

SC杭の杭頭接合部の引抜き力伝達構造に関する研究
(その2 実大実験)

正会員 ○堀井良浩* 同 青島一樹*
同 西尾博人** 同 安達俊夫***

SC杭 引抜き力 杭基礎
杭頭接合部 既製杭

1. はじめに

SC杭の杭頭部にアンカー鉄筋を埋め込み、これを用いて上部構造から受ける引抜き力を外殻鋼管(以下鋼管と略す)に伝達する構造¹⁾を考案し、構造性能を実験により確認した。本報では実大実験の概要を報告する。

2. 実大実験の概要

2.1 実験目的

提案する引抜き力伝達構造においては引抜き抵抗用鋼棒φ11(PC鋼棒A種またはC種)の破断を想定する。本実験では、この構造が適用されるSC杭の実大試験体を用いて、PC鋼棒C種(1080/1230)の破断荷重上限(125kN/本)に相当する引抜き力が構造上安全に伝達されるか確認することを目的とする。

2.2 試験体

試験体の諸元を表-1に、概要を図-1に示す。試験体は直径が900mm、肉厚が120mm、鋼管(SM490A)厚が14mm、長さが400mmのSC杭である。杭頭部には270mmの定着長を有する20本のアンカー鉄筋D25(上部ねじ加工, SD345)が埋設され、その上部に高ナットφ32(M24孔, SNR490B)が締結されている。高ナットの上部には引抜き抵抗用鋼棒φ11(PC鋼棒D種 1275/1420)がカプラー(S45C)を用いて接合される。端板t10はSC杭の製造上必要な仮設材であり、高ナットの上部にφ26孔が設けられ、側板に隅肉溶接される。鋼管の上部にはリング形状の側板(SM490A)が溶接され、側板底面の支圧によってコンクリート($\sigma_B=127N/mm^2$)の抜け出しに抵抗する。試験体はこの支圧幅(鋼管内面と側板内面の距離)を変えた2体であり、S05試験体で6mm、S10試験体で11mmとした。実際は鋼管とコンクリートの付着も抵抗するが、本実験では支圧による引抜き力伝達性能を把握するために鋼管内面にテフロンシートを貼付し(杭頭から75mmより下方)、付着が生じないようにした。

2.3 実験方法と実験ケース

実験は、引抜き抵抗用鋼棒の上端部を油圧ジャッキで上向きに引っ張る方式で行った。実験ケースを表-2に示す。目標最大荷重はPC鋼棒φ11-C種の破断荷重上限(125kN/本)相当とした。まず鋼棒1本の繰返し載荷を2回、鋼棒を変えて行った後、4、10、20本(等間隔)を同時に引っ張る単調載荷を順次行った。主な計測項目は荷重と杭頭鉛直変位、引抜き抵抗用鋼棒・高ナット・アン

表-1 試験体の諸元

試験体名	SC杭	引抜き抵抗用鋼棒	アンカー鉄筋	側板支圧幅
S05	直径900mm 肉厚120mm 鋼管厚14mm	PC鋼棒φ11-D種 1本(L=1350mm)	D25 -定着長270mm	6.0mm
S10		または4、10、20本 (L=750mm)		11.0mm

材質は鋼管・側板SM490A, コンクリートFc105 ($\sigma_B=127N/mm^2$, $E=43200N/mm^2$), PC鋼棒D種(1275/1420), アンカー鉄筋SD345, 高ナットSNR490B, カプラーS45C, 端板SS400

