

高圧噴射攪拌式の地盤改良による既存杭の補修・補強に関する研究 (その3) 水平荷重試験結果

地盤改良 高圧噴射攪拌 既存杭
水平抵抗特性

正会員 ○久世 直哉* 同 島村 淳**
同 鎌田 敏幸** 同 楠 浩一***
同 井上 波彦**** 同 柏 尚稔*****
同 二木 幹夫*

1. 試験方法

(1) 荷重方法及び試験装置

水平荷重試験は、油圧ジャッキにより、基礎フーチングに一定の鉛直荷重を作用させた状態で水平方向に加力した。鉛直及び水平荷重の反力は、試験体の周囲に配置した反力杭及び反力体によるものとし、鋼製梁及び PC 鋼棒を介して荷重を伝達させる機構とした。

試験装置の概要を図 1 に、杭頭部付近の試験装置詳細を図 2 に、それぞれ示す。

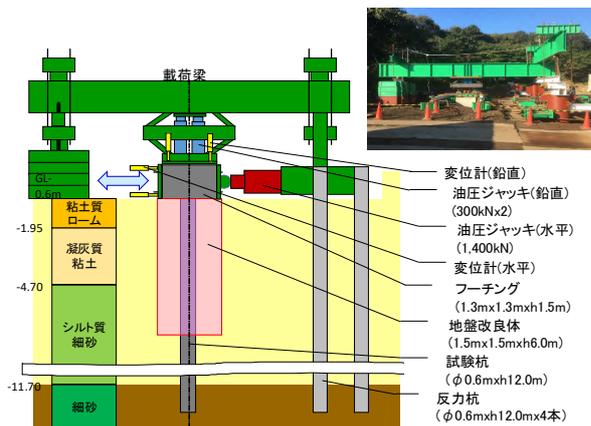


図 1 試験装置概要

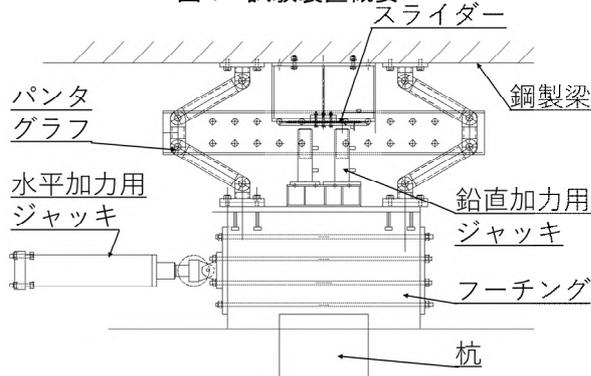


図 2 杭頭部付近の試験装置詳細

(2) 荷重荷重及び荷重サイクル

水平荷重は、試験体 No.1 の設計用短期水平力である

180kN を計画基本荷重とした。鉛直荷重は、試験体 No.1 の設計用短期軸力の最小値である 100kN とし、試験中は、油圧ジャッキにより、これを保持した。

荷重サイクルは、地盤工学会規準¹⁾に準じ、4 サイクル・8 段階で計画基本荷重 180kN に到達させることとした。また、計画基本荷重到達後、繰り返し荷重や段階荷重を行い、種々の水平抵抗特性の把握を行った。ここでは、段階荷重により把握した最大水平抵抗に関する結果について報告する。

2. 測定項目

測定項目は、水平荷重、鉛直荷重、フーチングの鉛直並びに水平変位、杭体並びに中詰めコンクリート部の回転角、杭体並びに中詰め補強筋のひずみとした。

3. 試験結果

水平荷重(H)と水平変位(y)の関係を図 3 に、各試験体の破壊状況を図 4 に、杭体ひずみ分布を図 5 に、杭体ひずみから算定した杭体の曲げモーメント分布を図 6 に、中詰め補強筋のひずみ分布を図 7 に、それぞれ示す。

