Poz. Z3.0 Konstrukcja nośna wiaty

Przedmiotową wiatę projektuje się jako konstrukcję stalową wykonaną ze stali St3SX i 18G2 w postaci ażurowych dźwigarów dachowych opartych na stalowych słupach nośnych. Na dźwigarach należy ułożyć płatwie z belek zimnogiętych i ceowych. W celu usztywnienia ustroju projektuje się stężenia połaciowe dachu. Przyjęto rozstaw ram co 7,5m.

Na przedmiotową konstrukcje będzie działać następujące obciążenie powierzchniowe:

	kN/m^2	γ_f	kN/m^2
Obciążenia stałe Poz. 1.1.1	0,170	1,20	0,204
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2	0,638	1,50	0,957
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3	1,715	1,50	2,573

Ponadto na przedmiotową konstrukcje będzie działać obciążenie liniowe od oblodzenia i obciążenie skupione od konstrukcji attyk oraz obciążenia wyjątkowe od uderzenia w konstrukcję wiaty samochodu ciężarowego:

	kN/m	γ_f	kN/m
Obciążenie oblodzeniem Poz. 1.1.4	0,210	1,50	0,315

Dźwigary skrajne 2szt.

	kN	γ_f	kN
Maksymalna reakcja pionowa od attyki	9,150	1,23	11,200
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	11,510	1,50	17,270

Dźwigary przedskrajne 2szt.

	kN	γ_f	kN
Maksymalna reakcja pionowa od attyki	11,160	1,23	13,700
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	14,040	1,50	21,060

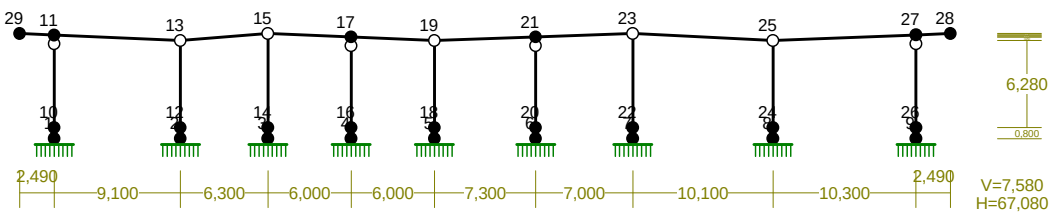
Dźwigary środkowe 2szt.

	kN	γ_f	kN
Maksymalna reakcja pionowa od attyki	11,530	1,23	14,150
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	14,590	1,50	21,890

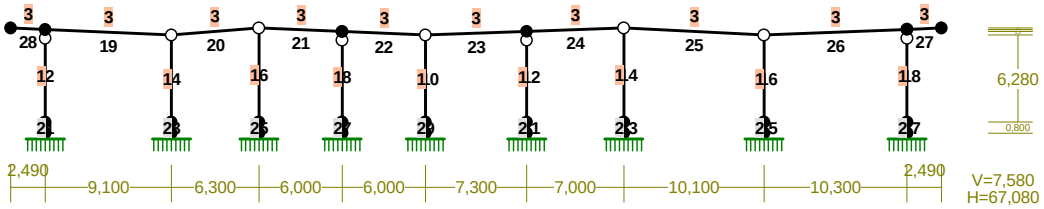
	kN	γ_f	kN
Uderzenie samochodem ciężarowym lub autobusem	100,00	1,00	100,00

Jako schemat statyczny przyjęto następującą ramę:

WĘZŁY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



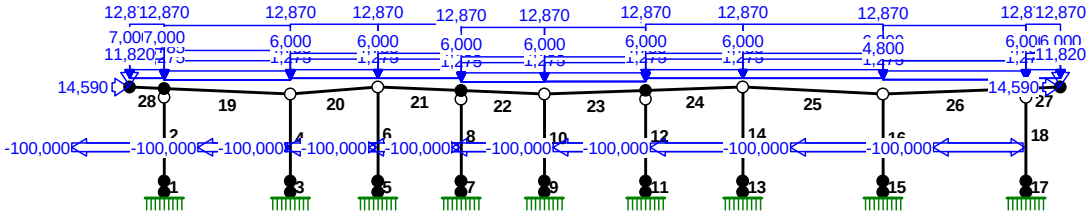
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	155,0	9673	9673	791	791	24,4	4 18G2 (A)
2	6400,0	3413333	3413333	85333	85333	80,0	19 B25
3	173,5	225640	10816	5938	5938	76,0	4 18G2 (A)

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
4 18G2 (A)	205	295,000	1,20E-05
19 B25	30	13,300	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



==========

W Y N I K I

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

==========

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψd:	γf:
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1 1,00	1,20
B -""	Zmienne	1 1,00	1,50
C -""	Zmienne	1 1,00	1,50

