

Renewal of the Control Systems on No. 3 Continuous Casting Machine in Chiba Works



高士 昌樹
Masaki Takashi
千葉製鉄所
製鋼部 製鋼課
チーフラインマネージャ
(主席掛長)



黒川 克美
Katsumi Kurokawa
千葉製鉄所
製鋼部 製鋼課
チーフラインマネージャ
(主席掛長)



山田 正弘
Masahiro Yamada
千葉製鉄所
制御技術部制御技術室
主査(主席掛長)

要旨

川崎製鉄では、千葉製鉄所の主力ラインである第 3 連続鑄造機の制御システム更新に際し、設備停止期間の極小化を指向した新たな更新手法を実現した。制御装置の更新は、安定操業を確保するためには必要であるが、これに要する設備停止は、主力設備であればあるほど、その影響範囲が大きい。今回、フィールドから既設制御装置に入力されている種々の信号を、新設の制御盤へ同時に入力し、操業中に実信号を用いた新システムの機能試験を可能とすることで、更新に要する設備停止時間の大幅な短縮を実現した。本更新にともなう第 3 連続鑄造機の延べ操業停止時間は 12.3 d、最長連続操業停止時間は 30 h であった。今後、本更新手法を他の設備の制御システム更新にも適用の予定である。

Synopsis:

Kawasaki Steel developed a new technique for replacing the control systems, with the aim of shortening the line operation suspension time during the replacement work, on the No. 3 continuous casting machine in Chiba Works. The renewal of a control system of equipment is indispensable for securing stable line operation however, the more the equipment is of a dominant one, the more expansive the influence of the line suspension will become. With this technique, as field signals can be inputted simultaneously to both the existing control system and a newly installed one, the new control system was able to be tested using real field signals under a normal operating condition, leading to a drastic time-saving in replacing the control system. Total suspension time was 12.3 d, and the longest continuous suspension was 30 h. In the future, this technique can be expected to be applied to the replacement of other control systems.

1 緒 言

千葉製鉄所第 3 連続鑄造機 (3CC) の制御システムは 1981 年の工場稼働に際し CRT オペレーション主体の最新鋭システムとして導入されて以来稼働を続けてきた。しかし、近年、

- (1) 劣化に起因するシステム故障の増加、操業障害頻度の増加
- (2) メーカーによる予備品供給の停止、保有予備品の枯渇
- (3) システム容量不足、改造部品調達不能による機能改善チャンスのロス

などの問題を抱えており、システム全体の更新が必要となっていた。

一方、3CC は千葉製鉄所の要に位置し、長時間の設備停止は、製鉄所全体の生産へ無視できない影響を及ぼす。そこで、設備停止時間を極小化し、かつ、更新後の垂直立ち上げを保証する制御システムの更新技術が不可欠であった。

千葉製鉄所では、上記のような課題に取り組み、新たな更新方法を考案、実現し、その結果、試運転を含めた操業停止のべ時間 12.3 d、連続操業停止最長 30 h といった画期的な短時間での制御シ

ステム更新を 1999 年 5 月に完了した。¹⁾

本報告では、1999 年 5 月より安定稼働している、千葉製鉄所 3CC 新制御システムについて、その更新方法と更新後の新システムの機能概要について述べる。

2 千葉製鉄所 3CC の設備構成および制御機能

Fig. 1 に 3CC の設備レイアウトおよび概要仕様を示す。3CC 本体制御は電気 PLC、計装 DCS、プロセスコンピュータにて行なわれ、その主要機能は以下のとおりである。またおのおの制御信号点数を Table 1 に示す。

(1) 電気 PLC 制御

- (a) ダミーバー挿入、回収制御
- (b) 鑄造速度、ピンチロール制御 (昇降、圧力)
- (c) モールドオシレーション制御
- (d) 鋳片トラッキング
- (e) スラブ切断制御

