

環境対応地上給電式トランスファークレーンの開発

Ground Power-Feeding Type Electric Transfer Crane



小幡 寛治^{*1}
Kanji Obata

阪本 俊彦^{*2}
Toshihiko Sakamoto

吉岡 伸郎^{*3}
Nobuo Yoshioka

藤澤 昇^{*3}
Noboru Fujisawa

吉川 博文^{*4}
Hirofumi Yoshikawa

門前 唯明^{*5}
Tadaaki Monzen

世界的な環境対応ニーズが高まる中、当社は従来のエンジン発電機に代わるケーブルリールによる地上給電式の電動 RTG を開発し、エネルギーコスト、CO₂ 排出量ともに従来当社比で約 9 割削減の試算結果を得た。また、当社独自のケーブルリール制御技術を組み込み、従来と同等の 135mpm の高速走行を可能とし、オートステアリング制御により安定した走行直進性能を実現した。レーンチェンジを行う際には、電源搭載コンテナをスプレッダでつかみ、地上給電設備から電源搭載コンテナに切り替えてレーン間を自力走行する。これらの技術を確立、実用化したので紹介する。

1. はじめに

港湾コンテナターミナルにおいては、タイヤ式トランスファークレーン (RTG, Rubber Tired Gantry Crane) によって、シャーシトラックで搬送されてきたコンテナをヤードに蔵置する、あるいはヤードに蔵置されたコンテナをシャーシトラックに積載するといったコンテナ荷役作業が行われる。RTG はエンジン発電機を搭載し、タイヤを 90 度旋回することで通常の横走行から縦走行に切り替えてヤード全域をカバーする。

一方、近年高まっている省エネ、CO₂ 削減といった環境問題に対応するにはエンジン発電機を排除し、地上給電による電動化の推進が必要である。当社はケーブルリールによる地上給電式の電動 RTG を開発し、エネルギーコスト、CO₂ 排出量の削減効果を試算した。技術課題であるケーブル張力変動に対しては、当社独自の制御技術を組み込むことで、従来エンジン式と同等の走行速度を実現した。また、給電ケーブルをコネクタ着脱式とし、発電機コンテナを RTG 自身がつり上げ、ここから電力供給することで縦走行を可能とし機動性も確保した。当社電動 RTG の製品仕様、環境性能、技術内容を紹介する。

2. 電動 RTG の製品仕様と環境性能

2.1 製品仕様

当社電動 RTG の基本仕様を表1に、装置構成の概要を図1示す。図に示すように、従来 RTG に搭載されているエンジン発電機を取り除き、このスペースにケーブルリール及び高圧受電設備を搭載している。エンジンのメンテナンスが不要となり、騒音・排煙もなくなり労働環境が改善される。ケーブルリールは RTG の走行移動と同期して、ケーブルの巻取り、繰り出しを自動的に行う。

*1 機械事業部搬送システム部次長 技術士(機械)

*2 機械事業部搬送システム部課長

*3 機械事業部搬送システム部

*4 社長室企画部主席部員

*5 技術本部高砂研究所主席研究員

長距離を高速、無軌道で走行する電動 RTG は、従来の制御技術ではケーブルに過度な張力や弛みが発生する。そのため当社独自の制御技術を組み込み、従来のケーブルリール式クレーンに比べて走行の高速化を図った。また、ケーブル張力の影響やヤード傾斜の変動に対してもロボастなオートステアリング制御を組み込み、自動直進走行を安定化した。

通常、RTG は所定レーン内でコンテナ荷役作業を行うが、メンテナンスエリアや荷役集中レーンへの移動等、レーンチェンジを行う場合がある。この場合には、着脱可能コネクタにより給電ケーブルを切り離し、電源搭載コンテナ(以降、発電機コンテナとも呼ぶ)を RTG 自身がつり上げ、この発電機から電力を受けて自力走行する。

