

OPIS TECHNICZNY

do hangaru dla łodzi WOPR i dalb na przystani

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

- a) Umowa nr 32.ZP.7011.3.2012 (APS 07/12) zawarta w dniu 02.04.2012r, w Bytomiu Odrzańskim z Inwestorem, tj. Gminą Bytom Odrzański, ul. Rynek 1, 67-115 Bytom Odrzański,
- b) Wizja lokalna dnia 05.03.2013r.,
- c) Dokumentacja fotograficzna dnia 05.03.2013r.,
- d) Projekt budowlany „Turystyczno – rekreacyjne zagospodarowanie nadbrzeży Odry i rejonu portu w Bytomiu Odrzańskim” listopad 2004r. opracowany przez APS Biuro Projektów Budownictwa,
- e) Projekt budowlany „Turystyczno – rekreacyjne zagospodarowanie nadbrzeża Odry i rejonu portu w Bytomiu Odrzańskim II etap – zagospodarowanie skarpy pomiędzy ulicami: Spacerowa i Nadbrzeżna w Bytomiu Odrzańskim” marzec 2009r. opracowany przez APS Biuro Projektów Budownictwa,
- f) Dokumentacja geologiczno – inżynierska opracowana przez Pracownię dr Andrzeja Kraińskiego w kwietniu 2008r
- g) Aktualne normy m.in.:
 - PN-EN 1990:2004 Eurokod - Podstawy projektowania konstrukcji
 - PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem
 - PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
 - PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru
 - 1995-1-1:2005/A1:2008 Eurokod 5 - Projektowanie konstrukcji drewnianych - Część 1-1: Postanowienia ogólne - Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
 - PN-EN 1997-1..2008+zmiany Eurokod 7: Geotechnika - Zasady ogólne
 - PN-EN 1993-1-1..2006+zmiany Eurokod 3: Konstr. stalowe - Reguły ogólne

2. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt techniczny hangaru i dalb.

Hangar o wymiarach 2,9x9,6 m (wymiary zewnętrzne z obudową 3,0x9,7 m) dla łodzi WOPR na platformie pływającej o wymiarach ok.6,0x12,0 m. Platforma pływająca jest częścią odrębnego opracowania. Hangar jest budynkiem w konstrukcji drewnianej szkieletowej obudowanej płytami OSB oraz deskami. Więźba dachowa tradycyjna krokwiowo - jętkowa. Hangar jest zamocowany trwale do platformy za pomocą złączy ciesielskich.

Dalby z rur stalowych $\phi 324 \times 8$ mm usytuowanych przy nabrzeżu w porcie w Bytomiu Odrzańskim. Projektuje się wydłużenie o 1,0m czterech istniejących dalb przy pomoście oraz

wybudowanie dwóch nowych przy projektowanym pływającym hangarze o długości min. 12,0 m. Wszystkie dalby wyposażone są w podpory rurowe zamocowane w fundamentach na skarpie. W rurach projektuje się poprowadzenie instalacji elektrycznych. Na dalbach projektuje się zamontowanie oświetlenia.

3. GEOLOGIA

Na podstawie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej terenu pomiędzy ul. Nabrzeżną oraz Spacerową w Bytomiu Odrzańskim opracowanej przez dr Andrzeja Kraińskiego (kwiecień 2008r.) przyjęto co następuje:

W związku, że usytuowanie projektowanych dalb przytrzymujących platformę znajduje się w pewnej odległości od miejsc wykonanych badań przyjęto najbliższy punkt o numerze 7. W dokumentacji wydzielono cztery warstwy geologiczno-inżynierskie. W otworze nr 7 wydrebniono dwie warstwy:

WARSTWA I – zaliczono do niej nasypy niebudowlane, są to w części znacznej nasypy gruzowo-glebowe, z badań sondą lekką wynika, że są one w stanie od luźnego do średnio-zagęszczonego, stopień zagęszczenia waha się w przedziale od $I_D=0,19$ do $I_D=0,58$, bez możliwości określenia wartości współczynnika materiałowego zgodnie z normą, grunty te należy traktować jako słabonośne, do wymiany pod fundamentami obiektów lub z koniecznością ich dogęszczania, zalegają do głębokości 0,7m, tj. od rzędnej 68,92 n.p.m. do 68,22m n.p.m.

WARSTWA IV – zaliczono do niej trzeciorzędowe, jeziorne gliny pylaste, włączono również występujące podrzędnie pyły, są to grunty w stanie twardoplastycznym, stopień plastyczności określony badaniami laboratoryjnymi wynosi $I_L=0,17$, symbol dla gruntów spoistych: B. Miąższość warstwy ok. 4,5m, zalegają do głębokości 6m (nie przewiercono spongu warstwy), tj. od rzędnej 68,22 n.p.m. do 63,72m n.p.m.

4. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE - HANGAR

4.1. Konstrukcja dachu

Konstrukcja dachu tradycyjna, krokwiowo – jętkowa, oparta na płatwiach (belkach górnych ścian). Krokwie 12x6, jętki podwójne 12x4 obejmujące krokwie. Pokrycie dachu spoczywa na deskowaniu pełnym z desek struganych łączonych na pióro – wpust. Deski pościowe zaprojektowano jako dwuprzęsłowe elementy. W poziomie oczepów górnych należy zamocować miecze w ten sposób aby znajdowały się pod płytą sufitu (płyta sufitu mocowana do spodu jętek). Drewno klasy C30. Wszystkie elementy drewniane należy zaimpregnować ciśnieniowo przeciwwilgociowo i przeciw korozji biologicznej.

4.2. Konstrukcja ścian

Ściany w konstrukcji drewnianej szkieletowej. Słupy 12x12, w dolnej części oczepy 12x8, górą zamknięte płatwiami 12x8. Konstrukcja z drewna C30 została usztywniona od strony wewnętrznej arkuszami płyty konstrukcyjnej OSB/3 grubości 15 mm, od strony zewnętrznej z desek struganych łączonych na pióro – wpust grubości 25mm. Arkusze płyt OSB należy

łączyć na elementach konstrukcyjnych tj. słupach oraz belkach poziomych i ukośnych jako elementy dwuprzęsłowe. Dotyczy to także desek zewnętrznych. Szczególną uwagę należy zwrócić na elementy na krawędziach konstrukcji budynku.

Nadproże nad bramą przesuwną, konstrukcja złożona, skrzynkowa, składa się z pasów dolnego i górnego wykonanych z drewna litego oraz środka z płyty OSB i desek. Zaprojektowano złącza na gwoździe 5x100 co 5cm, łączące belki drewniane z płytami na całym obwodzie oraz słupkach pośrednich. Szczegółowe rozwiązania nadproża przedstawiono na rysunkach.

4.3. Połączenie z platformą

Konstrukcję hangaru należy zamocować do elementów platformy poprzez oczepty oraz dodatkowe belki (BN), które należy połączyć z belkami konstrukcji platformy poprzez złącza śrubowe (zgodnie z rysunkami). Pływająca platforma przedstawiona na rysunkach jest rozwiązaniem przykładowym. Po wybraniu docelowej platformy należy zrewidować przyjęte rozwiązania konstrukcyjne pod kątem współpracy platformy z hangarem.

5. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE – DALBY

5.1. Konstrukcja Dalby 1

Dalba 1 (2 szt.) – dalby przy pływającym hangarze. Wykonane z rur stalowych $\phi 324 \times 8$ mm ze stali S275J2 o długości 12,0 mb. Dalby projektuje się jako pale stalowe rurowe zamknięte wbijane (Szczegółowe rozwiązania związane z pograżaniem pali (dalb) i zastosowanych technologii zależne od wybranej firmy wykonawczej).

Wierzchołek dalby zamknięty blachą $\phi 324 \times 10$ mm przyspawany do szfrazowanych ścianek dalby. Przed przyspawaniem blachy należy wywiercić otwory pod lampę i instalację (wg projektu elektrycznego). Każda dalba wsparta jest dwoma podporami $\phi 82,5 \times 5$ mm przyspawanymi do ścianki dalby. Rury podpór należy uciąć pod kątem aby dobrze przylegały do ścianki dalby. W miejscu połączenia podpory z dalbą oraz w podporach należy wyciąć otwory pod instalacje elektryczne. Wielkość otworu dostosować do prowadzonych instalacji. Podpory zakotwione są w fundamencie betonowym za pomocą blachy (wg szczegółu na rysunku). Fundament wykonany z betonu C25/30.

5.2. Konstrukcja Dalby 2

Dalba 2 (4 szt.) – dalby istniejące $\phi 324 \times 8$ mm długości ~12 m. Należy wydłużyć dalby o 1,0 m poprzez przyspawanie do dalby istniejącej rury $\phi 324 \times 8$ mm (rury tej samej średnicy i grubości ścianki co dalby istniejące). Wierzchołek dalby zamknięty blachą jak w dalbach 1. Każda dalba wsparta jest dwoma projektowanymi podporami $\phi 82,5 \times 5$ mm przyspawanymi do ścianki dalby. Rury podpór należy uciąć pod kątem aby dobrze przylegały do ścianki dalby. Podpory należy zakotwić w istniejących fundamentach (sposób zakotwienia wybrać po wykonaniu odkrywk, wstępnie przyjmuje się zakotwienie jak w dalbach 2). Stalowe podpory istniejące (ok. $\phi 60$ mm) należy odciąć od istniejących dalb i usunąć z istniejących fundamentów.

5.3. Zabezpieczenie antykorozyjne

Dalby projektowane i istniejące, a także projektowane podpory należy pomalować farbą do metalu miniową podkładową oraz farbą antykorozyjną nawierzchniową do metalu do stosowania na zewnątrz wg kolorystyki. Przed położeniem powłok malarskich należy elementy stalowe właściwie przygotować (oczyścić i odtłuścić). Należy używać powłok malarskich dostosowanych do użytkowania w warunkach oddziaływania zmiennych poziomów wody słodkiej, w strefie rozbryzgów wody.

6. UWAGI KOŃCOWE

1. Wszystkie połączenia elementów z drewna i elementów drewnopochodnych należy realizować przez łączniki stalowe ocynkowane: śruby, gwoździe i płytki ciesielskie.
2. W części rysunkowej znajdują się szczegółowe opisy i wytyczne dotyczące konstrukcji hangaru i dalb.
3. Wszystkie materiały oraz elementy budowlane powinny odpowiadać atestom technicznym oraz ustaleniom określonych norm.
4. Roboty budowlane powinny być wykonane zgodnie z zasadami sztuki budowlanej oraz obowiązującymi przepisami i normami.

Opracowali:

mgr inż. W. Hołysz

mgr inż. M. Majka

7. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW

ZESTAWIENIE ELEMENTÓW STALOWYCH - DALBY

DALBA 1 zestawienie dla 1 sztuki					
przedmiot	liczba	długość	masa jednostk.	masa	materiał
	[szt.]	[m]	[kg]	[kg]	
rura ϕ 324x8mm	1	12,00	62,3	747,6	S275J2
rura ϕ 82,5x5mm	2	5,50	9,56	105,16	S275J2
☒ 325 x 325 x 10 (dla ϕ 324x10)	1	0,325	8,29	8,29	S275
☒ 100 x 400 x 15 (dla ϕ 324x10)	2	0,400	4,71	9,42	S275
☒ 150 x 200 x 12 (dla ϕ 324x10)	4	0,200	2,83	11,30	S275
razem masa			[kg]	881,78	
dodatek na spoiny 1,5%			[kg]	13,23	
razem masa dla jednej sztuki			[kg]	895,00	
razem masa dla 2 szt.			[kg]	1790,00	

należy doliczyć blachy czołowe pali (dalb)

DALBA 2 zestawienie dla 1 sztuki					
przedmiot	liczba	długość	masa jednostk.	masa	materiał
	[szt.]	[m]	[kg]	[kg]	
rura ϕ 324x8mm	1	1,00	62,3	62,3	S275J2
rura ϕ 82,5x5mm	2	6,00	9,56	114,72	S275J2
☒ 325 x 325 x 10 (dla ϕ 324x10)	1	0,325	8,29	8,29	S275
☒ 100 x 400 x 15 (dla ϕ 324x10)	2	0,400	4,71	9,42	S275
☒ 150 x 200 x 12 (dla ϕ 324x10)	4	0,200	2,83	11,30	S275
razem masa			[kg]	206,04	
dodatek na spoiny 1,5%			[kg]	3,09	
razem masa dla jednej sztuki			[kg]	209,13	
razem masa dla 4 szt.			[kg]	836,50	

UWAGA: Wielkości geometryczne uzależnione od rzeczywistych wymiarów skarpy (np. długość podpór) są wielkościami przybliżonymi – dokładne wymiary należy sprawdzić na budowie.

PROJEKT WYKONAWCZY

Zestawienie drewna - konstrukcja

Nr elem.	szer.	wys.	dł. elem.	ilość elem.	objętość elem.	objętość razem
	cm	cm	cm	szt	m ³	m ³
BN1	7,5	20	1050	2	0,1575	0,3150
BN2	7,5	20	63	2	0,0095	0,0189
O1	12	6	28	2	0,0020	0,0040
O2	12	6	240	2	0,0173	0,0346
O3	12	6	290	1	0,0209	0,0214
O4	12	6	960	1	0,0691	0,0691
S1	12	12	214	2	0,0308	0,0616
S2	12	12	252	18	0,0363	0,6532
S3	12	6	252	2	0,0181	0,0363
S4	12	12	36	8	0,0052	0,0415
S5	12	12	52	2	0,0075	0,0150
P1	12	8	960	2	0,0922	0,1843
P2	12	12	492	1	0,0708	0,0708
P3	12	8	290	2	0,0278	0,0557
K1	12	6	188	22	0,0135	0,2978
J1	12	4	300	22	0,0144	0,3168
Z1	12	12	275	4	0,0396	0,1584
M1	12	6	82	4	0,0059	0,0236
suma						2,3780
masa jednostkowa kg/m ³ sosna						460
razem masa kg						1093,88

Zestawienie płyt OSB-3 (płyta od wewnątrz)

Nr elem.	gr.	szer.	dł. elem.	ilość elem.	objętość elem.	objętość razem	
	mm	cm	cm	szt	m ³	m ³	
1	22	188	980	2	0,4053	0,8107	dachy góra
2	15	188	980	2	0,2764	0,5527	dach dół
4	22	226	262	2	0,1303	0,2605	ściana wejście boczne-boki
5	22	50	504	1	0,0554	0,0554	ściana wejście boczne-nadproże
6	15	263	960	1	0,3787	0,3787	ściana długa bez wejścia
7	15	290	262	1	0,1140	0,1140	ściana krótka pełna
8	15	52	290	1	0,0226	0,0226	ściana krótka z drzwiami
9	15	40	220	2	0,0132	0,0264	ściana krótka z drzwiami
suma						2,2211	
masa jednostkowa kg/m ³						630	
razem masa kg						1399,27	

Zestawienie drewna obudowy

Nr elem.	gr.	szer.	dł. elem.	ilość elem.	objętość elem.	objętość razem
	mm	cm	cm	szt	m ³	m ³
1	25	240	262	2	0,1572	0,3144
2	25	52	504	1	0,0655	0,0655
3	25	262	960	1	0,6288	0,6288
4	25	290	320	1	0,2320	0,2320
5	25	115	290	1	0,0834	0,0834
6	25	40	220	2	0,0220	0,0440
7	25	50	1020	2	0,1275	0,2550
suma						1,6231
masa jednostkowa kg/m ³						460
razem masa kg						746,62

ściana wejście boczne-boki
 ściana wejście boczne-nadproże
 ściana długa bez wejścia
 ściana krótka pełna
 ściana krótka z drzwiami
 ściana krótka z drzwiami
 podbitka okapu

Do zestawienia należy doliczyć ok. 200kg masy okuć (śruby, gwoździe, płytki ciesielskie itp.)

Obciążenie bramą rozwierną oraz przesuwą przyjęto odpowiednio 175kg i 340kg.

UWAGA:

Podane wymiary w zestawieniach materiałów są wymiarami drewna i płyt do wbudowania. Wymiary rzeczywiste mogą się różnić z tego względu należy docinać elementy do rzeczywistych wymiarów pomierzonych na budowie.