D -""	Zmienne	1	1,00	1,20
E -""	Zmienne	1	1,00	1,00
F -""	Zmienne	1	1,00	1,00
G -""	Zmienne	1	1,00	1,00
H -""	Zmienne	1	1,00	1,00
I -""	Zmienne	1	1,00	1,00
J -""	Zmienne	1	1,00	1,00
K -""	Zmienne	1	1,00	1,00
L -""	Zmienne	1	1,00	1,00
M -""	Zmienne	1	1,00	1,00
N -""	Zmienne	1	1,00	1,00
O -""	Zmienne	1	1,00	1,00
P -""	Zmienne	1	1,00	1,00
R -""	Zmienne	1	1,00	1,00
S -""	Zmienne	1	1,00	1,00
T -""	Zmienne	1	1,00	1,00
W -""	Zmienne	1	1,00	1,00
X -""	Zmienne	1	1,00	1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	EWENTUALNIE
B -""	EWENTUALNIE
C -""	EWENTUALNIE
D -""	EWENTUALNIE
E -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: FGHIJKLMNOPRSTWX
F -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EGHIJKLMNOPRSTWX
G -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFHIJKLMNOPRSTWX
H -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGIJKLMNOPRSTWX
I -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHJKLMNOPRSTWX
J -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHIKLMNOPRSTWX
K -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHIJLMNOPRSTWX
L -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHIJKMNOPRSTWX
M -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHIJKLNOPRSTWX
N -""	EWENTUALNIE Nie występuje z: EFGHIJKLMOPRSTWX

O -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNPRSTWX

P -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNORSTWX

R -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNOPSTWX

S -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNOPRTWX

T -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNOPRSWX

W -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNOPRSTX

X -"" EWENTUALNIE
Nie występuje z: EFGHIJKLMNOPRSTW

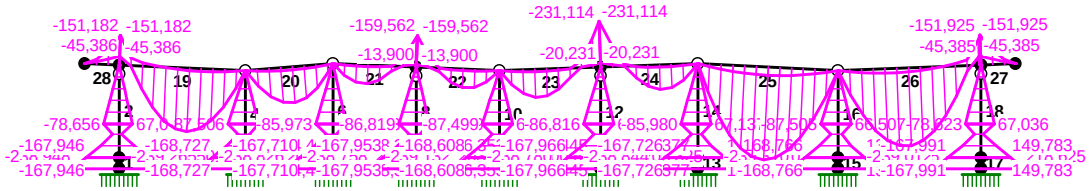
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr: Specyfikacja:

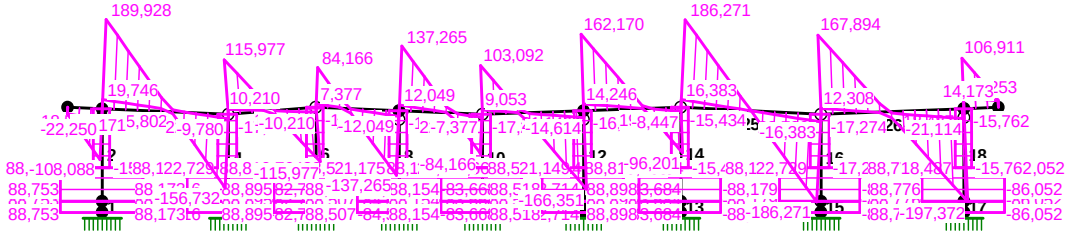
---

1 ZAWSZE : A
EWENTUALNIE: B+C+D+E+F+G+H+I+J+K+L+M+N+O+P+R+S+T
+W+X

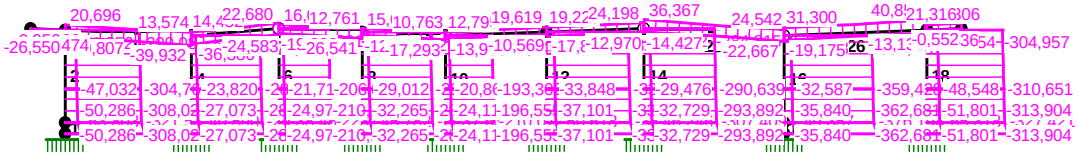
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,000	**218,501***	-86,016	-65,089	AN
	0,000	**-238,948***	88,753	-320,253	ABCDE
	0,800	-167,946	**88,753***	-306,736	ABCDE
	0,000	-238,948	**88,753***	-320,253	ABCDE
	0,800	-137,555	84,198	**-50,286***	AE
	0,000	184,467	-81,462	**-321,539***	ABCDN
2	0,000	**149,688***	-86,016	-51,572	AN
	0,000	**-167,946***	88,753	-306,736	ABCDE
	2,430	47,723	**88,753***	-303,483	ABCDE
	0,000	-167,946	**88,753***	-306,736	ABCDE
	6,673	-0,000	-15,802	**-41,352***	AE
	0,000	119,297	-81,462	**-308,022***	ABCDN
3	0,000	**200,673***	-82,722	-40,837	AO
	0,000	**-239,265***	88,173	-297,955	ABCDF
	0,800	-168,727	**88,173***	-284,438	ABCDF
	0,000	-239,265	**88,173***	-297,955	ABCDF
	0,800	27,569	-4,390	**-27,073***	AN
	0,000	-54,240	7,661	**-298,597***	ABCDE
4	0,000	**134,495***	-82,722	-27,320	AO
	0,000	**-168,727***	88,173	-284,438	ABCDF
	2,430	45,534	**88,173***	-281,185	ABCDF
	0,000	-168,727	**88,173***	-284,438	ABCDF
	6,280	-0,000	-4,390	**-18,666***	AN
	0,000	-48,111	7,661	**-285,080***	ABCDE
5	0,000	**206,013***	-84,566	-184,335	ACDP
	0,000	**-238,826***	88,895	-77,800	ABG
	0,800	-167,710	**88,895***	-64,283	ABG
	0,000	-238,826	**88,895***	-77,800	ABG
	0,800	-13,303	1,962	**-24,972***	AF
	0,000	-17,939	2,367	**-223,646***	ABCDO
6	0,000	**138,360***	-84,566	-170,819	ACDP
	0,000	**-167,710***	88,895	-64,283	ABG
	2,430	48,306	**88,895***	-61,030	ABG
	0,000	-167,710	**88,895***	-64,283	ABG
	6,780	-0,000	1,962	**-15,895***	AF
	0,000	-16,046	2,367	**-210,129***	ABCDO
7	0,000	**203,287***	-83,668	-244,248	ACDR

