

場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発

その5 杭体のせん断実験

杭頭接合部 杭頭半固定
場所打ち杭 せん断耐力

正会員○鴨川直昌*¹ 同 宮田 章*²
同 堀越章仁*³ 同 山浦一郎*⁴
同 村田義行*⁵ 同 青山隆行*⁶

1. はじめに

本工法では、杭頭部の帯筋に高強度スパイラル筋を用いた場合、杭体のせん断耐力をウルボン指針¹⁾によって評価する²⁾。本報は、この評価法の適用性確認を目的に実施した杭体のせん断実験結果について述べる。

2. 試験体

試験体は表1に示す2体である。パラメータは帯筋量とし、帯筋比で $p_w=0.16\%$ と $p_w=0.33\%$ の2ケースとした。試験体 S4534 の形状及び寸法を図1に示す。試験体は場所打ち杭を想定した約 1/2 縮小模型とし、杭径が 450mm、杭主筋は 12-D22(SD345) ($p_g=2.92\%$)、コンクリートは気中打設とし、強度を Fc27 とした。帯筋には U7.1(SBPD1275/1420)を用いた。杭頭接合部の絞り部は径 320mm、高さ 10mm とした。さらに、杭頭部は本工法の特徴である PC リングと緩衝材(発泡ポリエチレン $t=10\text{mm}$)、モルタル、引張定着筋(8-D22 $p_t=3.85\%$)で構成されている。使用材料の力学的性状を表2に示す。

3. 実験方法

加力は水平載荷位置①の油圧ジャッキをメインにし、水平載荷位置②の油圧ジャッキの水平変位を 0 とした不静定梁形式の載荷方法とした。加力パターンは、載荷位置①の変位をスパン 450mm で除した杭部材角 θ_H で制御した。軸力(0.2cNs, cNs:短期許容圧縮力)を載荷し、杭部材角 $\theta_H = \pm 0.0025, \pm 0.005, \pm 0.01\text{rad}$ をそれぞれ 1 サイクルの正負交番載荷を行い、 $+0.02\text{rad}$ 以降は単調漸増載荷とした。

4. 実験結果及び考察

4.1 荷重-変形関係と破壊経過

図2に杭頭せん断力 Q_{PT} と杭頭回転角 θ_{PT} の関係を示す。図中には杭部材角 θ_H のピーク時を点線で示し、ウルボン指針¹⁾で算定した短期許容せん断力 Q_{AS} 、終局せん断耐力 Q_{SU1} 、 Q_{SU2} の値を破線、2点鎖線、1点鎖線でそれぞれ示す。また、試験終了後のひび割れ状況を写真で示す。両試験体とも水平力を加力すると、杭体に曲げに起因する横ひび割れ、せん断に起因する斜めひび割れが順に発生した。その後、PC リングがひび割れた。両試験体とも $\theta_H=0.005\text{rad}$ 終了時のひび割れ状況はほぼ同じであった。

試験体 S4534 は、 $\theta_H=+0.01\text{rad}$ 時中に載荷位置①の油圧ジャッキが載荷能力に達したため、せん断型

から曲げ型へ載荷方法を移行することになるが、荷重を 1000kN に保ったまま載荷位置②の荷重を除荷することで杭頭せん断力を高くした。その後、載荷位置①付近のコンクリートの損傷が著しくなり、治具が外れた。載荷を再開したが、せん断力を大きく上回ることはなかった。 $\theta_H=0.01\text{rad}$ 付近で引張定着筋が引張降伏しているが、治具が外れた時

