

並列トンネルにおけるずり処理システムの開発

Development of a Mucking System in Parallel Tunnels

渡辺 暁^{※1}

Satoru Watanabe

小笠原 重幸^{※1}

Shigeyuki Ogasawara

渡邊 博^{※1}

Hiroshi Watanabe

小塩 崇之^{※1}

Takayuki Koshio

【要旨】

大万木トンネルは、中国地方を南北に縦断する尾道・松江自動車道の、広島・島根の県境をまたぐ全長 4,878m の高規格道路トンネル工事である。工事は、並列する本坑・避難坑の2本を掘削する。

当工事では、トンネルずり処理の一次運搬にTC工法（トンネルコンテナ）を選定し、坑外までの二次運搬に連続ベルトコンベヤを採用した。

本稿では、2本のトンネルを施工するずり処理システムの開発について報告する。

【キーワード】 トンネルずり処理 TC工法 ベルトコンベヤ レール工法 坑内環境

1. はじめに

尾道・松江自動車道は、平成25年度開通を目指して進められているが、大万木トンネルは路線最長のトンネルであり、本工事が事業計画の最優先事項となっている。しかし、他工事の遅延によりトンネル着工が遅れ、なおかつ、仮設ヤードの縮小、他工事との競合が発生しているなかで、工程短縮が求められている。

トンネル工事におけるずり処理作業は、トンネル工事サイクルの3割を占め、ずり出し工法の選定がトンネル進行に大きく影響を及ぼす。特に小断面トンネルにおいては、採用可能な機械・設備が限定されており、安全性を含めた検討が重要となる。

本論は、本坑・避難坑の並列する2本のトンネルにおけるずり処理を、効率よく安全に行うためのずり処理システムの計画について述べる。

2. 工事概要

中国横断自動車道尾道・松江線は、広島県尾道市を起点とし島根県松江市に至る延長約137kmの高規格幹線道路である。この内、大万木トンネルは広島・島根の県境をまたぐ全長4,878mの道路トンネルである(図-1)。工事概要を表-1に示す。

表-1 工事概要

| | |
|---------|--|
| 工事名 | 尾道・松江自動車道大万木トンネル工事 |
| 工事場所 | 島根県雲南市吉田町から広島県庄原市高野町 |
| 工期 | 平成20年3月14日～平成23年3月31日(約36ヶ月) |
| 契約額 | 4,246,000千円(税抜き) |
| 発注者 | 国土交通省中国地方整備局 |
| 施工者 | 飛鳥建設株式会社 |
| トンネル延長等 | トンネル延長・・・本坑：2144m・最終2940m(全長4878m) 避難坑：2953m(全長4900m) 掘削断面積・・・本坑：87.6～115.8m ² 避難坑：16.0～26.5m ² |
| 施工方法 | NATM(発破掘削、本坑：タイヤ工法・避難坑：レール工法) |



