

狭小長大カーブトンネルでの連続ベルトコンによる急速施工・仮設備の改善

Continuous Belt Conveyor System for Faster Small-Bore Long-Curve Tunneling and Temporary Equipment Improvement

塩満剛治^{※1} 菅原健^{※1} 神宮将夫^{※2}
Goji Shiomitsu Ken Sugawara Masao Jingu
田畑壮典^{※3} 脇本学^{※1}
Sousuke Tabata Manabu Wakimoto

【要旨】

県道12号原町川俣線八木沢トンネルは、福島県南相馬市原町区と相馬郡飯館村を結ぶ延長2,345mの山岳道路トンネルである。本トンネルの特徴は、①曲線R=500m区間が約680m続き緩和曲線を含めるとカーブ区間が約1,000mとなる長大カーブトンネルであること、②縦断勾配が上り4.5%であること、③掘削断面積が約57m²と小さいことである。このため、トンネル坑内の安全性向上を目的に、運搬方式に連続ベルトコンベヤ方式を採用した。本稿で連続ベルトコンベヤ方式での施工方法、および仮設備の改善について報告する。

【キーワード】 連続ベルトコンベヤ方式 長大カーブ 上り勾配 急速施工 仮設備

1. はじめに

県道12号原町川俣線は、福島県南相馬市原町区を起点として伊達郡川俣町に至る延長41.1kmの路線であり、川俣町から一般国道114号を経由して、相双地域と県北地域を結ぶ東西軸の幹線道路である。東日本大震災による原発事故により避難指示区域等の復興と避難住民の帰還を加速させるため「ふくしま復興再生道路」として重要な役割を持つ路線として位置づけられており、交通量が1.6倍に増加している。

八木沢トンネルは、急勾配や急カーブが連続する八木沢峠を貫く延長L=2,345mの工事であり、冬期に多発するスリップ事故、および異常気象による通行止めを回避し、円滑な交通確保を目的に建設が行われている。

八木沢トンネルの位置図を図-1に、トンネル施工場所の航空写真を写真-1に示す。

トンネルの線形は、縦断勾配上り4.5%、曲線R=500m区間が約680m続き、緩和曲線を含めるとカーブ区間が約1,000mとなるため、工事車両の運行は視界が悪く、スピード超過による坑内ぎりぎり運搬時の接触災害、路盤の泥濘化が懸念された。このため、掘削土砂（またはズリ）運搬方式に連続ベルトコンベヤ方式を採用し、坑内の安全性向上、工期短縮を図ることとした。

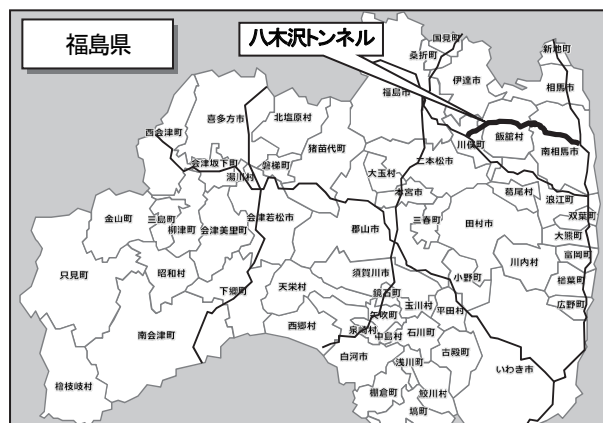


図-1 位置図



写真-1 トンネル施工場所の航空写真

1. 東北支店 八木沢トンネル作業所 2. 東北支店 岩井トンネル作業所 3. 東北支店 宮古磯崎トンネル作業所

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。図-2に本トンネルの標準断面図を示す。

工事名：道路橋りょう整備(再復)工事(トンネル)

発注者：福島県 相双建設事務所

施工者：飛鳥建設株式会社

施工場所：福島県南相馬市原町区大原地内
～相馬郡飯館村八木沢地内

工期：平成25年10月15日～平成29年11月22日

トンネル施工延長：2,345m

掘削断面積：56.9～89.1m² (非常駐車帯)

