

# 北陸新幹線飯山トンネル富倉工区

## — ずり出しシステムの紹介 —

鈴木恒男・有坂欣二・川原一則

飯山トンネルは、北陸新幹線の長野県飯山市から新潟県板倉町に至る長大山岳トンネル（延長22.225 km）で、陸上の鉄道トンネルとしては、国内屈指のものとなる。昭和55年頃からの調査工事で、膨圧の発生、内空の変位、一部区間でのガス、原油の湧出などのデータ把握がされた。本坑トンネル6工区の内、長野側から2工区目に当たる富倉工区（本坑3,800 m、および作業坑）の掘削工事施工に当たり、これらの懸念に加え、近年のトンネル作業環境の改善という大きな課題の解決策が要求された。その解決策の一つとして、ずり出しコンベヤシステムを採用したので、当工区での施工機械の概要とともにシステムについて紹介する。

キーワード：作業環境、換気、機械掘削、急速施工、ずり出し、斜路、ベルトコンベヤ、移動式ホッパ、クラッシャ

### 1. はじめに

北陸新幹線、飯山トンネル富倉工区の施工に当たっては、以下のような問題点が挙げられた。

- ① 飯山トンネル富倉工区は、本坑に至るまでのアクセスが760 mに及ぶ下がり12%勾配の斜路作業坑となっている。このため、タイヤ方式によるずり出し時には、本坑から出てくるダンプによる排ガス、および走行粉塵など、また、地質状況から可燃性ガスの噴出の懸念とあわせて、大変な作業環境の悪化が予想された。
- ② 斜路（作業坑）は、本坑のほぼ中間地点に取付く。本坑の掘削は、長野方、新潟方と施工工程により掘進方向が変わる。
- ③ 地質状況から膨張性地山が予想され、内空の縫い返しが懸念される。
- ④ これらの予想に対処し、早期インバート閉合を目指すため、全断面マイクロベンチ対応の大型の掘削機械による急速施工を実施する。このため、切羽近傍には、できるだけ広い重機の稼働スペースを確保しておきたい。

以上の問題点を解決し、良好な作業環境を維持し、安全作業の向上を図るため、従来のタイヤ方式と連続延伸コンベヤ方式との折衷方式とも言えるずり出しシステムを採用した。

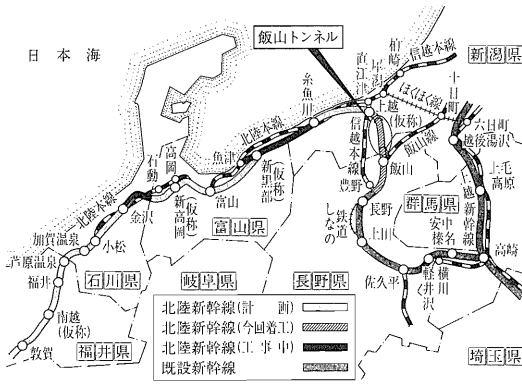
本坑切羽で発生したずりは、従来どおりのダンプを使って斜路底である作業坑と本坑の交点部付近まで運搬、ストックされる。一時的に大量に排出されるずりをトンネルという長手方向の空間条件を生かして、サージストックヤードとして活用する。その横に移動式のフィーダ付きホッパとクラッシャを設備したコンベヤを配置。ずりを均一にほぐしながらコンスタントに斜路側壁に配置した坑外へと続くコンベヤに供給するものである。

ずりのストックヤードでは、バックホウが次のずり出しサイクルまでの間に大塊を選別除去し、移動式ホッパに供給する。その後、エプロンフィーダから定量的にクラッシャへと排出され、更に粒径が整い、コンベヤに乗継ぎ坑外のずり置き場へ搬出される。

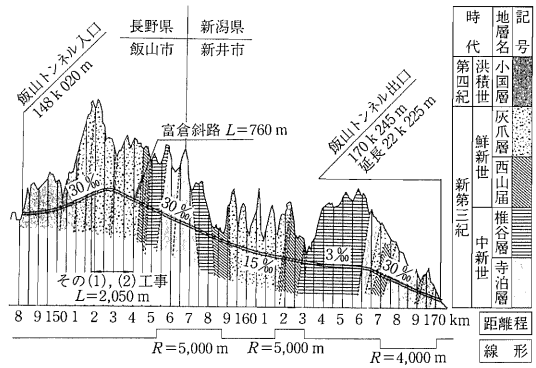
以下、北陸新幹線飯山トンネル富倉工区で採用したずり出しシステムの開発経緯、概要、実績について報告する。

