

COPITA-Pretensioned and Reinforced Spun High Strength Concrete Piles

COPITAが仕様統一した、COPITA型PRC杭

# CPRCノパイル

85N/mm<sup>2</sup>

社団法人 コンクリートパイル建設技術協会

# CPRCパイル (85N/mm<sup>2</sup>)

## はじめに

CPRCパイルとは、COPITAが仕様を統一した高強度プレストレスト鉄筋コンクリート杭（PRC杭）で、新しいせん断耐力式を取り入れた耐震性を有する杭です。

CPRCパイルのせん断補強筋としてのスパイラル鉄筋には、高強度鉄筋（建築基準法第37条第二号の規定に適合する大臣認定品）を使用できるものとしており、構造細目を見直すことでせん断破壊を先行させない設計が可能です。

## CPRCパイルの特徴

### ① 大きな曲げ耐力

コンクリートの基準強度は85N/mm<sup>2</sup>でPC鋼材と異形棒鋼が配置されているので、高軸力・高曲げ耐力を有しています。

### ② 耐久性に優れる

プレストレスが導入されているので、地震力による一時的な曲げひび割れが生じて、長期荷重時にはひび割れが閉じるので耐久性に優れています。

### ③ 大きな変形性能とせん断耐力

「道路橋示方書Ⅳ」に規定されている ( $\rho_s \cdot \sigma_y \geq 2.45$ ) を満足するスパイラル鉄筋を配置しているため、変形性能およびせん断耐力が大きく、せん断破壊が先行しにくい構造です。

### ④ CPRC同士の接続が可能

R型の継手金具を使用することでCPRCパイル同士の接続が可能です。

## 仕様概要

### 【寸法】

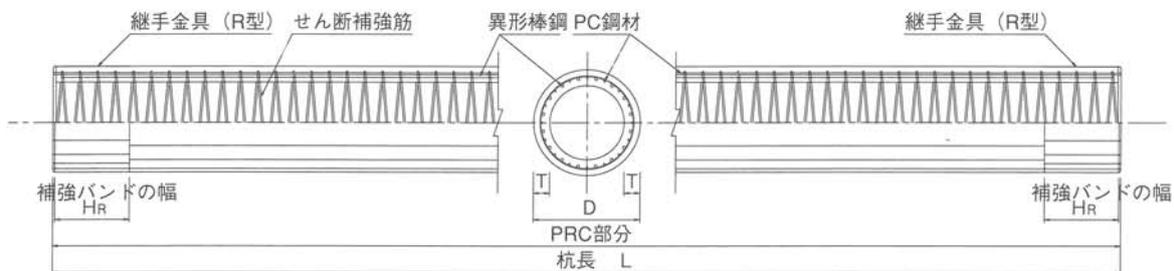
外径	φ300～1000mm
PC鋼材径	10.0mm、11.2mm
異形棒鋼径	D13～D29（SD345材）
杭長	4～15m

### 【許容応力度・許容値】

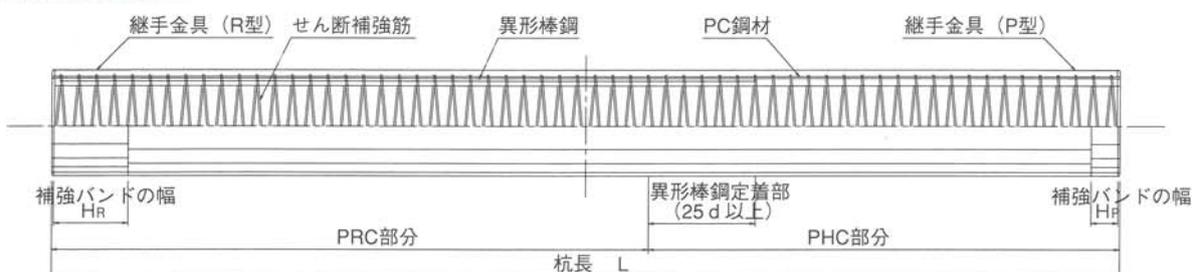
スパイラル鉄筋の基準強度	345～785N/mm <sup>2</sup>
コンクリートの設計基準強度	85N/mm <sup>2</sup>
コンクリートの許容圧縮応力度	長期=24N/mm <sup>2</sup>
	短期=48N/mm <sup>2</sup>
異形棒鋼の許容引張応力度	長期=215N/mm <sup>2</sup> （D29は195）
	短期=345N/mm <sup>2</sup>
曲げひび割れ幅の許容値	長期≤0.1mm
	短期≤0.3mm