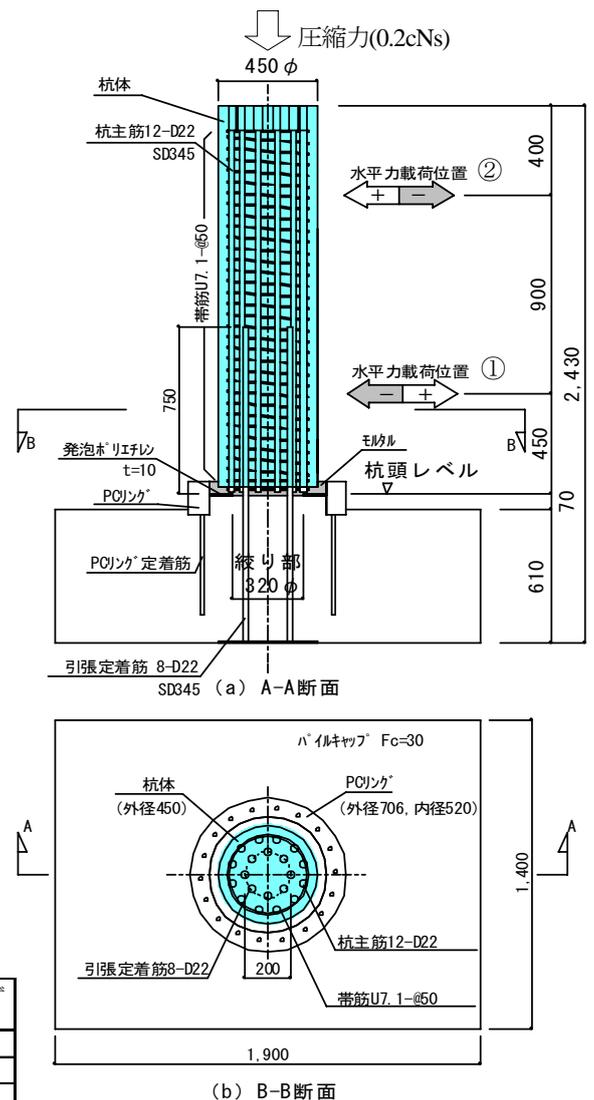


図1 試験体 S4534 の形状及び寸法

表1 試験体一覧

寸法	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ³ N/mm ²)	降伏ひずみ (μ)
D22(杭主筋)	377	561	191.9	2108
U7.1	1463	1511	211.9	7212
D22(引張鉄筋)	400	582	192.7	2134
t=3	380	483	208.1	1858
U9.0	1400	1484	206.7	7183
	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ³ N/mm ²)		
試験体名	S4534	S4524	S4534	S4524
杭体コンクリート	34.7	34.9	29.65	31.20
杭頭モルタル	56.6	56.3	26.27	26.75
PCリングコンクリート	51.2	55.2	31.34	31.68
パイルキャップ	39.9	40.9	30.30	32.60

試験体名	杭				引張定着筋	
	径 (mm)	主筋	帯筋	帯筋比 P_w (%)	配筋	鉄筋比 P_{tt} (%)
S4534	450	12-D22	U7.1-φ50	0.33	8-D22	3.85
S4524	450	12-D22	U7.1-φ100	0.16	8-D22	3.85

に計測された。θ_H=0.005rad 時まではθ_{PT}は弾性性状を示したが、その後θ_{PT}はθ_H以上に大きく増加している。曲げ型の载荷により回転が大きくなったものと考えられる。

試験体S4524は、θ_H=0.01rad時に最大荷重に達した後、θ_H=0.02rad付近で杭体の斜めひび割れの開きが拡大し、载荷位置①の器具付近の損傷が激しくなったため、θ_H=0.04radまでの単調漸増载荷とした。最終的に、杭頭部の斜めひび割れが開き、被りコンクリートが割裂破壊した。帯筋が降伏するまでは、θ_{PT}は急激に増加しなかった。

4.2 鉄筋のひずみ分布

図3に杭主筋のひずみ分布を示す。試験体S4534では杭主筋の降伏が認められなかった。また、θ_H=0.01rad以降、引張から圧縮へ移行しており、性状がせん断型から曲げ型へ移行している。試験体S4524の杭主筋はθ_H=0.02rad時に降伏ひずみに達した。図4に帯筋のひずみ分布を示す。試験体S4534は約3000μまで増加しているが降伏ひずみには達しておらず、せん断耐力に余裕があったと考えられる。試験体S4524はθ_H=0.02rad時に降伏ひずみを超過しており、杭頭部のせん断破壊が支配的であったといえる。

4.3 実験結果とせん断耐力との比較

ウルボン指針¹⁾で算定した短期許容せん断耐力Q_{AS}、終局せん断耐力Q_{SU1}とQ_{SU2}の評価値を実験結果と合わせて表3に示す。Q_{AS}式のf_s値は低減していない値を用いた。終局せん断耐力の評価式は2つあるが、本試験体ではQ_{SU2}>Q_{SU1}の関係がある。短期許容せん断耐力Q_{AS}は曲げひび割れ発生時せん断耐力より小さい値である。

試験体S4534は最大せん断耐力を実験では確認できなかったが、実験値よりせん断耐力があると考えられる。最大せん断耐力を評価値で除した比で見ると、表4に示すように短期時3.3~5.0、終局時1.2~2.0であり、安全側に評価できている。

5. まとめ

杭体のせん断実験を行い、帯筋に高強度せん断補強筋を用いた場合の評価式の妥当性を検証した結果、安全側に評価できることを確認した。

表3 実験結果と評価値

せん断力 (kN)		S4534	S4524
試験結果	杭体横ひび割れ	396.03	446.33
	PCリングひび割れ	486.40	-529.66
	杭体斜めひび割れ	408.05	446.33
	引張定着筋降伏	679.70	464.92
	最大値	794.64	886.85
評価値	短期Q _{AS}	239.03	178.09
	終局Q _{SU1}	494.28	432.72
	終局Q _{SU2}	665.87	636.14

$$Q_{AS} = b \cdot j \cdot \{ f_s + 0.5 \cdot f_i (p_w - 0.001) \}$$

$$Q_{SU1} = \left\{ \frac{0.053 p_i^{0.23} (F_c + 18)}{M / (Q \cdot d) + 0.12} + 0.846 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_o \right\} \cdot b \cdot j$$

$$Q_{SU2} = b \cdot j_i \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} + k_1 (1 - k_2) \cdot b \cdot B \cdot v \cdot F_c \leq \frac{v \cdot F_c}{3} \cdot b \cdot j_i$$

