

## 軟弱地盤上での免震橋の適用検討手法の提案

大日本コンサルタント(株) 正会員 ○武田 龍國 正会員 吉岡 勉  
 同上 正会員 伊藤 裕章 非会員 ゴンザレス・ジョナタン

### 1. はじめに

平成 29 年道路橋示方書（以下、H29 道示）では、免震橋の適用条件が示されており、軟弱地盤上では橋の長周期化による地盤との共振の可能性から免震橋の適用を制限している<sup>1)</sup>。しかし、橋と地盤の共振の可能性は固有周期の近さのみで評価するとしており、定量的な判断基準が記述されていない。

一方、免震橋の適用に関わる液状化判定は、H29 道示改定において合理化され、免震橋の適用可能性が広がった。そのため、今後さらに地盤との共振性評価が、免震橋の適用検討において重要になると考える。

このような背景のもと、本稿では、地盤との共振性を評価する検討手法を提案し、その手法より軟弱地盤上の高架橋モデルでの免震橋の適用性を検討した。

### 2. 免震橋の適用検討手法

免震橋の適用検討フローを図-1 に示す。フローでは、H29 道示の耐震設計編に沿って免震橋の適用条件を示しており、赤枠で囲った箇所が本稿で提案する橋と地盤の共振性の検討手法である。

平成 24 年鉄道構造物等設計標準では、構造物と地盤の固有周期との関係による構造物の加速度の増減を考慮する補正係数があり、 $\pm 15\%$ の範囲で影響が最大となる<sup>2)</sup>。橋と地盤の固有周期の近さの範囲はこれを準用し、 $\pm 15\%$ と設定し簡易判定を行う。

簡易判定より固有周期差が $\pm 15\%$ 以上の場合は、共振しないと判断する。固有周期差が $\pm 15\%$ 以内となる場合は、免震橋の優位性が高いことを確認し、詳細検討として動的相互作用解析を実施し、共振現象が生じるかを確認する。

### 3. 解析モデル

軟弱地盤上(Ⅲ種地盤)の高架橋モデルを対象に、フローで示す橋と地盤の共振の可能性確認を行った。対象橋梁の全体モデルを図-2 に示す。

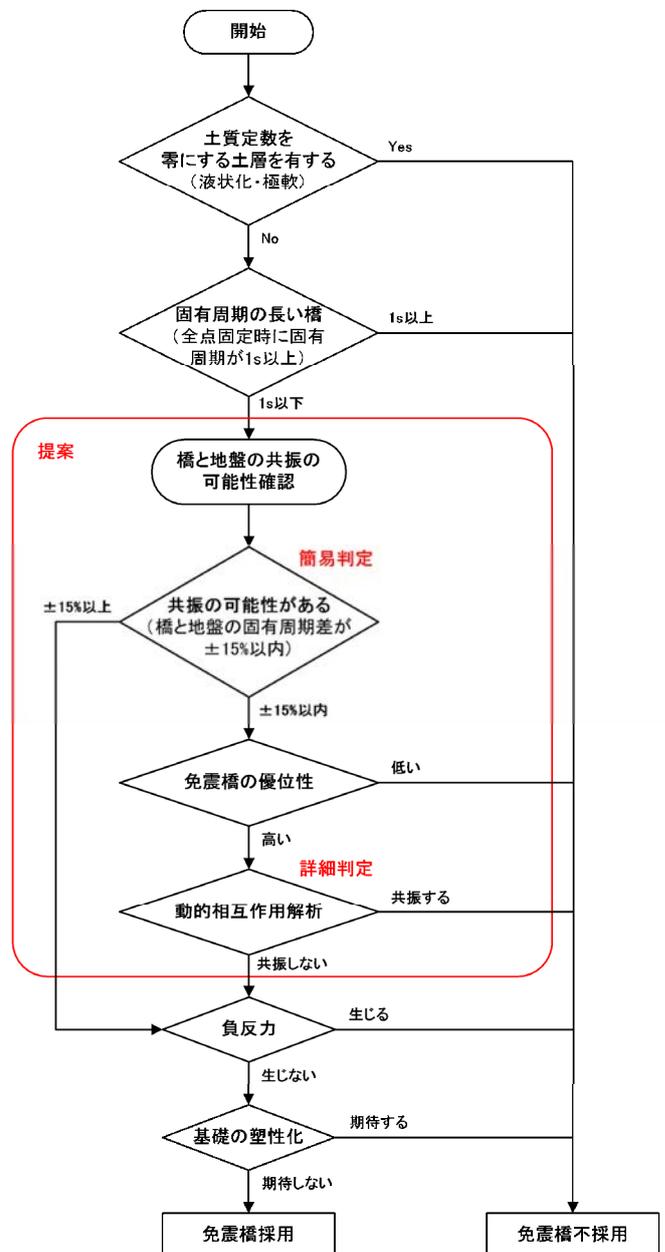


図-1 免震橋の適用検討フロー

まず、簡易判定として、橋と地盤の固有周期の比較を行った。橋は免震支承を等価剛性よりモデル化して固有周期 1.60s、地盤は 1.45s から固有周期差は 10%となり、共振の可能性があると判定される。