図-1 位置図

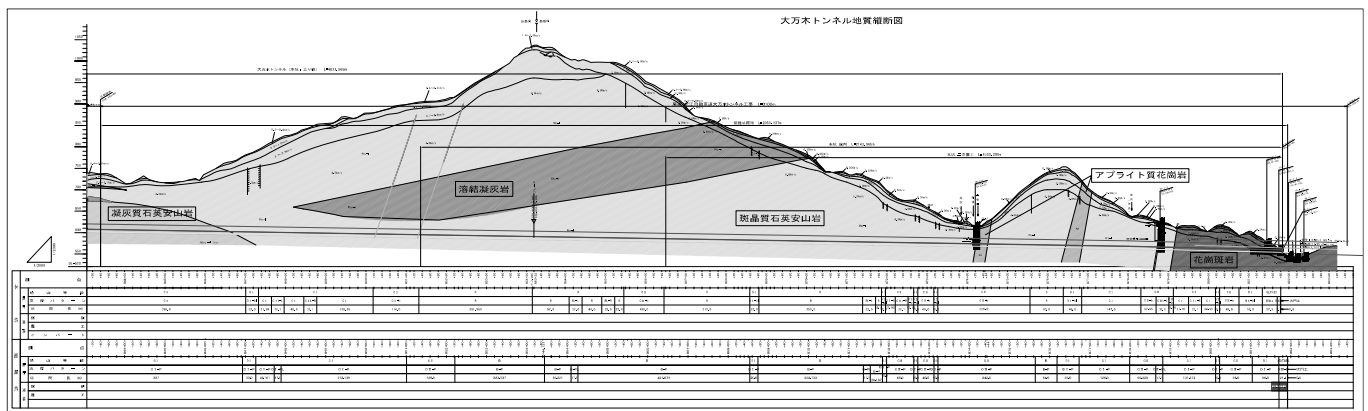


図-2 地質縦断面図

3. 地形・地質概要

周辺の地質は、中世代白亜紀～新生代古第三紀の高田流紋岩を基盤とし、それらに貫入した古第三紀の田万川深成岩類（花崗班岩）が分布する（図-2）。また、基盤岩の流紋岩類には時代未詳とされるアブライト質花崗岩（石英班岩）や安山岩等の貫入岩類が分布している。高田流紋岩類は非常に硬質であるが、花崗班岩との境界部では劣化していると思われる。

4. 当工事における問題点

当工事を効率よく安全に施工するにあたって、考えられる問題点として、

- ①高速施工（ずり処理システム）の確立
- ②避難坑は小断面（ $A=16\text{m}^2$ ）
- ③長大トンネル（ $L=2,940\text{m}$ ）
- ④坑外仮設ヤードの狭さ

が挙げられる。これらの問題に対し、

- ①掘削後、早期に切羽を開放できるずり処理方法
- ②小断面での機械入替え、坑内換気などを考慮して作業環境を改善
- ③掘削延長に影響されない施工方法
- ④スペースの有効利用と運行車両動線の確保

に着目してずり処理の施工方法を検討した。

5. 施工方法

5.1 避難坑ずり処理

避難坑の機械選定は、小断面長大トンネルの特性を考慮して運搬設備をレール方式、施工機械をタイヤ方式で配置した。避難坑のずり処理は、TC工法のベッセル（ 8m^3 ）を台車にのせて切羽に運搬し、ロードホウルダンプ（写真-1）にて積込みを行う。

ずり積み後、本坑とつながる連絡坑（365m 毎に設置）までベッセルを運搬（写真-2）し、コンテナスプレッド（ 8m^3 級）にて空缶との入替え作業（写真-3）

を行う。ベッセルは本坑を經由してクラッシャー（本坑内）までを往復（写真-4）してずり処理を行っている。

ベッセルを使用することにより、ずり機を必要とせず、運搬距離の低減、空缶との入替えにより、ずり出し時間の短縮が図れる。また、重量車両の走行を低減することにより、路盤・レールへの負担を軽減できる。

避難坑ずり処理計画図を、図-3に示す。



写真-1 ずり積込状況（切羽）



写真-2 ずり運搬状況（レール方式）



写真-3 ベッセル入替え状況 (連絡坑)



写真-4 クラッシャーまでのずり運搬 (本坑)

