

## 長スパン鉄道橋梁における地震時列車走行性に関する検討

JR 四国 正会員 ○宇野 匡和 鉄道総研 正会員 曾我部正道  
 鉄道総研 正会員 谷村 幸裕 鉄道総研 正会員 渡辺 勉

## 1. はじめに

河川を横断する長スパンの鉄道橋梁は、一般に橋脚が高く、また橋脚負担重量も大きく等価固有周期が長くなり、地震時列車走行性の確保が課題となる<sup>1),2)</sup>。しかしながら各種パラメータが地震時列車走行性に及ぼす影響等についての検討事例は少ない。そこで本研究では、4径間連続合成桁の鉄道橋梁を解析事例として、入力地震動の位相差の影響を明らかにし、橋脚の剛性、支承方式等による列車走行性の改善効果を明らかにする。

## 2. 解析手法

数値解析には、新幹線車両と鉄道構造物との動的相互作用解析プログラム DIASTARS II を用いた<sup>3)</sup>。図1に車両の解析モデルを示す。車両の力学モデルは、車体、台車、輪軸の各構成要素を剛体質点と仮定し、これら剛体質点をばね、ダンパで結合して力学モデルを構成した。図2に本研究で解析対象とした4径間連続合成桁橋梁の形状と寸法を示す。地盤種別はG4(普通～軟弱地盤)で、始点側P1橋脚及び終点側P5橋脚で橋脚高さが変化する構造となっている。図3に橋梁の力学モデルを示す。主桁は線形の梁要素でモデル化した。主桁の平均質量は30t/m、鋼材換算断面積は1.1m<sup>2</sup>、鋼材換算断面2次モーメントは水平方向10m<sup>4</sup>、鉛直方向4.0m<sup>4</sup>とした。橋脚及び基礎の非線形性は、別途、静的非線形解析を行ない、下端ばねに集約した。橋梁の減衰定数 $\gamma$ は、鉛直方向の振動モードに対して2%、水平方向の振動モードに対して5%とした。

本研究では、桁端の角折れ区間におけるレール頭頂面の曲率が適切に表現できるように、レールと軌道パッドを含めてモデル化を行なった。

## 3. 解析条件

表1に解析条件を示す。入力地震動はL1地震動とした。Case1のモデルを基本条件とした。橋梁モデルは、地震時列車走行性を改善策として、Case2のP2～P4橋脚のばね剛性を2.0倍としたケースとCase3のP2～P4橋脚の支承構造を橋軸直角方向のすべり支承としたケースとした。図4に位相差の設定方法を示す。入力地震動を各橋脚下端に位相差をつけて入力した。地震波の入射角を15°と30°で設定し、せん断波(S波)の伝達経路差から式(1)により簡易に位相差を設定した。

$$\Delta t = x_l / V_s = L_{bi} \cdot \sin \phi / V_s \quad (1)$$

ここに、 $\Delta t$ は位相差、 $L_{bi}$ は隣接橋脚間隔、 $V_s$ はせん断波速度である。そして地震波の入力は、列車の進行方向に入力する場合と列車の進行方向に対向する方

