



MeKano4

MK4





SYSTEM Mk4

Wprowadzenie	2
Jakość	2

CIĘGNA SPRĘŻAJĄCE I ICH KOMPONENTY

Cięgna sprężające	3
Liny sprężające	4
Kanały kablowe	5
Zakotwienia czynne typu MSA	6
Zakotwienia łącznikowe typu MCB	7
Zakotwienia bierne	8
Zakotwienia czynne dla płyt	11
Zakotwienia łącznikowe typu MCU	13
Charakterystyka kabla	14

URZĄDZENIA NACIĄGOWE

Prasy naciągowe	16
Pompy hydrauliczne	17
Wymagane wymiary przestrzeni roboczej	18

Wprowadzenie

MeKano4 to specjalistyczna firma, która dostarcza najwyższej jakości techniczne rozwiązania dla obiektów mostowych i innych budowli.

W ramach działalności proponujemy projektowanie, dostawę i instalację wieszaków, cięgien sprężających, łożysk i dylatacji mostowych, a także dostawę kotew gruntowych oraz prętów wysokiej wytrzymałości.

Projekty i obliczenia dotyczące wszystkich komponentów są dokonywane zgodnie z nowymi europejskimi wytycznymi ETAG-013, których weryfikacja jest obowiązkowa dla wszystkich sprężanych obiektów realizowanych na terytorium Unii Europejskiej.

Doświadczenie w wielu obszarach zastosowania technologii sprężania oraz nasz zespół inżynierów i techników są gwarancją dobrze wykonanych prac, a także pozwalają stawiać czoła nowym wyzwaniom na polu konstrukcji inżynierskich.

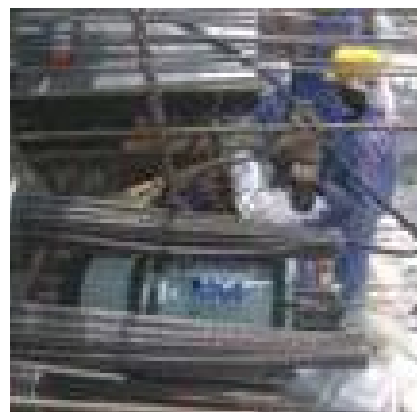
Dostarczamy rozwiązania wykorzystujące technologię sprężania oraz podwieszania w różnego rodzaju obiektach, m.in. takich jak mosty, budynki, zbiorniki, silosy, wieże komunikacyjne, konstrukcje podwieszane, itp.

Usługi świadczone przez MeKano4 obejmują:

- Wsparcie techniczne zapewniane przez wszystkie fazy projektu.
- Dostawę zakotwień, łączników i innych specjalistycznych elementów konstrukcyjnych, z możliwością ich zmiany i dopasowania do specyfiki konkretnego projektu.
- Dostosowanie zaprojektowanego systemu do nowych europejskich standardów ETAG-013 odnośnie systemów sprężania.
- Komponenty dostosowane do różnych typów osłonek metalowych lub polietylenowych w zależności od specyfiki projektu.
- Zautomatyzowane i lekkie urządzenia naciągowe.
- Analiza alternatywnych rozwiązań lub metod konstrukcyjnych pozwalająca na znalezienie optymalnego rozwiązania dla każdego projektu.

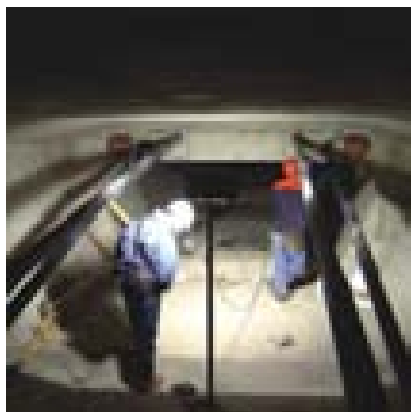
Jakość

MeKano4 rozwinęło kompleksowy Program Ochrony Jakości dostosowany do ISO 9001:2000 oraz do nowych europejskich wymogów ETAG-013 odnośnie systemów sprężania. Program ten obejmuje kompletny system sprężania włączając w to projektowanie, produkcję, dostawę i instalację zakotwień oraz pomocniczych elementów a także urządzeń do wciągania lin sprężających, realizacji sprężenia i iniekcji. W ten sposób kompletny system jakości obejmuje całość prac sprężeniowych realizowanych przez MeKano4.



CIĘGNA SPRĘŻAJĄCE

MK4

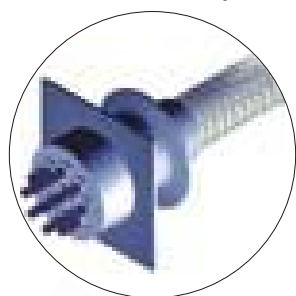


Cięgno sprężające MK4 jest podstawowym elementem systemu sprężania betonu. Składa się ono z jednej lub z większej ilości lin, mocowanych na obu końcach kompaktowymi i łatwymi do zainstalowania zakotwieniami, prowadzonymi w kanałach kablowych.

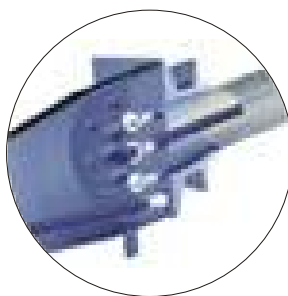
Poniżej przedstawiono ogólny schemat cięgna sprężającego MK4 składającego się z dwóch części połączonych łącznikiem.

Liny sprężające mogą albo zostać uprzednio połączone w kabel i umieszczone w kanale albo pojedynczo wciągane w osłonki przy użyciu urządzenia podającego - wciągarki. Wciąganie lin może nastąpić przed lub po betonowaniu zgodnie z harmonogramem robót. Cięgna sprężane są przy pomocy hydraulicznych pras naciagowych.

zakotwienie czynne



łącznik



zakotwienie bierne



Liny

Liny używane wciągach sprężających składają się z 7 splecionych ze sobą drutów ze stali o niskiej relaksacji. Najczęściej stosowanymi średnicami są 0,6'' (15.2/15.7mm) oraz 0,5'' (12.7/12.9mm) z odpowiadającymi im wytrzymałościami na rozciąganie 1770/1860 N/mm² oraz 1860 N/mm².

W poniższej tabeli podano główne cechy charakterystyczne lin w podziale na typy.



lina	norma	F	średnica mm	pole przekroju mm	waga mm	min. siła zrywająca F _{pk} kN	relaksacja po 1000h przy 70%F _{pk}	wartość siły uplastyczniającej kN
0,6'' (15mm)	EN-10138-3	1860 MPa	15,2*	140	1095	260	2,50%	224
	ASTM A416M-99	270 ksi	15,24	140	1102	260,7	2,50%	234,6
	BS 5896:1980	1770 MPa	15,7	150	1180	265	2,50%	225
	EN-10138-3	1860 MPa	16*	150	1170	279	2,50%	240
0,5'' (13mm)	ASTM A416M-99	270 ksi	12,7	98,71	775	183,7	2,50%	165,3
	BS 5896:1980	1860 MPa	12,9	100	785	186	2,50%	158
	EN-10138-3	1860 MPa	13	100	781	186	2,50%	160

* stosowane w Polsce



średnica mm	norma	początkowa siła sprężająca (kN)		
		Eurocode 2 85%F _{p0,1} ; 75%F _{pk}	EHE 98 75%F _{pk}	BS 5400-4 70%F _{pk}
15,2*	EN-10138-3	190,4	195,0	182,0
15,24	ASTM A416M-99	195,5	195,5	182,5
15,7	BS 5896:1980	191,3	198,8	185,5
16*	EN-10138-3	204,0	209,3	195,3
12,7	ASTM A416M-99	137,8	137,8	128,6
12,9	BS 5896:1980	134,3	139,5	130,2
13	EN-10138-3	136,0	139,5	130,2

* stosowane w Polsce



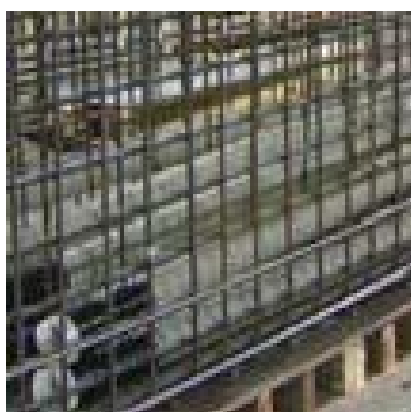
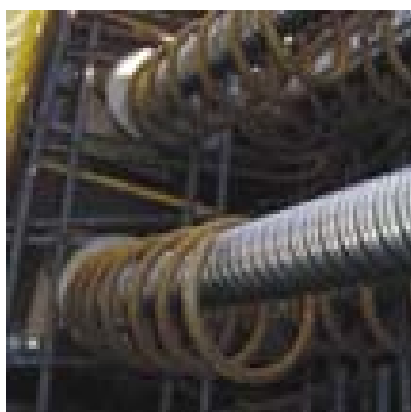


Ostonki

Kable sprężające umieszczane są bezpośrednio w kanałach (ostonkach) kablowych, wykonywanych z karbowanej blachy stalowej (czasami galwanizowanej) o ściankach grubości pomiędzy 0.25mm i 0.5mm.

Poniższa tabela zawiera wymiary najczęściej stosowanych kanałów kablowych.

Ostonki dostarczane są w odcinkach o długości 6m i łączone na budowie. Po zakończeniu sprężania kabli, kanały kablowe iniektowane są zaczynem cementowym, specjalnym woskiem lub innymi materiałami zabezpieczającymi ciągną przed korozją.



lina	liczba lin w kablu	ostonka	
	szt.	śr. wew mm	śr. zew mm
0,5" (13mm)	4	51	56
	7		
	9	62	67
	12	72	77
	15		
	19	85	90
	22	90	95
	27	100	105
	31	110	115
0,6" (15mm)	35		
	4	51	56
	5		
	7	62	67
	9	72	77
	12	85	90
	15	90	95
	19	100	105
	24	110	115
	27	120	125
	31		
	37	130	137
	43	140	147



Ostonki HDPE i PP

Dla lepszego zabezpieczenia antykorozyjnego i obniżenia oporów ciągnięcia zaleca się stosowanie kanałów wykonanych z polietylenu o wysokiej gęstości (HDPE) lub z polipropylenu (PP). MK4 oferuje następujące średnice wymienionych powyżej kanałów z tworzyw sztucznych: 59, 76, 100, 115 i 130mm.