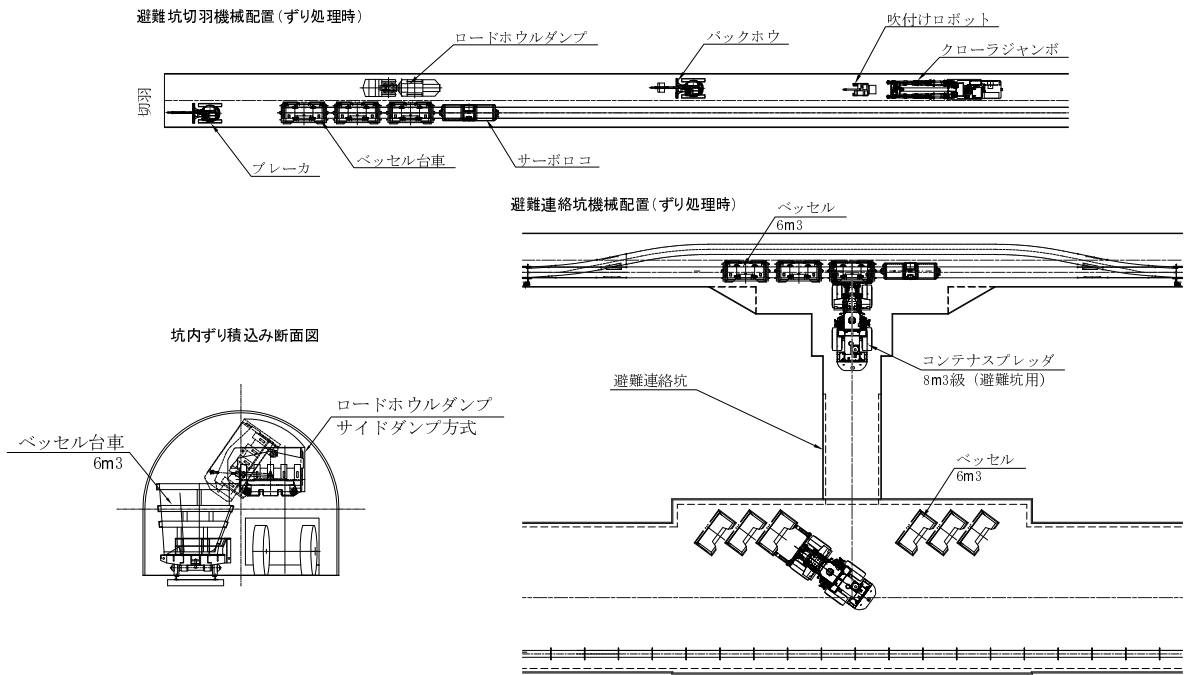


図-3 避難坑ずり処理計画図

5.2 本坑ずり処理

本坑ずり処理計画図を、図-4に示す。

本坑のずり処理は、1次運搬をTC工法(15m³ベッセル)、2次運搬を連続ベルトコンベヤで計画した。通常、連続ベルトコンベヤを使用する場合、切羽からクラッシャーまでの直送・直接投入が一般的であるが、高速施工を考慮して、TC工法を選定し、1次運搬で切羽後方にベッセルを仮置きし、切羽解放後、クラッシャーまでの

運搬を行う。積み込み機械は、バケット効率の高いフロントエンド式ホイールローダーを選定し、ベッセルは15m³級とした。これにより、切羽とベッセルの離隔を最小としてホイールローダーの走行距離を短くすることにより、切羽開放時間を短縮した。

本坑におけるずり積み込み状況を写真-5に、ずり運搬状況を写真-6にそれぞれ示す。

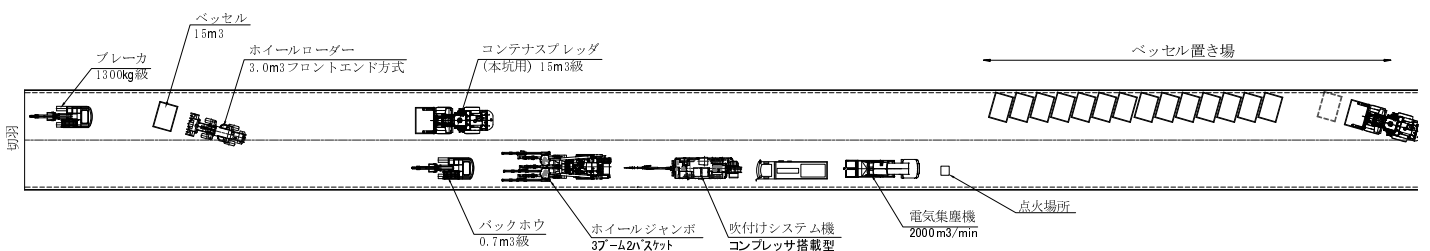


図-4 本坑ずり処理計画図



写真-5 ずり積み状況 (切羽)



写真-6 ずり運搬状況

5.3 ベルトコンベヤシステム

本トンネルは最終延長が 3,000m 近い長大トンネルであり、TC 工法により切羽を早期解放しても、2 次運搬時間が長くなり、コンテナスプレッダの必要台数が多くなる。また、複数台のコンテナスプレッダ使用では、幅員 3.5m を超える機械同士の坑内離合が発生し、接触の危険性が高くなる。なおかつ、長時間におよぶ大型機械の稼働により、坑内換気、路盤状況の悪化が懸念される。

