

# ロッキング橋脚を有する鋼鉄道橋の耐震性評価

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○鈴木 亨 岩田 秀治 高橋 佑斗

## 1. はじめに

2016年に発生した熊本地震においてロッキング橋脚を有する橋梁の落橋被害があったことを鑑み、ロッキング橋脚を有する鋼鉄道橋を対象に、ピボット支承の回転挙動や桁のねじれの影響が懸念されることから、線路方向、線路直角方向の水平2方向同時に地震力を作用させて耐震性の評価を行った事例について示す。

## 2. 解析条件

検討対象は図1の写真、図2の全体図に示すような全長66.5mの3径間連続鋼桁橋で、上部工は下路プレートガーダー（斜角 $51^\circ$ ）、上下端にピボット支承を有するロッキング橋脚が4本の構造物である。

図3の解析モデルのように鋼桁を含む上部工および鋼製橋脚を3次元フレーム（線形梁要素）でモデル化し、ピボット支承やB P支承は非線形ばね要素でモデル化した。なお各支承のモデル化は鉄道総合技術研究所制定の「ピボット支承を有する旧式鋼構造物の耐震評価および耐震補強の手引き」<sup>1)</sup>（以下手引きとする）を引用した。手引きに基づき、ピボット支承は図4のようなテトラリニア型、B P支承は橋軸方向がバイリニア型で橋軸直角方向がトリリニア型の復元力モデルを用い、橋脚の下端は固定とした。荷重は橋梁重量および軌道重量、列車荷重（列車ありと列車なしの両条件）を考慮した。

橋脚の基礎は直接支持で地盤の固有周期は0.25~0.5秒であるため、時刻歴解析に用いる入力地震波形は図5に示す耐震標準<sup>2)</sup>のL2地震動（G3地盤用）を用いた。また入力地震動は図6に示すように地震動方向と橋軸方向の角度を $\theta$ としたとき、加速度波形に線路直角方向は $\sin \theta$ を、線路方向は $\cos \theta$ を乗じたものとした。さらに位相を線路直角方向に対して線路方向は $\pi/2\text{rad}$ 遅らせて地震動を入力した。 $\theta$ を桁の斜角と同じ $51^\circ$ としたときの線路直角方向と線路方向の加速度の軌跡を図7に示す。加速度の軌跡がおおよそ円を描く軌跡となっていることが確認できる。



図1 対象構造物写真

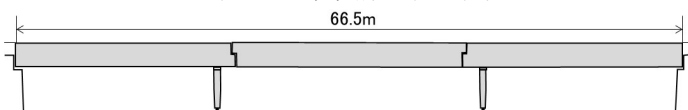


図2 構造全体図

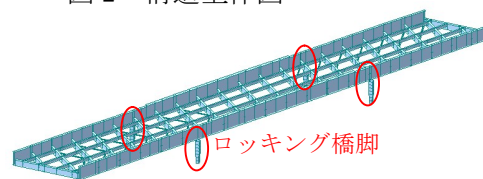


図3 解析モデル

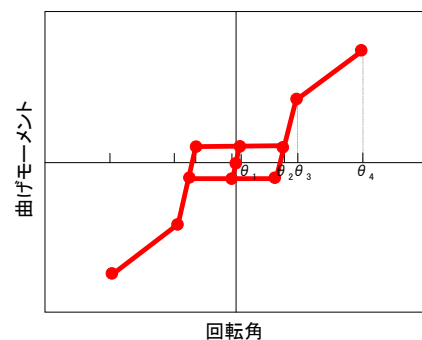


図4 ピボット支承の復元力モデル

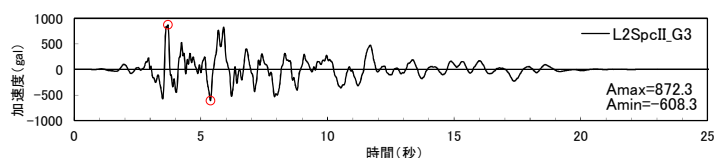


図5 標準地震動

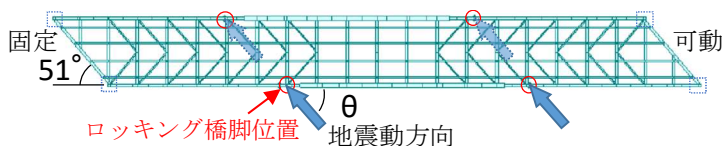


図6 入力地震動

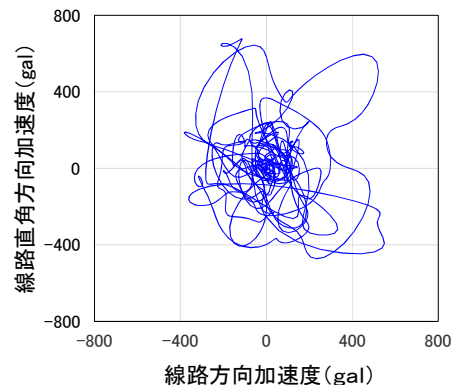


図7 2方向地震動加速度軌跡

キーワード ロッキング橋脚、ピボット支承、水平2方向地震動入力、耐震性評価

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道株式会社総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5375

