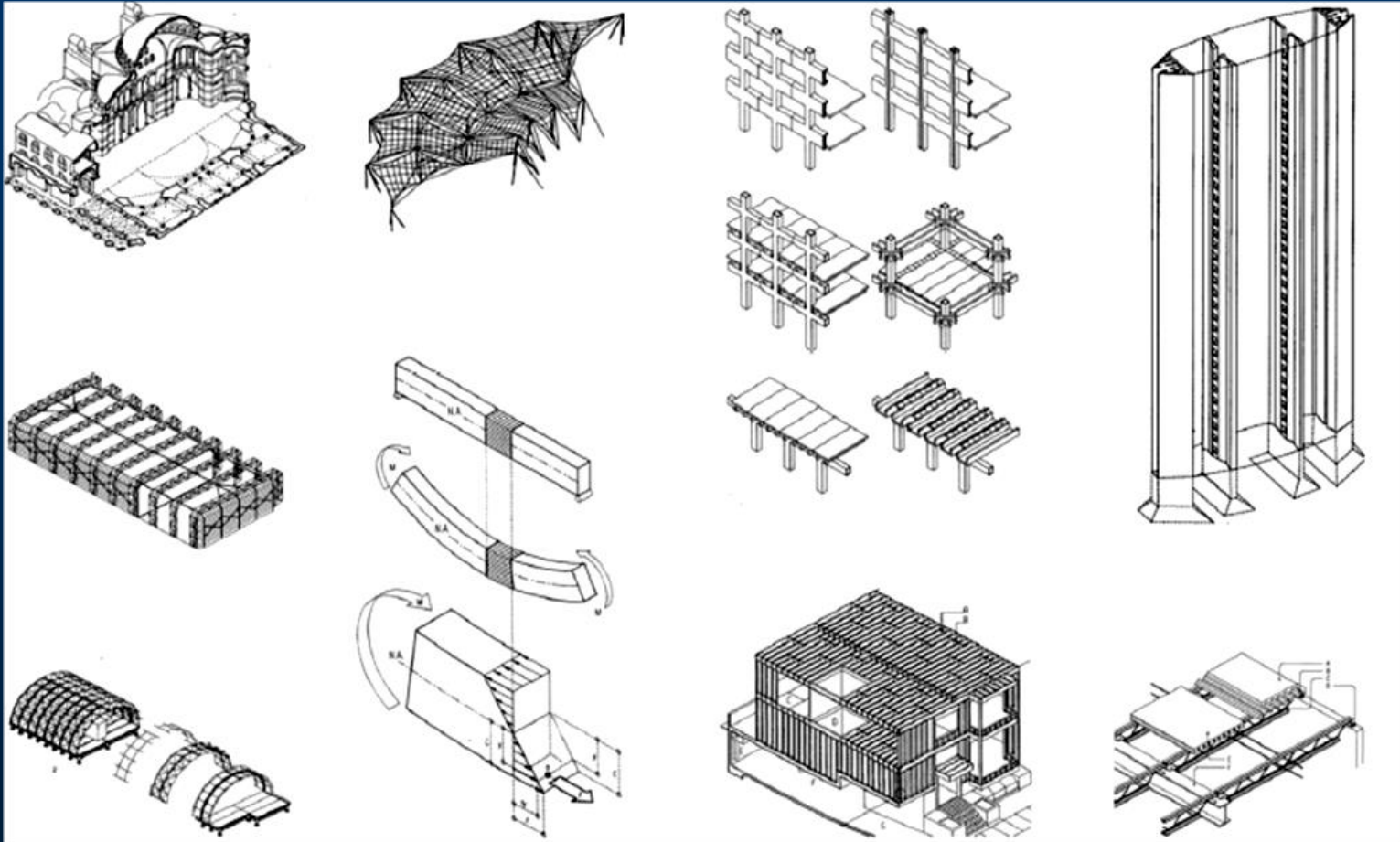


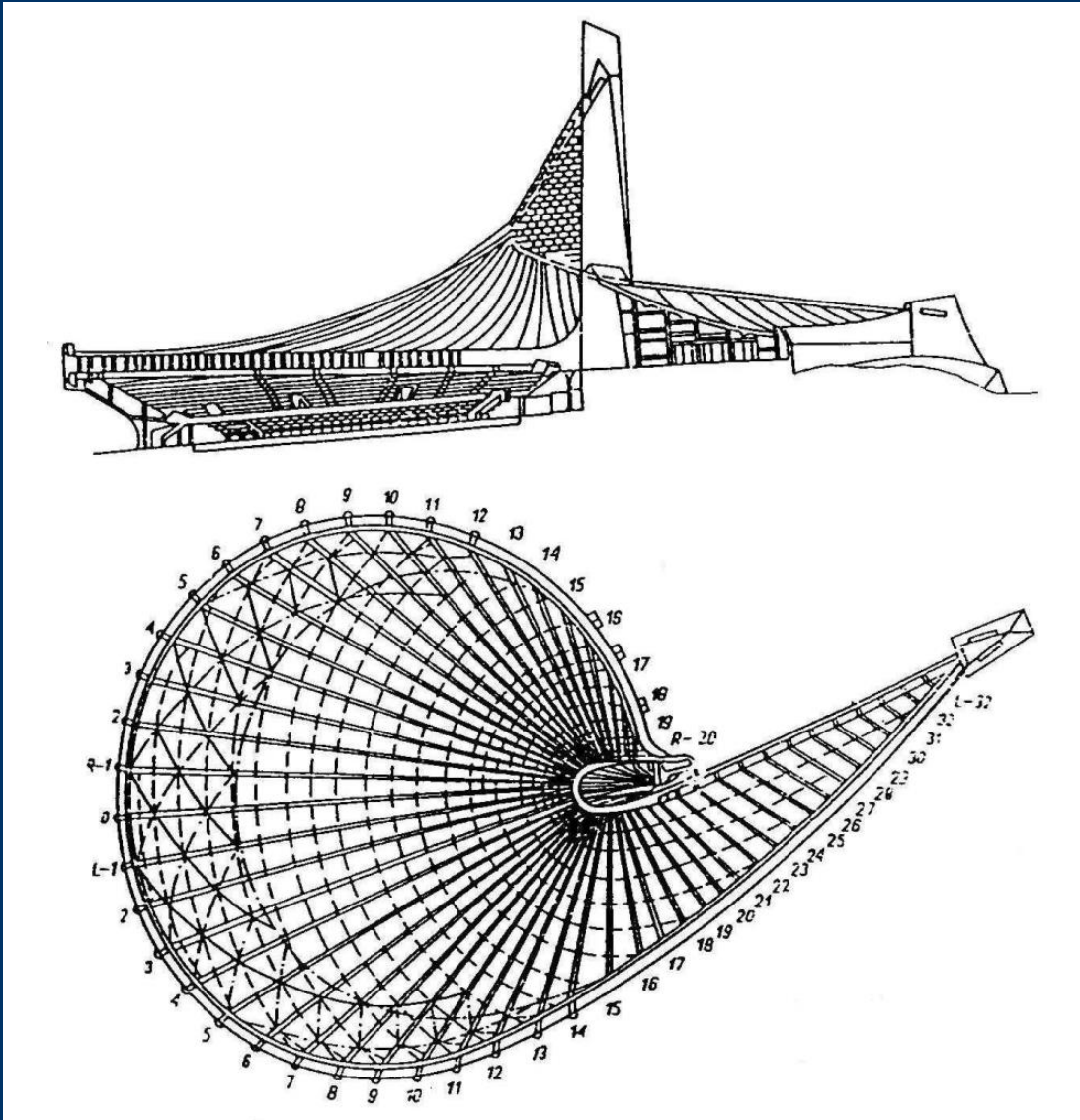
Architektoniczne konstrukcje cięgnowe



Opracowano z wykorzystaniem materiałów:

- [6.1.] G.G. Schierle, Architectural Structures Excerpts, University of Southern California Custom Publishing, 2003
- [6.2.] Macdonald A.J., Structural Design for Architecture, Architectural Press, Oxford-Boston, 1998
- [6.3.] Pałkowski Sz., Konstrukcje stalowe. Wybrane zagadnienia . Obliczenia i projektowanie, PWN, Warszawa 2010
- [6.4.] Trebilcock P, Lawson M., Architectural Design in Steel, Spon Press , 2004

Konstrukcje cięgnowe chętnie są chętnie stosowane we współczesnej architekturze



Przykład konstrukcji cięgnowej.

Przekrycie siatkowe.

