykonane zostały z przekładką w postaci papy na płycie betonowej grubości 25cm z betonu o wyższej wytrzymałości w stosunku do płyty posadzki. Całość wykonana jest bardzo solidnie, brak oznak spękań posadzek oraz zapadnięcia się ich części czy podmycia.

Stan techniczny posadzki ogólnie jest zadowalający.

2.2.4. Elementy stalowe nośne.

Supy stalowe główne sali oraz ramy części zaplecza stabilne, bez śladów korozji. Brak oznak nieprawidłowej pracy, odchyień od pionu czy utraty stateczności.

Stan techniczny oceniany jest jako dobry.

2.2.5. Elementy stalowe pokrycia pomieszczenia stali.

Ocena wizualna konstrukcji. Kratownica przestrzenna nad salą z profili cienkościennych zamkniętych. Brak większych oznak korozji na złączach oraz ich spękań. Konstrukcja nie wykazuje śladów nadmiernych ugięć. Poszczególne elementy kratownicy stabilne, bez wyboczeń oraz utraty stateczności.

Stan techniczny oceniany jest jako dobry.

3.0. ANALIZA ZAKRESU PRAC PROJEKTOWYCH WZMACNIAJĄCYCH.

3.1. Wyszczególnienie niezbędnych zabezpieczeń projektowych.

Po analizie wszystkich materiałów źródłowych zaleca się w projekcie uwzględnić:

1. Poddać konserwacji i zabezpieczeniu przeciw korozji wszystkie elementy stalowe.
2. Spękania i zarysowania ścian o rozwarciu rys do 3 mm wypełnić zaprawą przeznaczoną do naprawy murów po uprzednim skuciu tynku i drobnym rozkuciu wokół rysy, wypełnienie rys wykonywać metodą iniekcji dla rys o rozwartości większej niż 3 mm ściany należy sklamrować prętami 6 mm ze stali żebrowanej. Przed wzmocnieniem elementu wypełnia się zaprawą cementową wszystkie rysy i spękania, następnie usuwa tynk, co najmniej 50 cm z obu stron pęknięcia lub rysy, usuwa zaprawę ze spoin na głębokość 2-3 cm, z co najmniej z 2-3 spoin powyżej i poniżej rysy. Po dokładnym oczyszczeniu spoin i powierzchni ściany z resztek zaprawy i po zmyciu ich wodą spoiny wypełnia się zaprawą cementową co najmniej marki M7 i wciska się w nią pręty stalowe, po wciśnięciu prętów uzupełnia się zaprawę w spoinach.
3. Wykonać wzmocnienie konstrukcji dachu nad zapleczem hali poprzez dołożenie dodatkowych płatwi pomiędzy elementami istniejącymi.

4.0. WNIOSKI I ZALECENIA.

4.1. Wnioski końcowe.

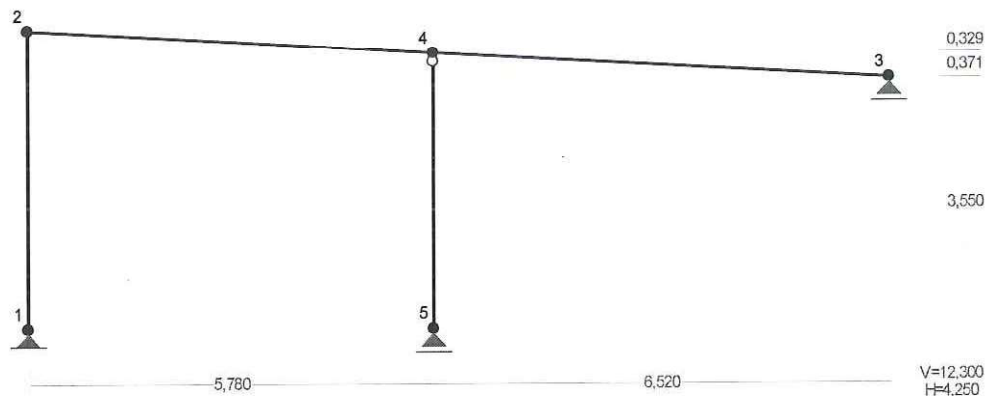
- 4.1.1. Stan techniczny budynku określa się, jako zadowalający.

4.1.4. Stan techniczny budynku pozwala na bezpieczne wykonanie planowanej przebudowy, a jej zakres nie powoduje zwiększenia obciążeń w poziomie posadowienia i nie zmienia warunków gruntowo-wodnych.

