

1. 工法の概要

BBR工法は、当初BBRV工法としてスイスで開発されたPC鋼材の定着工法である。BBRV工法は、特許権を有し推進グループのメンバーであった、M.Birkenmair, A.Brandestini, M.R.Rosの3氏に加えて、この工法の発明者であるK.Vogt氏の頭文字をとって命名されたものである。

BBRV工法は、スイスにおいて、1952年3月17日付のスイス特許を取得し、日本において、1956年11月30日付で登録された。現在では、別のシステムを加えて総称してBBR工法と改称し、世界各国で広く利用されている。BBR工法には、ポストテンション用定着工法として、Vシステムとコナ・マルチシステムの2方式がある。

Vシステムは、主としてφ7mm PC鋼線束の各素線端に冷間加工により造られたボタンヘッドを、アンカーヘッドおよびナットまたはシムで定着するもので、数タイプの定着具と接続具がある。このシステムでは機械的で確実な定着と使用目的に応じたタイプの選定ができる特徴を有する。

コナ・マルチシステムは、アンカーヘッドの多数の円錐台形の孔とくさび形状のウェッジの集合体という意味の、Cone Anchor Multipleを略して、Cona-Multiシステムと称したものである。

このシステムの緊張材はPC鋼より線7本よりで、それぞれのより線をくさびを用いて定着するものである。定着時、独立した油圧機構でくさびを機械的に押し込み、精度の高い定着が行われる特徴を有する。さらに、接続

具やデッドアンカーにくさびとPC鋼より線端のボタンヘッドを併用することにより、コンパクトで確実な定着が確保できる。そのため、段階的にPC部材を打継いで施工する連続構造体（連続桁等）で、緊張材の接続部分が特に大きくなることもなく、設計施工上も有利である。Vシステムおよびコナ・マルチシステムの部品構成図を図-1に示す。

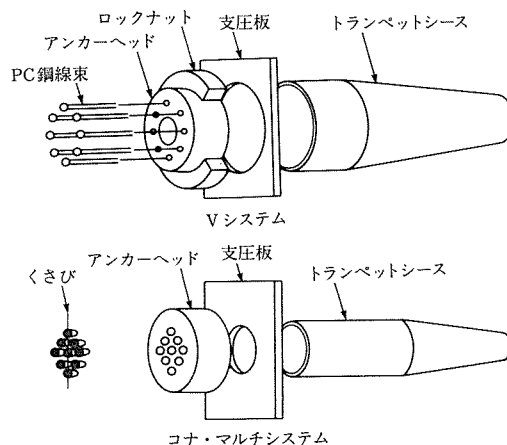


図-1 部品構成図

2. テンドン構成と緊張容量

VシステムではPC鋼線φ7mm (JIS G 3536 SWPRIBL)を用い、本数7～102本でテンドンを構成する。緊張容量は436kN～6355kN (45t～650t)の範囲で適用することができる。コナ・マルチシステムではPC鋼より線12.4mm, 12.7mm, 15.2mm (JIS G 3536 SWPR7BL)を用い、本数4～61本でテンドンを構成し、緊張容量は

