



Konstrukcje sprężone

SYSTEM C

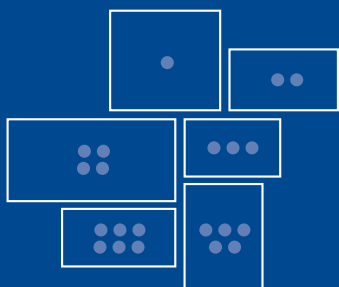


FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

System sprężania Freyssinet C został opracowany jako odpowiedź na wyzwania nowoczesnej inżynierii. Główną zaletą tego systemu sprężania są jego małe wymiary. Kable Systemu C składają się z 3 do 55 splotów.

Spis treści:

Str. 3	HISTORIA
Str. 4	CHARAKTERYSTYKA
Str. 5	STAL SPRĘŻAJĄCA
Str. 6	KANAŁY KABLOWE SYSTEMU C
Str. 7	ZAKOTWIENIA CZYNNE SYSTEMU C
Str. 8	ZAKOTWIENIA CZYNNE TYPU R Z MOŻLIWOŚCIĄ WYMIANY
Str. 10	CZYNNE ZAKOTWIENIA PŁASKIE F
Str. 11	ŁĄCZNIKI CC
Str. 12	ŁĄCZNIKI POJEDYNCZYCH SPLOTÓW
Str. 14	ZAKOTWIENIA BIERNE
Str. 15	ZBROJENIE PRZECIW ROZRYWANIU
Str. 16	ZBROJENIE PRZECIW ROZRYWANIU ZAKOTWIENÍ PŁASKICH F
Str. 17	ROZMIESZCZENIE ZAKOTWIENÍ
Str. 18	MONTAŻ - ROZMIESZCZENIE
Str. 19	MONTAŻ - SPRĘŻANIE
Str. 22	OCHRONA PRZED KOROZJĄ



Zdjęcia na okładce:

- Pylon mostu Siekierkowskiego
- Łącznik 19 CC 15
- Zakotwienie 37 CC 15
- Ściąg mostu przez Dziwnę w Wolinie
- Prasa K 500 C
- Prasa CC 350

HISTORIA

System C jest wynikiem ponad stu lat doświadczeń firmy Freyssinet w sprężaniu.

Pierwszy element sprężony wykonany przez Eugène Freyssinet pojawił się w 1903 roku, jednak dopiero w 1928 roku Eugène Freyssinet i Jean Séailles opatentowali pomysł na „proces wytwarzania elementów z betonu zbrojonego”. Sam termin „sprężenie” pojawił się dopiero w roku 1932.

Możliwości, jakie daje sprężenie, zaprezentowane zostały po raz pierwszy podczas otwarcia sprężonego terminala portowego Le Havre w 1934 roku.

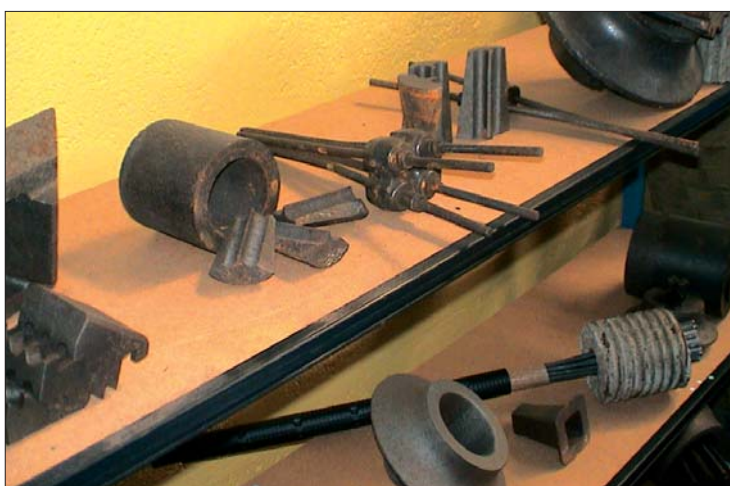
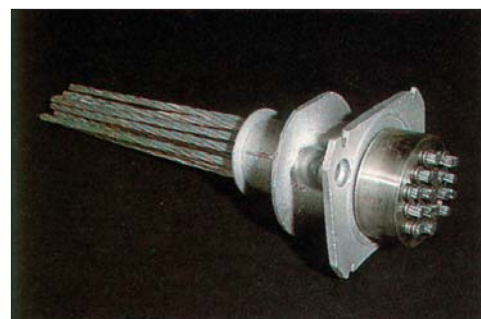
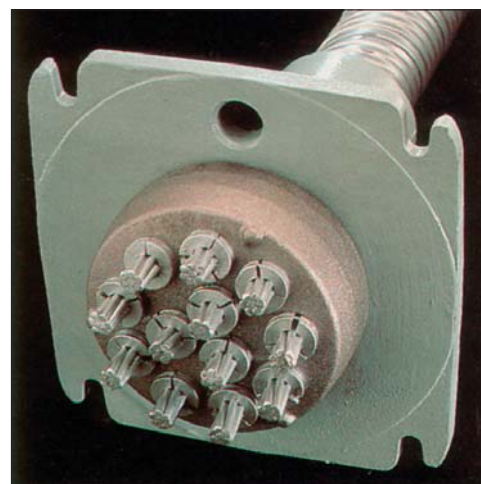
Aby rozwijać ideę Eugène Freyssinet'a, Edme Campenon założył w 1943 roku STUP (Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte). Jego zadaniem było rozpowszechnianie sprężenia wśród inżynierów, produkowanie materiałów i sprzętu potrzebnego do wykonywania konstrukcji sprężonych oraz zapewnienie asystry technicznej na budowie.

W pierwszym okresie istnienia STUP, w latach 1943 -1955, położono nacisk na popularyzację sprężania wśród potencjalnych klientów. W kolejnych latach STUP skupił się na rozwoju technik sprężania i prowadzeniu badań, aby sprostać coraz bardziej skomplikowanym wyzwaniom nowoczesnej inżynierii. Do końca lat 50. w pełni zmechanizowano sprzęt, w 1957 roku pojawiły się pierwsze nowoczesne prasy.

W trzecim okresie istnienia, w latach 1970 – 1980, Stowarzyszenie rozszerzyło działalność, m.in. o naprawy istniejących obiektów. W tym czasie powstało również wiele prestiżowych obiektów, jak platforma Ekofisk na Morzu Północnym, most podwieszony Brotonne we Francji, stadion olimpijski w Montrealu w Kanadzie.

Przez cały okres istnienia kładziony jest nacisk na rozwój techniczny oraz wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań.

W katalogu zawarte są informacje oraz dane, które ułatwiają projektantom i wykonawcom prawidłowe przygotowanie i wykonanie konstrukcji sprężonych przy użyciu systemu Freyssinet C. Należy jednak wziąć pod uwagę ciągłą ewolucję systemu i możliwość wprowadzania nowych rozwiązań oraz nowych urządzeń.



CHARAKTERYSTYKA

Kable sprężające w Systemie C oparte są na splotach siedmiodrutowych i charakteryzują się następującymi właściwościami:

Uniwersalność

- Przy tym samym typie zakotwień istnieje duży zakres zastosowań systemu;
- System dostosowany jest do znormalizowanych na całym świecie rozmiarów i klas splotów: od 15,2 do 15,7 mm, w tym splotów galwanizowanych i bezprzyczepnościowych;
- System ma zastosowanie do sprężenia wewnętrznego i zewnętrznego:
 - sprężenie wewnętrzne: sploty przyczepnościowe (sprężenie tradycyjne),
 - sprężenie zewnętrzne: sploty przyczepnościowe,
 - sprężenie zewnętrzne z możliwością wymiany kabla,
 - sprężenie zewnętrzne z możliwością dociągnięcia, korekty lub wymiany kabla.

Zwartość

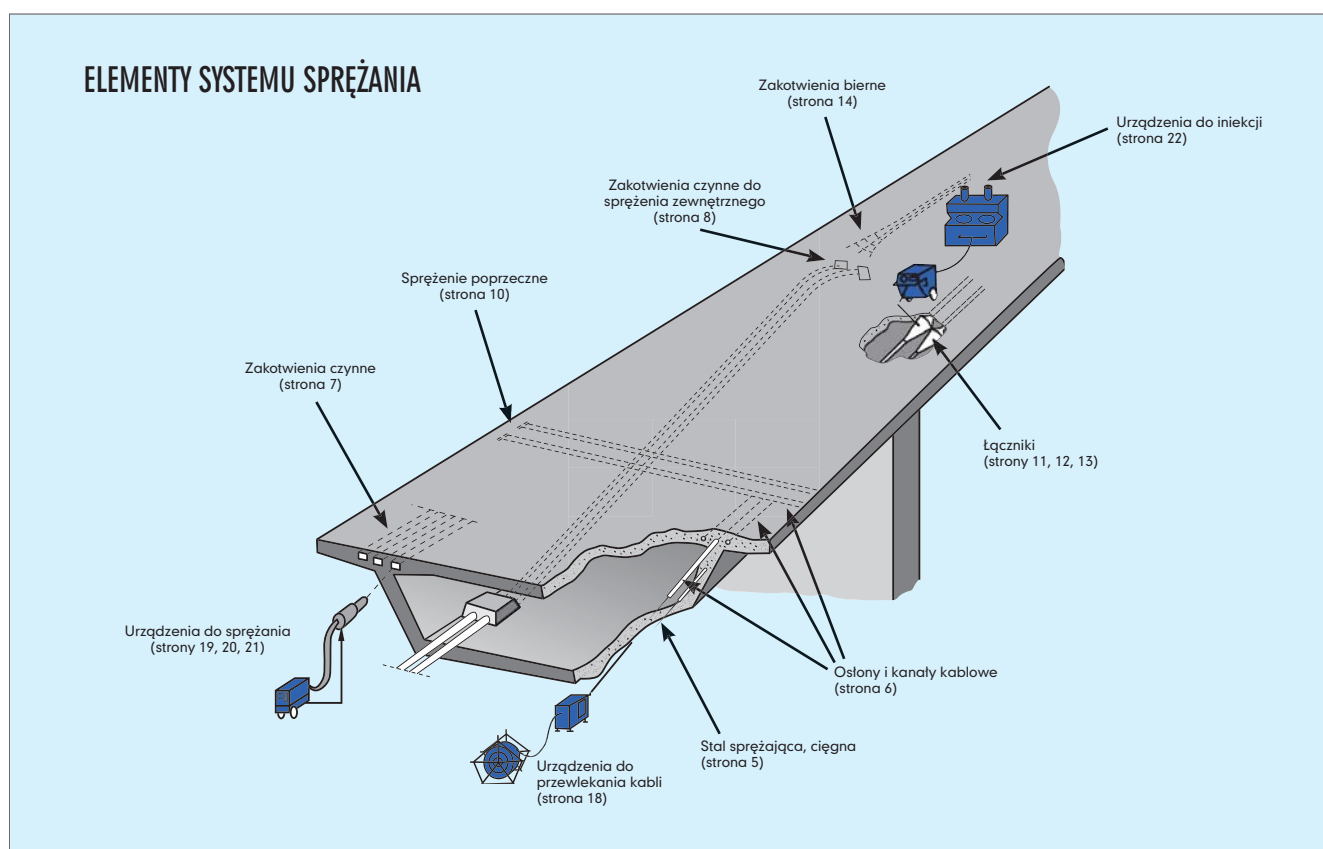
Precyzyjnie zaprojektowane zakotwienia lepiej przenoszą siły sprężające na beton umożliwiając efektywne konstruowanie poprzez:

- Zmniejszenie grubości środników w belkach i dźwigarach skrzynkowych oraz innych elementów oporowych;
- Umożliwienie skupienia zakotwień w jednym przekroju;
- Zmniejszenie wymiarów bloków oporowych i odchyłeń cięgien przy strefie kotwienia.

