

コイル搬送クレーン自動化改造

Automatic Operation System of Coil Transfer Cranes

永田 明 / Akira Nagata・本社 設備部 設備開発室

松浦隆志 / Takashi Matsuura・和歌山製鉄所 制御部 制御技術室 参事

大岩健一 / Ken-ichi Oiwa・和歌山製鉄所 設備部 機械技術室 参事

高田直澄 / Naozumi Takada・システムエンジニアリング事業部 鹿島システム部 鋼板グループ

高桑東吾 / Togo Takakuwa・鹿島製鉄所 冷間圧延部 冷延技術室

要 約

オーバーヘッドクレーンの自動化改造技術を自社開発し実機化した。主要技術である位置制御、振れ止め制御及びハンドリング技術についても、目標の精度と能力を得、期待される効果を挙げた。現在3台が稼働中、4台が設計中であり、また今後、既設手動クレーンの自動化改造への適用を計画している。

Synopsis

We have developed and installed an automatic operation system for coil transfer cranes. Antisway control, position control and coil handling control are key technologies for achieving automatic operation. Our attempts achieved accuracy targets and proved to be quite successful. Currently, three automatic operation cranes are running and four manual cranes are designated for automatic operation. We are now planning to convert the manual operation cranes, pipe transfer cranes, and plate transfer cranes.

1. 緒 言

近年あらゆる分野の産業において生産の合理化、省力化の必要性が高まっている。その中でも物流システムに期待されるものは大きく、その中核をなすのが自動搬送装置である。

また、製鉄所内の主要搬送設備であるオーバーヘッドクレーン(以下、クレーン)の台数は200台程度であり、自動化のニーズも非常に高い。今回、そのワイヤークレーンの中でも鋼板コイルの搬送を目的としたコイル搬送クレーンの自動化改造技術を自社開発し実機化した。この自社開発のクレーン自動化改造技術について報告する。

2. 改造概要

今回、当社鹿島製鉄所内、第一薄板工場の薄板梱包総合FA起業内で自動化改造を実施した2台のコイル搬送自動クレーンの改造技術について紹介する。

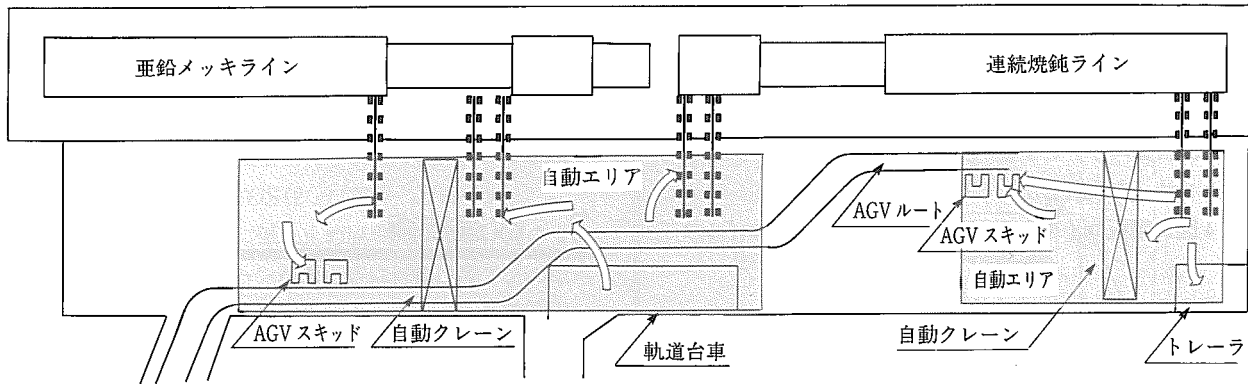
2-1 全体概要および自動クレーンの位置付け

コイル搬送自動化の全体レイアウトを第1図に示す。本自動搬送システムには自動クレーン2台、無人搬送台車5台が設置されている。自動クレーンの主な役割はプロセスラインへの鋼板母材コイルの搬入と、製品コイルのプロセスラインから無人搬送台車への搬出である。自動エリアは総面積6000m²であり、搬送に関連する設備が多いことから、今回の自動クレーンは複数の搬送パターンを有している。

