

PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM FREYSSINET



P O D K L A D Y P R O P R O J E K T O V Á N Í



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

1	Úvod	str. 1
2	Všeobecně	str. 1
3	Požadavky na projektovou dokumentaci	str. 2
4	Označení předpínacích jednotek	str. 2
5	Předpínací výztuž	str. 3
6	Předpínací síly	str. 3
7	Kabelové kanálky	str. 4
8	Kotvení	str. 7
9	Spojky	str. 17
10	Osové vzdálenosti kotev	str. 20
11	Výztuž podkotevní oblasti	str. 22
12	Výpočet protažení a ztrát	str. 28
13	Konstrukční zásady	str. 30
14	Elektricky izolovaná předpínací výztuž	str. 31
15	Napínání a injektáž	str. 32
16	Napínací zařízení	str. 33

1 Úvod

Společnost FREYSSINET CS a.s. je akciovou společností, jejímiž akcionáři jsou firmy SMP CZ a.s. a francouzská společnost FREYSSINET International & Cia. FREYSSINET CS je zastoupením této společnosti v České republice a na Slovensku pro veškeré technologie, které firma Freyssinet nabízí.

Tyto pokyny pro projektování lanového předpínacího systému Freyssinet jsou technickou příručkou pro projektanty, stavební dozory a přípraváře stavebních firem. Dokument má za cíl poskytnout uživatelům předpínacího systému Freyssinet ucelený přehled o technických parametrech jednotlivých prvků předpínacího systému, požadavcích na návrh, realizaci a používání systému a dále souhrn kvalitativních požadavků na prvky systému a jejich zabudování do díla. Pokyny pro projektování rovněž obsahují souhrn požadavků na obsah a formu projektových podkladů a dokumentace pro realizaci předpětí.

Podklady vycházejí z Evropských technických schválení (ETA 06/0226, ETA 10/0326 a ETA 11/0172) lanového předpínacího systému Freyssinet vydaného Sétar - Francie v lednu 2007 na základě směrnice rady Evropy č. 89/106/EHS a řídicího předpisu ETAG 013.

Tyto podklady budou průběžně aktualizovány o nové prvky systému a výsledky technického vývoje mateřské firmy FREYSSINET i české společnosti FREYSSINET CS. Tyto aktualizace budou avizovány na webových stránkách FREYSSINET CS: www.freyssinet.cz

Kolektiv autorů uvítá všechny připomínky k formě i obsahu těchto podkladů vedoucí k jejich dalšímu zlepšování.

Podklady pro projektování vstupují v platnost 1. 7. 2011

Červen 2011

Za kolektiv autorů
Ing. Miloš Šimler

2 Všeobecně

Pokyny pro projektování lanového předpínacího systému Freyssinet představují soubor technických informací pro správné navrhování a používání tohoto systému. Jejich cílem však není definovat exaktně všechny parametry pro návrh systému. Podklady představují pouze rámec, který je pro tento systém vytvořen, a dávají uživateli a projektantovi možnost v tomto rámci navrhnout optimální řešení s využitím jeho zkušeností, inženýrského umu a se zohledněním konkrétních podmínek projektovaného díla.

Předpínací systém Freyssinet je široký, variabilní a univerzální systém, který umožňuje projektantovi docílit takový průběh vnitřních sil v konstrukci, který nejlépe vyhovuje statickému a estetickému návrhu konstrukce, musí být však dobře pochopen, navržen a používán. Proto autoři apelují na uživatele tohoto systému, aby při návrhu předpětí konstrukce postupovali v rámci těchto pravidel s maximálním ohledem k individuálním podmínkám dané konstrukce. V případě nejasností či potřeby konzultace je společnost FREYSSINET CS, držitel licence tohoto systému, vždy připravena tuto konzultaci poskytnout. Základní informace o předpínacím systému Freyssinet lze získat i na výše uvedených webových stránkách společnosti FREYSSINET CS.

3 Požadavky na projektovou dokumentaci

Pro správnou aplikaci předpínacího systému je mimo jiné nezbytná i úplná a správná projektová dokumentace, která musí obsahovat zejména:

- výkresovou část (podélný řez a příčné řezy konstrukcí s vyznačením průběhu předpínací výztuže)
- výkresy předpínací výztuže s definováním jejího průběhu dle staničení v rastru příčné výztuže (třmínků)
- jednoznačnou identifikaci předpínací výztuže (lana, kotvy ap.) dle těchto podkladů
- výkresy betonářské výztuže s kontrolou kolizních míst betonářská x předpínací výztuž (zejména v podkotevní oblasti)
- přehled předpínacích sil či napětí s výpočtem ztrát a průtahů
- definici postupu napínání
- ověření existence dostatečného prostoru pro umístění napínacího zařízení a přístupu obsluhy
- výkresy a kvantifikaci podpěrných mřížek

Pro složité a technicky náročné mostní předpjaté konstrukce je vždy účelné vypracovat „Zvláštní realizační dokumentaci pro provedení prací“ (RDS-Z) ve smyslu TKP-D.

Je žádoucí projektové podklady pro předpínání před vydáním čistopisu RDS projednat s technickým úsekem FREYSSINET CS.

4 Označování předpínacích jednotek

Předpínací jednotky a kotvení jsou označovány následovně:

TY n M d PR

kde první písmena **TY** označují typ kotvení (funkci):

- A: aktivní* vnitřní předpínací kotvení (*napínané kotvení)
- AD: aktivní* vyměnitelné vnější předpínací kotvení (*napínané kotvení)
- NB: nepřístupné kotvení s roznášecí podložkou
- CU: pevná vícelanová obrobená spojka
- CI: pevná spojka s jednotlivými lanovými spojkami P
- CM: plovoucí spojka s jednotlivými lanovými spojkami P

číslo **n** označuje počet lan v předpínacím kabelu

písmeno **M** označuje model napínaného kotvení (součást):

- C: konstrukční předpětí
- F, B: předpětí desek (kotvení v kotevním bloku)
- X: kotvení předpínaných obručí
- G: soudržná (mrtvá) kotva - cibulová
- R: příložná jednolanová kotva pro externí předpětí

číslo **d** označuje kategorii průměru lana:

- 13: lano T13 (12,5 mm) a T13S (12,9 mm)
- 15: lano T15 (15,3 mm) a T15S (15,7 mm)

písmena **PR** označují úroveň antikorozi ochrany:

- PE: s plastovým kanálkem (obvykle polyetylén)
- GI: s jednotlivým lanem chráněným plastovým obalem vyplněným tukem nebo voskem (monostrand)
- EI: s elektrickou izolací
- W: zainjektované pružným antikoroziním produktem (obvykle vosk)

5 Předpínací výztuž

Jako předpínací výztuž se používají ocelová sedmidrátová stabilizovaná lana (pramence) - dále jen lana - dle prEN 10138-3, případně národních předpisů. Předpínací výztuž sestává z lan se jmenovitou pevností v tahu 1770 MPa nebo 1860 MPa, která jsou označována dle prEN 10138-3 Y1770 nebo Y1860 S7. Jmenovitý průměr lan je:

- 12,5 mm nebo 12,9 mm, v tomto dokumentu jsou označována T13 nebo T13S (pro lano 12,9 mm)
- 15,3 mm nebo 15,7 mm, v tomto dokumentu jsou označována T15 nebo T15S (pro lano 15,7 mm)

Do počátku platnosti EN 10138 je nutno používat sedmidrátová lana v souladu s národními předpisy a s charakteristikami podle tabulky 1.



Vlastnost	Symbol	Jednotka	Hodnoty					
			1770		1860			
Pevnost v tahu	R_m / f_{pk}	MPa						
Sedmidrátový pramenec (lano)								
Jmenovitý průměr	D	mm	15,3	15,7	12,5	12,9	15,3	15,7
Jmenovitá průřezová plocha	S_n	mm ²	140	150	93	100	140	150
Jmenovitá hmotnost (±2%)	M	kg/m	1,100	1,180	0,726	0,781	1,093	1,172
Povrch			hladký	hladký	hladký	hladký	hladký	hladký
Charakteristická hodnota síly na mezi kluzu 0,1%	$F_{p0,1k}$	kN	218	234	152	164	229	246
Charakteristická hodnota síly na mezi pevnosti	F_{pk}	kN	248	266	173	186	260	279
Modul pružnosti	E	MPa	cca 195.000	cca 195.000	cca 195.000	cca 195.000	cca 195.000	cca 195.000
Minimální tažnost	A_{gt}	%	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Maximální relaxace při 1000 hod a 70% F_{ma}		%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Tabulka 1: Předpínací výztuž - základní charakteristiky dle prEN 10138-3

6 Předpínací síly

Maximální síly pod kotvou během napínání F_0 musí respektovat normy a předpisy platné v místě aplikace. Hodnoty uvedené v následující tabulce 2 jsou hodnoty doporučené Eurocodem 2.

Počet lan v prvku předpínací výztuže může být snížen buď snížením počtu otvorů vyvrtaných v kotevní objímce (speciální objednávka výrobcí) nebo vynecháním lan v kotvení nebo spojkách. Lana jsou v obou případech umístěna nejlepším možným symetrickým způsobem.

Zásady pro prvky předpínací výztuže s kompletně naplněným kotvením a spojkami platí také pro částečně naplněné prvky.

Pevnost v tahu [MPa]		1770		1860			
Průměr lana [mm]		15,3	15,7	12,6	12,9	15,3	15,7
Počet lan	1	196	210	136	147	206	221
	2	392	421	273	295	412	442
	3	588	631	410	442	618	664
	4	784	842	547	590	824	885
	5	981	1053	684	738	1030	1107
	6	1177	1263	820	885	1236	1328
	7	1373	1474	957	1033	1442	1549
	9	1765	1895	1231	1328	1854	1992
	12	2354	2527	1641	1771	2473	2656
	13	2550	2737	1778	1918	2679	2878
	19	3727	4001	2599	2804	3915	4206
	22	4316	4633	3009	3247	4534	4870
	25	4905	5265	3420	3690	5152	5535
	27	5297	5686	3693	3985	5564	5977
	31	6082	6528	4240	4575	6389	6863
	37	7259	7792	5061	5461	7625	8191
55	10791	11583	7524	8118	11335	12177	

Tabulka 2: Maximální síla má hranici $F_0 = \min \{0,8 F_{pk}, 0,9 F_{p0,1}\}$ dle Eurokodu 2 a prEN 10138-3:2006 (pouze informativní)

7 Kabelové kanálky

Předpínací systém Freyssinet pro dodatečné předpínání může být použit s různými typy kabelových kanálků v závislosti na projektu a kategoriích použitých prvků předpínací výztuže. Typický vnitřní průměr kabelového kanálku je definován na výkresech v příloze tohoto dokumentu pro každou řadu kotvení a může být v případě nutnosti zvětšen podle specifikace projektu. V případě prefabrikovaných kabelů navlékaných v jedné operaci může být vnitřní průměr kabelového kanálku zvětšen v těch partiích, kde dochází k velkým změnám směru tak, aby se usnadnilo navlékání.

Kabelové kanálky vytvořené z hadic z vinutého ocelového pásku

Kabelové kanálky z korugovaných hadic z ocelového pásku jsou buď kruhového, nebo oválného průřezu. Mají obvykle vlnitý povrch pro zajištění mechanického spojení s betonem. Celkové vnější rozměry kanálků jsou díky výstupkům na povrchu přibližně o 6 mm větší než rozměry vnitřní. Tato skutečnost musí být zohledněna v projektu. Hadice musí být dodávány podle normy EN 523. Existují dvě kategorie hadic: „normální“ neboli „lehce ohebné“ hadice kategorie 1 a „tuhé“ hadice kategorie 2. Tuhá hadice snižuje tření účinkem nerovnosti vzniklé odchýlením od teoretické osy a je silnější, ale není tak snadno tvarovatelná (ohýbatelná) rukou. Jednotlivé sekce kanálku jsou spojovány šroubovacími spojkami. Vodotěsnost ve spojení je dosažena lepicí páskou nebo samosmršťujícími hadicemi.



Vnitřní průměr trubky kabelového kanálku a tloušťka stěny pro kabely s lany Ø 15,3 a Ø 15,7 mm														
typ kabelu		3C15	4C15	7C15	9C15	12C15	13C15	19C15	22C15	25C15	27C15	31C15	37C15	55C15
počet lan		3	4	7	9	12	13	19	22	25	27	31	37	55
Kategorie I	Ø [mm]	40	45	60	65	80	80	95	105	110	115	120	130	160
	t [mm]	0,25	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Kategorie II	Ø [mm]	45	50	65	70	85	85	100	110	115	120	125	135	165
	t [mm]		0,40	0,40	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Tabulka 3: Stanovení vnitřního průměru a tloušťky stěny trubky kabelového kanálku v závislosti na počtu lan a kategorii

Oválné kabelové kanálky vinuté z ocelového pásu

Prvky předpínací výztuže řady F nebo B jsou obvykle použity spolu s oválnými nebo takzvanými „plochými“ kanálky. Jsou to zploštělé kanálky s vyztužujícím zvlněním. Jednotlivé délky trubek jsou spojeny použitím objímek stejného tvaru. Vodotěsnost ve spojení je získána lepicí páskou nebo samosmršťujícími hadicemi.

Alternativa - protikorozní ochrana galvanizací

Hadice mohou být na vyžádání zinkovány ponorem, pokud to příslušné národní předpisy dovolují.

Alternativa - mazivo LFC nanesené dílensky (LFC = „nízký koeficient tření“)

Vinuté hadice mohou být na vyžádání vyrobeny z fosfátované pásové oceli opatřené mazivem pro snížení koeficientu tření mezi lany a kanálkem během napínání.

Korugované plastové kabelové kanálky

Plastový kanálek může být vyroben z polyetylenu (HDPE) nebo polypropylenu (PP) s vysokou hustotou. Vyhovuje příloze C.3 ETAG 013 a splňuje požadavky technického bulletinu „Vlnité plastové kanálky pro dodatečné vnitřní soudržné předpětí“. Kanálky mohou být kruhové nebo ploché, ale vždy vlnité pro zajištění spojení s betonem.

Celkové vnější rozměry vlnitého plastového kanálku jsou díky zvlnění přibližně o 13 mm větší než jeho vnitřní rozměry. Tato skutečnost musí být zohledněna v projektu. Plastový kanálek je citlivý na poškození vyvolané pohybem lan v kanálku během napínání. Tloušťka kanálku se volí v závislosti na členitosti tvaru předpínací výztuže (celková délka a poloměry zakřivení).

Pokud teplota okolního betonu pravděpodobně překročí během tuhnutí 60°C nebo pokud vnější tlak pravděpodobně překročí 0,5 baru, musí být učiněna speciální opatření na ochranu kabelových kanálků proti těmto vlivům.

Plyduct®

Kabelový kanálek Plyduct® je kruhový kanálek, vyrobený stáčením pásu polyetylenu nebo polypropylenu. Má tloušťku 2,5 mm pro průměry kanálku do 95 mm a 3,0 mm pro větší průměry. Části kanálku jsou spojeny objímkou stejného provedení jako základní kanálek našroubovanou na konce spojovaných částí. Vodotěsnost ve spojení je docílena samosmršťujícími hadicemi, které jsou uvnitř potaženy termoplastickou pryskyřicí, která je aktivována horkým vzduchem. Rozměry samosmršťujících hadic musí být zvoleny tak, aby po smrštění byla zbývající tloušťka alespoň 1,5 mm.