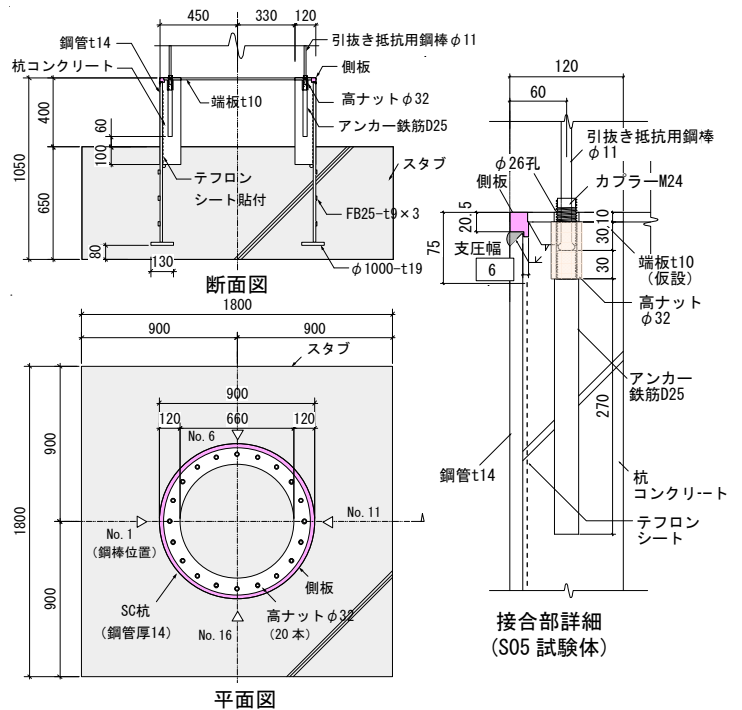
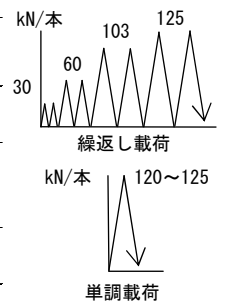


図-1 試験体の概要

表-2 実験ケース

試験体	支圧幅(mm)	加力ケース	加力本数	加力位置	最大計画荷重(kN)	載荷方式
S05	5.5	S05-1	1	1	125	繰返し
		S05-2	1	2	125	
		S05-3	4	1, 6, 11, 16	480	単調
		S05-4	10	1, 3, ..., 19	1200	
		S05-5	20	1~20	2500	
S10	10.5	S10-1~5			S05-1~5と同様	



カー鉄筋・鋼管外面・側板上面のひずみである。

3. 実大実験結果

3.1 荷重変形関係

引張荷重 P ~ 杭頭変位 δ_p 関係を図-2 に示す。 P はロードセル計測値または油圧計換算値、 δ_p は加力する引抜き抵抗用鋼棒芯（複数の場合は No.1 位置、図-1 参照）より杭芯側に 20mm の位置における端板上部変位である。図より、S05 試験体で最大 2299kN、S10-5 試験体で最大 2348kN の P を载荷しても、 δ_p は各々 0.53、0.54mm（残留変位は 0.09mm）以下と小さいことが分かる。

3.2 引抜き抵抗用鋼棒・高ナット・アンカー鉄筋の軸力

ひずみ計測結果から求めた引抜き抵抗用鋼棒の最大軸力は 106~126kN（各ケース平均値の 0.93~1.06 倍）と概ね均等であった。引抜き抵抗用鋼棒と高ナットとアンカー鉄筋の深さ方向の最大荷重時軸力分布の一例（ケース S05-5, S10-5）を図-3 に示す。高ナットの軸力は要素実験¹⁾ で得られた荷重とひずみの関係を用いて求めた。図より、深いほど軸力が減少しており、付着によって引抜き力がコンクリートに伝達されたことが分かる。本実験においてアンカー鉄筋の上部~中央部の付着応力は 66~76N/mm² と大きく、十分な付着が発揮されている。鋼棒の引抜き力は仮設材の端板にも一部伝わる可能性があるが、高ナットの上部における付着を考慮（短期許容付着力 8kN、 $\tau_{as}=2.7\text{N/mm}^2$ 相当²⁾）すると、高ナットには大きい箇所で PC 鋼棒 C 種の破断荷重上限の 0.94 倍（117kN）が作用したと考えられる。

3.3 鋼管・側板応力

図-4 に、ひずみ計測結果から求めた最大荷重時の深さ方向の鋼管外面応力分布の一例（ケース S10-5）を示す。杭頭付近で圧縮応力が生じるが、深くなると引張応力が増加し、引張荷重を鋼管断面積で除して求めた平均引張応力（60N/mm²）に漸近することが分かる。コンクリートに伝達された引抜き力が側板底面の支圧として作用した結果、鋼管上部に引張・曲げ合力が作用し、深くなるにつれてコンクリートの拘束を受けて曲げモーメントが減少したと考えられる。この応力分布より推定した鋼管上端部内面の縁応力は 205N/mm² と、短期許容応力度の 0.63 倍であった。これは高ナットに伝わる引抜き力が全て側板に作用すると考え、鋼管と側板を各々柱と片持ち梁に置換して得られる計算値の 0.70 倍に相当する。実験結果の方が小さいのは計算において側板のねじり剛性を考慮してないこと等によると考えられる。また側板上部の最大主応力は 97N/mm² 以下、最大せん断応力は 53N/mm² 以下とともに短期許容応力度の 0.3 倍以下と小さかった。