このため、坑内環境および安全性を考慮して、坑内からの 2 次運搬に連続ベルトコンベヤシステムを採用した。

ベルトコンベヤシステムは、2 次運搬機械として使用し、切羽サイクルに影響を及ぼさないため、時間あたり 200t の処理量で計画した。

ベルトコンベヤシステムにおける、クラッシャー周辺機械配置図を図-5 に、坑口側、切羽側におけるずり積み込み状況を写真-7、写真-8 に、坑内ずり処理全体計画図

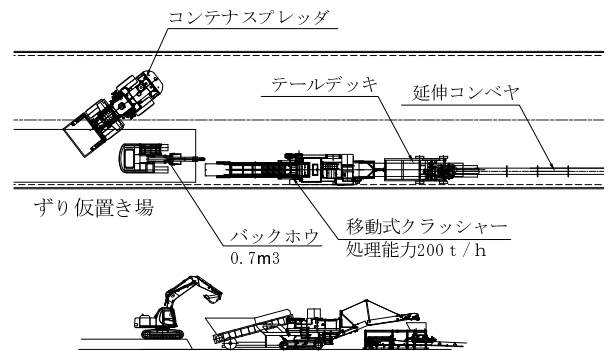


図-5 クラッシャー周辺機械配置図



写真-7 ずり積込状況 (坑口側)



写真-8 ずり積込状況 (切羽側)

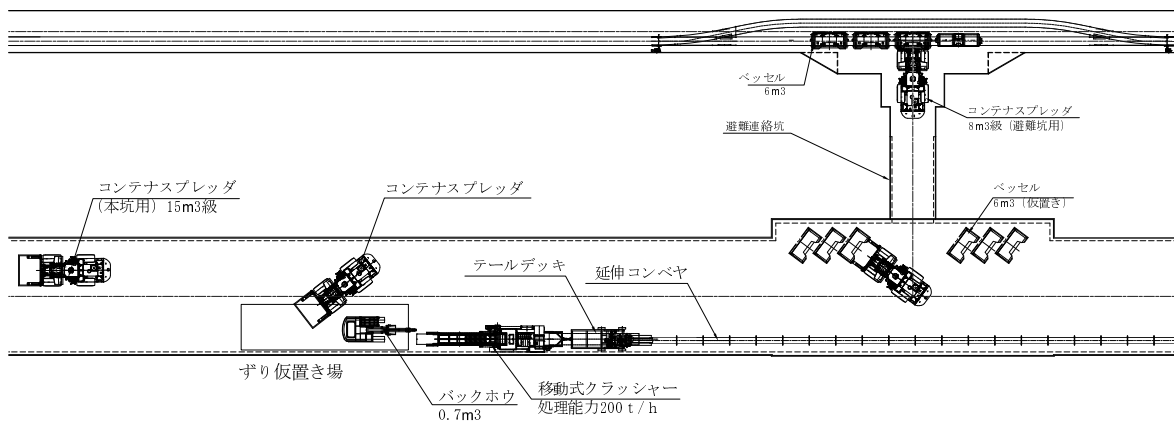


図-6 坑内ずり処理全体計画図

画図を図-6にそれぞれ示す。

ベルトコンベヤの設置位置は、通常トンネル壁面 S.L 付近にブラケットもしくは吊下げ式で設置し、防水シート架台・セントル通過時に足場材等で受替えを行う構造が一般的である。しかし、段取り替えが煩雑で、セントル内のコンベヤのスペースが大きく、覆工作業に支障をきたす。このため、当作業所では、設置の容易さとセントル通過に対しての施工性を考慮して、路面に配置した(図-7、図-8、写真-9)。