Ploché kanálky

Prvky předpínací výztuže řady F nebo B mohou být použity spolu s plochými plastovými kanálky z polyetylenu (HDPE) nebo polypropylenu (PP) s vysokou hustotou. Části kanálku jsou spojeny objímkou stejného provedení jako základní plášť nasazenou na konce spojovaných částí. Vodotěsnost ve spojení je získána samosmršťujícími hadicemi, které jsou uvnitř potaženy termoplastickou pryskyřicí, která je aktivována horkým vzduchem. Rozměry teplem se smršťujících objímek jsou zvoleny tak, aby po smrštění byla zbývající tloušťka hadice alespoň 1,5 mm.

Spojka potrubí Liaseal®

Spojka potrubí Liaseal® je polyolefinový prvek, který poskytuje hermeticky těsné spojení mezi úseky kabelového kanálku, které jsou uloženy v pre-fabrikovaných segmentech pro mostní konstrukci. Spojka Liaseal®, která je použita ve spojení s kanálkem Plyduct®, vytváří souvislý vodotěsný plastový kanálek, který prochází přes kontaktní spáry mezi segmenty.



Hladké ocelové trubky

Ocelové trubky použité jako kabelové kanálky jsou obvykle navrženy podle jedné z následujících norem: EN 10305-3 (svařované trubky kalibrované za studena), EN 10216-1 (bezešvé trubky), EN 10217-1 (svařované ocelové trubky) nebo prEN 10219 (jemnozrnné ocelové potrubí). Trubky mohou být zinkovány ponorem podle normy EN ISO 1461, pokud je to podle příslušných národních předpisů dovoleno.

Hladké plastové trubky

Trubky pro vnější předpětí jsou vyrobeny z polyetylenu s vysokou hustotou (HDPE) a dodávány podle normy EN 12201-1 a 2, avšak bez ohledu na vlastnosti ovlivňující kvalitu vody. Použitý polyetylén je PE 80 nebo PE 100. Třída nominálního tlaku (tabulka 2 normy EN12201-2) je zvolena takto:

- třída alespoň PN4.0 - pro injektování před napnutím monostrandů
- třída alespoň PN6.3 - pro injektování při běžné teplotě
- třída alespoň PN10 - pro injektování při teplotách převyšujících 60 °C (injektování voskem)

Kanálky pro vnější předpětí jsou dodávány v přímých délkách. Nejběžnější délky jsou 6 a 12 m. Jednotlivé díly jsou spojeny zrcadlovým svařováním na tupo nebo pomocí elektrospojek.

EN 12201-2	PE 80		PE 100
Série	Nízký tlak	Tlak	Tlak
PN**	6,3	10	10
SDR	21	13,6	17
Jmenovitý vnější průměr [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]
50	3,7*	3,7	
63	4,7*	4,7	
75	5,5*	5,5	
90	6,6*	6,6	
110	5,3	8,1	
125	6,0	9,2	
140	6,7	10,3	
160	7,7	11,8	
180	8,6		10,7
200	9,6		

SDR: poměr vnějšího průměru a jmenovité tloušťky stěny

* tyto trubky nemají standardizované rozměry

** hodnoty PN jsou založeny na globálním provozním faktoru C=1,25

Tabulka 4: Rozměry hladkých HDPE trubek

8 Kotvení

Aktivní kotvení systému Freyssinet je založeno na principu samosvorné čelisti a používá kotvení čelist C-Freyssinet. Každá čelist je ukotvena v kuželovitém otvoru kotevní objímky, která je buď ocelovým blokem u kotvení řady C, nebo litinovým odlitkem u jednonanových spojek a u kotvení řady F, B a X. Kotevní objímka se opírá v závislosti na dané situaci buď o litinový prvek sloužící k rozložení zatížení, nazývaný roznášecí podložka, nebo o ocelovou kotevní desku pro jiné než betonové konstrukce. Rozměry kotevní desky závisí na pevnosti konstrukce.

Napínané kotvení

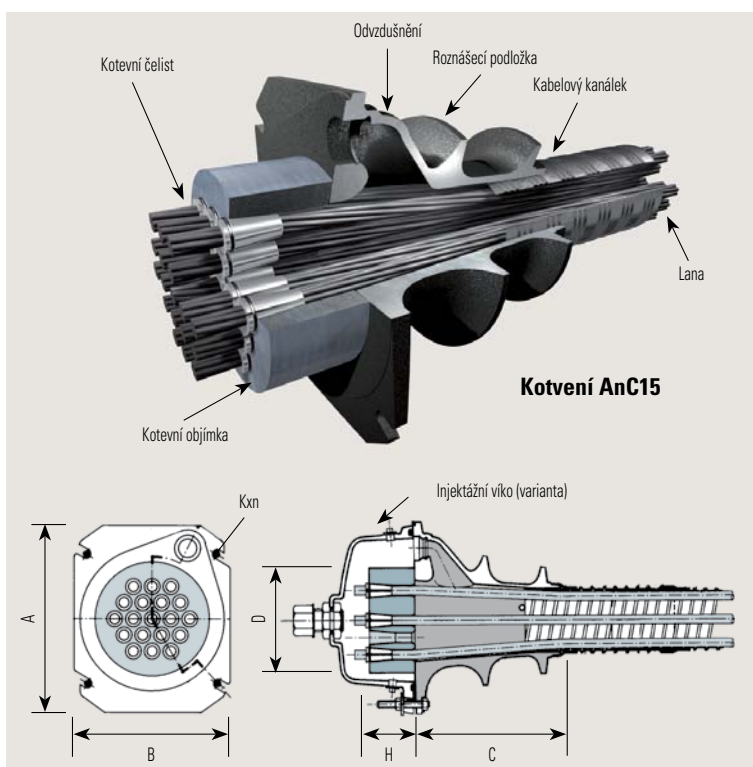
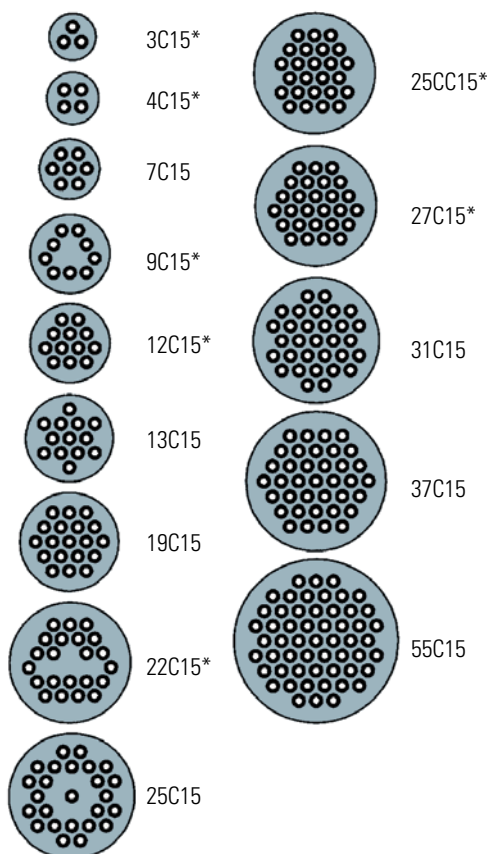
Kotvení je napínané (je označováno „A“ jako „aktivní“), když je umístěno na tom konci předpínací výztuže, kde se provádí napínání. Napínané kotvení se skládá z kotevní objímky, tj. ocelového bloku nebo odlitku s otvory pro vložení kotevních čelistí. Kotevní objímka se opírá o kotevní desku pro rozložení zatížení s výjimkou modelů F a X, kde deska pro rozložení zatížení je součástí kotevního bloku. Tato deska pro rozložení zatížení je buď odlitkem nazvaným „roznášecí podložka“, která je zabetonována do betonu konstrukce, nebo kotevní deskou o takových rozměrech, aby vyhovovala únosnosti konstrukce z hlediska přenosu zatížení (pokud není zabetonována). Jsou k dispozici různé typy aktivního kotvení, které splňují specifické konstrukční požadavky.

Kotvení pro konstrukce - Řada C

Napínané kotvení typu C se používá všeobecně pro předpjaté konstrukce ve stavebnictví. Sestává z kruhové ocelové kotevní objímky, která spočívá na litinové roznášecí podložce s jedním nebo několika žebry. Používá se pro velikosti předpínacích jednotek mezi 3 a 55 lany T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S).

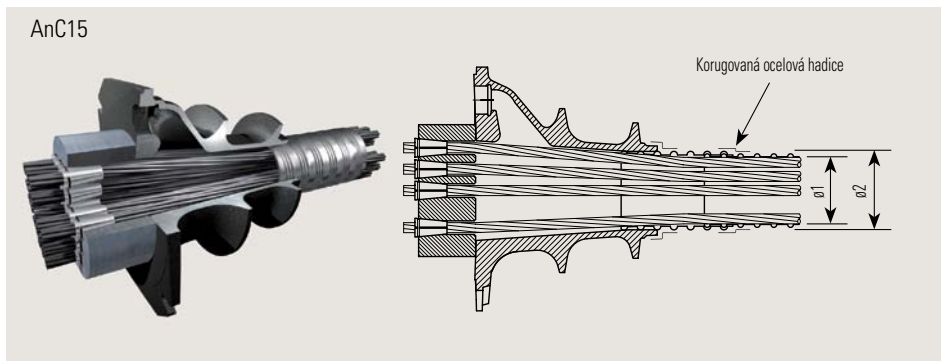
Typy kotvení

* Uspořádání lan v kotvení bez centrálního lana



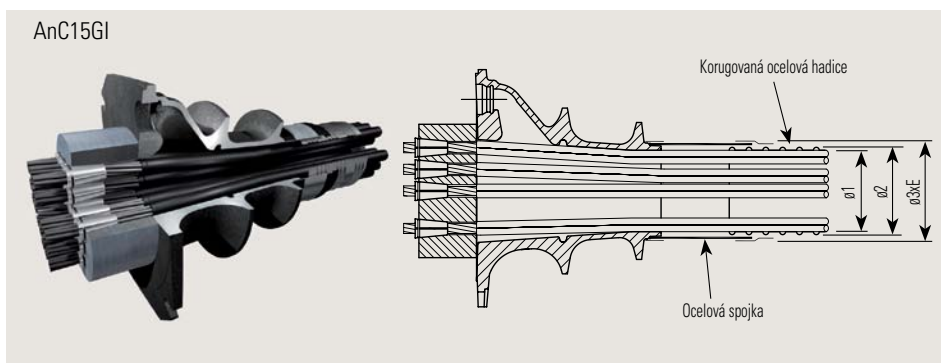
Typ	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	H [mm]	Kxn [mm]
3C15	150	110	120	85	50	M10x2
4C15	150	120	125	95	50	M10x2
7C15	180	150	186	110	55	M12x2
9C15	225	185	260	150	55	M12x4
12C15	240	200	165	150	65	M12x4
13C15	250	210	246	160	70	M12x4
19C15	300	250	256	185	80	M12x4
22C15	330	275	430	220	90	M12x4
25C15	360	300	400	230	95	M16x4
25CC15	350	290	360	220	95	M16x4
27C15	350	290	360	220	100	M16x4
31C15	385	320	346	230	105	M16x4
37C15	420	350	466	255	110	M16x4
55C15	510	420	516	300	145	M20x4

- Pro vnitřní předpětí se soudržností s holými lany a injektáží cementovou maltou



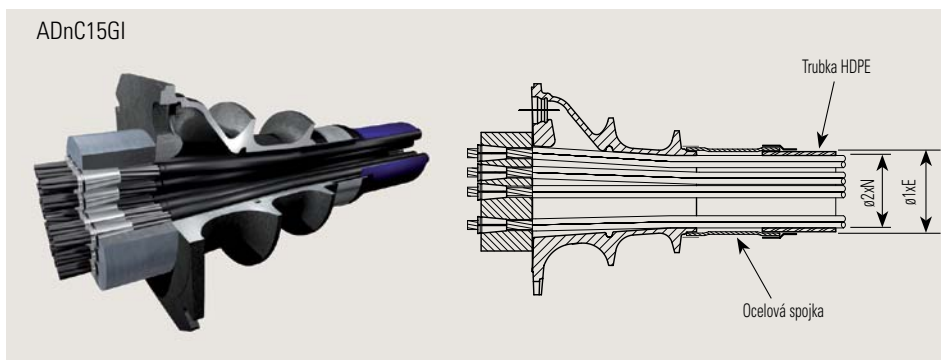
Kotva	Ø1* [mm]	Ø2** [mm]
3C15	40	45
4C15	45	50
7C15	60	65
9C15	65	70
12C15	80	85
13C15	80	85
19C15	95	100
22C15	105	110
25C15	110	115
25CC15	110	115
27C15	115	120
31C15	120	125
37C15	130	135
55C15	160	165

- Pro vnitřní předpětí se soudržností s monostrandy a injektáží cementovou maltou



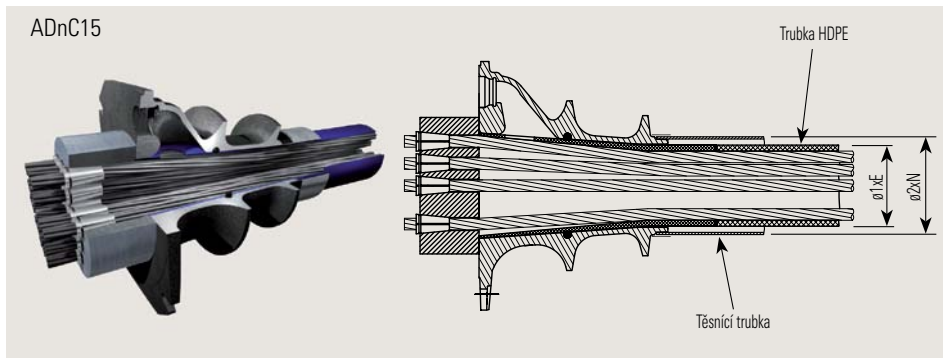
Kotva	Ø1* [mm]	Ø2** [mm]	Ø3 [mm]	E [mm]
3C15	40	45	70	2,9
4C15	65	70	82,5	3,2
7C15	65	70	82,5	3,2
9C15	80	85	101,6	5
12C15	95	100	114,3	3,6
13C15	95	100	114,3	3,6
19C15	115	120	133	4
22C15	120	125	139,7	4
25C15	130	135	152,4	4,5
25CC15	130	135	152,4	4,5
27C15	130	135	152,4	4,5
31C15	145	150	177,8	5
37C15	145	150	177,8	5

- Pro vnější předpětí bez soudržnosti s monostrandy a injektáží cementovou maltou



