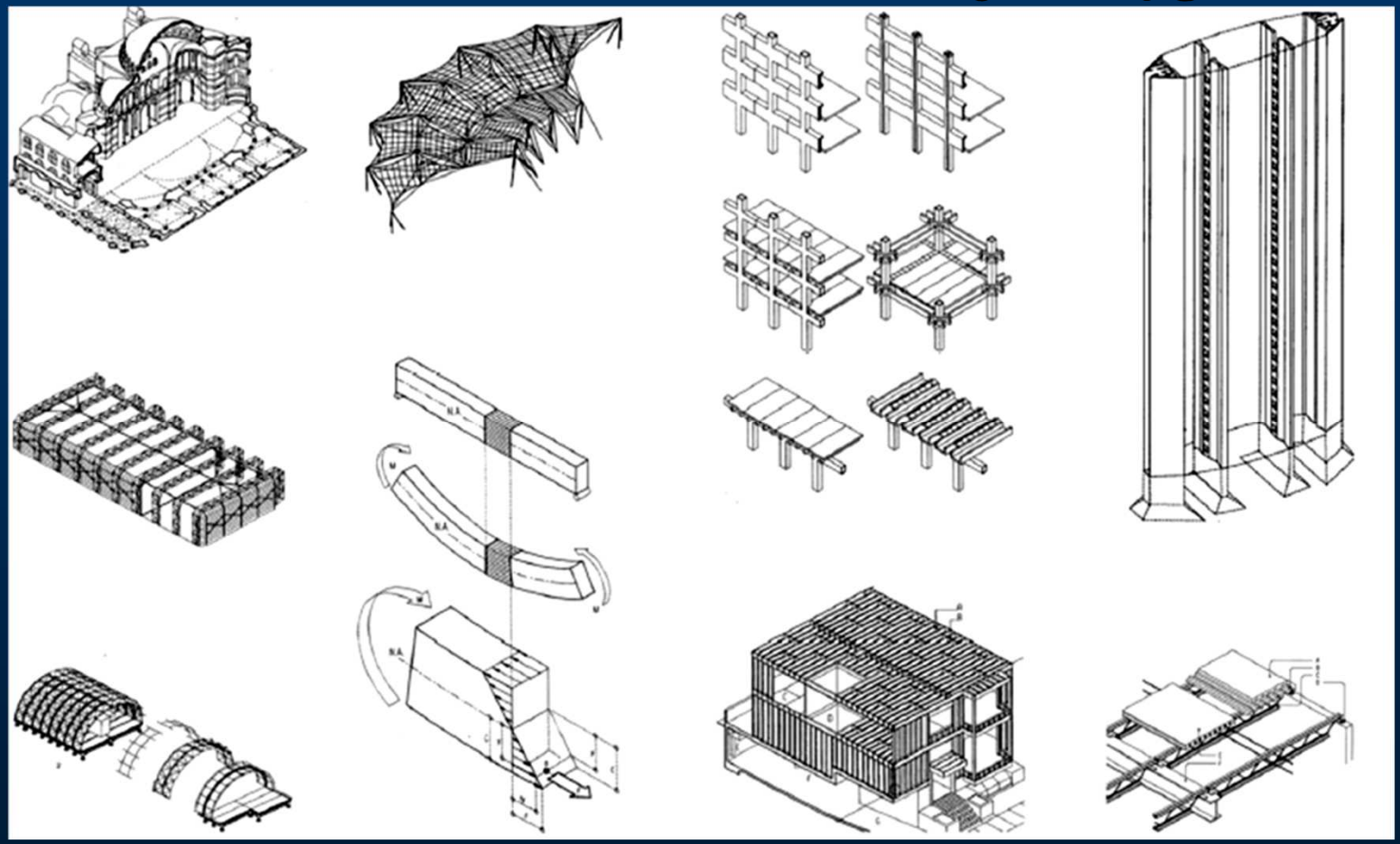
Architektoniczne konstrukcje cięgnowe



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, Archtectural Press, Oxford-Boston, 1998

[6.3.] Pałkowski Sz., Konstrukcje stalowe. Wybrane zagadnienia . Obliczenia i projektowanie, PWN, Warszawa 2010

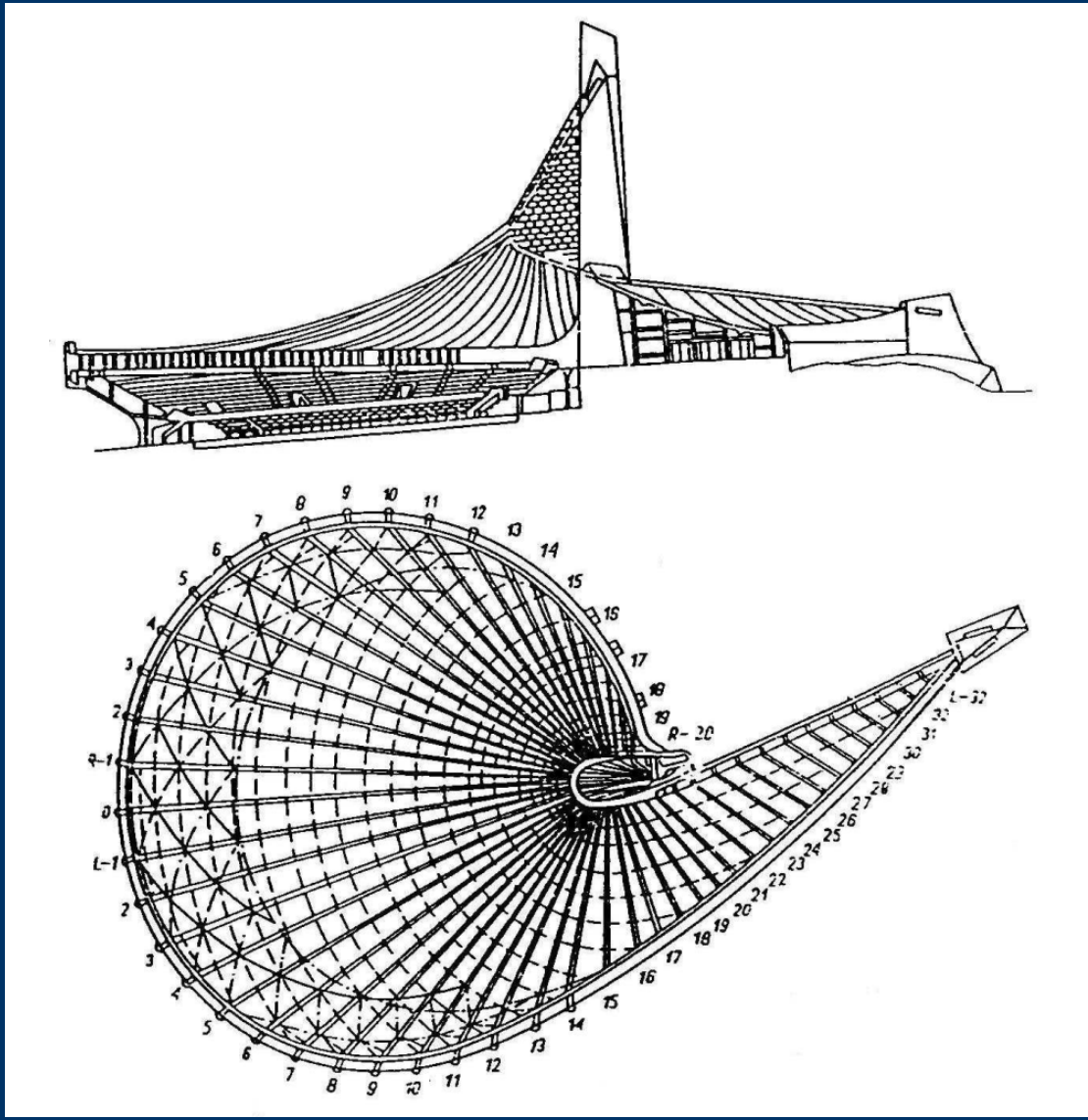
[6.4.] Trebilcock P, Lawson M., Architectural Design in Steel, Spon Press , 2004

Leszek CHODOR , dr inż. bud, inż.arch.

leszek@chodor.pl ; lch@chodor-projekt.com.pl

Konstrukcje cięgnowe {1}

Konstrukcje cięgnowe chętnie są chętnie stosowane we współczesnej architekturze



Przykład konstrukcji cięgnowej.

Przekrycie siatkowe.

Cięgna rozpięte na konstrukcji obwodowej i centralnym pylonie

Konstrukcje cięgnowe {2}

Konstrukcje cięgnowe chętnie są chętnie stosowane we współczesnej architekturze

Charakterystyka konstrukcji cięgnowych

Konstrukcje cięgnowe nazywane także konstrukcjami wiszącymi należę 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) wystêpują tylko naprężenia rozciągające,
- stosunkowo tani i prosty montaż konstrukcji niewymagaj¹cy na ogół skomplikowanych rusztowań.

