

回転貫入杭の打ち止め方式と支持力に関する模型実験

正会員 ○若松宏輔*1
同 土屋 勉*2
同 島田正夫*3
同 佐藤 光*1
会員外 藤川雄太*4

2. 構造-4. 基礎構造-e. 杭 (鉛直)
回転貫入杭, 模型実験, 支持力

1. はじめに

回転貫入型の杭工法は鋼管の先端面または杭周面に溶接された螺旋羽根や平板が回転推進力となって設置される。低騒音で残土を発生させずに施工できる利点が評価され、小径から大径までの回転貫入杭が様々な機関で開発されている¹⁾。ただし、杭打設後における杭体各部には特有な残留応力が生じることや、杭打設後の羽根面下部にはゆるめ領域が生じること指摘²⁾されている。羽根面下部の空洞は鉛直載荷時には支持力面でのマイナス要素と思われるが、通常の回転貫入後に逆回転することで消失するので、支持力改善策としての可能性も模型実験で示唆されている³⁾。

これらを背景として、本報告では大型加圧土槽 (内径 2,000mm, 深さ 2,500mm) に模型砂地盤を作製して、杭を回転貫入させた後にわずかに逆回転させる打ち止め方式に関する実験を実施し、杭体各部の残留応力や鉛直支持力性能について検討した。

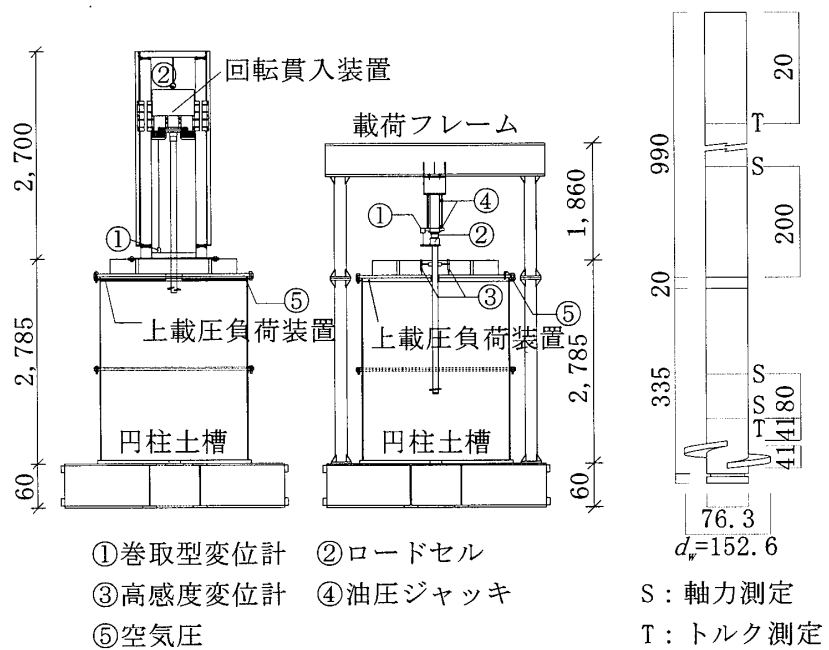


図-1 実験装置

図-2 模型杭

表-1 実験条件

実験名	上載圧 σ_0 (kPa)	地盤構成	相対密度 D_r (%)	換算 N 値	逆回転数 (回転)
L-0	100	均一	43	7	0
L-1/8					1/8
L-10					10
M-0	100	均一	55	12	0
M-1/4					1/4
D-0					0
D-1/8	100	均一	96	36	1/8
D-1/4					1/4

Model tests on pile installation and bearing capacity of screwed pile.

WAKAMATSU Kousuke et al.

