

## 国道 47 号猪ノ鼻トンネル工事における掘削土砂の有効利用と省資源・省エネルギー活動

森島 伸吾、中島 雄一郎  
大成建設株式会社東北支店 猪ノ鼻トンネル工事作業所

キーワード：トンネル、ベルトコンベア、掘削土砂、環境保全、省エネルギー

東北地方の「縦」「横」の道路ネットワークの構築と、冬期間の安全・安心・快適な道路交通の確保を目的として山形県新庄市と酒田市約 50km 間に地域高規格道路「新庄酒田道路」の整備が進められています。猪ノ鼻トンネルは、新庄酒田道路の一部の事業区間である「国道 47 号 高屋道路」約 3.4km のうちの延長約 2.9km を占める山岳道路トンネルです。

トンネル工事では掘削に伴って岩塊・土砂が大量に発生しますが、本工事ではこれ

らの岩塊を移動式破碎機を用いて破碎することにより現場内で埋戻し材として利用した他、工事場所周辺の道路改良工事現場や河川改修工事現場に直接運搬して利用（再資源化）することが可能となりました。

また破碎した岩塊・土砂のベルトコンベアによる坑外搬出、坑内計測システムを用いた掘削土砂の削減、トンネル坑内湧水の現場内利用、埋設型枠使用等に取り組みました。その結果、省資源、省エネルギーを達成することができました。



# 特集

## 1. はじめに

国道 47 号猪ノ鼻トンネルは、国道 47 号の中でもカーブが連続し、冬期には降雪、降雨や落石、土砂流出により通行規制が頻発する最大の難所を迂回するもので、トンネル開通後は通行止めに伴う広域迂回の解消、冬期交通の安全性・安定性確保が期待されています。

トンネル工事では掘削に伴って発生する掘削土砂のトンネル坑外への搬出と土砂置場への運搬が工事を進める上での主要な工種のひとつであり、本工事においてもトンネル掘削で大量の掘削土砂の発生が予想されました。また施工箇所は山形県内を縦走する出羽山地と、日本有数の急流である一級河川最上川に囲まれた自然豊かな場所にあるため、周辺環境に配慮した施工を行う必要がありました。

そこで、掘削土砂の有効利用と発生抑制、工事場所周辺への影響を抑える土砂運搬を中心に、環境負荷を抑えた施工を行いました。

本稿ではこれらの取り組みについてご紹介します。



## 2. 掘削土砂有効利用と建設廃棄物の削減

### 2-1 掘削土砂有効利用および掘削土砂量の削減

トンネルは爆薬を装薬、発破して掘削しますが、発破直後の掘削土砂（岩塊）は大きさが不均一（大きいもので 100cm 以上）であり、当初計画では現場外の土砂受入地に運搬し、次に土砂受入地から周辺の他工事へ運搬することとなっていました。

本工事では、通常使用する大型ブレーカーに代えて移動式破碎機（クラッシャー）を使用し岩塊を 20cm 程度以下の均一な大きさに細かく破碎しました（写真-1 移動式破碎機と破碎状況）。岩塊を破碎したことにより場内利用の他、土砂受入地に仮置きすることなく周辺道路改良工事、河川改修工事等に直接運搬、利用することができました。

この結果、掘削土砂約 14.0 m<sup>3</sup>は本工事を含む 11 箇所工事で約 13.4 万 m<sup>3</sup>を利用（利用率 96.0%）し、土砂処分量を削減することができました（図-1 掘削土砂利用状況）。



