

鋼管杭の施工性に関する実験的検討 その1(圧入および打撃試験)

新日本製鐵(株) 正会員 ○松宮 弘信
 新日本製鐵(株) 正会員 石濱 吉郎
 新日本製鐵(株) 正会員 妙中 真治

1. 背景・目的

鋼管杭を開端条件で用いる場合、施工性および支持力性能の評価には先端閉塞が重要である。開端杭の閉塞に関してこれまで多数の研究が存在するが、施工法による閉塞生成やそれに伴う支持力性能の違いを詳細に議論した例は少ない¹⁾。本検討では模型試験装置を用い、開端および閉端鋼管杭を用いて圧入試験および打撃試験を実施し、施工性および支持力性能を検討した。

2. 試験概要

試験は、乾燥地盤(豊浦砂・Dr=60%)に軸部直径 $D=31.8\text{mm}$ 、板厚 $t=1.6\text{mm}$ の開端杭及び閉端杭を貫入させた。図1左に示す圧入試験は、 8mm/min の一定速度で $9.4D(=300\text{mm})$ まで静的に貫入した。図1右に示す打撃試験は錘(1.1kg)を落下高(400mm)一定で $11.2D(=356\text{mm})$ まで施工後、圧入装置を用い 2mm/min の速度で $0.6D(=20\text{mm})$ 静的に貫入し支持力を確認した。両方の試験共に閉塞状況の評価するため貫入量 z と管内土高さ h を計測した。さらに、圧入試験では施工性評価および支持力評価に用いる杭頭荷重、打撃試験では施工性評価に用いる打撃回数および支持力評価に用いる圧入過程時の杭頭荷重を計測した。

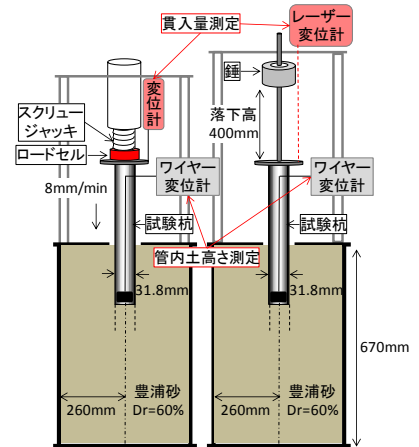


図1 試験概要(左:圧入, 右:打撃)

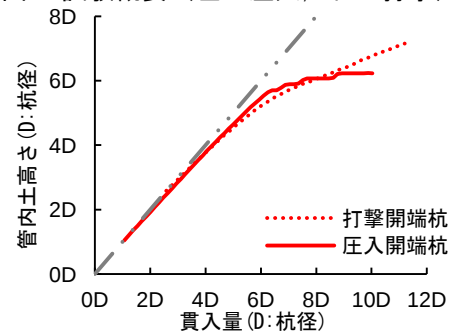


図2 貫入量-管内土高さ関係

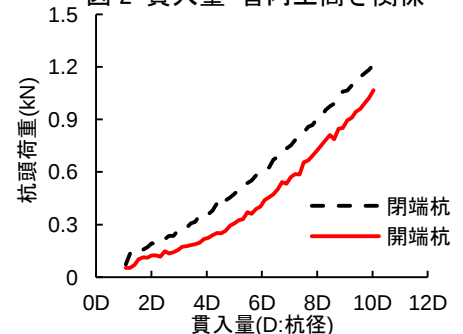


図3 貫入量-杭頭荷重関係(圧入)

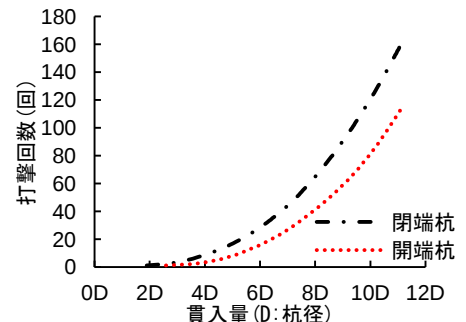


図4 貫入量-打撃回数関係(打撃)

3. 試験結果

3.1 貫入量と管内土高さの関係

圧入および打撃試験の開端杭に関し、図2に貫入量と管内土高さの関係を示す。圧入杭は貫入量 $6D$ を越えたあたりから管内土高さの上昇が停止し始めているのに対し、打撃杭は最終貫入量でも管内土高さが上昇し続けており、施工により管内土の挙動に大きな影響を与えることがわかった。

3.2 貫入量と施工荷重の関係

図3に圧入試験での貫入量と施工荷重の関係を示す。杭頭荷重に関し閉端杭、開端杭ともに貫入量の増加に伴い増加し、閉端杭が開端杭より全区間で高い。図4に打撃施工時の貫入量と打撃回数の関係を示す。閉端杭が開端杭より同一貫入量施工するために必要な打撃回数は少なかった。総打撃回数は開端杭の110回に対し、閉端杭は170回と1.6倍の差が発生した。

3.3 打撃施工後の支持力性能

図5に打撃施工後に支持力評価のため、静的に圧入した際の杭頭荷重と杭頭沈下量の関係を示す。 $0.1D$ 沈下時の杭頭荷重を極限支持力として比較すると閉端杭に対し開端杭は80%の支持力であった。

キーワード 鋼管杭, 打撃工法, 閉塞, 支持力, 模型試験

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日本製鐵(株)鉄鋼研究所鋼構造研究開発センター TEL0439-80-2111