### 2. 工事概要及び地質

北陸新幹線飯山トンネルは、長野県飯山盆地と新潟県高田平野の間の東頸城丘陵南端部に当たる標高300～800 mの山地を通る区間に計画された延長22.225 kmの長大山岳トンネルである。本工事は、本坑トンネル6工区の内、長野側から2工区目に当たる富倉工区（本坑3,800 m、および

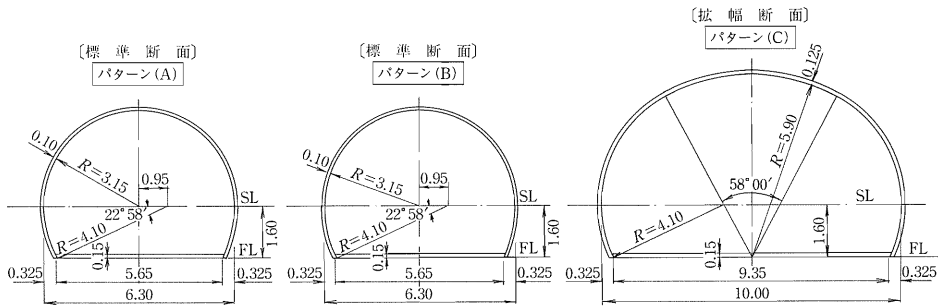


図一 飯山トンネル位置図

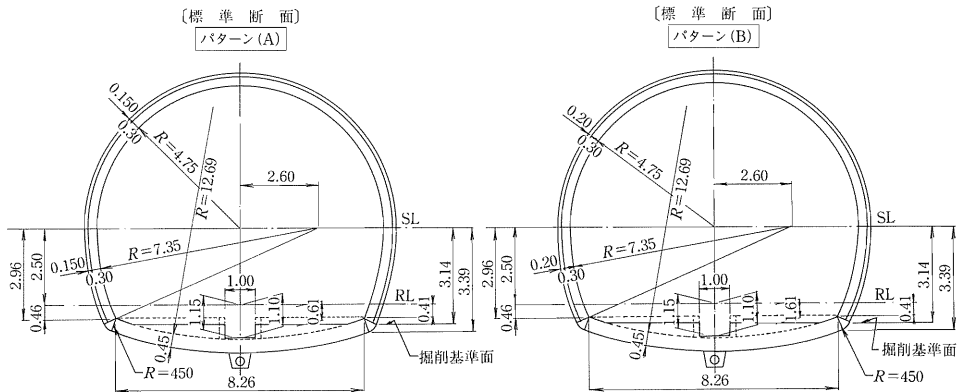


図二 地質図

時代	地層名	記号
第四紀	洪積世	小国層
	鮮新世	灰爪層
		西山層
新第三紀	中層	権合層
	中新世	寺治層



図三 斜路標準断面図



図四 本坑標準断面図

作業坑)の掘削工事である。

地質は新第三紀の泥岩が主体で、特色として、未固結の砂層や凝灰岩、亜炭層等が介在し、断層や褶曲の影響を受けた箇所も多数存在しているため、切羽変化が顕著であることが挙げられる。また、地山強度比が部分的に1以下となる区間が存在し、鏡肌の発達や亀裂が多いため切羽の自立が期待できない。こういった箇所については、注入式鏡ボルトやフォアパイリング等の補助工法を併

用している。掘削前に適宜、先進調査ボーリングを実施し、地山性状の把握や、大量湧水等の事前情報収集を行いながら施工中である。

### 3. 施工機械配置

当工区で稼働している施工機械の概要を以下に示す。

(1) 掘削機械

(a) ブームヘッド (RH 250 MBSL) :

全断面マイクロベンチ対応や早期インバート閉合を目指すため以下の特長を持っている。

- ① 軟弱地盤の場合でも機械の足廻りを固定したまま上部架台のスライド機構によりマイクロベンチで2,500 mm のリーチが確保でき、ブームの伸縮と併せて安全な掘削ができる。
- ② 足廻りは、幅広シューのため、低接地圧で路盤を痛めにくい。
- ③ ブームに中間リンク機構を採用しているため、最大マイナス2,900 mm のインバート掘削が可能になっている。
- ④ 縦軸型ヘッドにより余掘の少ないきれいな

仕上がり整形が期待できる。

(2) ずり出しダンプ

(a) アイムコ T 20 :

