

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) 補修・補強方法と実大実験の概要

地盤改良 高圧噴射攪拌 既存杭  
補修・補強 品質確認 鉛直支持特性

正会員 ○島村 淳\* 同 井上 波彦\*\*  
同 田井 秀迪\*\*\* 同 楠 浩一\*\*\*\*  
同 柏 尚稔\*\*\*\*\* 同 二木 幹夫\*\*\*  
同 久世 直哉\*\*\*

1. はじめに

大地震時に基礎杭に被害が生じると建物に傾斜が生じ、継続使用できない場合がある。しかし、既存建物の杭を補修・補強することは、杭周辺地盤を掘削しての被害調査や復旧工事が長期間・高額なものとなり、結果として上部構造物に大きな損傷が見られない場合であってもその多くが解体・撤去されるに至っている。近年の災害経験を通じて、迅速な復興という観点から、補修・補強によって建築物の継続利用を可能とする技術が求められているところであり、前述どおり杭の被害についてもより簡便で確実な補修方法が望まれている。そこで、近年、既存建物直下の地盤改良や液状化対策として適用されつつある高圧噴射攪拌式による地盤改良工法に着目した。高圧噴射攪拌式による地盤改良技術は、杭損傷部分まで地盤を掘り下げる必要がないことから前述の問題点に対しても有効であると考えられる(図1)。本研究では、2016年熊本地震により杭に被害を受けて傾斜した共同住宅を対象として、当該技術を用いた場合における既存建物直下の杭の補修・補強効果の確認を行った。具体的には、①地盤改良体の品質、②補強杭の鉛直支持特性の把握を行った。なお、高圧噴射攪拌式による地盤改良工法としては、地盤改良体の形状や強度が任意に設定でき、狭隘な場所でも施工が可能なJETCRETE工法を採用した。

2. 実験概要

2.1 対象施設

2016年熊本地震により杭に被害を受けて傾斜した低層RC造共同住宅を対象とした。なお、同建物は既に解体・撤去が決定しており、上部構造を解体した1階床以深を使用した。表1に建物の諸元を示す。

2.2 検討対象杭

補修・補強効果の確認用として本実験で対象とした既存杭(杭No.1~3)を図2に示す。また、同一敷地内の原地盤において、当該工法地盤改良体の品質確認用として地盤改良(品質確認用改良体A、品質確認用改良体B)を行った。地盤改良体の平面形状は、品質確認用改良体Aが1/4円形( $r=1,500\text{mm}$ , タイプ:A)、品質確認用改良体Bが改良体Aと同様の施工仕様にて全円の地盤改良をした円形( $r=1,500\text{mm}$ , タイプ:B)である。杭No.1~3については、

A改良体と同様の地盤改良体2本で地盤改良を行った。杭No.1では改良範囲、改良体の圧縮強度及び鉛直支持性能の確認を行い、杭No.2では改良範囲、改良体の圧縮強度の確認、杭No.3では改良範囲、改良体の圧縮強度及びせん断強度の確認を行った。

2.3 杭の損傷状況

写真1及び写真2に対象とした既存杭の損傷状況を示す。杭No.1では、杭頭より1m程度の範囲で圧壊及びせ

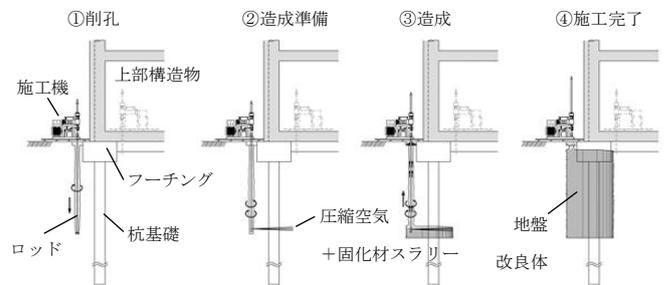


図1 高圧噴射攪拌工法施工フロー(例)

表1 建物諸元

竣工	S59.10.
階数・戸数	5階・30戸
建築面積・延床面積	406.1m <sup>2</sup> ・2,030.4m <sup>2</sup>
上部構造・基礎構造	RCラーメン造・杭基礎
杭・杭長	PHC杭φ500(38本)・39m
支持力	110t/本(設計値(長期・鉛直))

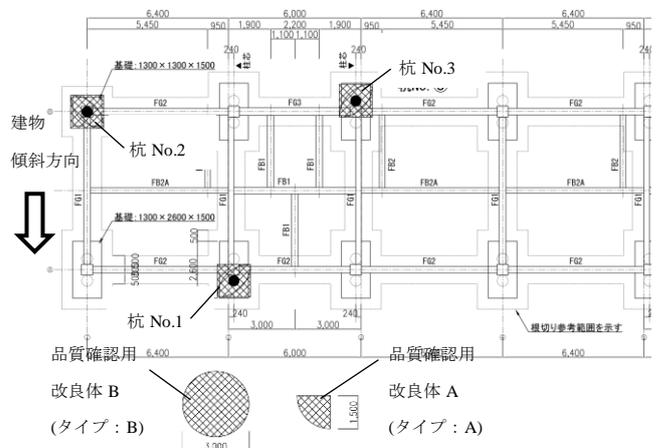


図2 検討対象杭位置図



a) 全景  
b) 詳細  
写真 1 既存杭の損傷状況 (杭 No.1)



a) 全景  
b) 詳細  
写真 2 既存杭の損傷状況 (杭 No.2)