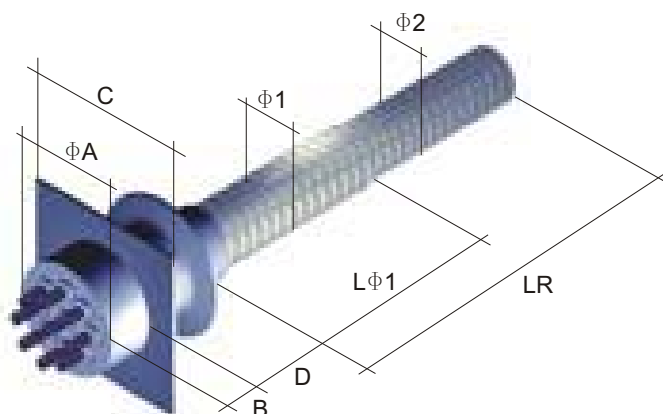
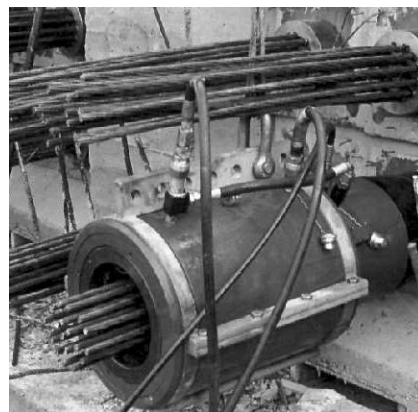
W sprawie dokładniejszych informacji prosimy o kontakt z naszym Działem Technicznym

Zakotwienia czynne MSA

Każde zakotwienie składa się z trąbki, płyty kotwiącej i szczęk kotwiących. Wszystkie części zakotwień i odpowiadające im wymiary zostały starannie dobrane w celu osiągnięcia najwyższej ekonomiczności (patrz tabela poniżej).

Przez zakotwienie czynne realizuje się naciąg kabla może ono również służyć jako zakotwienie bierne - jeśli nie jest zabetonowane.

Zakotwienia czynne MSA MK4 zostały zaprojektowane przy zachowaniu najbardziej surowych międzynarodowych standardów, takich jak PTI, BS, itp.



lina	liczba lin w kablu	typ trąbki	ΦA	B	C	D	LΦ1	LR	Φ1	Φ2	min. promień łuku
	szt.		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,6" (15mm)	4	T-4	110	50	170	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	50	170	155		600		51/56	3 000
	7	T-5	129	61	194	150		600		62/67	3 000
	9	T-6	144	60	220	175		900		72/77	4 000
	12	T-7	165	72	254	200		900		85/90	4 000
	15	T-8	186	78	282	235		900		90/95	4 500
	19	T-19	200	94	314	230	250	1200	103/108	100/105	5 000
	24	TR-24	239	95	356	640		1200		110/115	5 000
	27	TR-31	252	105	404	720		1500		120/125	6 000
	31	TR-31	268	115	404	720		1500		120/125	6 000
	37	TR-37	296	128	444	770		1500		130/137	6 500
0,5" (13mm)	43	TR-43	330	144	490	1100		1500		140/147	6 500
	4	T-4	110	45	170	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	45	170	155		600		51/56	3 000
	7	T-4	110	45	170	155		600		51/56	3 000
	9	T-5	125	50	194	150		600		62/67	3 000
	12	T-6	143	55	220	175		900		72/77	4 000
	15	T-7	160	60	254	200	500	900	85/90	72/77	4 000
	19	T-8	179	70	282	235	500	900	90/95	85/90	4 000
	22	T-19	192	75	314	230	500	1200	100/105	90/95	4 500
	27	TR-24	227	85	356	640	500	1200	110/115	100/105	5 000
	31	TR-24	233	90	356	640		1200		110/115	5 000
	35	TR-24	239	95	356	640		1200		110/115	5 000

ZAKOTWIENIE ŁĄCZNIKOWE TYPU MCB

MK4

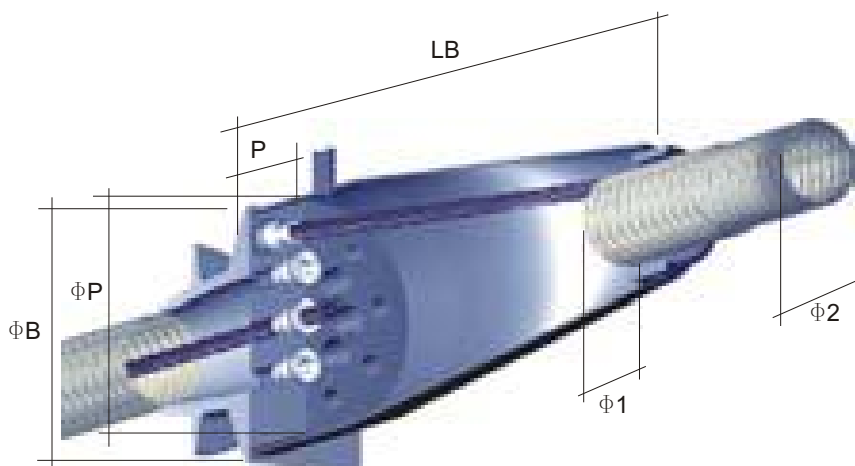


Zakotwienia łącznikowe typu MCB

Łączniki używane są w celu zapewnienia ciągłości kabli, które ze względu na swoją długość lub sposób wykonania, nie mogą być wbudowane i naciągnięte jako jeden element.

Pierwszy segment cięższy jest sprężany i kotwiony w tradycyjny sposób, natomiast drugi, kotwiony w sposób bierny za pomocą szczęk osadzonych we wspólnej płycie oporowej.

Montaż łącznika jest finalizowany przez zamknięcie go stożkową lub cylindryczną osłoną wyposażoną w rurkę iniekcyjną umożliwiającą wypełnienie zaczynem.

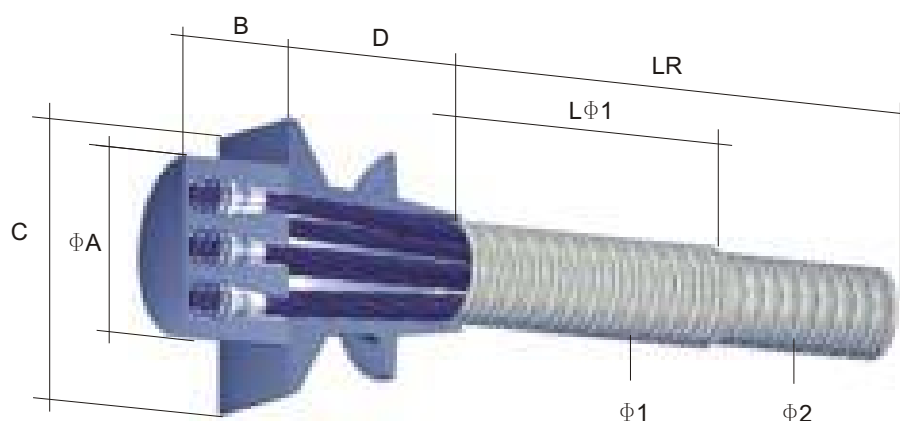
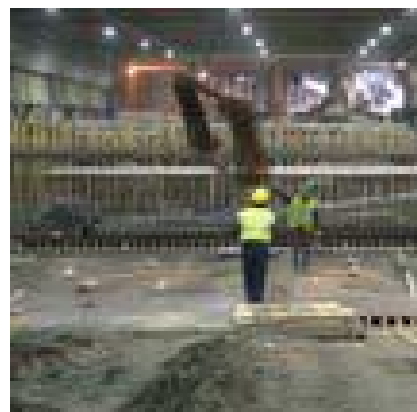


lina		liczba lin w kablu	typ trąпки	ΦB	LB	Φ1	Φ2	ΦP	P
		szt.		mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,6" (15mm)	stożkowy	4	T-4	140	385	62	51	134	87
		5	T-4	156	463	62	51	150	87
		7	T-5	188	615	72	62	180	98
		9	T-6	208	664	85	72	200	97
		12	T-7	252	749	95	85	244	97
		15	T-8	270	784	100	90	165	102
	walcowy	19	T-19	274	773	110	100	265	127
		24	TR-24	325	1015	120	110	315	122
		27	TR-31	350	1280	130	120	341	127
		31	TR-31	350	1280	130	120	341	127
		37	TR-37	390	1300	135	130	375	155
		43	TR-43	455	1600	150	140	445	180
0,5" (13mm)		4	T-4	156	463	62	51	150	87
		5	T-4	156	463	62	51	150	87
		7	T-4	156	463	62	51	150	87
		9	T-5	188	615	72	62	180	97
		12	T-6	208	664	85	72	200	97
		15	T-7	252	749	85	72	244	97
		19	T-8	270	784	95	85	265	102
		22	T-19	274	773	100	90	265	120
		27	TR-24	325	1015	110	100	315	122
		31	TR-24	325	1015	120	110	315	122
		35	TR-24	325	1015	120	110	315	122

Automatyczne zakotwienia bierne MPA

Zakotwienia bierne typu MPA składają się z płyty kotwiącej, w której znajdują się stożkowe otwory na szczęki kotwiące, i trójdzielnych szczęk kotwiących; dodatkowo wyposażone są w stalową płytę dociskową wraz ze sprężynami, która - zamocowana do płyty kotwiącej - dociska szczęki w czasie sprężania redukując tym poślizg lin w zakotwieniach podczas naciągu kabla.