記号は参考文献¹⁾参照

*1 (株)長谷工コーポレーション 技術研究所
 *2 鹿島建設(株) 技術研究所
 *3 松井建設(株)
 *4 五洋建設(株) 建築本部 建築エンジニアリング部
 *5 高周波熱錬(株)
 *6 三井住友建設(株) 建築本部設計センター 構造デザインディビジョン

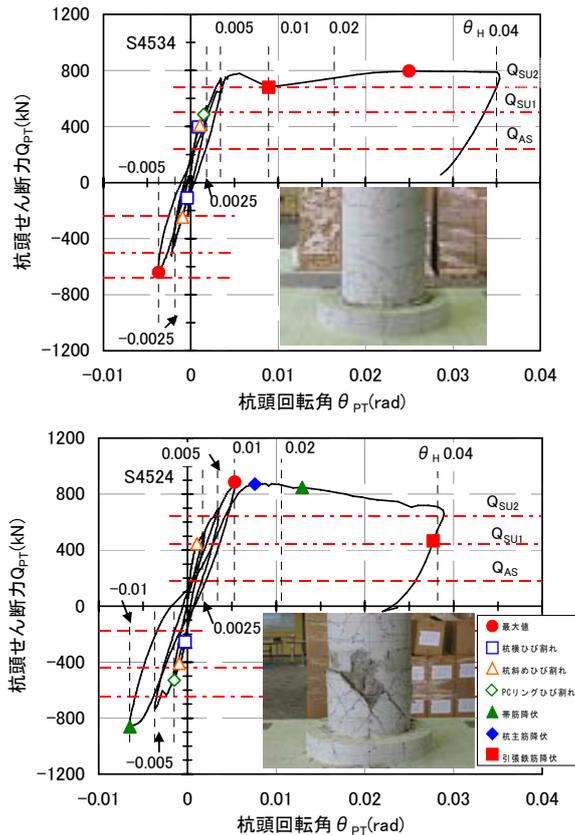


図2 杭頭せん断力-杭頭回転角関係

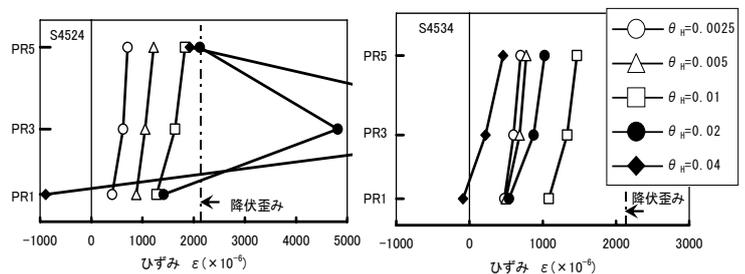


図3 杭主筋のひずみ分布(正载荷)

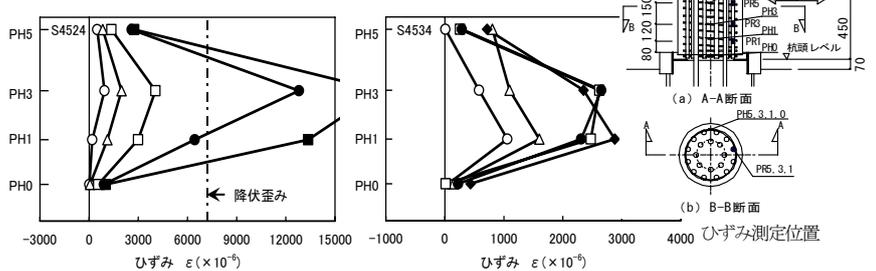


図4 帯筋のひずみ分布(正载荷)

表4 実験結果と評価値の比

ケース	S4534	S4524
短期Q _{AS} 時	3.3	5.0
終局Q _{SU1} 時	1.6	2.0
終局Q _{SU2} 時	1.2	1.4

参考文献:

- 1)高周波熱錬(株): 場所打ちコンクリート杭のせん断補強筋としてウルボンを使用する工法設計指針・同解説, BCI 評定-FD0157-01, 平成16年4月
- 2)吉松他: 場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その1, 日本建築学会大会要旨集B-1,2006.9 (投稿中)

*1 Technical Research Institute, HASEKO Corporation
 *2 Kajima Technical Research Institute, Kajima Corporation
 *3 MATSUI Construction
 *4 Engineering Div., Architectural Divisions Group, Penta-Ocean Construction Co., Ltd.
 *5 Ntunen Co., Ltd.
 *6 Architectural Design Center Structural Design Division, Sumitomo Mitsui Construction