

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

105N/mm²

一般社団法人 コンクリートパイル建設技術協会

CPRCパイル (105N/mm²)

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105N/mm²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 ($\rho_s \cdot \sigma_y \geq 2.45$) を満足するせん断補強筋を配置しているので、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】

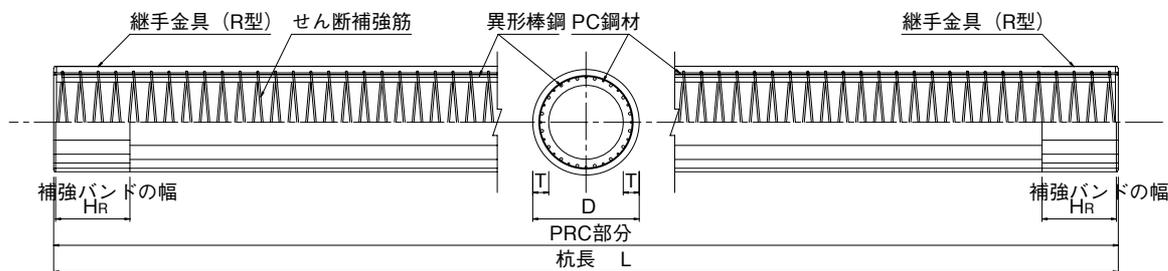
外径	φ300~1000mm
PC鋼材径	10.0mm、11.2mm
異形棒鋼径	D13~29 (SD345材)
杭長	全長PRC杭 4~12m 部分PRC杭 4~15m (PRC部分 3~11m)

【許容応力度・許容値】

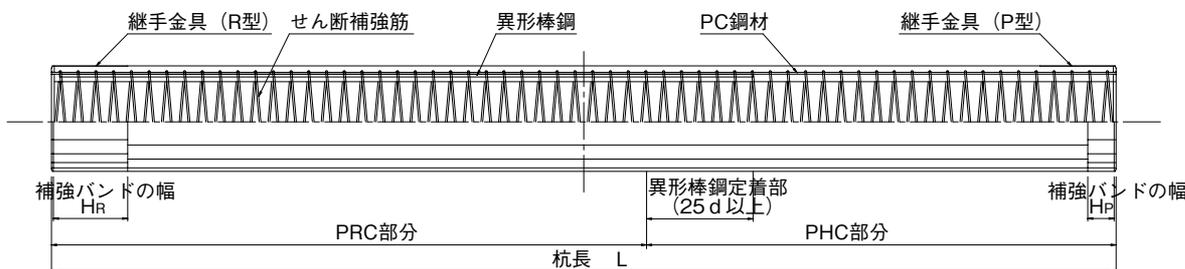
せん断補強筋の基準強度	345~785N/mm ²
コンクリートの設計基準強度	105N/mm ²
コンクリートの許容圧縮応力度	長期=30N/mm ² 短期=60N/mm ²
コンクリートの許容曲げ引張応力度	長期= $\sigma_{ce}/4$ 又は2.5のうちいずれか小さい値 短期=長期の2倍
コンクリートの許容斜張応力度	長期=1.2N/mm ² 短期=1.8N/mm ²
異形棒鋼の許容引張応力度	長期=215N/mm ² (D29は195) 短期=345N/mm ²
曲げひび割れ幅の許容値	長期 ≤ 0.1 mm 短期 ≤ 0.3 mm

CPRCパイルの構造図

■全長PRC杭の場合



■部分PRC杭の場合



せん断耐力式

●長期許容せん断力 Q_{al} (kN)

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

τ_{max} (N/mm²) : 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 (mm⁴) : 杭の中立軸に対する換算断面二次モーメント

