

引張力伝達可能な既製杭用杭頭半固定工法の開発 その1 杭中空部に詰めたコンクリートの押込み試験

杭 コンクリート 圧縮試験
せん断

正会員○宮田 章*¹ 地代所 久恭*²
会田 学*³ 山上 弘二*⁴
小森 彰彦*⁵ 沼倉 清史*⁶

1. はじめに

杭体及び基礎梁の地震時応力を低減し、かつ引張力伝達可能な杭頭接合法として、図1に示す既製杭用杭頭半固定接合法を開発した。杭頭のリング状部材(PCリング)が杭頭せん断力を伝達するため¹⁾、杭中央に配筋した引張定着筋は杭頭曲げ及び軸力のみを伝達する。

引張定着筋に作用する引張力は、杭内面と中詰めコンクリートの境界におけるせん断抵抗によって杭体へ伝達される。本工法開発に関する一連の研究報告の「その1」として、境界におけるせん断抵抗を把握するために実施した中詰めコンクリートの押込み試験結果について述べる。

2. 試験体

試験体の形状・寸法を図2に示す。杭体部分は、既製杭のコンクリート材料試験用供試体製作に用いる型枠内に鋼管(厚さ6mm)をセットし、鋼管中にコンクリートを詰めて遠心力下で製作した。鋼管をセットした理由は、押込み試験時の杭体部分ひび割れ防止のためである。

杭体部分は、杭メーカー4社に各6体ずつ合計24体を各社の杭体製造手順で製作するように依頼した。コンクリート圧縮強度は91.7~93.2 N/mm²であった。杭体部分の内面状態を写真1に示す。A社、C社とD社は中詰めコンクリート打設前、B社は中詰めコンクリート打設後に撮影した。A社とB社の内面は型枠打設したように平滑、C社とD社の内面は凹凸がみられた。凹凸の程度で整理すると、A社≒B社<C社<D社の関係である。

中詰めコンクリートは、変位計測に用いるM12 ボルト・ナットを杭体部分中空部にセットした後、打設した。中詰めコンクリートの圧縮試験日材齢における圧縮強度は27.8N/mm²、ヤング係数は26.89×10³N/mm²であった。

3. 押込み試験

押込み試験は、アムスラー型試験機上に試験体を置き、中詰めコンクリート上部に加力板・球座をセットして、20mm 変位するまで単調圧縮した。変位は、図3に示すように試験体の上部すべり変位 Dt1~Dt4 (平均値 Dt)、中詰め部すべり変位 Ds1~Ds4 (平均値 Ds) を計測した。

上部すべり変位 Dt と中詰め部すべり変位 Ds の関係を図4に示す。杭体部分内面が平滑であった A 社試験体は Dt ≤ 15mm の範囲で Dt ≒ Ds であり、境界面内で一様にすべっているが、杭体部分内面に凹凸のある D 社試験体は

