

FKKフレシネー工法

問合せ先：F.K.K. 極東鋼弦コンクリート振興㈱ 〒104 東京都中央区銀座6-2-10(台同ビル) TEL.03-3571-8651

1. 工法の概要

古代技術にもその発芽が認められるプレストレスの概念を近代においてコンクリートに応用し、高張力鋼を用いたプレレストコンクリートの工業化を世界ではじめて確立したのは、フランスのユージン・フレシネーである。

FKKフレシネー工法は、このフレシネーの高度な技術思想を基本とし、フレシネー世界機構およびFKKに

よって研究開発された、コンクリート構造物および部材にプレストレスを導入する工法の総称である。本工法は現在、プレストレスされる構造物の60%以上が国の内外を問わず用いられている。

わが国におけるプレレストコンクリートの実用化は、昭和27年に極東鋼弦コンクリート振興㈱がフレシネー世界機構に参加し、技術導入を図るとともに、研究開発、普及に努めたことにより促進されたといえる。今日までに本工法で実施された工事件数は4万件以上を

表-1 FKKフレシネー工法テンドンユニット

システム	緊張材の 共通表示	緊張材の 呼称 (mm)	断面積 (mm ²)	単位質量 (kg/m)	引張荷重 (kN)	降伏点荷重 (kN)	定着具の 呼称	引張能力の 共通表示	シースの 標準内径 (mm)	緊張装置(標準)		
										ジャッキ	ポンプ	
マルチワイヤー	12W5A	12φ5	235.7	1.87	383	335	12φ5	40TON型	35	D型	SEP型	
	12W5B	12φ5	235.7	1.85	406	359	12φ5	40TON型	35	〃	〃	
	12W7A	12φ7	461.8	3.63	700	612	12φ7	70TON型	45	E型	〃	
	12W7B	12φ7	461.8	3.63	748	659	12φ7	80TON型	45	〃	〃	
	12W8A	12φ8	603.2	4.74	888	770	12φ8	95TON型	50	〃	〃	
	12W8B	12φ8	603.2	4.74	947	829	12φ8	95TON型	50	〃	〃	
	マルチストランド	7S12.4A	7T12.4	650.3	5.10	1 120	952	7T13	115TON型	55	S9型	〃
		7S12.7B	7T12.7	691.0	5.42	1 281	1 092	7T13	130TON型	55	〃	〃
		8S12.4A	8T12.4	743.2	5.83	1 280	1 088	8T13	130TON型	55	S8型	〃
		8S12.7B	8T12.7	789.7	6.19	1 464	1 248	8T13	150TON型	55	〃	〃
		12S12.4A	12T12.4	1 115	8.75	1 920	1 632	12T13M199 12T13M220	195TON型	95(70)	S6型	LEP型
		12S12.7B	12T12.7	1 185	9.29	2 196	1 872	12T13M199 12T13M220	225TON型	95(70)	〃	〃
12S15.2A		12T15.2(A)	1 664	13.21	2 880	2 448	12T15M294	290TON型	75(80)	SF型	〃	
12S15.2B		12T15.2(B)	1 664	13.21	3 132	2 664	12T15M319	320TON型	75(80)	〃	〃	
Vシステム	4S12.4A	4T12.4	371.4	371.6	640	544	4V13	65TON型	42	S10-V型	SEP型	
	4S12.7B	4T12.7	394.8	3.10	732	624	4V13	75TON型	42	〃	〃	
	7S12.4A	7T12.4	650.3	5.10	1 120	952	7V13	115TON型	55	S9-V型	〃	
	7S12.7B	7T12.7	691.0	5.42	1 281	1 092	7V13	130TON型	55	〃	〃	
	8S12.4A	8T12.4	743.2	5.83	1 280	1 088	8V13	130TON型	55	S8-V型	〃	
	8S12.7B	8T12.7	789.7	6.19	1 464	1 248	8V13	130TON型	55	〃	〃	
	12S12.4A	12T12.4	1 115	8.75	1 920	1 632	12V13	195TON型	65(70)	S6-V型	LEP型	
	12S12.7B	12T12.7	1 185	9.29	2 196	1 872	12V13	225TON型	65(70)	〃	〃	
	12S15.2A	12T15.2(A)	1 664	13.21	2 880	2 448	12V15	290TON型	75(80)	SF-V型	〃	
	12S15.2B	12T15.2(B)	1 664	13.21	3 132	2 664	12V15	320TON型	75(80)	〃	〃	
	モノグループシステム	27S12.4A	27T12.4	2 508	19.68	4 320	3 672	27K13	440TON型	95	K-500型	LLRP型
		27S12.7B	27T12.7	2 665	20.90	4 941	4 212	27K13	505TON型	95	〃	〃
19S15.2A		19T15.2(A)	2 635	20.92	4 560	3 876	19K15	465TON型	95	〃	〃	
19S15.2B		19T15.2(B)	2 635	20.92	4 959	4 218	19K15	505TON型	95	〃	〃	
37S12.7B		37T12.7	3 652	28.64	6 771	5 772	37K13	690TON型	105	K-800型	〃	
27S15.2B		27T15.2(B)	3 746	20.73	7 047	5 994	27K15	720TON型	105	〃	〃	
55S12.7B		55T12.7	5 429	42.57	10 065	8 580	55K13	1 000TON型	130	K-1 100型	〃	
37S15.2B		37T15.2(B)	5 132	40.74	9 657	8 214	37K15	985TON型	130	〃	〃	
シングルストランドシステム	1S12.7B	1T12.7	98.71	0.77	183	156	1T13	20TON型	26(28)	FK-33型	SEP型	
	1S15.2B	1T15.2(B)	138.7	1.10	261	222	1T15	30TON型	26(28)	〃	〃	
	1S17.8	1T17.8	208.4	1.65	387	330	1T18	40TON型	26(32)	〃	〃	
	1S19.3	1T19.3	243.7	1.93	451	387	1T19	50TON型	28(32)	FK-50型	〃	
	1S20.3	1T20.3	270.9	2.15	495	422	1T20	50TON型	35(38)	〃	〃	
	1S21.8	1T21.8	312.9	2.48	573	495	1T22	60TON型	35(38)	〃	〃	