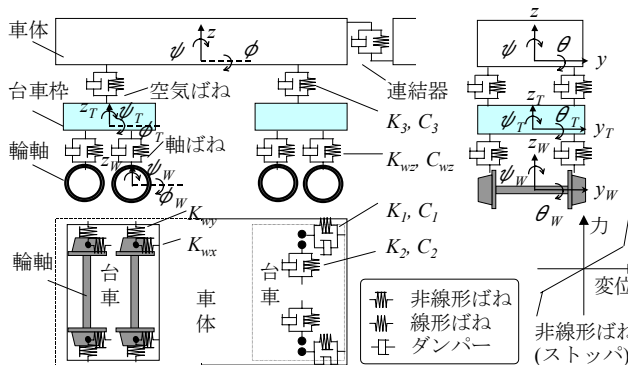


図1 車両の力学モデル

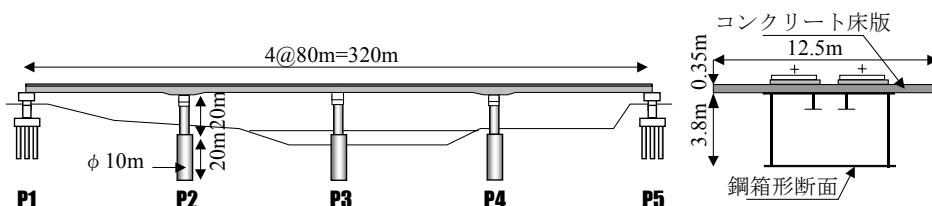


図2 解析対象橋梁の一般図

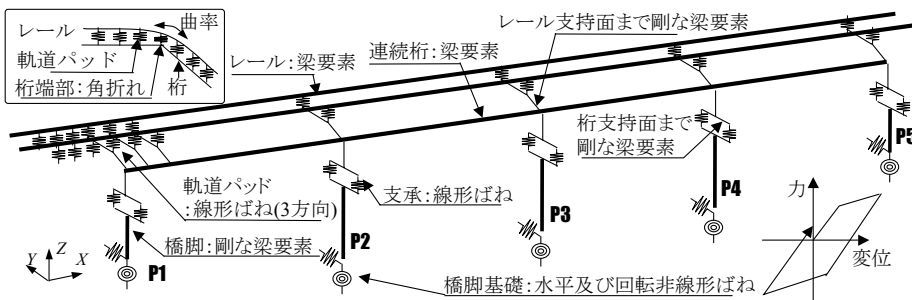


図3 橋梁の力学モデル

キーワード 連続桁、地震時列車走行性、すべり支承

連絡先 〒760-8580 香川県高松市浜ノ町8-33 四国旅客鉄道(株) 工務部工事課 TEL 087-825-1642

向に入力する場合とした。解析には、不規則波を用いて、列車の走行開始位置も解析条件とした。

評価指標は、鉄道構造物等設計標準・同解説(変位制限)に準じて、車輪とレールの相対水平移動量(以下、車輪水平移動量という)を用いた。また、その限界値は70mmとした。

#### 4. 解析結果

図5に位相差0.06秒、図6に位相差0.1秒の地震時列車走行性への影響を示す。(a)に主桁軌道面の最大相対水平変位を示し、(b)に車輪水平移動量を示す。最大水平変位は、位相差の影響を受ける。位相差0.06秒の場合、地震動の入力が対向方向の場合、進行方向入力に比べ、車輪水平移動量が限界値を超える地表面入力加速度が小さいがその影響は小さい。位相差0.1秒の場合、入力方向に関係なく位相差なしの場合に比べ地表面入力加速度が小さい値で車輪水平移動量が限界値を超えている。

図7に位相差0.06秒、図8に位相差0.1秒の場合の地震時列車走行性への影響を示す。(a)に進行方向入力、(b)に対向方向入力を示す。橋脚剛性2倍またはすべり支承とすることで大幅に地震時列車走行性が改善されることがわかる。位相差0.06秒では進行方向入力で橋脚剛性2倍において位相差の影響を受け1ステップ入力加速度が小さくなるが、その影響は小さい。対向方向入力では影響を受けていない。位相差0.1秒では進行方向入力で橋脚剛性2倍において位相差の影響を受け2ステップ入力加速度が小さくなり、すべり支承では1ステップ入力加速度が小さくなる。対向方向入力では、すべり支承で1ステップ入力加速度が小さくなるが、その影響は小さい。

#### 5. まとめ

①地震時列車走行性は、位相差の影響を受けるがその影響は小さい。②橋脚剛性2倍またはすべり支承とすることで大幅に地震時列車走行性が改善され、位相差の影響は、橋脚剛性2倍で車輪水平移動量の限界入力加速度が2ステップ小さくなり位相差の影響を受ける。

#### 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－変位制限，丸善，2006。
- 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，丸善，1999。
- 3) 涌井一，松本信之，松浦章夫，田辺誠：鉄道車両と線路構造物の連成応答解析法に関する研究，土木学会論文集，No.513/I-31，pp.129-138，1995。