掘削方式：発破掘削方式

運搬方式：連続ベルトコンベヤ方式

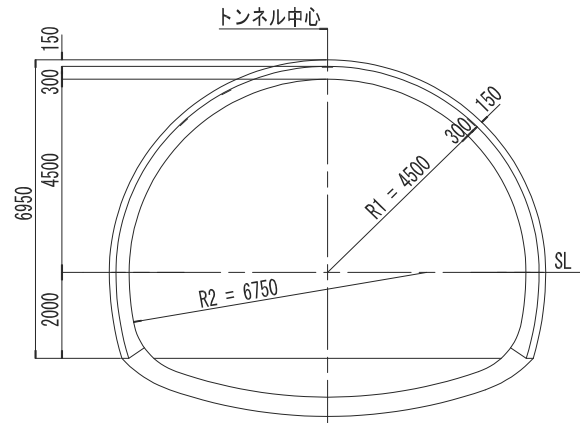


図-2 標準断面図

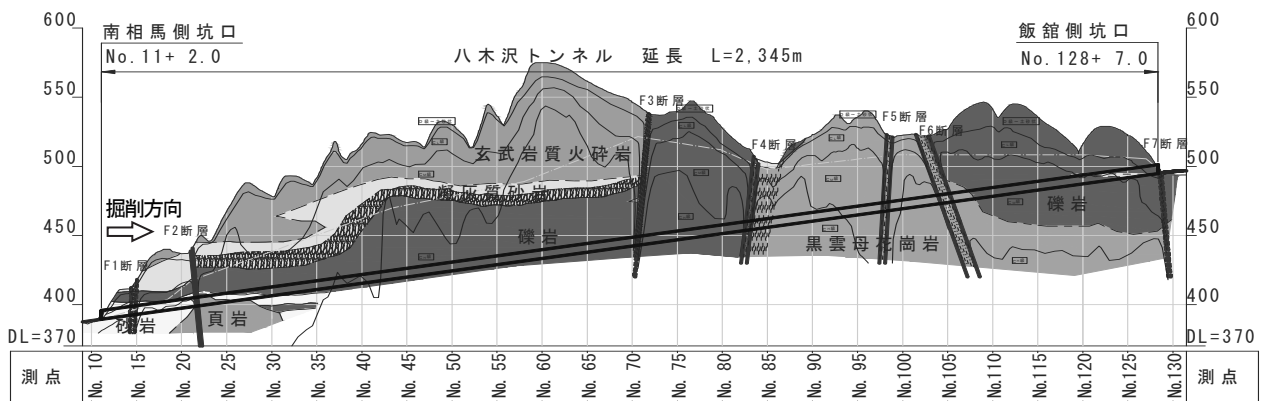


図-3 地質縦断面図

3. 地形・地質概要

図-3に本トンネルの地質縦断面図を示す。工事地域は、標高500～700mの比較的なだらかな阿武隈山地の北東部に位置し、真野川の上流域にあたる。起点(南相馬)側と終点(飯館)側の支流の流域界が八木沢峠となっている。本トンネルは双葉断層とその西側に近接して並走する畑川破砕帯に挟まれた位置にあり、断層破砕帯が6箇所横断すると推定されていた。

阿武隈山地は主として花崗岩類を基盤岩とする山体で、断層沿いなどで変成岩類や中・古生層の古期岩類が分布する。本トンネルの地質は、新生代新第三紀の塩手層礫岩が最も多く、次に中生代の八丈石山花崗岩類である。

4. 連続ベルトコンベヤによる施工

4.1 配置計画

連続ベルトコンベヤ設備は、切羽進行とともに移動するクラッシャー、自走式テールピース台車、延伸に伴う中間部材、固定設備として切羽側よりストレージカセット、ベルト巻取装置、メインドライブで構成されている。連続ベルトコンベヤの搬出能力は250t/h(ベルト速度150m/min)とし、積込み機としてサイドダンプショベル3.1m³級を採用した。固定設備は坑外ヤードで延長約94mは確保できないためトンネル内に配置し、坑外ずり仮置場までは、坑外ベルトコンベヤにて搬出する計画とした(図-4、写真-2、写真-3)。

