

ソイルセメント H 形鋼杭の荷重-変位関係に関する検討

大林組 正会員○古賀翔平 大林組技術研究所 正会員 渡邊康司

大林組 正会員 山本忠久 正会員 北出啓一郎

1. はじめに

都市部の狭隘地における杭工事は、敷地の平面条件や空頭の制約を大きく受けるとともに、低空頭での施工を強いられるケースが多い。また、打設中の近接構造物への影響や排泥など周辺環境に配慮することも重要となる。そこで、このような条件下で施工可能な、バイブレーション機構により削孔能力を高めたコンパクトな機械攪拌式地盤改良機（e-コラム工法[®]）を開発した。当施工機械を用いて原地盤を先行して地盤改良した後に、地盤改良体内に H 形鋼を建込んだ杭（ソイルセメント H 形鋼杭という）を開発している。本報では、上記の工法で施工された杭の地盤ばねを評価するとともに、骨組解析を用いて杭頭部における荷重-変位関係を検討した結果を報告する。

2. 検討対象とした載荷試験の概要および地盤ばねの評価^{1), 2)}

本検討で対象とした実大載荷試験の概要を図-1、表-1 に示す。地盤条件は、GL-5.0m 程度までがロームおよび凝灰質粘土、GL-5.0m 以深が主に中砂および細砂で構成されている。試験杭は、杭径、杭長およびソイルセメント強度をパラメータとして 4 本構築した。試験杭の先行改良体径はφ600mm およびφ800mm の 2 種類、杭長は 14m と 17m、ソイルセメントの設計強度は 1.0 および 3.0N/mm² とし、H 形鋼 H300×300×10×15 をソイルセメント内に設置した。H 形鋼先端部には、水平方向から 45°の傾斜を有する 2 枚のプレートを取り付け、先端支持力を増加させる機構を設けた。上記で示した実大載荷試験に対して、基準支持力および地盤反力係数の検討を行ない、設計評価式で評価できることを確認している²⁾。なお、本工法は鉄道構造物への適用を主眼に置いているため、基準支持力および地盤反力係数は鉄道構造物設計標準（基礎構造物）³⁾に示される評価式を用いて検討した。比較した評価式は、鋼管ソイルセメント杭用と場所打ち杭用である。杭頭での支持力の実測値と基準支持力評価式を用いて算出した計算値の関係を図-3 に示す。杭頭での全支持力は、杭先端支持力度が極限に達しておらず漸増傾向にあることを考慮すれば、概ね両工法の評価式による支持力を上回る傾向が得られた。次に、杭頭での荷重変位関係について設計評

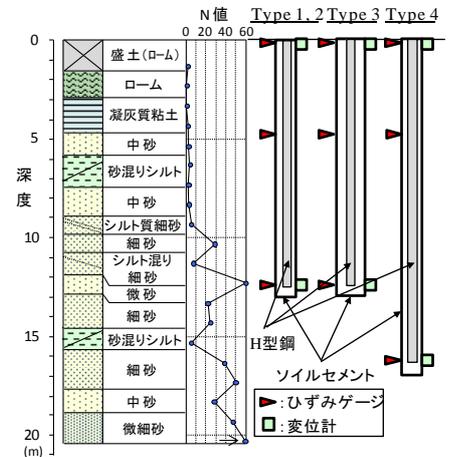


図-1 試験杭および地盤条件

表-1 試験杭の条件

	杭径 (mm)	杭長 (m)	ソイルセメント 強度(N/mm ²)	H型鋼形状
Type 1	600	14.0	1.0	
Type 2	600	14.0	3.0	H300×300
Type 3	800	14.0	1.0	×10×15
Type 4	600	17.0	1.0	