Cięgna rozpięte na konstrukcji obwodowej i centralnym pylonie

Konstrukcje
cięgnowe
chętnie są
chętnie
stosowane
we
współczesnej
architekturze

Charakterystyka konstrukcji cięgnowych

Konstrukcje cięgnowe nazywane także konstrukcjami wiszącymi należą do ekonomicznych i nowoczesnych o wielu specyficznych zaletach:

- **duża swoboda rozwiązań architektonicznych** w kształtowaniu bryły obiektu,
- możliwość przekrywania dużych powierzchni i **uzyskiwania dużych rozpiętości**,
- **mały ciężar własny konstrukcji**, wynikający z wysokiej wytrzymałości materiału oraz faktu, że w przekrojach poprzecznych cięgien (lin) występują tylko naprężenia rozciągające,
- **stosunkowo tani i prosty montaż** konstrukcji niewymagaj¹cy na ogół skomplikowanych rusztowań.

W związku z tymi pozytywnymi cechami konstrukcje cięgnowe są bezkonkurencyjne w rozwiązaniach o dużych i bardzo dużych rozpiętościach i znajdują przede wszystkim zastosowanie w takich obiektach budowlanych, jak :

hale widowiskowo-sportowe,

pawilony wystawowe,

dworce i hangary, mosty wiszące i podwieszane,

maszty i kominy z odciągami, wyciągi narciarskie i kolejki linowe, napowietrzne linie energetyczne, urz¹dzenia do transportu ludzi i materiału.

Do konstrukcji cięgnowych o rekordowo dużej rozpiętości, powierzchni bądź wysokości należą:

1. most wiszący w Japonii o całkowitej długości 3911 m i rozpiętości środkowego przęsła 1991 m →,
- 2 most podwieszony w Chinach o rozpiętości środkowego przęsła 1088 m →
3. przekrycie obiektów olimpijskich w Monachium o powierzchni 69000 m², →
4. zadaszenie stadionu w USA o średnicy 366 m na 100 tys. widzów,
5. Dach wiszący centrum kulturalnego w Hongkongu o pow. 10 000 m²
6. chłodnia kominowa o konstrukcji z sitaki cięgnowej o wysokości 180 m i $D=140$ m,

Wady:

- a) Przeniesienie sił na fundamenty oraz konstrukcja fundamentów
- b) Połączenia ciegien,
- c) Wstępne sprężenie, wykonawstwo

Most wiszący



Most wiszący w Japonii Akashi Bridge in Kobe , "Most Perłowy" , Przebiega on od miasta Kōbe na wyspie Honsiu aż do wyspy Awaji, część autostrady nr 28[arch. **Frei Otto**]

Most
podwieszony

Wzrost skali obiektów i ich rozpiętości przęsłowych



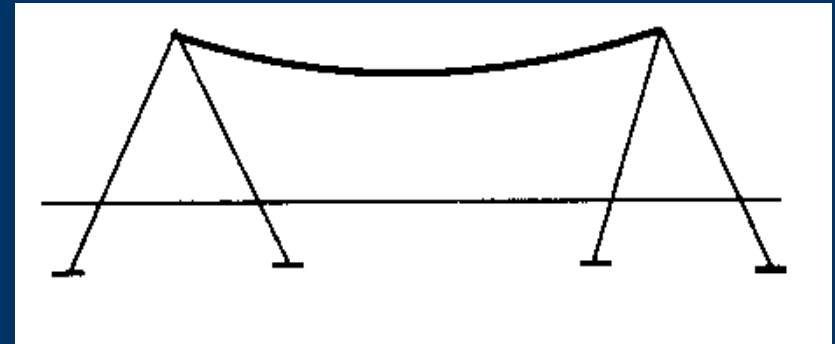
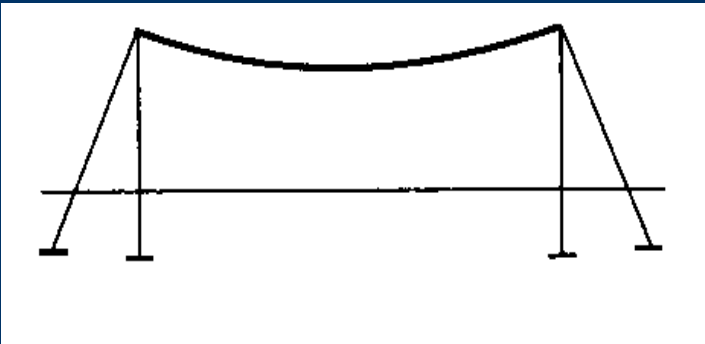
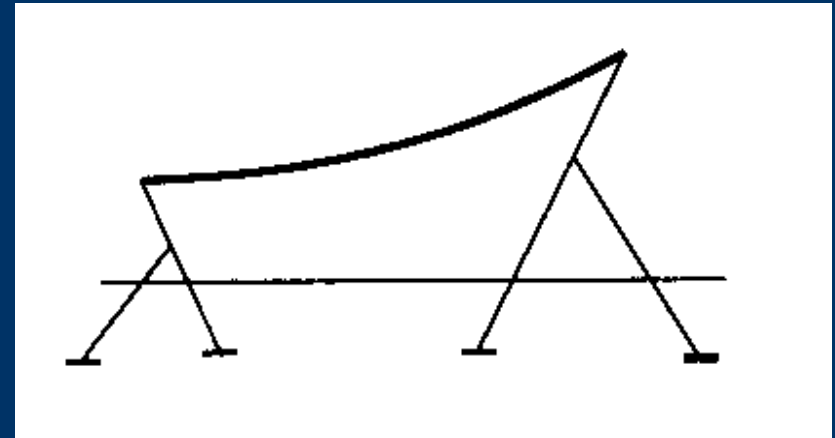
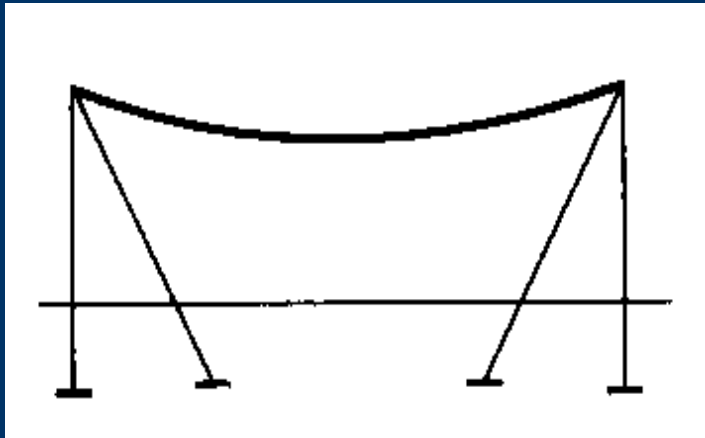
Most Sutong, Chiny, 1088 m, 2008 r.



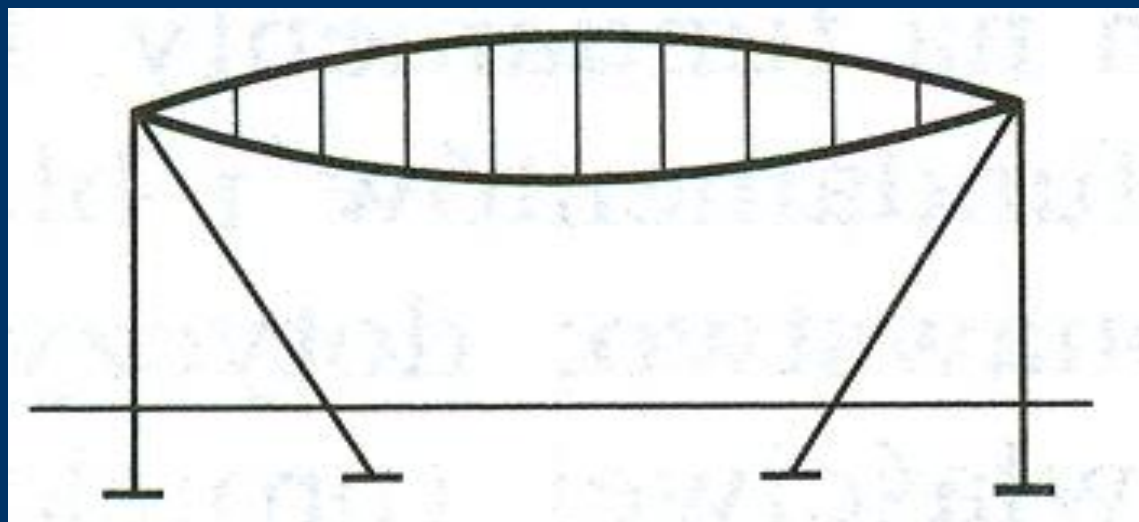
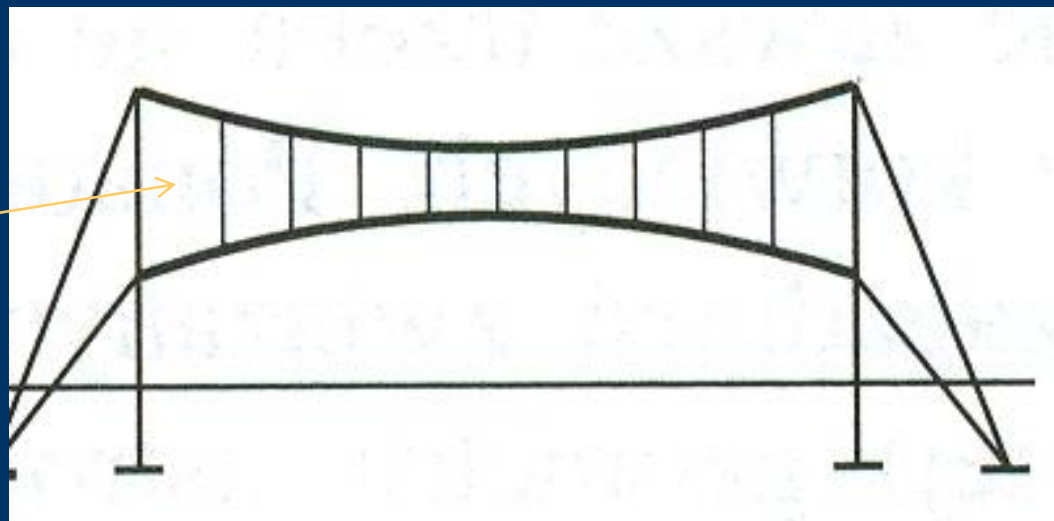
Przekrycie
cięgnowe (1972)
Munich Olympic
Stadium. . [arch.
Frei Otto]

