

Ⅲ-A405 H形鋼杭先端強化における改良体強度と鉛直支持に関する研究

J R 東日本 佐藤 豊 古山 章一

1. H形鋼杭先端強化方法の概要

H形鋼杭等の先端開放杭を打撃あるいは振動工法で打込む場合には、鉄道の基礎関係の設計基準である建造物設計標準解説（基礎構造物）¹⁾では、先端支持力算定上の面積としてH形鋼等の実断面積を有効としていることから、許容鉛直支持力を大きくとることができない。先端支持力算定上の面積を杭の実断面積ではなく、H形鋼等の閉塞断面にできる方法として、杭先端部を根固めするものがある。この根固めは、H形鋼杭等の打込み完了後、ボーリングマシンによりH形鋼ウェブの脇を削孔し、噴射口が杭先端部まで達したら、セメントミルクを高圧で噴射攪拌し改良体を作成する方法が一般的である。現在、図-1に示すように、あらかじめH形鋼杭のウェブにガイド管を溶接したものゝを打設し、このガイド管中に高圧噴射用ロッドを挿入し、ロッド先端が杭先端に到達後、セメントミルクを高圧噴射攪拌することにより改良体を作成する方法（以下、先端強化杭という）を開発中である。

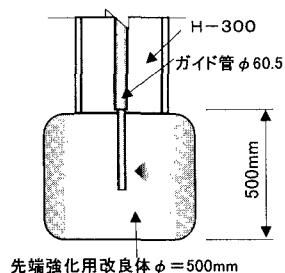


図-1 先端強化概要図

2. 砂質土地盤における改良体の効果

砂質土地盤における先端強化杭の鉛直支持力の増加を確認するため先端強化杭と無処理のH形鋼杭（以下、無処理杭という）の鉛直載荷試験を行った。杭下端の軸力と杭頭の鉛直変位の関係を図-2に示す。先端強化杭は無処理杭の軸力と比較して最大荷重が向上していることが確認できる。

鉛直載荷試験後、杭下端まで掘り出して先端の改良体の形状を確認したところ、H形鋼の閉塞断面（く形断面）で割裂（支圧）破壊していた。図-2で先端強化杭の軸力の様子を見ると、杭頭の鉛直変位が120mm付近（図-2における○印）で一旦軸力が下がっている。この付近で割裂（支圧）破壊を生じたことが考えられる。しかし、軸力はその後も増加している。

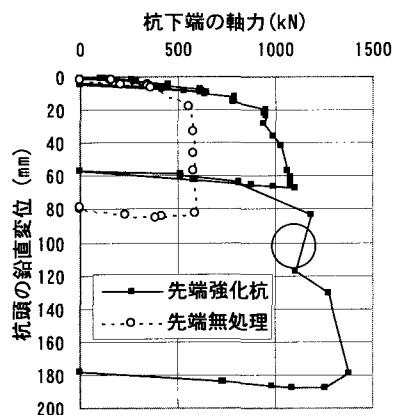


図-2 杭下端の軸力-鉛直変位（砂質土地盤）

3. 粘性土地盤における改良体の効果

同一の粘性土地盤における2つの鉛直載荷試験の杭下端軸力と鉛直変位の関係を図-3および図-4に示す。無処理杭先端の最大軸力が約50kN程度に対して、図-3に示す先端強化杭は約200kN、図-4に示すものは約100kNと値の差はあるが、砂質土地盤を対象としたものと同様、支持力の向上を確認できる。

強化の程度に差が生じた原因として、地盤降伏軸力に影響を与える改良体断面の大きさが挙げられる。また、改良体の割裂（支圧）破壊も考えられる。そこで、改良体の破壊形態と軸力の大きさについて検討した。写真-1は改良体の周辺部が割裂（支圧）破壊したもの（図-3）、写真-2は割裂（支圧）破壊しないもの（図-4）に対応している。図-3における杭下端の軸力が図-4における杭下端の軸力を上回っているにも係らず写真-1の改良体は割裂（支圧）破壊している。また、図-3の軸力の推移を見ると杭頭変位が約200mm付近（図-3における○印）で一旦軸力が下がっていることがわかる。この時点で改良体が割裂

