

Konstrukcje metalowe

Wykład VIII

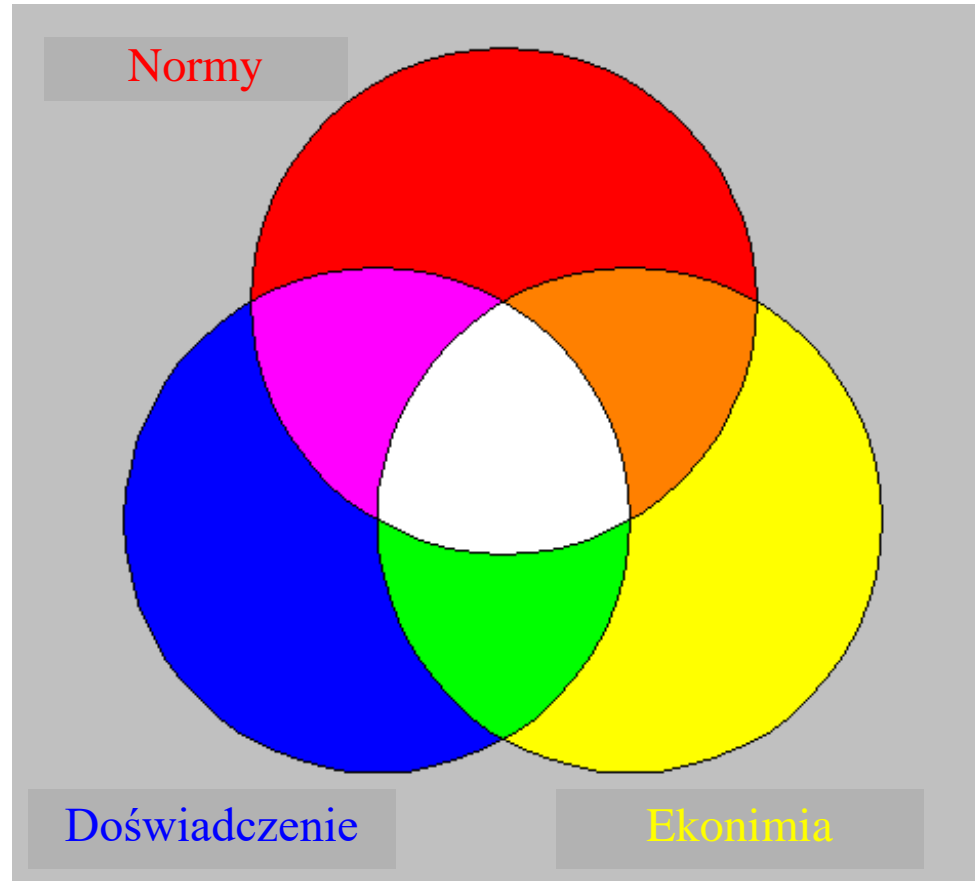
Reguły kształtowania konstrukcji stalowych

Spis treści

Filozofia projektowania	→ #t / 3
Typy i części konstrukcji	→ #t / 6
Pokrycie dachu, obudowa ścian	→ #t / 20
Płatwie	→ #t / 28
Rygielki	→ #t / 42
Stężenia	→ #t / 48
Współczesne kratownice	→ #t / 49
Rygle, belki i słupy	→ #t / 50
Węzły	→ #t / 56
Od hali montażowej do placu budowy	→ #t / 76
Zagadnienia egzaminacyjne	→ #t / 95

Filozofia projektowania

Filozofia projektowania ma związek z trzema sprawami:



Rys: Autor

Normy
Co jest formalnie dopuszczone przez normy?

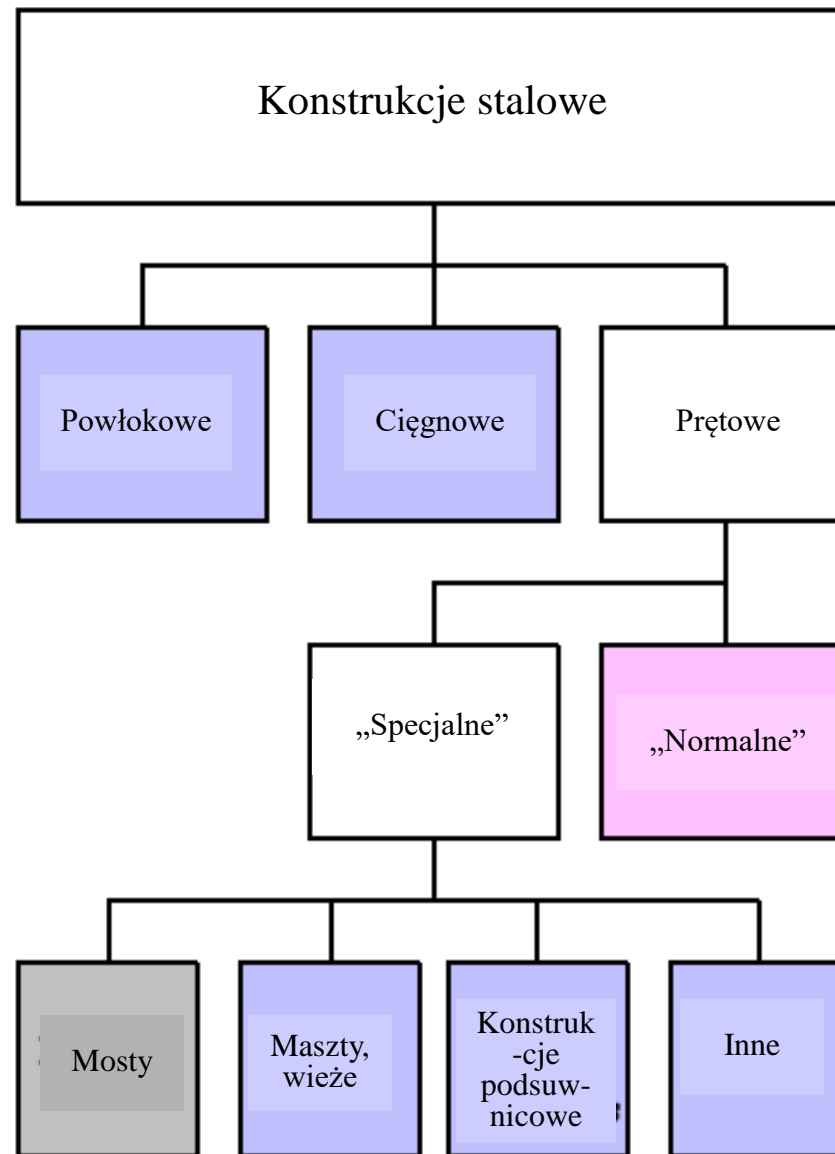
Ekonomia
Co jest najtańsze?

Doświadczenie
Co jest najprostsze / najskuteczniejsze?

Zapisy w normach zmieniały się wraz z rozwojem nauki i technologii

czas	Norma	Uwagi
przed 1980	PN – B / 03200 Starsza wersja	<ul style="list-style-type: none"> • Metoda naprężeń dopuszczalnych (jeden wspólny współczynnik bezpieczeństwa);
1980 – 2005/10	PN – B / 03200	<ul style="list-style-type: none"> • Metoda stanów granicznych; • Rozdzielone współczynniki częściowe bezpieczeństwa (dla materiału i obciążeń); • Rozróżnienie efektów I i II rzędu;
Od 2005/10	Eurokody	<ul style="list-style-type: none"> • Szczegółowe uwzględnienie wpływu imperfekcji; • Sprawdzenie sztywności węzłów; • Szczegółowa analiza nośności węzłów; • Zwiększenie, zgodnie z rozwojem technologii, wytrzymałości obliczeniowej spoin; • Uwzględnienie współpracy obudowy i płatwii; • Rozróżnienie klas konsekwencji CC; • Obligatoryjne użycie MES dla konstrukcji powłokowych CC3;

Typy i części konstrukcji



Rys: Autor

Konstrukcje powłokowe

- EN 1993-3-2
- EN 1993-4-1
- EN 1993-4-2
- EN 1993-4-3

Rys: carrasquilloassociates.com



Rys: wakro.com.pl



Rys: kbpomorze.pl



Rys: iniekt-system.pl



Rys: us.archello.com

Konstrukcje ciągnowe EN 1993-1-11

Maszty i wieże EN 1993-3-1



Rys: wikipedia



Rys: wikipedia



Rys:promag.pl

Estakady podsuwnicowe EN 1993-3-6

Rys:galeria.plock24.pl



Słupy elektroenergetyczne EN 50341-1



Rys: inzynieria.com

Palowanie, ścianki szczelne EN 1993-5

Przekroje zimnogięte EN 1993-1-3



Rys: e-plytawarstwowa.pl



Rys: metroland.com.au

„Zwykłe” konstrukcje stalowe

EN 1993-1-1

EN 1993-1-5

EN 1993-1-8



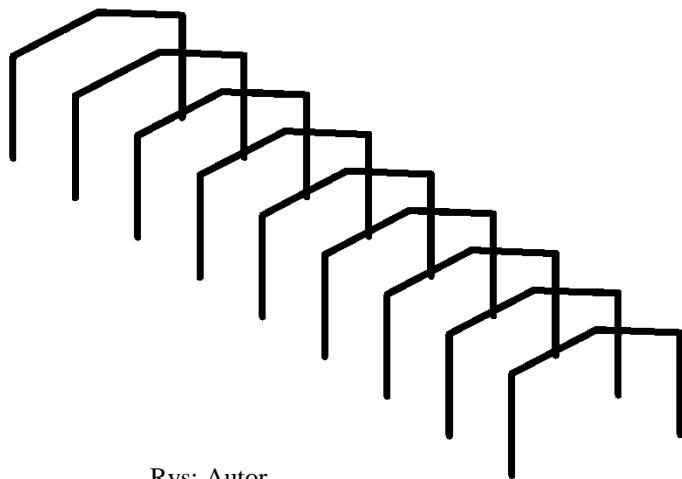
Rys: hale.info



Ρψσ: ωελδον.πλ

Hala: najczęściej spotykany rodzaj konstrukcji stalowej

Hala stalowa: powtarzalny układ sztywnych ram płaskich, połączonych w kierunku podłużnym stężeniami, płatwiami i rygielkami obudowy



Rys: Autor

Rys: traskostal.pl



Rys: weldon.pl



Rys: ekbud.lublin.pl



Dla kilkukondygnacyjnych budynków biurowych preferowane są konstrukcje szkieletowe. Zastosowano niewielką liczbę stężeń dzięki dużej sztywności węzłów i – w kierunku poziomym – stropów.

Rys: rccconcrete.com



Części konstrukcji



Rys: Autor

Każda konstrukcja może być podzielona na trzy części:

- elementy
- połączenia
- węzły

→ #3/ 77

Elementy

Pręty, belki, dźwigary, płatwie, słupy – liczone na poziomie przekroju i poziomie elementu



Rys: Autor



Rys: civildigital.com

→ #3 / 78

(~ 40% obliczeń)

Połączenia

Spoiny i trzpienie śrub – obliczenia na poziomie punktu (spoiny) i przekroju (trzpień śruby – nośność na ścinanie i nośność na rozciąganie).



Rys: Autor



Rys: ceptrofs.civil.tamu.edu



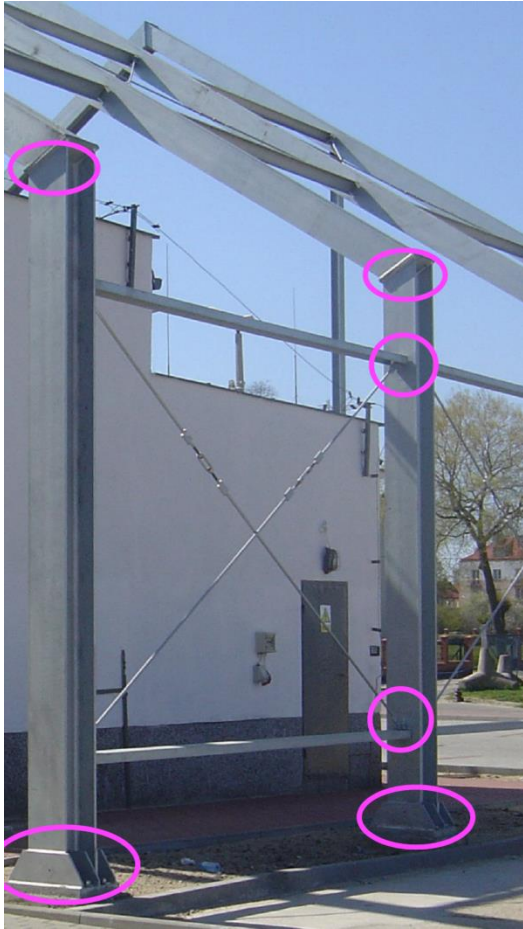
Rys: researchgate.net

(~ 10% obliczeń)

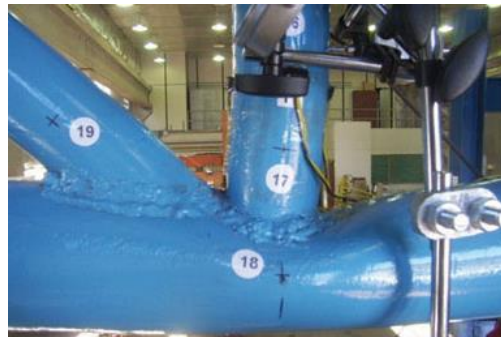
→ #3 / 79

Węzły

Krótki odcinek na końcu elementu, gdzie dochodzi do interakcji elementu z sąsiednim elementem, blachami węzłowymi i trzpieniami śruby. Obliczenia na poziomie przekroju lub elementu.



Rys: Autor



Rys: scielo.br



Rys: ascelibrary.org



Rys: osha.gov

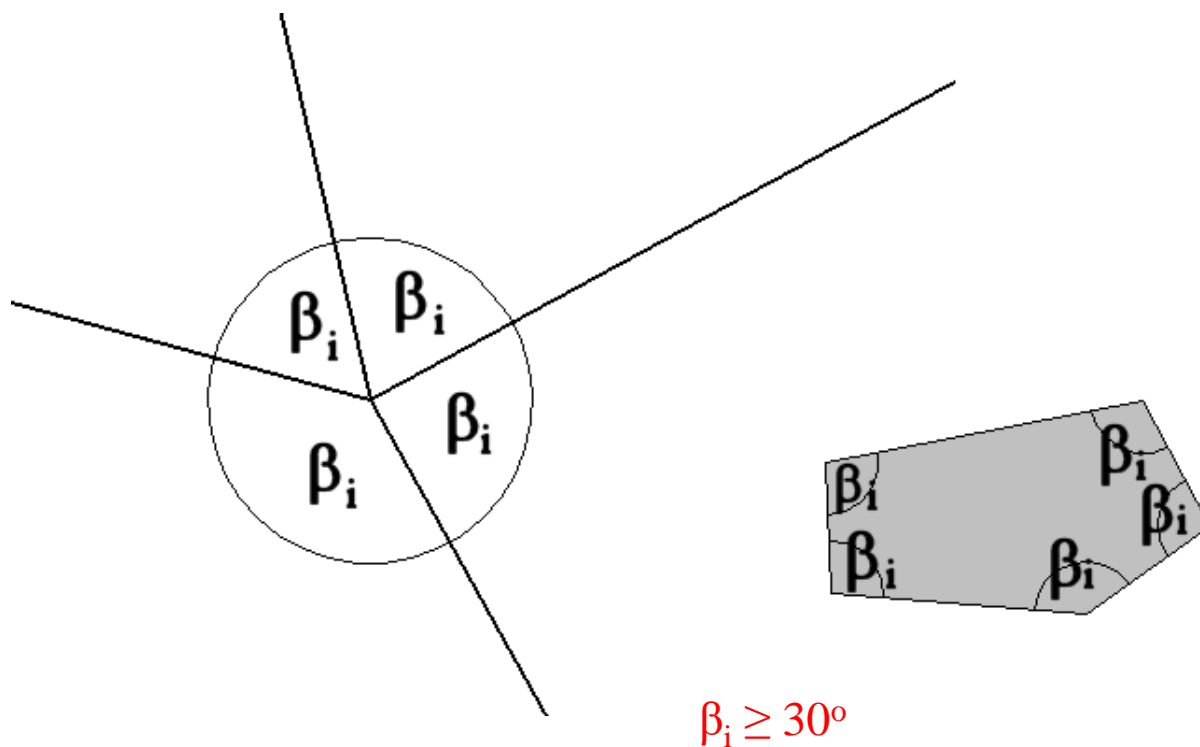
→ #3 / 80

(~ 60% obliczeń)

Zasada ogólna:

kąty między osiami prętów i kąty wewnętrzne blach nie mogą być zbyt małe.