Najprostsze konstrukcje cięgnowe:

Ustroje złożone z pojedynczych cięgien



Płaskie
dźwigary
kratowe:
Dźwigar
Jawertha



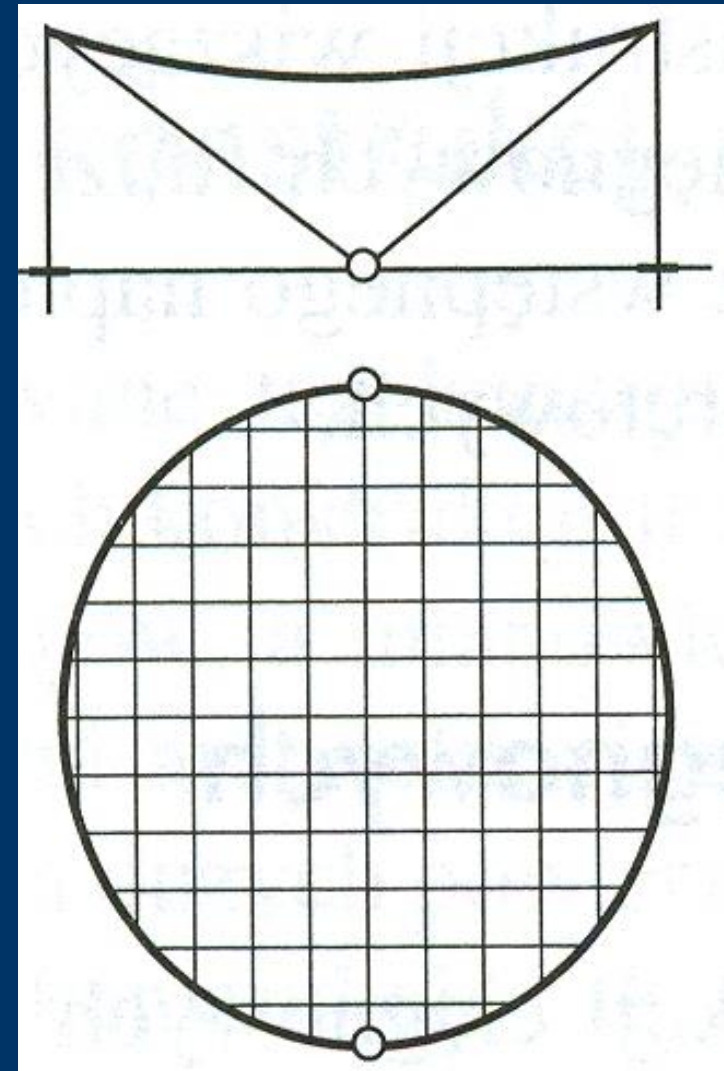
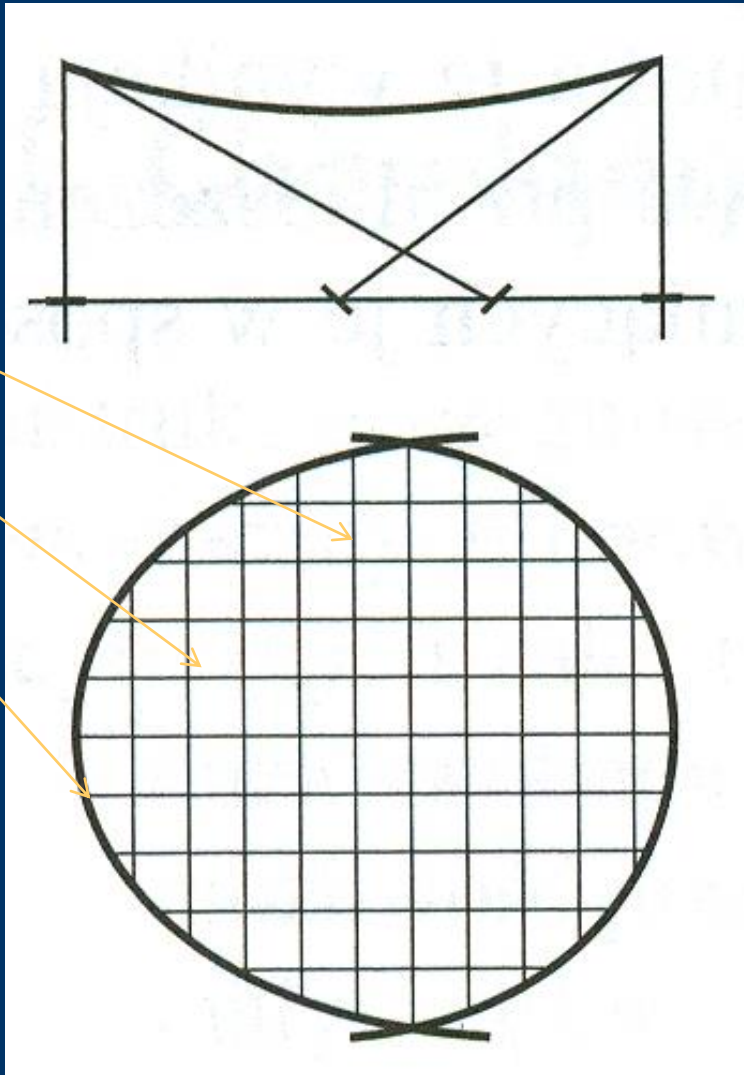
Typy konstrukcji cięgnowych {3}

Powierzchniowe
siatki
ciągnowe

Cięgna
nośne

Cięgna
napinające

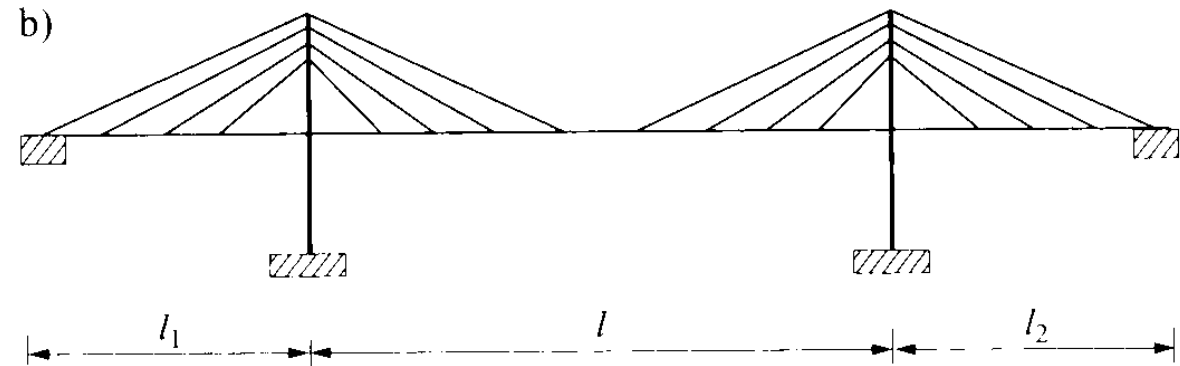
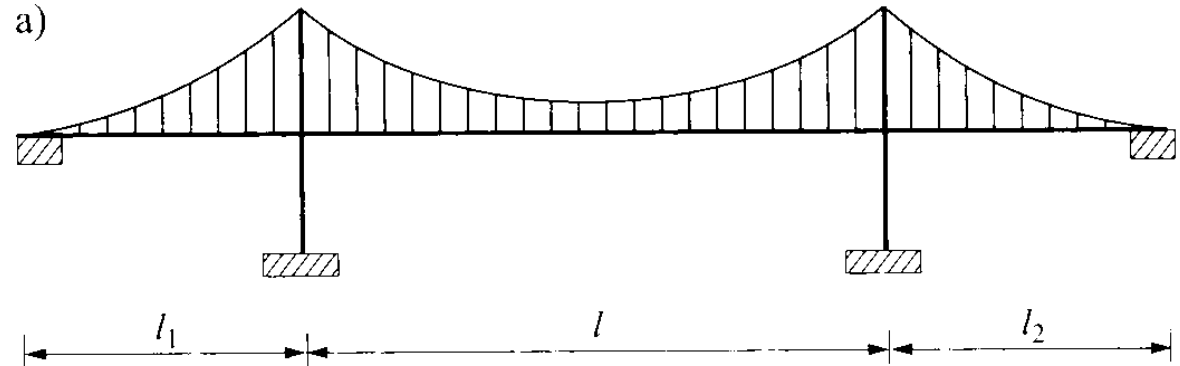
Dźwigar
brzegowy