積み高さが高く、比較的幅員の狭い斜路作業坑で使用。

ボルボ A 25 CTS (25 t) :

従来の A 20 とほぼ同等の寸法で運搬容量を増したもので、本坑での主力機。

4. ずり出しシステム

(1) システムの目的

国内屈指の長大山岳トンネルの施工に当たり、

表-1 本坑トンネル施工機械一覧

工種	機種	仕様	数量	備考
掘削	ブームヘッド (250 kW 級) ブレーカ	RH- 250 MBSL	1	
		1,300 kg 級	1	
ずり積み	ホイールローダ バックホウ	2.3 m <sup>3</sup> サイドダンプ (CAT 950)	1	ベルトコンベヤ積込
		0.7 m <sup>3</sup> 級	1	
ずり運搬	大型ダンプ	アイムコ T 20, ボルボ A 25 CTS	3	
ロックボルト	クロラジャンボ モルタル注入ポンプ車	2 ブーム 2 バケット	1	
		マイポンプ搭載	1	
吹付け コンクリート	1 ブーム一体型吹付け機 トラックミキサ コンプレッサ	吹付け機 AL-285, 吹付けロボット AL-306	1	ロボット搭載
		4.5 m <sup>3</sup>	2	
		75 kW	2	
換気設備	コントラファン ジェットファン (集塵機) サイレンサ コントラファン架台 (集塵機台車)	110 kW×2 連	2	
		2,100 m <sup>3</sup> /min (11 kW)	1	
		3,000 m <sup>3</sup> /min	(1)	
		特殊スプリットタイプ	4	
		10 t 低床	(1)	
ずり排出設備	定置式ベルトコンベヤ ずり積み機	本坑設備 (L=70 m)	1 式	
		斜路設備 (L=766 m), 坑外設備	1 式	
濁水処理設備	プラント 油凝集剤添加装置	30 m <sup>3</sup> /h 級	1	
			1	
吹付けプラント	パッチャプラント	0.5 m <sup>3</sup> 練	1 式	高品質

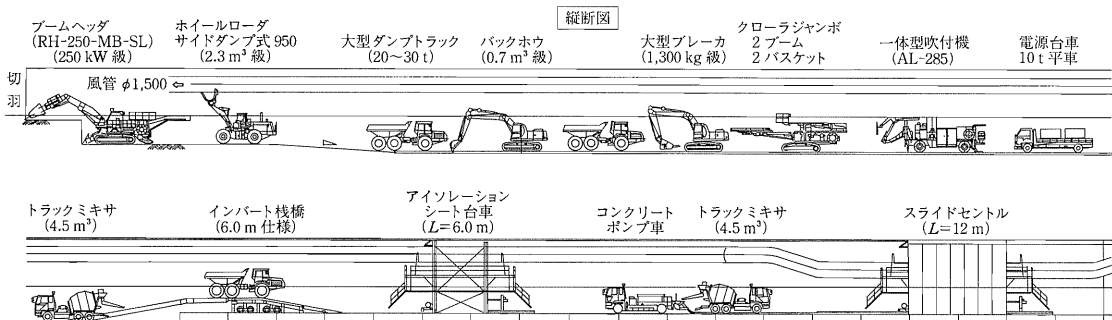


図-5 坑内機械配置

急速施工、省力化、環境改善をキーワードに、このシステムが以下の項目を満足することを目的とした。

- ① 大型掘削機械による急速施工を目指すため、切羽の近くは重機の稼働スペースとして確保しておきたい。
- ② 掘削終了後できるだけ早期に次工程へと移行したい。そのため、オーソドックスなショベル・ダンプの組合せによりずり出し能力  $100^3/\text{hr}$  を確保する。
- ③ 可燃性ガスの噴出に対する懸念、坑内粉塵、排ガスに対する作業環境の改善のために大量の換気量を必要とし、本坑に換気坑が施工された後も作業坑である斜路は、新鮮な空気の流入坑として活用したい。そのため、斜路作業坑を、上り実車となるずり出しダンプは、走行させたくない。
- ④ 膨張性地山による内空の変形、縫返しなどに自在に対応しなければならない。
- ⑤ 作業坑（斜路）は、本坑のほぼ中間地点に取付いているため、施工工程により、掘進方向は、長野方、新潟方と変化することになる。
- ⑥ 覆工サイクルに影響を与えないこと。