(EN 1090-2)

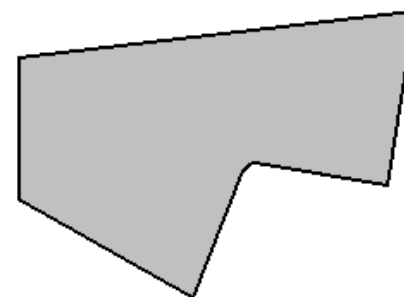
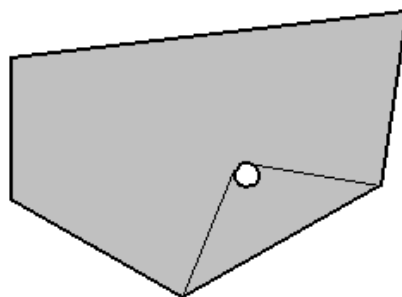
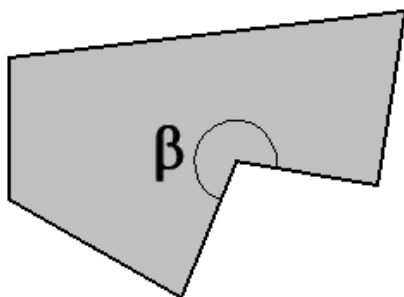


Rys: Autor

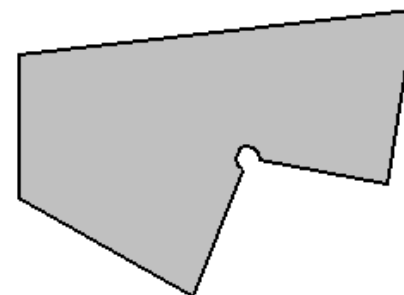
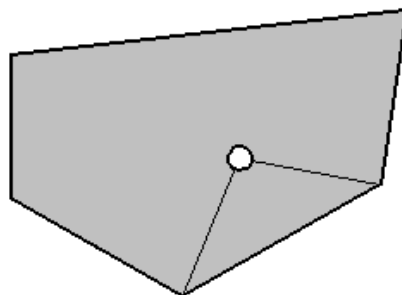
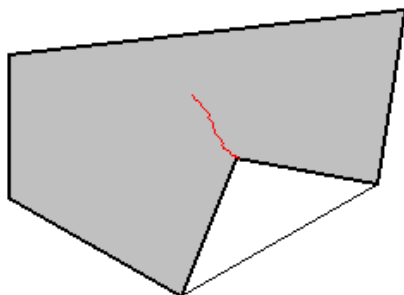
Kąty wklęsłe na blachach muszą być wykonane w specjalny sposób, by uniknąć pęknięcia

(EN 1090-2)

$\beta > 180^\circ$



Dobrze



Dobrze

Źle

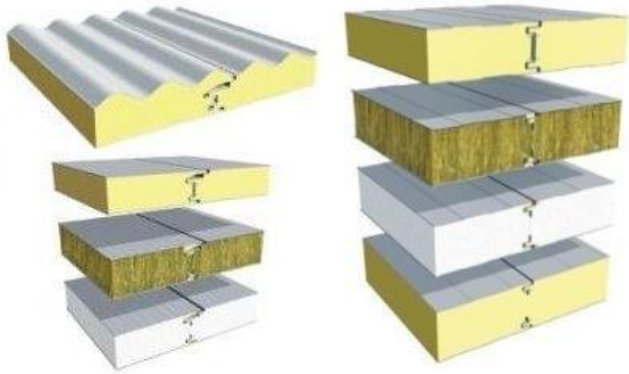
Rys: Autor

Wszystkie konstrukcje omawiane na I stopniu studiów składają się z następujących grup elementów:

- pokrycie dachu, obudowa ścian → #t / 20 - 27
- płatwie → #t / 28 - 41
- rygle → #t / 42 - 47
- stężenia → #t / 48
- kratownice → #t / 49
- belki, dźwigary, słupy → #t / 50 - 55
- węzły → #t / 56 - 75

Pokrycie dachu, obudowa ścian

Płyty warstwowe, panele obudowy lub blachy fałdowe; stalowe lub aluminiowe



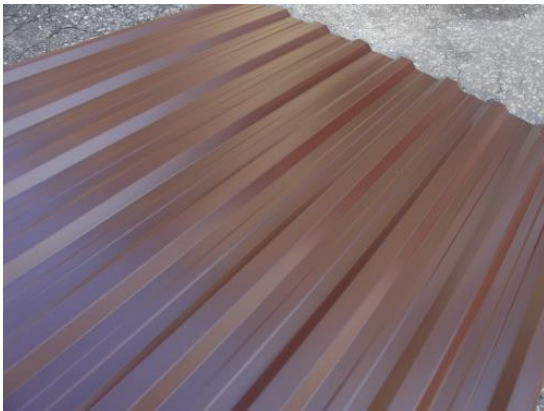
Rys: steelprofil.pl



Rys: pruszynski.com.pl



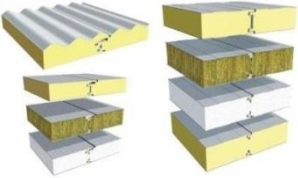



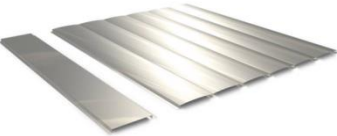








Rys: elewacje-stalowe.pl



Rys: amarodachy.pl



Rys: building.co.uk

	Izolacja termiczna	Fabrycznie wykonane połączenia	Zabezpieczenie płatek i rygli przed niestatecznością wg EN
 <p>Rys: steelprofil.pl</p>			
 <p>Rys: pruszynski.com.pl</p>			
 <p>Rys: amarodachy.pl</p>			 (przez 5 – 10 lat od zamontowania)
 <p>Rys building.co.uk</p>	Oddzielne problemy (ogólnie: odpowiedzialność producenta)		

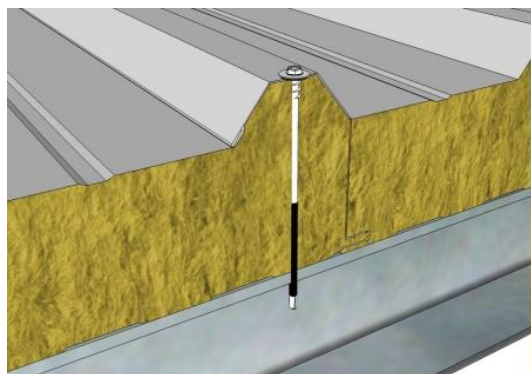
Pokrycie dachu i obudowa ścian może być analizowana na jednym z trzech poziomów dokładności obliczeń:

Poziom	Comments
Tylko ciężar własny	Najprostszy, najpopularniejszy sposób obliczania (każdy typ pokrycia i obudowy)
Ciężar własny + zabezpieczenie płatwi i rygli przed niestatecznością	Zgodnie z EN 1993-1-3 (tylko blachy fałdowe → wyk #10) lub Obliczenia MES bazujące na wynikach eksperymentów (płyty warstwowe, panele obudowy)
Ciężar własny + zabezpieczenie płatwi i rygli przed niestatecznością + współpraca przy przenoszeniu obciążeń	Obliczenia MES bazujące na wynikach eksperymentów (każdy typ pokrycia i obudowy)

Obliczanie pokrycia i obudowy: przyjęcie z katalogów grubości płyt lub grubości blach dla konkretnego rozstawu płatwi i obciążenia.

Grubość rdzenia	Obc. ze względu na	Maksymalne obciążenia, daN/m ² przy rozpiętości przęsła, m														
		2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3
50	nośność	139	107	84	68	57										
	sztynność	100	78	61	48	38										
75	nośność	211	162	128	103	86	72	61	53	46	40	36				
	sztynność	183	148	121	99	82	68	57	48	40	34	29				
100	nośność		283	223	181	149	126	107	93	80	71	63	56	50	45	41
	sztynność		199	166	141	120	102	88	76	66	57	50	44	39	34	30
125	nośność		355	281	227	188	158	134	116	101	89	78	70	63	57	51
	sztynność		265	224	193	166	144	125	109	96	85	75	66	58	52	46
150	nośność			338	274	226	190	162	140	122	107	95	85	76	68	62
	sztynność			284	244	212	186	164	144	128	113	101	90	81	73	65
200	nośność				365	302	254	216	186	163	143	127	113	102	92	83
	sztynność				351	308	273	242	217	194	174	157	142	129	117	107
250	nośność				458	379	318	271	234	203	179	158	141	127	114	104
	sztynność				459	406	361	323	290	263	238	216	197	179	164	151

Rys: pruszynski.com.pl

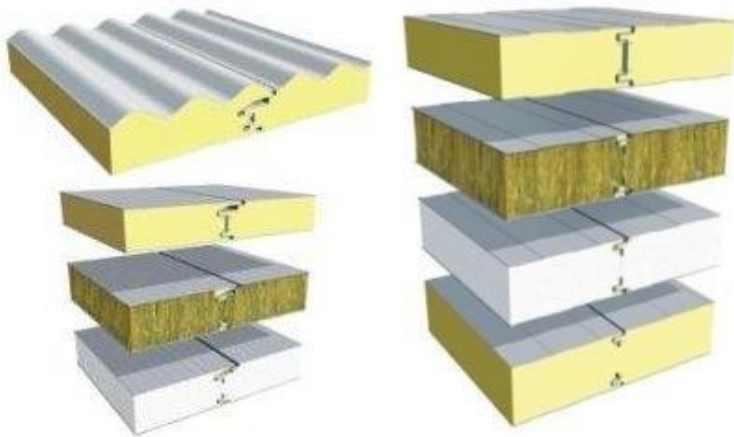


Rys: concretescrews.org

Przy łączeniu pokrycia i obudowy z konstrukcją najczęściej używa się specjalnych śrub samogwintujących.

Rys: plyty-abo.pl

Nowoczesna obudowa – panele – bardzo lekka.



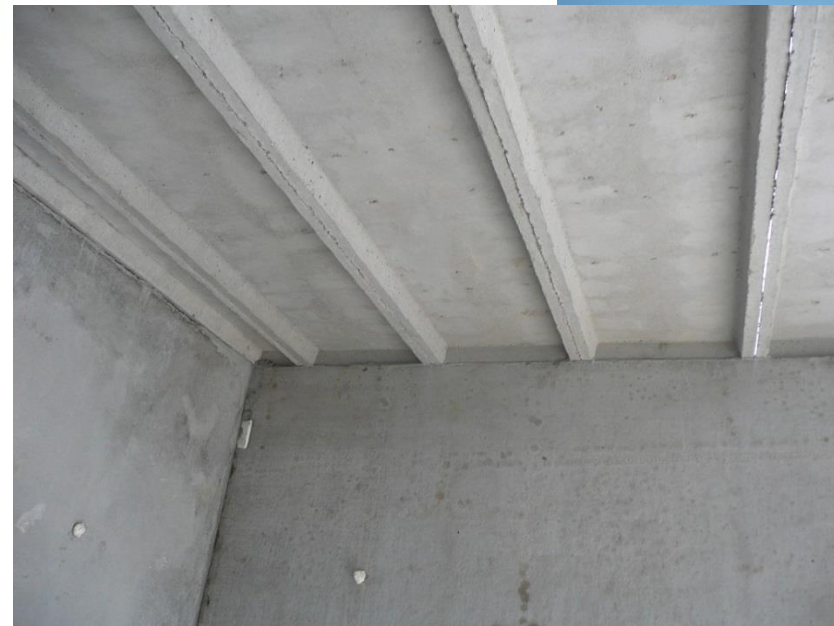
Rys: steelprofil.pl



Rys: fdbogucin.pl



Rys: r3.forconstructionpros.com



Stary typ pokrycia dachu – żelbetowe płyty korytkowe – bardzo ciężki.

Przykład – porównanie obciążeń:

Obciążenie	Stare	Nowoczesne
Obudowa (panele / płyty korytkowe + warstwy dodatkowe)	~ 3,70 kN / m ²	~ 0,15 kN / m ²
Śnieg	~ 1,44 kN / m ²	~ 1,44 kN / m ²
Wiatr	~ 0,60 kN / m ²	~ 0,60 kN / m ²
SUMA	~ 5,74 kN / m ²	~ 2,19 kN / m ²

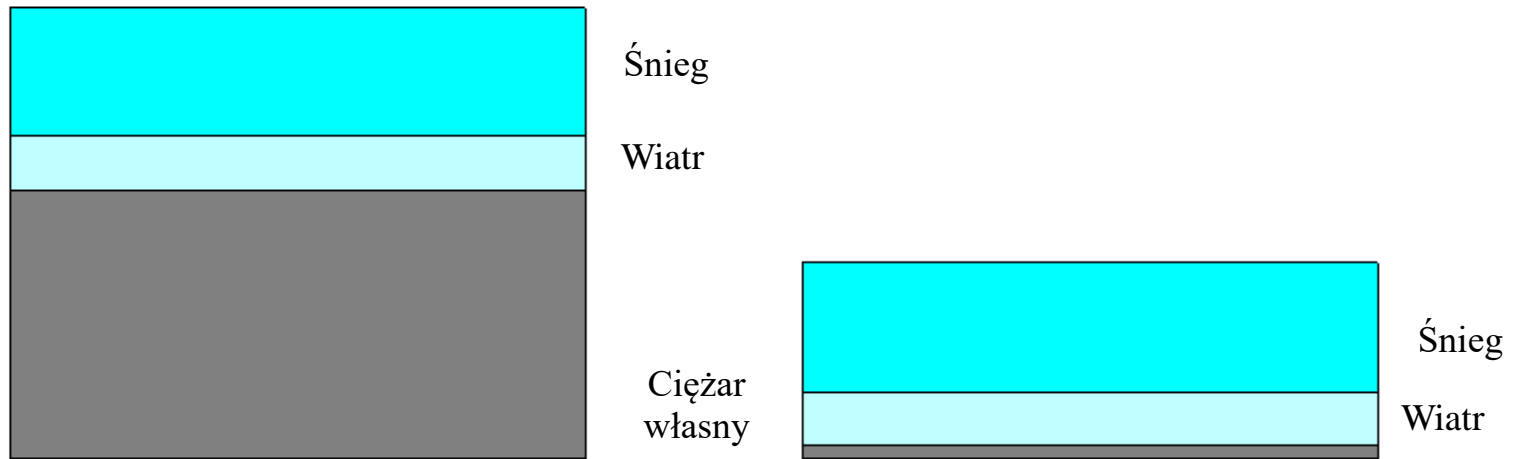
Oczywiście, nowoczesna obudowa jest lżejsza, płatwie mają mniejsze przekroje ciężar własny konstrukcji jest mniejszy, zatem cała konstrukcja będzie tańsza.

ALE...

Śnieg jest obciążeniem klimatycznym; może się zdarzyć że spadnie go więcej niż przewiduje norma.

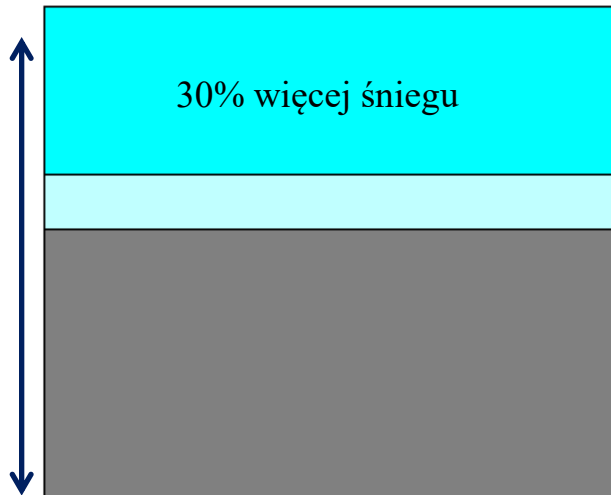
Na przykład: o 30% więcej śniegu.

Obciążenie	Stare	Nowoczesne
Obudowa (panele / płyty korytkowe + warstwy dodatkowe)	~ 3,70 kN / m ²	~ 0,15 kN / m ²
Śnieg + 30%	~ 1,87 kN / m ²	~ 1,87 kN / m ²
Wiatr	~ 0,60 kN / m ²	~ 0,60 kN / m ²
SUMA	~ 6,17 kN / m ²	~ 2,62 kN / m ²

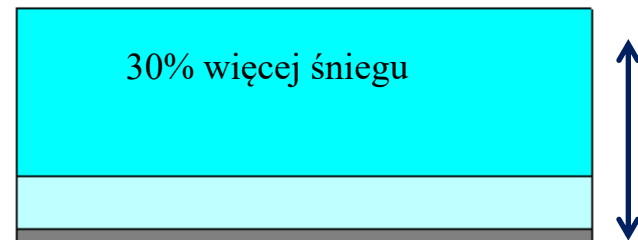


Stary typ dachu jest mniej wrażliwy na nieprzewidziane przeciążenie

7% więcej w całości



20% więcej w całości



Rys: Autor

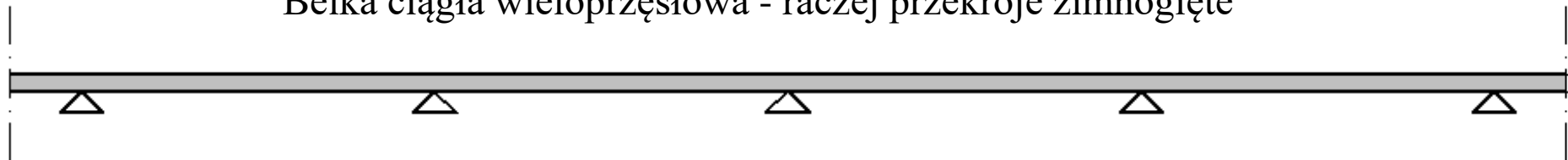
Płatwie

Obciążenia:

- ◆ Ciężar własny obudowy
- ◆ Ciężar własny płatwi
- ◆ Śnieg
- ◆ Wiatr
- ◆ Obciążenie użytkowe dachu
- ◆ Obciążenia termiczne
- ◆ Obciążenia wyjątkowe
- ◆ Obciążenia w trakcie budowy

Schemat statyczny płaty:

Belka ciągła wieloprzęsłowa - raczej przekroje zimnogięte

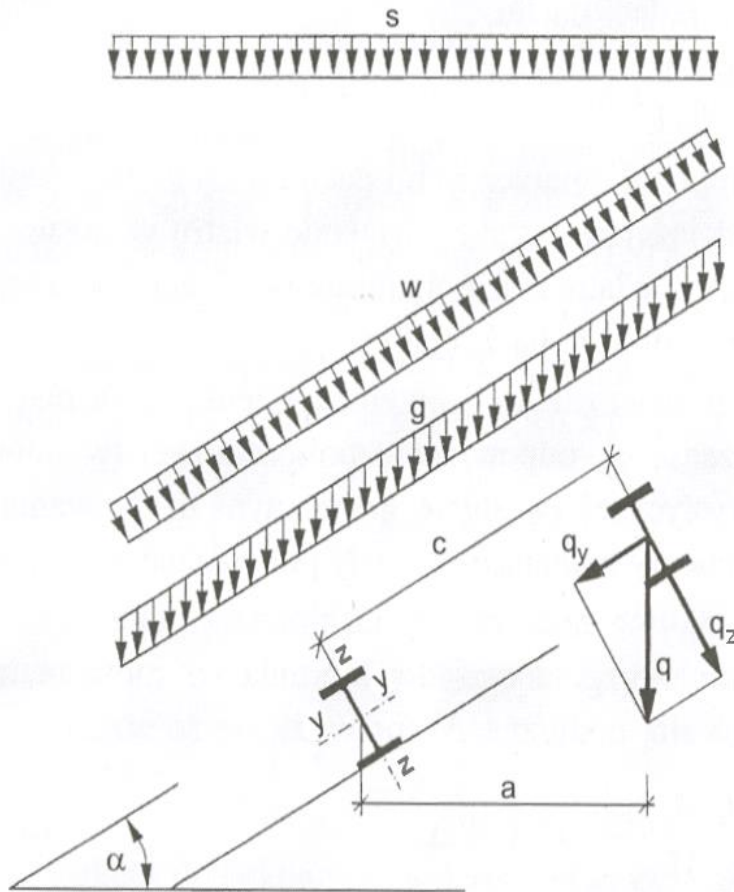


Rys: Autor



Belka jednoprzęsłowa - raczej przekroje gorącowałcowane (zalecane IPE)