3.4 側板の支圧幅

S05 試験体と S10 試験体の違いは側板の支圧幅である。高ナットに伝わる引抜き力の全てが側板底面の支圧として作用すると考えて得られる平均支圧応力はケース S05-5

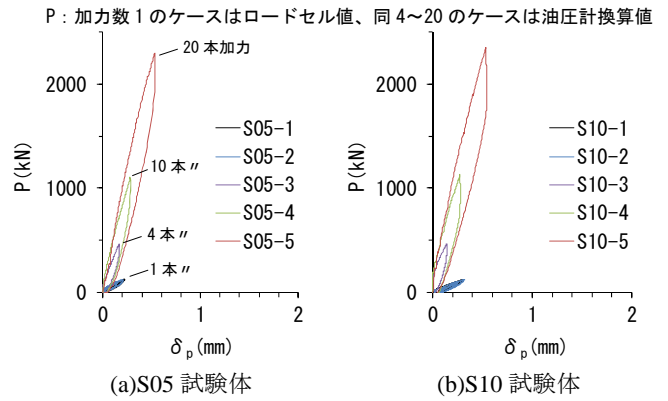


図-2 $P \sim \delta_p$ 関係

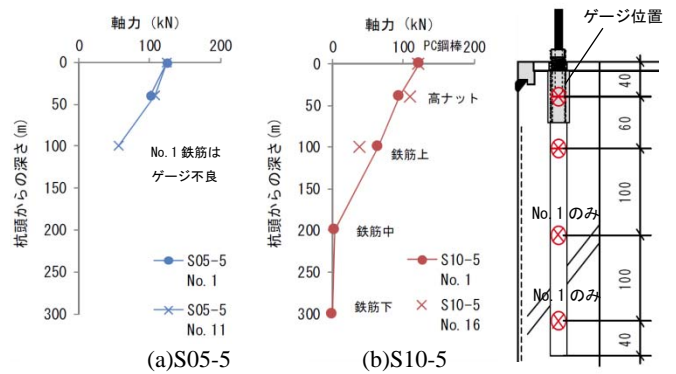


図-3 高ナット・アンカー鉄筋の軸力分布の一例

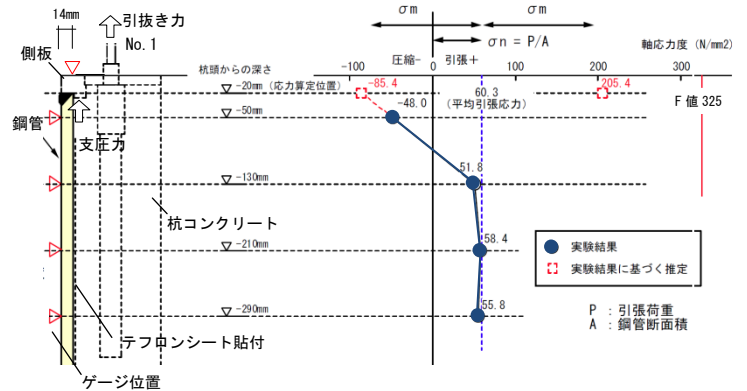


図-4 鋼管応力の一例 (S10-5)

(129N/mm²) の方が S10-5 (75N/mm²) より大きいですが、本実験では $P \sim \delta_p$ 関係等への影響は認められなかった。鋼管上端部内面の縁応力はケース S05-5 (192N/mm²) の方が S10-5 (205N/mm²) より若干小さい程度であった。

4. まとめ

提案する SC 杭の引抜き力伝達構造について実大実験を行った結果、引抜き抵抗用鋼棒 $\phi 11$ (C 種) の破断荷重に達するまで有害な抜け出しおよび損傷は認められず、十分な構造安全性を有することが確認された。

参考文献

- 1) 青島, 堀井, 西尾, 安達: SC 杭の杭頭接合部の引抜き力伝達構造に関する研究 (その 1), 日本建築学会大会 (近畿) 2014 投稿中
- 2) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会: 2007 年版建築物の構造関係技術基準解説書, pp.504-505, 2007.8

* 大成建設 (株) 技術センター
 ** 大成建設 (株) 設計本部
 *** 日本大学理工学部 教授・工博

* Technology Center, Taisei Corporation
 ** Design Division, Taisei Corporation
 *** Prof. College of Science & Technology, Nihon Univ, Dr. Eng