

フローティング弾性まくらぎ直結軌道の開発

(公財) 鉄道総研 正会員 ○ 湧上 翔太
(公財) 鉄道総研 正会員 渡辺 勉
(公財) 鉄道総研 正会員 高橋 貴蔵

1. はじめに

国内では、低土被りのトンネルや建物基礎に近接するトンネル等における地盤振動対策として、コイルばね等を用いたフローティング軌道¹⁾が採用される事例が多い。これらの軌道は優れた防振性能を有する一方、まくらぎがスラブ内で剛に支持されている場合、一部の急曲線区間ではPCまくらぎ直結軌道等と同様に、内軌だけでなく外軌にも波状摩耗が発生する事例が報告されている²⁾。このような保守面の課題を解決するために、筆者らはフローティング弾性まくらぎ直結軌道（以下、フローティング弾直軌道）を提案し、波状摩耗の低減効果を検証するとともに³⁾、低廉な防振材の適用可能性を検討している⁴⁾（図1）。ここでは、数値解析によりフローティング弾直軌道の地盤振動低減効果を試算するとともに、実物大の軌道を試験敷設し、モーターカー走行時の振動特性等を評価した内容について報告する。

2. 数値解析による地盤振動低減効果の評価

2. 1 解析条件

本検討では、実測した地盤の振動加速度レベルとの整合性が確認されている低土被りのトンネル区間（土被り厚:5.5m, N値:6-7）を対象として⁵⁾、図2に示すように車両／軌道／構造物系モデル（DIASTARSIII）で算出した列車走行時の加振力を、構造物／地盤系モデル（SuperFLUSH／3D）に入力して周辺に伝播する地盤振動を評価した。表1に対象とした軌道構造を示す。また、車両は一般的な在来線通勤車両とし、走行速度は80km/hとした。

2. 2 解析結果

解析結果として、図3にトンネル直上の地表面における振動加速度レベル（VAL）の比較を示す。同図より、コイルばね防振軌道とフローティング弾直軌道は6.3Hz以下や20Hz以上の帯域で、その他の軌道構造と比べて振動加速度レベルが大きく低下していることが分かる。また、コイルばね防振軌道とフローティング弾直軌道を比較すると、フローティング弾直軌道の場合は、弾性まくらぎ化による軌道の支持ばね定数の低下や軌道の曲げ剛性等の複合的な効果により、広い帯域

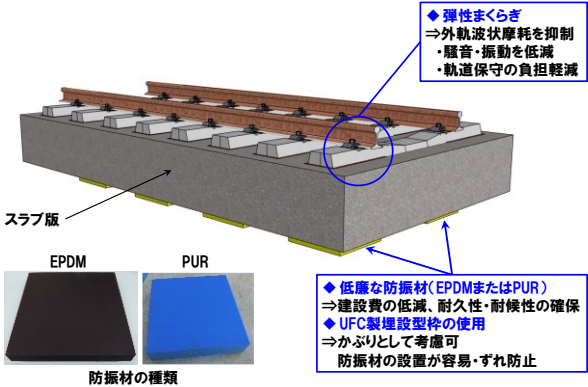


図1 フローティング弾直軌道の概要

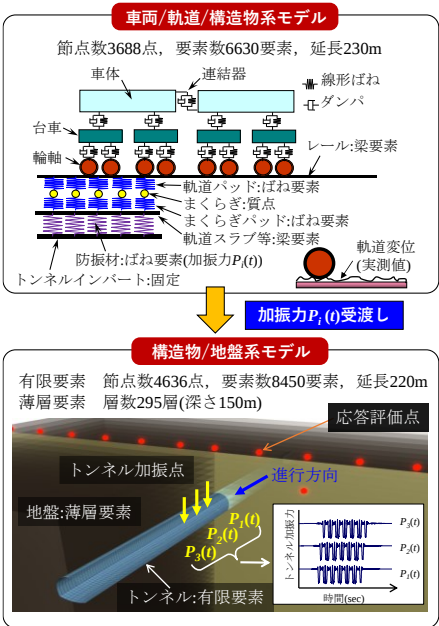


図2 三次元数値解析モデルの概要

表1 対象とした軌道構造

軌道種別	スラブ軌道	バラスト軌道	弾性まくらぎ直結軌道	コイルばね防振軌道	フローティング弾直軌道
締結間隔 (mm)	625	580	700	625	625
軌道パッドばね定数 (MN/m) ^{※1}	70	110	60	50	60
軌道スラブまたはスラブ版	配置間隔 (mm)	5000	—	20000	20000
	弾性係数 (N/mm ²)	31000	—	31000	31000
	ポアソン比	0.2	—	0.2	0.2
	密度 (g/cm ³)	2.4	—	2.4	2.4
まくらぎ	配置間隔 (mm)	—	580	700	700
	質量 (kg) ^{※2}	—	160	240	240
まくらぎパッド (MN/m) ^{※1}	—	—	30	—	30
バラスト道床 (MN/m) ^{※2}	—	210	—	—	—
CAモルタル	弾性係数 (N/mm ²)	2000	—	—	—
	厚さ (mm)	50	—	—	—
スラブ版下の防振材	ばね定数 (MN/m) ^{※3}	—	—	6.6	6.6
	配置間隔 (mm)	—	—	1250	1250

※1: 片側1締結あたり、※2: まくらぎ1本あたり、※3: 片側2締結あたり

キーワード フローティング弾性まくらぎ直結軌道、地盤振動、構造設計、モーターカー走行試験
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 軌道技術研究部 軌道・路盤 TEL042-573-7276

