

COPITAが仕様統一した、COPITA型PRC杭
CPRCパイル

85N/mm²

一般社団法人 コンクリートパイル建設技術協会

 **リウココ株式会社**

沖縄県中頭郡西原町字小那覇1187番地
TEL: 098-945-3778 FAX: 098-945-5065

CPRCパイル (85N/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85N/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も、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】

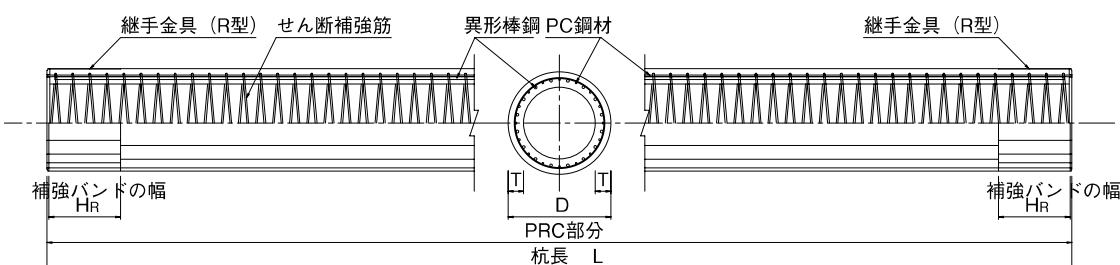
外 径	Φ300~1000mm
PC鋼材径	10.0mm、11.2mm
異形棒鋼径	D13~29 (SD345材)
杭 長	全長PRC杭 4~12m 部分PRC杭 4~15m (PRC部分 3~11m)

【許容応力度・許容値】

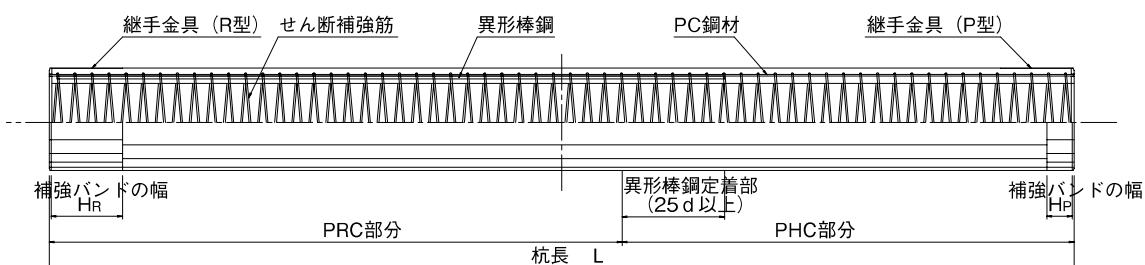
せん断補強筋の基準強度	345~785N/mm ²
コンクリートの設計基準強度	85N/mm ²
コンクリートの許容圧縮応力度	長期=24N/mm ² 短期=48N/mm ²
コンクリートの許容曲げ引張応力度	長期=σ _{ce} /4又は2.5のうちいずれか小さい値 短期=長期の2倍
コンクリートの許容斜張応力度	長期=1.2N/mm ² 短期=1.8N/mm ²
異形棒鋼の許容引張応力度	長期=215N/mm ² (D29は195) 短期=345N/mm ²
曲げひび割れ幅の許容値	長期≤0.1mm 短期≤0.3mm

CPRCパイルの構造図

■全長PRC杭の場合



■部分PRC杭の場合



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

$$\sigma_d = 1.2 \text{ (N/mm²)}$$

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)

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

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。
 $\sigma_{ce} + \sigma_o' > 27.4 \text{ N/mm}^2$ の時は、 $0.102 (\sigma_{ce} + \sigma_o') = 2.79$ とする。

b_e (mm) : 有効断面幅

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

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

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

$$A_s = A_r + A_p$$

A_r (mm²) : 異形棒鋼の全断面積

A_p (mm²) : PC鋼材の全断面積

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 (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

