

## 高圧噴射攪拌工法による杭の補修・補強効果について

ケミカルグラウト株式会社

正会員 ○鎌田 敏幸

正会員 島村 淳

非会員 土屋 勉

一般財団法人ベターリビング

非会員 二木 幹夫

非会員 久世 直哉

非会員 田井 秀迪

### 1. はじめに

建築構造物の杭基礎が地震により損傷した際の補修は、杭基礎頭部を掘削して直接的に補修する充填工法等で行われることが多い。一方、損傷していない健全な杭の耐震性が足りない際の補強は、増杭にて基礎全体の耐震性能を高めることが多い。筆者らは、建築物の杭基礎の上記補修・補強方法に変わる方法として、高圧噴射攪拌工法を用いた補修・補強方法の研究<sup>1), 2)</sup>を行っている。ここで、高圧噴射攪拌工法とは、セメントを主体とした固化材を直径 200 mm 程度のロッド先端から超高压 (30 MPa 程度) で噴射し、流体を用いて地盤を切削・混合攪拌することにより改良体を築造する工法である。本工法は径、強度を自由に設定でき、小型マシンを用いることにより建物内など狭隘箇所における施工が可能である。また、流体を用いることで重要構造物近傍においても施工可能である。高圧噴射攪拌工法による杭基礎の補修・補強の概念図を図 1 に示す。ここで、地盤改良の品質は、参考文献<sup>3)</sup> (以下、改良指針と呼ぶ) で示されるとおり、ばらつきを考慮したコア供試体の一軸圧縮強度で評価した。本報告では、杭に対して改良指針の品質基準を満足する高圧噴射攪拌工法の改良体による補修・補強を実施後、載荷試験により鉛直支持性能、水平抵抗特性を確認した結果について報告する。

### 2. 損傷杭について鉛直支持性能に与える補修効果<sup>1)</sup>

本研究は、2016 年熊本地震による杭基礎被害で建物傾斜が生じた低層 RC 造共同住宅を対象とした。同建物は解体・撤去が決まっており、同建物の上部構造物を解体した 1 階床以深を試験で用いた。建物は、昭和 59 年 (1984 年) 竣工、5 階建ての RC ラーメン造である。杭は、PHC 杭 (A 種) で  $\phi 500$  mm,  $L = 39.0$  m, 設計用長期鉛直支持力 1,100 kN/本である。写真 1 に対象とした既存杭の損傷状況を示す。高圧噴射攪拌工法による地盤改良の平面配置は、フーチング平面 1.3 m $\times$ 1.3 m に対して全面積を覆うことができる 1.5 m $\times$ 1.5 m とした。改良は、杭頭からの損傷部位長さ 1 m に対して、その下 1 m の健全部位まで覆う計 2 m とした。設計基準強度は、1,500 kN/m<sup>2</sup> とした。「杭の押込み試験方法 (JGS1811-2002)」<sup>4)</sup> に基づき、

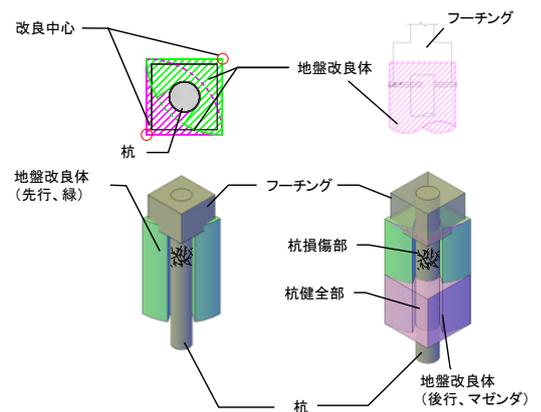


図 1 杭補修・補強の概念図



写真 1 既存杭の損傷状況<sup>1)</sup>

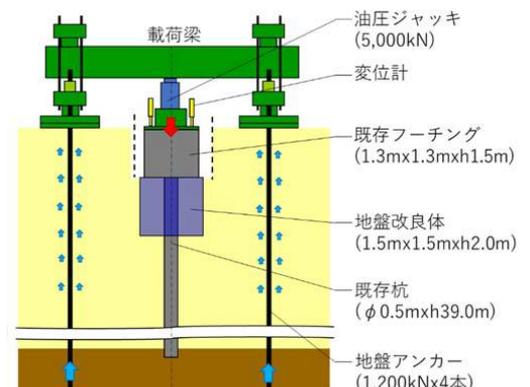


図 2 鉛直載荷試験概要<sup>1)</sup>

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-5 ケミカルグラウト (株) TEL 03-5575-0571

多段階方式・多サイクル载荷（最荷重 = 3,600 kN）試験を行った（図2参照）。荷重-沈下関係（図3）は、最大荷重 3,600 kN の段階まで弾性的挙動を示し、フーチング端部沈下量は 8.7 mm であった。この値は、極限支持力の判定における杭径（500 mm）の 10%（50 mm）の沈下量より小さいことから、補修をした杭の極限鉛直支持力は最大荷重（3,600 kN）を上回ると考えられる。