(2) 計装 DCS 制御

- (f) レードル、タンディッシュ重量制御
- (g) タンディッシュガス吹き制御

* 平成13年10月10日原稿受付

Start of operation		March 1981
Type		Vertical bending
Supplier		HZ/Demag
Slab size (mm)	Thickness	260
	Width	800~1 900
	Length	5 000~12 500
Number of strand		2
Metallurgical length (m)		40.80
Mold level control		Eddy current Sliding nozzle
Maximum casting speed (m/min)		2.3
Tundish support		Tundish car
Tundish capacity (t)		75
Secondary cooling		Water spray
Casting steel grade		Carbon and low alloyed steel

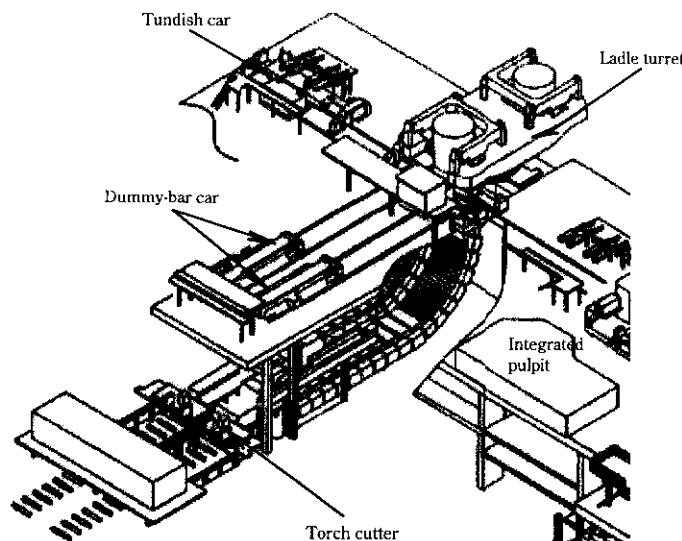


Fig. 1 Schematic view of No. 3 continuous casting machine

Table 1 Number of input/output signals

	Digital	Analog	Others	Total
Electrical PLC	3 800	300	90	4 190
Instrumentation DCS	1 500	270	2	1 772
Process computer	790	46	4	840
Total	6 090	616	96	6 802

- (h) モールドレベル制御 (オブザーバー制御)
- (i) モールド、二次冷却水制御 (水量、圧力)
- (j) モールド幅変更制御
- (3) プロセスコンピュータ制御
 - (k) 操業条件設定制御 (二次冷却水パターンなど)
 - (l) 鋳造スケジューリング (モールド幅変更、スラブ切断長)
 - (m) 異常鋳片監視
 - (n) 製造命令管理、実績管理

3 制御システムの更新方法

3.1 従来更新方式と新更新方式の比較

制御装置は、多数のフィールド信号を受信し、プラントに散在する多数のアクチュエータを駆動することにより、プラントの制御を行っている。制御装置の更新においては、このフィールド信号の扱いが、信号切り替え工事、試運転など、更新工事工程の各フェーズにおけるボトルネックとなる。以下に、今回採用した制御装置の更新方式について、従来、多く行われていた制御システム更新方式と比較して説明する。

3.1.1 従来更新方式

従来、制御装置更新における信号切り替えには、種々の試みがなされ、更新工程、設備停止時間の短縮や、試運転品質の向上がはかられてきた。従来方式で多く行われているのは、既設制御装置に接続されている外線ケーブルにハード的な信号切り替えスイッチを挿入、あるいは、外線ケーブルをコネクタ化する切り替え盤を設置するものである。これにより、試運転を分割し、定期修理などの設備停止タイミングに合わせ、試運転を効率よく分割実施し、長期連続停止を回避するものである。しかしながら、これは、分割化する

ことによる試運転時間前後のオーバーヘッド分を極小にするための工夫ではあるが、延べでの設備停止時間の短縮や、試運転時間そのものの短縮にはならず、むしろ、分割化により必要総時間は延長されることになる。

