

### ソイルセメント H 形鋼杭の引抜き抵抗に関する研究

大林組技術研究所 正会員 ○渡邊康司 大林組 正会員 古賀翔平  
大林組 正会員 山本忠久 大林組 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、敷地条件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。そこで、このような施工条件下にて施工が可能なコンパクトな機械攪伴式地盤改良機（e-コラム工法<sup>®</sup>）を開発した。当施工機械を用いて先行削孔した後、H 形鋼を建込むことにより、構造物を支持する基礎杭を構築することが可能である。このような方法で施工したソイルセメント H 形鋼杭の引抜き抵抗および周面摩擦特性を調べるために実大載荷試験を実施した。本報では、引抜き試験結果について報告する。

#### 2. 載荷試験概要

地盤条件および試験杭条件を Fig.1 に示す。試験地盤は、GL-4.0m 程度までがローム、GL-4.0~12.0m 程度が主に中砂および細砂、それ以深が粘土および細砂で構成されている。引抜き試験杭は、杭体の補強方法をパラメータとして 5 本構築した。なお、比較のために無補強の杭を 2 本構築した。引抜き試験杭は、Type 3 および 4 では N=25 程度、Type 5~7 では N=50 程度の地盤に杭先端を根入れした。また、引抜き試験杭の先行改良体径（杭径）は、φ650mm を採用し、応力伝達材となる H 形鋼は H-300×300×10×15 を用いた。Type 3, 4 において、杭体は全長をソイルセメントで構成し、その設計強度は 1.5N/mm<sup>2</sup> を採用した。一方、Type 5, 6 においては、GL-14.5m までのフリクションカット部および根入れ部はベントナイト液および設計強度 1.5N/mm<sup>2</sup> のソイルセメントにより構成される。Type 7 は、GL-14.5m までのフリクションカット部にベントナイト液を、それ以深の杭体には設計強度 6.0N/mm<sup>2</sup> のソイルセメントを用いた。杭体の補強方法による根入れ部の H 形鋼とソイルセメントとの付着力の差異を明確に把握するために、Type 5, 6 の引抜き試験杭にはフリクションカットを施した。Type 7 は根入れ部のソイルセメントと地盤の周面摩擦力を確認するため、GL-14.5m までを低強度かつフリクションカットとした。引抜き試験杭の杭体の補強方法を Fig.1 に赤線で示す。Type 4 は、杭全長にわたり縦鉄筋 (D22) をフランジ内側に 4 本設置した。Type 6 は、GL-14.5m 以深に縦鉄筋 (D22) を 4 本設置した。さらに、Type 7 においては、GL-14.5m 以深に縦鉄筋 (D22) をフランジの内側に 4 本、外側に 6 本設置するとともに、杭先端にはフランジ間に横方向鉄筋 (D25) を 4 本設置した。載荷試験は、地盤工学会基準“杭の鉛直載荷試験基準・同解説”<sup>1)</sup>に準拠して実施した。載荷方法は段階載荷・多サイクル方式を採用し、新規荷重保持時間 30 分、履歴荷重保持時間 2 分、

