

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：継手部の力学挙動から紐解く鋼管矢板基礎の水平抵抗力発現メカニズム

研究代表者：関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 准教授 宮崎 祐輔
共同研究者：京都大学大学院 工学研究科 博士後期課程 彭 俊雄

1. 研究背景と目的

鋼管矢板基礎は、鋼管の継手を閉鎖形状に嵌合させ、杭頭部を剛結することで高い水平抵抗力を発揮できることから、近接施工が必要となる都市部の橋梁基礎や既設構造の耐震補強などに広く用いられている¹⁾。しかし、その水平抵抗性能は継手部の接続状態に大きく依存するにもかかわらず、鋼管・継手・地盤による相互作用と基礎全体の挙動の関係は定量的に解明されていない^{2,3)}。

本研究では、継手部の詳細な力学挙動を計測・解析するため、歪みゲージ内蔵型ボルト (EBSG) を継手部に導入した縮尺模型を用いて、遠心力载荷試験を実施した。実験結果をもとに、基礎の水平抵抗に寄与する継手のせん断・圧縮応答を多面的に評価し、合理的な設計指針の構築を目指した。

2. 実験の概要

本研究では、 3×3 に配置された鋼管矢板基礎模型を用いて、遠心力载荷試験を実施した (図-1)。模型には、一般に実務で用いられる P-P 継手を採用し、継手部には高い流動性と準脆性を併せ持つ石膏系充填材を用いた。杭と継手は、図-2 に示す EBSG (Embedded Bolt Strain Gauge, 東京測器研究所製) を内蔵した M3 ボルトで機械的に連結し、継手内部のせん断力・軸力・圧縮力を高精度で計測可能な構成とした。

さらに、杭ごとに異なる名称 (LA～RC) を付与し、ひずみゲージを個別に貼付したことで、杭間のエネルギー分布や変位挙動を詳細に評価可能とした。また、実験後には継手部の鉛直せん断変位の痕跡を目視観察することで、変位分布との対応関係を裏付ける定性的データも取得した。これらの実験設定により、継手における鉛直・水平方向のせん断挙動および圧縮応答を再現性高く捉えることができ、鋼管矢板基礎における複雑な力学挙動の解明につながった。

