

アンボンドアンカーを用いた既製コンクリート杭の杭頭半剛接合法に関する実験 —鋼管で補強した杭頭接合部の曲げ性能—

正会員 ○ 西 正晃*¹ 同 内海 祥人*²
同 石川 一真*³ 同 佐々木 聡*⁴
同 根本 恒*⁵

杭頭接合部 アンボンドアンカー 鋼管
カプラー 曲げ耐力 回転剛性

1. はじめに

水平力が作用した既製コンクリート杭の杭頭部に生じる曲げモーメントを低減させる杭頭接合部の半剛接合法として、丸鋼と定着板からなる定着筋（アンボンドアンカー）を用いた工法について研究してきた¹⁾。本工法は、杭頭定着筋の丸鋼に防錆剤等を塗布してパイルキャップコンクリートとの付着を低減し、水平力作用時に引張力が生じる定着筋の全長が伸びることで杭頭接合部に回転が生じることを特徴とする。

この定着筋を杭頭部に接合する方法は、定着筋を杭頭端板にスタッド溶接するか、端板に設けたねじ穴にねじ接合するのを基本としているが、定着筋配置の自由度を高めるために、定着筋を端板に直接接合しない方法について検討した。図1に示すように、杭頭部に鋼管を被せて、杭と鋼管の隙間をモルタルで充填し、鋼管に予め取り付けられたカプラーに定着筋をねじ込む方式である。本方式による杭頭接合部の曲げ耐力、回転剛性を確認するために、正負交番水平加力実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

試験体の諸元を表1に、概要図を図2に示す。杭には PRC 杭Ⅲ種(Fc105、短期許容曲げモーメント 312kNm[軸力 0])を用い、杭頭を切断して杭頭端板がない状態とした。

杭頭に被せた鋼管は SKK490、φ600mm、厚さ9mm、長さ900mmとし、杭頭側の外周にカプラーを10個等間隔で溶接した。また、杭頭と反対側には内側に高さ9mmのずれ止めリングを2条溶接した。杭と鋼管の隙間には、配合強度60N/mm²の無収縮グラウトモルタルを充填した。

カプラーには、SNR490Bを使用した定着筋をねじ接合した。杭頭接合部の曲げ性能の評価を容易にするために、接合部の圧縮域が杭の断面内に限定されるよう、鋼管とモルタル及びカプラーの頂部に厚さ10mmの緩衝材を貼り付けた。

パイルキャップのコンクリートには設計基準強度が30N/mm²の普通コンクリートを、パイルキャップの鉄筋にはSD345を用いた。使用材料の力学特性を表2、表3に示す。

加力方法は、パイルキャップを下にして反力床に固定し、杭軸部の加力点に載荷する片持ち梁形式とした。軸力は0とした。加力プログラムを図3に示す。接合部の曲げモーメント(M)は、水平力(P)と杭頭から加力点までの距離(h)から M=P×h として求めた。接合部の回転角(θ)は、杭頭部のカプラーの鉛直変位 δ₁ および δ₂ とその間隔により算出した。

表1 試験体の諸元

杭種	杭径	定着筋	定着長	軸力	シラスン比
PRC 杭Ⅲ種	500mm	10-φ24.88	25d _b *	0kN	M/QD=4

*d_b: 定着筋径

表2 コンクリート等の力学特性

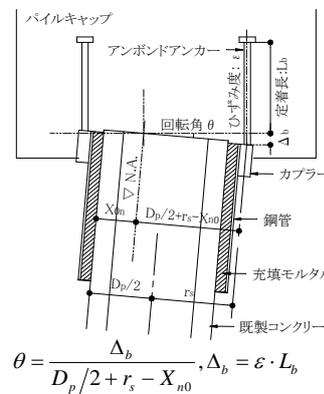
使用部位	圧縮強度 σ _B (N/mm ²)	ヤング係数* (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)
パイルキャップ	38.0	2.99×10 ⁵	2.6
充填モルタル	69.6	2.67×10 ⁵	3.5
PRC 杭	118.6		

*1/3σ_B時の割線による

表3 鋼材の力学特性

材料	使用部位	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	伸び (%)
棒鋼(φ25)	定着筋	388	534	2.04×10 ⁵	30.1
異形棒鋼(D19)	PRC 杭	375	526	1.85×10 ⁵	17.1
PC 鋼棒	PRC 杭	1405*	1479	2.10×10 ⁵	10.9
鋼管(t=9mm)	補強鋼管	537*	621	2.03×10 ⁵	22.9

