

## 水平交番载荷を受けた杭基礎構造の損傷と残留変位量の試算

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 高橋 佑斗 土屋 正宏  
 中央大学 正会員 西岡 英俊

### 1. はじめに

鉄道構造物の耐震設計<sup>1)</sup>では、一般的に梁ばね解析モデルを用いたプッシュオーバー解析と非線形応答スペクトル法により実施されるが、実際の地震動は水平交番の繰返し作用であり、この作用の特性の差が基礎構造物の挙動に及ぼす影響について検討事例した事例は少ない。筆者らは、模型地盤内に設置した模型 RC 杭を用いて正負交番水平载荷試験を行い、模型実験レベルにおける基礎全体の水平抵抗特性ならびに損傷形態についての検討を実施しているが<sup>2)</sup>、実構造物を対象とした検討には至っていない。

そこで本稿では、杭基礎に支持された鉄道橋脚を対象とし、静的な正負交番载荷を模擬した解析を実施することで、地震動の正負交番繰返し作用時における実橋脚基礎の挙動および残留変位について検討を行う。

### 2. 対象構造物および解析モデル

解析対象は、図 1 に示す橋脚とし、杭本数、杭径、杭長、軸方向鉄筋量ならびに地盤条件を変更することで、様々な条件下における杭基礎の挙動を試算した。

解析は、鉄道構造物の耐震設計で一般的に用いられる多質点系の梁ばね解析モデルを使用し、荷重制御（漸増载荷）による静的非線形解析を行った。骨組みモデルの概要を図 2 に示す。基礎と地盤の相互作用ばねならびに杭体について非線形特性を考慮しており、具体的なモデル化については関連する鉄道構造物設計標準に準拠して設定した。解析は、複数回の繰返し交番载荷を模擬するため、3 回繰返しの水平交番の慣性力を与えた。

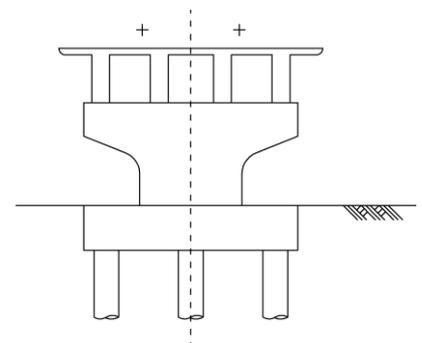


図 1 解析対象概略図

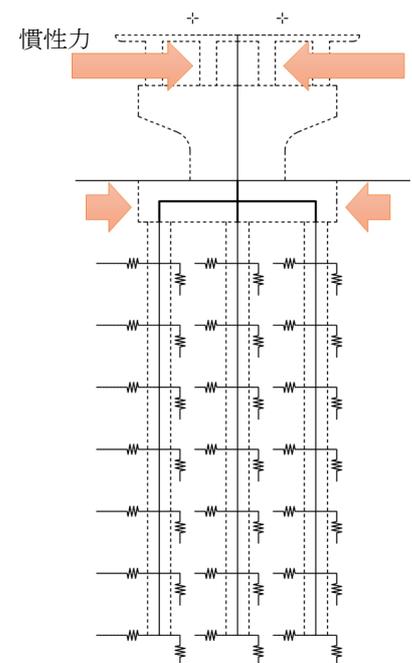


図 2 骨組みモデルの概要

### 3. 検討内容

検討は、杭本数、杭径、杭長、軸方向鉄筋量ならびに地盤条件を変更することで、損傷位置および支持降伏の有無を変化させ、様々な条件下における杭基礎の挙動を試算した。検討ケースを表 1 に示す。

### 4. 解析結果

それぞれの検討ケースに対して水平交番载荷を模擬した慣性力を与えた結果の水平震度～変位曲線を表 2 に示す。杭体に降伏点を超える損傷が発生していない場合には繰返しの影響による水平震度～変位関係の変化は見られない。また、損傷箇所を杭頭のみに限定する場合には交番载荷の影響がないのに対し、杭頭と地中部の両方に損傷が生じた場合には荷重～変位関係に影響が生じており、橋脚全体の水平抵抗としては