S_o (mm³) : 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

$$S_o = \frac{2}{3} \times (r_o^3 - r_i^3)$$

σ_g (N/mm²) : 軸方向応力度

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

σ_d (N/mm²) : コンクリートの長期許容斜張応力度

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

σ_{ce} (N/mm²) : 有効プレストレス

N (N) : 設計用軸方向力

A_e (mm²) : 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、 $P_w \times \sigma_{spa} > 7.4N/mm^2$ の時は、 $0.657P_w \times \sigma_{spa} = 4.87$ とする。
 $\sigma_e + \sigma_o' > 27.4N/mm^2$ 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/mm²) : 複合軸方向応力度

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

A_s (mm²) : 軸方向筋全断面積

A_r (mm²) : 異形棒鋼の全断面積

A_p (mm²) : PC鋼材の全断面積

$$A_s = A_r + A_p$$

σ_{cu} (N/mm²) : 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規準・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

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

a_w (mm²) : 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

σ_{spa} (N/mm²) : 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)

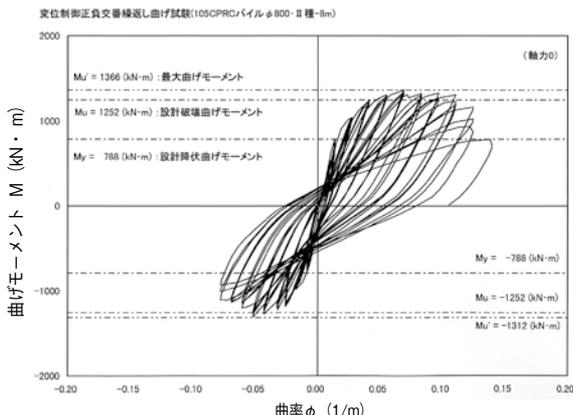
$$Q_u = 0.80 \times \frac{b_e \times j}{1000} \times \{ \frac{0.115 \times k_u \times k_p \times (\sigma_{cu} + 17.7)}{\frac{M}{Q \times d} + 0.115} + 0.657 \times P_w \times \sigma_y + 0.102 \times (\sigma_{ce} + \sigma_o') \}$$

σ_y (N/mm²) : せん断補強筋の降伏強さ (基準強度)

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

※PHC部は、PHC杭の算定式による。

試験結果例 (105N/mm²CPRCパイプ)



φ800mm (II種) 曲げモーメントと曲率の関係



φ1000mm (I種) せん断実験の全景

CPRCパイプ標準性能表 (105N/mm²)