	0,000	**-238,758***	88,507	-99,357	ABH
	0,800	-167,953	**88,507***	-85,841	ABH
	0,000	-238,758	**88,507***	-99,357	ABH
	0,800	-136,337	83,666	**-32,265***	AH
	0,000	167,798	-78,826	**-297,824***	ABCDR
8	0,000	**136,353***	-83,668	-230,731	ACDR
	0,000	**-167,953***	88,507	-85,841	ABH
	2,430	47,120	**88,507***	-82,587	ABH
	0,000	-167,953	**88,507***	-85,841	ABH
	6,530	0,000	-16,334	**-23,523***	AH
	0,000	104,737	-78,826	**-284,307***	ABCDR
9	0,000	**200,616***	-82,714	-172,926	ACDS
	0,000	**-239,132***	88,154	-74,776	ABI
	0,800	-168,608	**88,154***	-61,259	ABI
	0,000	-239,132	**88,154***	-74,776	ABI
	0,800	15,434	-2,458	**-24,113***	AO
	0,000	-55,916	7,898	**-210,072***	ABCDF
10	0,000	**134,445***	-82,714	-159,409	ACDS
	0,000	**-168,608***	88,154	-61,259	ABI
	2,430	45,606	**88,154***	-58,006	ABI
	0,000	-168,608	**88,154***	-61,259	ABI
	6,280	-0,000	-2,458	**-15,705***	AO
	0,000	-49,598	7,898	**-196,555***	ABCDF
11	0,000	**203,325***	-83,684	-50,618	AT
	0,000	**-238,780***	88,518	-351,344	ABCDJ
	0,800	-167,966	**88,518***	-337,828	ABCDJ
	0,000	-238,780	**88,518***	-351,344	ABCDJ
	0,800	136,377	-83,684	**-37,101***	AT
	0,000	-238,780	88,518	**-351,344***	ABCDJ
12	0,000	**136,377***	-83,684	-37,101	AT
	0,000	**-167,966***	88,518	-337,828	ABCDJ
	2,430	47,133	**88,518***	-334,574	ABCDJ
	0,000	-167,966	**88,518***	-337,828	ABCDJ
	6,535	-0,000	16,316	**-28,352***	AT
	0,000	-167,966	88,518	**-337,828***	ABCDJ
13	0,000	**206,010***	-84,566	-47,250	AW
	0,000	**-238,844***	88,898	-306,405	ABCDK
	0,800	-167,726	**88,898***	-292,888	ABCDK
	0,000	-238,844	**88,898***	-306,405	ABCDK
	0,800	13,301	-1,962	**-32,729***	AX
	0,000	-47,704	6,293	**-307,409***	ABCDL
14	0,000	**138,357***	-84,566	-33,733	AW
	0,000	**-167,726***	88,898	-292,888	ABCDK
	2,430	48,295	**88,898***	-289,635	ABCDK
	0,000	-167,726	**88,898***	-292,888	ABCDK
	6,780	0,000	-1,962	**-23,652***	AX
	0,000	-42,669	6,293	**-293,892***	ABCDL
15	0,000	**200,695***	-82,725	-242,418	ACX
	0,000	**-239,310***	88,179	-183,405	ABDL
	0,800	-168,766	**88,179***	-169,888	ABDL
	0,000	-239,310	**88,179***	-183,405	ABDL
	0,800	-13,859	2,207	**-35,840***	AM
	0,000	-7,513	1,061	**-376,198***	ABCDN

