

鉄道荷重を考慮した発砲スチロールによる路盤置き換えの検証

東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正会員 ○後藤 悦子

1. はじめに

東北本線長町駅構内の郡山関上こ道橋は、仙台市が進めている交通渋滞緩和対策による交差道路の拡幅計画に伴い、改築が計画されている。新橋は橋長 $L=43.5\text{m}$ の PC ランガー橋で、在来上り線、下り線、貨物上下線の 3 橋となる（図-1、図-2）。在来線（上下）の 2 橋の架替工事は、活線作業であることから、線路閉鎖及び市道交通規制を伴い一夜で横取架設を行う計画とした。桁の横取架設の際、既設橋台背面において、新ランガー桁が支障する部分の土砂撤去作業に大幅な時間を要することから、線路閉鎖間合及び交通規制等の計画予定時間を超えてしまうため、予め軌道下土砂を EPS（発砲スチロール）に置換し、人力により撤去する方法を採用することとした。本稿ではこれらの計画、試験施工及び実施工について報告する。

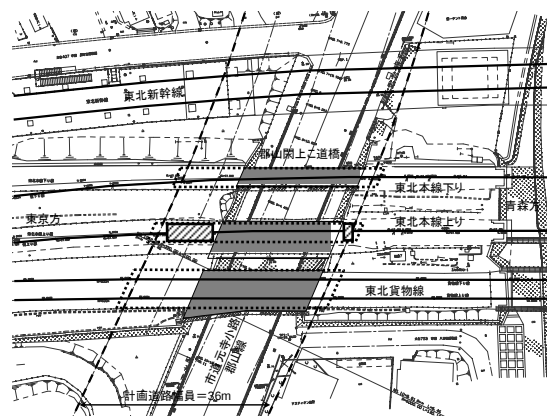


図-1 施工箇所平面図

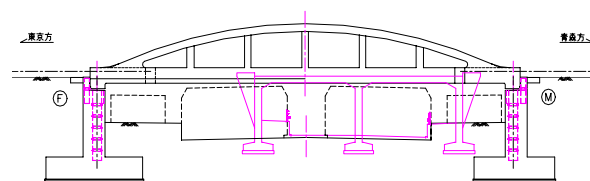


図-2 桁架設概要図

2. 路盤置換計画

2-1 施工条件

走行速度： $V=35\text{km/h}$ （徐行）、置換期間： $n\approx 3$ 週間、土質：盛土、レキが主体、線形：緩和曲線（ $R=400\sim$ 無限大）、軌道：バラスト軌道・60N レール

2-2 EPS の検討

(1) 構造について

鉄道における EPS 置換では、コンクリート柱+RC 床版を併用する構造が一般的であり、列車の乗り心地、軌道保守から定まる許容変位量をクリアさせる目的があるが、本件の場合には撤去を容易とする必要があることから、設置期間、徐行、置換層厚を考慮しコンクリート柱+RC 床版を設けない構造とした。

(2) EPS 材料特性

EPS ブロックを路盤材として用いる場合、密度は 16kg/m^3 以上が望ましいとされている。¹⁾ また、繰返し载荷に対する EPS の疲労特性については、一軸圧縮強度に対する動的载荷応力の比が 0.4 程度以下の場合、100 万回を超える载荷を行っても材料にひずみが蓄積されない結果が得られている。¹⁾ 今回使用する EPS ブロックの特性を表-1 に示す。

表-1 EPS ブロック特性

項目	特性値	要求される値
単位体積重量	0.45kN/m^3	0.16kN/m^3 以上
動的载荷応力	$280\text{kN/m}^2 (=700\text{kN/m}^2 \times 0.4)$	105kN/m^2 (列車荷重)

2-3 軌道の安定性

(1) 鉛直荷重

鉄道総研が行った動的载荷試験によると、20Hz で载荷する場合は路盤の動振幅量は 0.5mm 以下とすることが望ましいとしている。また、同試験では、周波数を 10Hz とした場合は、動振幅量が 1.0mm 程度でも軌道は崩壊しなかったことが確認されている。今回の施工箇所は近接する箇所まで道床土の置換えを行うことから、列車速度 35km/h の徐行運行を行う。この場合、载荷