### 3. 既製杭について水平抵抗特性に与える補強効果<sup>2)</sup>

2. と同様に建築構造物の杭基礎に対して、水平抵抗特性に対する補修・補強効果を確認するために、高圧噴射攪拌工法による地盤改良体を頭部に施した杭（2 ケース）、地盤改良を施さない杭の水平載荷試験（1 ケース）の計 3 ケースの試験を実施した（図4参照）。杭は、PHC 杭（A 種）で  $\phi 600$  mm, L=12.0 m である。試験【No.3】の損傷は、人工的に杭頭部 1 m を損傷させて曲げ・せん断抵抗が働かないようにした。地盤改良の平面配置は、2. と同様にフーチング平面 1.3 m $\times$ 1.3 m に対して全面積を覆うことができる 1.5 m $\times$ 1.5 m とした。事前の試算より、改良長は杭に発生する変動軸力に対して、杭周面と地盤改良体の付着力を考慮して 6 m とした。設計基準強度は、2,000 kN/m<sup>2</sup> とした。「杭の水平載荷試験方法（JGS 1831-2010）」<sup>5)</sup>に基づき、設計用水平荷重 180 kN までは段階載荷方式による単サイクル一方向載荷、その後段階載荷方式による多サイクル正負交番載荷の試験を実施した（図5参照）。計 3 ケースの荷重-変位関係は、図6に示すとおりである。図6には、正負交番載荷における負側の荷重-変位を省略して表示している。【No.1】の最大水平荷重に比べて、【No.2】、【No.3】の最大荷重は、それぞれ約 1.9 倍、1.5 倍程度であった。また、変形性能に関して、【No.2】、【No.3】は、設計用短期水平荷重 180 kN まで、弾性挙動を示していた。

### 4. まとめ

高圧噴射攪拌工法を用いた杭の補修・補強効果を原位置の鉛直・水平載荷試験を行い、補修・補強による鉛直支持・水平抵抗特性の増加を確認した。今後、同種の試験、解析による検討を行うことで、鉛直支持性能・水平抵抗特性の定量評価、設計手法の確立を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 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1～3），2018年度日本建築学会大会（東北），pp.507-512，2018。
- 2) 島村他：高圧噴射攪拌式の地盤改良による既製杭の補修・補強に関する研究（その1～3），2019年度日本建築学会大会（北陸），2019。（投稿中）
- 3) 日本建築センター・ベターリビング：2018年度版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—，pp.33-38，2018。
- 4) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説（第一回改訂版），pp.19-48，2002。
- 5) 地盤工学会：杭の水平載荷試験方法・同解説—第一回改訂版—，pp.1-34，2010。

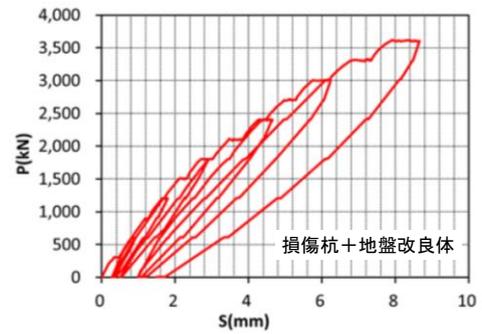


図3 荷重-沈下量関係（鉛直載荷試験）<sup>1)</sup>

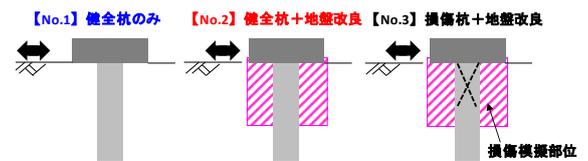


図4 水平載荷試験ケース

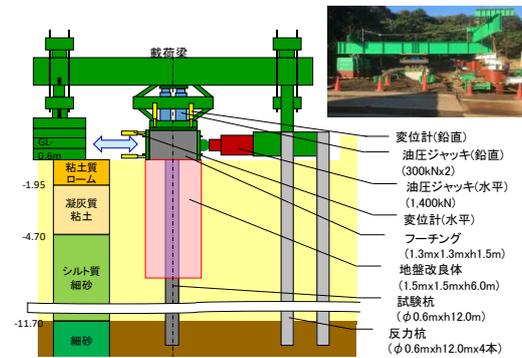


図5 水平載荷試験概要

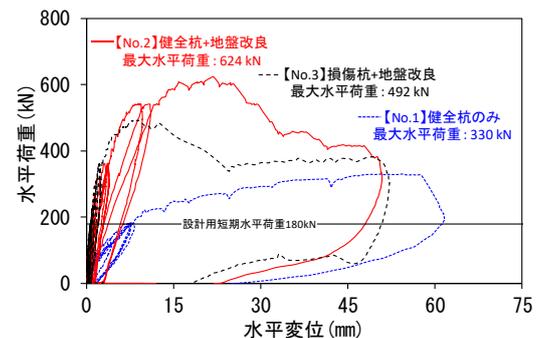


図6 荷重-変位関係（水平載荷試験）