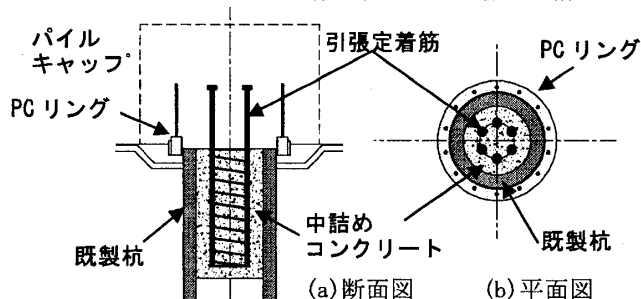


図1 杭頭半固定接合法

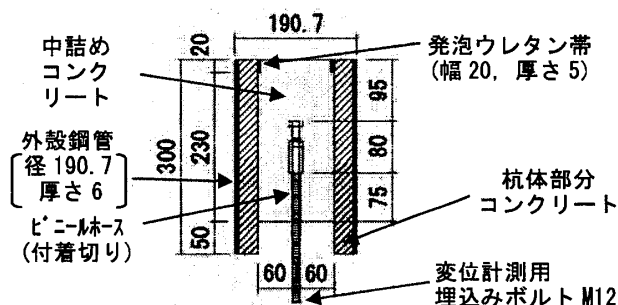


図2 試験体の形状・寸法

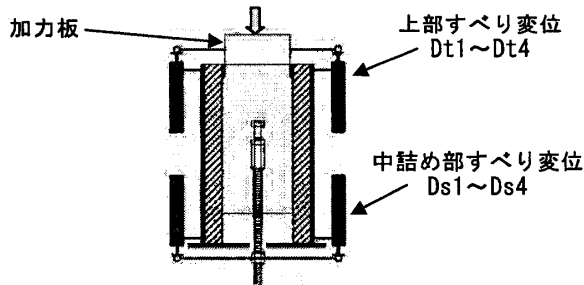


図3 変位計測位置

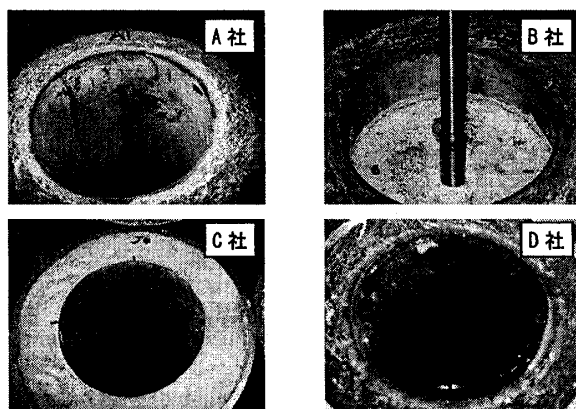


写真1 杭体部分の内面状態

Development of semi-rigid Connections for the Tubular Pile Head
Part 1 Compressive Tests of the concrete placed in the tubular pile

MIYATA Akira, JIDAISHO Hisayasu
AIDA Manabu, YAMAGAMI Kouji
KOMORI Akihiko and NUMAKURA Seishi

概ね $D_s \leq 5\text{mm}$ 以降 $D_t > D_s$ であり、境界面で一様にすべらず、凹凸がせん断抵抗に有効であることを示している。

境界におけるせん断応力度 τ と D_s の関係を図 5 に示す。以下、境界ですべる前の状態を接着と表現する。杭体部分内面が平滑な A 社試験体では載荷初期から D_s が生じて境界がすべっているが、同様に平滑であった B 社試験体では $\tau = 0.65 \sim 2.06\text{N/mm}^2$ まで D_s がほぼ 0 であり、境界が接着していた。また、 $D_s \leq 2.5\text{mm}$ 以降には τ の増加が小さくなり、 $D_s = 5\text{mm}$ で τ がほぼ一定になっている。次に、杭体部分内面に凹凸のあった C 社試験体と D 社試験体を見ると、 $\tau = 0.9 \sim 1.80\text{N/mm}^2$ で接着が切れた後、 $D_s \geq 10\text{mm}$ で最大せん断応力度 τ_{\max} に達する曲線状の $\tau - D_s$ 関係であった。中詰めコンクリートの圧縮応力度が圧縮強度 27.8N/mm^2 に達する時の τ を計算すると 3.6N/mm^2 になり、 τ_{\max} の半分以下である。これは、中詰めコンクリートのポアソン効果や、凹凸のある杭体部分内面がせん断されて生じる外側へ向かう杭体部分の変位を鋼管が拘束することによって、中詰めコンクリートが多軸応力状態になり強度増加したためと考えられる。

接着切れ時、 $D_s = 5\text{mm}$ 時及び最大荷重時のせん断応力度を杭メーカー毎にまとめて表 2 に示す。最大荷重に達しない試験体は加力限界である $D_s = 20\text{mm}$ 時を最大荷重時とした。接着切れ時せん断応力度 τ_{sb} は、A 社試験体のみ 0.15N/mm^2 で低いが、B～D 社の試験体では $1.18 \sim 1.61\text{N/mm}^2$ で 1N/mm^2 以上の値であった。 τ_{sb} の変動係数は $12.3 \sim 58.8\%$ であり、杭メーカー間で大きくばらついている。最大荷重時のせん断応力度 τ_{\max} は、杭メーカー間で平均値の差が大きいものの、変動係数が $8.9 \sim 26.1\%$ であり、接着切れ時よりばらつきが小さい。 $D_s = 5\text{mm}$ 時せん断応力度 τ_s の変動係数は $5.3 \sim 23.8\%$ で τ_{\max} の変動係数よりもさらに小さな値である。前述したように、 τ_{\max} 時は鋼管の拘束効果を見逃すことができないことから、 $D_t \approx D_s$ であった $D_s = 5\text{mm}$ 時を終局状態と考えると、境界における終局状態のせん断応力度は $3.28 \sim 6.91\text{N/mm}^2$ (平均 4.97N/mm^2) となる。

