

プレパックド工法の設計基準強度検証

東京地下鉄株式会社 正会員 ○阿部 正和
 東京地下鉄株式会社 飯塚 俊明
 東京地下鉄株式会社 久保田 聡一
 (株) 日本線路技術 正会員 安藤 勝敏
 (株) 日本線路技術 正会員 青木 宣頼

1. はじめに

東京地下鉄では、コンクリート道床防振軌道化にプレパックド工法を採用している。当該工法は、既存のコンクリート道床をバラスト道床化し、その上から速硬化の無収縮モルタルを打設することで、翌日の列車運行に影響なく施工できる工法である。東京地下鉄では曲線半径が 160m のような急曲線が多く、打設した翌朝には列車が通過できるよう、無収縮モルタルの設計基準強度を 2 時間で 10N/mm^2 と高く設定している。この工法は、15 年以上営業線での施工実績があり、これまで大きな変状も出ていないことから、工期短縮や費用削減の面で適正化できる余地があるのではと考え、本論文では、設計基準強度に着目して検証を行った。

2. FEM解析条件

対象としたのは、コンクリート道床防振軌道(図1、表1)であり、東京地下鉄で最も厳しい条件を想定し、曲線半径を 160m、まくらぎ端部の道床幅を 200mm とした。圧縮強度は、設計基準強度の 7 割と仮定した。また、実際の施工時には、打設の際の軌道変位を防止するため、レールサポーターを設置しており、これにより道床に発生する応力を低減できると考え、レールサポーターを 2.825m 間隔と 1.695m 間隔で設置した場合でモデル化し、レールサポーター支点部及び中間部に輪重と横圧をかけて、FEM解析を行った(図2、表2)。

表1 解析条件

軌間		狭軌（1067mm）
曲線半径		160m
レール		50N レール
まくらぎ間隔		565mm
列車速度		45km/h
カント		75mm
軸重		16t
輪重 P	外軌	105kN
	内軌	85kN
横圧 Q	外軌	89kN
	内軌	-25kN

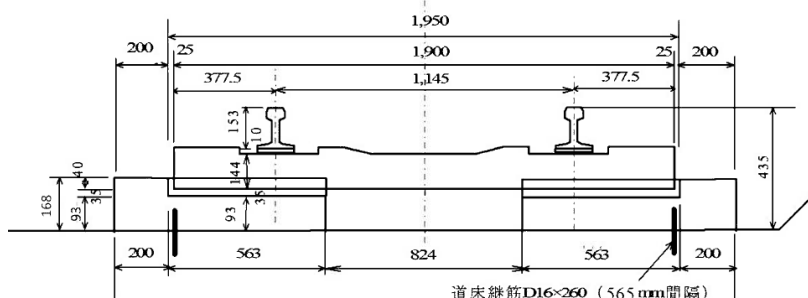


図1 軌道構造

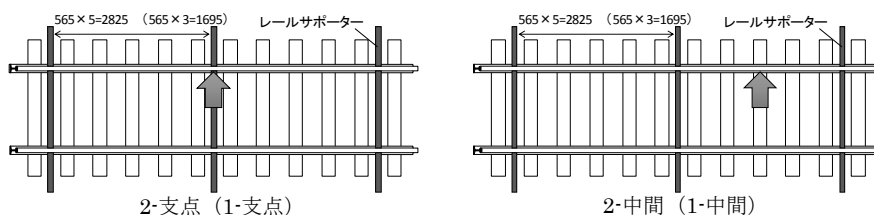


図2 解析モデル (レールサポーター間隔が 2.825m の場合)

表2 解析ケース

レールサポーター	载荷点	無し	2-支点	2-中間	1-支点	1-中間	1-中間8	1-中間9	1-中間10
無し	-	○							
有り (2.825m)	サポーター支点		○						
	サポーター中間			○					
有り (1.695m)	サポーター支点				○				
	サポーター中間					○	○	○	○
圧縮強度 (2h) N/mm^2		7	7	7	7	7	8	9	10

キーワード プレパックド工法, 防振軌道, 設計基準強度, レールサポーター

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野四丁目 11 番 1 号 東京地下鉄株式会社 銀座線工務区 TEL:03-3841-2923