本自動搬送システムの導入により27名の省力を実施した。そのうちクレーン自動化改造にて1台当たり4名の省力と手動クレーン時の打痕疵削減が実現できた。

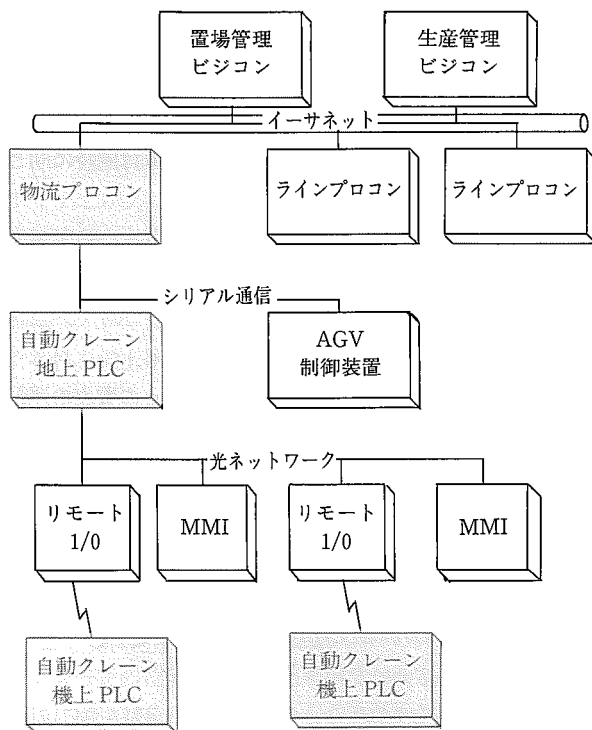
2-2 システム構成

第2図に本自動搬送のシステム構成を示す。制御装置としては計算機(以下 物流プロコン)、地上PLC機上PLCに分けられる。電気レベルの制御装置に汎用PLCを使用することによって保守性を考慮している。地上にはオペタへのガイダンス表示等を可能にするマンマシンインターフェースを設置した。既設の置き場管理システムともリン



第1図 全体レイアウト

Fig.1 Whole layout of automatic operation system



第2図 システム構成図

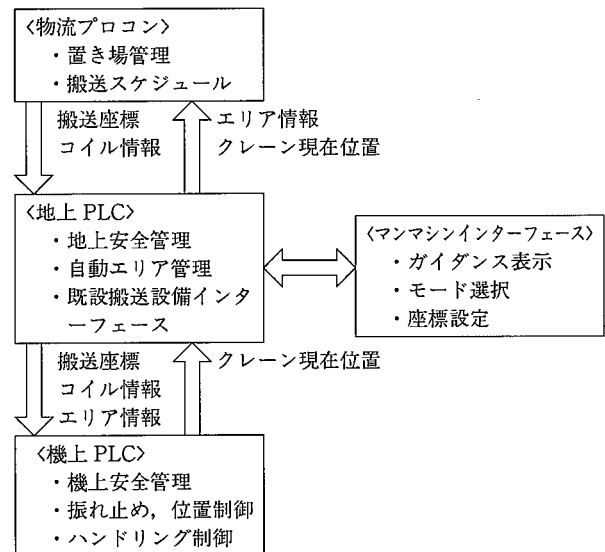
Fig.2 System configuration of operation system

くし、物流プロコンのトラブル時にもバックアップ可能なシステムとした。

今回の自動クレーンの機能分担を第3図に示す。搬送スケジュールは物流プロコンにて行い、搬送スケジュール以降の自動搬送については、PLCで制御することとしている。

搬送スケジュールはプロセスライン、仮置きスキッド、無人搬送台車、軌道台車、搬出トレーラなどの状態により物流プロコン内にあらかじめ設定された優先順位によりスケジュールリングされる。この搬送指令が自動クレーン地上PLCへ送信される。