## CPRCパイルの構造図

### ■全長PRC杭の場合



### ■部分PRC杭の場合



CPRCパイロ標準性能表 (85N/mm<sup>2</sup>)

外径 D (mm)	種類	厚さ T (mm)	PC鋼材			異形棒鋼 (SD345)			換算 断面積 A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )	換算断面 二次モーメント I <sub>e</sub> (×10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> )	有効 プレストレス σ <sub>ce</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	せん断補強筋の一例				基準ひび割れ 曲げモーメント M <sub>cr</sub> (kN・m)	設計曲げモーメント		
			呼び名 (mm)	本数 (本)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	呼び名	本数 (本)	断面積 (mm <sup>2</sup> )				345N/mm <sup>2</sup>		785N/mm <sup>2</sup>			長期許容 M <sub>al</sub> (kN・m)	短期 M <sub>sl</sub> (kN・m)	
												呼び名	ピッチ (mm)	標準線径 (mm)	ピッチ (mm)				
300	I	60	10.0	6	471	D13	6	760	50200	38112	6.7	D6	70	5.0	100	34	35		
	II					D16		1192	51900	39240						6.5	34	37	
	III					D19		1719	54000	40562						6.3	35	39	
	IV					D22		2323	56400	42011						6.1	35	41	
350	I	60	10.0	7	550	D13	7	887	60400	65906	6.5	D6	55	5.0	80	49	51		
	II					D16		1390	62400	67861						6.3	50	54	
	III					D19		2006	64900	70169						6.1	51	57	
	IV					D22		2710	67700	72720						5.9	52	61	
400	I	65	10.0	8	628	D13	8	1014	75000	108440	6.1	D6	50	5.0	70	68	72		
	II					D16		1589	77300	111360						5.9	69	76	
	III					D19		2292	80100	114830						5.7	70	81	
	IV					D22		3097	83300	118670						5.5	71	85	
450	I	70	10.0	10	785	D13	10	1267	91800	170660	6.2	D10	100	6.0	90	96	102		
	II					D16		1986	94700	175550						6.0	98	107	
	III					D19		2865	98200	181370						5.8	99	114	
	IV					D22		3871	102200	187860						5.6	101	121	
500	I	80	10.0	12	942	D13	12	1520	115400	262770	5.9	D10	90	6.0	80	130	139		
	II					D16		2383	118900	269980						5.8	133	147	
	III					D19		3438	123100	278580						5.6	135	156	
	IV					D22		4645	127900	288200						5.4	137	166	
600	I	90	10.0	16	1256	D13	16	2027	157300	525890	5.8	D10	75	6.0	65	216	231		
	II					D16		3178	161900	540200						5.7	220	245	
	III					D19		4584	167600	557360						5.5	223	260	
	IV					D22		6194	174000	576620						5.3	227	277	
700	I	100	11.2	16	1600	D13	16	2027	203000	936940	5.7	D10	60	7.5	90	327	345		
	I'					D19		8	2292	204100						940810	5.7		
	II					D22		8	3097	207300						954370	5.6		
	II'					D16		16	3178	207600						956960	5.6		
	III					D19		16	4584	213200						981040	5.5		
	IV					D22			6194	219700						1008100	5.4		
	V					D25			8107	227300						1039900	5.2		
VI	D29	10278	236000	1075200	5.0														
800	I	110	11.2	18	1800	D13	18	2281	254800	1552100	5.2	D10	55	7.5	75	454	485		
	I'					D19		9	2579	256000						1558000	5.2		
	II					D22		9	3484	259600						1578400	5.1		
	II'					D16		18	3575	259900						1582000	5.1		
	III					D19		18	5157	266300						1618100	5.0		
	IV					D22			6968	273500						1658700	4.9		
	V					D25			9121	282100						1706400	4.7		
	VI					D29			11563	291900						1759800	4.6		
900	I	120	11.2	20	2000	D13	20	2534	312200	2426900	4.8	D13	85	7.5	70	609	653		
	I'					D19		10	2865	313500						2435500	4.7		
	II					D22		10	3871	317500						2464600	4.7		
	II'					D16		20	3972	317900						2469500	4.7		
	III					D19		20	5730	325000						2521000	4.6		
	IV					D22			7742	333000						2579200	4.5		
	V					D25			10134	342600						2647500	4.4		
	VI					D29			12848	353400						2724000	4.2		
1000	I	130	11.2	24	2400	D13	24	3041	377100	3642400	4.7	D13	75	7.5	60	816	877		
	I'					D19		12	3438	378700						3655500	4.7		
	II					D22		12	4645	383500						3699100	4.7		
	II'					D16		24	4766	384000						3706200	4.7		
	III					D19		24	6876	392400						3783300	4.6		
	IV					D22			9290	402100						3870600	4.5		
	V					D25			12161	413600						3973300	4.3		
	VI					D29			15418	426600						4088400	4.2		