## (2) 設計条件

- ① 切羽の掘削サイクルに合わせるため 150

t/hr 以上の搬送能力が必要。

- ② コンベヤ、シュート類は、粘性土に対する性能を考慮しておく。
- ③ 機械掘削のずりではあるが、大塊の混入が予想されるので、ホッパには、グリズリ機能を有する。
- ④ 坑内のずりストック場所であるため、積込み場所は、トンネルの長手方向に移動していく。したがって、ホッパは、移動式とし、コンベヤに定量供給する。
- ⑤ ホッパの移動操作は、積込みショベルの運転手が行う。

## (3) 移動式フィーダ付きホッパ

長手方向の坑内ずりストック場所を考慮し、ホッパの移動距離は、15 m とした。ダンプが置き逃げしたずりの山をバックホウやショベルの運転手がリモコンの無線操作でホッパを移動させながら、ずりをホッパに投入。ホッパは、サイドダンプショベル1杯以上の容量 ( $2.7 \text{ m}^3$ ) があり、エプロンフィーダで定量的にコンベヤに供給される。第1コンベヤとクラッシャの破碎処理容量とのマッチングを図るため、エプロンフィーダは、可変速とした。

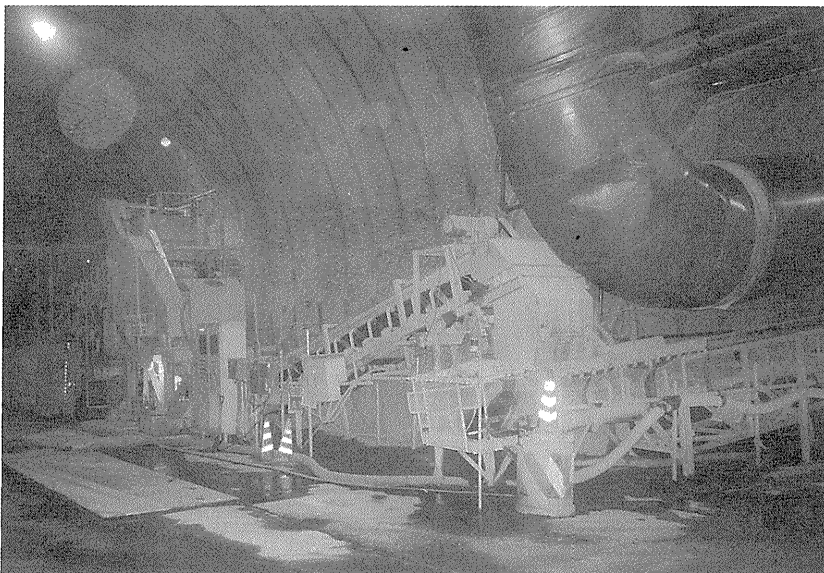


図-6 クラッシャ及びコンベヤ

(4) 第1コンベヤ

ホッパーのグリズリバーの間隔は、400 mm であるが、この段階では、比較的大きいずりが含まれる可能性があるためベルト幅は900 mm とした。

(5) クラッシャ

クラッシャは、破碎室内部の付着や 150 t/hr という能力を考慮してジョークラッシャを採用した。第1コンベヤから供給された、ずりを200 mm 以下に細粒化して600 mm 幅の第2コンベヤ以降に供給。

(6) 第2～第6コンベヤ

クラッシャを通過後、斜路を坑口へと上っていく600 mm 幅のコンベヤ。乗継ぎシュートの部分には、ボルトやロッドの噛込みによるベルトの切断を考慮して、インパクトバーを採用した。また、斜路を上る最長のコンベヤは、全負荷での非常停止や再起動が考えられるため、インバータ制御とした。