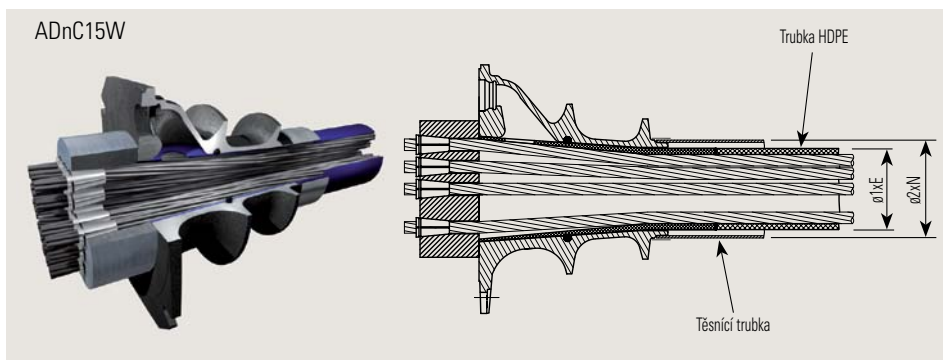
Kotva	Ø1* [mm]	Ø2** [mm]	N [mm]	E [mm]
3C15	70	63	4,7	2,9
4C15	82,5	75	5,5	3,2
7C15	82,5	90	6,6	3,2
9C15	101,6	90	6,6	5
12C15	114,3	110	5,3	3,6
13C15	114,3	110	5,3	3,6
19C15	133	125	6	4
22C15	139,7	125	6	4
25C15	152,4	140	6,7	4,5
25CC15	152,4	140	6,7	4,5
27C15	152,4	140	6,7	4,5
31C15	177,8	160	7,7	5
37C15	177,8	160	7,7	5
55C15	219,1	200	9,6	6,3

- Pro vnější předpětí bez soudržnosti s holými lany a injektáží cementovou maltou



Kotva	$\varnothing 1^*$ [mm]	E [mm]	$\varnothing 2^{**}$ [mm]	N [mm]
3C15	50	3,7	70	2,9
4C15	63	4,7	82,5	3,2
7C15	63	4,7	82,5	3,2
9C15	75	5,5	101,6	5
12C15	90	6,6	114,3	3,6
13C15	90	6,6	114,3	3,6
19C15	110	5,3	133	4
22C15	110	5,3	139,7	4
25C15	125	6	152,4	4,5
25CC15	125	6	152,4	4,5
27C15	125	6	152,4	4,5
31C15	140	6,7	177,8	5
37C15	140	6,7	177,8	5

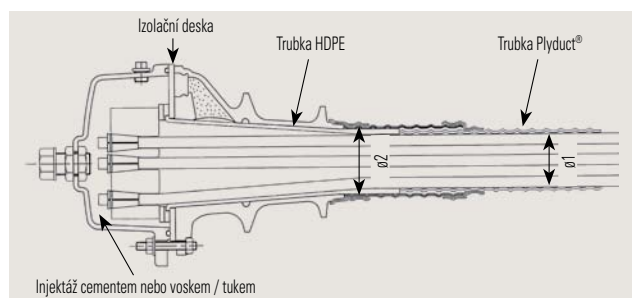
- Pro vnější předpětí bez soudržnosti s holými lany a injektáží pružnými materiály



Kotva	$\varnothing 1^*$ [mm]	E [mm]	$\varnothing 2^{**}$ [mm]	N [mm]
3C15	50	3,7	70	2,9
4C15	63	4,7	82,5	3,2
7C15	63	4,7	82,5	3,2
9C15	75	5,5	101,6	5
12C15	90	6,6	114,3	3,6
13C15	90	6,6	114,3	3,6
19C15	110	8,1	133	4
22C15	110	8,1	139,7	4
25C15	125	9,2	152,4	4,5
25CC15	125	9,2	152,4	4,5
27C15	125	9,2	152,4	4,5
31C15	140	10,3	177,8	5
37C15	140	10,3	177,8	5

- Pro elektricky izolované předpětí

Kabely s kotvením řady C mohou být uzavřeny v souvislém, elektricky nevodivém obalu pro docílení elektricky izolovaného předpínacího systému. Typickou aplikací jsou konstrukce na železnici, kde bludné proudy mohou snižovat životnost kabelů.



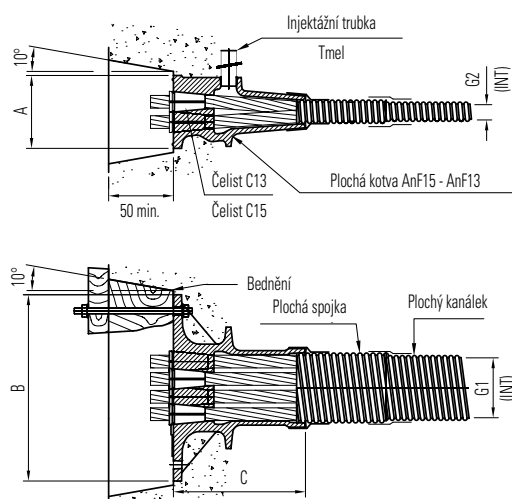
Kotva	$\varnothing 1^*$ [mm]	$\varnothing 2^{**}$ [mm]
3C15	40	45
4C15	45	50
7C15	60	65
9C15	65	70
12C15	80	85
13C15	80	85
19C15	95	100
22C15	105	110
25C15	110	115
25CC15	110	115
27C15	115	120
31C15	120	125
37C15	130	135
55C15	160	165

Kotvení deskových konstrukcí - Řada F

Napínané kotvení typu F se používá všeobecně pro předpínané tenké prvky (např. betonové desky a stěny) a sestává z jediného odlitku zvaného kotevní blok, který v sobě slučuje kotevní objímku i roznašecí podložku. Je použitelné pro předpínací jednotky s 1, 3, 4 nebo i 5 lany T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S).

Vnitřní předpětí se soudržností

Vícelanové jednotky 3 až 5F13/F15



Poznámka:

Kotvy řady F jsou navrženy pro minimální válcovou pevnost betonu $f_{c,min} = 22$ MPa. Obvyklý způsob instalace je uložení výztuže do oválného kanálku před betonáží.

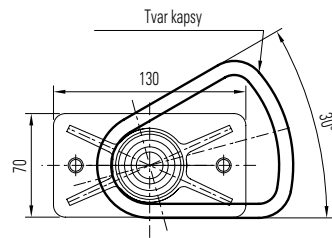
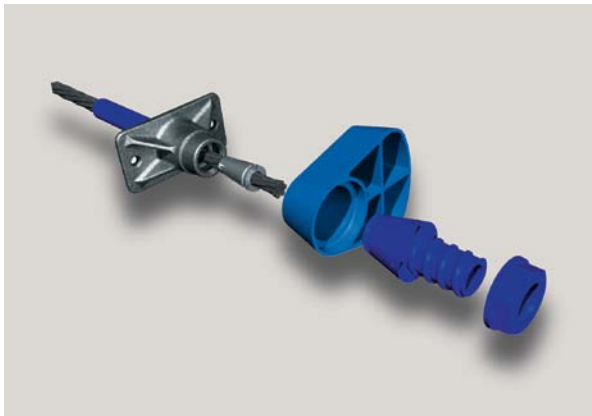
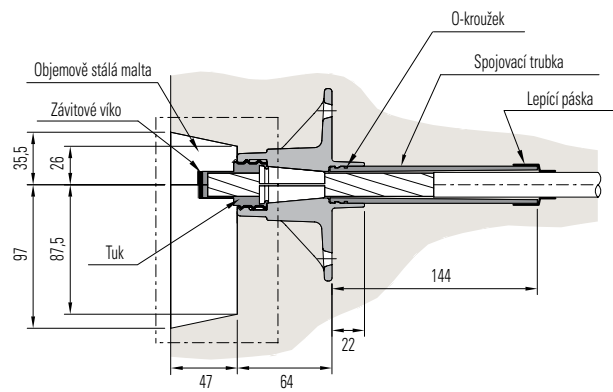
Pokud je to nezbytné, lze ukládat předpínací výztuž až po betonáži konstrukce, ovšem za předpokladu přijetí speciálních opatření.

Kotva	A [mm]	B [mm]	C [mm]	G1 x G2 [mm]	G [mm]	H [mm]
A1 F13/15	85	190	163	58 x 21	95	200
A4 F13/15	90	230	163	75 x 21	100	240
A5 F13/15	90	270	163	90 x 21	100	280

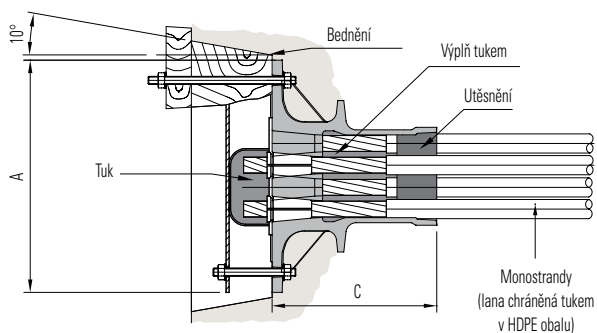
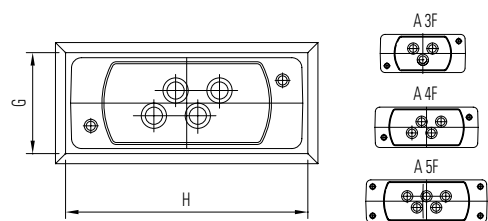
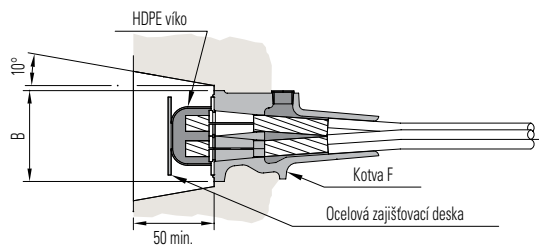


Vnitřní předpětí bez soudržnosti s monostrandy

Jednolanová kotva 1F13/15



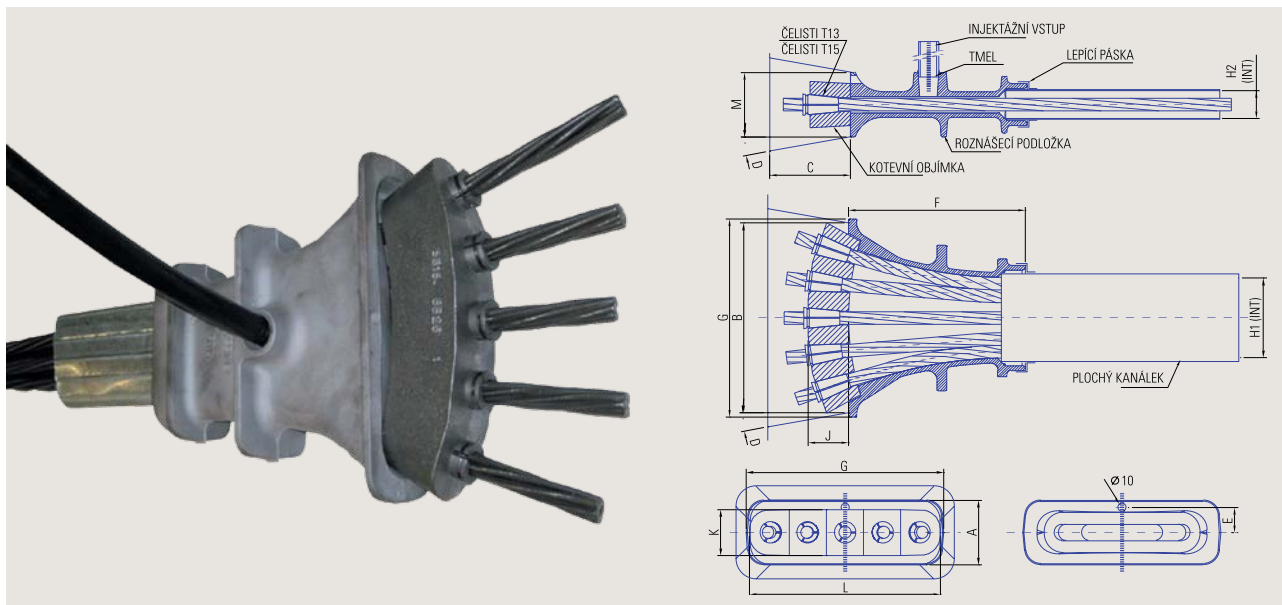
Vícelanové kotvy 3 až 5 F13/15



Kotva	A [mm]	B [mm]	C [mm]	G [mm]	H [mm]
A1 F13/15	190	85	163	95	200
A4 F13/15	230	90	163	100	240
A5 F13/15	270	90	163	100	280

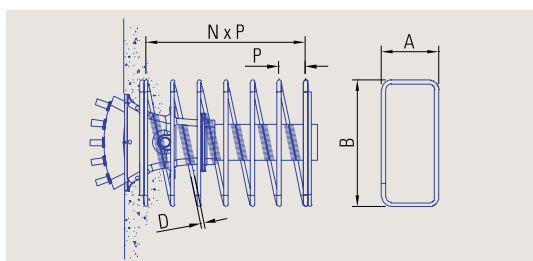
Kotvení deskových konstrukcí - Řada B

Napínané kotvení typu B se používá pro předpínané tenké prvky (např. betonové desky a stěny) a skládá se z litinové roznášecí podložky a litinové kotevní objímky. Je použitelné pro předpínací jednotky se 3, 4 nebo 5 lany T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S). Kotvení je možno použít jak pro předpětí se soudržností, tak i pro předpětí bez soudržnosti v kombinaci s monostrandy.



