

架道橋付近における振動低減対策の動的解析による検討

(公財)鉄道総合技術研究所 正員 ○岩田 裕一 正員 横山 秀史
正員 加藤信二郎 正員 蒲原 章裕

1. はじめに

盛土区間における架道橋付近の地盤振動に対して架道橋を補強することは振動低減対策の一つになりうると考えられる。そこで、本報では架道橋対策工で得られる振動低減効果を車両・軌道・構造物系の動的解析により検討した結果について述べる。

2. モデルの概要

車両・軌道・構造物系の動的解析は、動的相互作用を簡易にモデル化した振動解析プログラム DALIA¹⁾を用いておこなった。モデルの概要を図1に示す。軌道はレール、バラスト、路盤を梁、マクラギを集中質量とし、構造物は桁、橋台、フーチングを梁でモデル化した。バラスト、路盤、地盤のばねおよびダッシュポットは既往の文献^{2),3)} および設計標準にもとづいて特性を設定した。解析に用いた車両モデルは1車両長が25mの標準的な新幹線車両8両編成とし、走行速度を270km/hとした。

3. 検討ケースの概要

図1に示したモデルを標準モデルとして、図2に示す対策工についてケーススタディを行い、振動低減効果、橋台天端の支点反力および沿線地盤振動の加振力に対する影響について検討した。case1はフーチングを同一材料の梁要素で連結させることにより架道橋全体の高剛性化を図ったケースである。case2は桁の断面2次モーメントが約6倍となる部材厚を設定し、桁を高剛性化したケースである。case3は既往の文献⁴⁾を参考に桁端部と橋台の間に片線あたり粘性減衰係数約5MN/mのダンパを取り付けたケースである。なお、橋台下部を地盤振動の評価点とした。

4. 解析結果

図3に評価点における標準モデルと各対策ケースの振動加速度レベル差を示す。ここで、レベル差が負であれば振動は低減し、正であれば振動は増加することをあらわしている。この図より、フーチングを連結したcase1は1~31.5Hzで2dB程度の低減量であり、本解析ではフーチングの連結による架道橋全体の高剛性化の効果は小さいと予測される。桁を増厚したcase2は8~12.5Hzと25, 50Hzの各帯域で2~4dB程度の低減が認められるが、16Hzや31.5Hz等で最大5dB程度、振動が増大した。桁端ダンパを取り付けたcase3は8Hzよりも高周波域で低減効果が認められ、とくに12.5Hzでは振動が約17dBと大きく低減した。標準モデルのモード解析によると、桁の曲げ振動の1次の固有周波数は11.3Hzである。そのためcase3では、車両モデルが桁を通過する際に励起される1次モードの曲げ振動をダンパによって制振することにより、12.5Hzで大きな低減効果が得られたと考えられる。

次に、標準モデルと各対策ケースについて支点反力および地盤振動の加振力を求めた。支点反力の算定は、地盤振動の評価点直上の橋台天端位置とした。橋台天端における標準モデルと各対策

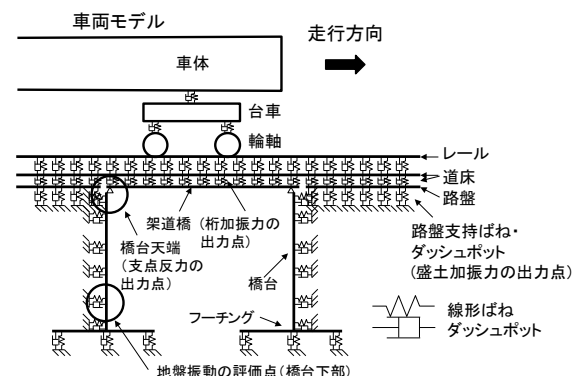


図1 モデル概要

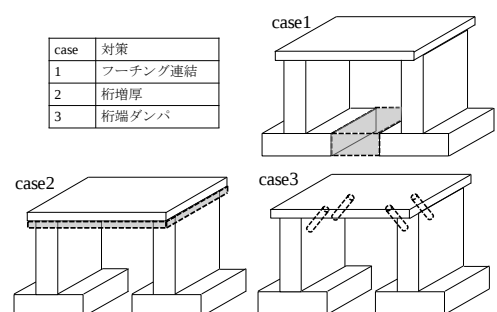


図2 対策工の概要

キーワード 鉄道振動, 振動解析, 架道橋, 振動低減対策

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地質 TEL 042-573-7265

ケースの支点反力の比（各対策ケースの支点反力/標準モデルの支点反力）を図4、路盤および桁の各点における加振力の最大値を図5にそれぞれ示す。図4より case2 は 20Hz をピークに支点反力比が大きくなっており、図3の結果と比較すると支点反力比のピークが1バンドずれているが、概ね整合している。また、case3 では図3の結果と同様に 12.5Hz や 50Hz の下側凸のピークがみられ、周波数特性の傾向は一致している。図5より、架道橋付近の地盤振動の加振力は、走行方向手前側の橋台ではいずれのケースも最大加振力に差異はないが、スパン中央から手前側では標準ケースに比べて case2 が大きく、奥側では反対に case2 の方が小さい。一方、case1 および case3 は標準モデルとほぼ一致する結果となった。なお、盛土区間ではいずれのケースでも最大加振力に差異はなく、架道橋補強による加振力のピークの低減効果は小さいことを確認した。