8. OBLICZENIA STATYCZNE – HANGAR

ZBIERANIE OBCIĄŻEŃ

OBCIĄŻENIA Z DACHU

DACH STROMY - hangar

Rodzaj obciążenia	obc. charakt. kN/m ²	γ_f [-]	obc. obl. kN/m ²
1. gonty bitumiczne $10,5 \text{ kg/m}^2 = 0,105 \text{ kN/m}^2$	0,11	1,35	0,14
2. OSB/3 wodoodporna $7,0 \text{ kN/m}^3 \times 22 \text{ mm grubości}$	0,15	1,35	0,21
3. krokwie 8 cm x 18 cm co 85 cm $\frac{0,08 \times 0,18}{0,9} = 4,6 \text{ kN/m}^3 \text{ (C30)}$	0,08	1,35	0,11
4. ruszt drewn. 5 cm x 5 cm co 50 cm $\frac{0,05 \times 0,05}{0,5} = 4,6 \text{ kN/m}^3 \text{ (C30)}$	0,02	1,35	0,03
5. OSB/3 wodoodporna $7,0 \text{ kN/m}^3 \times 22 \text{ mm grubości}$	0,15	1,35	0,21
RAZEM OBCIĄŻENIE STAŁE STROPU	0,51	1,35	0,69
5. obciążenie zmienne użytkowe wg EN 1991-1-1:2002 Tabl.6.10	0,40	1,5	0,60
RAZEM OBCIĄŻENIE	0,91	1,42	1,29

wg EN 1991-1-1:2002 Tabl.6.9 kategoria dachu H (dach bez dostępu)

Obciążenie użytkowe wg EN 1991-1-1:2002 Tablica 6.10 $Q_k=1,0\text{kN}$

OBCIĄŻENIA WIATREM

OBCIĄŻENIE WIATREM ścian wg EN 1991-1-4:2005

Ciśnienie wiatru na powierzchnie

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot 1,00 = 0,651 \text{ kN/m}^2 \quad \text{parcie na ścianę D nawiętrzną}$$

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot -1,40 = -0,91 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ssanie na ścianę A}$$

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot -0,50 = -0,33 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ssanie na ścianę E}$$

$q_p(z_e)$ wartość szczytowa ciśnienia prędkości wg 4.5

$$q_p(z_e) = c_e(z) \cdot q_b = 2,152 \cdot 0,303 = 0,651 \text{ kN/m}^2$$

wartość bazowa ciśnienia prędkości (4.10):

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 302,5 \text{ Pa} = 0,303 \text{ kPa} \quad \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

bazowa wartość prędkości:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22 \text{ m/s} \quad c_{dir} = 1,0 \quad c_{season} = 1,0 \quad v_{b,0} = 22,0 \text{ m/s}$$

współczynnik ekspozycji wg 4.9 i tablica NA.3:

kategoria I (jeziora lub teren płaski) $z_0 = 0,01 \text{ m}$ $z_{min.} = 1,0 \text{ m}$ $z_{max.} = 200 \text{ m}$

$$c_e(z) = 2,8 \cdot (z/10)^{0,19} = 2,152 \quad z = 2,5 \text{ m}$$

współczynnik ciśnienia zewnętrznego (rozdział 7)

dla małych elementów i dachu

$$\begin{aligned} \text{D} \quad c_{ep} &= c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} A = 1,000 \\ c_{ep,1} &= 1,0 \quad c_{ep,10} = 0,8 \quad A = 1,0 \text{ m}^2 \\ \text{A} \quad c_{ep} &= c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} A = -1,400 \\ c_{ep,1} &= -1,4 \quad c_{ep,10} = -1,2 \quad A = 1,0 \text{ m}^2 \\ \text{E} \quad c_{ep} &= c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} A = -0,500 \\ c_{ep,1} &= -0,5 \quad c_{ep,10} = -0,5 \quad A = 1,0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

wg tablicy 7.1 dla ścian pionowych

h/d	A		B		C		D		E	
	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	

$$h = 2,6 \text{ m} \quad d = 2,9 \text{ m} \quad h/d = 0,897$$

WYMIARY BUDYNKU (dla $e > d$, rys. 7.5)

$$\begin{aligned} \text{szerokość } b &= 9,6 \text{ m} & e &= 2,9 \text{ m} & 2h &= 5,2 \text{ m} \\ \text{długość } d &= 2,9 \text{ m} & e/5 &= 0,58 \text{ m (A)} \\ \text{wysokość } h &= 2,6 \text{ m} & d-e/5 &= 2,32 \text{ m (B)} \end{aligned}$$

ciśnienie wewnętrzne (7.2.9)

w stanie granicznym nośności, podczas silnego wiatru drzwi uważane są za zamknięte - sytuacja wyjątkowa (3)

współczynnik ciśnienia wewnętrznej dla ściany dominującej

gdy pole otworów w ścianie dominującej jest ponad 3 krotnie większe od otworów w pozostałych ścianach

$$c_{ei} = 0,9 \cdot c_{ep} = 0,9 \cdot 1,000 = 0,9$$

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{ei} = 0,651 \cdot 0,90 = 0,586 \text{ kN/m}^2 \quad \text{parcie na ścianę D (wewnętrzne)}$$

OBCIĄŻENIE WIATREM dach wg EN 1991-1-4:2005

(dach dwuspadowy)

współczynniki ciśnienia wg tabl.7.4a

kąt spadku dachu 20 stopni

wg tablicy 7.4b $\theta = 90$ stopni

α	F		G		H		I	
	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$
15	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5

wg tablicy 7.4a $\theta = 0$ stopni

α	F		G		H		I		J	
	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$	$c_{ep,10}$	$c_{ep,1}$
15	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	0,2		0,2		0,2		0,0		0,0	0,0

$$\begin{aligned}
 &H \quad c_{ep} = c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} \cdot A = -0,300 \text{ nawietrzna} \\
 &\quad c_{ep,1} = -0,3 \quad c_{ep,10} = -0,3 \quad A = 1,0 \quad m^2 \\
 &\quad w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot -0,30 = \mathbf{-0,20 \text{ kN/m}^2} \quad \text{ssanie na połąć H} \\
 &H \quad c_{ep} = c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} \cdot A = 0,200 \text{ zawietrzna} \\
 &\quad c_{ep,1} = 0,2 \quad c_{ep,10} = 0,2 \quad A = 1,0 \quad m^2 \\
 &\quad w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot 0,20 = \mathbf{0,13 \text{ kN/m}^2} \quad \text{parcie na połąć H} \quad (\text{połąć zawietrzna jest} \\
 &I \quad c_{ep} = c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} \cdot A = 0,000 \text{ nawietrzna} \quad \text{nie obciążona wiatrem (7.4a)} \\
 &\quad c_{ep,1} = 0,0 \quad c_{ep,10} = 0,0 \quad A = 1,0 \quad m^2 \\
 &\quad w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot 0,00 = \mathbf{0,00 \text{ kN/m}^2} \quad \text{parcie na połąć I} \\
 &I \quad c_{ep} = c_{ep,1} - (c_{ep,1} - c_{ep,10}) \log_{10} \cdot A = -0,400 \text{ zawietrzna} \\
 &\quad c_{ep,1} = -0,4 \quad c_{ep,10} = -0,4 \quad A = 1,0 \quad m^2 \\
 &\quad w_e = q_p(z_e) \cdot c_{ep} = 0,651 \cdot -0,40 = \mathbf{-0,26 \text{ kN/m}^2} \quad \text{ssanie na połąć I}
 \end{aligned}$$

zebranie obciążeń na element

$$\text{kąt nachylenia dachu } \alpha = 20,0^\circ$$

$$\text{rozstaw elementów} = 0,9 \text{ m}$$

$$-0,26 \text{ kN/m}^2 \times 0,9 = -0,234 \text{ kN/m}$$

$$0,13 \text{ kN/m}^2 \times 0,9 = 0,117 \text{ kN/m}$$

OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM

Obciążenie zmienne - obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3:2003

wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem wg tablicy NB.1

$$\text{strefa 1} \quad S_k = 0,007A - 1,4 \quad A = 120 \text{ m npm}$$

$$S_k = -0,56 \text{ kN/m}^2 \quad \text{lecz } S_k \geq 0,70$$

$$\text{przyjęto } S_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

współczynnik termiczny C_t wg NB1.8

$$C_t = 1,0 \quad \text{pomieszczenie nieogrzewane}$$

Obciążenie śniegiem dachów (wg rozdziału 5)

w trwałej i przejściowej sytuacji obliczeniowej:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 1,33 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,70 = \mathbf{0,747 \text{ kN/m}^2}$$

współczynnik kształtu dachu μ (5.3 i zał.B)

dachy dwupołaciowe (wg rys. 5.1)

$$\text{kąt nachylenia dachu } \alpha = 20,0^\circ \quad \mu_1 = 0,80 \quad \mu_2 = 1,33 \quad \text{przyjęto } \mu = 1,33$$

współczynnik ekspozycji C_e

$$\text{wystawiony na działanie wiatru (tablica 5.1)} \quad C_e = 0,80$$

zebranie obciążeń na element

$$\text{kąt nachylenia dachu } \alpha = 20,0^\circ$$

$$\text{śnieg} \quad \cos^2 \alpha = 0,883$$

$$\text{rozstaw elementów} = 0,9 \text{ m}$$

$$0,75 \times 0,883 = 0,6593 \text{ kN/m}^2 \times 0,9 = 0,593 \text{ kN/m}$$

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE NA KONSTRUKCJĘ HANGARU

obciążenia obliczeniowe w trwałej i przejściowej kombinacji - dach
wg PN-EN 1990:2004

zebranie obciążeń na krokwie

kąt nachylenia dachu $\alpha = 20,0^\circ$

śnieg $\cos^2 \alpha = 0,883$

ciężar własny $\cos \alpha = 0,940$

wg tablicy A.1.2(B) wartości obliczeniowe oddziaływań (STR/GEO) (zestaw B)

oddziaływania stałe:

$$G_{k,j,\text{sup}} = 0,51 \cdot \cos \alpha = 0,479 \text{ kN/m}^2 \text{ (połacie dachu)}$$

$$G_{k,j,\text{sup}} = 0,479 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35 \text{ (niekorzystne)} \quad \gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,00 \text{ (korzystne)}$$

wiodące oddziaływanie zmienne: użytkowe

$$Q_{k,1} = 0,4 \cdot \cos \alpha = 0,376 \text{ kN/m}^2 \text{ (połacie dachu)}$$

$$Q_{k,1} = 0,376 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ (niekorzystne)} \quad \gamma_{Q,1} = 0,00 \text{ (korzystne)}$$

towarzyszące oddziaływania zmienne główne: śnieg

$$Q_{k,1} = 0,747 \cdot \cos^2 \alpha = 0,660 \text{ kN/m}^2 \text{ (połacie dachu)}$$

$$Q_{k,i} = 0,66 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ (niekorzystne)} \quad \gamma_{Q,i} = 0,00 \text{ (korzystne)} \quad \psi_{0,1} = 0,50 \text{ (wg A1.1)}$$

towarzyszące oddziaływania zmienne pozostałe: wiatr

$$Q_{k,1} = 0,13 \cdot 1,0 = 0,13 \text{ kN/m}^2 \text{ (połacie dachu)}$$

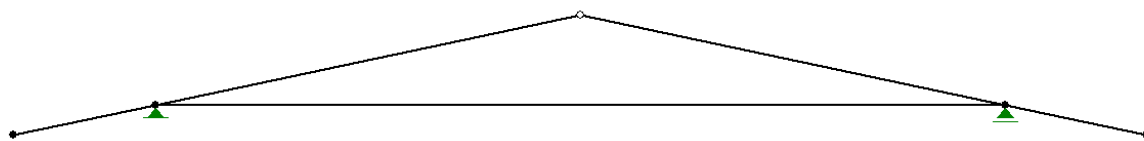
$$Q_{k,i} = 0,13 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ (niekorzystne)} \quad \gamma_{Q,i} = 0,00 \text{ (korzystne)} \quad \psi_{0,i} = 0,60$$

$$E_d = 0,479 \cdot 1,35 + 0,376 \cdot 1,50 + 0,660 \cdot 1,50 \cdot 0,50 + 0,13 \cdot 1,50 \cdot 0,60 = 1,823 \text{ kN/m}^2$$

$$E_k = 0,479 \cdot 1,00 + 0,376 \cdot 1,00 + 0,660 \cdot 1,00 \cdot 0,50 + 0,13 \cdot 1,00 \cdot 0,60 = 1,263 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma = 1,44$$

OBLICZENIA STATYCZNE KONSTRUKCJI DACHU

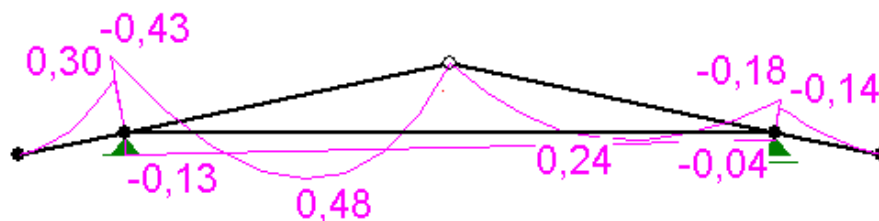
Schemat statyczny



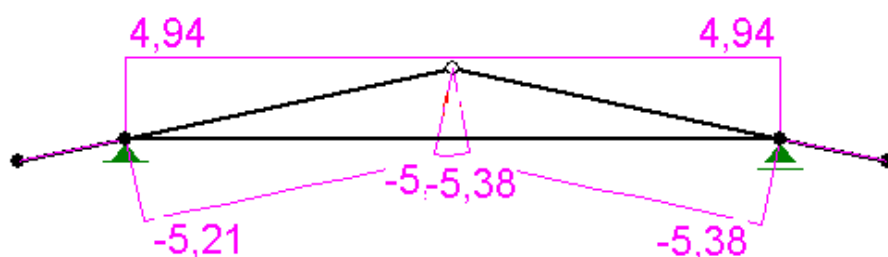
Przyjęte obciążenie na krokiew, rozstaw co 95cm

Obciążenie stałe	0,499 kN/m ²	·	1,35	=	0,674 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,64 kN/m ²
Obciążenie zmienne	0,376 kN/m ²	·	1,5	=	0,564 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,54 kN/m ²
Obciążenie śniegiem	0,66 kN/m ²	·	1,5	=	0,99 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,94 kN/m ²
Obciążenie wiatrem	0,13 kN/m ²	·	1,5	=	0,195 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,19 kN/m ² nawietrzna
Obciążenie wiatrem	-0,26 kN/m ²	·	5,35	=	-1,391 kN/m ²	·	0,95 m	=	-1,32 kN/m ² zawietrzna

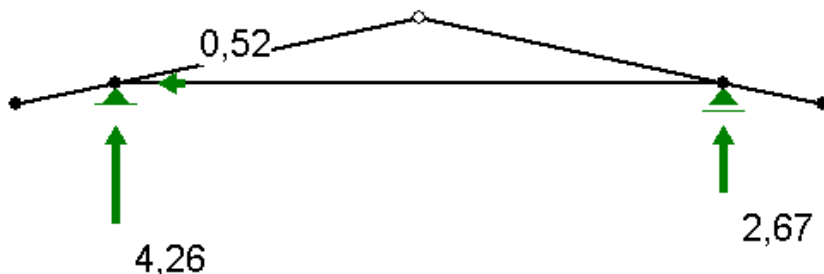
Wykres momentów



Wykres sił normalnych



Reakcje



Sprawdzenie przekroju krokwi

przyjęto klasę drewna C24 (np. C24)

wartości charakterystyczne

$f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa}$ $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$ $E_{0,mean} = 11,0 \text{ GPa}$

$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ MPa}$ $f_{c,90,k} = 5,3 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$

$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ MPa}$ $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$

OBLICZENIE BELKI DREWNIANEJ - zginanie

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008

wartość obliczeniowa właściwości (2.4.1.)

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 12,0 \text{ MPa}$

$f_{0,d} = k_{mod} \cdot f_{0,k} / \gamma_M = 10,5 \text{ MPa}$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

$\gamma_M = 1,3$ drewno lite

klasa użytkowania: 3 (wg 2.3.1.3)

$f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa}$

$f_{0,k} = 21,0 \text{ MPa}$

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$k_{mod} = 0,65$ wg tablicy 3.1. dla drewna litego

klasa trwania obciążenia: średniotrwałe

sprawdzenie stanu granicznego nośności
zginanie

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.11) \quad \frac{3,33}{12,0} + 0,7 \cdot \frac{0}{12,0} = 0,28 \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.12) \quad 0,7 \cdot \frac{3,33}{12,0} + \frac{0}{12,0} = 0,19 \leq 1$$

$M_{max,z} = 0,00 \text{ kNm}$ $f_{m,y,d} = 12,0 \text{ MPa}$ $k_m = 0,7$ dla przekrojów prostokątnych
 $M_{max,y} = 0,48 \text{ kNm}$ $f_{m,z,d} = 12,0 \text{ MPa}$

charakterystyka przekroju:

$b = 6,0 \text{ cm} (\parallel y)$ $W_z = 72 \text{ cm}^3$ $A = 72,0 \text{ cm}^2$ $I_y = 864 \text{ cm}^4$ ugięcie wolnopodpartej
 $h = 12,0 \text{ cm} (\parallel z)$ $W_y = 144 \text{ cm}^3$ $E = 11,0 \text{ GPa}$
 naprężenia w osiach głównych $q = 1,73 \text{ kN/m}$
 $\sigma_{m,y,d} = M_{max,y} / W_y = 3333 \text{ kN/m}^2 = 3,33 \text{ MPa}$ $L = 1,88 \text{ m}$
 $\sigma_{m,z,d} = M_{max,z} / W_z = 0 \text{ kN/m}^2 = 0,00 \text{ MPa}$ $u = 2,96 \text{ mm}$

OBLICZENIA STATYCZNE KONSTRUKCJI ŚCIANY

Obciążenie wiatrem:

ssanie (ciśnienie zewnętrzne) $-0,91 \text{ kN/m}^2$ (ściana krótka)

ssanie (ciśnienie zewnętrzne) $-0,33 \text{ kN/m}^2$ (ściana długa)

parcie (ciśnienie zewnętrzne) $0,65 \text{ kN/m}^2$ (ściana długa)

Parcie (ciśnienie wewnętrzne) $0,59 \text{ kN/m}^2$ (wszystkie ściany)

Ściana krótka: $0,91 \text{ kN/m}^2 + 0,59 \text{ kN/m}^2 = 1,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,23 = 1,85 \text{ kNm}$ (przy bramie otwartej)

$$M_{max} = 1,85 \times 2,6^2 / 8 = 1,56 \text{ kNm}$$

Ściana długa: $0,33 \text{ kN/m}^2 + 0,59 \text{ kN/m}^2 = 0,92 \text{ kN/m}^2$ (przy bramie otwartej, ściana długa)

$$0,92 \text{ kN/m}^2 \times (1,21) = 1,11 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 1,11 \times 2,6^2 / 8 = 0,94 \text{ kNm}$$

Ściana długa: $0,33 \text{ kN/m}^2 + 0,59 \text{ kN/m}^2 = 0,92 \text{ kN/m}^2$

(przy bramie otwartej, słup przy bramie)

$$0,92 \text{ kN/m}^2 \times (1,11/2) = 0,51 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 0,51 \times 2,6^2 / 8 = 0,43 \text{ kNm}$$

Ściana długa: $0,65 \text{ kN/m}^2 \times 1,23 = 0,80 \text{ kNm}$ (przy bramie zamkniętej)

$$M_{max} = 0,8 \times 2,6^2 / 8 = 0,68 \text{ kNm}$$

Słup środkowy:

Obciążenie z więźby: $4,26\text{kN} + 2 \times 4,26 \times 0,28 / (0,28 + 0,95) = 4,26 + 2 \times 0,97 = 6,2\text{kN}$

Obciążenie własne: $0,12 \times 0,12 \times 2,6 \times 4,6\text{kN/m}^3 = 0,17\text{kN} \times 1,35 = 0,23\text{kN}$

Obciążenie OSB: $2 \times 0,022 \times 2,5\text{m} \times 1,23\text{m} \times 7\text{kN/m}^3 = 0,95\text{kN} \times 1,35 = 1,28\text{kN}$

Razem: $6,2\text{kN} + 0,23\text{kN} + 1,28\text{kN} = 7,71\text{kN}$

OBLICZENIE BELKI DREWNIANEJ - słup ściskany i zginany

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008

wartość obliczeniowa właściwości (2.4.1.)