Kotva	Kapsa					Roznášecí podložka			Hladká trubka		Korugovaná trubka		Kotevní objímka		
	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	M [mm]	F [mm]	G [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	J [mm]	K [mm]	L [mm]
3B13	80	164	120	10°	31	80	117	124	40	20	58	21	54	43	106
3B15	80	164	120	10°	31	80	147	164	70	20	58	21	50	55	151
4B13	80	164	120	10°	31	80	147	164	70	20	58	21	49	55	153
4B15	80	245	120	10°	31	80	180	192	70	20	75	21	49	55	181
5B13	80	245	120	10°	31	80	180	192	70	20	75	21	45	55	181
5B15	80	245	120	10°	31	80	221	245	90	20	90	21	50	56	237

Podkotevní výztuž



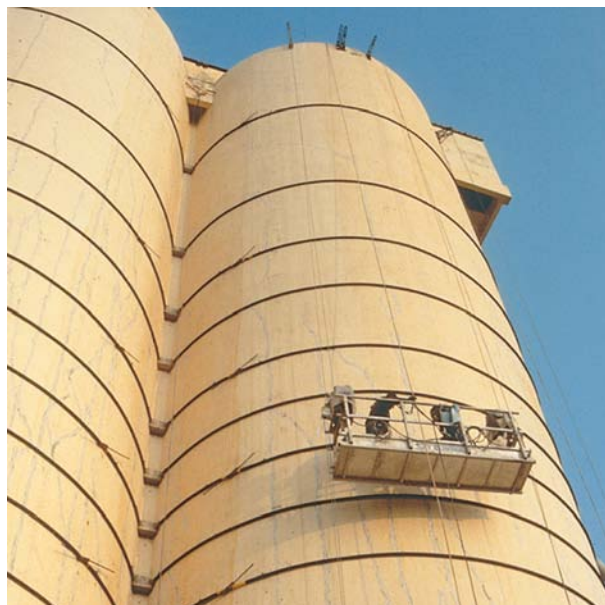
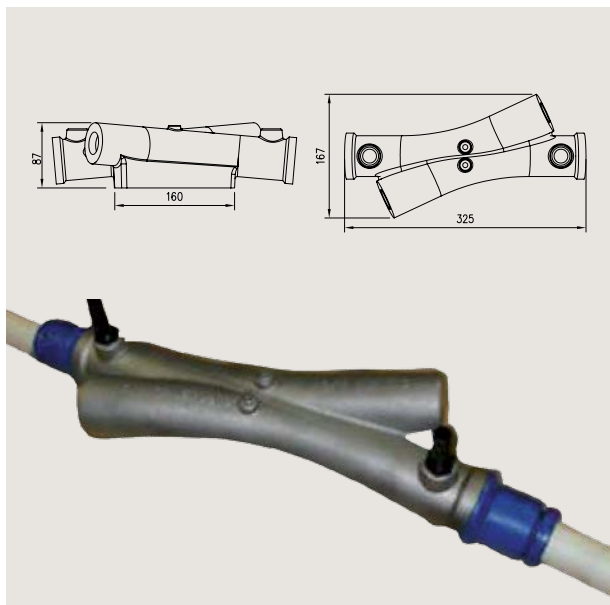
Kotva	D [mm]	A [mm]	B [mm]	P [mm]	N [mm]
3B13	8	120	200	60	6
3B15	10	140	240	60	6
4B13	10	140	240	60	6
4B15	10	140	260	60	6
5B13	10	140	260	60	6
5B15	12	140	320	60	6



Kotvení obručí kruhových konstrukcí - Typ 1X a 2X

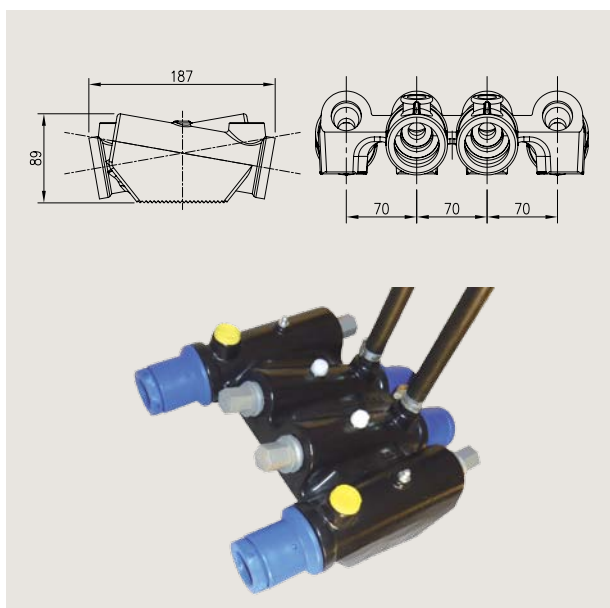
Kotvení obručí Freyssinet typu X se skládá z odlitku, který se opírá o kruhovou konstrukci, ve kterém jsou zakotveny oba konce jedné nebo dvou předpínacích obručí:

Kotvení 1X je použito pro vytvoření jedné předpínací obruče o poloměru 13 až 27,5 m. Slouží především ke spínání obvodových stěn válcových nádrží.



Kotvení pro spínání nádrží - 1X15

Kotvení 2X je použito pro ukotvení dvou předpínacích obručí, každé jednou nebo dvakrát ovinuté kolem konstrukce, o poloměru 3,7 až 5,5 m. Slouží především ke spínání obvodu betonových potrubí.

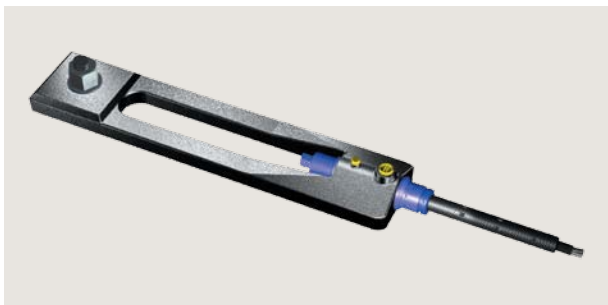


Kotvení pro spínání potrubí - 2X15

Příložné kotvení pro jedno lano - Typ R

Příložné kotvení typu R se používá pro vnější nesoudržné předpětí zejména při rekonstrukcích staveb a zesilování konstrukcí. Lano (obvykle monostrand) je kotveno v kotevním bloku pomocí standardní kotevní čelisti. Předpínací síla je do konstrukce přenášena třením mezi kotevním blokem a povrchem konstrukce. Přítlačná síla je vyvolána aktivním přikotvením pomocí předpínací tyče Freyssibar 26,5 mm přes otvor v kotevním bloku.

Napínání výztuže se provádí jednolanným napínacím zařízením s použitím vychylovacího nástavce. Maximální napínací síla $F_0 = 0,8 F_{pk}$



Rozměry napínané kotvy: **725 x 150 x 78 mm**

Minimální síla v tyčovém přikotvení: **248 kN**

Minimální pevnost betonu $f_{cm} = 20 \text{ MPa}$

Kotvení trojice lan pomocí kotev 1R15

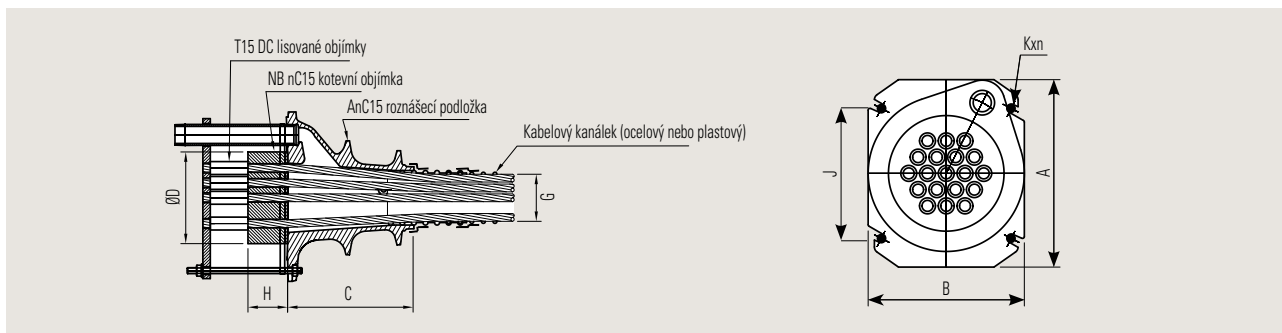


Detaily kotev 1R15

Pasivní kotvení

„Vnější pasivní kotvení“ je takové kotvení, které neumožňuje osazení napínacího lisu, je však přístupné během předpínací operace. Tento druh kotvení je složen z napínaného kotvení, ve kterém byly předem zajištěny čelisti a předpínací výztuž nemá přesah pro napínání. Kotvení může být kontrolováno během napínání. Označení Freyssinet pro tyto typy je identické s označením napínaného kotvení.

„Nepřístupné pasivní kotvení“ může být zabetonováno nebo vnitřně zajištěno v betonu konstrukce. V tomto kotvení, označeném NB, jsou použity nalisované objímky pro zajištění upevnění konců lan na kotevní objímce typu C opatřené válcovými otvory a osazené na roznášecí podložce. Může být použito pro předpínací jednotky v rozmezí od 1 až 55 lan T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S).



Kotva	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	H [mm]	G [mm]	J [mm]	Kxn [mm]
3C15	150	110	120*	85	50	40**	91	M10x2
4C15	150	120	125*	95	50	45***	101	M10x2
7C15	180	150	186	110	55	60	128	M12x2
9C15	225	185	260	150	55	65	153	M12x4
12C15	240	200	165	150	65	80	168	M12x4
13C15	250	210	246	160	70	80	168	M12x4
19C15	300	250	256	185	80	95	208	M12x4
22C15	330	275	430	220	90	105	248	M12x4
25C15	360	300	400	230	95	110	268	M16x4
25CC15	350	290	360	220	95	110	258	M16x4
27C15	350	290	360	220	100	115	258	M16x4
31C15	385	320	346	230	105	120	268	M16x4
37C15	420	350	466	255	110	130	300	M16x4
55C15	510	420	516	300	145	160	370	M20x4

* 2-stupňová roznášecí podložka

** oválný kanálek 58 x 21 mm

*** oválný kanálek 75 x 21 mm

Pasivní soudržné kotvení (cibulová kotva)

Kotvení soudržností s betonem (pasivní kotva) se používá pro kotvení dodatečně výztuže v konstrukcích pozemního a inženýrského stavitelství. Provádí se na základě národního výrobního certifikátu podle nař. vl. 163/2002 Sb. ve znění nař. vl. 312/2005 Sb.

Základní součástí kotvení soudržností je vytvarování konců lan do tvaru cibule pomocí speciálního lisu. Cibulovité konce lan jsou zabetonovány do betonové konstrukce a tím vytváří pasivní kotvu. Soudržná kotva se skládá ze 3 až 22 předpínacích ocelových lan \varnothing 15,7 mm; 1860 MPa.

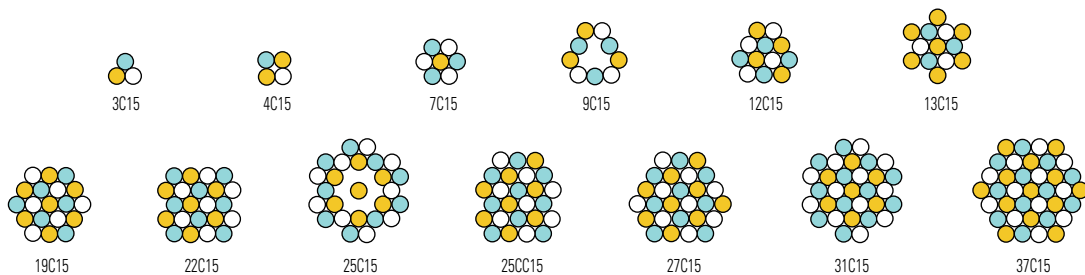
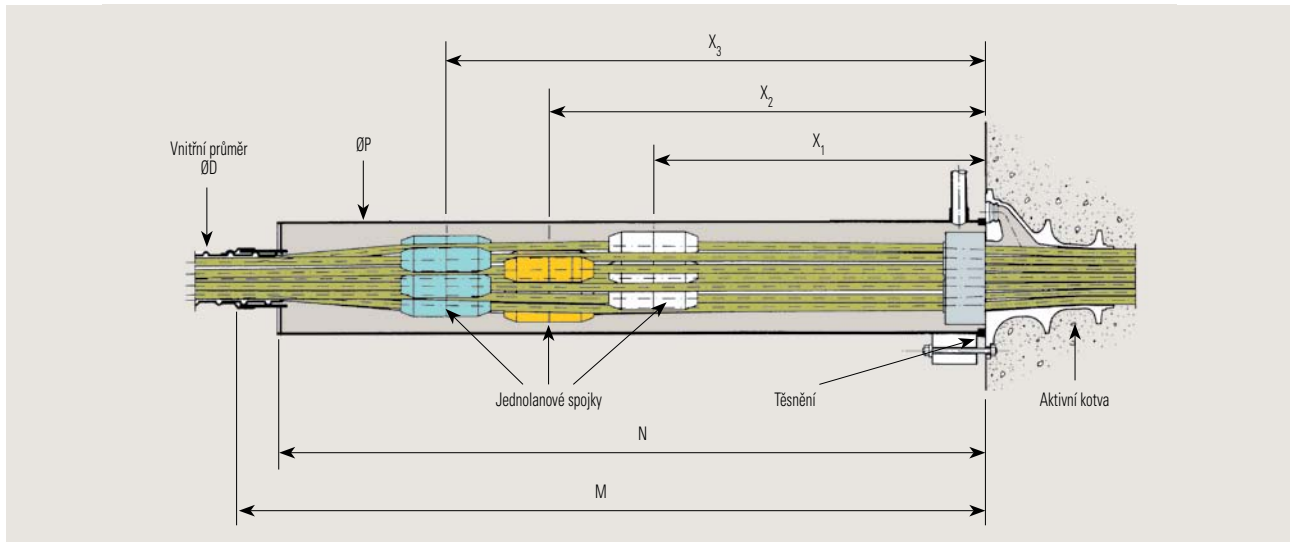
Detaily soudržných cibulových kotev jsou uvedeny v obrazových přílohách kotvení.



9 Spojky

Pevná spojka CI

Spojka spojuje dva předpínací kabely, které jsou jeden po druhém postupně napnuty ve dvou oddělených fázích výstavby konstrukce. Spojka CI se skládá z jednotlivých lanových spojek typu P, které spojují každé lano primárního prvku předpínací výztuže s protikusem v sekundárním prvku předpínací výztuže. Používá se pro předpínací jednotky s 1 až 37 lany T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S). Projektant musí navrhnout a posoudit výztuž v oblasti kolem spojky, kde dochází k vychýlení jednotlivých lan.



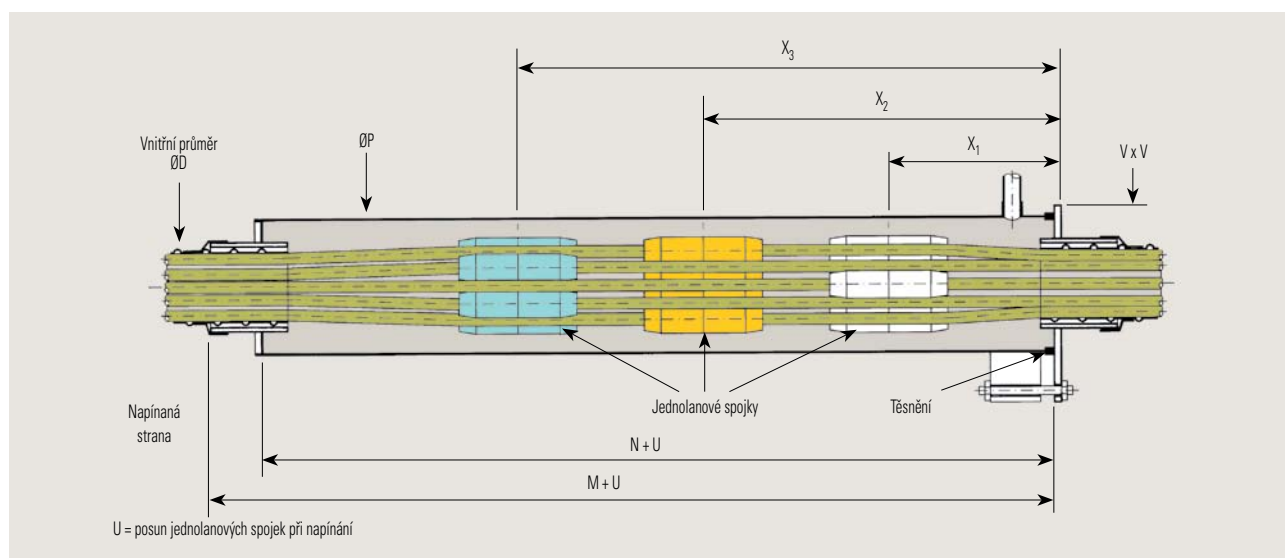
Spojka	D [mm]	M [mm]	N [mm]	P [mm]	X ₁ [mm]	X ₂ [mm]	X ₃ [mm]
CI 3C15	40	1050	1000	102	250	500	750
CI 4C15	45	1050	1000	127	250	500	750
CI 7C15	60	1050	1000	127	250	500	750
CI 9C15	65	1100	1050	178	300	500	800
CI 12C15	80	1150	1100	194	300	550	800
CI 13C15	80	1200	1150	219	300	550	800
CI 19C15	95	1200	1150	219	300	550	800
CI 22C15	105	1250	1200	273	350	600	800
CI 25C15	110	1250	1200	273	350	600	850
CI 25CC15	110	1300	1250	273	350	600	850
CI 27C15	115	1300	1250	273	350	600	850
CI 31C15	120	1350	1300	273	400	650	900
CI 37C15	130	1530	1480	324	400	650	900

Plovoucí spojka CM

Plovoucí spojka CM spojuje dvě předpínací výztuže, které jsou v jedné operaci napínány současně. Lana jsou spojena jednotlivými lanovými spojkami typu P. Polohy lanových spojek jsou v případě několikapramenných jednotek uspořádány stupňovitě.