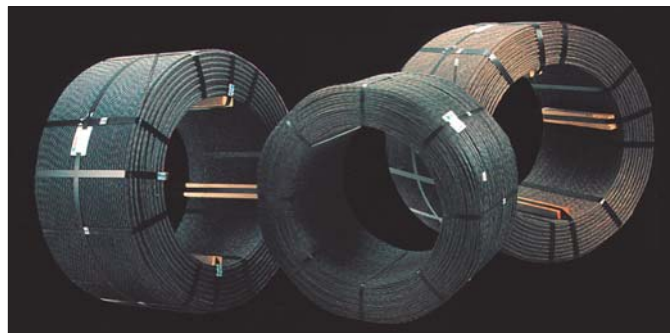
Wydajność

Lekkie i nowoczesne siłowniki systemu C pozwalają na:

- Zmniejszenie wnek zakotwień dzięki zwartości głowicy prasy;
- Zmniejszenie nadadatków splotów poza konstrukcją, co prowadzi do zmniejszenia ilości stali i oszczędności materiału;
- Ułatwienie pracy na budowie;
- Zwiększenie efektywności i szybkości pracy.



STAL SPRĘŻAJĄCA



W tabeli podano główne charakterystyki najczęściej stosowanych splotów, które mogą być używane z systemem C:

Rodzaj liny	Nominalna wytrzymałość na rozciąganie	Średnica nominalna liny	Pole przekroju liny	Masa liny	Siła zrywająca linę	Współczynnik sprężystości	Minimalne wydłużenie liny
	R_m	D	-	-	P_{vk}		
Średnica	N/mm ²	mm	mm ²	kg/m	kN	E_v	%
15,2	1770	15,2	139,0	1,090	246	195±10	6
	1860				259		
15,3	1770	15,3	140,0	1,099	248		
	1860				260		
15,5	1770	15,5	141,5	1,110	250		
	1860				263		
15,7	1770	15,7	150,0	1,180	266		
	1860				279		

Zalecane jest stosowanie jednego rodzaju splotów w ramach jednego kontraktu. Najbardziej ekonomiczne jest stosowanie splotów o średnicy 15,7 mm.

WYKAZ CIĘGIEN SYSTEMU C FORMOWANYCH ZE SPLITÓW 15,7

Wielkość cięgna	Typ splotu					
	Splot o średnicy 15,7 mm klasa 1770			Splot o średnicy 15,7 mm klasa 1860		
Ilość splotów	Pole przekroju stali	Masa	Siła zrywająca linę P_{vk}	Pole przekroju stali	Masa	Siła zrywająca linę P_{vk}
	mm ²	kg/m	kN	mm ²	kg/m	kN
3	450	3,54	795	450	3,54	837
4	600	4,72	1 060	600	4,72	1 116
7	1 050	8,26	1 855	1 050	8,26	1 953
9	1 350	10,62	2 385	1 350	10,62	2 511
12	1 800	14,16	3 180	1 800	14,16	3 348
13	1 950	15,34	3 445	1 950	15,34	3 627
19	2 850	22,42	5 035	2 850	22,42	5 301
22	3 300	25,96	5 830	3 300	25,96	6 138
25	3 750	29,50	6 625	3 750	29,50	6 975
27	4 050	31,86	7 155	4 050	31,86	7 533
31	4 650	36,58	8 215	4 650	36,58	8 649
37	5 550	43,66	9 805	5 550	43,66	10 323
55	8 250	64,90	14 575	8 250	64,90	15 345

KANAŁY KABLOWE SYSTEMU C

Wraz z ciągnami systemu Freyssinet C stosuje się następujące typy kanałów:

Sprężenie wewnętrzne

- Oslony tłoczone z taśm stalowych o minimalnej grubości 0,3 mm. Średnice kanałów dobrane są do poszczególnych zakotwień i przedstawione w tabeli (patrz: str. 7). Są to wartości zalecane, należy jednak w każdym przypadku wziąć pod uwagę warunki danego projektu. W celu ochrony przed korozją stosuje się zazwyczaj zaczyn cementowy, niekiedy używana jest kompozycja woskowa lub smar (np. w przypadku obudów bezpieczeństwa reaktorów nuklearnych). W szczególnych przypadkach stosuje się osłony z galwanizowanej stali.
- Oslony z tworzyw sztucznych Plyduct®, opracowane i opatentowane przez Freyssinet tak, aby odpowiadać międzynarodowym normom. Są one doskonale szczelne, nie przepuszczają powietrza ani wody, nie korodują i zapewniają doskonałą przyczepność.
- Bez osłon - w przypadku stosowania opatentowanego systemu bezkanałowego Freyssinet. Każdy splot, pokryty smarem i umieszczony w indywidualnej osłonie, ułożony jest bezpośrednio w betonie. Bez osłon mogą być wykonywane kable o liczbie splotów od 1 do 13.

Promień krzywizny

Promień krzywizny kanału powinien wynosić co najmniej:

- 100 \varnothing w przypadku osłon z taśm stalowych;
- 3 m w przypadku sztywnych rur stalowych.

W wyjątkowych wypadkach promień krzywizny może być zmniejszony do 20 \varnothing dla sztywnych rur stalowych, jeżeli:

- siła w stali sprężającej nie przekracza 0,7 P_{vk} w strefie zakrzywienia kabla, gdzie promień jest mniejszy niż 3 m;
- całkowita krzywizna ciągu nie przekracza $3\pi/2$ radianów;
- strefa zakrzywienia kabla, w której zakrzywienie wynosi $\pi/2$ radianów, traktowana jest jako zakotwienie stałe. (\varnothing - wewnętrzna średnica kanału kablowego)



Kanały z polietylenu o dużej gęstości HDPE do sprężania zewnętrznego.

Sprężenie zewnętrzne

- Oslony HDPE dla bezprzyczepnościowego Systemu Nr 1 i 2 (kanały podwójne, iniektowane zaczynem cementowym lub kompozycją woskową):
 - Rury stalowe jako dewiatory w strefach przechodzenia kabla przez beton;
 - Rury z HDPE na całej długości kabla.

Promień krzywizny

- Dla Systemu Nr 1:
 - Dewiatory
Minimalny promień krzywizny ciągu R_{min} wynosi co najmniej tyle, ile większa z wartości:
 $R_{min} \geq 1 \text{ m}$ lub $R_{min} \geq 30 \varnothing$
(\varnothing - średnica wewnętrzna kanału)
 - Strefa zakotwień:
Minimalny promień krzywizny ciągu R'_{min} musi być co najmniej równy większej z wartości:
 $R'_{min} \geq 2 \text{ m}$ lub $R'_{min} \geq R_{min} + 1 \text{ m}$
- Dla Systemu Nr 2:
 - Sploty pojedyncze: $R_{min} \geq 1 \text{ m}$
 - Wiązki splotów: $R_{min} \geq 2,5 \text{ m}$



Oslona z tworzywa sztucznego Plyduct®.

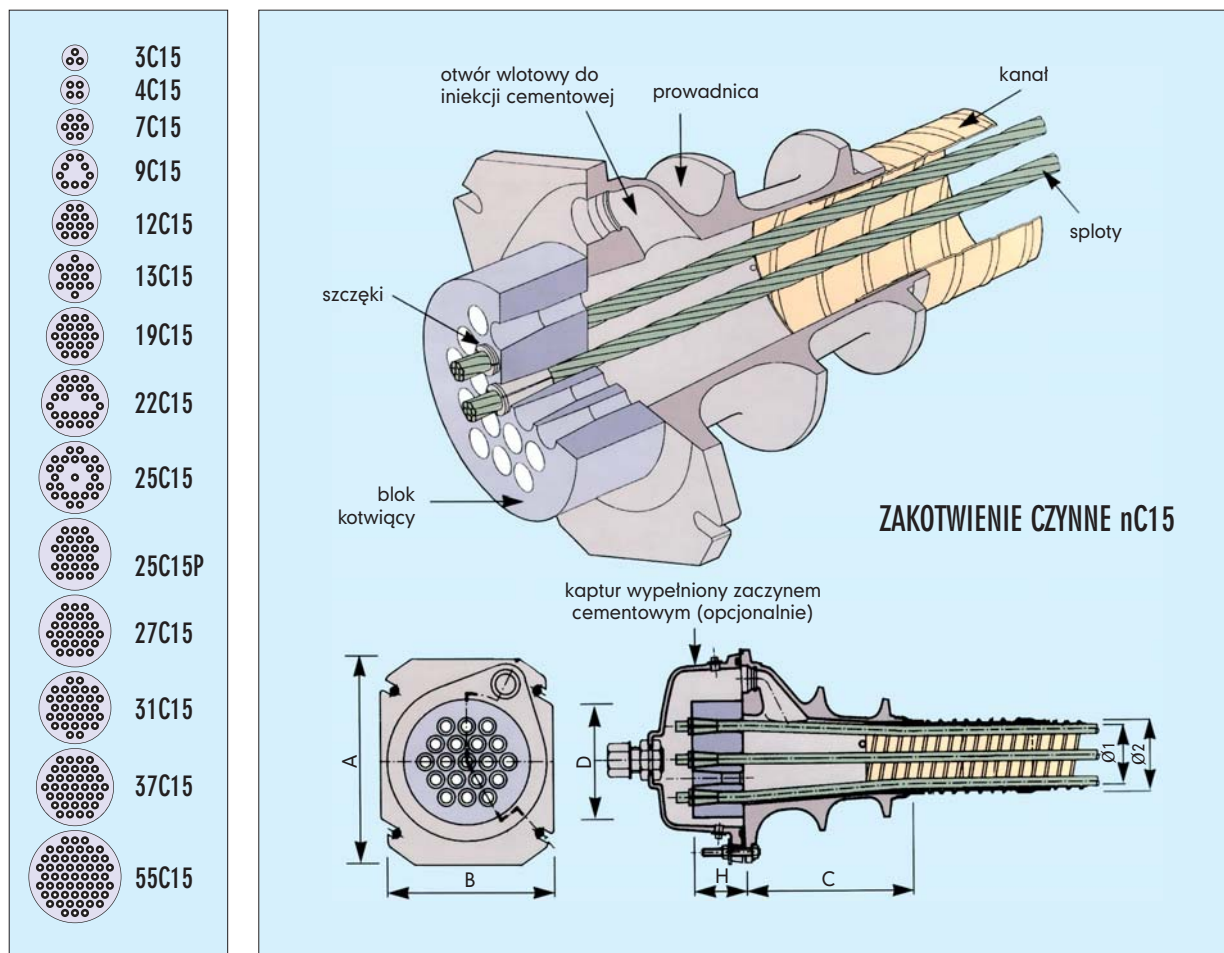


Oslony faliste z taśm stalowych.