### 3. 解析結果

地震動方向を  $\theta = 51^\circ$  で 2 方向入力のとくと  $\theta = 90^\circ$  (線路直角方向) で 1 方向のみ入力のとときの橋脚下端側のピボット支承の応答回転角の最大値を図 8 に示す。いずれも手引きにおけるピボット支承の損傷レベル 3 の限界回転角  $\theta_4 = (h/4) / b$  ( $b$ : 上沓幅、 $h$ : 下沓の突起高さ) の範囲内であることが確認できる。また線路直角方向で鈍角側が鋭角側よりも大きな応答回転角となっている。これは固有値解析における線路直角方向 1 次モード (図 9) より、桁が鈍角側の支承を起点として変形することにより桁中央に近い方が桁の変形量が大きくなるため鈍角側の支承の方が回転角も大きくなっていると考えられる。また可動側では線路直角方向の 1 方向入力に対する 2 方向入力の最大回転角の差は線路直角方向に入力した地震動の大きさの比率 ( $\sin 51^\circ \approx 0.78$  倍) にほぼ応じたものとなっている一方で、固定側の線路直角方向では 1 方向入力と 2 方向入力では最大回転角はほぼ同じでありかつ 2 方向入力では線路方向にも回転角が発生している。1 方向入力ときは線路直角方向には最も厳しい条件となっているが、2 方向入力とすることで線路直角方向、線路方向に個々で 1 方向に入力したときとは異なった支承の挙動を評価したものとなっていると考えられる。

可動側の鋭角側のロッキング橋脚天端の応答変位軌跡を図 10 に示す。2 方向入力とすることで回転方向の挙動となっていることが確認できる。また線路方向と線路直角方向の応答変位の合成最大値は、1 方向入力と 2 方向入力ではほぼ同じになっている。これより 2 方向入力はロッキング橋脚の耐震性照査において 1 方向入力に比べて過大な性能を要求するものではないことが確認できる。また地震動の入力方向に対して最大応答変位を示す方向がずれている。これは斜角桁のため構造物の挙動が複雑なためと推定される。

### 4. まとめ

今回の解析結果より、耐震標準の L2 地震動を用いて線路直角方向に対して線路方向は加速度の位相を  $\pi/2\text{rad}$  遅らせて地震動を水平 2 方向より入力することで回転方向の挙動を表現できていること、また 2 方向入力および 1 方向入力 (線路直角方向) でピボット支承の応答回転角が手引きにおける限界回転角の範囲内であることを確認した。地震動を線路直角方向に 1 方向入力としたときは、線路直角方向には最も厳しい条件で耐震性を評価できるが、一方で位相を  $\pi/2\text{rad}$  遅らせて地震動を水平 2 方向より入力して評価することで、特に地震動の入力方向と最大応答変位を示す方向がずれるような挙動となる構造物においては 1 方向入力だけの評価よりもより信頼性の高い評価となると考えられる。

### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：ピボット支承を有する旧式鋼構造物の耐震評価および耐震補強の手引き
- 2) 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)

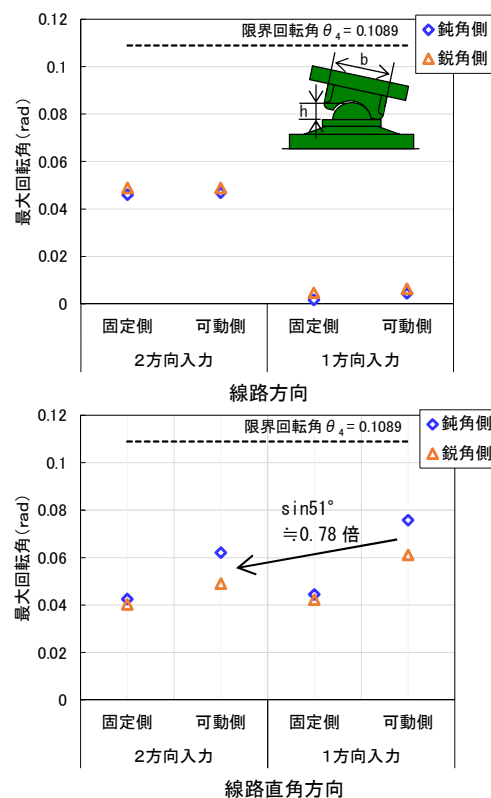


図 8 ピボット支承 (下端側) の最大応答回転角

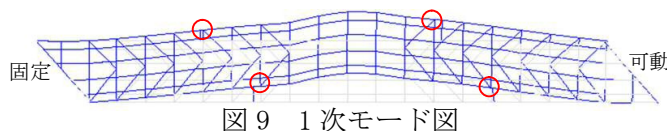


図 9 1 次モード図

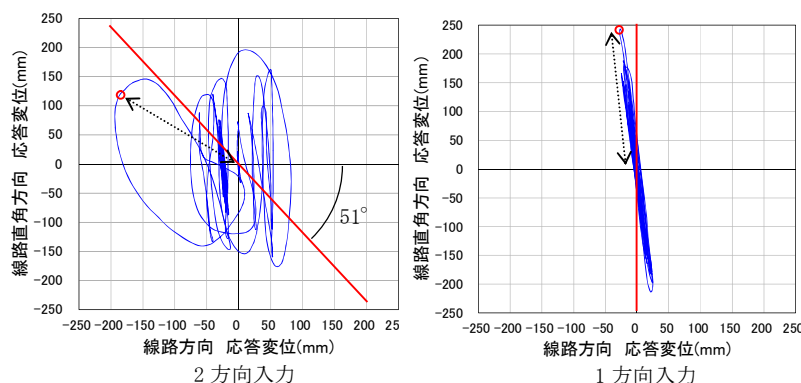


図 10 ロッキング橋脚天端の応答変位軌跡