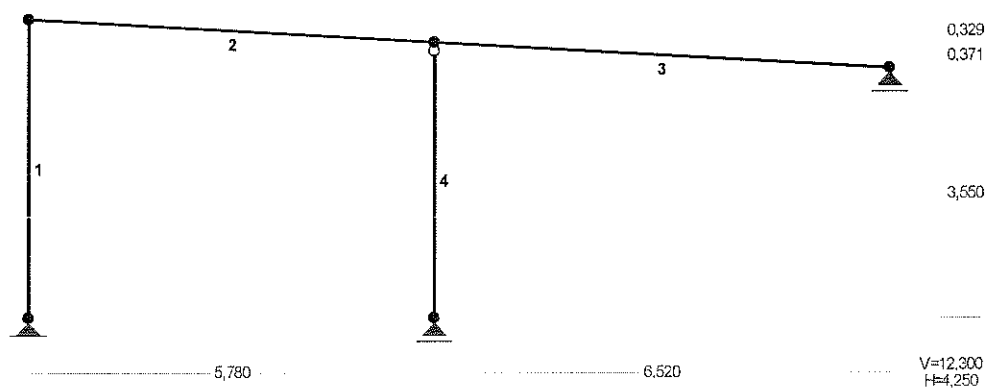
Ekspertyza można kopiować tylko w całości.

5.1. Obliczenia układu ramowego zaplecza.

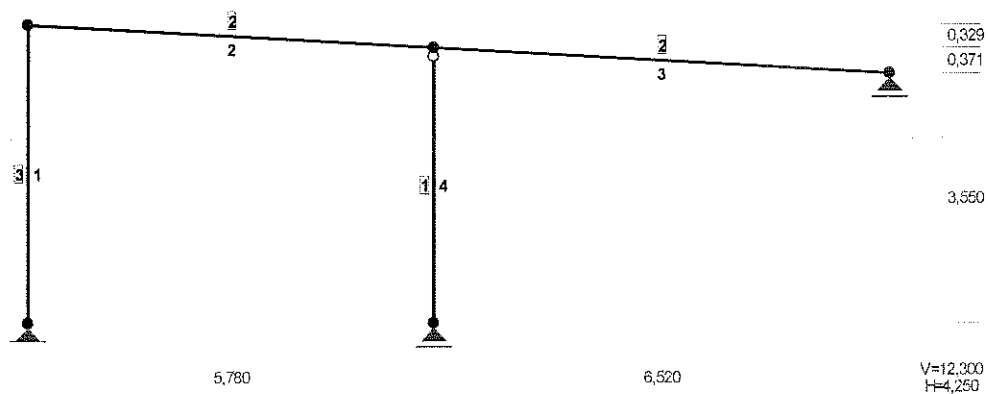
WEZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

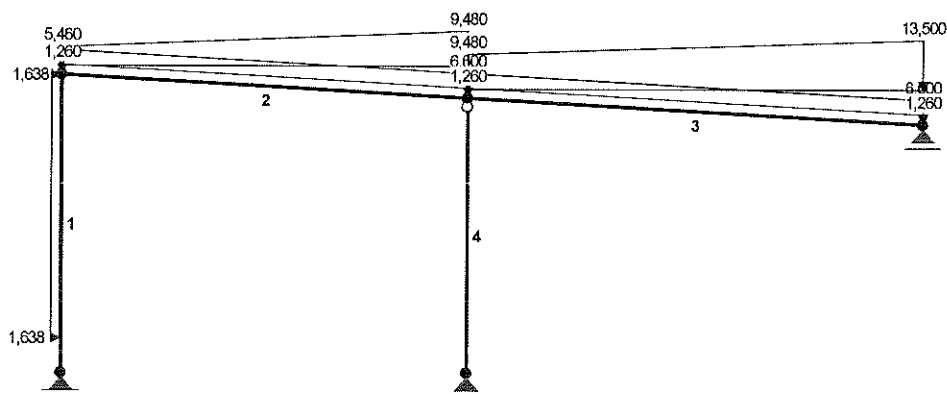


PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	1	0,000	4,250	4,250	1,000	3 I 240 HEA
2	00	1	3	5,780	-0,329	5,789	1,000	2 I 300
3	00	3	2	6,520	-0,371	6,531	1,000	2 I 300
4	01	4	3	0,000	3,921	3,921	1,000	1 2 U 120

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a [m]: b [m]:

Grupa:	CW	"Ciężar własny"		Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
Grupa:	A	"		Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
2	Liniowe	0,0	6,600	6,600	0,00	5,79
3	Liniowe	0,0	6,600	6,600	0,00	6,53
Grupa:	B	"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
2	Liniowe-Y	0,0	5,460	9,480	0,00	5,79
3	Liniowe-Y	0,0	9,480	13,500	0,00	6,53
Grupa:	C	"		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
2	Liniowe	0,0	1,260	1,260	0,00	5,79
3	Liniowe	0,0	1,260	1,260	0,00	6,53
Grupa:	D	"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	1,638	1,638	0,50	4,25

