列車走行安全性に影響の少ない杭頭免震に関する実験的な検討

（財）鉄道総合技術研究所　正会員　○羅　休、出羽利行
中央復建コンサルタンツ株式会社　正会員　今村年成
（株）ジェイアール西日本コンサルタンツ　正会員　濱田吉貞

1. はじめに

現行の杭頭半剛接[1)]やピン接[2)]などによる免震基礎では、構造物の応答を低減し部材をスリム化する効果はあるものの、鉄道構造物の線路直角方向の動的変位が増大することから、地震時列車走行安全性に不利な影響を与え実用化が難しくなる。本研究では、このような不利な影響を極限に抑えるために、構造物の地震動に対する応答方向を制御できる新しい概念の杭頭接合形式を提案した。また、新しい杭頭デバイスを用いた模型実験を実施し、従来型の接合との比較を行い免震および応答変位方向の転換効果を確認した。

2. 実験概要

図 1、**図 2**に示すように、模型基礎を用いた静的水平交番載荷実験を実施し、各種の杭頭接合を有する群杭基礎の部材変形および構造物天端の応答を計測して検討を行った。実験は鋼製フレーム付きのアクリル土槽（幅 2000mm、奥行き 605mm）を用いて実施した。模型基礎は実物橋脚寸法で、高さ 10.0m、フーチング幅約 5.0m、杭径 1.0m、杭長 17.5m を対象に 1/50 スケールとし、群杭（2×2）の杭頭に剛接合、ピン接合、45° ピン接合（載荷方向と 45° の鉛直面内で回転）（**図 3**(a)）および水平回転ピン接合（**図 3**(b)）の各種のデバイスを配置して載荷を行い、**図 3**(c)に示すに線路直角方向の応答を線路方向へ転換する可能性および杭頭免震効果を確認調べた。なお、模型杭は真鍮製の中空管（φ20mm、肉厚 t=1mm）を用い、閉塞した杭先端部が基盤面のアルミ板の上に支持された。

3. 実験結果および考察

図 4に実験で得られた載荷点の水平荷重-変位図(a)、載荷方向-載荷直角方向変位図(b)、杭頭モーメント-載荷方向変位図(c)、杭頭モーメント-水平荷重図(d)を示

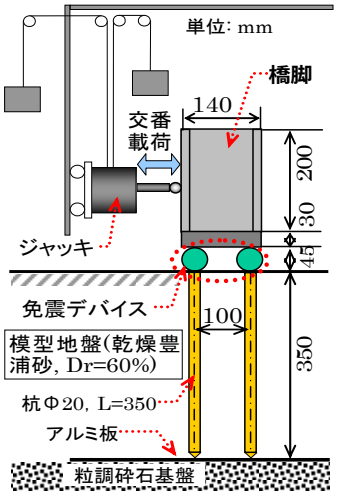


図1 模型と載荷装置

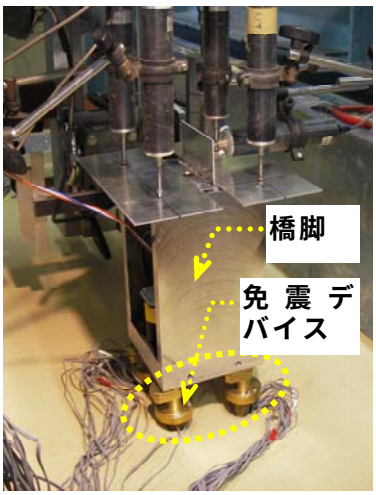


図2 実験風景

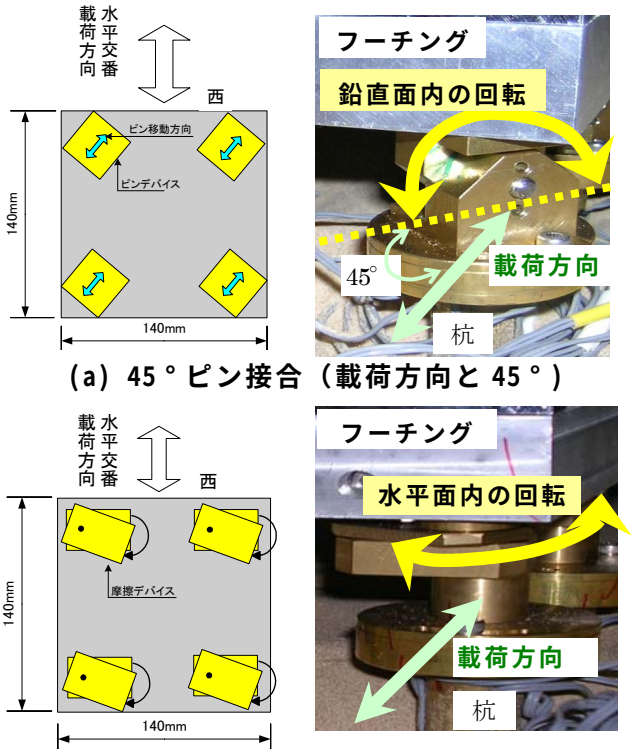
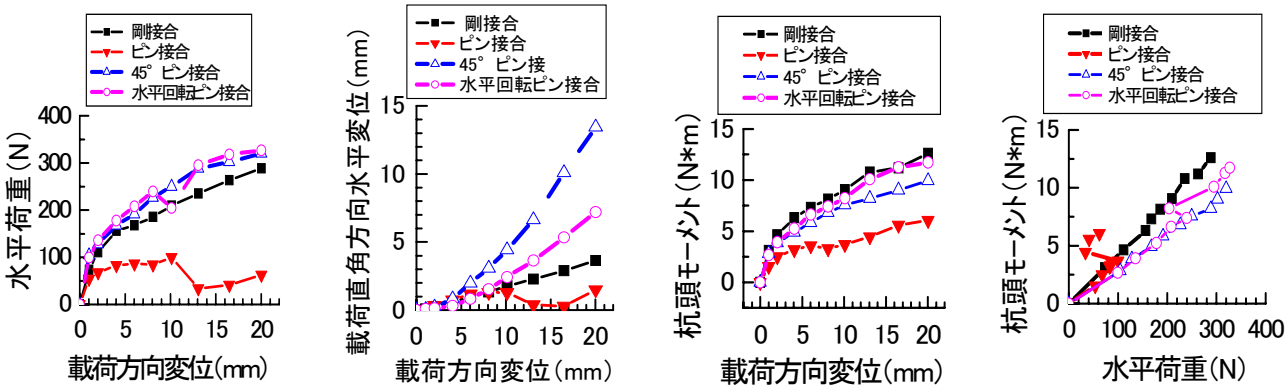