16	0,000	**134,515***	-82,725	-228,901	ACX
	0,000	**-168,766***	88,179	-169,888	ABDL
	2,430	45,510	**88,179***	-166,635	ABDL
	0,000	-168,766	**88,179***	-169,888	ABDL
	6,280	0,000	2,207	**-27,433***	AM
	0,000	-6,664	1,061	**-362,681***	ABCDN
17	0,000	**218,625***	-86,052	-268,377	ACDN
	0,000	**-239,012***	88,776	-124,361	ABM
	0,800	-167,991	**88,776***	-110,845	ABM
	0,000	-239,012	**88,776***	-124,361	ABM
	0,800	149,781	-86,051	**-51,801***	AN
	0,000	-239,009	88,776	**-327,421***	ABCDM
18	0,000	**149,783***	-86,052	-254,861	ACDN
	0,000	**-167,991***	88,776	-110,845	ABM
	2,430	47,735	**88,776***	-107,591	ABM
	0,000	-167,991	**88,776***	-110,845	ABM
	6,683	-0,000	13,949	**-42,854***	AN
	0,000	-167,989	88,776	**-313,904***	ABCDM
19	5,124	**322,385***	-5,068	-33,382	ABCDE
	0,000	**-151,182***	189,928	-24,961	ABCDE
	0,000	-151,182	**189,928***	-24,961	ABCDE
	0,000	-131,273	155,115	**20,696***	ACDN
	9,108	0,000	-156,732	**-39,932***	ABCDE
20	3,160	**183,238***	-0,000	-27,181	ABCDF
	0,000	**0,000***	115,977	-36,386	ABCDF
	6,320	**-0,000***	-32,748	-24,583	ABF
	0,000	0,000	**115,977***	-36,386	ABCDF
	6,320	-0,000	**-115,977***	-17,977	ABCDF
	6,320	0,000	-93,439	**22,680***	ACDO
	0,000	0,000	115,977	**-36,386***	ABCDF
21	2,252	**96,058***	1,145	-13,538	ABCDR
	6,005	**-159,562***	-137,265	-7,249	ABCDH
	6,005	-159,562	**-137,265***	-7,249	ABCDH
	0,000	0,000	67,772	**16,088***	ACDO
	6,005	-159,382	-137,234	**-26,541***	ABCDF
22	3,753	**96,058***	-1,145	7,558	ABCDR
	0,000	**-159,562***	137,265	-7,315	ABCDH
	0,000	-159,562	**137,265***	-7,315	ABCDH
	0,000	-128,562	110,588	**15,677***	ACDO
	6,005	-0,000	-84,153	**-17,293***	ABCDF
23	2,739	**144,014***	2,059	12,976	ABCDJ
	7,304	**-231,114***	-166,351	-1,778	ABCDT
	7,304	-231,114	**-166,351***	-1,778	ABCDT
	7,304	-231,058	-166,343	**19,619***	ABCDL
	0,000	0,000	83,054	**-13,983***	ACDX
24	4,378	**125,448***	0,680	1,535	ABCDJ
	0,000	**-231,114***	162,170	7,897	ABCDT
	0,000	-231,114	**162,170***	7,897	ABCDT
	7,004	0,000	-96,186	**24,198***	ABCDL
	0,000	-186,076	130,634	**-17,839***	ACDX
25	5,056	**470,911***	0,000	27,145	ABCDL

	0,000	**0,000***	186,271	36,367	ABCDL
	10,112	**0,000***	-52,585	24,542	ABL
	0,000	0,000	**186,271***	36,367	ABCDL
	10,112	0,000	**-186,271***	17,924	ABCDL
	0,000	0,000	186,271	**36,367***	ABCDL
	10,112	0,000	-150,069	**-22,667***	ACDX
26	4,510	**396,818***	8,090	32,818	ABCDM
	10,308	**-151,925***	-197,372	40,857	ABCDM
	10,308	-151,925	**-197,372***	40,857	ABCDM
	10,308	-151,925	-197,372	**40,857***	ABCDM
	0,000	0,000	133,323	**-19,175***	ACDN
27	2,492	**0,000***	15,025	21,316	ABCF
	0,000	**-151,925***	106,911	17,737	ABCDK
	0,000	-151,925	**106,911***	17,737	ABCDK
	2,492	0,000	15,025	**21,316***	ABCDR
	0,000	-127,552	88,200	**-3,436***	ACDS
28	0,000	**-0,000***	-13,231	-22,474	ABCDK
	2,492	**-151,182***	-108,088	-26,550	ABCDK
	2,492	-151,182	**-108,088***	-26,550	ABCDK
	0,000	0,000	-14,171	**-0,609***	ACDL
	2,492	-151,182	-108,088	**-26,550***	ABCDM

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	**86,016***	65,089	107,867	-218,501	AN
	-88,753*	320,253	332,323	238,948	ABCDE
	81,462	**321,539***	331,698	-184,467	ABCDN
	-84,198	**63,803***	105,641	204,913	AE
	-88,753	320,253	**332,323***	238,948	ABCDE
	-88,753	320,253	332,323	**238,948***	ABCDE
	86,016	65,089	107,867	**-218,501***	AN
2	**82,722***	40,837	92,253	-200,673	AO
	-88,173*	297,955	310,727	239,265	ABCDF
	-7,661	**298,597***	298,695	54,240	ABCDE
	4,390	**40,590***	40,827	-31,081	AN
	-88,173	297,955	**310,727***	239,265	ABCDF
	-88,173	297,955	310,727	**239,265***	ABCDF
	82,722	40,837	92,253	**-200,673***	AO
3	**84,566***	184,335	202,808	-206,013	ACDP
	-88,895*	77,800	118,132	238,826	ABG
	-2,367	**223,646***	223,659	17,939	ABCDO
	-1,962	**38,489***	38,539	14,873	AF
	-88,895	221,726	**238,882***	238,820	ABCDG
	-88,895	77,800	118,132	**238,826***	ABG
	84,566	184,335	202,808	**-206,013***	ACDP
4	**83,668***	244,248	258,181	-203,287	ACDR
	-88,507*	99,357	133,062	238,758	ABH
	78,826	**297,824***	308,079	-167,798	ABCDR
	-83,666	**45,782***	95,372	203,270	AH
	-88,505	296,547	**309,473***	238,744	ABCDH