表-1 Vシステムのテンドン構成と緊張容量、定着具の組合せ

使用 PC鋼材	緊張材の 共通表示	緊張材の 呼称	PC鋼材 本数	テンドン 断面積 (mm ²)	テンドン 質量 (kg/m)	緊張容量 (u.t.s.) (kN)	プレストレス力 (0.8Xu.t.s.) (kN)	引張能力の 共通表示	定着具の形式、呼称			
									緊張側		固定側	
									ナット	シム	支圧板型	分散型
PC鋼線 φ7mm (SWPRIBL) 54.9kN/62.3kN	7W7B	V-30	7	269.4	2.11	436	349	45TON型	—	A-30, L-30	—	—
	12W7B	V-50	12	461.8	3.62	748	598	75TON型	B-50	A50, L-30	F-50	S-50
	19W7B	V-80	19	731.1	5.74	1184	947	120TON型	—	A-80, L-80	—	—
	24W7B	V-110	24	923.5	7.25	1495	1196	150TON型	B-100	—	F-100	S-100
	31W7B	V-140	31	1193	9.36	1931	1545	195TON型	—	A-130, L-130	—	—
	34W7B	V-150	34	1308	10.27	2118	1695	215TON型	B-140	—	F-140	S-140
	42W7B	V-190	42	1616	12.68	2617	2093	265TON型	—	A-180, L-180	—	—
	48W7B	V-210	48	1848	14.50	2990	2392	300TON型	B-200	—	—	S-200
	52W7B	V-230	52	2001	15.70	3240	2592	330TON型	—	A-220, L-220	—	—
	61W7B	V-270	61	2347	18.42	3800	3040	390TON型	B-250	A-250, L-250	—	S-250
	82W7B	V-360	82	3155	24.76	5109	4087	520TON型	—	A-340, L-340	—	—
	102W7B	V-450	102	3925	30.80	6355	5084	650TON型	—	A-430, L-430	—	—

表-2 コナ・マルチシステムのテンドン構成と緊張容量, 定着具の組合せ

使用 PC鋼材	緊張材の 共通表示	緊張材の 呼称	PC鋼材 材 本 数	テンドン 断面積 (mm ²)	テンドン 質量 (kg/m)	緊張容量 (u.t.s.) (kN)	プレストレスング力 (0.8×u.t.s.) (kN)	引張能力の 共通表示	定着具の呼称 (アンカーヘッド)
PC鋼より線 7本より φ12.4mm (SWPR7AL) 136kN/160kN	7S12.4A	C5-80	7	650	5.10	1 120	896	115TON型	5C-7
	12S12.4A	C5-135	12	1 115	8.75	1 920	1 536	195TON型	5C-12
	19S12.4A	C5-215	19	1 765	13.85	3 040	2 432	310TON型	5C-19
	31S12.4A	C5-355	31	2 880	22.60	4 960	3 968	510TON型	5C-31
	42S12.4A	C5-480	42	3 902	30.62	6 720	5 376	680TON型	5C-42
	55S12.4A	C5-630	55	5 110	40.12	8 800	7 040	900TON型	5C-55
PC鋼より線 7本より φ12.7mm (SWPR7BL) 156kN/183kN	7S12.7B	C5-90	7	691	5.42	1 281	1 025	130TON型	5C-7
	12S12.7B	C5-155	12	1 185	9.29	2 196	1 757	225TON型	5C-12
	19S12.7B	C5-250	19	1 876	14.71	3 477	2 782	360TON型	5C-19
	31S12.7B	C5-405	31	3 060	23.99	5 673	4 538	580TON型	5C-31
	42S12.7B	C5-550	42	4 146	32.51	7 686	6 149	790TON型	5C-42
	55S12.7B	C5-720	55	5 429	42.57	10 065	8 052	1 030TON型	5C-55
PC鋼より線 7本より φ15.2mm (SWPR7BL) 222kN/261kN	61S12.7B	C5-800	61	6 021	47.21	11 163	8 930	1 140TON型	5C-61
	4S15.2B	C6-75	4	555	4.40	1 044	835	105TON型	6C-4
	7S15.2B	C6-130	7	971	7.71	1 827	1 462	185TON型	6C-7
	12S15.2B	C6-225	12	1 664	13.21	3 132	2 506	320TON型	6C-12
	19S15.2B	C6-355	19	2 635	20.92	4 959	3 967	510TON型	6C-19
	31S15.2B	C6-575	31	4 300	34.13	8 091	6 473	820TON型	6C-31
	37S15.2B	C6-690	37	5 132	40.74	9 657	7 726	980TON型	6C-37
	42S15.2B	C6-720	42	5 825	46.24	10 962	8 770	1 120TON型	6C-42

1 040kN～11 116kN (105t～1 140t) の範囲で適用することができる。テンドン構成と緊張容量および定着具の組合せをまとめ、Vシステムについては表-1に、コナ・マルチについては表-2に示す。