キーワード 杭, 先端支持力

東京都渋谷区代々木2-2-2 Tel 03-5334-1288 Fax 03-5334-1289

（支圧）破壊した可能性がある。

図-4では図-3に示すような明確な軸力の低下は見られない。

今回の砂質土地盤と粘性土地盤で、改良体が割裂（支圧）破壊したと想定される鉛直変位は約120mm～200mmであり、通常、杭の極限支持力を求める場合の鉛直変位である0.1D(=30mm)に比べて大きい値である。

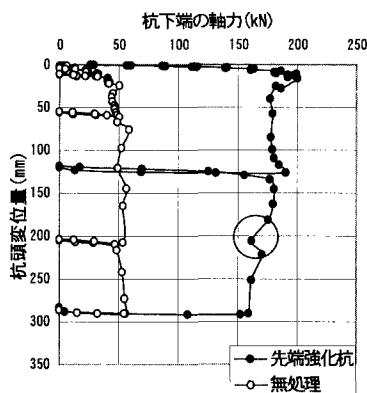


図-3 杭下端軸力-杭頭変位（粘性土1）

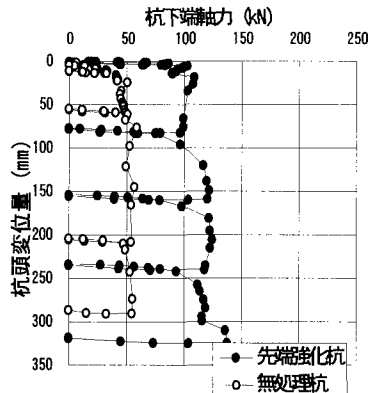


図-4 杭下端軸力-杭頭変位（粘性土2）

4. 粘性土地盤の改良体強度

粘性土地盤中に造成した改良体の中心部と外周部の圧縮強度を測定した。測定対象とした改良体は土中に造成しただけで荷重載荷を行っていないものと、鉛直荷重試験後のものである。その結果を表-1に示す。この表では、鉛直荷重載荷後の改良体の一軸圧縮強度は無載荷の改良体に比べてほぼ半分の値になっている。

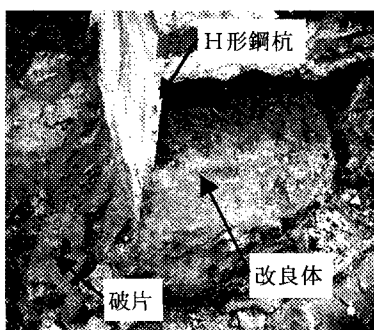


写真-1 先端改良体（粘性土1）



写真-2 先端改良体（粘性土2）

表-1 改良体の一軸圧縮強度

対象改良体 計測位置	無載荷		載荷試験後	
	中心	外周	中心	外周
一軸圧縮強度 (MPa)	15.2	9.8	7.2	5.8

5. 空中で造成した改良体の割裂（支圧）試験結果との比較

試験室において、強度をパラメータとして配合した改良体（直径500mm、高さ250mm）にH形鋼（H-300）を載せ、その上から鉛直載荷することによる割裂（支圧）破壊試験を行った。試験体の中から、無載荷の粘性土地盤中に造成した改良体の平均強度とほぼ一致するものを抽出し、割裂（支圧）破壊荷重と粘性土地盤中の鉛直載荷試験における最大鉛直軸力を比較した。無載荷の改良体の平均強度を12.5MPaとすると、一軸圧縮強度12.2MPaの改良体の空中での割裂（支圧）破壊荷重は約200kNであった。この値は図-3に示す先端強化杭の鉛直載荷試験の最大鉛直荷重とほぼ一致している。

6. まとめ

今回の試験により得られた知見は以下のとおりである。

- ・砂質土、粘性土で改良体を造成した結果、どちらも先端支持力の向上を確認できた。
- ・先端の改良体が割裂（支圧）破壊しても、支持力の大きな低下はなかった。
- ・先端の改良体が割裂（支圧）破壊に至るときの変位は通常の杭の支持力算定上の変位よりも大きい。
- ・今回の場合、同程度の圧縮強度の改良体を造成した先端強化杭の最大鉛直軸力は、空中での割裂（支圧）試験での破壊荷重とほぼ一致した。

参考文献 1) 建造物設計標準・同解説（基礎・抗土圧構造物）、昭和62年4月、東日本旅客鉄道株式会社