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 12,0 \text{ MPa} \quad f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa}$$

$$f_{0,d} = k_{mod} \cdot f_{0,k} / \gamma_M = 10,5 \text{ MPa} \quad f_{0,k} = 21,0 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$$\gamma_M = 1,3 \quad \text{drewno lite}$$

$$k_{mod} = 0,65 \quad \text{wg tablicy 3.1. dla drewna litego}$$

klasa użytkowania: 3

klasa trwania obciążenia: średniotrwała

charakterystyka przekroju:

$$b = 12,0 \text{ cm} \quad (\parallel y) \quad W_z = 288 \text{ cm}^3 \quad A = 144,0 \text{ cm}^2$$

$$h = 12,0 \text{ cm} \quad (\parallel z) \quad W_y = 288 \text{ cm}^3$$

$$l = 2,6 \text{ m}$$

smukłość względna : (6.21)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,27 > 0,3 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,27 > 0,3$$

$$\lambda_y = l / i_y = 75,06 \quad b = 12,0 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{(I_y / A)} = 0,035 \text{ m} \quad h = 12,0 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = l / i_z = 75,06 \quad I_y = 1728,0 \text{ cm}^4$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = 0,035 \text{ m} \quad I_z = 1728,0 \text{ cm}^4$$

$$l = 2,6 \text{ m} \quad A = 144,0 \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$$

$$l_{ef} = 2,6 \text{ m} \quad (\text{tablica 6.1})$$

$$l_{ef} / l = 1,0 \quad (\text{obciążenie równomierne})$$

$$k_x = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,4072 \quad k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,4072$$

$$k_{c,x} = \frac{1}{k_x + \sqrt{k_x^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,498$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,498$$

$$\beta_c = 0,2 \quad \text{dla drewna litego}$$

napreżenia w osiach głównych

$$\sigma_{m,y,d} = M_{max,y} / W_y = 3,2639 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{max,z} / W_z = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_{max,x} / A = 0,5354 \text{ MPa}$$

$$M_{max,z} = 0,0 \text{ kNm} \quad f_{m,y,d} = 12,0 \text{ MPa}$$

$$M_{max,y} = 0,94 \text{ kNm} \quad f_{m,z,d} = 12,0 \text{ MPa}$$

$$N_{max,x} = 7,71 \text{ kN} \quad f_{c,0,d} = 10,5 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{dla przekrojów prostokątnych}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{0,54}{5,23} + \frac{3,264}{12,0} + 0,7 \cdot \frac{0}{12,0} = 0,37 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{0,54}{5,23} + 0,7 \cdot \frac{3,264}{12,0} + \frac{0}{12,0} = 0,29 \leq 1$$

Słup przy bramie:

Obciążenie z więźby: 4,26kN x 7krokwi / 2słupy = 14,9kN

Obciążenie własne: 0,12 x 0,12 x 2,6 x 4,6kN/m³ = 0,17kN x 1,35 = 0,23kN

Obciążenie OSB: 0,5 x 2 x 0,022 x 2,5m x 1,14m x 7kN/m³ = 0,44kN x 1,35 = 0,59kN

Razem: 14,9kN + 0,23kN + 0,59kN = 15,7kN

OBLICZENIE BELKI DREWNIANEJ - słup ściskany i zginany

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008

wartość obliczeniowa właściwości (2.4.1.)

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 12,0 \text{ MPa} \quad f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa}$$

$$f_{0,d} = k_{mod} \cdot f_{0,k} / \gamma_M = 10,5 \text{ MPa} \quad f_{0,k} = 21,0 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$$\gamma_M = 1,3 \text{ drewno lite}$$

$$k_{mod} = 0,65 \text{ wg tablicy 3.1. dla drewna litego}$$

klasa użytkowania: 3

klasa trwania obciążenia: średniotrwale

charakterystyka przekroju:

$$b = 12,0 \text{ cm} \quad (\parallel y) \quad W_z = 288 \text{ cm}^3 \quad A = 144,0 \text{ cm}^2$$

$$h = 12,0 \text{ cm} \quad (\parallel z) \quad W_y = 288 \text{ cm}^3$$

$$l = 2,6 \text{ m}$$

smukłość względna: (6.21)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,27 > 0,3 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 1,27 > 0,3$$

$$\lambda_y = l / i_y = 75,06 \quad b = 12,0 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{I_y / A} = 0,035 \text{ m} \quad h = 12,0 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = l / i_z = 75,06 \quad I_y = 1728,0 \text{ cm}^4$$

$$i_z = \sqrt{I_z / A} = 0,035 \text{ m} \quad I_z = 1728,0 \text{ cm}^4$$

$$l = 2,6 \text{ m} \quad A = 144,0 \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$$

$$l_{ef} = 2,6 \text{ m} \quad (\text{tablica 6.1})$$

$$l_{ef} / l = 1,0 \quad (\text{obciążenie równomierne})$$

$$k_x = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,4072 \quad k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,4072$$

$$k_{c,x} = \frac{1}{k_x + \sqrt{k_x^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,498$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,498$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ dla drewna litego}$$

naprężenia w osiach głównych

$$\sigma_{m,y,d} = M_{max,y} / W_y = 1,4931 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{max,z} / W_z = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_{max,x} / A = 1,0903 \text{ MPa}$$

$$M_{max,z} = 0,0 \text{ kNm}$$

$$f_{m,y,d} = 12,0 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \text{ dla przekrojów prostokątnych}$$

$$M_{max,y} = 0,43 \text{ kNm}$$

$$f_{m,z,d} = 12,0 \text{ MPa}$$

$$N_{max,x} = 15,70 \text{ kN}$$

$$f_{c,0,d} = 10,5 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{1,09}{5,23} + \frac{1,493}{12,0} + 0,7 \cdot \frac{0}{12,0} = 0,33 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{1,09}{5,23} + 0,7 \cdot \frac{1,493}{12,0} + \frac{0}{12,0} = 0,30 \leq 1$$

OBLICZENIA STATYCZNE PŁYT OSB ściennej

Charakterystyka płyt OSB-3, gr. 15mm

Wytrzymałość na zginanie – oś mała: 9,0MPa

Wytrzymałość na zginanie – oś duża: 18,0MPa

Moduł sprężystości przy zginaniu – oś mała: 1400MPa

Gęstość : $630\text{kg/m}^3 = 6,3\text{kN/m}^2$,

Schemat statyczny dla płyty

Belka jednoprzęsłowa

Przyjęte obciążenie na OSB (płyta szer. 100cm)

Obciążenie zmienne $0,91\text{kN/m}^2 \times 1,0\text{m} = 0,91\text{kN/m} \times 1,5 = 1,37 \text{ kN/m}$

Siły wewnętrzne w elemencie OSB (2-przesłowa)

$M_{\max,y}(B) = 1,37\text{kN/m} \times 0,125 \times 1,25^2\text{m} = 0,268\text{kNm}$ (belka 2-przęsłowa)

Sprawdzenie stanu granicznego nośności

Dotyczy płyty wewnętrznej bez obudowy zewnętrznej z desek 25mm

OBLICZENIE BELKI DREWNIANEJ - zginanie płyty drewnopodobnej

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008

wartość obliczeniowa właściwości (2.4.1.)

$$f_{m,d,y} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 8,3 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k,y} = 18,0 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,z} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 4,1 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k,z} = 9,0 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$\gamma_M = 1,2$ sklejka, OSB, LVL (tabl.2.3)

$k_{\text{mod}} = 0,55$ wg tablicy 3.1. dla płyt OSB-3

klasa użytkowania: 2 (wg 2.3.1.3)

klasa trwania obciążenia: średniotrwałe

sprawdzenie stanu granicznego nośności

zginanie

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.11) \quad \frac{7,15}{8,3} + 0,7 \cdot \frac{0}{4,1} = 0,87 \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.12) \quad 0,7 \cdot \frac{7,15}{8,3} + \frac{0}{4,1} = 0,61 \leq 1$$

$M_{\max,z} = 0,000 \text{ kNm}$

$f_{m,y,d} = 8,3 \text{ MPa}$

$k_m = 0,7$ dla przekrojów prostokątnych

$M_{\max,y} = 0,268 \text{ kNm}$

$f_{m,z,d} = 4,1 \text{ MPa}$

charakterystyka przekroju:

$b = 100,0 \text{ cm} (\parallel y)$ $W_z = 2500 \text{ cm}^3$ $A = 150,0 \text{ cm}^2$

$h = 1,5 \text{ cm} (\parallel z)$ $W_y = 37,5 \text{ cm}^3$

naprężenia w osiach głównych

$$\sigma_{m,y,d} = M_{\max,y} / W_y = 7147 \text{ kN/m}^2 = 7,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{\max,z} / W_z = 0 \text{ kN/m}^2 = 0,00 \text{ MPa}$$

OBLICZENIA STATYCZNE PŁYT OSB dachowej

Charakterystyka płyt OSB-3 gr. 22mm

Wytrzymałość na zginanie – oś mała: 9,0MPa

Wytrzymałość na zginanie – oś duża: 18,0MPa

Moduł sprężystości przy zginaniu – oś mała: 1400MPa

Gęstość : $630\text{kg/m}^3 = 6,3\text{kN/m}^2$,

Schemat statyczny dla płyty

Belka dwuprzęsłowa

Przyjęte obciążenie na OSB

obciążenia obliczeniowe w trwałej i przejściowej kombinacji
wg PN-EN 1990:2004

- element dachu obciążony siłą skupioną

wg tablicy A.1.2(B) wartości obliczeniowe oddziaływań (STR/GEO) (zestaw B)

zebranie obciążeń na krokwie

kąt nachylenia dachu $\alpha = 20,0^\circ$

śnieg $\cos^2 \alpha = 0,883$ $\cos \alpha \times \sin \alpha = 0,321$

ciężar własny $\cos \alpha = 0,940$ $\sin \alpha = 0,342$

zmienne pionowe $\cos \alpha = 0,940$ $\sin \alpha = 0,342$

składowa pionowa - składowa równoległa do elementu

oddziaływania stałe:

składowa pionowa $G_{k, \text{sup}} = 0,21 \cdot \cos \alpha = 0,197 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 = 0,266 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{G, \text{inf}} = 1,00$ (korzystne)

składowa pozioma $G_{k, \text{sup}} = 0,21 \cdot \sin \alpha = 0,072 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 = 0,097 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{G, \text{sup}} = 1,35$ (niekorzystne)

wiodące oddziaływanie zmienne:

użytkowe

$\gamma_{Q, 1} = 1,50$ (niekorzystne)

składowa pionowa $Q_{k, 1} = 1,00 \cdot \cos \alpha = 0,940 \text{ kN} \cdot 1,50 = 1,410 \text{ kN}$

$\gamma_{Q, 1} = 1,00$ (korzystne)

składowa pozioma $Q_{k, 1} = 1,00 \cdot \sin \alpha = 0,342 \text{ kN} \cdot 1,50 = 0,513 \text{ kN}$

towarzyszące oddziaływania zmienne główne:

śnieg

składowa pionowa $Q_{k, 1} = 0,672 \cdot \cos^2 \alpha = 0,593 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 = 0,890 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{Q, 1} = 1,50$ (niekorzystne)

składowa pozioma $Q_{k, 1} = 0,672 \cdot \cos \alpha \times \sin \alpha = 0,216 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 = 0,324 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{Q, 1} = 1,00$ (korzystne)

$\Psi_{0, 1} = 0,50$ (wg A1.1)

towarzyszące oddziaływania zmienne pozostałe:

wiatr

składowa pionowa $Q_{k, 1} = 0,13 \cdot 1,0 = 0,13 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 = 0,195 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{Q, 1} = 1,50$ (niekorzystne)

składowa pozioma $Q_{k, 1} = 0,13 \cdot 0,0 = 0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 = 0,000 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{Q, 1} = 1,00$ (korzystne)

$\Psi_{0, 1} = 0,60$

składowa pionowa

$E_d = 0,197 \cdot 1,35 + 0,593 \cdot 1,50 + 0,50 + 0,130 \cdot 1,50 + 0,60 = 0,828 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 1,45$

$E_k = 0,197 \cdot 1,00 + 0,593 \cdot 1,00 + 0,50 + 0,130 \cdot 1,00 + 0,60 = 0,572 \text{ kN/m}^2$

składowa pozioma

$E_d = 0,072 \cdot 1,35 + 0,216 \cdot 1,50 + 0,50 + 0,000 \cdot 1,50 + 0,60 = 0,259 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 1,44$

$E_k = 0,072 \cdot 1,00 + 0,216 \cdot 1,00 + 0,50 + 0,000 \cdot 1,00 + 0,60 = 0,180 \text{ kN/m}^3$

składowa pionowa $Q_{k, 1} = 1,41 \text{ kN}$

składowa pozioma $Q_{k, 1} = 0,51 \text{ kN}$

Siły wewnętrzne w elemencie OSB (1m szerokości)

$M_{\text{max}, y} (B) = 0,828\text{kN/m} \times 0,125 \times 0,95^2\text{m} = 0,093\text{kNm}$ (belka 2-przęsłowa)

$M_{\text{max}, z} (B) = 0,259\text{kN/m} \times 0,125 \times 0,95^2\text{m} = 0,029\text{kNm}$ (belka 2-przęsłowa)

$M_{\text{max}, y} (B) = 1,41\text{kN} \times 0,188 \times 0,95\text{m} = 0,252\text{kNm}$ (belka 2-przęsłowa)

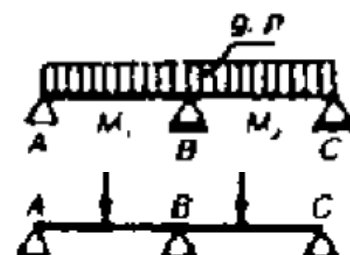
$M_{\text{max}, z} (B) = 0,51\text{kN} \times 0,188 \times 0,95\text{m} = 0,091\text{kNm}$ (belka 2-przęsłowa)

Razem:

$M_{\text{max}, y} (B) = 0,093 + 0,252 = 0,345 \text{ kNm}$

$M_{\text{max}, z} (B) = 0,029 + 0,091 = 0,12 \text{ kNm}$

Sprawdzenie stanu granicznego nośności



OBLICZENIE BELKI DREWNIANEJ - zginanie płyty drewnopodobnej

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008

wartość obliczeniowa właściwości (2.4.1.)

$$f_{m,d,y} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 8,3 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k,y} = 18,0 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,z} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 4,1 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k,z} = 9,0 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$\gamma_M = 1,2$ sklejka, OSB, LVL (tabl.2.3)