(注) 1. CPRCパイロの曲げ性能などは、PC鋼材の配置半径を壁厚の中心と仮定して算定しています。したがって、鋼材の配置半径やせん断補強筋(スパイラル筋)の仕様等が若干異なっている場合があります。  
 2. 杭径700~1000mmのI種、II種については、異形棒鋼の断面積を若干大きくしたI'種、II'種としても良いものとしています。ただし、I'種、II'種の曲げ性能などはI種、II種と同様です。  
 3. せん断補強筋の仕様は、基準強度(短期許容応力度)345~785N/mm<sup>2</sup>の範囲内で、道路橋示方書IVに定めるρ<sub>s</sub>・σ<sub>y</sub>≥2.45を満足するように自由に定めています。

## 【PHC部 (85N/mm<sup>2</sup>)】

径 (mm)	長さ (m)	長期許容せん断力 Q <sub>al</sub> (kN)	短期許容せん断力 (N=0) Q <sub>as</sub> (kN)			せん断耐力 (N=0) Q <sub>u</sub> (kN)			単位質量 (t/m)	換算断面積 A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )	換算断面二次モーメント I <sub>e</sub> (×10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> )	有効プレストレス σ <sub>ce</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	設計曲げモーメント (N=0)		せん断耐力 (N=0)	
			せん断スパン比			せん断スパン比							ひび割れ M <sub>cr</sub> (kN・m)	破壊 M <sub>u</sub> (kN・m)	短期許容 Q <sub>a</sub> (kN)	破壊 Q <sub>u</sub> (kN)
			1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0								
102	80	163	124	104	244	186	155	0.122	47100	35964	7.1	35	77	94	123	
116	81	171	130	108	257	195	162	0.124								
132	83	180	135	112	269	203	168	0.127								
149	85	187	141	116	281	211	174	0.130								
145	94	196	151	127	294	227	191	0.147								
165	95	206	158	132	308	237	199	0.149								
188	97	215	164	137	323	246	206	0.153								
213	100	224	170	142	337	255	213	0.156								
194	113	237	184	156	356	276	234	0.183								
220	114	249	192	162	374	288	243	0.186								
251	116	261	200	168	391	300	251	0.190								
285	118	271	207	173	407	310	259	0.194								
275	139	294	229	195	441	343	292	0.224								
313	141	309	239	202	463	358	303	0.228								
357	144	323	248	209	484	372	313	0.232								
405	147	336	257	215	504	385	323	0.237								
368	172	363	282	239	544	423	359	0.282								
418	175	381	294	249	572	442	373	0.287								
478	178	399	306	257	598	459	386	0.292								
543	182	415	317	266	622	476	398	0.299								
597	232	505	394	335	758	591	503	0.385								
680	237	531	411	348	796	617	522	0.391								
778	241	555	427	360	832	641	540	0.399								
885	245	577	442	371	865	664	557	0.407								
848	297	655	513	439	982	770	658	0.500								
940	300	682	532	453	1023	798	679	0.506								
1068	306	713	553	468	1069	829	703	0.514								
1201	312	740	571	482	1110	857	724	0.522								
1351	317	767	589	496	1150	884	744	0.532								
1517	323	792	606	508	1189	910	763	0.544								
1113	358	820	644	551	1229	966	827	0.632								
1235	362	853	667	569	1280	1000	853	0.638								
1404	368	892	693	588	1337	1039	883	0.647								
1582	374	925	716	606	1388	1074	909	0.656								
1786	378	958	738	622	1438	1107	933	0.668								
2008	387	991	760	639	1487	1141	958	0.680								
1413	423	1001	788	676	1501	1183	1014	0.777								
1570	428	1042	816	697	1563	1224	1046	0.784								
1787	434	1088	848	721	1632	1271	1081	0.794								
2015	440	1129	876	742	1694	1313	1113	0.805								
2279	448	1170	904	763	1755	1355	1144	0.817								
2569	452	1208	929	782	1813	1394	1173	0.832								
1890	508	1218	960	824	1827	1440	1236	0.939								
2102	516	1269	995	851	1903	1493	1277	0.948								
2393	524	1325	1034	880	1987	1550	1320	0.959								
2700	531	1375	1067	905	2062	1601	1358	0.972								
3054	535	1423	1100	929	2134	1649	1394	0.987								
3444	546	1471	1132	954	2206	1698	1431	1.004								
194900	900590	5.9	345	666	357	468										
245600	1498000	5.4	483	872	436	574										
302100	2350000	4.9	648	1105	519	685										
364900	3527600	4.9	875	1478	626	827										