Podstawową cechą tego zakotwienia jest automatyczne uchwycenie liny sprężającej w płycie kotwiącej. Zazwyczaj jest to wykorzystywane w sytuacjach, gdzie tuleje zaciskowe nie mogą być w sposób odpowiedni zamontowane w związku z ograniczeniem przestrzeni roboczej. Zakotwienia MPA są najszybsze w montażu spośród zakotwień biernych.



lina	liczba lin w kablu	typ trąbki	ΦA	B	C	D	LΦ1	LR	Φ1	Φ2	min. promień łuku
	szt.		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,6" (15mm)	4	T-4	110	88	170	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	88	170	155		600		51/56	3 000
	7	T-5	129	93	194	150		600		62/67	3 000
	9	T-6	144	93	220	175		900		72/77	4 000
	12	T-7	165	105	254	200		900		85/90	4 000
	15	T-8	186	111	282	235		900		90/95	4 500
	19	T-19	200	128	314	230	250	1200	103/108	100/105	5 000
	24	TR-24	239	128	356	640		1200		110/115	5 000
	27	TR-31	252	138	404	720		1500		120/125	6 000
	31	TR-31	268	148	404	720		1500		120/125	6 000
	37	TR-37	296	161	444	770		1500		130/137	6 500
0,5" (13mm)	43	TR-43	330	177	490	1100		1500		140/147	6 500
	4	T-4	110	78	170	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	78	170	155		600		51/56	3 000
	7	T-4	110	78	170	155		600		51/56	3 000
	9	T-5	125	83	194	150		600		62/67	3 000
	12	T-6	143	88	220	175		900		72/77	4 000
	15	T-7	160	93	254	200	500	900	85/90	72/77	4 000
	19	T-8	179	103	282	235	500	900	90/95	85/90	4 000
	22	T-19	192	108	314	230	500	1200	100/105	90/95	4 500
	27	TR-24	227	118	356	640	500	1200	110/115	100/105	5 000
	31	TR-24	233	123	356	640		1200		110/115	5 000
	35	TR-24	239	128	356	640		1200		110/115	5 000

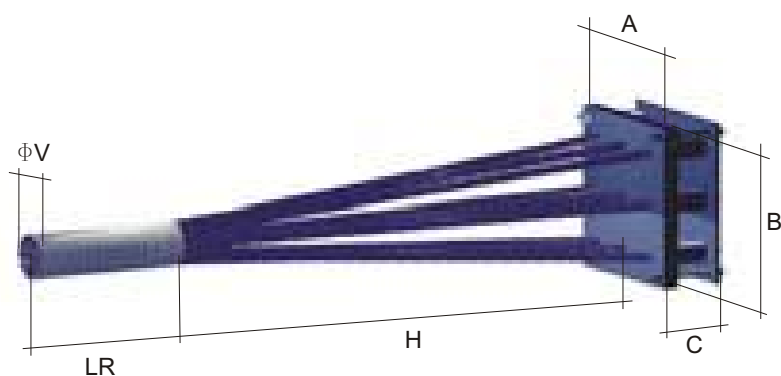
ZAKOTWIENIA BIERNE TYPU MPSB



Zakotwienia bierne typu MPSB

Zakotwienia typu MPSB składają się z płyty kotwiącej, tulei zaciskowych i płyty dociskowej. Zakotwienia wykorzystują przyczepność pomiędzy stalowymi linami a betonem.

Jeżeli założeniem projektanta jest aby siła sprężająca była przeniesiona wyłącznie przez płytę kotwiącą, istnieje możliwość nałożenia rękawu wykonanego z PE na części lin sprężających, pomiędzy końcem kanału i płytą kotwiącą.

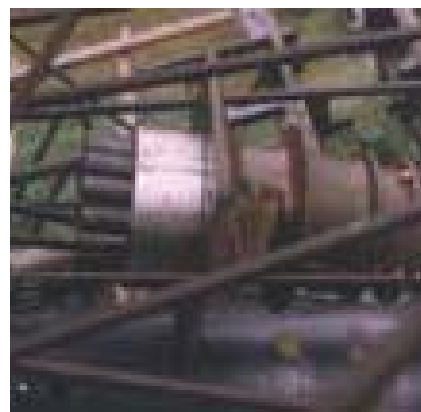
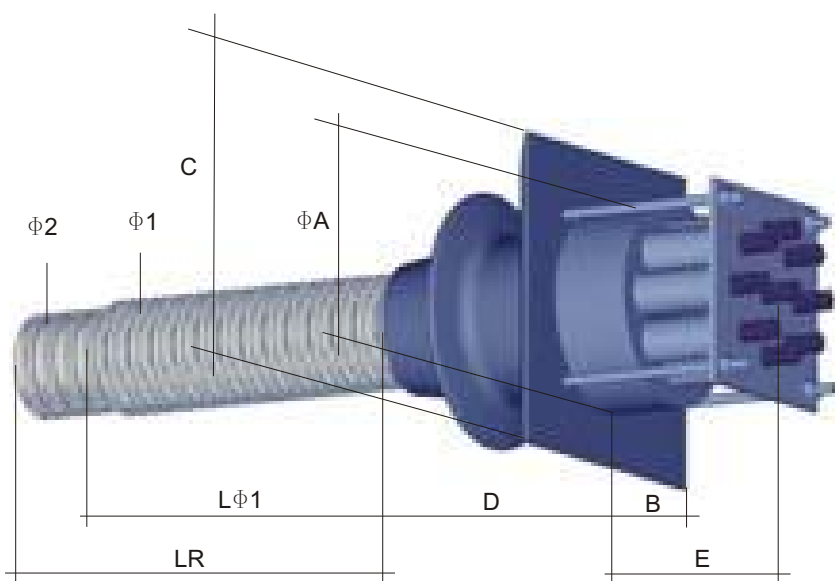


lina	liczba lin w kablu	A	B	C	H	LR	V	promień min.
	szt.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,5" (13mm)	4	160	160	115	600	600	51/56	3 000
	5	160	240	115	600	600	51/56	3 000
	7	240	240	115	750	600	62/67	3 000
	9	240	240	115	750	900	72/77	4 000
	12	240	320	115	900	900	85/90	4 000
	15	240	400	115	900	900	90/95	4 500
	19	320	400	115	900	1200	100/105	5 000
0,6" (15mm)	4	140	140	100	600	600	51/56	3 000
	5	140	200	100	600	600	51/56	3 000
	7	200	200	100	600	600	51/56	3 000
	9	200	200	100	600	600	62/67	3 000
	12	200	260	100	900	900	72/77	4 000
	15	200	330	100	900	900	72/77	4 000
	19	270	330	100	900	900	85/90	4 000
	22	330	330	100	1200	1200	90/95	5 000

Zakotwienia bierne z tulejami zaciskowymi MPT

W sytuacji gdy zakotwienie zlokalizowane jest w miejscu niedostępnym bądź też trudnodostępnym stosuje się zakotwienia bierne.

Przedstawione zakotwienia bierne typu MPT składają się z bloku oporowego w kształcie trąbki, płyty kotwiącej, tulei zaciskowych i płyty podtrzymującej.

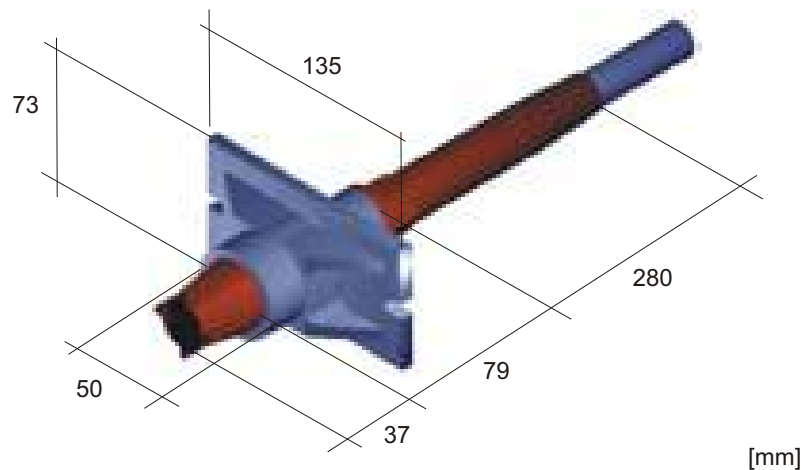


lina	liczba lin w kablu szt.	typ trąbki	ΦA mm	B mm	C mm	D mm	E mm	LΦ1 mm	LR mm	Φ1 mm	Φ2 mm	min. promień łuku mm
0,6" (15mm)	4	T-4	110	50	170	155	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	50	170	155	155		600		51/56	3 000
	7	T-5	129	61	194	150	150		600		62/67	3 000
	9	T-6	144	60	220	175	175		900		72/77	4 000
	12	T-7	165	72	254	200	200		900		85/90	4 000
	15	T-8	186	78	282	235	235		900		90/95	4 500
	19	T-19	200	94	314	230	230	250	1200	103/108	100/105	5 000
	24	TR-24	239	95	356	640	640		1200		110/115	5 000
	27	TR-31	252	105	404	720	720		1500		120/125	6 000
	31	TR-31	268	115	404	720	720		1500		120/125	6 000
	37	TR-37	296	128	444	770	770		1500		130/137	6 500
0,5" (13mm)	43	TR-43	330	144	490	1100	1100		1500		140/147	6 500
	4	T-4	110	45	170	155	155		600		51/56	3 000
	5	T-4	110	45	170	155	155		600		51/56	3 000
	7	T-4	110	45	170	155	155		600		51/56	3 000
	9	T-5	125	50	194	150	150		600		62/67	3 000
	12	T-6	143	55	220	175	175		900		72/77	4 000
	15	T-7	160	60	254	200	200	500	900	85/90	72/77	4 000
	19	T-8	179	70	282	235	235	500	900	90/95	85/90	4 000
	22	T-19	192	75	314	230	230	500	1200	100/105	90/95	4 500
	27	TR-24	227	85	356	640	640	500	1200	110/115	100/105	5 000
	31	TR-24	233	90	356	640	640		1200		110/115	5 000
	35	TR-24	239	95	356	640	640		1200		110/115	5 000

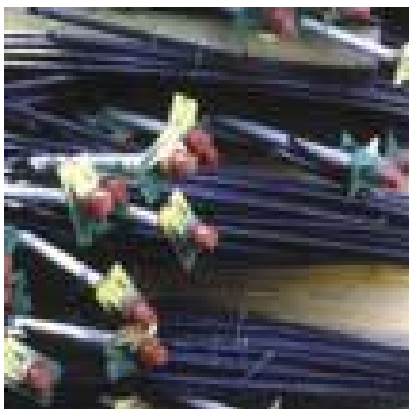


Zakotwienia czynne dla lin MUNB1/0.6''

W systemie MK4 typu bezprzyczepnościowego wykorzystuje się liny o średnicy 15mm (0.6'') i zakotwienia czynne MUNB 1/0.6'', które to zakotwienia mogą być również użyte jako bierne poprzez dodanie nasadki zamykającej ze sprężyną. Liny te zaopatrzone są fabrycznie w system ochrony antykorozyjnej złożony z polietylenowej osłonki wypełnionej smarem.