$k_{mod} = 0,55$ wg tablicy 3.1. dla płyt OSB-3

klasa użytkowania: 2 (wg 2.3.1.3)

klasa trwania obciążenia: średniotrwale

sprawdzenie stanu granicznego nośności

zginanie

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.11) \quad \frac{4,28}{8,3} + 0,7 \cdot \frac{0,033}{4,1} = 0,52 \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.12) \quad 0,7 \cdot \frac{4,28}{8,3} + \frac{0,033}{4,1} = 0,37 \leq 1$$

$$M_{max,z} = 0,120 \text{ kNm}$$

$$f_{m,y,d} = 8,3 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \text{ dla przekrojów prostokątnych}$$

$$M_{max,y} = 0,345 \text{ kNm}$$

$$f_{m,z,d} = 4,1 \text{ MPa}$$

charakterystyka przekroju:

$$b = 100,0 \text{ cm (} \parallel y \text{)} \quad W_z = 3667 \text{ cm}^3 \quad A = 220,0 \text{ cm}^2$$

$$h = 2,2 \text{ cm (} \parallel z \text{)} \quad W_y = 80,67 \text{ cm}^3$$

naprężenia w osiach głównych

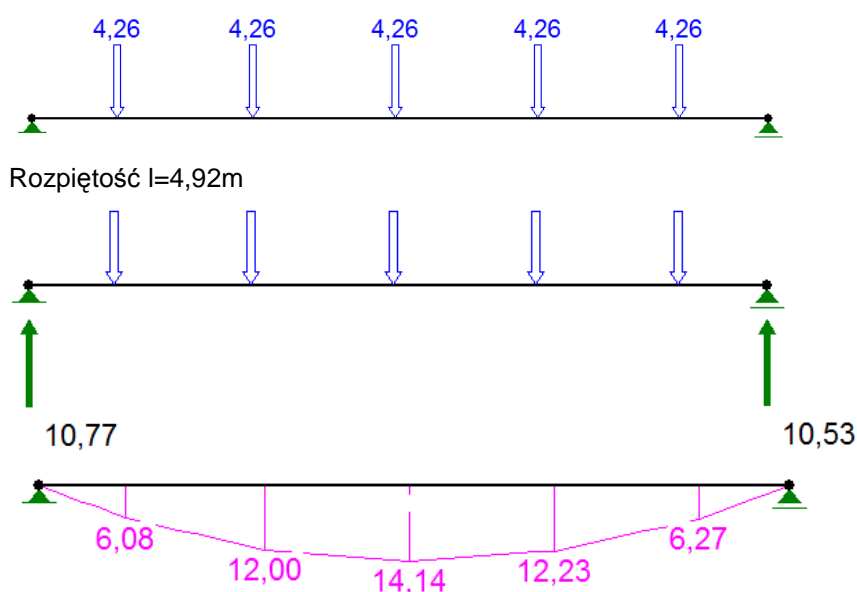
$$\sigma_{m,y,d} = M_{max,y} / W_y = 4277 \text{ kN/m}^2 = 4,28 \text{ MPa}$$

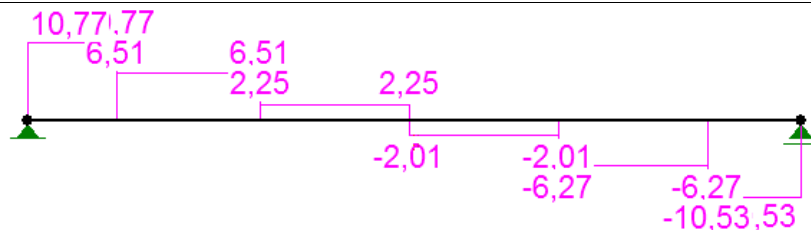
$$\sigma_{m,z,d} = M_{max,z} / W_z = 32,73 \text{ kN/m}^2 = 0,03 \text{ MPa}$$

OBLICZENIA STATYCZNE NADPROŻA Z BRAMĄ PRZESUWNĄ

Zebranie obciążeń

Schemat statyczny i siły wewnętrzne (obliczeniowe)





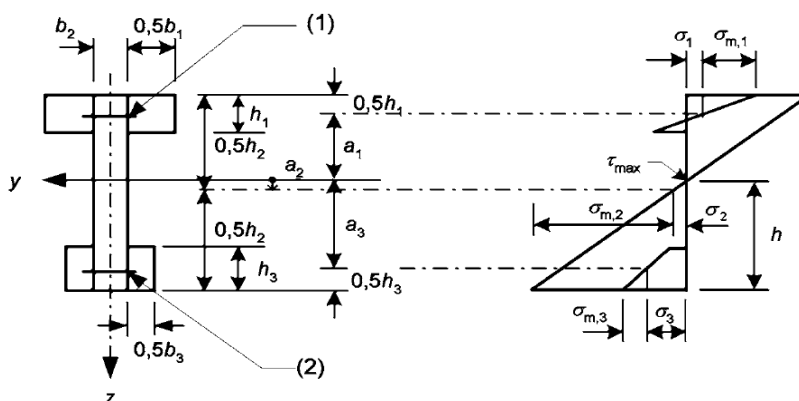
Moment należy zwiększyć o ciężar nadproża i bramy przesuwnej: ok. 1,0kN/m

$$\Delta M = 1,0 \cdot 4,92^2 / 8 = 3,0 \text{ kNm} \quad \Delta V = 2,46 \text{ kN}$$

Sprawdzenie stanu granicznego nośności

ELEMENT O PRZĘKROJU ZŁOŻONYM z zastosowaniem łączników mechanicznych

wg EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008 załącznik B



dane geometryczne i materiałowe

wymiar b_2 - dwie płyty OSB o gr.

15 mm, wymiar b_1 - szer. pasa górnego i dolnego

$b_1 = 12,0$ cm	$b_2 = 3,0$ cm	$b_3 = 12,0$ cm	$a_1 = 27,5$ cm
$h_1 = 8,0$ cm	$h_2 = 50,0$ cm	$h_3 = 12,0$ cm	$a_2 = -6,5$ cm
$A_1 = 96,0$ cm ²	$A_2 = 150,0$ cm ²	$A_3 = 144,0$ cm ²	$a_3 = 12,5$ cm
$I_{y,1} = 512,00$ cm ⁴	$I_{y,2} = 31250,00$ cm ⁴	$I_{y,3} = 1728,00$ cm ⁴	
$I_{z,1} = 1152,00$ cm ⁴	$I_{z,2} = 112,50$ cm ⁴	$I_{z,3} = 1728,00$ cm ⁴	

położenie osi y licząc od dolnej krawędzi

$$y = 18,5 \text{ cm}$$

rozpiętość obliczeniowa

$$L_0 = 1,00 \cdot 4,92 \text{ m} = 4,92 \text{ m}$$

przyjęcie rozstawu łączników i średnicy

(B.1.3)

$$s_i = 5 \text{ cm}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

rozstaw łączników

minimalne rozstawy i odległości gwoździ wg tablicy 8.2

bez nawierconych otworów:

dla $420 < \rho_k \leq 500$ [kg/m³]

$$\alpha = 0,00^\circ$$

rozstaw wzdłuż włókien

$$a_1 = (7 + 8 \cdot |\cos \alpha|) d = 75 \text{ mm}$$

rozstaw w poprzek włókien

$$a_2 = 7 \cdot d = 35 \text{ mm}$$

z nawierconymi otworami:

rozstaw wzdłuż włókien

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|) d = 25 \text{ mm}$$

rozstaw w poprzek włókien

$$a_2 = (3 + |\sin \alpha|) d = 15 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 5,0 \text{ cm}$$

$$s_{\min} = 5,00 \text{ cm}$$

$$s_{\max} \leq 4 \cdot s_{\min} = 20 \text{ mm} \quad (\text{B.1.2 (1)})$$

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} = 5,0 \text{ cm} \quad (9.17)$$

- 1) należy nawiercić otwory w elementach gdy grubość elementów drewnianych jest mniejsza niż: $t = 40 \text{ mm}$
 $t = \max(7 \cdot d = 35 \text{ mm}, (13 \cdot d - 30) \rho_k / 400 = 40 \text{ mm})$
 $\rho_k = 460 \text{ kg/m}^3$
- 2) Minimalne rozstawy gwoździ we wszystkich złączach płyta-drewno należy przyjmować z Tablicy 8.2 po pomnożeniu przez współczynnik 0,85.
- 3) średnica gwoździ w elementach drewnianych złączy co najmniej: $1/6 \cdot t_{min} = 2,0 \text{ mm}$
 $(NA.8.4) \quad 1/11 \cdot t_{min} = 1,1 \text{ mm}$
- 4) W złączu trójelementowym gwoździ mogą zachodzić wzajemnie gdy: wg 8.3.1.1 (7)
 $t - t_2 = 120 - 80 = 40 > 4 \cdot d = 20 \text{ mm}$
- 5) w przypadku gwoździ gładkich, długość zakotwienia powinna wynosić co najmniej $8 \cdot d = 40 \text{ mm}$ wg 8.3.1.2 (1)
- 6) średnica wstępnie nawierconych otworów nie powinna przekroczyć $0,8 \cdot d = 4 \text{ mm}$ wg 10.4.2 (3)

przyjęto klasę drewna C30 (np. C24) (pasy górny i dolny)
wartości charakterystyczne

$f_{m,k} = 30,0 \text{ MPa}$	$f_{v,k} = 3,0 \text{ MPa}$	$E_{0,mean} = 12,0 \text{ GPa}$
$f_{c,0,k} = 23,0 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 30,0 \text{ MPa}$	$E_{0,05} = 8,0 \text{ GPa}$
$f_{t,0,k} = 18,0 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} = 0,6 \text{ MPa}$	

przyjęto płyty OSB (średniki)

$f_{m,d,y} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 5,3 \text{ MPa}$	$f_{m,k,y} = 9,0 \text{ MPa}$	$E_y = 1400 \text{ N/mm}^2$
$f_{m,d,z} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 10,5 \text{ MPa}$	$f_{m,k,z} = 18,0 \text{ MPa}$	$E_z = 3500 \text{ N/mm}^2$
$f_{v,d,z} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 0,99 \text{ MPa}$	$f_{v,k,z} = 1,7 \text{ MPa}$	
$E_y = 1,4 \text{ GPa}$	$E_z = 3,5 \text{ GPa}$	

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

$\gamma_M = 1,2$ sklejka, OSB, LVL (tabl.2.3)
 klasa użytkowania: 1 (wg 2.3.1.3)

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$k_{mod} = 0,7$ wg tablicy 3.1. dla płyt OSB-3
 klasa trwania obciążenia: średniotrwale

wartość obliczeniowa właściwości dla drewna (2.4.1.)

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 18,5 \text{ MPa}$	$f_{m,k} = 30,0 \text{ MPa}$ (naprężenia krawędziowe normalne)
$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 11,1 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 18,0 \text{ MPa}$
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,2 \text{ MPa}$	$f_{c,0,k} = 23,0 \text{ MPa}$
$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 18,5 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 30,0 \text{ MPa}$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa

$\gamma_M = 1,3$ drewno lite

współczynnik modyfikujący (3.1.3.)

$k_{mod} = 0,8$ wg tablicy 3.1. dla drewna litego

obliczenia częściowych współczynników

wartość współczynnika k_{def} (tablica 3.2)

drewno lite	$k_{def} = 0,80$	klasa użytkowania : 2
płyta OSB	$k_{def} = 1,50$	klasa użytkowania : 1

wartość współczynnika k_{ser} (tablica 7.1)

drewno lite	$\rho_{m,1} = 460 \text{ kg/m}^3$	płyta OSB	$\rho_{m,2} = 630 \text{ kg/m}^3$
$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}} =$		538,3 kg/m^3	

łątnik: gwoździe (osadzone bezpośrednio)

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 30 = 538,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \text{ mm} / 30 = 1509 \text{ N/mm}$$

łątnik: gwoździe (osadzone w nawierconych otworach)

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 538,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \text{ mm} / 23 = 2715 \text{ N/mm}$$

przyjęto $k_{ser} = 2715$

moduł podatności w stanie granicznym nośności:

$$K_u = 2/3 K_{ser} = 1810 \text{ N/mm} \quad (2.1)$$

moduły sztywności przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności:

$$\begin{aligned} E_{\text{mean,fin},1} &= E_{\text{mean}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 12,00 \text{ GPa} \\ E_{\text{mean,fin},2} &= E_{\text{mean}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 1,40 \text{ GPa} \\ E_{\text{mean,fin},3} &= E_{\text{mean}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 12,00 \text{ GPa} \\ K_{\text{ser,fin},1} &= K_{\text{ser}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 2715,3 \\ K_{\text{ser,fin},2} &= K_{\text{ser}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 2715,3 \\ K_{\text{ser,fin},3} &= K_{\text{ser}} / (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 2715,3 \\ \psi_2 &= 0,0 \quad \text{wg EN 1990:2002 4.1.3 (1c)} \quad (\text{współczynnik dla obciążenia quasi-stałego}) \end{aligned}$$

$$k_{\text{def}} = \sqrt{(k_{\text{def},1} \cdot k_{\text{def},2})} = 1,10$$

$$k_{\text{def},3} = k_{\text{def},1} = 0,80$$

$$k_{\text{def},2} = 1,50$$

$$k_{\text{ser}} = 2715$$

wartość a_z w stanie granicznym nośności:

(B.6)

$$a_z = \frac{\gamma_1 \cdot E_{\text{mean,fin},1} \cdot (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_{\text{mean,fin},3} \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{2 \cdot \sum (\gamma_i \cdot E_{\text{mean,fin},i} \cdot A_i)} = \frac{-40320,0}{618000} = -0,0652 \text{ m}$$

$s_i = 2,5 \text{ cm}$ rozstaw łączników sprowadzony do jednego rzędu

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= 1,0 \quad \gamma_1 = 1,000 \quad \gamma_3 = 1,000 \\ \gamma_i &= \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot A_i \cdot s_i / (K_i \cdot I^2)}{1} \right]^{-1} \quad (\text{B.5}) \\ \gamma_1 &= \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot 8,00 \cdot 10^6 \cdot 96,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03}{1810 \cdot 4,92^2} \right]^{-1} = 2,312 \\ \gamma_3 &= \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot 8,00 \cdot 10^6 \cdot 144,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03}{1810 \cdot 4,92^2} \right]^{-1} = 1,542 \\ \text{dla } K_i &= K_{u,i} = 1810 \text{ N/mm} = 1810 \text{ kN/m} \quad l = 4,92 \text{ m} \end{aligned}$$

sztywność zastępcza przy zginaniu (wg B.2) dla stanu granicznego nośności

$$(EI)_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^3 (E_{\text{mean,fin},i} \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_{\text{mean,fin},i} \cdot A_i \cdot a_i^2) = 12213 \text{ kNm}^2 \quad (\text{B.1})$$

- 1) $12,00 \cdot 10^6 \cdot 512,0 \cdot 10^{-8} + 1,00 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 96,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,28^2 = 8789$
- 2) $1,40 \cdot 10^6 \cdot 31250 \cdot 10^{-8} + 1,00 \cdot 1,40 \cdot 10^6 \cdot 150,0 \cdot 10^{-4} \cdot (-0,06524)^2 = 527$
- 3) $12,00 \cdot 10^6 \cdot 1728,0 \cdot 10^{-8} + 1,00 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 144,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,125^2 = 2897$

naprężenia normalne (wg B.3)

$$\sigma_i = \frac{\gamma_i \cdot E_{\text{mean,fin},i} \cdot a_i \cdot M}{(EI)_{\text{ef}}} \quad \sigma_{m,i} = \frac{0,5 \cdot E_{\text{mean,fin},i} \cdot h_i \cdot M}{(EI)_{\text{ef}}}$$

moment zginający obliczeniowy $M = 17,14 \text{ kNm}$

$$\sigma_1 = \frac{1,000 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 0,275 \cdot 17,1}{12212,6} = 4635,5 \text{ kN/m}^2 = 4,64 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,500 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 0,080 \cdot 17,1}{12212,6} = 673,7 \text{ kN/m}^2 = 0,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_1 + \sigma_{m,1} = 5,31 \text{ MPa} < f_{m,d} = 18,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 4,64 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{1,000 \cdot 1,40 \cdot 10^6 \cdot 0,065 \cdot 17,1}{12212,6} = 128,2 \text{ kN/m}^2 = 0,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,500 \cdot 1,40 \cdot 10^6 \cdot 0,500 \cdot 17,1}{12212,6} = 491,2 \text{ kN/m}^2 = 0,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_2 + \sigma_{m,2} = 0,62 \text{ MPa} < f_{m,d} = 5,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = \frac{1,000 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 0,125 \cdot 17,1}{12212,6} = 2101,1 \text{ kN/m}^2 = 2,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,3} = \frac{0,500 \cdot 12,00 \cdot 10^6 \cdot 0,120 \cdot 17,1}{12212,6} = 1010,5 \text{ kN/m}^2 = 1,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d3} = \sigma_3 + \sigma_{m,3} = 3,11 \text{ MPa} < f_{m,d} = 18,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 2,10 \text{ MPa} < f_{t,0,d} = 11,1 \text{ MPa}$$

