

## 先端部に閉塞断面を設けた鋼矢板の支持力特性評価

新日本製鐵(株) 正会員 ○中山 裕章 妙中 真治 永津 亮祐  
原田 典佳 加藤 篤史

### 1. 目的

鋼矢板とフーチングを結合した鋼矢板併用型直接基礎(シートパイル基礎)として,鋼矢板を本設基礎構造物へ適用する事例が普及しつつある<sup>1)</sup>.また基礎構造物に適用する鋼矢板の鉛直抵抗特性の合理的な評価方法として,実大静的鉛直載荷試験データに基づく支持力式の提案が試みられている<sup>2)</sup>.この中で,鋼矢板先端部での確実な支持力確保を狙い支持層根入れ部に閉塞断面を設けた鋼矢板(先端加工鋼矢板)が提案されている.本論文では,先端加工鋼矢板の材軸方向の閉塞断面長さが支持力に及ぼす影響を調査するために実施した土槽模型試験並びに実大静的鉛直載荷試験について報告する.

### 2. 先端加工鋼矢板

通常の鋼矢板は開放断面であるが,その断面形状に応じてフランジとウェブとで囲まれた内部空間に有効応力増加領域が発現し,鋼矢板表面と地盤との界面で摩擦抵抗が増大し鉛直抵抗が増大することが報告されている<sup>3)</sup>.しかしながら,鋼管杭のような閉塞効果は期待できず確実な支持力を確保することはできない.そこで支持層内に閉塞断面を設けた先端加工鋼矢板(図1)の開発を実施している.先端部に鋼矢板本体と同形状の矢板を貼り合わせることで閉鎖断面を形成させている.

### 3. 土槽模型試験

(1)試験方法 小型土槽(内径φ558.8mm×高さ441mm)に先端加工鋼矢板を模擬した小型模型を設置し,相対密度が85~90%となるように鹿島硅砂( $D_{50}=0.3\text{mm}$ ,  $\gamma_{\text{max}}=16.4\text{kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{min}}=14.2\text{kN/m}^3$ )を空中落下法にて堆積させた.深度15~20m程度の応力状態を再現するため,土槽内に設置したエアバックを用い上部より $300\text{kN/m}^2$ ,側面より $150\text{kN/m}^2$ の拘束圧を載荷した.アルミ製角管 $40\times40\times t2$ を一部切断加工することで先端加工鋼矢板を模擬した.

(2)試験パラメータ 先端加工長さをパラメータとし, $L=0\cdot1D\cdot2D\cdot3D\cdot(\text{鋼矢板全長})$ の5ケースを対象とした. $L=0$ は先端加工部が無い状態, $L=(\text{鋼矢板全長})$ は角管のままの状態を示す.基準となる換算杭幅として角管正方形断面1辺の長さ( $=D$ )を用いた.

(3)試験結果 載荷した鉛直荷重と沈下量との関係を図4に示す.先端加工長さが長くなるほど鉛直抵抗は大きくなり,3Dではほぼ全長閉塞断面となる場合と一致する.図5は各ケースで同一沈下量が発生したときの,鋼矢板全長ケースに対する鉛直抵抗の比を示す.凡例は換算杭幅に対する沈下量の比を示す.沈下量が換算杭幅に至るまで,先端加工長さと鉛直抵抗比とがほぼ比例関係にあることが分かる.