4. 考察

4.1 閉塞生成状況

管内の閉塞状況を定量的に把握するため、貫入量(z)に対する管内土高さ(h)の増分を示す IFR²⁾ (式(1)) を指標として用いた。

$$\text{IFR}(\%) = \frac{\Delta h}{\Delta z} \times 100 \quad (1)$$

IFR=0%は完全閉塞，IFR=100%は完全未閉塞，0～100%は閉塞の割合を IFR の数値により表して不完全閉塞状態と称す。

図 6 に貫入量と IFR の関係を示す。初期状態では，管内に砂が流入するため IFR が大きく，貫入量が増加するにつれ IFR が小さくなる。完全閉塞状態となる貫入量は圧入施工では完全閉塞・未閉塞を繰り返すものの 7.8D であった。一方，打撃施工では貫入量 7D までは IFR が圧入施工と同様に減少するが，完全閉塞状態にならず IFR=30%程度の不完全閉塞状態で横ばいとなった。この差として，打撃施工時には杭下方の地盤が締め固められ，管内土強度よりも強度が高くなり，完全閉塞状態とならないと考えられる。

4.2 閉塞状況と支持力の関係

閉塞が支持力に与える影響を検証した。図 7 に示す別途実施した貫入速度を変化させて速い速度の施工過程と遅い速度の載荷過程を繰り返した試験より，圧入条件では速度を変化させても貫入量-杭頭荷重関係が連続することから，施工荷重と支持力が同一といえる。図 3 と図 5 を比較すると，最終貫入時の支持力は圧入杭の方が高い。式(2)に示す板厚と閉塞部を合わせた投影面積 D_p により閉塞と支持力の関係を議論する。

$$D_p = \frac{(D - 2t)^2 \pi}{4} \times \frac{100 - \text{IFR}}{100} + \pi(D - t)t \quad (2)$$

式(2)より，圧入試験の最終貫入時の開端杭と閉端杭の投影面積比： $D_{p\text{開}}/D_{p\text{閉}} = 1$ であるが，図 3 より開端杭の支持力は閉端杭の 85%程度に留まる。

打撃工法は図 6 より打撃施工での最終貫入時の開端杭の IFR は 30%であり，開口部の 70%が閉塞している状態である。開端杭と閉端杭の最終貫入時の投影面積比： $D_{p\text{開}}/D_{p\text{閉}} = 0.75$ であり，図 5 に示す極限支持力の比率(=0.80)とほぼ一致した。

5. 結論

本報では，圧入および打撃施工時の閉塞と施工性および支持力の関係を示した。

- (1) 閉塞生成に関して，圧入杭の方が打撃杭よりも完全閉塞に必要な貫入量が少ないことがわかった。
- (2) 閉塞状況と支持力および施工性に関して，圧入工法では開端杭は完全閉塞状態では閉端杭と投影面積が同一であるが，支持力は閉端杭の 85%程度に留まることに加え，施工荷重は支持力と同一の大きな荷重が必要である。一方，打撃工法では開端杭は閉端杭との投影面積比に応じた支持力が獲得可能であり，かつ，圧入工法で施工する際に必要な荷重の 1/100 程度の極めて小さな錘を用いた衝撃荷重で施工可能である。

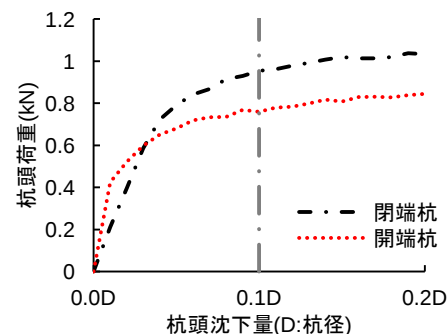


図 5 荷重-沈下関係 (打撃)

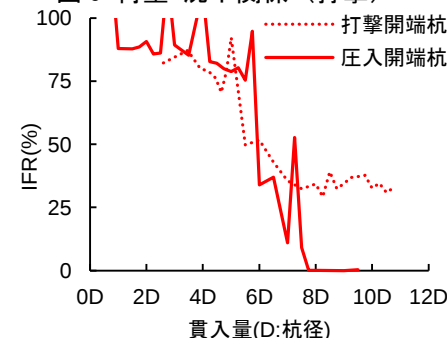


図 6 貫入量-IFR 関係

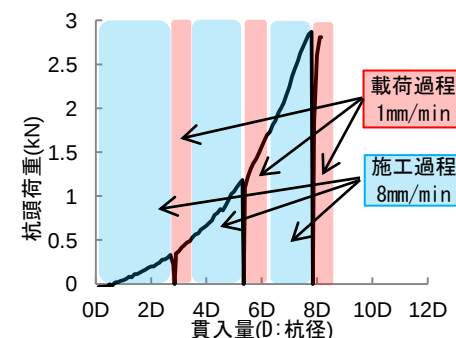


図 7 圧入速度変化時の
貫入量-杭頭荷重関係

参考文献: 1) 杉本貴之・菊池喜昭・水谷崇亮：打撃施工された鋼管杭の先端閉塞及びセットアップのメカニズムに関する実験的研究，鋼構造研究・教育助成事業研究発表会資料，pp.115～133，2011.9. 2) Kyuho Paik and Rodrigo Salgado：Effect of Pile Installation Method on Pipe Pile Behavior in Sands，Geotechnical Testing Journal, Vol. 27, No. 1，P1～10，2004.