数え、技術的、経済的な利点により広範囲の分野に利用されている。この間、プレストレストコンクリート技術者の育成と、本工法の安全施工を目的として、フレシネー技士資格認定制度の創設も行い、現在その有資格者は5500人を数え、斯界の技術力啓発に寄与するに至っている。

フレシネー工法には、PC鋼線またはPC鋼より線を12本束ねたマルチワイヤーシステム、マルチストランドシステムおよびVシステムと、複数本のPC鋼より線を用いるモノグループシステムなどがあり(図-1)、これらが代表的な定着システムである。

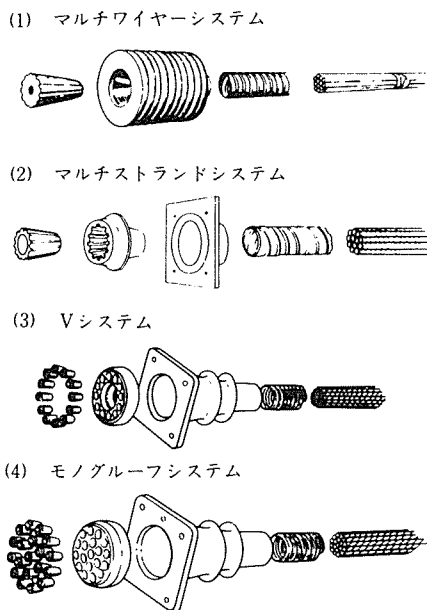


図-1 代表的定着システム

定着方式は、いずれのユニットもクサビ式で、本工法特有の緊張装置を用いて緊張・定着される。

また、本工法にはこれらのシステムのほかに、外ケーブルシステム、シングルストランドシステム、アンボンドシステムおよび斜張ケーブル用Hシステムが用意されている。

2. 緊張容量とPC鋼材

本工法で使用する緊張材はフレシネーケーブルと呼ばれ、PC鋼線およびPC鋼より線で構成される。

緊張容量は、マルチシステムで引張荷重406kN～3130kN、Vシステムで1918kN～3130kN、およびモノグループシステムで1119kN～9652kNである。表-1にPC鋼材と緊張力の一覧を示す。

3. 定着具

本工法のいずれのテンドンユニットの定着具(緊張・固定)も定着原理はクサビ式である。

各システムのケーブルは、鋼線などで補強されたモルタル製または鋼製のフレシネーコーンと呼ばれる定着具によって部材に定着される。モルタル製定着具はマルチワイヤーシステムのみで使用され、その他のシステムでは鋼製のものが使用される。

