

損傷抑制型結合方式を用いた杭基礎構造の地震時挙動 その2 模型 RC 杭を用いた静的載荷実験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○村田 和哉 佐名川 太亮
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 岩田 秀治 鈴木 亨 高橋 佑斗
 中央大学 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

損傷抑制型結合方式¹⁾を採用した杭基礎の地震時挙動について、模型実験による直接的な評価はこれまでに実施されていない。

そこで本稿では、損傷抑制型結合方式の損傷形態を想定した模型 RC 杭（杭径 100mm および 150mm）を深さ 3.0m の模型地盤内に設置し、静的な正負交番水平載荷試験を実施することで、杭頭部に損傷が生じた場合の基礎全体の水平抵抗特性ならびに損傷形態について検討する。

2. 実験概要

実験は、2.0m×2.0m×3.0m の模型地盤内に設置した杭基礎模型を対象に、静的載荷試験を行った。杭基礎模型は、400mm 間隔に配置した 2 本の模型 RC 杭を鋼製のフーチング（600mm×400mm×300mm）で連結した。水平荷重は、模型左右に設置した油圧ジャッキを利用し、フーチング天端に設置した載荷治具に載荷することで、杭体に水平力を作用させた。ここで、載荷位置はフーチング天端から 110mm の位置である。模型概要および載荷状況の一例を図 1 に示す。また、載荷は正負 3 回の繰返しとした（図 2）。

本実験で用いた模型の仕様を表 1 に示す。模型 RC 杭は、杭径 100mm および 150mm の 2 種類の杭を用いた。杭体は、杭頭部に損傷を誘発するために杭頭部の軸方向鉄筋の本数落とし（杭径 100mm）、もしくは杭頭部の鉄筋を杭頭小径配筋（杭径 150mm）とした。模型杭の配筋には、異形鉄筋 D4（SD295）を使用し、モルタル材には、圧縮強度 $\sigma_{28} = 50.0\text{N/mm}^2$ 以上の無収縮モルタルを使用した。杭頭部の配筋状況を図 3 に示す。模型地盤は、東北硅砂 6 号を使用し、相対密度 $Dr = 80\%$ の乾燥地盤を作製した。地盤高さは、3.0m とし、層厚 100mm を基準に地盤材料の投入量と仕上がり高さで出来形を管理した。

