

長期仮設バラストを用いたプレパックドコンクリート道床敷設時の施工条件検討

東京地下鉄株式会社 正会員 ○羽場 鴻太郎
正会員 久保田 聡一
非会員 藤井 諒

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下、東京メトロという。）における既設軌道のコンクリート道床防振軌道化は、プレパックド工法による打設を標準としており 20 年以上の施工実績がある。近年の線形変更等を含めた改良工事の増加は、軌道整正を容易に行えるようにバラスト道床による仮設期間を長期化する傾向にある。仮設期間が長期化した場合は¹⁾、バラストに付着する微粉量が増加することで早期材令強度が基準を満たせず、モルタル注入前に新品バラストへ交換することや²⁾、一時的にレールサポーターを取り付けることが必要となる。本稿では、狭軌と標準軌の構造的な違いに着目し、工期及びコストの観点から、バラスト交換を行わない場合に必要となる敷設条件の違いを FEM 解析により明らかにしたので報告する。

2. 検討条件

本検討では、トンネル内防振まくらぎ直結軌道を対象とし、東京メトロの軌道条件を考慮して曲線半径は 160m から 900m に設定した。早期材令時における補強方法を比較するため、圧縮強度は材令 2 時間時での設計基準強度 9 割と仮定し、狭軌及び標準軌におけるレールサポーターを設置したモデルを 3 種類並びに道床肩幅を変化させたモデルを 3 種類作成した。これらに輪重と横圧をかけて、FEM 解析を行った。なお、各ケースにおける耐力は、最大主応力 σ_1 及び最大せん断応力 τ_{max} の照査値によって評価した。

3. FEM 解析結果

(1) 曲線半径と内外軌横圧差の検討

曲線半径と内外軌横圧差について図 1 に示す。著大荷重に対する照査の結果、狭軌の場合 $R=500m$ 、標準軌では $R=200m$ の時に内外軌横圧差が最大になることが分かった。このことから、狭軌及び標準軌では、それぞれ $R=500m$ 、 $R=200m$ の場合に道床肩部に作用する力が最大となる（図 2）。本検討では、主にこれらの曲線半径を用いてレールサポーター設置間隔及び道床肩幅の検証を行った。

(2) レールサポーター設置による効果

各軌間におけるレールサポーター間隔と最大主応力及び最大せん断応力に対する照査値について表 1 に示す。道床肩幅が 200mm で、材令 2 時間の場合、狭軌においてレールサポーターを 2.26m 間隔以下で設置すると、 $R=500m$ でも十分な耐力を示した。しかし、2.825m 間隔で設置すると、いずれの曲線半径においても最大主応力に対して耐力不足であった。標準軌においても同様に 2.26m 以下で設置することで、 $R=200m$ でも十分な耐力を示すことができた。一方で、 $R \geq 600m$ の場合、レールサポーター無しで十分な強度を発現できることが分かった。このことから、道床肩幅が 200 mm の場合、早期材令時においてはレールサポーターによる補強を 2.26m 以下の間隔で施す必要があり、標準軌においては $R \geq 600m$ の場合、レールサポーターの設置を省略できることが分かった。

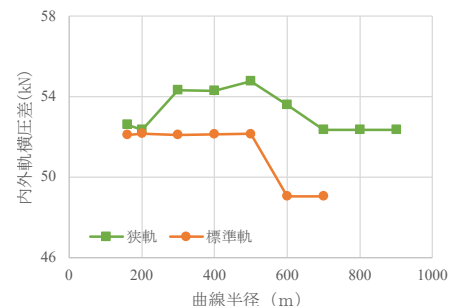


図 1 曲線半径と内外軌横圧差の関係

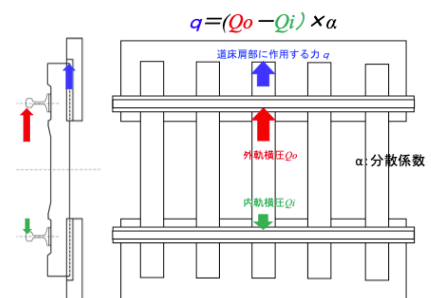


図 2 内外軌横圧と道床肩部に作用する荷重のイメージ

キーワード プレパックド、防振まくらぎ、標準軌、レールサポーター、道床肩幅

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野三丁目 19 番 6 号 東京地下鉄株式会社 TEL:03-3837-8084

表 1 レールサポーター間隔と照査値の結果

ケース	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
軌間	狭軌						標準軌				
材令	2時間										
曲線半径 (m)	160	500	500	800	800	900	200	200	200	200	600
道床肩幅 (mm)	200										
レールサポーター間隔 (m)	2.26	2.26	2.825	2.26	2.825	2.825	無し	1.695	2.26	2.825	無し
最大主応力 σ_1	0.54	0.555	0.671	0.536	0.645	0.645	0.66	0.642	0.535	0.437	0.623
照査値 (<1.0)	0.85	0.87	1.06	0.84	1.01	1.01	1.04	1.01	0.84	0.69	0.98
最大せん断応力 $\tau_{\max}$	0.696	0.72	0.865	0.688	0.825	0.825	0.853	0.829	0.695	0.572	0.801
照査値 (<1.0)	0.36	0.37	0.44	0.35	0.42	0.42	0.44	0.42	0.36	0.29	0.41