表-2に定着具の材質一覧を示す。

表-2 定着具の材質

種別	部品名	材質
マルチワイヤーシステム	雄コーン	鋼管で補強されたモルタル製品
	雌コーン	鋼線で補強されたモルタル製品
マルチストランドシステム	雄コーン	JIS G 4105 クロムモリブデン鋼鋼材SCM 421
	雌コーン	JIS G 4105 クロムモリブデン鋼鋼材SCM 435 またはSCM 440
	支圧板	JIS G 5502球状黒鉛鉄品2種 FCD 450
	コーンジョイント	JIS G 3141冷間圧延鋼板3種 SPCE
モノグループシステム	ウエッジ	JIS G 4103 ニッケルクロムモリブデン鋼鋼材 SNCM 420
	定着ブロック	JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材S45C またはS55C
Vシステム	ガイド	JIS G 5502 球状黒鉛鉄品2種FCD450
フープアップシステム	ウエッジ	JIS G 4103 ニッケルクロムモリブデン鋼鋼材 SNCM 420
	ブロック	JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材S45C

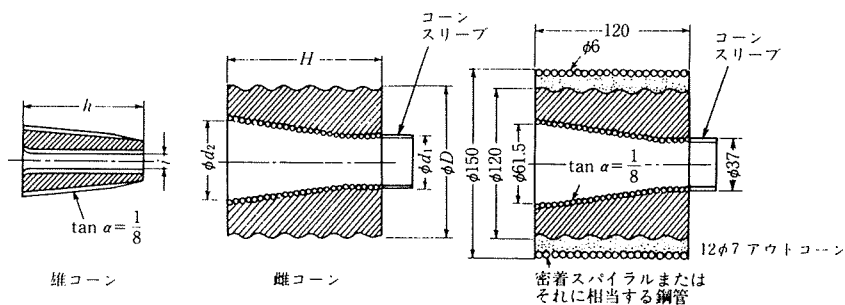


図-2 マルチワイヤー用定着具の形状 (単位:mm)

(1) マルチワイヤーシステム

マルチワイヤーシステムの定着具は、雄コーン、雌コーンより構成される(図-2)。雌コーンは、モルタル製の円筒状のブロックで、中央部に円錐状の孔を有し、外周部は支圧力強化のため波打ち成形されている。雄コーンは表面にPC鋼線12本が収まる溝を持つモルタル製円錐形クサビで、中央に鋼管を備えている。

ケーブル緊張・定着後、この鋼管を通してダクト内にグラウトが注入される。定着具は一般に部材に埋め込まれて使用されるが、アウトコーンとして埋め込まずに用いる場合もある。表-3にマルチワイヤー定着具寸法表を示す。

(2) マルチストランドシステム

マルチストランドシステム用定着具は、雄コーン、雌コーン、支圧板、コーンジョイントから構成される。雌コーンは、その中央部に円錐状の孔を有する

12T13M199タイプと、中央部円錐孔にPC鋼より線12本が収まる溝を持つ12T13M220、12T15M294 および12T15M319がある。(図-3, 4, 5)。定着具12T13M199および12T13M220は、PC鋼より線規格SWPR7Aおよび同7Bに共用されるが、12T15M294 はSWPR7A用、12T15M319は同7B用として使用される。

12T13M220はセット量の標準値が8mmで、12T13M199のセット量11mmより小さな構造としたところに特徴がある。また12T15M319とともに、ケーブルの構成本数が12本以下でも使用することができる。

雄コーンはマルチワイヤーシステムと同じ形状で、溝にはセレーションを設けてある。

(3) Vシステム

Vシステム用定着具は、ウェッジ、定着ブロックおよびガイドから構成される(図-6, 表-4)。

定着ブロックは種類により円周部に7~12個の円錐孔を有し、PC鋼より線がこの孔に挿通される。Vシステムはセット量の標準値が4~5mmと小さいので、比較的短いケーブルにも用いられる。

本システムには、低温じん性に優れた材料を使用した低温用定着具、12V13N、12V15Nがある。

表-3 マルチワイヤー用定着具の寸法 (単位:mm)

種別	D	H	i	d ₁	d ₂	h	質量
12φ5	96	100	8.2	32	46.8	74	2.6
12φ7	120	120	11.4	37	61.5	95	4.8
12φ8	150	125	11.4	44	70.0	105	8.4