写真-1 移動式破碎機（左）と破碎状況（右）

# 特集

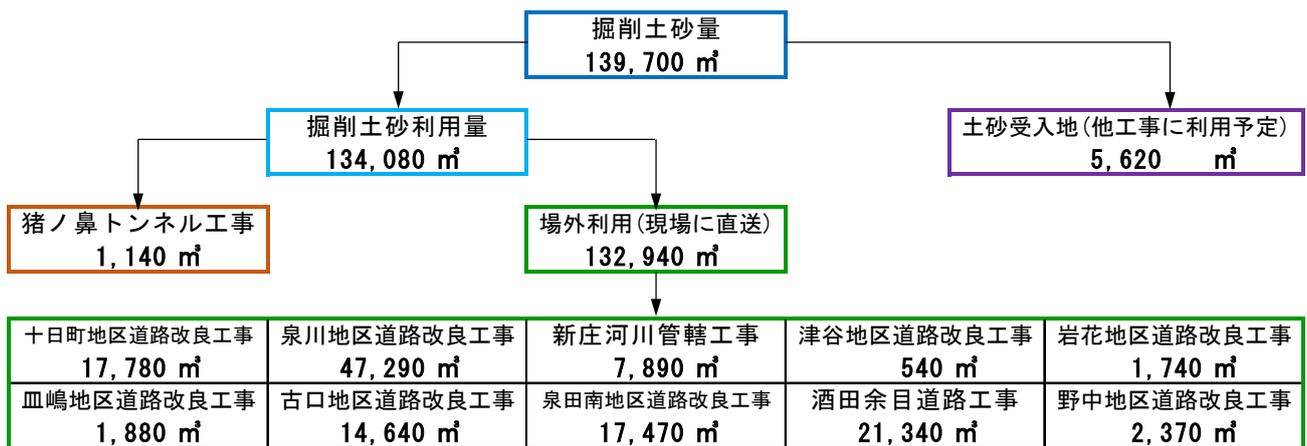


図-1 掘削土砂利用状況

この取り組みは、周辺工事での埋戻し材、盛土材の需要を満たし残土処分量削減に貢献し、同時に市街地、山間部の10tダンプトラック運行頻度を軽減でき、排ガスや粉じん、騒音・振動抑制に役立てることができました。

またトンネルは発破により掘削するため所定の断面よりも広く掘削(余掘という)することになります。本工事ではトンネル坑内計測に「トンネル情報化施工統合システム TopLun」(写真-2 トンネル情報化施工統合システム(モニタ画面))を導入し、レーザー照射により切羽面に掘削範囲を示し(切羽マーキング)、これをガイドとして削孔、装薬、掘削(発破)を行いました。この結果、余掘厚さを平均5cm縮小、掘削土砂を約1,500 m³削減することができました(図-2 切羽マーキング)。



写真-2 トンネル情報化施工統合システム(モニタ画面)

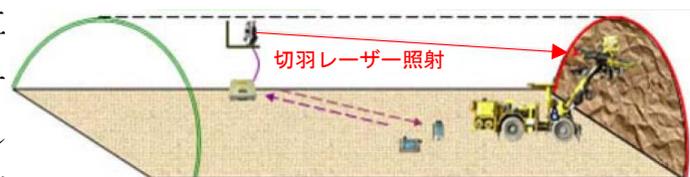


図-2 切羽マーキング

## 2-2 埋設型枠使用による型枠使用量削減

トンネル掘削に先立ち施工した流路工の床固め本体の躯体コンクリート工では、

コンクリート打設後、取り外す必要のない埋設型枠を使用しました。これにより木製型枠材を1,600 m³、12t削減することができ、同時に廃棄物を削減することができました。また埋設型枠の使用は建築型枠用木材(熱帯材)を削減し、熱帯雨林の保全にも貢献しました(写真-3 埋設型枠組立状況)。

# 特集



写真-3 埋設型枠組立状況

## 2-3 梱包材再使用による廃棄物削減

本工事では使用量の多いロックボルト定着用のドライモルタル（セメントと砂の混練物）の搬入に、繰り返し使用が可能なリターナブルバッグ（容量 500kg、1 袋あたり 20 回程度繰り返し使用可能）を使用しました。リターナブルバッグはドライモルタルの搬入に延べ 511 回繰り返し使用し、同時に 511 袋分の廃棄物（フレコンパック空袋）を削減することができました（写真-4 ドライモルタル搬入状況（容器の底が開閉する））。



