

2019年11月28日

急曲線対応型自動レール移動システム「Rail Walker System」を開発 —トンネル工事の作業を自動化し、生産性と安全性を大幅に向上—

戸田建設(株)(社長:今井 雅則)と岐阜工業(株)(社長:宗像 国義)は、山岳トンネルにおいて繰り返し行われ多大な時間を要していたレール移動作業※を自動化する「急曲線対応型自動レール移動システム: Rail Walker System」を開発しました(2件の特許出願中)。

このシステムは、従来バックホウなどの建設機械と複数の作業員との混合作業で行っていたレール移動作業を、僅か一人の作業員のボタン操作だけで自動化するものです(図-1参照)。従来は直線トンネルでしか採用できなかった技術に工夫を加え、特殊アウトリガーを設置してレールの移動方向の制御を可能にすることで急曲線トンネルにも適用できるようになり、実用性が飛躍的に向上しました。本システムは、省力化による生産性向上や効率化だけでなく安全性向上の面でも大きな効果があります。

現在施工中の『福島県博士トンネル工事(昭和村側工区)』(L=2,265m、最小曲率 R=350m)において、作業台車に本システムを採用し、システムの有効性を確認しました。

※トンネル工事では、アーチ部用の作業台車(鉄筋組立・防水シート設置)や覆工コンクリート用スライドセントル(型枠)を30m程度の仮設レール上で走行させ、位置を変えながら作業を行うため、繰り返しレールの移動が必要となる。

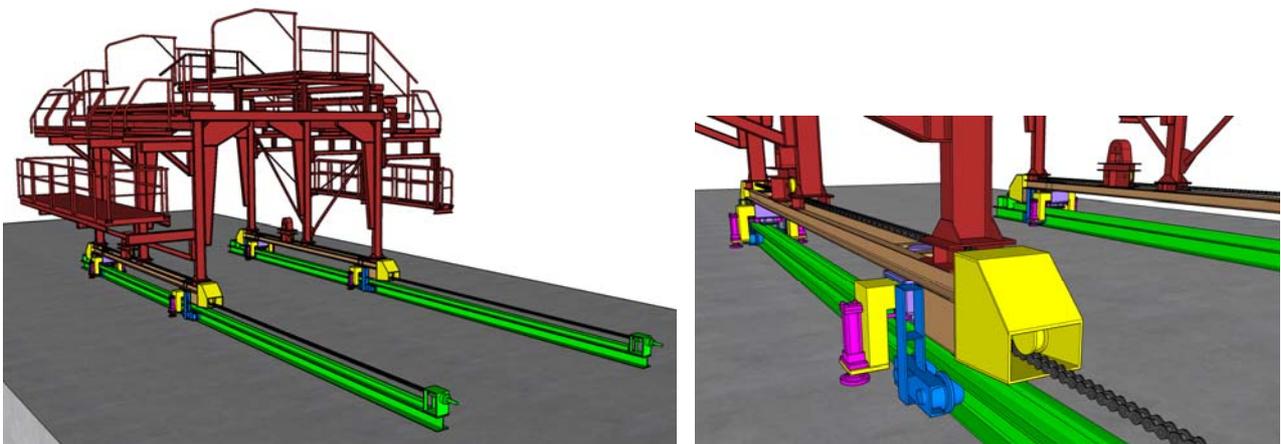


図-1 Rail Walker System のイメージ図(作業台車での採用例)