ここで、各ケースにおける加振力の周波数特性を把握するため、加振力の 1/3 オクターブバンド分析をおこなった。ここでは、12.5, 25, 40Hz の加振力を図6に示す。図より 12.5Hz では最大加振力(図5)の傾向と概ね一致していることがわかる。40Hz では case2 がスパン中央付近で他のケースよりも加振力が大きくなっており、桁増厚による曲げ剛性の高剛性化の影響を受けていることが考えられる。一方、25Hz ではケースによる加振力に差異は小さかった。

5. まとめ

本報で得られた結果について以下にまとめる。

- (1) いずれのケースにおいても、ある程度低減効果が認められたが、周波数帯によっては標準モデルよりも振動が大きい場合がある。
- (2) 桁端ダンパ取り付けによる振動低減効果が 12.5Hz で大きいのは、車両モデルが桁を通過する際に励起される 1 次モードの曲げ振動を抑制しているためと考えられる。
- (3) 評価点での振動と支点反力の周波数特性はいずれのケースにおいても概ね整合する結果となった。
- (4) 今回検討したケースでは、路盤や桁の加振力の変化は比較的小さかった。

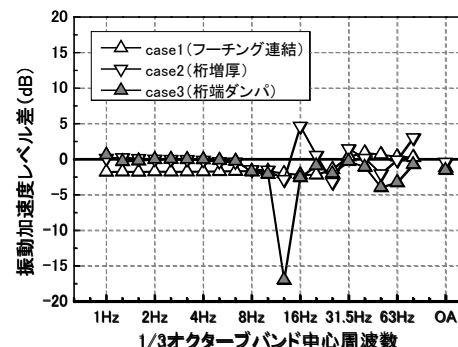


図3 評価点における振動変化

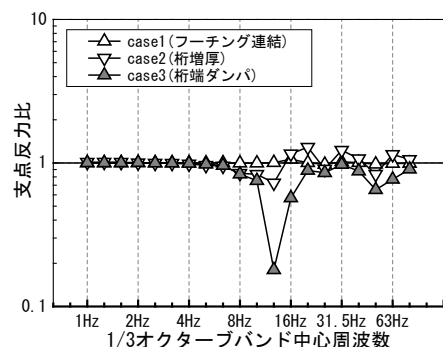


図4 橋台天端における支点反力変化

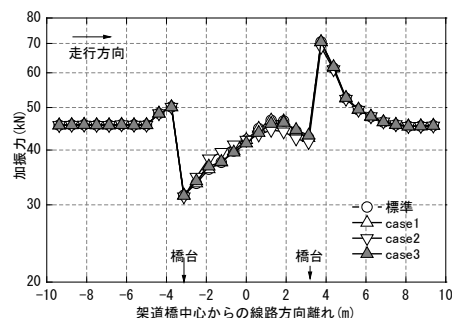
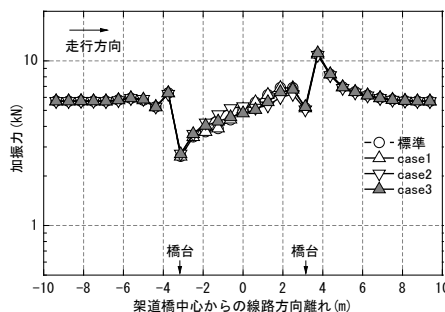
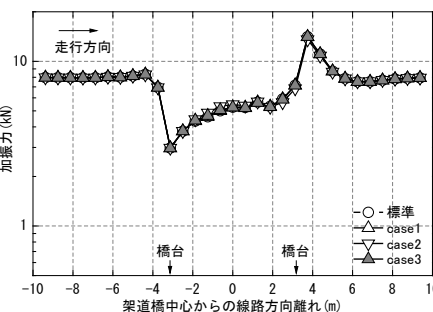


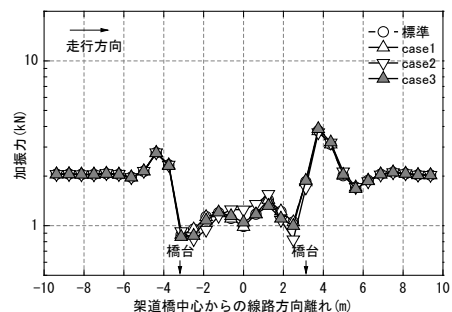
図5 各ケースの最大加振力



(a) 12.5Hz



(b) 25Hz



(c) 40Hz

図6 各周波数帯の最大加振力

参考文献

- 1) 矢野明人：サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発，土木学会第 61 回年次学術講演会，2007。
- 2) 守田武志他：低ばね定数軌道パッド敷設による地盤振動に対する影響，土木学会第 60 回年次学術講演会論文集，pp.221-222，2005。
- 3) 神田仁他：弾性波トモグラフィによる鉄道盛土の調査（新幹線盛土への適用），土木学会第 58 回学術講演会論文集，pp.323-324，2002。
- 4) 比江島慎二他：桁端ダンパーによる橋梁の交通振動の低減，土木学会論文集 No.465/I-23，pp.107-116，1993。