

鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭) に関する研究—その 7 杭頭接合部の挙動

正会員 ○毛井 崇博*1 同 加倉井正昭*2
 正会員 桑原 文夫*2 同 林 隆浩*3
 正会員 平川 泰行*4 同 松田 竜*5
 正会員 西村 裕*6

PHC 杭 鋼管 合成杭
 杭頭接合 曲げせん断試験

1. はじめに

SPHC 杭のパイルキャップの定着挙動および杭頭接合部の剛接合状況を調べるために曲げせん断実験を行った。前報¹⁾では、定着挙動の概略について述べた。本報では、実験結果と杭頭接合部の設計について検討した。

2. 試験概要

表 1 に試験体一覧を再掲示する。主なパラメータは、杭体の埋込み深さ、定着筋の有無と方法および軸力である。試験体形状・加力方法・測定方法および材料試験結果等については、前報¹⁾²⁾³⁾に記載しているのが割愛する。なお、SPHC 杭の基礎への定着は、PHC 杭頭鋼製端板のねじ穴を利用して取り付け定着筋 (PHC 杭定着筋) および鋼管にフレア溶接した定着筋 (鋼管定着筋) である。

3. 基礎固定度

秋山式⁵⁾による基礎固定度 α_r と部材角 R の関係を図 1 に示す。回転角は基礎端から 250mm 間の軸変位より求めた。同図には、基礎を鋼製 (剛接合) とした同一仕様の試験体 [S5P4A-S]⁴⁾も比較のために記している。短期荷重レベルの軸力 (N=2500 kN) では、鋼管定着筋があると基礎剛の試験体に比較して凡そ $R \leq 1/100$ で約 95~85% 程度の低下である。長期荷重レベルでは、約 90~85% 程度の低下であった。

4. 定着筋の挙動

[No. 4] 試験体の PHC 杭定着筋および鋼管定着筋のひずみを図 2 に示す。PHC 杭定着筋は、軸力が大きくなるにつれて圧縮側にひずみが蓄積し、短期許容引張応力度相当時のひずみには達し得ず、曲げ抵抗よりも軸圧縮抵抗に対して寄与している。鋼管定着筋は、引張側も圧縮側も同様なひずみ値であり、曲げ抵抗していることがわかる。N=1250kN 時では引張側のみ、N=2500kN 時では引張側と圧縮側で短期許容応力度ひずみに至っている。高軸力下 (N ≥ 3750) に

おいては、圧縮側のみで許容応力度に至っている。実験終了後の試験体の観察において、No. 4 は、No. 3 と同様に PHC 杭に損傷は見られなかったが、基礎部では、鋼管定着筋の破断が複数本確認されている。

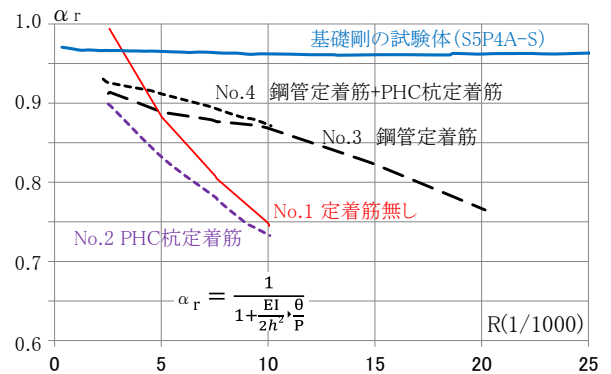


図1 固定度 α_r の比較 (N=2500kN時)

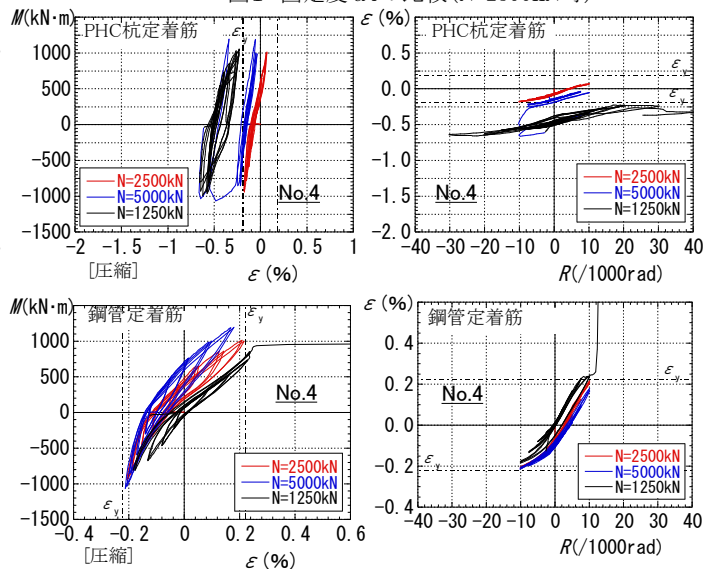


図2 杭頭曲げMと定着筋のひずみ ϵ および部材角Rの関係 (No.4)

