

## 貫入過程を考慮した異形杭の先端支持機構の検討

寒地土木研究所 正会員 ○富澤幸一  
 北海道大学大学院 フェロー会員 三浦清一  
 日本工営（株） 正会員 李 黎明

### 1. はじめに

本研究では、性能規定設計法に準拠した実用性のある新杭の開発を目指した<sup>1)</sup>。提案する新杭は、既成杭の上部および下部外側に羽根状を突設し杭径を擬似的に大きくした異形杭である。本報では、その異形杭の貫入過程における先端支持機構について遠心力模型実験により検討した。

### 2. 羽根付き異形杭

提案する異形杭は、図-1に示す既成鋼管杭の上部外側の杭径3~4倍程度（ $1/\beta$ を想定）の範囲および下部外側の杭径程度（支持層への根入れを想定）の範囲に羽根状を取り付け、杭径を擬似的に大きくしたものである。羽根の幅は、杭径の半分から杭径程度とする。

羽根付き異形杭には、①十字羽根を取り付け杭頭部の杭径 $D$ を大きくすることで従来の既成杭に対し杭頭結合応力度の低減を図る杭頭結合強化、②杭先端面積 $A$ および杭先端径に相当したすべり線場を設定する極限支持力度 $qd$ が増加する杭先端支持力確保、③既成杭の上下端に十字羽根を取り付け剛性を上げることで杭施工時のねじれ防止および座屈防止、④ $1/\beta$ 区間の杭径を擬似的に大きくすることで従来径の杭に対し大きな水平地盤反力確保の種々の効果が想定される。④の水平抵抗の増加効果については概ね検証した。

以下に、想定される上記の効果の内、先端支持力の増加効果について遠心力模型実験により検証した成果を示す。

### 3. 支持力理論

杭先端の極限支持力を求める理論的方法は、これまで多く研究されているが、①Prandtl系の支持力理論<sup>2)</sup>、②球空洞押広げ理論<sup>3)</sup>、③Prandtl系と球空洞押広げの組み合わせ理論<sup>4)</sup>の三つの理論系に大別される。これらの理論は杭先端地盤にすべり線場を仮定することで共通する。これらの理論を念頭に、杭の貫入過程<sup>5)</sup>における直杭と異形杭の先端支持機構を遠心力模型実験で検討した。

### 4. 遠心力模型実験

#### 4-1. 実験概要

遠心力模型実験は、内寸長さ500mm×幅200mm×高さ500mmの模型容器を用い、50Gの遠心加速度を作用させた静的押し込み実験とした(図-2)。押し込み実験は一般的なひずみ制御法によった。模型地盤には、珪砂特粉8号を用いた。模型杭は、スチール製パイプの直杭と杭先端に2枚の羽根を付けた異形杭とした。直杭の寸法は、外径10mm・厚さ0.2mm・杭長230mmである。羽根突き異形杭は、直杭の先端の左右に幅 $0.5D=5\text{mm}$ ×長さ $L_s=10\text{mm}$ ×厚さ $t=0.1\text{mm}$ の羽根を2枚突設させた。直杭

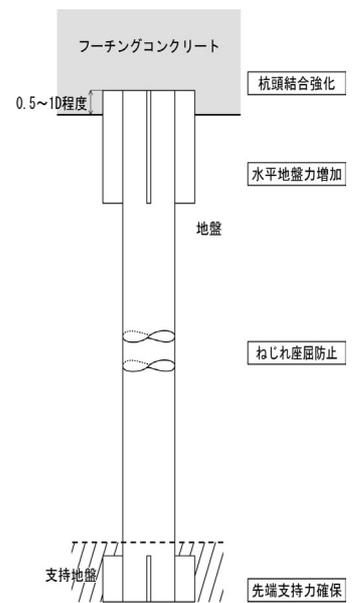


図-1 异形杭形状・想定効果

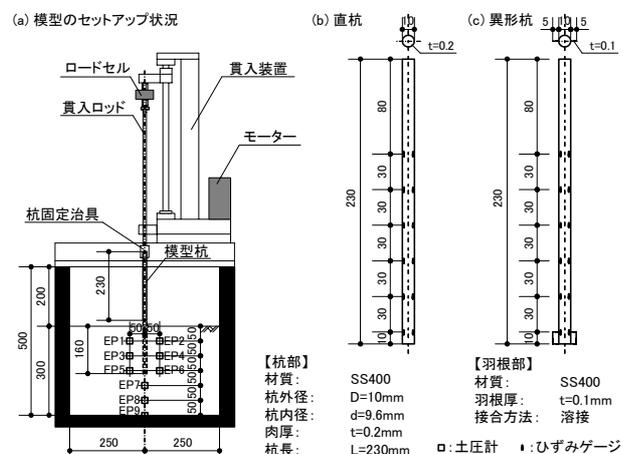


図-2 実験模型と模型杭の形状(単位:mm)

异形杭、遠心力模型実験、押し込み実験、先端支持力

と異形杭の本体には、杭貫入時の先端支持力および軸力を計測するため杭の内側にひずみゲージを設置した。また、杭周辺の地盤内応力を確認するため、地盤中に杭から5cm離れた左右および杭貫入位置の直下に土圧計を配置した。直杭を用いた予備貫入実験から、貫入速度を3.2cm/min(実物換算160cm/min)と設定した。

