

岩盤における鋼管杭の押込み・引抜き抵抗に関する室内試験及び杭の鉛直載荷試験(その2)

(株)大林組 正会員 ○稲積 一訓 嶋田 洋一 東亜建設工業(株) 正会員 田口 博文 山田 卓生
JFEスチール(株) 正会員 辰見 ター (株)ガンケン 正会員 中島 通宏
東京理科大学 フェロー会員 菊池 喜昭

1. はじめに

筆者らは、特殊パイプロハンマと岩盤穿孔時に発生する岩砕粉の洗浄機能としての低圧水ジェットを併用した岩盤杭打ち工法(以下、ガンパイル工法)によって岩盤に直接打設・貫入された鋼管杭について、岩盤根入れ部で周面抵抗力が発揮できる施工法と押込み・引抜き抵抗力の評価方法の確立を目指している。本稿では、ガンパイル工法による杭の押込み抵抗力和(その1)で示した施工法により発揮される引抜き抵抗力を確認する目的で実施した杭の鉛直載荷試験結果について報告する。

2. 載荷試験の概要

本試験では、試験杭として鋼管杭を2本打設し押込み試験と引抜き試験を実施した。なお、載荷中に杭のひずみを計ることで杭先端抵抗力和杭周面抵抗力を測定した。図-1に地盤条件を、表-1に試験杭の諸元を示す。引抜き試験杭には、鋼管と岩盤の側面の隙間に(その1)で示した施工法によりグラウトを注入した。図-2に試験杭断面図を示す。また、打止め管理手法の確立を目的とし、施工時に杭の衝撃載荷試験を実施して施工時の貫入抵抗力を測定した。

3. 載荷試験の結果

3.1 杭の押込み試験・引抜き試験

試験は、地盤工学会基準(JGS1811-2002, 1813-2002)に準拠し、載荷方法は段階載荷方式・多サイクルで実施した。電動油圧ジャッキによる載荷で計画最大荷重は4000kN(室内試験結果から最大引抜き抵抗力を推定して決定)とし、反力装置は反力杭を2本使用する反力杭式とした。ひずみゲージは、杭体の深さ方向の軸力分布を計測するため、押込み試験杭には2深度2点、引抜き試験杭には4深度2点に取り付けた(図-2)。

(1) 杭の押込み試験

試験結果を図-3に示す。2000kN載荷後の次の載荷段階で片方の反力杭が引抜けて試験を続行することが不可能となった。2000kN載荷時の杭頭変位量は5.1mmで、2000kNまでの杭頭の荷重-変位関係は図-3(A)に示すようにやや傾きがゆるくなった程度であり、極限押込み抵抗(第2限界抵抗)は確認できなかった。計画最大荷重まで載荷できなかった原因は、反力杭の引抜き抵抗が推定より小さかったためと考えられる。

(2) 杭の引抜き試験

試験結果を図-4に示す。1500kN保持中に杭の引抜き量が杭径の10%(100mm)を超過した。図-4に示すキーワード 岩盤、鋼管杭、ガンパイル工法、グラウト、杭の押込み試験、杭の引抜き試験

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 技術第一部 TEL 03-5769-1322

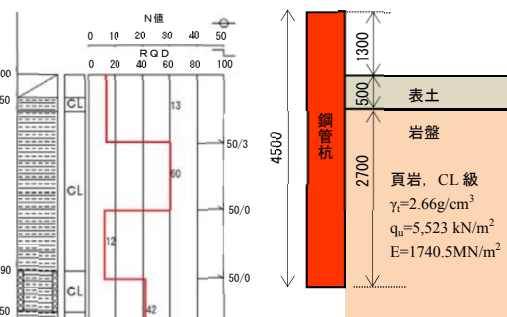
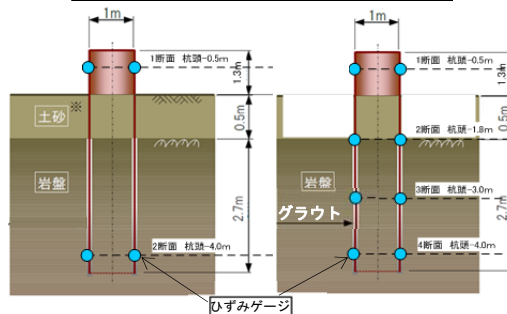


図-1 地盤条件

表-1 試験杭の諸元

	材質	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
試験杭	SKK400	1000	14	4500
反力杭	SKK400	600	12	6500



(1) 押込み試験杭 (2) 引抜き試験杭 (グラウト充填)

図-2 試験杭断面図

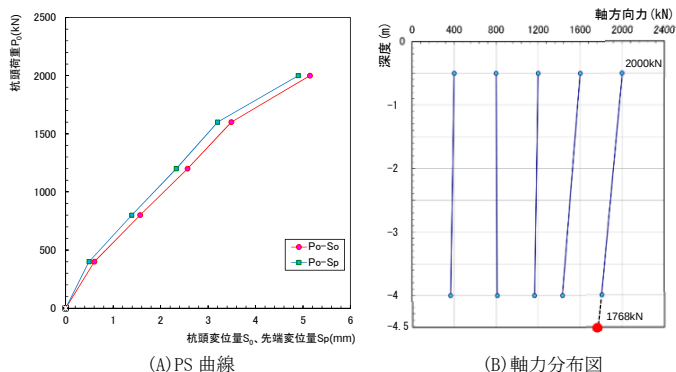


図-3 押込み試験結果

れるように荷重のピーク値が明確に現れていないことから、極限引抜き抵抗力（第2限界抵抗力）は杭先端変位量が100mmに達したときの荷重（1454kN）とした。

3.2 杭の衝撃载荷試験

押込み試験杭において施工時の杭頭のひずみと加速度を測定し、測定結果から急速载荷試験に用いる除荷点法解析により施工時の貫入抵抗力（静的抵抗力）を評価した。図-5に測定結果と静的抵抗力-変位曲線を示す。これによると、施工時の抵抗力は2743kNとなる。なお、押込み試験で極限支持力の確認に至らず施工時の抵抗力と設計支持力との相関が確認できないため、当初の試験目的である打止め管理手法の確立は実現できなかった。