従来とられていた上記のような方式では、今回の 3CC 制御装置のように、I/O 点数が多く、また、機能確認項目も多く、本来、試運転に長時間を必要とする更新の場合、試運転効率を著しく下げる結果となるばかりか、試運転にかかる実時間が数年に及ぶという結果になってしまう。

一方で、試運転時間そのものを短縮化する種々の試みもなされている。試運転時間を短縮するためには、現地に設置される前、オフライン環境での機能品質をいかに高めるかということであり、いわゆる工場試験で、いかに現地と同じ環境を構築できるかがポイントである。ここでいう現地の環境とは、フィールド信号の形式などのハード的な要素から、制御対象装置の動作タイミングや、水、ガスなどのユーティリティ、あるいは、鋳造しようとする溶鋼、鋳造している鋳片の性状から決まる、圧力、流量、温度などの各センサー情報と多岐、多数にわたる。

これらを、忠実に再現できるシミュレータがあれば、現地設置時点で、機能品質の保証された制御装置が構築できるわけであり、これに類する試みも各種行われてきた。しかし、現実的には、対象プロセスを忠実に再現できるシミュレータの構築は不可能であり、また、ある程度の規模を超えれば、対象プロセス全体を一度にシミュレートすること自体が不可能になる。したがって、工場試験環境を現地設置環境に近づけようとする努力は、確実に制御装置の品質向上につながってはいるが、機能単位、かつ、限定された操業ケースでの機能試験になってしまい、試運転時間を短縮するための決め手にはなっていない。

3.1.2 新更新方式

前述の従来方式に対し、今回の更新方式においては、システム内に信号増幅装置を導入し、既設制御装置に接続されているフィールドからの全信号を、新設の制御装置へ同時に入力できる環境を構築した。

これにより、操業中に発生するすべての信号が、完全に実操業の環境で、新設の制御装置に入力されることになり、ほぼ完全な環境での試運転 (parallel running test; 以下、パララン試運転) が可能

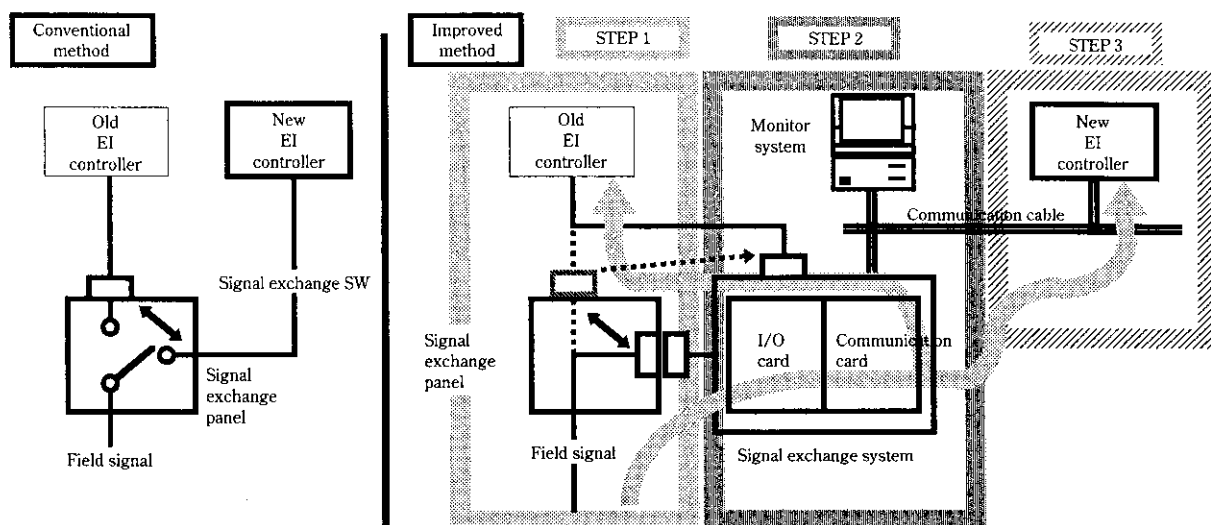


Fig. 2 Replacing technique and step of replacement

となった。

さらに、今回の更新方式では既設制御装置からの出力信号を新設制御装置で受信することで、既設、新設制御装置が同一入力信号に対して同じ制御動作（同一タイミングでの出力）を行っていることの確認を容易に行うことができるようにした。