表 1 試験体一覧

試験体名称	SPHC杭			基礎埋込み深さ	定着筋		軸力N ^{注)}	
	PHC杭	鋼管	グラウト		PHC杭定着筋	鋼管定着筋	$R \leq \pm 1/100$	終局まで
No. 1				100	-----	-----	1250⇒2500⇒3750	⇒5000
No. 2	400 ϕ × 65 A種 ($\sigma_n = 4N/mm^2$)	500 ϕ × 6 SKK490	セメント ミルク Fmc30		10-D22, SD345	-----	1250⇒2500	⇒3750
No. 3-1	PC鋼材 10- ϕ 7.1			-----	18-D19 SD390	1250	⇒2500	
No. 3-2	SBPLD1275/1420			-----		2500	⇒3750	
No. 4	Fc105			10-D22, SD345	2500⇒5000	⇒1250		

注) 軸力はPHC杭のみに載荷、N=1250kNは長期荷重相当、N=2500kNは短期荷重相当

5. 杭頭接合部の設計

5.1 短期許容曲げモーメントMa

杭頭接合部の設計で行われている仮想円柱体（杭外径D+200mm）について検討した。コンクリート強度が許容圧縮応力度 cfc 、定着筋が許容引張応力度 rft または許容圧縮応力度 rfc に達する時の許容曲げモーメント Ma を算定し、設計曲げモーメント M が、 Ma 以下となるように設計される²⁾。但し、鋼管定着筋の許容圧縮応力度で決定されることは稀である。図3に PHC 杭・SPHC 杭および仮想円柱体の軸力 N と短期許容曲げモーメント Ma の関係を示す。仮想円柱体の Ma 算定において、コンクリートの cfc は、実圧縮強度 $c\sigma B$ の $2/3$ とし、定着筋の rft (rfc) は、規格降伏強度 Fy として算定している。実験ではコンクリートのひずみは測定していないので実際の cfc 時の実験値は不明である。また、軸力を変化させているので前軸力履歴の影響があるが、各定着筋のひずみが rft (rfc) のひずみに達した時の曲げモーメントを実験値として図3に記している。

鋼管定着筋のある [No.3] [No.4] は、図2と図3からわかるように、軸力が載荷されているので許容引張応力度よりも先に許容圧縮応力度に達し、 rfc 時および rft 時の実験値は、仮想円柱体の Ma に対して余裕がある。また、SPHC 杭の適用最大軸力 (3920kN) を遥かに超えた高軸力下でも、仮想円柱体の許容 Ma に対して安全であるだけでなく、SPHC 杭本体の短期許容 Ma に対しても、安全性が高いことがわかる。

5.2 最大（終局）曲げモーメント $Mmax$

図4に SPHC 杭と仮想円柱体の軸力 N と $Mmax$ の関係を示す。表2に実験値 $exMmax$ と算定値 $Mmax$ の比較を示す。

SPHC 杭および仮想円柱体の $Mmax$ は、断面分割法で求めた³⁾。仮想円柱体において、基礎部コンクリートは、圧縮降伏強度を $0.85c\sigma B$ 、限界ひずみを 0.3% とし、バイリニアの応力 σ - ひずみ ϵ 関係を用いた。定着筋の σ - ϵ 関係もバイリニアとし、降伏強度は $1.1Fy$ とした。SPHC 杭も同様に、各材料の σ - ϵ 関係をバイリニアとし、コンクリートの限界ひずみは 0.5% として N - $Mmax$ を求めた^{2,4)}。

定着筋のない [No.1] と PHC 杭定着筋のみの [No.2] は、仮想円柱体における最大曲げ強度とほぼ同程度であり、SPHC 杭体の終局強度までには至っていない。