Typy konstrukcji cięgowych {4}

Most wiszący

Most podwieszony (wantowy)



Typy konstrukcji ciągnowych {5}

Największe mosty wiszące

Lp.	Nazwa mostu	Rozpiętość (m)	Miejscowość	Rok budowy
1	Akashi Kaikyo	1991	Kobe Naruto, Japonia	1998
2	Great Belt East	1624	Halsskov Sprogø, Dania	1998
3	Humber	1410	Hull, Anglia	1981
4	Jiangyin	1385	Jiangsu Prov., Chiny	1999
5	Tsing Ma	1377	Hongkong, Chiny	1997
6	Verrazano Narrows	1298	New York, USA	1964
7	Golden Gate	1280	San Francisco, USA	1937
8	Haga Kusten	1210	Veda, Szwecja	1997
9	Mackinac	1158	Mackinaw City, USA	1957
10	Minami Bisansato	1100	Kojirna Sakaide, Japonia	1988

Największe mosty podwieszane

Lp.	Nazwa mostu	Rozpiętość (m)	Miejscowość	Rok budowy
1	Sutong	1088	Suzhou-Natong, Chiny	2008
2	Stonecutters	1018	Hongkong, Chiny	2007
3	Tatara	890	Onomichi Imabari, Japonia	1999
4	Pont de Normandie	856	Le Havre, Francja	1995
5	Qingzhou Minjiang	605	Fuzhou, Chiny	1996
6	Yangpu	602	Szanghaj, Chiny	1993
7	Xupu	590	Szanghaj, Chiny	1997
8	Meiko Chuo	590	Nagoya, Japonia	1997
9	Skamsundet	530	Trondheim, Norwegia	1991
10	Tsurumi Tsubasa	510	Yokohama, Japonia	1994

wielozwita

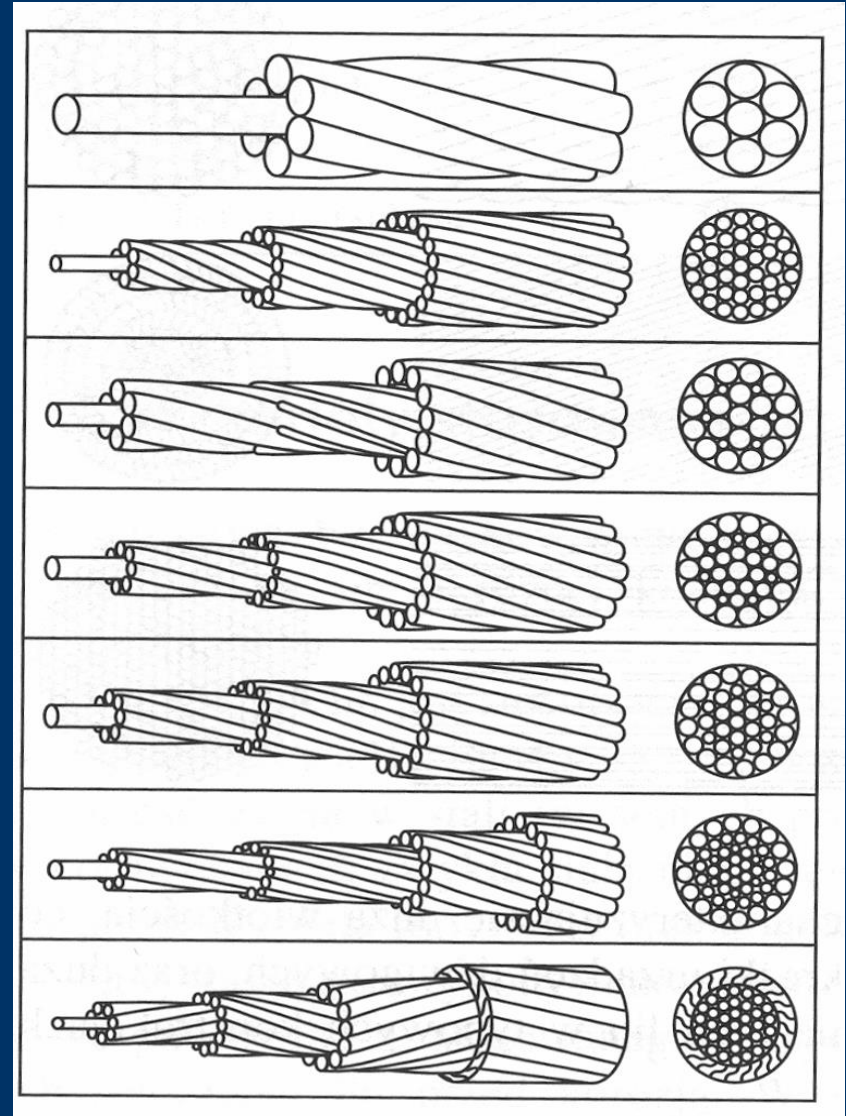
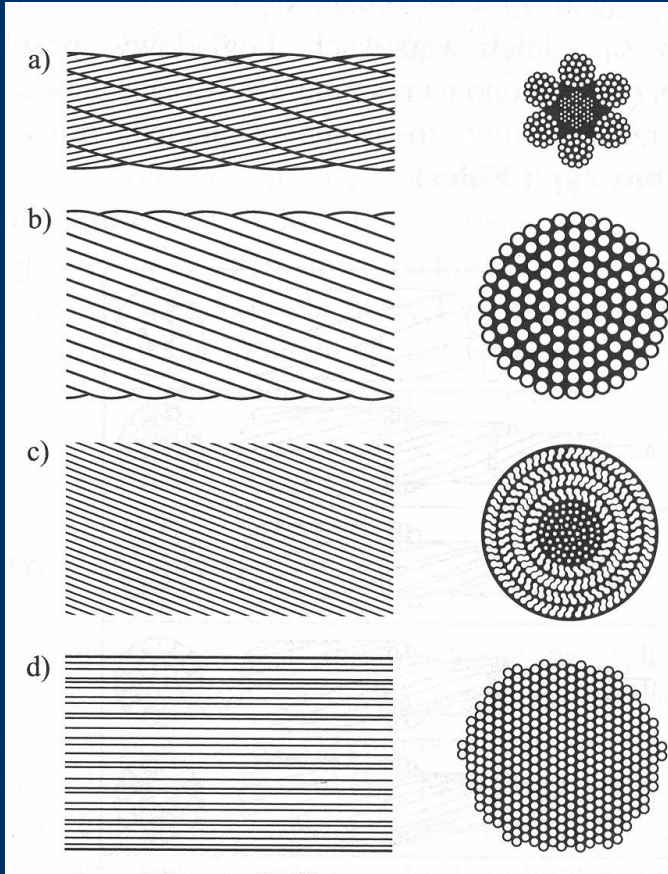
spiralan
otwarta

