

V-161

ケミカルプレストレスを導入した遠心力高強度鉄筋コンクリート杭の研究
(その2. 実大杭による曲げ性能およびせん断性能について)

日本コンクリート工業 正会員 土田伸治、大岩健治郎

1. はじめに

本報告は、ケミカルプレストレスを導入した遠心力高強度鉄筋コンクリート杭(以下、HRC 杭)に関して、(その1)に引き続き、実大杭によるケミカルプレストレス量の効果を曲げ試験およびせん断試験を通して評価した。

2. 実験概要

- ①使用材料：コンクリート材料は(その1)と同様であり、主鉄筋は、HRC 杭がSD345、PHC 杭がPC 鋼線である。スパイラル鉄筋は、HRC 杭が伸び能力のある高強度線材($\sigma_y \geq 600\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_{su} \geq 700\text{N/mm}^2$ 、伸び $\geq 8\%$)、PHC 杭が普通鉄線である。
- ②配合：配合は(その1)のB配合であり、膨張材混入量は、HRC 杭が 25kg/m^3 、PHC 杭が無混入である。また、コンクリートの設計基準強度は 850kgf/cm^2 である。
- ③供試体：供試体は表1の組合せで、実大杭を工場のラインで遠心力成形により製造し、蒸気養生後にAC養生とした。

また、PHC 杭は従来どおりのJIS杭と道路橋示方書に示されるスパイラル鉄筋仕様($\rho_s \cdot \sigma_y \geq 25$)によるJIS強化杭の2種類とし、本実験が杭本体の性能比較であることから、いずれも中詰めコンクリートを打設していない。

- ④試験方法：曲げ試験方法は、2点支持(支持スパン：10D+1m)、2点载荷(载荷スパン：1m)の一方単純梁载荷試験とし、载荷サイクルは、1サイクル目に主鉄筋が設計上の降伏応力度に達するまで载荷し、2サイクル目を破壊サイクルとした。せん断試験も曲げ試験同様の単純梁载荷で、せん断スパンは1D or 1.5D(PHC 杭のJISでは1D)とし、载荷サイクルは1サイクル目に実せん断ひび割れ荷重まで载荷し、2サイクル目を破壊サイクルとした。

3. 実験結果および考察

本実験の曲げ試験結果を表2に示し、せん断試験結果を表3に示す。表中のケミカルプレストレス量(σ_{cp})は(その1)の結果から式(1)で計算した。

$$\sigma_{cp} = \varepsilon \cdot E_s \cdot P_s \quad \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

ε ：(その1)で求めた所定材令の膨張率

$$\varepsilon = (26.8 / P_s^{0.5} + 190) \times 10^{-6}$$

(膨張材量 25kg/m^3 、遠心力成形、AC養生のデータより)

E_s ：鋼材の弾性係数(kgf/cm^2)

P_s ：鉄筋比

図1に鉄筋比とケミカルプレストレス量の関係を示す。

図中の(●)印は、曲げ試験でのひび割れ発生荷重から、曲げ引張応力度($\sigma'_{cp} + \sigma'_{bt}$)を求め、

表1 供試体一覧および試験本数

杭径 D (mm)	壁 厚 mm	主鉄筋 径 mm	鉄筋 本 数	鉄筋 比 (%)	スパイラル鉄筋			曲げ 試験 本数	せん断試験 本数(M/Q)	
					径 mm	ピッチ (cm)	ρ_s $\times \sigma_y$		1D	1.5D
φ 300 (HRC 杭)	75	D25	6	5.74	φ 6.5	10	31.3	2本		
		D16		1.98		10	22.6	2本		
		D22		3.85		10	22.6	2本		
		D29	8	6.39		10	22.6	2本	2本	
φ 400 (HRC 杭)	80	D35		9.52		10	22.6	2本		
		D41		13.34		7	32.2	2本		
φ 600 (HRC 杭)	90	D29		5.35		8	18.1	2本	2本	2本
		D35	12	7.96		8	18.1			2本
		D41		11.16		6	24.2			2本
φ 400 (PHC 杭)	65	φ 7	18	1.01		φ 3	10	4.1	1本	JIS 製品
						φ 6	5	29.3	1本	JIS 強化鉄