写真-4 ドライモルタル搬入状況  
（容器の底が開閉する）

## 2-4 ベルトコンベアベルトの自動検査システムによるベルトの長期間使用

従来、ベルトの傷や劣化状況はベルトコンベア稼働中に人間による目視観察で行っていたため、損傷等を正確に把握することができずベルトの破断に至る事例がありました。本工事ではベルトの損傷、劣化点検に「ベルト損傷検査システム（ラインスキャンカメラでベルトを撮影、画像処理技術を用いて傷を抽出し、傷のレベルに応じて損傷状態、処置方法、緊急性をランク分けする）」を採用し、ベルトの傷、劣化状況をリアルタイムに把握、破断や大きな傷が発生する前に作業工程に合わせて必要最小限の補修等の保守点検を行いました。これによりベルトを長期間使用することができ、ベルトの交換量を抑制することができました（ベルトコンベア稼働後 1 年間、ベルト交換していない）。（写真-5 ベルト傷探知システム（モニタ画面））



写真-5 ベルト傷探知システム（モニタ画面）

## 3. 省資源・省エネルギー

### 3-1 ベルトコンベア使用による燃料 使用量・CO<sub>2</sub>排出量の削減

トンネル掘削土砂は当初、坑内でバックホウにより 10 t ダンプトラックに積込み、

# 特集

坑内を運行して運搬する計画でしたが、本工事ではトンネル坑内切羽からトンネル坑外の現場出入口付近まで、運搬距離約1,350mのベルトコンベア（ベルト幅750mm、ベルトの延長約2,700m）を設置して、掘削土砂を運搬することとしました。これにより掘削土砂を運搬するために必要な10tダンプトラックを約29,500台、ダンプトラック削減に伴うCO<sub>2</sub>排出量を約7,300t削減することができました。またベルトコンベアによる運搬は、排気ガス、粉じんの発生を低減し、トンネル坑内の作業環境を改善するとともに、掘削残土の連続、効率的な運搬を可能とし、トンネル坑内、作業ヤード内のダンプトラックの離合がなくなることから安全面にも貢献しました。

ベルトコンベアは本工事で使用後、本体（ベルト含む）はメンテナンスを施し他工事で再利用、据付架台に使用した鋼材は解体後リサイクル予定です（写真-6 ベルトコンベア運搬状況、写真-7 ベルトコンベア終点部）。



写真-6 ベルトコンベア運搬状況



写真-7 ベルトコンベア終点部

## 3-2 トンネル坑内LED照明化、

### トンネル坑内湧水の場合内利用

本工事ではトンネル坑内照明に、一般的に使用される水銀灯に代えて省エネルギー効果が高いLED照明を使用し、水銀灯に比較して電力消費量を約1/10に大幅に削減しました。（写真-8 トンネル坑内LED照明）



写真-8 トンネル坑内LED照明

またトンネル掘削に先立ち行う調査ボーリング（トンネル掘進100mに1回）後のボーリング孔からは常に一定量の湧水が豊富に流れ出ていました。当現場では、冬期には降雪がありトンネル坑外の作業ヤードを除雪する必要がありました。そこで湧水をノッチタンクまで導水して貯留しておき、冬期には加温して常時現場内融雪用水として、また夏期には粉じん防止のため散水、清掃に利用し、上水使用量を12,000m<sup>3</sup>削減することができました。（写真-9 融雪状況）

## 4. その他の取り組み

### 4-1 環境保全

本工事ではトンネルルート上に低土被り区間（最小土被り約7m）が約40m存在し、

# 特集



写真-9 融雪状況



写真-10 三の滝沢

その付近では山形県立公園に指定されている「三の滝沢」が横断(写真-10 三の滝沢)、沢には希少生物ハコネサンショウウオ(山形県レッドデータブック指定)が生息していました。この区間のトンネル掘削においては中央導坑を先進してから拡幅を行う分割施工「中央導坑先進拡幅工法」(トンネル外周部に連続的なスリット孔を設けて周辺地山と縁を切るとともに制御発破を行う工法)を採用しました(図-3 中央導坑先進拡幅工法の概念図、図-4 拡幅掘削(断面図)、写真-11 スリット溝施工状況)。これにより周辺地山への発破による振動伝播を約4割低減することができ、地山の緩み抑制と沢水の枯渇防止、および希少生物の保護に役立てました。