地上PLCと機上PLCとの通信装置には、既設の無線を



第3図 機能分担

Fig.3 Function assignment

使用し、この無線を介して機上PLCはFrom-Toの絶対位置座標と搬送対象のコイル情報を受け取り、搬送ルートを設定し対象コイルをFrom座標よりTo座標に自動搬送する。

自動搬送の機能としては、クレーン本体及びクラブを指示座標へ搬送する位置制御と、搬送完了時に吊り荷の残留振れがないようにする振れ止め制御、及びコイルリフターのハンドリング制御が主な機能である。

2-3 ハード構成

今回、費用削減の目的から極力既設流用を念頭に置き、クレーン本体については機械的な改造は施さず、コイルリフターと仮置きスキッドについても既設のものを使用した。

第1表にクレーン本体の主仕様を示す。巻き上げ、横走行の駆動装置には従来の巻線型誘導電動機の二次抵抗制御から、周波数制御を採用することで精度の高い速度制御を可能とした。

各駆動軸の位置検出器には PLG と、PLG 補正用として絶対位置検出装置を使用した。絶対位置検出装置には誘導無線もしくはレーザ距離計を使用した。絶対位置検出装置の分解能は、最低±10 mm 程度のものが必要である。

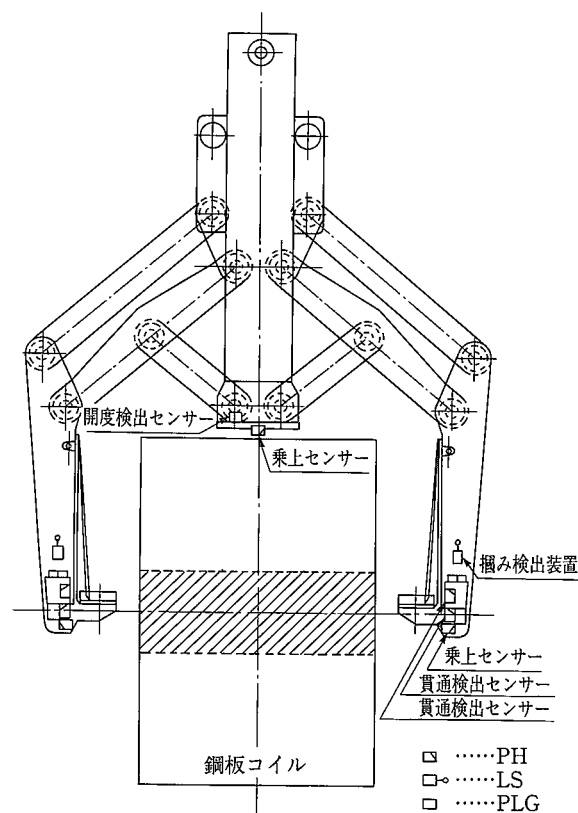
また、自動エリアと手動エリアの境界には、エリア管理用のセンサーを設置した。

第4図に鋼板コイルをハンドリングするためのコイルリフターの概略図を示す。

第1表 自動クレーン本体仕様

Table 1 Specification of automatic transfer cranes

| 項目 | 仕様 |
|--------|-----------------------------|
| 製造年 | 昭和 55 年 |
| 定格荷重 | 33 ton |
| 揚程 | 12.7 m |
| スパン | 26.9 m |
| 巻き上げ装置 | モータ容量 90 kW 8 P 巻線型モータ 1 台 |
| | ドライブ装置 ベクトルインバータ |
| | 定格速度 12 mpm |
| 走行装置 | モータ容量 22 kW 6 P 巻線型モータ 2 台 |
| | ドライブ装置 ベクトルインバータ |
| | 定格速度 100 mpm |
| 横行装置 | モータ容量 5.5 kW 6 P 巻線型モータ 1 台 |
| | ドライブ装置 ベクトルインバータ |
| | 定格速度 30 mpm |