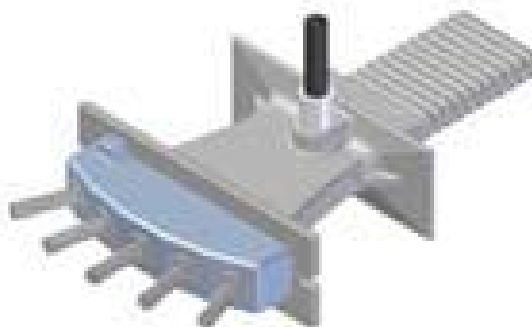


[mm]



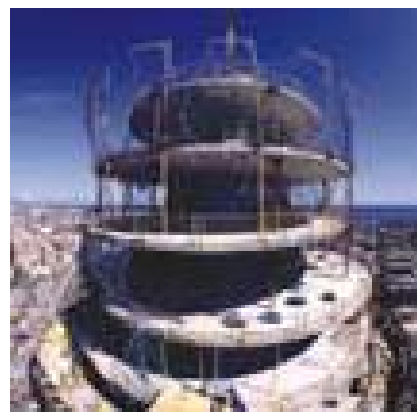
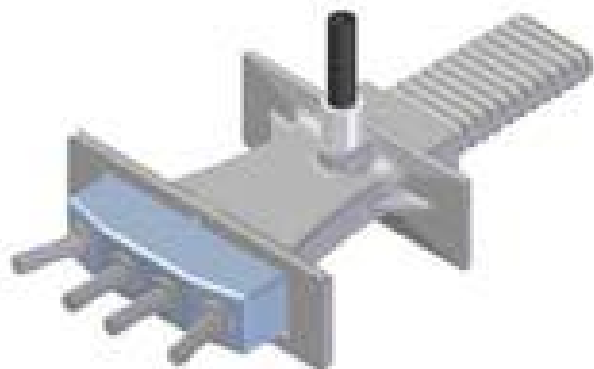
Płaskie zakotwienia czynne ML4/0.6'' i ML5/0.6''.

Zakotwienia MK4 przeznaczone do sprężania płyt stropowych budynków, płyt mostów, zaprojektowano dla mocowania do 4 lin sprężających o średnicy 5mm (0.6'') ułożonych w płaskim kanale i połączonych z blokiem kotwiącym ML4/0.6'' lub ML5/0.6''. Poszczególne liny mocuje się i spręża pojedynczo przy pomocy prasy naciągowej do lin typu mono-strand.



Płaskie zakotwienie czynne ML4/0,5"

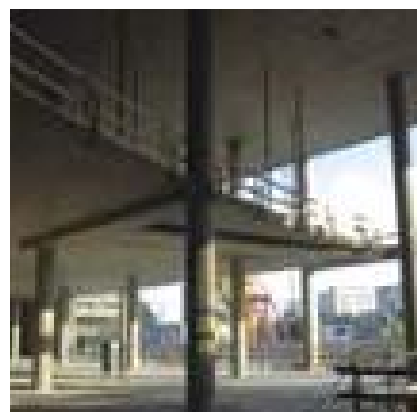
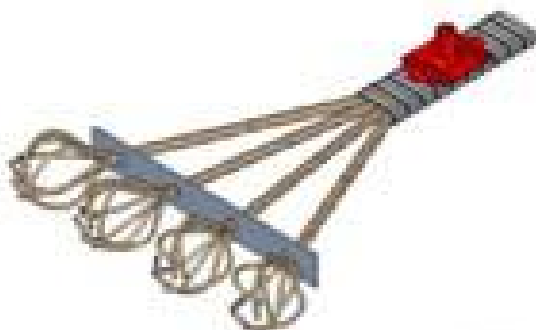
Innym typem zakotwienia wykorzystywanym w odniesieniu do płyt jest zakotwienie ML4/0,5", którego projekt jest zbliżony do projektu ML4/0,6", ale przeznaczone jest dla lin 0,5". Kanał kablowy dla tego typu zakotwienia ma wymiary 72x18mm.



Płaskie zakotwienie bierne MPC

Jako bierne zakończenie kabli płaskich proponujemy zakotwienie typu MPC, łatwe do wykonania, o wysokiej wydajności. Wymiary zakotwienia i płyty zostały przedstawione w tabeli.

Aby uzyskać więcej informacji prosimy o kontakt z naszym działem technicznym.

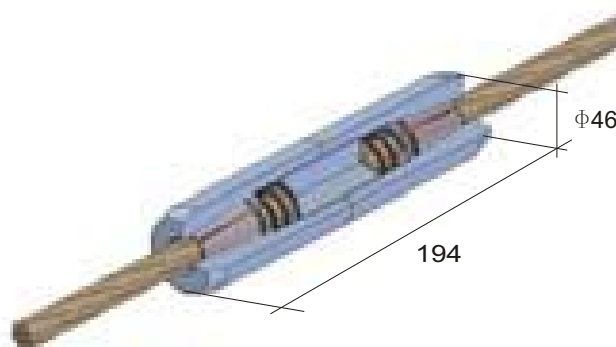




Zakotwienia łącznikowe typu MCU

Łączniki typu MCU łączą pojedyncze liny. Ich główną zaletą jest fakt, że mogą być zastosowane w miejscach, gdzie przestrzeń robocza jest bardzo ograniczona.

Łączniki te stanowią idealny system dla płyt pomostowych o ograniczonej grubości, tam gdzie łączniki kablowe MCB nie mogą być zastosowane z powodu braku miejsca.



Zakotwienia łącznikowe MUT

Łączniki tego typu składają się z dwóch bliźniaczych cylindrów z naprzeciwlegle umieszczonymi szczękami kotwiącymi. Zakotwienia te oprócz swojej funkcji łączącej liny pozwalają na wykorzystanie ich jako punktów przyłożenia prasy naciągowej.

Unikalny kształt łącznika MUT powoduje, że można go stosować tam, gdzie inne łączniki nie pasują ze względu na swój rozmiar. Znajduje on przede wszystkim zastosowanie przy sprężaniu obiektów cylindrycznych takich jak cysterny i silosy, gdzie sprężanie realizowane jest za pomocą pras naciągowych typu mono-strand.





CHARAKTERYSTYKA KABLA

LINA 0,6"												
Kabel		Lina 16mm Y 1860 S7 wg EN-10138-3				Lina 15,24 mm klasa 270 wg ASTM A416M-99				Oślonka	Cement	Prasa
typ	liczba lin w kablu	siła zrywająca F _{pk} [kN]	siła naciągu F ₀ [kN]	waga kg/m	pole przekr. mm ²	siła zrywająca F _{pk} [kN]	siła naciągu F ₀ [kN]	waga kg/m	pole przekr. mm ²	średnica wewnętrzna mm	kg/ml	
1-0,6"	1	279	204	1,17	150	260,7	195,5	1,102	140	-	-	
4-0,6"	2	558	408	2,34	300	521	391	2,20	280	51	2,6	MS-1
	3	837	612	6,51	450	782	586	3,31	420		2,4	
	4	1 116	816	4,68	600	1 042	782	4,41	560		2,2	
5-0,6"	5	1 395	1 020	5,85	750	1 303	977	5,51	700	51	2,0	MS-2
7-0,6"	6	1 674	1 224	7,02	900	1 564	1 173	6,61	840	62	3,2	
	7	1 953	1 428	8,19	1 050	1 824	1 368	7,71	980		3,0	
9-0,6"	8	2 232	1 632	9,36	1 200	2 085	1 564	8,82	1 120	72	4,3	MS-3
	9	2 511	1 836	10,53	1 350	2 346	1 759	9,92	1 260		4,1	
12-0,6"	10	2 790	2 040	11,70	1 500	2 607	1 955	11,02	1 400	85	6,2	
	11	3 069	2 244	12,87	1 650	2 867	2 150	12,12	1 540		6,0	
	12	3 348	2 448	14,04	1 800	3 128	2 346	13,22	1 680		5,8	
15-0,6"	13	3 627	2 652	15,21	1 950	3 389	2 541	14,33	1 820	90	6,6	MS-4
	14	3 906	2 856	16,38	2 100	3 649	2 737	15,43	1 960		6,4	
	15	4 185	3 060	17,55	2 250	3 910	2 932	16,53	2 100		6,2	
19-0,6"	16	4 464	3 264	18,72	2 400	4 171	3 128	17,63	2 240	100	8,2	
	17	4 743	3 468	19,89	2 550	4 431	3 323	18,73	2 380		8,0	
	18	5 022	3 672	21,06	2 700	4 692	3 519	19,84	2 520		7,8	
	19	5 301	3 876	22,23	2 850	4 953	3 714	20,94	2 660		7,6	
24-0,6"	20	5 580	4 080	23,40	3 000	5 214	3 910	22,04	2 800	110	9,8	MS-6
	21	5 859	4 284	24,57	3 150	5 474	4 105	23,14	2 940		9,6	
	22	6 138	4 488	25,74	3 300	5 735	4 301	24,24	3 080		9,4	
	23	6 417	4 692	26,91	3 450	5 996	4 496	25,35	3 220		9,2	
	24	6 696	4 896	28,08	3 600	6 256	4 692	26,45	3 360		9,0	
27-0,6"	25	6 975	5 100	29,25	3 750	6 517	4 887	27,55	3 500	120	11,4	MS-7
	26	7 254	5 304	30,42	3 900	6 778	5 083	28,65	3 640		11,2	
	27	7 533	5 508	31,59	4 050	7 038	5 278	29,75	3 780		11,0	
31-0,6"	28	7 812	5 712	32,76	4 200	7 299	5 474	30,86	3 920	120	10,8	
	29	8 091	5 916	33,93	4 350	7 560	5 669	31,96	4 060		10,6	
	30	8 370	6 120	35,10	4 500	7 821	5 865	33,06	4 200		10,4	
	31	8 649	6 324	36,27	4 650	8 081	6 060	34,16	4 340		10,2	
37-0,6"	32	8 928	6 528	37,44	4 800	8 342	6 256	35,26	4 480	130	12,8	MS-8
	33	9 207	6 732	38,61	4 950	8 603	6 451	36,37	4 620		12,6	
	34	9 486	6 936	39,78	5 100	8 863	6 647	37,47	4 760		12,4	
	35	9 765	7 140	40,95	5 250	9 124	6 842	38,57	4 900		12,2	
	36	10 044	7 344	42,12	5 400	9 385	7 038	39,67	5 040		12,0	
	37	10 323	7 548	43,29	5 550	9 645	7 233	40,77	5 180		11,8	
43-0,6"	38	10 602	7 752	44,46	5 700	9 907	7 429	41,88	5 320	140	14,7	MS-9
	39	10 881	7 956	45,63	5 850	10 167	7 625	42,98	5 460		14,5	
	40	11 160	8 160	46,80	6 000	10 428	7 820	44,08	5 600		14,2	
	41	11 439	8 364	47,97	6 150	10 689	8 016	45,18	5 740		14,0	
	42	11 718	8 568	49,14	6 300	10 949	8 211	46,28	5 880		13,8	
	43	11 997	8 772	50,31	6 450	11 210	8 407	47,39	6 020		13,5	

Podana wartość siły naciągu jest zgodna z Eurocodem 2, wynosi ona 75% siły zrywającej.

Wartość siły naciągu może być większa niż podana, zgodnie z zaleceniami projektanta.