W związku z tymi pozytywnymi cechami konstrukcje cięgnowe są bezkonkuren cyjne 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 podwieszone,

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

Konstrukcje cięgnowe {3}

Konstrukcje cięgnowe chętnie są chętnie stosowane we współczesnej architekturze

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 m,→
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 ciegnowej o wyskosci 180 m i D=140 m,

Wady:

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

Konstrukcje cięgnowe {4}

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]

Konstrukcje cięgnowe {5}

Most podwieszony

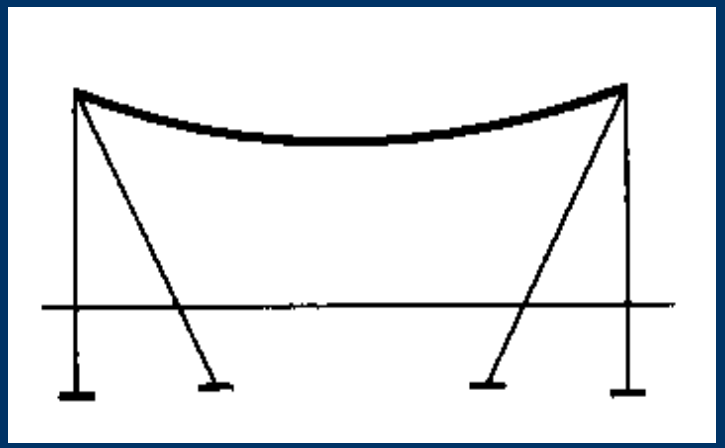
Konstrukcje cięgnowe{6}

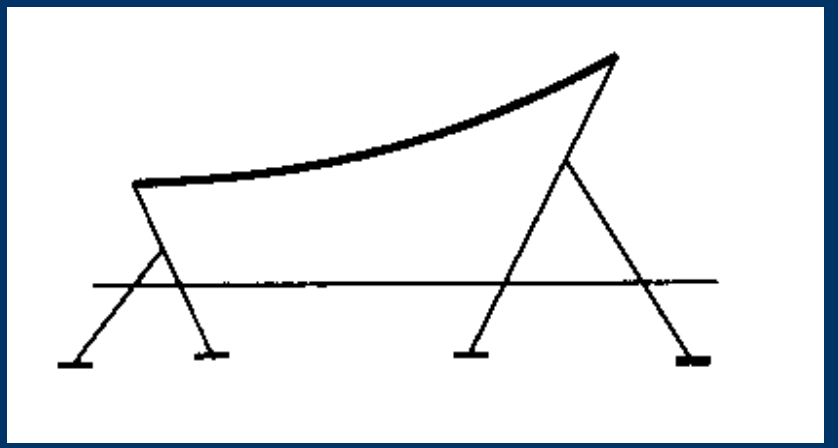
Przekrycie cięgnowe (1972) Munich Olympic Stadium. . [arch. Frei Otto]

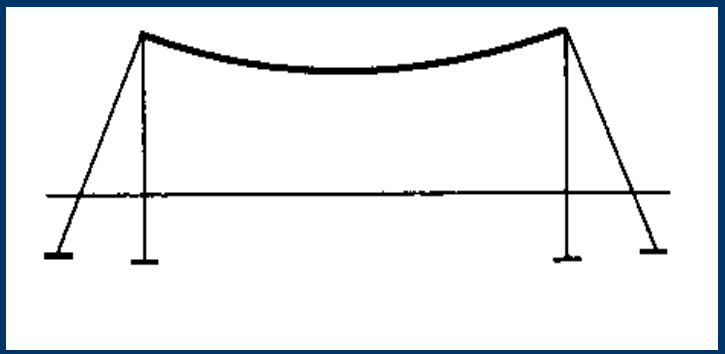
Typy konstrukcji cięgnowych {1}

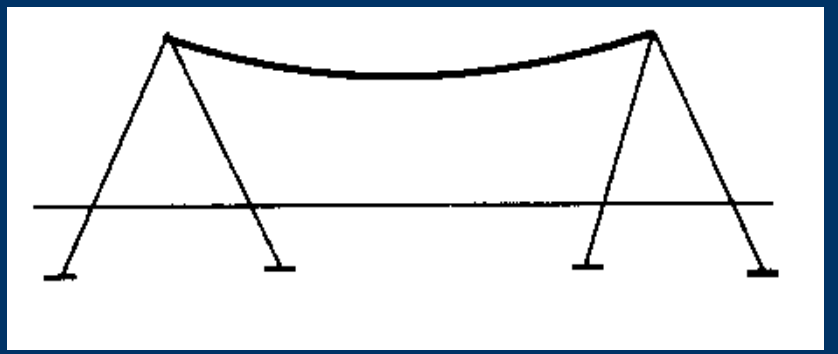
Najprostsze konstrukcje ciegnowe:

Ustroje złożone z pojedyńczych cięgien







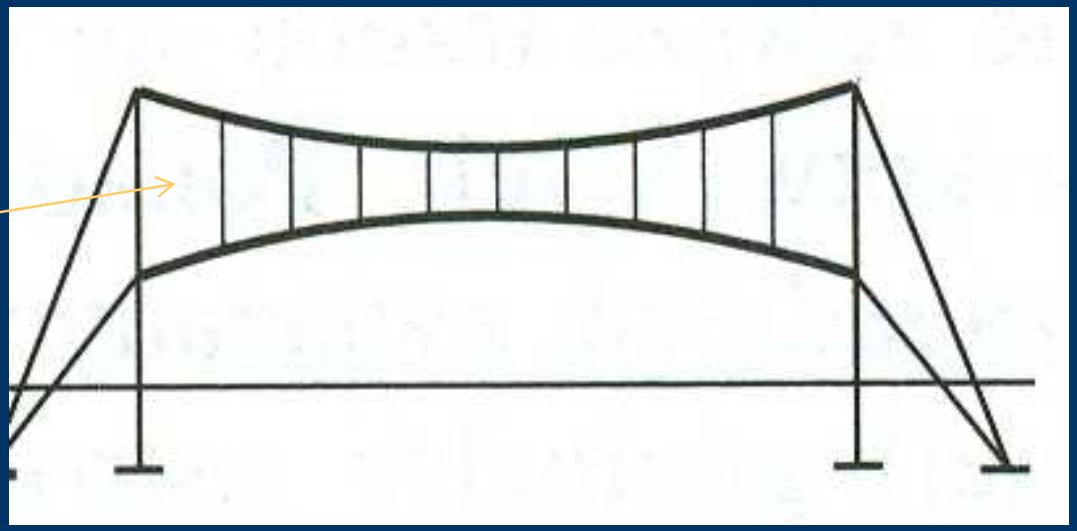


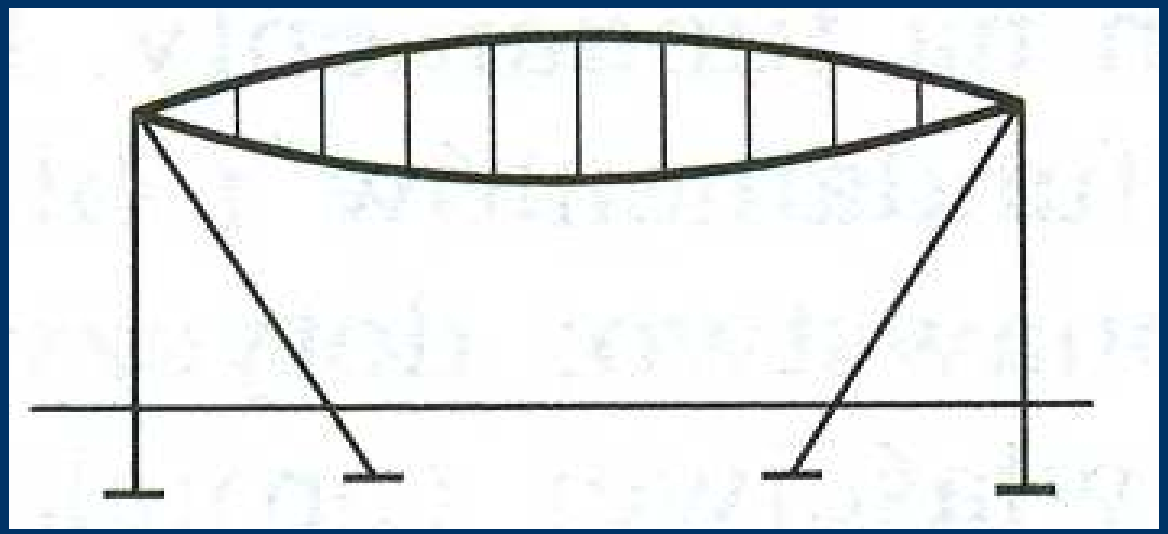
Typy konstrukcji cięgnowych {2}

Płaskie dźwigary kratowe:

Dźwigar

Jawertha





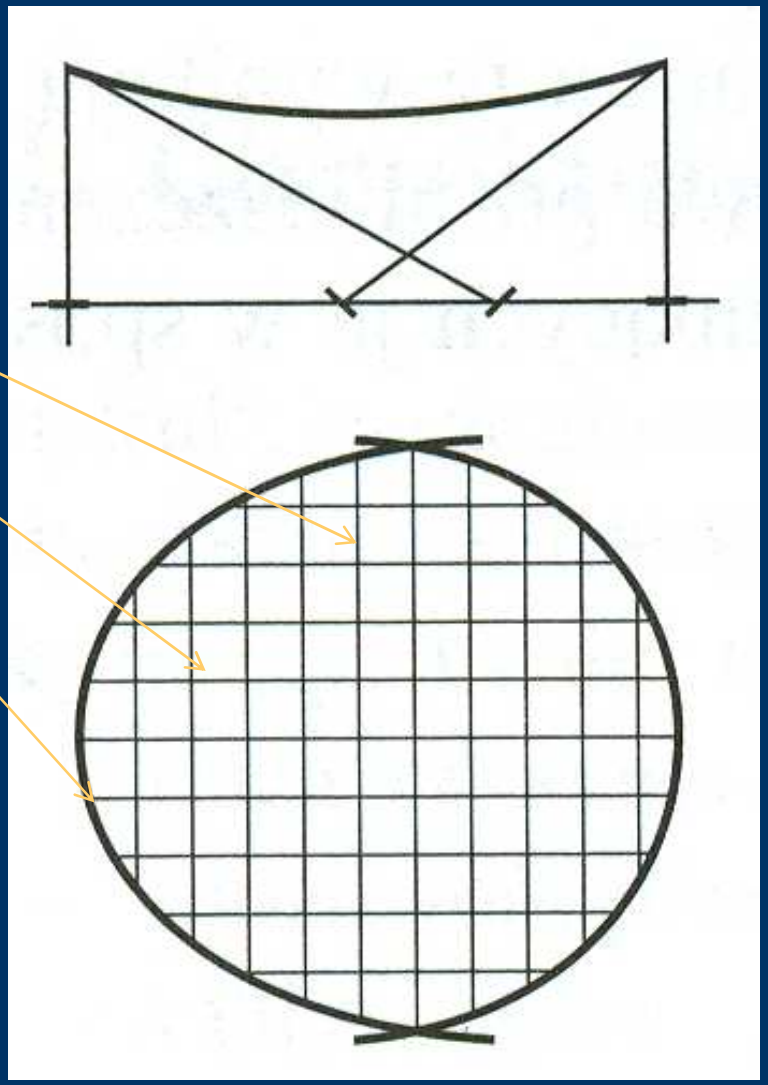
Typy konstrukcji cięgnowych {3}

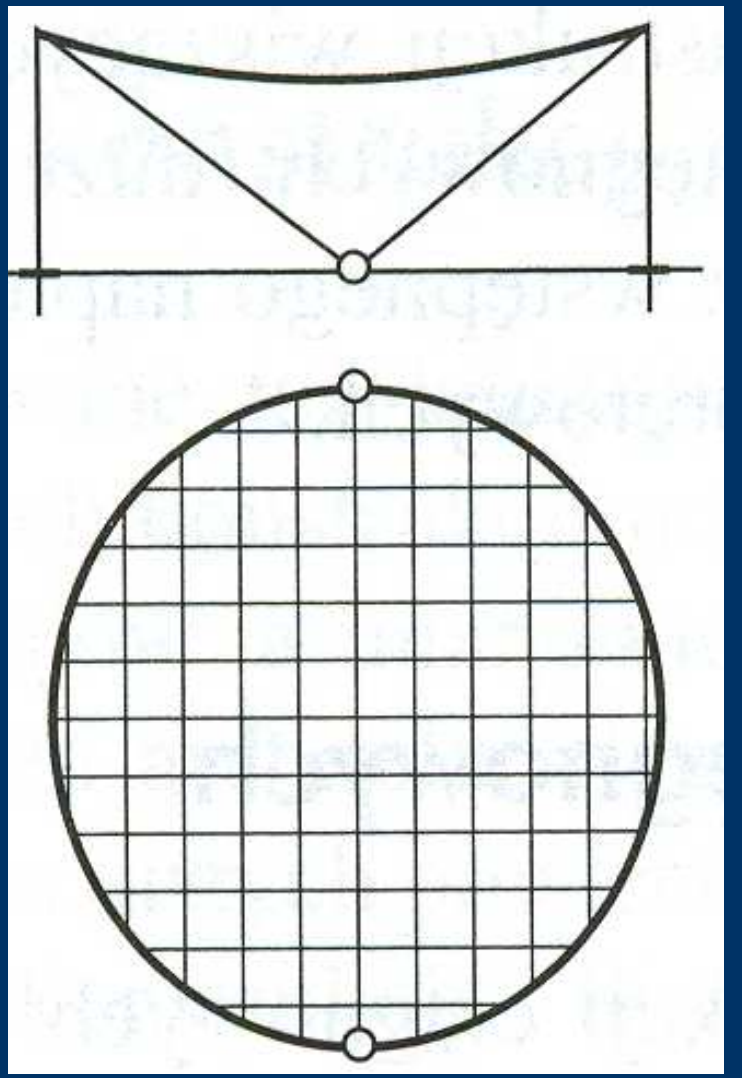
Powierz chniowe siatki cięgnowe

Cięgna nośne

Cięgna napinające

Dźwigar brzegowy

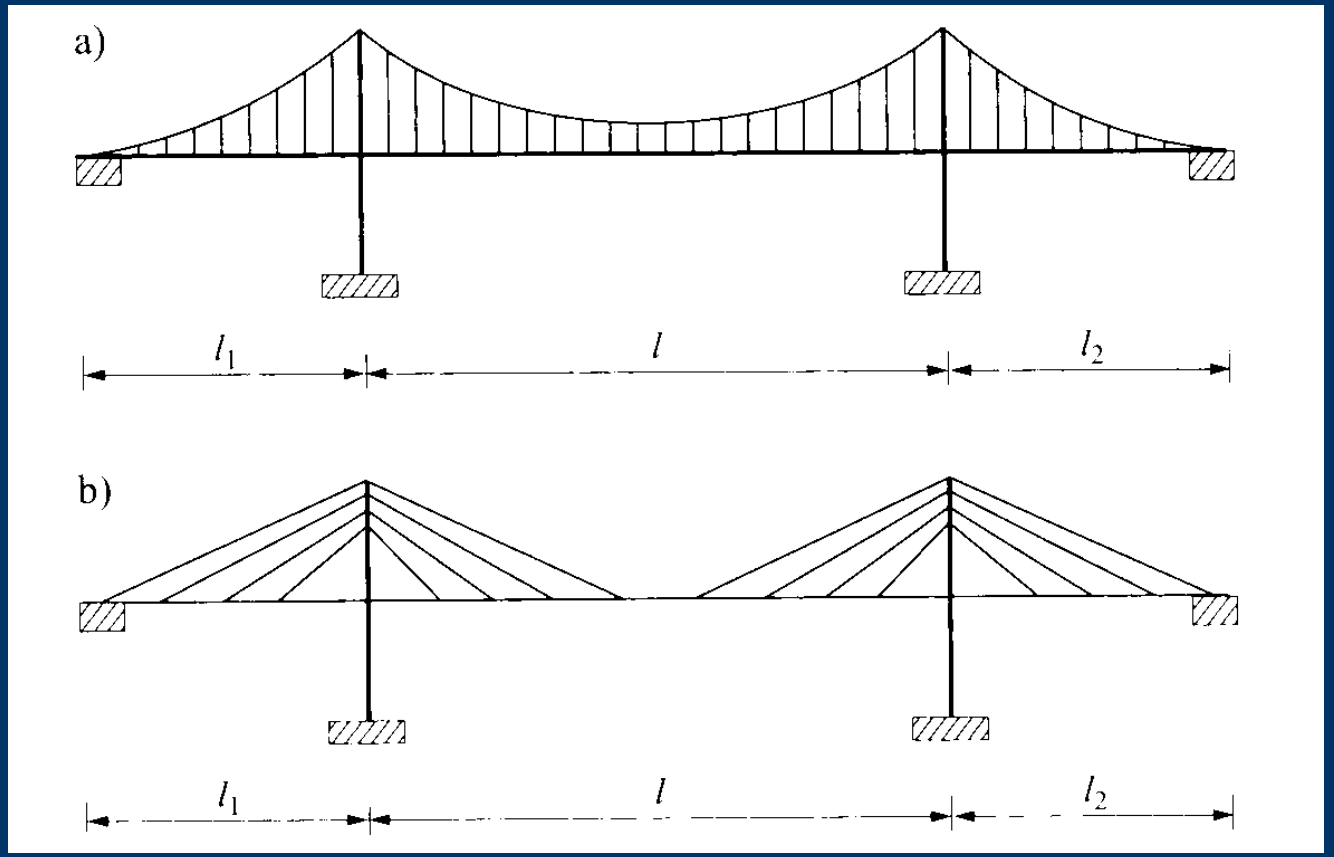




Typy konstrukcji cięgnowych {4}

Most wiszący

Most podwieszony (wantowy)



Typy konstrukcji cięgnowych {5}

Największe mosty wiszące

Lp.	Nazwa mostu	Rozpiętość (m)	Miejscowość	Rok budowy
I	Akashi Kaikyo	1991	Kobe Naruto, Japonia	1998
2	Great Belt East	1624	Halsskov Sprogo, 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 podwieszone

Lp.	Nazwa mostu	Rozpiętość (m)	Miejscowość	Rok budowy
I	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