Lanová spojka typu P se skládá z litinového tělesa osazeného dvěma kotevními čelistmi a slouží pro spojení dvou částí lana. K dispozici jsou dva modely:

- spojka lana P 13 se používá pro lana T13 a T13S
- spojka lana P 15 se používá pro lana T15 a T15S



Plovoucí spojky se používají pro předpínací jednotky s 1 až 37 lany T13 nebo T15 (případně T13S nebo T15S). Celková délka spojky se určuje podle vzorce $L = M + U$, kde U je protažení kabelu včetně délky odpovídající toleranci napínání podle národních předpisů a M je konstantní délka v závislosti na typu kabelu včetně nutné tolerance pro osazení a je uvedena v tabulce příslušného výkresu.

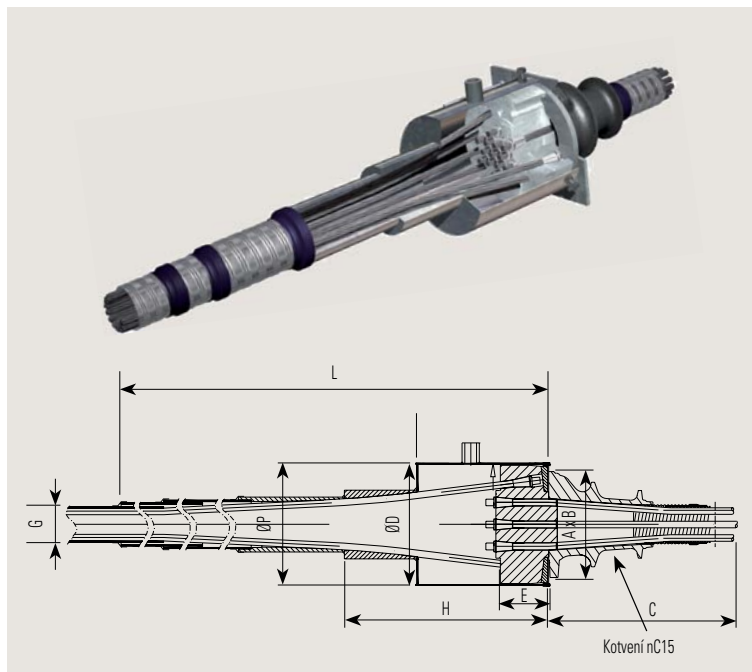
Spojka	D [mm]	M [mm]	N [mm]	P [mm]	X ₁ [mm]	X ₂ [mm]	X ₃ [mm]	V [mm]
CM 3C15	40	1050	1000	102	250	500	750	130
CM 4C15	45	1050	1000	108	250	500	750	140
CM 7C15	60	1050	1000	114	250	500	750	150
CM 9C15	65	1100	1050	159	300	550	800	200
CM 12C15	80	1150	1100	159	300	550	800	200
CM 13C15	80	1200	1150	168	300	550	800	200
CM 19C15	95	1200	1150	194	300	550	800	230
CM 22C15	105	1250	1200	219	350	600	800	230
CM 25C15	110	1250	1200	219	350	600	850	250
CM 27C15	115	1300	1250	219	350	600	850	250
CM 31C15	120	1350	1300	244	400	650	900	280
CM 37C15	130	1530	1480	273	400	650	900	310

Pevné vícetanové spojky

Pevná vícetanová spojka typu CU

U tohoto typu spojky je kotevní objímka upravena tak, aby v ní bylo možno zakotvit kotevní čelisti připojovaného kabelu. Celá sestava je uložena v krytu s nátrubkem na konci pro připojení kabelového kanálku.

Spojka	A [mm]	B [mm]	C [mm]	G [mm]	ØD [mm]	E [mm]	L [mm]	H [mm]	ØP [mm]
CU 3C15	150	110	120	40	140	120	410	150	146
CU 4C15	150	120	125	45	150	127	415	155	156
CU 7C15	180	150	186	60	200	120	615	275	206
CU 9C15	225	185	260	65	255	122	770	430	261
CU 12C15	240	200	165	80	265	130	740	400	271
CU 13C15	250	210	246	80	276	130	775	435	282
CU 19C15	300	250	256	95	306	140	785	445	312
CU 22C15	330	275	430	105	335	145	935	410	341
CU 25C15	360	300	400	110	346	145	891	561	352
CU 25CC15	350	290	360	110	354	150	960	620	360
CU 27C15	350	290	360	115	354	150	960	620	360
CU 31C15	385	320	346	120	356	150	1030	690	362
CU 37C15	420	350	466	130	386	156	1060	720	392



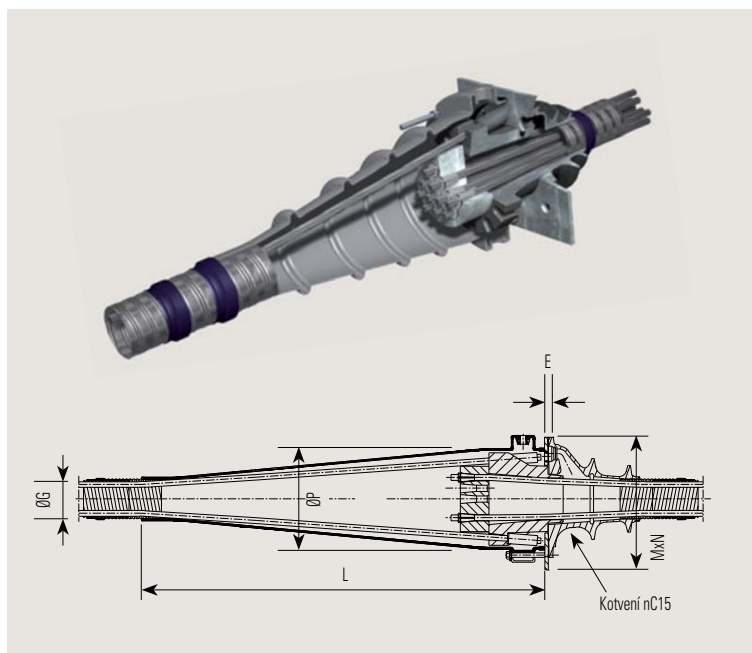
Pevná vícetanová spojka typu CC

U tohoto typu spojky je mezi roznášecí podložku a kotevní objímku primárního kabelu umístěn věnec s výřezy po obvodě. Připojovaný kabel je zakotven zasunutím objímek nalisovaných na jednotlivá lana do zářezů věnce.

Spojka	E [mm]	L [mm]	M x N* [mm]	ØP [mm]	ØG [mm]
CC 3C15**	10	570	220 x 220	210	40
CC 4C15**	10	600	240 x 240	220	45
CC 7C15**	10	670	260 x 260	230	60
CC 9C15**	10	750	290 x 290	270	65
CC 12C15**	10	725	300 x 300	280	80
CC 13C15	10	770	290 x 290	275	80
CC 19C15	12	825	320 x 320	305	95
CC 22C15**	10	885	390 x 390	365	110
CC 25C15	5	900	360 x 360	340	110
CC 27C15**	10	955	390 x 390	365	110
CC 31C15	5	1 110	420 x 420	400	120

* M x N - rozměry připevňovací desky

** dostupnost na dotaz



Přehled typů kotvení pro základní a alternativní způsoby použití								
Způsob použití	Řada C	Pevná spojka CI	Plovoucí spojka CM	Pevná vícenásobná spojka CU	Řada F Řada B	Typ X	Typ NB	Typ G
Vnitřní soudržné předpětí v betonových a spražených konstrukcích	3 až 55	1 až 37	3 až 37	3 až 37	1 až 4	1 až 2	1 až 55	1 až 22
Vnitřní nesoudržné předpětí v betonových a spražených konstrukcích	3 až 55	1 až 37	3 až 37		1 až 4	1 až 2		
Vnitřní předpětí v betonových a spražených konstrukcích	3 až 55	1 až 37				1 až 2		
Možnosti								
a) Dopínatelné kabely	3 až 55				1 až 4	1 až 2		
b) Vyměnitelné kabely	3 až 55				1 až 4	1 až 2		
c) Kabely pro kryogenní aplikace	3 až 55							
d) Vnitřní soudržné předpětí s plastovým kabelovým kanálkem	3 až 37	1 až 37	3 až 37	3 až 37	1 až 4	1 až 2		
e) Zapouzdřené kabely	3 až 37	1 až 37	3 až 37	3 až 37	1 až 4	1 až 2		
f) Elektricky izolované kabely	3 až 37	1 až 37	3 až 37	3 až 37				
g) Vnější kabely pro ocelové a spražené konstrukce	3 až 37					1 až 2		
h) Vnitřní / vnější kabely pro zděné konstrukce	3 až 37				1 až 4	1 až 2		
i) Vnitřní / vnější kabely pro dřevěné konstrukce	3 až 37					1 až 2		

Tabulka 5: Typy kotvení pro různé způsoby použití

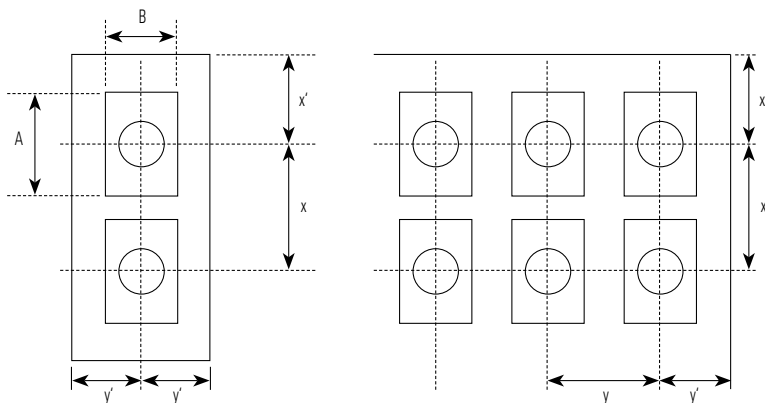
10 Osová vzdálenosti kotev

Kotvení musí mít dostatečnou vzdálenost od hrany konstrukce a musí být navzájem odděleno minimální osovou vzdáleností. Tyto vzdálenosti jsou odvozeny od referenčních rozměrů **a** a **b** zkušebních vzorků.

V následujícím je předpokládáno, že kotvení je umístěno ve dvou kolmých směrech **x** a **y** tak, že menší rozměr roznášecí podložky je uložen ve směru osy **x**.

Podmínky:

- A, B: rovinné rozměry roznášecí podložky ($A > B$)
- a, b: délky stran zkušebního hranolu (obecně $a > b$)
- x, y: minimální osová vzdálenost mezi dvěma kotvenými v konstrukci ve směru x a y
- x', y': minimální okrajová vzdálenost mezi kotvením a nejbližší vnější hranou konstrukce ve směru x a y
- $f_{cm,o}$: průměrná pevnost v tlaku měřená na válci požadovaná před napnutím



Rozměry x a y musí vyhovovat následujícím podmínkám:

- $x \geq A + 30$ (mm)
- $y \geq B + 30$ (mm)
- $x \cdot y \geq a \cdot b$
- $x \geq 0,85 a$
- $y \geq 0,85 b$
- $x' \geq 0,5 x + \text{krytí betonu} - 10$ mm
- $y' \geq 0,5 y + \text{krytí betonu} - 10$ mm

Jestliže projekt vyžaduje jinou hodnotu $f_{cm,0}$, než je některá z hodnot ve dvou uvedených tabulkách, mohou být příslušné hodnoty x a y určeny interpolací. Nikdy však nesmí být použito plné předpínací síly, pokud je $f_{cm,0}$ menší než nejnižší hodnota uvedená v tabulce (např. 24 MPa pro kotvení modelu C).

Pro částečné napnutí nebo pro napínací sílu menší než $\min \{0,8 F_{pk}; 0,9F_{p0,1}\}$ může být požadovaná hodnota pro $f_{cm,0}$ určena interpolací tak, že pro 50 % celkové síly může být požadovaná pevnost betonu snížena na 2/3 hodnot uvedených v tabulkách a pro 30 % celkové síly může být požadovaná pevnost betonu snížena na 1/2 hodnot uvedených v tabulkách.