Płatwie: zginanie dwukierunkowe i dwukierunkowe ugięcie



Rys: M. Łubiński, W. Żółtowski, Konstrukcje Metalowe t. II, Arkady, Warszawa 2004

Zginanie względem osi silnej (y) - duża wartość wskaźnika wytrzymałości, niezbyt duże wyężenie;
Zginanie względem osi słabej (z) - mała wartość wskaźnika wytrzymałości, duże wyężenie;
wyężenie (z) \gg wyężenie (y)

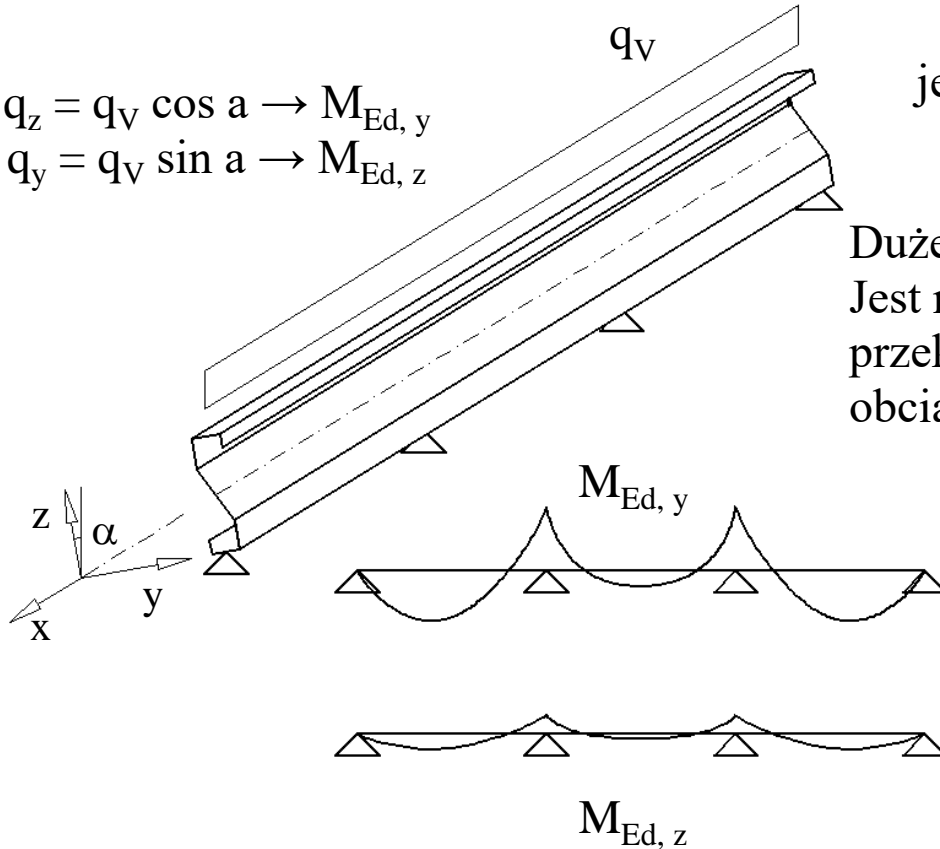
Ugięcie względem osi silnej (y) - duża wartość momentu bezwładności, niewielkie przemieszczenie;
Ugięcie względem osi słabej (z) - mała wartość momentu bezwładności, duże przemieszczenie;
przemieszczenie (z) \gg przemieszczenie (y)

W przypadku płatwi mogą się pojawić dodatkowe siły osiowe.

„Zwykła” płatew – ta sama rozpiętość w obu kierunkach ($l_y = l_z = l$)

$$q_z = q_v \cos \alpha \rightarrow M_{Ed, y}$$

$$q_y = q_v \sin \alpha \rightarrow M_{Ed, z}$$



$$M_{Ed, y} \approx q_z l^2 \quad M_{Ed, z} \approx q_y l^2$$

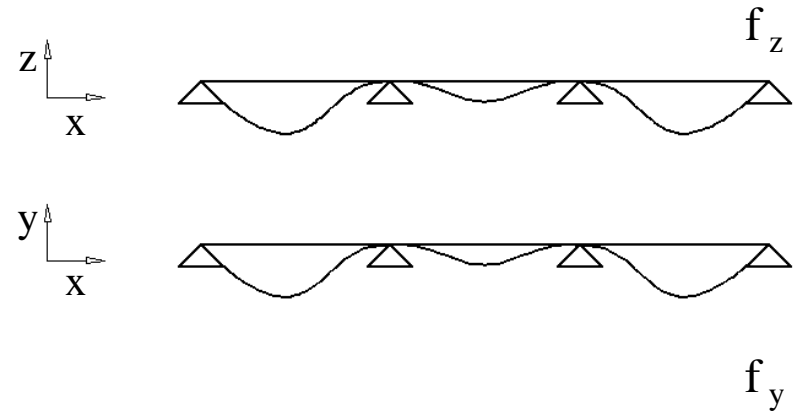
$$q_z < q_y \rightarrow M_{Ed, z} < M_{Ed, y} \quad \text{but}$$

$$J_z \ll J_y \rightarrow W_z \ll W_y \rightarrow M_{Rd, z} \ll M_{Rd, y}$$

jest możliwe, że $M_{Ed, z} / M_{Rd, z} > M_{Ed, y} / M_{Rd, y}$

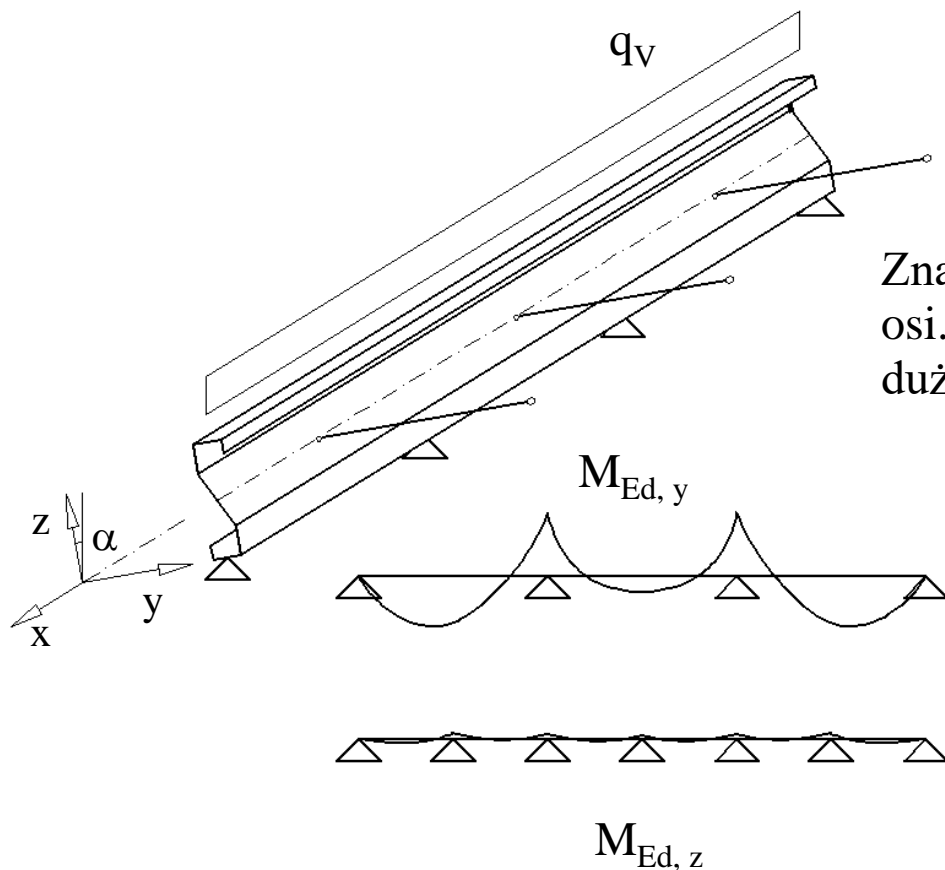
$$f_y \approx q_y l^4 / EJ_z \approx f_z \approx q_z l^4 / EJ_y$$

Duże wyteżenia i duże ugięcia w obu kierunkach.
Jest możliwe, że trzeba będzie przyjąć masywny przekrój z powodu kłopotów z niewielkim obciążeniem na słabej osi.



Rys: Autor

Płatwie podwieszane; podwieszenie – dodatkowa podpora na kierunku y (podparcie dla słabej osi)

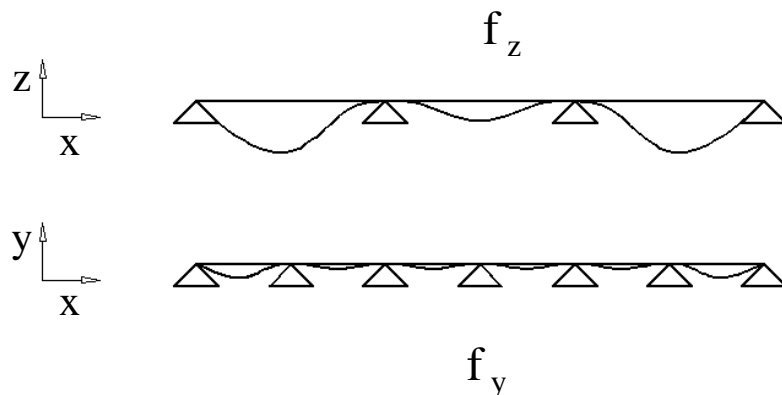


Rozpiętość dla słabej osi $l_1 = l / 2$

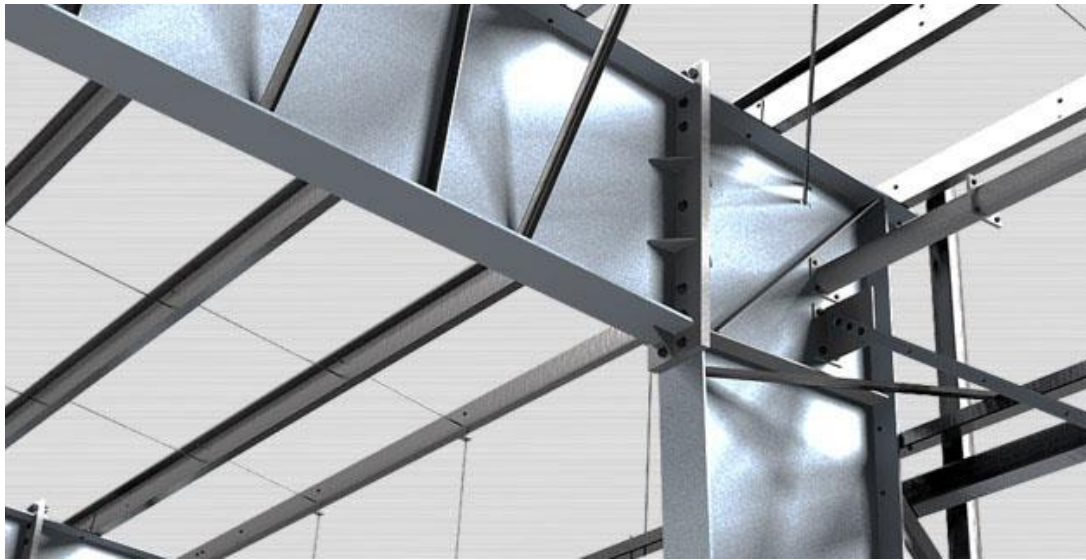
$$M_{Ed, y1} \approx q_z l_1^2 = q_z l^2 / 4 = M_{Ed, y} / 4$$

$$f_{y1} \approx q_y l_1^4 / EJ_z = q_y l^4 / EJ_z / 16 = f_y / 16$$

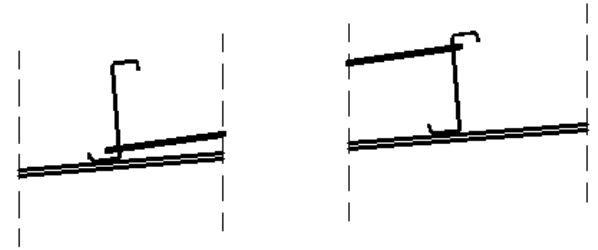
Znacznie mniejsze wyężenia i ugięcia na słabej osi. Znacznie ekonomiczniejsze projektowanie: duże wyężenie na osi silnej, małe na osi słabej.



Rys: Autor

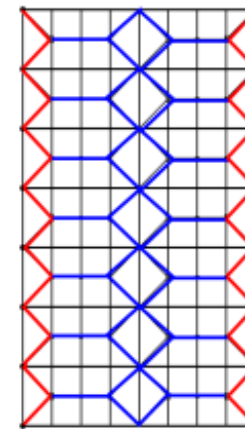
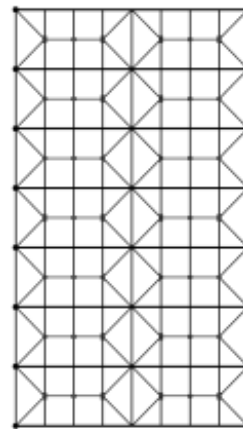


Rys: smodiinfrasteel.com

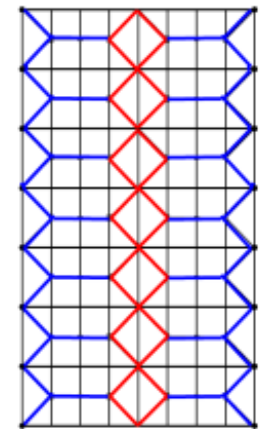


Rys: Autor

Ściskanie i **rozciąganie**
podwieszń przy obciążeniu:



Parciem
wiatru



Ssaniem
wiatru

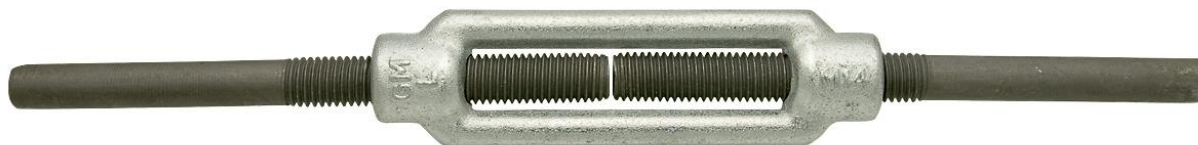
Rys: Autor

W przypadku ściskania wieszaków (pręty okrągłe) dochodzi do ich wyboczenia pod działaniem bardzo niewielkich sił osiowych. Prowadzi to do trwałych deformacji wieszaków i ich trwałego wyłączenia się z pracy.



Rys: A. Biegus, Przyczyny przedawaryjnego stanu technicznego płatewi hali stalowej, Budownictwo i Architektura 12 / 2013, 173-180

Rys: dromet.pl



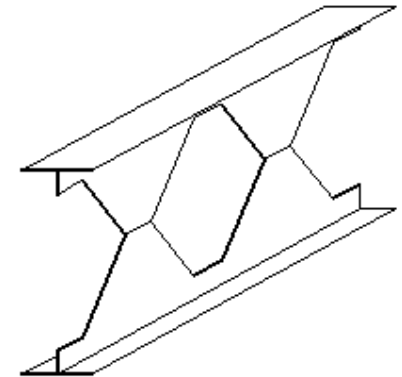
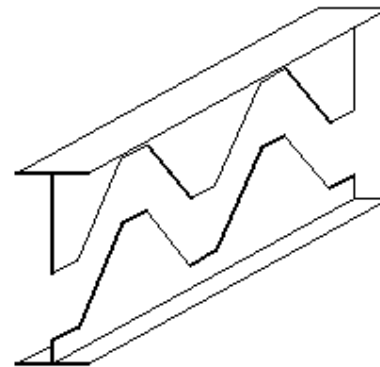
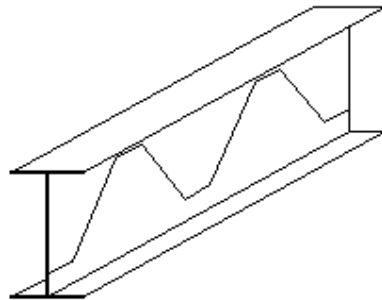
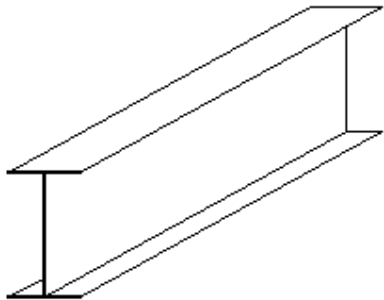
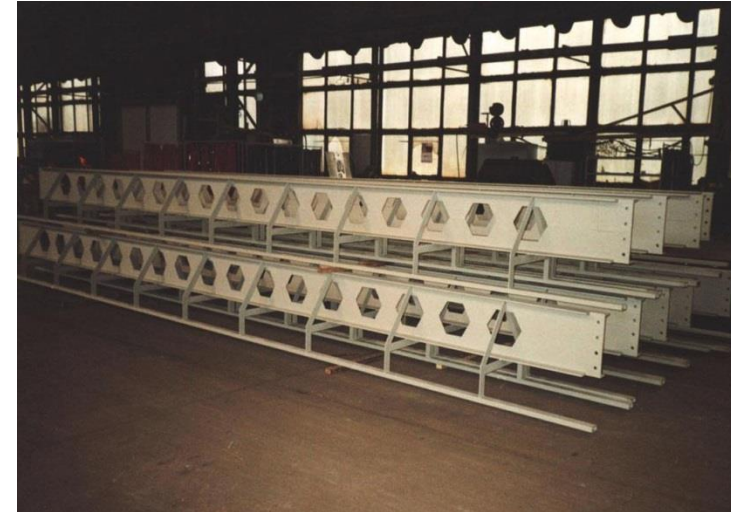
Na wieszaki zakładane są śruby rzymskie dla doprężenia wygiętych prętów

Belki ażurowe

Rys: zremb-wojkowice.pl



Rys: gunungsteel.com

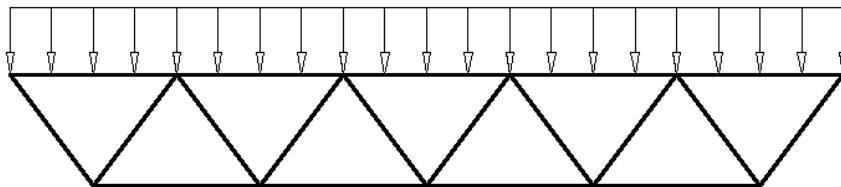
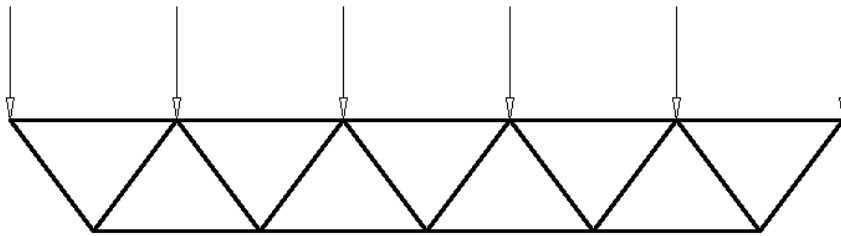


Rys: Autor

Niezmieniony ciężar własny, znacznie większy moment bezwładności i wskaźnik wytrzymałości dla osi silnej, niezmienione charakterystyki dla osi słabej.