第4図 コイルリフター概要図

Fig.4 Coil lifter

フターの概略図を示す。コイルリフターの改造内容はコイル内径検出用センサー、コイル掘み確認センサー及び吊り荷の振れを測定する振れ角センサーなどの検出センサーと、アーム部の乗り上げ検出センサーなどの異常検出センサーが設置されている。

3. 改造技術

既設ワイヤークレーンを改造するに当たって必要な技術として指示座標にクレーン本体とクラブを位置決めする位置制御、位置決め完了後に吊り荷の残留振れを抑制する振れ止め制御、及び搬送対象物である鋼板コイルをコイルリフターによって掘むハンドリング技術がある。

3-1 位置決めおよび振れ止め制御

自動クレーンにて最も必要な技術が位置決め及び振れ止め制御である。どちらかの制御がうまく機能しない場合はコイルがハンドリングできないか、コイルに疵をつけることになる。また、この位置及び振れ止め制御は同時に同じ電動機を制御する必要がある。

クレーン自動化に必要な精度として今回位置決め精度±50 mm、振れ止め精度±0.2°振れ幅にして±30 mm を目標とした。

今回採用した技術の概要について説明する。

第5図にクレーンのモデルを示す。質量 m の質点の運動方程式は次式のようにになる。

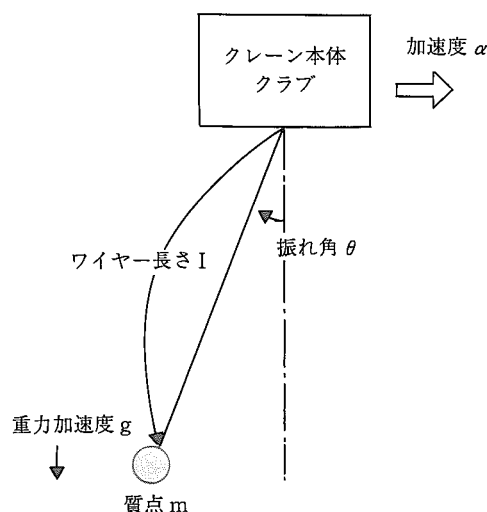
$$\alpha + l\ddot{\theta} + g\theta = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

α : クレーン加速度 (m/s^2)

l : ワイヤー長さ (m)

θ : 振れ角 (rad)

g : 重力加速度 (m/s^2)



第5図 クレーンモデル

Fig.5 Model of antisway control

又(1)式を整理すると次式となる。

$$(X - \alpha/\omega^2)^2 + (\dot{X}/\omega)^2 = (\alpha/\omega^2)^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

X : 振れ (m) ($X = l\theta \cdots \theta$ が小さいとき $\sin\theta = \theta$)

ω : 角速度 (rad/s)

$$X = \alpha/\omega^2 \cdot \cos(2\pi t/T) - \alpha/\omega^2$$

(2)式をもとに第6図に振れ止め原理図を示す。図のように位相面軌跡上でクレーンが停止時に目標位置で②の原点とすように速度制御することによって、言い換えれば加速減速時間 t が振れ周期 T の整数倍であれば、搬送完了時に残留振れが残らないことになる。またクレーン本体の加速度 α が大きい方が振れ幅も大きいことが分かる。

上記理論のもと、第7図に示すような速度パターンを採用した。

(a)の基本パターンでは位置決め精度を向上するため、停止時に一旦低速 V_{apc} に減速し、最終減速も振れ周期 T で減速することによって位置決め及び振れ止め精度の向上を図った。

