

既設鉄道橋の免震構造化による耐震性向上

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○豊岡 亮洋・池田 学
ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 金本 昌幸・中村 郁穂

1. はじめに

既設鉄道橋は単純桁を固定－可動支承により支持したものが多いが、こうした橋梁は大規模地震時に支承の破壊や下部工の大規模な損傷が生じる可能性があるため、容易かつ効果的な耐震補強法の開発が求められている。本研究では、固定－可動方式の支承を有する既設の鉄道橋に対する耐震補強として、支承構造を分散支承および免震支承に変更することをして時刻歴応答解析を行い、その有効性を検証した。この際、鉄道固有の構造である軌道が構造物の挙動に与える影響についても検討した。

2. 対象橋梁のモデル化

実際に供用されている橋梁をもとに、固定－可動支承を有する下路プレートガーダー橋を解析対象として選定した。対象橋梁は図-1 に示すような 1 スパン 20m の単純桁 3 連で構成され、中間の桁は橋脚 P1,P2 により、起点側および終点側の桁は橋台によりそれぞれ支持されている。橋台は剛体とし、背面の盛土と同じ挙動をすると仮定した。P1 と P2 橋脚の特性は同一とし、非線形特性は配筋および断面形状をもとに $M-\phi$ 関係で与え、履歴構成則は劣化型武田モデルとした。橋脚の降伏震度は 0.2 程度である。基礎は静的非線形解析の結果をもとに SR モデルによりモデル化した。入力地震動は L2 地震動スペクトル II の G3 地盤用波形を入力した。

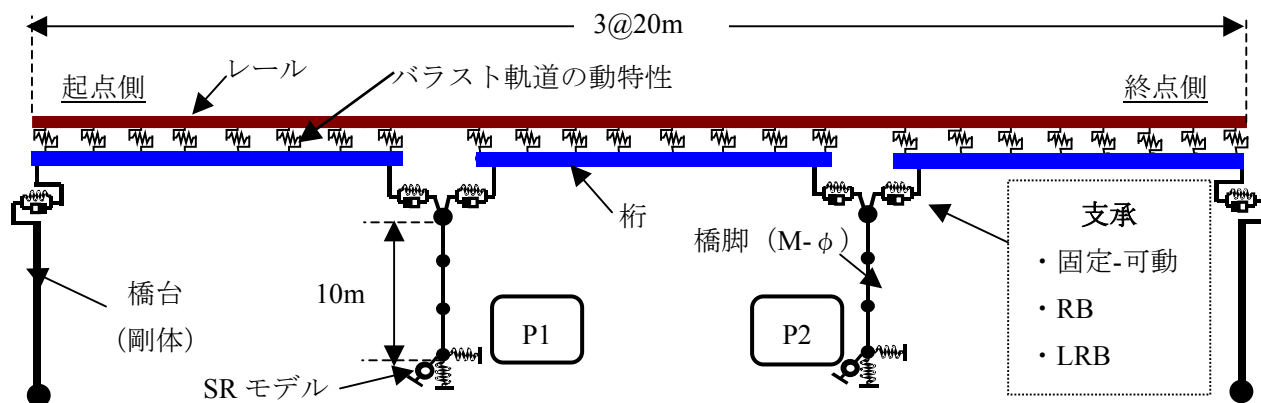


図-1 解析対象橋梁のモデル

3. 支承および軌道拘束力のモデル化

本検討では、支承構造として固定・可動(FM)支承、分散支承、免震支承の3ケースを想定した。固定・可動支承については、固定側は十分大きな線形バネ、可動側は摩擦係数 0.1 とした滑り要素でモデル化した。橋台上は可動支承を、P1,P2 橋脚上には可動および固定支承をそれぞれ配置している。免震支承は LRB を用いることとし、固定・可動支承から桁幅や軌道こう上などを伴わずに置き換え可能な寸法で、かつ常時の照査を満足する形状として、ゴム寸法 400×400mm、鉛プラグ 4@68mm、ゴム高さ 30mm とした。図-2 に 250%せん断ひずみ時における LRB のバイリニアモデルを示す。分散支承については線形バネとし、免震支承を用いた場合の最大応答変位における等価剛性を設定した。これらの支承は各橋脚および橋台に 2 基ずつ配置している。

また、鉄道橋梁においては軌道が構造物の振動に影響を及ぼすため、軌道構造の有無も解析パラメータとした。軌道を考慮する場合の軌道構造はバラストとし、地震時の動特性は過去の実験結果から図-3 のような摩擦型モデルを設定した。この相互作用モデルを、図-1 に示すようにレールと桁の間に設定している。

キーワード 既設鉄道橋、分散構造、免震構造、軌道拘束力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL 042-573-7280

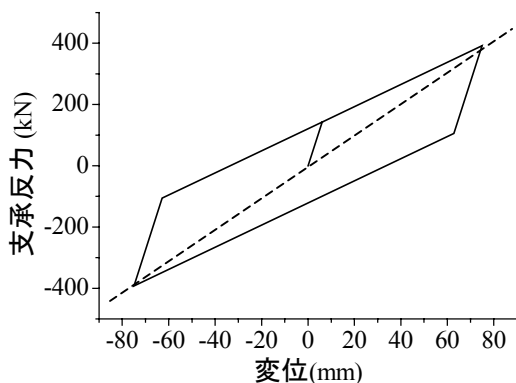


図-2 LRB モデル (250%せん断ひずみ)