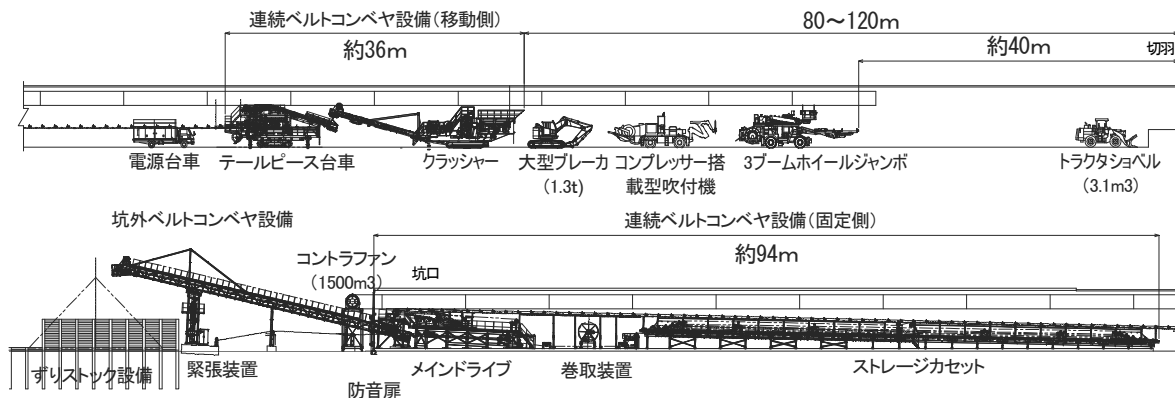


図-4 連続ベルトコンベヤ配置図



写真-2 連続ベルトコンベヤ設備 (固定側)



写真-3 坑外ベルトコンベヤ設備

(1) 切羽部

発破したずりは、サイドダンプショベルにて切羽から運搬し、クラッシャーへ投入後破碎するため、クラッシャーによる破碎時間と積み込み機の運搬時間が均等になることが最適である。岩質・岩塊の大きさにより違いはあるが、60～65秒/回がクラッシャーの処理時間であった。そこで、切羽からクラッシャーまでの離隔距離を80～120mに確保するようにした。しかし、切羽からドリルジャンボまでの待機する離隔距離が約40mと短いため、発破による飛石による機械の損傷が懸念された。そこで、防爆シート上部にワイヤーを取付け、発破毎に両端をドリルジャンボのロッドに装着し、ブームを移動させて防護した(写真-4)。



写真-4 防爆シート設置状況

連続ベルトコンベヤの延伸は、週1～2回の間隔で20～30m延伸し、切羽作業に影響しないようにずり出し完了から次の削孔までの時間に実施した。

(2) 中間部

連続ベルトコンベヤの中間部材の固定方法は、掘削完了区間、防水・覆工施工区間、覆工完了区間で分けられる。掘削完了区間では吊りチェーンによる吊り下げ型を採用し(写真-5)、防水・覆工区間ではフレームをビティ枠で盛替え(写真-6)、覆工完了区間ではニーブレス型を採用した(写真-7)。



写真-5 吊り下げ型 (掘削完了区間)



写真-6 ビティ枠 (防水・覆工施工区間)



写真-7 ニーブレス型 (覆工完了区間)

4.2 カーブおよび勾配対策

(1) ローラの改善

本トンネルの特徴として、曲線R=500m区間が約680m続き、緩和曲線を含めると約1,000mとなる長大カーブ区間が存在し、ベルトが内側へ脱落する恐れや負荷状態と無負荷状態の違いによるベルトの蛇行が懸念された。このため、曲線区間の脱落防止対策として、キャリア側はキャリアローラの内側の角度を 27° から 45° に変更し、内側にガイドローラを3m間隔に設置した。また、リターン側はリターン押えローラを設置した (図-5、写真-8、写真-9)。