図3 応答方向を転換する免震杭頭デバイス

キーワード：地震時列車走行安全性、免震基礎、応答変位方向
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38　Tel: 042-573-7394　Fax: 042-573-5326

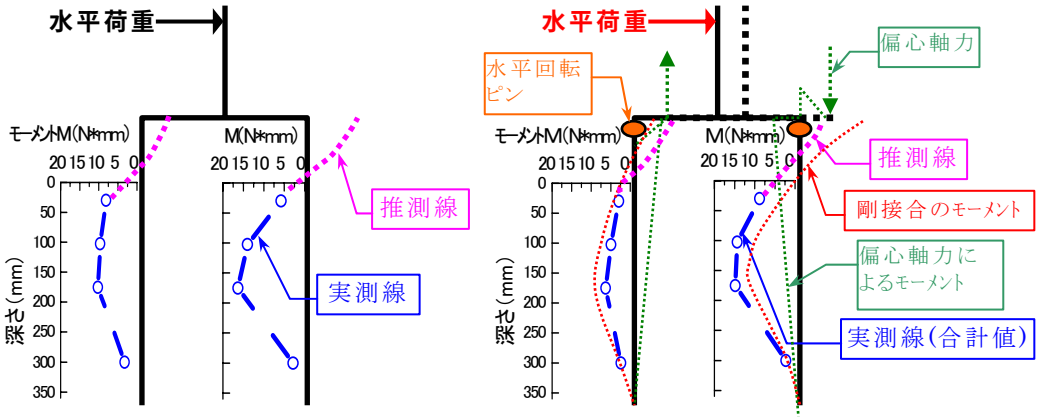


(a)載荷点の荷重-変位　(b)載荷方向-直角方向変位　(c)杭頭ﾓｰﾒﾝﾄ-変位　(d)杭頭ﾓｰﾒﾝﾄ-荷重

図4　橋脚天端変位、水平荷重および杭頭モーメントの関係

す。これらの骨格曲線は正負交番載荷の結果に基づいて、橋脚天端の水平変位の正負同値を平均したものである。各実験終了後に模型杭を観察したところ塑性変形は確認できず、生じた応力は弾性範囲内であったと考えられる。**図 4**(a)に示す杭頭剛接合の構造耐力は 45° ピン接合および水平回転ピン接合より低い原因は、最初の模型地盤における基盤面にアルミ板を設置しなかったため、杭の先端支持が先行降伏したことにより構造全体の耐力が低下されたと考えられる。また、ピン接合の場合に構造耐力が異常に低い原因は、ロッキングの卓越により引抜杭の先端部に砂が入り込み、残留浮き上り変位が急増することによって、構造全体の耐力が激減されたと推測する。**図 4**(b)に示す列車走行に不利な載荷方向の水平変位を載荷直角方向に転換する結果について、45° ピン接合と水平回転ピン接合の効果が顕著であることから不利な応答変位の方向を制御できることが示唆された。**図 4**(c)から従来型のピン接合と比べ、載荷方向と 45° のピン接合および水平回転ピン接合は免震機能を用いながら変位量を抑えたことが分かった。**図 4**(d)から同じ水平荷重に対して、剛接合と比べ 45° ピン接合や水平回転ピン接合による杭頭モーメントは 2～3 割り小さいことが示唆された。

図 5に橋脚天端載荷振幅 20mm 時の杭体曲げモーメントの深さ方向の実測線と推測線を示している。**図 5**(b)に示すような水平回転ピンのメカニズムにより、剛接合に比べて、引抜杭では杭頭モーメントが大きくなり、押込杭では小さくなることが実験で確認できた。



(a)剛接合　(b)水平回転ピン接合

図5 載荷振幅 20mm 時の杭体曲げモーメントの深さ方向の分布図

4. まとめ

今後は本研究の問題点を整理し、免震効果の高いしかも走行安全性を満足する他のデバイスの検討を行う計画である。

参考資料：

1) 羅休：異なる杭頭接合条件を有する構造物の耐震性能に関する検討、第 40 回地盤工学会年次研究発表会講演集、No.860，2005/7。
2) 田蔵他：建設コストの低減と耐震性能の向上を目的とした新杭頭接合工法の研究開発、第 26 回地震工学研究発表会講演論文集、pp881-884、2001/8。