3. 定着具

Vシステムの定着具の形状と寸法を図-2～6、表-3～7に、コナ・マルチシステムの定着具の形状と寸法を図-7、表-8に示す。また定着具および接続具の材質を表-9および表-10に示す。

定着具の最小配置間隔は図-8に示すとおりである。また、定着部の標準的な補強方法をVシステムの場合を図-9に、コナ・マルチシステムの場合を図-10に示す。なお、低強度コンクリート ($\sigma_{CK}=20 \text{ N/mm}^2$) 用として、スパイラル筋を2個ダブらせて通常の定着具を使用する例として、VシステムB型定着具の場合を図-11に示す。

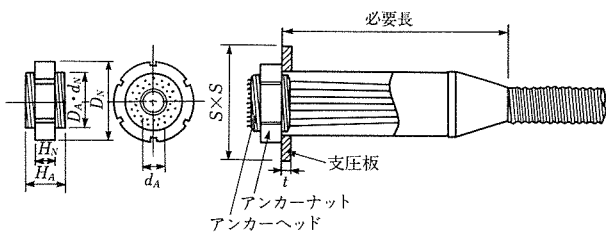


図-2 緊張定着具B型

表-3 緊張定着具B型

(単位:mm)

定着具呼称	アンカーヘッド			アンカーナット			支圧板	
	D_A	d_A	H_A	D_N	d_N	H_N	S	t
B-50	80	42	50	110	80	30	160	16
B-100	115	52	80	155	115	40	220	22
B-140	130	62	90	180	130	50	260	27
B-200	170	82	110	225	170	65	335	34
B-250	185	92	120	248	185	74	365	38

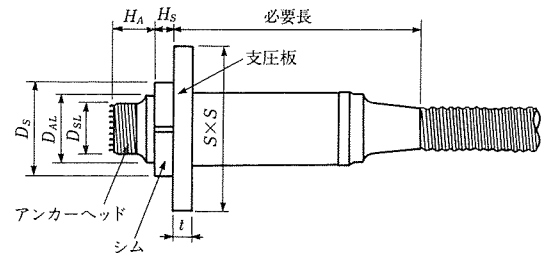


図-3 緊張定着具L型

表-4 緊張定着具L型

(単位:mm)

定着具呼称	アンカーヘッド			シム		支圧板	
	D_{AL}	d_{AS}	H_A	D_S	H_{Smin}	S	t
L-30	49	46	38	84	25	170	14
L-50	66	59	44	106	30	170	14
L-80	81	69	56	126	35	200	18
L-130	102	83	68	152	40	245	25
L-180	120	95	78	172	45	285	30
L-220	132	104	85	191	50	315	35
L-250	145	114	96	211	60	345	40
L-340	164	128	115	239	65	400	50
L-430	184	146	130	270	75	450	60

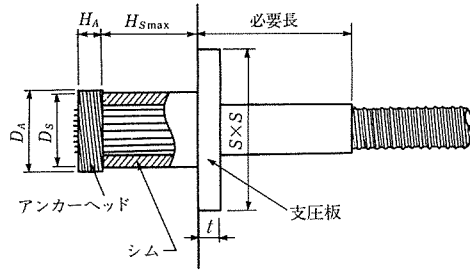


図-4 緊張定着具A型

表-6 緊張定着具A型 (単位:mm)

定着具呼称	アンカーヘッド		シム		支圧板	
	D_A	H_A	D_S	H_{max}	S	t
A-30	60	25	63	200	140	15
A-50	77	27	80	200	170	20
A-80	94	36	101	200	200	25
A-130	114	43	121	200	235	30
A-180	132	49	140	250	270	40
A-220	144	56	152	250	300	45
A-250	158	67	165	250	330	50
A-340	185	78	203	350	380	60
A-430	210	85	229	350	430	70

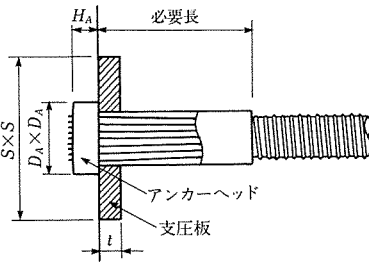


図-5 固定定着具F型

表-6 固定定着具F型 (単位:mm)