2. 実験装置および実験方法

実験装置は、図-1のように大型の円柱加圧土槽、回転貫入装置、载荷フレーム等で構成されている。模型地盤は砂試料に東北硅砂6号を用い、ネットを介した空中落下法により作製する。地盤の所定の相対密度はノズルの口径を調節することで得られる。模型杭は図-2に示し、ひずみゲージにより応力を測定した。なお、杭先端面荷重と羽根面荷重を独立して測定できるように二重管構造としている。

実験手順は、作製した砂地盤面に杭を建て込み、100kPaの上載圧を负荷させた状態で杭を所定の深度まで回転貫入させ、その直後に逆回転を施して打ち止める。引き続き、上載圧を維持したままで残留応力の推移を測定した後に、鉛直载荷実験を実施する。

表-1は実験条件の一覧であり、モデル名は地盤の相対密度（低密度:L, 中密度:M, 高密度:D）、逆回転数の順で示している。

3. 残留応力に及ぼす杭の逆回転影響

図-3は、正回転で貫入させた後における杭体各部の残留応力と経過時間の関係である。なお、約0.4時間経過時でみられる負担荷重の段差は、施工用モータ（重量4.3kN）を取りはずした影響である。

(a)は回転貫入後そのまま打ち止めた通常モデルであるが、杭周面に正の摩擦力が作用するのに伴って、羽根部の軸力は引張側に推移する。図-4は、このような挙動を解釈するために描いた杭貫入後に作用する力と地盤変形の模式図である。羽根部がアンカーとなって残留応力を増加させる作用をしていると考えられる。

一方、回転貫入後（経過時間0.2時間程度）にわずかに逆回転（1/8回転）した図-3の(b)モデルでは、杭先端面および羽根面共に負担荷重がほとんど0に急減する。杭を逆回転させることで、羽根に上向き（貫入時の逆方向）の引き上げ力が作用することを反映したものと考えられる。その後の推移は(a)と近似するが、時間経過に伴う負担荷重の変化は(a)に比べわずかである。

図-5は逆回転数と抜け上がり量の関係である。低密度Lや中密度Mの地盤では、ほとんど抜け上がりが生じず、引き上げ力は小さいと推察される。一方、高密度D地盤では、逆回転量にほぼ比例して杭が抜け上がっており、引き上げ力が大きいことが分かる。

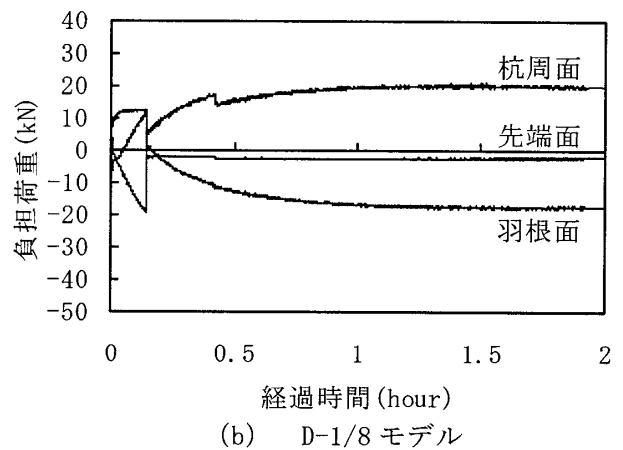
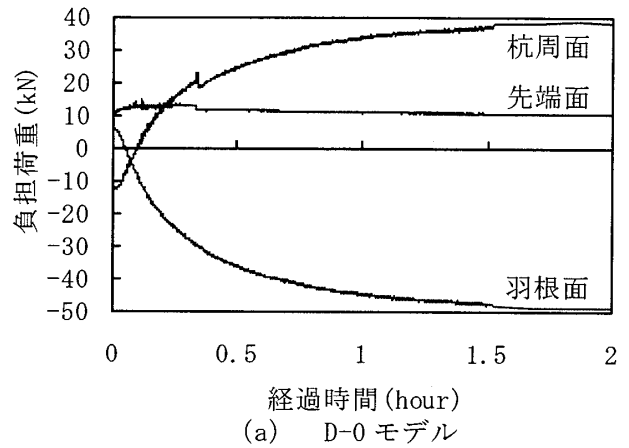