Płatwie kratowe

„Zwykłe” kratownice – siły przyłożone są w węzłach.

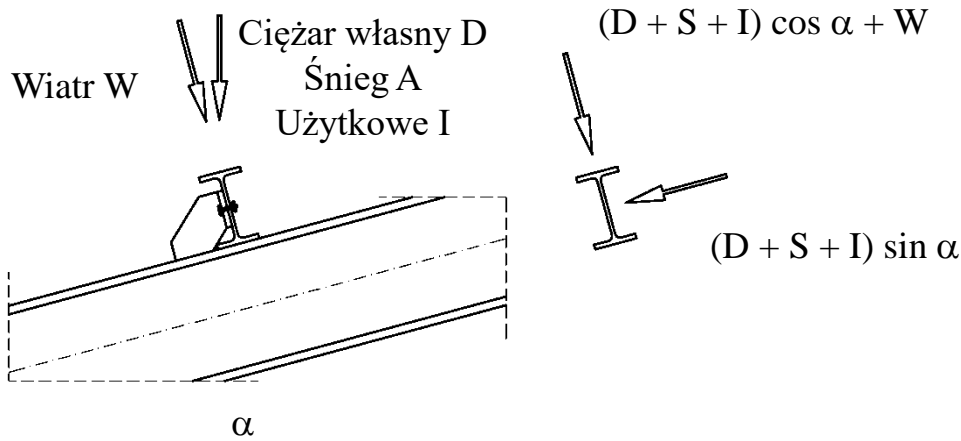


Rys: Autor



Rys: construdare.com

Płatwie kratowe – obciążenie ciągłe przyłożone z pokrycia dachowego do pasa górnego. W pasie górnym zginanie z siłą osiową, pas dolny i wykratowanie to klasyczne pręty kratowe (tylko siła osiowa).



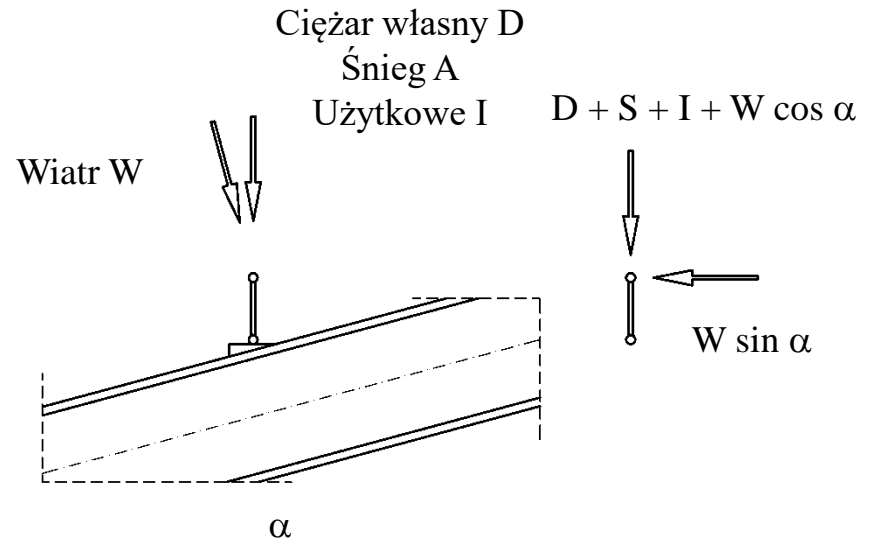
Rys: Autor

Belka dwuteowe; zginanie dwukierunkowe.

Płatew kratowa - siła osiowa














$$W \sin \alpha$$

ma bardzo małą wartość i można ją pominąć. Wszystkie obciążenia działają w płaszczyźnie kratownicy. Potrzebne są dodatkowe klipy dla ustawienia płatwi w płaszczyźnie pionowej.



Rys: Autor

Zalecany typ płatwi w funkcji rozpiętości / odległości między podporami

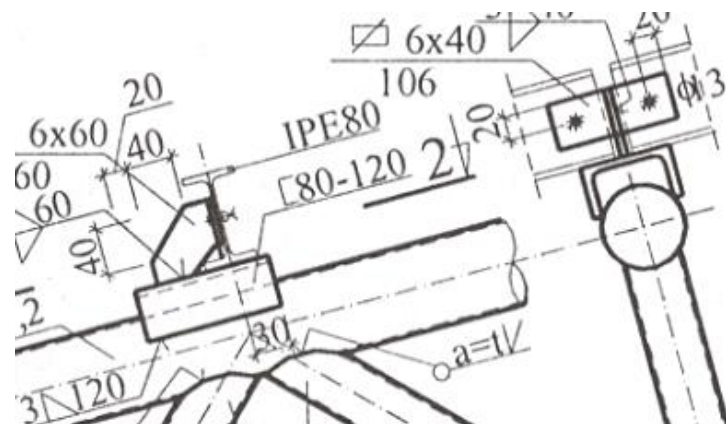
Rozpiętość [m]	Wieloprzęsłowe		Jednoprzęsłowe		
	Zimnogięte	Zimnogięte podwieszane	Grąco walcowane	Ażurowe	Kratowe
< 3					
3 – 4					
4 – 6					
6 – 8					
8 – 12					
12 – 18					
> 18	Rozwiązania specjalne (np. przekrycia strukturalne, II stopień studiów)				



Rys: Autor

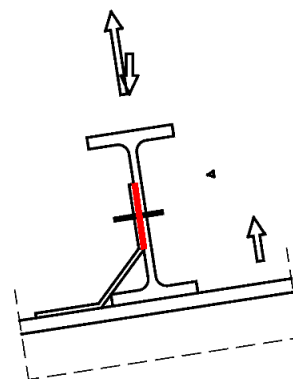
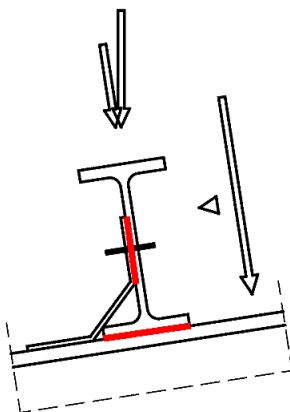
Podparcie płattwii

Goręcowałcowanych



Rys: M. Gwóźdź, M. Maślak, Przykłady projektowania wybranych stalowych konstrukcji prętowych, Politechnika Krakowska 2003

Śnieg + ciężar własny +
parcie wiatru:
przez kontakt między
dolną półką a
dźwigarem; środnikiem i
podpórką

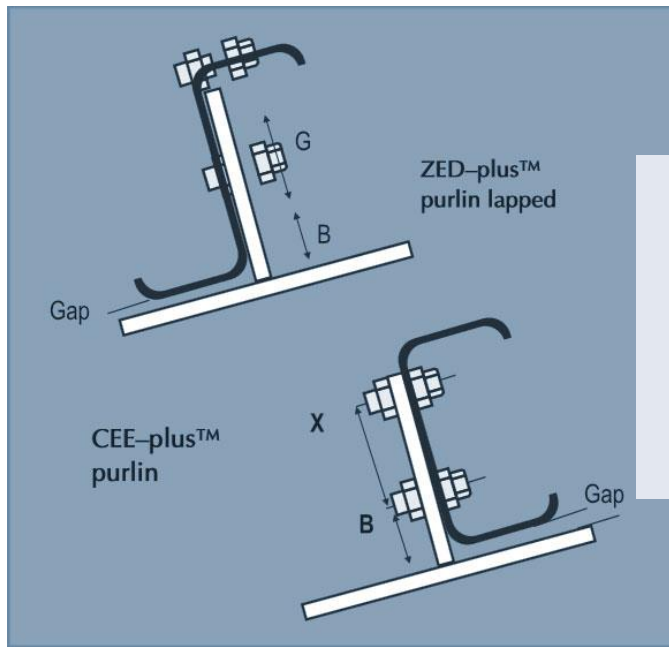


Ssanie wiatru większe
niż ciężar własny:
przez kontakt między
środnikiem i podpórką;
ściananie śruby

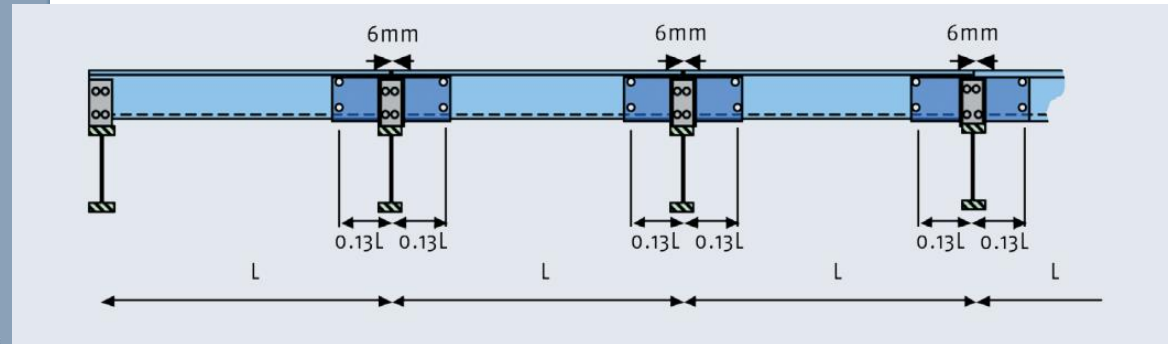
Rys: Autor

5. Zalecenia dla płatwii zimnogiętych

Płatwie zimnogięte są mocowane nad górną powierzchnią dźwigara z niewielką szczeliną. Pozwala to uniknąć kolizji dźwigar-płatew w wyniku imperfekcji zamocowania płatwi, oraz lokalnych deformacji płatwii przy jej dociskaniu do dźwigara. Płatew zimnogięta to przekrój cienkościenny. Nawet niewielkie odkształcenia mogą znacząco zmienić jego przekrój i zmniejszyć nośność na zginanie.

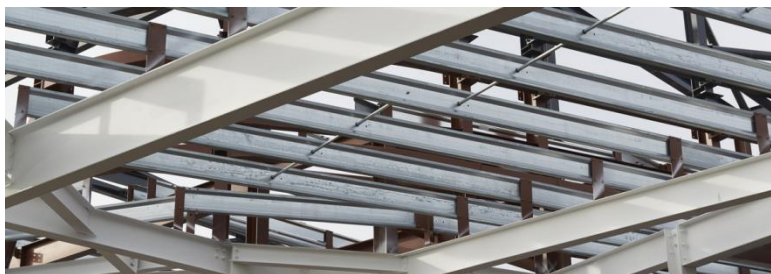


Rys: gscpl.net

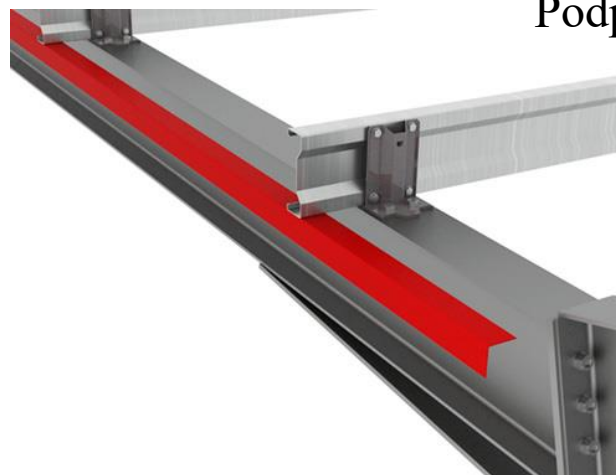


Rys: ruuki.com

→ #6 / 68



Rys: steel.ie

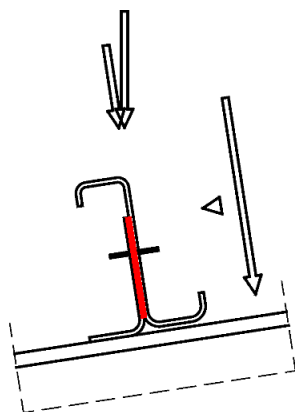


Podparcie płatwii

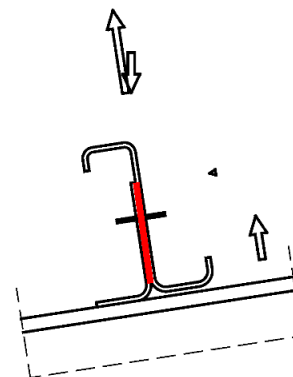
Zimnogiętych

Rys: kingspan.com

Śnieg + ciężar własny +
parcie wiatru:
przez kontakt między
środnikiem i podpórką;
ściananie śruby



Ssanie wiatru większe
niż ciężar własny:
przez kontakt między
środnikiem i podpórką;
ściananie śruby



Rys: Autor

Rygielki obudowy

Obciążenia:

- ◆ Ciężar własny obudowy
- ◆ Ciężar własny rygielków
- ◆ Parcie / ssanie wiatru
- ◆ Obciążenia użytkowe
- ◆ Obciążenia termiczne
- ◆ Obciążenia wyjątkowe
- ◆ Obciążenia podczas budowy



Rys: cobouw.pl

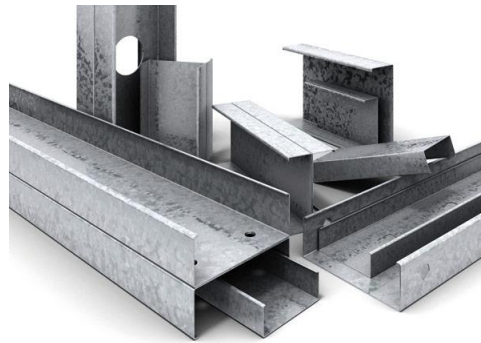
Na rygielki nie działa obciążenie śniegiem – nie muszą być tak masywne jak płatwie.

Rys: newsteelconstruction.com

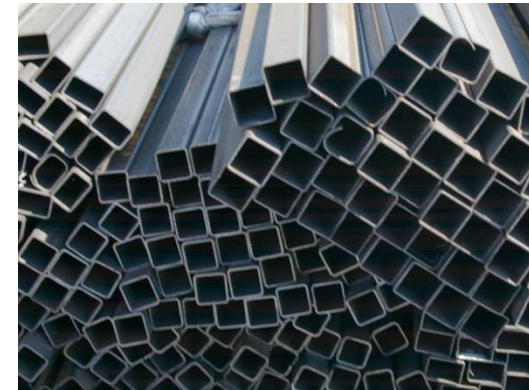
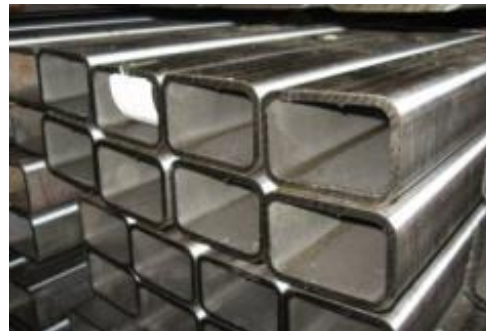
Rys: everfaithsteel.cn

Rys: calgor.com.pl

Elementy poziome

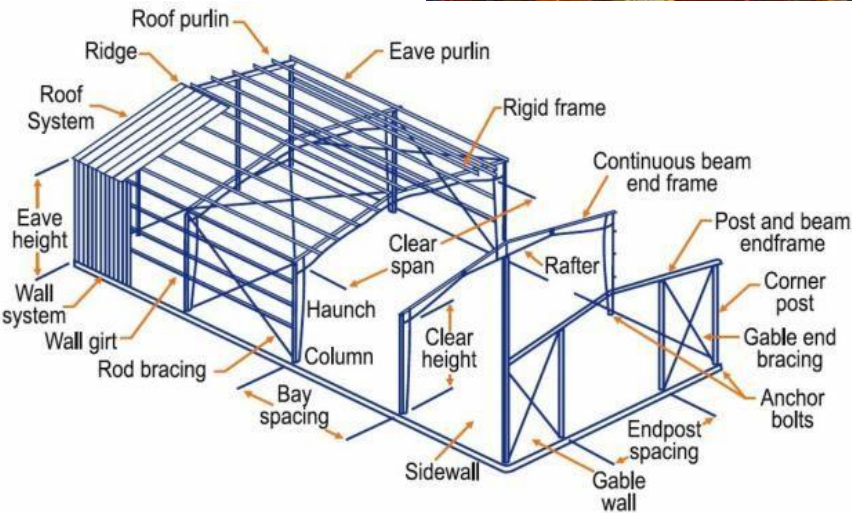


Elementy pionowe
(dodatkowe słupki
obudowy)



Rys: wggstal.pl

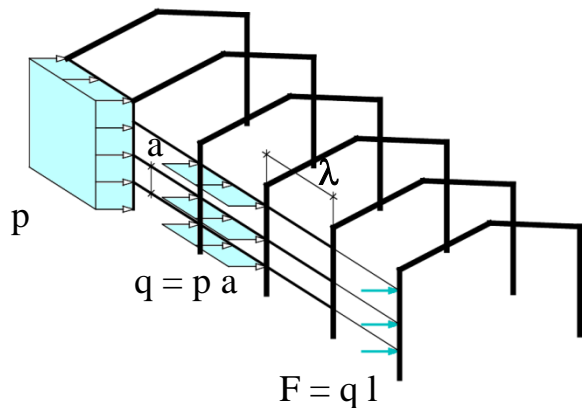
Rys: wistal.pl



Rys: greenterrahomes.com

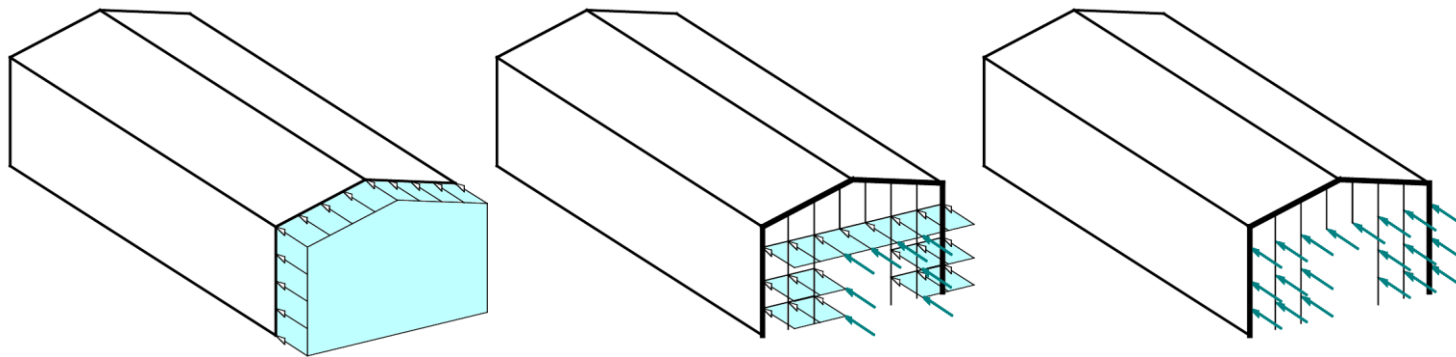
Słupki ścienne, płatwie, stężenia dachu i stężenia ścian bocznych tworzą razem układ przejmujący parcie wiatru na ściany szczytowe. Słupki ściany szczytowej, płatwie i stężenia dachowe powinny łączyć się w tych samych punktach. Podobnie rygielki ściany szczytowej i bocznej.

