

架道橋付近における軌道支持力変化の影響に関する動的解析による検討

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

1. はじめに

盛土区間における架道橋の橋台付近は盛土と橋台、桁の構造物境界となるため、軌道直下の支持力が急激に変化する。この軌道直下の支持力の急激な変化は盛土区間における地盤振動の要因の1つと考えられる。そこで、本報では橋台付近の支持力の違いによる加振力の変化について車両・軌道・構造物系の動的解析モデルを用いたパラメータスタディにより検討した結果を述べる。

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。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270 km/hとした。軌道はレール2本分、バラスト、路盤を梁、マクラギを集中質量でモデル化し、各々をばねおよびダッシュポットで支持するモデルとした。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。盛土の堅さの加振力への影響を検討するため、既往の文献^{3),4)}を参考に路盤支持ばねおよび橋台地盤ばねを表1に示す軟弱や堅固な盛土に相当する弾性波速度にもとづき設定し、それらを図1に示した破線の範囲で変化させて各ケースにおける加振力を求めた。加振力はばね反力とダッシュポット反力を加算し求めた。ただし、case4の場合はすべての範囲においてばね係数・減衰を変更している。なお、橋台から2mの範囲が軟弱な場合としたcase2については橋台背面盛土が沈下していると仮定し、路盤支持ばねを変更した範囲において0.25mm下側に凸の矩形の軌道不整波形を設定した。

3. 解析結果

図2に示す加振力の時刻歴応答から最大加振力を求め、各位置における最大加振力をプロットした結果を図3に示す。図3より最大加振力はいずれのケースも構造物境界付近の橋台背面盛土部で大きくなり、走行方向手前側に比べて奥側の方が大きいことがわかった。また、走行方向手前側の橋台背面盛土部(橋台中心-3.75mの位置)では表層部が軟弱なcase2の最大加振力が他のケースに比べて大きいものに対し、走行方向奥側(同3.75m)ではcase3やcase4の最大加振力が大きく、位置やケースにより最大加振力に違いがみられた。また、case2では走行方向奥側の背面盛土部における最大加振力が他のケースより小さくなるが、橋台からやや離れた盛土区間(同5.625m)に他のケースにはないピークがみられた。橋台から離れた盛土区間(同-9.375m)ではケースによって最大加振力の差異は認められないことがわかった。

位置やケースによる加振力の周波数特性の違いを把握するため、橋台から離れた盛土区間、走行方向手前側および奥側の橋台背面盛土部、奥側の橋台からやや離れた盛土区間における加振力の1/3オクターブバンドスペクトルを図4に示す。図より、橋台から離れた盛土区間(図4(a))では、いずれのケースもスペクトル形状は一致した。一方、走行方向手前側の橋台背面盛土部(図4(b))では20Hz以上の帯域でcase2が他のケースよりも大きく、奥側(図4(c))では3.15~31.5Hzの範囲でcase3, case4が大きい。また、8~12.5Hz, 20~31.5Hz

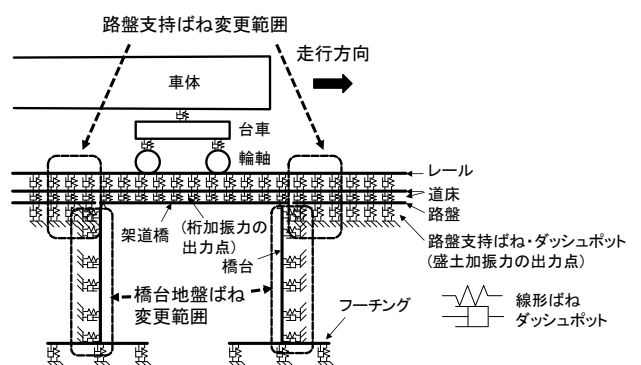


図1 解析モデルの概要

キーワード 鉄道振動, 振動解析, 架道橋, 支持力, 加振力

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

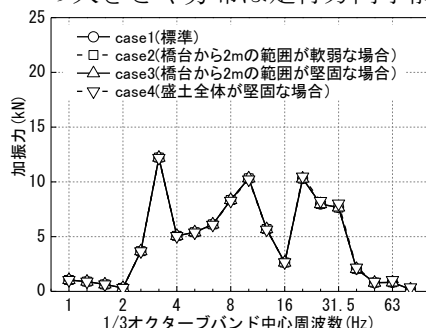
の加振力は走行方向奥側が手前側に対し、最大 10kN 程度大きくなっており、この帯域が走行方向奥側の最大加振力を押し上げる要因になっていることがわかる。橋台からやや離れた盛土区間(図 4(d))では、3.15Hz 以上で case2 が他のケースよりも加振力が大きい。また、走行方向手前側の背面盛土部の加振力スペクトル(図 4(b))は奥側の背面盛土部(図 4(c))よりもやや離れた盛土区間(図 4(d))と周波数特性の傾向が似ている。

