

32. 「垂直土砂搬送装置」実用機の開発 ー鉄道建設工事への適用ー

東急建設(株):○高橋 浩史, 平井 幸雄, 金井 孝行

1. はじめに

都市部の地下掘削工事等では,狭隘な地上空間において交通の妨げにならない土砂排出用開口部を確保し,昼夜にわたり安全に効率よく土砂を搬出することが求められている。

そこで,小口径のケーシング内を連続的に移動する連結プレートにより,効率的に土砂を搬送する「垂直土砂搬送装置」を実用機として開発し,実証試験の後,現在施工中である横浜市の鉄道建設工事に導入した。

本稿では,装置の開発過程から現場への適用までを報告する。

2. 装置の概要

2.1 構造

本装置は,2本のケーシングからなる搬送ケース,搬送プレートを一定ピッチで連続して取付けた2本のチェーンおよびチェーン駆動装置から構成される。

(図-1, 図-2)

2.2 搬送原理

装置下部のホッパに投入した掘削土砂は,チェーンに取付けられたプレートにより順次掻揚げられ,連続的に一方のケーシング内を移動し,排出口から排土される。排土が終ったプレートは,残る一方のケーシングを使って再び地下に戻る。

2.3 特長

- ① 土砂搬送部は搬送ケース分(1.24m×0.88m)の省スペースで設置可能
- ② 密閉された搬送ケース内を土砂が移動するため,土砂のこぼれがなく効率よく安全に搬送可能
- ③ 下部ホッパに投入された土砂を一定量ずつ搬送する機構のため,土砂定量供給装置が不要
- ④ 搬送ケースとチェーンを継足すことにより順次地下

への延伸が可能

- ⑤ 搬送ケースを途中で捻ることで土砂投入部と排出部の設置方向の変更が可能

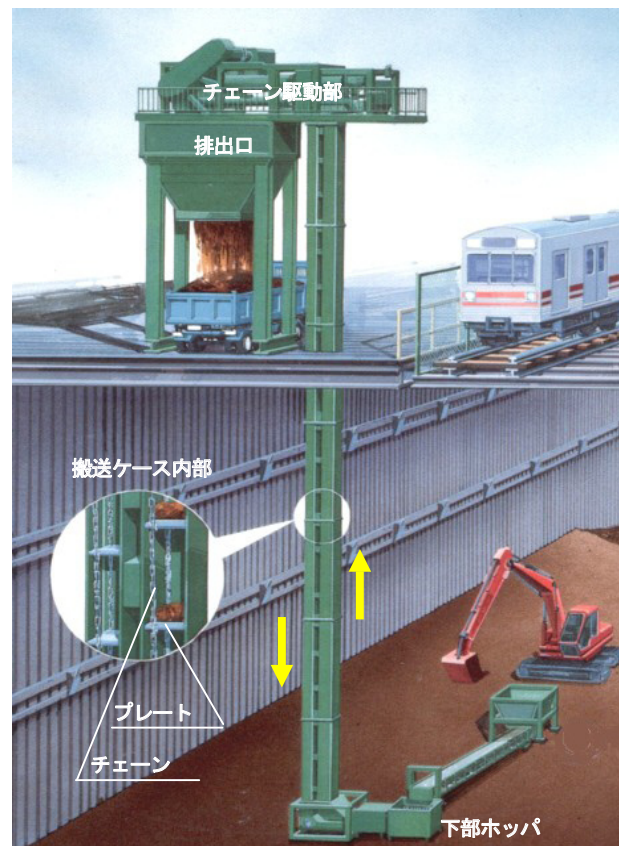


図-1 垂直土砂搬送装置設置イメージ図

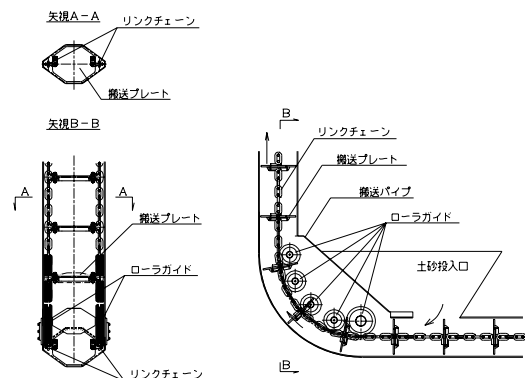


図-2 装置下部構造図

3. 実証実験

3.1 実験概要

開発した装置の能力を検証するため、高さ約 11m の装置を製作し実証実験を実施した。

搬送物は、砂、砂利、土丹、粘性土を用い、土質別搬送能力の検証、チェーン磨耗量の測定等を行った。

装置運転時間は 377 時間であった。

実験装置の仕様を表－1に、実験装置設置状況を写真－1に示す。

表－1 実験装置の仕様

理論搬送能力	60.0 m ³ /h
搬送速度	1.2～12 m/min
電動機出力	37kW 200V(インバータ仕様)
搬送プレートピッチ	600 mm
搬送ケース断面	1,240 mm×880 mm
揚程	11 m