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

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)

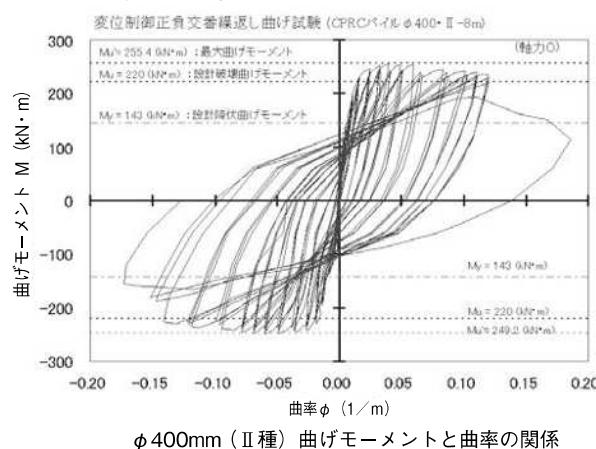
●せん断耐力 Q_u (kN)

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

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。

※PHC部は、PHC杭の算定式による。

試験結果例 (85N/mm² CPRCパイル)



φ 800mm (VI種) せん断実験の全景

CPRCパイレ標準性能表 (85N/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) ($\times 10^4$ mm ⁴)	換算 断面積 I_e (mm ²) ($\times 10^4$ 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 曲げひび割れ M_{cr} (kN·m)	設計曲げモーメント (N=0) M_{al} (kN·m)	長期許容 せん断力 Q_{as} (kN)	短期許容せん断力 (N=0) Q_u (kN)	せん断耐力 (N=0) Q_u (kN)	単位質量 (t/m)		
			呼び名 (mm)	本数 (本)	断面積 (mm ²)	呼び名 (mm)	本数 (本)	断面積 (mm ²)		呼び名 (mm)	本数 (本)	断面積 (mm ²)	呼び名 (mm)								
300	I	60	10.0	6	471	D13	6	760 50200 38112	6.7	D6	70	5.0	100	345N/mm ²	785N/mm ²	せん断スパン比 せん断スパン比 せん断スパン比 せん断スパン比	せん断スパン比 せん断スパン比 せん断スパン比 せん断スパン比	せん断耐力 (N=0) Q_u (kN)	単位質量 (t/m)		
	II					D16		1192 51900 39240	6.5					34	35	64	102	80	163 124 104	244 186 155	0.122
	III					D19		1719 54000 40562	6.3					34	37	70	116	81	171 130 108	257 195 162	0.124
	IV					D22		2323 59200 43064	5.8					35	39	76	132	83	180 135 112	269 203 168	0.127
350	I	60	10.0	7	550	D13	7	887 60400 65906	6.5	D6	55	5.0	80	49	51	93	145	94	196 151 127	294 227 191	0.147
	II					D16		1390 62400 67861	6.3					50	54	103	165	95	206 158 132	308 237 199	0.149
	III					D19		2006 64900 70169	6.1					51	57	113	188	97	215 164 137	323 246 206	0.153
	IV					D22		2710 71200 74958	5.6					52	62	126	213	104	229 173 144	343 260 216	0.165
400	I	65	10.0	8	628	D13	8	1014 75000 108440	6.1	D6	50	5.0	70	68	72	124	194	113	237 184 156	356 276 234	0.183
	II					D16		1589 77300 111360	5.9					69	76	143	220	114	249 192 162	374 288 243	0.186
	III					D19		2292 80100 114830	5.7					70	81	159	251	116	261 200 168	391 300 251	0.190
	IV					D22		3097 87500 122330	5.3					72	88	176	285	124	277 211 176	415 316 264	0.205
450	I	70	10.0	10	785	D13	10	1267 91800 170660	6.2	D10	100	6.0	90	96	102	176	275	139	294 229 195	441 343 292	0.224
	II					D16		1986 94700 175550	6.0					98	107	202	313	141	309 239 202	463 358 303	0.228
	III					D19		2865 98200 181370	5.8					99	114	226	357	144	323 248 209	484 372 313	0.232
	IV					D22		3871 102200 187860	5.6					101	121	246	405	147	336 257 215	504 385 323	0.237
500	I	80	10.0	12	942	D13	12	1520 115400 262770	5.9	D10	90	6.0	80	130	139	234	368	172	363 282 239	544 423 359	0.282
	II					D16		2383 118900 269980	5.8					133	147	270	418	175	381 294 249	572 442 373	0.287