次に橋台背面盛土部の沈下量と加振力の関係を把握するため、橋台から 2m の範囲が軟弱な場合について沈下量を変えたパラメータスタディをおこなった。沈下量 0.25mm では加振力は走行方向手前側よりも奥側の方が大きい、沈下量が増加するとともに走行方向奥側よりも手前側が大きくなる(図 5)。また、手前側では橋台背面盛土部で局所的に増大するが、奥側では橋台背面盛土部よりも橋台からやや離れた位置で加振力が増大し、加振力の範囲が線路方向に広がることわかった(図 5)。

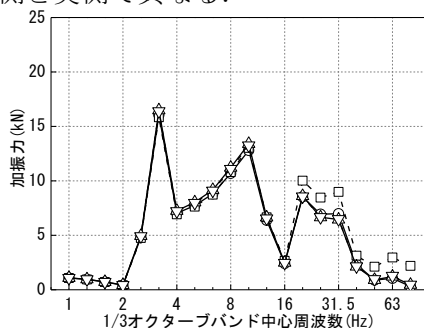
4. まとめ

本報で得られた結果について以下にまとめる。

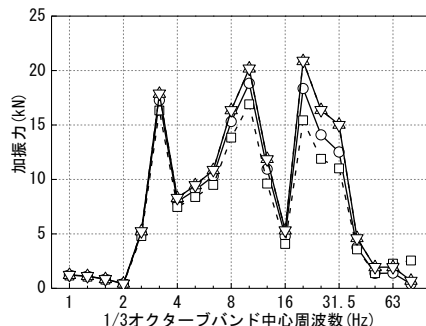
- (1) 盛土と橋台との構造物境界ではいずれのケースでも加振力が大きくなることを確認でき、加振力は走行方向手前側よりも奥側の方が大きく加振力の周波数特性は異なることがわかった。
- (2) 今回検討した範囲では橋台からある程度離れた盛土区間においては地盤性状が異なる場合でも加振力はほぼ一定で周波数特性はほぼ同じである。
- (3) 沈下量が増加すると橋台背面盛土部の加振力は大きくなり、加振力の大きさや分布は走行方向手前側と奥側で異なる。



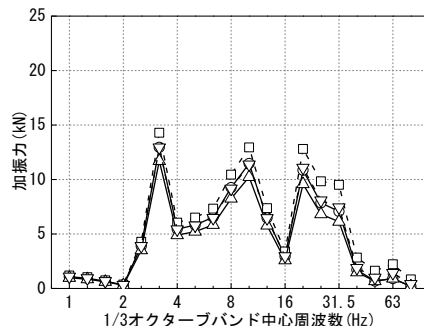
(a) 橋台から離れた盛土区間



(b) 走行方向手前側の背面盛土部



(c) 走行方向奥側の背面盛土部



(d) 走行方向奥側の橋台からやや離れた盛土区間

図 4 1/3 オクターブバンドスペクトル

参考文献

- 1) 矢部明人：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) 泉並良二他：微動アレー探査および地震透過法を用いた盛土内部探査，物理探査学会第 126 回学術講演会論文集，pp.43-46，2012。

表 1 ケース一覧

case	P 波速度 (m/s)		S 波速度 (m/s)	
	橋台背面	左記以外	橋台背面	左記以外
1	550	550	165	165
2	350		125	
3	800		300	
4	800		300	

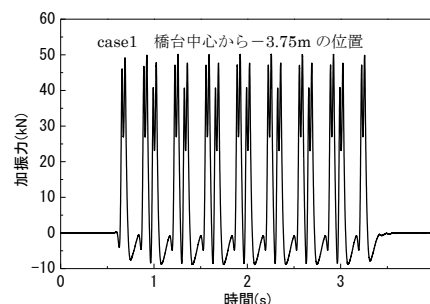


図 2 加振力の時刻歴応答

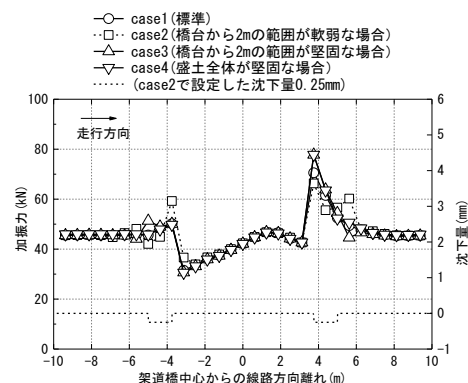


図 3 各ケースの最大加振力

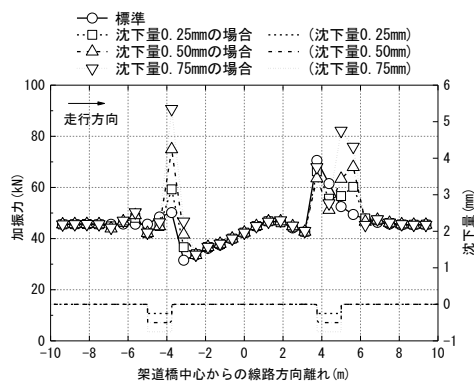


図 5 沈下量を変えた場合の最大加振力