Délky stran zkušebního hranolu $a = b$ (mm) pro kotvení řady C pro pevnost betonu $f_{cm,0}$			
Kotva	24 MPa	44 MPa	60 MPa
3C15	220	200	180
4C15	250	220	200
7C15	330	260	240
9C15	380	300	280
12C15	430	320	300
13C15	450	340	310
19C15	530	400	380
22C15	590	430	410
25C15	630	460	440
27C15	650	480	470
31C15	690	520	500
37C15	750	580	540
55C15	1070	750	690

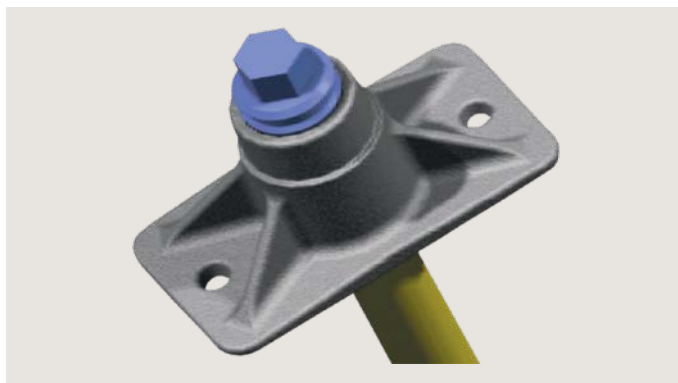


Kotva 4 F 13/15

Délky stran zkušebního hranolu a, b (mm) pro kotvení řady F pro pevnost betonu $f_{cm,0} = 22$ MPa		
Kotva	a [mm]	b [mm]
1 F 13/15	190	140
3 / 4 F 13	300	160
3 / 4 F 15	390	190
5 F 13	570	260
5 F 15	510	240



Kotva 1 F 13/15 - sestava pro upevnění do bednění



Kotva 1 F 13/15 - definitivní sestava s víčkem

11 Výztuž podkotevní oblasti

Prvky předpínací výztuže v podkotevní oblasti vyvolávají koncentrované síly v konstrukci, které vyžadují specifické uspořádání výztuže. V případě betonových konstrukcí se přídatná výztuž skládá z:

- povrchové výztuže
- přídatné výztuže v kotvení
- všeobecné výztuže pro vyztužení příslušného prvku v konstrukci, jejíž rozměry vyplývají z konstrukčních předpisů pro železobeton

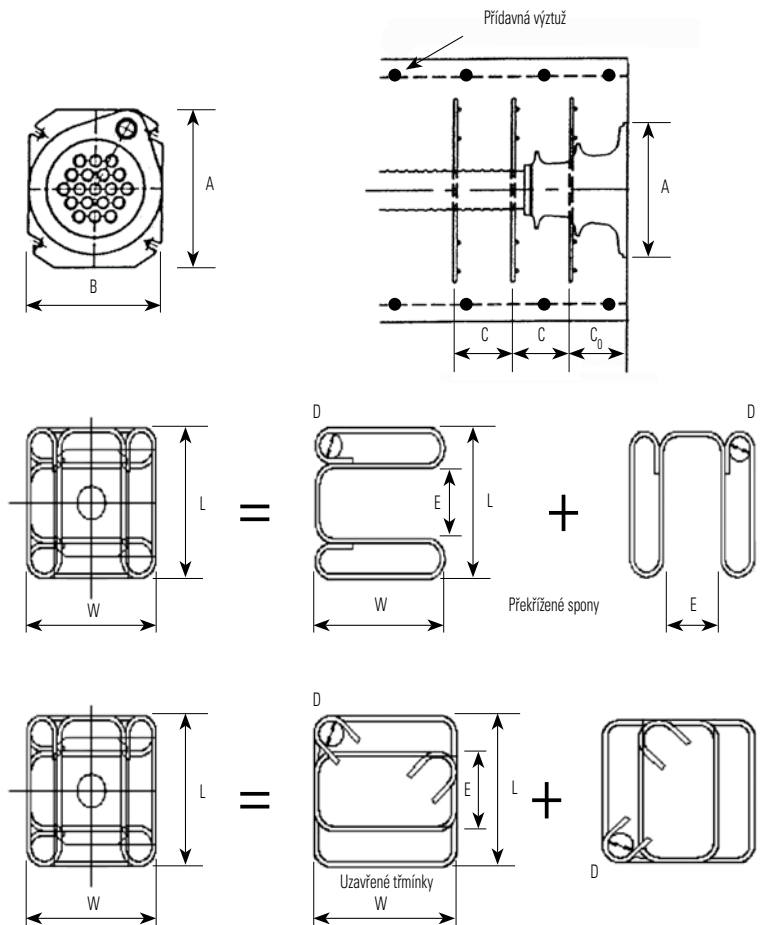
Přídatná výztuž v kotvení, tak jak je v těchto podmínkách definována, vyplývá ze zkoušek přenosu zatížení na zkušebním tělese. Lokální výztuž v oblasti uvedená v ETA může být v případě potřeby pozměněna pro specifickou projektovanou konstrukci podle národních předpisů a příslušného schválení místní autorizované osoby a držitele ETA tak, aby poskytla ekvivalentní účinnost.



Kotvení řady C

Křížem uložené pruty ve tvaru vlnovky nebo třmínky

Následující schéma definuje obvyklé uspořádání přídatné výztuže při použití křížem uložených prutů ve tvaru vlnovky. Každá vrstva má dva křížem uložené ohnuté pruty. Každý ohnutý prut může být z praktických důvodů nahrazen dvěma třmínky s alespoň ekvivalentní účinnou plochou (viz obrázek).



* D = průměr ohybu

Přidavná výztuž tvaru wfb pro $f_{cm,0} = 24 \text{ MPa}$

Kotva	Přidavná výztuž ve tvaru vlnovky (wfb) nebo třmínky (Fe E 235)								Přidavná výztuž (třmínky) B 500		
	Počet vrstev	Co [mm]	C [mm]	Typ	Profil výztuže d [mm]	Průměr ohybu D [mm]	Minimální osová vzdálenost E [mm]	Celková délka L [mm]	Rozteč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	3	100	75	wfb	8	31	90	200	110	8	3
4C15	3	100	75	wfb	8	46	90	230	115	12	3
7C15	3	120	90	wfb	12	74	130	310	120	12	4
9C15	3	120	110	wfb	12	74	140	360	125	14	4
12C15	3	120	120	wfb	14	83	160	410	140	16	4
13C15	3	140	125	wfb	14	88	170	430	130	16	4
19C15	3	160	125	wfb	16	117	200	520	180	20	4
22C15	3	170	140	wfb	20	118	215	570	130	16	6
25C15	3	200	160	wfb	20	135	220	610	175	20	5
27C15	3	175	170	wfb	20	130	250	630	130	20	6
31C15	3	210	250	wfb	20	130	255	670	140	20	6
37C15	4	250	225	wfb	20	130	270	740	130	25	5
55C15	5	290	200	wfb	25	160	340	1050	200	20	6

Přidavná výztuž tvaru wfb pro $f_{cm,0} = 44 \text{ MPa}$

Kotva	Přidavná výztuž ve tvaru vlnovky (wfb) nebo třmínky (Fe E 235)								Přidavná výztuž (třmínky) B 500		
	Počet vrstev	Co [mm]	C [mm]	Typ	Profil výztuže d [mm]	Průměr ohybu D [mm]	Minimální osová vzdálenost E [mm]	Celková délka L [mm]	Rozteč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	3	100	75	wfb	8	26	90	190	150	8	2
4C15	3	100	75	wfb	8	31	90	200	250	8	3
7C15	3	120	90	wfb	12	39	130	240	140	10	4
9C15	3	120	110	wfb	12	39	140	290	150	14	3
12C15	3	120	120	třmínky	14	84	160	300	240	14	3
13C15	3	140	125	třmínky	14	84	170	330	120	14	4
19C15	3	160	125	třmínky	16	96	200	380	200	16	3
22C15	3	170	140	třmínky	20	120	215	410	160	14	4
25C15	3	200	160	třmínky	20	120	220	440	165	16	3
27C15	3	175	170	třmínky	20	120	250	460	165	16	3
31C15	3	210	190	třmínky	20	120	255	500	210	20	3
37C15	4	250	225	třmínky	20	120	270	600	210	20	4
55C15	4	290	225	třmínky	25	150	340	730	200	20	4

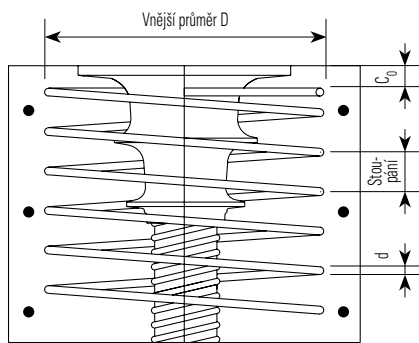
Přídavná výztuž tvaru wfb pro $f_{cm,0} = 60 \text{ MPa}$

Kotva	Přídavná výztuž ve tvaru vlnovky (wfb) nebo třmínky (Fe E 235)								Přídavná výztuž (třmínky) B 500		
	Počet vrstev	Co [mm]	C [mm]	Typ	Profil výztuže d [mm]	Průměr ohybu D [mm]	Minimální osová vzdálenost E [mm]	Celková délka L [mm]	Rozteč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	2	100	75	wfb	8	26	90	190	150	8	2
4C15	2	100	75	wfb	10	31	90	200	150	8	2
7C15	3	120	90	třmínky	12	39	130	240	180	10	2
9C15	3	120	110	třmínky	12	39	140	290	150	12	3
12C15	3	120	120	třmínky	14	83	160	300	150	12	3
13C15	3	140	125	třmínky	14	84	170	330	135	14	3
19C15	3	160	125	třmínky	20	84	200	380	250	10	4
22C15	3	170	140	třmínky	20	120	215	410	240	10	3
25C15	3	200	160	třmínky	20	120	220	440	220	12	3
27C15	3	175	170	třmínky	20	120	250	460	220	14	3
31C15	3	210	190	třmínky	20	120	255	500	220	16	3
37C15	4	250	225	třmínky	20	120	270	550	180	16	3
55C15	4	290	255	třmínky	25	150	340	670	200	16	4



Výztuž ve tvaru šroubovice

Na obrázku je znázorněno základní rozdělení přídavné výztuže, pokud se použije kruhové šroubovice. Toto uspořádání je vhodné pro samostatné kotvy nebo kotvy umístěné v jedné řadě.



Šroubovice a přídavná výztuž

Přídavná výztuž tvaru šroubovice pro $f_{cm,0} = 24$ MPa

Kotva	Šroubovice - ocel Fe E 235				Přídavná výztuž (tříminky) B 500			
	Stoupání [mm]	Profil výztuže d [mm]	Počet závitů	Co [mm]	Vnější průměr D [mm]	Rozeč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	50	8	5	40	160	110	8	3
4C15	60	10	5	40	190	115	10	3
7C15	60	14	6	40	270	120	10	4
9C15	70	14	6	40	320	125	12	4
12C15	70	14	7	40	370	140	16	4
13C15	70	14	7	40	390	130	16	4
19C15	60	16	8	40	470	180	20	4
22C15	70	16	8	40	510	130	20	5
25C15	80	20	7	40	550	150	20	5
27C15	80	20	7	40	570	160	20	5
31C15	80	20	7	40	600	140	20	6
37C15	90	20	7	40	660	130	25	5
55C15	100	25	9	40	930	200	20	6

Přídavná výztuž tvaru šroubovice pro $f_{cm,0} = 44$ MPa

Kotva	Šroubovice - ocel Fe E 235					Přídavná výztuž (tříminky) B 500		
	Stoupání [mm]	Profil výztuže d [mm]	Počet závitů	Co [mm]	Vnější průměr D [mm]	Rozeč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	50	8	5	40	150	150	8	2
4C15	60	10	5	40	160	250	8	3
7C15	60	12	6	40	200	140	10	4
9C15	70	14	6	40	250	150	12	3
12C15	50	14	7	40	260	240	14	3
13C15	70	14	7	40	290	120	14	4
19C15	60	16	8	40	320	200	16	3
22C15	70	16	8	40	350	160	14	4
25C15	80	20	7	40	380	165	16	3
27C15	80	20	7	40	400	165	16	3
31C15	80	20	8	40	420	210	16	3
37C15	90	20	9	40	520	210	20	4
55C15	100	25	10	40	650	250	20	3

Přídavná výztuž tvaru šroubovice pro $f_{cm,0} = 60$ MPa

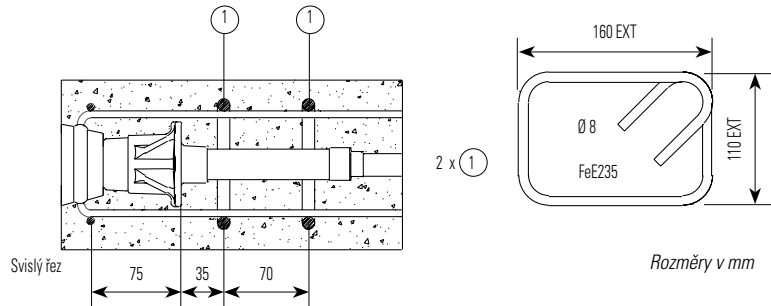
Kotva	Šroubovice - ocel Fe E 235					Přídavná výztuž (tříminky) B 500		
	Stoupání [mm]	Profil výztuže d [mm]	Počet závitů	Co [mm]	Vnější průměr D [mm]	Rozeč [mm]	Profil d [mm]	Počet
3C15	50	8	5	40	150	150	8	2
4C15	60	10	5	40	160	150	8	2
7C15	60	12	6	40	200	160	10	3
9C15	70	14	6	40	250	200	12	2
12C15	50	14	7	40	260	200	12	2
13C15	70	14	7	40	290	135	12	3
19C15	60	16	8	40	320	250	10	4
22C15	70	16	8	40	360	240	12	3
25C15	80	20	7	40	390	220	10	3
27C15	80	20	7	40	400	220	12	3
31C15	80	20	8	40	420	220	14	3
37C15	90	20	9	40	470	180	16	3
55C15	100	25	9	40	600	180	16	3

Přídavná výztuž pro kotvení řady F

Křížem uložené pruty ve tvaru vlnovky nebo třmínky

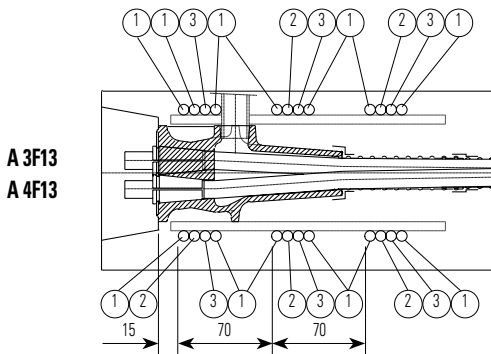
Následující schémata definují obvyklé uspořádání přídavné výztuže pro všechny typy kotev řady F:

Jednolanová kotva



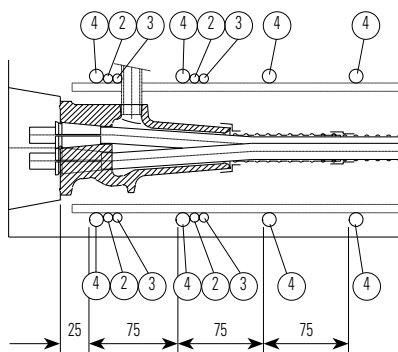
Rozměry v mm

Vícelanové kotvy



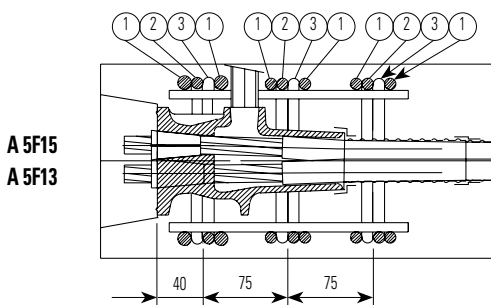
A 3F13
A 4F13

Typ č.	Počet	Ø [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	h [mm]
1	12	8	320			
2	3	8	320	20	160	140
3	3	8	320	20	160	140



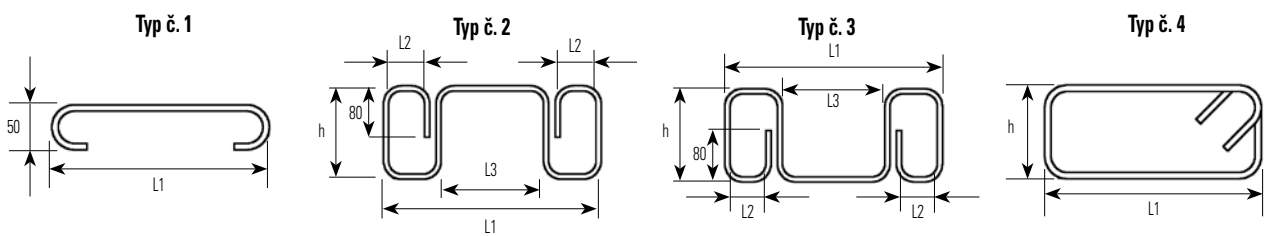
A 3F15
A 4F15

Typ č.	Počet	Ø [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	h [mm]
2	2	8	350	60	160	160
3	2	8	350	60	160	160
4	4	12	350			160