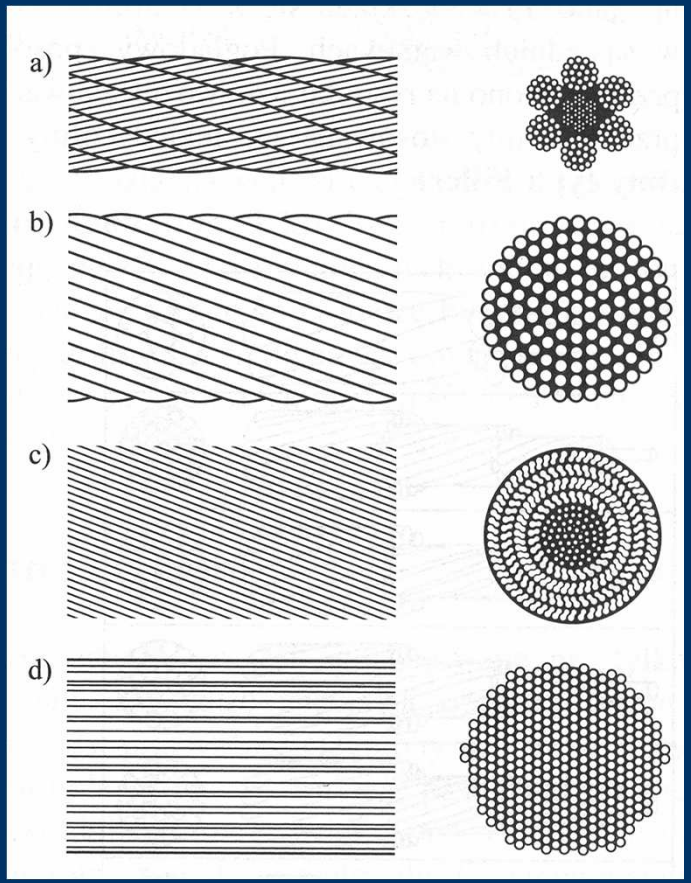
Liny{1}

wielozwita

spiralan otwarta

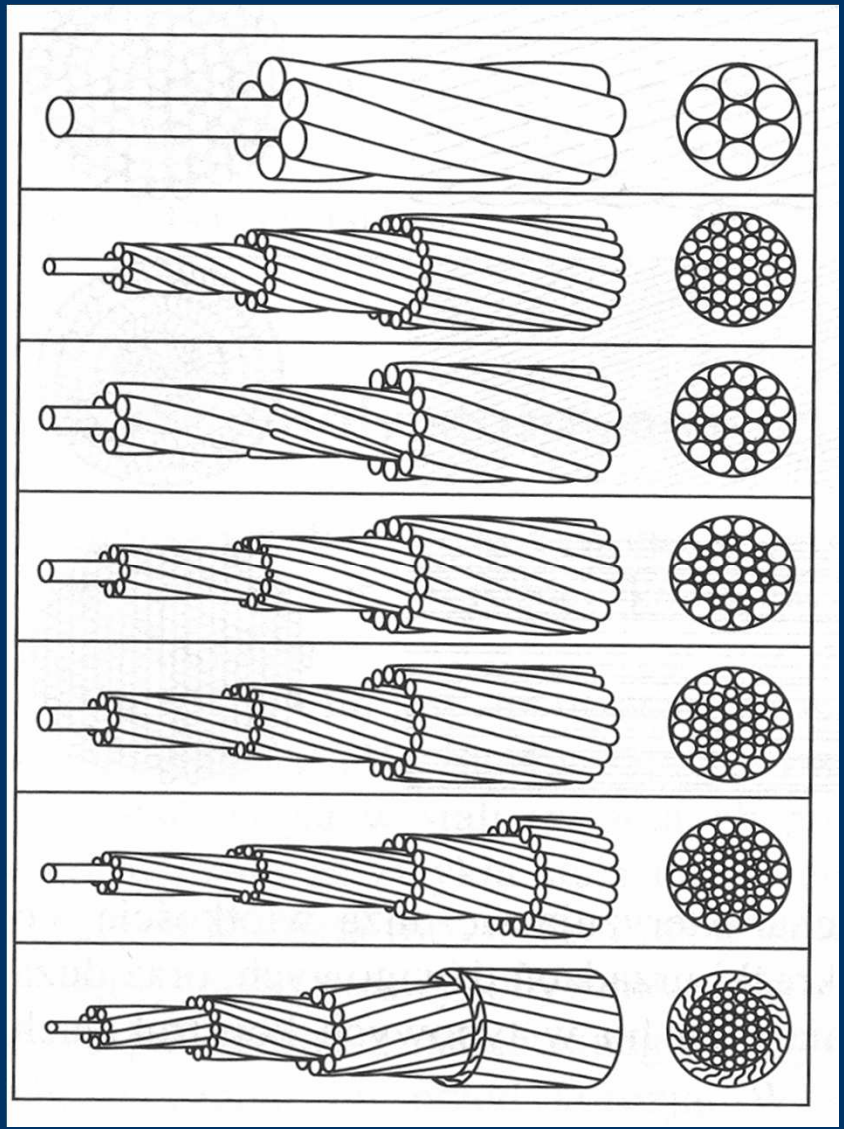
spiralna zamknięta

Kabel z pojedyńczych drutów



Rodzaje lin spiralnych

Thyssen Draht

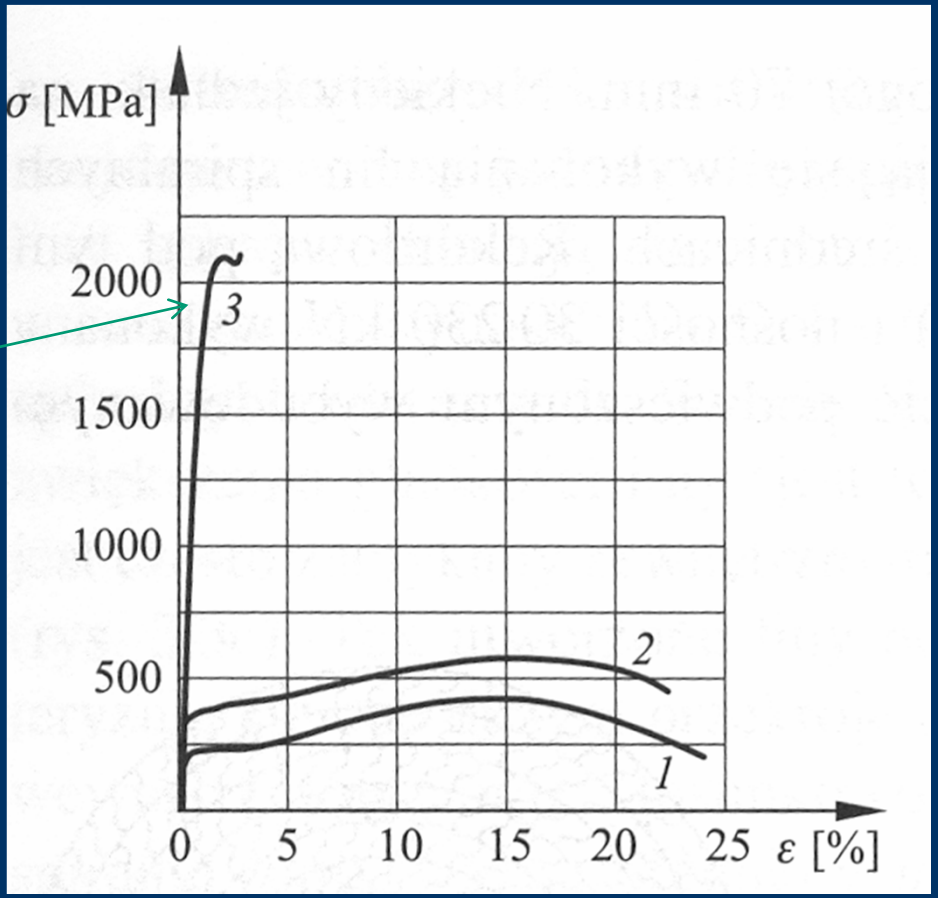


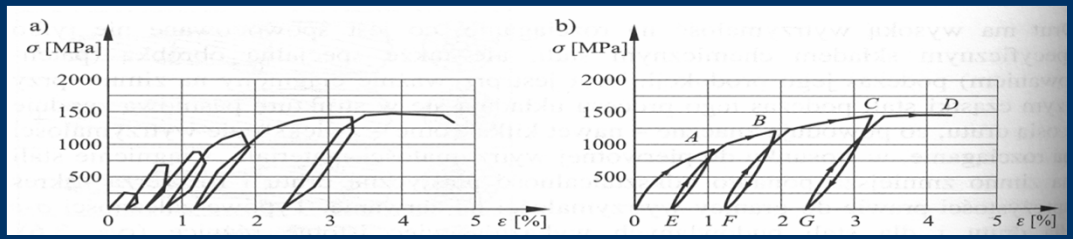
Liny{2}

właściwości mechaniczne:

1- S235, 2- S355,

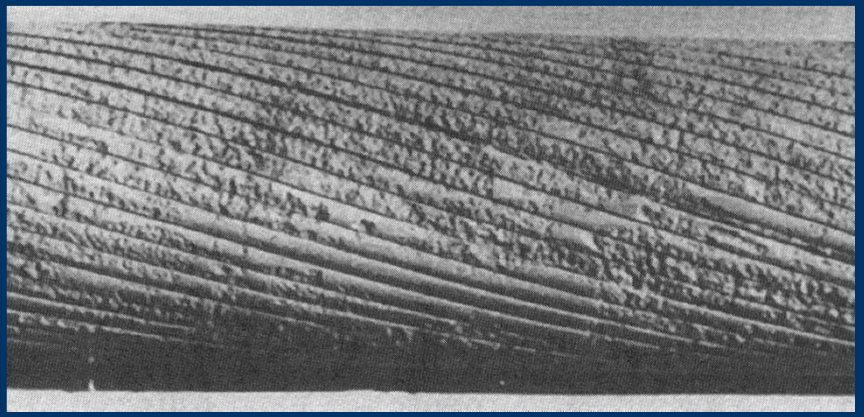
3- drut na liny

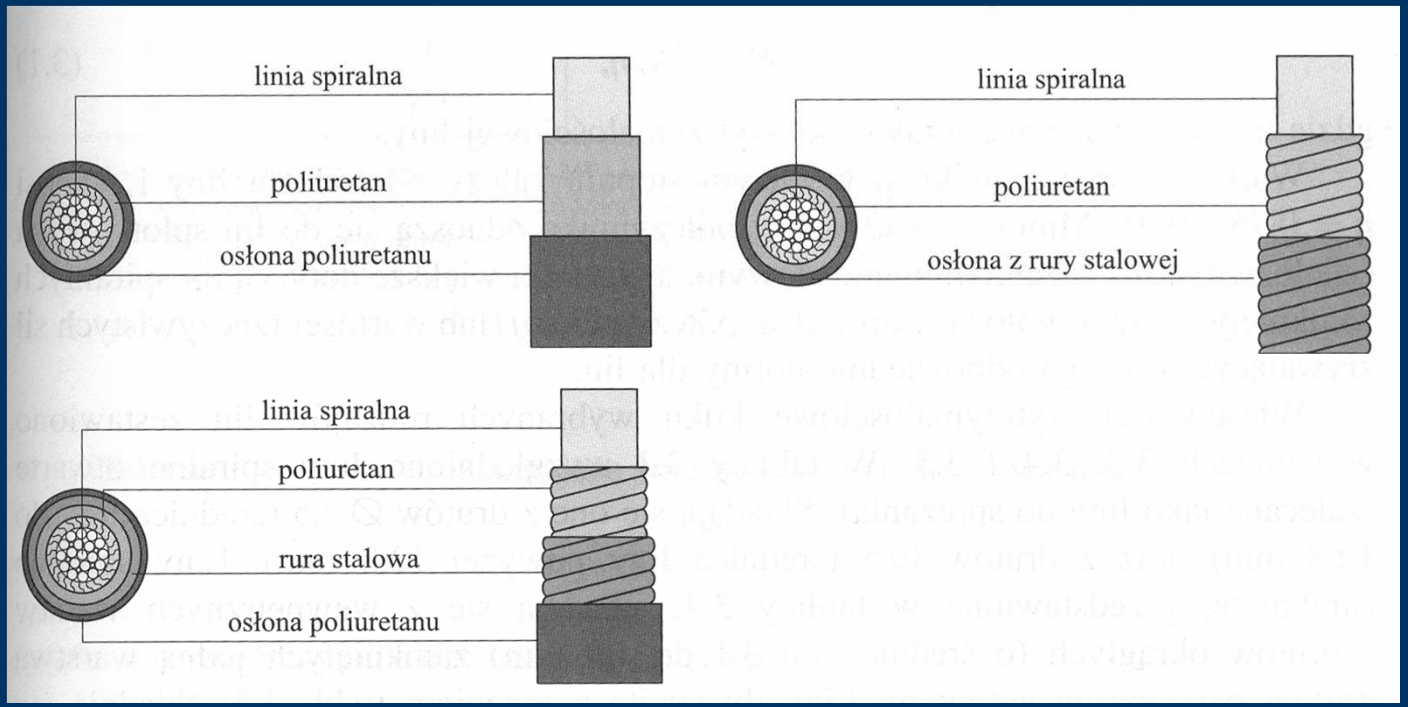




Liny{3}

Ochrona przed korozją





Cięgna{1}

Wymiarowanie cięgien

Rzeczywista siła zrywająca linę

Siła nominalna

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

Współczynnik sprawności 0,75do 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

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

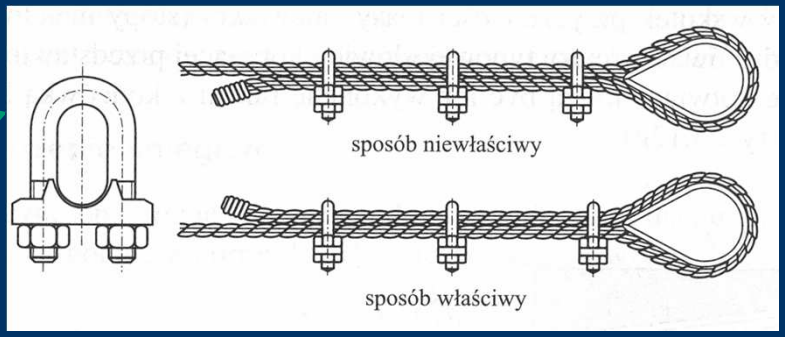
Współczynnik pewności n=2 do 3

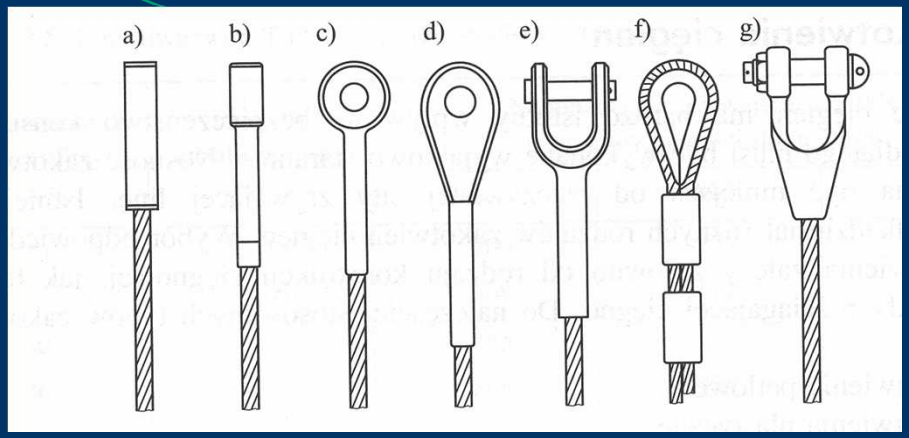
Cięgna{2}

Zakotwienie cięgien

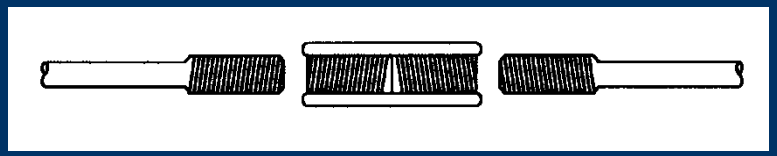
Zakotwienia cięgien:

- pętlowe
- plastyczne
- klinowe zalewane →





Połączenie prętów

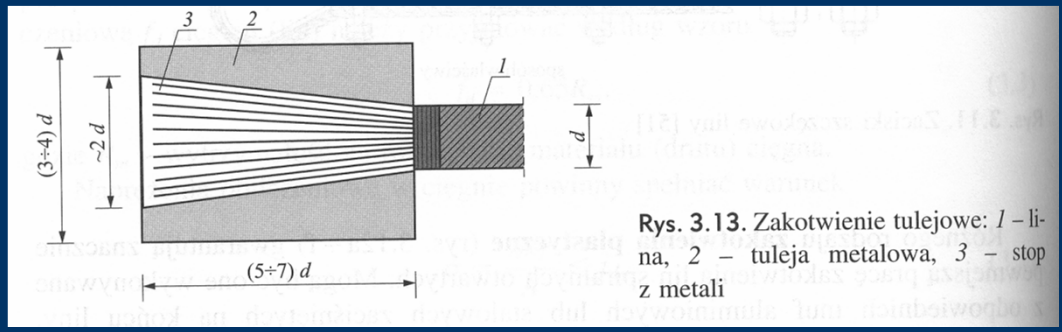


Cięgna{3}

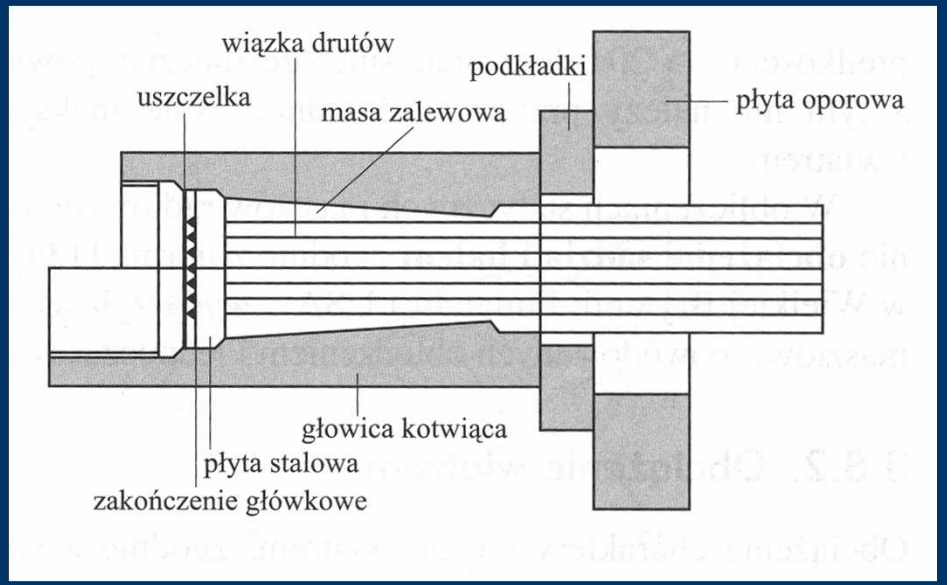
Zakotwienie cięgien

Zakotwienia cięgien:

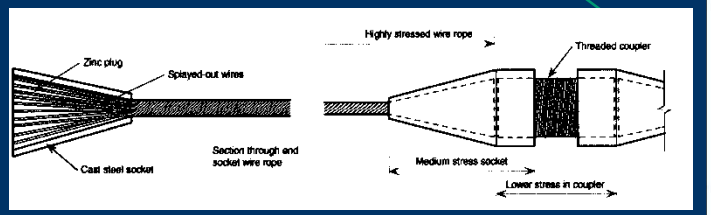
- ← pętlowe
- ←plastyczne
- klinowe zalewane



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



typu BBR

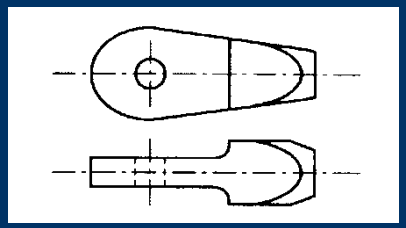


Cięgna{4}

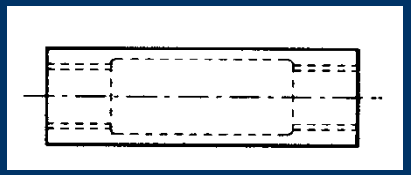
Akcesoria

Akcesoria:

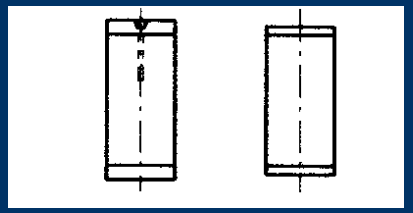
- Głowica



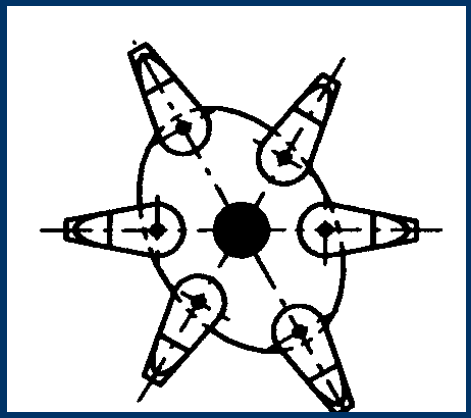
- nakrętka dwustronna



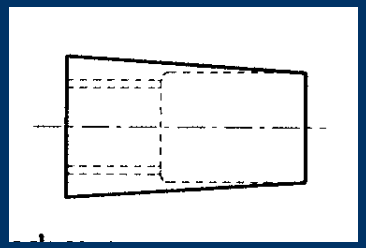
- Wkręt stabilizujący



- Pierścień →



- klin

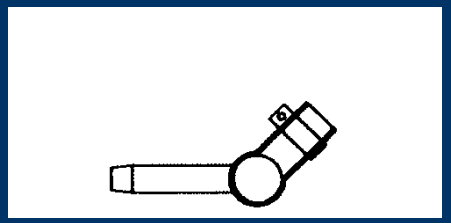


Cięgna{5}

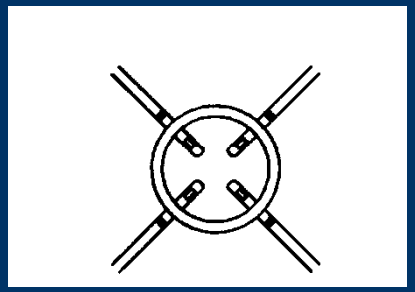
Akcesoria

Akcesoria:

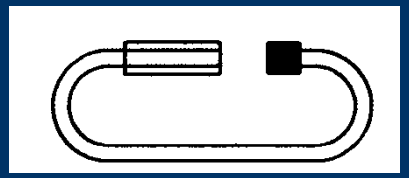
- przegub



- węzeł stężeń



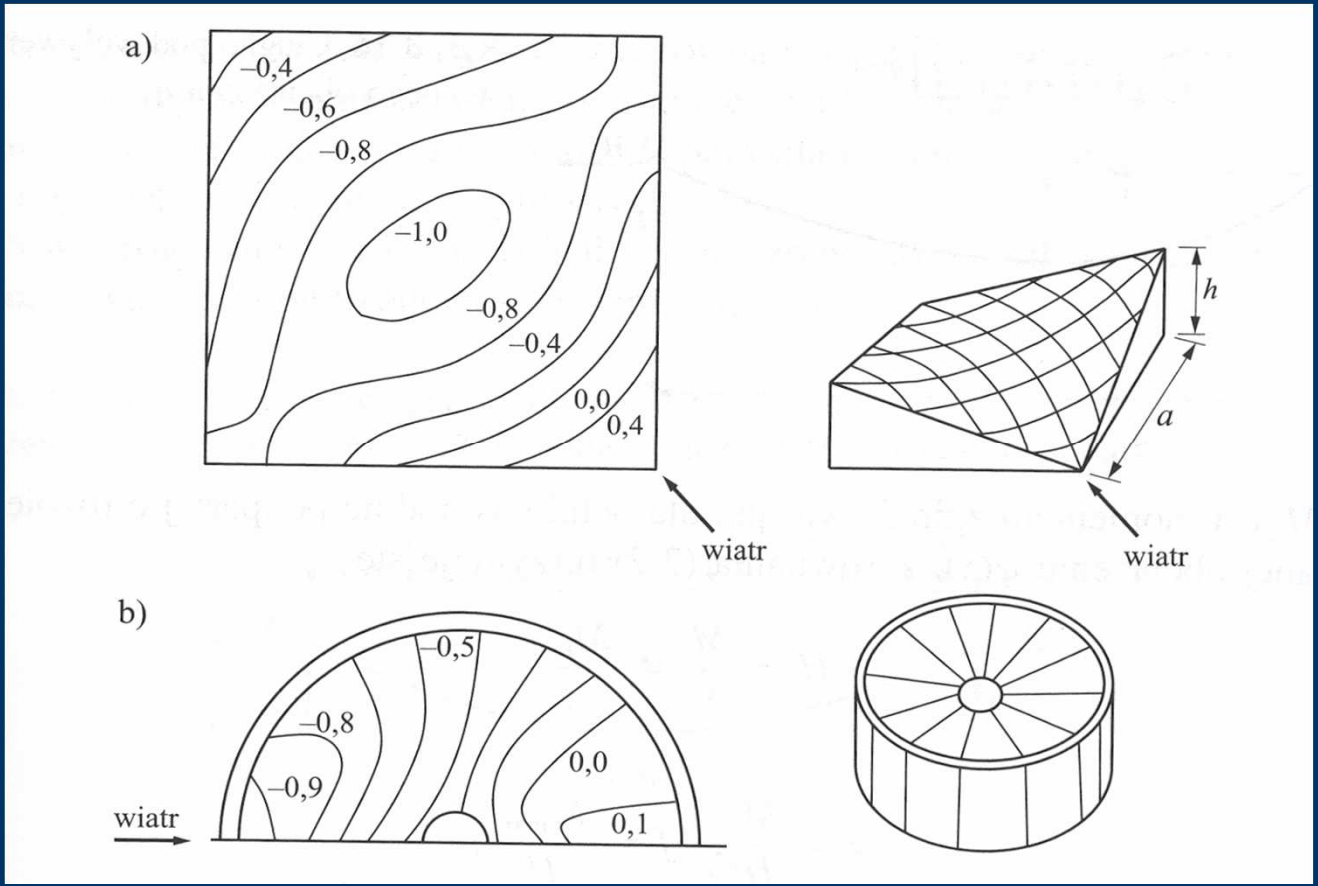
- Kabłąk
- (złaćze rapid) →



Obciążenia konstrukcje cięgnowych

Obciążenie:

- Śnieg
- Wiatr
- Tempera tura



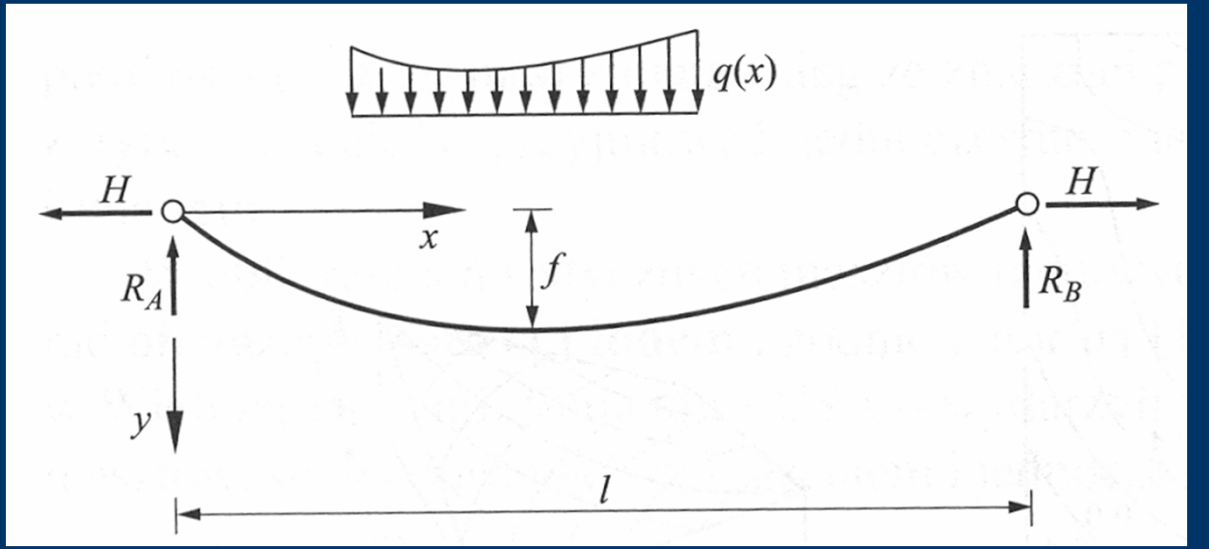
dt=-+ 35 st
(nieco więcej niż
wg nomy)

Statyka cięgna{1}

Równanie cięgna nierozciągliwego

Najprostsze – tylko do obliczeń wdtenych

M-Hy=0
(cięgno nie przenosi momentu zginającego



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

długość cięgna s

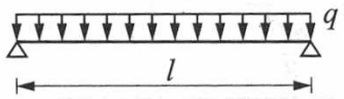
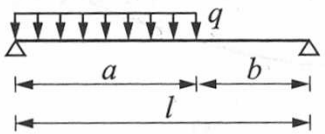
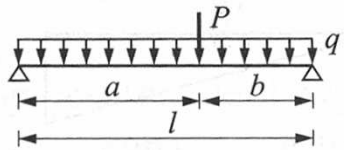
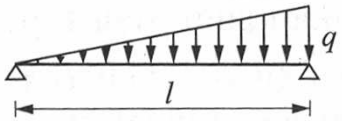
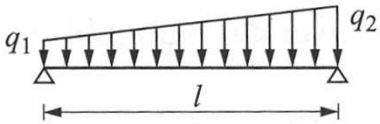
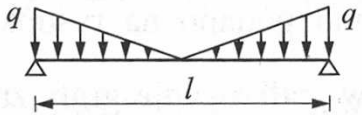
$$s = \int_0^l \sqrt{1+y'^2}\,dx \approx \int_0^l \left[1+\tfrac{1}{2}y'^2\right]dx = l+\tfrac{1}{2}\int_0^l y'^2\,dx.$$

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

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

Statyka cięgna{2}

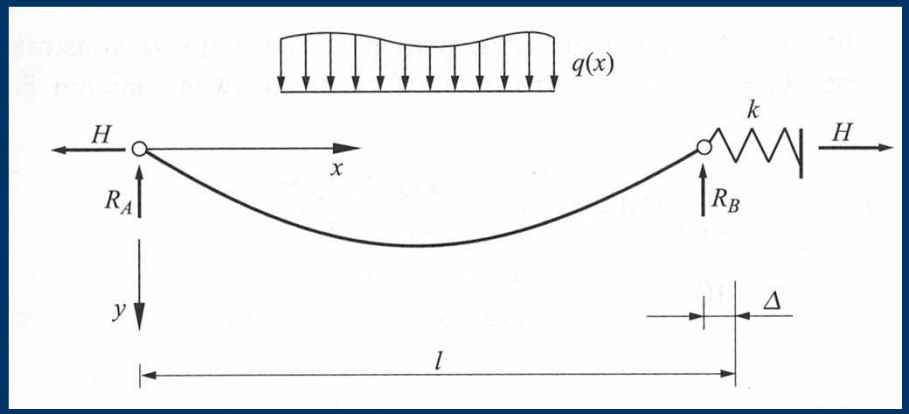
Tablica 3.6. Wartości całek $\int_0 Q^2\,dx$

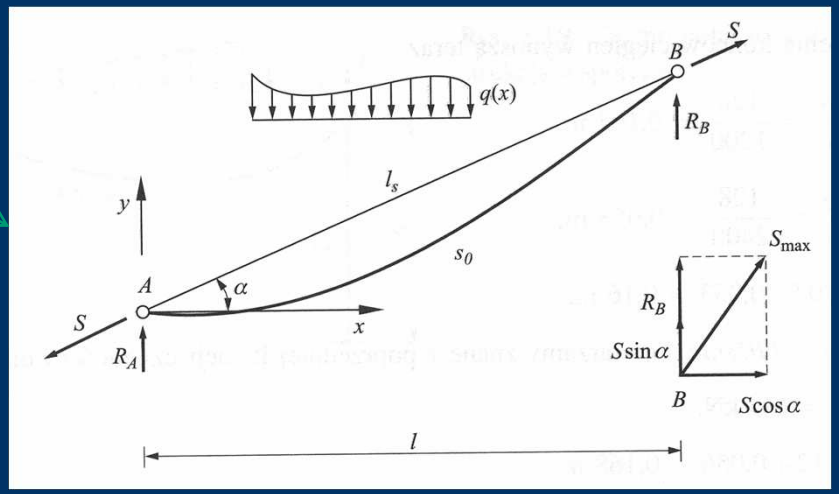
Lp.	Schemat obciążenia	$\int_0^l Q^2\,dx$
1		$\frac{q^2 l^3}{12}$
2		$\frac{q^2 a^3}{12l}(4l-3a)$
3		$\frac{q^2 l^3}{12}+\frac{P^2 ab}{l}+Pqab$
4		$\frac{q^2 l^3}{45}$
5		$\frac{q_1^2 l^3}{45}+\frac{q_2^2 l^3}{45}+\frac{7q_1 q_2 l^3}{180}$
6		$\frac{q^2 l^3}{80}$

Statyka cięgna{3}

Nielinowości

- Podatność konstrukcji wsporczej
- Wydłużalność cięgien
- Nachylenie cięgien





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

Konstrukcje cięgnowe - realizacje{1}

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

Przekrycia cięgnowe stosowane są najczęściej z pokryciem z membran

Konstrukcje cięgnowe - realizacje{2}

Konstrukcja cięgnowa z memebraną

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

Konstrukcje cięgnowe - realizacje{3}

Konstrukcja ciegnowa -podwieezszenie zadaszenia:
Schlumberger Research Centre, Cambridge Fleetguard, Quimper,
(architect: Richard Rogers
Partnership)

Konstrukcje cięgnowe - realizacje{4}

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

Konstrukcje cięgnowe – detale {1}

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

Konstrukcje cięgnowe – detale {2}

Pośrednie zamocowanie lin

Renault

Parts Distribution Centre (architekt: Foster and Partners)

Konstrukcje cięgnowe – detale {3}

Zamocowanie lin do fundamentu

Hanover

Trade Hall (architekt: Thomas Herzog)