も曲げ性能、せん断性能などは本表に定める値に統一しています。  
 することになっています。

# せん断耐力式

## ●長期許容せん断力 $Q_{al}$ (kN)

$$Q_{al} = \frac{2 \times T \times I_e}{S_o \times 1000} \times \tau_{max} = \frac{T \times I_e}{S_o \times 1000} \times \sqrt{(\sigma_g + 2 \times \sigma_d)^2 - \sigma_g^2}$$

$\tau_{max}$  (N/mm<sup>2</sup>) : 最大せん断応力度

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \times \sqrt{(\sigma_g + 2 \times \sigma_d)^2 - \sigma_g^2}$$

$T$  (mm) : 杭の厚さ  
 $I_e$  (mm<sup>4</sup>) : 杭の中立軸に対する換算断面二次モーメント  
 $S_o$  (mm<sup>3</sup>) : 杭の中立軸より片側にある杭断面の中立軸に対する断面一次モーメント  
 $S_o = \frac{2}{3} \times (r_o^3 - r_i^3)$

$\sigma_g$  (N/mm<sup>2</sup>) : 軸方向応力度

$$\sigma_g = \sigma_{ce} + \frac{N}{A_e}$$

$\sigma_d$  (N/mm<sup>2</sup>) : コンクリートの長期許容斜め引張り応力度

$$\sigma_d = 1.2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$\sigma_{ce}$  (N/mm<sup>2</sup>) : 有効プレストレス  
 $N$  (N) : 設計用軸方向力  
 $A_e$  (mm<sup>2</sup>) : コンクリートの換算断面積  
 $r_o$  (mm) : 杭の外半径  
 $r_i$  (mm) : 杭の内半径

## ●短期許容せん断力 $Q_{as}$ (kN)

$$Q_{as} = \frac{2}{3} \times [0.80 \times \frac{b_e \times j}{1000} \times \{ \frac{0.115 \times k_u \times k_p \times (\sigma_{cu} + 17.7)}{\frac{M}{Q \times d} + 0.115} + 0.657 \times P_w \times \sigma_{spa} + 0.102 \times (\sigma_{ce} + \sigma_o') \} ]$$

ただし、 $P_w \times \sigma_{spa} > 7.4 \text{ N/mm}^2$ の時は、 $0.657 P_w \times \sigma_{spa} = 4.87$ とする。  
 $\sigma_e + \sigma_o' > 27.4 \text{ N/mm}^2$ の時は、 $0.102 (\sigma_e + \sigma_o') = 2.79$ とする。