Rys: Autor



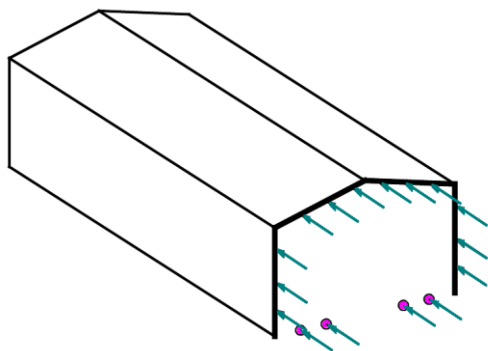
Parcie wiatru na ściany boczne (p , [kN / m^2]): obudowa jest oparta na rygielkach; obciążenie z obudowy działa na rygielki jako obciążenie ciągłe (q , kN / m). Rygielki są zginane (jedno lub dwuosiowo). Obciążenie z rygielków jest przekazywane na kolumny jako siły skupione w punktach połączenia rygielków i słupów.

Rys: Autor

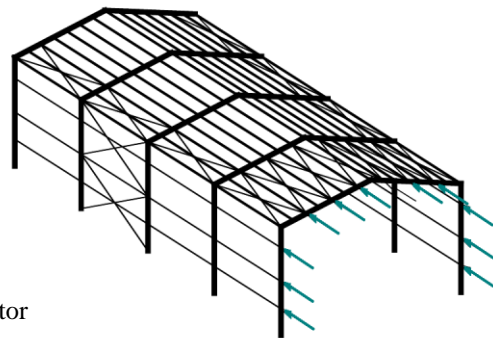


Parcie wiatru na ściany szczytowe: takie samo przeliczenie $p \rightarrow q \rightarrow F$. Siły są przyłożone do ram głównych (prostopadle do ich płaszczyzny) i do słupków w ścianach szczytowych. W przypadku drzwi (w ścianie szczytowej / bocznej) parcie wiatru na drzwi ostatecznie przekłada się na obciążenie rygielków i słupków.

Rys: Autor

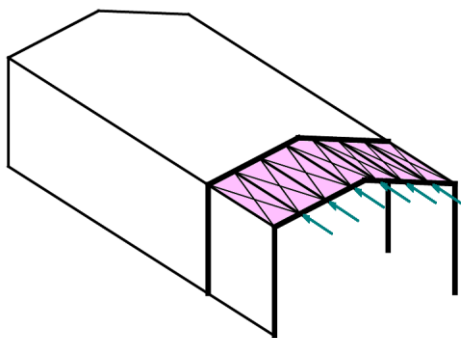


Obciążenie przyłożone do słupków ściany szczytowej przekazywane jest na fundamenty słupków i ramy główne, prostopadłe do ich płaszczyzny. Potencjalnie wywołuje do dwukierunkowe zginanie rygli dachowych i słupów ram głównych.



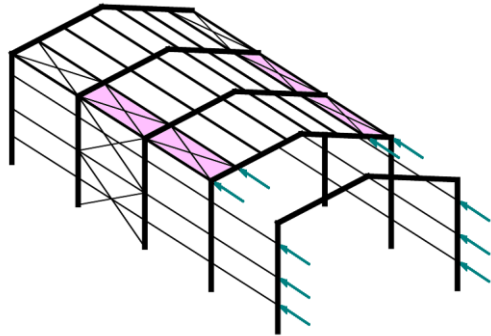
Ramy główne są podparte w kierunku prostopadłym stężeniami, płatwiami i rygielkami ścian bocznych. To zapobiega dwukierunkowemu zginaniu ram głównych.

Rys: Autor



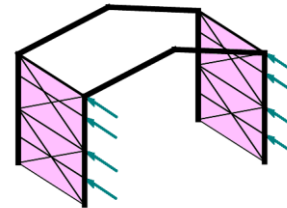
Stężenia dachowe i płatwie tworzą razem specyficzną kratownicę poziomą. Rygle dachowe są jej pasami. W efekcie obciążenie ze ściany szczytowej, przyłożone do takiej kratownicy, spowoduje powstanie dodatkowych sił osiowych w dźwigarach dachowych i płatwiach.

Rys: Autor



Dach: obciążenia są przekazywane wzdłuż hali przez stężenia połaciowe podłużne..

Ściany boczne: obciążenia są przekazywane wzdłuż hali przez rygielki obudowy..



Rys: Autor

Ostatecznie oba rodzaje obciążeń są przejęte przez stężenia ścian bocznych, tworzące specyficzne kratownice pionowe. Słupy ram głównych są ich pasami. W zależności od położenia stężeń pionowych jest możliwe lokalne zginanie dwukierunkowe słupów, jeśli rygielki przejmujące obciążenia nie będą umieszczone w węzłach kratownic pionowych.

Stężenia (→ wyk #10)



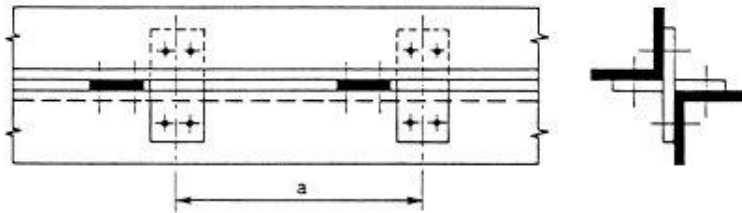
Rys: calgor.com.pl



Rys: rafstal-inox.pl



Rys: rafstal-inox.pl



Rys: EN 1993-1-1 fig. 6.13



Rys: stalhart.pl

Współczesne kratownice

(→ wyk #9)

Pasy: dwuteowniki goręcowałcowane lub rury

Skratowanie: rury

Wszystkie elementy I lub II klasy przekroju



Rys: wikipedia

Rygle, belki, słupy (→ wyk #11-13)



Rys: metroland.com.au

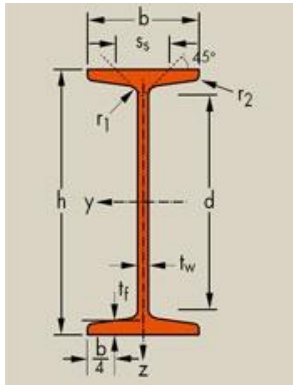


Rys: traskostal.pl

Goręcownicowane:

I H

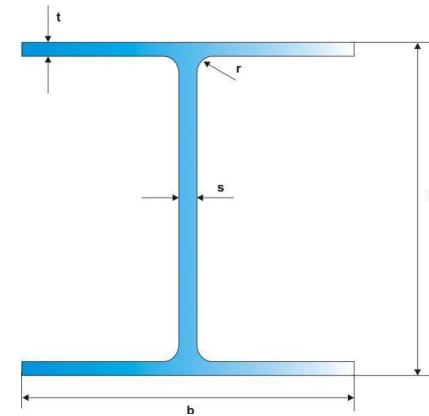
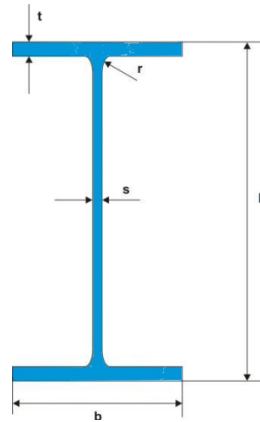
Rys: optimax.pl



IP

→ #1 / 71

HE



IPN

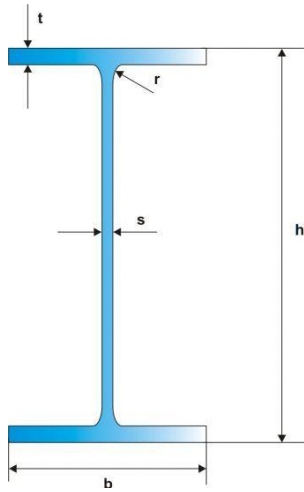
IPE, IPE-A, IPE-AA IPE-O

HEB, HEA, HEAA, HEM

Rys: hmsteel.pl

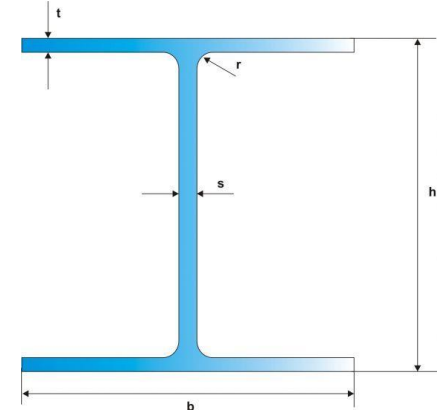
Rys: hmsteel.pl

Rys: hmsteel.pl













Proporcje przekroju

Rys: hmsteel.pl



Przekrój	J_z / J_y	
	100 - 300	> 300
IP	$\sim 1 / 13$	$\sim 1 / 13 - 1 / 30$
HE	$\sim 1 / 3$	$\sim 1 / 3 - 1 / 40$

Jaki rodzaj przekroju zalecany dla jakiego obciążenia:

	IP	HE
N_{Ed}		
$M_{y, Ed}$		
$M_{z, Ed}$		
$M_{y, Ed} + M_{z, Ed}$		
$N_{Ed} + M_{y, Ed}$		
$N_{Ed} + M_{z, Ed}$		
$N_{Ed} + M_{y, Ed} + M_{z, Ed}$		

Ramy hal stalowych



Rys: setrometalgroup.com



Rys: traskostal.pl

$L < 25 - 30 \text{ m}$ → dwuteowniki gorącowalcowane IP

$L > 25 - 30 \text{ m}$ → dwuteowniki spawane IK

Ramy szkieletowe (ramy 3d)



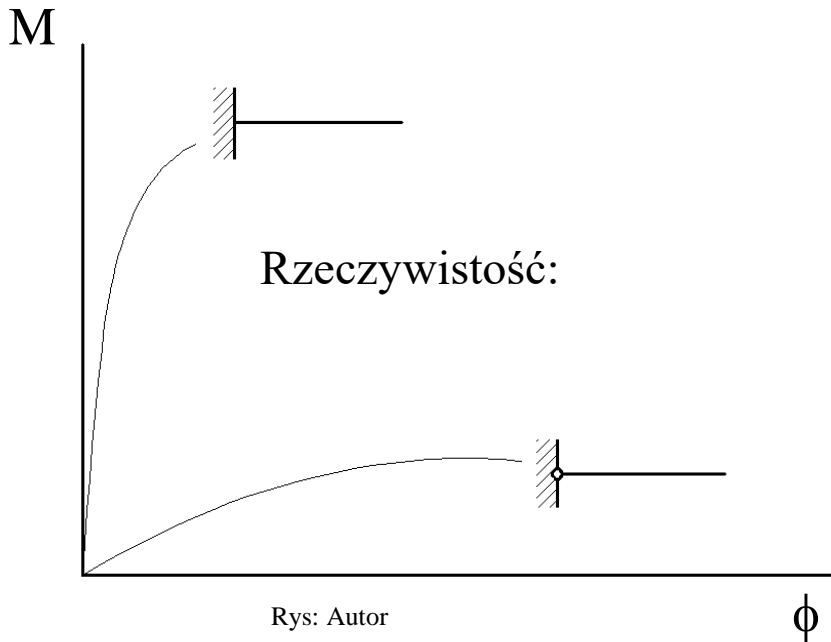
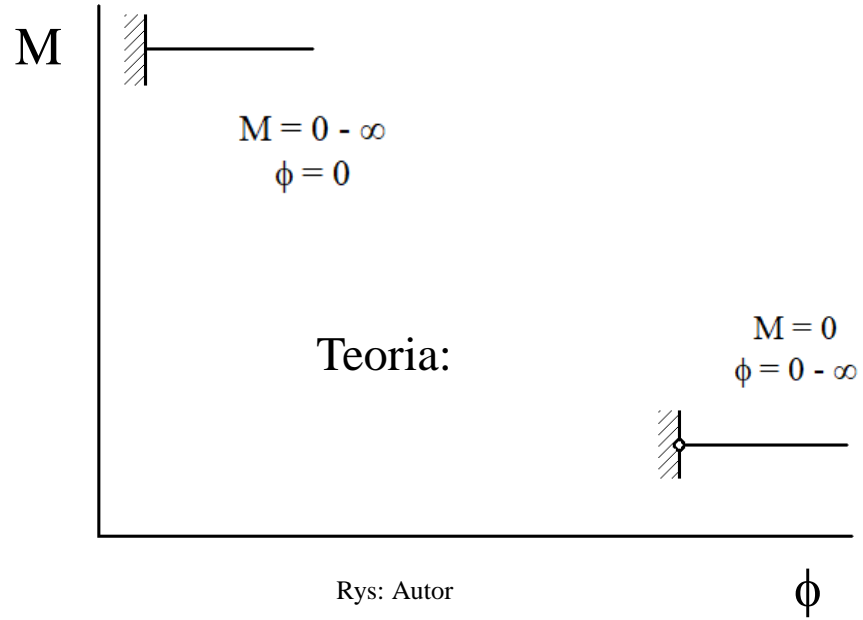
Rys: metroland.com.au

Rygle, belki → gorącowalcowane IP, spawane IK

Słupy → gorącowalcowane IP, HE, spawane IK, HK

Węzły

Dla węzłów ważna jest ich sztywność (zależność $M-\phi$)



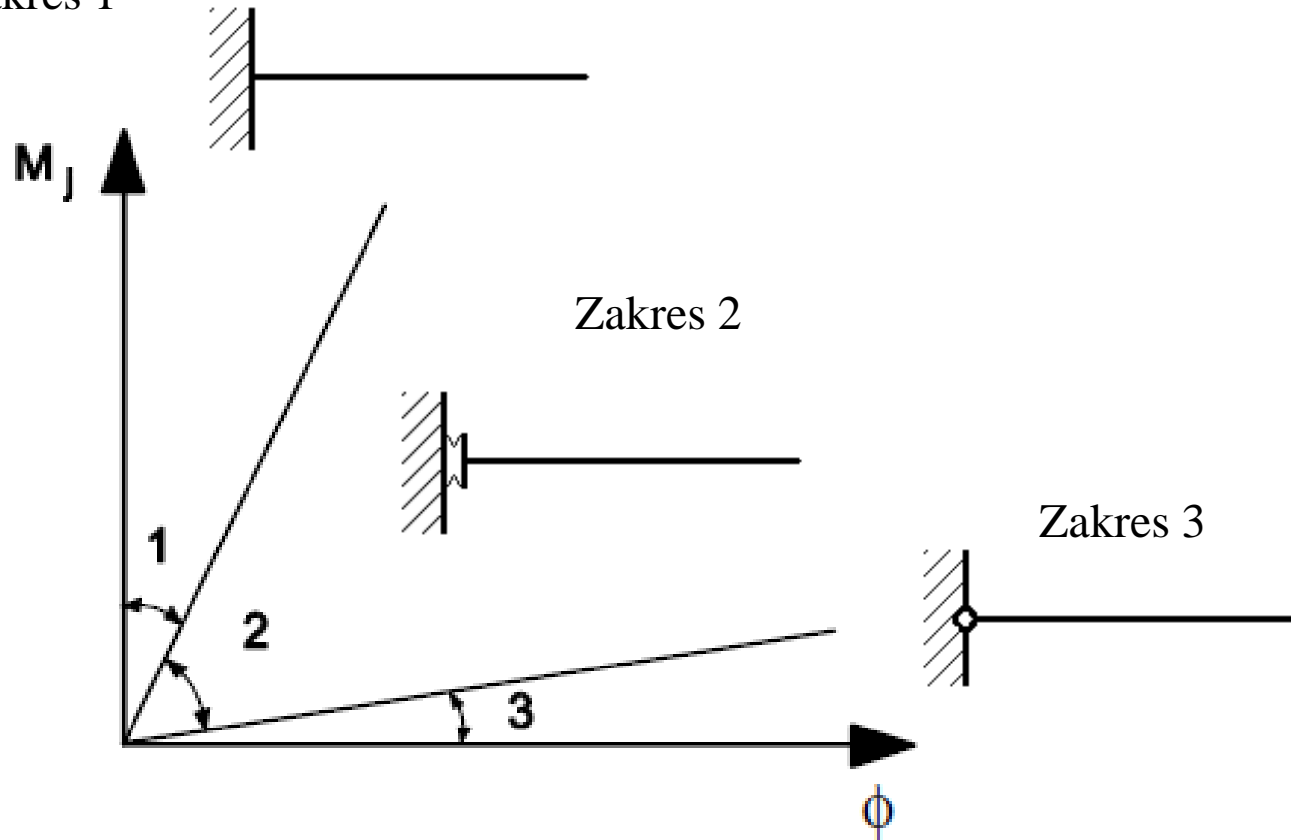
Obliczenia: (→ wyk. # 14, 15)

Jakie są granice między 1 i 2 oraz 2 i 3?