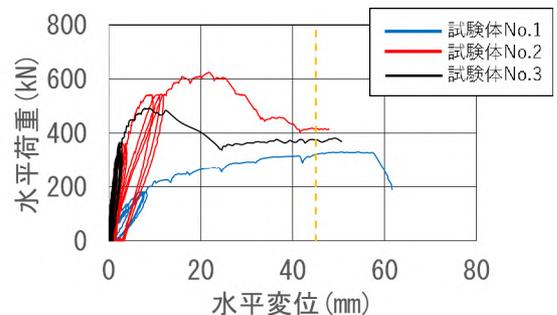


図 3 H - y 関係

試験体 No.1 は、設計用短期水平荷重 180kN を超えると水平剛性が低下し、330kN に到達後、荷重が低下した。杭体の曲げモーメントは、図 6 より GL-3.0m 付近で最大となる分布を示しており、試験終了後に当該深度付近の地盤を掘削し、杭体表面を観察した結果、曲げ引張り (GL-2.5m 及び GL-3.35m 付近) とせん断ひび割れが確認された (図 4 a) 参照)。

杭の周りを地盤改良体で補強した試験体 No.2 及び損傷杭を地盤改良体で補修した試験体 No.3 は、いずれも試験体 No.1 よりも、最大水平荷重及び水平剛性が増加した (図 3)。試験後の目視観察の結果、地盤改良体の加力直交面にひび割れ (図 4 b)、c) が確認されており、地盤改良体が水平力の一部を負担することにより杭の水平抵抗力及び水平剛性が増加したものと推察される。

試験体 No.2 は、 $H=180\text{kN}$ 付近まで杭に発生したひずみが試験体 No.1 と比べて相当小さいことから、特に低荷重時においては地盤改良体が水平荷重を大きく負担していたものと考えられる (図 5 参照)。

試験体 No.3 は、中詰め鉄筋のひずみ分布 (図 7 参照) より、 $H=360\text{kN}$ 付近までは中詰めコンクリート部分の全長に曲げモーメントが発生しており、中詰めコンクリート部分からも杭に水平力が伝達しているものと推察される。また、荷重初期の水平剛性は、試験体 No.2 とほぼ同じであるが、最大水平抵抗力は約 8 割程度であった。これは、杭頭部に損傷があるため当該位置には杭よりも強度が低い地盤改良体が充填されていること、杭頭部付近はプレストレスが減少していること等、健全な杭体よりもせん断強度が低いためであると推察される。

なお、試験体 No.2 及び試験体 No.3 においては、脆性的な破壊挙動を示しているが、最大荷重到達以降 (ここでは仮に $y=45\text{mm}$ 時) の水平抵抗力 (以下、残留水平抵抗力) は、それぞれ 416kN 、 376kN 程度を保持しており、試験体 No.1 の最大水平抵抗力 330kN よりも大きい。これは、杭や地盤改良体にひび割れが発生した後も、地盤改良体が存在することにより杭のみの場合よりも地盤抵抗を受ける面積が大きいためであると推察される。

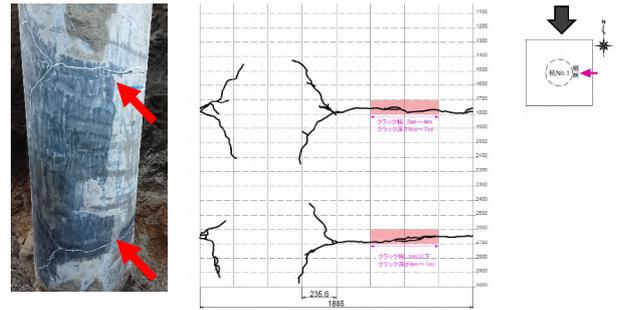
4. まとめ

健全な杭及び損傷杭の周りに地盤改良を施した結果、いずれも杭のみの場合よりも水平抵抗力及び水平剛性の増加が確認された。これらは、杭のみの場合に比べて脆性的な挙動を示したが、その残留水平抵抗力は、杭のみの場合の最大水平抵抗力よりも大きく、ひび割れ発生後も地盤改良体による水平抵抗増加効果が期待できる。