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

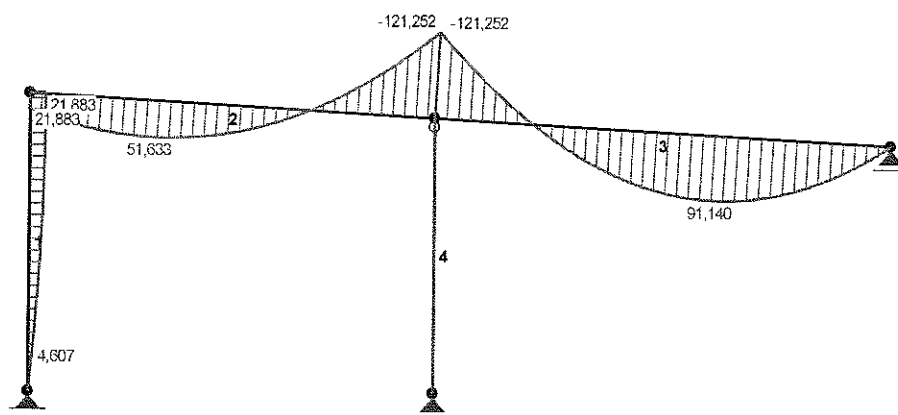
Teoria I-go rzędu

RM_Win v. 11.90 licencja nr 20803

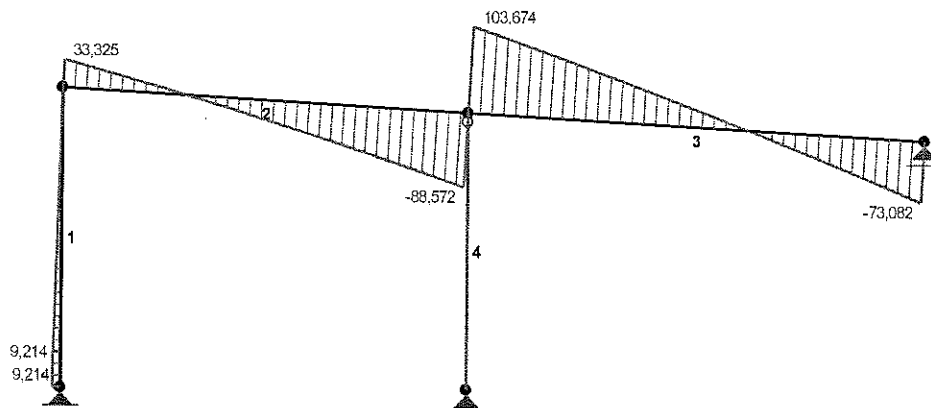
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -""	Zmienne	1 1,20	1,00
B -""	Zmienne	1 1,50	1,00
C -""	Zmienne	1 1,10	1,00
D -""	Zmienne	1 1,50	1,00

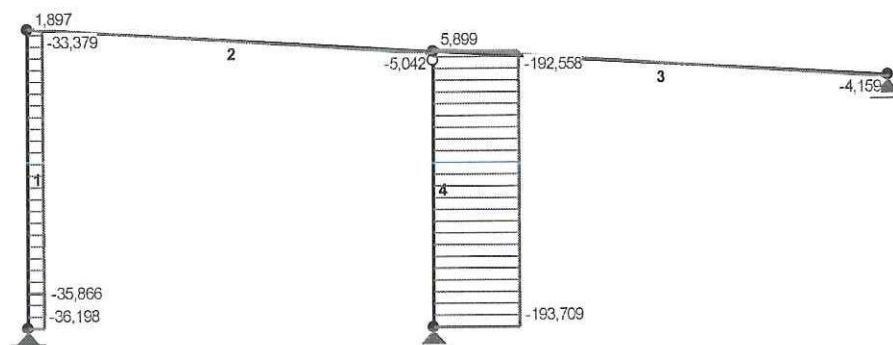
MOMENTY:



TNACE:



NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABCD

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	9,214	-36,198
	0,12	0,500	4,607	9,214*	-35,866
	1,00	4,250	21,883	0,000	-33,379
2	0,00	0,000	21,883	-33,325	1,897
	0,30	1,764	51,635*	-0,129	-0,007
	1,00	5,789	-121,252	-88,572	-5,042
3	0,00	0,000	-121,252	103,674	5,899
	0,61	4,005	91,140*	-0,073	-0,004
	1,00	6,531	0,000	-73,082	-4,159
4	0,00	0,000	0,000	0,000	-193,709
	1,00	3,921	0,000	0,000	-192,558