図-3 残留応力の推移

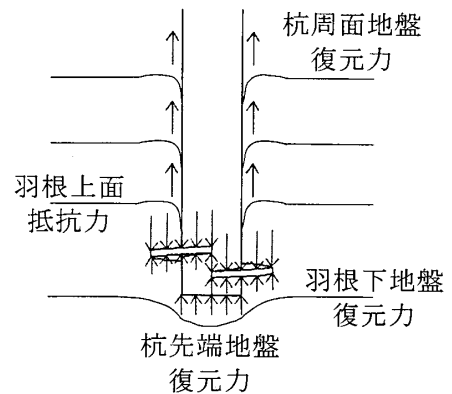


図-4 杭貫入後の応力と地盤変形の模式図

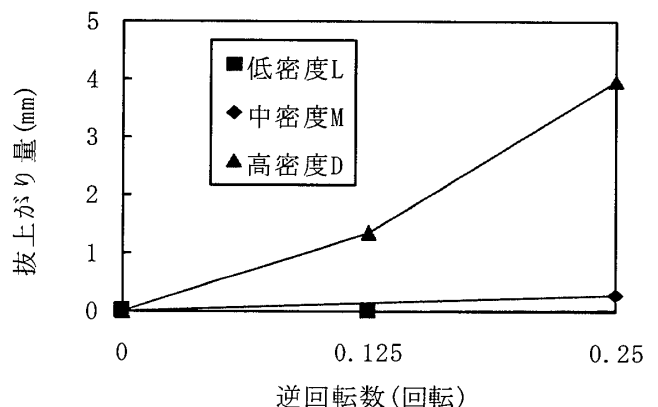


図-5 逆回転数と抜け上がり量の関係

図-6は施工終了後から2時間経過した時点における杭体各部の残留応力である。当然ながら地盤密度が高い程残留応力が大きい。また、逆回転数が多い程杭体各部の残留応力は消失する傾向があり、高密度のDモデルでは1/4回転でほとんど消失している。なお、逆回転したモデルにおいて