$b_e$  (mm) : 有効断面幅

$$b_e = a \times \frac{A_c}{D}$$

$$a = -1.24 \times \frac{T}{D} + 1.19$$

$d$  (mm) : 有効せい

$$d = D - \frac{T}{2}$$

$j$  (mm) : 応力中心間距離

$$j = \frac{7}{8} \times d$$

$P_g$  : 主筋比

$$P_g = \frac{A_s}{b_e \times j}$$

$P_w$  : せん断補強筋比

$$P_w = \frac{a_w}{b_e \times s}$$

$\sigma_{ce} + \sigma_o'$  (N/mm<sup>2</sup>) : 複合軸方向応力度

$$\sigma_o' = \frac{N}{b_e \times j}$$

$A_s$  (mm<sup>2</sup>) : 軸方向筋全断面積

$$A_s = A_r + A_p$$

$A_r$  (mm<sup>2</sup>) : 異形棒鋼の全断面積

$A_p$  (mm<sup>2</sup>) : PC鋼材の全断面積

$\sigma_{cu}$  (N/mm<sup>2</sup>) : コンクリートの設計基準強度

$k_u$  : 断面寸法による補正係数

外径 (mm)	300	350	400	450~1000
有効せいd (mm)	270	320	367.5	400以上
$k_u$	0.82	0.76	0.73	0.72

〔鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説〕2010 (日本建築学会) の図15.3から読み取った値

$k_p$  : 引張り鉄筋比 ( $P_t$ ) による補正係数

$$k_p = 0.82 (100 P_t)^{0.23} \quad P_t = \frac{P_g}{4}$$

$a_w$  (mm<sup>2</sup>) : せん断補強筋の断面積の2倍

$s$  (mm) : せん断補強筋のピッチ

$$\frac{M}{Q \times d}$$

: 計算上のシアスパン比  
 ・  $M/(Q \times d) < 1$  のとき、 $M/(Q \times d) = 1$  とする。  
 ・  $1 \leq M/(Q \times d) < 2$  のとき、 $M/(Q \times d)$  を代入する。  
 ・  $2 \leq M/(Q \times d)$  のとき、曲げ破壊が先行するため、 $M/(Q \times d) = 2$  とする。

$M$  (N・mm) : 設計用曲げモーメント

$Q$  (N) : 設計用せん断力

$\sigma_{spa}$  (N/mm<sup>2</sup>) : せん断補強筋の短期許容応力度 (基準強度)

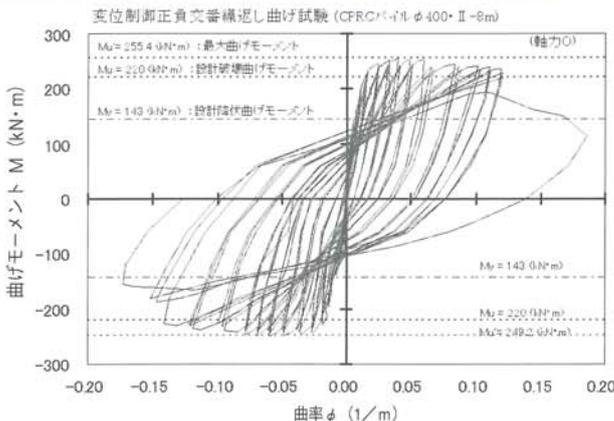
## ●せん断耐力 $Q_u$ (kN)

$$Q_u = 0.80 \times \frac{b_e \times j}{1000} \times \{ \frac{0.115 \times k_u \times k_p \times (\sigma_{cu} + 17.7)}{\frac{M}{Q \times d} + 0.115} + 0.657 \times P_w \times \sigma_y + 0.102 \times (\sigma_{ce} + \sigma_o') \}$$