表1 製品仕様

項目		仕様			
蔵置容量	6列	1over 4	6列	1over 5	
	7列	1over 4	7列	1over 5	
速度	主巻	23 to 52 m/min			
	横行	70 m/min			
	走行	135 m/min			
定格負荷		40.6 ton			

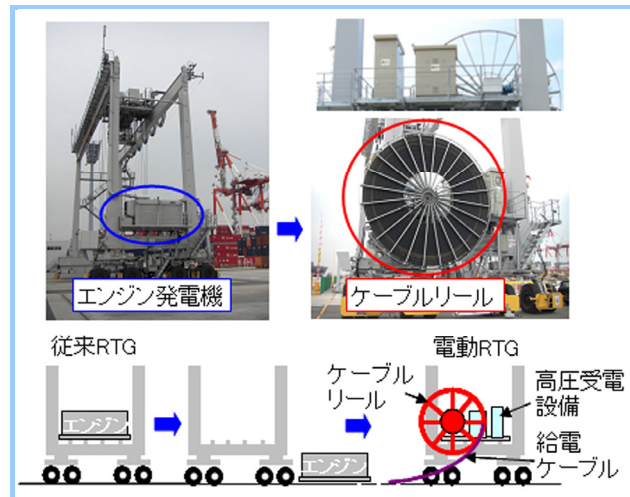


図1 電動 RTG の装置構成

2.2 環境性能

電動 RTG は経済性に優れ、かつ環境に優しいクレーンである。図2に経済性、環境性の改善効果(試算値)を示す。従来のエンジン発電機式RTGでは、巻き下げ時に発生する発電電力は抵抗器で熱として消費され、また、荷役待機中も常に発電機を駆動するため消費する燃料は少なくなかった。これに対し、今回の電動 RTG は、巻き下げ時に発生する発電電力を電源側に回生することができ、港湾ターミナル内のほかの設備への電源としてエネルギーの再利用が可能となる。また、荷役待機時には必要最小限の電力消費のみとなり、従来の発電機駆動に伴うエネルギーロスをゼロにすることができる。これにより、電動 RTG は、燃費低減率、CO₂ 排出量低減率ともに90%に近い低減効果の目処を得ることができた。従来のエンジン発電機に加えて2次電池を併用したハイブリッド式RTGと比較しても、ケーブルリール式電動RTGの経済性、環境性は優位にある。

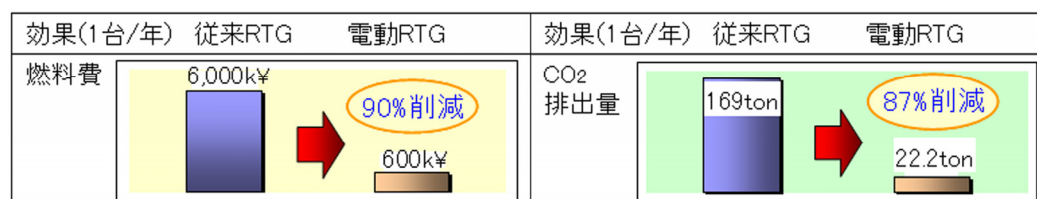


図2 環境性能

3. 張力制御による高速走行実現

長距離を高速、無軌道で走行するRTGは、高加減速、オートステアリング制御による過渡的な加減速も行われ、従来の制御技術ではケーブルに過度な張力や弛みが発生する。これに対し、当社の機械制御技術を活用し、独自のケーブルリール制御方法を確立した。

制御方式としては、ケーブルリール駆動モータに対して、RTGの走行速度を速度指令としてケーブルリール回転速度を同期させる速度制御方式も考えられるが、ケーブル巻取方向へ常に最

適なトルクを指令するトルク制御方式を採用した。制御対象はモータトルクではなくケーブル張力であるので、ケーブルリール回転量から巻取径を検出し、所定張力となるように巻取径に応じてトルク指令値を変化させている。

