高圧噴射撹拌式の地盤改良による杭基礎の補強技術に関する研究開発 (その3:土槽水平載荷試験の結果・地盤改良体仕様の影響)

杭の水平抵抗 地盤改良 耐震設計

ベターリビング ○久世 直哉 正会員 ケミカルグラウト 博之 正会員 田中 ケミカルグラウト 国際会員 島村 淳 ケミカルグラウト 国際会員 敏幸 鎌田 国際会員 修次 東京工業大学 田村 ベターリビング 正会員 二木 幹夫 ベターリビング 正会員 山田 宗範

1. はじめに

本報告では、同名タイトルの(その1:研究概要)¹⁾ に記載の試験体 No.1 から No.4 の試験結果を示し、地盤改良体の仕様が杭基礎の耐震補強効果に及ぼす影響について報告する。

2. 試験結果

試験体 No.1 における地盤改良体の仕様(q_u : 6,000kN/m²、改良高さ: 600mm、改良幅: 150mm)を基本とし、一軸圧縮強度を低く(q_u : 4,000kN/m²)した試験体 No.2、地盤改良体の高さを高く(改良高さ: 800mm)した試験体 No.3、地盤改良体の幅を広く(改良幅: 250mm)した試験体 No.4 と、それぞれ比較した結果について示す。

杭頭荷重 (H) と杭頭水平変位 (y) の関係を図 1 に、杭頭荷重 (H) と杭頭回転角 (θ) を図 2 に、各試験体の杭ひずみの深度分布を図 3 に、試験後における地盤改良体のひび割れ状況を図 4 に、それぞれ示す。

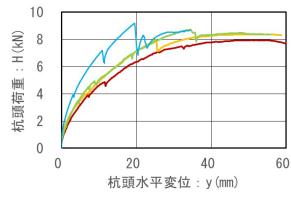
2.1 地盤改良体の強度の影響

試験体 No.2 では、地盤改良体の強度を試験体 No.1 よりも低くしたが、杭頭部における水平剛性、回転剛性は試験体 No.1 とほぼ同じであった(図 1,図 2 参照)。これは地盤改良体の強度差が曲げ剛性に及ぼす影響が小さかったこと、および杭に塑性ヒンジが発生した深度がほぼ同じ(GL-450mm 付近)であり、地盤の受働抵抗も同程度であったためであると推察される。

2.2 地盤改良体の高さの影響

地盤改良体高さを高くした試験体 No.3 では、杭頭部における初期の水平剛性、回転剛性が No.1 よりもやや高くなった(図 1,図 2 参照)。これは、深い位置にある地盤改良体の影響により杭体の変形がわずかに抑制されたためであると推察される。また、試験体 No.1 では地盤改良体の下端レベル(GL-600mm)において杭ひずみが大きくなる傾向にあり、試験体 No.3 でも同様に、地盤改良体の下端レベル(GL-800mm)における杭ひずみが大きくなった。これらは、地盤改良体が杭体の曲げ剛性に寄与したため剛性差が生じるレベルにて杭ひずみが大きくなったと推察される。

杭体塑性ヒンジの発生深度は試験体 No.1 とほぼ同じ(GL-450-475mm 付近)であった。また、最大荷重 H=8.7kN に到達後、荷重低下したのちの H-y 関係は、試験体 No.1、No.2 とほぼ同じであった。これは、地盤改良体にひび割れが発生し、かつ杭に塑性ヒンジが発生した後の杭の水平抵抗は、地盤の受働抵抗が支配的になるため水平抵抗特性がほぼ同じになったと推察される。