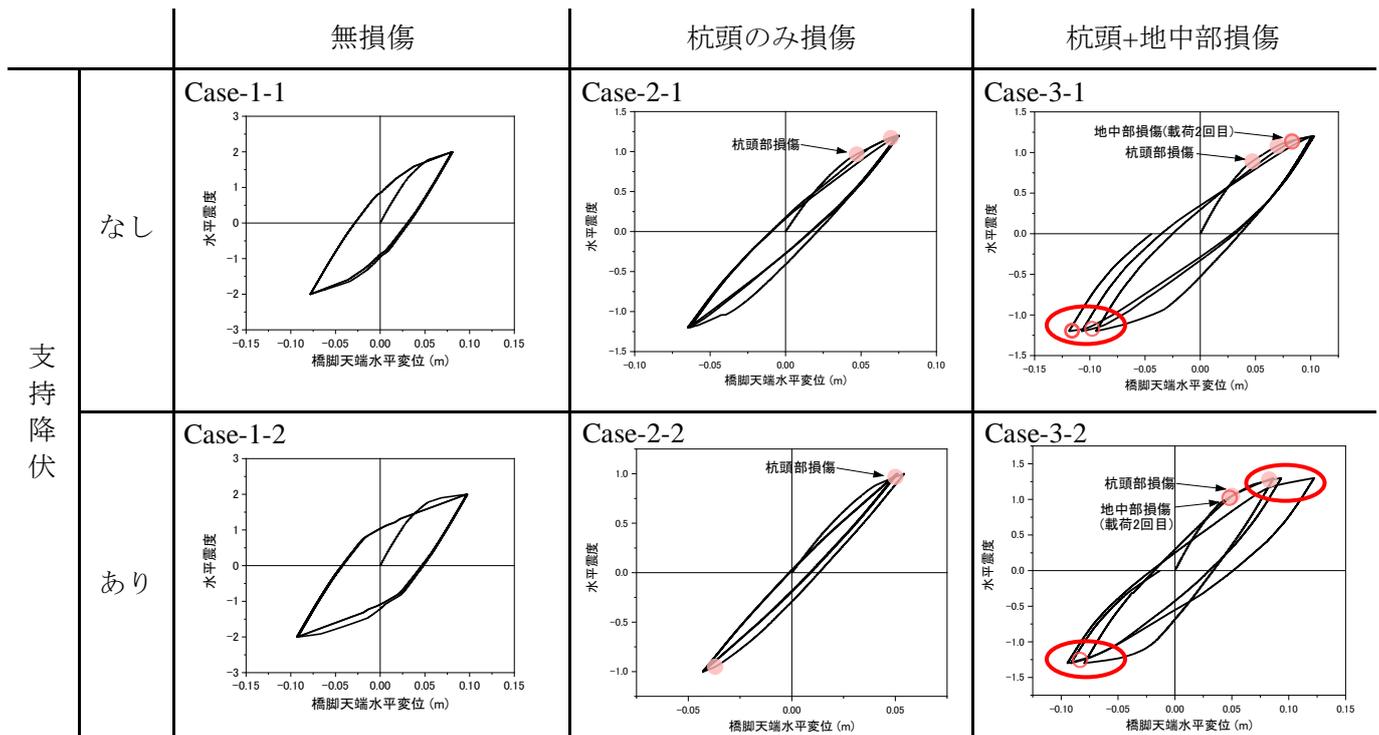
表 1 検討ケース一覧

	無損傷	杭頭のみ損傷	杭頭+地中部損傷
支持降伏なし	Case-1-1	Case-2-1	Case-3-1
支持降伏あり	Case-1-2	Case-2-2	Case-3-2

キーワード 杭基礎、耐震設計、損傷抑制型結合

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 構造物技術研究部 TEL042-573-7261

表2 損傷位置および支持降伏の有無による水平震度～変位関係



低下している。また、構造物全体のモーメント分布を  
 載荷段階ごとに整理した結果を図3に示す。ここで、  
 正側載荷、負側載荷の結果を図の正負に示し、杭の損  
 傷範囲のプロットを赤線で示す。Case-2-2においては  
 載荷段階ごとのモーメント分布に大きな変化が生じ  
 ないものの、Case-3-2においては、繰返し載荷を行っ  
 た場合に損傷が進行することが確認された。これは、  
 Case-3-2 においては杭頭部の損傷が終局点まで進行  
 したため、2回目の載荷時にモーメント分布が変化し  
 たことが考えられる。この結果から、部材の損傷程度  
 によっては、繰返し載荷を行うことで、部材の損傷程  
 度および損傷箇所に変化を生じることが確認された。

以上より、杭の損傷が大きい場合や杭の損傷が複数  
 箇所にあふ場合については、交番載荷の影響を考慮し  
 た解析を実施する必要があると考えられる。この詳細  
 な条件については、今後検討を行う予定である。

5. おわりに

本稿は、杭基礎に支持された鉄道橋脚を対象とし、  
 静的な正負交番載荷を模擬した解析を実施すること  
 で、地震動の正負交番繰返し作用時における実橋脚基  
 礎の挙動および残留変位について検討した。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），2012.9.
- 2) 村田和哉，佐名川太亮，岩田秀治，鈴木亨，高橋佑斗，西岡英俊：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，土木学会第74回年次学術講演会，2019.

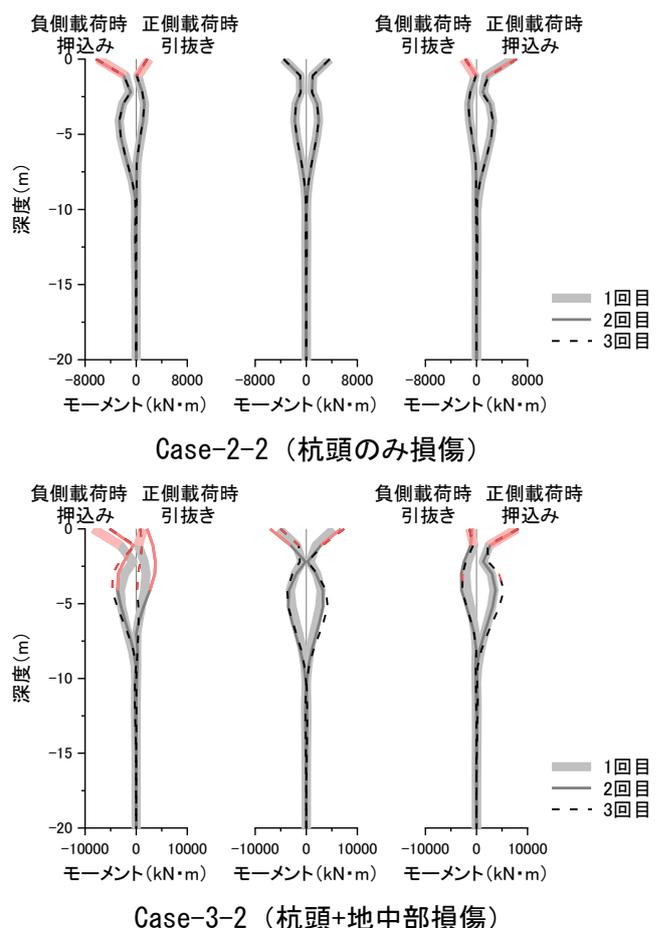


図3 曲げモーメント分布図