CHARAKTERYSTYKA KABLA



LINA 0,5"												
Kabel		Lina 13mm Y 1860 S7 wg EN-10138-3				Lina 12,7 mm klasa 270 wg ASTM A416M-99				Oślonka	Cement	Prasa
typ	liczba lin w kablu	siła zrywająca F _{pk} [kN]	siła naciągu F ₀ [kN]	waga kg/m	pole przekr. mm ²	siła zrywająca F _{pk} [kN]	siła naciągu F ₀ [kN]	waga kg/m	pole przekr. mm ²	średnica wewnętrzna mm	kg/ml	
1-0,6"	1	186	136	0,78	100	183,7	137,6	0,775	99	-	-	ARROW
4-0,6"	2	372	272	1,56	200	367	275	1,55	197	51	2,7	MS-1
	3	558	408	2,34	300	551	413	2,33	296		2,6	
	4	744	544	3,12	400	734	551	3,10	394		2,4	
5-0,6"	5	930	680	3,91	500	918	689	3,88	493	51	2,3	MS-2
7-0,6"	6	1 116	818	4,69	600	1 102	826	4,65	592	51	2,2	
	7	1 302	952	5,47	700	1 285	964	5,43	690		2,0	
9-0,6"	8	1 488	1 088	6,25	800	1 469	1 102	6,20	789	62	3,3	MS-3
	9	1 874	1 224	7,03	900	1 653	1 240	6,98	888		3,1	
	10	1 880	1 360	7,81	1 000	1 837	1 376	7,75	987		4,5	
12-0,6"	11	2 046	1 496	6,59	1 100	2 020	1 515	6,53	1 087	72	4,4	MS-4
	12	2 232	1 632	9,37	1 200	2 204	1 653	9,30	1 184		4,2	
	13	2 418	1 768	10,15	1 300	2 388	1 791	1,08	1 283		4,1	
15-0,6"	14	2 604	1 904	10,93	1 400	2 571	1 929	10,85	1 381	72	3,9	MS-4
	15	2 790	2 040	11,72	1 500	2 755	2 067	11,63	1 430		3,8	
	16	2 976	2 176	12,50	1 600	2 939	2 204	12,40	1 579		6,0	
19-0,6"	17	3 162	2 312	13,28	1 700	3 122	2 342	13,18	1 678	85	5,8	MS-4
	18	3 348	2 446	14,06	1 800	3 300	2 480	13,95	1 776		5,7	
	19	3 534	2 584	14,84	1 900	3 430	2 618	14,73	1 875		5,6	
22-0,6"	20	3 720	2 720	16,62	2 000	3 674	2 750	15,50	1 974	90	6,4	MS-4
	21	3 906	2 856	16,40	2 100	3 857	2 893	16,26	2 072		6,6	
	22	4 092	2 992	17,18	2 200	4 041	3 031	17,05	2 171		6,1	
27-0,6"	23	4 276	3 126	17,96	2 300	4 226	3 169	17,83	2 270	110	8,1	MS-6
	24	4 464	3 264	18,74	2 400	4 408	3 307	18,60	2 369		8,0	
	25	4 650	3 400	19,53	2 500	4 592	3 445	19,36	2 467		7,9	
	26	4 836	3 536	20,31	2 600	4 776	3 582	20,15	2 566		7,7	
	27	5 022	3 672	21,00	2 700	4 950	3 720	20,93	2 665		7,6	
31-0,6"	28	5 206	3 808	21,87	2 800	5 143	3 856	21,70	2 763	110	9,6	MS-6
	29	5 394	3 944	22,65	2 900	5 327	3 996	22,46	2 862		9,7	
	30	5 580	4 080	23,43	3 000	5 511	4 134	23,25	2 961		9,5	
	31	5 766	4 216	24,21	3 100	5 694	4 271	24,03	3 060		9,4	
37-0,6"	32	5 952	4 352	24,99	3 200	5 878	4 400	24,80	3 158	110	9,2	MS-6
	33	6 138	4 488	25,77	3 300	6 062	4 547	25,58	3 257		9,1	
	34	6 324	4 624	26,55	3 400	6 245	4 685	26,35	3 350		9,0	
	35	6 510	4 780	27,34	3 500	6 429	4 823	27,13	3 454		8,8	

Podana wartość siły naciągu jest zgodna z Eurocodem 2, wynosi ona 75% siły zrywającej.
Wartość siły naciągu może być większa niż podana, zgodnie z zaleceniami projektanta.

Wielokanałowe prasy naciągowe serii MS.

Prasy naciągowe MK4 reprezentują czwartą generację urządzeń sprężających wielokanałowo. Łączą one w sobie kompaktową konstrukcję oraz wysoką precyzję i łatwość obsługi.

Prasy naciągowe składają się z cylindra i dwóch przeciwsobnych tłoków, zaprojektowanych do pracy pod ciśnieniem 700 atmosfer.

Wewnętrzna część prasy może być obracana dzięki czemu łatwo dopasowuje się do pozycji ciągną. Prasy mogą pracować w innych pozycjach niż standardowa pozioma lub pionowa. Posiadają również system hydrauliczny pozwalający na dopchnięcie szczęk kotwiących i tym samym zminimalizowanie strat siły naciągu.

Wszystkie prasy są kalibrowane przed dostarczeniem na budowę dla uzyskania indywidualnych charakterystyk siła - ciśnienie.



Charakterystyka ogólna	ATB-1	ARROW-3	MS-1	MS-2	MS-3	MS-4	MS-6	MS-7	MS-8	MS-14
Zewnętrzna średnica prasy (mm) ¹	170	135	317	352	484	559	652	703	754	890
Całkowita długość prasy [mm]	504	991	850	741	742	764	881	903	930	960
Max. długość [mm]	610	1196	1150	960	952	966	1136	1156	1185	1160
Czynna powierzchnia tłoka (cm ²)	45,36	40,08	175,93	223,64	433,53	678,56	904,78	1099,53	1347,74	2160,04
Wysuw tłoka (mm)	105	205	300	219	210	202	255	253	255	200
Max. ciśnienie [Bar]	637	605	580	690	700	700	660	660	660	700
Max. siła [kN]	284	256	1020	1542	3033	4748	5969	7254	8892	15 100
Masa całkowita [kg]	18	35	155	275	385	565	820	900	1010	2350



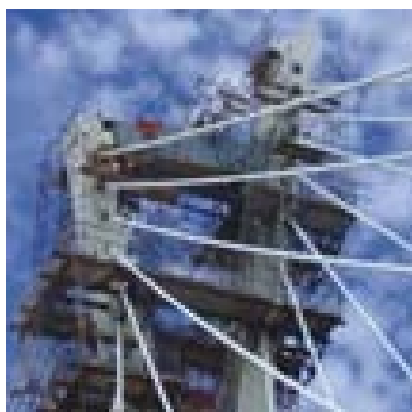
Linowe (jednokanałowe) prasy naciągowe MK4 serii Arrow

Prasy serii Arrow zostały zaprojektowane przede wszystkim dla sprężania pojedynczych lin sprężających poprzez zakotwienia czynne typu MUNB 1/0.6'' i zakotwienia płaskie typu ML. Prasy te są lekkie (łatwe do obsługi przez jednego człowieka) - prasy te także posiadają hydrauliczny system dociskania szczęk kotwiących.



Pompy hydrauliczne

MK4 oferuje pełną gamę pomp hydraulicznych wraz z konsolami sterującymi, montowanych na wózkach. Jako dodatek do standardowych pomp hydraulicznych BPT1 używanych razem z prasami typu Arrow, MS1 i MS2, dostępna jest nowa pompa hydrauliczna BPT11 o większej wydajności. Pompa ta jest przeznaczona do użytku w połączeniu z większymi prasami wielokanałowymi. Możliwe jest także jej użycie z największą aktualnie produkowaną prasą MK4.

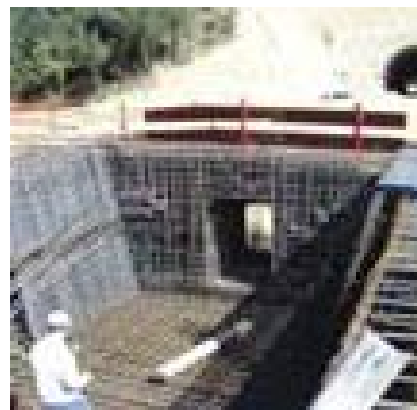
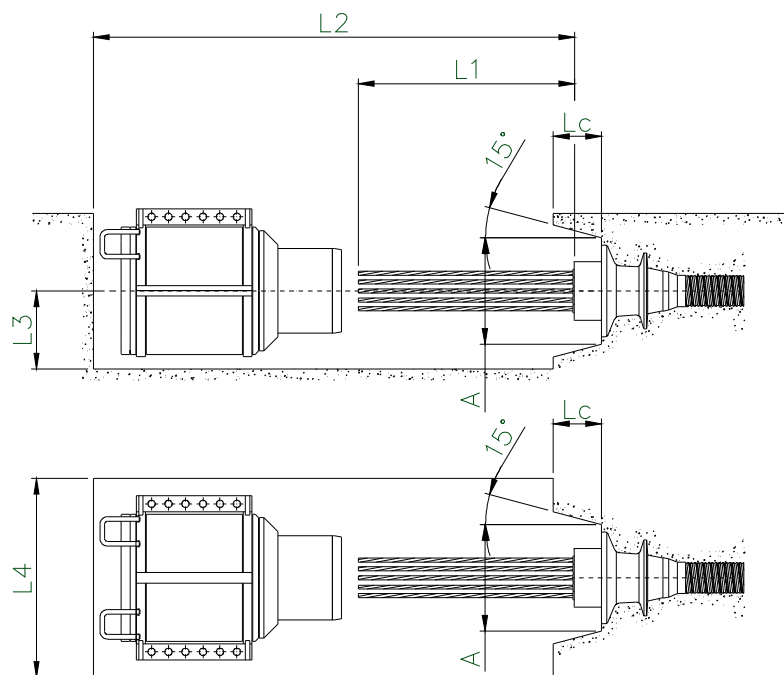


Ogólna charakterystyka

Zużycie oleju	9,5l/min
Max	700 bar
Waga	400 kg
Olej	ISO 46 lub ISO 68 Hydraulic
Moc	11kW 1450 rpm
Chłodzenie	powietrzem
Zasilanie modułu sterowania	24 V
Zasilanie elektryczne	3 fazy 380 V
Wymiary (wys., szer., dł.)	950mm, 595mm, 1050mm.