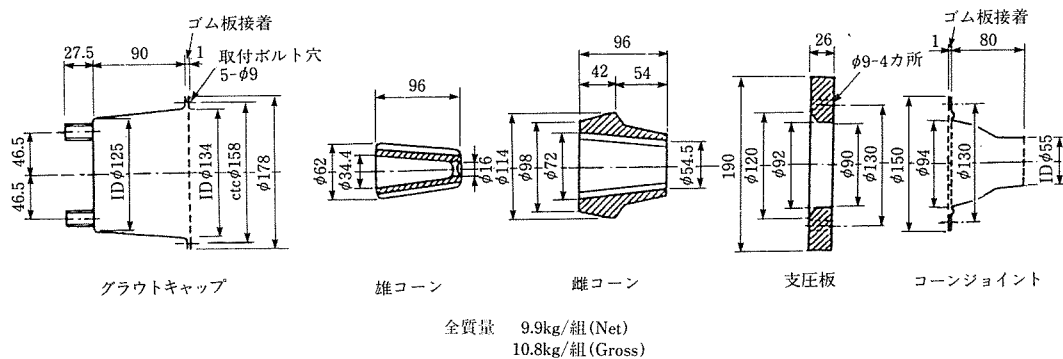


図-3 フレシネーコーン7T13M130

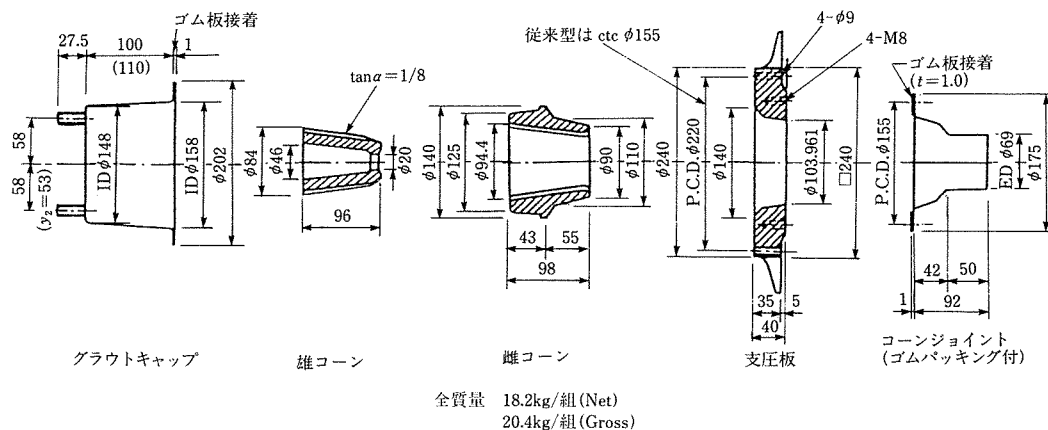
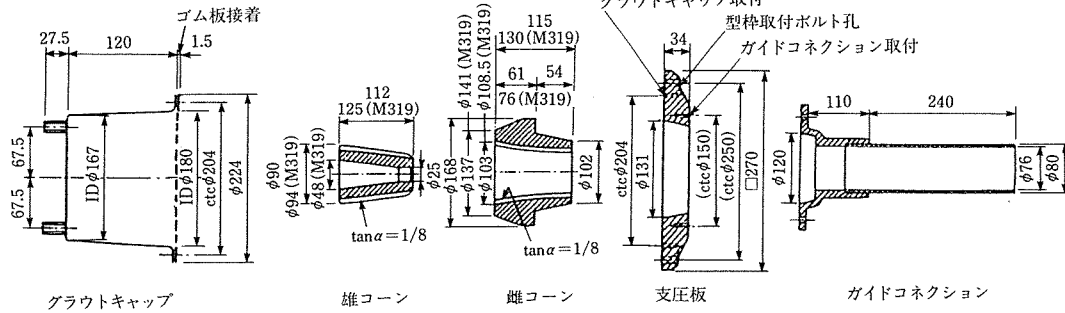


図-4 フレシネーコーン12T13 Model 220



M319はSWPR7BL用である

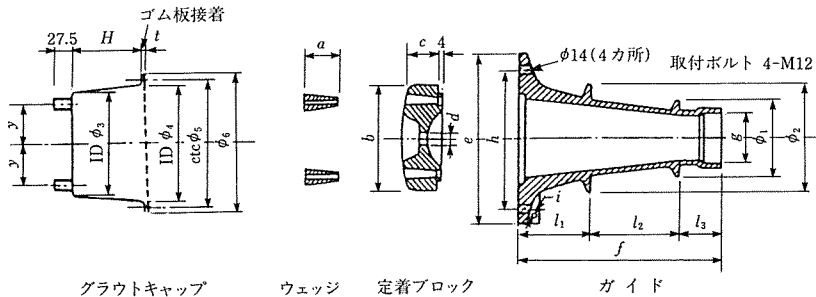
全質量 (M294)	(M319)
25.7kg/組	27.8kg/組 (Net)
28.4kg/組	30.7kg/組 (Gross)