鋼管定着筋のある [No.3] [No.4] の $exMmax$

は、いずれも仮想円柱体の最大曲げ強度算定値を上回っている。前報の基礎部を剛とした SPHC 杭試験体⁴⁾では $N=2500kN$ 以下で余裕度 ($exMmax/Mmax$) は $1.1\sim 1.2$ であったが、高軸力を載荷した本実験においても約 1.2 倍以上あった。

6. まとめ

- 1) 仮想円柱体での許容応力度設計は、定着機構が明確でないが、高軸力下においても実験値を凡そ安全に評価した
- 2) 仮想円柱体の断面分割法による算定最大曲げ強度は、鋼管定着筋のある試験体において最大曲げ強度を安全側に評価した。

参考文献

- 1) 毛井・加倉井他; 鋼管補強した PHC 杭に関する研究(その5)(その6)九州支部 No.274,275 2016年3月
- 2) 加倉井・林・毛井他; 鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭)に関する研究 その5、その6、大会梗概集 構造 I, pp413-416, 2015年9月
- 3) 毛井・加倉井他; 鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭)の初期剛性と全塑性耐力、大会梗概集 構造 III, pp1415-1416, 2015年9月
- 4) 加倉井・林・毛井他; 鋼管巻き PHC 杭 (SPHC 杭)に関する研究 その1~その4、大会梗概集 構造 I, pp675-682, 2014年9月
- 5) 秋山他; 水平力を受ける鋼管く基礎接合部に関する実験(その5接合部の固定度)、大会梗概集, pp1003-1004, 昭和60年10月

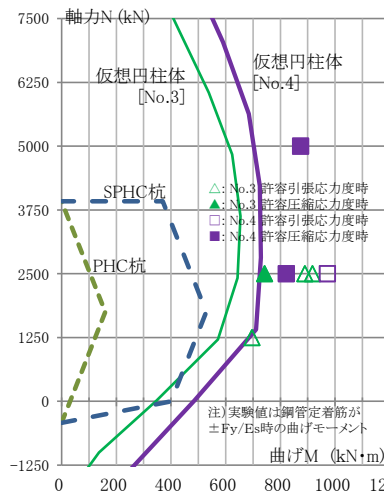


図3 短期許容 N - Ma の関係

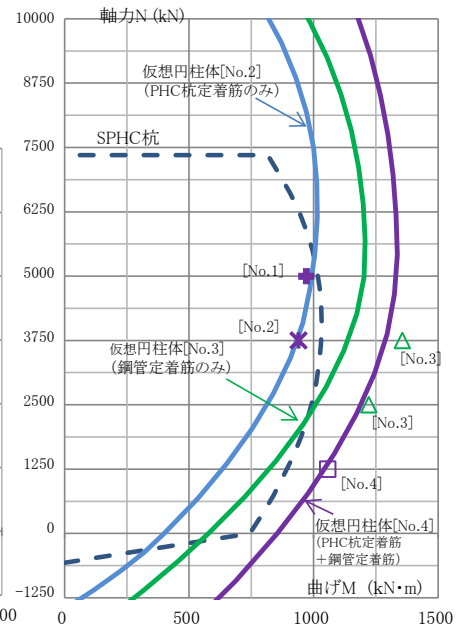


図4 最大曲げ N - $Mmax$ の関係

表2 最大曲げモーメントの実験値と算定値の比較

試験体		No.1	No.2	No.3-1	No.3-2	No.4
実験	基礎埋込み深さ (mm)	100		190		
	軸力 N (kN)	5000	3750	2500	3750	1250
	$exMmax$ (kN·m)	970	939	1221	1356	1056
算定	$Mmax$ (SPHC杭) (kN·m)	1017	1030	995	1030	893
	$exMmax/Mmax$	0.95	0.91	1.23	1.32	1.18
	$Mmax$ (仮想円柱体) (kN·m)		931	1009	1138	1040
	$exMmax/Mmax$		1.01	1.21	1.19	1.02
	M (コンクリート分担)		829	707	821	669
	M (PHC杭定着筋分担)		103	-	-	82
	M (鋼管定着筋分担)		-	303	317	289

*1 (前)九州工業大学大学院 教授
 *2 パイルフォーラム(株) *3 丸門建設(株)
 *4 日本コンクリート工業(株)
 *5 三谷セキサン(株) *6 (株)トーヨーアサノ

*1 Former Prof.,Kyushu Institute of Technology,Dr.Eng.
 *2 Pile Forum *3 Marumon Construction.*4Nippon Concrete Industries
 *5Mitani Sekisan *6 Toyo Asano Foundation