

## 高揚程・大容量の土砂垂直搬送設備でのシールド施工への適用実績

東日本高速道路(株) 佐藤龍利 櫻井和人 佐々木忍 高間孝一郎  
鹿島建設(株) 正会員 佐藤卓哉 高橋公城 吉村隼人 岩端一也 ○上野宇顕

### 1. はじめに

外環本線トンネル(南行)東名北工事は、東京外かく環状道路(関越～東名)で計画されている道路トンネルのうち、東京都世田谷区大蔵～武蔵野市吉祥寺南町までの約9kmをシールド工法で掘進する工事である。本シールドトンネルは土被りが40m以上ある大深度法適用工事であり、発進立坑においてシールド掘削土を約70m鉛直に搬送する必要がある。本報文では、北多摩(固結シルト)層のシールド掘削土を日本コンベヤ(株)との共同開発した高揚程・大容量の土砂垂直搬送設備である「スネークベルコン®」で搬出した実績について報告を行う。

### 2. 装置概要

土砂垂直搬送設備「スネークベルコン®」は、2枚のベルトに対してローラーをスネーク状に配置し、上下方向のベルトの張力により発生する押さえ付け力を利用してベルト間に土砂を挟み込む方式(図-1)とすることで、高低差100mの搬送が可能な設備である。これまで海外の鉱山などにおいて鉱石運搬の実績は多数あるが、日本における土層変化が激しい地層の土砂を搬送したシールド工事での事例はない。

シールド工事で一般的に土砂垂直設備として使用してきた「箱形ベルコン」は、国内の実績では搬送能力が600t/h程度、搬送可能な高低差は40m程度であり、またベルトが複雑な形状から土砂が付着しやすく、清掃等のメンテナンス面に手間がかかる。一方、本ベルコンは搬送能力が1,000t/h以上、高低差100mの搬送が可能で、汎用の平ベルトを使用しているため、スクレーパにより土砂付着物の清掃を容易に行うことができる。垂直搬送のみでなく、斜め方向への搬送可能なため、複雑な立坑形状に適用可能である。さらに、特殊部品がなく汎用的なローラーと平ベルトにより構成されるため、故障時の修理が容易である。

### 3. 適用実験

シールド工事への適用に向けて、ローラーの配置やスネーク形状の最適化など、装置構造に改良を加えた。さらに本ベルコンを実用化するため、表-1に示す3ステップで実証実験を実施した。

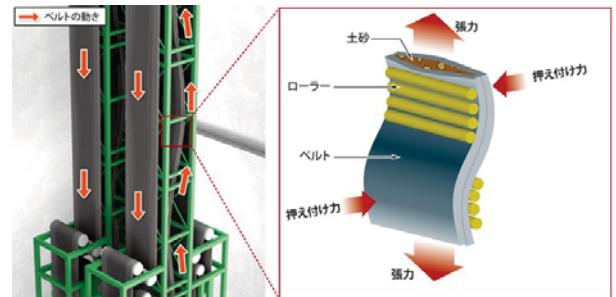


図-1 スネークベルコン模式図



写真-1 実大による連続運転実験

表-1 各実験時の主要諸元

項目	ステップ1	ステップ2	ステップ3
目的	土砂の挟み込み実験	実用化実験	実大による連続運転実験
場所	日本コンベヤ姫路工場	中央環状品川線五反田出入口工事	日本コンベヤ姫路工場
揚程	-	25.0m	25.0m
ベルト幅	1,200m	1,200m	1,200m
ベルト速度	静的実験	200m/分	200m/分
運搬量	-	320t/h ※モータ容量による	640t/h
運搬物	高含水比土砂	開削工事による発生土 高含水比粘性土	礫混じり土砂 流動化処理土 粘性土
結果	良好	良好	良好

キーワード 大断面シールド, 長距離, 大深度, 垂直ベルコン, スネークベルコン, 北多摩層

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 KT ビル 鹿島建設(株)東京土木支店土木部 TEL03-6838-2284

ステップ3では実験機の搬送能力を把握するため連続的に循環土砂量を増加させ、平均 600t/h、最大 638t/h（設計 640t/h）まで確認することができた。

また、流動化処理土、φ200mmの土塊などのシールド掘削模擬土を循環搬送したが、問題無く運搬することができた。対象工事のシールド機は外径 16.1 m（掘削断面積 203m<sup>2</sup>）で最大掘進速度 60mm/min の能力を有するため、12.3m<sup>3</sup>/min のベルコン運搬能力が必要である。つまり、本ベルコンに必要な能力は 1,535t/h（959m<sup>3</sup>/h、土砂比重：1.6t/m<sup>3</sup>、ふけ率：1.3）となる。対象工事では2基のベルコンを設置するので、1基に必要な能力は 768t/h である。対象工事で使用する本ベルコン（実機）ではベルト幅を 1,200mm から 1,400mm に 200 mm 長くして必要な輸送断面積を確保し（表-2）、実機の搬送能力を 840 t/h とした（表-3）。

