

## VI-77

## 急勾配搬送システムの開発

大豊建設（株） 正会員 ○松本秀広 角田治郎  
渡辺洋男 今村秀雄

## 1. はじめに

地下空間の有効利用に向けてのジオフロント計画を期に、さまざまな技術開発が各方面で進められている。その中で、急勾配に対応できるシールド工法など新しい施工技術が確立されつつある。

しかし、坑内搬送用に使用される軌道装置（蓄電池式機関車等）は、5%を越える勾配での使用が安全衛生規則で禁止されているため、新しい掘削技術に対応する搬送システムの開発が求められている。

そうしたニーズに答えるために新たな急勾配搬送システム（Steep Carrying System）の開発を行った。

本文では、開発にあたり行った実験の結果について報告する。

## 2. 現状の急勾配用搬送機

急勾配の搬送機は、アプト式鉄道等に採用されている噛み合い式と、斜坑やダム建設用インクラインなどのワイヤー式に大別される。

前者は、軌条の分岐やレール延長時の取り付け精度を要する事や、上下左右の曲線に応じた専用レールの製作、噛み合い面のメンテナンスが必要であることなどの問題点がある。後者は、トンネル工事に使用する場合、ワイヤーロープをその都度延長する必要がある、また上下左右の曲線を持つトンネルには対応が困難である。

## 3. システムの概要

本システムはタイヤ駆動方式である。図-1に示すように動力送電用の集電ダクト①、集電トロリー②とケーブルリール③から成る集電装置部と、電動機と減速機を備えた本体④及び自重を支える走行輪⑤と駆動力を伝達する駆動輪⑥及び走行レール⑦と駆動レール⑧から構成され、走行はインバータ制御によりスムーズに加減速される。

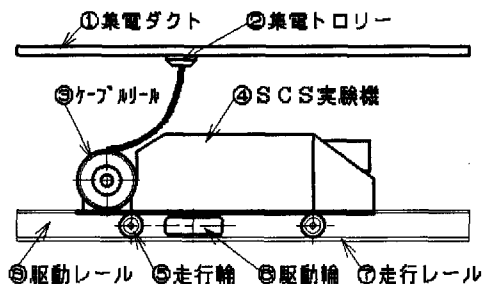


図-1

図-2は駆動原理図で、走行レール⑦中央に設けた駆動レール⑧（H型鋼のウェブ部）に駆動輪⑥（ゴム製ソリッドタイヤ）を左右より挟むように押し付け、電動機からの動力を駆動輪⑥に伝達し、⑦の走行レール上を走行する方式である。

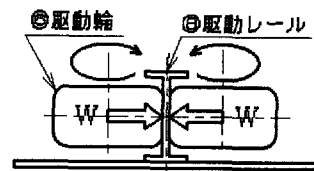


図-2

このように本システムは、タイヤと路面間の摩擦力を応用したもので、その摩擦力（ $F$ ）は一般に、摩擦係数（ $\mu$ ）と動輪の押付力（ $W$ ）の積  $F = \mu \cdot W$  で表される。従って、機関車が小型軽量でも「 $W$ 」を大きくすることで、大きな牽引力が得られる。

## 4. 実験の目的

本実験ではトンネル坑内を想定し、水や掘削土等の付着した場合の牽引力の測定と摩擦係数の確認及び良好な摩擦力が得られるレール開発等を目的として実験を行った。

## 5. 実験機仕様

電動機 15kw 0~1800rpm (50/60HZ)  
走行速度 0~33m/min (インバータ速度制御)

駆動輪  $\phi 381 \times 178b$  使用荷重 2000Kgf/1輪  
実験機重量 3950Kgf

被牽引重量 最大約 5300Kgf

定格牽引力 2700Kgf

## 6. 実験内容

### 6-1. 牽引力実験

アンカーに取り付けたロードセルを実験機で牽引し、下記条件を組み合わせた状態で駆動輪の押し付け力を変化させ、牽引力の測定を行った。

〔駆動輪材質〕 〔駆動レール種類〕 〔レール面状態〕

- |             |          |             |
|-------------|----------|-------------|
| a) プタジエンゴム  | a) 平鋼板   | a) 乾燥       |
| b) 軟質ウレタンゴム | b) 縞鋼板   | b) 湿潤       |
| c) 硬質ウレタンゴム | c) 穴開鋼板  | c) ベントナイト塗布 |
|             | d) 作動油塗布 |             |