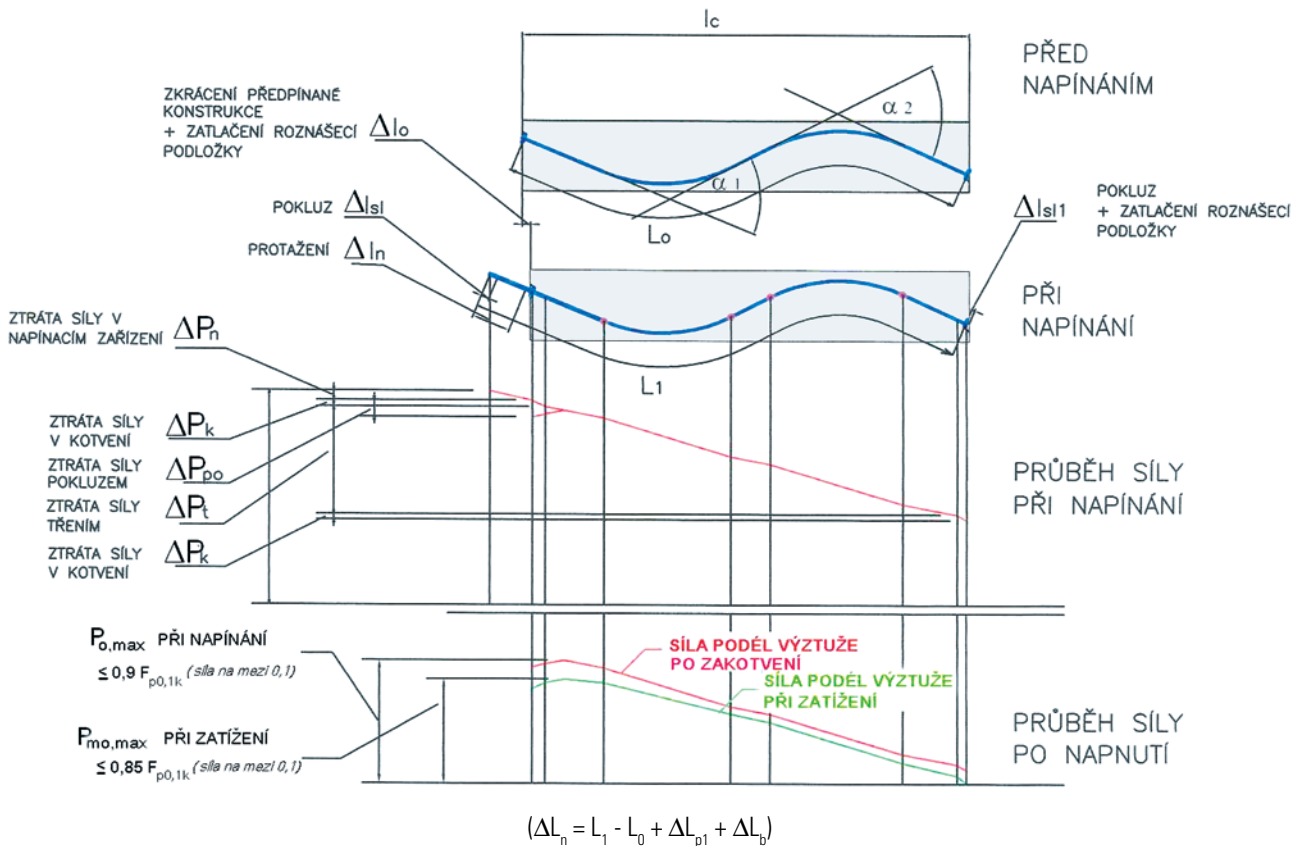
A 5F15
A 5F13

Typ č.	Počet	Ø [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	h [mm]
1	12	10	380			
2	3	10	380	55	190	145
3	3	10	380	55	190	145



12 Výpočet protažení a ztrát

Průběh síly v kabelu



Je nutné uvážit průběh síly v kabelu v době napínání, těsně po napnutí a v době užívání předpjeté konstrukce (viz obrázek). To je velmi důležité zejména u spojek.

Posun předpínací vložky při jejím napínání

Posun předpínací vložky vzhledem k předpínané konstrukci (měřené „protažení“) při jejím napínání ovlivňují tyto parametry:

- napětí v předpínací výztuži
- modul pružnosti předpínací výztuže
- plocha průřezu předpínací výztuže
- zkrácení předpínané konstrukce
- pokluz na nenapínaném konci kabelu

Tření prvků předpínací výztuže

Koeficienty tření (μ) a tření účinkem nepředvídaného úhlu zakřivení (k) tak, jak jsou definovány v evropské normě pr EN1992-1-1 pro získání předpínací síly podle rovnice:

$$P(x) = P_{\max} e^{-\mu(\alpha+kx)}$$

se liší podle použití (vnitřní nebo vnější předpětí, standardní lana nebo monostrandy), typu kabelového kanálku (ocelový plášť nebo trubka z pásků HDPE), povrchové úpravy, mazání lan, ať již olejovou emulzí nebo tukem. Přijatelná odchylka koeficientu tření je obvykle $\pm 25\%$. Koeficient tření se může významně zvýšit v oblasti zakřivení o poloměru menším než 6 metrů. Koeficienty v následující tabulce jsou pouze pro informaci (a musí být přizpůsobeny pro každý projekt).

Použití	Typ kanálku	Koeficient tření μ (rad ⁻¹)		Nepředvídaný úhel zakřivení k (rad/m)
		Ošetřená lana	Neošetřená lana	
Vnitřní předpětí	Korugovaná ocelová hadice	0,17	0,19 ¹	0,007 ¹
	LFC ³ korugovaná ocelová hadice	0,10	0,12	0,007 ¹
	Korugovaná plastová hadice	0,10	0,12	0,007 ¹
	Ocelová trubka	0,16	0,24	0,007 ¹
Vnější předpětí	HDPE trubka	0,10	0,12	0
	Ocelová trubka	0,16	0,24	0
Nesoudržné vnitřní předpětí	Jednotlivý monostrand	0,05 ²		0,007 ²
	Skupina monostrandů předem injektovaná	0,05		0,012

¹ dle normy EN 1992-1-1: 2004

² dle normy ENV 1992-1-5: 1904

³ fosfátované kanálky Freyssinet

Tabulka 6: Koeficienty tření a nepředvídatelné úhly zakřivení

Pokluz čelistí při zakotvení

Na konci napínání je uvolněn lis a čelisti jsou vtaženy do kotevní objímky pro ukotvení lan. Lisy Freyssinet umožňují hydraulické předkotvení pro snížení velikosti pokluzu. Ztráta pokluzem s hydraulickým předkotvením nebo bez hydraulického předkotvení musí být zohledněna ve výpočtech napínání pomocí hodnot uvedených v následující tabulce.

Napínací zařízení		s hydraulickým předkotvením		bez hydraulického předkotvení	
Průměr lana		T 13	T 15	T 13	T 15
Pokluz v napínané kotvě (mm)	minimální	4	4	6	6
	průměrný	5	6	7	8
	maximální	6	8	8	9

Tabulka 7: Pokluzy čelistí v napínaném kotvení

Pokluz v pasivním kotvení

Hodnota pokluzu v pasivním kotvení vytváří postupný posun podél celé délky kabelu a zvětšuje protažení na napínaném konci. Tuto hodnotu je třeba odvodit z naměřeného prodloužení v každém napínacím kroku.

Průměrné hodnoty pokluzu na pasivním konci pro interval 0-100% napínací síly jsou:

- Lano T 13: 5 mm
- Lano T 15: 6 mm

Pokluz v lanových spojkách typu P

Průměrné hodnoty pokluzu v lanových spojkách jsou:

- Lano T 13: 10 mm
- Lano T 15: 12 mm

13 Konstrukční zásady

Uspořádání kabelů

Vyrovnaní v kotvení

Kabelový kanálek v blízkosti kotvení musí usměrňovat předpínací výztuž tak, aby se lana opírala o vychylovací zónu roznášecí podložky a vstupovala do otvorů v kotevní objímce pod správným úhlem: v praxi musí být uspořádání kabelů přímé v délce alespoň 6tinásobku vnitřního průměru kanálku mezi koncem roznášecí podložky a začátkem zakřivené části.

Poloměry zakřivení

Vnitřní předpětí

Minimální poloměr zakřivení kabelového kanálku vnitřního předpětí je definován v následující tabulce:

Typ výztuže	Typ kanálku		Maximální poloměr zakřivení
Holá lana	plochý kanálek	ocel	100 x vnitřní průměr ^{2,3}
		plast	100 x vnitřní průměr ³
	kruhový kanálek	ocel	100 x vnitřní průměr
		plast	100 x vnitřní průměr
	trubka	ocel	3,0 m
Monostrand	monostrandy přímo uložené od betonu (ve skupinách maximálně po třech) nebo umístěné v kabelovém kanálku injektovaném cementovou maltou před napnutím	deviátor	1,7 m pro T 13 ¹ 2,5 m pro T 15 ¹
		deviátor	2,5 m
	jednotlivá lana	mrtvá kotva (180° smyčka)	0,6 m

¹ v souladu s ENV 1992-1-5: 1994

² musí být ověřena odolnost betonu proti štěpení

³ rozměr plochého kanálku v uvažovaném směru

Tabulka 8: Minimální poloměry zakřivení kabelových kanálků pro vnitřní předpětí

V případě předpětí se soudržností může být minimální poloměr ocelových trubek redukován až na 20tinásobek vnitřního průměru za předpokladu, že:

- výsledný poloměr není menší než 1,1 m pro lana T 13 a 1,3 m pro lana T 15
- namáhání tahem nepřekročí 70 % zaručené pevnosti lana v tahu v místech, kde poloměr zakřivení je menší než 3,0 m
- součet úhlových odchylek podél kabelu je méně než $3\pi/2$ radiánů
- ostře zakřivená zóna je považována za mrtvé kotvení, jestliže úhlová odchylka překročí $\pi/2$ radiánů

Vyměnitelné vnější předpětí

Minimální poloměr zakřivení kabelového kanálku vyměnitelného vnějšího předpětí je definován v následující tabulce:

Předpínací výztuž	Minimální poloměr zakřivení v kotvení	Minimální poloměr zakřivení v eviátoru
7 C 15	3,0 m	2,0 m
12 C 15	3,5 m *	2,5 m *
19 C 15	4,0 m *	3,0 m *
27 C 15	4,5 m	3,5 m
37 C 15	5,0 m *	4,0 m

* v souladu s ENV 1992-1-5:1994

Tabulka 9: Minimální poloměry zakřivení kabelových kanálků pro vnější předpětí

Vzdálenosti a tolerance podpěr

Maximální vzdálenost mezi podpěrami kabelových kanálků je 1,0 m pro přímé úseky nebo úseky s velkým poloměrem zakřivení a 0,5 m pro úseky s menším poloměrem, tj. poloměrem menším než 1,5 násobek poloměru minimálního uvedeného v tabulkách 8 a 9. V případě hladkých ocelových trubek musí být v každé základní délce umístěna alespoň jedna podpěra, přičemž vzdálenost podpěr nesmí překročit 3,0 m.

Plochý kanálek je citlivější na poškození před ukládkou předpínací výztuže než kruhový. Z tohoto důvodu by měla být předpínací výztuž uložena do kanálku před betonováním. Jestliže uložení výztuže před betonováním není možné, musí být učiněna opatření pro ochranu kanálku před poškozením nebo musí být do kanálku uložena prozatímní „falešná“ lana, která budou vyjmuta před uložením skutečných prvků předpínací výztuže.

Pokud se kanálky vzájemně kříží ve vrstvách nad sebou, je nutno se vyvarovat přímému kontaktu mezi kanálky. V tom případě je vhodné vyztužit oblast křížení poloviční objímkou tak, aby se zabránilo riziku kontaktu mezi kanálky během injektování cementovou maltou.

V případě korugovaných plastových kanálků musí být mezi trubku a podpěru vložena půlená plastová trubka, a to na všechny plochy, kde dochází ke změně směru prvku předpínací výztuže.

U monostrandů přímo ukládaných do betonu musí být zabráněno proražení obalu v místě podepření.

14 Elektricky izolovaná předpínací výztuž

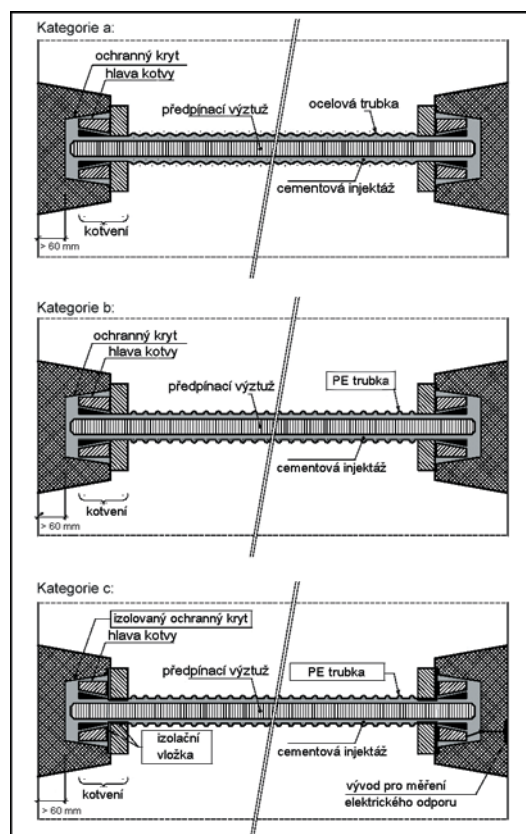
Stupeň základních pasivních opatření pro omezení vlivu bludných proudů stanoví tabulka 1 Technických podmínek MDS ČR. Ochranná opatření ve stupni 4 a 5 vyžadují vyvedení výztuže do měřických bodů. Propojení a vyvedení předpínací výztuže se provádí i v případě, že je pevně zakotvena do betonářské výztuže.

Pro ochranu před korozním poškozením předpínací výztuže a tím pro zvýšení trvanlivosti předpjaté konstrukce je vždy prvořadě dokonalé vyplnění kabelového kanálku a oblasti kotvení injektáží cementovou maltou.

V případě měření elektrického odporu mezi předpínací a betonářskou výztuží lze řádně interpretovat jen ty výsledky, které jsou naměřeny u dokonale obalené předpínací výztuže cementovou maltou. Proto je nutno věnovat maximální pozornost a kontrolní činnost správnému provedení injektáže a dokonalému zpracování všech souvisejících detailů jako jsou:

- správné odvětrání nejvyšších bodů kabelových kanálků
- dokonalé vyplnění dutin v kotvách a spojkách
- zamezení vnikání vody a roztoků posypových solí do odvětrávacích trubek na mostovce
- dostatečné krytí kotev kvalitním betonem nebo maltou
- zdokonalé utěsnění spár mezi prvky (segmenty) s procházejícími kabely ap.

Jednotlivé kategorie ochranných opatření pro omezení vlivu bludných proudů na trvanlivost předpínací výztuže jsou znázorněny na obr. 3. V převážné většině případů je dostatečnou ochranou proti působení bludných proudů na korozi předpínací výztuže použití plastových tenkostěnných trubek kabelových kanálků v kombinaci s dokonalým provedením a kontrolou injektáže.