Wymagane wymiary przestrzeni roboczej

Na rysunku oraz w załączonej tabeli zamieszczono wymagane wymiary przestrzeni roboczej dla przyłożenia pras naciagowych wraz z koniecznym przedłużeniem lin.



lina	liczba lin w kablu	L1	L2	L3	L4	A	LC
	szt.	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,6" (15mm)	4	800	1750	188	410	220	120
	5	800	1650	200	450	220	120
	7	800	1650	200	450	244	131
	9	850	1700	240	580	270	130
	12	850	1700	240	580	304	142
	15	900	1750	280	660	332	148
	19	900	1750	280	660	364	164
	24	1000	2000	380	760	406	165
	27	1000	2000	380	800	445	175
	31	1000	2000	380	800	445	185
	37	1000	2100	430	860	494	198
	43	950	2060	430	1000	510	210
0,5" (13mm)	4	800	1750	188	410	220	115
	5	800	1750	188	410	220	115
	7	800	1750	188	410	220	115
	9	800	1650	200	450	244	120
	12	850	1700	240	580	270	125
	15	850	1700	240	580	304	130
	19	900	1750	280	660	332	140
	22	900	1750	280	660	364	145
	27	1000	2000	380	760	445	155
	31	1000	2000	380	760	445	160
	35	1000	2000	380	760	445	165

SPRĘŻENIE



Innovative Solutions

**DODATEK
OBLICZENIOWY**

WPROWADZENIE

I. MAKSYMALNA SIŁA SPRĘŻAJĄCA

II. STRATY SIŁY SPRĘŻAJĄCEJ

A. Straty doraźne:

- a) straty wywołana tarcieniem cięgna w osłonce,
- b) straty spowodowane poślizgiem cięgien w zakotwieniach,
- c) straty siły sprężającej wywołane sprężystym odkształceniem betonu.

B. Straty reologiczne.

III. WYDŁUŻENIE KABLA

IV. BLOKI KOTWIĄCE:

A. Naprężenia dociskowe:

B. Siła rozrywająca.





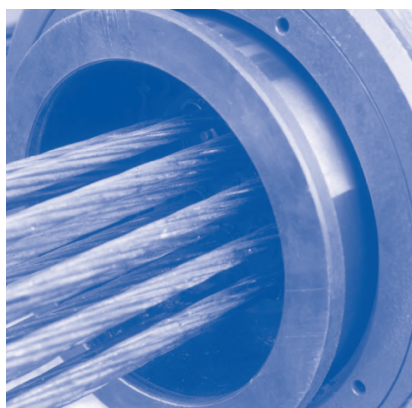
Wprowadzenie

Przy projektowaniu i stosowaniu kabli sprężających należy zwrócić uwagę na następujące czynniki:

- I • maksymalną siłę sprężającą,
- II • straty wynikające ze sprężenia,
- III • wydłużenie kabla,
- IV • rodzaj bloków kotwiących.

Metody obliczeniowe spełniają wymagania Europejskiej Normy EUROCODE 2 „Projektowanie konstrukcji z betonu” oraz „Instrukcji sprężania” PTI (Post-tensioning Institute). Zostały one również sprawdzone pod kątem zgodności z PN-91/S-10042 „Obiekty Mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone”.

Niektóre akapity przedstawiają uwagi odnoszące się do różnych standardów, w takiej sytuacji nazwa normy jest zasygnalizowana.

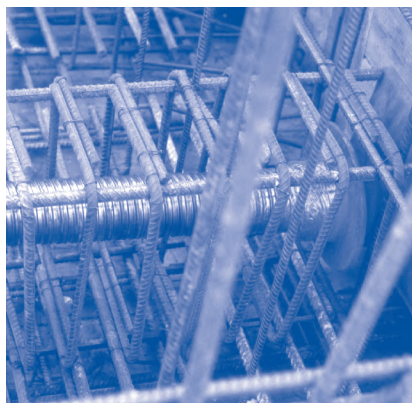


I. Maksymalna siła sprężająca

Maksymalna siła początkowa.

Bezpośrednio po zakotwieniu, siła w kablu sprężającym nie powinna przekroczyć następujących wartości:

- EUROCODE 2 Minimum z poniższych wartości:
 - 75% wytrzymałości charakterystycznej kabla
 - 85% granicy plastyczności (dla odkształcenia 0,1%)
- BS 5400-4 70% wytrzymałości charakterystycznej kabla.

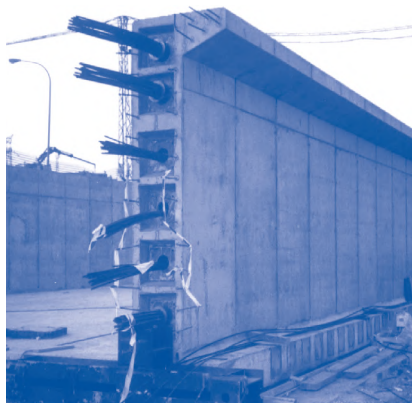


Siła w prasie naciągowej

Siła w prasie naciągowej może być zwiększona podczas sprężania ponad wartość maksymalnej początkowej siły do następujących granic:

- EUROCODE 2 Minimum z poniższych wartości:
 - 80% wytrzymałości charakterystycznej kabla
 - 90% granicy plastyczności (dla odkształcenia 0,1%)
- BS 5400-4 80% wytrzymałości charakterystycznej kabla.

Wartość maksymalna siły w prasie naciągowej może być zastosowana w kablu tylko tymczasowo. Siła w kablu, po przekazaniu z prasy na zakotwienie, nie powinna przekroczyć maksymalnej wartości początkowej siły sprężającej.



II. Straty siły sprężającej

Początkowa siła sprężająca wprowadzona poprzez zakotwienie czynne (P_0) jest przekazywana wzdłuż kabla. Jej zmniejszenie jest konsekwencją występowania strat doraźnych oraz reologicznych. Efektywna wartość siły sprężającej (P_x) w każdym punkcie na długości kabla może być zdefiniowana jako:

$$P_x = P_0 - \Delta P_i - \Delta P_{dif}$$

gdzie:

P_x = siła sprężająca w punkcie usytuowanym w odległości x od strefy zakotwienia

P_0 = siła początkowa w zakotwieniu ($x=0$)

ΔP_i = straty doraźne siły sprężającej

ΔP_{dif} = straty reologiczne siły sprężającej

W celu zdefiniowania dokładnej wartości P_0 , powinna być zapewniona kalibracja charakterystyk sprężu (prasy oraz ciśnieniomierza).

Do wyznaczenia strat doraźnych muszą być wzięte pod uwagę następujące czynniki:

- tarcie kabla o osłonki,
- poślizg w zakotwieniu,
- sprężyste odkształcenie betonu.

Do wyznaczenia strat reologicznych muszą być wzięte pod uwagę następujące czynniki:

- skurcz betonu,
- pełzanie betonu,
- relaksacja stali.

A. Straty doraźne

a) Straty wywołana tarciem ciągną w osłonce:

Straty spowodowane tarciem zostały wyznaczone zgodnie z formułą Coulomb'a

$$\Delta P = P_0 \left(1 - e^{-(\mu\alpha + kx)} \right)$$

gdzie:

μ = kątowny współczynnik tarcia (in rad^{-1}).

α = suma kątów zakrzywienia trasy ciągną od punktu 0 do x (rad).

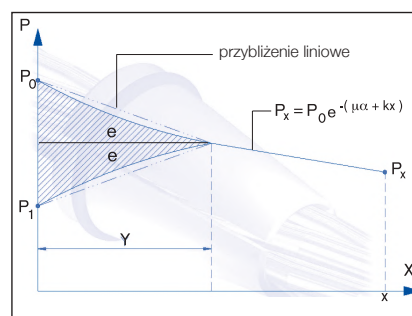
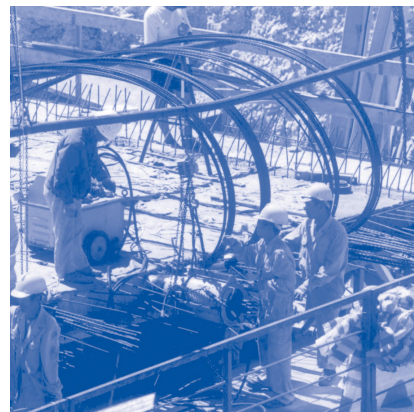
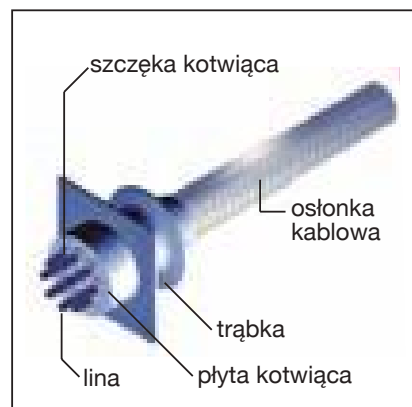
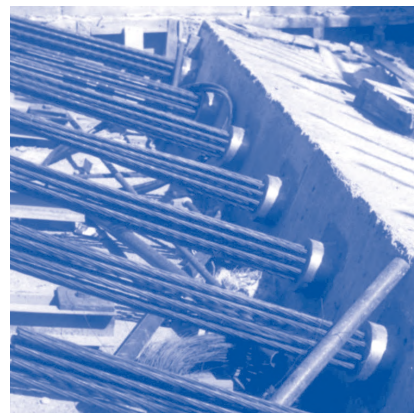
k = liniowy współczynnik tarcia Wobble'a (in m^{-1}).

Współczynniki tarcia zależą między innymi od czynników takich jak stan wewnętrznej powierzchni osłonki, stan zewnętrznej powierzchni liny oraz od układu kabla.