写真－1 実験装置設置状況

3.2 実験結果

①土砂搬送量

土砂搬送量は、プレート1ピッチ毎に搬送されてくる土砂を、計測バケツに移してその容量を算出し、時間あたりの搬送量に換算した。

土砂搬送能力は、

$$Q = A \times 60 \times V \times \eta$$

Q: 時間あたりの搬送能力 (m³/h)

A: 搬送ケーシング断面積 (m²)

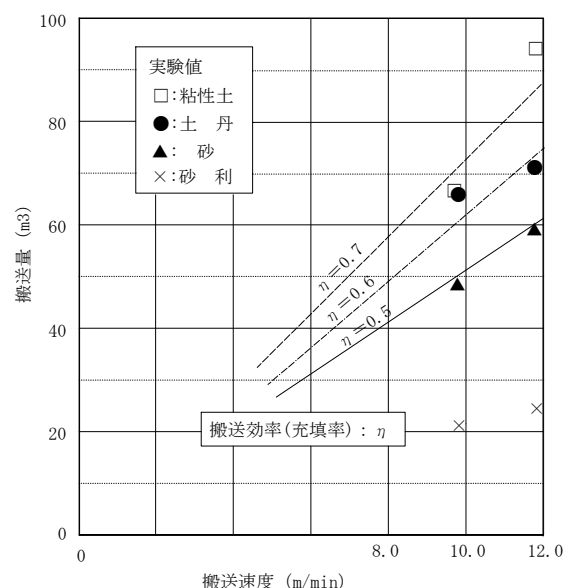
V: プレート搬送速度 (m/min)

η : 搬送効率(充填率)

で求められ、ケーシング断面積が一定であれば、プレート搬送速度と充填率により決定される。

図－3に搬送土質別のプレート搬送速度と土砂搬送量の関係を示す。実験結果はほぼ比例関係にある。搬送速度を一定としたときの搬送量は、粘性土、土丹、砂の順に大きく、搬送効率 η は搬送量から計算し粘性土で約 0.7、土丹で約 0.6、砂で約 0.5 となる。実験結果から得られた数値は、実証機設計に用いた数値と概ね一致し妥当性が確認できた。本機においての時間あたりの最大搬送能力は、搬送効率を 0.5 として 60m³/h 程度と考えるのが妥当と思われる。

砂利については垂直部搬送中でのプレートからのこぼれが多く、今回の実験では少量しか搬送できなかったため参考値とする。



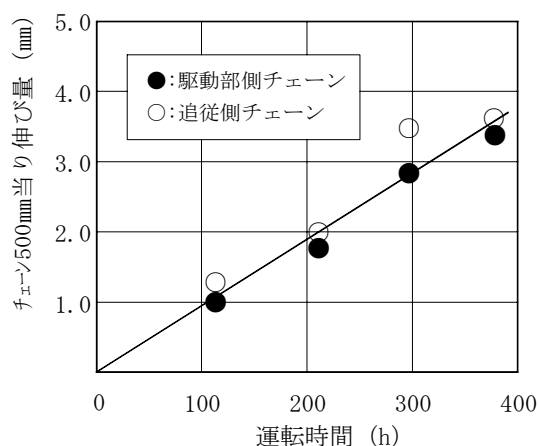
図－3 プレート搬送速度と土砂搬送量

③チェーンの磨耗

図－4に運転時間とチェーン伸び量の関係を示す。チェーンは駆動部側、追従側の2本に対し 500 mm (1ピッチ分) 当りの伸び量を測定した。

一般的には初期磨耗時期を経過すると、時間当りの磨耗量は減少傾向に推移すると言われているが、実験時間が初期磨耗時期を越えていなかったためか、結果は比例関係を示した。

実験結果とメーカーの磨耗許容値よりチェーンの許容運転時間を計算すると約 3,000 時間となるが、前述の磨耗量の減少分を考慮すると、実際には計算値以上になると思われる。



