

新幹線トンネル内の軌道構造の違いによる振動低減効果の基礎的検討

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○吉森佑介 西 恭彦
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 津野 究 横山秀史

1. はじめに

小土被りトンネルの直上に家屋がある場合、列車走行に伴う振動が地盤を通じて周辺に伝播し、トンネル直近の地域住民が振動やこれに起因する固体音を知覚することがある。このため、トンネルを通過する列車による振動への対策として、九州新幹線（武雄温泉・長崎間）の一部区間では、弾性まくらぎ埋込型スラブ軌道（以下、防振直結軌道）を整備新幹線で初めて採用した。地下鉄では防振直結軌道の使用実績があるが、整備新幹線では振動低減効果が十分整理できていない。そこで本研究では、スラブ軌道と防振直結軌道において、列車の振動が軌道とトンネル構造物を経て地盤に伝播する際のトンネル内の振動加速度レベルを数値解析により算出し、列車速度による影響と軌道構造の違いによる振動低減効果を検討した。

2. 数値解析の概要

防振直結軌道の振動低減効果と列車速度の影響を把握するために、図1に示すように、1軸あたりの車両・軌道を質点としばねで接合した1次元の1/4車体モデルを用いて計算した起振力を、弾性床土上の二重梁モデルのレール位置に入力して解析した。解析結果はトンネル内道床の1/3オクターブバンド毎の振動加速度レベルとして算出した。軌道はスラブ軌道（公称30MN/mパッド）と防振直結軌道の2ケース、列車速度は200～320km/hで10km/hごとの13ケースの計26ケースで、10両編成の新幹線が通過した想定で解析を実施した。また、解析の入力物性値は、既往のスラブ軌道の解析例をもとに設定しており、表1に示す。

3. 解析結果

(1) 1/3オクターブバンド毎の振動加速度レベル

解析により得られた1/3オクターブバンド毎の振動加速度レベルを図2に示す。これより、スラブ軌道、防

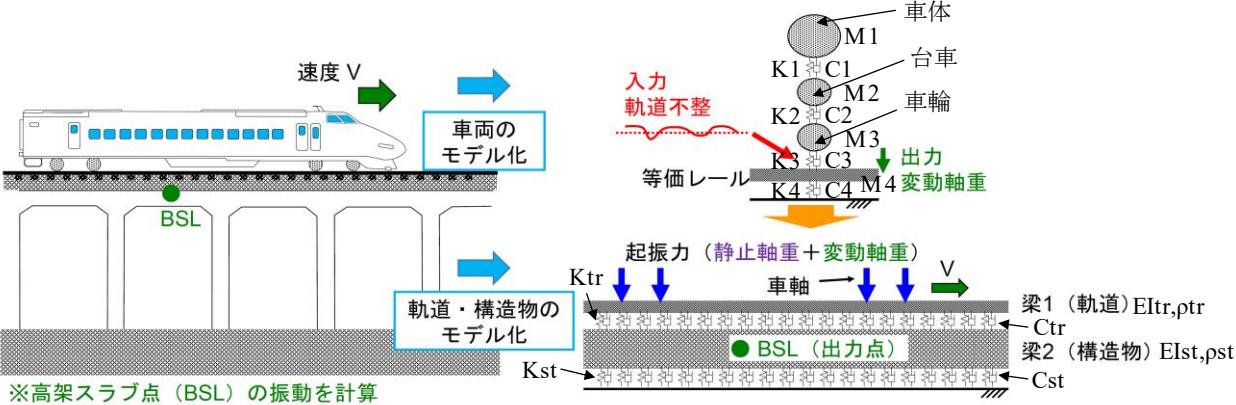


図1 鉄道振動の発生モデル 1) を加筆修正

表1 入力物性値（黒字：スラブ軌道，赤字：防振直結軌道）

変数	M1	K1	C1	M2	K2	C2	M3	K3	M4	K4	C4
単位	kg	N/m	Ns/m	kg	N/m	Ns/m	kg	N/m	kg	N/m	Ns/m
値	7.5×10 ³ 7.5×10 ³	4.1×10 ⁵ 4.1×10 ⁵	4.83×10 ⁴ 4.83×10 ⁴	1.5×10 ³ 1.5×10 ³	3.5×10 ⁶ 3.5×10 ⁶	3.92×10 ⁴ 3.92×10 ⁴	1.8×10 ³ 1.8×10 ³	9.8×10 ⁸ 9.8×10 ⁸	1.3×10 ² 1.6×10 ²	2.89×10 ⁸ 1.6×10 ⁸	5.3×10 ⁴ 4.4×10 ⁴
変数	Eltr	ptr	Ktr	Ctr	Elst	pst	Kst	Cst			
単位	Nm ²	kg/m	N/m ²	Ns/m ²	Nm ²	kg/m	N/m ²	Ns/m ²			
値	1.27×10 ⁷ 1.27×10 ⁷	1.2×10 ² 1.2×10 ²	2.04×10 ⁸ 9.32×10 ⁷	3.05×10 ⁻¹ 3.05×10 ⁻¹	5.38×10 ¹⁰ 5.38×10 ¹⁰	6.3×10 ³ 6.3×10 ³	3.77×10 ⁹ 3.77×10 ⁹	1.22×10 ⁹ 1.22×10 ⁹			

キーワード 地盤振動，弾性まくらぎ埋込型軌道スラブ，振動加速度レベル
連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 (独) 鉄道・運輸機構 TEL 045-222-9083