図-5 フレシネーコーン12T15M294, M319

表-4 Vシステム用定着具の寸法

(単位:mm)

種別	φ1	φ2	ℓ1	ℓ2	ℓ3	a	b	c	d	e	f	g	f	質量(kg/組)
4V13	—	φ93	53	—	17	33	φ85	37	φ13	110×130	85	φ46	90	3.6
7V13	—	φ130	100	—	105	41	φ140	52	φ16	□190	205	φ59	120	11.9
8V13	—	φ130	100	—	105	41	φ140	52	φ16	□190	205	φ59	120	12.0
12V13	φ128	φ152	100	70	92	41	φ162	44	φ20	□220	262	φ79	180	18.8
12V15	φ147	φ188	135	95	94	51	φ198	51	φ20	□260	324	φ89	220	30.4



全質量 (12V13)	(12V15)
18.5kg/組	30.4kg/組 (Net)
21.3kg/組	33.2kg/組 (Gross)

図-6 12V13, 12V15用定着具の形状

(4) モノグループシステム

モノグループシステム用定着具は、ウェッジ、定着ブロック、ガイドで構成される(図-7, 表-5)。本システムは主に大容量 tendon に使用される。低温用定着具として19K15N, 27K15Nがある。

(5) フープアップシステム

フープアップシステム用定着具は、ウェッジとブロックからなり(図-8, 表-6), 円形構造物に定着用リブ

なしでプレストレスを与える場合(たとえばPCトンネル)などに用いられる。

表-5 モノグループシステム用定着具の寸法
ガイド寸法

	φ1	φ2	ℓ1	ℓ2	ℓ3
19K15 27K13	φ160	φ215	130	170	90
27K15 37K13	φ210	φ270	170	150	160

種別	a	b	δ	c	d	e	f	g	型枠取付 ボルト孔	グラウト 孔径	スパイラル 固定用孔	質量 (kg/組)
27K13 19K15	41 51	65	8	φ218	□340	360	φ100	265	φ18	φ25	φ20	53
37K13 27K15	41 51	80	5	φ280	□380	480	φ115	320	φ22	φ25	φ20	88
55K13 37K15	41 51	95	4	φ320	□450	500	φ140	350	φ26	φ25	φ20	126

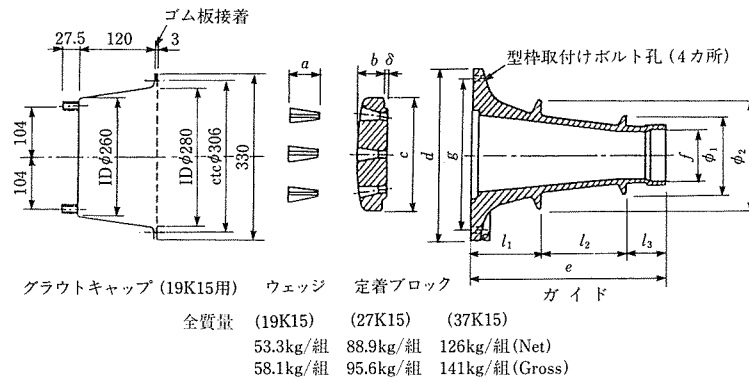


図-7 フレシネーモノグループシステム用定着具の形状

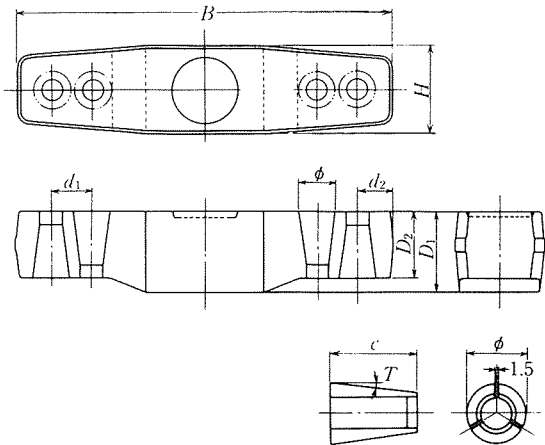


図-8 フープアップシステム用定着具の形状

表-6 ファーアップシステム用定着具の寸法

種別	B	H	D ₁	D ₂	d ₁	d ₂	C	φ
HU2T13	264	65	60	50	27	27	40	24
HU2T15	290	70	65	55	31	29	44	28
HU2T18	332	77	72	60	35	31	48	34
HU2T19	366	92	80	64	41	34	52	38
HU2T22	380	110	90	70	45	35	57	42