表1 解析条件

| パラメータ |      | 内 容                                                             |
|-------|------|-----------------------------------------------------------------|
| 地震動   | 種類   | L1:100年に数回程度の地震                                                 |
|       | 位相差  | 同位相，位相差(0.1秒，0.06秒)                                             |
|       | 振幅   | 入力方向(列車進行方向，対向方向)                                               |
| 橋梁    | モデル  | Case1：基本条件<br>Case2：P2～P4 橋脚ばね剛性2.0倍<br>Case3：P2～P4 橋軸直角方向すべり支承 |
|       | 減衰定数 | 5%                                                              |
|       | 走行位置 | 200m 間隔で7種類                                                     |
| 列車    | 列車速度 | 260km/h                                                         |

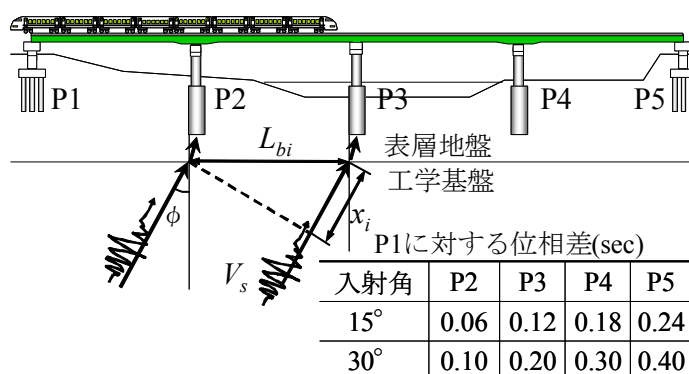


図4 位相差の設定方法

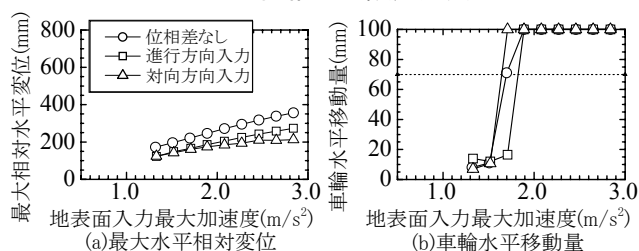


図5 位相差(0.06秒)が地震時列車走行性に及ぼす影響

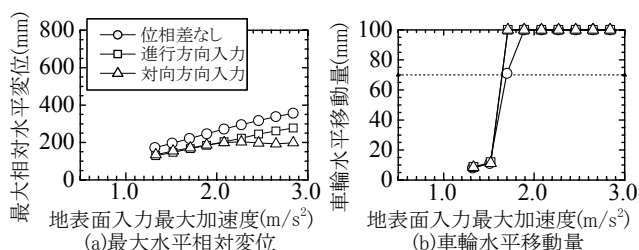


図6 位相差(0.1秒)が地震時列車走行性に及ぼす影響

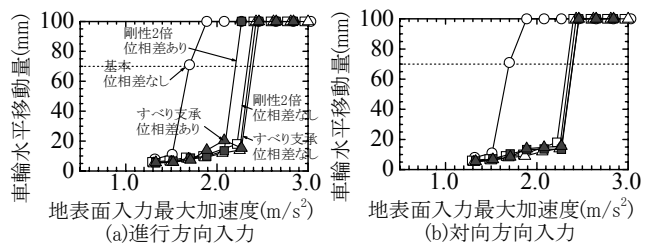


図7 改善方法が列車走行性に及ぼす影響(位相差0.06秒)

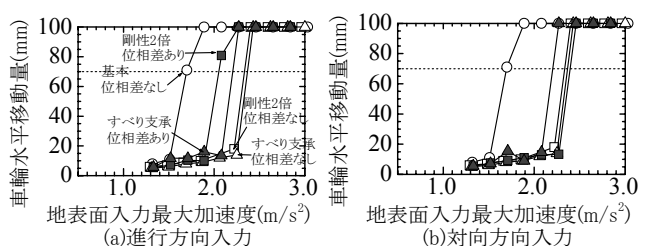


図8 改善方法が列車走行性に及ぼす影響(位相差0.1秒)