【PHC部 (105N/mm²)】

外径 D (mm)	種類	厚さ T (mm)	PC鋼材			異形棒鋼 (SD345)			換算 断面 積 A _e (mm ²)	換算断面 二次モーメント I _e (×10 ⁴ mm ⁴)	有効 プレストレス σ _{ce} (N/mm ²)	せん断補強筋の一例				基準ひび割れ 曲げモーメント M _{cr} (kN・m)	設計曲げモーメント (N=0)			長期許容 せん断力 Q _{al} (kN)	短期許容せん断力 (N=0) Q _{as} (kN)			せん断耐力 (N=0) Q _u (kN)			単位質量 (t/m)	換算 断面 積 A _e (mm ²)	換算断面 二次モーメント I _e (×10 ⁴ mm ⁴)	有効 プレストレス σ _{ce} (N/mm ²)	設計曲げモーメント (N=0)		せん断耐力 (N=0)	
			呼び名 (mm)	本数 (本)	断面積 (mm ²)	呼び名	本数 (本)	断面積 (mm ²)				345N/mm ²		785N/mm ²			長期許容 M _{al} (kN・m)	短期許容 M _{as} (kN・m)	破壊 M _u (kN・m)		せん断スパン比			せん断スパン比										
												呼び名	ピッチ (mm)	標準線径 (mm)	ピッチ (mm)						1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0								
			呼び名	ピッチ (mm)	標準線径 (mm)	ピッチ (mm)	1.0	1.5				2.0	1.0	1.5	2.0																			
300	I II III IV	60	10.0	6	471	D13	6	760	50200	38112	6.7	D6	70	5.0	100	34	42	67	105	80	187	141	116	280	211	175	0.122	47100	35964	7.1	35	79	94	123
						D16	6	1192	51900	39240	6.5					34	45	76	119	81	197	148	122	296	222	182	0.124							
		D19				6	1719	54000	40562	6.3	35					48	88	135	83	207	155	127	311	232	190	0.127								
		D22				6	2323	59200	43064	5.8	35					52	101	153	88	220	163	133	330	245	200	0.137								
350	I II III IV	60	10.0	7	550	D13	7	887	60400	65906	6.5	D6	55	5.0	80	49	62	93	148	94	224	170	142	336	256	213	0.147	56900	62236	6.9	51	111	111	145
						D16	7	1390	62400	67861	6.3					50	66	107	168	95	236	179	148	354	268	222	0.149							
		D19				7	2006	64900	70169	6.1	51					71	124	192	97	247	186	154	371	280	231	0.153								
		D22				7	2710	71200	74958	5.6	52					78	142	218	104	264	197	162	396	296	244	0.165								
400	I II III IV	65	10.0	8	628	D13	8	1014	75000	108440	6.1	D6	50	5.0	70	68	87	124	197	113	271	207	174	406	311	260	0.183	70900	103000	6.4	72	147	135	176
						D16	8	1589	77300	111360	5.9					69	93	143	224	114	285	217	181	428	325	271	0.186							
		D19				8	2292	80100	114830	5.7	70					100	165	256	116	299	226	188	448	339	282	0.190								
		D22				8	3097	87500	122330	5.3	72					110	190	292	124	319	239	198	478	359	296	0.205								
450	I II III IV	70	10.0	10	785	D13	10	1267	91800	170660	6.2	D10	100	6.0	90	96	123	176	280	139	335	257	216	503	386	324	0.224	86700	161620	6.5	101	208	165	216
						D16	10	1986	94700	175550	6.0					98	132	202	318	141	353	269	225	529	403	337	0.228							
		D19				10	2865	98200	181370	5.8	99					142	233	364	144	369	280	234	554	421	350	0.232								
		D22				10	3871	102200	187860	5.6	101					152	268	414	147	385	291	242	578	437	362	0.237								
500	I II III IV	80	10.0	12	942	D13	12	1520	115400	262770	5.9	D10	90	6.0	80	130	168	234	374	172	414	317	266	621	476	399	0.282	109300	249510	6.2	137	278	205	268
						D16	12	2383	118900	269980	5.8					133	181	270	426	175	436	332	277	654	498	416	0.287							
		D19				12	3438	123100	278580	5.6	135					194	312	487	178	457	346	288	685	519	432	0.292								
		D22				12	4645	127900	288200	5.4	137					209	359	555	182	476	360	298	714	539	447	0.299								
600	I II III IV	90	10.0	16	1256	D13	16	2027	157300	525890	5.8	D10	75	6.0	65	216	279	380	606	232	576	442	372	863	664	558	0.385	149200	499760	6.1	227	451	278	363
						D16	16	3178	161900	540200	5.7					220	300	438	691	237	606	463	388	909	695	582	0.391							
		D19				16	4584	167600	557360	5.5	223					323	506	793	241	635	483	402	952	724	604	0.399								
		D22				16	6194	174000	576620	5.3	227					348	582	903	245	662	501	416	992	751	624	0.407								
700	I I' II III IV V VI	100	11.2	16	1600	D13	16	2027	203000	936940	5.7	D10	60	7.5	90	327	415	536	861	297	744	575	486	1116	862	728	0.500	194900	900590	5.9	345	675	357	468
						D19	8	2292	204100	940810	5.7					330	438	599	955	300	777	597	502	1165	896	754	0.506							