ん断破壊が確認できた。杭 No.2 では、杭頭より 1m 程度の範囲でせん断ひび割れが確認でき、杭 No.3 も杭 No.2 と同程度のせん断ひび割れが確認できた。

### 3. 杭頭補修・補強方法

#### 3.1 杭頭補強の概要

本実験における高圧噴射攪拌式の地盤改良による損傷杭頭部の補強の概略を図 3 に示す。頭部を損傷した杭に対して、図 3 左上のように 2 箇所造成ロッドを建て込み、90° (1/4 円形) ずつ施工して、杭を巻き込むように矩形の地盤改良体を築造し、損傷杭の補修・補強を図る。損傷杭の圧壊・せん断破壊部分については杭中空部にも地盤改良体が入り込む効果が期待できる。

#### 3.2 杭頭補強の範囲と地盤改良の仕様

図 4 に地盤概要と改良範囲を示す。対象土質は N 値が 2~4 の埋土(シルト質粘土)である。対象深度はフーチング(平面: 1.3×1.3m)下端 GL-1.9~3.9m の 2m であり、図 3 に示すとおり、杭損傷箇所 1m、健全な箇所 1m の範囲で矩形の地盤改良体(平面: 1.5m×1.5m)を築造した。表 2 に品質確認用改良体を含めた地盤改良の仕様を示す。事前に行った配合試験結果から改良体 1m<sup>3</sup> あたりの固化材添加量を 463kg と設定した。

#### 3.3 確認項目

本実験における確認項目は、以下のとおりである。

- 1) 地盤改良体の品質
  - ・地盤改良体の形状
  - ・地盤改良体の強度とそのバラツキ
- 2) 地盤改良体により頭部を補強した杭の鉛直支持特性  
実験結果についてはその 2, 3 に示す。

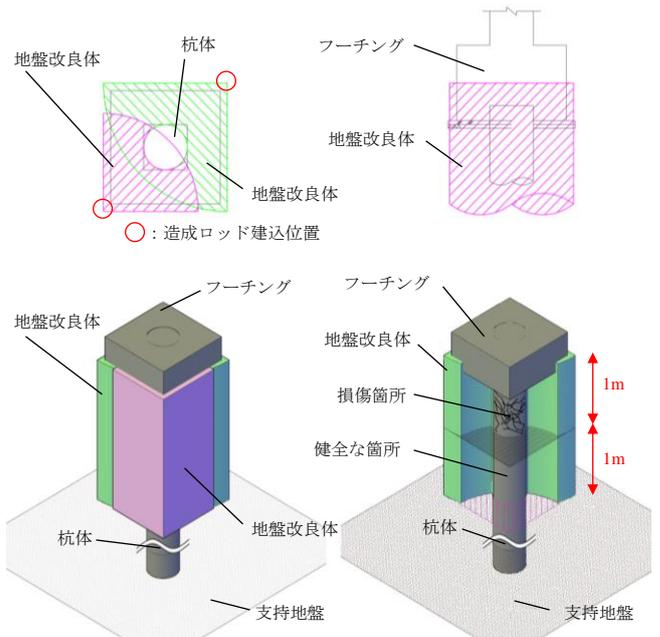


図 3 杭頭補強概略図

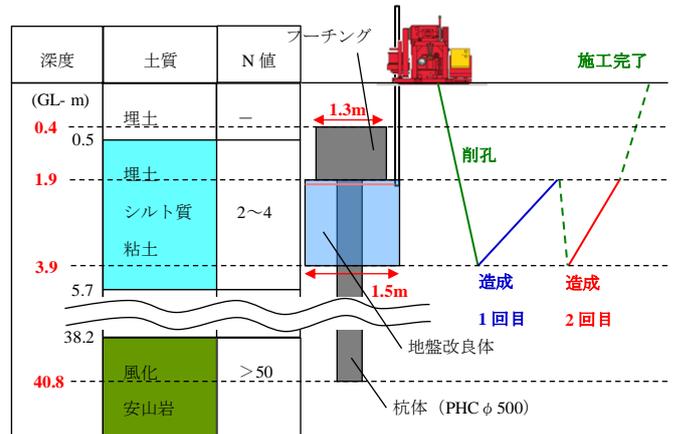


図 4 地盤概要と改良深度

表 2 地盤改良の仕様

タイプ	A	B
改良形状	1/4 円形	円形
改良半径	r1.5m	r1.5m
改良長	2.0m	2.0m
設計基準強度 $F_c$	1,500kN/m <sup>2</sup>	1,500kN/m <sup>2</sup>
変動係数 $V_n$	40%(想定)	40%(想定)
造成回数	2 回	2 回
固化材添加量 C/V	463kg/m <sup>3</sup>	463kg/m <sup>3</sup>
施工本数	7 本 (杭 No.1~3 各 2 本、 品質確認用改良体 A)	1 本 (品質確認用改良体 B)

\*ケミカルグラウト株式会社  
\*\*国立研究開発法人 建築研究所  
\*\*\*一般財団法人 ベターリビング  
\*\*\*\*東京大学  
\*\*\*\*\*国土交通省 国土技術政策総合研究所

\*Chemical Grouting Company  
\*\*Building Research Institute  
\*\*\*Center for Better Living  
\*\*\*\* The University of Tokyo  
\*\*\*\*\*National Institute for Land and Infrastructure Management