*0.2%offsetによる値



$\theta = \frac{\Delta_b}{D_p/2 + r_s - X_{n0}}$, $\Delta_b = \varepsilon \cdot L_b$
 ε: 引張側最外縁の定着筋のひずみ度
 D_p: 杭径, r_s: 杭芯から定着筋までの距離
 X_{n0}: 圧縮縁から中立軸までの距離

図1 工法の概要

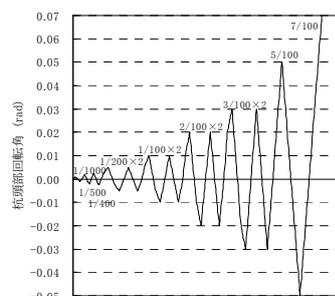


図3 加力プログラム

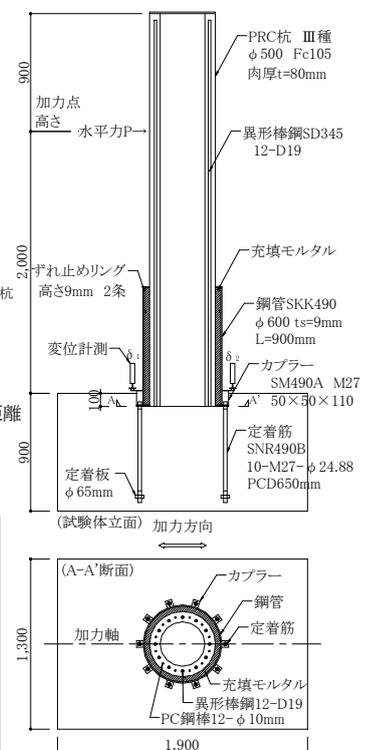


図2 試験体の概要

Experiment of Semi-rigid Pile Head Connection for Pre-cast Concrete Piles Using Un-bonded Anchors
-Flexural Performance of Reinforced Connection with Steel Tube-

Nishi Masateru, Utsumi Yoshito, Ishikawa Kazuma, Sasaki Satoshi and Nemoto Hisashi

3. 実験結果

表 4 に実験結果を、図 4 に接合部曲げモーメント(M)と回転角(θ)の関係を示す。定着筋の引張降伏が先行し、接合部の回転とともに定着筋が伸び出す曲げ破壊となったが、 $\theta = \pm 5/100$ を超えても定着筋は破断しなかった。破壊までの過程は、 $\theta = \pm 1/200$ までにパイルキャップに杭を中心とした放射状のひび割れが生じ、 $\theta = \pm 1/100$ に至る途中で定着筋が引張降伏した。 $\theta = \pm 1/100 \sim \pm 2/100$ にかけてパイルキャップに杭を中心とした同心円状のひび割れが生じ、損傷の増大に伴い接合部曲げモーメントは $\pm 1/100$ をピークに低下したが、 $\pm 3/100$ ではほぼピーク時の値まで回復した。杭体には、 $\theta = \pm 1/200$ までに曲げひび割れが、 $\theta = \pm 1/100$ までにせん断ひび割れが生じ、以降の加力段階でほとんど増加しなかった。

図 5 に加力軸上に位置し引張最外縁となる定着筋のひずみ分布を示す。変形が小さい $\theta = \pm 1/400$ 時点から引張降伏直前まで、全長に亘って一様な伸びひずみが生じていることが確認できた。

図 6 に接合部から 50mm 離れた断面における定着筋のひずみ分布を示す。引張降伏直前までひずみがほぼ直線的に分布していることが確認できた。

図 5、6 に見られる定着筋のひずみ性状より、図 1 中に示す本工法の回転角 θ と定着筋の伸び出し量 Δ_b の関係、並びにその前提条件は、本接合方式においても妥当と考えられる。この関係を用いて求めた $M-\theta$ 関係の計算値を図 4 に示した。計算値は、杭頭接合部とパイルキャップの境界面における断面曲げ解析による曲げモーメント M 、曲率 ϕ 、中立軸位置と $\theta-\Delta_b$ 関係から求めた。 $M-\theta$ 関係の計算値は実験における曲げ耐力および回転剛性を精度よく安全側に評価しているといえる。

図 7 に加力軸上に位置し正加力時に引張側となる異形棒鋼と鋼管の杭軸方向ひずみの分布を示す。鋼管の最下部の歪ゲージは、カップラーの直上に位置していることから、引張側となったときに定着筋からの引張力が直接伝わり大きな歪が生じているものと考えられる。このように応力が集中しても、定着筋降伏までに鋼管が降伏ひずみを超えることはなかった。