4. 岩盤における杭先端抵抗力と杭周面抵抗力

(1) 杭先端抵抗力

押込み試験結果から得られた杭先端支持力度を表-2に示す。杭先端支持力度は、極限支持力が得られていないため、試験時の最大载荷荷重2000kNで評価した。なお、先端荷重は、図-2(1)に示す2断面以深も1-2断面間と同じ周面摩擦力度と仮定して、1768kNと推定した。表-2では杭の純断面積と閉塞面積で試算した杭先端支持力度を示しているが、ガンパイル工法の施工特性から鋼管と岩盤の隙間が生じて杭先端の閉塞効果は期待できないと考えられるため、杭先端抵抗力は純断面積による評価が妥当と考えられる。ここで、岩盤の一軸圧縮強度を q_u とすると、杭先端支持力度は $5q_u$ 以上であることが確認できた。

(2) 杭周面抵抗力

引抜き試験結果から得られた杭周面摩擦力度を表-3に示す。ケース①で他ケースより少し大きな値を示しているが、これは杭先端の突起（フリクションカッター）による支圧の影響と考えられる。今回の試験結果から、鋼管と岩盤の隙間にグラウトを充填することで岩盤での杭周面摩擦力度は、各基準・指針¹⁾²⁾³⁾で示される砂質土・粘性土地盤での上限値（100～150kN/m²）程度は確保されることが確認できた。

5. 掘出し結果

载荷試験後に引抜き試験杭を掘り出し、岩盤根入れ部でのグラウトの充填状況を確認した。写-1よりグラウトと地山の間に空隙はなく、鋼管と岩盤の隙間にはグラウトが充填されていることが分かる。また、写-2より引抜き試験時に鋼管とグラウトの境界で滑りが生じていたことが分かる。

6. おわりに

ガンパイル工法により岩盤に打設された鋼管杭の押込み・引抜き抵抗力を評価する目的で杭の鉛直载荷試験を実施した。その結果、杭先端支持力度は純断面積で $5q_u$ 以上、杭周面摩擦力度はグラウト充填により土砂部で期待される値程度は確保できることを確認した。

参考文献

1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説（IV下部構造編）、2012年、2) 鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物）、2012年、3) 国土交通省：港湾の施設の技術上の基準・同解説、2007年

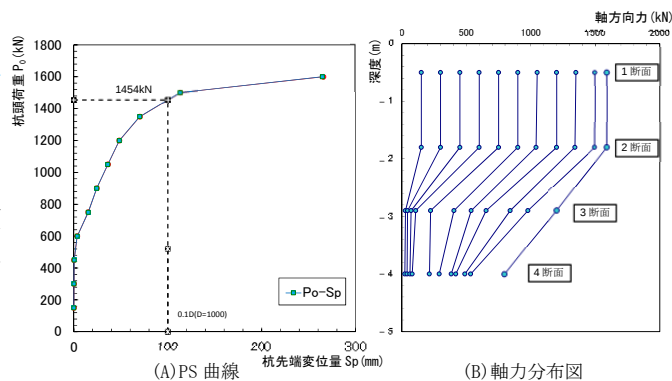


図-4 引抜き試験結果

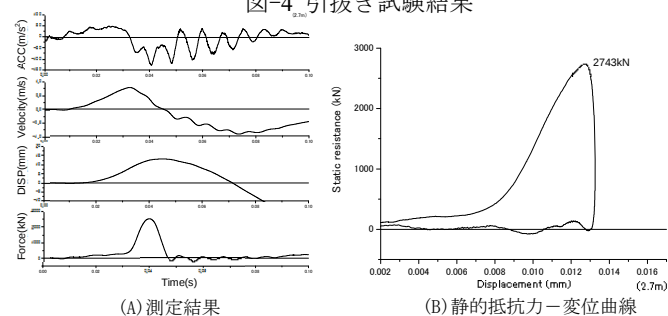


図-5 衝撃载荷試験結果

表-2 先端支持力度

先端条件	先端荷重 (kN)	面積 (m ²)	先端支持力度 q_d (kN/m ²)	岩盤強度 q_u (kN/m ²)	支持力係数 q_d/q_u
純断面積	1768	0.0592	29889	5523	5.412
閉塞面積	1768	0.7854	2251	5523	0.408

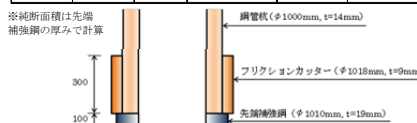


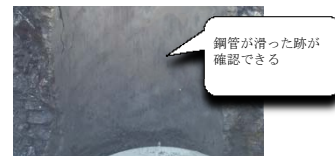
表-3 杭周面摩擦力度

ケース	軸力差 (kN)	区間長 (m)	周面摩擦力度 (kN/m ²)
①	1454	2.7	171
②	931	2.2	135
③	515	1.2	137
④	416	1.0	132

①根入れ全長での軸力差/周面積
②2-4断面間の軸力差/周面積
③2-3断面間の軸力差/周面積
④3-4断面間の軸力差/周面積



写-1



写-2