(7) 金属探知機、磁力選鉱機

ずりに混入したロックボルトのナットや座金、折損ロッドからベルトや設備を保護するため金属探知機、磁力選鉱機を設置した。

(8) 安全対策

比較的狭い斜路（作業坑）に設置されたベルトコンベヤは、稼働中の巻込まれ、荷の詰まりによる落石などの危険があり、安全対策は、大きな問題である。

① 非常停止装置

全線にわたり引き綱による緊急停止装置、および押し釦 SW を設置。

② 巻込まれ防止対策

コンベヤ起動時の警報サイレン、また連動起動時の各コンベヤ間の順次起動インターロック方式とした（前機器が運転状態にならないと以降の機器が起動しない）。

③ 各シュートの荷詰まりセンサ

荷詰まりが発生した箇所以前の機器を一斉に停止するためのセンサをシュート部分に取付けた。

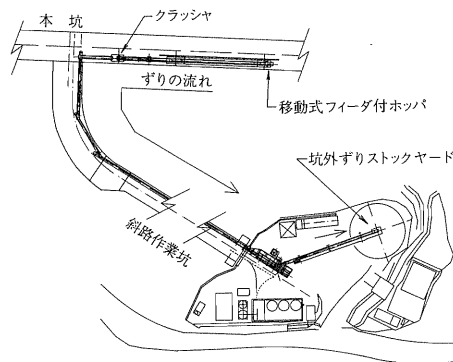
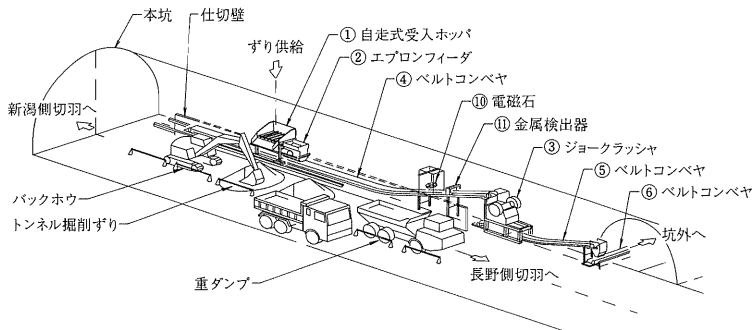


図-7 ずり出しコンベヤ概念図及び平面配置

## 5. システム導入のメリット

このシステムを使用して、以下のような点が改善されたと考えられる。

### ① 坑内作業環境の改善

斜路である作業坑を実車のダンプが走行しないためダンプから発生する排気ガス、走行に伴う粉塵が大幅に低減された。

### ② 安全性の向上

斜路をずり出しの大型ダンプが走行しないため、交通災害、接触事故等の危険性が非常に少なくなった。

### ③ 作業効率の向上

大型ダンプは、本坑内の決まった場所しか走行しないため、距離が短く、ダンプ台数が少なくても良い。そのためダンプは、効率よく運転され、切羽は、短時間でずり出し作業から開放され、次工程に移行することができる。

### ④ 換気効率の向上

坑内の重機台数の減少により、換気量の抑制が可能となる。また、将来、本坑に換気立坑が施工された場合、ダンプが走行しない斜路は、新鮮な空気の流入坑として活用できる。

### ⑤ 坑外仮設ヤードの省スペース化

全線ダンプトラック方式では、大型ダンプの駐車スペースや回転場所が必要であるが、コンベヤで直接、仮置きストック場にずり出しできるため、仮設ヤードがコンパクトとなる。

### ⑥ ずり排出時の騒音の低減

ダンプトラックの坑外でのずり排出時、大きな音が出るため騒音が問題になる。このシステムでは、コンベヤからの排出音だけで音は小さい。

## 6. 使用実績と問題点

現在までにこのシステムを使用して、本坑を約1,000 m 施工したが、大きなトラブルもなく稼働してきた。しかし、今後、改善すべき問題点も幾つか見られ、また改造を行ったものもある。

① ずりの岩質の変化や坑内外の気温差（特に冬期間）による結露によって、各コンベヤの

乗継ぎシュート部に泥分が予想以上付着するため、排出口の改造、シュート形状の見直しを行う。

② クラッシャの破砕室にも泥分の付着がみられ、歯板形状の改造を行った。

③ スチールファイバコンクリートのリバウンドがずりに混入するため、電磁石にファイバが大量に磁着する。電磁石を吊上げ移動式にしてファイバを取除きやすくした。

## 7. おわりに

従来のタイヤ方式のずり出しと直接コンベヤで坑外に搬出する連続延伸コンベヤ方式との折衷方式であるこのシステムによって、ダンプ、コンベヤそれぞれの特長が発揮され、作業環境と安全性の向上が図られることが分かった。今後、掘削方向が、新潟側が変わったときこのシステムの特長が十分発揮されるものと期待される。

このシステムは、特殊な条件の工事での設置ではなく、多くのトンネル工事で採用される可能性を持ったものであり、さらに省力化、低コスト化を図っていく必要があると考えている。

### 【筆者紹介】

鈴木 恒男（すずき つねお）  
日本鉄道建設公団  
北陸新幹線建設局  
飯山鉄道建設所  
所長



有坂 欣二（ありさか きんじ）  
日本鉄道建設公団  
北陸新幹線建設局  
飯山鉄道建設所  
副所長



川原 一則（かわはら かずのり）  
熊谷・日本国土・大本特定建設工事企業体  
所長

