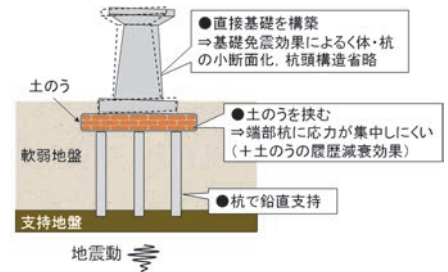


杭と土のうを併用した基礎の原位置載荷実験（その2）

鉄道総合技術研究所 正会員 ○土井 達也, 室野 剛隆
 株式会社テクノクス 正会員 河合 拓也 非会員 平山 勇治
 名古屋工業大学 正会員 張 鋒

1. はじめに

著者らは、図1に示す杭と土のうを併用した基礎（以下、提案構造）を開発している^{1),2)}など。前稿³⁾では、提案構造の実材料、実応力レベルの条件における地震応答特性を把握するために実施した原位置載荷実験について、概要および体の荷重～変位関係について述べた。本稿では、土のう内、土のう下の鉛直土圧分布や、杭の軸力、曲げモーメント分布について報告する。

図1 提案構造の概要²⁾

2. 土のう内および土のう下の鉛直土圧分布

鉛直土圧は、土のう内または土のう下の原地盤上に設置した土圧計により計測した。土圧計の配置を図2に、計測で得られた鉛直土圧分布を図3に示す。

自重時（図3(a)）における土のう内の鉛直土圧は、杭頭上方のほうが杭間地盤上方より大きい。

これは、原地盤に比べて杭の剛性が大きいためである。また、杭頭上方の中では土のう下段（P5, P6）のほうが上段（P1, P4）よりも鉛直土圧が大きい。

これは、土のう下段のほうが杭頭に近く、応力分散が小さいこと（図4）が原因と考えられる。正負交番載荷過程（図3(b)）において、杭頭上方にあるP1, P4, P5, P6で、前稿³⁾で説明したく体のロッキングと対応して、載荷方向前面側で鉛直土圧が大きくなっている。また、自重状態と同様に、土のう下段のほうが上段よりも鉛直土圧が大きい。なお、前稿³⁾の図4より、水平荷重によるフーチング底面の回転モーメント～フーチング回転角関係は、3サイクル目（150kN）の段階で剛性低下が生じ始め、4サイクル目（60mm）以降は回転角が増加しても回転モーメントがあまり増加しない。図3(b)では示していないが、2サイクル目（100kN）時点で載荷方向と反対側の杭頭上方で鉛直土圧がほぼゼロとなっていた。この時点でフーチングの浮上りが生じて接地面積が小さくなり、回転剛性が低下したと考えられる。なお、杭間地盤の上方にあるP2, P3, P7, P8では自重状態と同様に鉛直土

圧が大きい。なお、前稿³⁾の図4より、水平荷重によるフーチング底面の回転モーメント～フーチング回転角関係は、3サイクル目（150kN）の段階で剛性低下が生じ始め、4サイクル目（60mm）以降は回転角が増加しても回転モーメントがあまり増加しない。図3(b)では示していないが、2サイクル目（100kN）時点で載荷方向と反対側の杭頭上方で鉛直土圧がほぼゼロとなっていた。この時点でフーチングの浮上りが生じて接地面積が小さくなり、回転剛性が低下したと考えられる。なお、杭間地盤の上方にあるP2, P3, P7, P8では自重状態と同様に鉛直土

圧が大きい。なお、前稿³⁾の図4より、水平荷重によるフーチング底面の回転モーメント～フーチング回転角関係は、3サイクル目（150kN）の段階で剛性低下が生じ始め、4サイクル目（60mm）以降は回転角が増加しても回転モーメントがあまり増加しない。図3(b)では示していないが、2サイクル目（100kN）時点で載荷方向と反対側の杭頭上方で鉛直土圧がほぼゼロとなっていた。この時点でフーチングの浮上りが生じて接地面積が小さくなり、回転剛性が低下したと考えられる。なお、杭間地盤の上方にあるP2, P3, P7, P8では自重状態と同様に鉛直土

圧が大きい。なお、前稿³⁾の図4より、水平荷重によるフーチング底面の回転モーメント～フーチング回転角関係は、3サイクル目（150kN）の段階で剛性低下が生じ始め、4サイクル目（60mm）以降は回転角が増加しても回転モーメントがあまり増加しない。図3(b)では示していないが、2サイクル目（100kN）時点で載荷方向と反対側の杭頭上方で鉛直土圧がほぼゼロとなっていた。この時点でフーチングの浮上りが生じて接地面積が小さくなり、回転剛性が低下したと考えられる。なお、杭間地盤の上方にあるP2, P3, P7, P8では自重状態と同様に鉛直土