Jaka jest sztywność analizowanego węzła?

Co wynika z nałożenia granic na wykres sztywności?

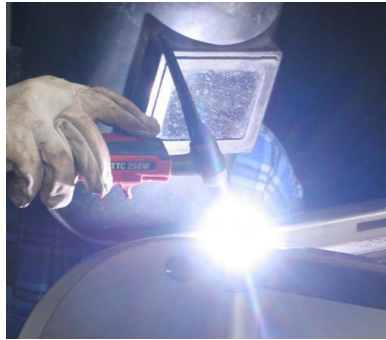
Zakres 1



Rys: Autor

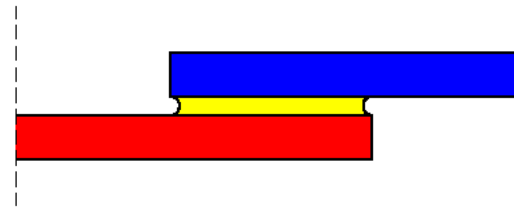
Rys: EN 1993-1-8 fig 5.4

Połączenia quasi-spawane (→ wyk # 16, 17)



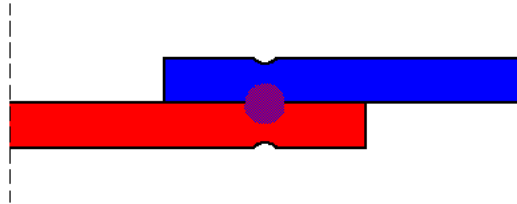
Rys: stelmet.net

Lutowanie - sklejenie przez obcy metal (lut)



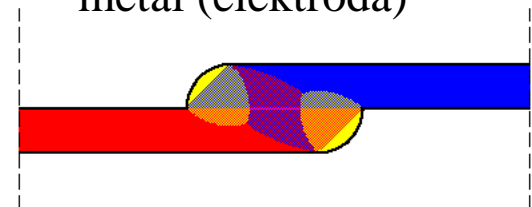
Rys: Autor

Zgrzewanie - wzajemne przetopienie elementów



Rys: Autor

Spawanie - wzajemne przetopienie i obcy metal (elektroda)

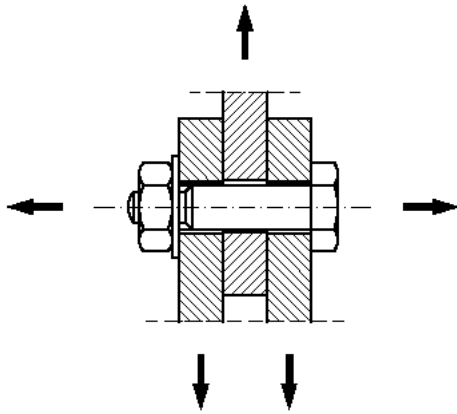


Rys: Autor

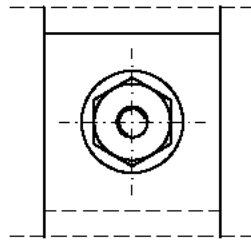
Połączenia trzpieniowe (→ wyk # 18)



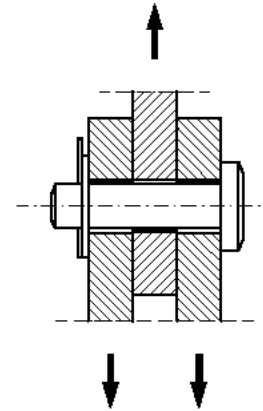
Rys: ventia.pl



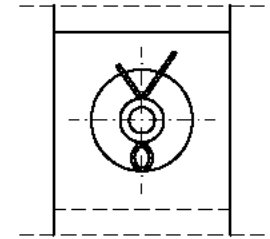
Rys: Autor



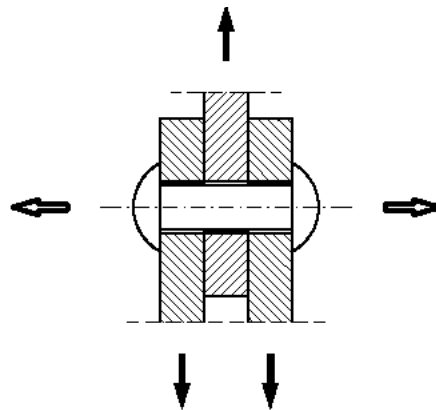
Śruby



Rys: Autor



Sworznie



Rys: Autor

Nity

Wady i zalety połączeń

	Śrubowe	Spawane	Str.
Wpływ pogody	😊	😞	#t / 61
Kwalifikacje robotników	😊	😞	#t / 62 – 63
Połączenie z innymi materiałami	😊	😞	#t / 64
Możliwość rozebrania	😊	😞	#t / 65
Niezależność od elektryczności	😊	😞	#t / 66
Zniszczenie pokryć antykorozyjnych	😊	😞	#t / 67
Wpływ na właściwości mechaniczne materiału	😊	😞	#t / 68
Naprężenia i odkształcenia resztkowe	😊	😞	#t / 69
Zagrożenie pożarowe	😊	😞	#t / 70
Dowolność wzajemnego położenia elementów	😞	😊	#t / 71 – 73
Jednorodność połączenia	😞	😊	#t / 74
Czas wykonania	😞	😊	#t / 75

Pogoda

Jakość pracy jest dużo istotniejsza dla połączeń spawanych, niż śrubowych.



Rys: kobieta.onet.pl



Rys: pytamy.wp.pl



Rys: blog-medyczny.pl



Zła pogoda wpływa w istotny sposób na jakość pracy ludzi, zatem i na jakość połączeń. Połączenia śrubowe są dużo mniej wrażliwe na niedokładności w pracy.

Kwalifikacje robotników

Każdy potrafi włożyć śruby w otwór i dokręcić je...



Rys: metalmeet.com

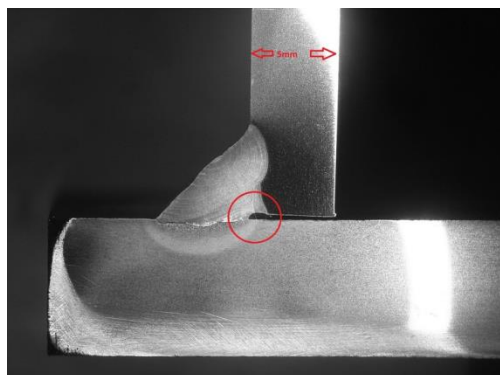
...ale bardzo niewielu ludzi wie, jak wykonać spoiny o dobrej jakości.



Rys: weldreality.com



Rys: weldreality.com



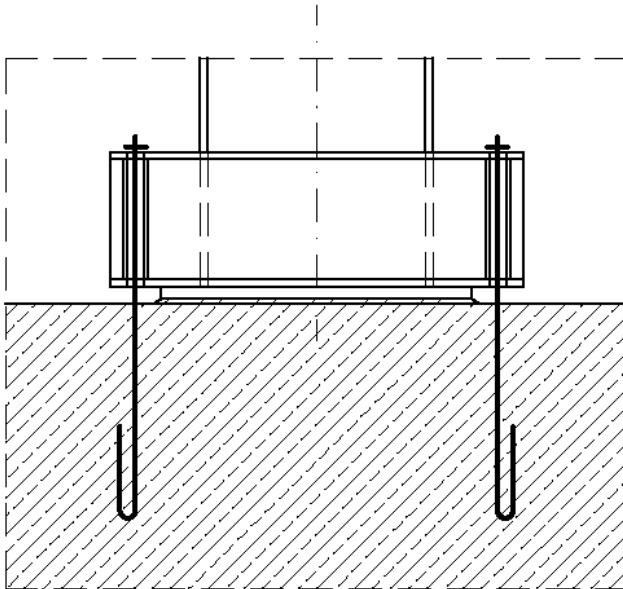
Rys: weldingtipsandtricks.com



Rys: bbs.homeshopmachinist.net

Inny materiał

Nie da się przyspawać stali do betonu. Możliwe jest tylko połączenie na śruby.



Rys: Autor



Rys: civil-engg-world.blogspot.com

Rozbiórka

W przypadku połączeń śrubowych, konstrukcję można bez jej uszkodzenia rozebrać na części składowe i ponownie zmontować w innym miejscu. W przypadku połączeń spawanych, demontaż nie jest możliwy bez zniszczenia (np. pocięcia) elementów.



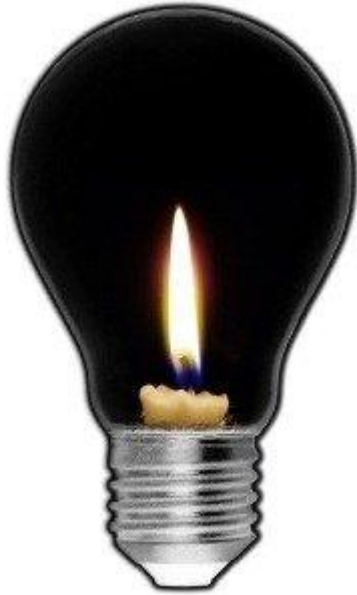
Rys: panoramasilesia.pl



Rys: stockfresh.com

Zasilanie

Nie możemy spawać bez źródeł zasilania. Natomiast do dokręcania śrub zasilanie nie jest konieczne.



Рψс: θυορα.χομ

Rys: narzedzia.pl



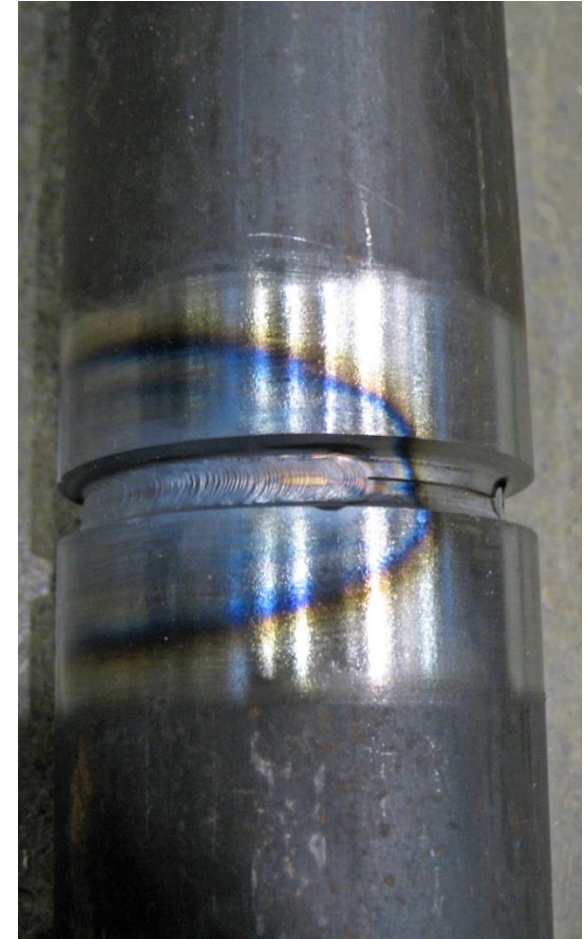
Rys: stelmet.net

Powłoki antykorozyjne

Wysoka temperatura przy spawaniu niszczy powłoki.



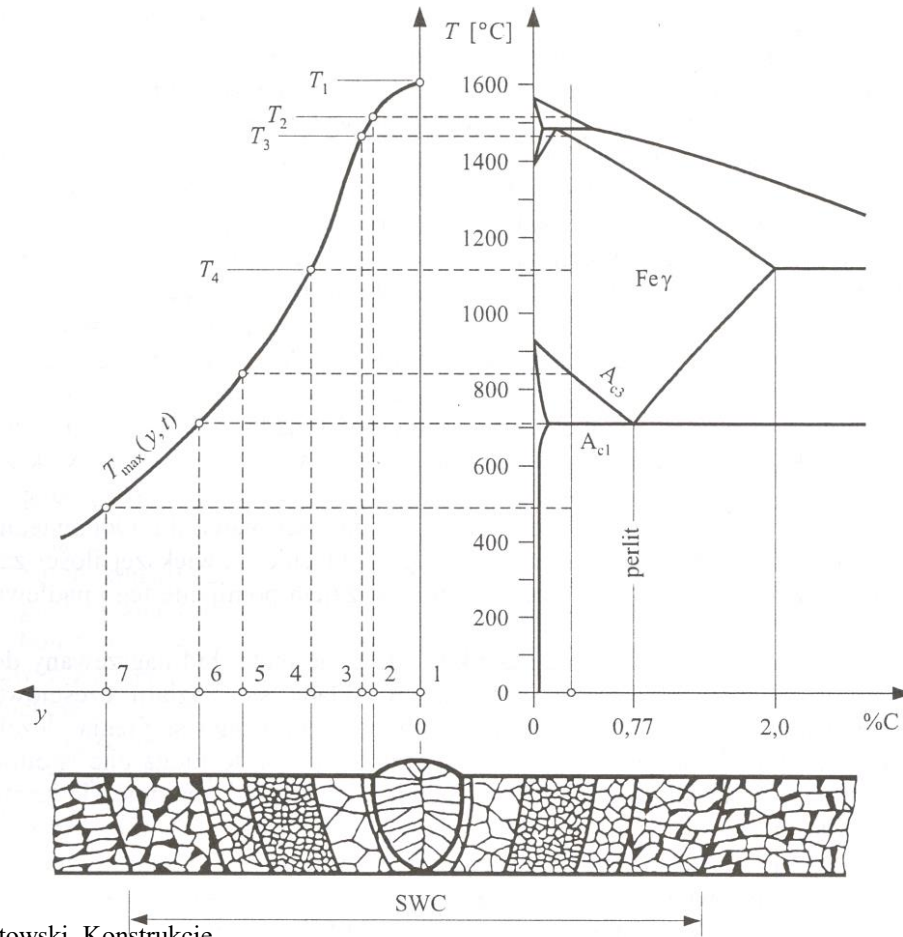
Rys: archinect.com



Rys: wikipedia

Właściwości mechaniczne

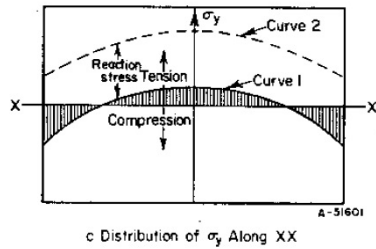
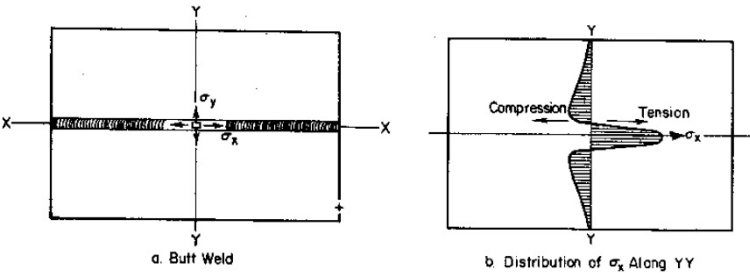
Temperatura całkowicie zmienia budowę krystaliczną w spoinie i jej sąsiedztwie.



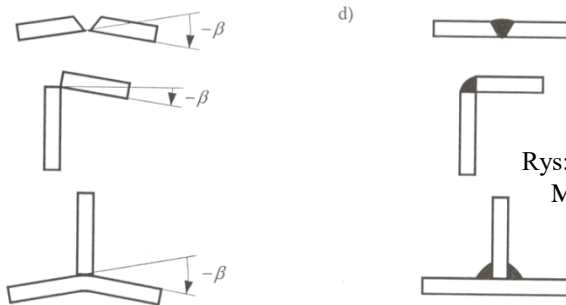
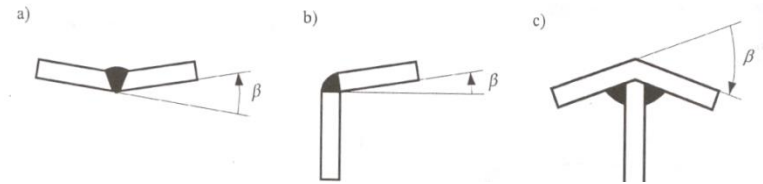
Rys: M. Łubiński, W. Żółtowski, Konstrukcje Metalowe t. II, Arkady, Warszawa 2004

Naprężenia i odkształcenia (→ wyk. # 16)

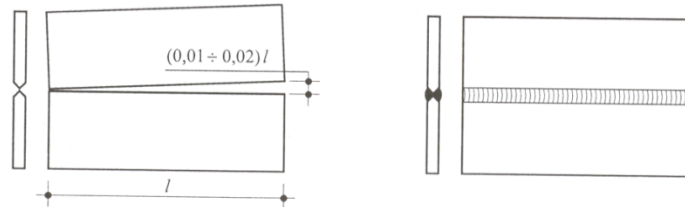
Po spawaniu pozostają niezerowe wartości naprężeń i odkształceń w materiale..



Rys: intechopen.com



Rys: M. Łubiński, W. Żółtowski, Konstrukcje Metalowe t. II, Arkady, Warszawa 2004





Zagrożenie pożarem

Rys: dziennik.pl

dziennik.pl

Szukaj:

- Home
- Wiadomości
- Gospodarka
- Sport
- Auto
- Kultura
- Rozrywka
- Technologia
- Więcej

Strona główna > Wiadomości > Kraj > Jak płonął hotel Gołębiwski? ZDJĘCIA

Jak płonął hotel Gołębiwski? ZDJĘCIA

Ostatnia aktualizacja: 14 lutego 2013 14:45

Kilka jednostek straży pożarnej gasiło pożar hotelu w Mikołajkach. Najprawdopodobniej zaprząszył go jeden z robotników, podczas spawania.