## 4-2 ホームページ開設等による工事進捗状況の発信

本工事への理解、関心を深めていただくため、本工事作業所が作成した「国道47号猪ノ鼻トンネル工事」特設サイトをインターネット上に開設し工事に関する情報を発信しました。

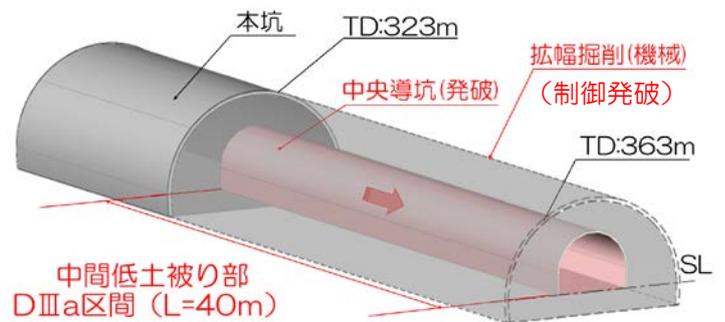


図-3 中央導坑先進拡幅工法の概念図

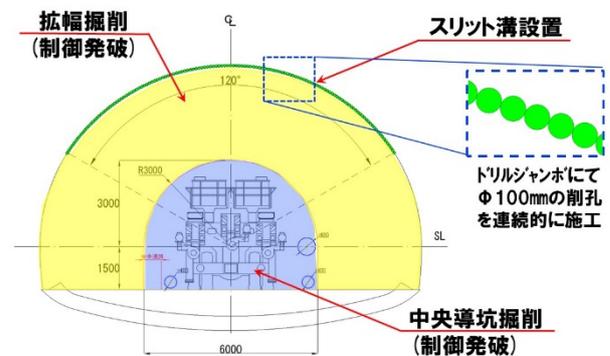


図-4 拡幅掘削(断面図)



写真-11 スリット溝施工状況

# 特集

また、土木工学社発行「トンネルと地下」に現場だよりを寄稿し、現場施工場所や工

事内容の発信を行いました(図-5「国道47号猪ノ鼻トンネル工事」トップページ)。

## 5. おわりに

猪ノ鼻トンネルは、出羽山地と、日本有数の急流である一級河川最上川に囲まれた風光明媚な山あいに位置し、周辺への環境負荷を抑えた施工を行う必要がありました。

本工事では、建設廃棄物の発生をできる限り抑制し、発生した建設副産物を周辺工事に有効利用するとともに、消費される燃料やエネルギー等の資源の消費をできるだけ少なくする施工の工夫、取り組みを行いました。これらの取り組みにより「平成29年度リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰」において、国土交通大臣賞を受賞しました。

猪ノ鼻トンネル工事は平成29年12月末に1期工事が完了し、現在2期工事を進めています。2期工事においても1期工事同

様の取り組みを推進し、省資源・省エネルギー、環境負荷を抑えた施工に取り組んでまいります。

**国道47号猪ノ鼻トンネル工事**

こちらは、国道47号猪ノ鼻トンネル工事のホームページです。

本工事区間は、自然災害(地滑り)による通行止めや、冬季の路面凍結および線形不良による事故が多発する区間です。それらの交通障害を緩和させる為に計画された高屋道路(L=3.4km)の内の2,926mのトンネル工事です。

施工箇所は、日本三大急流である、一級河川的最上川が流れているため、環境への配慮も必要となる工事です。

詳細については、「↑の工事名をクリックしてご覧下さい。」

《現場位置図》



《完成予想図(新庄側)》



施工会社:大成建設株式会社 東北支店  
発注者:国土交通省東北地方整備局山形河川国道事務所  
工事に関するお問合せおよび連絡先:大成建設(株) 猪ノ鼻トンネル工事作業所 TEL:0234-43-0961

図-5 「国道47号猪ノ鼻トンネル工事」トップページ