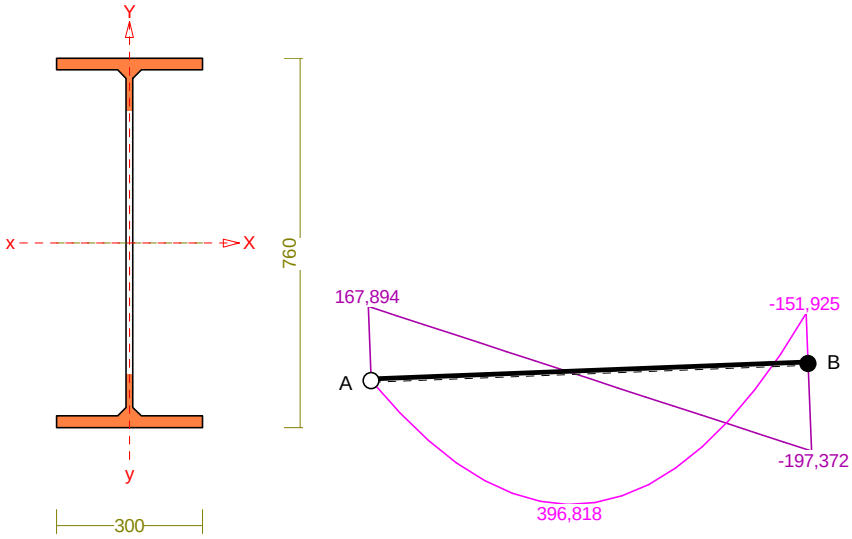
	-88,507	99,357	133,062	**238,758***	ABH
	83,668	244,248	258,181	**-203,287***	ACDR
5	**82,714***	172,926	191,690	-200,616	ACDS
	-88,154*	74,776	115,597	239,132	ABI
	-7,898	**210,072***	210,221	55,916	ABCDF
	2,458	**37,630***	37,710	-17,401	AO
	-88,154	209,244	**227,055***	239,129	ABCDI
	-88,154	74,776	115,597	**239,132***	ABI
	82,714	172,926	191,690	**-200,616***	ACDS
6	**83,684***	50,618	97,802	-203,325	AT
	-88,518*	351,344	362,323	238,780	ABCDJ
	-88,518	**351,344***	362,323	238,780	ABCDJ
	83,684	**50,618***	97,802	-203,325	AT
	-88,518	351,344	**362,323***	238,780	ABCDJ
	-88,518	351,344	362,323	**238,780***	ABCDJ
	83,684	50,618	97,802	**-203,325***	AT
7	**84,566***	47,250	96,871	-206,010	AW
	-88,898*	306,405	319,040	238,844	ABCDK
	-6,293	**307,409***	307,474	47,704	ABCDL
	1,962	**46,246***	46,287	-14,870	AX
	-88,898	306,405	**319,040***	238,844	ABCDK
	-88,898	306,405	319,040	**238,844***	ABCDK
	84,566	47,250	96,871	**-206,010***	AW
8	**82,725***	242,418	256,145	-200,695	ACX
	-88,179*	183,405	203,502	239,310	ABDL
	-1,061	**376,198***	376,199	7,513	ABCDN
	-2,207	**49,357***	49,406	15,624	AM
	-88,179	374,506	**384,747***	239,310	ABCDL
	-88,179	183,405	203,502	**239,310***	ABDL
	82,725	242,418	256,145	**-200,695***	ACX
9	**86,052***	268,377	281,836	-218,625	ACDN
	-88,776*	124,361	152,797	239,012	ABM
	-88,776	**327,421***	339,243	239,009	ABCDM
	86,051	**65,318***	108,034	-218,622	AN
	-88,776	327,421	**339,243***	239,009	ABCDM
	-88,776	124,361	152,797	**239,012***	ABM
	86,052	268,377	281,836	**-218,625***	ACDN

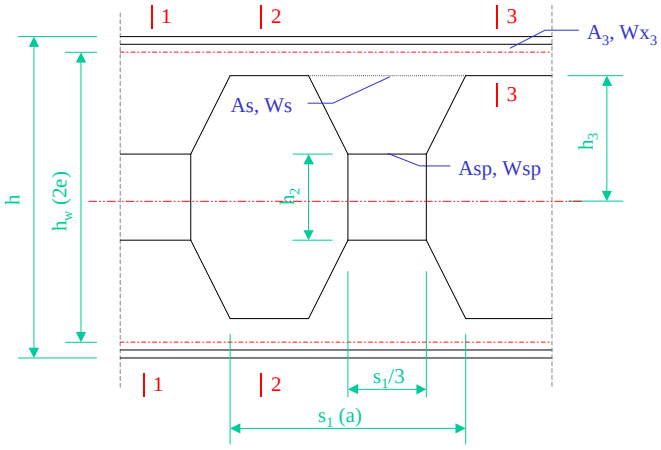
---

* = Wartości ekstremalne

Poz. Z3.1 Dźwigar najbardziej obciążony

Wymiarowanie dźwigarów ażurowych:





Przekrój:

Symbol: **I 400 HEB ap**
Materiał: **4 18G2 (A)**
Wymiary: h = 760,0 mm; h_w = 720,0 mm; t_w = 13,5 mm;
h_3 = 270,0 mm; h_2 = 180,0 mm; s_1 = 540,0 mm;
b_f = 300,0 mm; t_f = 24,0 mm.