III. maksymalne naprężenie ścinające (wg B.4)

V= 13,23 kN

w miejscu gdzie naprężenia normalne są równe zero

$$\tau_{2,max} = \frac{\gamma_3 \cdot E_{mean,fin,3} \cdot A_3 \cdot a_3 + 0,5 \cdot E_{d,2} \cdot b_2 \cdot h_2^2}{b_2 \cdot (EI)_{ef}} \cdot V =$$

$$\tau_{2,max} = \frac{1,000 \cdot 12,00 \cdot 10^{-6} \cdot 144,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,12 + 0,5 \cdot 1,40 \cdot 10^{-6} \cdot 0,030 \cdot 0,50^2}{0,0300 \cdot 12212,60} \cdot V =$$

$$\tau_{2,max} = \frac{21558,06}{366,38} \cdot 13,23 = 968,046 \text{ kN/m}^2 = 0,968 \text{ MPa} < f_{v,d,z} = 0,992 \text{ MPa}$$

obciążenie łącznika (wg B.5)

rozstaw łączników si=s(x) - suma liczby łączników rozmieszczonych na jednostkę długości belki w obu

płaszczyznach styku pasa ze ściankami (wg B1.3)

s₁= 5,0 cm s₃= 5,0 cm

$$F_1 = \frac{\gamma_1 \cdot E_{mean,fin,1} \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_1}{(EI)_{ef}} \cdot V = \frac{1,000 \cdot 12,00 \cdot 10^{-6} \cdot 96,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,28 \cdot 0,050 \cdot 13,23}{12212,60} = 1,72 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{\gamma_3 \cdot E_{mean,fin,3} \cdot A_3 \cdot a_3 \cdot s_3}{(EI)_{ef}} \cdot V = \frac{1,000 \cdot 12,00 \cdot 10^{-6} \cdot 144 \cdot 10^{-4} \cdot 0,12 \cdot 0,050 \cdot 13,23}{12212,60} = 1,17 \text{ kN}$$

F₁ = 1717 N

F₃ = 1168 N

złącza na gwoździe (8.3)

moment uplastycznienia dla gwoździ okrągłych

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 11819,4 \text{ Nmm}$$

$$f_u = 600,0 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{wytrzymałość drutu stalowego na rozciąganie})$$

$$d = 5,0 \text{ mm}$$

wytrzymałość na docisk (średnica gwoździ < 8mm)

$$\rho_{k,1} = 630 \text{ kg/m}^3 \quad f_{h,1,k} = 27,6 \text{ (wartość przyjęta)} \quad (8.3.1.3) \quad \text{dla średnicy główki} > 2d$$

$$f_{h,k} = 65 \cdot t^{0,1} \cdot d^{-0,7} = 27,6 \text{ N/mm}^2 \quad t = 15 \text{ mm}$$

$$\rho_{k,2} = 460 \text{ kg/m}^3 \quad f_{h,2,k} = 35,8 \text{ (wartość przyjęta)} \quad (8.3.1.1)$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{0,3} = 23,3 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{bez nawiercania otworów})$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1-0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 35,8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{z nawierconymi otworami})$$

długość zakotwienia gwoździ

zakłada się złącze jednocieczne

t₁ = 15 mm (grubość od strony główki łącznika, rys. 8.4)

t₂ = 80 mm (długość zakotwienia łącznika)

złącze drewno-płyta dla łączników jednociecznych

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 2072 \text{ N} \quad t_2/t_1 = 5,33 \quad \beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 1,30 \quad F_{ax,Rk} = 0,00 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 14334 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1+\beta} \left[\left(\beta + 2 \cdot \beta^2 \left[1 + t_2/t_1 + (t_2/t_1)^2 \right] + \beta^3 (t_2/t_1)^2 \right)^{0,5} - \beta \right] + F_{ax,Rk}/4 = 901,7385 \cdot [13,43 - 6,92] + 0,00 = 5875 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \left[\left(2\beta(1+\beta) + [4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}]/(f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2) \right)^{0,5} - \beta \right] + F_{ax,Rk}/4 = 659,7 \cdot [6,21 - 1,30] + 0,00 = 3238 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1+2\beta} \left[\left(2\beta^2(1+\beta) + [4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}]/(f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2) \right)^{0,5} - \beta \right] + F_{ax,Rk}/4 = 3227 \cdot [2,67 - 1,30] + 0,00 = 4415 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 1,15 \cdot \left(\frac{2\beta}{1+\beta} \right)^{0,5} \cdot \left(2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \right)^{0,5} + F_{ax,Rk}/4 = 1,22216 \cdot (1807) + 0,00 = 2208 \text{ N}$$

wartość minimalna

$$F_{v,Rk}(\min) = 2072 \text{ N} > F_{l}(\max) = 1717 \text{ N} \quad \text{warunek spełniony}$$

sprawdzenie docisku w poprzęg włókien

(od krokwi)

wg 6.1.5

oparcie krokwi o oczep

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} = \frac{4,5 \text{ kN}}{0,0072 \text{ m}^2} = 0,625 \text{ MPa} \quad A_{ef} = 12 \cdot 6 = 72 \text{ cm}^2$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 18,46 \text{ MPa} \quad f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{90,k} / \gamma_M = 18,5 \text{ MPa} \quad f_{c,90,k} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$\sigma_{c,90,d} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad \text{warunek spełniony} \quad k_{mod} = 0,8$$

oparcie pasa dolnego o słup (założenie, że przenosi całe obciążenie)

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A_{ef}} = \frac{10,77 \text{ kN}}{0,0072 \text{ m}^2} = 1,5 \text{ MPa} \quad A_{ef} = 12 \cdot 6 = 72 \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,15 \text{ MPa} \quad f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{90,k} / \gamma_M = 14,2 \text{ MPa} \quad f_{c,0,k} = 23,0 \text{ MPa}$$

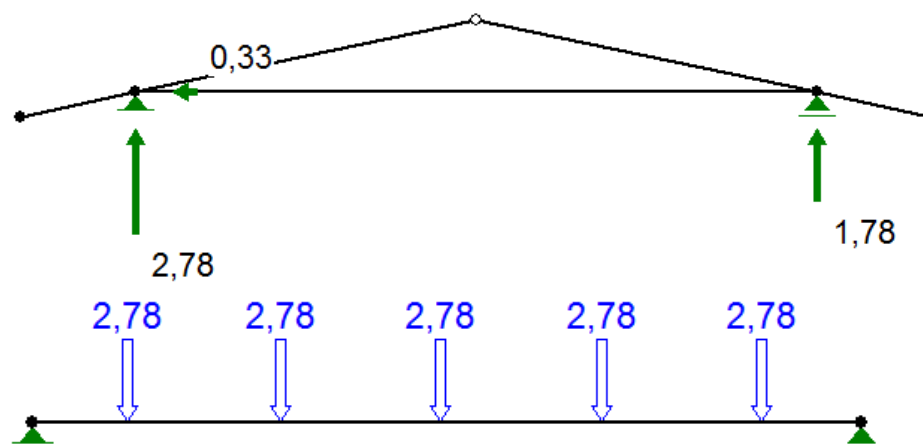
$$\gamma_M = 1,3$$

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d} \quad \text{warunek spełniony} \quad k_{mod} = 0,8$$

Sprawdzenie stanu granicznego użytkowania

Obciążenie charakterystyczne z dachu

Obciążenie stałe	0,499 kN/m ²	·	1,0	=	0,499 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,47 kN/m ²
Obciążenie zmienne	0,376 kN/m ²	·	1,0	=	0,376 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,36 kN/m ²
Obciążenie śniegiem	0,66 kN/m ²	·	1,0	=	0,66 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,63 kN/m ²
Obciążenie wiatrem	0,13 kN/m ²	·	1,0	=	0,13 kN/m ²	·	0,95 m	=	0,12 kN/m ² nawietrzna
Obciążenie wiatrem	-0,26 kN/m ²	·	1,0	=	-0,26 kN/m ²	·	0,95 m	=	-0,25 kN/m ² zawietrzna



Zastępcze obciążenie równomiernie rozłożone $q = 2,78 \times 6 / 4,92\text{m} = 3,39\text{kN/m} + 1,0\text{kN/m} = 4,39\text{kN/m}$ (stałe 2,02kN/m, zmienne 2,37kN/m).

sprawdzenie stanu granicznego użytkowania

graniczna wartość ugięcia (7.2 tablica 7.2)

$$w_{\text{inst}} = \frac{L}{500} = \frac{4,92 \text{ m}}{500} = 9,8 \text{ mm} \quad (\text{ugięcie chwilowe})$$

$$w_{\text{net,fin}} = \frac{L}{350} = \frac{4,92 \text{ m}}{350} = 14,1 \text{ mm} \quad (\text{ugięcie końcowe})$$

moduły sztywności przy sprawdzaniu stanów granicznych użytkowania:

$E_{\text{mean,fin,1}} = E_{\text{mean}} / (1 + k_{\text{def}}) = 5,73 \text{ GPa}$	$E_{\text{mean,1}} = 12,0 \text{ GPa}$	
$E_{\text{mean,fin,2}} = E_{\text{mean}} / (1 + k_{\text{def}}) = 0,67 \text{ GPa}$	$E_{\text{mean,2}} = 1,4 \text{ GPa}$	
$E_{\text{mean,fin,3}} = E_{\text{mean}} / (1 + k_{\text{def}}) = 5,73 \text{ GPa}$	$E_{\text{mean,3}} = 12,0 \text{ GPa}$	$k_{\text{def}} = \sqrt{(k_{\text{def,1}} \cdot k_{\text{def,2}})} = 1,10$
$K_{\text{ser,fin,1}} = K_{\text{ser}} / (1 + k_{\text{def}}) = 1036,6$	$K_{\text{ser,1}} = 2172$	$k_{\text{def,3}} = k_{\text{def,1}} = 0,80$
$K_{\text{ser,fin,1}} = K_{\text{ser}} / (1 + k_{\text{def}}) = 1036,6$	$K_{\text{ser,2}} = 2172$	$k_{\text{def,2}} = 1,50$
$K_{\text{ser,fin,1}} = K_{\text{ser}} / (1 + k_{\text{def}}) = 1036,6$	$K_{\text{ser,3}} = 2172$	$k_{\text{ser}} = 2172$

wartość a_2 w stanie granicznym użytkowania:

(B.6)

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_{\text{fin,1}} \cdot A_1 (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_{\text{fin,3}} \cdot A_3 (h_2 + h_3)}{2 \cdot \sum (\gamma_i \cdot E_{\text{fin,i}} \cdot A_i)} = \frac{-19241,7}{294925} = -0,0652 \text{ m}$$

$s_i = 2,5 \text{ cm}$ rozstaw łączników sprowadzony do jednego rzędu

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_i \cdot A_i \cdot s_i^2}{K_i \cdot l^2} \right]^{-1} \quad (\text{B.5})$$

$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot 5,73 \cdot 10^6 \cdot 96,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03}{2172 \cdot 4,92^2} \right]^{-1} = 3,876$$

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot 5,73 \cdot 10^6 \cdot 144,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03}{2172 \cdot 4,92^2} \right]^{-1} = 2,584$$

dla $K_i = K_{\text{ser,i}} = 2172 \text{ N/mm} = 2172 \text{ kN/m}$ $l = 4,92 \text{ m}$

$$u_{fin} = 13,9 \text{ mm} < w_{fin,net} = 14 \text{ mm} \quad \text{warunek spe\l niony}$$

9. OBLICZENIA STATYCZNE – DALBY

WYMIAROWANIE DALB PRZY PLATFORMIE

OBCIĄŻENIA DZIAŁAJĄCE NA DALBY

– obciążenie od wiatru

Największe ciśnienie wiatru – parcie : $0,651 \text{ kN/m}^2$, (obliczone w części z hangarem pływającym)

Powierzchnia boczna hangaru: $3,3\text{m} \cdot 9,6\text{m} = 31,68\text{m}^2$,

Powierzchnia platformy: $12,0\text{m} \cdot \sim 0,5\text{m} = 6,0\text{m}^2$,

Razem : $37,68\text{m}^2$,

Siła całkowita: $F_{\text{wiatr},1} = 0,651 \text{ kN/m}^2 \cdot 37,7\text{m}^2 = 24,54\text{kN}$

Siła obliczeniowa $F_{\text{wiatr},1} = 24,54\text{kN} \cdot 1,5 = 36,81\text{kN}$

Dla powierzchni bocznej mniejszej:

Powierzchnia boczna hangaru: $3,3\text{m} \cdot 2,9\text{m} = 9,57\text{m}^2$

Powierzchnia platformy: $6,0\text{m} \cdot \sim 0,5\text{m} = 3,0\text{m}^2$,

Razem : $12,57\text{m}^2$,

Siła całkowita: $F_{\text{wiatr},2} = 0,651 \text{ kN/m}^2 \cdot 12,57\text{m}^2 = 8,18\text{kN}$

Siła obliczeniowa $F_{\text{wiatr},2} = 8,18\text{kN} \cdot 1,5 = 12,27\text{kN}$

– obciążenie od przepływu wody

Siła działająca na platformę:

m_1 – masa platformy (uwzględniając wypór wody) [kg]

m_2 – masa przepływającej wody [kg]

l – wymiar bryły wody oraz przesunięcie m_1 [m]

s – przekrój napływającej wody (przekrój platformy pod wodą) [m^2]

v – prędkość przepływającej wody [m/s]

ρ_w – gęstość wody [kg/m^3]

F – siła działająca na platformę [$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$]

energia potencjalna platformy: $E_p = m_1 \cdot g \cdot l = F \cdot l$

energia kinetyczna wody: $E_k = 0,5 \cdot m_2 \cdot v^2$, $m_2 = s \cdot l \cdot \rho_w$, $m_1 \cdot g = F$

$E_p = E_k \rightarrow m_1 \cdot g \cdot l = 0,5 \cdot m_2 \cdot v^2$

$\rightarrow F \cdot l = 0,5 \cdot s \cdot l \cdot \rho_w \cdot v^2$ obustronnie dzielimy przez l

$\rightarrow F = 0,5 \cdot s \cdot \rho_w \cdot v^2$

przy założeniu, że prędkość przepływu wody $v = 0,8 \text{ m/s}$ (stan średni)

$F_{\text{woda},1} = 0,5 \cdot s \cdot \rho_w \cdot v^2 = 0,5 \cdot (12,0 \cdot 1,12) \cdot 1000 \cdot 0,8^2 = 4301 \text{ N} = 4,3\text{kN}$

$F_{\text{woda},2} = 0,5 \cdot s \cdot \rho_w \cdot v^2 = 0,5 \cdot (6,0 \cdot 1,12) \cdot 1000 \cdot 0,8^2 = 2150 \text{ N} = 2,2\text{kN}$

przy założeniu, że prędkość przepływu wody $v = 1,67 \text{ m/s}$ (6km/h - stan powodziowy)

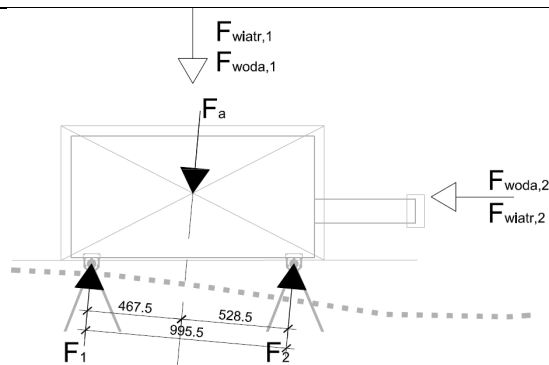
$F_{\text{woda},1^*} = 0,5 \cdot s \cdot \rho_w \cdot v^2 = 0,5 \cdot (12,0 \cdot 1,12) \cdot 1000 \cdot 1,67^2 = 18741 \text{ N} = 18,7\text{kN}$

$F_{\text{woda},2^*} = 0,5 \cdot s \cdot \rho_w \cdot v^2 = 0,5 \cdot (6,0 \cdot 1,12) \cdot 1000 \cdot 1,67^2 = 9371 \text{ N} = 9,4\text{kN}$

Obciążenie obliczeniowe: $F_{\text{woda},1^*} = 18,7\text{kN} \cdot 1,5 = 28,1\text{kN}$

$F_{\text{woda},2^*} = 9,4\text{kN} \cdot 1,5 = 14,1\text{kN}$

– obciążenie wypadkowe na dalby



Wariant 1: wypadkowe działają na tym samym kierunku (na długość budynku):

$$F = F_{wiatr,1} + F_{woda,1} = 36,81 + 28,1 = 64,9 \text{ kN} / 2 = 32,5 \text{ kN}$$

Wariant 2: wypadkowe działają na tym samym kierunku (na szerokość budynku):

$$F = F_{wiatr,2} + F_{woda,2} = 12,27 + 14,1 = 26,4 \text{ kN} / 2 = 13,2 \text{ kN}$$

Wariant 3: wypadkowe działają prostopadle do siebie:

$$F_a = (F_{wiatr,1}^2 + F_{woda,2}^2)^{0,5} = (36,81^2 + 14,1^2)^{0,5} = 39,4 \text{ kN}$$

$$F_1 = F_a \cdot 5,285 / 9,955 = 20,9 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_a \cdot 4,675 / 9,955 = 18,5 \text{ kN}$$

STATYKA DALBY

Dalba wymaga podparcia w wierzchołku ze względu na prowadzone instalacje elektryczne.