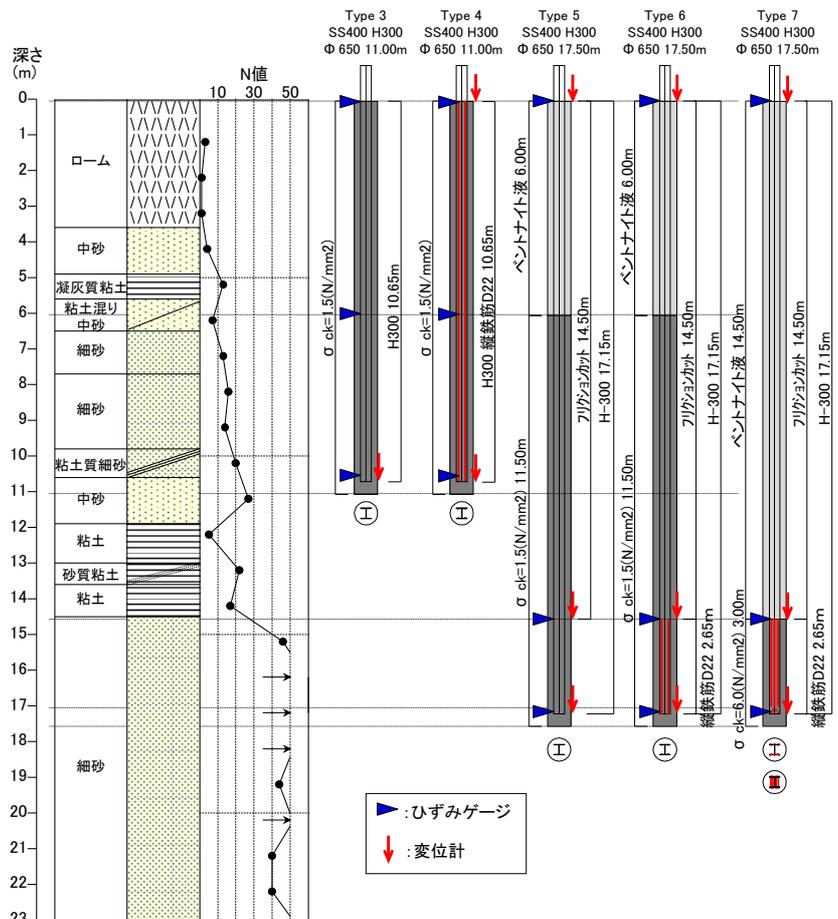


Fig.1 地盤条件および試験杭条件

ゼロ荷重保持時間を 15 分とした。測定項目は、杭頭および杭先端変位、H 形鋼のひずみである。杭先端変位は二重管方式で測定した。

3. 引抜き試験結果

各杭の杭頭荷重-変位関係を Fig.2, 3 に示す。いずれの杭も載荷初期から曲線が立ち上がり、最大荷重に達している。

Fig.2 より、Type 3, 4 では引抜き抵抗にほとんど差が生じていないことがわかる。一方、Fig.3 に示すように、Type 5~7 では Type 7 の引き抜き抵抗が最も大きな値を示した。

Fig.4 (a), (b) および Fig.5 には、各区間の周面摩擦力度と区間変位の関係を示す。周面摩擦力度は、各区間の軸力差を杭体

(φ650mm) の周面積で除して算出している。軸力の算出は、測定された H 形鋼のひずみに鋼材の弾性係数および H 形鋼の断面積を乗じるにより算出した。なお、Fig.4, 5 には鉄道構造物設計標準<sup>2)</sup>に示される場所打ち杭および鋼管ソイルセメント杭の地盤抵抗モデルにより算出した値も合わせて示した。Fig.4 によれば、最大周面摩擦力度 55~100kN/m<sup>2</sup> を示しており、その傾向は極限状態に到達していると推察される。これらの値を両工法の地盤抵抗モデルによる値と比較すると、Type 3, 4 ともにその値を上回っていることがわかる。これは、地盤とソイルセメント間で発現される周面摩擦力度が H 形鋼とソイルセメント間で発現される付着力度より小さいため、付着力度の最大値を超えず、周面摩擦力度が発現されたためであると考えられる。

Fig.5 に示す Type 5~7 に関しては、周面摩擦力度 50~320 kN/m<sup>2</sup> を示しており、縦鉄筋と杭先端の横方向鉄筋を併用した Type 7 は両工法の地盤抵抗モデルによる値を上回っている。Type 7 においては、上述の Type 3, 4 と同様に、周面摩擦力度が付着力度の最大値を超えずに、周面摩擦力度が発現されていると考えられる。以上のことから、H 形鋼とソイルセメントの付着抵抗を確保することで、杭の周面摩擦力度は鋼管ソイルセメント杭と同等以上に評価できると考えられる。また、本工法で施工された杭の引抜き抵抗は、地盤の周面摩擦抵抗と杭体の付着抵抗のバランスを考慮して評価することが重要であることを示唆している。