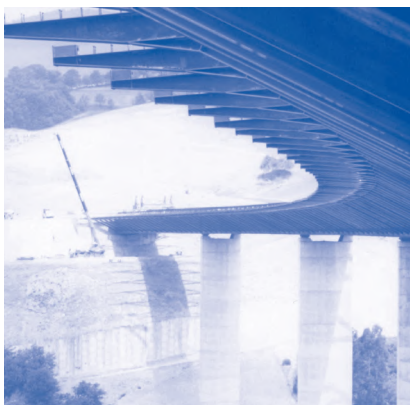
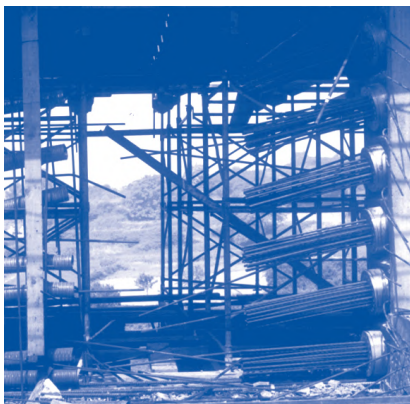
Gdy $\mu\alpha + kx \leq 0,3$ stosowane jest następujące przybliżenie równaniem liniowym :

$$\Delta P = P_0 (\mu\alpha + kx)$$

Współczynnik tarcia		μ (rad^{-1})	k (10^{-3} m^{-1})
Kabel niepokryty smarem	Zakres	0,18-0,26	0,6-3,3
	Wartość obliczeniowa	0,22	2,5
Kabel pokryty smarem	Zakres	0,12-0,18	0,6-1,8
	Wartość obliczeniowa	0,15	1,8
Kabel bezprzyczepnościowy	Zakres	0,05-0,07	0,3-0,7
	Wartość obliczeniowa	0,07	0,7



Rys. 1



b) Straty spowodowane poślizgiem cięgien w zakotwieniach

Straty siły sprężającej zachodzą w momencie przekazywania siły z prasy naciągowej na zakotwienie kabla. Strata ta spowodowana jest skróceniem się kabla w wyniku klinowania szczęk kotwiących w bloku kotwiącym, poślizgiem lin względem szczęk kotwiących oraz dociśnięciem płyty kotwiącej do trąbki.

Po operacji naciągu kabla, siłowniki hydrauliczne MK4 umożliwiają automatyczne wepchnięcie szczęk w płytę kotwiącą. W tym momencie siła przeniesiona jest z siłownika na płytę kotwiącą, dzięki czemu możliwe jest cofnięcie tłoka.

W rezultacie tego, szczęki kotwiące w dalszym ciągu wchodzą w zakotwienie na kilka milimetrów, do momentu, aż zostanie osiągnięta równowaga sił. Poślizg kabla oraz dociśnięcie płyty kotwiącej są zazwyczaj pomijalnie małe. Ostatecznie wszystkie te czynniki doprowadzają do skrócenia cięgna, a zatem i do straty siły sprężającej. Dla systemu sprężania MK4 skrócenie to, nazwane „klinowaniem się szczęk kotwiących”, wynosi łącznie pomiędzy 4 a 6 mm.

Z powodu strat w wyniku tarcia, strata siły sprężającej wywołana klinowaniem się szczęk kotwiących wywiera wpływ tylko na pewnej długości kabla, od maksymalnej wartości straty na sprężanym zakotwieniu do zerowej straty w odległości „ l_a ” od zakotwienia.

W przypadku krótkich kabli, należy zwrócić szczególną uwagę na efekt strat wywołanych „klinowaniem się” szczęk kotwiących. Strata siły wywołana tym samym skróceniem co dla kabli dłuższych, dla krótszych jest znacznie większa.

$$l_a = \frac{\alpha E_p A_p}{P_o (\mu \alpha + k l_a)}$$

l_a obliczana jest w sposób iteracyjny.

gdzie:

l_a = Zasięg strat od „klinowania się” szczęk kotwiących [m]

α = Poślizg w zakotwieniu (4-6mm) [m].

E_p = Moduł sprężystości stali sprężającej (kN/mm²).

A_p = Pole powierzchni cięgna (mm²).

Straty spowodowane „klinowaniem” (P_2) obliczane są w następujący sposób:

$$\Delta P_2 = 2 P_o \left(1 - e^{-(\mu \alpha + k l_a)} \right)$$

c) Straty siły sprężającej wywołane sprężystym odkształceniem betonu

Podczas operacji sprężania cięgien, beton natychmiast podlega sprężystemu skróceniu, co jest konsekwencją wprowadzonej siły ściskającej. W przypadku gdy nie wszystkie kable w przekroju betonowym zostaną sprężone równocześnie, wystąpi tam postępująca strata siły sprężającej spowodowana skróceniem cięgna, wytworzona przez deformacje betonu. Zakładając, że wszystkie kable doznają jednakowego skrótu oraz są sprężone jeden po drugim, w nie powtarzającej się operacji, straty mogą być obliczane jako następujące wyrażenie:

$$\Delta P_3 = \frac{n-1}{2n} \frac{E_p}{E_{cj}} A_p \sigma_{cp}$$

Gdzie:

σ_{cp} : Naprężenia ściskające w betonie w środku ciężkości kabli wywołane siłą sprężającą w momencie sprężenia.

$$\sigma_{cp} = \frac{P_o - \Delta P_1 - \Delta P_2}{A_c} + \frac{(P_o - \Delta P_1 - \Delta P_2) e^2 - M_{cp} \cdot e}{I_c}$$

E_{cj} : Moduł sprężystości betonu po j dniach.

e : Mimośród kabla względem środka ciężkości przekroju betonowego.

I_c : Moment drugiego rzędu przekroju betonowego.

M_{cp} : Maksymalny moment w przekroju betonowym.

A_c : Pole powierzchni przekroju betonowego.

n : Liczba cięgien sprężających w przekroju betonowym.

j : Wiek betonu w chwili wprowadzenia siły sprężającej.

B. Straty reologiczne

Straty reologiczne są rezultatem pełzania i skurczu betonu oraz relaksacji stali sprężającej.

Straty te obliczane są w następujący sposób:

$$\Delta P_{diff} = \frac{n \varphi(t, t_o) \sigma_{cp} + E_p \varepsilon_{cs}(t, t_o) + 0.80 \Delta \sigma_{pr}}{1 + n \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c y_p^2}{I_c} \right) (1 + \chi \varphi(t, t_o))} A_p$$

gdzie:

n : Stosunek modułu sprężystości stali sprężającej do modułu sprężystości betonu:
 E_p/E_c

$\varphi(t, t_o)$: Współczynnik pełzania w chwili naciągania cięgien.

σ_{cp} : Naprężenia ściskające w betonie w środku ciężkości kabli wywołane siłą sprężającą i obciążeniem stałym.

ε_{cs} : Odkształcenie wywołane skurczem betonu.

Przyjęto jako przybliżoną wartość: $\varepsilon_{cs} = 0,4$ mm/m w nieskończoności.

σ_{pr} : Naprężenia wywołane relaksacją stali:

$$\Delta \sigma_{pr} = \rho_f \frac{P_o - \Delta P_1 - \Delta P_2 - \Delta P_3}{A_p}$$

ρ_f : wartość relaksacji stali sprężającej w nieskończoności.

Przyjęto jako przybliżoną wartość: $\rho_f = 0,029$ przy 60% GUTS

$\rho_f = 0,058$ przy 70% GUTS

(GUTS – gwarantowana końcowa wytrzymałość stali sprężającej na rozciąganie)

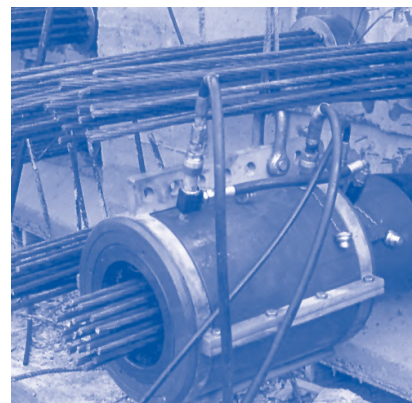
$y_p = e$: Odległość pomiędzy środkiem ciężkości przekroju betonowego a środkiem ciężkości kabli sprężających.

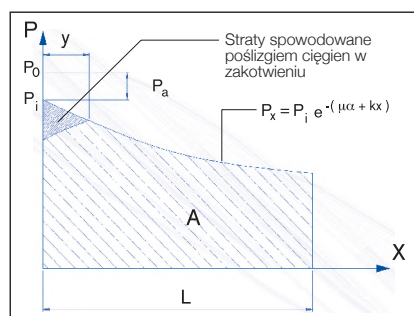
$\chi = 0,8$: współczynnik wieku betonu.

M_{cp} : Moment wywołany obciążeniem stałym w przekroju betonowym.

III. Wydłużenie kabla

Operacja sprężania kabli przeprowadzana jest w kontrolowanym procesie, podczas którego wydłużenia oraz ciśnienia mierzone są na każdym etapie.





Rys. 2

Końcowe wydłużenie kabla, otrzymane poprzez pomiar na budowie, jest porównywane z wartością teoretyczną w celu sprawdzenia, czy rezultat jest akceptowalny.

Wydłużenie kabla sprężającego przyjmowane jest jako liniowe i obliczane z wykorzystaniem prawa Hooke'a:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = \frac{\sigma_s l}{E_p}$$

gdzie:

Δl : Wydłużenie kabla.

l : Długość kabla.

$\varepsilon \cdot l$: Odształcenie kabla na jednostkę długości.

σ_s : Naprężenia ściskające w stali sprężącej ($\sigma_s = P/A_p$).

Z powodu strat wynikających ze sprężania, wydłużenie podawane jest jako funkcja siły wywartej na każdy przekrój kabla.

$$\Delta l = \int_0^l \frac{\sigma_s}{E_p} dx$$

Wydłużenie jest proporcjonalne do pola pod krzywą siły sprężącej wprowadzonej do kabla (patrz rysunek 2).

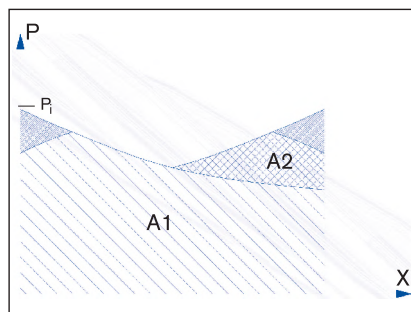
$$\Delta l = \frac{l}{A_p E_p} \int_0^l P_x dx$$

Gdzie:

l : Długość cięgna.

P_x : Siła sprężająca w przekroju „x” (Siła w prasie minus straty spowodowane tarcem).

W przypadku gdy kabel ma dwa zakotwienia czynne, może być sprężany z obu końców, tak więc wydłużenie jest wówczas proporcjonalne do pola pod wykresem obu sił sprężających, wprowadzonych z obu końców kabla, np. proporcjonalne do pola $A1 + A2$ (patrz rysunek 3).



Rys. 3



IV. Bloki kotwiące

Blok kotwiący zdefiniowany jest jako wysoce sprężona strefa betonu wokół dwóch końcowych punktów kabla sprężającego. Rozciąga się ona od zakotwienia kabla do przekroju poprzecznego elementu betonowego, gdzie można przyjąć liniowy rozkład naprężeń w całym przekroju.

Przy projektowaniu bloków kotwiących należy sprawdzić dwa rodzaje naprężeń, które powstają w strefie zakotwienia:

- naprężenia dociskowe,
- naprężenia rozciągające (rozwarstwianie)

Sprawdzenie naprężeń na docisk pozwala określić, czy wybrany typ zakotwienia jest prawidłowy oraz czy naprężenia ściskające w betonie są dopuszczalne.