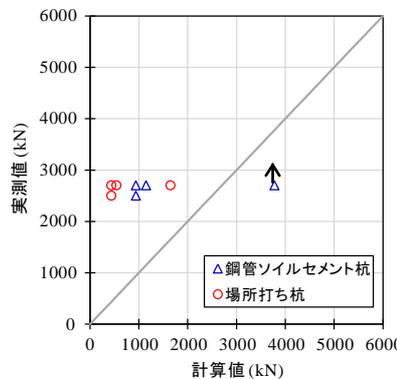


図-3 杭頭での支持力比較

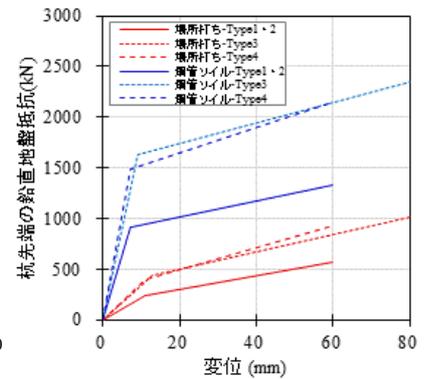
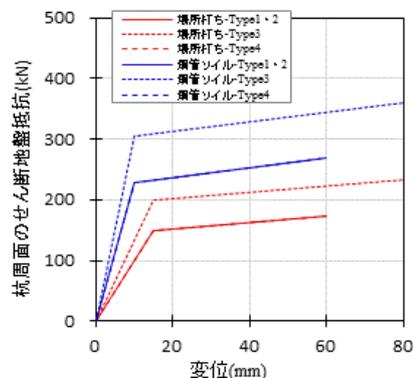
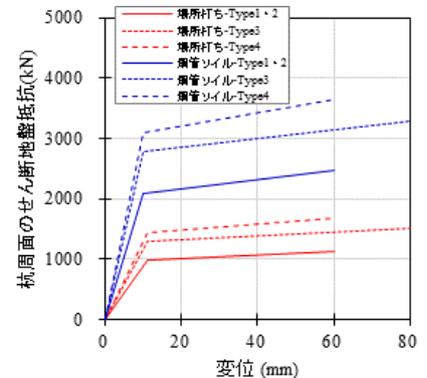


図-5 地盤抵抗モデル(杭先端)



(a) GL-0~5.5m



(b) GL-5.5m~

図-4 地盤抵抗モデル(杭周囲)

杭, ソイルセメント, H 形鋼, 地盤ばね, 荷重-変位関係

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 大林組生産技術本部 TEL: 03-5769-1308

価式と比較する。評価に用いた載荷試験杭の地盤ばねを図-4、図-5に結果を示す。図-4の杭周囲のせん断地盤抵抗は、粘性土および砂質土において、鋼管ソイルセメント杭および場所打ち杭の評価式を用いて算出した。いずれも変位 10~18mm 程度に第一折れ点を有するバイリニアモデルとしてモデル化される。図-5に示す杭先端の鉛直地盤抵抗も杭周囲と同様に、鋼管ソイルセメント杭と場所打ち杭の評価式によりモデル化した。杭先端の鉛直地盤抵抗は、変位 7~11mm 程度に第一折れ点を有するバイリニアモデルとしてモデル化される。