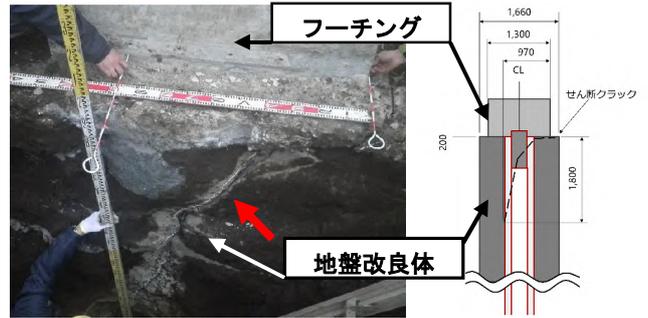
今後は、既存杭の補修・補強杭に関する適切な設計方法の確立に向け、試験体破壊状況の詳細調査、要素試験及び既報²⁾を含めた数値解析等により改良体と杭の応力伝達機構に関する分析を行う。

参考文献

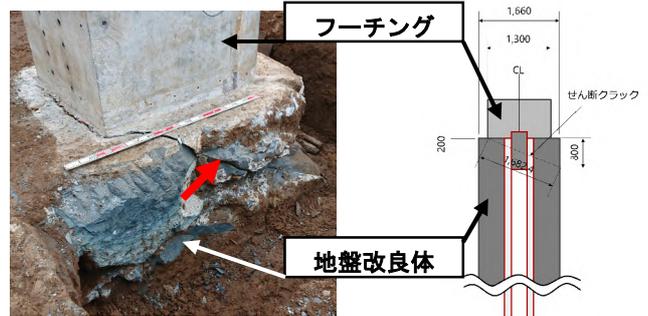
- 1) 地盤工学会基準 杭の水平荷重試験方法・同解説：地盤工学会, 2010.5
- 2) 島村他：高圧噴射攪拌式の地盤改良による損傷杭の補修・補強に関する研究 (その 1) から (その 3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 507-512, 2018.9



a) 試験体 No. 1 (ひび割れ状況写真及び杭表面展開図)

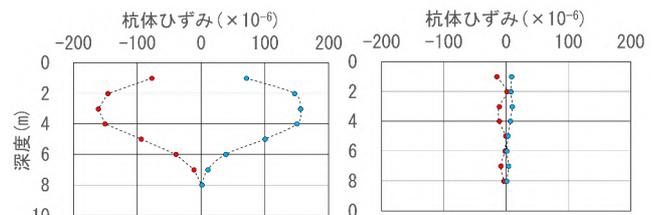


b) 試験体 No. 2 (ひび割れ状況写真及び断面図)



c) 試験体 No. 3 (ひび割れ状況写真及び断面図)

図 4 試験体ひび割れ発生状況 (赤矢印：ひび割れ位置)



a) 試験体 No. 1 b) 試験体 No. 2

図 5 杭体ひずみ分布 (H=180kN 時)

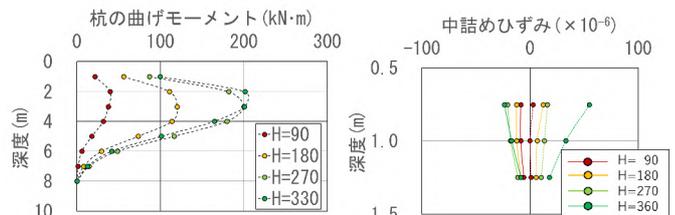


図 6 試験体 No. 1 曲げモーメント 図 7 試験体 No. 3 中詰め補強筋ひずみ

* 一般財団法人 ベターリビングつくば建築試験研究センター
 ** ケミカルグラウト 株式会社
 *** 東京大学
 **** 国立研究開発法人 建築研究所
 ***** 国土交通省 国土技術政策総合研究所

* Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living
 ** Chemical Grouting Company
 *** University of Tokyo
 **** Building Research Institute
 ***** National Institute for Land and Infrastructure Management