

玉石混じり地盤における HEP&JES 工法の工期短縮と軌道変状対策に関する一考察

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○福本 守 中橋 寛明 出向井 雄一
大鉄工業・鉄建建設特定建設工事共同企業体 正会員 井崎 光彦

1. はじめに

北陸新幹線白山車両基地建設に伴い、JR 北陸本線と平面交差している市道宮保開発線は、線路下に HEP&JES 工法による道路ボックスを構築（宮保開発線 Bv 工事）し、アンダーパスに付替える計画となっている（図-1）。

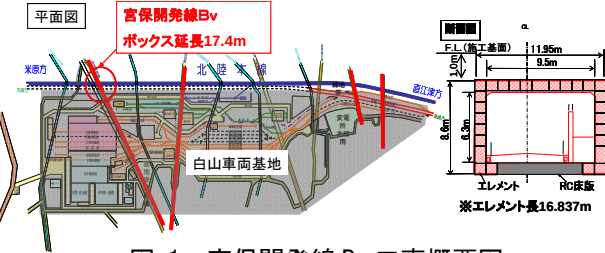


図-1 宮保開発線 Bv 工事概要図

白山車両基地建設関連工事は、北陸新幹線開業に向け工期が非常に厳しい状況にあり、宮保開発線 Bv 工事についても工期短縮が命題となっている。また、本工事で施工する地層は、表層部 1m 程度の粘性土層以外は最大 500mm 程度の玉石～75 mm の石分を含む砂礫層が続いており（図-2）、エレメント掘進は全て人力施工とすることを余儀無くされた。特に、上床エレメントは夜間の概ね 100～170 分間の列車間合いでの施工となるため当初計画で約 5.5 カ月、全体工期の 20% 弱を占めており、上床部施工計画見直しによる工期短縮が必要不可欠となっていた。

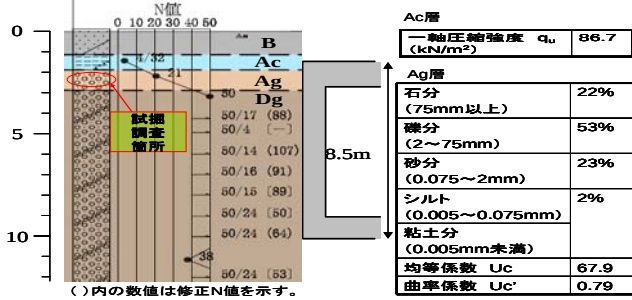


図-2 宮保開発線 Bv 工事地質条件

本稿では、宮保開発線 Bv 工事の上床版施工における工期短縮策・軌道変状対策とその施工実績を報告する。

2. 当初計画の課題

本工事では当初、高さ 850 mm×幅 1035 mm の標準管を牽引工法 (HEP 工法) で施工するように考えていた。しかしながら、試掘によって確認された地盤は最大粒径 500 mm の石分 (粒径 75 mm 以上) を約 22% 含む砂礫層が大半を占

めていた。これに対して基準エレメント牽引用の PC 鋼線を事前に挿入する作業の精度確保や、切刃に当たった玉石の除去やその搬出等の施工ロスの抑制が工期短縮の重要な要素であり、これらの対策に取り組むこととした。

また、JES 継手嵌合部へのグラウト注入等の JES 継手処理が約 1 ヶ月かかるため、この短縮も併せて検討した。

3. 工期短縮計画の検討

3-1 工期短縮計画案の策定

前章の課題に対し、標準管の倍幅 (2070mm) のエレメント (以下、Wエレメント) を採用してエレメント 1 本あたりの掘削量の倍増、玉石のエレメントへの支障リスクの低減、JES 継手数の半減を図ることで、エレメント掘進作業および JES 継手処理作業を概ね半減する計画を検討した。また、基準エレメントを推進工法とすることで、事前の PC 鋼線挿入作業を不要とした。

さらに、Wエレメントの採用に付随して発生した以下の課題解決に向けて上床エレメントを全て推進工法で掘進することとした。

- ・エレメント断面拡大に伴うローリング増大傾向の抑制
- ・掘進反力増大に伴う線路路盤の変状リスクの払拭

上床エレメントの掘進を全て推進工法とすることで、当初は牽引装置が干渉して実施できなかった基準エレメント両隣の Wエレメントの同時掘進も可能となった。

以上の工期短縮に向けた変更計画と当初計画のエレメント配置計画の比較を表-1 に示す。

表-1 当初計画と変更計画比較

	当初計画	変更計画
	標準エレメント	Wエレメント
施工方法	上床版エレメント本数 基準管: 1本 標準管: 8本 隅角管: 2本 ※上床版掘進は全て牽引工法 (HEP 工法)	上床版エレメント本数 基準管: 1本 (変更なし) Wエレメント (標準管部): 3本 Wエレメント (隅角管部): 2本 ※上床版掘進は全て推進工法

なお、列車徐行計画ならびに薬液注入工の計画については以下の理由により当初計画どおりとした。列車徐行計画については、運行ダイヤの制約から上床部の施工時に限り 80km/h の徐行とした。また、薬液注入工について

キーワード 線路下横断工法、JES 工法、ダブルエレメント、推進工法

連絡先 〒920-0031 石川県金沢市広岡 3-1-1 金沢パークビル 5 階 西日本旅客鉄道(株) 大阪工事事務所 金沢工事務所 TEL 076-200-9100

は、表層部の粘土層が 86. 7kN/m² の強度を有し比較的自立性がよいため、上床版部には施工せず、側壁エレメントの鏡切り部、側壁エレメント周辺、底版部のみとした。

