

## 鋼鉄道橋の混合桁化による列車走行性能について

鉄道・運輸機構 正会員 ○谷田 宗一郎, 正会員 横山 秀喜, 正会員 筒井 康平  
 鉄道総合技術研究所 正会員 徳永 宗正, 正会員 八幡 太一

### 1. はじめに

混合構造は、異種材料である鋼とコンクリートを、直列結合して一体化した構造形式である。本構造は、道路橋での適用事例があるものの、これまで鉄道橋へ用いた事例はない。材料特性を生かしたスパン割の実現やコストの削減を期待して、混合桁を用いた鉄道橋の検討を進めているが、適用事例が無いため、走行安全性や乗り心地といった列車走行性が検証されていない。そのため、本稿では、鋼鉄道橋（3径間連続合成桁（図-1））を混合構造（3径間連続混合桁（図-2））とした構造の列車走行性（常時）を検証した内容を紹介する。



図-1. 合成構造のイメージ図



図-2. 混合構造のイメージ図

### 2. 合成桁と混合桁の違い（入力値）

検討する3径間連続混合桁は、新幹線構造物（列車速度 $V=260\text{km/h}$ ）で採用した実績がある、支間比率 $0.44:1:0.44$ の3径間連続合成桁（図-1）の側径間をPC桁とした構造を用いた（図-2）。合成桁は、スパンバランスが悪く、列車走行時（常時）に端支点の反力が減少するため、構造体とは別にカウンターウェイトを搭載（コンクリート充填）している。側径間をPC桁とする混合桁に置き換えることで、カウンターウェイトが不要となると想定した。シミュレーションに用いた各構造の剛性および重量分布を図-3示す。なお、剛性はPC断面の剛性にヤング係数比7を考慮し、鋼断面に換算している。

中央径間はいずれも合成桁であるため、剛性および重量に違いは少ないが、側径間の剛性は混合桁が合成桁に比べて高く、重量は合成桁が混合桁に比べ重くなっている。合成桁が重い理由は、合成桁に用いた積層ゴム支承（LRB）が、地震時水平力の分担率の関係で面積を大きくした結果、端支点部の最小支点反力（ゴム支承の最小圧縮応力を満足する鉛直反力）を満足させる大きな反力が必要となり、側径間部に大量のカウンターウェイトを搭載したためである。なお、混合桁の端支点は、コンクリート橋で一般的仕様（ゴム支承（RB）+ダンパーストッパー）とし、ストッパーが水平力を負担するため、RBの必要面積が小さく、最小支点反力も少ないため、カウンターウェイトは小量であった。

### 3. 走行シミュレーションの解析ケースと検証方法

列車走行性の検証は、新幹線車両と鉄道構造物の動的相互作用解析プログラム（DIASTARSIII）を用いた走行シミュレーションによって行った。走行シミュレーションは、 $30\text{km/h}$ ～ $550\text{km/h}$ までの96ケースを実施し、

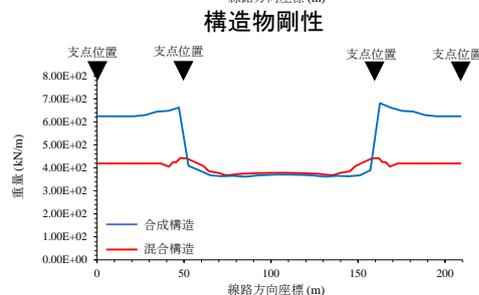
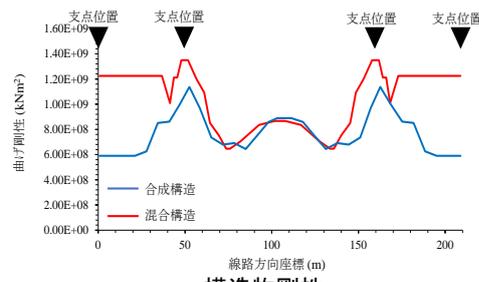


図-3. 入力値の比較

キーワード 鉄道, 混合構造, 走行シミュレーション, 列車走行安全性

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー 鉄道・運輸機構 TEL045-222-9082

設計速度である 260km/h で照査した。

常時の車両応答に関しては、乗り心地の評価指標として台車直上の鉛直加速度に着目した。乗り心地の評価には、変位制限標準<sup>1)</sup>で定められている鉛直加速度の限界値  $2.0\text{m/s}^2$  を用いた。列車は単線走行とし、走行性に対して安全側の評価となるように空車重量を仮定した 16 両編成とした。