Projektuje się dwie rury stalowe $\phi 82,5 \times 5 \text{ mm}$. Do analizy dalby przyjęto sprężyste podparcie wierzchołka o wartości:

$$\text{Z prawa Hook'a: } \Delta l = P \cdot L / (A \cdot E), P = 1,0 \text{ kN} \rightarrow S = P / \Delta l = A \cdot E / L$$

$$\text{Dla jednej rury: } A = 12,2 \text{ cm}^2, E = 205 \text{ GPa}, l = 91,8 \text{ cm}^4, A \cdot E = 250100 \text{ kN}$$

$$L = 5,0 \text{ m (długość rury)}$$

$$\text{sztywność podpory sprężystej: } S = AE / L = 250100 \text{ kN} / 5,0 \text{ m} = 50020 \text{ kN/m}$$

$$\text{Wpływ usytuowania podpór dalby: } 50020 \text{ kN/m} \cdot \cos 40^\circ \cdot \cos 22^\circ = 35527 \text{ kN/m}$$

$$\text{Przyjęto, że dwie podpory będą współpracować: } 2 \cdot 35527 \text{ kN/m} = 71054 \text{ kN/m} (0,0000141 \text{ m/kN})$$

PARAMETRY GŁÓWNEJ RURY DALBY:

$$\phi 323,9 \times 8 \text{ mm } A = 79,4 \text{ cm}^2, E = 210 \text{ GPa}, I = 9910 \text{ cm}^4, \text{ masa } 62,3 \text{ kg/m}$$

Przyjęto wstępnie długość dalby równą 12m

OBLICZENIA NOŚNOŚCI PODŁOŻA

PRZYJĘCIE PRZEKROJU PAŁA

$$D = 0,324 \text{ m}$$

ZESTAWIENIE PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH

L.p.	opis litologiczno-genetyczno-stratygraficzny	symbol gruntu	stan gruntu		miąższość warstwy	wilg. Naturalna w_n	gęstość objętości ρ	spójność c_u	kąt tarcia wewn. ϕ_u	Edom. moduł ściśliwości		moduł odkształcenia		I_p
			I_0	I_L						M_o	M	E_o	E	
					[m]	[%]	[t/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
1	pył szaro brązowy	π			2,7		2,1	32	19	40		30		9,5
2	głina pylasta sz.nieb.	$G\pi$		0,17	4,7		2,1	32	19	40		30		15
3														
4														
5														

WSPÓŁCZYNNIKI CZĘŚCIOWE wg EN 1997-1:2004

podjęcie obliczeniowe 2, kombinacja A1 "+" M1 "+" R2

$$\text{tabl. A.3 } \gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,5$$

$$\text{tabl. A.4 } \text{kąt tarcia wewnętrzny } \gamma_\phi = 1,0$$

$$\text{spójność efektywna } \gamma_c = 2,5 \quad (\gamma_m = 0,4 \text{ wg Koseckiego})$$

$$\text{ciężar objętościowy } \gamma_\gamma = 1,0$$

$$\text{tabl. A.5 } \gamma_{R,v} = 1,35 \quad (\text{nośność podłoża})$$

$$\gamma_{R,h} = 1,5 \quad (\text{przesunięcie, poślizg})$$

wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych:

L.p.	ρ	$\gamma^{(n)}$	γ_f	$\gamma^{(r)}$	$c_u^{(n)}$	γ_c	$c_u^{(r)}$	$\phi_u^{(n)}$	$\gamma_{\phi'}$	$\phi_u^{(r)}$
1	2,10	21,0	1,0	21,0	32,0	2,5	12,8	19,0	1,0	19,0
2	2,10	21,0	1,0	21,0	32,0	2,5	12,8	19,0	1,0	19,0
3	0,00	0,0	1,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	1,0	0,0
4	0,00	0,0	1,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	1,0	0,0
5	0,00	0,0	1,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	1,0	0,0

OKREŚLENIE MODUŁÓW REAKCJI GRUNTU

(wg "Statyka ustrojów palowych" Mieczysław Kosecki, ZITB w Szczecinie, 2006)

moduł reakcji poziomej gruntu

$$K(i) = n_0 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot S_n \cdot \kappa \cdot \phi(i) \cdot E_0(i) \quad [\text{MPa}]$$

L.p.	n_0	n_1	n_2	S_n	κ	$\phi(i)$	X_c
1	1	1	1	1,0	1,2	0,45	3,83
2	1	1	1	1,0	1,2	0,45	3,04
3							
4							
5							

$$\text{dla } \pi \quad X_c = 5 - 4(l_p - 1)/29 = 5 - 4(9,5 - 1)/29 = 3,827586 \text{ m}$$

$$\text{dla } G\pi \quad X_c = 5 - 4(l_p - 1)/29 = 5 - 4(15 - 1)/29 = 3,041379 \text{ m}$$

zastępczy poziom terenu

$$h_z = \frac{\sum \gamma_k' \cdot h_k}{\gamma_i'}$$

γ_k' - wartość charakterystyczna ciężaru objętościowego gruntu rozpatrywanej warstwy

γ_i' - wartość charakterystyczna ciężaru objętościowego gruntu warstw k nad stropem warstw i

h_k - miąższość warstwy k

graniczna wartość obliczeniowa oporu bocznego wzdłuż pala

$$q_{gr}^{(r)} = m_i \cdot S_{ni} \cdot D^{(r)} \cdot [\gamma_i^{(r)} \cdot x_i \cdot K_{qi} + c_{ui}^{(r)} \cdot K_{ci}] \quad [\text{kN/m}]$$

L.p.	m_i	n_3
1	0,7	0,85
2	0,7	0,85
3		
4		
5		

$$D^{(r)} = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot D_0 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,324 = 0,275 \text{ m}$$

$$D_0 = 0,324 \text{ m} \quad (\text{dla } D < 1,0\text{m, Kosecki pkt.3, str. 25})$$

$K_{qi} \leftarrow X_i / D_0$, ϕ z wykresu Brinch Haansena

$K_{ci} \leftarrow X_i / D_0$, ϕ z wykresu Brinch Haansena

X_i głębokość mierzona od zastępczego poziomu terenu

warstwa 1

określenie zmienności modułu reakcji poziomej

poziom interpolacji modułu	$h_{z,i} = 0,000 \text{ m}$	\rightarrow	$\sum \gamma_k' \cdot h_k = 0,00 \text{ t/m}^2$	$\gamma_i' = 2,10 \text{ t/m}^2$
przyjęty poziom interpolacji	$h_{z,i} = 0,0 \text{ m}$		głębokość krytyczna	$X_c = 3,83 \text{ m} > h_1$
strop warstwy	$h_a = 0,00 \text{ m}$	rzędna wartości K(i)	$h_{K(i)} = -3,83 \text{ m}$	
spong warstwy	$h_b = -2,70 \text{ m}$			
miąższość warstwy	$h_i = 2,7 \text{ m}$			
	$E_0 = 30,0 \text{ MPa}$			
$n_0 = 1,0$	$n_1 = 1,0$	$n_2 = 1,0$	$S_n = 1,0$	$\phi_i = 0,45$
$K(i) = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,45 \cdot 30,0 = 16,2 \text{ MPa}$			$\kappa = 1,2$	
wartość K(i) dla stropu	$K(i) = 0,00 \text{ MPa}$	dla rzędnej	0,00	m
wartość K(i) dla spongu	$K(i) = 11,43 \text{ MPa}$	dla rzędnej	-2,70	m

warstwa 2

określenie zmienności modułu reakcji poziomej

poziom interpolacji modułu	$h_{z,i} = 2,70 \text{ m}$	\rightarrow	$\sum \gamma_k' \cdot h_k = 5,67 \text{ t/m}^2$	$\gamma_i' = 2,10 \text{ t/m}^2$
przyjęty poziom interpolacji	$h_{z,i} = 2,7 \text{ m}$		głębokość krytyczna	$X_c = 3,04 \text{ m} > h_1$
strop warstwy	$h_a = -2,70 \text{ m}$	rzędna wartości K(i)	$h_{K(i)} = -3,04 \text{ m}$	
spong warstwy	$h_b = -7,40 \text{ m}$			
miąższość warstwy	$h_i = 4,7 \text{ m}$			
	$E_0 = 30,0 \text{ MPa}$			
$n_0 = 1,0$	$n_1 = 1,0$	$n_2 = 1,0$	$S_n = 1,0$	$\phi_i = 0,45$
$K(i) = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,45 \cdot 30,0 = 16,2 \text{ MPa}$			$\kappa = 1,2$	
wartość K(i) dla stropu	$K(i) = 14,38 \text{ MPa}$	dla rzędnej	-2,70	m
wartość K(i)max	$K(i) = 16,20 \text{ MPa}$	dla rzędnej	-3,04	m

DYSKREDYTACJA MODUŁU DO PODPÓR SPRĘŻYSTYCH

warstwa dyskr.	nr war. Geot.	miąższość	ilość elem.	a_i	K(1)	K(2)	h_i	h_{zi}	$\phi_u^{(r)}$	$C_u^{(r)}$
							0,00			
1	1	2,70	11	0,25	0,00	11,43	2,70	0,00	19	12,8
2	2	0,34	2	0,17	14,38	16,20	3,04	2,70	19	12,8
3	2	4,36	16	0,27	16,20	16,20	7,40	2,70	19	12,8
4										
5										
6										
7										

razem 29 L= 7,4 m (część w gruncie)

WYZNACZENIE SZTYWNOŚCI PODPÓR SPRĘŻYSTYCH, OPORU GRANICZNEGO

L.p.	war. geot.	Nr warstwy [nr]	Nr elem. [nr]	węzły elem. [nr]	rzędna [m]	$a(i)$ [m]	K(i) MPa	podpora sprężysta K(i) sztywność kN/m	podpora sprężysta podatność m/kN
1	1	1	1	1	0,00		0,00	0,0	0,0
2	1	1	1	2	0,25	0,25	1,04	255,0	0,003922
3	1	1	2	2	0,25		1,04		
4	1	1	2	3	0,49	0,25	2,08	510,0	0,001961
5	1	1	3	3	0,49		2,08		
6	1	1	3	4	0,74	0,25	3,12	765,0	0,001307
7	1	1	4	4	0,74		3,12		
8	1	1	4	5	0,98	0,25	4,16	1020,0	0,000980
9	1	1	5	5	0,98		4,16		
10	1	1	5	6	1,23	0,25	5,19	1275,0	0,000784
11	1	1	6	6	1,23		5,19		
12	1	1	6	7	1,47	0,25	6,23	1530,0	0,000654
13	1	1	7	7	1,47		6,23		
14	1	1	7	8	1,72	0,25	7,27	1785,0	0,000560
15	1	1	8	8	1,72		7,27		
16	1	1	8	9	1,96	0,25	8,31	2040,0	0,000490
17	1	1	9	9	1,96		8,31		
18	1	1	9	10	2,21	0,25	9,35	2295,0	0,000436
19	1	1	10	10	2,21		9,35		
20	1	1	10	11	2,45	0,25	10,39	2550,0	0,000392
21	1	1	11	11	2,45		10,39		
22	1	1	11	12	2,70	0,25	11,43	3167,5	0,000316
23	2	2	12	12	2,70		14,38		

Rozbudowa i przebudowa pomostu cumowniczego wraz z budową pływającego hangaru dla łodzi WOPR z niezbędną infrastrukturą techniczną, oświetleniem zewnętrznym, punktami poboru wody i prądu oraz ogrodzeniem części przystani nad rzeką Odrą (w km 417, lewy brzeg) przy ul. Spacerowej w Bytomiu Odrzańskim na działce nr 278/1 oraz na działce 279/1 – etap III.

PROJEKT WYKONAWCZY

24	2	2	12	13	2,87	0,17	15,29	2610,0	0,000383
25	2	2	13	13	2,87		15,29		
26	2	2	13	14	3,04	0,17	16,20	2765,2	0,000362
27	2	3	14	14	3,04		16,20		
28	2	3	14	15	3,31	0,27	16,20	4413,1	0,000227
29	2	3	15	15	3,31		16,20		
30	2	3	15	16	3,59	0,27	16,20	4413,1	0,000227
31	2	3	16	16	3,59		16,20		
32	2	3	16	17	3,86	0,27	16,20	4413,1	0,000227
33	2	3	17	17	3,86		16,20		
34	2	3	17	18	4,13	0,27	16,20	4413,1	0,000227
35	2	3	18	18	4,13		16,20		
36	2	3	18	19	4,40	0,27	16,20	4413,1	0,000227
37	2	3	19	19	4,40		16,20		
38	2	3	19	20	4,68	0,27	16,20	4413,1	0,000227
39	2	3	20	20	4,68		16,20		
40	2	3	20	21	4,95	0,27	16,20	4413,1	0,000227
41	2	3	21	21	4,95		16,20		
42	2	3	21	22	5,22	0,27	16,20	4413,1	0,000227
43	2	3	22	22	5,22		16,20		
44	2	3	22	23	5,49	0,27	16,20	4413,1	0,000227
45	2	3	23	23	5,49		16,20		
46	2	3	23	24	5,77	0,27	16,20	4413,1	0,000227
47	2	3	24	24	5,77		16,20		
48	2	3	24	25	6,04	0,27	16,20	4413,1	0,000227
49	2	3	25	25	6,04		16,20		
50	2	3	25	26	6,31	0,27	16,20	4413,1	0,000227
51	2	3	26	26	6,31		16,20		
52	2	3	26	27	6,58	0,27	16,20	4413,1	0,000227
53	2	3	27	27	6,58		16,20		
54	2	3	27	28	6,86	0,27	16,20	4413,1	0,000227
55	2	3	28	28	6,86		16,20		
56	2	3	28	29	7,13	0,27	16,20		

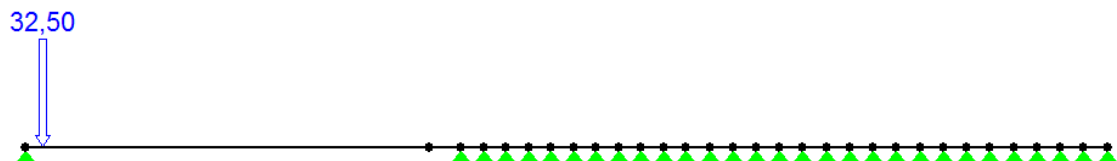
OPÓR GRANICZNY REAKCJI PODPÓR SPRĘŻYSTYCH

L.p.	war. geot.	wzrost	h_{zi}	$\phi_u^{(r)}$	$C_u^{(r)}$	$D^{(r)}$	X_i	$x_i/D^{(r)}$	K_{qi}	K_{ci}	m_i	S_{ni}	$\gamma_i^{(r)}$	$q_{gr}^{(r)}$
			m			m	m							kN/m
1	1	1	0,00	19	12,8	0,275	0,00	0,00	2,10	7,25	0,70	1,00	21,0	17,88
2	1	2	0,00	19	12,8		0,25	0,89	2,45	9,68	0,70	1,00	21,0	26,30
3	1	2	0,00	19	12,8		0,25	0,89	2,45	9,68	0,70	1,00	21,0	26,30
4	1	3	0,00	19	12,8		0,49	1,78	2,80	12,10	0,70	1,00	21,0	35,41
5	1	3	0,00	19	12,8		0,49	1,78	2,80	12,10	0,70	1,00	21,0	35,41
6	1	4	0,00	19	12,8		0,74	2,67	3,00	13,55	0,70	1,00	21,0	42,37
7	1	4	0,00	19	12,8		0,74	2,67	3,00	13,55	0,70	1,00	21,0	42,37
8	1	5	0,00	19	12,8		0,98	3,57	3,20	15,00	0,70	1,00	21,0	49,72
9	1	5	0,00	19	12,8		0,98	3,57	3,20	15,00	0,70	1,00	21,0	49,72
10	1	6	0,00	19	12,8		1,23	4,46	3,38	15,70	0,70	1,00	21,0	55,49
11	1	6	0,00	19	12,8		1,23	4,46	3,38	15,70	0,70	1,00	21,0	55,49
12	1	7	0,00	19	12,8		1,47	5,35	3,55	16,40	0,70	1,00	21,0	61,62
13	1	7	0,00	19	12,8		1,47	5,35	3,55	16,40	0,70	1,00	21,0	61,62
14	1	8	0,00	19	12,8		1,72	6,24	3,69	16,78	0,70	1,00	21,0	67,02
15	1	8	0,00	19	12,8		1,72	6,24	3,69	16,78	0,70	1,00	21,0	67,02
16	1	9	0,00	19	12,8		1,96	7,13	3,83	17,15	0,70	1,00	21,0	72,70
17	1	9	0,00	19	12,8		1,96	7,13	3,83	17,15	0,70	1,00	21,0	72,70
18	1	10	0,00	19	12,8		2,21	8,02	3,96	17,53	0,70	1,00	21,0	78,66
19	1	10	0,00	19	12,8		2,21	8,02	3,96	17,53	0,70	1,00	21,0	78,66
20	1	11	0,00	19	12,8		2,45	8,92	3,96	17,53	0,70	1,00	21,0	82,59
21	1	11	0,00	19	12,8		2,45	8,92	3,96	17,53	0,70	1,00	21,0	82,59
22	1	12	0,00	19	12,8		2,70	9,81	4,10	17,90	0,70	1,00	21,0	88,96
23	2	12	2,70	19	12,8		2,70	9,81	4,10	17,90	0,70	1,00	21,0	88,96
24	2	13	2,70	19	12,8		2,87	10,43	4,19	18,13	0,70	1,00	21,0	93,36
25	2	13	2,70	19	12,8		2,87	10,43	4,19	18,13	0,70	1,00	21,0	93,36
26	2	14	2,70	19	12,8		3,04	11,05	4,28	18,35	0,70	1,00	21,0	97,89
27	2	14	2,70	19	12,8		3,04	11,05	4,28	18,35	0,70	1,00	21,0	97,89
28	2	15	2,70	19	12,8		3,31	12,04	4,33	18,53	0,70	1,00	21,0	103,70
29	2	15	2,70	19	12,8		3,31	12,04	4,33	18,53	0,70	1,00	21,0	103,70
30	2	16	2,70	19	12,8		3,59	13,03	4,38	18,70	0,70	1,00	21,0	109,63
31	2	16	2,70	19	12,8		3,59	13,03	4,38	18,70	0,70	1,00	21,0	109,63
32	2	17	2,70	19	12,8		3,86	14,02	4,41	18,90	0,70	1,00	21,0	115,45
33	2	17	2,70	19	12,8		3,86	14,02	4,41	18,90	0,70	1,00	21,0	115,45
34	2	18	2,70	19	12,8		4,13	15,00	4,44	19,10	0,70	1,00	21,0	121,35
35	2	18	2,70	19	12,8		4,13	15,00	4,44	19,10	0,70	1,00	21,0	121,35
36	2	19	2,70	19	12,8		4,40	15,99	4,44	19,10	0,70	1,00	21,0	126,24
37	2	19	2,70	19	12,8		4,40	15,99	4,44	19,10	0,70	1,00	21,0	126,24
38	2	20	2,70	19	12,8		4,68	16,98	4,46	19,23	0,70	1,00	21,0	131,73
39	2	20	2,70	19	12,8		4,68	16,98	4,46	19,23	0,70	1,00	21,0	131,73
40	2	21	2,70	19	12,8		4,95	17,97	4,47	19,35	0,70	1,00	21,0	137,25
41	2	21	2,70	19	12,8		4,95	17,97	4,47	19,35	0,70	1,00	21,0	137,25
42	2	22	2,70	19	12,8		5,22	18,96	4,49	19,50	0,70	1,00	21,0	142,87
43	2	22	2,70	19	12,8		5,22	18,96	4,49	19,50	0,70	1,00	21,0	142,87
44	2	23	2,70	19	12,8		5,49	19,95	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	148,51
45	2	23	2,70	19	12,8		5,49	19,95	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	148,51
46	2	24	2,70	19	12,8		5,77	20,94	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	153,48
47	2	24	2,70	19	12,8		5,77	20,94	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	153,48
48	2	25	2,70	19	12,8		6,04	21,93	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	158,44
49	2	25	2,70	19	12,8		6,04	21,93	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	158,44
50	2	26	2,70	19	12,8		6,31	22,92	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	163,40
51	2	26	2,70	19	12,8		6,31	22,92	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	163,40
52	2	27	2,70	19	12,8		6,58	23,91	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	168,36
53	2	27	2,70	19	12,8		6,58	23,91	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	168,36
54	2	28	2,70	19	12,8		6,86	24,90	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	173,32
55	2	28	2,70	19	12,8		7,13	25,89	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	178,28
56	2	29	2,70	19	12,8		7,13	25,89	4,50	19,65	0,70	1,00	21,0	178,28

