

## エレメント掘進時における軌道隆起の原因と対策

JR 東日本 構造技術センター 正会員 ○福島 啓之, 清水 満, 齋藤 貴

### 1. はじめに

線路下に道路などの横断構造物を構築する工法として、線路上から土を掘削し構造物を構築する開削工法と横から土を掘削し構造物を構築する非開削工法がある。このうち非開削工法は、軌道防護工を地中に施工し、防護工下で本体構造物を構築する工法あるいは防護工を押し出しながら本体構造物に置き換える工法がとられていた。しかしながら、防護工下の掘削、防護工を押し出す段階等において、路盤陥没や軌道変状等のトラブルが多く発生していた。

このため、防護工をそのまま本体利用し、線路下で行う作業を最小限にし、本体構造物が完成してから内部を掘削することにより、仮設状態での掘削を不要とし、線路下横断工事の安全性を高めることを目的に JES 工法 (Jointed Element Structure Method) を開発した (図-1)。JES 工法は、従来の工法と比較して軌道変状リスクが大幅に軽減された工法であり、平成 11 年以降 50 件以上の施工実績を重ねてきた。しかし、軌道変状リスクが全く無くなった訳ではなく、最近になり軌道変状による輸送障害が連続的に発生した。本稿では、軌道変状が生じた一つの事例をもとに、再現実験を行ない軌道変状の原因と対策について報告する。

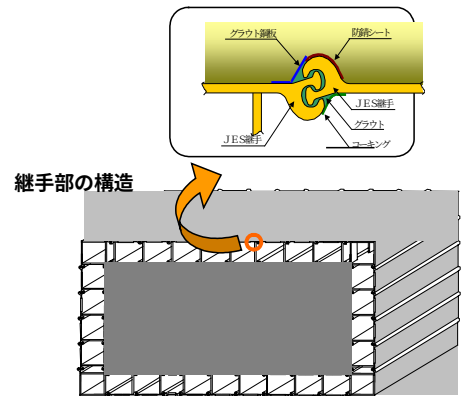


図-1 JES 工法概要図

### 2. 軌道変状事例の概要

本事例の工事概要<sup>1)</sup>は、線路本数が合計 6 線の直下に、JES 工法により角型鋼管エレメント (口径 1000mm×850mm, 延長 29.2m) を推進し、トンネル部分 (1 層 2 径間) を構築するものである。

軌道変状は、線路閉鎖間合い中の上床版エレメント推進中に約 40mm の軌道隆起を生じたものである。当該現場の上床版エレメントの施工位置は盛土であり、盛土内には多くの支障物 (レンガ片や石積み土留め等) が確認されていた。このため、事前に支障物を撤去し、埋戻し時には軌道防護を兼ねて路盤改良を行っていた。その後、施工上の手戻りが生じ、改良体の一部を取壊し、再構築を行っていた。輸送障害発生後に、軌道変状箇所付近で試掘を行った際の路盤改良体の状況を写真-1 に示す。改良体には無数のひびわれが発生していた。

本事例で使用した路盤改良材は、透水性スラグモルタルで水砕スラグを主成分とし、初期強度および長期強度を安定させるために特殊固化材を配合した路盤材を使用した。設計では、道床下約 80cm の深さを  $0.2 \sim 2.0 \text{ N/mm}^2$  で改良し、刃口で改良体下側を削りながら掘進する計画であった。現地でのコア採取結果 (10 箇所, 41 供試体) では、改良体の平均強度が  $0.63 \sim 7.41 \text{ N/mm}^2$  であり、材齢の違いにより強度自体のばらつきが確認された。

### 3. 再現試験

改良強度の異なる不均一な路盤状況下のエレメント推進における軌道変状メカニズムの解明のため、当該現場において、線路閉鎖間合いにて上床版エレメント推進を行う再現試験を実施した。なお、上床版エレメント直上のバラストをてっ去し、目視にてエレメント推進時の路盤挙動の確認およびエレメント推進力の計測を実施した。

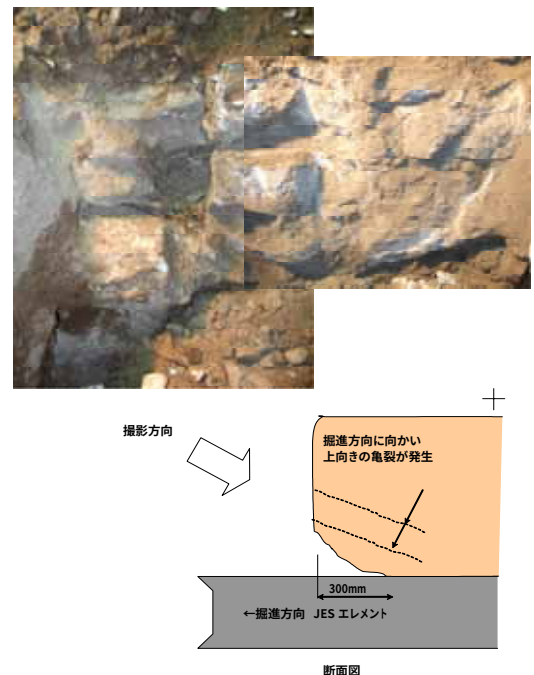


写真-1 試掘時の路盤改良体の状況

キーワード 線路下横断工, 軌道隆起, 安全性

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 東日本旅客鉄道 (株) 建設工事事部 構造技術センター TEL03-5334-1288