図－4 チェーン磨耗量

4. 実施工への適用

4.1 工事概要

装置を導入した、横浜市高速鉄道4号線日吉駅建設工事は、横浜環状鉄道(市営地下鉄4号線)中山～日吉間の起点である日吉駅を東急東横線日吉駅の下に建設するものである。

垂直土砂搬送装置の揚土対象となる慶応大学側の施工は、山岳トンネル工法により構築される。

4.2 装置の採用経緯

本工事におけるトンネル掘削土砂の搬出箇所は、東急東横線日吉駅前の道路中央部に設けられた作業帯内に位置している。(写真－2)

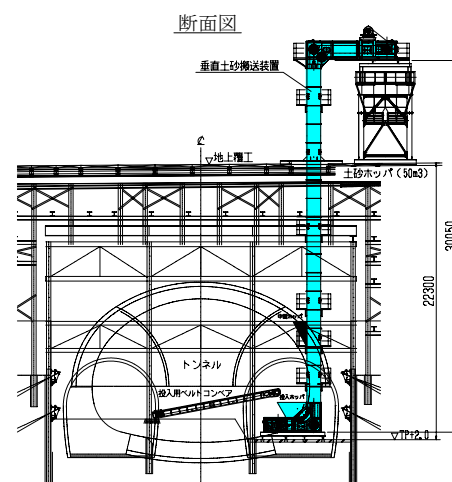
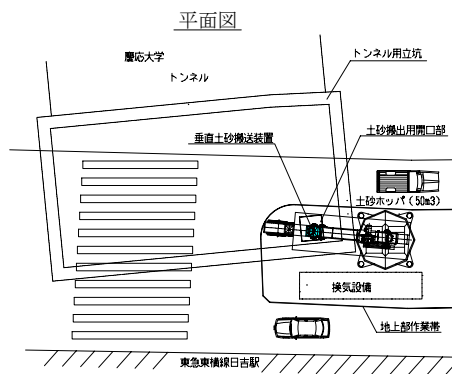
従来のクラムシェルによる土砂搬出作業の場合は夜間に作業帯を拡幅して土砂搬出を実施する必要がある。

今回、トンネル工事の土砂搬出用開口部は2m×1.8m と非常に小さい上、掘削土砂の搬出を昼夜にわたり効率よく搬出する必要があることから、狭隘なスペース

で設置可能な「垂直土砂搬送装置」の導入に至った。図－5に装置設置図を、写真－3に設置状況を示す。



写真－2 土砂搬出場所全景



図－5 装置設置図

4.3 装置の仕様

設置した装置の仕様は表－2のとおりである。

運転操作は、地上部および土砂投入部(立坑下)に

て可能としている。

表－２ 装置の仕様

理論搬送能力	60.0 m ³ /h
搬送速度	1.2～12 m/min
電動機出力	37kW 200V(インバータ仕様)
搬送プレートピッチ	600 mm
搬送ケース断面	1240 mm×880 mm
揚程	30 m

4.4 施工実績

トンネル工事の総掘削土量は約15,000m³で、平成17年3月18日より、本年5月までの間に本装置で搬送した土量は約4,000m³である。(現在施工中)

稼動日数当たりの平均搬送量は91 m³/日、最大搬送量は190 m³/日、時間あたりの最大搬送実績は、約50 m³/hであった。

4.5 安全装置

非常停止ボタンを、地上・地下部の運転場所の他、装置最上部、中間ホッパ部に設置した。

操作回路にはモータの過電流保護装置を設置し、オーバーロード時に装置が自動停止するシステムとした。

また、土砂ホッパ部には、光電センサ、機械式センサ、モニタを組み合わせた土量監視システムを導入した。当システムは土砂ホッパ内土量を段階的に把握し、各段階にて警報作動および装置停止を自動的に実施する安全システムである。表－3に作動範囲を示す。

5. おわりに

今後、都市部における地下施設の施工では、狭隘なスペースにおいて、周辺環境に配慮し、安全でより効率的に土砂を搬送する技術が求められる。本装置はその要求を満足する機械として、当工事にてその成果が確認されることを期待される。今後は、各種データの収集、蓄積を行うと共に、市街地におけるトンネル工事や再開発事業の大規模掘削工事に対し同装置の適用を図る所存である。

最後に本装置の開発・実験・現場適用にあたり、ご協力いただいた関係各位に対し感謝致します。



写真－3 装置設置状況

表－3 土量監視システム作動範囲

段階	ホッパ容量	警報作動(自動)				機械停止(自動)	
		回転灯青	回転灯黄	回転灯赤	サイレン	投入用ベルトコンベア	垂直土砂搬送装置
第1段階	70%	○			○		
第2段階	90%		○		○	○	
第3段階	100%			○	○	○	○
第4段階	105%				○	○	○
最終						人力停止	人力停止