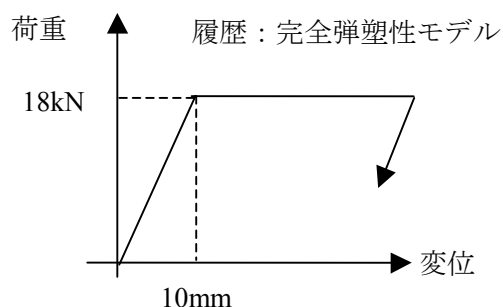


図-3 バラスト軌道の線路方向特性 (1mあたり)

4. 解析結果および考察

図-4に、P1橋脚上の支承の最大応答変位を示す。また、図-5にはP1橋脚の基部における最大応答曲率を示す。図-4より、分散・免震化により支承の応答変位が減少しているが、これは支承を介して下部工に伝達される慣性力が低減したため、橋脚の応答が減少し、桁と橋脚との相対変形である支承の変位も減少したためである。また、バラスト軌道を考慮した場合、図-3に示されるように軌道がダンパーのように作用して減衰を付加するとともに、桁の変位を抑制するため、やはり支承および橋脚の応答が減少していることがわかる。

図-6には、軌道を考慮しない場合の橋脚基部のM- ϕ 応答を支承構造別に示す。図-7は軌道を考慮した場合の同様の比較である。図-6より、FM構造の場合、鉄道構造物等設計標準・耐震設計で規定される損傷レベル3を超えていた応答が、分散・免震化により損傷レベル2に抑えられていることがわかる。軌道を考慮した場合、図-7より、変形が大きいFM構造において減衰の効果が発揮され大きな応答低減がみられており、既設橋の地震応答解析を行う場合には軌道構造の影響についても適切に評価する必要があることがわかる。

以上のことから、既設橋の支承構造を分散・免震構造とすることで、橋脚に対する耐震補強を行うことなく耐震性の向上を図ることが可能であることが明らかとなった。

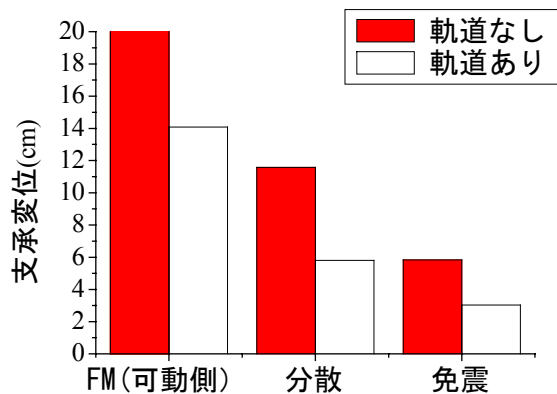


図-4 P1橋脚上支承最大応答変位

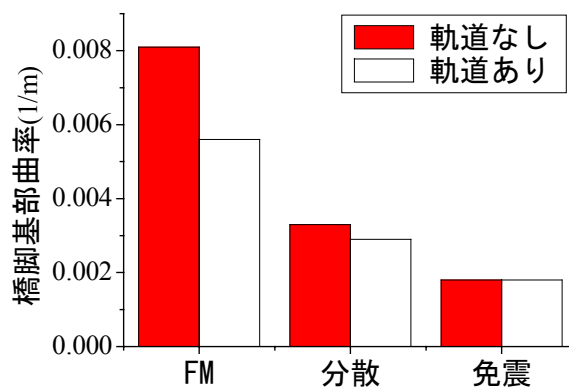


図-5 P1橋脚基部最大応答曲率

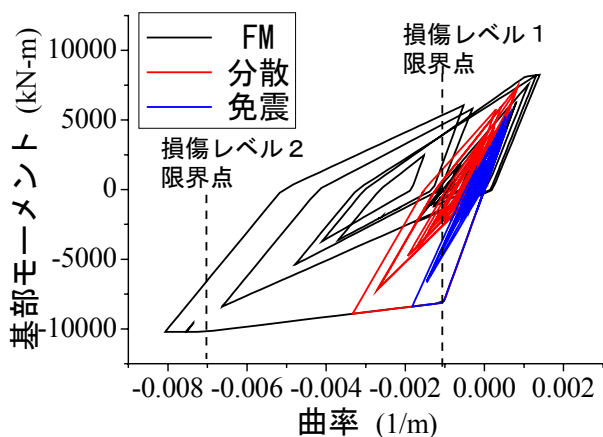


図-6 P1橋脚基部応答曲率 (軌道無し)

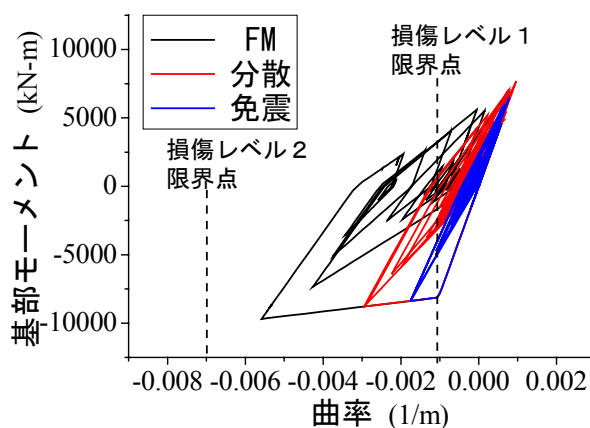


図-7 P1橋脚基部応答曲率 (軌道あり)