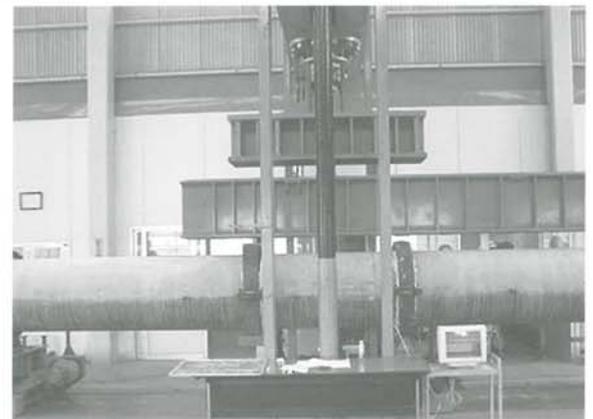
ただし、 $P_w \times \sigma_y > 7.4 \text{ N/mm}^2$ の時は、 $0.657 P_w \times \sigma_y = 4.87$ とする。  
 $\sigma_{ce} + \sigma_o' > 27.4 \text{ N/mm}^2$ の時は、 $0.102 (\sigma_{ce} + \sigma_o') = 2.79$ とする。

$\sigma_y$  (N/mm<sup>2</sup>) : せん断補強筋の降伏強度 (基準強度)

# 試験結果例 (85N/mm<sup>2</sup> CPRCパイプ)



φ400mm (II種) 曲げモーメントと曲率の関係



φ800mm (VI種) せん断実験の全景

会員（五十音順）（2011年1月31日現在）

〈正会員〉会員数：50社

〈賛助会員〉会員数：11社

會澤高圧コンクリート株式会社  
株式会社アオモリパイル  
旭化成建材株式会社  
麻生商事株式会社  
安藤コンクリート工業株式会社  
宇部コンクリート工業株式会社  
NC貝原コンクリート株式会社  
沖縄テクノクリート株式会社  
株式会社ガイアクス  
カワノ工業株式会社  
九州高圧コンクリート工業株式会社  
近畿日本コンクリート工業株式会社  
コアツ工業株式会社  
児玉コンクリート工業株式会社  
ジャパンパイル株式会社  
大栄高圧株式会社  
大同工業株式会社  
大日コンクリート工業株式会社  
中国高圧コンクリート工業株式会社  
中部高圧コンクリート株式会社  
東海コンクリート工業株式会社  
東北ポール株式会社  
株式会社トーヨーアサノ  
東洋コンクリート株式会社  
利根ジオテック株式会社

ドーピー建設工業株式会社  
永井工業株式会社  
株式会社ナルックス  
日研高圧平和キドウ株式会社  
日本海コンクリート工業株式会社  
日本高圧コンクリート株式会社  
日本コンクリート工業株式会社  
株式会社日本ネットワークサポート  
日本ヒューム株式会社  
萩森興産株式会社  
富士コン株式会社  
藤村ヒューム管株式会社  
豊州パイル株式会社  
ホクコンマテリアル株式会社  
北海道コンクリート工業株式会社  
株式会社ホッコン  
前田ホールディングス株式会社  
松野コンクリート工業株式会社  
マナック株式会社  
水谷建設工業株式会社  
三谷セキサン株式会社  
山崎ヒューム管株式会社  
ユニオンパイル株式会社  
吉野川ヒューム工業株式会社  
リウコン株式会社

宇部三菱セメント株式会社  
岡部株式会社  
花王株式会社  
高周波熱練株式会社  
三和機材株式会社  
新日本製鐵株式会社  
太平洋セメント株式会社  
ダイヘンスタッド株式会社  
電気化学工業株式会社  
株式会社トーメック  
日本スタッドウェルディング株式会社

上記はCOPITA会員名簿です。CPRCパイルの（任意）評定の取得状況については各社へお問合せください。

## 社団法人 コンクリートパイル建設技術協会 (略称 COPITA)

既製コンクリート杭の設計・施工技術について総合的に調査・研究等を実施している公益法人（国土交通大臣許可）

所管課 国土交通省大臣官房技術調査課（土木技術関係）  
国土交通省住宅局建築指導課（建築技術関係）

[所在地]

〒105-0013 東京都港区浜松町2丁目7番15号 日本工築2号館3F  
(社) コンクリートパイル建設技術協会  
Tel 03(5733)5881 Fax 03(3433)5414  
e-mail : copita@c-pile.or.jp URL : <http://www.c-pile.or.jp>