

VI-210

先端強化型H形鋼杭施工機械の開発

JR 東日本 正会員 佐藤 豊 正会員 古山 章一

はじめに

H形鋼杭等の先端開放杭を打撃あるいは振動で打ち込む工法は、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⁾の支持力公式によると、先端支持力算定上の面積としてH形鋼等の実断面積を用いることから、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形鋼等の閉塞断面を採用できる方法として、杭先端部を根固めるものがある。この根固め工法は、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、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造成する方法が一般的である。この工法では比較的大型のボーリングマシンを持ち込まなければならず、鉄道における工事桁基礎のH形鋼杭等にこの工法を採用すると、施工時間の延長、搬入路の確保等の施工性を悪くする要因となる。

そこでH形鋼杭の打設後の掘削作業を行わずに先端を強化する工法についての開発を行った。本報告では施工機械の機構と、施工機械を使用して試験施工を実施したので、その結果について報告する。

1. 工法説明

開発した工法は、あらかじめH形鋼杭のウェブ片側に単管パイプを溶接したものをパイプロ、打撃工法で打設し、単管パイプ中に高圧噴射ロッドを挿入し、ロッド先端が杭先端に到達したら、セメントミルクを高圧噴射攪拌する方法である。この方法により、杭の打設後のボーリングマシンによる削孔を省略することができる。その結果、高圧噴射攪拌機械が小規模となるため、施工性を改善してH形鋼杭の支持力向上を行うことができる。このため、杭本数の削減、杭長の短縮等によるコストダウンが可能となる。

H形鋼杭先端の形状は、単管パイプを溶接した半断面と、その反対側にも改良体を造成できるようにするため、図-1に示すようにウェブを高さ500mmで斜めに切り欠きを設け、フランジ面には付着力の増加とフランジの補強を期待して添接板(t=9mm)を溶接している。

改良体形状は、H形鋼との付着延長を500mmとし、H形鋼下250mmも改良する。

2. H形鋼杭先端強化機械

H形鋼杭先端強化機械を製作する上での基本的な条件を以下のようにした。

軽量化：分解した状態で作業員2人程度による運搬を可能にする

小型化：占有面積を約1㎡程度に抑える

削孔能力：約5～10m程度 単管パイプ以深からの削孔ができる

ロッドの引き上げ能力：ロッド 10本連結可能(10kg/本)約20m 100kgを引き上げる能力がある

絶 縁：線路間作業において、短絡をしない

架線高さを考慮：軌道敷高さから架線までの高さ約4.0mを考慮し、機械の高さを抑える

製作された機械は、図-2のように、本体フレームにマストを取り付け、マストに沿って電動モーターを動力としたチェーン駆動でロッドの昇降を行う。機械の制御は有線遠隔操作により、高圧噴射制御はプラントの高圧ポンプを制御することにより行う。

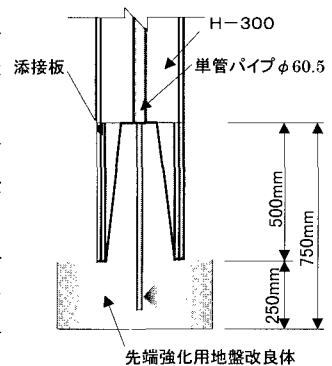


図-1 先端強化概要図

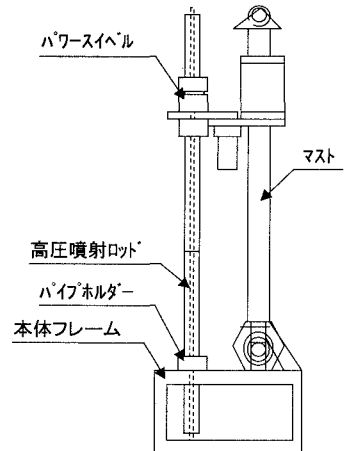


図-2 H形鋼杭先端強化機械概要図

打込み杭、支持力、H形鋼杭、

東京都渋谷区代々木 2-2-2 TEL 03-5334-1288 FAX 03-5334-1289

高圧噴射ロッドはパワースイベルに取り付けた摩擦グリップにより固定する。

3. 試験施工結果

(1) 施工性と問題点

打ち込まれた単管パイプへの高圧噴射ロッドの挿入は概ね良好に行われたが、単管内に詰まった土によりロッドが入らない場合がある。この対策として単管先端に土が入らないように蓋をする方法が考えられる。

