

鉄道トンネル分岐部へのコイルバネ支承を用いた防振軌道の適用

九州旅客鉄道（株） 正会員 ○徳永 光宏
清水建設（株） 正会員 長澤 達朗

九州旅客鉄道（株） 非会員 幸野 郁
J R九州コンサルタンツ（株） 非会員 青野 正夫

1. はじめに

折尾高架筑豊線高架区間は高架構造（盛土および高架橋）のほか、一部がトンネル（筑豊線約 670m・鹿児島貨物線（以下、短絡線）約 400m）で構成されている。また、筑豊線（単線断面）に短絡線（複線断面）がトンネル内部で合流しており、Y字型の構造となっている。一方で、トンネルの上面には宅地等開発が計画されており、躯体への列車通過時の振動伝搬を如何に防ぐか課題であった。今回対策として、分岐部直下のコンクリート床版をコイルばね支承で弾性支持する構造（以下、フローティングスラブ構造）を採用したが、一方で同構造に関しては複線断面や分岐部での支持スラブに対して適用した事例はない。本課題では、実部材への適用に際して変位量等の計測結果から、その影響を定量的に検証することを目的とする。

2. トンネル分岐部での振動抑制対策

（1）折尾トンネルの特徴

折尾トンネル周辺の地盤は、一般的に非常に堅いとされる「折尾砂岩」で構成されている。そのため、本トンネルは岩層を開削、その後にプレキャスト躯体を埋め戻すことで敷設された（図-1）。また、前述のとおりトンネル上面には宅地等開発が計画当初から予定されており、覆工の埋め戻し厚さからも列車通過時に分岐部で発生した振動が、トンネル上面へ直接伝搬することを抑制する必要があった。そのため、トンネル内の分岐部には振動抑制対策としてフローティングスラブ構造を採用した。

（2）振動抑制対策の概要

図-2 にフローティングスラブ部の構造断面を、表-1 に設計条件等の概要を示す。フローティングスラブ構造については、これまでも防振対策としての適用が報告¹⁾されている。同構造は軌道構造を支持するコンクリート床版をコイルばね支承（ばね定数 6.63kN/mm）で弾性支持することで、発生した振動の伝搬を減衰させる構造となっている。なお、前後の一般区間には省力化を目的にS型弾性直結軌道構造を採用している。

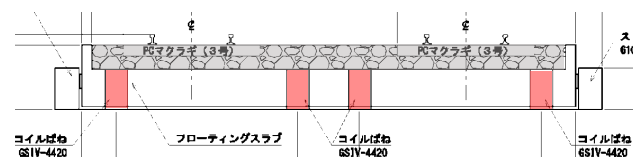
コイルばね支承の配置については、断面方向は発生する加重を均等支持可能な様に、複線区間はコイルばね4個を各軌道両端（まくらぎ端直下）に配置することを標準とした。また、本構造では隣接する一般区間との境界部で目違いや角折れ等軌道面の不同変位を緩やかに低減する必要がある。そのため、一般軌道側では緩衝区間（L=20.0m）を設けて低弾性軌道パット等で支持弾性を可能な限り小さくした。一方、フローティングスラブ側ではコイルばねの配置始末端の配置間隔を小さく密にして、隣接する軌道構造間での軌道係数比を小さくするよう計



図-1 開削でのトンネル敷設状況



(a)コイルばね配置状況



(b)構造断面図
図-2 計画横断構造

表-1 設計概要

設計列車荷重	EA-17	
設計列車速度	100km/h	
コイルばね支承数	633 個 (0.9、0.6m間隔)	
コイルばね定数	鉛直方向	水平方向
	Kv=6.63kN/mm	Kh=3.32kN/mm
曲線半径/カント	R430 / C65	
敷設した分岐器	#12 片	

キーワード フローティングスラブ、鉄道トンネル、分岐器、走行安全性、モニタリング

連絡先 〒812-0061 福岡県福岡市東区菅松 2 丁目 35-38 九州旅客鉄道（株）建設工事部施設課 TEL092-626-1220

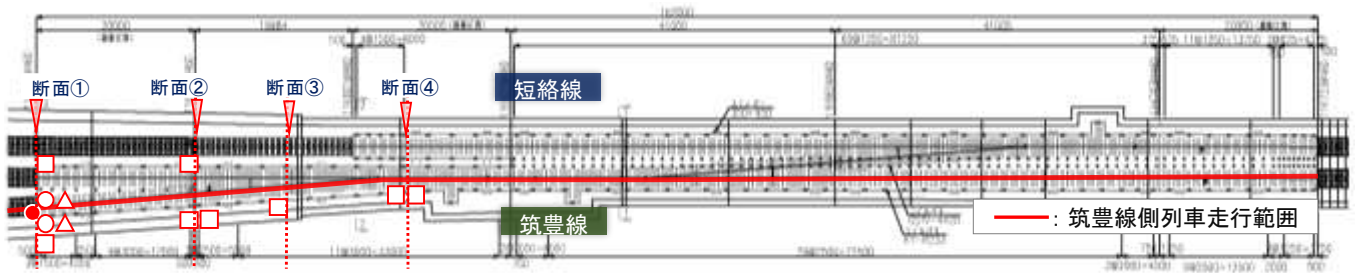


図-3 計測概要

画した。また、線路方向のコイルばね配置は、一般区間との乗り移り区間の他に分岐互り部でも配置間隔が密となるよう調整している。また、この場合でも各コイルばねの物性値は全て同一規格としており、使用材料の画一化を図った。なお、分岐部は施工性や今後の維持管理を考慮して有道床を採用したが、これについては列車通過時での発生騒音への吸音効果も期待される。