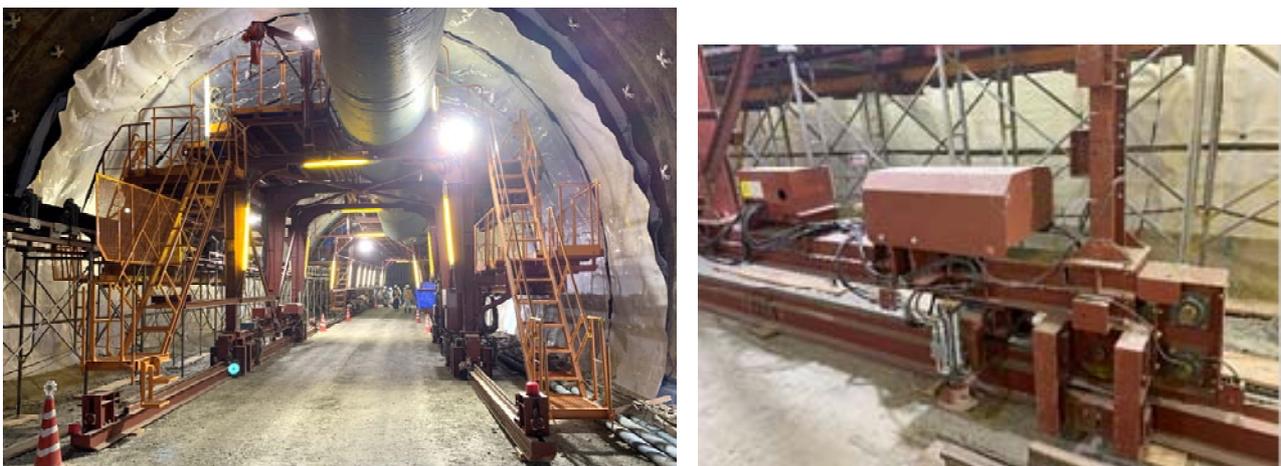


写真-1 Rail Walker System の現場適用『福島県博士トンネル工事(昭和村側工区)』

1. 従来の方法の問題点（図-2 参照）

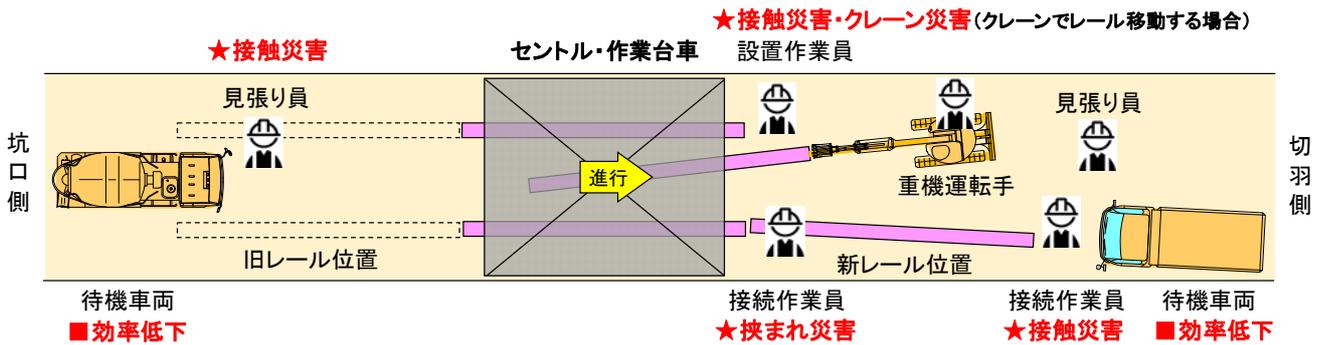


図-2 従来のレール移動方法のイメージ図

1-1 レールの移動方法

覆工前作業のアーチ鉄筋組立や防水シート展張用の作業台車（以下、作業台車）と覆工コンクリート用スライドセトル（以下、セトル）は、トンネル延長分の長さを進捗に応じて順次前方に移動する必要があります。その方法としては、作業台車やセトル（以下、作業台車等）に設置した車輪と、施工基面に設置した左右2条のレールを使用します。しかし、狭隘なトンネルの特殊性から、レールは約30m分しか設置できないため、作業台車等の移動の都度、約10m分のレールを前方に順次移動させる必要がありました。

1-2 レール移動作業の効率性の課題

延長1,000mのトンネルの場合、レール移動回数は作業台車とセトル合わせて約200回にもなり、1回の移動で約30分近くかかると共に5～6名の作業員を要していたため、レール移動作業の効率化・省力化が課題でした。

レール移動作業はトンネル掘削作業と並行作業となる場合が多いため、作業台車等の中央部のスペースで掘削作業用のずり出しダンプ等を通行させる必要があり、その車両通行回数は数百台/日に及びます。他方、レール移動作業は、作業台車等の中央部のスペースを利用するため、通行車両を一時停止させるか、レール移動作業を中断せざるを得ず、生産性を低下させる非効率な作業となっていました。

1-3 レール移動作業の安全性の課題

長尺物のレールを移動・設置・微調整する作業は、バックホウやクレーン付きトラック等と作業員との複合作業となり、重機接触災害、クレーン災害、挟まれ災害等の危険性を少なからず伴うものでした。また、レール同士を接続させる作業は、ペーシやモールという特殊部品を使用して、作業員が屈んで行わなければならないため、中央部を通過するずり出しダンプには死角となり、接触災害や積み荷の落下による災害等の危険性もありました。