表-2 実験機と実機の輸送断面と輸送能力

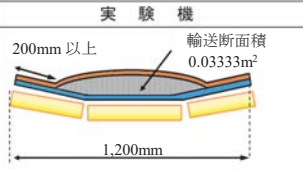
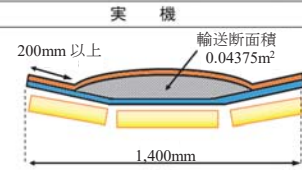
実験機	実機
	
輸送能力 $0.03333\text{m}^2 \times 200\text{m}/\text{min} \times 60\text{min} \times 1.6\text{t}/\text{m}^3$ =640t/h	輸送能力 $0.04375\text{m}^2 \times 200\text{m}/\text{min} \times 60\text{min} \times 1.6\text{t}/\text{m}^3$ =840t/h

表-3 対象工事適用時の主要諸元

項目	仕様
設置台数	2基
揚程	73.2m
ベルト幅	1,400mm
ベルト速度	200m/min
運搬量	1,680t/h (840t/h×2基)

#### 4. 対象工事での施工実績

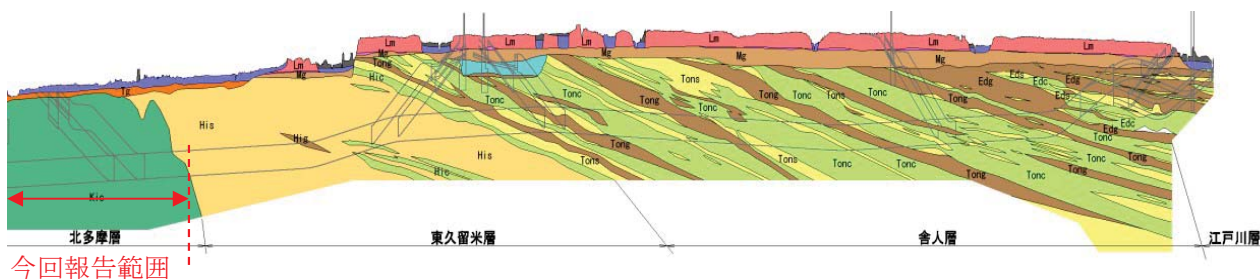


図-2 土層縦断図

図-2 に示すように今回の掘削対象土層である北多摩（固結シルト）層において、ベルコン運搬能力が最大 8.2m<sup>3</sup>/min で施工を行った。φ150mm 程度の大きさの土塊も含めたコーン指数 200kN/m<sup>2</sup> 程度の強度のシールド掘削土であった。図-3 に現場でのスネークベルコン全体図を示す。

当初行っていた気泡シールド工法の掘削土では問題が発生すること無く運搬することができた。しかし、泥土圧シールド工法ではスネークベルコンの乗り継ぎ部での土砂すべりや側部からの漏れが確認された。高分子添加剤の量を適正に調整して問題の解決を図り、最大排土量 930t/h（1基当たり 465t/h、土砂密度 1.9t/m<sup>3</sup>）を揚程 70m 垂直搬送することができた。

本工事では冗長化を目的として本ベルコンを2基配置しており、1基稼働のみでも排土することができる。掘進速度は調整する必要があるが、掘進作業は継続することができる。本工事の施工実績より、対象工事の施工条件（大断面 φ16.1m、高速掘進約 30m/日、高低差 70m 以上）に対して本ベルコンは十分対応可能であると考えられる。

#### 5. おわりに

本ベルコンが対象工事の大断面・大深度シールド工事への適用性が確認できた。今後の施工において、掘進速度 60mm/min における排土性能検証や、土層の変化、排土性状の変化、本ベルコンの耐久性を検証していく予定である。本報告が類似のシールド工事の施工に参考になれば幸いである。

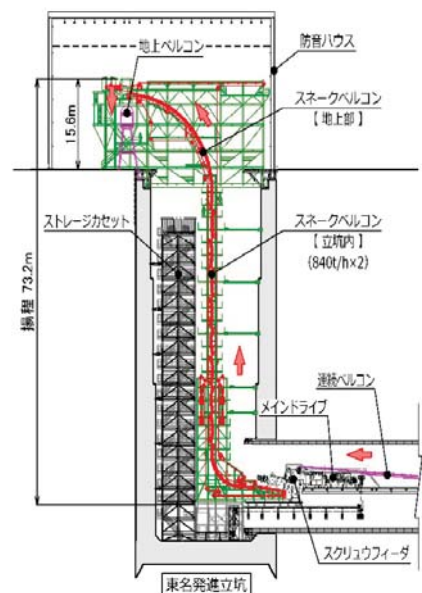


図-3 スネークベルコン全体図