Minimalny odcinek prosty za zakotwieniem

Pomiędzy prowadnicą żeliwną i początkiem części zakrzywionej kabel musi być poprowadzony przez kanał na odcinku prostym o długości nie mniejszej niż $6\varnothing$ (\varnothing - wewnętrzna średnica osłony).

ZAKOTWIENIA CZYNNE SYSTEMU C



Stosowane do:

- Sprężania wewnętrznego, z iniekcją zaczynem cementowym, kompozycją woskową lub smarem;
- Sprężania zewnętrznego, częściowo przyczepnościowego, z iniekcją zaczynem cementowym; bez możliwości wymiany;
- Sprężenia zewnętrznego bezprzyczepnościowego, iniekcje smarem lub kompozycją woskową.

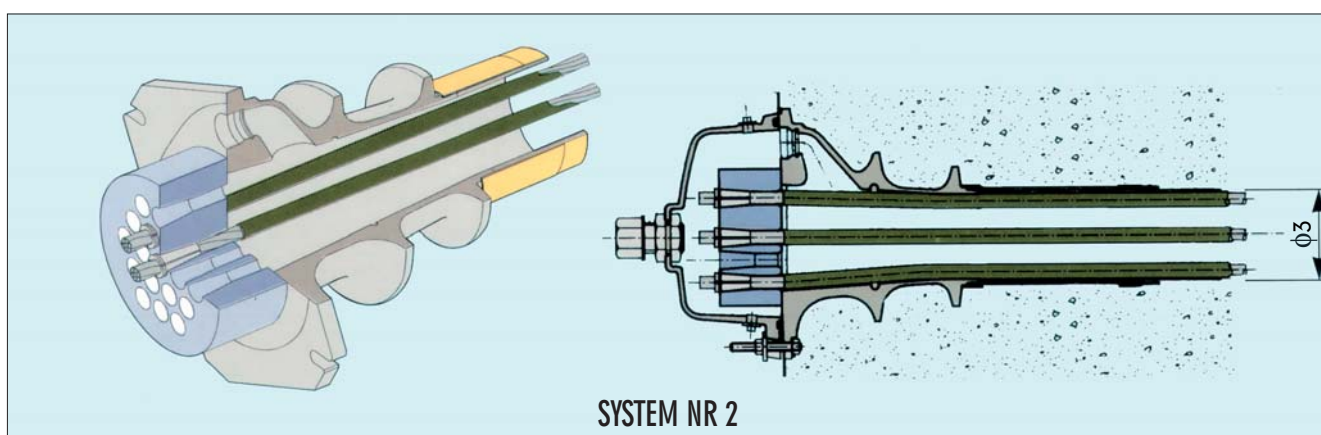
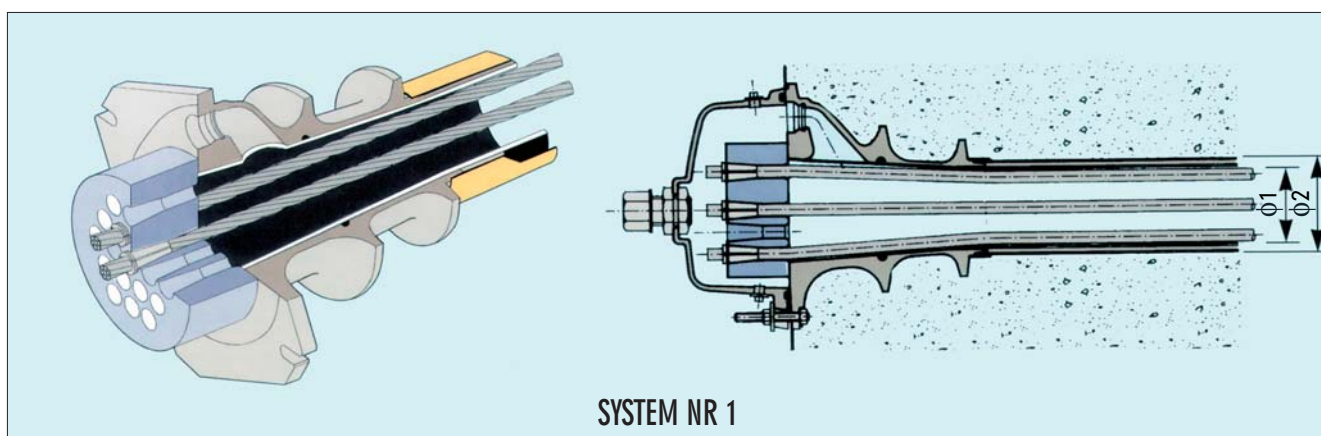
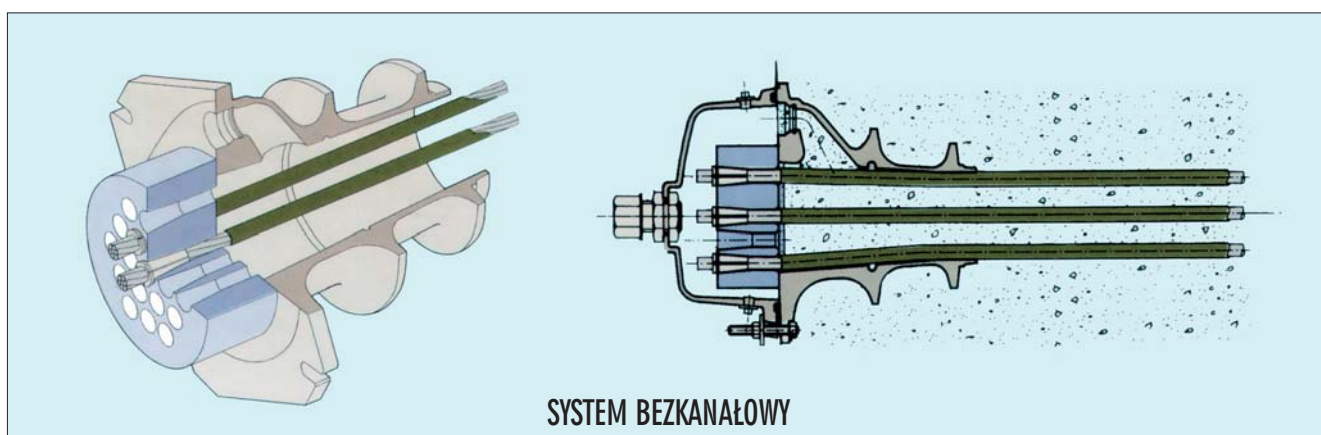
Typ	A	B	C	D	H	ø1	ø2*
3C15	150	110	120	85	50	40	45
4C15	150	120	125	95	50	45	50
7C15	180	150	186	110	55	60	65
9C15	225	185	260	150	55	65	70
12C15	240	200	165	150	65	80	85
13C15	250	210	246	160	70	80	85
19C15	300	250	256	185	80	95	100
22C15	330	275	430	220	90	105	110
25C15	360	300	400	230	95	110	115
25C15P	350	290	360	220	95	110	115
27C15	350	290	360	220	100	115	120
31C15	385	320	346	230	105	120	125
37C15	420	350	466	255	110	130	135
55C15	510	420	516	300	145	160	165

* średnica łącznika

ZAKOTWIENIA CZYNNE TYPU R Z MOŻLIWOŚCIĄ WYMIANY

Wyposażone w specjalną prowadnicę zakotwienia stosowane są do:

- Wewnętrznego sprężania bezkanałowego (Opatentowany System Bezkanałowy Freyssinet), w którym każdy splot pokryty jest smarem i umieszczony w indywidualnej osłonie. W przypadku cięgien z możliwością wymiany zalecane jest używanie dłuższych pokryw oraz splotów o długości pozwalającej na ewentualne odprężenie cięgna; możliwa jest także korekta lub dociągnięcie cięgna*;
- Zewnętrznego sprężania bezprzyczepnościowego, sploty bez osłon indywidualnych, iniektowane zaczynem cementowym (System sprężania zewnętrznego Nr 1).
- Zewnętrznego sprężania (z możliwością wymiany bądź nie), sploty pokryte smarem, w indywidualnych osłonach (System sprężania zewnętrznego Nr 2). Możliwa jest korekta lub dociągnięcie cięgien pod warunkiem zastosowania dłuższych pokryw*.



* możliwe jest również sprężanie przy pomocy prasy jednosplotowej.

Uwagi

Wymiary i cechy zakotwień czynnych nR15 są takie same, jak w przypadku zakotwień nC15, poza wyszczególnionymi w tabeli poniżej.

Główny układ zbrojenia przeciw rozrywaniu w strefie zakotwień podano na stronie 15.

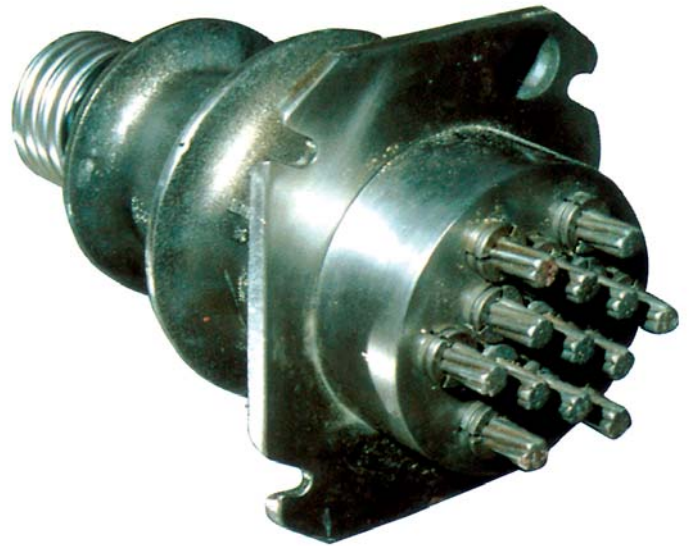
Typ	ø1*	ø2**	ø3*
3R15	50	70	63
4R15	63	82,5	75
7R15	63	82,5	90
9R15	75	82,5	90
12R15	90	114,3	110
13R15	90	114,3	110
19R15	110	133	125
22R15	110	139,7	125
25R15	125	152,4	140
25R15P	125	152,4	140
27R15	125	152,4	140
31R15	140	177,8	160
37R15	140	177,8	160
55R15	180	219,1	200

Wszystkie wymiary podane są w mm.

Podano minimalne zalecane wymiary.