2. 急曲線対応型全自動レール移動システム『Rail Walker System』

2-1 システムの概要

本システムはトンネル線形が急曲線であっても、曲線形状に合わせてレールの向きを変えて移動させることができます。また、重機類をまったく使用することなく、コントローラーを持った1名の作業員が遠隔でレール前進と回転を行うことができるため、ずり搬出中の通過車両が激しい時でもレールを安全に移動させることができます。

システムは主として、下記の6つの特殊装置により構成されています（図-3 参照）。

- ①特殊レール : 前後方に張り出すことが可能な高剛性レール（左右2条）
- ②特殊レール移動装置 : 特殊レールを前後に移動させる装置（左右2基）
- ③特殊車輪 : 特殊レールを抱きかかえ浮かせることが可能な車輪（前後左右4台）
- ④上昇下降用ジャッキ装置 : 特殊アウトリガーに設置され、特殊レールと共に作業台車等を上昇下降させる装置（前後左右4台）
- ⑤回転装置 : 作業台車等に設置され、特殊アウトリガーを回転させる装置
- ⑥横スライド装置 : 特殊アウトリガーに設置され、特殊レールと共に作業台車等を回転させる装置（前後左右4台）

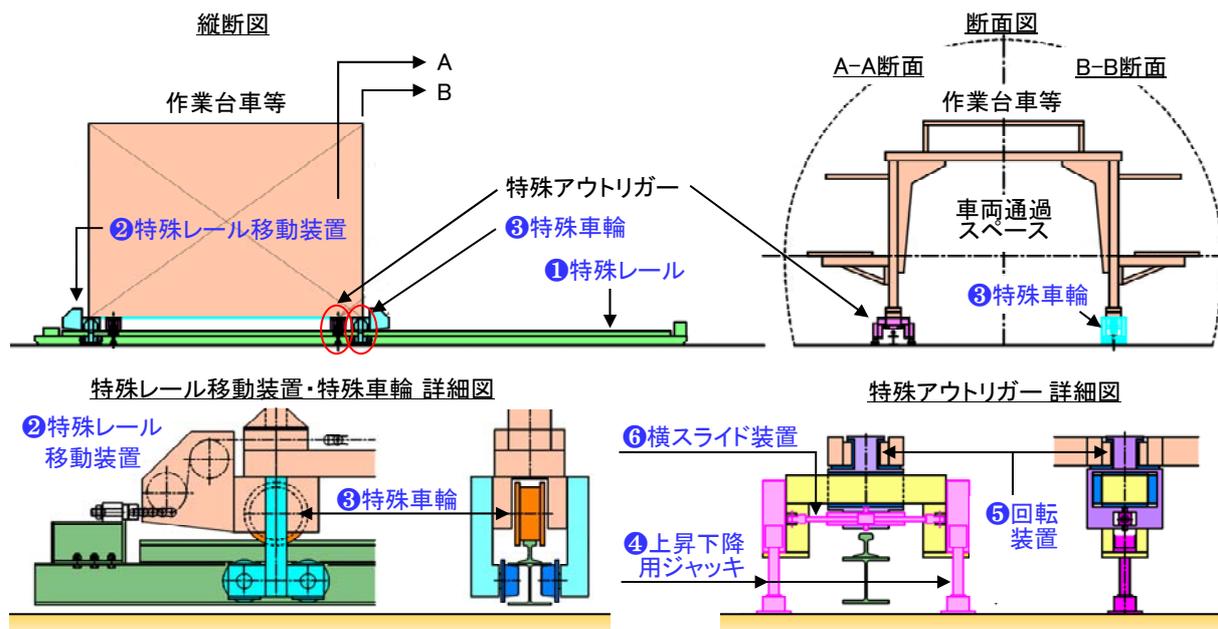


図-3 Rail Walker System の6つの特殊装置

2-2 本システムによる特殊レールと作業台車等の移動・回転方法

レール移動・回転等のステップを以下に示します（図-4 参照）。

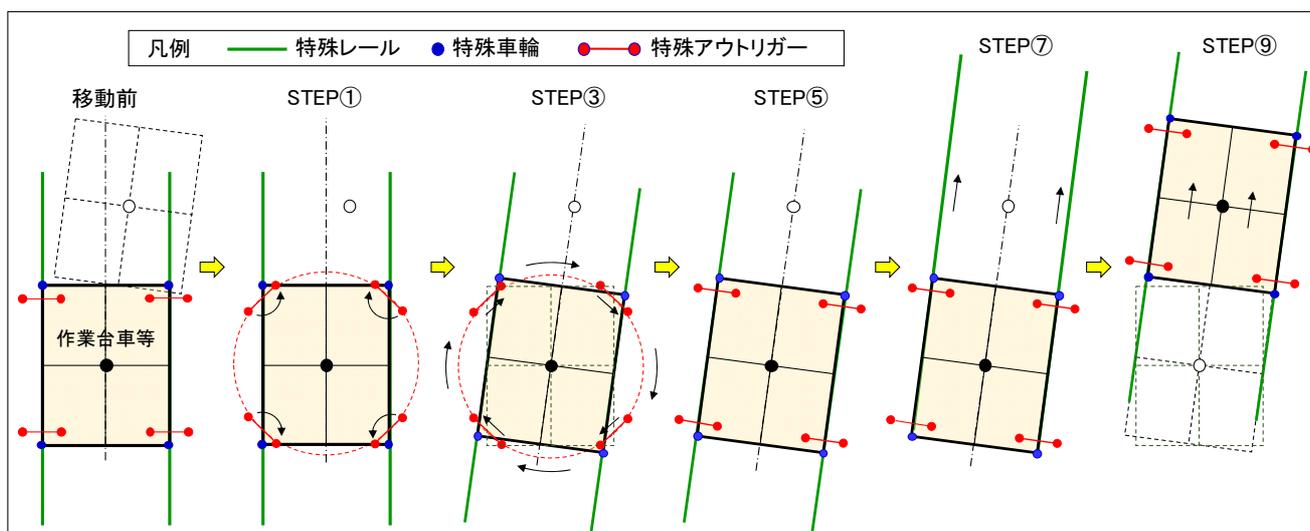


図-4 Rail Walker System の主要ステップ概念図

- ① 特殊レールに作業台車等が乗っている状態で、特殊アウトリガー4台を回転装置により回転
- ② 特殊アウトリガーの上昇下降用ジャッキにより、特殊レールと作業台車等を上昇
- ③ 特殊アウトリガーの横スライド装置により、特殊レールと作業台車等を同時に回転

- ④ 上昇下降用ジャッキにより、特殊レールと作業台車等を下降
- ⑤ 特殊アウトリガーの回転と横スライド装置を初期状態に戻す
- ⑥ 上昇下降用ジャッキで、特殊レールと作業台車等を上昇