表-2 载荷週波数及び動振幅

周波数は 10Hz 以下と考えられることから、動振幅量の許容値を 1.0mm 程度とした。表-2 に载荷周波数及び動振幅量を示す。

項目	使用荷重による値	要求される値
载荷周波数	5.9Hz (タキ車)	10Hz 程度
動振幅量	0.8mm (EA-17)	1.0mm 以下

(2)水平荷重

列車遠心荷重、車両横荷重、車輪横圧荷重による水平荷重に対して滑動照査を行った。EPS 路盤置換断面は、道床・バラストマット・EPS・敷砂の層構造となるため、それぞれの摩擦特性より各層の横抵抗力を算出し、安全率により評価した。EPS と敷砂及び EPS と EPS の摩擦特性については、既往の研究結果より算定²⁾、EPS とバラストマットおよびバラストマットと道床バラストの摩擦特性については過去の高架化事業施工実績により安全率は確保されていると考えられる。³⁾今回の施工は、EPS 置換期間が 2 週間程度と短く、35km/h で徐行運行することから「仮設」と考え、安全率は 1.5 を確保する。表-3に滑動照査結果を示す。

(3)道床横抵抗

EPS 路盤置換の際には、道床を緩めることから、置換完了復旧後に所定の道床横抵抗力 500kgf/m を確保する必要がある。過去の実績より、道床を戻した後にソイルコンパクターにより転圧することで、所定の道床横抵抗を確保できるものと想定した。

表-3 滑動照査結果

項 目	作用荷重による値	要求される値
EPSと敷砂	1.64	1.5以上
EPSとEPS	1.97	1.5以上
EPSとバラストマット	1.5(施工実績より)	1.5以上
バラストマットと道床バラスト	1.5(施工実績より)	1.5以上

3. 試験施工

EPS の路盤置換については、過去の施工実績により確立されつつあるが、実施工に先立って試験施工を行い、沈下量、滑動抵抗性、道床横抵抗力について確認する。また、実施工では、夜間の限られた線路閉鎖間合いで作業するため軌道整備等の施工性の確認も行った。

3-1 試験方法

作業ヤード内においてモデル施工を行い、モデル載荷試験を実施する。載荷の種類は①EA-17 相当荷重 (170kN) ②衝撃係数 1.5 (255kN) ③水平載荷 (横抵抗確認 26kN, 39 k N) ④軌道の横抵抗試験の 4 項目とした。また、軌道整備試験として、バラストの突固めを再現し、EPS 上における軌道整備の確認をする。

3-2 試験結果

- (1)鉛直載荷：荷重除荷時のレール鉛直変位は 1.0mm であった。これは、軌道整備基準値の静的値 24mm を十分満たしていた。また、EPS の動振幅量は 0.9mm であり、許容値の 1.0mm 以下を満たしていた。
- (2)水平載荷：荷重除荷時のレール水平変位は 0.4mm であった。これは、軌道整備基準値の静的値 24mm を十分満たしている。バラスト及び EPS は除荷時に残留変位が残るが、各層間での滑動は見られなかった。
- (3)道床横抵抗力：5 回の転圧の結果、3 回測定中の最小値は 525kgf/m であり、基準の 500kgf/m を満たした。
- (4)軌道整備確認：タイタンパー及びソイルコンパクターにより軌道整備を行ったが、バラストが踊りだすことなく、転圧状況も良好であった。また、転圧時間も通常作業と変わらないことが確認できた。

4. 実施工

施工範囲は、上り線桁の両端部 2 箇所において 40m³の置換えとなる。ブロック状の EPS を組合せることから、継目箇所が弱点とならないよう千鳥配置とし固定した。EPS 設置の 1 日の作業時間は約 2 時間程であるため、バラスト・路盤の掘削～埋戻しまでの作業内容から、1 日約 5m³ずつ置換を行った。また、リスク管理、サイクルタイムの検討をし、作業中止基準を設定することで無理のない安全計画を行った。施工後は軌道検測、横抵抗力の測定を行ったが、いずれも基準値を満たしており、施工は良好であったといえる。

5. おわりに

本工事の桁架設にあたり、EPS による路盤置換を用いたことで、工程及び作業性能の課題をクリアすることができた。本報告における施工計画が、今後の橋りょう改築の施工計画の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 鉄道総研 館山室長著「鉄道盛土への発泡スチロールの適用性」1990 年 12 月
- 2) 発泡スチロール土木工法開発機構「EPS 工法 設計・施工基準書」2005 年 5 月
- 3) 鉄道総研 館山室長著「鉄道における軽量盛土」2004 年 12 月