#### 4-2. 貫入抵抗

押込み実験から得られた、貫入抵抗と貫入量の関係(実物換算)を直杭と異形杭で対比し、図-3に示す。図によれば、貫入量が2m程度(杭径の4倍~2m/500mm)までは直杭と異形杭で貫入抵抗に違いはない。ただし、貫入量が4m以上(杭径の8倍)では直杭に対して異形杭が約1.3倍の貫入抵抗を示した。

#### 4-3. 杭貫入に伴う周辺地盤土圧の変化

地盤内に設置した土圧計から計測された杭の貫入過程における側方鉛直土圧(EP1:GL-2.5m、EP3:GL-5m、EP5:GL-7.5m)および貫入位置直下の鉛直土圧(EP7:GL-10m)の変化を図-4に示す。土圧はそれぞれ杭貫入による増分を示している。図によれば、側方の土圧増分について、地表面付近(EP1)では、直杭と異形杭貫入時の違いは示さないが、深い箇所(EP3、EP5)では、直杭貫入時に比べて、異形杭貫入時のほうが大きな土圧増分を示した。貫入位置直下の土圧増分は側方に比べて約10倍程度大きな値を示すが、直杭と異形杭の間には顕著な差は見られない。これらの結果から、杭貫入過程において、異形杭のほうがより幅広い圧力球根を形成していることが想定される。

#### 4-4. 杭先端支持力

直杭と異形杭の貫入量ごとの深さ方向の杭軸ひずみ分布を図-5に示す。図によれば、直杭では先端抵抗は過小である。それに対し、異形杭では最大400 $\mu$ の軸ひずみが直線的に伝達し先端抵抗も大きい。これは、杭先端部を異形とすることで、先端支持効果が発揮したものと推測される。

### 5. まとめ

遠心力モデルによる杭貫入実験を行い、羽根突き異形杭の先端支持機構について、①異形杭は、貫入量の増加(8D以上)に伴い、直杭に対し比較的大きな先端抵抗を発揮したこと、②杭貫入に伴う地盤内の鉛直土圧増分の変化傾向より直杭の場合に比べて異形杭のほうがより幅広い圧力球根を形成していること、③直杭と異形杭の貫入量ごとの深さ方向の軸ひずみ分布より異形杭で比較的大きな先端支持効果が期待できること、が明らかになった。今後、羽根突き異形杭の先端支持機構の詳細および杭頭結合・剛性効果についても確認していく考えである。

**参考文献** 1) 富澤・西本：遠心力モデル実験による羽根付き杭の水平抵抗増加効果の検討 第40回地盤工学研究発表会 2005.7  
2) Prandtl, L.: Über die Eindringungsfestigkeit plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden, 1921. 3) 山口：無限土中における空洞押拵げの弾塑性解析と応用、東京工業大学土木工学科研究報告、No.15, pp1-11, 1973 4) 高野・岸田：砂地盤中のNon-displacement pile 先端部地盤の破壊機構、日本建築学会論文報告集、第285号、pp51-61, 1951 5) 例えば、松本・西田：杭の貫入速度が杭先端支持力におよぼす影響について、土木学会年次学術講演会概要集、第3部、vol.36、pp596-597, 1981

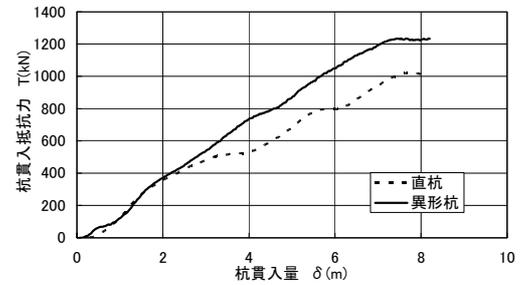


図-3 貫入抵抗と貫入量の関係

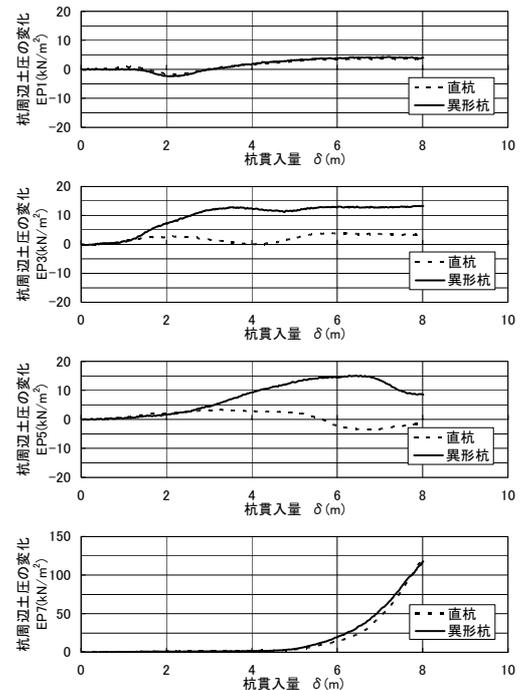


図-4 杭貫入に伴う周辺土圧の変化

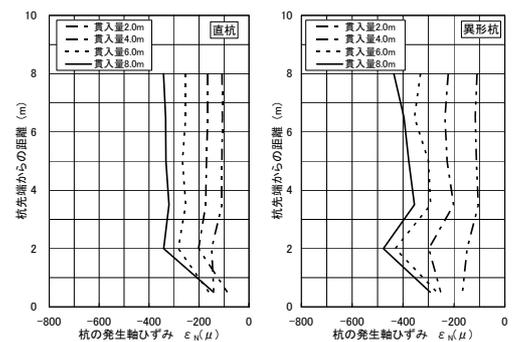


図-5 直杭と异形杭の軸ひずみ分布