	III					D19		3438 123100 278580	5.6					135	156	309	478	178	399 306 257	598 459 386	0.292
	IV					D22		4645 127900 288200	5.4					137	166	336	543	182	415 237 266	622 476 398	0.299
600	I	90	10.0	16	1256	D13	16	2027 157300 525890	5.8	D10	75	6.0	65	216	231	380	597	232	505 394 335	758 591 503	0.385
	II					D16		3178 161900 540200	5.7					220	245	438	680	237	531 411 348	796 617 522	0.391
	III					D19		4584 167600 557360	5.5					223	260	506	778	241	555 427 360	832 641 540	0.399
	IV					D22		6194 174000 576620	5.3					227	277	561	885	245	577 442 371	865 664 557	0.407
700	I	100	11.2	16	1600	D13	16	2027 203000 936940	5.7	D10	60	7.5	90	327	345	536	848	297	655 513 439	982 770 658	0.500
	I'					D19		2292 204100 940810	5.7					330	361	599	940	300	682 532 453	1023 798 679	0.506
	II					D22		3097 207300 954370	5.6					336	382	688	1068	306	713 553 468	1069 829 703	0.514
	II'					D16		3178 207600 956960	5.6					343	404	781	1201	312	740 571 482	1110 857 724	0.522
	III					D19		4584 213200 981040	5.5					348	429	869	1351	317	767 589 496	1150 884 744	0.532
	IV					D22		6194 219700 1008100	5.4					353	455	937	1517	323	792 606 508	1189 910 763	0.544
	V					D25		8107 227300 1039900	5.2					454	485	706	1113	358	820 644 551	1229 966 827	0.632
800	I	110	11.2	18	1800	D13	18	2281 254800 1552100	5.2	D10	55	7.5	75	458	507	788	1235	362	853 667 569	1280 1000 853	0.638
	I'					D19		2579 256000 1558000	5.2					465	539	902	1404	368	892 693 588	1337 1039 883	0.647
	II					D22		3484 259600 1578400	5.1					473	571	1024	1582	374	925 716 606	1388 1074 909	0.656
	II'					D16		3575 259900 1582000	5.1					478	606	1160	1786	378	958 738 622	1438 1107 933	0.668
	III					D19		5157 266300 1618100	5.0					488	644	1316	2008	387	991 760 639	1487 1141 958	0.680
	IV					D22		6968 273500 1658700	4.9					609	653	903	1413	423	1001 788 676	1501 1183 1014	0.777
900	I	120	11.2	20	2000	D13	20	2534 312200 2426900	4.8	D13	85	7.5	70	613	685	1005	1570	428	1042 816 697	1563 1224 1046	0.784
	I'					D19		2865 313500 2435500	4.7					622	730	1149	1787	434	1088 848 721	1632 1271 1081	0.794
	II					D22		3871 317500 2464600	4.7					630	774	1302	2015	440	1129 876 742	1694 1313 1113	0.805
	II'					D16		3972 317900 2469500	4.7					641							

■CPRC85N パンフレットの修正点

1. 各式に用いるせん断補強筋の記号の修正

1-1. 短期許容せん断力 Q_{as} (kN)

$$Q_{as} = \frac{2}{3} \times [0.80 \times \frac{b_e \times j}{1000} \times | \frac{\frac{0.115 \times k_u \times k_p \times (F_c + 17.7)}{M} + 0.657 \times p_w \times w\sigma_y + 0.102 \times (\sigma_{ce} + \sigma_o') |] + 0.115$$