で振動加速度レベルが低下する傾向が見られた。さらに、人体の感覚補正を考慮した振動レベル (VL) は、フローティング弾直軌道の方が 10dB 程度低くなった。

3. 実物大軌道の製作

鉄道構造物等設計標準・同解説 (軌道構造) により設計したフローティング弾直軌道を鉄道総研日野土木実験所の試験線に敷設した。軌道延長は約 5m とし、スラブ版の下には EPDM 製の防振材⁴⁾を設置した (図 4)。なお、本軌道では鉄筋のかぶりの一部とみなせる凹形状の UFC (超高強度繊維補強コンクリート) 製の埋設型枠を防振材設置部に用いることで (図 5), まくらぎ下のスラブ版の厚さを増加させることなく, 防振材のずれ止め機能を付与した。

4. モーターカー走行時の振動特性の評価

モーターカー走行試験 (40km/h) を行い, フローティング弾直軌道と, 隣接する防振スラブ軌道 (低ばね型軌道パッド (15MN/m) 使用) の振動特性を比較した (図 6)。図 7 に示すとおり, 軌道脇および軌道中心から 12.5m 地点の地盤において, 防振スラブ軌道と比べてフローティング弾直軌道の場合は振動レベル (VL) が 7dB 程度低下し, 高い振動低減効果を確認した。

5. まとめ

軌道における地盤振動対策として提案するフローティング弾直軌道について, 数値解析および実物大試験により, 高い振動低減効果を確認するとともに, 施工性についても問題のないことを確認した。

参考文献

- 1) 桃谷尚嗣, 鈴木健司, 名村明, 藤井光治郎, 安藤勝敏, 芦谷公稔, 堀池高広: コイルばね防振軌道の性能と評価, 鉄道総研報告, Vol.15, No.4, pp.27-32, 2001
- 2) 田中博文, 清水惇, 古川敦, 菊地圭介, 地子給和行: 振動特性に着目した直結系軌道における急曲線外軌波状摩耗の発生要因の推定, 鉄道工学シンポジウム論文集, No.15, pp.140-147, 2011
- 3) 田中博文, 洲上翔太: 各種直結系軌道におけるレール波状摩耗の成長度合いの検証, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023 (投稿中)
- 4) 栢田吉弘, 鈴木実, 洲上翔太: フローティング弾直軌道用防振材の性能評価, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023 (投稿中)
- 5) 渡辺勉, 曾我部正道, 横山秀史, 山崎貴之: 高速鉄道トンネル上の地盤振動に関する解析的検討, 鉄道力学論文集, Vol.18, pp.107-114, 2014

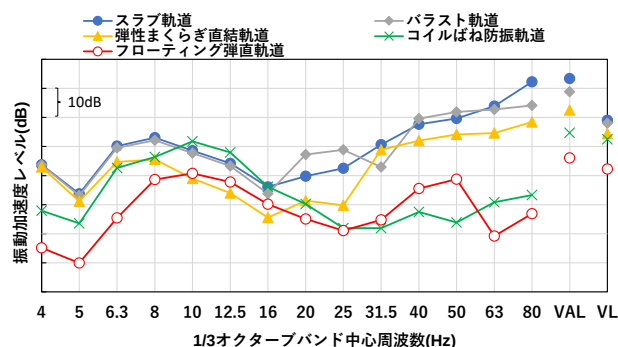


図 3 トンネル直上の地表面における地盤振動の比較

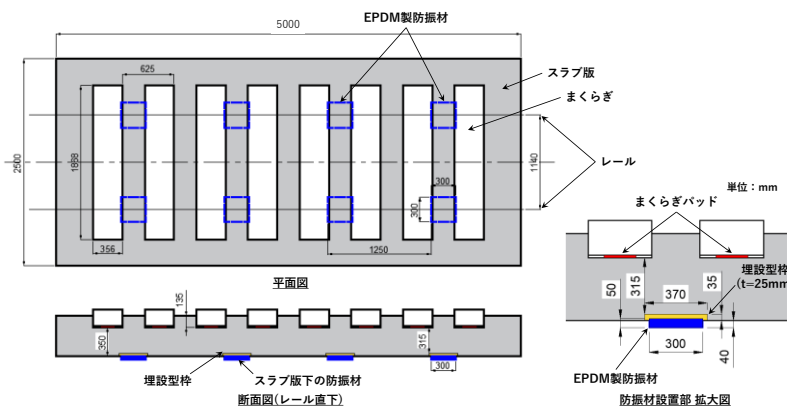


図 4 フローティング弾直軌道の一般図

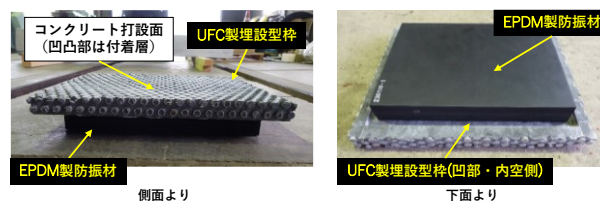


図 5 防振材の設置状況



図 6 モーターカー走行試験の様子

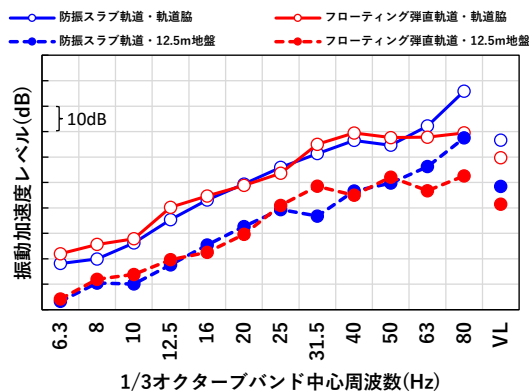


図 7 振動加速度レベルの比較