Charakterystyka:

A_1 = 246,38 cm^2;	Jx_1 = 243350,00 cm^4;	Wx_1 = 6403,95 cm^3;
A_2 = 173,48 cm^2;	Jx_2 = 225640,00 cm^4;	Wx_2 = 5937,89 cm^3;
A_3 = 86,74 cm^2;	Jx_3 = 412,60 cm^4;	Wx_3 = 45,85 cm^3;
Jy_2 = 10816,31 cm^4;	J_ω = 1,4648E+07 cm^6;	J_t = 372,32 cm^4;
A_s = 48,60 cm^2;	W_s = 291,60 cm^3;	
A_{sp} = 24,30 cm^2;	W_{sp} = 72,90 cm^3;	

Sprawdzenie nośności dźwigara ażurowego przeprowadzono w oparciu literaturę. Obliczenia przeprowadzono dla ekstremalnych wielkości statycznych.

Zwichrzenie

Przyjęto rozstaw stężeń bocznych l_1= 10,308 m.

Siły krytyczne wyznaczono na podstawie długości wyboczeniowych przyjętych z tabeli Z1-2 normy:

$$Ny = \frac{\pi^2\ EJy}{(\mu_y\ l_1)^2} = \frac{3{,}142^2\times 205000\times 10816{,}31}{(1{,}0\times 10{,}308)^2}\times 10^{-5} = 2059{,}605 \text{ kN}$$

$$Nz = \frac{1}{i_s^2}\left[\frac{\pi^2\ EJ_\omega}{(\mu_\omega l_1)^2} + G\ J_t\right] = \frac{1}{36{,}92^2}\left[\frac{3{,}142^2\times 205000\times 1{,}4648E{+}07}{(1{,}0\times 10{,}308)^2}\times 10^{-5} + 80000\times 372{,}32 \times 10^{-1}\right] = 4231{,}627 \text{ kN}$$

Moment krytyczny:

$$a_s = ys - h/2 = 0{,}00 / 100 - 760{,}0 / 2000 = -0{,}380 \text{ m}$$

$$A_0 = A_1 b_y + A_2 a_s = 0{,}610\times 0{,}000 + 0{,}530\times -0{,}380 = -0{,}201$$

$$Mcr = A_0\ Ny + \sqrt{(A_0 Ny)^2 + B^2 i_s^2 NyNz} =$$

$$-0{,}201\times 2059{,}605 + \sqrt{(-0{,}201\times 2059{,}605)^2 + 1{,}140^2\times 0{,}369^2\times 2059{,}605\times 4231{,}627} =$$

$$895{,}121 \text{ kNm}$$

Współczynnik niestateczności przy zwichrzeniu wyznaczony dla parametru imperfekcji n = 1,5:

$$M_R = Wx_2\ f_d = 5937{,}89\times 295\times 10^{-3} = 1751{,}679 \text{ kNm}$$

$$\overline{\lambda}_L = 1{,}15\sqrt{M_R / Mcr} = 1{,}15\times\sqrt{1751{,}679 / 895{,}121} = 1{,}609$$

$$\varphi_L = (1 + \overline{\lambda}_L^{\,2n})^{-1/n} = (1 + 1{,}609^{\,3})^{-1/1{,}5} = 0{,}335$$

Nośność przekroju nieosłabionego (1-1):

Wyniki dla x_a=4,51 m; x_b=5,80 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**".

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_L W_{x1}} + \frac{N}{A_1} = \frac{396{,}818}{0{,}335\times 6403{,}95}\times 10^3 + \frac{17{,}044}{246{,}38}\times 10 = 185{,}8 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{V}{h\,t_w} = \frac{8{,}090}{76{,}00\times 1{,}35}\times 10 = 0{,}8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{185{,}8^2 + 3\times 0{,}8^2} = \mathbf{185{,}8 < 295} = f_d$$

Największe naprężenia tnące z uwzględnieniem stateczności środnika dla x_a=10,31 m; x_b=0,00 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**".

$$\overline{\lambda}_v = (h / t_w)(K_v / 56)\sqrt{f_d / 215} = (760{,}0/13{,}5)\times(0{,}8/56)\times\sqrt{295 / 215} = 0{,}942$$

$$\varphi_v = 1 / \overline{\lambda}_v = 1 / 0{,}942 = 1{,}062 \quad \text{Przyjęto } \varphi_v = 1{,}000$$

$$\tau = \frac{V}{\varphi_v\, h\, t_w} = \frac{197{,}372}{1{,}000\times 76{,}00\times 1{,}35}\times 10 = \mathbf{19{,}2 < 171{,}1} = 0{,}58\ f_d$$

Nośność pasa (3-3):

Wyniki dla x_a=10,31 m; x_b=0,00 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**".