その他振れ角センサーを用いて低速時もしくは減速時にダイナミックに振れを抑制するパターンを採用した。

第8図に制御ブロック図を示す。

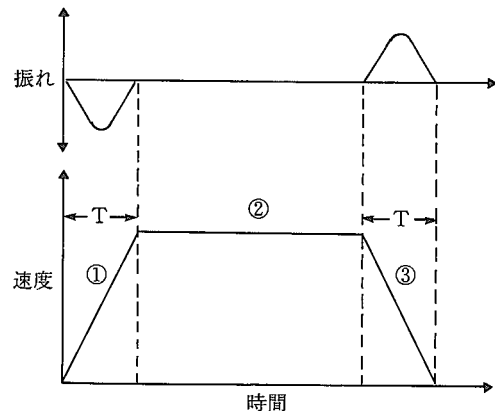
今回、横走行の駆動装置を周波数制御に変更したが、これにベクトル INV を採用することによって低速域でのトルク特性を向上させ、位置決め微調整時のレールの凹凸及びガータのキャンバーの影響がないようにした。旋回装置も VVVF 化し、急激な速度変動による捻れを抑制した。

振れ周期がモデルでは、一定であったが実際は荷重によって振れ周期がずれる。そのため、あらかじめ荷重別に振れ周期を測定し、PLC 内で荷重の関数として処理した。

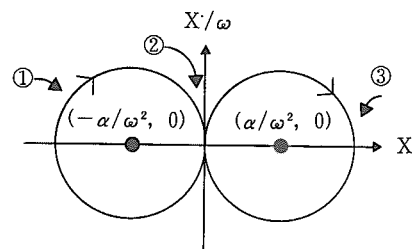
3-2 ハンドリング技術

クレーンの位置及び振れ止め精度が所定の範囲内となった後に搬送対象物を掴む際のハンドリング技術が必要になる。既設の設備を自動化改造する際、固定スキッドの製作誤差、搬送対象物とコイル情報誤差などがあり、計算機からの指定座標と搬送対象物の実際の座標にいくらかの誤差が存在する。そのため自動クレーン側でその誤差を許容する必要がある。第9図にハンドリングフローを示す。