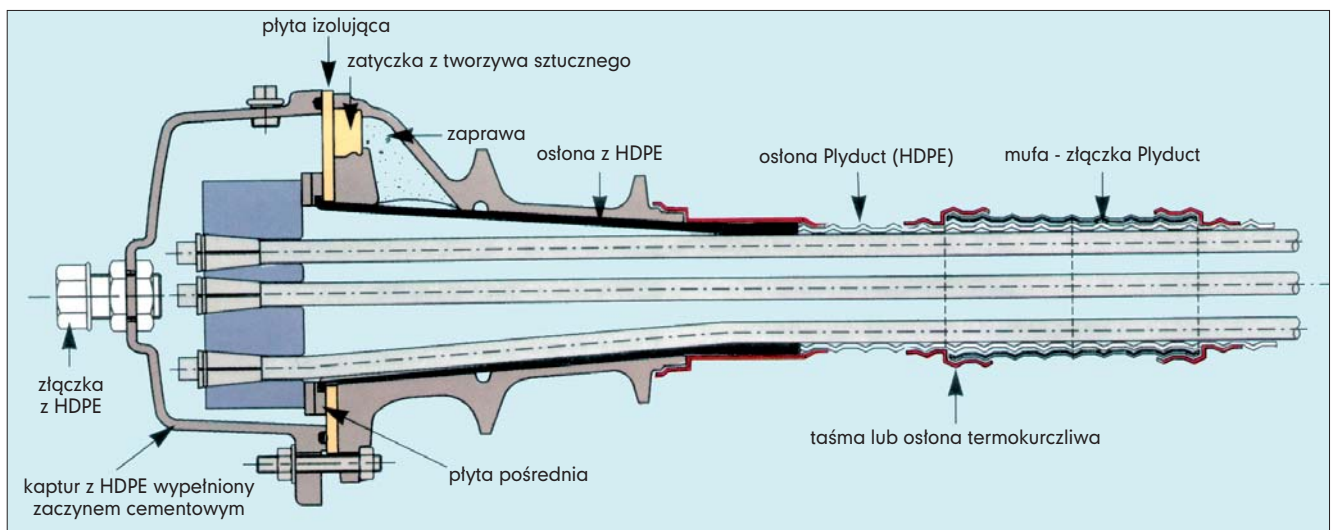
* Polietylen dużej gęstości (patrz str.4)

** Rura stalowa (patrz str. 4)

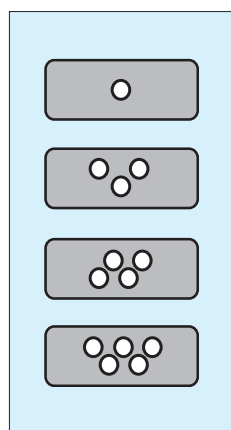


Cięgna systemu C izolowane elektrycznie

Wszystkie typy cięgien systemu C mogą być zamontowane z elementami zapewniającymi pełną izolację elektryczną systemu. Cięgna izolowane elektrycznie są zazwyczaj stosowane w mostach lub wiaduktach kolejowych, gdzie prądy błędne mogą zagrozić trwałości cięgien zwykłych (nieizolowanych).



CZYNNE ZAKOTWIENIA PŁASKIE F

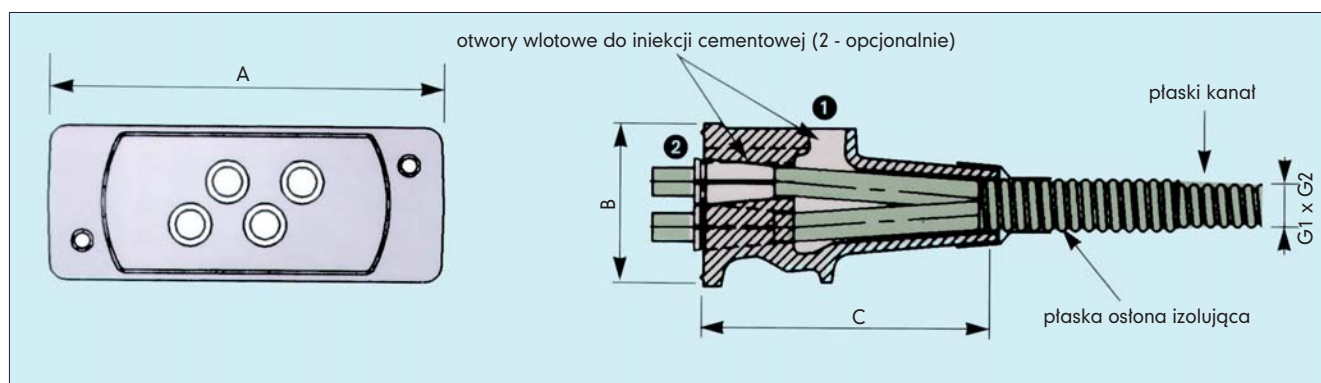
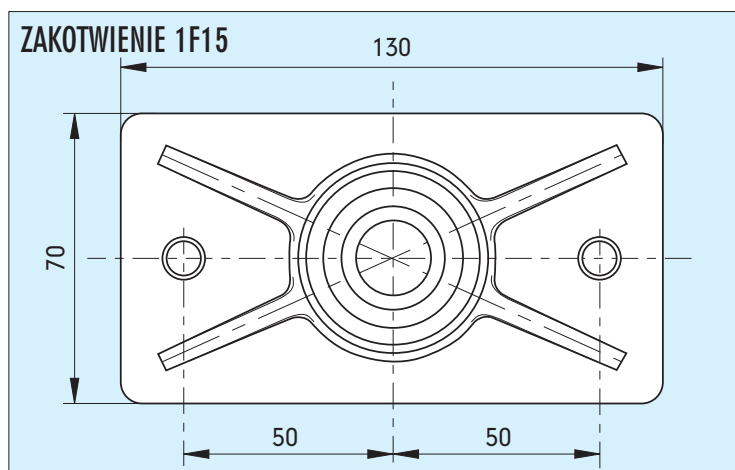


1 F 15

3 F 15

4 F 15

5 F 15



RODZAJE ZAKOTWIENI

Typ	A	B	C	G1*	G2*	P_{vk} 15,2	P_{vk} 15,3	P_{vk} 15,5	P_{vk} 15,7
1F15	130	70	86	-	-	260	260	263	279
3F15	190	85	163	58	20	780	780	789	837
4F15	230	90	163	75	20	1040	1040	1052	1116
5F15	270	95	163	90	20	1300	1300	1315	1395

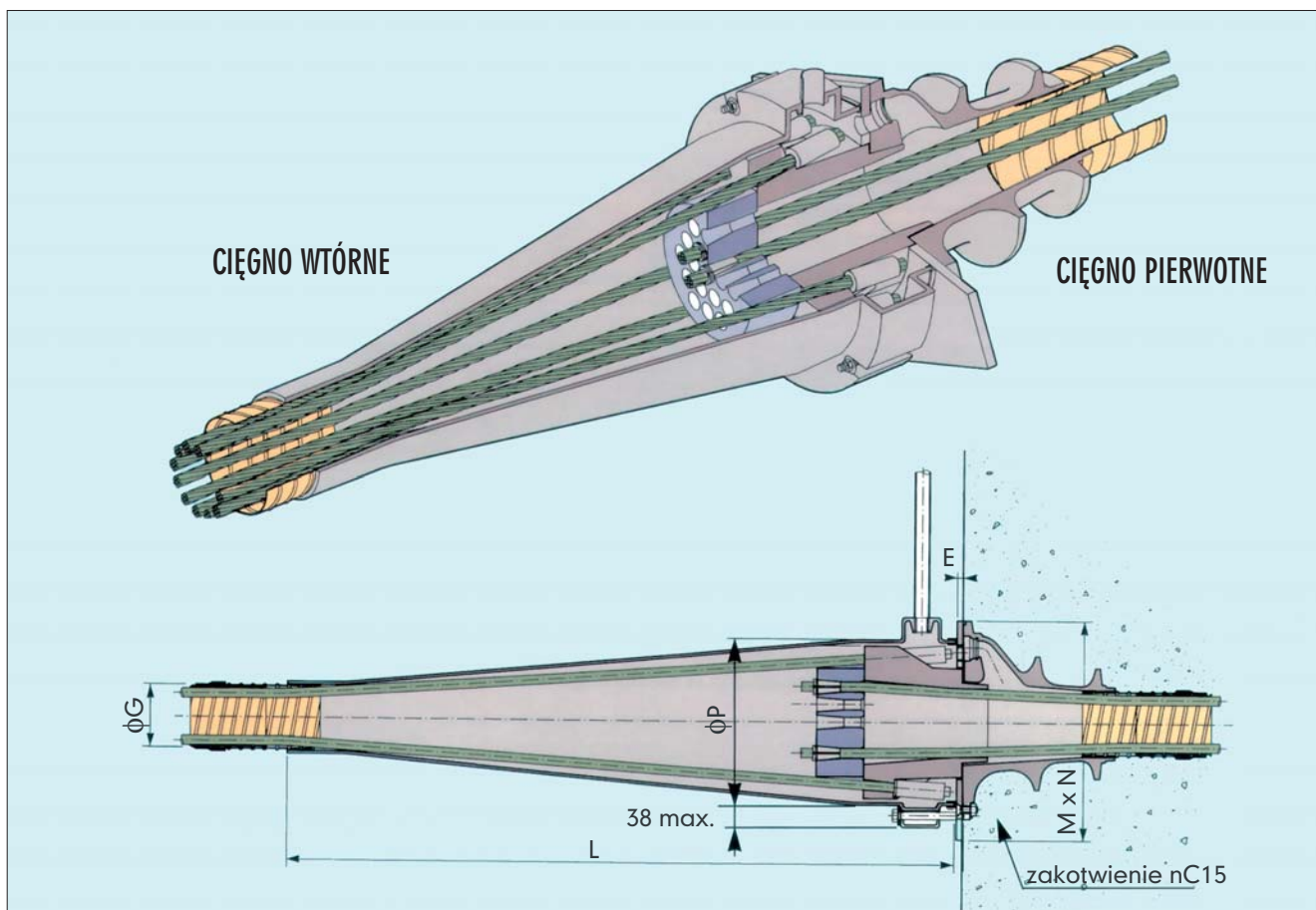
*wymiary płaskiego kanału

Uwagi

- Zakotwienia płaskie F zaprojektowane są dla minimalnej wytrzymałości betonu na ściskanie $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ (B37).
- Preferowaną metodą montażu jest przeciągnięcie splotów przez kanały (o płaskim kształcie) przed betonowaniem. W wyjątkowych przypadkach jest również możliwe przeciągnięcie splotów po stwardnieniu betonu.
- Z zakotwieniami typu F można również stosować System Bezkanalowy.
- Główny układ zbrojenia przeciw rozrywaniu w strefie zakotwień podano na stronie 16.



ŁĄCZNIKI CC



Łączniki stosowane są, gdy konstrukcja ciągła budowana jest w kilku etapach poprzez przedłużanie naprężonych i kotwionych wcześniej kabli. Stosowanie łączników CC ograniczone jest zasadniczo do sprężania wewnętrznego.

Kabel pierwszej fazy zawiera, oprócz elementów zakotwienia czynnego systemu C, odlewany pierścień, umieszczony pomiędzy blokiem kotwiącym i przewodnicą żeliwną. Kabel drugiej fazy kotwiony przy zastosowaniu zacisków plastycznych, które opierają się o odlewany pierścień. Cały zespół chroniony jest przez pokrywę, której jeden koniec jest mocowany kołnierzem do przewodnicy żeliwnej zakotwienia pierwszej fazy. Drugi koniec pokrywy przymocowany osłony kanału kabla drugiej fazy.

Typ	E	L	M x N	ϕP	ϕG
3CC15	8	740	184 x 184	174	40
4CC15	8	775	194 x 194	184	45
7CC15	10	780	210 x 210	200	60
9CC15	10	725	296 x 296	248	80
12CC15	10	725	270 x 270	248	80
13CC15	10	1 000	320 x 320	250	80
19CC15	10	800	360 x 360	305	95
22CC15	5	900	360 x 360	330	110
25CC15	5	900	360 x 360	330	110
25CC15P	5	900	360 x 360	330	110
27CC15	5	900	360 x 360	330	110
31CC15	5	1 180	360 x 360	400	120

Wymiary w mm.