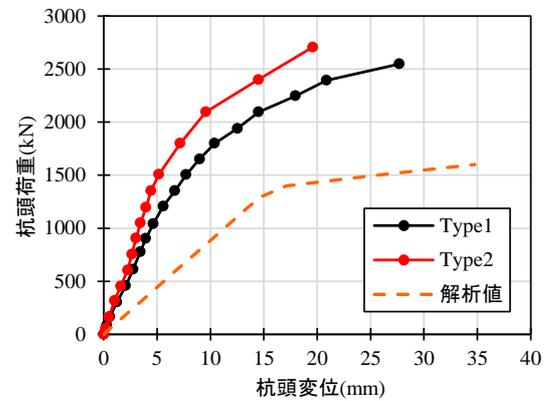
3. 検討結果

2.で示した杭周囲および杭先端における地盤抵抗モデルを用いて骨組解析を実施した。解析ソフトはJRSNAP®を用いた。解析に用いた地盤抵抗モデルは、場所打ち杭の評価式により算定した杭周囲および杭先端の地盤抵抗モデルとした。これは、図-3に示した杭頭部における支持力の実測値と基準支持力評価式による計算値の比較において、一部漸増傾向にあるものの鋼管ソイルセメント杭の評価式による値を下回ったことを考慮したためである。図-6に杭頭部における荷重-変位関係の比較を示す。各比較には実大載荷試験から得られた荷重-変位関係と骨組解析から得られた荷重-変位関係を合わせて示す。なお、杭仕様がほぼ同じである Type 1 および Type 2 に関しては同一の比較図中に合わせて示した。図-6(a)より、同一変位における荷重を比較すると、解析値は実験値より小さな値を示すことがわかる。これは、地盤抵抗モデルの地盤抵抗の上限値が小さい場所打ち杭のモデルを採用していることに起因する。地盤抵抗モデルを場所打ち杭で評価することにより、杭頭荷重変位関係の初期剛性や同一変位における荷重は控えめの評価となり、安全側に設計できると考えられる。同様に、図-6(b), (c)には Type 3 および Type 4 の杭頭荷重-変位関係の比較を示す。これらの図からも、同一変位レベルにおける荷重は設計評価式の方が小さな値を示すこと、杭頭荷重-変位関係の初期剛性が小さくなることなどがわかる。したがって、本工法で構築した杭の設計において、場所打ち杭の地盤抵抗モデルを採用することで安全側の設計が可能となることがわかった。

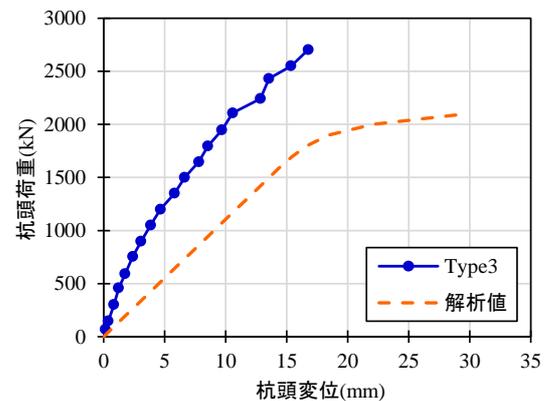
4. まとめ

機械攪拌式地盤改良 (e-コラム工法®) により構築した H 形鋼杭の地盤ばねを評価し、骨組解析により杭頭荷重-変位関係を検討した。その結果、場所打ち杭の地盤抵抗モデルを採用し、杭頭荷重-変位関係を評価することで本工法により構築した杭の杭頭荷重-変位関係を安全側に評価できることがわかった。今後は、本工法で構築された杭の設計法を確立するために、実大載荷試験や解析的検討を実施する予定である。

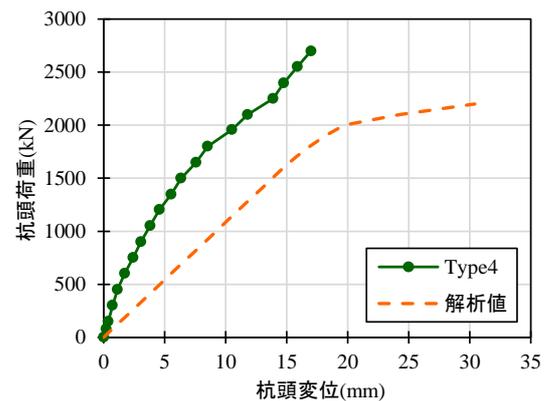
【参考文献】 1) 渡邊、久保ほか (2012) : 地盤改良を併用した H 形鋼杭の実大載荷試験 (その 1 : 押込み試験結果)、第 67 回土木学会年次学術講演会講演概要集、795-796。 2) 古賀、渡邊ほか (2015) : ソイルセメント H 形鋼杭の支持力・沈下特性に関する検討、第 50 回地盤工学研究発表会講演概要集 (投稿中)。 3) 鉄道総合技術研究所 (2012) : 鉄道構造物設計標準・同解説 (基礎構造物)。



(a) Type 1, Type 2



(b) Type 3



(c) Type 4

図-6 杭頭荷重-変位関係