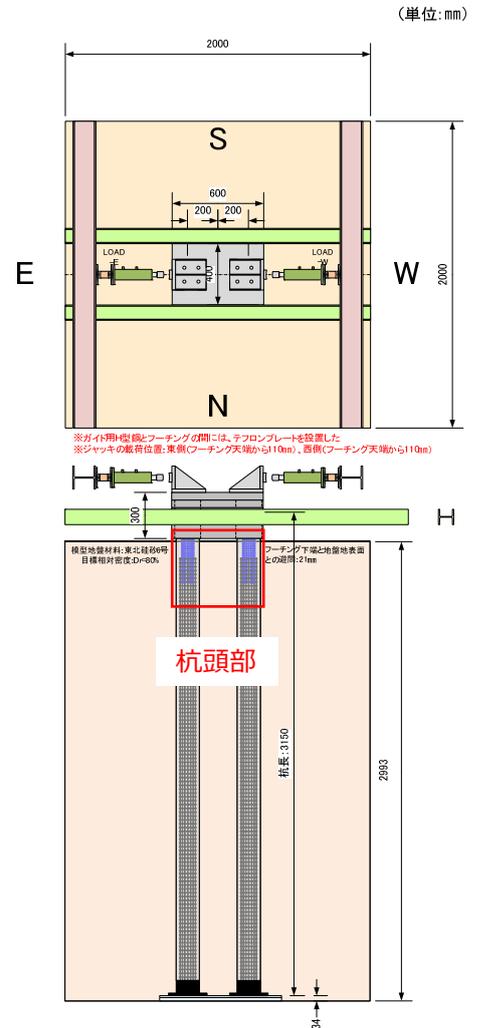


図 1 模型概要（杭径 150mm）

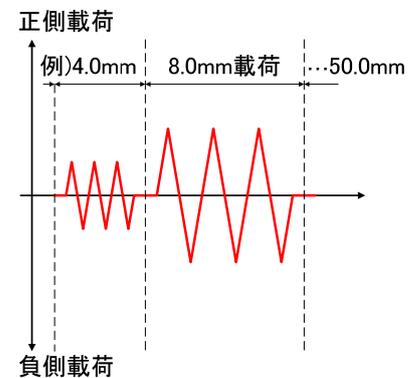


図 2 載荷ステップ模擬図

表 1 模型仕様一覧

ケース	模型杭仕様	模型地盤材料仕様
杭径 100mm	寸法 杭径：φ100mm，杭長：L=3,000mm 配筋条件（主鉄筋本数落とし） 杭頭部：軸方向鉄筋 D4×6 本，帯鉄筋 D4@15mm 地中部：軸方向鉄筋 D4×12 本，帯鉄筋 D4@25mm	使用材料： 東北硅砂 6 号 平均粒径 0.345mm $\rho_s = 2.648\text{g/cm}^3$ 最小密度 1.435g/cm ³ 最大密度 1.718g/cm ³
杭径 150mm	寸法 杭径：φ150mm，杭長：L=3,000mm 配筋条件（杭頭小径配筋） 杭頭部：軸方向鉄筋 D4×16 本，帯鉄筋 D4@15mm 地中部：軸方向鉄筋 D4×16 本，帯鉄筋 D4@25mm	目標密度： 相対密度 $Dr = 80\%$

キーワード 杭基礎，模型実験，耐震設計

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 TEL 042-573-7261

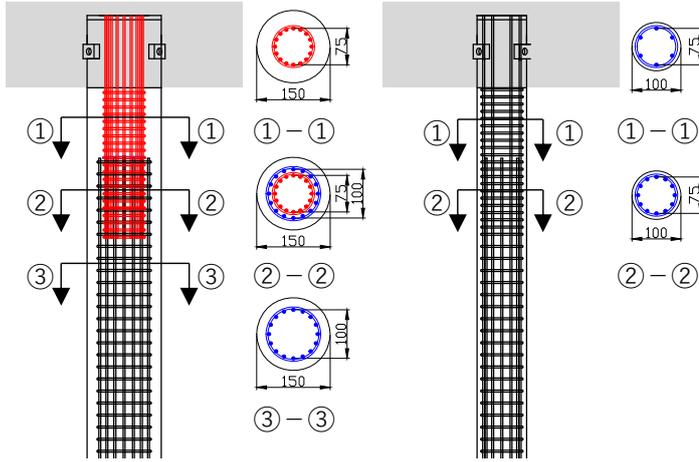


図3 杭頭部配筋図 (左図: 杭径 150mm, 右図: 杭径 100mm)

4. 実験結果

実験から得られた荷重-変位関係を図4および図5に示す。杭径 100mm においては, 水平変位 4mm で杭頭降伏が発生し, 水平変位 23mm 程で主鉄筋の破断が生じた。杭径 150mm においては, 水平変位 20mm の正側載荷時に杭頭が降伏し, 負側載荷時に地中部が降伏した。なお, 部材の降伏は, 載荷方向 45° 位置における主鉄筋のひずみが 2000 μ を超過したタイミングで判断した。杭体のクラック位置および最終ステップ載荷後の軸方向鉄筋のひずみ分布を図6に示す。ここで, 図6は, 正側載荷において引張側となる杭のクラック位置および当該杭の引張側最外縁の軸方向鉄筋ひずみを示す。

事前解析の際に地中部の耐力に十分な余裕のあるケース (杭径 100mm) においては, 杭頭のみで損傷が生じ, 水平載荷に対する荷重-変位曲線が非線形化することが明らかになった。ただし, この場合は基礎の水平抵抗力の明確な頭打ちは確認されなかった。一方で, 杭頭と地中部の耐力が近いケース (杭径 150mm) においては, 杭頭と地中部の両方で損傷が生じ, 荷重-変位曲線は頭打ちになることを確認した。

以上の結果から, 杭頭のみが損傷した場合と杭頭と地中部の両方が損傷した場合とで, 荷重-変位曲線に明確な差異があることを確認した。また, 杭頭の損傷については, 損傷位置が集中するものの, 地中部の損傷については, 損傷が広範囲に生じることが確認された。

