

模型実験による岩盤に支持された鋼管杭の先端支持力推定法の検証

(株)大林組 正会員 ○稲積 一訓 東亜建設工業 (株) 正会員 田口 博文
 J F E 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、低圧ジェット水を併用した特殊パイプロハンマを用いて、先端補強した鋼管杭を打設する岩盤杭打ち工法（以下、ガンパイル工法）により、岩盤に直接打設・貫入された鋼管杭の先端支持力推定法の確立を目指している。これまでに、実大杭による載荷試験を実施し鋼管杭の杭先端純断面積 A_t と岩盤強度 q_u のパラメータを用いて岩盤支持層での杭の先端抵抗力が推定できることを確認してきた^{1) 2)}。一方、実大杭による載荷試験数が限定的なため推定法の確立に至っているとは言えない。そこで、これまでに提案した推定法（杭の先端支持力 = $5q_u \cdot A_t$ ）の検証・信頼性の補完を目的として、岩盤と鋼管杭を模擬した試験体で室内載荷試験を実施し、杭の先端支持力と岩盤強度の関係を確認することとした。本稿では、この模型実験の方法と実験結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 実験概要

本実験では、図-1 に示すように岩盤を模擬したモルタル供試体の上面中心に外径 $\phi 89.1\text{mm}$ の鋼管を設置し、鋼管上部に載荷板を挿入して 100t 万能試験機により載荷試験を実施した。なお、鋼管は先端を閉塞せず純断面積のみで模擬岩盤を支圧支持するものとしている。

2.2 模擬岩盤の作製

模擬岩盤は、内径 700mm、高さ 360mm のボイド管型枠にモルタルを充填して作製した。本実験で用

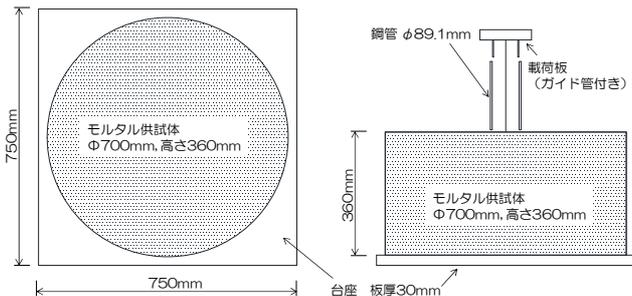


図-1 試験体の概要図

いた計画強度 10, 20, 40N/mm² のモルタルの配合を表-1 に示す。鋼管の肉厚は 5.5mm とし、肉厚による支持力への影響を確認するため 20N/mm² のみ 3.2mm と 4.2mm を追加した。載荷試験は、表-2 に示す 5 ケースで各 2 供試体、計 10 ケース実施した。

2.3 載荷および測定方法

試験体設置状況と変位計設置箇所を図-2 に示す。載荷速度は、本試験では最初のピーク荷重までの荷重-変位関係に着目しているため、最初のピーク荷重までは荷重制御で 0.1kN/sec とし、その後は急激な破壊が生じないように挙動を確認しながら載荷できるように変位制御で 1mm/min とした。載荷方法は、連続載荷とした。載荷重は万能試験機のロードセルで計測し、変位は載荷板下面の 4 方向と万能試験機台座上の 1 箇所を変位計で計測した。

表-1 モルタルの配合

計画強度 N/mm ²	W/C %	S/C	W kg/m ³	C kg/m ³	S kg/m ³
40	50	2.5	281	562	1404
20	70	2.5	354	505	1263
10	100	2.5	439	439	1097

W：水道水，C：早強普通ポルトランドセメント，S：山砂

表-2 試験ケース

Case	試験体数 本	一軸圧縮強度 N/mm ²	鋼管 (STK400)	
			外径 mm	肉厚 mm
1	2	6.8	89.1	5.5
2	2	20.2	89.1	5.5
3	2	43.0	89.1	5.5
4	2	20.8	89.1	3.2
5	2	19.8	89.1	4.2

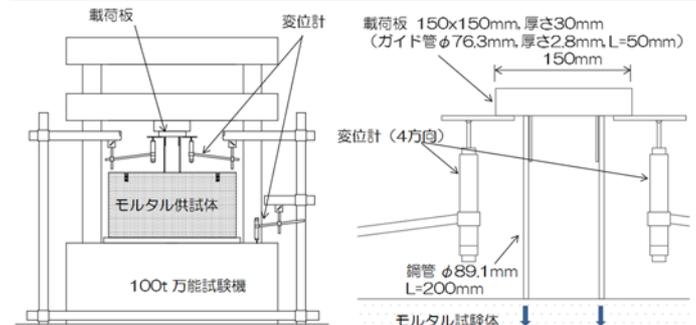


図-2 試験体設置状況と変位計設置箇所

キーワード 岩盤，鋼管杭，ガンパイル工法，杭の先端支持力，支圧載荷室内試験

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 TEL03-5769-1322

3. 実験結果

3.1 実験結果

本実験から得られた荷重-変位曲線を図-3に示す。また、荷重-変位曲線から得られた杭の先端支持力に相当する最大荷重と支持力係数(=杭の先端支持力/ $q_u \cdot A_t$)を表-3に示す。ここで、図-3に示すように荷重は一旦ピークに達したあと低下しているが、実際には岩盤支持層は中間層により拘束されており一般的な杭の載荷試験から得られる荷重-変位関係と同様の挙動(図中の青線)を示すと考えられるため、今回の試験結果の整理では最初のピーク荷重を最大荷重とした。なお、その後も荷重が増減を繰り返しながら漸増する挙動を示すのは、鋼管先端直下の模擬岩盤の圧壊の影響と鋼管が模擬岩盤中に深く圧入されるにつれて発揮される先端閉塞効果による鋼管先端応力分散の影響等が考えられる。