問題点として、延伸後は切羽側の固定点の変化に伴い、ベルトの蛇行状態も変化してしまい、一部でずりの落下が生じた。特に、カーブ区間では、全線にわたって負荷状態の違いにより、蛇行の状態が変化してしまうため、頻繁に蛇行を調整する必要があった。しかし、キャリアローラの角度変更とガイドローラの設置効果により、幸いにもベルトの脱落は発生しなかった。

(2) 緊張装置

ベルト速度を一定に保つために、延長が長くなるにつれてメインドライブの動力を増大する必要がある。縦断勾配が4.5%の上り勾配であり、連続ベルトコンベヤの運転に対しては4.5%の下り勾配となるため、非常停止によりブレーキをかけた場合、メインドライブのリターン側でベルトのたるみを生じて、再稼働時に張力を保持できずベルトが回転できなくなることが懸念された。このため、緊張装置を設置し、坑外の巻上機およびウエイトで坑内メインドライブ下部に配置した水平台車を引っ張ることにより、最大14mのベルトを収納させ、ベルトの張力を調整するように配置した (図-6)。しかし、非常停止は幾度か発生したが、ベルトのたるみは小さく、実際は緊張装置を稼働することはなかった。

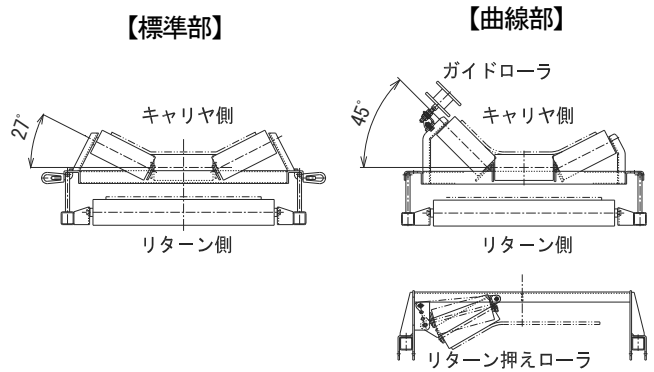


図-5 中間部材比較図



写真-8 ガイドローラ (キャリア側)

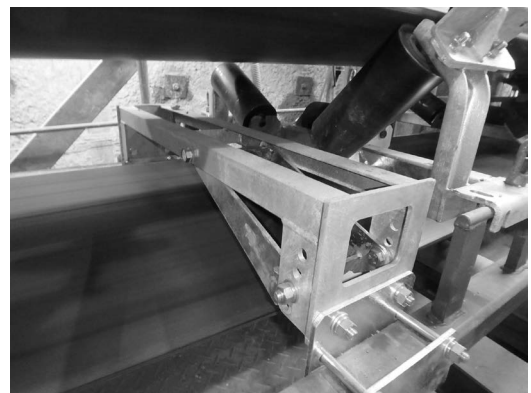


写真-9 リターン押えローラ (リターン側)