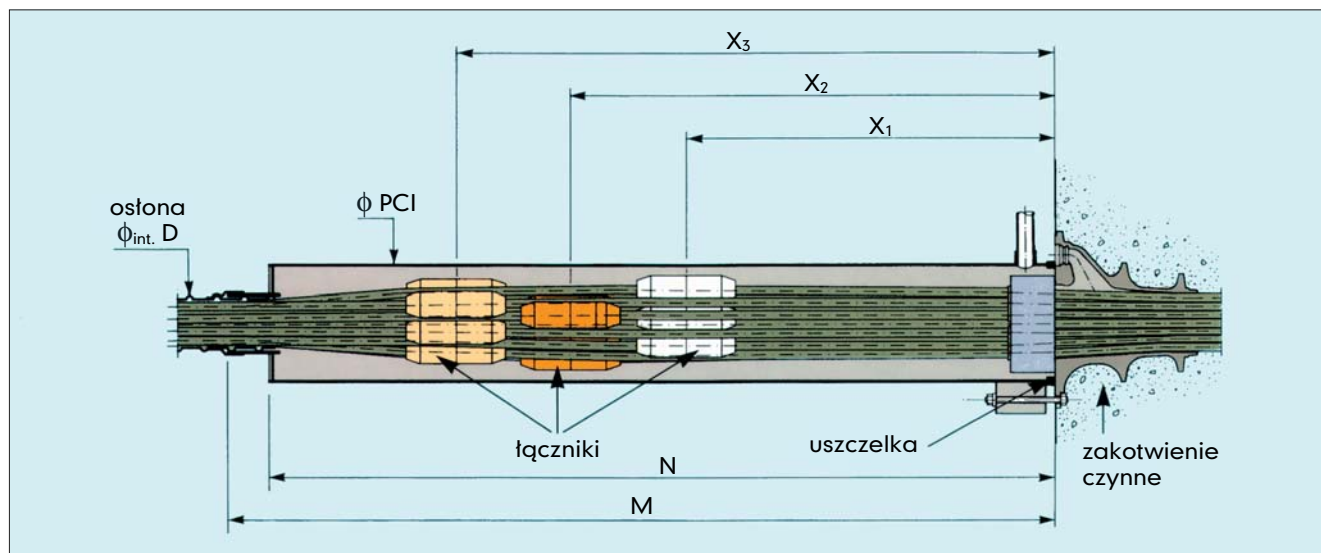


ŁĄCZNIKI POJEDYNCZYCH SPLOTÓW

Połączenia cięgien sprężonych CI

W łącznikach tych kable pierwszej fazy zawierają elementy zakotwienia nCI5. Kabel drugiej fazy połączony jest do poprzedniego przez zastosowanie łączników jednosplotowych, ruchomych, z samoczynnym klinowaniem realizowanym przez dwie szczęki i sprężynę.

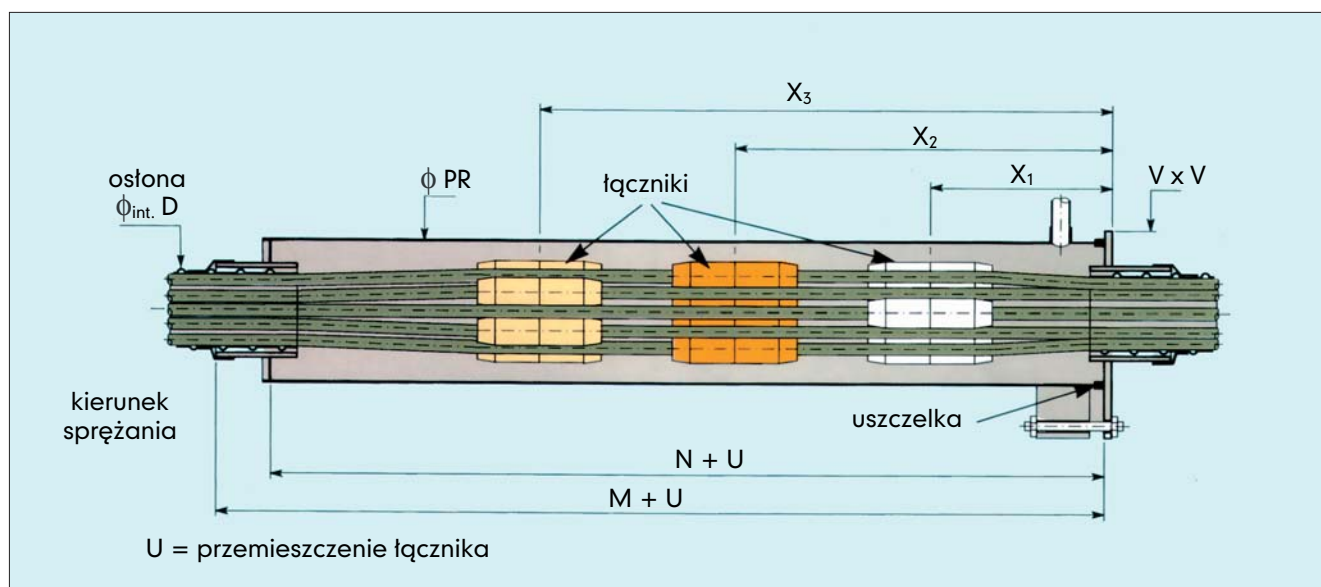
Łączniki splotów pojedynczych rozmieszczone są schodkowo, dzięki czemu zminimalizowano średnicę zewnętrzną łącznika.



Połączenia cięgien niesprężonych R

Do połączenia końców cięgien niesprężonych służą urządzenia zwane łącznikami ruchomymi.

Każdy splot kabla poprzedzającego połączony jest z jego odpowiednikiem w kablu kolejnym przez łącznik jednosplotowy, nie występuje w nich jednak zakotwienie nCI5. Cały zespół zamknięty jest w pokrywie, której długość zależy od wielkości odkształceń kabli pierwszego etapu.



Uwagi

Nie zaleca się wykonywania łączenia wszystkich kabli w jednym przekroju. Połączenia kabli sprężających powinny być wzajemnie przesunięte i nie znajdować się w strefach dużych naprężeń.

Główne wymiary

OBA TYPY (CI, R)

Cięgno	D	M	N	PCI	PR	X ₁	X ₂	X ₃	V
3C15	40	1 050	1 000	102	102	250	500	750	130
4C15	45	1 050	1 000	127	108	250	500	750	140
7C15	60	1 050	1 000	127	114	250	500	750	150
9C15	65	1 100	1 050	180	159	300	550	800	200
12C15	80	1 150	1 100	193	159	300	550	800	200
13C15	80	1 200	1 150	203	168	300	550	800	200
19C15	95	1 200	1 150	219	194	300	550	800	230
22C15	105	1 250	1 200	267	203	300	600	800	230

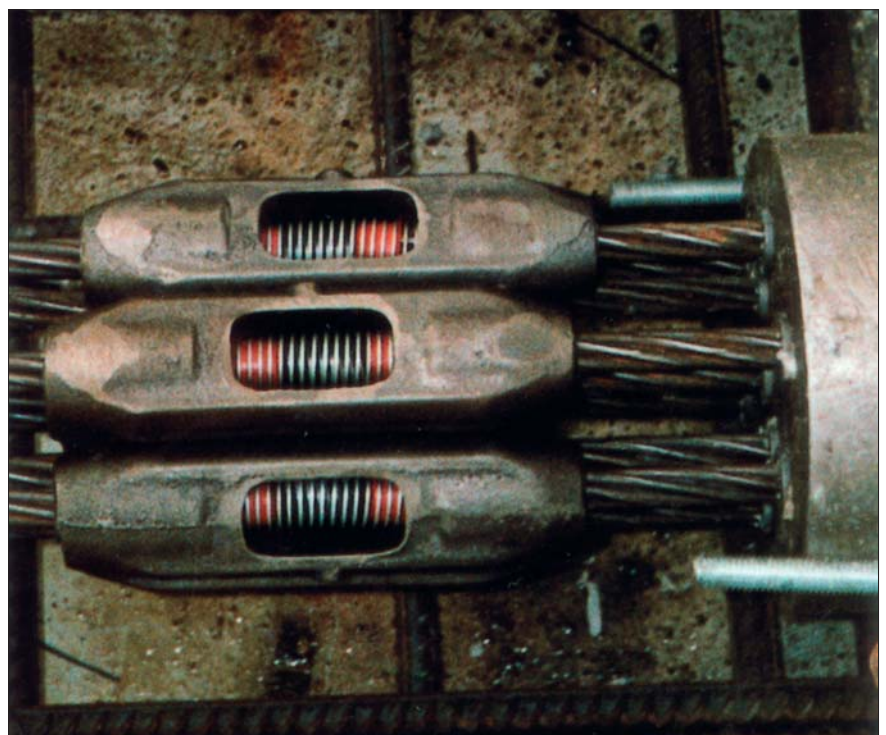
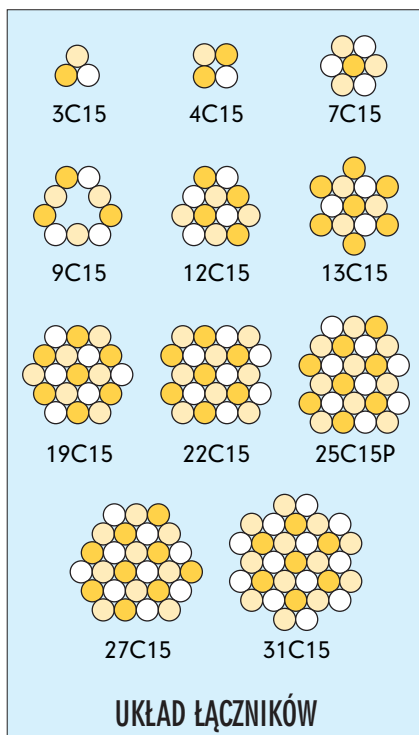
TYP CI

Cięgno	D	M	N	PCI	PR	X ₁	X ₂	X ₃	V
25C15P	110	1 300	1 250	267	-	350	600	850	-
27C15	115	1 300	1 300	267	-	350	600	850	-
31C15	120	1 350	1 350	273	-	400	650	900	-

TYP R

Cięgno	D	M	N	PCI	PR	X ₁	X ₂	X ₃	V
25C15P	110	1 250	1 200	-	219	350	600	850	250
27C15	115	1 300	1 250	-	212	350	600	850	250
31C15	120	1 350	1 300	-	244	400	650	900	280

Wymiary w mm.