技術課題である張力変動に対応するため、走行加速度をフィードバックしてトルク指令値を補正するようにした。また、ケーブルリールの回転抵抗が巻取方向と繰出方向で逆方向に作用するため、回転方向に応じて回転抵抗の補正を行っている。その結果、当社電動 RTG は従来のケーブルリール式クレーンに比較して走行速度を高速化でき、従来エンジン式と同等の走行速度 135m/min (加速時間 10 秒、減速時間 6 秒) を実現した。図3に従来の制御方式によるケーブルに発生する張力変動と、今回開発したケーブルリール制御によるケーブルの張力変動を示す。図3に示すように、今回のケーブルリール制御によって、ケーブルに過度な張力が発生することなく、安定した張力制御が実現できている。

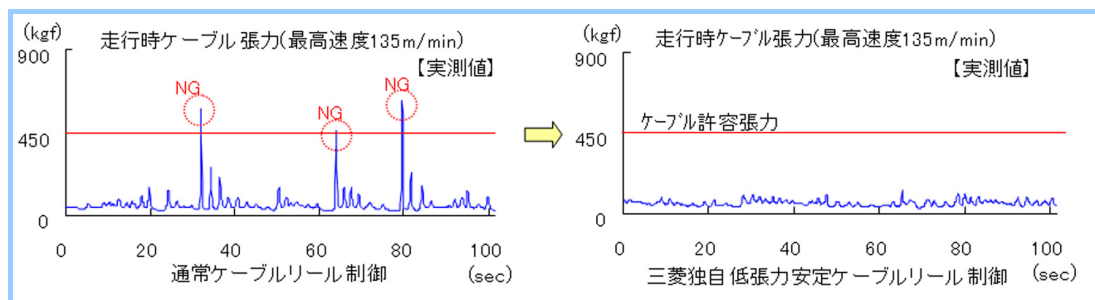


図3 安定したケーブル張力制御

4. 走行直進性能

RTG は図4に示すようにオートステアセンサ2個を装備し、ヤードに埋設した磁気ガイドラインからの左右各々の前後方向のずれ量を検出し、ガイドラインに沿って走行するようにオートステアリング制御を行っている。例えば RTG がガイドラインより前側にずれていた場合、前側の走行速度を後側より速くし、これによって RTG の位置を後側へ戻す。

いったん、オートステア外れが発生すると手動復旧操作に時間を要する。そのため、走行中にリアルタイムで直進する時のずれ角(方向ずれ)を推定演算しこれをずれ角目標値とすることで、ケーブル張力の影響やヤード傾斜変動に対するロバスト性の向上を図った。図5は最高速度 135mpm で走行した場合のずれ量の実測結果であり、安定した自動直進走行を実現した。

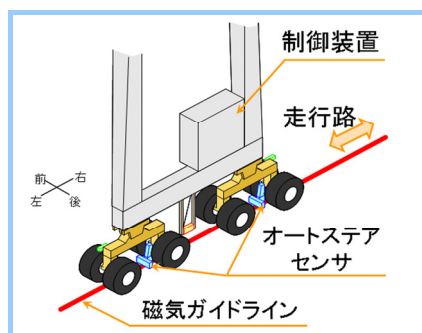


図4 オートステアリング制御

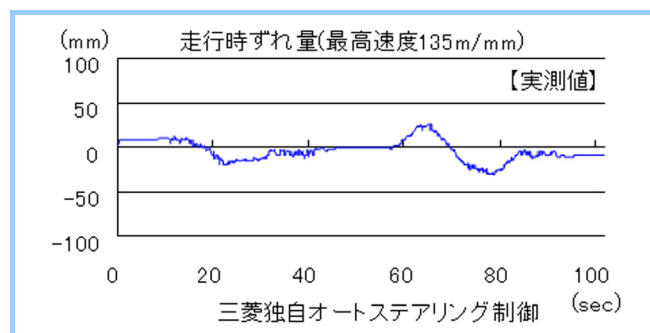


図5 安定した走行直進性

5. 電源搭載コンテナによるレーン間移動

通常のコンテナ荷役時は、図6に示すように電動 RTG は各レーンの端部に設置された地上給電設備から電源を受電し、所定レーン内で横走行のみ行うが、場合によっては稼働レーンを入れ替えたり、メンテナンスのために RTG をメンテエリアに移動させる必要がある。このような RTG のレーンチェンジを行うために、給電ケーブルの切離し、ケーブルの巻取り/繰り出し、地上電源以外の電源を確保する必要がある。これに対して、当社は図7に示すように地上給電ケーブルを