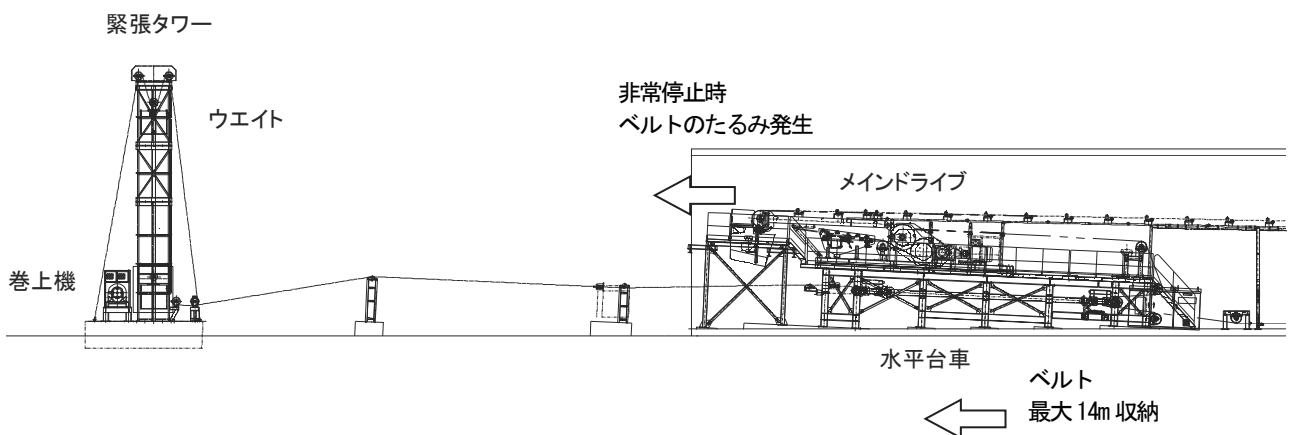


図-6 緊張装置配置図

4.3 仮設備の改善

(1) 換気用風管の位置変更

トンネルの断面を考慮して、換気用風管（φ1,600mm）は、当初、中心から0.9m離れた位置に設置し、高さ5mを確保しドリルジャンボが通行できるようにしていた。しかし、この位置ではサイドダンプショベルがクラッシャーへ投入する際に干渉するため、換気用風管の位置を中心から約3.2m側方に移動した（図-7）。

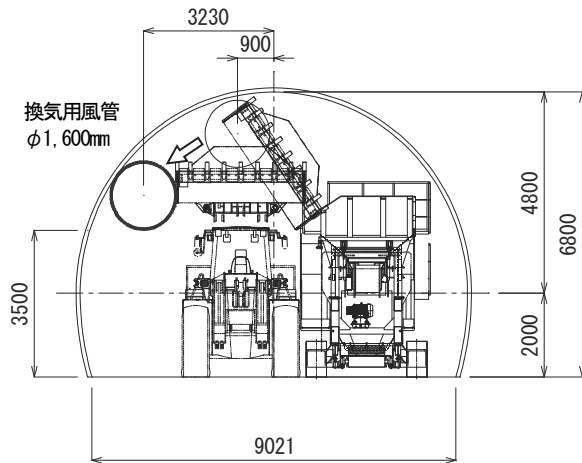


図-7 換気用風管位置変更

(2) ターンテーブル

連続ベルトコンベヤ設備により、非常駐車帯断面でも生コン車や資材運搬車などの車両がUターンできない状態であった。そこで、ターンテーブルを非常駐車帯に設置してバック運転を減少させ、安全性を確保できるようにした（写真-10）。



写真-10 ターンテーブル

(3) シート台車改造

シート台車は、ベルトコンベヤ受け架台を設置する計画であったが、通過時にビティ杵を取り外し、通過後、再度設置する必要がある。そこで、ビティ杵を設置したまま通過できるように、シート台車を改造して移動時間を短縮した（写真-11）。



写真-11 シート台車改造

5. 施工実績

平成26年4月よりトンネル工事を着手し、トンネル掘削当初は、盛土や崖錐堆積物の不良地山に遭遇したことに加え、現道直下を通過することもあり、180mまで3.5ヶ月（月進51m/月）を要した。連続ベルトコンベヤの固定設備区間のインバートを施工後、平成26年8月中旬から連続ベルトコンベヤ方式による運搬方式を開始した。

6箇所の断層破砕帯が想定されていたため、削孔検層による前方探査を実施し、切羽前方の地質を事前に確認しながら掘進した。地質が礫岩に変化した290m地点以降、安定した地質状況が継続したことに加え、断層破砕帯も規模が小さく切羽の安定性に影響しなかったことから、平成28年3月に掘削を完了することができた。