これらの技術により、通常操業機能に関しては、そのほとんどが、このパララン試運転により確認可能となった。このパララン試運転を長期に続ければ、制御装置のすべての機能を確認することは可能であるが、たとえば、停電などの非常時機能のように、通常操業では、非常に発生頻度の小さいケースも存在する。このような、機能検証項目の中でのレアケースについては、操業停止中の試運転項目とした。したがって、設備停止を伴う試運転としてはレアケースのみについて確認すれば十分であるということになる。

また、このパララン試運転においては、先述の新旧制御装置の出力比較をある程度自動化することができた。このため、常時、試運転員が張り付いて機能チェックを行う必要がなく、また、試運転そのものは、通常操業にしたがって、常時行われているため、結果的には、設備停止期間、試運転期間の短縮を達成しつつも、試運転時間そのもの、あるいは、試運転での確認ケースも著しく増加したことになり、試運転効率の画期的な向上をみた。

以上の取り組みにより、設備停止時間の大幅な短縮を達成したわけであるが、ここで用いた信号増幅の機能は、既設制御系に対しては、その入出力信号線上に、それまでなかった装置を挿入することになり、何らかの外乱を与えることになる。したがって、既設制御系に与える影響を無視できる範囲にまで抑えることのできる機器選定、機能構築が必要となってくる。一般的には、信号増幅の機能処理を、既設制御系の制御周期に対して十分に高速な周期で処理することで、その影響を回避させるものであるが、対象プロセスに応じた十分な事前検証は必要である。

今回の更新では、本工事前に実機での事前テストを実施した上で、これが可能との結論を得て、実行した。また、この機能の実現には、近年の高速処理可能な安価汎用機器の進歩が、その背景にあったことを言い添えておく。

3.2 新旧システム切り替え手順

今回の制御装置更新は、以下の手順で実行した。(Fig. 2)

ステップ (1) システム切り替えの工程ボトルネックとなる信号の

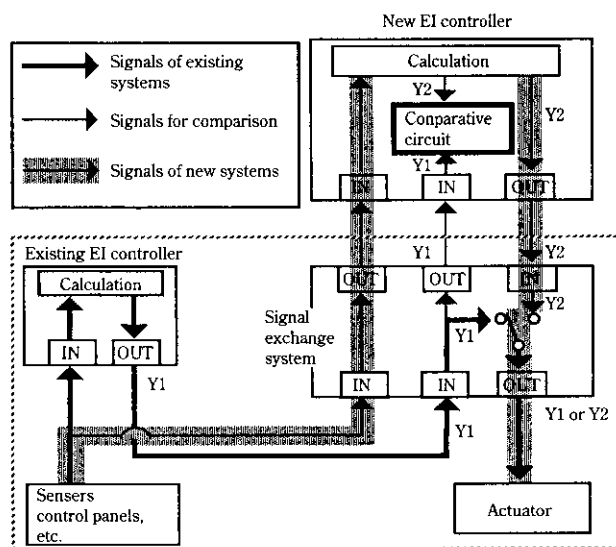


Fig. 3 Signal flow of parallel running test

事前配線切り替え工事を先行実施した。切り替え盤内での配線は次ステップを考慮しコネクタ化を採用した。

ステップ (2) フィールド信号を既設、新設制御装置へ同時入力するための信号増幅器を設置した。

ステップ (3) 新制御装置（現状機能を単純に新機種に置換）をネットワーク経由で接続し、オンライン信号の横取りの仕組みを構築した。

3.3 パララン試運転時の制御方法

今回の更新に当たっては、すべてのフィールド信号（入出力信号の両方）を、信号増幅装置により、既設、新設制御装置に分配し、オンライン中に、実信号を用いてパララン試運転を行うことで、新システム側のテストを行った。パララン試運転時の信号の流れを Fig. 3 に示す。