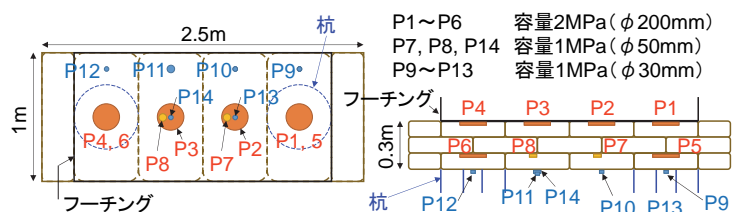


図2 土圧計の配置

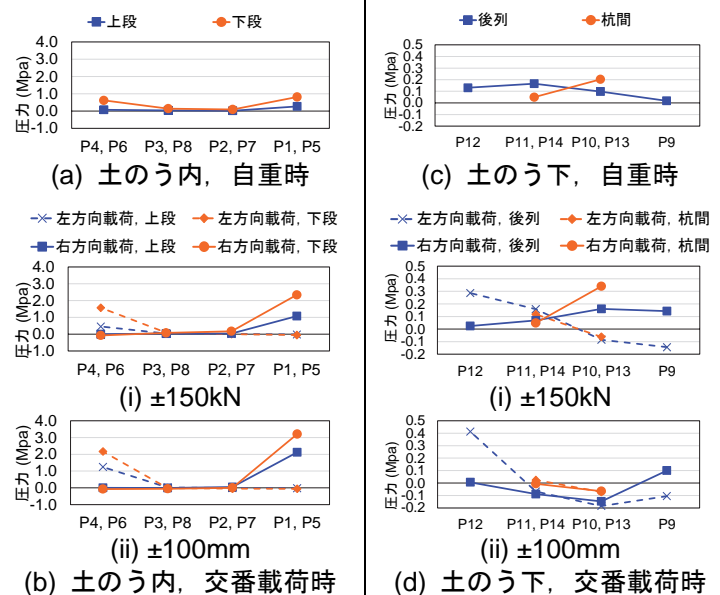


図3 鉛直土圧分布

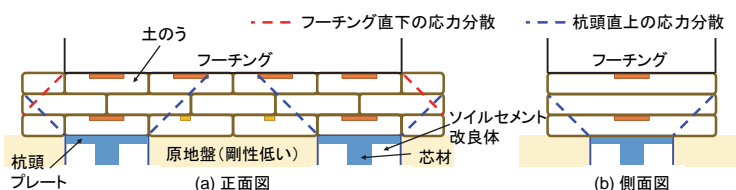


図4 フーチング下および杭頭直上の応力分散のイメージ

キーワード 土のう, 杭, 原位置載荷実験, 鉛直土圧, 軸力, 曲げモーメント

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7394

圧は小さい。土のう下の原地盤上に設置した P9~P14 では、自重状態時 (図 3(c)) および正負交番載荷時 (図 3(d)) とともに鉛直土圧が小さいものの、土のう下の地盤でも若干の鉛直土圧を分担していた。また、ばらつきはあるが、正負交番載荷時には載荷方向側の杭間地盤で鉛直土圧が大きくなる傾向がみられる。

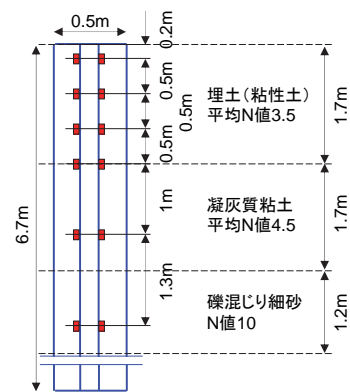


図 5 ひずみゲージ設置箇所

3. 杭の軸力および曲げモーメント

杭の鋼管に設置したひずみゲージにより、鋼管に発生する軸力と曲げモーメントを計測した。図 5 にひずみゲージの設置箇所を示す。計測で得られた鋼管の軸力分布および曲げモーメント分布を図 6 に示す。軸力は引張、曲げモーメントは反時計回りが正である。載荷試験中、鋼管の降伏は生じなかった。