Rys: safetylifethailand.com

EXPRESS Ilustrowany

- NAJWAŻNIEJSZE
- REPORTAŻE
- SPORT
- DZIEWCZYNA
- PLEBISCYTY
- WYBORY SAMORZĄDOWE

Express Ilustrowany » Najważniejsze » Pożar w "Verze". Ogień wybuchł podczas spawania

(15)

2012-08-27 13:12

2012-08-27 19:57

4 Komentarze

+ Dodaj komentarz

Pożar w "Verze". Ogień wybuchł podczas spawania

19 strażaków gasiło pożar, który wybuchł około południa w hali spawania ul. Siewnej w Łodzi.

Ogień pojawił się na korytarzu w wyniku prowadzonych tam prac spawalniczych. Na szczęście stało.

Rys: expressilustrowany.pl

Rys: naszemiasto.pl

wydarzenia
naszemiasto Sieradz

Sieradz » Wydarzenia » Pożar w Poddębicach. Ogień pojawił się podczas spawania

Pożar w Poddębicach. Ogień pojawił się podczas spawania

Autor: Paweł Golęb | 2013-08-05, Aktualizacja: 2013-08-05 11:46

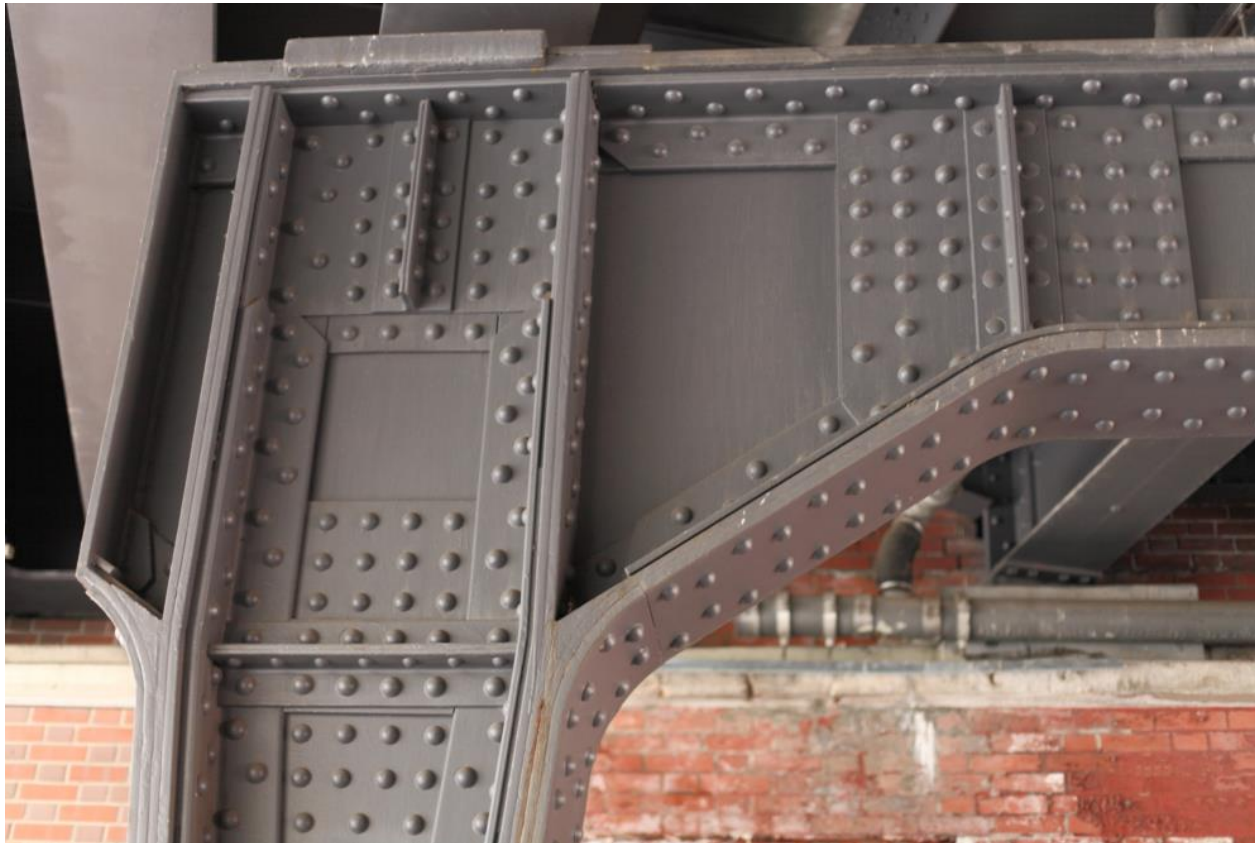
Pożar w Poddębicach. Ogień pojawił się w budynku gospodarczym, w którym właściciel obiektu wykonywał prace spawalnicze. Na szczęście obyło się bez poważnych strat.

Zagłosuj na najlepszy pomysł „Tu mieszkam, tu zmieniam”
Weź udział w konkursie!

6°C Wtorek
16 grudnia 2014

Położenie wzajemne elementów

~100 i więcej lat temu, belki dwuteowe wykonywane były jako blachy i kątowniki połączone śrubami.



Rys: wikipedia

Kątownicy pozwalają łączyć elementy tylko pod kątem 90° .
Płaskowniki pozwalają łączyć elementy tylko pod kątem 0° .



Rys: Autor

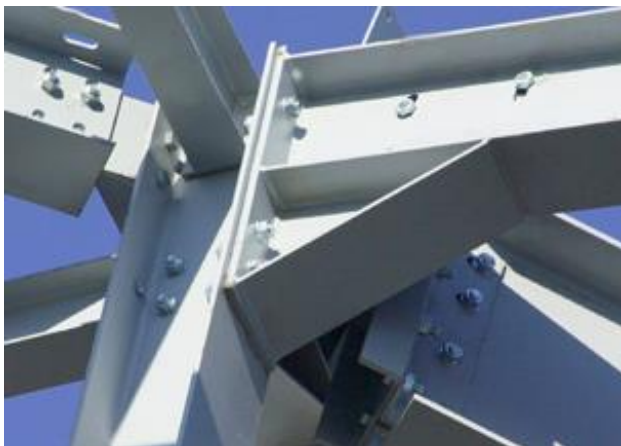


Rys: fotoszoko.blox.pl



Rys: tuwroclaw.com

W połączeniach spawanych możemy łączyć elementy pod dowolnymi kątami;
możemy też spawać elementy okrągłe, np. rury..



Rys: whatsontheare.com



Rys: tboake.com



Rys: weiku.com



Rys: tatasteelconstruction.com

Jednorodność

W dobrze wykonanych spoinach nie jesteśmy w stanie wskazać granicy między łączonymi elementami.



Rys: roadking.riders.pl



Rys: bakertesting.com



Rys: weldingtipsandtricks.com

Czas

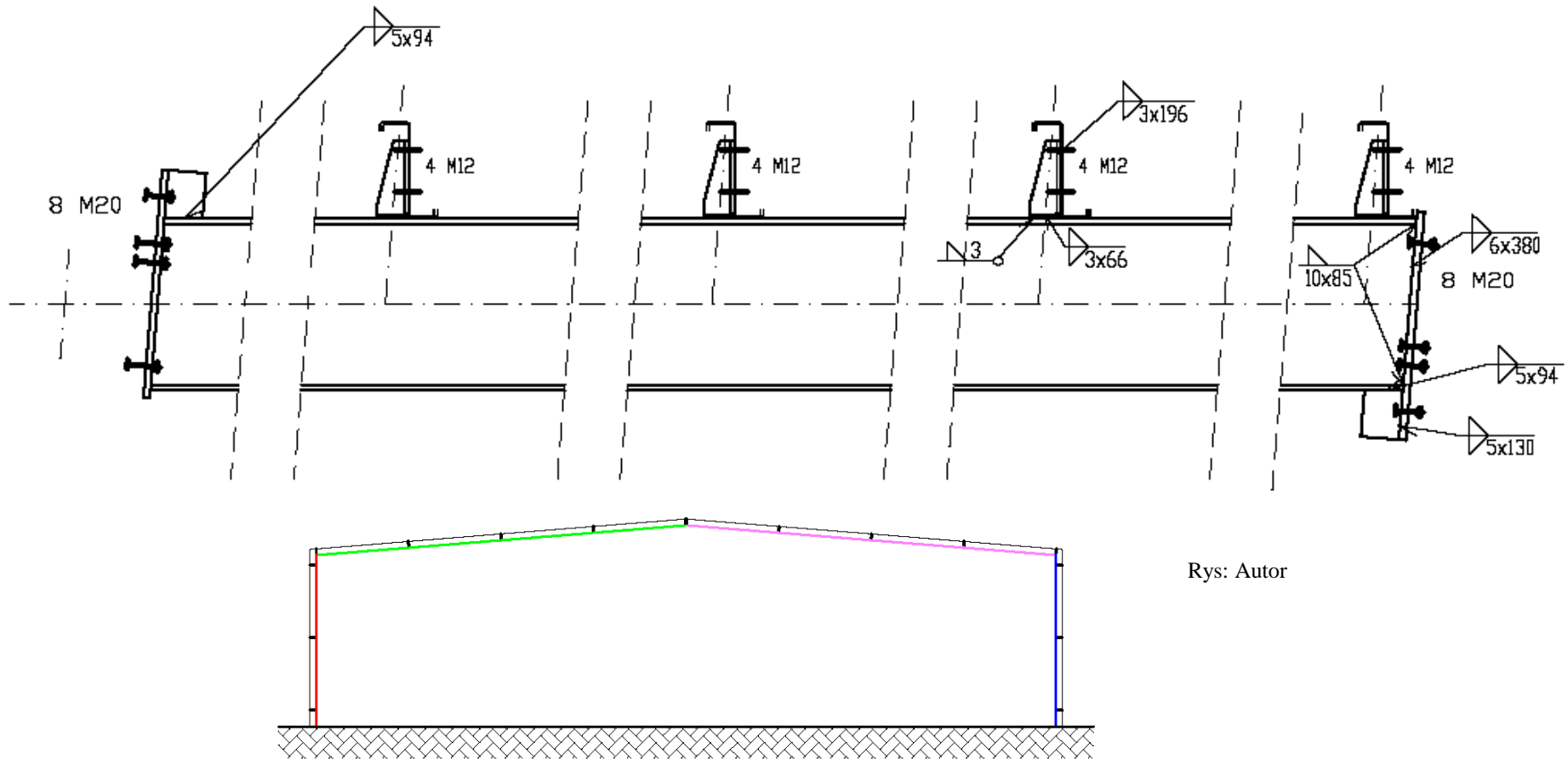
Spawanie może zająć mniej czasu, niż wkładanie i dokręcanie dziesiątków śrub.



Rys: steelconstruction.info

Od hali montażowej do placu budowy

Konstrukcje stalowe wykonywane są z modułów wysyłkowych, spawanych w hali produkcyjnej i łączonych śrubami na placu budowy.



Rys: Autor

<p>Hala produkcyjna → połączenia spawane</p>	<p>Plac budowy → połączenia na śruby</p>
<p>Brak wpływu pogody;</p> <p>Wyspecjalizowane firmy → wysokie kwalifikacje spawaczy;</p> <p>Możliwość łatwej rekonstrukcji powłok antykorozyjnych;</p> <p>Możliwość dużego zakresu badań jakości spoin;</p> <p>Możliwość wygrzania elementów (redukcja naprężeń i odkształceń resztkowych);</p> <p>Dobre zabezpieczenia przeciwpożarowe;</p>	<p>Brak wpływu pogody na połączenia śrubowe;</p> <p>Każdy pracownik (nawet prezes) potrafi założyć śruby,</p>

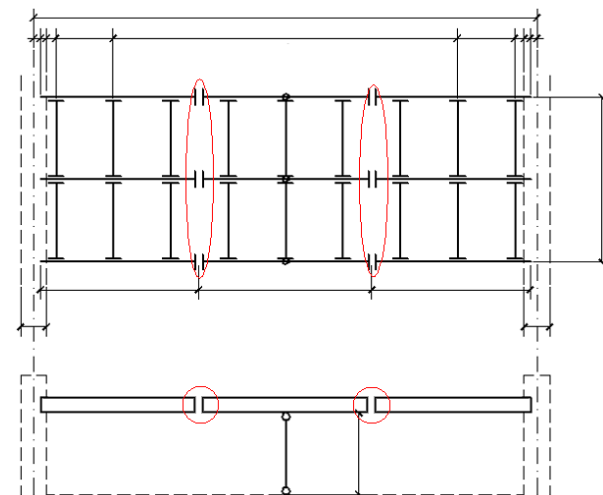
Konstrukcja będzie przewieziona w segmentach wysyłkowych z hali na plac budowy. Wymiary segmentów są ograniczone. Projektant od początku musi myśleć o konstrukcji jako o zestawie elementów wysyłkowych: podzielić ją na odpowiednie kawałki i zaprojektować styki montażowe.



Rys: rolstal-hale.pl



Rys: nh-trans.eu



Rys: Autor

Projekt musi być idiotoodporny.



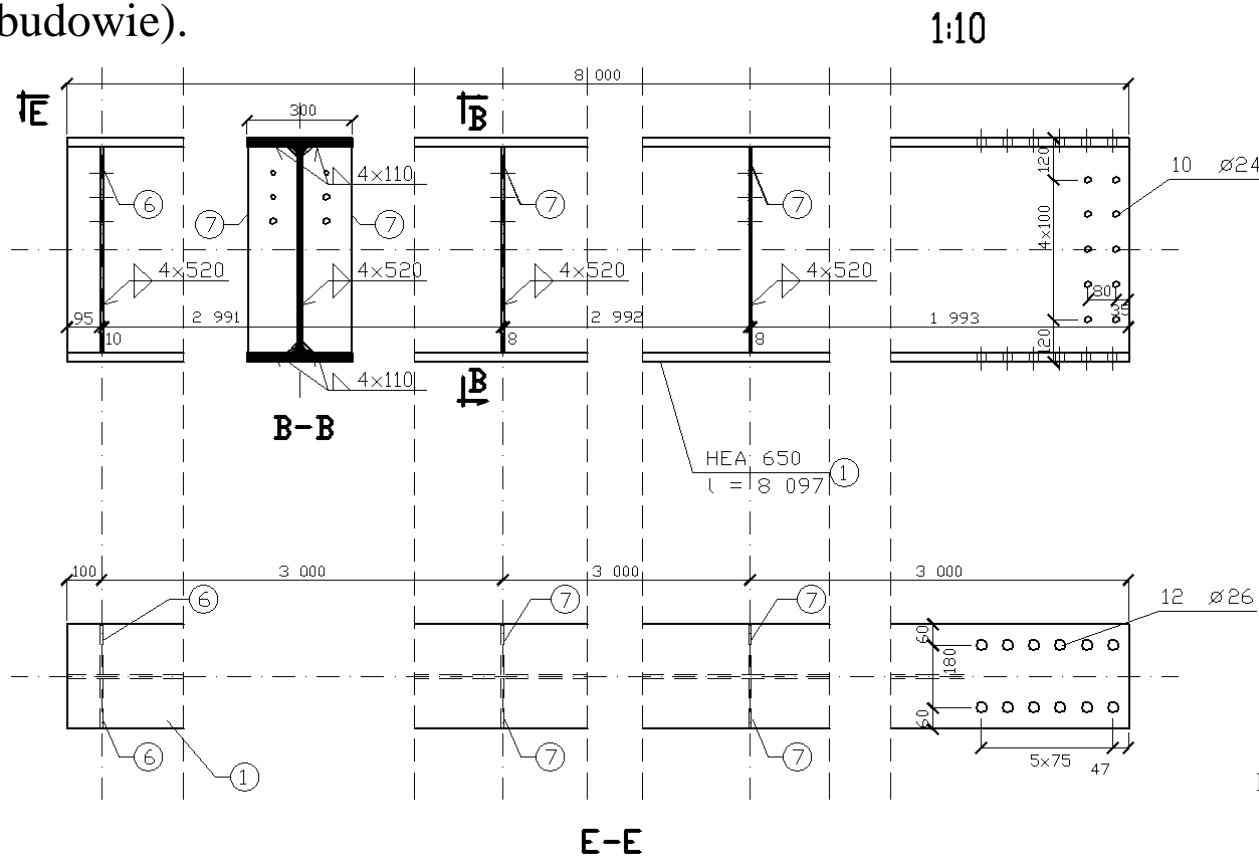
Rys: Autor

Dwa identyczne słupy. Belka połączona jest tylko z jednym z nich, ale oba zaopatrzone są w żebra do połączenia z belką. Dzięki temu – nawet w razie pomyłki na montażu i zamienieniu słupów miejscami – nie ma żadnego problemu.

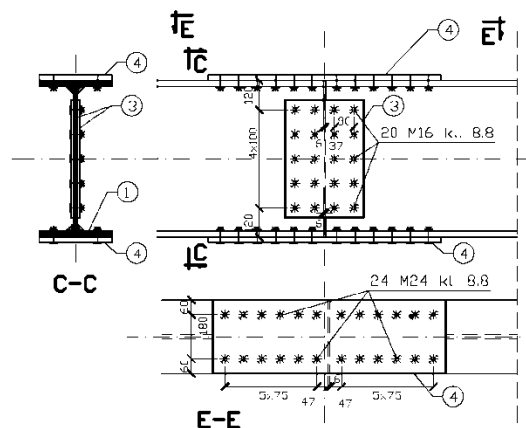
Jeśli to możliwe, elementy powinny być zunifikowane.

Rysunek warsztatowy – pokazuje kształt i wymiary segmentu wysyłkowego. Jest ważny dla robotników w hali montażowej (średnice otworów na śruby, rodzaj i wymiary spoin, wymiary elementów składowych).

Rysunek montażowy – pokazuje połączenia montażowe. Ważny dla robotników na budowie (rodzaj i średnica śrub; ewentualnie rodzaj i wymiary spoin, jeśli przyjęto spawanie na budowie).



W przypadku niewielkich konstrukcji oba rodzaje informacji bywają pokazane na jednym rysunku.