## (1)試験結果

改良強度の異なる不均一な路盤状況下で、エレメント推進を行った試験結果を以下に示す(図-2)。

- a) 刃口が高強度の改良体に到達した。
- b) 高強度の改良体に隣接して低強度の改良体が存在していた。
- c) 高強度の改良体は、低強度の改良体が刃口進行方向に存在するため、反力が確保できず、刃口の推進に伴い前方に押し出された。
- d) 押し込まれた高強度の改良体は、上部の路盤を動かし隆起に至った。隆起量は30~45mmであり、路盤にひび割れが発生した(写真-2)。なお、再現試験時のエレメント推進量は42mm、推進力は1,100~1,400kN程度であり、ほぼ計画推進力内に収まっていた。また、推進時に排土はなかった。

## (2)軌道変状原因の推定

本事例における路盤変状について、再現試験結果を踏まえ、以下のように原因を推定する。

- a) 軌道防護のため実施した路盤改良は、品質管理が困難な材料を用いたことにより、改良強度にばらつきを生じた。
- b) 支障物てつぐに伴い再構築した改良体は、上床版エレメントの掘進を考慮し他の部分に比べ改良体強度が低く、面的に強度が不均一な小ブロック状となって存在することとなった。
- c) 土砂の取込み不足が生じた状態で推進を続けた結果、オーガー前面の土砂を押し、上方の硬い小ブロックの改良体を押し上げながら推進したことにより軌道が隆起した。
- d) 隆起量(約40mm)が想定以上に大きかったため、線路閉鎖時間内に適切な軌道整備を行うことができなかった。

## 4. 施工方法の改善

今回の輸送障害に伴い工事中止期間が約2ヶ月に渡り、工期への影響が懸念された。不均一な路盤改良体直下および支障物が懸念される地山でのエレメント推進では、今後の施工においても今回と同様な軌道変状が生じることは明らかであり、工程確保の面からも施工方法の改善を行うこととした。具体的には機械掘削から地山を確認しながら施工可能な人力掘削に変更し、さらに残りの上床版エレメント幅を通常の倍の大きさ(Wエレメント)とし、併せて推進するエレメント刃口近傍の軌道の重点監視を行うことにより、現在順調に施工を進めている。

## 5. まとめ

本事例における軌道変状原因の推定のため、現地で路盤面を目視確認できる状態で、上床版エレメント推進による再現試験を行い軌道隆起のメカニズムの検証を行った。検証の結果、不均一な路盤改良および埋戻しに起因する想定外の軌道隆起に対し、線路閉鎖時間内に適切な軌道整備を行えなかったことが軌道変状原因であることが明らかになった。また、今回の事象は、JES工法以外の線路下横断工法においても、不均一な路盤改良体下にパイプルーフ等の軌道防護工を挿入する際には、一般的に起こりうる事象であり注意が必要である。

JES工法は、工法開発以降、着実に施工実績を上げているが、施工現場では想定し得ない新しい事象が常に数多く存在する。これらに対して、適切な検討や対策がなされていない場合は、本稿で述べたような軌道変状が発生する可能性がある。したがって、トラブル事例から今後の対策を導き出すことは、当該工法の安全性を高めるためには必要なことである。今後も、JES工法の安全性を更に高めるために、様々な視点から取り組んでいきたい。

## 参考文献

- 1) 清水満, 齋藤貴, 末松史朗, 鈴木尊, 桑原清: 線路下横断工事の安全性の検証, トンネル工学報告集第16巻 / pp.493-498, 2006.11

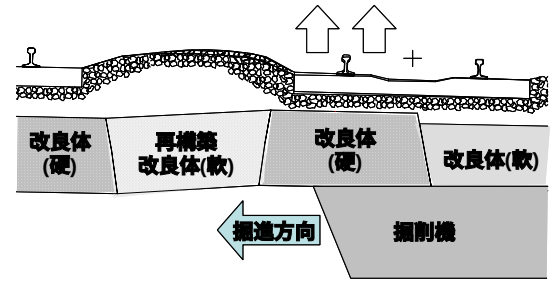


図-2 軌道変状メカニズム

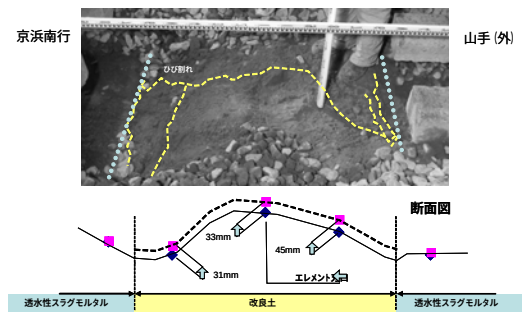


写真-2 再現試験時の路盤部ひびわれ発生状況