コネクタ着脱式とし、図8に示す発電機コンテナを RTG 自身がつり上げ、この発電機から電力を受けることで自力走行できるようにしている。図9に給電ケーブル切替えのイメージを示す。

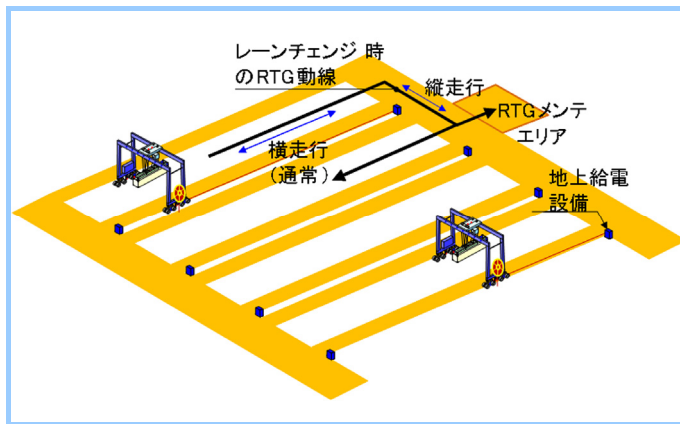


図6 レーン間移動



図7 地上給電設備



図8 電源搭載コンテナ

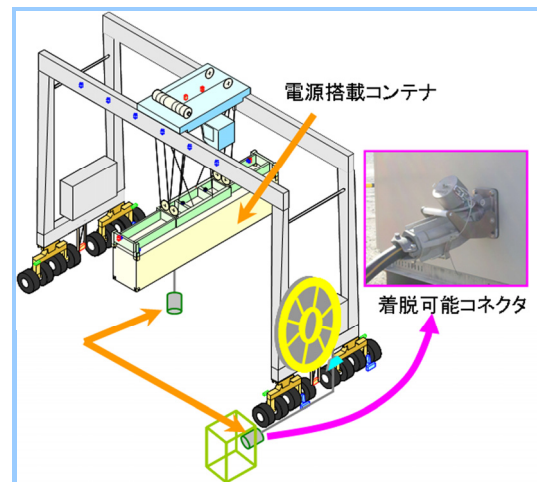


図9 コネクタつなぎ替えて電源を切替え

6. まとめ

環境性、経済性に優れた電動 RTG を目指し、技術的には当社独自のケーブルリール制御による張力変動の低減、オートステアリング制御によるロバスト性確保に取り組んだ。また、課題であったレーンチェンジに対しては、コネクタ着脱式の給電ケーブル、電源搭載コンテナからの給電切替えによって克服した。

当社は、管理棟からの遠隔操作によってシャーシトラック上のコンテナをつかむ又は積載し、それ以外のヤードへの搬出入は自動運転で行う遠隔自動 RTG を実用化している。さらに、シャーシトラックの代わりに AGV(自動搬送台車)が導入された場合には、RTG の全自動運転も可能である。また、電動 RTG のほかに、エンジン発電機と2次電池を組み合わせたハイブリッド式 RTG も開発しており、自動化技術と組み合わせた各種電動自動化 RTG のバリエーションを提供し、コンテナターミナル運用の環境性向上、効率化に取り組む所存である。

最後に、自動 RTG、電動 RTG の導入に御支援御協力くださいました飛島コンテナ埠頭(株)に深く感謝いたします。