4. まとめ

本報では、ソイルセメント H 形鋼杭の引抜き試験を実施し、引抜き抵抗および周面摩擦特性を確認した。引抜き抵抗を評価する際には、地盤の周面摩擦抵抗と杭体の付着抵抗を考慮する必要がある。参考文献 1) 地盤工学会 (2002) : 地盤工学会基準, 杭の鉛直載荷試験方法・同解説。 2) 鉄道技術総合研究所編 (2012) : 鉄道構造物等設計標準・同解説。

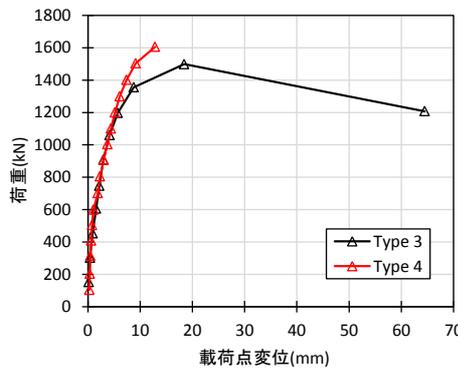


Fig.2 杭頭荷重-変位関係 (Type 3, 4)

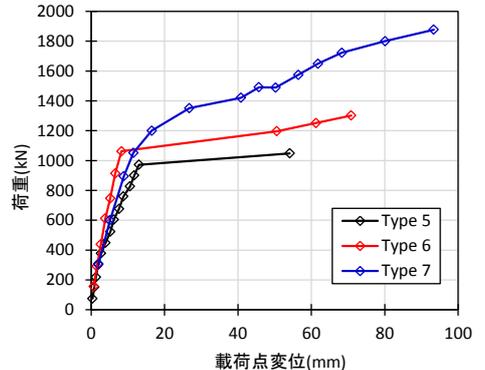
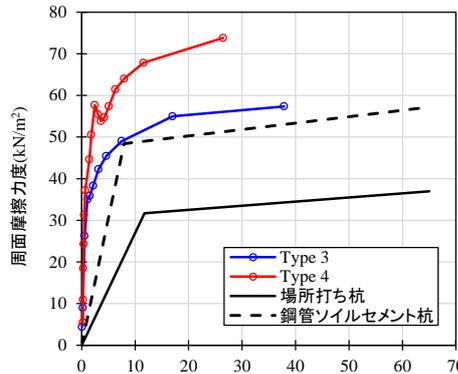
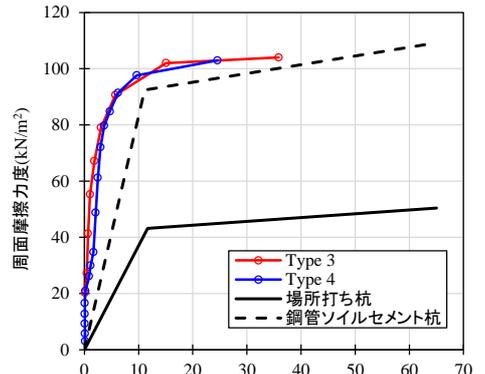


Fig.3 杭頭荷重-変位関係 (Type 5~7)



(a) GL-0~6.0m



(b) GL-6.0~10.65m

Fig.4 周面摩擦力度-区間変位関係 (Type 3, 4)

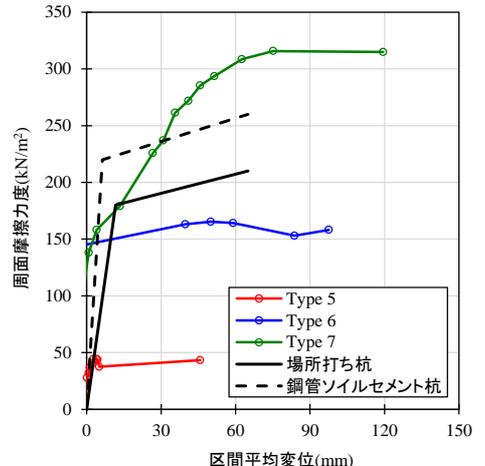


Fig.5 周面摩擦力度-区間変位関係 (Type 5~7)