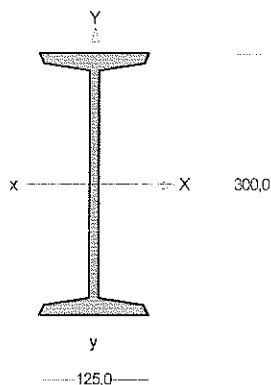
* = Wartości ekstremalne

Pręt nr 3

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (RM_Stal v. 5.19 licencja nr 20803)

Zadanie: Rama zaplecza

Przekrój: I 300



Wymiary przekroju:

I 300 $h=300,0$ $g=10,8$ $s=125,0$ $t=16,1$ $r=10,8$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=9800,0$ $J_{yg}=451,0$ $A=69,10$ $i_x=11,9$ $i_y=2,6$

$J_w=90575,6$ $J_t=53,4$ $i_s=12,2$.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość $f_d=205$ MPa dla $g=16,1$.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: CW ABCD

$M_x = 121,252$ kNm, $V_y = 103,674$ kN, $N = 5,899$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 186,4$ MPa $\sigma_c = -184,7$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 186,4$ MPa $\sigma_c = -184,7$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,9$ $\Delta\sigma = 185,6$ MPa $\psi_{ot} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 32,40$ cm² $\tau = 32,0$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 0,9 / 1,000 + 185,6 = 186,4 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 32,0 / 1,000 = 32,0 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{186,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 186,4 < 205 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

Siła osiowa: $N = 5,899$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 69,10$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 69,10 \times 205 \times 10^{-1} = 1416,550$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 5,899 < 1416,550 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,307 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,765 \quad \text{dla } l_o = 6,531$$

$$l_w = 0,765 \times 6,531 = 4,996 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 1,250$$

$$l_w = 1,000 \times 1,250 = 1,250 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{oo} = 6,531 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 6,531 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 9800,0}{4,996^2} 10^{-2} = 7944,338 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 451,0}{1,250^2} 10^{-2} = 5839,963 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{12,2^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 90575,6}{6,531^2} 10^{-2} + 80 \times 53,4 \times 10^2 \right) = 3168,935 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 6,531$; $x_b = 0,000$:

$$N_{RC} = A f_d = 69,1 \times 205 \times 10^{-1} = 1416,550 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

- dla N_x $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1416,550 / 7944,338} = 0,486 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,973$

- dla N_y $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1416,550 / 5839,963} = 0,566 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,910$

- dla N_z $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1416,550 / 3168,935} = 0,769 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,701$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,701$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{4,159}{0,701 \times 1416,550} = 0,004 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{oo} = 6531 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 26}{0,550} \times \sqrt{215 / 205} = 1668 < 6531 = l_1$$

Konieczne jest sprawdzenie zwichrzenia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,610$, $A_2 = 0,530$, $B = 1,140$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 5839,963 + \sqrt{(0,000 \times 5839,963)^2 + 1,140^2 \times 0,122^2 \times 5839,963 \times 3168,935} = 597,325$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{133,933 / 597,325} = 0,545$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 653,3 \times 205 \times 10^{-3} = 133,933 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,545$ wynosi $\phi_L = 0,981$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{5,899}{1416,550} + \frac{121,252}{0,981 \times 133,933} = 0,927 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 121,252 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \phi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,973 \times 0,486^2 \frac{1,000 \times 121,252}{133,933} \times \frac{4,159}{1416,550} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{4,159}{0,973 \times 1416,550} + \frac{1,000 \times 121,252}{0,981 \times 133,933} = 0,926 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{4,159}{0,910 \times 1416,550} + \frac{1,000 \times 121,252}{0,981 \times 133,933} = 0,926 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 32,4 \times 205 \times 10^{-1} = 385,236 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 231,142 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 103,674 < 385,236 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,531$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 103,674 < 231,142 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 133,933 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{5,899}{1416,550} + \frac{121,252}{133,933} = 0,909 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 6,531$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$\begin{aligned} V &= 103,674 < 385,233 = 385,236 \times \sqrt{1 - (5,899 / 1416,550)^2} \\ &= V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rt})^2} = V_{R,N} \end{aligned}$$

Nośność środniczki pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 6,531$; $x_b = 0,000$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 0,6 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 0,6 / 205 = 1,000$$

Nośność środniczki na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 234,6 \times 10,8 \times 1,000 \times 205 \times 10^{-3} = 519,444 \text{ kN}$$

Warunek nośności środniczki:

$$P = 73,200 < 519,444 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 11,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 6531 / 250 = 26,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 11,8 < 26,1 = a_{\text{gr}}$$

Opracował: mgr inż. Ryszard Klemiata