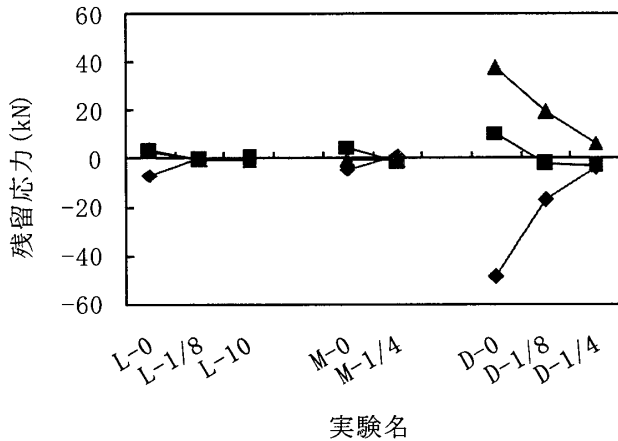


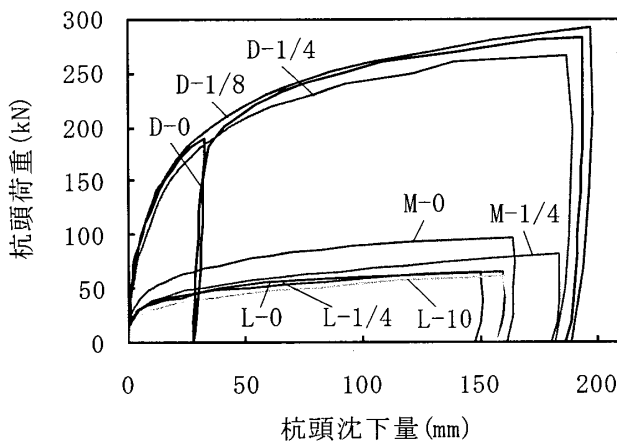
図-6 残留応力の比較

先端面荷重が若干引張側になる傾向があるのは、図-5で述べたように杭が抜け上がることにより、先端付近で負の摩擦力が発生するためであると考えられる。

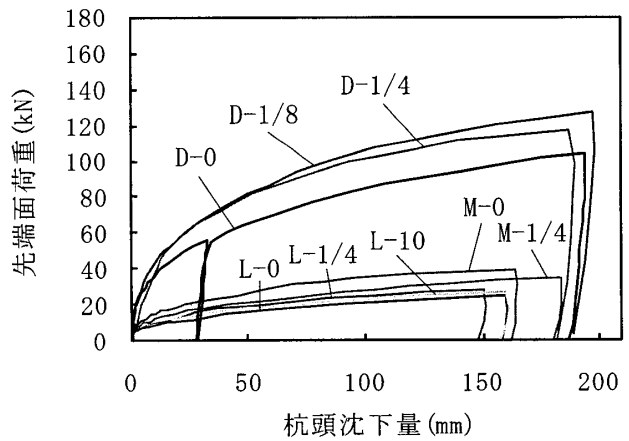
4. 鉛直支持力に及ぼす杭の逆回転影響

ここでは、杭頭の鉛直荷重を開始する直前を原点として整理した杭頭荷重および各部負担荷重と杭頭沈下量の関係について考察を行う。

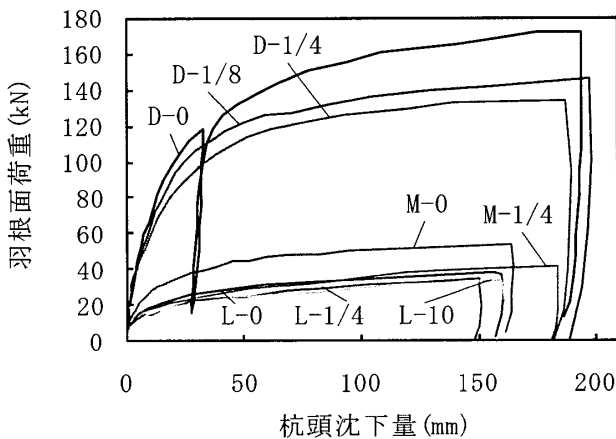
図-7の(a)は杭頭荷重～杭頭沈下曲線である。地盤密度の等しいモデル同士の比較においては、逆回転することによってわずかに低下する傾向もあるが、杭頭荷重に関してはあまり影響を及ぼさないと云える。一方、(b)の先端面荷重をみると、低密度Lおよび中密度Mの地盤においては逆回転の有無による影響がみられないが、残留応力の大きい高密度D地盤においては逆回転することで先端面荷重が大きくなる。これは、逆回転によって杭先端における圧縮側の残留応力が消失したためである。(c)の羽根面荷重においては、低密度L



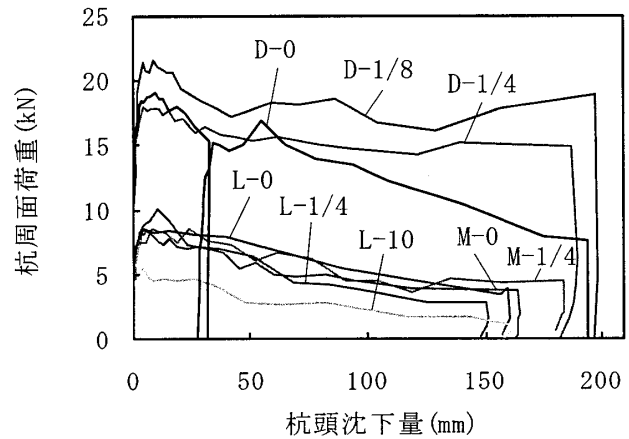
(a) 杭頭荷重～杭頭沈下曲線



(b) 先端面荷重



(c) 羽根面荷重



(d) 杭周面荷重

図-7 杭体各部の荷重～沈下曲線

の地盤では逆回転の有無による影響がみられないが、残留応力の大きい高密度D地盤においては逆回転することで羽根面荷重が小さくなる。これは、羽根面における引張側の残留応力が消失したためであり、先端面荷重とは逆の傾向を示す。(d)は杭周面荷重を示しているが、多量な逆回転をしたL-10モデルでは杭周面荷重が低下した。しかし、1/4回転程度の微小な逆回転においては、杭周面荷重に与える影響はないと云える。

図-8は杭頭載荷に伴う先端面荷重および羽根面荷重の負担割合を、高密度D地盤モデルについて示している。通常のD-0モデルでは、載荷初期の先端面の負担割合が大きいですが、載荷の進行に伴って停滞もしくは減少する。それに対して、羽根面は載荷の進行につれて負担割合が増加する。一方、逆回転したモデルでは載荷初期の先端面の負担割合が小さいが、その後は載荷の進行につれて増加する傾向がある。羽根面の負担割合は載荷初期で大きく、その後の変化は小さい。なお、逆回転したモデルの先端面および羽根面の負担割合は近似する傾向がある。