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_L A_3 h_w} + \frac{V s_1}{12 W_{x3}} + \frac{N}{A_2} = \frac{151{,}925}{0{,}335\times 86{,}74\times 72{,}00}\times 10^3 + \frac{197{,}372\times 54{,}00}{12\times 45{,}85}\times 10 + \frac{25{,}083}{173{,}48}\times 10 = 267{,}8 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{V}{2(h/2 - h_3)\, t_w} = \frac{197{,}372}{2\times(38{,}00 - 27{,}00)\times 1{,}35}\times 10 = 66{,}5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{267{,}8^2 + 3\times 66{,}5^2} = \mathbf{291{,}5} < \mathbf{295} = f_d$$

Nośność słupka:

Wyniki dla x_a=10,31 m; x_b=0,00 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**".
Siła ściskająca słupek pochodząca od obciążeń rozłożonych P = 0,712 kN.

$$V_s = (2\,V + P)\, s_1 / (2\, h_w) = [(2\times 197{,}372 + 0{,}712)\times 540{,}0] / (2\times 720{,}0) = 148{,}296 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{P}{2A_s} + \frac{V_s h_3}{W_s} = \frac{0{,}712}{2\times 48{,}60}\times 10 + \frac{148{,}296\times 27{,}00}{291{,}60}\times 10 = 137{,}4 \text{ MPa}$$

$$\tau = V_s / A_s = 148{,}296 / 48{,}60 \times 10 = 30{,}5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{137{,}4^2 + 3\times 30{,}5^2} = \mathbf{147{,}2} < \mathbf{295} = f_d$$

Nośność spoiny:

Wyniki dla x_a=10,31 m; x_b=0,00 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**".

$$V_{sp} = V\, s_1 / h_w = 197{,}372\times 540{,}0 / 720{,}0 = 148{,}029 \text{ kN}$$

$$M_{sp} = V_{sp}\, h_2 / 2 = 148{,}029\times 180{,}0\times 10^{-3} / 2 = 13{,}323 \text{ kNm}$$

$$\sigma = M_{sp} / W_{sp} = 13{,}323 / 72{,}90 \times 10^3 = 182{,}8 \text{ MPa}$$

$$\tau = V_{sp} / A_{sp} = 148{,}029 / 24{,}30 \times 10 = 60{,}9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sqrt{(\sigma/\alpha_\perp)^2 + (\tau/\alpha_\parallel)^2} = \sqrt{(182{,}8/1{,}0)^2 + (60{,}9/0{,}6)^2} = \mathbf{209{,}1} < \mathbf{295} = f_d$$

Nośność środnika:

Siła skupiona dla x_a=10,31 m; x_b=0,00 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX**":

$$P = -197{,}372 \text{ kN}.$$

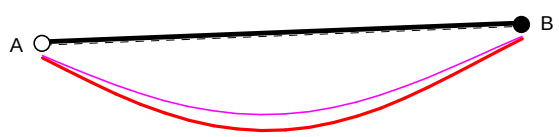
Nośność środnika:

$$P_R = t_w\,[c + 5\,(t_f + r)]\, f_d = 13{,}5\times[0{,}0 + 5\times(24{,}0+27{,}0)]\times 295 \times 10^{-3} = 1015{,}538 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$P = \mathbf{197{,}372} < \mathbf{1015{,}538} = P_R$$

Stan graniczny użytkowania:



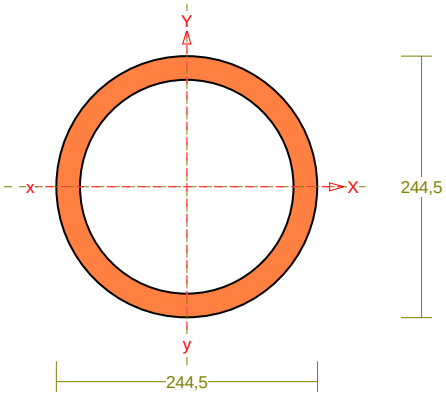
Przemieszczenie prostopadłe do osi pręta wyznaczone powiększone o 20% dla x_a=5,15 m; x_b=5,15 m, przy obciążeniach "**ABCDEFGHIJKLMNOPRSTWX"**, wynoszą:

a = -8,8 mm

a = **8,8** < **41,2** = l / 250 = a_{gr}.

Poz. Z3.2 Słup najbardziej obciążony

Przekrój: R 244.5x22.2



Wymiary przekroju:

R 244.5x22.2 D=244,5 d=200,1 g=22,2.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

Jxg=9672,5 Jyg=9672,5 A=155,04 ix=7,9 iy=7,9 Jw=0,0 Jt=18984,5 is=11,2.

Materiał: **18G2 (A)**. Wytrzymałość **fd=295** MPa dla **g=22,2**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

xa = 0,000; xb = 6,280.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDL**

M_x = 168,766 kNm, **V_y = 88,179** kN, **N = -360,989** kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 190,0 MPa σ_C = -236,6 MPa.

Naprężenia:

xa = 0,000; xb = 6,280.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 190,0 MPa σ_C = -236,6 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = -23,3 $\Delta\sigma$ = 213,3 MPa ψ_{oc} = 1,000
- ścinanie wzdłuż osi Y: Av = 108,56 cm^2 τ = 8,1 MPa ψ_{ov} = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 23,3 / 1,000 + 213,3 = 236,6 < 295 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 8,1 / 1,000 = 8,1 < 171,1 = 0.58 \times 295 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{236,6^2 + 3 \times 8,1^2} = 237,0 < 295 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

xa = 0,000; xb = 6,280.