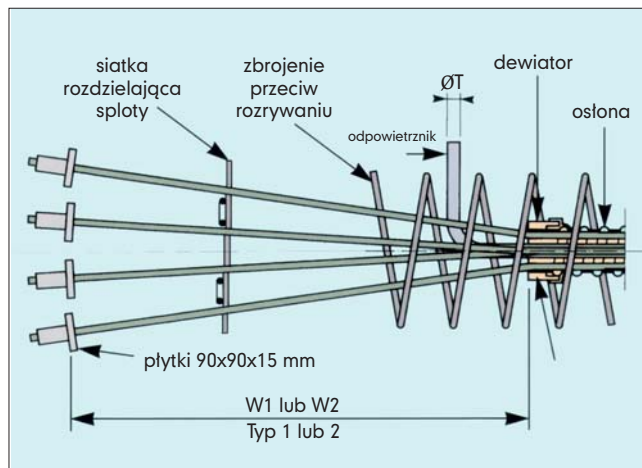


ZAKOTWIENIA BIERNE

Zakotwienia bierne typu N

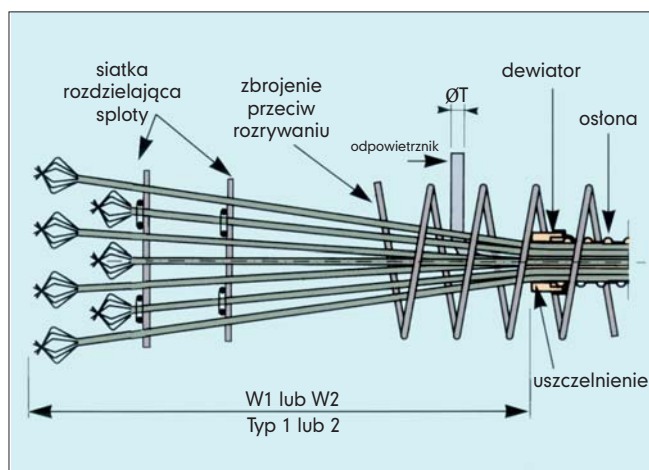
Zakotwienia bierne typu N układane są w betonie, dlatego cięzna muszą być układane przed betonowaniem.

W zakotwieniach typu N każdy splot zakończony jest zaciskiem plastycznym opierającym się o płytkę stalową.



Zakotwienia bierne typu G

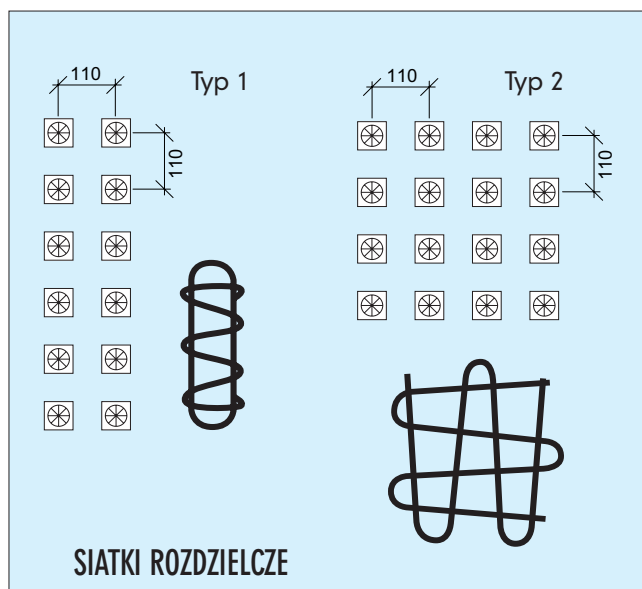
Zakotwienie bierne typu G jest zakotwieniem przyczepnościowym. Koniec każdego splotu jest rozpleciony.



ZAKOTWIENIA BIERNE TYPU N

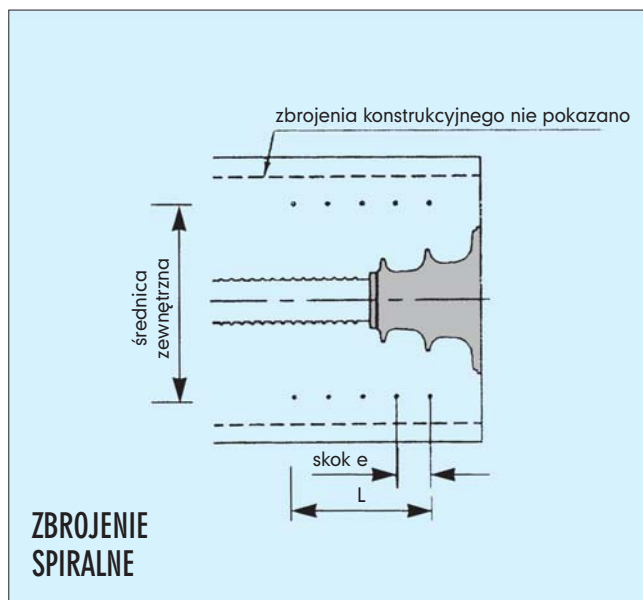
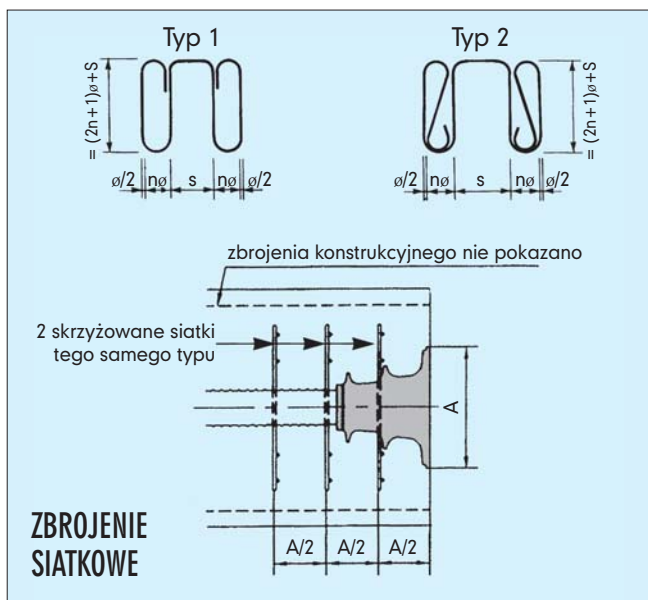
Ilość splotów	W1	W2	ØT
3	300	300	G 1/2"
4	350	350	G 1/2"
7	500	400	G 1/2"
9	600	400	G 1/2"
12	900	500	G 1/2"
13	1 200	500	G 1/2"
19	1 500	650	G 1"
22	1 800	750	G 1"
25	2 000	850	G 1"
27	2 000	1 000	G 1"
31	2 200	1 100	G 1"
37	2 500	1 280	G 1, 1/2"
55	2 800	1 400	G 1, 1/2"

Wszystkie wymiary w mm.



- Zbrojenie spiralne przeciw rozrywaniu – patrz str. 15

ZBROJENIE PRZECIW ROZRYWANIU



ZBROJENIE SIATKOWE

Typ	Typ siatki	Średnica pręta	n	s	ø
3C15	1	8	4	100	170
4C15	1	8	4,5	100	180
7C15	1	10	5,5	120	240
9C15	1	12	5,5	150	280
12C15	1	14	5,5	150	330
13C15	1	14	5	180	340
19C15	1	16	6	195	410
22C15	2	14	8	200	450
25C15	1	20	6	220	480
27C15	1	20	6	240	500
31C15	2	20	6	270	530
37C15	2	20	6,5	300	580
55C15	2	25	7	335	710

ZBROJENIE SPIRALNE

Typ	Ilość zwojów	Średnica pręta	Średnica zewn.	Skok e	L
3C15	5	8	160	50	250
4C15	5	8	180	60	300
7C15	6	10	220	60	360
9C15	6	12	260	70	420
12C15	7	14	310	50	350
13C15	7	14	320	70	490
19C15	7	16	400	70	490
22C15	8	16	430	70	560
25C15	7	20	450	80	560
27C15	7	20	470	80	560
31C15	8	20	500	80	640
37C15	9	20	550	90	810
55C15	9	25	650	100	900

Wszystkie wymiary w mm.

Uwagi

- Aby uwzględnić praktykę konstrukcyjną, stosowaną przez różnych projektantów w różnych krajach, typowe zbrojenie przeciw rozrywaniu zostało zaproponowane jako:
 - płaskie siatki w kilku warstwach,
 - zbrojenie spiralne.
- Zbrojenie spiralne lub z siatek przedstawione w tabelach jest odpowiednie tylko w przypadku pojedynczych zakotwień, umieszczonych w szcześciennych blokach betonowych z betonu o f_{ck} pomiędzy 20 i 40 N/mm² (B25 – B50).
- Gdy zakotwienia zgrupowane są w jednej lub kilku liniach, w celu połączenia wszystkich zakotwień powinno zostać dobrane uciągające zbrojenie o odpowiednim przekroju.
- Propozycje katalogowe mają jedynie charakter poglądowy. W każdym przypadku projektant musi zaprojektować strefę kotwienia kabli.

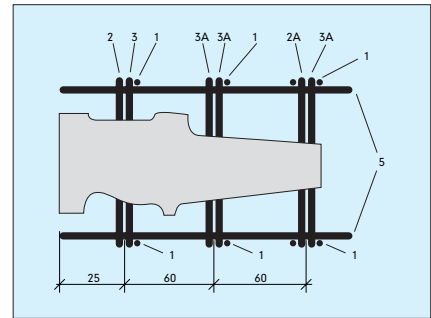
ZBROJENIE PRZECIW ROZRYWANIU ZAKOTWIEN PŁASKKICH F

3F15

Nr pręta*	Ilość	∅	L1 zewn	L2 wewn	L3 wewn	h zewn
1	6	12	250	-	-	-
2	1	8	250	20	150	120
2A	2	6	250	45	110	120
3	1	8	250	20	150	120
3A	2	6	250	45	110	120
5	4	8	170	-	-	-

* Granica plastyczności stali zbrojeniowej ≥ 235 N/mm²

Wszystkie wymiary w mm.

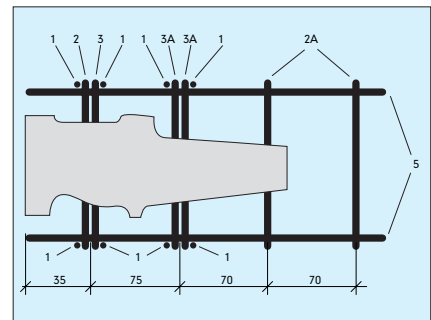


4F15

Nr pręta*	Ilość	∅	L1 zewn	L2 wewn	L3 wewn	h zewn
1	6	10	340	-	-	-
2	2	8	340	60	160	145
3	2	8	340	60	160	145
4	2	10	340	-	-	145
5	4	8	250	-	-	-

* Granica plastyczności stali zbrojeniowej ≥ 235 N/mm²

Wszystkie wymiary w mm.