ただし、 $p_w \times w\sigma_y > 7.4N/mm^2$ の時は、 $0.657p_w \times w\sigma_y = 1.87$ 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。

b_e (mm)	: 有効断面幅	$b_e = a \times \frac{A_c}{D}$	F_c (N/mm ²) : コンクリートの設計基準強度															
d (mm)	: 有効せい	$a = -1.24 \times \frac{T}{D} + 1.19$	ただし、コンクリートの設計基準強度は 85N/mm ² を上限値とする。															
j (mm)	: 応力中心間距離	$d = D - \frac{T}{2}$	k_u : 断面寸法による補正係数															
p_g	: 主筋比	$j = \frac{7}{8} \times d$	<table border="1"> <tr> <td>外形 (mm)</td> <td>300</td> <td>350</td> <td>400</td> <td>450~1000</td> </tr> <tr> <td>有効せい (mm)</td> <td>270</td> <td>320</td> <td>367.5</td> <td>400以降</td> </tr> <tr> <td>k_u</td> <td>0.82</td> <td>0.76</td> <td>0.73</td> <td>0.72</td> </tr> </table>	外形 (mm)	300	350	400	450~1000	有効せい (mm)	270	320	367.5	400以降	k_u	0.82	0.76	0.73	0.72
外形 (mm)	300	350	400	450~1000														
有効せい (mm)	270	320	367.5	400以降														
k_u	0.82	0.76	0.73	0.72														
p_w	: せん断補強筋比	$p_w = \frac{a_w}{b_e \times s}$	既筋コンクリート筋造計算規・同解説・2010・日本建築学会・p. 153から読み取った値															
$\sigma_{ce} + \sigma_o'$ (N/mm ²)	: 複合軸方向応力度	$\sigma_o' = \frac{N}{b_e \times j}$	k_p : 引張り筋筋比 (p_t) による補正係数															
A_s (mm ²)	: 軸方向筋全断面積	$A_s = A_r + A_p$	$k_p = 0.82 (100p_t)^{0.2}$ $p_t = \frac{p_g}{4}$															
A_r (mm ²)	: 異形作鋼の全断面積		a_w (mm ²) : せん断補強筋の断面積の2倍															
A_p (mm ²)	: PC鋼材の全断面積		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															
			・ $M \times Q < d < 1$ のとき、 $M \times Q \times d \times 1$ とする ・ $1 \leq M \times Q < d < 2$ のとき、 $M \times Q \times d$ を代入する ・ $2 \leq M \times Q < d$ のとき、既筋強度が発生するため、 $M \times Q \times d = 2$ とする															
			M (N・mm) : 計算用曲げモーメント															
			Q (N) : 計算用せん断力															
			$w\sigma_y$ (N/mm ²) : せん断補強筋の降伏強度															

1-2. せん断耐力 Q_u (kN)

$$Q_u = 0.80 \times \frac{b_e \times j}{1000} \times | \frac{\frac{0.115 \times k_u \times k_p \times (F_c + 17.7)}{M} + 0.657 \times p_w \times w\sigma_y + 0.102 \times (\sigma_{ce} + \sigma_o') | + 0.115$$

ただし、 $p_w \times w\sigma_y > 7.4N/mm^2$ の時は、 $0.657p_w \times w\sigma_y = 1.87$ 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。

2. 設計基準強度 85N/mm² の短期許容設計曲げモーメント

修正箇所	正	誤
Φ 400-IV種、設計曲げモーメント(N=0) 短期許容 M_{as} (kN・m)	176	190

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
高周波熱鍊株式会社
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
ダイヘンスタッフ株式会社
電気化学工業株式会社
株式会社トーメック
日本スタッダウェルディング株式会社

上記はCOPITA会員名簿です。CPRCパイプの（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。

一般社団法人 コンクリートパイプ建設技術協会 (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) コンクリートパイプ建設技術協会
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