4. おわりに

引張力伝達可能な既製杭用杭頭半固定接合法を開発し、その 1 として杭体内面と中詰めコンクリートの境界におけるせん断抵抗について、中詰めコンクリートの押込み試験で確認した結果を報告した。杭メーカー毎に杭体内面の平滑・凹凸状態に差異があり、境界のせん断応力度がばらつくが、接着切れ時のせん断応力度は平均約 1.0N/mm^2 であり、また終局状態のせん断応力度は平均約 5.0N/mm^2 と考えられる。

- *1 鹿島建設 (株)
- *2 (株) アオモリパイル
- *3 藤村ヒューム管 (株)
- *4 宇部コンクリート工業 (株)
- *5 マナック (株)
- *6 東北ポール (株)

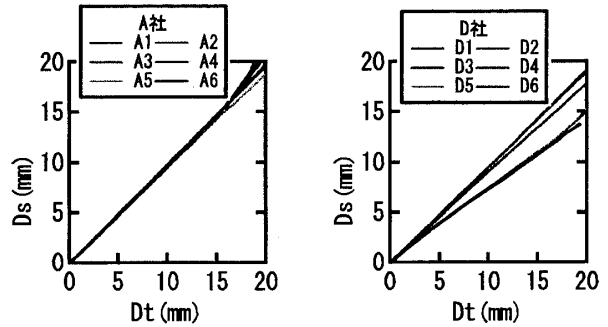


図 4 上部すべり変位 D_t と中詰め部すべり変位 D_s の関係

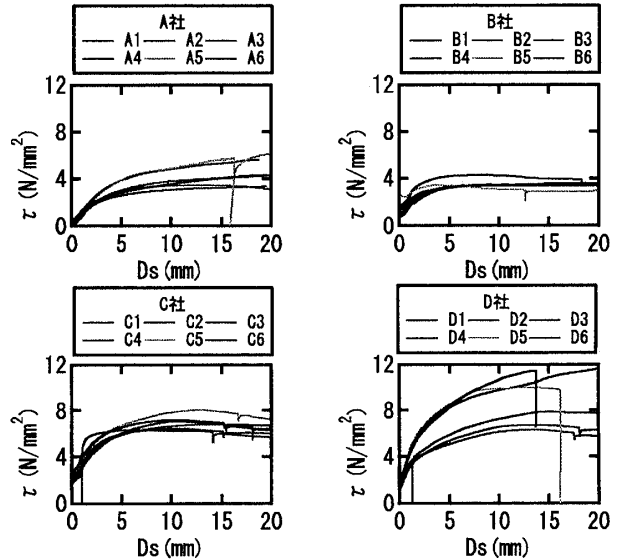


図 5 せん断応力度 τ と中詰め部すべり変位 D_s の関係

表 1 せん断応力度一覧

	接着切れ時		$D_s = 5\text{mm}$ 時		最大荷重時		
	平均 (N/mm^2)	変動係数 (%)	平均 (N/mm^2)	変動係数 (%)	平均 (N/mm^2)	変動係数 (%)	
杭メーカー	A社	0.15	58.8	3.28	18.0	4.54	25.4
	B社	1.18	43.2	3.43	11.3	3.65	9.3
	C社	1.61	12.3	6.26	5.3	6.97	8.9
	D社	1.35	24.8	6.91	23.8	9.00	26.1
全試験体	1.07	59.6	4.97	37.7	6.04	41.2	

本開発は、鹿島建設(株)、三谷セキサン(株)、(株)トーヨーアサノ、日本コンクリート工業(株)、旭化成建材(株)、(株)ジオトップ、山崎パイル(株)、日本ヒューム(株)、永井工業(株)、(株)アオモリパイル、藤村ヒューム管(株)、宇部コンクリート工業(株)、マナック(株)、東北ポール(株)、高周波熱錬(株)が共同で実施したものである。

参考文献

- 1) 吉松他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その 1～9、建築学会大会、構造 I、2006.9

- *1 Kajima Corporation
- *2 Aomori Pile Co., Ltd.
- *3 Fujimura Humu Co., Ltd.
- *4 Ube Concrete Industries Co., Ltd.
- *5 Manakku Co., Ltd.
- *6 Tohoku Pole Co., Ltd.