図-9は各モデルの杭頭荷重に対する各部負担割合について、基準荷重時(0.1d_v沈下時)の値を示したものである。それによると、地盤密度によらず逆回転数が多くなるにつれて、先端面荷重は増大するが羽根面荷重が減少して、両者の負担割合が近似する傾向が見られる。ただし、D-1/4モデルの先端面の負担割合が小さいのは、高密度地

盤では逆回転時に杭が大きく抜け上がることから、0.1d_v沈下時でも杭先端面がゆるい状態になっているものと推察される。したがって、過大な抜け上がりは支持力低下をもたらすことに留意する必要がある。

5. まとめ

杭を回転貫入させた後にわずかに逆回転させる打ち止め方式に関する模型実験を行い、以下の知見が得られた。

- ①. 回転貫入後のわずかな逆回転によって、施工後の残留応力の多くが消失する。
- ②. 杭を逆回転することで杭先端面と羽根面の荷重負担割合は変化するが、杭頭荷重に及ぼす影響は小さい。
- ③. 杭の逆回転量を変化させることによって、杭体各部の荷重負担の割合を制御できる可能性がある。

参考文献

- 1) 土屋勉：最近の埋込み杭施工法の動向と今後の展望，基礎工，Vol31，No.9，pp.11-15，2003.9
- 2) 土屋勉，大杉富美一，他：回転貫入杭の貫入・支持力性能に関する模型実験，日本建築学会構造系論文集，No.620，pp.75-80，2007.10
- 3) 中沢楓太，土屋勉，他：回転貫入杭の支持力性能に及ぼす打ち止め方式の影響，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.80，pp.129-132，2007.7

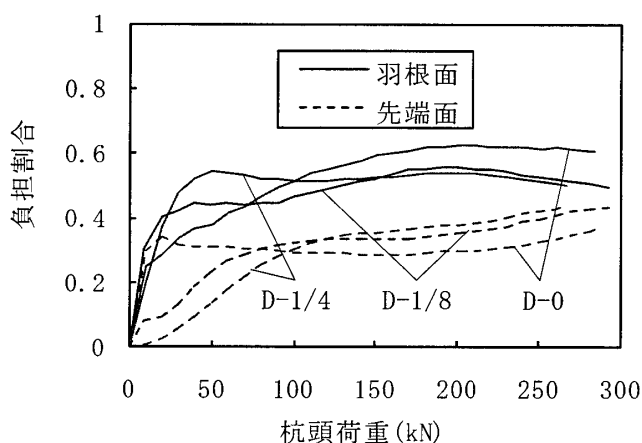


図-8 各部負担割合と杭頭荷重の関係

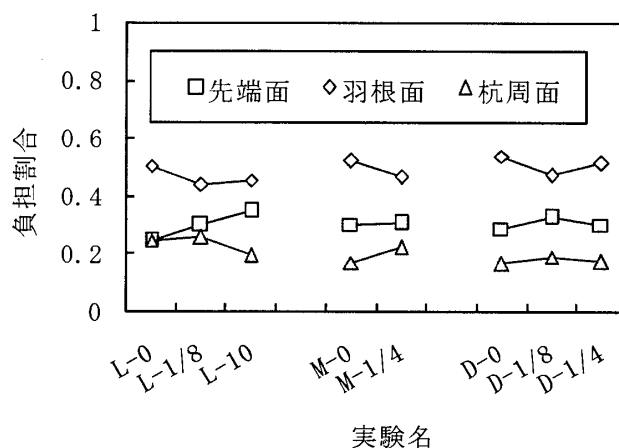


図-9 各部負担割合の比較

*1 室蘭工業大学 博士前期課程
 *2 室蘭工業大学 教授・工博
 *3 室蘭工業大学 技術職員
 *4 (株)竹中工務店

Graduate Student, Muroran Inst. of Tech.
 Professor, Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.
 Technician, Muroran Inst. of Tech.
 Takenaka Co.,Ltd.