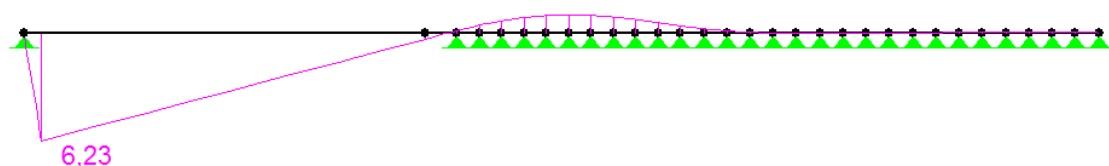
SIŁY WEWNĘTRZNE, PRZEMIESZCZENIA, REAKCJE

Obliczenia wykonano w programie RM-WIN

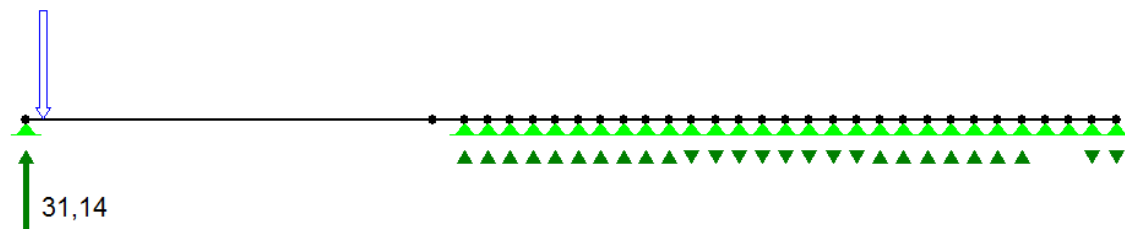
Schemat 1 – siła na szczycie dalby (dalba podparta)



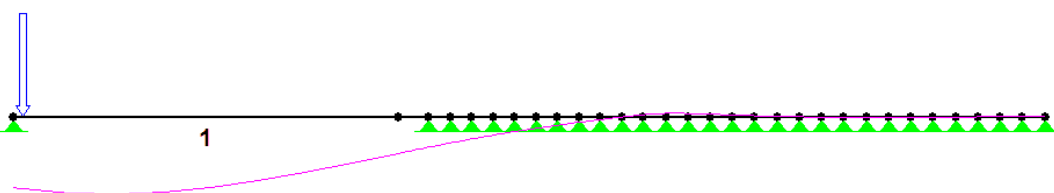
Schemat statyczny



Wykres momentów zginających

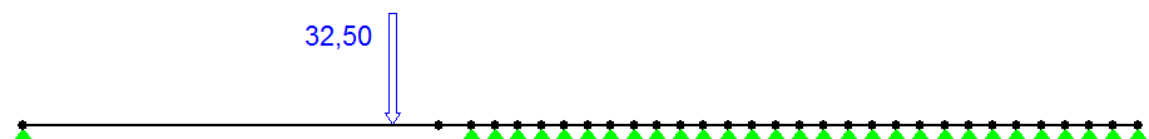


Reakcje (reakcje gruntu poniżej w tabelce)

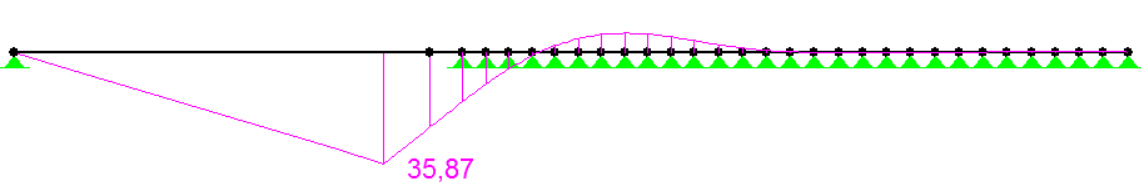


Wykres przemieszczeń (przemieszczenie maksymalne dalby $u_y = 0,6\text{mm}$, (w poziomie gruntu $u_y = 0,4\text{mm}$))

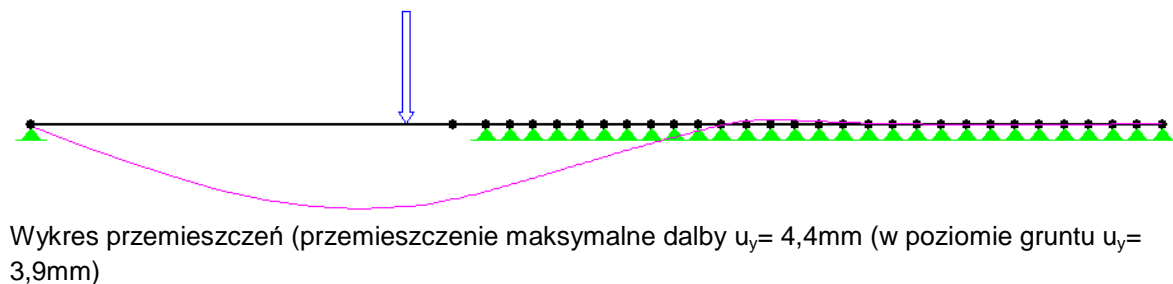
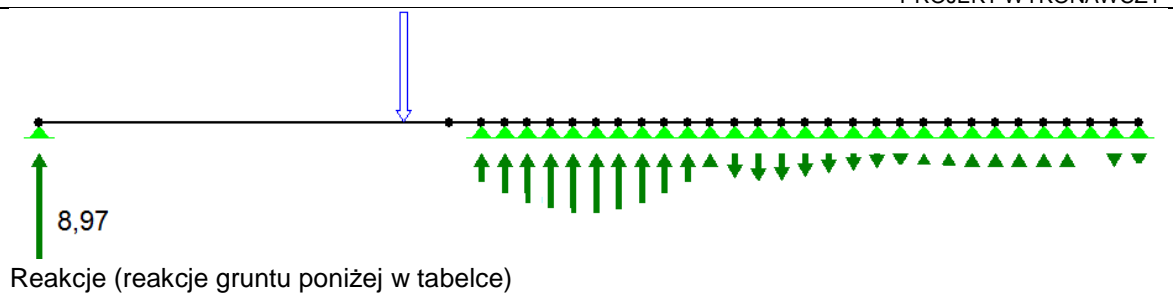
Schemat 2 – siła przy podstawie dalby (dalba podparta)



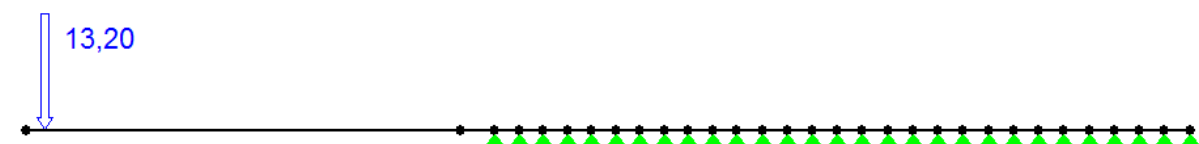
Schemat statyczny



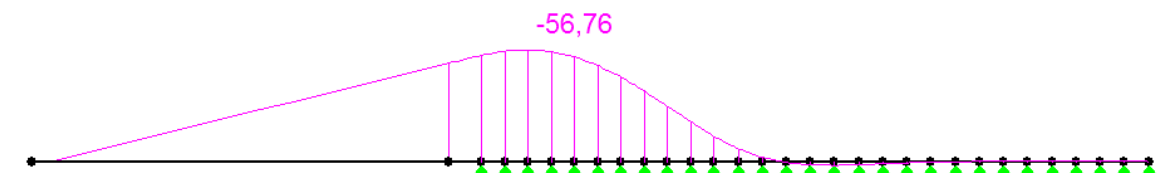
Wykres momentów zginających



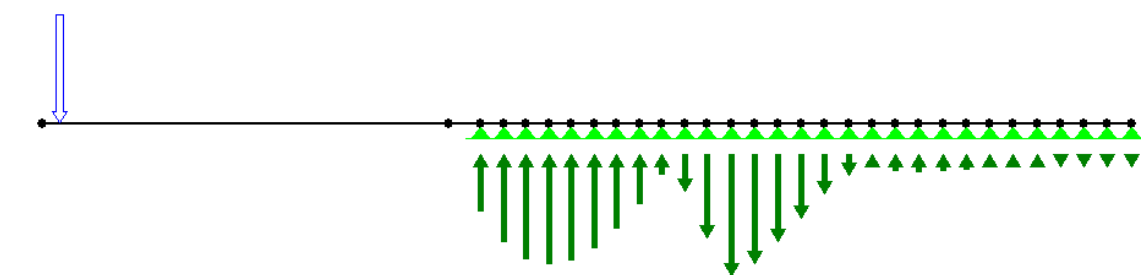
Schemat 3 – siła przy wierzchołku dalby (dalba w tym kierunku nie podparta – prostopadle do prętów podpierających, których nie uwzględniono w obliczeniach)



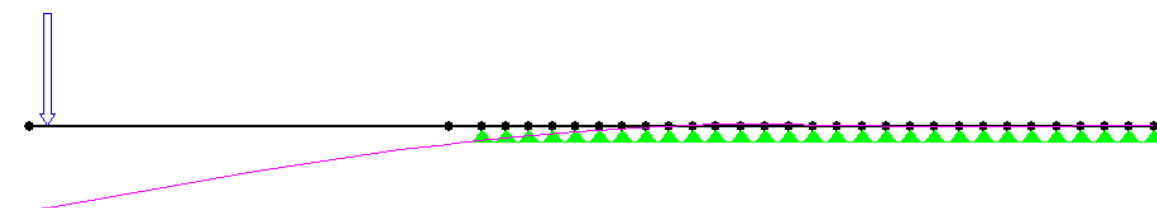
Schemat statyczny



Wykres momentów zginających

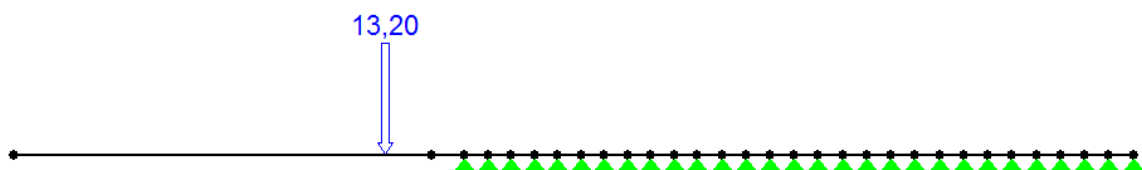


Reakcje (reakcje gruntu poniżej w tabelce)

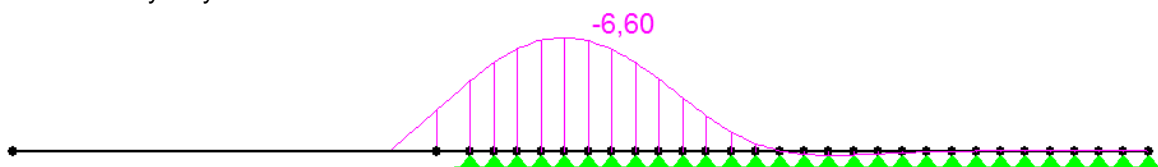


Wykres przemieszczeń (przemieszczenie maksymalne dalby $u_y = 58,2\text{mm}$ (w poziomie gruntu $u_y = 12,3\text{mm}$))

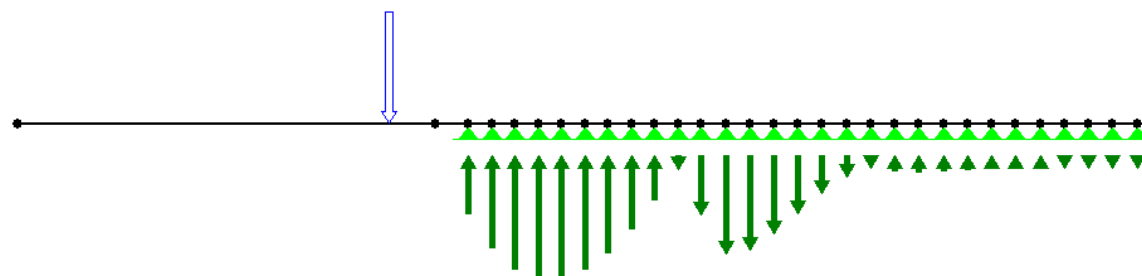
Schemat 4 – siła przy podstawie dalby (dalba w tym kierunku nie podparta – prostopadle do prętów podpierających, których nie uwzględniono w obliczeniach)



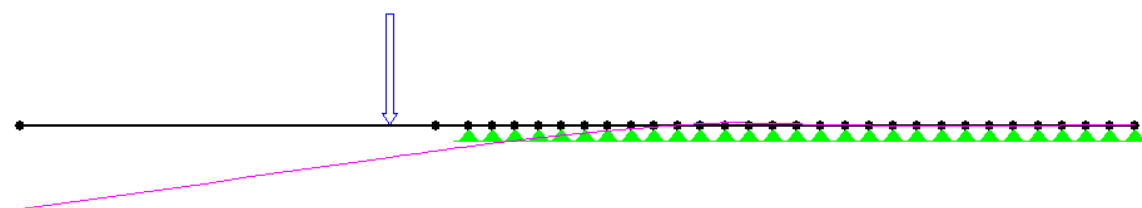
Schemat statyczny



Wykres momentów zginających



Reakcje (reakcje gruntu poniżej w tabelce)



Wykres przemieszczeń (przemieszczenie maksymalne dalby $u_y = 16,8\text{mm}$ (w poziomie gruntu $u_y = 5,1\text{mm}$))

Rozbudowa i przebudowa pomostu cumowniczego wraz z budową pływającego hangaru dla łodzi WOPR z niezbędną infrastrukturą techniczną, oświetleniem zewnętrznym, punktami poboru wody i prądu oraz ogrodzeniem części przystani nad rzeką Odrą (w km 417, lewy brzeg) przy ul. Spacerowej w Bytomiu Odrzańskim na działce nr 278/1 oraz na działce 279/1 – etap III.