次に、詳細判定として動的相互作用解析を行い、共振現象が生じるかを確認した。解析モデルを図-2 に示し、解析手法の概要を表-1 に示す。

キーワード 道路橋示方書, 耐震設計, 軟弱地盤, 免震構造, 動的相互作用解析, 地盤と構造物の共振  
 連絡先 〒330-6011 さいたま市中央区新都心 11-2 L.A.タワー 大日本コンサルタント株式会社 TEL048-600-6691

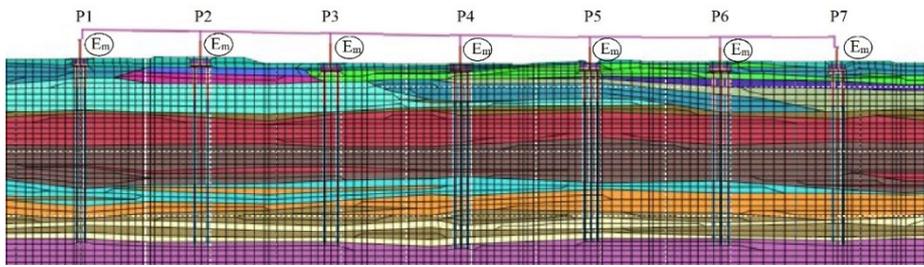


図-2 対象橋梁モデル

表-1 解析概要

解析手法		2次元FEM動的相互作用解析
要素モデル	地盤	非線形平面ひずみ要素 (修正R-0モデル)
	免震支承	非線形ばね要素 (バイリニアモデル)
	橋脚基部	非線形はり要素 (バイリニアモデル)
	上部工・橋脚・杭	線形はり要素
減衰モデル		レーリー減衰
入力地震波		H29道示・タイプII・III種地盤標準波の引き戻し波

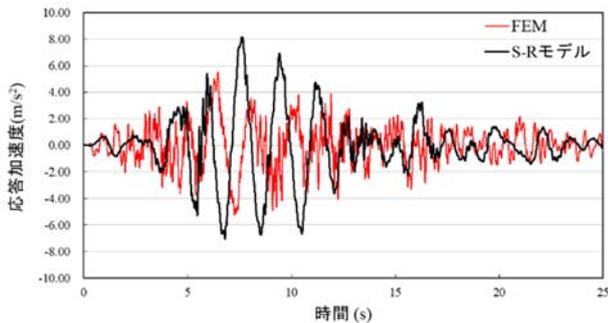


図-3 時刻歴応答加速度波形 (上部工)

#### 4. 解析結果及び考察

解析結果を図-3～5に示す。図中の赤線はFEM動的相互作用解析結果を示す。図-3は上部工の時刻歴応答加速度波形を示しており、動的相互作用解析において、応答波形が急激に増加する現象が見られないことから橋と地盤が共振してないことが分かる。これは、免震支承は時々刻々と周期が変化する構造であるため、共振しなかったと考えられる。

図-4は免震支承の履歴曲線を示しており、軟弱地盤においても履歴ループを描き、エネルギー吸収が行われ、免震支承として機能していることが分かる。

図-5は橋脚基部のM- $\phi$ を示しており、線形挙動を示すことから塑性化してないことが分かる。

図3～5では通常的设计で用いるS-Rモデルでの解析結果を合わせて示しており、FEM解析の方が入力損失より応答が小さくなるが、挙動が類似することから、動的相互作用解析の妥当性が認められる。

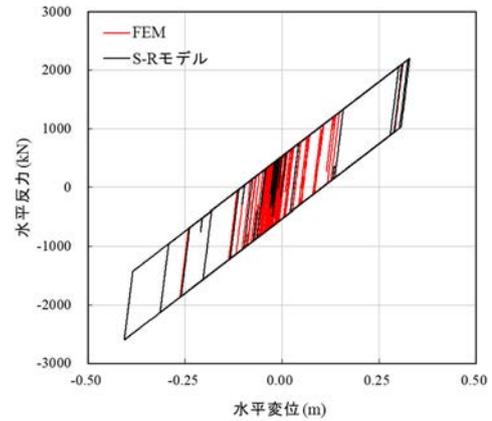


図-4 免震支承の履歴曲線

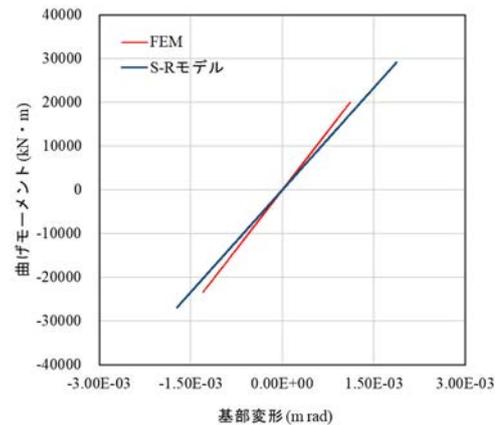


図-5 橋脚基部の曲げモーメント-回転角関係

#### 5. 結論

本稿では免震支承の適用条件のうち、H29道示に評価方法が明記されていない、橋と地盤の共振性についての検討手法を提案した。また、軟弱地盤上での免震橋モデルに対して、FEM動的相互作用解析を実施し、固有周期に近い地盤上でも橋と地盤が共振せず、免震効果が発揮されることを示した。今後は、固有周期差をパラメーターとした解析等から、道示として鉄道基準の±15%に代わる判断基準の確立が望まれる。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (V編), 2017. 1.
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 2012. 1.