定着具呼称	アンカーヘッド		支圧板	
	D_A	H_A	S	t
F-50	100	20	160	16
F-100	140	25	220	22
F-140	170	40	260	27

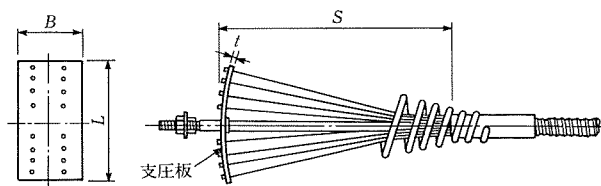


図-6 固定定着具S型

表-7 固定定着具S型 (単位:mm)

定着具呼称		支圧板			S
		B	L	t	
SL (帯形)	SL-50	80	400	12	600
	SL-100	80	560	12	700
	SL-140	120	560	12	750
	SL-200	180	560	12	960
	SL-250	200	600	12	1010
SR (長方形)	SR-50	140	180	12	550
	SR-100	160	300	12	550
	SR-140	180	360	12	650
	SR-200	240	420	12	900
	SR-250	270	450	12	1000

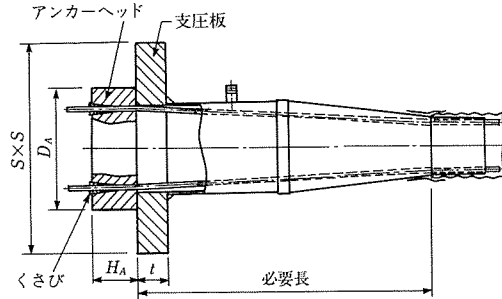


図-7 コナ・マルチシステムの場合の緊張定着具

表-8 コナ・マルチシステムの場合の緊張定着具 (単位:mm)

定着具呼称	アンカーヘッド		支圧板	
	D_A	H_A	S	t
5C-7	115	50	200	20
5C-12	150	50	265	28
5C-19	185	65	330	40
5C-31	230	80	425	60
5C-42	290	95	490	65
5C-55	325	110	590	80
5C-61	345	115	590	85
6C-4	115	55	180	16
6C-7	150	55	240	22
6C-12	185	65	315	35
6C-19	230	80	395	50
6C-31	290	95	510	70
6C-37	310	105	580	85
6C-42	345	110	600	90

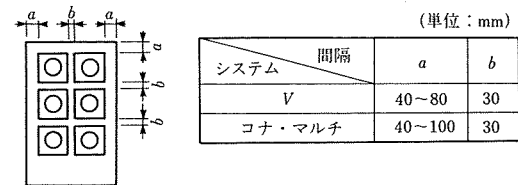


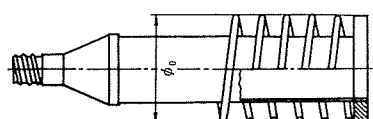
図-8 定着具の配置間隔

表-9 定着具および接続具の材質[Vシステム]

部品名	緊張定着具						固定定着具		接続具		材質(JIS番号)
	B型	L型	A型	F型	S型	K _b 型	k _d 型				
アンカーヘッド	○	○	○	○				○		S45C(G4051)またはSCM435(G4105)	
アンカーナット	○									S45C(G4051)またはSCM435(G4105)	
支圧板	○	○	○	○	○					SS400(G3101)	
シム		○	○							SS400(G3101)	
接続ヘッド								○		S45C(G4051)またはSCM435(G4105)	
カップリングバー								○		SCM415(G4105)	
カップリングスリーブ								○		S45C(G4051)またはSCM435(G4105)	

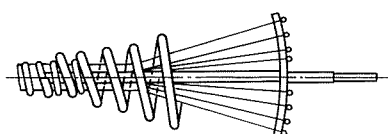
表-10 定着具および接続具の材質[コナ・マルチシステム]