振直結軌道のどちらも列車速度が大きくなるほど、振動加速度レベルが大きくなる傾向がみられる。

解析結果の検証のため、スラブ軌道区間の解析結果と既存の測定結果との比較を図3に示す。ここで、測定結果は、軌道脇における鉛直方向振動の測定結果を用いている。これより、80Hz以下の帯域では、解析結果と測定結果は概ね整合していることが確認できるが、100Hz以上の帯域では、解析結果と測定結果に乖離が見られる。

乖離が見られる一因として、100Hz帯域以上の周波数が高い振動は、レール凹凸など局所的な軌道不整の影響を大きく受けるが、本数値解析では、局所的な軌道不整を考慮せず、既往文献¹⁾に示された平均的な軌道不整パラメーターを用いていることが考えられる。

(2) 防振直結軌道を用いた場合の振動低減効果の検討

スラブ軌道を基準とし、防振直結軌道を用いた場合の「振動加速度レベル差」を整理した結果を図4に示す。これより、25～40Hzの周波数帯域では、振動加速度レベル差が正の値を示し、防振直結軌道を用いることにより振動加速度レベルが増加する結果となっている。一方、50Hzより高い周波数帯域では、振動加速度レベルが負の値を示し、防振直結軌道を用いることにより振動加速度レベルが低減している。

新幹線トンネルからの振動測定例²⁾では、地表部で50～80Hz付近が卓越する傾向が確認されており、この周波数帯域の成分を低減させることにより対策効果が得られると考えられる。本解析結果で得られた振動加速度レベルをみると、防振直結軌道を用いることにより50Hz以上の振動加速度レベルが低減しており、防振直結軌道は振動対策として有用であることが示唆された。また、列車速度に関係なく振動加速度レベル差は概ね同じであり、防振直結軌道の振動低減効果に対して列車速度の影響は小さいことが示唆された。

4. まとめ

車両・軌道・構造物をモデル化してスラブ軌道と防振直結軌道の2通りの軌道構造について数値解析を実施し、列車速度の影響を評価するとともに軌道構造の違いによる振動低減効果をあわせて評価した。今後は得られた結果を用いて防振直結軌道の採用による地表面への振動低減効果についても検討を進めていきたい。

参考文献：1) 吉岡修，芦谷公稔：新幹線鉄道振動の発生・伝達モデル，物理探査，Vol.48，No.5，pp.299-315，1995。2) 山崎貴之，高野裕輔，津野究，伊積康彦，横山秀史：新幹線におけるトンネル振動予測に関する研究（その1），土木学会年次学術講演会講演概要集第Ⅲ部，Vol.70，pp.267-268，2015。

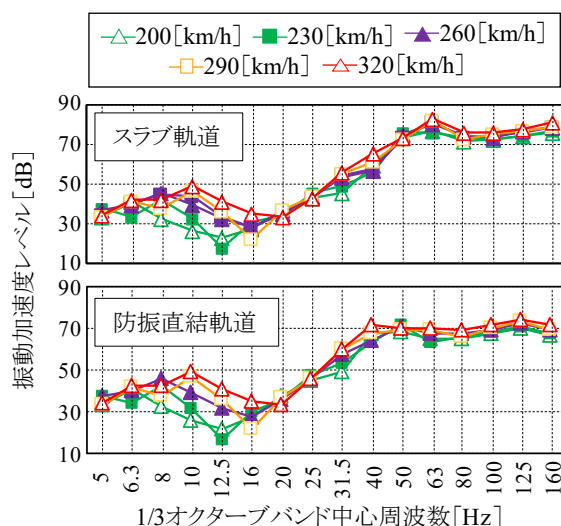


図2 トンネル内の1/3オクターブバンドごとの振動加速度レベル

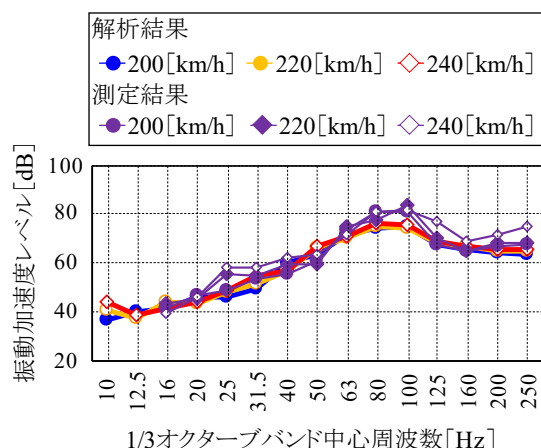


図3 解析結果とトンネル内の振動測定結果の比較

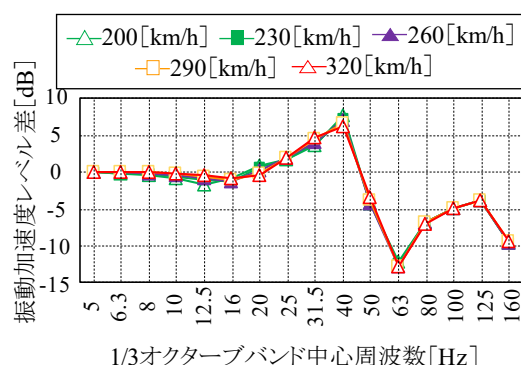


図4 防振直結軌道を用いた場合の振動加速度レベル差（スラブ軌道基準）