4. おわりに

本稿は, 模型地盤内に設置した模型 RC 杭に正負交番水平載荷試験を実施することで, 杭頭部に損傷が生じた場合の基礎全体の水平抵抗特性ならびに損傷形態について検討した。

参考文献

1) 西岡英俊, 神田政幸, 青木一二三, 山東徹生: 損傷抑制型杭頭結合方式を用いた鉄道橋基礎の試設計, 基礎工/2012.6, pp.54-57, 2012

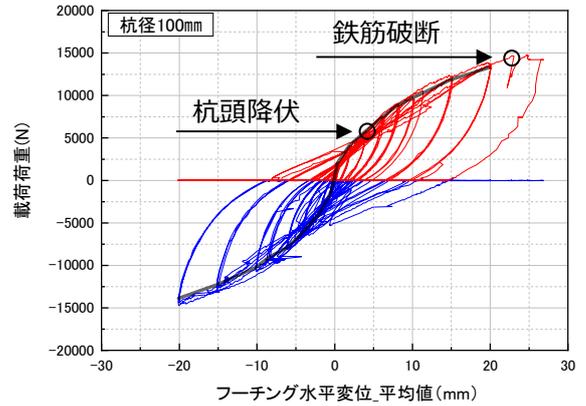


図4 荷重-変位関係 (杭径 100mm)

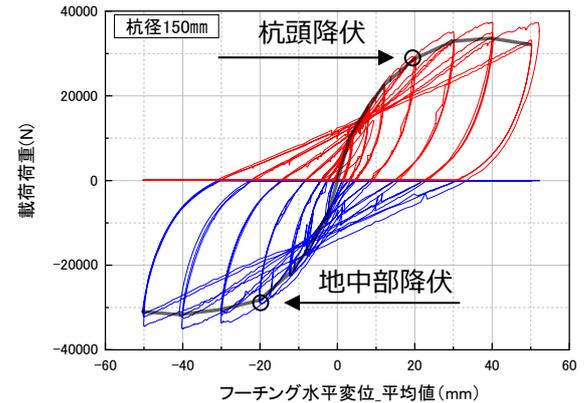
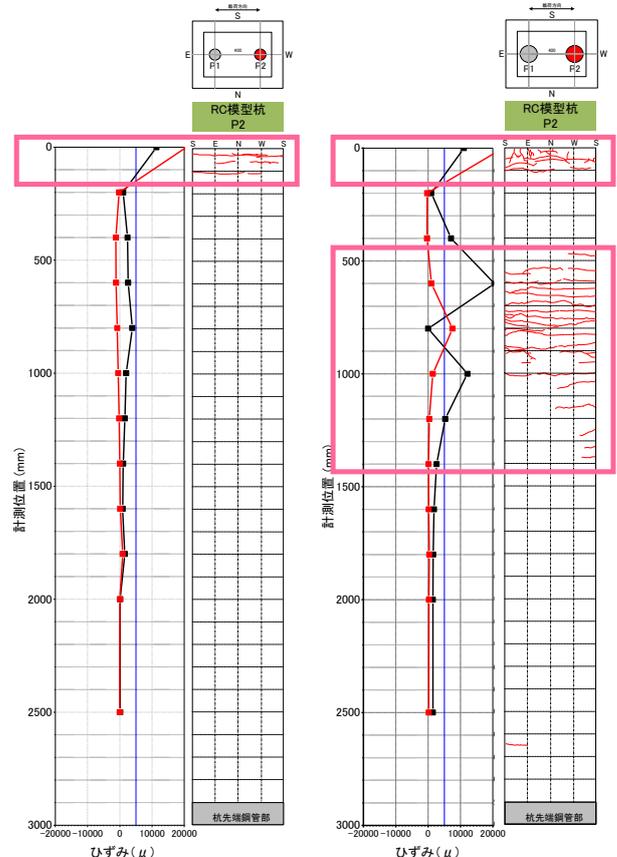


図5 荷重-変位関係 (杭径 150mm)



杭径 100mm ±20mm 3 回載荷後 杭径 150mm ±50mm 3 回載荷後
図6 クラック位置と軸方向鉄筋ひずみの関係