図1 先端加工鋼矢板

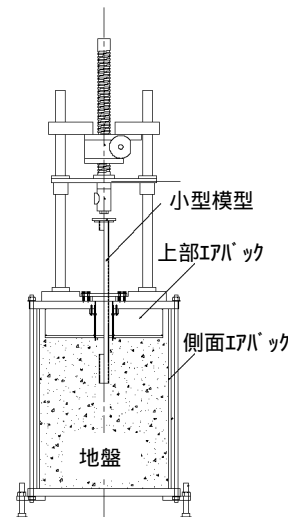


図2 土槽模型試験

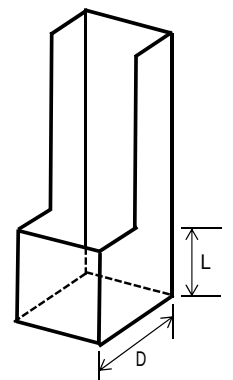


図3 先端加工鋼矢板小型模型

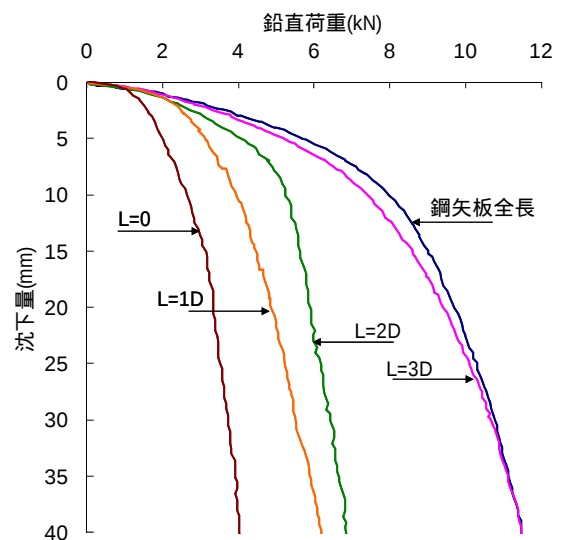


図4 鉛直荷重 - 沈下量関係(土槽模型試験)

キーワード 鋼矢板, 鉛直支持力, 閉塞断面, 静的鉛直載荷試験

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日本製鐵(株)技術開発本部鉄鋼研究所 TEL0439-80-2196

#### 4. 実大静的鉛直載荷試験

(1) **試験方法** 実大の鋼矢板(ハット形鋼矢板 10H)における先端加工長さの影響を調査するために,実現場に打設した先端加工鋼矢板に対する静的鉛直載荷試験を実施した。載荷試験は地盤工学会基準の杭の押込み試験方法に基づく段階載荷方式・多サイクル<sup>4)</sup>に準じた。地表面から支持層(GL-17.8m)まで砂・シルトの互層,支持層は粘土混じり砂から成る地盤に対して,ウォータージェットを併用したバイプロハンマー工法にて鋼矢板の打設を行った。

(2) **試験パラメータ** 鋼矢板断面の換算杭幅( $D_p$ )として鋼矢板実断面積を含む先端加工部で囲まれた面積( $=0.234\text{m}^2$ )の平方根( $D_p=0.484\text{m}$ )を仮定し<sup>2)</sup>,支持層内へ打設する先端加工長さとして $2.89D_p$ 及び $4.75D_p$ の2種類を用いた。

$D_p$ は土槽模型試験の $D$ と統一的に解釈できるよう,その2乗が先端閉塞面積となるように設定している。

(3) **試験結果** 杭頭荷重及び先端荷重共に,両者の抵抗値はほぼ同じであり, $2.89D_p$ 以上確保すれば先端閉塞効果がほぼ一定となることが想定される。本結果は土槽試験で得られた $3D$ 以上で全長閉塞断面と同じ抵抗となる傾向とほぼ一致する。

#### 5. 考察

$3D_p$ 以上で閉塞効果が一定となる根拠として簡便なモデルで考察する。1辺の長さが $D$ の正方形断面を有する閉塞空間において,閉塞空間内の深度方向及び平面方向それぞれにおいて一様応力場が発生しているとし,更に閉塞空間内部で地盤が締め固まりポアソン比が $0.2$ (静止土圧係数: $K=0.25$ ),鋼矢板表面と地盤との壁面摩擦角: $\mu=\tan(20^\circ)$ を設定した場合,先端支持力と閉塞空間内の鋼矢板周面抵抗が釣り合っていると仮定すると,閉塞に必要な長さは $2.75D$ と求められる(図7)。実際には閉塞空間の応力場は一様ではなく鋼矢板断面も正方形でなく鋼矢板下端面の抵抗や外周面の摩擦抵抗も発揮するが, $3D_p$ 程度がある一定の先端閉塞効果が発現する一つの目安になると考えられる。