3. FEM解析結果

(1) レールサポーターによる応力低減効果

解析結果のうち、レールサポーターが無い場合の最大主応力のコンター図を図3に示す。これを見るとまくらぎ端部の道床に最も応力が発生していることがわかる。この時の最大値をケースごとに示すと図4のとおりである。レールサポーターを2.825m間隔で設置した場合の支点部(2-支点)では、レールサポーターが無い場合(無し)と比較して、 $0.126/0.791=0.16$ (約1/6)に減少する。しかし、レールサポーターの中間部(2-中間)では、 $0.767/0.791=0.97$ とほとんど変化がないことから、2.825m間隔の場合、レールサポーターによる応力低減効果はほとんど期待できないことがわかった。

レールサポーターが1.695m間隔の場合の支点部(1-支点)では、 $0.127/0.791=0.16$ (約1/6)に減少し、中間部(1-中間)で、 $0.522/0.791=0.66$ (約2/3)に減少している。このことから、レールサポーターを1.695m間隔に設置すると、道床に発生する応力を低減できることがわかった。

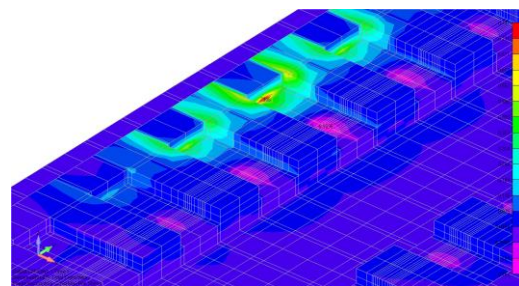


図3 最大主応力 コンター図(無し)

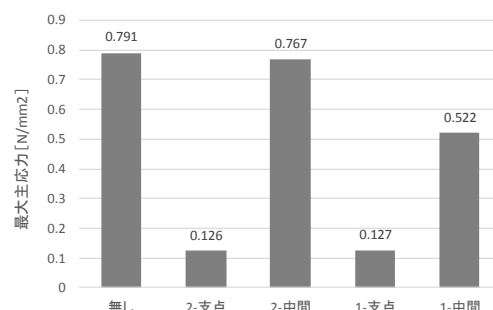


図4 最大主応力

(2) 応力照査結果

各ケースの照査結果を表3に示す。照査結果から無収縮モルタルの圧縮強度が7 N/mm²の場合(無し, 2-中間, 1-中間), 最大せん断力は所要性能を有しているが, 最大主応力については, レールサポーターがあっても所要性能を満足せず, 図3のようにまくらぎ端部の道床で曲げ破壊することがわかった。レールサポーター間隔が1.695mで, 圧縮強度が8 N/mm²以上の場合(1-中間8, 1-中間9, 1-中間10), 最大せん断力及び最大主応力のいずれも所要性能を満足する。このことから, レールサポーターを1.695m間隔で設置すれば, 設計基準強度を8N/mm²に下げることができる。

表3 各ケースの照査結果

Case	無し	2-中間	1-中間	1-中間8	1-中間9	1-中間10
曲げ引張応力 [N/mm²]	0.791	0.767	0.522	0.531	0.539	0.546
曲げ引張強度の限界値 [N/mm²]	0.55	0.55	0.55	0.62	0.70	0.78
軌道構造係数	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
照査値	1.60	1.55	1.05	0.94	0.85	0.77
判定	NG	NG	NG	OK	OK	OK
せん断応力 [N/mm²]	1.018	0.987	0.679	0.689	0.697	0.704
せん断強度の限界値 [N/mm²]	1.67	1.67	1.67	1.91	2.15	2.38
軌道構造係数	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
照査値	0.67	0.65	0.45	0.40	0.36	0.32
判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK

4. まとめ

レールサポーター支点部では道床にかかる応力を1/6程度に低減することができたが, 設置間隔が2.825mの場合, その中間部では, 応力の低減効果がほとんど無くなってしまう。一方, 設置間隔を1.695mにすれば, 中間部でも2/3程度に低減できることがわかった。また, レールサポーターを1.695m間隔に設置すると, 曲線半径160mのような急曲線でも2時間設計基準強度を8N/mm²まで下げることが可能であることがわかった。

今回は, 曲線半径が160mの急曲線で, まくらぎ端部の道床幅も200mmと条件が最も悪いケースを想定しており, 直線区間やまくらぎ端部の道床幅が200mm以上ある箇所では, 設計基準強度にさらに余裕があると考えられる。今後は, 曲線半径ごとに場合分けして施工方法を変更する等の検討を進めていきたいと考える。

参考文献 斉藤秀, 森田義人: 仮設バラスト表面に付着した粉塵による圧縮強度への影響評価, 土木学会年次学術講演会 2015.9