						D22	8	3097	207300	954370	5.6					336	471	688	1085	306	814	622	522	1220	933	782	0.514							
						D16	16	3178	207600	956960	5.6					343	503	781	1222	312	846	645	538	1270	967	808	0.522							
						D19	16	4584	213200	981040	5.5					348	538	886	1378	317	879	666	555	1318	1000	832	0.532							
						D22	16	6194	219700	1008100	5.4					353	575	1003	1548	323	909	687	570	1364	1031	855	0.544							
800	I I' II III IV V VI	110	11.2	18	1800	D13	18	2281	254800	1552100	5.2	D10	55	7.5	75	454	572	706	1127	358	930	720	610	1395	1080	915	0.632	245600	1498000	5.4	483	883	436	574
						D19	9	2579	256000	1558000	5.2					458	615	788	1252	362	970	748	630	1456	1122	946	0.638							
						D22	9	3484	259600	1578400	5.1					465	663	902	1425	368	1016	779	654	1525	1169	981	0.647							
						D16	18	3575	259900	1582000	5.1					473	709	1024	1607	374	1057	807	675	1586	1211	1013	0.656							
						D19	18	5157	266300	1618100	5.0					478	759	1160	1816	378	1097	834	695	1645	1251	1043	0.668							
						D22	18	6968	273500	1658700	4.9					488	811	1318	2046	387	1136	861	715	1704	1291	1073	0.680							
900	I I' II III IV V VI	120	11.2	20	2000	D13	20	2534	312200	2426900	4.8	D13	85	7.5	70	609	733	903	1430	423	1135	881	747	1702	1321	1120	0.777	302100	2350000	4.9	648	1118	519	685
						D19	10	2865	313500	2435500	4.7					613	794	1005	1590	428	1184	914	772	1775	1371	1158	0.784							
						D22	10	3871	317500	2464600	4.7					622	881	1149	1811	434	1239	952	801	1859	1428	1201	0.794							
						D16	20	3972	317900	2469500	4.7					630	959	1302	2044	440	1288	986	826	1933	1478	1239	0.805							
						D19	20	5730	325000	2521000	4.6					641	1027	1481	2314	448	1338	1019	851	2007	1529	1277	0.817							
						D22	20	7742	333000	2579200	4.5					648	1099	1672	2612	452	1384	1050	874	2076	1576	1312	0.832							
1000	I I' II III IV V VI	130	11.2	24	2400	D13	24	3041	377100	3642400	4.7	D13	75	7.5	60	816	973	1199	1913	508	1380	1072	910	2070	1608	1365	0.939	364900	3527600	4.9	875	1495	626	827
						D19	12	3438	378700	3655500	4.7					829	1067	1349	2128	516	1441	1114	942	2161	1671	1413	0.948							
						D22	12	4645	383500	3699100	4.7					840	1182	1541	2424	524	1508	1160	977	2262	1740	1465	0.959							
						D16	24	4766	384000	3706200	4.7					852	1295	1746	2737	531	1568	1201	1007	2352	1801	1511	0.972							
						D19	24	6876	392400	3783300	4.6					858	1388	1973	3100	535	1626	1240	1036	2439	1860	1555	0.987							
						D22	24	9290	402100	3870600	4.5					875	1485	2242	3501	546	1684	1279	1066	2525	1919	1599	1.004							

(注) 1. CPRCパイプの曲げ性能などは、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の仕様等が若干異なっても曲げ性能、せん断性能などは本表に定める値に統一しています。
 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種と同じとすることにしています。
 3. せん断補強筋の仕様は、基準強度 (短期許容応力度) 345~785N/mm²の範囲内で、道橋橋示方書IVに定めるρs・σy≥2.45を満足するように自由に定めています。

COPITA-Pretensioned and Reinforced Spun High Strength Concrete Piles

会員（五十音順）（2016年7月1日現在）

〈正会員〉 会員数：40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
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
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
コーアツ工業株式会社
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
ドーピー建設工業株式会社

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
前田製管株式会社
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
高周波熱錬株式会社
三和機材株式会社
新日鐵住金株式会社
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）評価の取得状況については各社へお問合せください。

一般社団法人 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社団法人

所管 内閣府

（旧所管 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

（一社）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>

2016年7月1日改定