spiralna
zamknięta

Kabel z
pojedynczych
drutów

Rodzaje lin
spiralnych

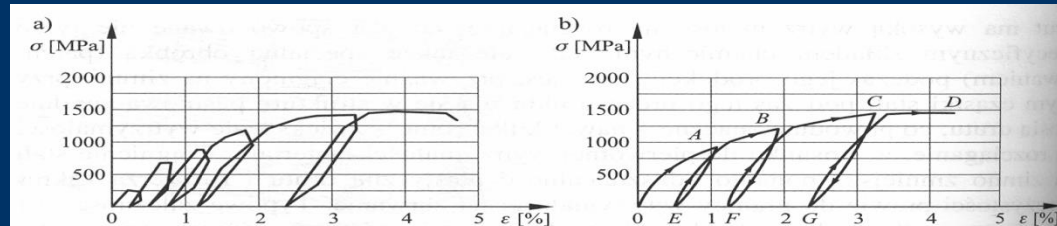
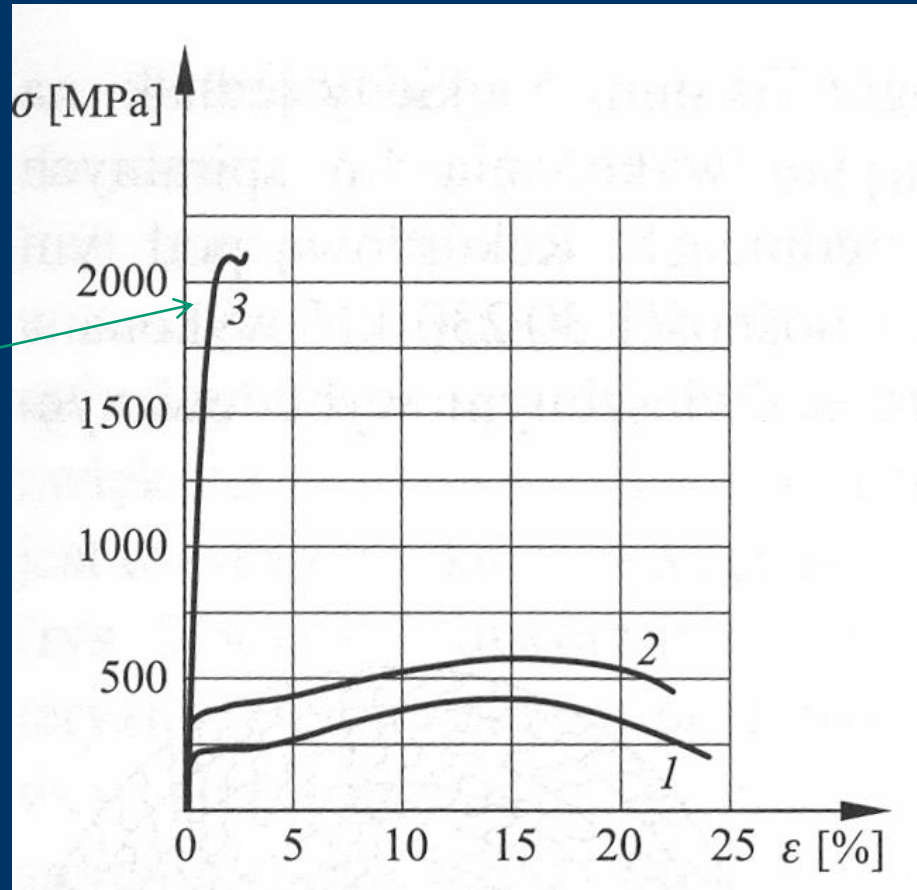
Thyssen
Draht



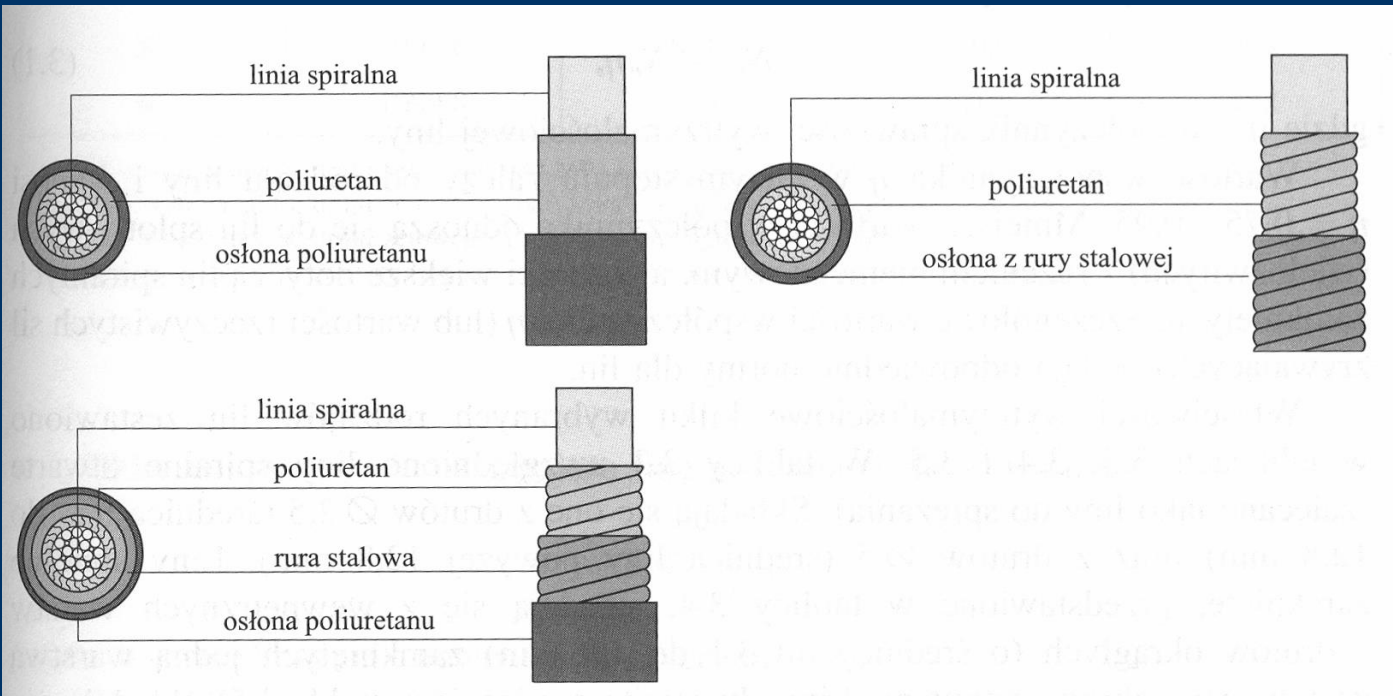
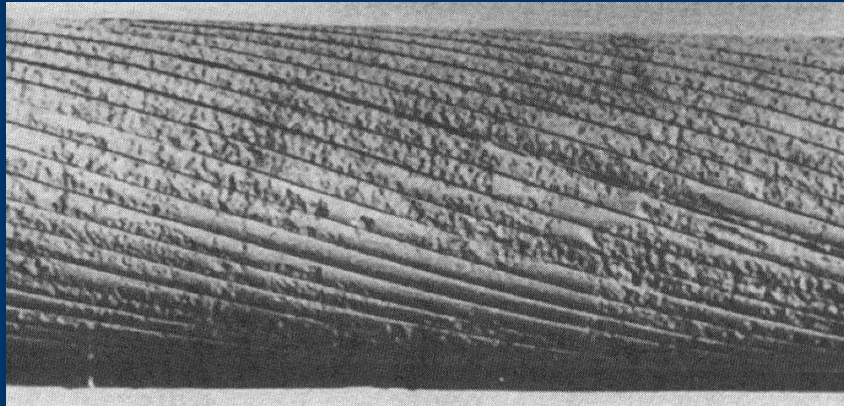
właściwości mechaniczne:

1- S235, 2- S355,

3- drut na liny



Ochrona przed korozją



Wymiarowa
nie cięgien

Rzeczywista siła
zrywająca linę

Siła nominalna

$$N_{rz} = N_n \eta,$$

Współczynnik
sprawności
0,75 do 0,95

Nominalna średnica liny (mm)	Siła zrywająca linę (kN)			
	nominalna		rzeczywista	
	I	II	I	II
7,8	72,9	65,8	69,0	62,0
12,8	193,0	174,0	180,0	162,0
15,5	219,0	205,0	208,0	194,0
25,5	584,0	546,0	543,0	507,0
35,5	1130,0	1050,0	1050,0	976,0
45,5	1860,0	1740,0	1700,0	1590,0

Obliczeniowa
nośność
liny S

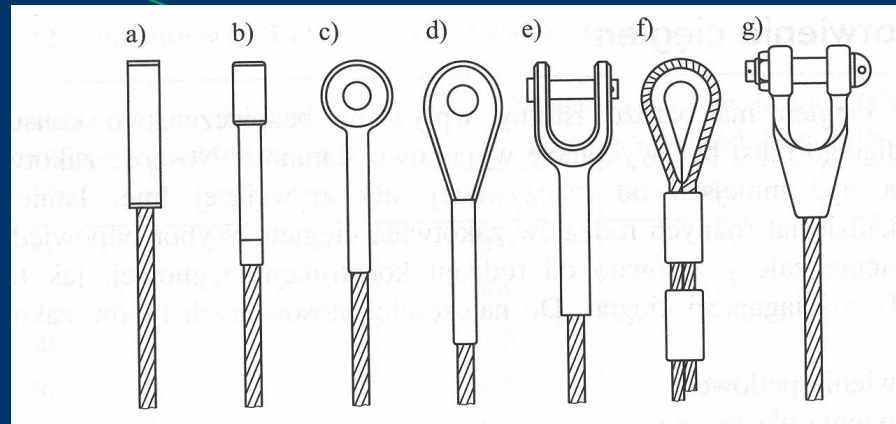
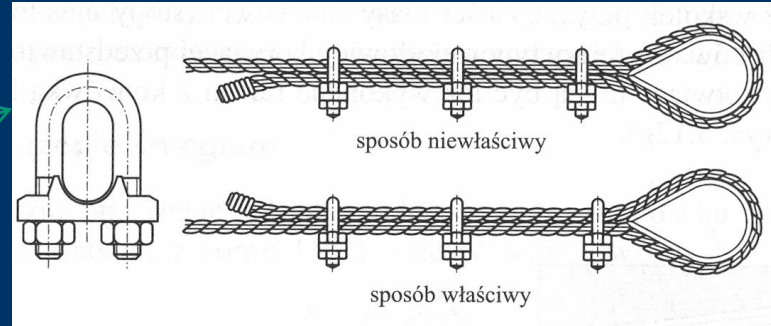
$$S \leq \frac{N_{rz}}{n},$$

