

太平寺こ道橋新設における HEP&JES 工法の急速施工の実施について

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○高橋 正晴
東日本旅客鉄道(株) 正会員 玄順 貴史

1. はじめに

本工事は、東北本線南福島・福島間の福島市太平寺において、都市計画道路小倉寺・大森線が東北本線、東北新幹線、市道下を横断するもので、東北本線下は JES 函体、東北新幹線下と市道下を RC 函体で構築するものである。

2. HEP&JES工法の概要

HEP&JES 工法は、HEP (High Speed Element Pull) 工法と JES (Jointed Element Structure) 工法を組み合わせたものである。HEP 工法は鋼製エレメントの先端に掘削装置を取り付け、その掘削装置に直結された PC 鋼線を、到達側のけん引装置でけん引することによって、鋼製エレメントを線路下の所定の位置にけん引・掘進する工法である。

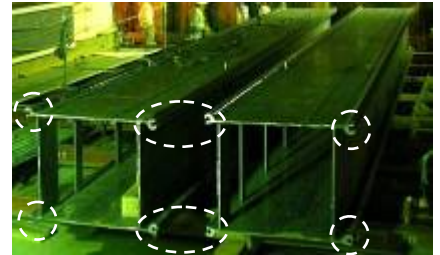


図 1. JES エlementと JES 継手

一方、JES 工法は JES エlement (標準断面：850mm×850mm) と呼ばれる特殊な継手 (図 1) を有した鋼製エレメントをつなぎ合わせていくことで、線路下等に非開削で構造物を構築する工法である。同工法は線路を破線する必要がなく、線路下等のアンダーパス工事を高い精度で安全に施工することができる反面、線路閉鎖を行ってエレメントを挿入するため工期が長くなるという課題がある。通常、列車間合いが短く、夜間の作業時間が十分に確保できない場合、複線線路下の機械によるけん引・掘進に 1 本あたり 7 日程度を要している。

3. 施工概要

今回、各種対策を施した上で、JES 函体上部を構成する上床版エレメント (長さ 11.6m、掘進延長 10m) の機械掘削によるけん引・掘進時間を大幅に短縮する試みを行った。具体的には、1 晩の線路閉鎖の間合い (上下線合計で約 3.5 時間) のみでエレメント 1 本 (掘削延長 10m、けん引長 13.6m) を施工、すなわち 1 晩に 1 エlementを施工することを目標とし、上床版エレメント 21 本中、掘削に支障する障害物が認められなかった東京方 5 本、青森方 9 本の計 14 本のエレメントを対象とした (図 2)。

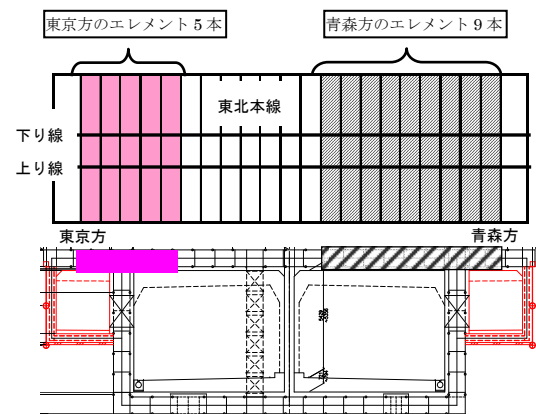


図 2. エlement割付図 (断面図・平面図)

4. 急速施工における工夫

1 晩で 1 エlementを施工するためには、軌道への影響を最小限にしながら、最高 100mm/min 程度の速度で掘削・けん引・排土する必要があったため以下の対策を行った。

(1) 軌道隆起対策

軌道隆起対策として、けん引中は施工箇所直上のバラストを約 10cm すき取り、けん引終了後に復旧した。施工中に現場を通過する列車に対しては枕木間を仮受し、45km/h の徐行措置をとった。また、線間にプリズムを取り付け、トータルステーションで連続的に計測することで刃口通過時の地盤の挙動を監視した。

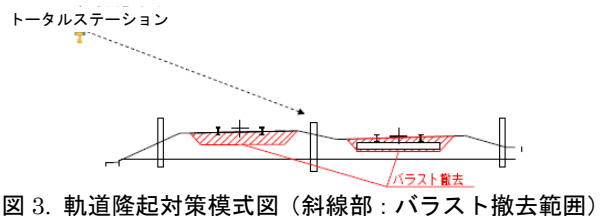


図 3. 軌道隆起対策模式図 (斜線部：バラスト撤去範囲)

(2) 軌道防護

列車荷重によるレールのたわみを抑えるため、レールを両側から挟み込み、締結装置で固定するレール補剛桁を施工箇所直上の約 30m に渡って設置した (図 4)。

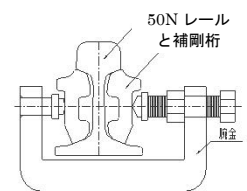


図 4. 補剛桁

キーワード HEP&JES, 上床エレメント, 急速施工, 掘削, 地盤変位, 地盤

連絡先 〒980-8580 仙台市青葉区五橋 1 丁目 1 番 1 号 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 TEL 022-266-3713