部 品 名	定着具		接続具	材質(JIS番号)
	一般用	シム定着用		
く さ び	○	○	○	SCM 415 (G4105)
アンカーヘッド	○	○		S45C (G4051)またはSCM435 (G4105)
接 続 ヘ ッ ド			○	S45C (G4051)またはSCM435 (G4105)
支 圧 板	○	○		SS400 (G3101)
シ ム		○		SS400 (G3101)
カップリングスリーブ			○	S45C (G4051)またはSCM435 (G4105)



(注) ϕ_0 は支圧板の一边と等しい。

(a) A, B, F, L型用



(b) S型用

図-9 Vシステムにおける定着部周辺の補強

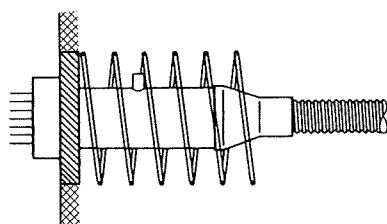


図-10 コナ・マルチシステムにおける定着部周辺の補強

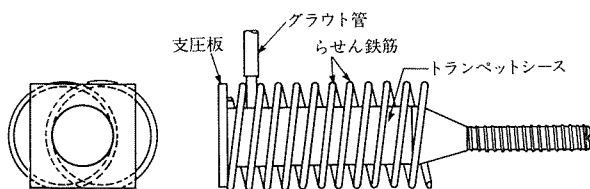


図-11 VシステムB型定着具の低強度定着具筋

4. シ ー ス

シースの寸法は、表-11にVシステムの場合を表-12に、コナ・マルチシステムの場合、それぞれの内径寸法の最小、最大のものを示しておく。

表-11 Vシステムのシーソ内径 (単位:mm)

緊張材の呼称	コンクリート打設前にPC鋼線を挿入する場合		コンクリート打設後にPC鋼線を挿入する場合	
	V-30	V-430	V-30	V-430
$\phi 7\text{mm}$	35	100	45	120

表-12 コナ・マルチシステムのシーソ内径 (単位:mm)

緊張材の呼称	コンクリート打設前にPC鋼より線を挿入する場合	コンクリート打設後にPC鋼より線を挿入する場合
$\phi 12.4\text{mm}$ および $\phi 12.7\text{mm}$	C5-80/90 C5-695/800	50 140
$\phi 15.2\text{mm}$	C6-75 C6-720	45 140

5. PC鋼材の加工(Vシステム)

(1) PC鋼材の切断

- 1) PC鋼材の切断長は、緊張時の伸び量やボタンヘッドの製作必要長を考慮して決定する。
- 2) PC鋼材は、一定条件のもとに直線で長さを計測し正確に切断する。

(2) PC鋼材の製頭(ボタンヘッドニング)

- 1) 定着のためのボタンヘッドの加工は、所定のヘッドニングマシンにより行う。
- 2) ボタンヘッドニングに先立ち、試験片によりボタンヘッドの試験加工を行い、表-13に示すボタンヘッドの形状寸法の範囲にあることを確認する。

表-13 ボタンヘッドの形状寸法(Vシステム) (単位:mm)

頭の径 D	頭の高さ H	頭の径 D 頭の径 D 頭の径 D
10.3~10.9	6.7~7.7	頭の径 D 頭の径 D 頭の径 D

6. テンドンの配置

(1) Vシステム

Vシステムのテンドンは、シーソ中にPC鋼材を通し両端にアンカ-ヘッドを装着してボタンヘッドを施した状態で、ケーブルユニットとして現場に搬入される。ケーブル端部の定着具は、緊張後にアンカーヘッドが所定の位置にくるよう、仮締めボルトで堅固に固定する(図-12)。

(2) コナ・マルチシステム

コナ・マルチシステムのテンドンは、柔軟なワイヤ

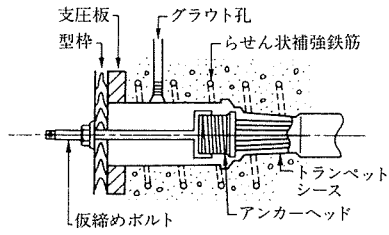


図-12 仮締めボルト

ロープに tendon を連結し、手動または電動ウィンチによりシース中に引き込んで設置する。PCケーブル端と柔軟なワイヤーロープの連結には、PC鋼より線を束ねるためのワイヤーネットあるいは金属製ヘッドが用いられる。PCケーブルの挿入を押し込み方式で行う場合は、プッシュスルーマシンを用いる。