4. 固定定着具(デッドアンカー)

固定定着具としては、マルチワイヤーシステムはボタンヘッド方式を、マルチストランドシステムのうちコンプレッション型は圧着グリップ方式を用いている。

ボタンヘッド型固定定着具の形状・寸法を図-9、表-7に、モノグリップ型を図-10、表-8に、そしてエンドキャップ型を図-11、表-9に示す。

5. シース

本工法に用いるシースは、JIS G 3141 SPCC冷間圧延鋼板製である。標準的な内径を表-10に示す。

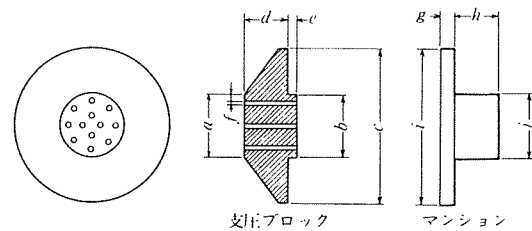


図-9 ボタンヘッド型固定定着具の形状(マルチワイヤーシステム用)

表-7 ボタンヘッド型固定定着具の寸法

種別	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j(φ)
D12 φ5	φ40	φ30	100	27	5	φ5.2	8.5	35	φ101	φ36
D12 φ7	φ52	φ50	140	33	7	φ7.2	8.5	35	φ140	φ50
D12 φ8	φ60	φ55	150	37	8	φ8.2	8.5	35	φ150	φ55

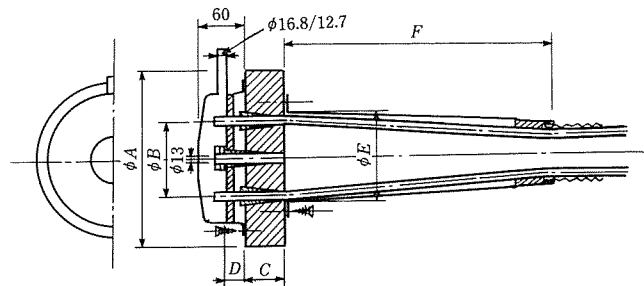


図-10 モノグリップ型固定定着具の形状(マルチストランドシステム用)

表-8 モノグリップ型固定定着具の寸法

種別	A	B	C	D	E	F	質量(kg/組)
D12T13M	240	102	55	24	125	378	24.4
D12T15M	290	128	65	24	148	450	39.0

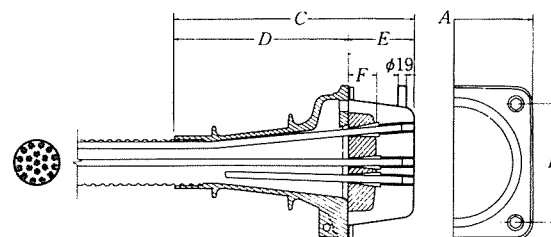


図-11 エンドキャップ型固定定着具の形状(Vシステムおよびモノグループシステム用)

表-9 エンドキャップ型固定定着具の寸法 (単位:mm)

種 別	A	B	C	D	E	F	G
D7K13E	160	135	318	230	88	47	55
D12V13E	220	180	392	262	130	45	105
D12V15E	260	220	494	354	140	55	115
D19K15E	340	265	540	390	150	65	125

表-10 シース内径

シ ス テ ム	構 成	シースの標準内径
マルチシステム	マルチワイヤー	12φ5~12φ8
	マルチストランド	12T12.4~12T15.2
V シ ス テ ム		12T12.4~12T15.2
モノグループシステム		7T12.4~37T15.2
フープアップシステム		2T15.2~ 2T21.8