Rys: Autor

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	MODUL	NR ELEMENTU	NAZWA ELEMENTU	WYMIARY [mm]	MASA JEDNOSTKOWA [kg/m, kg/m ² , kg/1000 szt]	MASA ELEMENTU [kg]	ILOŚĆ ELEMENTÓW	MASA ELEMENTÓW [kg]	MASA MODUŁU [kg]	ILOŚĆ MODUŁÓW	MASA CAŁKOWITA [kg]
1											
2		1	bl. 8	164x174	64,00	1,83	1	1,83			
3	St	2	L100x100x8	11 727	12,20	143,07	2	286,14	287,97	2	576
4		M16	M16	55	115,00	-	1	-			
5		M16	M16	65	131,00	-	8	-			
6		3	L60x60x6	1 384	5,42	7,50	10	75,01			
7		4	L60x60x6	1 706	5,42	9,25	10	92,47			
8		6	bl 10	190x194	80,00	2,95	8	23,59			
9		7	bl. 10	150x400	80,00	4,80	48	230,40			
10		8	bl. 16	400x1 200	128,00	61,44	1	61,44			
11		9	bl. 10	400x500	80,00	16,00	1	16,00			
12		10	bl. 16	210x276	128,00	7,42	2	14,84			
13		12	C80	1 360	8,64	11,75	9	105,75			
14		14	bl. 10	200x238	80,00	3,81	8	30,46			
15		17	C260	9 980	37,90	378,24	1	378,24			

Zestawienie materiałów:

- Całkowita masa konstrukcji wysyłkowych → koszt materiału;
- Masa modułu wysyłkowego wysyłkowych → koszt transportu;
- Ilość śrub, masa spoin, masy segmentów wysyłkowych → koszt budowy.

119	67	bl. 12	197 x300	96,00	4,32	3	12,96				
120	68	bl. 16	300x580	128,00	22,27	1	22,27				
121	69	bl. 10	210x272	80,00	4,57	2	9,14				
122	70	bl. 28	340x350	224,00	26,66	1	26,66				
123	71	bl. 28	100x100	224,00	2,24	4	8,96				
124	kotew	M42 – W	1 000	12 260,00	-	6	-				
125	72	φ20	558	2,47	1,38	17	23,43				
126	D	plask. 6	30x2 400	48,00	3,46	7	24,19				
127	74	L200x100x12	7 762	27,30	211,90	2	423,81	523,71	4	2 095	
128	75	plask. 6	30x7 262	48,00	10,46	5	52,29				
129								Suma		114 717	
130								2% na spoiny		2 294	
131						M16	55	115,00	2	szt.	0
132						M16	60	123,00	42	szt.	5
133						M16	65	131,00	16	szt.	2
134						M16	75	147,00	32	szt.	5
135						M16	80	155,00	208	szt.	32
136						M42 – W	1000	12 260,00	120	szt.	1 471
137						[mm]	[kg/1000szt]	RAZEM			118 527
138											[kg]

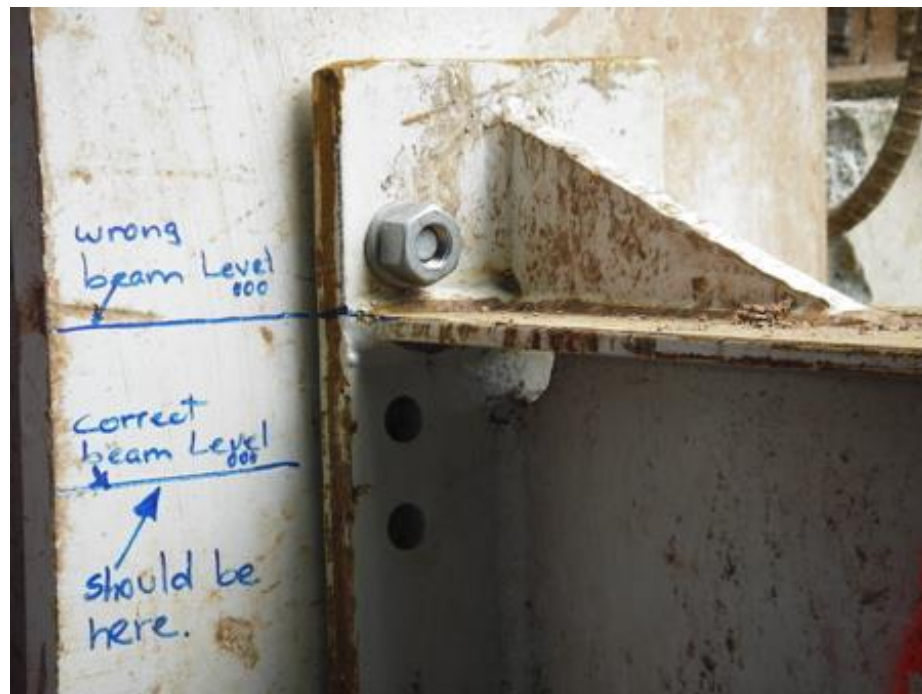
Rys: Autor

Montaż próbny konstrukcji przed wysłaniem jej na plac budowy – sprawdzenie geometrii.



Rys: steelkonstruction.info

Pozwala to zawczasu wychwycić błędy i pomyłki.



Rys: panama.uela.it

Transport:

- drogowy
- kolejowy
- wodny
- lotniczy
- pieszy



Rys: dailymail.co.uk



Rys: flickriver.com



Rys: lotnictwo.net



Rys: rent-helicopters.com



Rys: inbud.pl

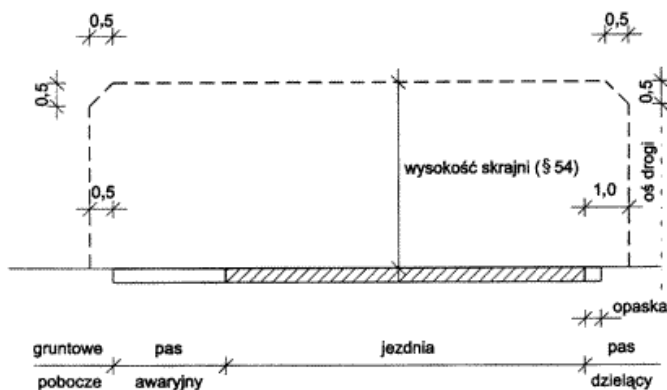


Oczywiście, potrafimy przewozić nawet bardzo wielkie segmenty, ale jest to bardzo kosztowne (zamknięcie drogi dla normalnego ruchu, organizacja objazdów, nadzór transportu pilotowanego). Taniej jest przewozić konstrukcje w drobnych kawałkach.

Przepisy narzucają trzy ograniczenia dla segmentów wysyłkowych:

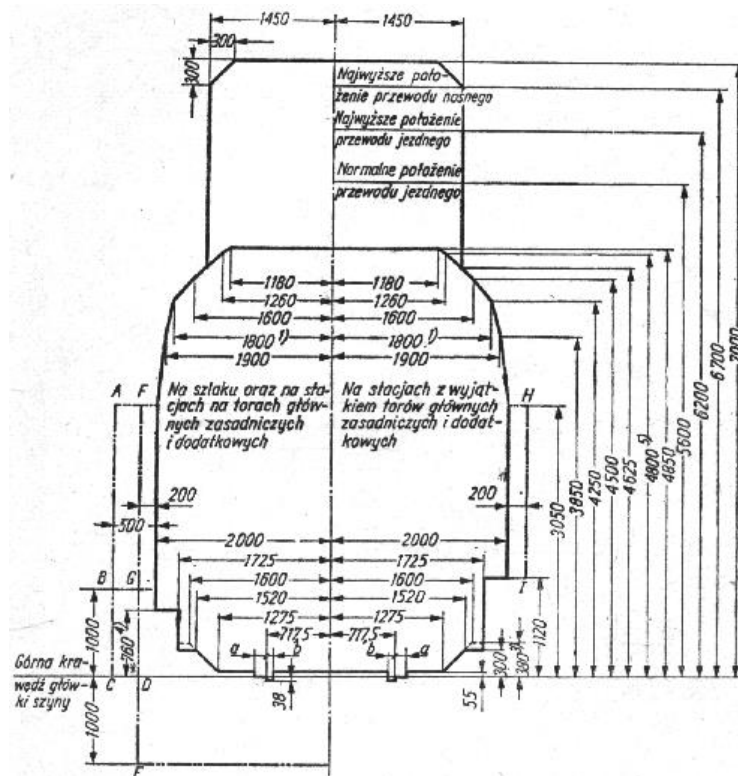
- max szerokość;
- max długość;
- max masa;

Maksymalna szerokość wynika ze skrajni transportowej; drogowej lub kolejowej:



¹⁾ Wymiary podano w metrach.

Rys: drogi.com



Rys: kolej.krb.com.pl

Maksymalna długość jest zdefiniowana przez specjalne przepisy.

Maksymalna masa wynika, przede wszystkim, z udźwigu środka transportu.

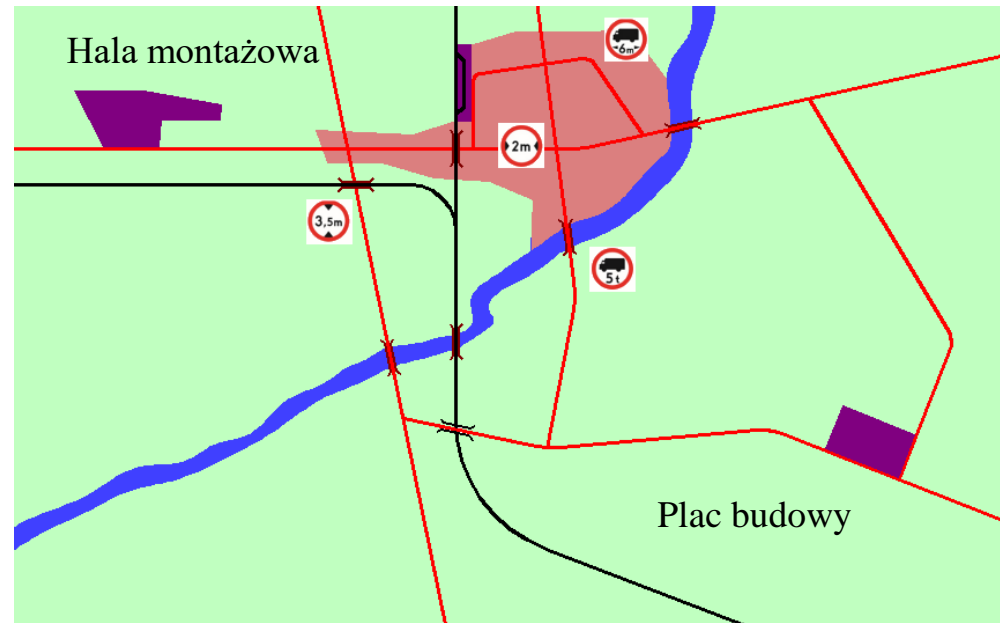


Rys: sklepdrogowy.pl

Na drogach może się pojawić wiele lokalnych ograniczeń.

Transport kolejowy jest o wiele popularniejszy od wodnego, lotniczego czy pieszego. Ponieważ jednak nie zawsze punkt montażowy i plac budowy leżą koło linii kolejowych, najpopularniejszym rozwiązaniem jest transport drogowy.

Rys: Autor



Rys: profinfo.pl



Rys: profinfo.pl

Zgodnie z Prawem o Ruchu Drogowym, nie potrzeba specjalnych zezwoleń na transport, jeśli całkowite wymiary (konstrukcja + pojazd) nie przekraczają:

- szerokość $\leq 3,20$ m;
- długość $\leq 15,0$ m (jeden pojazd) lub $\leq 23,0$ m (zespół dwu pojazdów) ;
- wysokość $\leq 4,0$ m;
- nacisk na oś $\leq 11,5$ t;

Ogólnie rzecz biorąc, przyjmuje się że bez problemu można przewozić w transporcie drogowym elementy do 12,0 m i do 18,0 m w transporcie kolejowym.

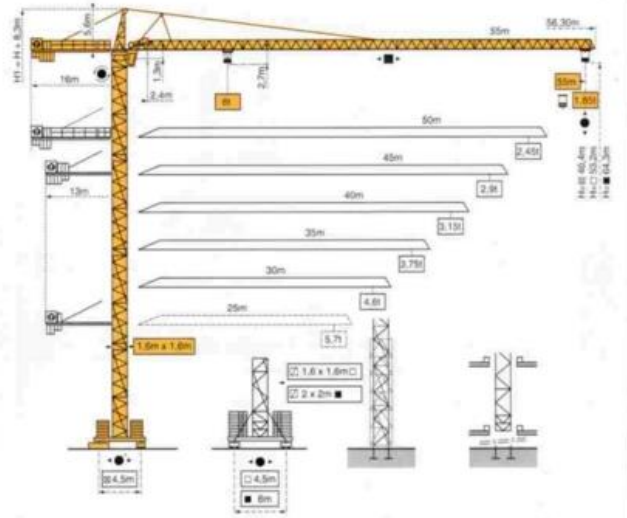


Rys: leosped.eu

Montaż: konieczność analizy, ile dźwigów i o jakich parametrach potrzeba do montażu.
Dwa najważniejsze parametry dla dźwigu to wysięg ramienia i udźwig.



Rys: willbros.com



Rys: najem-wynajem.pl



Rys: focus.pl

Montaż słupów: ustabilizowanie na śrubach lub płytkach i klinach stalowych.



Rys: studio-tm.com



Rys: elcosh.org



Rys: inzynierbudownictwa.pl

Następnie szczeliny między stalą i żelbetowym fundamentem zapełnia się podlewką cementową.

Montaż konstrukcji – ustawienie dwu sąsiednich segmentów, podpartych podporami montażowymi.



Rys: spacevanston.blogspot.com

Rys: srt251clji.blogspot.com



Kolejny krok: dwa przyległe segmenty łączą się stężeniami w jedną sztywną bryłę. Następnie można do niej dobudowywać kolejne segmenty, nawet jeśli połączone są tylko płatwiami i rygielkami obudowy.



Rys: makosz.com.pl

W ostatnim kroku zakłada się pokrycie dachu i obudowę ścian.

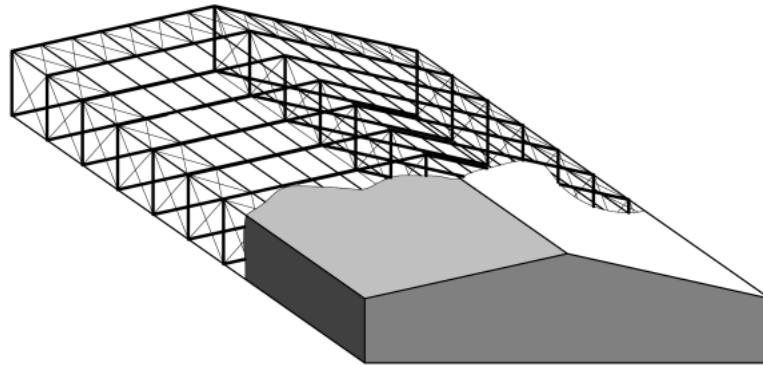


Możliwe jest, że podczas montażu dojdzie do zmiany schematu statycznego konstrukcji.

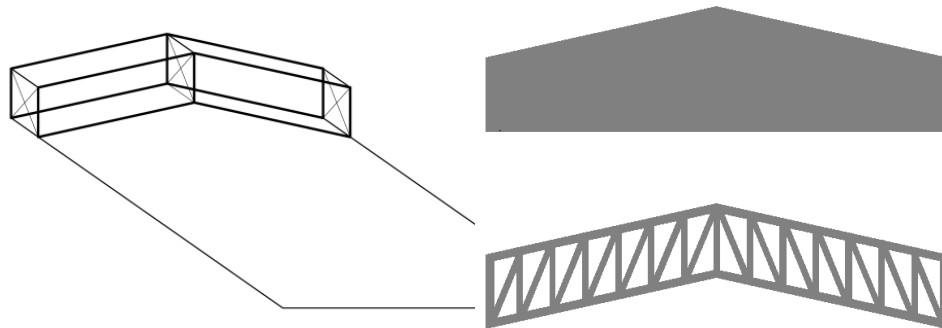
Rys: aecom.com



Rys: eaglecrane.ca



Rys: Autor

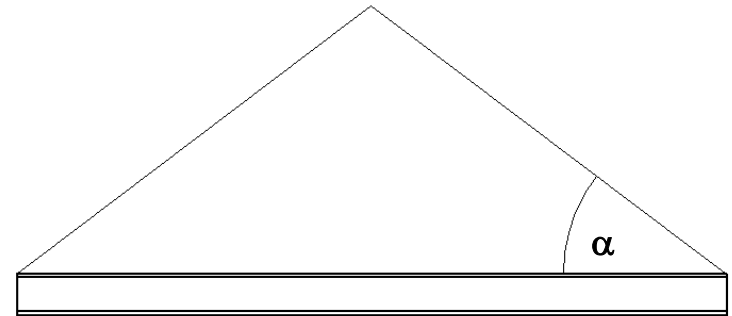


Przykład: obciążenie wiatrem w czasie montażu i w czasie eksploatacji – zupełnie różne pola powierzchni.



Rys: helpstud2.narod.ru

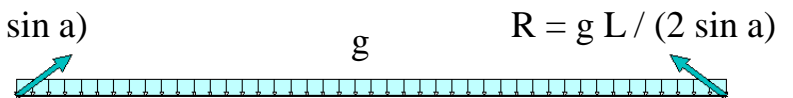
Podczas błędnie prowadzonego transportu lub montażu może dojść do zniszczenia elementu.



Rys: wisegeek.com



$$R = g L / (2 \sin a)$$

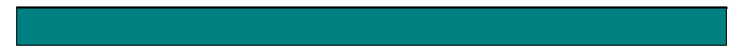


$$R = g L / (2 \sin a)$$

$$M_{\max} = g L^2 / 8$$



$$N_c = (g L \cos a) / (2 \sin a)$$



Rys: Autor

Zagadnienia egzaminacyjne

Rodzaje płątwi

Praca przestrzenna układu ryglówka-płątwie-stężenia

Wady i zalety połączeń spawanych i śrubowych

Segmenty wysyłkowe, rodzaje transportu, ograniczenia w transporcie

Problemy montażu konstrukcji stalowych

Dziękuję za uwagę

© 2025 dr inż. Tomasz Michałowski

tmichal@pk.edu.pl