### 6-2. 制動実験

上記の条件を組み合わせ、かつ下記条件で実験機を下り走行させ、急制動を行った位置から停車した位置までの距離を測定した。

走行 速度 33m/min 走行路勾配  $\theta = 15^\circ$

実験機重量 3950Kgf 被牽引重量 約1300Kgf

## 7. 実験結果

表-1は、押し付け力が4000Kgf/2輪時のプタジエンゴムでの各牽引力で、穴開鋼板レールとの組み合わせでは、作動油を塗布した状態でも1200Kgfの牽引力が得られた。

図-3は、穴開鋼板レールにベントナイトを塗布した状態でのタイヤ別牽引力で、押し付け力当たりの牽引力ではプタジエンゴムが最も優れ、概ね6500Kgf/2輪の押し付け力で定格牽引力に達する。

図-4はその時の摩擦係数で、定格牽引力発生時には約0.4であった。

このようにプタジエンゴムと穴開鋼板レールを組み合わせ、押し付け力を調整することで、レール面の状態にかかわらず定格牽引力を発生できることが分かる。

これは、総重量10tの編成で、約 $15^\circ$ の斜路を走行できる力である。

制動距離は、上記組み合わせの場合、作動油塗布状態でも30cm以内と、良好な結果が得られた。表-2に上記組み合わせでの各路面別平均制動距離を示す。

## 8. おわりに

実験の結果、環境条件の悪い坑内でも十分な牽引力を発揮できることが確認できた。また、5tの荷重を積載した状態での、 $15^\circ$ 勾配走行試験（写真-1参照）も終え、現在実用化を進めている。

|     | 乾燥   | 湿潤   | ベントナイト | 作動油  |
|-----|------|------|--------|------|
| 平鋼板 | 3150 | 1700 | 300    | 300  |
| 縞鋼板 | 2650 | 2400 | 1100   | 600  |
| 穴鋼板 | 2250 | 2000 | 1800   | 1200 |

表-1 駆動輪押し付け力4000Kgf時牽引力 単位:Kgf

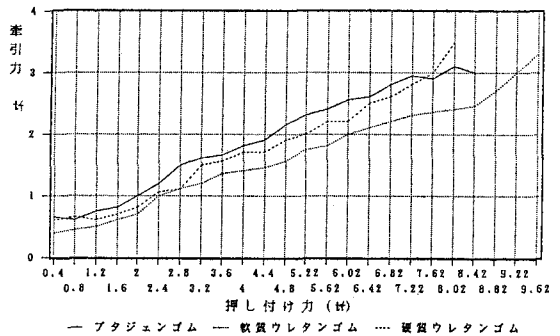


図-3 駆動輪押し付け力・牽引力

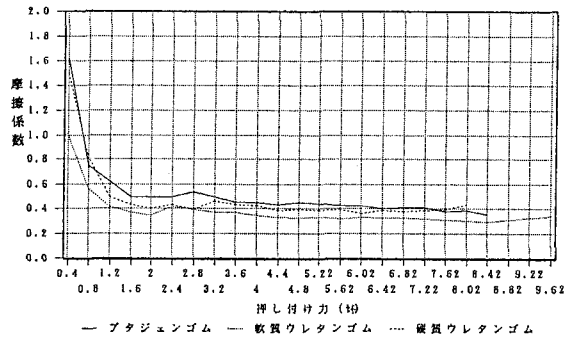


図-4 駆動輪押し付け力・摩擦係数

|        | 乾燥  | 湿潤  | ベントナイト | 作動油 |
|--------|-----|-----|--------|-----|
| 距離(mm) | 214 | 214 | 292    | 270 |

表-2 路面状態別制動距離

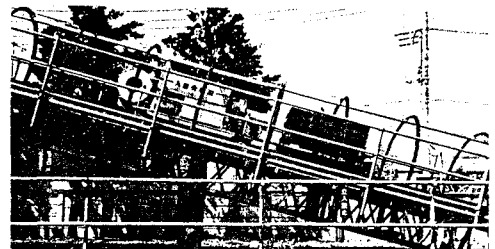


写真-1  $15^\circ$ 勾配路での走行実験状況