連続ベルトコンベヤ方式による運搬方式で、トラブルもなく安定した進捗が確保でき、最大月進151.2mを記録し、24ヶ月で完了した。

図-8にトンネル掘進実績、表-1に支保パターン実績を示す。

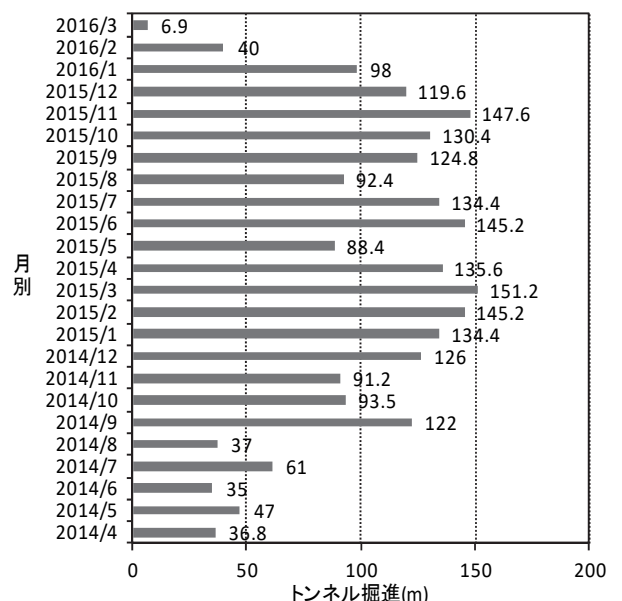


図-8 トンネル掘進実績

表-1 支保パターン実績

支保区分	当初設計		実施施工		備考
	延長	比率	延長	比率	
C I	48.0 m	2.1%	0.0 m	0.0%	
C II-b	1131.4 m	48.4%	1540.5 m	66.0%	
D I-a	0.0 m	0.0%	162.0 m	6.9%	
D I-b	761.3 m	32.6%	376.8 m	16.1%	F4、F5、F6断層、起点側、終点側
D I-b-f	127.0 m	5.4%	14.0 m	0.6%	終点側低土被り部
D I-b-F	13.0 m	0.6%	22.0 m	0.9%	F2断層
D I-b-A	27.0 m	1.2%	0.0 m	0.0%	F3断層
D IIIa	12.5 m	0.5%	40.9 m	1.8%	起点側、終点側坑口部
D IIIa-A	108.0 m	4.6%	72.0 m	3.1%	起点側、終点側坑口部
C II-b-L	80.4 m	3.4%	80.4 m	3.4%	
D I-b-L	26.9 m	1.2%	26.9 m	1.2%	
合計	2335.5 m	100.0%	2335.5 m	100.0%	

6. おわりに

連続ベルトコンベヤ方式による運搬方式で、トラブルもなく安定した施工サイクルを確保し、平均月進 100m（連続ベルトコンベヤ稼働期間の平均月進 113m）で進捗することができた。また、ダンプトラックによる走行がなくなることで、路盤の維持管理が低減し、後方で作業する覆工・防水工での安全性が飛躍的に向上するとともに、発生 CO₂ 量や粉塵の発生抑制による坑内環境も改善できた。

この施工事例が今後のトンネル施工への参考となれば、施工者として幸甚である。

謝辞：当該区間の施工に際しては、福島県相双建設事務所の皆様をはじめ多くの方々からのご助言とご指導を頂き、本紙面をお借りしてお礼を申し上げます。



写真-11 終点側坑口付近

Summary The Yagisawa Tunnel on the Haramachi-Kawamata Road (Fukushima Prefectural Road 12) is a 2,345-m-long mountain road tunnel linking Haramachi in the city of Minamisoma and Iitate in the county of Soma in Fukushima Prefecture. The tunnel is characterized by (1) a 1,000-m-long curved section consisting of a 680-m-long curved section having a radius of curvature of 500 m and transition curve sections, (2) a longitudinal gradient of 4.5% (uphill) and (3) a small cross-sectional area of excavation (about 57 m²). To enhance the level of safety of in-tunnel activities, therefore, a continuous belt conveyor system was adopted for in-tunnel mucking. This paper describes the construction method using the continuous belt conveyor system and reports on temporary equipment improvements.

Key Words : Continuous belt Conveyor, Long curve, Upslope, Rapid construction, Temporary facilities