注)HRC 杭のスパイラル鉄筋量は鉄筋比により増加

表2 曲げ試験結果一覧

杭径 (mm)	主鉄筋	鉄筋比 (%)	設計降伏強度 My (tf-m)	実降伏強度 Mc (tf-m)	降伏係数 σ'_{cp} (kgf/cm ²)	降伏係数 σ'_{bt} (kgf/cm ²)	最大耐力 Mmax (tf-m)	最大変位 δ_{max} (mm)	破壊形態			
φ 300 (HRC 杭)	D25-6本	36.7	7.9	11.4	3.4 3.1	40.8 30.5	14.2 15.2	13.5 13.1	1.18 1.15	267 291	18.8 19.1	
	D16-8本	15.2	6.5	9.5	5.2 5.5	13.8 19.3	6.4 5.5	12.8 12.0	1.35 1.26	278 304	43.4 55.3	
	D22-8本	25.9	11.9	17.2	5.8 6.5	18.8 31.1	12.4 9.9	20.9 20.7	1.22 1.20	264 222	21.3 22.4	
	D29-8本	40.4	18.6	26.6	7.5 6.9	40.2 30.4	14.9 17.8	32.5 30.8	1.22 1.16	250 231	16.8 13.0	
φ 400 (HRC 杭)	D35-8本	58.3	26.3	37.0	10.1 9.6	69.5 61.9	17.2 19.4	43.1 42.9	1.16 1.16	214 208	12.4 10.7	
	D41-8本	80.1	35.2	48.2	11.7 10.7	80.9 67.6	20.6 21.8	57.6 54.1	1.20 1.12	219 209	10.6 9.6	
	φ 600 (HRC 杭)	D29-12本	34.5	44.8	65.3	19.2	26.6	16.6	78.4	1.20	195	11.7
						21.5	38.4	15.7	73.2	1.12	207	13.2
φ 400 (PHC 杭)	φ 7-18本	80.0	12.5	15.7	10.3	—	9.5	19.8	1.26	59	6.2	
					10.0	—	8.7	21.2	1.35	82	9.4	PC 劣化

注)①ケミカルプレストレス量は(その1)のデータより計算

② σ'_{cp} は実Mcから計算

キーワード：ケミカルプレストレス、遠心力成形、高強度鉄筋コンクリート杭、曲げ性能、せん断性能

連絡先：〒308-8522 茨城県下館市伊佐山218-3 TEL 0296(28)3396 FAX 0296(28)3886

そこから杭と同様に作製した無筋コンクリート供試体（ $\phi 20 \times 120$ cm）の曲げ引張強度（ $\sigma_{bt} = 75 \text{ kg/cm}^2$ ）を引いた値（ σ'_{cp} ）を示し、実線はその回帰直線、点線は表2のケミカルプレストレス量の計算値を示した。

図より、曲げ試験から求めたケミカルプレストレス量（実線）と（その1）から求めたケミカルプレストレス量（点線）が非常に良く合う結果となった。

従って、ケミカルプレストレス量は、鉄筋比を変化させた膨張量試験により、鉄筋比と膨張量の関係式を求めれば設定できる。

表3より、実せん断ひび割れ強さは、JIS A 5337

のせん断強さの計算式にケミカルプレストレス量を考慮して計算した値に対して、1.02 ~ 1.29 倍の範囲となり、幾分高めではあるが比較的好い結果となった。また、同条件の杭でせん断スパンが異なる $\phi 600$ (D29-12 本) では、せん断スパンが 1.5D の場合の実せん断ひび割れ強さが 32.4tf、33.6tf であるのに対して、1D では 35.0tf、37.0tf となり 1D の方が 1 割程度高くなった。これは、コンクリートパイル建設技術協会の報告²⁾と同じ傾向となった。

最大せん断力は、「大野・柴田・服部」式³⁾の単純梁形式加力による終局せん断耐力（ケミカルプレストレス量考慮）に対して、破壊形態が「曲げ圧縮側のコンクリート圧壊後にせん断破壊」したもので 1.14 ~ 1.29 倍、「せん断破壊」したもので 1.36、1.38 倍となり、せん断破壊した方が高めの結果となった。しかし、本実験では 1 方向の繰返しのない加力のため、正負交番繰返し加力では文献²⁾にあるように最大せん断力は表3より低下すると考えられる。