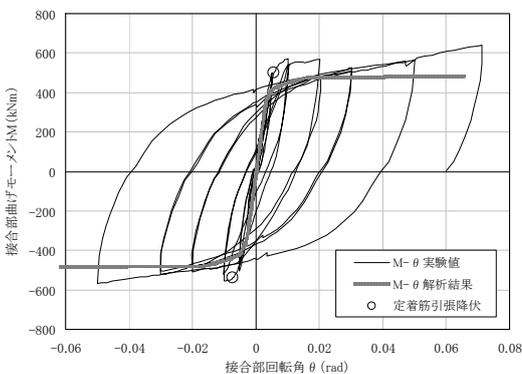


図 4 M- θ 関係

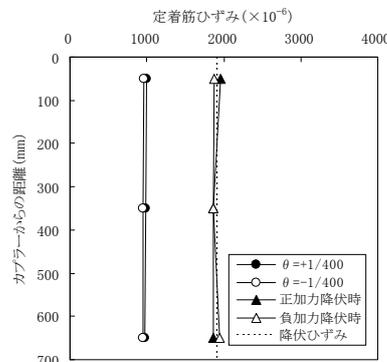


図 5 定着筋ひずみの軸方向分布

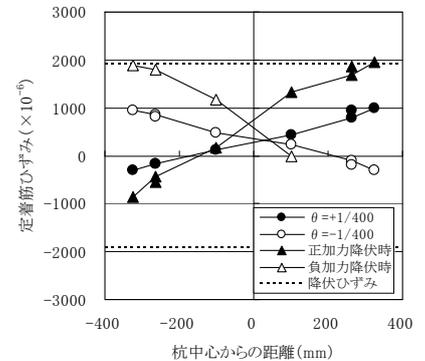


図 6 接合面における定着筋のひずみ分布

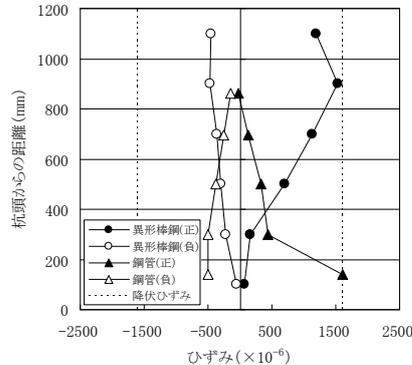


図 7 杭異形棒鋼と鋼管のひずみ分布

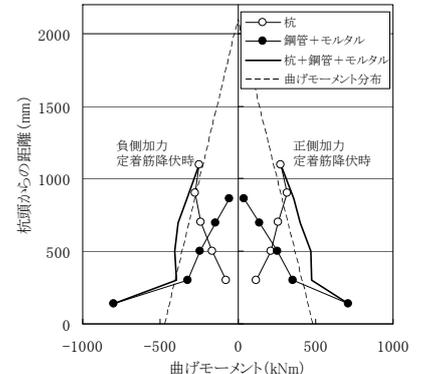


図 8 杭と鋼管+モルタルの曲げモーメント分布

図 8 に加力軸上に位置する両側の異形棒鋼と鋼管のひずみから求めた曲率と、杭および鋼管+充填モルタルの断面曲げ解析による $M-\phi$ 関係とから求めた曲げモーメントの杭軸方向分布を示す。杭と鋼管+充填モルタルの曲げモーメントの和は、若干大きめではあるが水平力による曲げモーメントとほぼ対応しており、二者で応力を分担していることが確認できた。

表 4 実験結果

加力方向	定着筋降伏時		最大時		破壊モード
	せん断力	曲げモーメント	せん断力	曲げモーメント	
正	239 kN	501 kNm	268 kN	562 kNm	接合部曲げ破壊
負	257 kN	540 kNm	270 kN	567 kNm	

4. まとめ

既製杭の杭頭に被せた鋼管にカップラーを介して取り付けられた付着のない定着筋による杭頭半剛接合法について、水平加力実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 定着筋の引張降伏が先行する接合部の曲げ破壊となった。
- (2) 杭頭接合部の曲げ剛性、曲げ耐力は、定着筋を杭頭端板に直接接合する場合と同様の手法で評価することが可能である。
- (3) 杭頭部の曲げモーメントは、杭体ならびに鋼管と充填モルタルが分担して負担される。

【参考文献】

- 1) 佐々木、他. アンボンドアンカーを用いた既製コンクリート杭の杭頭半剛接合部の力学挙動に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.620, pp.81~86, 2007.10

*1 間組 *2 岡部 *3 ジャパンパイル
*4 フジタ *5 安藤建設

*1 Hazama Corp. *2 OKABE Corp. *3 JAPAN PILE Corp.
*4 Fujita Corp. *5 ANDO Corp.