Siła osiowa: N = -360,989 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 155,04 cm^2.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A\, f_d = 155,04 \times 295 \times 10^{-1} = 4573,680$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 360,989 < 4573,680 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 0{,}300$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 0{,}763$ dla $l_o = 6{,}280$

$l_w = 0{,}763 \times 6{,}280 = 4{,}792$ m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 6{,}280$

$l_w = 1{,}000 \times 6{,}280 = 6{,}280$ m

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 6{,}280$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 6{,}280$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3{,}14^2 \times 205 \times 9672{,}5}{4{,}792^2} 10^{-2} = 8523{,}662 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3{,}14^2 \times 205 \times 9672{,}5}{6{,}280^2} 10^{-2} = 4962{,}212 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1}{11{,}2^2}\left(\frac{3{,}14^2 \times 205 \times 0{,}0}{6{,}280^2} 10^{-2} + 80 \times 18984{,}5 \times 10^2\right) = 1217197{,}635 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

xa = 0,000; xb = 6,280:

$$N_{RC} = A f_d = 155{,}0 \times 295 \times 10^{-1} = 4573{,}680 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

- dla *Nx* $\bar{\lambda} = 1{,}15\sqrt{N_{RC} / N_x} = 1{,}15 \times \sqrt{4573{,}680 / 8523{,}662} = 0{,}846$ $\Rightarrow$ Tab.11 a $\Rightarrow$ $\varphi = 0{,}813$

- dla *Ny* $\bar{\lambda} = 1{,}15\sqrt{N_{RC} / N_y} = 1{,}15 \times \sqrt{4573{,}680 / 4962{,}212} = 1{,}109$ $\Rightarrow$ Tab.11 a $\Rightarrow$ $\varphi = 0{,}631$

- dla *Nz* $\bar{\lambda} = 1{,}15\sqrt{N_{RC} / N_z} = 1{,}15 \times \sqrt{4573{,}680 / 1217197{,}635} = 0{,}070$ $\Rightarrow$ Tab.11 c $\Rightarrow$ $\varphi = 0{,}999$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0{,}631$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{360{,}989}{0{,}631 \times 4573{,}680} = 0{,}125 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 0,000; xb = 6,280.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1{,}000 \times 791{,}2 \times 295 \times 10^{-3} = 233{,}407 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0{,}000$ wynosi $\varphi_L = 1{,}000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L\, M_{Rx}} = \frac{360{,}989}{4573{,}680} + \frac{168{,}766}{1{,}000\times 233{,}407} = 0{,}802 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x\,\max} = 168{,}766 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1{,}000$$

$$\Delta_x = 1{,}25\,\varphi_x\,\bar{\lambda}_x^{\,2}\,\frac{\beta_x\, M_{x\,\max}}{M_{Rx}}\,\frac{N}{N_{Rc}} = 1{,}25\times 0{,}813\times 0{,}846^{\,2}\,\frac{1{,}000\times 168{,}766}{233{,}407}\times\frac{360{,}989}{4573{,}680} = 0{,}042$$

$\Delta_x = 0{,}042$ $\quad M_{y\,\max} = 0$ $\quad \Delta_y = 0$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x\, N_{Rc}} + \frac{\beta_x\, M_{x\,\max}}{\varphi_L\, M_{Rx}} = \frac{360{,}989}{0{,}813\times 4573{,}680} + \frac{1{,}000\times 168{,}766}{1{,}000\times 233{,}407} = 0{,}820 < 0{,}958 = 1 - 0{,}042$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y\, N_{Rc}} + \frac{\beta_x\, M_{x\,\max}}{\varphi_L\, M_{Rx}} = \frac{360{,}989}{0{,}631\times 4573{,}680} + \frac{1{,}000\times 168{,}766}{1{,}000\times 233{,}407} = 0{,}848 < 1{,}000 = 1 - 0{,}000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 0,000; xb = 6,280.

- wzdłuż osi Y

$V_R = 0{,}58\, A_V\, f_d = 0{,}58\times 98{,}7\times 295\times 10^{-1} = 1688{,}778$ kN

$Vo = 0{,}3\, V_R = 506{,}633$ kN

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 88{,}179 < 1688{,}778 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

xa = 0,000; xb = 6,280.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 88{,}179 < 506{,}633 = V_o$

$M_{R,V} = M_R = 233{,}407$ kNm

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,\,V}} = \frac{360{,}989}{4573{,}680} + \frac{168{,}766}{233{,}407} = 0{,}802 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

xa = 0,000, xb = 6,280.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$V = 88{,}179 < 1683{,}509 = 1688{,}778\times \sqrt{1 - (\,360{,}989 / 4573{,}680\,)^2}$

$= V_R\sqrt{1-\left(N/N_{Rc}\right)^2} = V_{R,\,N}$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$a_{max} = 4{,}7$ mm

$a_{gr} = l / 250 = 6280 / 250 = 25{,}1$ mm

$a_{max} = 4{,}7 < 25{,}1 = a_{gr}$

Poz. Z3.3 Zakotwienie słupa

Przyjęto zakotwienie słupa konstrukcyjnie wg rys. kontr., na osiem śrub płytkowych (P36) o średnicy ϕ36mm ze stali S355 (18G2A) w fundamencie wykonanym z betonu klasy C20/25 (B25). Moment dokręcenia śrub M_s = 0,50 kNm, wymiary płytki oporowej 20x130x130mm. Grubość blachy podstawy przyjęto równa 50mm ze stali S355 (18G2A). Zaprojektowano 8 żeber usztywniających o wysokości 240mm i grubości 14mm.

Minimalna długość zakotwienia śrub płytkowych l = 0,75m.