図2に曲げ試験での鉄筋比と靱性率の関係を示す。

図より、鉄筋比が増加すると靱性率が低下しているのが分かり、一般的傾向と同じ結果となった。これは、表2から分かるように、靱性率（ δ_{max}/δ_y ）の分母となる鉄筋降伏点変位（ δ_y ）の値が大きく影響しているためである。また、JIS 強化杭では、曲げ引張側の PC 鋼線が断線して破壊に至ったこともあって靱性率が 9.4 となった。それに対して、HRC 杭では鉄筋比に拘わらず、すべて JIS 強化杭の靱性率を上回っており、最大変位においては、JIS 強化杭に対して、2.4 ~ 3.7 倍程度大きい結果となった。従って、HRC 杭は JIS 強化杭より変形性能に富む杭材であることが分かった。

4. 結 論

- ① ケミカルプレストレス量は、膨張量の試験から鉄筋比と膨張量の関係式を求めれば設定できる。
- ② 曲げやせん断のひび割れ発生耐力および終局せん断耐力の計算にケミカルプレストレス量を考慮できる。
- ③ HRC 杭は鉄筋比が多くてもスパイラル鉄筋を増加させることにより変形性能に富む杭材となる。

【参考文献】1) (社)コンクリートパイル建設技術協会、PHC 杭のせん断耐力実験報告書、平成9年3月

2) 後藤ほか、遠心力 PC (PHC) 杭剪断耐力推算式、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985

表3 せん断試験結果一覧

杭径 (mm)	主鉄筋 (HRC 杭)	鉄筋比 (%)	せん断 スパン (D)	JIS せん 断強さ (kgf/cm^2)	終局せん 断耐力 (tf)	実せん断ひび割れ 発生耐力 (tf)	実せん断ひび割れ 発生耐力 (kgf/cm^2)	最大耐力 (tf)	最大耐力 (kgf/cm^2)	Mud (kgf/cm^2)	破 壊 形 態
$\phi 400$	D29-8 本	40.4	1D	18.1	65.4	23.4	1.29	83.7	1.28	1.05	曲げ圧縮側のコンクリート圧壊後にせん断破壊移行
$\phi 600$	D29-12 本	34.5	1D	30.4	108.0	35.0	1.15	123.0	1.14	1.04	
					77.4	37.0	1.22	129.6	1.20	0.96	
						32.4	1.07	89.8	1.16		
	D35-12 本	49.4	1.5D	33.8	89.2	33.6	1.11	90.4	1.17	1.19	
						39.1	1.16	106.1	1.19		
						40.7	1.20	115.4	1.29		
	D41-12 本	67.7	1.5D	37.7	103.9	39.3	1.04	141.7	1.36	1.38	せん断破壊
						38.4	1.02	143.0	1.38		

注) ①ケミカルプレストレス量は（その1）のデータより計算

②「JIS せん断強さ」は PHC の JIS に従い計算した（ひび割れ発生）

③ Mud/(Qud・a) では、設計上 1 以下は曲げ破壊

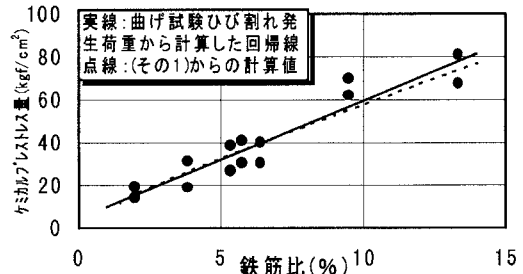


図1. 鉄筋比とケミカルプレストレス量

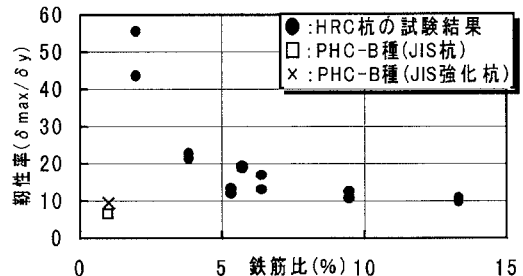


図2. 鉄筋比と靱性率