自重状態での鋼管の軸力分布は、No. 1 杭の最大軸力 91kN+No. 2 杭の最大軸力 83kN=合計 174kN であった。鉛直荷重 390kN に対し約 45%を杭が分担しており、残り 216kN は土のう下の原地盤が分担していると考えられる。正負交番載荷時において、く体のロッキングに対応して載荷方向前面側の軸圧縮力が増大し、反対側の軸圧縮力が減少している。なお、提案構造は杭頭をフーチングと絶縁しており、基本的に杭の圧縮抵抗に期待する構造であるが、5 サイクル目 (100mm) の載荷では、載荷方向と反対側の杭に引抜軸力が生じている。これは、杭頭繋ぎ材の曲げ剛性の影響と考えられる。曲げモーメントは、自重状態時ではほとんど生じていない。正負交番載荷 3 サイクル目 (150kN) にて、載荷方向前面側の杭に曲げモーメントが集中しており、反対側の杭の曲げモーメントは小さい。3 サイクル目載荷時点では、杭頭繋ぎ材による水平力の分担効果が発揮される傾向は見られなかった。5 サイクル目 (100mm) 載荷では、載荷方向前面側の杭のほうが曲げモーメントが大きいが、反対側の杭にもある程度曲げモーメントが生じており、く体の変位が大きくなると杭頭繋ぎ材の杭頭水平力分散効果が発揮される。表 1 に杭頭繋ぎ材の軸力を示す。5 サイクル目で軸力が急増しており、上述した杭の曲げモーメントの傾向と対応している。

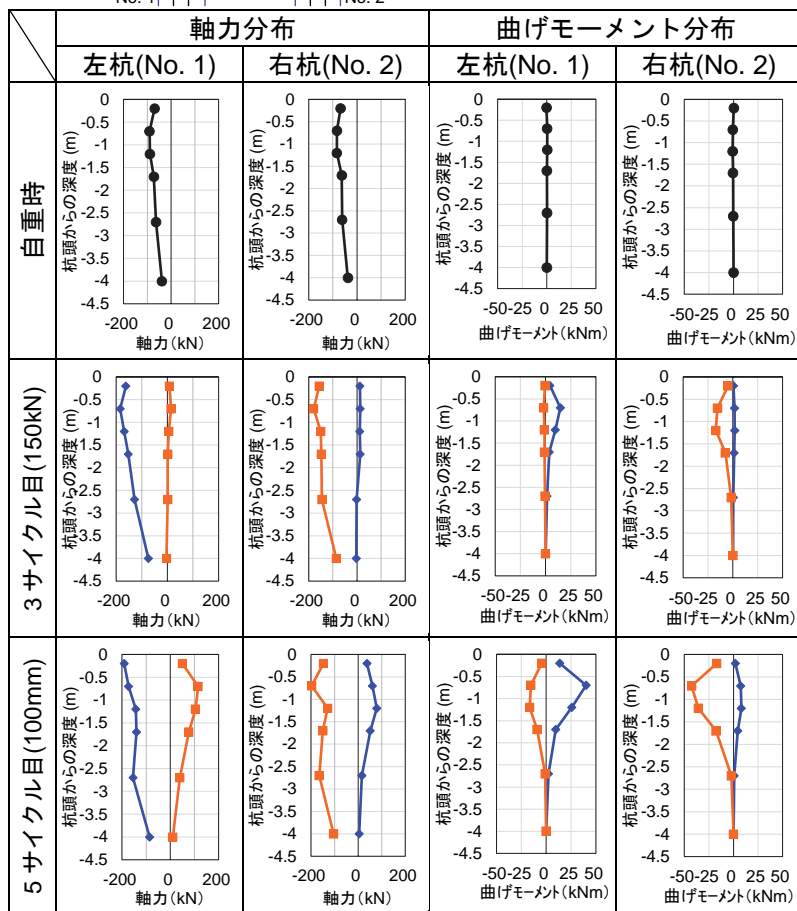
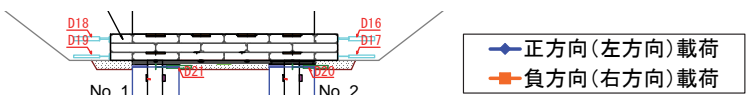


図 6 杭の軸力分布および曲げモーメント分布

表 1 杭頭繋ぎ材 (D19 鉄筋) の軸力 (4 箇所平均)

載荷ステップ	目標荷重 (変位) 到達時の軸力
3 サイクル目 (150kN)	左載荷 : 4.95kN, 右載荷 : 6.89kN
5 サイクル目 (100mm)	左載荷 : 25.8kN, 右載荷 : 40.5kN

4. まとめ

杭と土のうを併用した基礎の実材料、実応力レベルの条件下の地震応答特性を把握するために、原位置載荷実験を実施した。本稿では土のう内および土のう下の鉛直土圧分布、杭の軸力や曲げモーメント分布について報告した。本結果をもとに、今後は設計・施工法の整備などに取り組んでいきたい。

謝辞 本研究は、(公財) 鉄道総合技術研究所、株式会社テノックス、株式会社ジェイアール総研エンジニアリングの共同研究により実施した。

参考文献 1) 土井ら：小径杭併用土のう基礎の地震時応答特性に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 65A, 2019. 2) 土井ら：杭と土のうを併用した基礎免震工法への取り組み，基礎工 8 月号，2021. 3) 河合ら：杭と土のうを併用した基礎の原位置載荷実験 (その 1)，第 77 回土木学会年次学術講演会，2022. (投稿中)