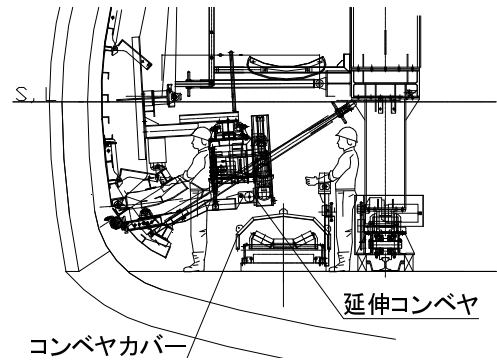


図-7 セントル通過断面

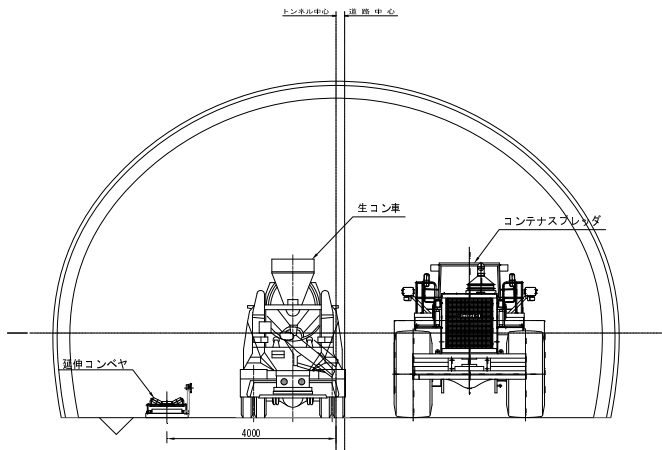


図-8 ベルトコンベヤ配置断面



写真-9 ベルトコンベヤセントル通過状況

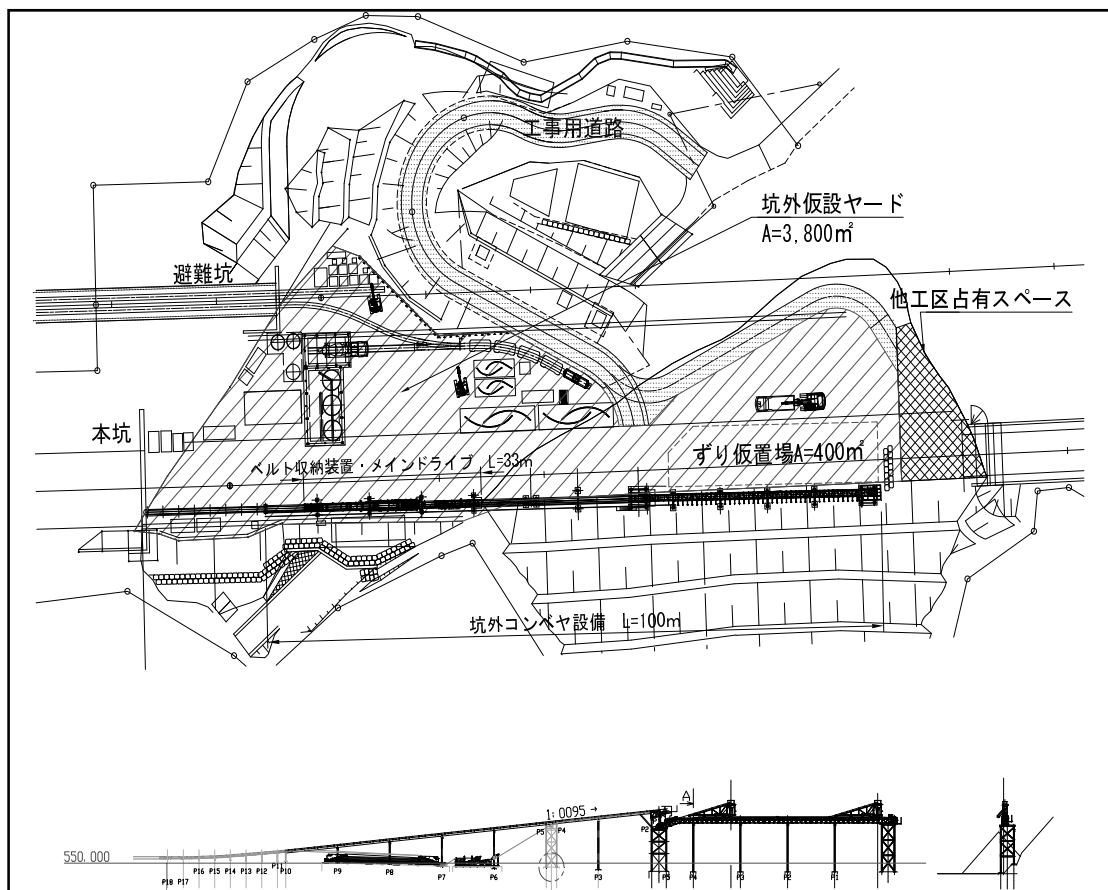


図-9 坑外仮設平面図

図-9に坑外仮設平面図を、写真-10に坑外のベルトコンベアシステムを示す。坑外仮設ヤードは、中央部が狭くなったボトルネックで、なおかつ、隣接工事の施工ヤードおよび進入路を確保する必要がある。このため、坑外ベルトコンベアの配置は、狭いヤードを有効に使用するために、ずりの放出にトリップ設備を採用した(図-10、写真-11)。トリップ設備は、ずりの横取り装置で、ずり放出位置をベルトコンベアの延長方向で自由に変えられる構造としている。

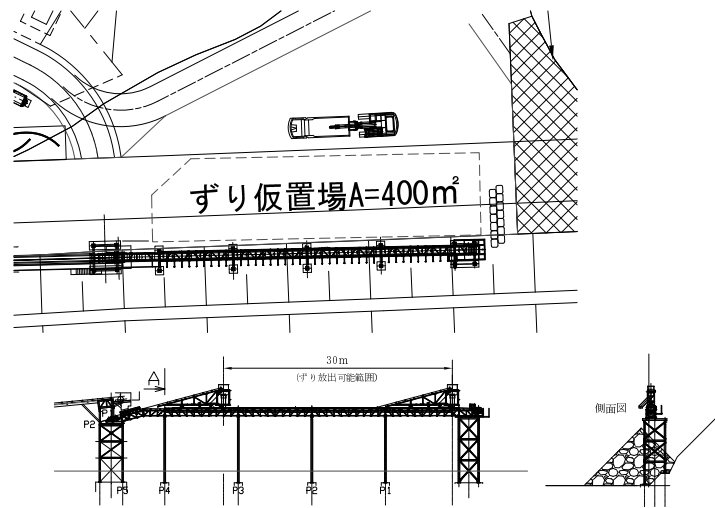


図-10 ベルトコンベヤ配置断面



写真-10 ベルトコンベヤシステム (坑外)



写真-11 トリップ設備

6. まとめ

本坑・避難坑切羽でのずり処理は、バesslerを使用することにより切羽開放時間を短縮させ、さらに内燃機関の台数が低減して、作業環境向上にも寄与している。

TC工法と連続ベルトコンベヤを複合したずり処理システムは、切羽位置にサイクルが依存せず、切羽作業への影響が少ない。また、大型機械の稼働時間と移動距離を短くすることで安全性や坑内環境も向上する。さらに、並列しているトンネル掘削ずりの坑外搬出を1本化にすることは「効率的・安全性」への効果は非常に大きい。

坑外の狭いスペースを有効利用するためのトリップ設備は、400m²の狭いずり仮置き場を最大限に使い効果的

に機能している。ベルトコンベヤ延伸では300m程度の一括延伸になるため切羽作業を止めざるをえないが、1日(2方)で延伸作業を完了しており、トンネル掘削稼働率への影響も少ない。

今後の課題として、クラッシャーの摩耗対策と、連続ベルトコンベヤの閉塞やベルト損傷等のトラブル防止に取り組んでいきたい。

本施工例が今後の類似工事の参考になれば幸甚である。

謝辞：本工事にあたりましては、国土交通省中国地方整備局松江国道事務所の皆さまをはじめ、工事関係者の皆さまにご指導、ご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

Summary The Ohyorogi Tunnel is a 4,878-m-long high-standard highway tunnel crossing the border between Shimane and Hiroshima Prefectures on the Onomichi-Matsue Expressway that runs north-south through the Chugoku region. Two parallel tunnels, the main and evacuation tunnels, are excavated.

In the project, the tunnel container method was selected for the primary muck transport and continuous belt conveyors were adopted for the secondary muck transport out of the tunnel.

This paper describes the selection of tunnel muck handling system planning during the construction of parallel tunnels.

Key Words: Tunnel Mucking, Tunnel Container Method, Belt Conveyor, Environment of tunnelling