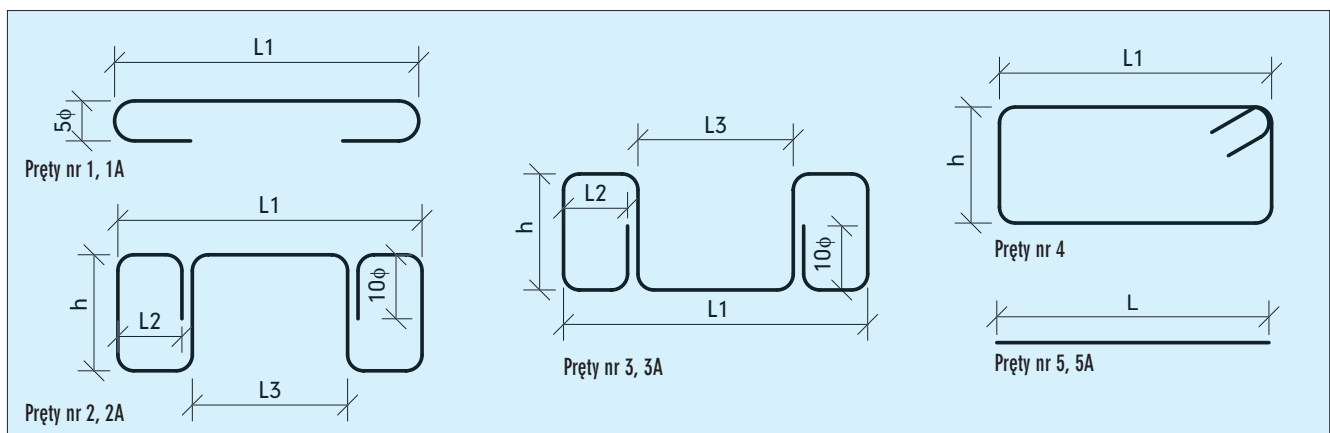
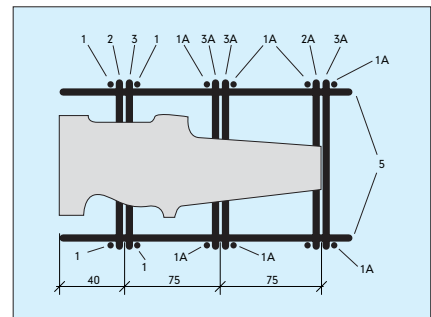


5F15

Nr pręta*	Ilość	∅	L1 zewn	L2 wewn	L3 wewn	h zewn
1	4	12	380	-	-	-
1A	8	10	380	-	-	-
2	1	10	380	55	195	145
2A	2	8	380	80	160	145
3	1	10	380	55	195	145
3A	2	8	380	80	160	145
5	4	8	210	-	-	-

* Granica plastyczności stali zbrojeniowej ≥ 235 N/mm²

Wszystkie wymiary w mm.



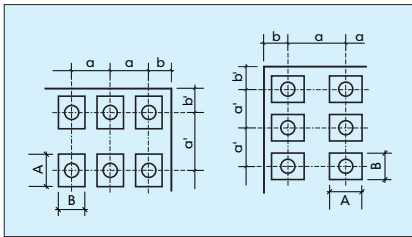
ROZMIESZCZENIE ZAKOTWIEŃ

Minimalne wymiary w przypadku grupowania zakotwień systemu C w kilku liniach

a_0 – minimalna odległość pomiędzy osiami zakotwień
 $a_0 = A$ (lub B) \cdot + 30 mm (* zależnie od kierunku ustawienia prowadnicy żeliwnej)
 b_0 – minimalny odstęp pomiędzy osią zakotwienia i powierzchnią betonu

Należy spełnić następujące warunki:

$$\begin{aligned} a \text{ i } a' &\geq a_0 \\ b \text{ i } b' &\geq b_0 \\ a' \cdot b &\geq 1,6 \cdot b_0^2 \\ a \cdot b' &\geq 1,6 \cdot b_0^2 \end{aligned} \quad a' \geq \frac{1,5 \cdot F_0}{f_{ck} \cdot a}$$



F_0 – siła sprężająca
 f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna betonu na ścisnienie mierzona na próbkach cylindrycznych

Minimalne zalecane wymiary powinny być zweryfikowane zgodnie z obowiązującymi normami.

Typ	Wymiar b_0 [mm] w zależności od klasy betonu			
	B30	B40	B50	B60
3C15	120	105	105	105
4C15	140	115	110	110
7C15	185	155	140	135
9C15	210	175	160	155
12C15	240	200	185	180
13C15	250	210	190	185
19C15	300	250	225	220
22C15	325	270	245	240
25C15	345	290	260	255
27C15	360	300	270	265
31C15	380	320	285	275
37C15	420	350	310	295
55C15	510	425	375	345

Minimalne wymiary w przypadku grupowania zakotwień systemu C w jednej linii

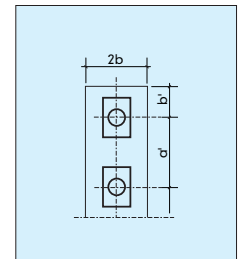
Ten układ dotyczy np. zakotwień w środku belki lub segmentu bądź zakotwień cięgien sprężania poprzecznego w pomoście mostu.

$2 \cdot b_{00}$ – minimalna grubość elementu betonowego

Należy spełnić następujące warunki:

$$\begin{aligned} b &\geq b_{00} \\ b' &\geq 1,5 \cdot b_{00} \end{aligned}$$

$$a' \geq \frac{F_0}{f_{ck} \cdot b}$$



F_0 – siła sprężająca
 f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna betonu na ścisnienie mierzona na próbkach cylindrycznych

Minimalne zalecane wymiary powinny być zweryfikowane zgodnie z obowiązującymi normami.

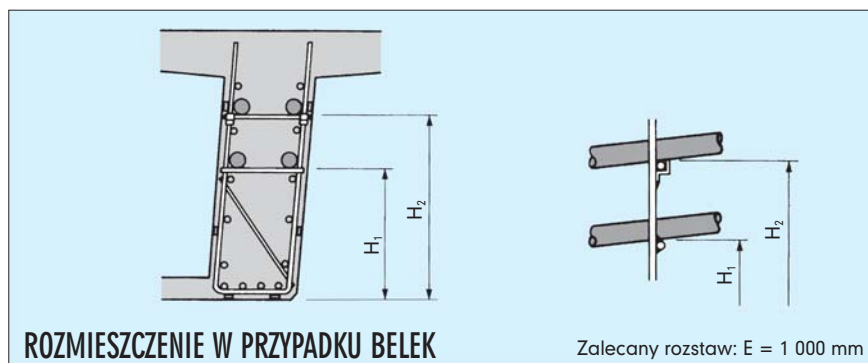
Typ	Wymiar b_{00} [mm] w zależności od klasy betonu			
	B30	B40	B50	B60
3C15	90	85	85	85
3F15	80	75	75	75
4C15	105	100	95	95
4F15	95	87,5	85	85
5F15	95	87,5	85	85
7C15	145	125	120	120
9C15	165	140	135	135
12C15	185	165	155	155
13C15	190	170	160	160
19C15	230	200	190	190
22C15	250	215	205	205
25C15	265	230	220	220
27C15	280	240	225	230
31C15	300	260	240	235
37C15	330	285	260	255
55C15	400	350	315	300

MONTAŻ – ROZMIESZCZENIE

Montaż systemu sprężania C składa się z następujących głównych czynności:

- Ułożenie kanałów
- Wprowadzenie kabli
- Sprężanie
- Iniekcja zaczynem cementowym (lub zastosowanie innego systemu zabezpieczenia antykorozyjnego)

W przypadku sprężania wewnętrznych kanały rozmieszczane są przed ułożeniem betonu. Najczęściej stosuje się osłony tłoczone z taśm stalowych.



Mocowanie kanałów

Kanały muszą być przymocowane tak, aby zachowały swoje położenie, a ich tor nie uległ zmianie podczas betonowania. Maksymalna odległość pomiędzy podpórkami kanałów powinna wynosić od 500 mm do 1000 mm.

Jeżeli przepisy nie stanowią inaczej, należy przestrzegać następujących zaleceń:

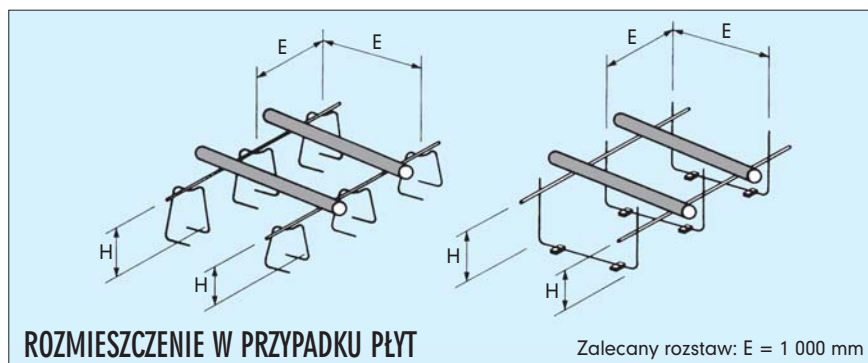
- grubość otuliny $> \varnothing / 2$; 40 mm;
- rozmieszczenie kabli nie powinno utrudniać właściwego zawiązania betonu;
- tolerancje:
 - pomiędzy ścianką a powierzchnią betonu: 5mm;
 - w położeniu osłon w zależności od wymiaru:

dla $a < 500$ mm:	10 mm
dla $500\text{mm} < a < 2000$ mm:	$a/50$
dla $a > 2000$ mm:	40 mm

- dla równoległych kabli, pomiędzy którymi wolna przestrzeń wynosi nie więcej niż 200 mm: tolerancja tej przestrzeni wynosi 10 mm.

Podpórki cięgien należy bardzo dokładnie zaprojektować, aby po zabetonowaniu uzyskać założone trasy cięgien. Muszą one być stabilne, połączone ze zbrojeniem konstrukcyjnym, a ich wymiary wystarczające, by wytrzymać obciążenie ciężarem cięgien lub wyporem pustych kanałów. Schematy zamieszczone poniżej pokazują przykłady rozwiązań.

W przypadku sprężania zewnętrznego najczęściej stosowane są kanały z rur stalowych w strefach kontaktu z betonem i rury z HDPE na całej długości kabli.



Wprowadzanie kabli

Zazwyczaj kable wprowadzane są do kanałów poprzez wpychanie pojedynczych splotów. Wprowadzanie splotów może odbywać się przed lub po betonowaniu. Sploty wprowadzane są przed betonowaniem, gdy w konstrukcji stosowane są zakotwienia bierne typu N lub łączniki, a także przy skomplikowanych i długich

torach kabli. Podczas wkładania kabli przed betonowaniem są one zabezpieczone emulsją DROMUS BX lub równoważną.

Freyssinet jako pierwszy zastosował i rozwinął tą metodę we wczesnych latach 70, dziś zapewnia zaawansowany technicznie sprzęt i profesjonalny montaż.