Konstrukcje cięgnowe – detale {4}

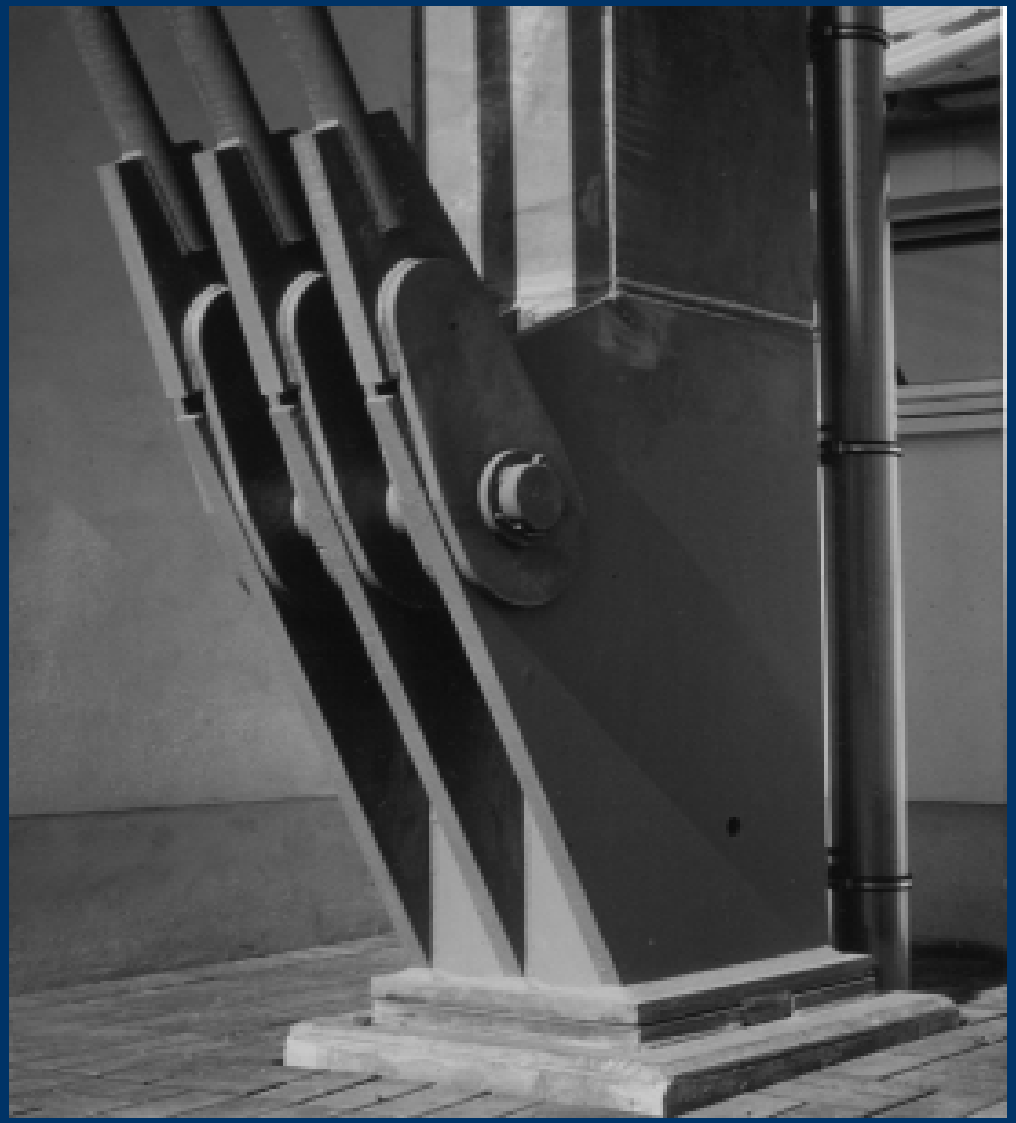
Wsporniki-prowadnice lin

Sainsbury's supermarket
(architekt: Nicholas Grimshaw & Partners)

Konstrukcje cięgnowe – detale {5}

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

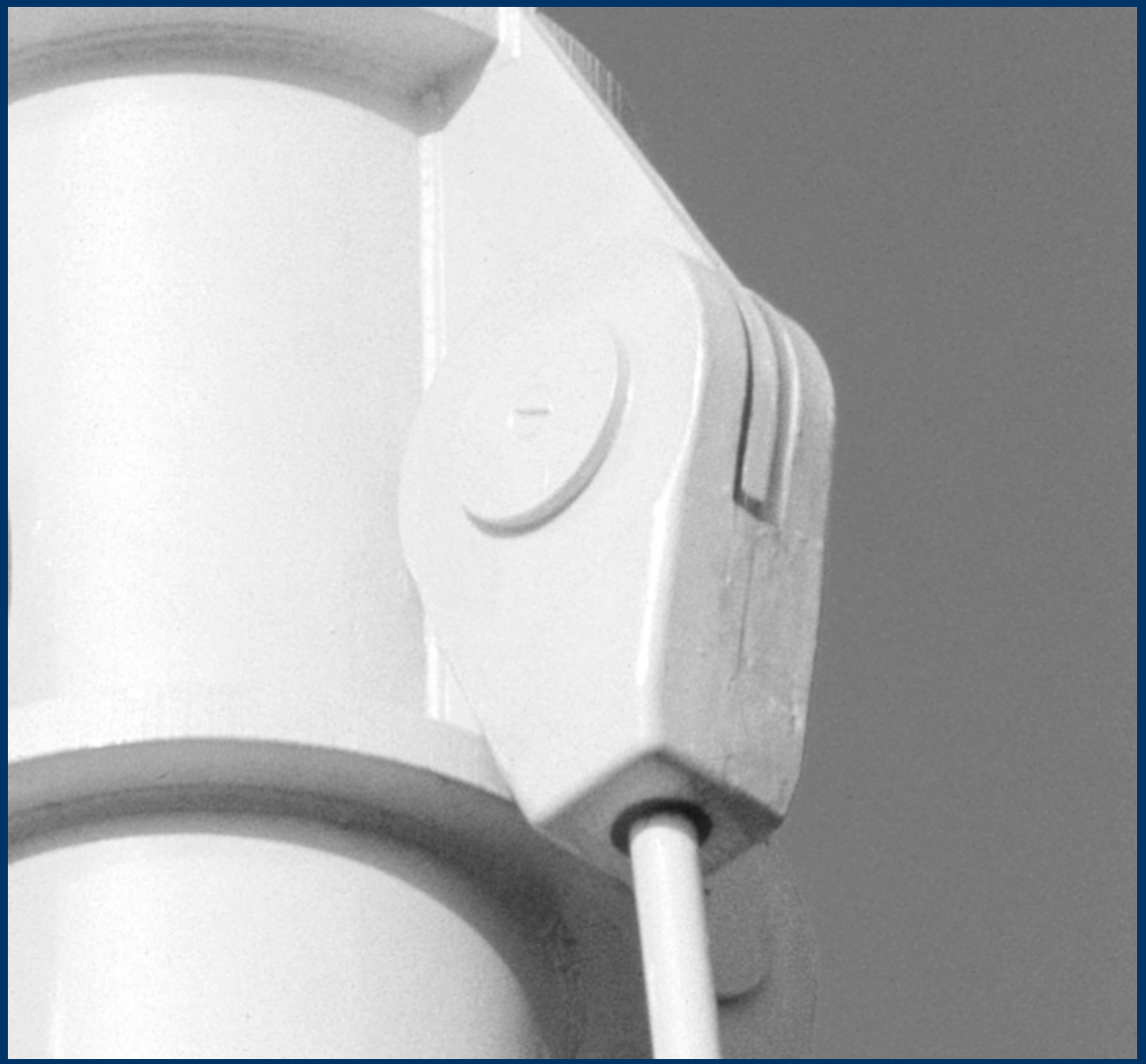
Konstrukcje cięgnowe – detale {6}



Detal połączenia lin ze stopą słupa

Sports stadium, Cologne (architekt: Verena Dietrich)

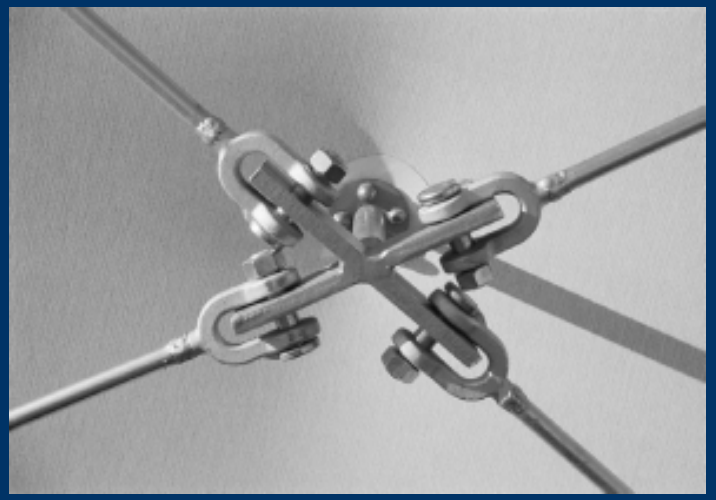
Konstrukcje cięgnowe – detale {7}



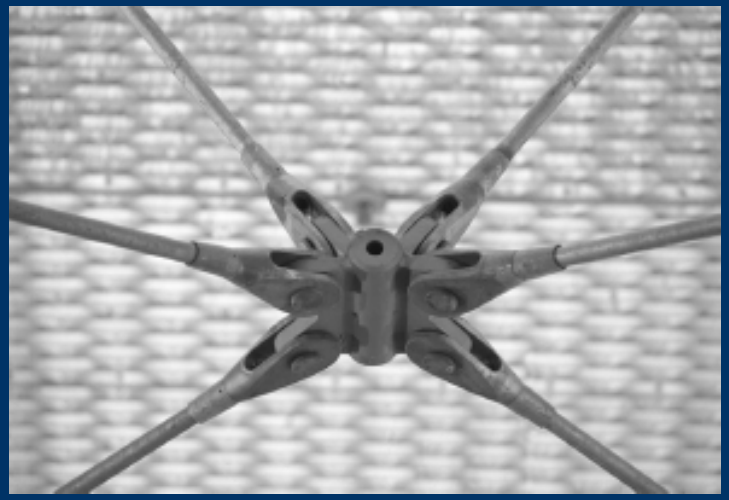
Połączenie liny ze słupem

Konstrukcje cięgnowe – detale {8}

Detale łączenia lin



Konstrukcje cięgnowe – detale {9}



Detale łączenia lin

Konstrukcje cięgnowe – detale {10}

Detale łączenia lin

Konstrukcje cięgnowe – detale {11}

Zastosowanie rur i lin