Współczynnik pewności $n=2$ do 3

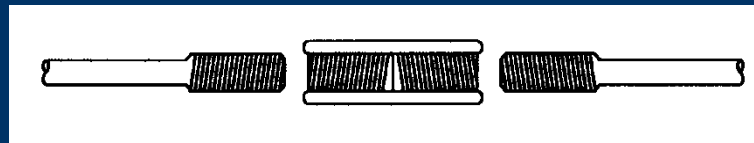
Zakotwienie ciągów

Zakotwienia ciągów:

- pętlowe
- plastyczne
- klinowe
zalewane
→



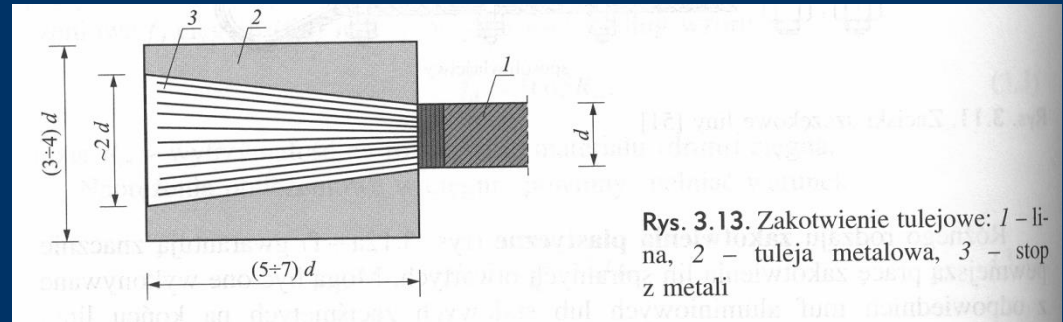
Połączenie prętów



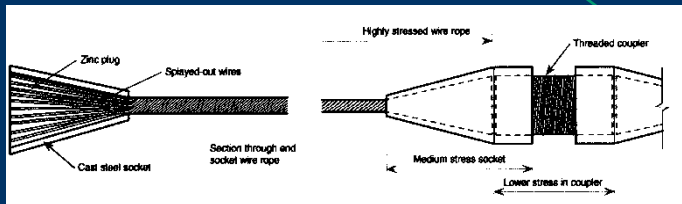
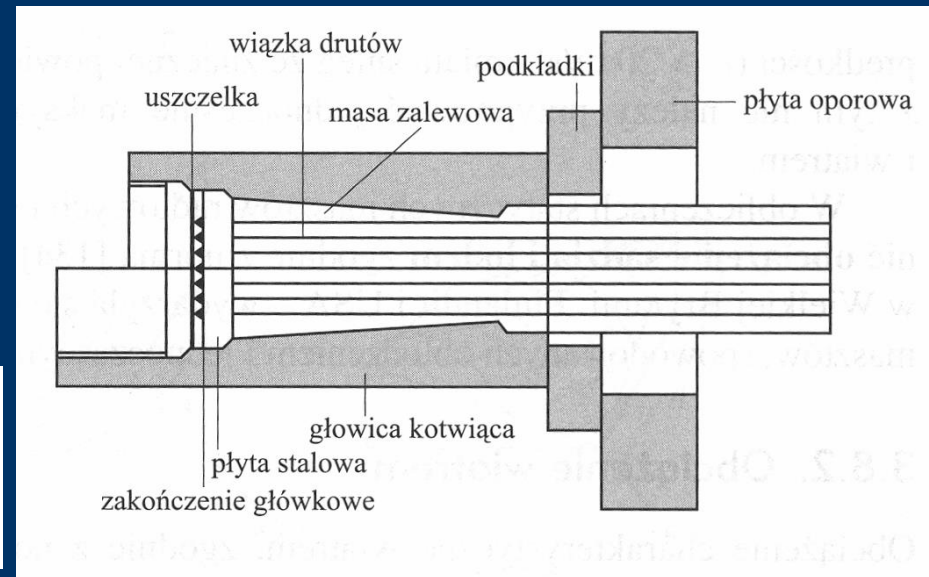
Zakotwienie ciągien

Zakotwienia ciągien:

- ← pętlowe
- ←plastyczne
- klinowe zalewane



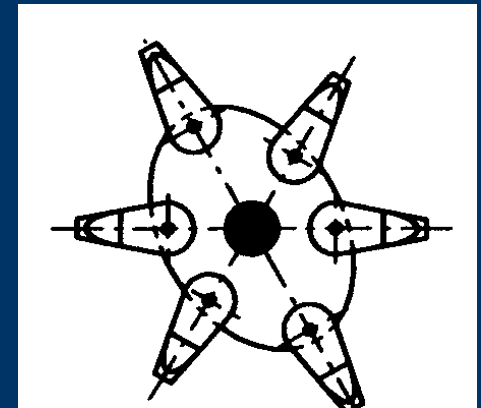
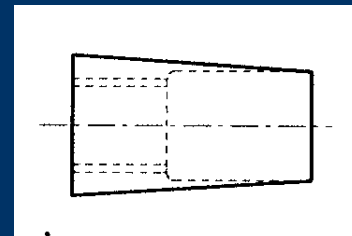
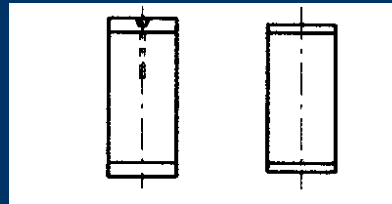
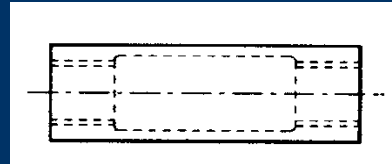
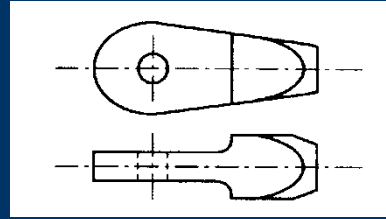
Rys. 3.13. Zakotwienie tulejowe: 1 – lina, 2 – tuleja metalowa, 3 – stop z metali



typu
BBR

Akcesoria:

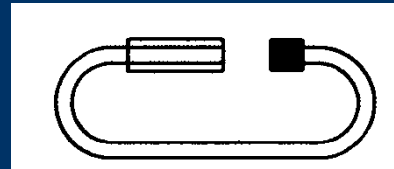
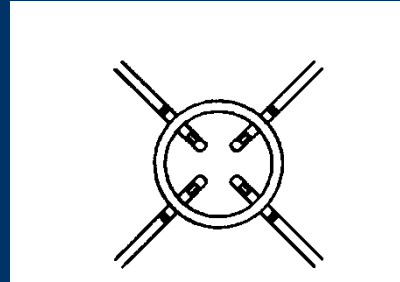
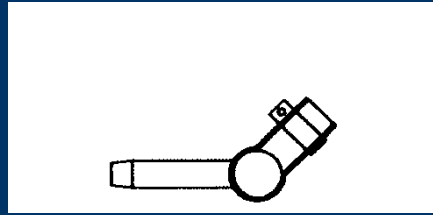
- Głowica
- nakrętka dwustronna
- Wkręt stabilizujący
- Pierścień →
- klin



Akcesoria

Akcesoria:

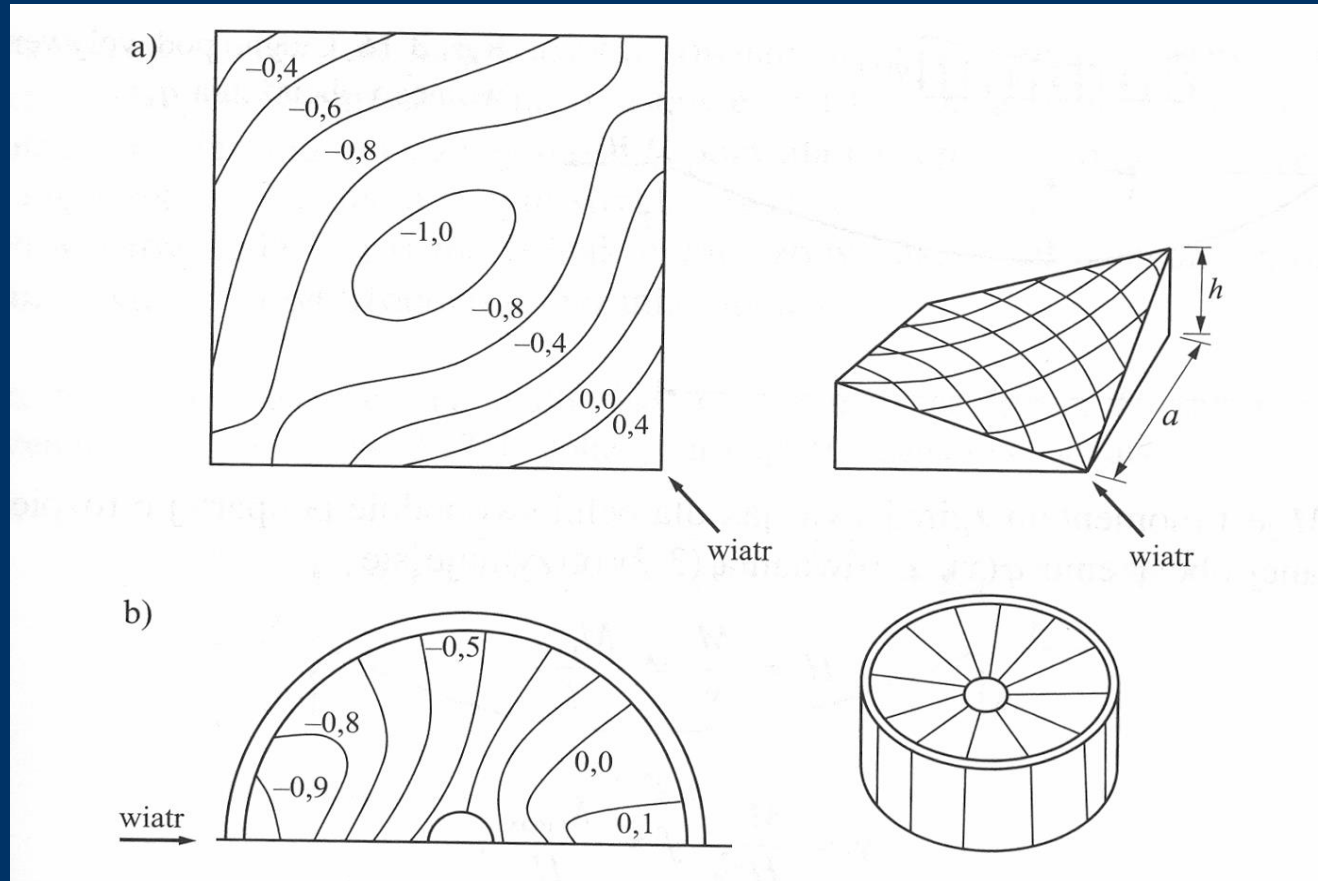
- przegub
- węzeł stężenia
- Kabłąk
- (złącze rapid)
→



Obciążenia konstrukcje cięgowych

Obciążenie:

- Śnieg
- Wiatr
- Temperatura



dt=--+ 35 st
(nieco więcej niż
wg nomy)

Równanie
ciągna
nierozciągli
wego

Najprostsze
– tylko do
obliczeń
wzrostnych

$M - Hy = 0$
(ciągno nie
przenosi
momentu
zginającego)



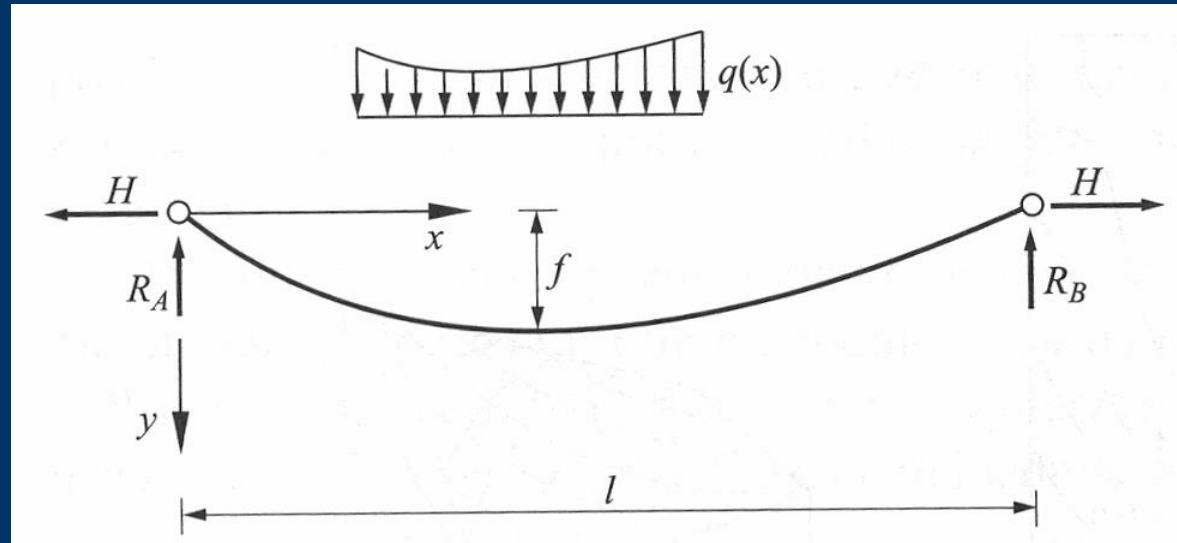
$$H = M/y = M_{\max}/f$$

długość
ciągna s

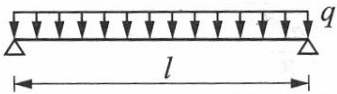
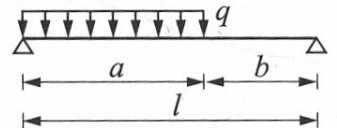
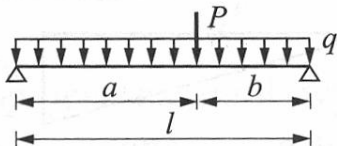
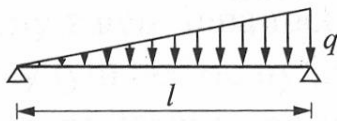
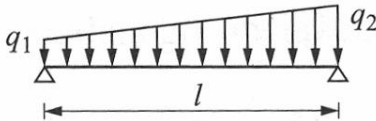
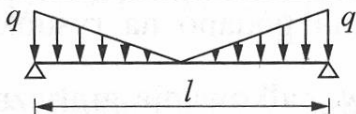
$$s = \int_0^l \sqrt{1 + y'^2} dx \approx \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} y'^2\right] dx = l + \frac{1}{2} \int_0^l y'^2 dx.$$

$$y' = \frac{dM}{dx} \cdot \frac{1}{H} = \frac{Q}{H},$$

$$s = l + \frac{1}{2H^2} \int_0^l Q^2 dx.$$

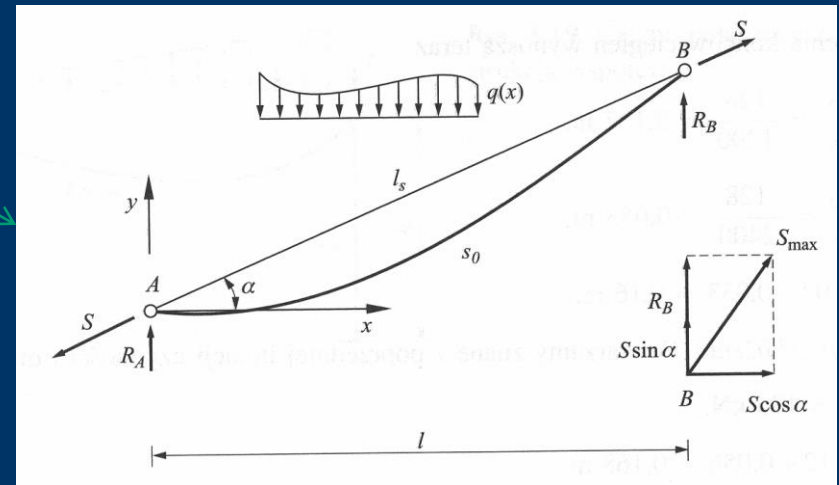
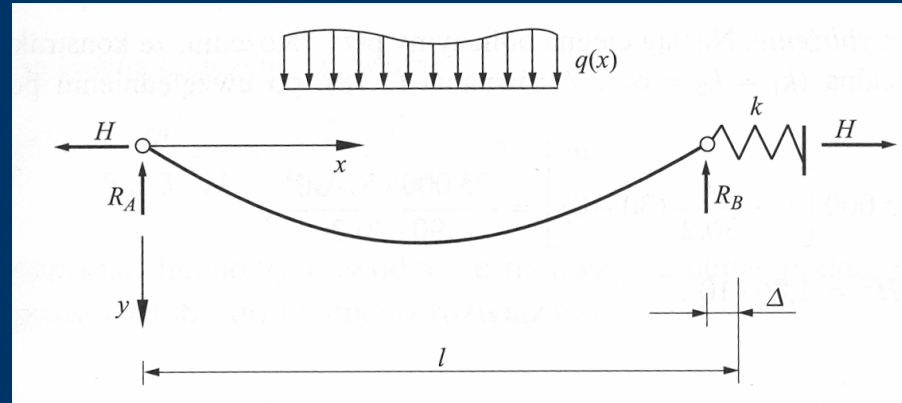