3. 実部材適用時での計測管理

(1) 計測概要

計測概要を図-3、表-2に示す。なお、計測時点ではトンネル内は筑豊線側のみが供用されている。鉛直変位は、レールおよびフローティングスラブは不動点からの絶対変位、まくらぎはフローティングスラブからの相対変位として計測した。なお、レール応力は軌間外側のレール底部側面に貼り付けたひずみゲージにより計測した。

(2) 計測結果および考察

鉛直変位量の計測値の時刻歴変化の一部を解析結果と併せて図-4に示す。なお、解析値は設計時に走行安全性の検討に用いたモデルを用いて、実際の走行車両の軸荷重を作用させた結果である。図から解析値の時刻歴波形は計測値と相似しておりモデルは実現象を概ね再現できているといえる。一方で、異種の軌道構造の境部となる測定位置①ではレールの鉛直変位で計測値が測定値を若干上回る結果となった。これは今回解析値があくまで静的な加力に対する変位量であるのに対し、実際は動的効果が作用していることに起因すると推定される。なお、同位置のレール応力では、計測値の最大値（左：60.5，右：54.8MPa）は何れも解析値内（左：60.5，右：60.3MPa）に収まっており、この場合でも著大なレール応力等を生じていないことが確認された。

また、フローティングスラブ同士の目地部となる測定断面②では計測値は解析値内に収まっているものの、解析値との間で波形に位相差が見られた。これは、設計上各スラブの間にはズレ防止となるスリップバーが配置されており、解析時はこの部分は短いせん断ばね要素としてモデル化しているため偏位挙動を生じないが、実際にはスリップバーと格納されるスリーブとの間には隙間があるため、計測時では輪重の載荷されている側のスラブで多少変位量が大きく出ると推定される。

4. おわりに

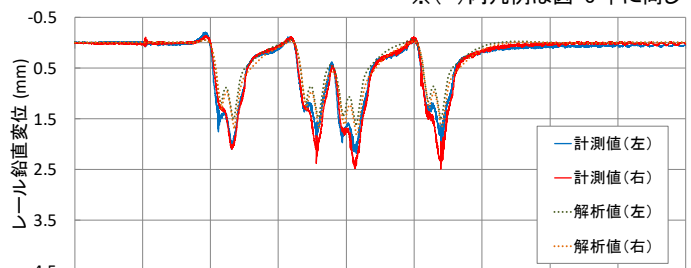
本課題により、分岐部へのフローティングスラブ構造の適用について検証を行った。振動や騒音は、現時点で良好な経過状態にあり、所定の導入効果が発揮されている。また、今回計測結果から解析時モデルの妥当性が検証範囲において確認された。折尾高架では2022年3月に全線開業しており、今後も引き続き長期的な動向を注視したい。

参考文献 1) 田中，平川，鈴木：軌道一体構造となる駅ビルでの固体音対策としての防振軌道の設計と施工，日本建築学会技術報告集，第17巻，第35号，2011.2

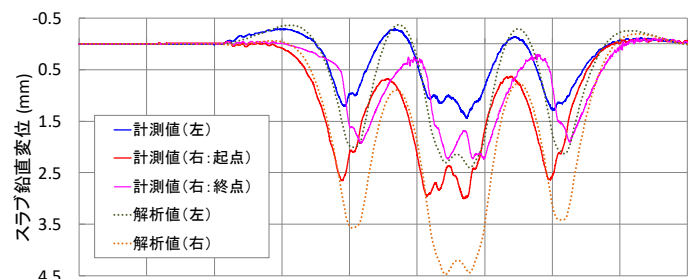
表-2 計測概要
(a)対象車両

走行車両数	2両
車両形式	BEC819系(蓄電池電車)
(b)計測項目および計測数量	
レール応力 (●)	N=2 軌道構造変化点(左右)
レール鉛直変位 (○)	N=2 軌道構造変化点(左右)
まくらぎ鉛直変位 (△)	N=2 軌道構造変化点(左右)
スラブ鉛直変位 (□)	N=8 断面変化点(左右)

※()内凡例は図-3中に同じ



(a)レール鉛直変位(測定断面①)



(b)スラブ鉛直変位(測点断面②)

図-4 計測結果