#### 6. まとめ

土槽模型試験及び実大静的鉛直載荷試験より,先端加工鋼矢板の先端加工長さが $3D_p$ 以上あれば,鋼矢板全長に亘って閉塞断面を形成した場合と同等の閉塞効果が発揮され確実な鉛直支持力を確保できることが分かった。

#### 参考文献

- 1)財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物に適用するシートパイル基礎の設計・施工マニュアル(第2版), 2006
- 2)加藤篤史他:静的鉛直載荷試験データに基づく鋼矢板の鉛直支持力性状評価,第55回地盤工学シンポジウム,2010
- 3)妙中真治他:鋼矢板の鉛直支持力特性の評価,土木学会論文集,Vol.63, No.1, pp258-298, 2007
- 4)地盤工学会:杭の鉛直載荷試験方法・同解説,2002

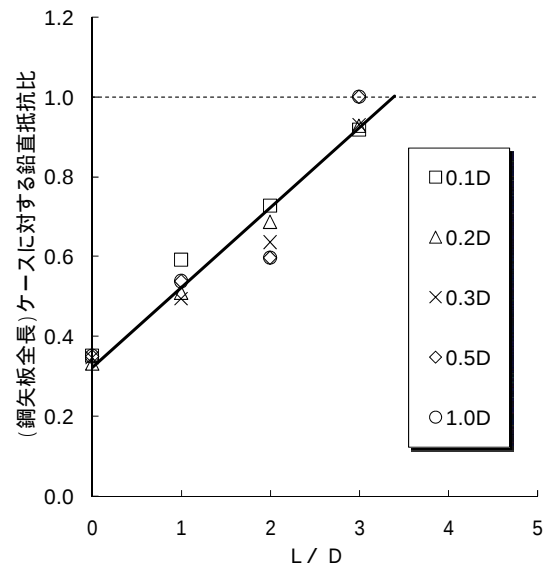


図5 先端加工長さ比 - 鉛直抵抗比関係(土槽模型試験)

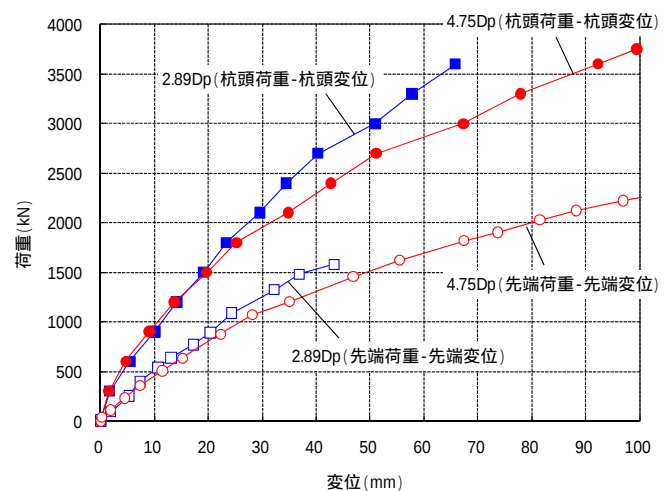


図6 鉛直変位 - 載荷荷重関係(実大静的鉛直載荷試験)

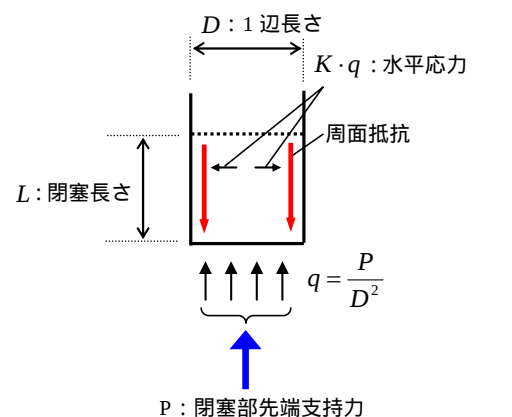


図7 閉塞部の力の釣り合い