- ⑦ 特殊レール移動装置により、特殊レールのみを前方に送り出し
- ⑧ 上昇下降用ジャッキで、特殊レールと作業台車等を下降
- ⑨ セントル等を所定の位置へ前進（作業台車等に標準で設置されている電動車輪により移動）

2-3 本システムの採用による効果と特徴

1) 生産性の向上

本システムを採用することで、レールと作業台車等の前進作業をトンネル掘削やインバートコンクリート打設の通行車両により中断されることなく実施できます。また、レール送り作業により通行車両を停車させることがないため、トンネル掘削作業やインバートコンクリート作業を円滑に進めることができます。これにより、トンネル全作業の効率化が図れます。また、本システムにより従来4～5人で行っていたレール送り作業を1名のみで省力化できるため、余剰人員を他の覆工関係作業に割り当てることができます。

2) 安全性の向上

本システムを採用することで、バックホウやクレーン付きトラックと作業員との混合作業をなくすると共に、通行車両脇で屈んで行わなければならないレール接続作業を無くすことができます。これにより、重機接触災害の防止、挟まれ災害の防止、積み荷の落下等による飛来災害の防止が図れます。

3) 急曲率トンネルでの採用に最適

本システムは、曲率の大きい（緩曲線）鉄道トンネルはもちろん、ランプトンネルや水路トンネル等の曲率の小さい（急曲線）のトンネルに適しています。

3. 今後の展開

今回現場適用した「Rail Walker System」は、アーチ鉄筋組立や防水シート張り用の作業台車ですが、今後は、覆工コンクリート用のスライドセントルへの適用も検討しています。

また、今回適用した現場では、「Rail Walker System」と共に、トータルステーション（測量機器）の使用によるスライドセントル等の半自動設置システムを開発中であり、操作性や有効性の検証等を通じ各種データを取得中です。

これらのシステム開発により、将来的な覆工コンクリート作業の完全自動化実現に有用なツールがひとつずつ作り上げられていくものと考えています。なお、複数の現場に適用して改良を加えた後に、本システムをNETIS登録する予定です。NETIS登録後は、岐阜工業(株)より販売を予定しています。