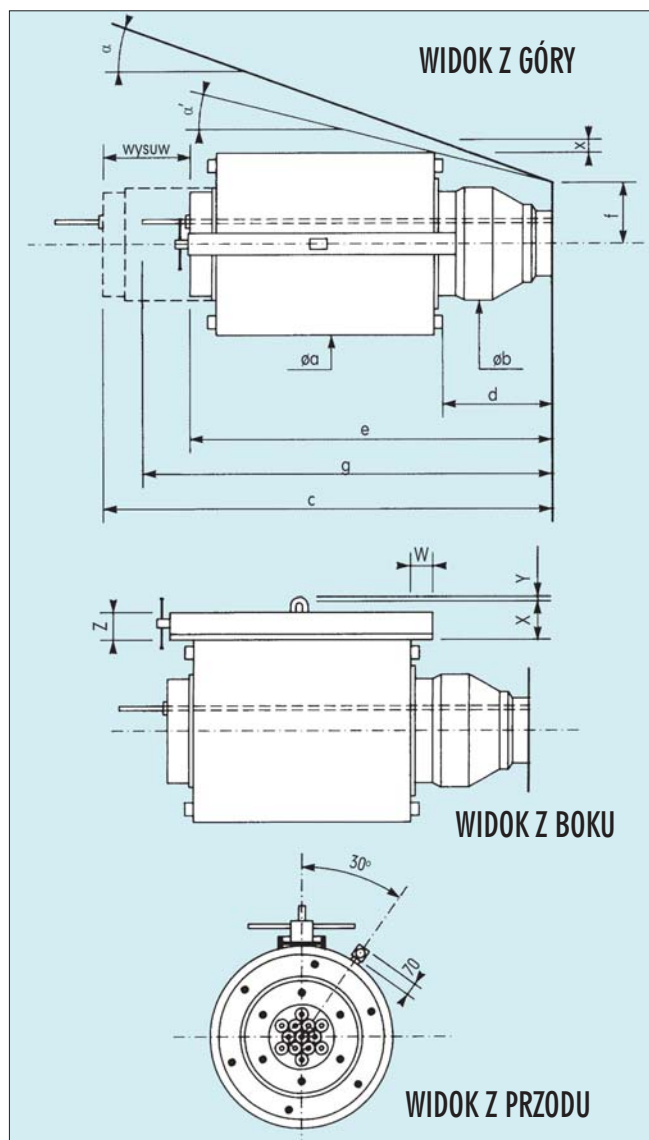
MONTAŻ – SPRĘŻANIE



Kable systemu C sprężane są siłownikami hydraulicznymi typu KXXXX lub typu CCXXX

Typ siłownika	K 100C	K 200C	K 350C	K 500C	K 700C	K 1000C
Wysuw [mm]	200	200	250	250	250	250
Przekrój poprzeczny tłoka [cm ²]	203	318	490	766	980	1431
Maksymalna siła [kN]	1 100	2 035	3 030	4 550	6 060	8 850
Maks. ciśnienie sprężania [bar]	550	650	625	600	625	625
Masa [kg]	160	300	550	900	1 300	1 750





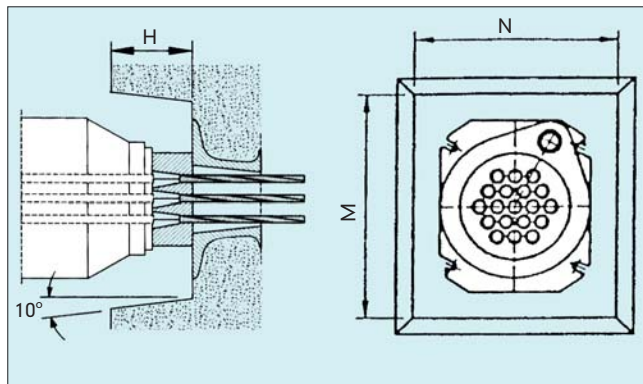
GŁÓWNE WYMIARY I CHARAKTERYSTYKI SIŁOWNIKÓW K-C

Typ siłownika	Stosowana do:	øa	øb	c	d	e	f	w maks	x	y	z	α' min.	α dla x=50
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
K 100C	3C15	290	220	913	256	713	100	27,5	146	15	92	9°21'	19°
	4C15		220	918	256	718						9°21'	19°
K 200C	7C15	350	263	1154	435	954	120	46,5	146	15	92	6°52'	13°
K 350C	7C15	440	263	1219	385	969	150	24,5	146	15	92	9°46'	16°
	13C15		263	1178	329	928						9°46'	16°
K 500C	13C15	515	263	1387	405	1149	170	-	192	25	142	13°23'	21°
	19C15		320	1343	349	1093						13°23'	21°
K 700C	25C15	640	419	1465	420	1215	210	60	195	25	145	12°25'	18°
	31C15		419	1475	430	1225						12°29'	21°
K 1000C	31C15	770	492	1548	490	1298	240	100	220	30	160	15°59'	21°
	37C15		492	1497	434	1247						14°23'	20°

W przypadkach, gdy wymagany jest sprzęt do sprężania o jak najmniejszych wymiarach, oferujemy prasy typu CC. W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt z firmą Freyssinet Polska.

Wielkość	M	N	H
3F15	200	95	50
3C15	200	170	120
4F15	240	100	50
4C15	200	180	125
5F15	280	105	50
7C15	230	210	125
9C15	275	245	130
12C15	290	260	145
13C15	300	270	150
19C15	350	310	160
22C15	380	335	170
25C15	410	360	170
25C15P	410	360	170
27C15	400	350	175
31C15	435	380	180
37C15	470	410	195
55C15	560	480	230

Wszystkie wymiary w mm.

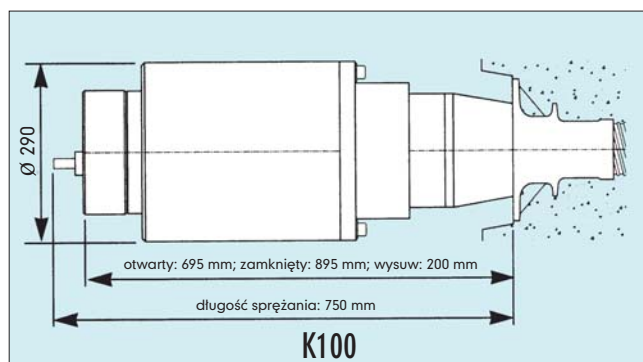
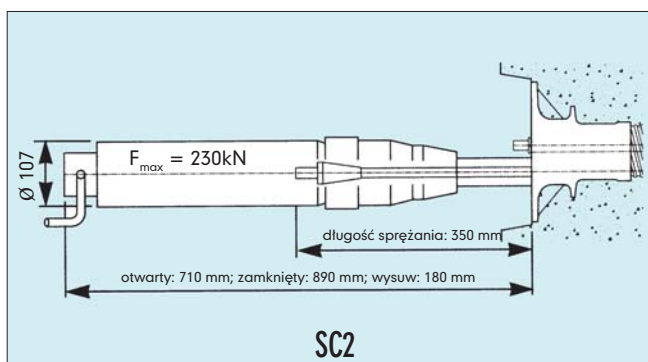


Sprężanie zakotwień czynnych płaskich

Sprężanie zakotwień 1F15, 3F15, 4F15 oraz 5F15 może być wykonywane albo poprzez jednoczesny naciąg wiązki splotów przy pomocy siłownika K100 albo splot po splocie, na przykład przy pomocy prasy typu SC2.

Główne charakterystyki tych siłowników przedstawione są poniżej.

Prasa typu SC2 może być z powodzeniem używana do sprężania splot po splocie każdego zakotwienia typu C w przypadku stosowania Systemu Bezkanalowego lub Systemu nr 2 zewnętrznego sprężenia.



OCHRONA PRZED KOROZJĄ



Cięgna systemu C mogą być zabezpieczane przed korozją w każdy dostępny sposób; najczęściej stosowane są iniekcje zaprawą cementową, smarem lub kompozycją woskową.

Istnieje szereg przypadków specjalnych, wymagających szczególnej uwagi:

Sprężanie zewnętrzne z iniekcją cementową

Przed iniektowaniem konieczne jest sprawdzenie szczelności kanałów. Procedura ta przeprowadzana jest przy użyciu sprężonego powietrza. Niedopuszczalne jest stosowanie wody do sprawdzania szczelności.

Iniekcje cięgien Systemu Nr 2

W tym przypadku zadaniem zaczynu jest stworzenie dystansu dla zabezpieczenia osłony plastikowej otaczającej splot przed zniszczeniem w strefach kontaktu pomiędzy splotami, w wyniku reakcji na krzywiznach. Ważne jest zatem stosowanie zaczynu o właściwościach reologicznych zapewniających właściwe ułożenie wszystkich splotów tworzących kabel. Inne cechy zaczynu, tj. wytrzymałość mechaniczna (wytrzymałość 10 N/mm² jest wystarczająca do wymaganej roli zachowania dystansu) i skurcz – odgrywają tylko drugorzędą rolę. Iniekcja odbywa się przed sprężeniem.

Iniektowanie próżniowe

Freyssinet jest pionierem metody iniektowania próżniowego. Jest ona stosowana i udoskonalana przez grupę Freyssinet od ponad 20 lat. Metoda próżniowa znajduje zastosowanie w dużych projektach, przy skomplikowanych przebiegach kabli sprężających.

System Bezkanatowy

W systemie tym osłonięte i zabezpieczone sploty ułożone są bezpośrednio w betonie konstrukcyjnym i nie wymagają iniektowania.

Iniekcja kompozycją woskową

Cięgna mogą być iniektowane kompozycją woskową, jeżeli jest to zalecane przez konsultantów (np. w celu sprawdzenia naprężenia po kilku latach lub dla ochrony kabli tymczasowych).

Tabele prezentują ilość iniektu w litrach/m (należy dodawać rezerwę na straty od 20% do 60%).

SYSTEM C
– SPRĘŻENIE ZEWNĘTRZNE NR 1

Ilość splotów	Iniekt [l/m]	Średnica osłony*
3	1,22	50
4	2,05	63
7	1,60	63
9	2,40	75
12	3,60	90
13	3,45	90
19	5,22	110
22	4,77	110
25	6,67	125
27	6,37	125
31	8,42	140
37	7,52	140
55	13,36	180

*osłona z HDPE (średnica zewnętrzna)

SYSTEM C
– SPRĘŻENIE ZEWNĘTRZNE NR 2

Ilość splotów	Iniekt [l/m]	Średnica osłony*
3	1,57	63
4	2,30	75
7	2,96	90
9	2,40	90
12	3,99	110
13	3,71	110
19	4,16	125
22	3,31	125
25	4,88	140
27	4,32	140
31	6,85	160
37	5,15	160
55	8,84	200

* osłona z HDPE (średnica zewnętrzna)

SYSTEM C
– SPRĘŻENIE WEWNĘTRZNE

Ilość splotów	Iniekt [l/m]	Średnica osłony*
3	0,8	40
4	1,1	45
7	1,9	60
9	2,0	65
12	3,4	80
13	3,1	80
19	4,4	95
22	5,6	105
25	6,0	110
27	7,6	120
31	7,0	120
37	8,2	130
55	12,5	160

*osłona stalowa (średnica wewnętrzna)

ZAKOTWIENIA PŁASKIE F

Ilość splotów	Iniekt [l/m]	Wymiary osłony*
3	0,71	58 x 20
4	0,90	75 x 20
5	1,05	90 x 20

*osłona stalowa (wymiary wewnętrzne)

Konstrukcje sprężone

PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ



Wiadukt nad torami kolejowymi i ulicą Strzegomską we Wrocławiu

**Węzeł Czerniakowska
- wiadukt CE-1**



**Most przez Dziwnę
w ciągu obwodnicy Wolina**



FREYSSINET

SUSTAINABLE TECHNOLOGY

Freyssinet Polska Sp. z o.o.

02-285 Warszawa, ul. Szyszkowa 20

tel.: +48 22 203 17 00, fax: +48 22 203 17 22

e-mail: biuro@freyssinet.pl

www.freyssinet.pl