7. 緊張方法

緊張装置は、油圧により作動するセンターホールジャッキ、電動油圧ポンプ、圧力計等を用いる。これらは特定されたものではない。その一例をVシステムについては図-13に、コナ・マルチシステムについては図-14に示す。

また、コナ・マルチシステムにより tendon を定着する場合の標準セット量を表-14に示す。

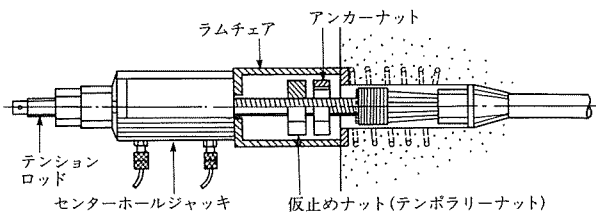


図-13 Vシステム用緊急ジャッキの例

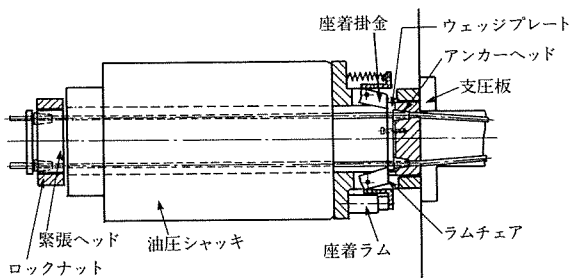


図-14 コナ・マルチシステム用緊急ジャッキの例

表-14 コナ・マルチシステムのセット量 (単位:mm)

くさびの分割数	3枚	2枚
PC鋼より線		
12.4mm, 12.7mm	5	7
15.2mm	7	8

8. 接続方法

接続具には、緊張された定着具にさらに tendon を延長するための定着接続具と、緊張されていない tendon を単に延長していくための一般接続具とがある。

接続方法としては、カップリングバーで接続する場合と、カップリングスリーブで接続する場合がある。

Vシステムおよびコナ・マルチシステムの定着接続の例を図-15~17に示す。なお、コナ・マルチシステムの接続 tendon 端もボタンヘッドを設け、各々のより線がくさびから脱落するのを防いでいる。

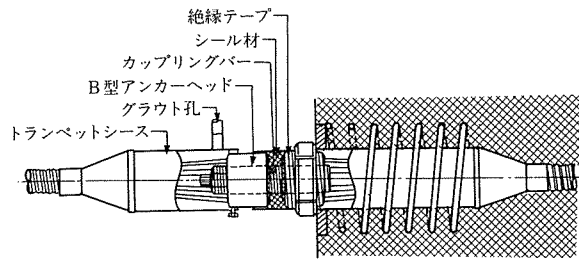


図-15 Vシステム用定着接続具K_b型

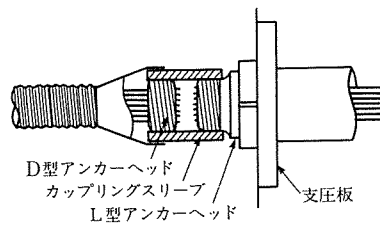


図-16 Vシステム用定着接続具K_d型

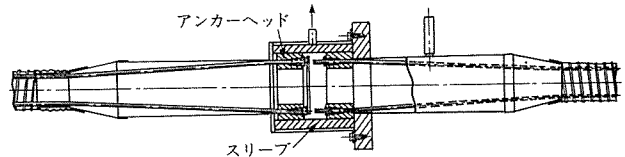


図-17 コナ・マルチシステム用定着接続具K_c型

9. 備考

BBR工法による tendon の定着施工法の詳細については、プレストレストコンクリート工法設計施工指針 (土木学会、コンクリート・ライブラリー第66号, 179頁~222頁) を参照下さい。