第Ⅲ部門　　鋼管矢板基礎の群杭効果による鉛直支持力低下と先端支持力の関係


| | | |
|---|---|---|
| 京都大学大学院 | 学生会員 | ○樋口　滉太 |
| 阪神高速道路 | 正会員 | 曽我　恭匡 |
| 阪神高速道路 | 正会員 | 出口　直輝 |
| 本州四国連絡高速道路 | 正会員 | 金澤　高宏 |
| 京都大学大学院 | 正会員 | 澤村　康生 |


## １．はじめに

鋼管矢板基礎は，鋼管矢板を井筒状に打設した基礎構造物であり，河川を渡る橋脚基礎などに多く採用されている．当該基礎については，水平抵抗に関する研究が多い一方，鉛直支持力に関する研究は限られている．鉛直支持力については，杭を近接して配置した場合，杭１本あたりの支持力が低下する群杭効果の影響が懸念される[1]．しかしながら，道路橋示方書では基礎全体の先端支持力を単杭の先端支持力に杭本数を乗じて評価する方法が採用されており[2]，先端支持力に及ぼす群杭効果が明示的には考慮されていない．そこで本研究では，鋼管矢板基礎の模型に鉛直載荷を行う遠心模型実験を実施し，現行の設計法で十分考慮されていない先端支持力に着目して結果を考察した．

## ２．実験条件・実験方法

本研究では，京都大学防災研究所所有の遠心載荷装置を用いて，遠心力 50G 場で実験を行った．**図１**に実験装置の概略図を示す．模型地盤は支持層と軟弱層の２層に分け，支持層は珪砂５号（$\phi=33.0°$）で $D_r=90\%$，軟弱層は珪砂７号（$\phi=27.6°$）で $D_r=30\%$を目標に気中落下法で作製した．**図１**は杭先端から支持層下端まで $10D$（D は杭径）の場合を示しているが，この他に $1D$, $3D$ の薄層支持条件でも実験を実施した．**図２**には単杭模型のひずみゲージ貼付位置を示す．杭内面の５深度に左右一対のひずみゲージを貼付し，各深度の軸力を算出した．また，**図３**には模型の継手部分のモデル化について示す．鋼管矢板の一般的な p-p 型継手（図の左側）は 1/50 サイズの模型での再現が難しかったため，単純化したブロック状の部材によってモデル化した．その際，鋼管矢板の杭径と継手部分の寸法比が実物と等しくなるように設計した．

**図４**には実施ケースを示す．実験模型は単杭，直列３本群杭，直列５本群杭，十字５本群杭の４種類で，支持層厚 $10D$ で４ケース，支持層厚 $1D$, $3D$ で直列３本を除く３ケースずつ，合計 10 ケース実施した．載荷速度は 1mm/min の静的載荷条件で，杭頭変位がおおよそ 10 mm 程度になるまで載荷した．

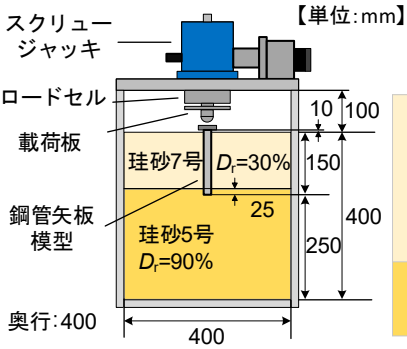



図1　実験装置の概略図（単杭の場合）

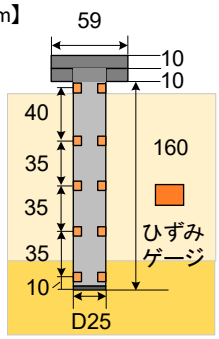



図2　ひずみゲージの貼付位置

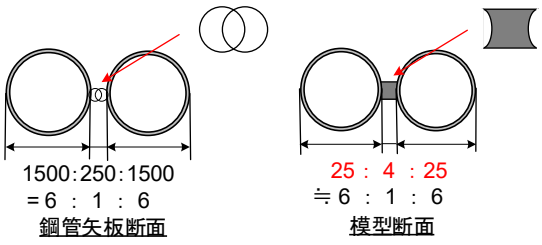
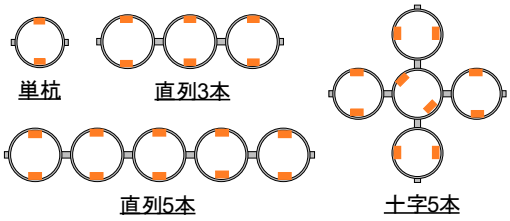



図3　鋼管矢板模型のモデル化




※ひずみゲージ ■ は模型の内側に貼付

図4　実施ケース

Kota HIGUCHI, Ryuichi KATO, Takahiro KANAZAWA, Naoki DEGUCHI, Yasumasa SOGA, Yasuo SAWAMURA
higuchi.kota.66c@st.kyoto-u.ac.jp