走行安全性の評価指標としては、全車輪の輪重変動率に着目した。列車は同様に上り線もしくは下り線の単線走行とし、16 両編成とした。変位制限標準では、乗り心地の照査では定員乗車、走行安全性の照査では 350% 乗車を想定した照査体系となっているが、走行シミュレーションを行うにあたって空車と仮定した場合は満載の場合と比較して限界値、応答値とも減少することになり、結果として照査値の変化は少ないことから空車重量を仮定した。また、変位制限標準では、走行安全性の評価には上下線の複線載荷を想定しているが、入線の位相の設定等が煩雑になることから、簡単のため変位制限標準で定められている輪重減少率の限界値 0.37 の半分の値  $0.185$  を単線載荷時の限界値として用いることとした。

#### 4. 列車走行性（常時）の検証

固有値解析の結果、鉛直方向に卓越する最も低次の固有振動数は、剛性と重量の影響により、合成桁で  $0.956\text{Hz}$ 、混合桁で  $1.070\text{Hz}$  となり、混合桁が合成桁に比べ剛性が高い結果が得られている。

車体の最大鉛直加速度は各車体の前後台車直上の鉛直加速度の最大絶対値を図-4、輪重変動率は各車両 8 輪の最小値（輪重減少側）を図-5 に抽出した。なお、図は代表的な号車の値を示している。車体加速度は、列車速度が  $300\text{km/h}$  を超えると増加割合が増え、 $400\text{km/h}$  程度以上でピーク値を示している。 $260\text{km/h}$  時は合成桁で  $0.2\text{m/s}^2$  程度、混合桁で  $0.13\text{m/s}^2$  程度であり、乗り心地の限界加速度である  $2.0\text{m/s}^2$  以下であることが確認できた。輪重変動率は、列車後尾部となる 14~16 号車の応答が大きいことがわかる。これは、橋梁上の走行の際、走行開始位置から遠いスパンにおいて、列車がその手前のスパンを走行している時の加振の影響を受けて橋梁の応答値が大きくなる傾向にあり、列車後尾部の車両が先行車両の加振により増幅成長した橋梁上を通過するためと考えられる。 $260\text{km/h}$  時は合成桁で  $0.016$  程度、混合桁で  $0.015$  程度であり、単線載荷時の走行安全性の限界値とした  $0.185$  以下よりも十分小さい値である。

合成桁と混合桁を比較すると、車体の鉛直加速度および輪重減少率のいずれも混合桁の方が小さいことから、混合桁とすることで列車走行安全性が向上することが分かる。これは、混合桁の固有振動数が合成桁に比べ高くなることにより桁の動的応答が低減すること、さらに高剛性となることによりたわみ量が減少し、揺れにくくなった結果と推測される。

#### 5. まとめ

検討の結果、今回検討した混合桁において、列車走行性（常時）を満足する結果が得られた。また、鋼鉄道橋（合成桁）を混合桁化することにより、固有振動数が高くなり、列車走行性も向上することがわかった。

#### 参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限, 鉄道総合技術研究所, 平成 18 年 2 月

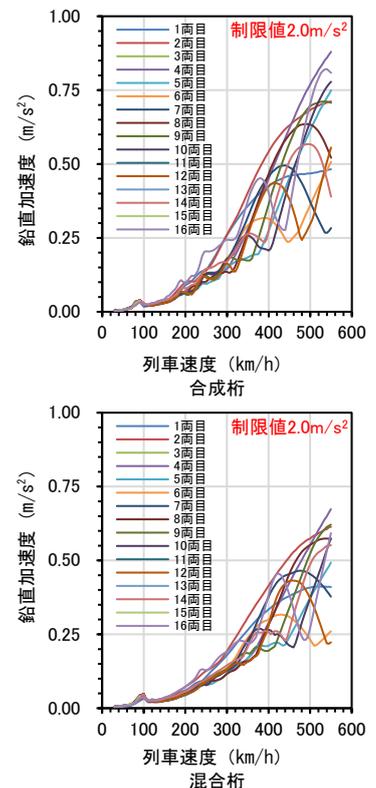


図-4. 車体の鉛直加速度

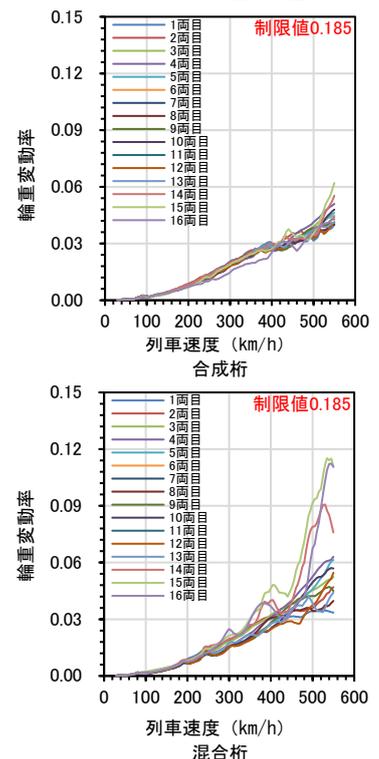


図-5. 輪重変動率