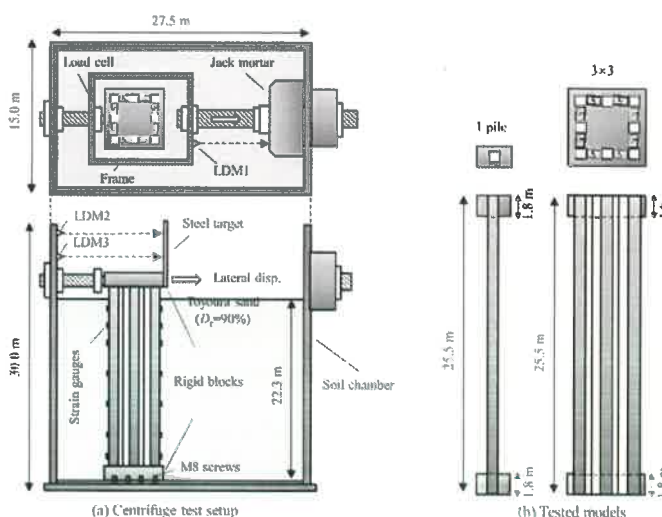


図-1 (a) 遠心力を用いた水平载荷試験の設置状況, (b) 対応する試験モデル

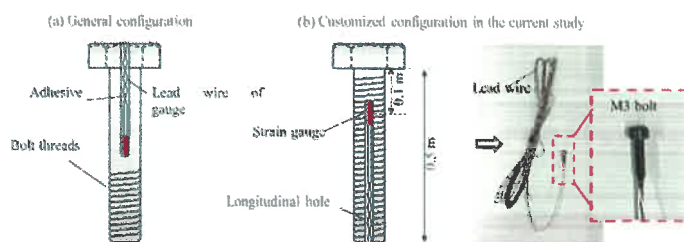


図-2 (a) 一般的な状況における EBSG の構成, (b) 本研究における構成

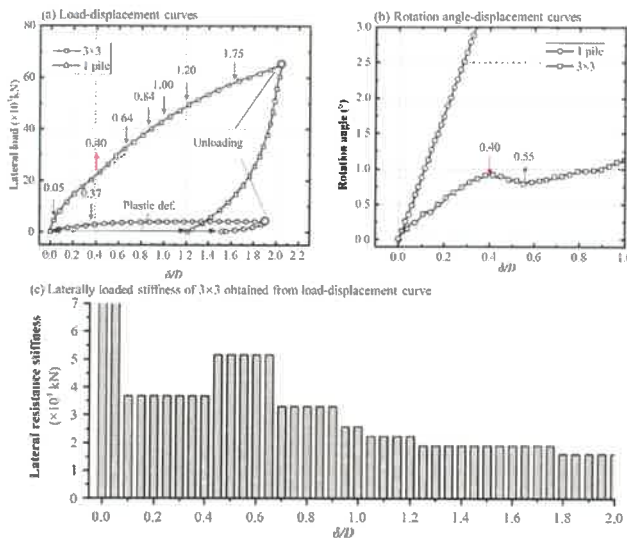


図-4 Case_1 杭および Case_3×3 の全体的な水平載荷応答

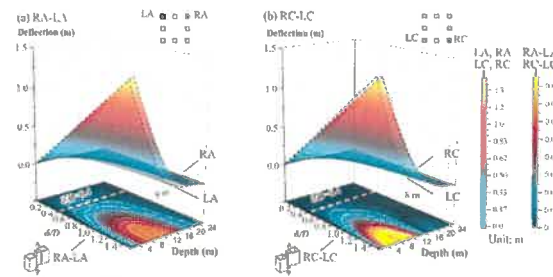


図-5 杭間のたわみ分布とその差

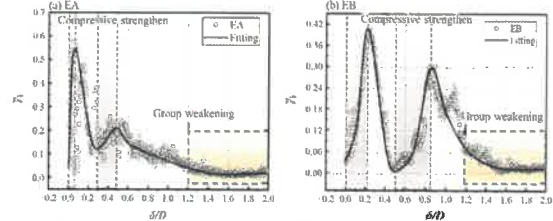


図-6 杭群の連結性および継手の圧縮挙動の影響
(指標 γ_i により間接的に評価)

3. 実験結果

遠心力載荷実験の結果、単杭（Case-1）と群杭（Case-3×3）において明確な応答の差異が確認された。図-4 に、各ケースにおける荷重-変位関係および杭頭の回転角の推移を示す。群杭では、変位の進行に伴って複数の剛性低下が見られ、継手部に生じた鉛直方向のずれが、杭群の連動性を弱める要因となった。

また、継手部における鉛直方向の変位挙動を視覚的に確認するため、RA-LA および RC-LC 間の杭に生じたたわみの差を図-5 に示す。図より、荷重方向に平行な継手において上下杭の側方変位に明確な差が生じており、この差が継手内部の鉛直せん断変位を反映していると考えられる。特に、変位差は一定の深さで最大となり、上下方向に広がる形で分布していた。これにより、鉛直せん断変位が継手内で局所的に発達し、群杭の一体性を損なう要因となっていることが示唆された。

さらに、図-6 に示す評価結果からは、杭群全体の連動性が変位の進行に伴って徐々に低下する様子が定量的に確認された。初期段階では連結性が高く、群杭として一体的に変形する挙動を示していたが、鉛直せん断変位の蓄積により連動性が次第に失われ、各杭が独立に挙動する状態へと移行していく過程が明らかとなった。

4. 結論

本研究では、鋼管矢板基礎の水平抵抗性能に対する継手部の影響を明らかにするため、3×3 群杭模型を用いた遠心力載荷実験を実施した。実験にはひずみゲージ内蔵型ボルト（EBSG）を導入し、継手部に生じるせん断および圧縮応答を詳細に計測した。その結果、荷重方向に平行な継手において鉛直せん断変位が発生し、鋼管矢板群の連動性が低下する群杭効果の弱体化が確認された。一方、荷重初期段階では継手の圧縮挙動により一時的に連結性が高まることも観察され、継手の力学特性が群杭全体の剛性や抵抗モードに与える影響の大きさが示された。これらの成果は、鋼管矢板基礎の性能評価において継手部の応答を定量的に扱う必要性を示すとともに、今後の高性能継手の開発や合理的な設計法の構築に向けた基礎的知見を提供するものである。

参考文献

- 1) Aoyagi T, Akiyama Y, Nagashima S, Yamashita H, Nishiumi K, Ishihama Y (2007) Development of High Strength Pipe-Junction for Steel Pipe Sheet Pile Foundation. Proceedings of Civil Engineering in the Ocean 23:303-308
- 2) Peng, J., Miyazaki, Y., 2025. Experimental study on unique interactions in steel pipe sheet piles under lateral load: joint, pipe, and soil. Acta Geotechnica.
- 3) Miyazaki, Y., Sawamura, Y., Kusaba, S., Kimura, M., Nishihara, T., Kosaka, T., Hattori, M., Maekawa, K., 2021. Numerical analysis of mechanical characteristics of joint structure of steel pipe sheet pile foundation. Proc. of the 16th IACMAG. 59-67