Obr. 3: Kategorie ochranných opatření

15 Napínání a injektáž

V okamžiku napínání musí minimální krychelná pevnost betonu odpovídat hodnotám uvedeným v projektové dokumentaci.

Je přípustné opakovaně dopínat předpínací výztuž tím, že jsou uvolněny a opět použity čelisti. Po dopnutí a ukotvení musí být otisky čelistí na lanech, které jsou důsledkem prvního napínání, posunuty směrem ven o alespoň 15 mm.

Minimální napínací přímá délka za kotvami (přesah lana) závisí na použitém napínacím zařízení. Všechna lana předpínacího kabelu musí být napínána souběžně. U případné smyčkové výztuže musí být oba konce napínány současně.

Všechny napínací operace musí být pro každý předpínací kabel dokumentovány. Obecně musí být dosažena požadovaná předpínací síla. Prodloužení je měřeno a porovnáváno s vypočtenou hodnotou. Jestliže během napínání činí rozdíl mezi naměřeným a vypočteným prodloužením více než 15 % z vypočtené hodnoty, pak musí být informován projektant a musí být nalezena příčina. O napínání je veden doklad - napínací protokol.

Pro účely napínání kabelů musí být zachován volný prostor 1,0 až 1,5 m přímo za kotvami. Musí být dodržovány předpisy o ochraně zdraví a o bezpečnosti práce.

Pro injektáž kabelů musí být používána injektážní malta odpovídající EN 447:2008. Postupy pro injektáž musí být realizovány v souladu s normou EN 446:2008.

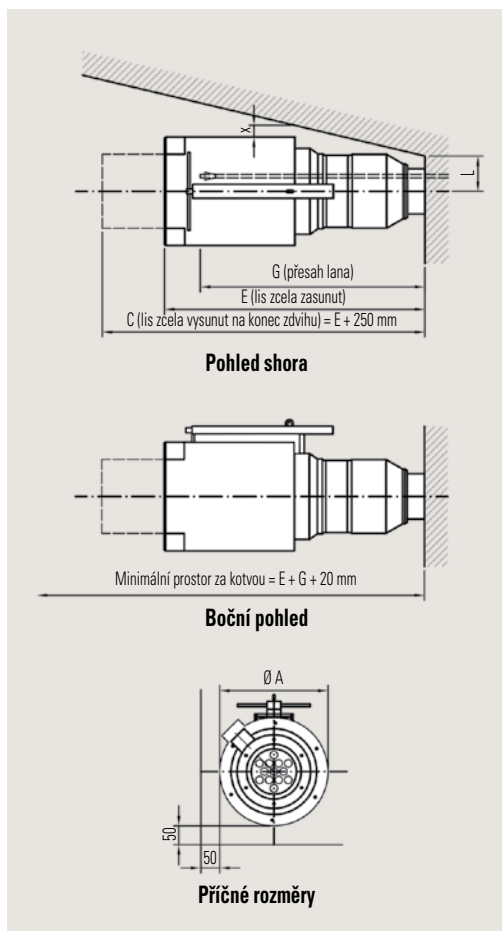
Rychlost injektáže musí být v intervalu mezi 3 m/min. a 12 m/min.

Délka injektované sekce nemá překročit 120 m pro kabely se 3 - 22 lany a 95 m pro kabely s větším počtem lan. Jsou-li překročeny tyto délky kabelů, musí být vyhotoveny přídatné otvory pro injektáž. Tam, kde má kabelová dráha výrazné vyvýšené body, musí být provedena opakovaná/dodatečná injektáž tak, aby bylo zamezeno neproinjektovaným místům ve vrcholech. Pro účely opakované (dodatečné) injektáže musí být učiněna vhodná opatření již ve fázi projektu.

Dočasná ochrana předpínací výztuže

- předpínací lana jsou konzervována přípravkem Eskilut 123 NK extra
- konzervace lan se uplatňuje jak při skladování lan na stavbě, tak při prodloužení mezi uloženími resp. předepnutím lan a injektáží, zejména je-li z klimatických nebo technologických důvodů delší než povolují předpisy (ČSN EN 13670)
- pro potvrzení vyhovujících vlastností lan konzervovaných přípravkem Eskilut 123 NK Extra byla v období X/2001 - XII/2003 provedena řada laboratorních i polních zkoušek; jejich výsledky byly podkladem pro certifikaci výrobku a jsou k dispozici v Souhrnné zprávě o dočasné ochraně předpínacích lan proti korozi na technickém úseku Freyssinet CS

16 Napínací zařízení



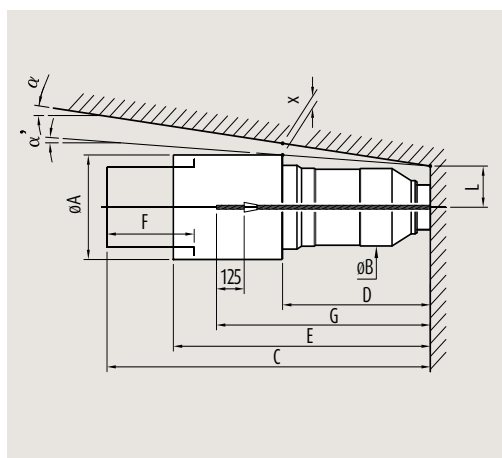
Řada C

Napínání se provádí lisy typu CC. Vlastnosti lisů a základní rozměry jsou uvedeny v následujících tabulkách:

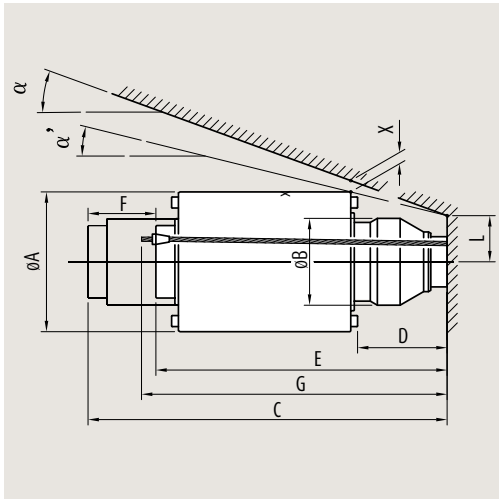
Lisy CC

Lis	Typ kabelu	$\varnothing A$ [mm]	E [mm]	G [mm]	L [mm]	α pro $x \approx 50$	Zdvih [mm]
CC 350	7C15	360	1105	690	120	11°	250
	9C15		1105	690	150	8°	
	12C15		1115	700	150	8°	
	13C15		1074	660	150	9°	
CC 500	7C15	438	1085	688	120	15°	250
	9C15		1085	688	150	13°	
	12C15		1095	698	150	13°	
	13C15		1100	703	150	12°	
	19C15		1071	674	170	11°	
CC 1000	19C15	593	1160	723	170	16°	250
	22C15		1170	733	210	13°	
	25C15		1175	738	210	13°	
	25C15P		1175	738	210	13°	
	27C15		1180	743	210	13°	
	31C15		1146	709	210	13°	
	37C15		1151	714	240	10°	
CC 1500	37C15	722	1550	770	240	9°	350
	55C15		1986	700	280	8°	

Lisy C/F

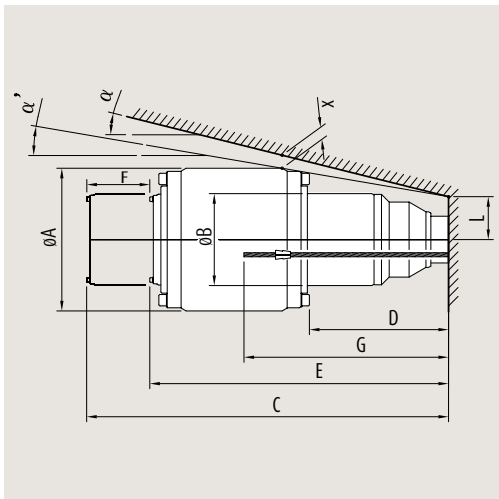


Lis	Typ kabelu	$\varnothing A$ [mm]	$\varnothing B$ [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	L [mm]	α skut.	α pro $x \approx 50$
C350F	7C15	355	263	1415	731	1165	250	1120	120	4°30'	8°
	9C15			1415	731	1165		1120	150	2°54'	8°
	12C15			1115	741	1175		1130	150	3°50'	8°
	13C15			1374	675	1124		1080	150	2°20'	7°
C500F	7C15	432	320	1513	714	1213	300	1080	120	7°39'	12°
	9C15			1523	709	1223		1085	150	7°25'	13°
	12C15			1533	719	1233		1095	150	7°06'	13°
	13C15			1538	724	1238		1100	150	5°13'	9°
	19C15			1482	668	1182		1050	170	3°56'	8°
C1000F	19C15	582	417	1583	754	1283	300	1110		9°	13°
	22C15			1593	764	1293		1120		7°04'	11°
	25C15			1593	764	1293		1120		6°03'	10°
	25C15P			1593	764	1293		1120	210	6°01'	10°
	27C15			1598	769	1298		1125		6°01'	10°
	31C15			1603	774	1303		1130		5°58'	10°
	37C15			1552	718	1252		1080	240	4°04'	8°
C1500F	31C15	707	512	2423	1134	1923	500	1250	210	7°13'	10°
	37C15			2438	1144	1938		1270	140	5°39'	8°
	55C15			2375	1076	1875		1200	280	3°54'	7°



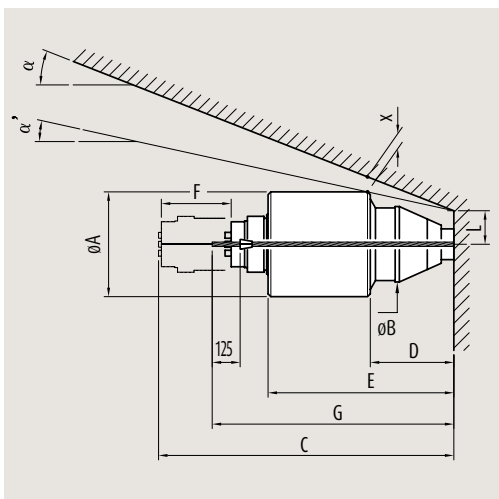
Lisy K/C

Lis	Typ kabelu	ØA [mm]	ØB [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	L [mm]	α skut.	α pro x ≈ 50
K100C	3C15	290	220	913	256	713	200	820	100	9°21'	19°
	4C15			918	718						
K200C	7C15	350	263	1154	435	954		1060	120	6°52'	13°
K350C	9C15	440	263	1153	324	903	250	1005	150	9°09'	17°
	12C15			1163	334	913		1015	150	9°40'	16°
	13C15			1168	339	918		1020	150	9°33'	16°
K500C	19C15	515	320	1333	361	1083	250	1136	170	13°23'	21°
					353					13°57'	23°
	22C15	515		1343	349	1093		1146		15°59'	21°
		508			341					16°32'	23°
K700C	25C15	640	419	1465	420	1215	250	1320	210	12°25'	18°
	25CC15	609			454					11°45'	18°
	27C15	640		1465	438	1215		1320		11°33'	18°
		609			474					10°21'	16°
	31C15	640		1475	430	1225		1330		12°09'	18°
		609			464					11°30'	18°
K1000C		770	492	1548	490	1298	250	1400	240	15°59'	21°
		720			523					16°40'	21°
	37C15	770		1497	434	1247		1350		14°23'	20°
		720			467					15°20'	20°



Lisy K500F

Lis	Typ kabelu	ØA [mm]	ØB [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	L [mm]	α skut.	α pro x ≈ 50
K500F	13C15	565	364	1462	580	1212	250	840	150	9°41'	14°
	19C15			1433	551	1183		810	170	9°17'	13°

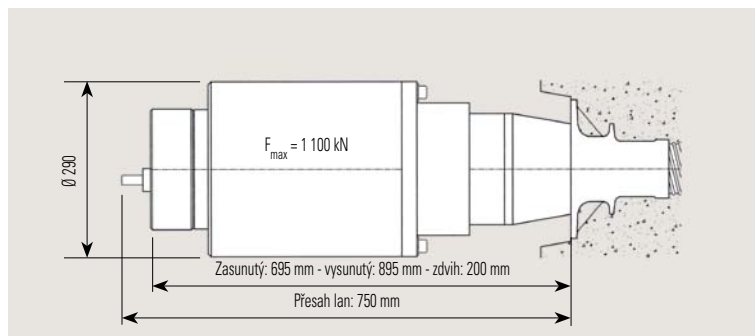


Lisy VP/C

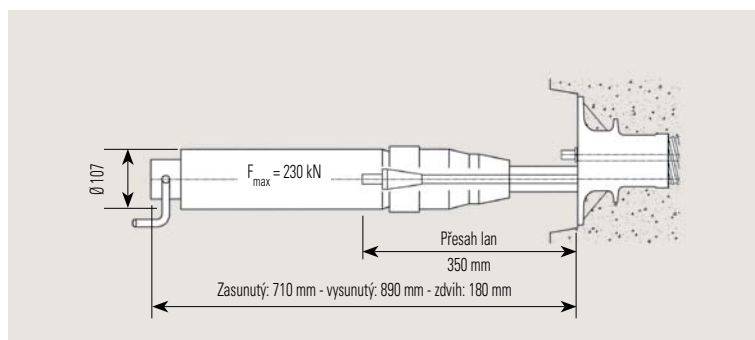
Lis	Typ kabelu	ØA [mm]	ØB [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	L [mm]	α skut.	α pro x ≈ 50
VP260C	7C15	375	270	1151	299	735	250	980	120	12°19'	21°
	13C15			1126	264	700		945	150	8°05'	19°
VP650C	19C15	560	395	1602	310	1052	300	1400	170	19°32'	28°
	31C15			1441	320	973		1410	210	12°20'	21°

Řada F

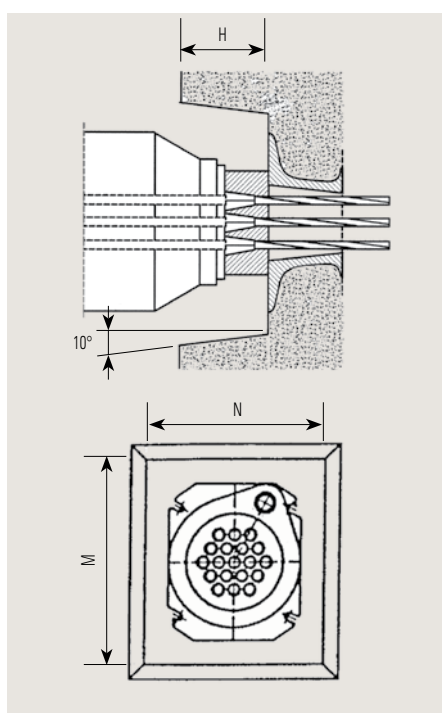
Předpínací kabely s kotvami 3F15, 4F15 a 5F15 mohou být napínány buď najednou za použití napínacího lisu K 100 nebo lano po lano pomocí jednolanové pistole M 23. Základní rozměry těchto napínacích lisů jsou na následujících obrázcích:



K 100



M 23



Definitivní zakrytí kotev - kapsy

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