3-2 工期短縮計画案実施に向けた課題と対策

前項で掲げた変更計画案の課題のうち、掘進反力増大に伴う線路路盤変状リスクについては上床エレメント掘進を全て推進工法に変更することで払拭できた。残る変更計画案の課題（エレメント掘進精度および軌道変状面に関する）については、表-2 に示す対策を実施した。

表-2 変更計画案実施に向けた課題と対策

課題	対策
断面拡大による軌道・路盤変状	・簡易工事桁の設置 ・即日裏込め注入の実施
断面拡大によるエレメントのローリング	・人力での掘り方調整(ソリ設置等)により防止
基準エレメント両隣Wエレメント同時掘進時の軌道・路盤変状	・2本の同時掘進中のエレメントの切羽を延長2m以上ずらして施工

エレメント断面拡大による軌道・路盤変状リスクについては、「軌道沈下に対する検討（円弧すべりの検討）¹⁾」ならびに「軌道通り変位に対する検討¹⁾」を事前に行った結果、図-3 に示すようにいずれも所要安全率を満足する結果となった。しかしながら、基準エレメント両隣Wエレメントの同時掘進を行った前例がないことも考慮し、補助工法として簡易工事桁を設置することとした。

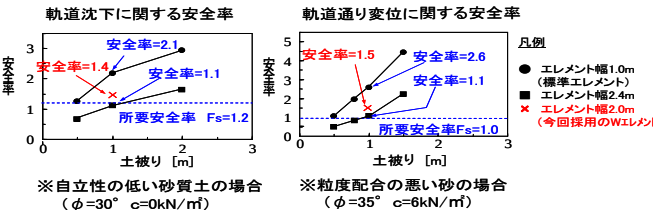


図-3 軌道沈下・通り変位に関する安全率

4. 変更計画の効果検証

4-1 工期短縮効果の検証

計画変更実施の工期短縮効果は以下のとおりである。

- ・Wエレメント 1 本あたりの掘削量の増加・JES 継手処理数の削減効果：▲1.5 ヶ月
- ・牽引工法から推進工法への変更による、事前P C鋼線挿入作業の削減・2 班同時掘進作業効果：▲0.5 ヶ月

上記 2 点を併せて当初計画 5.5 ヶ月所要の作業を 2.0 ヶ月短縮（短縮効果 36%）することができた。

また、上床エレメントの掘進を全て推進工法とすることで到達立坑側ではエレメント牽引関連作業を無くすことができ、同時期の薬液注入工が可能となり、約 1 ヶ月間の工期短縮を実現できた。

4-2 エレメント精度確保・軌道変状対策効果の検証

(1) エレメント掘進精度確保に関する効果の検証

本工事で施工したWエレメントのうち、ソリ設置等の

掘進時における精度補正処置を講じていないWエレメントの掘進精度結果を表-3 に示す。上床Wエレメントのローリング値は最大で 15mm であり、全て表-3 に示す許容値(33mm)範囲内であり、良好な精度を確保できた。

表-3 Wエレメント掘進精度結果

	設計値 (エレメント上面レベル) T.P. (m)	エレメント左側上面レベル		エレメント右側上面レベル		ローリング (mm)	通り (+:右) (mm)
		実測(T.P.(m))	偏差(mm)	実測(T.P.(m))	偏差(mm)		
到達坑口左側	15.761	15.784	23				3
到達坑口右側	15.751	15.773	22	15.769	18	4 右	7
到達坑口+4m	15.711	15.722	11	15.707	-4	15 右	6
到達坑口+8m	15.671	15.669	-2	15.665	-6	4 右	2
到達坑口+12m	15.631	15.627	-4	15.626	-5	1 右	4
到達坑口左側	15.593	15.598	5				3
到達坑口右側	15.583			15.593	10		

(2) 軌道変状対策効果の検証

路盤変状対策として、エレメント掘進時点で切羽位置を 2m以上ずらし、施工日毎の作業終了時点でエレメント上面への裏込め注入した結果、基準エレメント直上の線間の路盤沈下は最大で 23mm に抑制できた。これは Jeffery の 2 極座標系による沈下計算式から事前に推定した沈下量 (=36.9mm) の 62%程度であり、今回の対策工による一定の効果があつたものと考えられる。

しかし、隅角部エレメント直上の線間の路盤は最大で 35mm 沈下しており、事前の推定沈下量 (=33.6mm) の 104% となった。これは、隅角部エレメントの下面 JES 継手部を包含する断面で掘削したことによる支持地盤に残る空隙がひとつの原因であると考えられ、掘進精度は十分確保できているものの今後改善の余地があると考えられる。

軌道変状対策としては、自動計測器による 24 時間体制の監視を行う中で、高低・通り±8mm（または 1 作業日中の高低・通り変状値±5mm）を作業中断・軌道整備の基準値とした。実施工では、工期・安全確保のため高低・通り±4mm を警戒値としてむら直し・小通り直しを行うことは全作業日の 6 割程度あつたものの、上記路盤変状対策ならびに簡易工事桁設置の結果、作業中断・軌道整備を実施する基準値に到達するには至らなかった。

5. おわりに

大幅な工期短縮を要していた本工事に対して、本稿における工期短縮施策の実施により、北陸新幹線開業を実現可能な工程で安全に進捗することができた状況となった。今後は、この工程を着実に推進し、北陸新幹線開業の実現に向けて尽力する所存である。

末筆ではありますが、本稿執筆にあたりご協力いただいた関係者の皆様に心よりお礼を申し上げますとともに、本稿が地下構造物の施工計画の一助となれば幸いです。

【参考文献】

- 1) 非開削工法設計施工マニュアル 2009 年 7 月 東日本旅客鉄道株式会社