6. 組立方法

マルチストランドシステムの定着具組立ての一例を図-12に示す。また、定着具の据付け固定方法を図-13に示す。

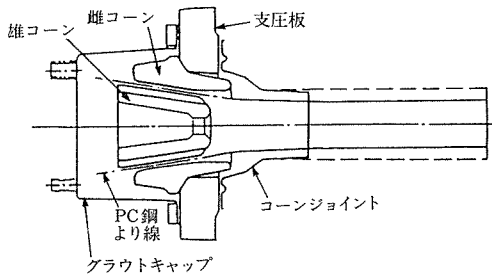


図-12 定着具の組立て

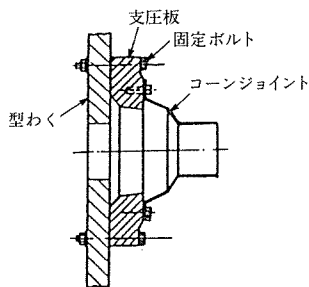


図-13 定着具の据付け固定方法

支圧板、コーンジョイントは、コンクリート打設前に型枠に取り付けておき、雌コーン・雄コーンは緊張時にセットする。

PC鋼材のシースへの挿入方法は、Ⅰ) 手動による方法、Ⅱ) ウィンチにより引き込む方法、Ⅲ) プッシングマシンにより押し込む方法、がある。これらの挿入作業は、コンクリート打設前または打設後のいずれかに行われる。

7. 緊張方法

緊張はフレシネージャッキおよびポンプによって行われる。

マルチシステムのジャッキは三働式であり、ポンプのバルブ操作でケーブルの緊張、雄コーンの圧入(定着)、ジャッキの自動脱楔を行うことができる(図-14)。マルチストランドシステムには、ロングケーブル(たとえば100mを超えるもの)の緊張を対象とした特殊ジャッキ——試験緊張用のS6-L型、継足し緊張用のS6-M型、SF-M型——も備えられている。

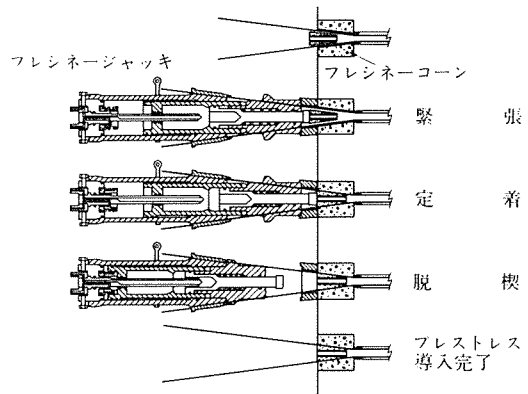


図-14 緊張作業

表-11, 12, 13に各システムに用いるフレシネージャッキの諸元を示す。表-14にポンプの諸元を示す。

また、プレストレスを与えてよい定着部付近のコンクリート圧縮強度を、一般の場合について表-15に示す。

表-16に各ユニットのセット量の標準値を示す。

表-11 代表的なマルチシステム用ジャッキの諸元

特性 \ 種類	D型	E型	S7型	S6-R型	SF-R型
最大緊張力 (tf)	35.2	82.1	92.6	180.0	281.2
最大ストローク (mm)	200	300	300	300	300
最大緊張圧力 (kgf/cm ²)	450	520	575	600	660
緊張受圧面積 (cm ²)	78.2	157.8	161.0	300	426.0
質量(ごみ含まず) (kg)	46	100	138	200	265
全長(座金を含む) (mm)	603	860	949	1 020	1 126
最大直径 (mm)	162	216	232	278	330

表-12 モノグループシステム用ジャッキの諸元

特性 \ 種類	K100	K500	K700	K1000
最大緊張力 (tf)	100	480	620	920
最大ストローク (mm)	200	250	250	250
最大緊張圧力 (kgf/cm ²)	653	630.0	630.0	630.0
緊張受圧面積 (cm ²)	153.4	766.0	980.0	1 431.0
全長(閉じた時) (mm)	534	800	950	1 000
シリンダー外径 (mm)	260	510	610	720
質量 (kg)	120	740	1 060	1 380

表-13 フープアップシステム用ジャッキの諸元

特性	種類	FTJ-60	FTJ-90
最大緊張力 (tf)		60.48	90.9
最大ストローク (mm)		120	120
最大緊張圧力 (kgf/cm ²)		1 158	1 158
受圧面積 (cm ²)		52.59	78.54
全 長 (mm)		320	320
質 量 (kg)		29.5	36.2

8. 接続方法

フレシナー工法のいずれのテンドンユニットも、接続具の定着具原理はクサビ式であるが、Vシステム用接続具は圧着グリップ方式を用いている。

図-15, 16, 17に、ケーブル接続具の形状および組立図を示す。

表-14 ポンプの諸元

特性	種類	SEP	LEP	PU	LLEP	HPE
最大出力 (kgf/cm ²)		800	800	700	750…50Hz	1 200
吐出量 (l/min)		1	2.3	2.2	5.2	0.65
タンク容量 (l)		20	40	20	60	20
電動機		1.5kW×200V×4P	3.7kW×200V×4P	2.2kW×200V×4P	7.5kW×200V×4P/8P	15kW×4P
質量(満タン時) (kg)		125	185	204	450	125
外径寸法(縦×横×高さ) (mm)		625×530×607	780×580×750	740×660×830	1 160×740×1 060	