(3) 道床肩幅による効果

各軌間における道床肩幅別の最大主応力及び最大せん断応力に対する照査値を表 2 に示す。早期材令時において、道床肩幅 200mm では必要強度を確保できない条件であっても、道床肩幅 250mm 以上であれば必要な強度を満足することが分かる。

また、図 3 に示す道床肩幅をパラメータとした場合の曲線半径と最大主応力に対する照査値の関係より、道床肩幅が最大主応力に及ぼす影響は大きいと見て取れる。一方で、道床肩幅が同じであれば、曲線半径が照査値に与える影響は小さく、狭軌及び標準軌ともに曲線半径によって最大主応力は大きく変わらないことが分かった。しかし、図 4 に示す道床肩幅と照査値の関係から、照査値は道床肩幅にはほぼ反比例して減少しており、道床肩幅と最大主応力には反比例の関係性があることが分かる。FEM 解析の結果において、208mm 以上の道床肩幅を確保できればレールサポーターによる補強は不要であることが示された。

4. まとめ

圧縮強度が現行基準の 9 割を前提として、狭軌及び標準軌におけるプレパックドコンクリート打設時のレールサポーター間隔及び道床肩幅について検討することで、コンクリート道床の適切な施工条件を検証した。その結果、狭軌及び標準軌ともにレールサポーターを 2.26m 間隔以下に設置する必要があることが分かった一方で、標準軌においてはレールサポーターを設置する必要が無くなる条件を示すことができた。また、最大主応力は曲線半径と比べ、道床肩幅の影響を受けて変化しやすいことが推察できる。

今後、東京メトロではモルタル注入前に長期仮設バラストを用いた強度試験等を行い、より効率の良い施工方法を確立する。

表 2 道床肩幅と照査値の結果

ケース	1	2	3	4	5	6
軌間	狭軌			標準軌		
材令	2時間					
曲線半径 (m)	500	500	500	200	200	200
道床肩幅 (mm)	200	250	300	200	250	300
レールサポーター間隔 (m)	2.825	2.825	2.825	無し	無し	無し
最大主応力 σ_1	0.671	0.502	0.392	0.66	0.494	0.385
照査値 (<1.0)	1.06	0.79	0.62	1.04	0.78	0.61
最大せん断応力 τ_{max}	0.865	0.844	0.833	0.853	0.832	0.821
照査値 (<1.0)	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.42

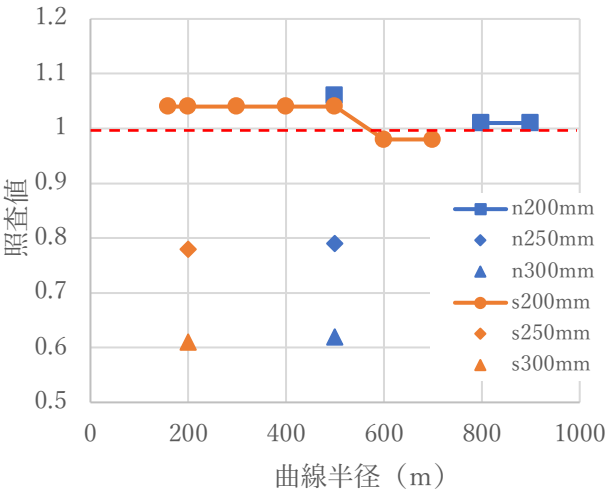


図 3 曲線半径と照査値の関係

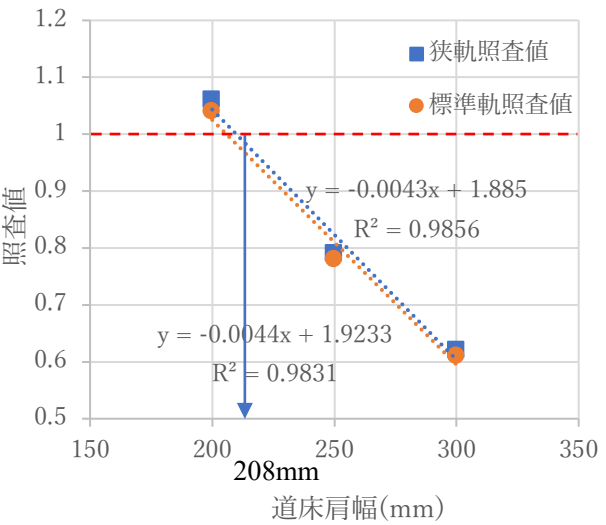


図 4 道床肩幅と照査値の関係

参考文献

1) 齊藤秀, 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, 土木学会第 70 回年次学術講演会, V-476, 2015
2) 阿部正和ほか: プレパックド工法の設計基準強度検証, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-130, 2017