コイルリフターアームの爪の4隅に取り付けられた通光センサーによってコイル内径を検出後、巻き下げ停止する。



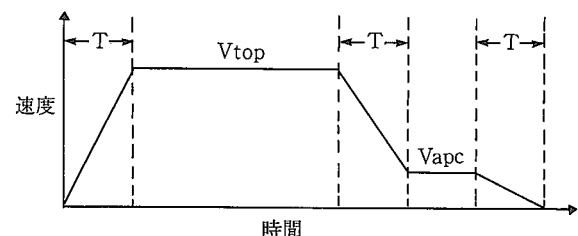
(a)速度パターン



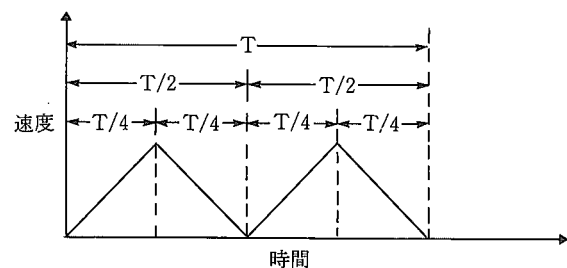
(b)位相面軌跡図

第6図 振れ止め原理図

Fig.6 Theory of antisway control



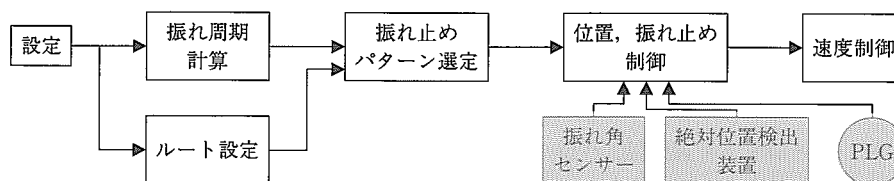
(a)基本パターン



(b)近距離パターン

第7図 速度パターン

Fig.7 Speed reference



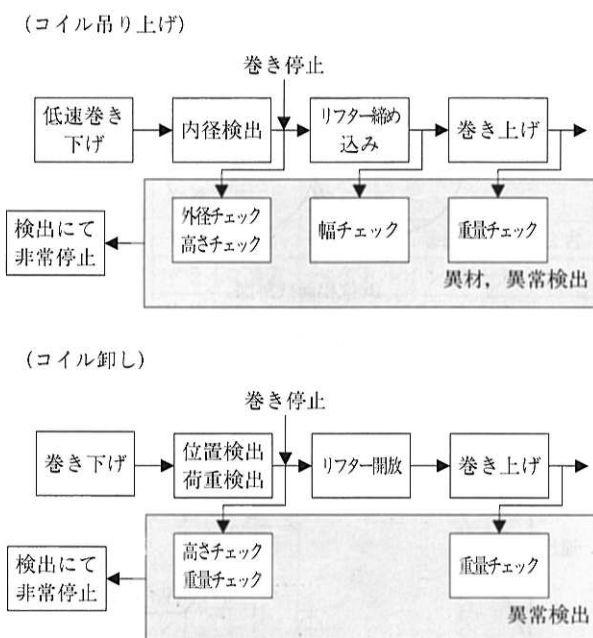
第8図 制御ブロック図

Fig.8 Block diagram of antisway control

これによって前述の座標誤差もしくは自動クレーン側の位置決め誤差等によるコイル掴み動作時の疵等の発生が防止できる。また巻き下げ時の速度とセンサーの遮光時間からコイル外径を測定し異材検出を行っている。

巻き下げ停止後コイル内径へアームを締め込み、この際もアームの締め込み量からコイル幅を測定し異材検出を行っている。さらに掴み完了後、コイルをスキッド面より地切りし重量を測定する。

また、万一コイルリフターがコイル等の上に乗り上げないためにリフター中心とアーム下面に乗り上げ防止用のセンサーを設置した。



第9図 ハンドリングフロー

Fig.9 Flow chart of coil handling

3-3 安全対策

既設ワイヤークレーンを自動化改造する際、既設建屋内であることと制御装置等の異常などに対応する何らかの安全対策が必要である。今回採った安全対策について説明する。

安全対策の基本思想として自動エリアには立入禁止としその他、二重の安全対策を施すこととした。

自動クレーンのトラッキングはPLGで管理し、各走行限には近接SWを設置し検出後の惰走距離を確保してある。これによって自動クレーンの暴走を防ぐ二重の安全管理を

行っている。その他隣接クレーンが自動エリア内へ進入した際の安全対策として衝突防止センサーを設置した。その他PLCとVVVFの異常検出を行っている。以上のような緊急性が高いものについては、機上局の機能とした。人が自動エリア内に立ち入る際には、対話型の操作盤でエリア内への立入操作を実施することとした。

4. 今後の展開

今回の自動化技術により現在3台が稼働中、4台が設計中であり、また今後、既設手動クレーンの自動化改造への適用が期待される。自動化を進めていくうえで課題となる点について述べる。

4-1 搬送能力

自動化改造可能かの判断基準の1つがサイクルタイムである。今後自動化を進めていくうえで更なる搬送能力向上が必要である。

4-2 他のクレーンへの適用

製鉄所内にはコイル搬送クレーンの他、スラブ、鋼板搬送クレーン(リフマグ)、パイプ搬送クレーン(バキュームリフター、専用リフター)などがあるがそれぞれに対して搬送物の位置認識機能を含めたハンドリング技術の開発が必要である。

5. 結 言

今回の改造技術を採用することによって安価に目標の能力を得ることができた。

今後クレーンの自動化改造を進める上で搬送能力、ハンドリング技術及び更なる改造費用の削減が課題となるが、この3点について検討を進め、クレーンの自動化改造を展開していく。



永田 明/Akira Nagata

本社 設備部
設備開発室

(問合せ先：0299(84)2625)