PROJEKT WYKONAWCZY

PROJEKT W. KRAJEWOLY

Schemat 1					Schemat 2					Schemat 3					Schemat 4					q _{gr} (r) kN/m
reakcje podpór sprężystych				uplastycznie nie gruntu	reakcje podpór sprężystych			uplastycznienie gruntu	reakcje podpór sprężystych			uplastycznienie gruntu	reakcje podpór sprężystych			uplastycznienie gruntu				
kN	ai	kN/m			kN	ai	kN/m		kN	ai	kN/m		kN	ai	kN/m		kN	ai	kN/m	
1	0,08	0,25	0,3	Nie	0,88	0,25	3,6	Nie	3,73	0,25	15,2	Nie	1,59	0,25	6,5	Nie	17,88			
2	0,14	0,25	0,6	Nie	1,59	0,25	6,5	Nie	6,21	0,25	25,3	Nie	2,73	0,25	11,1	Nie	26,30			
3	0,18	0,25	0,7	Nie	2,12	0,25	8,6	Nie	7,61	0,25	31,0	Nie	3,45	0,25	14,1	Nie	35,41			
4	0,20	0,25	0,8	Nie	2,46	0,25	10,0	Nie	8,06	0,25	32,8	Nie	3,78	0,25	15,4	Nie	42,37			
5	0,21	0,25	0,9	Nie	2,61	0,25	10,6	Nie	7,72	0,25	31,5	Nie	3,77	0,25	15,4	Nie	49,72			
6	0,19	0,25	0,8	Nie	2,58	0,25	10,5	Nie	6,71	0,25	27,3	Nie	3,40	0,25	13,9	Nie	55,49			
7	0,17	0,25	0,7	Nie	2,38	0,25	9,7	Nie	5,16	0,25	21,0	Nie	2,90	0,25	11,8	Nie	61,62			
8	0,13	0,25	0,5	Nie	2,03	0,25	8,3	Nie	3,15	0,25	12,8	Nie	2,11	0,25	8,6	Nie	67,02			
9	0,08	0,25	0,3	Nie	1,52	0,25	6,2	Nie	0,74	0,25	3,0	Nie	1,12	0,25	4,6	Nie	72,70			
10	0,02	0,25	0,1	Nie	0,89	0,25	3,6	Nie	2,05	0,25	8,4	Nie	0,06	0,25	0,2	Nie	78,66			
11	0,05	0,25	0,2	Nie	0,13	0,25	0,5	Nie	5,88	0,25	24,0	Nie	1,61	0,25	6,6	Nie	82,59			
12	0,12	0,25	0,5	Nie	0,65	0,25	2,6	Nie	8,87	0,25	36,1	Nie	2,93	0,25	11,9	Nie	88,96			
13	0,12	0,25	0,5	Nie	0,87	0,25	3,5	Nie	7,95	0,25	32,4	Nie	2,79	0,25	11,4	Nie	94,89			
14	0,10	0,25	0,4	Nie	0,77	0,25	3,1	Nie	6,10	0,25	24,9	Nie	2,21	0,25	9,0	Nie	101,02			
15	0,04	0,25	0,2	Nie	0,39	0,25	1,6	Nie	2,27	0,25	9,2	Nie	0,88	0,25	3,6	Nie	106,67			
16	0,02	0,25	0,1	Nie	0,21	0,25	0,9	Nie	0,73	0,25	3,0	Nie	0,33	0,25	1,3	Nie	112,43			
17	0,00	0,25	0,0	Nie	0,01	0,25	0,0	Nie	0,49	0,25	2,0	Nie	0,13	0,25	0,5	Nie	118,07			
18	0,10	0,25	0,4	Nie	0,04	0,25	0,2	Nie	0,46	0,25	1,9	Nie	0,15	0,25	0,6	Nie	123,79			
19	0,00	0,25	0,0	Nie	0,03	0,25	0,1	Nie	0,19	0,25	0,8	Nie	0,07	0,25	0,3	Nie	129,06			
20	0,00	0,25	0,0	Nie	0,01	0,25	0,0	Nie	0,03	0,25	0,1	Nie	0,01	0,25	0,0	Nie	134,37			
21	0,00	0,25	0,0	Nie	0,00	0,25	0,0	Nie	0,03	0,25	0,1	Nie	0,01	0,25	0,0	Nie	139,77			
22	0,01	0,26	0,0	Nie	0,03	0,26	0,1	Nie	0,55	0,26	2,1	Nie	0,17	0,26	0,7	Nie	145,20			
23	0,00	0,26	0,0	Nie	0,03	0,26	0,1	Nie	0,32	0,26	1,2	Nie	0,11	0,26	0,4	Nie	149,95			
24	0,00	0,26	0,0	Nie	0,02	0,26	0,1	Nie	0,09	0,26	0,3	Nie	0,04	0,26	0,2	Nie	154,71			
25	0,00	0,26	0,0	Nie	0,00	0,26	0,0	Nie	0,01	0,26	0,0	Nie	0,00	0,26	0,0	Nie	159,47			
26	0,00	0,26	0,0	Nie	0,09	0,26	0,3	Nie	0,12	0,26	0,5	Nie	0,02	0,26	0,1	Nie	164,22			
27	0,00	0,26	0,0	Nie	0,00	0,26	0,0	Nie	0,03	0,26	0,1	Nie	0,01	0,26	0,0	Nie	168,98			
28	0,00	0,26	0,0	Nie	0,00	0,26	0,0	Nie	0,03	0,26	0,1	Nie	0,01	0,26	0,0	Nie	178,49			
29	0,07	0,26	0,3	Nie	0,58	0,26	2,2	Nie	4,19	0,26	16,0	Nie	1,55	0,26	5,9	Nie	178,49			

Opór graniczny gruntu nie został przekroczony w żadnym punkcie

SPRAWDZENIE ELEMENTÓW DALBY (PAL I PODPORY)

Sprawdzenie dalby na zginanie

PRĘT ZGINANY wg EN 1993-1-1:2005+ AC:2006

dane materiałowe

$$f_y = 235 \text{ MPa} \quad E = 210 \text{ GPa}$$

$$A = 79,4 \text{ cm}^2 \quad d = 323,9 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm}$$

$$I_y = 9910 \text{ cm}^4 \quad W_y = 612 \text{ cm}^3$$

warunek nośności na zginanie wg 6.2.5

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} = \frac{56,76}{143,8} = 0,39 \leq 1 \quad \text{warunek spełniony} \quad (6.12)$$

dla przekrojów klasy 1,2:

$$M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 612 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 143,8 \text{ kN} \quad (6.13)$$

$$W_{pl} = 612 \text{ cm}^3 \quad \gamma_{M0} = 1,0 \text{ wg 6.1 (1)} \quad f_y = 235 \text{ MPa}$$

Sprawdzenie podpór dalby na ściskanie

Reakcja z dalby na zespół podpór N_{max}=31,14kN, na jedną podporę:

$$N_1 = 31,14 \text{ kN} \cdot \cos 40^\circ = 20,0 \text{ kN} \text{ (siła w płaszczyźnie podpór)}$$

$$N_1 = 0,5 \cdot 20,0 \text{ kN} \cdot \cos 22^\circ = 9,3 \text{ kN} \text{ (siła ściskająca na jedno ramię podpory)}$$

PRĘT ŚCISKANY wg EN 1993-1-1:2005+ AC:2006 z wyboczeniem

dane materiałowe

$$f_y = 235 \text{ MPa} \quad E = 210 \text{ GPa}$$

$$A = 12,2 \text{ cm}^2 \quad d = 82,5 \text{ mm} \quad t = 5 \text{ mm}$$

$$I_y = 92 \text{ cm}^4 \quad W_y = 22 \text{ cm}^3 \quad i = 2,75 \text{ cm}$$

określenie klasy przekroju:

$$\text{współczynnik: } \epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ MPa}$$

smukłość wyróżnionych ścianek: (tablica 5.2)

$$\text{rura okrągła } d = 82,5 \text{ mm } t = 5 \text{ mm}$$

$$d/t = 17 \leq 50 \cdot \epsilon^2 = 50 \quad \text{przekrój klasy 1}$$

obliczeniowa nośność przekroju równomiernie ściskanego:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 12,2 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 286,7 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\gamma_{M0} = 1,0 \text{ wg 6.1 (1)}$$

nośność elementu ze względu na wyboczenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{9,30}{67,5} = 0,138 \leq 1 \quad \text{warunek spełniony} \quad (6.46)$$

$$N_{Ed} = 9,3 \text{ kN}$$

dla przekrojów klasy 1,2 i 3:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,236 \cdot 12,2 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 67,5 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\gamma_{M1} = 1,0 \text{ wg 6.1 (1)}$$

współczynnik wyboczenia:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,236 \leq 1 \quad \text{przyjęto } \chi = 0,236$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5[1 + 0,21(1,94 - 0,2) + 1,94^2] = 2,57$$

parametr imperfekcji $\alpha = 0,21$ dla krzywej zwichrzenia a (walcowane na gorąco) (tabl.6.2 i 6.1)

dla przekrojów klasy 1,2 i 3:

$$\lambda = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr})} = \sqrt{(12,2 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^3 / 76,1)} = 1,94$$

siła krytyczna:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E I_y}{L_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 92 \cdot 10^{-8}}{25} = 76,11 \text{ kN} \quad L_y = 5,0 \text{ m}$$

Sprawdzenie stateczności kotwy betonowej podpory

Ciężar bloku fundamentowego dla obciążenia 9,3kN

$$24 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,07 \text{ m}^2 \cdot 1,2 = 30,82 \text{ kN} - \text{ciężar bloku fundamentowego}$$

Wg PN-B-02003 tablica Z2-1 współczynnik tarcia spoczynkowego betonu o powierzchni chropowatej o grunt (głina plastyczna) $f=0,35$.

$$\text{składowa pionowa obciążenia } P_y = 9,3 \text{ kN} \cdot \cos \alpha = 5,98 \text{ kN}$$

$$\text{składowa pozioma obciążenia } P_x = 9,3 \text{ kN} \cdot \sin \alpha = 7,12 \text{ kN}$$

wypadkowa prostopadła do gruntu $Q=30,82 \text{ kN}$

$$\text{siła tarcia } T = (30,82 - 5,98) \cdot 0,35 = 24,84 \text{ kN} \cdot 0,35 = 8,69 \text{ kN} > 7,12 \text{ kN}$$

Rura stalowa zakotwiona w fundamencie za pomocą dospawanej blachy o wymiarach

100x400x15 wzmocnione żebrami 120x200x15

SPRAWDZENIE DALBY-PALA wg PN-83/B-02482

OBLICZENIE NOSNOŚCI PALA OBCIĄŻONEGO SIŁĄ POZIOMĄ

wg PN-83/B-02482 p.5

kryterium sztywności wg 5.1

h_s - zagłębienie sprężyste pala:

$$h_s = \sqrt[n+4]{\frac{4 \cdot EI \cdot h^n}{(k_x \cdot D)}} = 2,33 \text{ m}$$

$EI = 20316 \text{ kNm}^2$ sztywność pala
 $E = 205 \text{ GPa}$
 $I = 9910 \text{ cm}^4$
 $h_{rz} = 7,5 \text{ m}$ zagłębienie rzeczywiste pala w gruncie
 $D = 324 \text{ mm}$ średnica pala

n - wykładnik potęgi przyjmowany w zależności od gruntu

dla gruntów spoistych normalnie skonsolidowanych i dla gruntów niespoistych

$n = 1,0$

k_x - współczynnik podatności bocznej gruntu wg 5.4.1

dla gruntu spoistego: $k_x = 9600 \cdot (1 - I_L) S_n / D$

warstwa 1,2 pył i glina pylasta

$$k_x = 9600 \cdot (1 - I_L) S_n / D = 9600 \cdot (1 - 0,16) \cdot 1,1 / 0,324 = 27378 \text{ kN/m}^3$$

S_n - współczynnik uwzględniający stopień naruszenia gruntu (tabl. 11) $S_n = 1,1$

$$h = 7,5 \quad h_s = 2,33 \quad \text{warunek} \quad h \leq 1,5 \cdot h_s = 3,5 \quad \text{nie spełniony}$$

$$\text{warunek} \quad h \geq 3 \cdot h_s = 6,99 \quad \text{spełniony}$$

pala można uznać za wiotki

obliczenia dla pala wiotkiego

pala z głowicą swobodną - maksymalny moment zginający w palu:

$$M_{\max} = H_r (h_H + h_s \cdot N_1) N_3 = 107,25 \text{ kNm}$$

$H_r = 13,2 \text{ kN}$ wartość obliczeniowa siły poziomej

$h_H = 4,5 \text{ m}$ wysokość zaczepienia siły poziomej nad poziom terenu

$N_1 = 0,20$ współczynniki nosności (z wykresu 25)

$N_3 = 1,64$ $h_H / h_s = 1,93$

moment maksymalny występuje na rzędnej

$$z_{\max} = h_s \cdot N_1 = 0,45 \text{ m}$$

przemieszczenie osi pala w poziomie terenu:

$$y_0 = \frac{H_n \cdot h^n}{k_x \cdot D \cdot h_s^{n+1}} N_2 = 0,008969 \text{ m} = 0,90 \text{ cm}$$

$H_n = 21,3 \text{ kN}$ wartość charakterystyczna siły poziomej

$N_2 = 4,05$ $h_H / h_s = 1,93$ $n = 1,0$

$h = 5,0 \text{ m}$ zagłębienie obliczeniowe pala w gruncie

jeżeli zagłębienie pala jest większe od 5m należy przyjąć 5m (5.4.5)

warunek przemieszczeń pala wiotkiego (5.4.7.)

wartość dopuszczalnego przemieszczenia osi pala w poziomie terenu zależą od przyjętych w projekcie ograniczeń, wynikających z użytkowania obiektu. Jeżeli projekt fundamentu nie postanawia inaczej można przyjmować $y_d = 1,0 \text{ cm}$

$$y_0 \leq y_d$$

$$0,90 \leq 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

PRĘT ZGINANY wg EN 1993-1-1:2005+ AC:2006

dane materiałowe

$$f_y = 235 \text{ MPa} \quad E = 210 \text{ GPa}$$

$$A = 79,4 \text{ cm}^2 \quad d = 323,9 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm}$$

$$I_y = 9910 \text{ cm}^4 \quad W_y = 612 \text{ cm}^3$$

warunek nośności na zginanie wg 6.2.5

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} = \frac{105,00}{143,8} = 0,73 \leq 1 \quad \text{warunek spełniony} \quad (6.12)$$

dla przekrojów klasy 1,2:

$$M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 612 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 143,8 \text{ kN} \quad (6.13)$$

$$W_{pl} = 612 \text{ cm}^3 \quad \gamma_{M0} = 1,0 \quad \text{wg 6.1 (1)} \quad f_y = 235 \text{ MPa}$$

WPŁYW KOROZJI

PN-EN 1993-5:

- 1.1.(11) wpływ korozji w projektowaniu pali wg rozdziału 4 PN-EN 1993-5
- 1.8.18 stalowe pale rurowe z rur okrągłych ze szwem lub bez szwu - tablica 1-1
- 3.2 Pale (1) właściwości stali - patrz EN 1993-1-1.
- 4.1(7) nie można pominąć ubytku grubości stali z powodu przewidywanego okresu użytkowania ponad 4 lata

wg rysunku 4.1

- A strefa silnej agresji (strefa rozbryzgów)
- G strefa zakryta (od strony gruntu)
- B strefa pływów (między największym i najmniejszym poziomem wody)

- 4.2 (3) jeżeli nie postanowiono inaczej to można pomijać korozję wewnątrz pali rurowych szczelnie zamkniętych na końcach
- 4.4 (2) ubytki grubości w skutek korozji atmosferycznej można przyjmować o wartości 0,01 mm rocznie w normalnej atmosferze wg tablicy 4-1 (ubytek w gruncie suchym lub nawodnionym)

wymagany projektowany okres użytkowania: 50 lat

przyjęto grunt: nienaruszony grunt rodzimy (piasek, pył, il, łupki ...) ubytek wynosi 0,6 mm

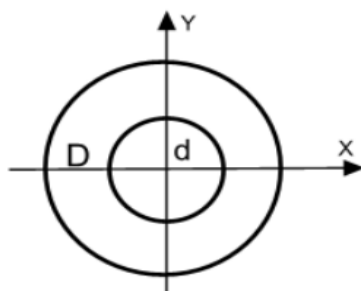
wg tablicy 4-2 (ubytek w wodzie słodkiej lub morskiej)

wymagany projektowany okres użytkowania: 50 lat

przyjęto grunt: zwykła słodka woda (rzeka, kanał) w strefie nurtu ubytek wynosi 0,9 mm

Sprawdzenie nośności z uwzględnieniem korozji:

Grubość ścianki: $8\text{mm} - 0,9\text{mm} = 7,1\text{mm}$



$$I_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$I_0 = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

$$D = 324 \text{ mm}$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

$$d = 310 \text{ mm}$$

$$I_x = 8761 \text{ cm}^4$$

PRĘT ZGINANY wg EN 1993-1-1:2005+ AC:2006

dane materiałowe

$$f_y = 235 \text{ MPa} \quad E = 210 \text{ GPa}$$

$$A = 79,4 \text{ cm}^2 \quad d = 323,9 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm}$$

$$I_y = 8160 \text{ cm}^4 \quad W_y = 504 \text{ cm}^3$$

warunek nośności na zginanie wg 6.2.5

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} = \frac{105,00}{118,4} = 0,89 \leq 1 \quad \text{warunek spełniony} \quad (6.12)$$

dla przekrojów klasy 1,2:

$$M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 504 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3 / 1,00 = 118,4 \text{ kN} \quad (6.13)$$
$$W_{pl} = 504 \text{ cm}^3 \quad \gamma_{M0} = 1,0 \quad \text{wg 6.1 (1)} \quad f_y = 235 \text{ MPa}$$

Opracowali:

mgr inż. W. Hołysz

mgr inż. M. Majka