表-15 緊張作業を行ってよいときの定着部付近のコンクリートの圧縮強度 (単位:N/mm²)

種 別		圧縮強度	備 考
マルチワイヤースystem	12φ5	22.6(230)	● 圧縮強度用供試体 φ100×200mm または φ150×300mm ● カッコ内数値の単位:kgf/cm ²
	12φ7	26.5(270)	
	12φ8	24.5(250)	
マルチストランドシステム V シ ス テ ム	4V13	26.5(270)	
	7T13, 7V13	26.5(270)	
	8T13, 8V13	26.5(270)	
	12T13, 12V13	26.5(270)	
	12T15, 12V15	28.4(290)	
モノグループシステム	19K15, 27K13	26.5(270)	
	27K15, 27K13	26.5(270)	
	37K15, 55K13	26.5(270)	
シングルストランドシステム	1T13, 1T15	24.5(250)	
	1T18, 1T19		
	1T20, 1T22		
アンボンドシステム	U1T13, U1T15 U1T18	20.6(210)	
	外ケーブルシステム	7E15, 12E15 19E15, 27E15 37E15	26.5(270)

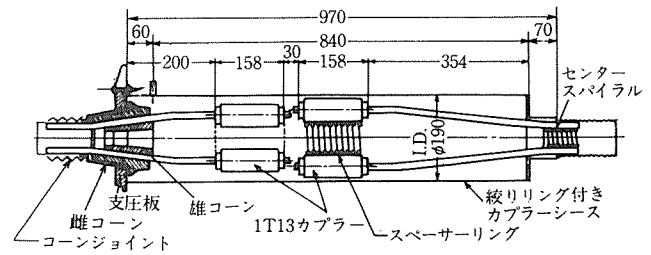


図-15 モノグリップ型カップラーによる接続(12T13)

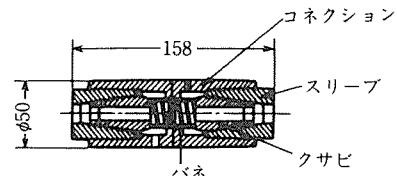


図-16 1T13カップラー

表-16 セット量の標準値

定着具の名称	セット量の標準値	定着具の名称	セット量の標準値
12φ5	4	12V15	5
12φ7	5	C12V15	5
12φ8	6	27K13	7
7T12.4, 8T12.4	7	19K15	7
7T12.7, 8T12.7	8	37K13	7
12T12.4M199	11	27K15	7
12T12.7M199	12	55K13	7
12T12.4M220	7	37K15	7
12T12.7M220	8		
12T15.2M294	11	1T13	3
12T15.2M319	11	1T15	3
4V13	4		
7V13, C7V13	4	1T18	3
8V13, C8V13	4	1T19	3.5
12V13	4	1T22	4
C12V13	4		

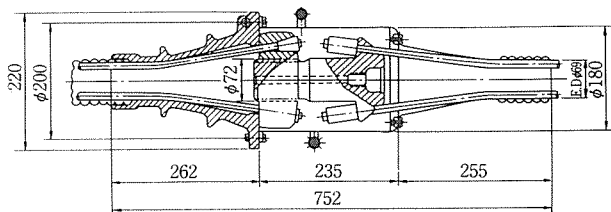


図-17 テンションロッドによる接続(C12V13T)

9. グラウト

フレシナー工法の各テンドンユニットを用いて構造物を施工するに際し、耐久性の面からもグラウト施工には十分な注意が必要である。配合の選定に当たっては、ノンブリージングで高粘性なグラウトを用いることが肝要であり、本工法ではブリージング抑制型混和剤コンベックス208ネオを混入するグラウトを推奨している。

グラウトの練り混ぜには、毎分800回転以上のグラウトミキサーを、注入にはFKK式手動または電動グラウトポンプを使用し、ダクト内をグラウトで充填し、付着と防錆を保つことで耐久性を保證する。

10. 備 考

1) FKKフレッシュ工法は、日本建築センターの評定

を取得している。

2) 本工法の詳細については、土木学会／プレストレストコンクリート工法設計施工指針、およびFKK／フレッシュ工法施工基準を参照のこと。