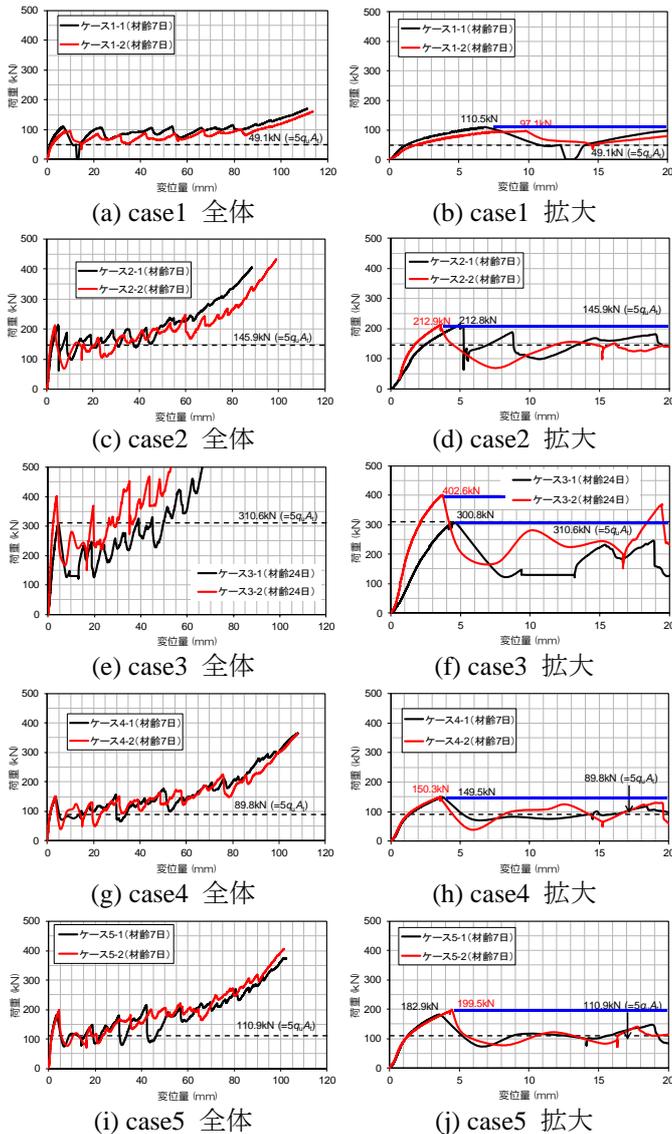


図-3 荷重-変位曲線

表-3 結果一覧

Case	一軸圧縮強度 N/mm ²	鋼管肉厚 mm	純断面積 mm ²	荷重* kN	支持力係数
1	6.8	5.5	1444.5	103.8	10.6
2	20.2	5.5	1444.5	212.9	7.3
3	43.0	5.5	1444.5	351.7	5.7
4	20.8	3.2	863.6	149.9	8.4
5	19.8	4.2	1120.2	191.2	8.6

※同ケース2 供試体の平均

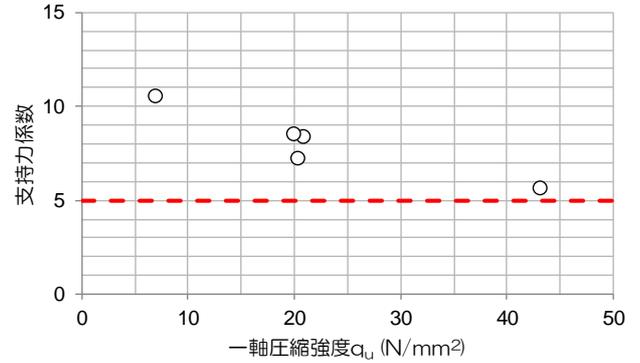


図-4 一軸圧縮強度 q_u と支持力係数

3.2 実験結果の考察

上述したこれまでの提案では、 $q_u=5\text{N/mm}^2$ 程度の一軸圧縮強度を有する岩盤において実施した実大杭の載荷試験結果から支持力係数は5と設定していたが、表-3に示すように岩盤強度が $q_u=10\sim 40\text{N/mm}^2$ と大きくなって支持力係数は5以上確保されていることが分かった。一方、図-4に示すように一軸圧縮強度が大きくなるほど支持力係数が小さくなる傾向が見られるため、本工法の適用範囲 $q_u=100\text{N/mm}^2$ を踏まえると、今後より硬い強度の岩盤を模擬した試験の追加を検討する必要がある。また、表-3のcase2,4,5の支持力係数の比較から、今回の実験では鋼管肉厚の支持力への影響は限定的であった。

4. おわりに

今回の実験結果から、これまでに提案した推定法(杭の先端支持力 $=5q_u \cdot A_t$)の妥当性を確認することができた。また、一軸圧縮強度が小さい範囲では支持力係数を5以上に設定できることが分かった。

参考文献

- 1) (一財)沿岸技術研究センター:港湾関連民間技術の確認審査・評価報告書第15005号,平成28年6月
- 2) 菊池,田口,辰見,中島,嶋田,稲積:岩盤における鋼管杭の押し込み・引抜き抵抗力に関する室内試験及び杭の鉛直載荷試験(その2),土木学会第71回年次学術講演会,平成28年9月