Tablica 3.6. Wartości całek $\int_0^l Q^2 dx$

Lp.	Schemat obciążenia	$\int_0^l Q^2 dx$
1		$\frac{q^2 l^3}{12}$
2		$\frac{q^2 a^3}{12l} (4l - 3a)$
3		$\frac{q^2 l^3}{12} + \frac{P^2 ab}{l} + Pqab$
4		$\frac{q^2 l^3}{45}$
5		$\frac{q_1^2 l^3}{45} + \frac{q_2^2 l^3}{45} + \frac{7q_1 q_2 l^3}{180}$
6		$\frac{q^2 l^3}{80}$

Nielinowości

- Podatność konstrukcji wspanoczej
- Wydłużalność ciężgen
- Nachylenie ciężgen



$$H^3 + H^2 EA \left[1 - \frac{1}{s_0} (l - \alpha_t \Delta T s_0) \right] = \frac{EA q^2 l^3}{24 s_0}$$



Denver
(Colorado)
**International
Airport (1993)**
[arch. **Perez
Architects**]

Przekrycia cięgnowe stosowane są najczęściej z pokryciem z membran

Konstrukcja
ciągnowa z
membraną



Konstrukcja cięgnowa z membraną:
Schlumberger Research Centre, Cambridge
(architekt: **Michael Hopkins & Partners**)



Konstrukcja cięgnowa -podwieszenie zadaszzenia:
Schlumberger Research Centre, Cambridge Fleetguard, Quimper,
(architect: **Richard Rogers
Partnership**)



Konstrukcja cięgnowa -podwieszenie zadaszenia: Oxford Ice Rink , (architekt: **Nicholas Grimshaw & Partners**)



Głowica słupa,
Fleetguard, Quimper
(architect: Richard Rogers
Partnership)



Pośrednie
zamocowanie lin
Renault
Parts Distribution Centre
(architekt: Foster and
Partners)



Zamocowanie lin do fundamentu
Hanover
Trade Hall (architekt: Thomas Herzog)



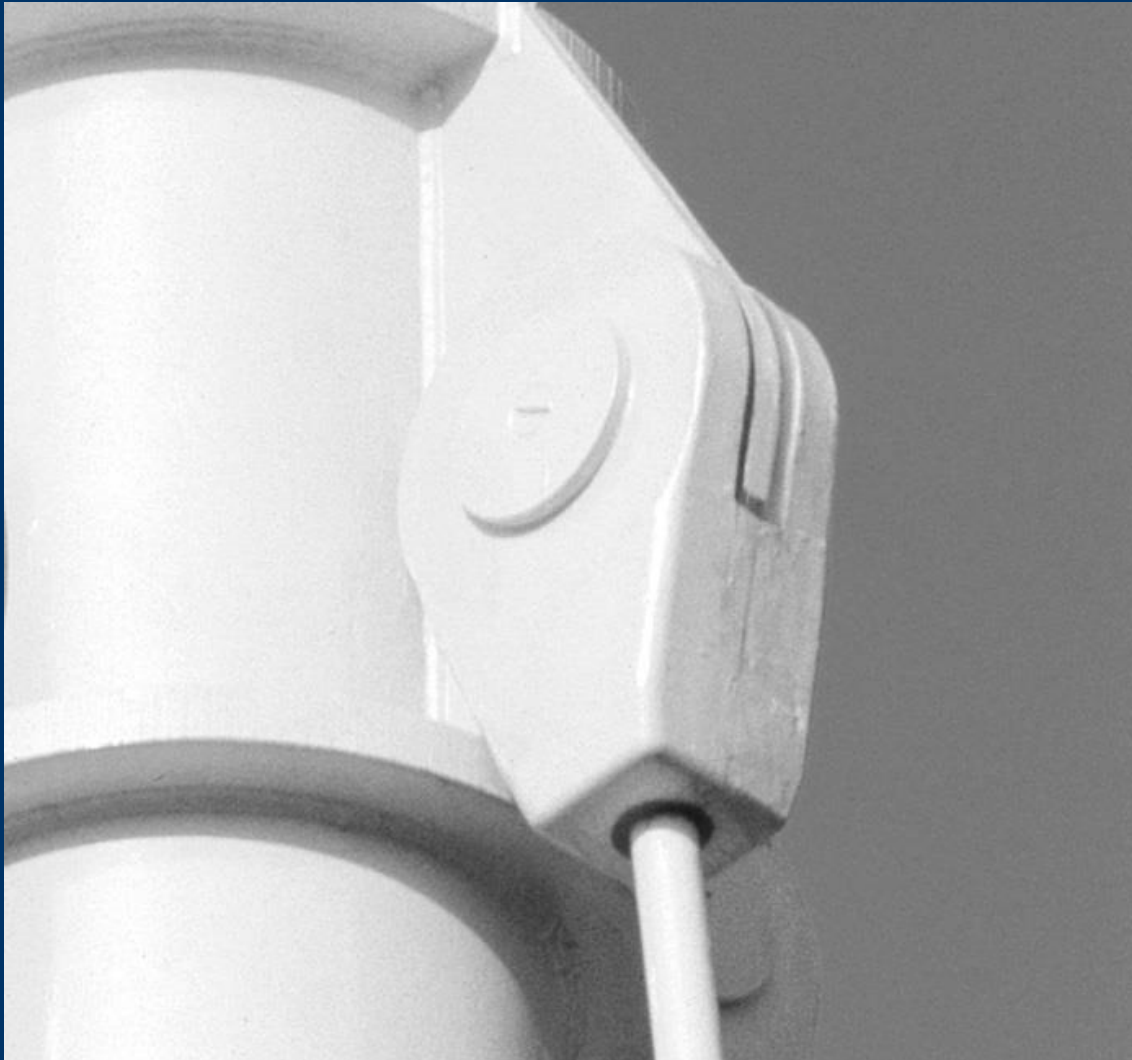
Wsporniki-prowadnice
lin
Sainsbury's supermarket
(architekt: Nicholas Grimshaw
& Partners)



Detal łączenia lin
Iguazu Factory,
Cologne
(architekt: Nicholas Grimshaw
& Partners)



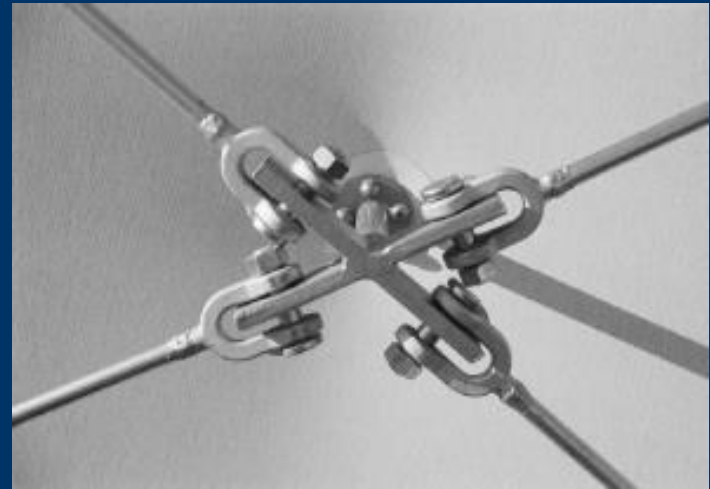
Detal połączenia lin ze
stopą słupa
Sports stadium,
Cologne (architekt: Verena
Dietrich)



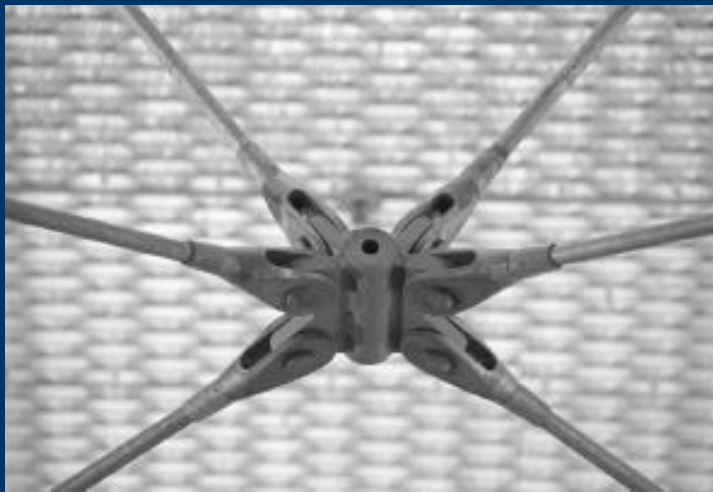
Połączenie liny ze
słupem



Detale łączenia lin



Detale łączenia lin



Detale łączenia lin



Zastosowanie rur i lin