## ３．実験結果と考察

**図 5** に，支持層厚 10*D* における杭頭の荷重変位関係を示す．載荷荷重を杭本数で除し，杭 1 本当たりの荷重として示した．変位は，杭の鉛直変位 δ は杭径 *D* で正規化した無次元量（δ/ *D*）を用いた．結果から，杭本数の増加に伴い，1 本当たりの支持力が低下する群杭効果が確認された．また，直列 5 本と十字 5 本の比較では，より杭が密集している十字形状の方が．より大きな支持力低下を示した．**表 1** に薄層支持条件も含めた 3 本群杭を除く全ケースの極限支持力を示す．極限支持力は変位が杭径の 10%となった時の支持力として定義している．( ) 内には，同一支持層厚における単杭に対する比を示す．また，[ ] 内には，同一模型の支持層厚 10D のケースに対する比を示す．同じ支持層厚で比較すると，薄層支持条件も含め，全ての支持層厚において群杭効果による支持力の低下が確認された．また，支持層が薄い条件ほど，単杭に対する 5 本群杭の支持力比が小さくなり，群杭効果がより顕著となった．加えて，各模型について支持層厚の影響を比較すると，支持層が薄くなるほど杭 1本当たりの支持力は低下した．特に支持層厚 3*D* では，単杭では 0.86 倍と高い支持力が保てているが，直列及び十字 5 本群杭では 0.6 倍程度とより大きく低下した．

**図 6** には模型ごとの極限支持力における先端支持力の値を示す．先端支持力は杭下端近傍に設置したひずみゲージから算出した軸力として評価した．いずれの支持層厚においても，5 本群杭における先端支持力は単杭と比べて明確に減少している．また，**表 2** には 3 本群杭を除く全ケースの極限支持力に占める先端支持力の割合を示す．結果からどの支持層厚においても 5 本群杭における先端支持力の占める割合は単杭と比べ低下している．本実験の条件下においては，群杭効果による杭 1 本当たりの支持力低下には，主として先端支持力の低下が寄与したと考えられる．よって，現行設計法における先端支持力の評価について，群杭効果の観点から今後さらに検討する必要がある．

## ４．まとめ

本研究では，複数の鋼管矢板模型に対して，複数の支持層厚で鉛直載荷する遠心模型実験を実施した．実験結果から，全ての支持層厚において群杭効果による支持力の低下が確認された．また，群杭効果による支持力の低下には先端支持力の低下が大きく影響しており，現行設計法における先端支持力の評価については，群杭効果を考慮したさらなる検討が必要である．

## 参考文献


1) 寺本俊太郎，八重垣諒太，服部駿佑，藤井遥，篠原聖二：鋼管矢板基礎の鉛直支持特性の数値解析的検討，第 59 回地盤工学研究発表会，2024.

2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，IV 下部構造編，2017.

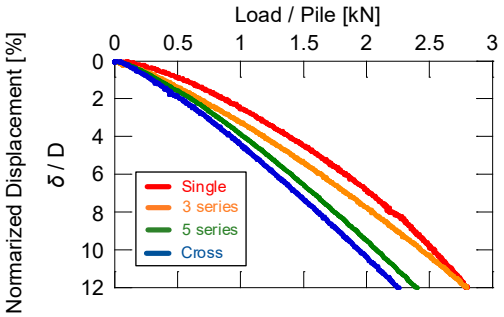




図5　荷重変位関係（10Dケース）

表1　極限支持力まとめ

| | 単杭 | 直列5本 | 十字5本 |
|---|---|---|---|
| 10D | 2.55<br>(1)　[1] | 2.08<br>(0.82)　[1] | 1.93<br>(0.76)　[1] |
| 3D | 2.19<br>(1)　[0.86] | 1.21<br>(0.55)　[0.58] | 1.18<br>(0.54)　[0.61] |
| 1D | 1.28<br>(1)　[0.50] | 0.76<br>(0.59)　[0.37] | 0.79<br>(0.62)　[0.41] |

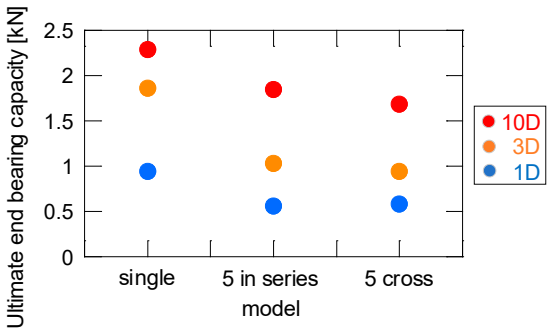



図6　模型ごとの極限先端支持力

表2　極限先端支持力割合

| | 極限先端支持力割合（%） | | |
|---|---|---|---|
| | 単杭 | 直列5本 | 十字5本 |
| 10D | 90.4 | 80.3 | 83.3 |
| 3D | 84.9 | 79.8 | 74.3 |
| 1D | 73.7 | 69.5 | 68.0 |