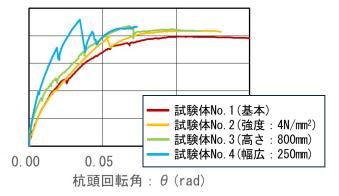
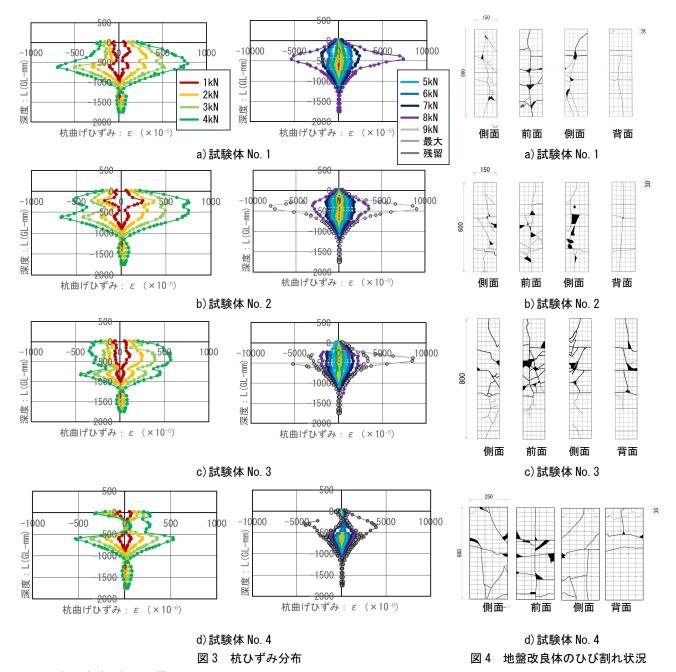


図1 片y関係

図 2 *H- 0*関係

Research on pile foundation reinforcement technique by jet grouting Part 3: Results of horizontal loading test, effect of ground improvement specifications KUZE Naoya, FUTAKI Mikio, YAMADA Munenori (Center for Better Living), TANAKA Hiroyuki, SHIMAMURA Atsushi, KAMATA Toshiyuki (Chemical Grouting Co., Ltd.),

TAMURA Shuji (Tokyo Institute of Technology)



2.3 地盤改良体の幅の影響

地盤改良体の幅を広くした試験体 No.4 では、杭頭部の水平剛性、回転剛性、最大水平抵抗力が試験体 No.1 よりも高くなった(図 1,図 2 参照)。これは、地盤改良体の水平方向の断面積が広くなることによる載荷初期(地盤改良体が杭と一体挙動している状態)の曲げ剛性の増加、および水平地盤反力を受ける面積の増加が影響していると推察される。

地盤改良体の下端レベル (GL-600mm) で杭ひずみが大きくなる傾向は、他の試験体と同じであったが、地盤改良体を施した範囲 (GL-600mm 以浅) の杭ひずみは、試験体 No.1 よりも小さくなった。これは、地盤改良体が圧縮側の曲げ応力を負担すること、および中立軸が地盤改良体の圧縮縁側に移行することによると推察される。

杭体塑性ヒンジの発生深度は試験体 No.1 よりも浅く(GL-325-375mm 付近)なった。これは、杭の水平地盤反力が大きくなったため、浅い位置で応力が集中したと考えられる。また、H=9.2kN 付近で荷重が低下したのちにおける水平抵抗力は、試験体 No.1 よりも大きくなった。これは地盤改良体が破壊後も、地盤改良体の幅で地盤反力を受けることができるためであると推察される。

3. 考察とまとめ

杭の周囲に施した地盤改良体が杭の水平剛性や水平耐力に及ぼす影響について検討した結果、今回の条件下においては、地盤改良体の強度はほとんど影響が無く、地盤改良体の幅を広くした場合に水平剛性や水平耐力の増加が最も確認された。なお、地盤改良体の高さを高くした場合の水平剛性等の増加は限定的であった。これは地盤改良体の高さを杭の塑性ヒンジ発生深度以深において変化させたことによると推察される。

参考文献 1) 田中他:高圧噴射撹拌式の地盤改良による杭基礎の補強技術に関する研究開発(その1:研究概要),第 59 回地盤工学研究発表会,2024.7(投稿中)