Sprawdzenie siły rozciągającej jest konieczne do wyznaczenia wymaganego zbrojenia na rozrywanie w strefie zakotwienia.



A. Naprężenia dociskowe

Siła, która transmitowana jest poprzez strefę docisku w zakotwieniu do zakończenia bloku wytwarza duże naprężenia ściskające w betonie. Ich wartość można wyznaczyć na podstawie zależności:

$$\sigma_c = \frac{P}{A_b}$$

gdzie:

P: Siła przyłożona w zakotwieniu.

A_b: Powierzchnia docisku.

Powierzchnie docisku dla różnych typów trąbek systemu zakotwienia MK4 zestawiono w tabeli.

Naprężenia ściskające w strefie docisku w zakotwieniu powinny być sprawdzone w dwóch różnych etapach:

- Podczas sprężania:

$$\sigma_{co} = \frac{P_o}{A_b}$$

P_o: Maksymalna siła przyłożona w zakotwieniu przy sprężaniu.

A_b: Powierzchnia docisku.

σ_{co}: Naprężenia ściskające w betonie podczas sprężania.

σ_{co} nie powinny przekroczyć najniższej z poniższych dwóch wartości σ_{copo} (dopuszczalne naprężenie ściskające w betonie podczas sprężania):

$$\sigma_{co} \leq \sigma_{copo} = 0.8f_{ci} \sqrt{\left(\frac{A'_b}{A_b} - 0.2\right)}$$

$$\sigma_{co} \leq \sigma_{copo} = 1.25f_{ci}$$

Gdzie:

f_{ci}: Wytrzymałość betonu na ściskanie w chwili sprężania.

A'_b: Pole powierzchni bloku kotwiącego – Maksymalne pole powierzchni betonu, współśrodkowe z zakotwieniem, ograniczone krawędzią przekroju lub innymi blokami kotwiącymi.

- W stanie użytkowym:

$$\sigma_{cs} = \frac{P_s}{A_b}$$

σ_{cs}: Naprężenia ściskające w betonie w stanie użytkowym.

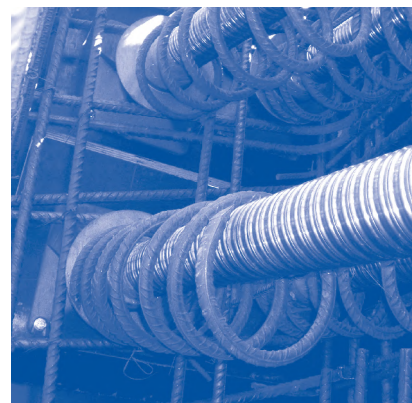
P_s: Siła sprężająca w ciągnie w stanie użytkowym.

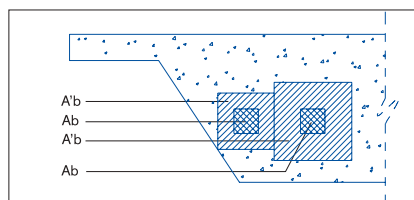
Siła w stanie użytkowym może zostać obliczona poprzez odjęcie wszystkich rodzajów strat siły sprężającej od wartości początkowej w strefie zakotwienia.

Przyjęta wartość siły w stanie użytkowym: 80% siły na prasie hydraulicznej przed zakotwieniem lin w płycie kotwiącej.

σ_{cs} nie powinny przekroczyć najniższej z poniższych dwóch wartości σ_{cps} (dopuszczalne naprężenie ściskające w betonie podczas sprężania):

Typ zakotwienia		Powierzchnia docisku
0,6" (15 mm)	0,5" (13 mm)	cm ²
	4/0,5"	328
	5/0,5"	328
4/0,6"		328
	7/0,5"	328
5/0,6"		328
	9/0,5"	454
7/0,6"		454
	12/0,5"	582
9/0,6"		582
	15/0,5"	778
12/0,6"		778
	19/0,5"	981
	22/0,5"	1218
15/0,6"		981
	27/0,5"	1561
19/0,6"		1218
	31/0,5"	1561
	35/0,5"	1561
24/0,6"		1561
27/0,6"		2050
31/0,6"		2050
37/0,6"		2487
43/0,6"		2822





$$\sigma_{cs} \leq \sigma_{cps} = 0.6f_c \sqrt{\left(\frac{A'_b}{A_b}\right)}$$

$$\sigma_{cs} \leq \sigma_{cps} = 1.25f_c$$

Gdzie:

f_c : Wytrzymałość betonu na ściskanie.

B. Siły rozciągające

W bloku kotwiącym pojawiają się poprzeczne siły rozciągające, które powinny być przeniesione przez stal zbrojeniową.

Rysunek 6 przedstawia rozkład naprężeń wywołanych siłą rozciągającą, prostopadłą do osi kabla.

Aby wyznaczyć wartość sił rozciągających można wykorzystać poniższy wzór:

$$f_s A_s = Z = 0.25 P_o \left(1 - \frac{\Omega a_1}{d}\right)$$

Gdzie:

Z: Całkowita siła rozciągająca (rozwarstwiająca).

f_s : Projektowana wytrzymałość stali zbrojeniowej na rozrywanie.

Przyjęta projektowana wytrzymałość:

400 N/mm² * (dla granicy plastyczności równej 500 N/mm²).

A_s : Pole powierzchni stali wymaganej do zbrojenia na rozrywanie.

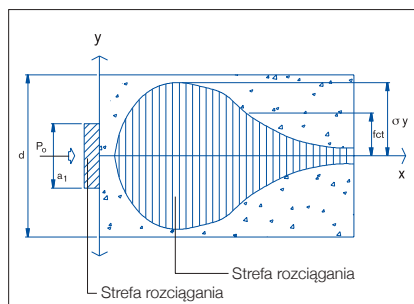
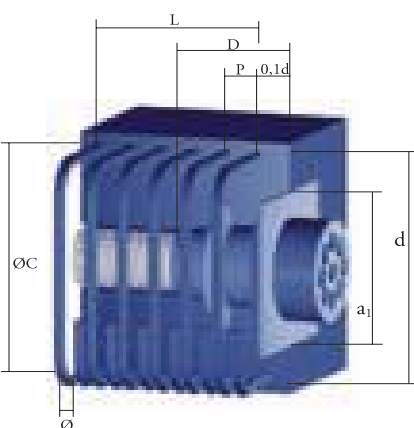
P_o : Maksymalna siła na prasie hydraulicznej przed zakotwieniem lin w płycie kotwiącej.

Ω : Współczynnik kształtu.

Przyjęte współczynniki kształtu:

$\Omega=1$ dla zakotwień z płytami kotwiącymi bez żeber.

$\Omega=0,93$ dla zakotwień MeKano4 z żeberkami.



Rys. 6



*Uwaga: Poza ograniczeniem projektowej wytrzymałości stali zbrojeniowej na rozrywanie do wartości 80% granicy plastyczności, korzystne jest również ograniczenie naprężeń do wartości odpowiadającej 0,002 odkształcenia stali. To ostatnie ograniczenie musi zostać zredukowane do wartości 0,001 odkształcenia stali na powierzchni, gdzie otulina betonu jest mniejsza niż 50mm.

Zbrojenie strefy zakotwień na rozciąganie dla zakotwień MK4-MS zostało zestawione w poniższej tabeli. Do jej przygotowania wykonano kilka założeń:

Siła sprężająca = 85% wytrzymałości charakterystycznej kabla.

Stosunek boku górnej płyty do boku bloku kotwiącego (a_1/d) = 0.5.

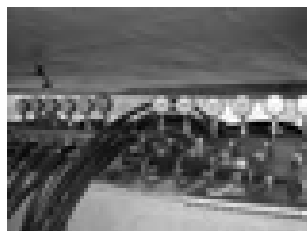
Wytrzymałość betonu na ściskanie: 28 N/mm² (na próbce cylindrycznej).

Zakotwienia		Trąbka	a_1	D	L	P	ØC	cir.	Ø
15 mm	13 mm		mm	mm	mm	mm	mm	ilość	mm
	4/0,5"	T-4	170	155	240	80	210	4	10
	5/0,5"	T-4	170	155	240	80	210	4	10
4/0,6"		T-4	170	155	240	80	210	4	12
	7/0,5"	T-4	170	155	240	80	210	4	12
5/0,6"		T-4	170	155	240	60	210	5	12
	9/0,5"	T-5	194	150	285	95	260	4	14
7/0,6"		T-5	194	150	280	70	260	5	14
	12/0,5"	T-6	220	175	320	80	310	5	14
9/0,6"		T-6	220	175	325	65	310	6	14
	15/0,5"	T-7	254	200	360	90	350	5	16
12/0,6"		T-7	254	200	375	75	350	6	16
	19/0,5"	T-8	282	235	400	80	400	6	16
	22/0,5"	T-19	314	230	440	110	440	5	20
15/0,6"		T-8	282	235	420	60	400	8	16
	27/0,5"	TR-24	356	520	510	170	500	4	25
19/0,6"		T-19	314	230	450	90	440	6	20
	31/0,5"	TR-24	356	520	510	170	500	4	25
	35/0,5"	TR-24	356	520	500	125	500	5	25
24/0,6"		TR-24	356	520	500	125	500	5	25
27/0,6"		TR-31	404	570	575	115	560	6	25
31/0,6"		TR-31	404	570	570	95	560	7	25
37/0,6"		TR-37	444	670	630	90	620	8	25
43/0,6"		TR-43	490	1100	720	80	680	10	25

Uwaga: $a_1/d=0,5$ Wytrzymałość betonu na ściskanie = 28 N/mm²

W przypadku gdy a_1/d nie jest równy 0,5 oraz wytrzymałość betonu na rozciąganie jest różna niż 28 N/mm², zestawione w tabeli zbrojenie na rozciąganie nie obowiązuje i należy wykonać nowe obliczenia.

Uwaga: W związku z ciągłym rozwojem naszych technologii, MeKano4 zastrzega sobie wszelkie prawo do dokonywania zmian wartości podanych w katalogu.



MeKano 4 Sp. z o.o.

ul. Żwirki i Wigury 56
43-190 Mikołów, k/Katowic

mk4_pl@mekano4.com

Tel: 0048 32 231 53 15
Fax: 0048 32 231 53 16

MeKano 4 S.A.

Carretera de Rubi 72-74
Edificio Horizon
08173 Sant Cugat del Valles

mk4@mekano4.com

Tel: 0034 902 153 533
Fax: 0034 935 706 003