(3) 軌道の通り狂い対策

エレメントのけん引においては、エレメント上部の路盤の共引きが懸念された。そこで、上り線部分の防護として、エレメント上側にフリクションカットプレート（FC プレート、 $t=6\text{mm}$ 、 $L=5.4\text{m}$ ）を取り付け、上り線通過後に切り離し、上り線直下に FC プレートを存置することにより、上り線の軌道への影響を抑えた（図 5）。また、下り線部分の防護についてはエレメント上部と FC プレート上部に摩擦低減材を事前に塗布し、下り線直下の地盤とエレメントとの抵抗を低減させた。

(4) 刃口での掘削土取込みににおける工夫

青森方のエレメントについては従来型の掘削機械（図 6）を用い、けん引速度（平均・最大）、けん引力、カッタートルク、カッター回転数、排土状況、路盤面の変状状況を計測した。東京方のエレメントについては、スクリューを 1 ピッチ前方に出し、掘削土を取り込み易くした急速施工タイプの掘削機械（図 7）を使用し、掘削機械の違いによる比較を行った。

(5) 掘削土の剥離性を高めるための対策

100mm/min のペースで掘削した場合、スクリューおよびベルトコンベアの必要搬送土量は $7.52 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、設備的には十分な余裕があった。しかし、当該地盤が粘性土であり、エレメント内に搬送された掘削土のスクリューからの剥離がうまくいかず、機械が有する掘削能力を発揮できない可能性があった。そこで、スクリューからの剥離性を高めるために刃口で掘削土に水を添加し、さらに、ベルト上にうまく排土されるよう、ベルトコンベアにガイド用の鋼板を取り付けた。

(6) 立坑から残土仮置場への掘削土排出に関する対策

エレメント 1 本あたりの搬出土量は 8.84 m^3 であり、連続して排出された場合、排土が処理しきれなくなることが予想されたため、排出された掘削土をベルトコンベアで立坑背面まで運搬後、立坑内の土砂ピットに排出し、ピットからはバックホウでダンプトラックに積み込み、残土仮置場まで運搬することとした。

5. 急速施工の結果について

以上の取組みによって工期短縮率は表 1 のとおりとなった。改良型の掘削機の方が短縮率が低くなっているが、これは工程全体で見た場合であり、待機時間を差引いた実際の掘削に要した時間で比較すると、短縮率は改良型の掘削機を用いた方が 4% 高い結果となった。（表 2）

さらに、現場の地盤が粘性土で十分な自立性があったこと、エレメントの接続作業が不要だったことも、1 晩に 1 エレメントを施工するという目標を達成できた大きな要因であると考えられる。けん引速度については改良型（東京方のエレメント 5 本に用いた掘削機）を用いた場合が平均 $73.5\text{mm}/\text{min}$ 、従来型の掘削機（青森方のエレメント 9 本に用いた掘削機）を用いた場合が $72.7\text{mm}/\text{min}$ と大きな差は見られなかったが、最大けん引力については改良型が平均 462.9kN 、従来型が平均 507.8kN であり、改良型の方が掘削に要するけん引力は小さかった。これは、リボンスクリューを刃口前方へ 1.5 ピッチ延伸した効果であると推測される。設計けん引力は $1,002\text{kN}$ であり、概ね設計けん引力の 40～60% の力で掘削することができた。

6. おわりに

今回の実績では、1 本/日という当初の目標を達成することができた。しかし、前述した様々な対策を現場状況に合わせて十分に検討・実施したうえで実現できたものであり、他の現場への急速施工の適用にあたっては、地盤、施工条件等十分検討した上で、かつ関係機関との入念な打合せのもと行っていく必要がある。

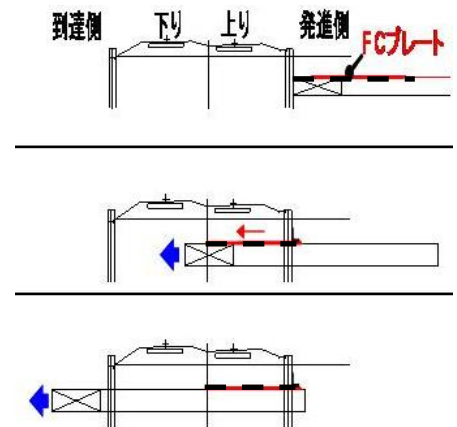


図 5. エレメント・FC プレートの模式図
(点線部が FC プレート)



図 6. 従来型の刃口



図 7. 改良型の刃口

表 1. 青森方と東京方との工程比較

	計画	実績	短縮率
青森方(従来型)	33日	23日	30.3%
東京方(改良型)	17日	14日	17.6%

表 2. サイクルタイムの比較

	計画	実績	短縮率
青森方(従来型)	865分	542分	37.3%
東京方(改良型)		508分	41.3%