高圧噴射攪拌を行って杭先端に形成される改良体の形状、大きさは根入れする地盤により様々である。今回の試験施工では設計形状よりも小さいものはなかった。しかし、様々な土質条件でも設計形状が形成されること、改良体の形状を確認する方法の開発が必要である。

高圧噴射時にセメントミルクが単管パイプ上端から排出され、線路近接作業では道床バラストを固結させる恐れがある。対策として、排出されるセメントミルクの処理は、樋を使って集めて処分することとした。

(2) 鉛直載荷試験等の結果

先端強化の効果を確認するため、対象地盤を砂質地盤としてH形鋼と改良体との付着力試験、実杭による鉛直載荷試験を行った。試験杭はH-300を用いている。

付着力試験結果は、H形鋼と改良体との付着力が10tf程度であった。

鉛直載荷試験における荷重－鉛直変位関係を図-3に示す。試験方法は地盤工学会基準²⁾によった。先端強化杭の第一降伏点の杭頭荷重は125tfであった。一方、無処理杭は試験の載荷荷重ピッチが大きかったため、明確に降伏点が見い出せないが、中点となる50tfを降伏点と見なすこととした。無処理杭は75tf載荷時点では降伏を過ぎていることが明確であることから、先端強化杭の支持力向上がなされていることがわかる。

参考文献1)による先端支持力の算定式と載荷試験値を表-1に示す。

この表から、打込み杭の閉塞断面積を有効とした場合の計算値が試験値を比較的良く近似している。また、先端強化杭の試験値は打込み杭で実断面積を有効とした場合の約10倍になっている。

鉛直載荷試験後に杭体を掘り出して改良体の破壊状況を確認したが、H形鋼杭直下の改良体はH形鋼の閉塞断面よりもやや大きい面積を有する塊であった。よって、今回の鉛直載荷試験の場合は改良体の強度が地盤の強度を上回り、支圧によって破壊したものと推定できる。

4. まとめ

- 1) H形鋼杭先端強化機械の製作条件を概ね満足することができた。
- 2) 単管パイプとロッドがせって、ロッドが入らなくなる場合があることから、単管パイプに土が詰まらない工夫が必要である。
- 3) 砂質地盤における先端支持力は、H形鋼の閉塞断面を有効とすることで近似できる。

今後の開発展望

- 1) 今回の鉛直載荷試験は砂質地盤におけるものであり、粘性土地盤においても同様の試験を行う予定である。
- 2) 杭先端の改良体の破壊メカニズムを明確にできる試験方法について検討する必要がある。
- 3) 杭先端の改良体が確実に造成されていることを施工中に確認する方法についての開発が必要である。

参考文献

- 1) 建造物設計標準解説（基礎構造物）東日本旅客鉄道株式会社 昭和62年4月
- 2) 土質工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 土質工学会 平成5年6月

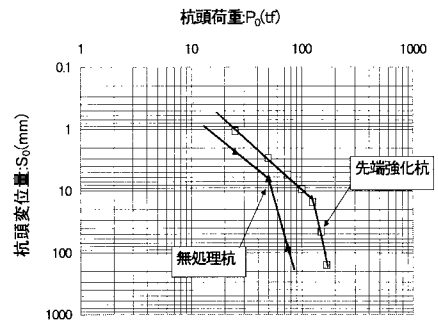


図-3 杭頭の鉛直荷重－鉛直変位関係

表-1 先端支持力の比較 (単位:tf)

	面積 (cm ²)	打込み杭 30N	場所打ち杭 7N	中掘り杭 15N
実断面積	118.4	10.6		
閉塞断面積	900.0	81.0	18.9	40.5
改良体実断面積	6,700.0		140.7	301.5
載荷試験値			98.0	

注) N:N値