パララン試運転で重要なことは、操業中の既設制御システムに対して新制御装置のソフトウェア変更などが絶対に影響を与えないことである。

今回のシステムでは信号増幅器はプログラム演算機能をまったく

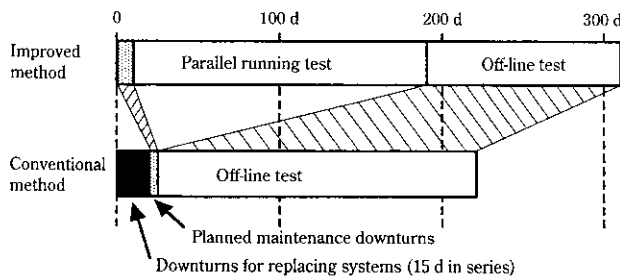


Fig. 4 Required days for test run

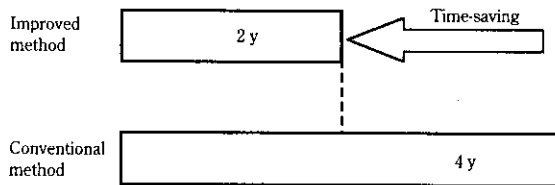


Fig. 5 Required period for replacing systems

有しておらず、信号増幅機能に特化している。すなわち、パララン試運転中に発生したバグ修正および機能修正などソフトウェアに関する修正は信号増幅器に対しては行わず、新制御装置のみが対象となる。これによりパララン試運転中（操業中）の新制御装置ソフトウェア修正のミスによる、操業中の既設制御システムの誤動作を防止することができる。

3.4 新更新方式の効果

新更新方式の採用の効果は次のようにまとめられる。

- (1) 操業停止をとまなう試運転時間を大幅に短縮した。
- (2) 試運転時間を十分に確保できたのでソフトウェア品質が向上した。
- (3) 試運転がチャンスフリーとなったので更新期間を大幅に短縮した。

(1)の操業停止に関しては、従来、新システム切替直前に約15 d程度の連続停止による切り替え前最終試運転を実施していたものを、パララン試運転により十分なテストが可能となったため大幅に削減することができた。(Fig. 4)

(2)のソフトウェア品質の向上に関しては、Fig. 4からも明らかのように、従来の試運転日数に比較し、パララン試運転により大幅な試運転時間の確保が可能となり、ソフトウェアの品質は格段に向上した。またパララン試運転の効率化をはかる手法として、フィールドの入力信号だけでなく既設制御装置の出力信号を入力し、新設制御装置の回路にて自動的に出力タイミングの比較 (Fig. 3) する方法を採用したことで、パララン試運転中のデバッグが容易となり、ソフトウェア品質を向上させた。

(3)の試運転チャンスフリーに関しては、定期修理タイミングに影響されない新制御装置のデバッグスケジュールが計画できるため、更新期間の大幅短縮が可能となった。(Fig. 5)

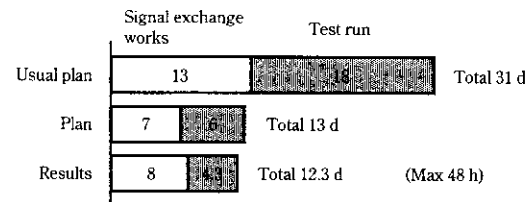


Fig. 6 Days of downturns

4 切り替え実績

電気 PLC および計装 DCS の試運転項目の内訳は、確認すべき全機能を 100% とした場合、パララン試運転にて確認できた割合は、電気 PLC では約 75%、計装 DCS では約 90% であった。残りの試運転項目に関しては設備停止タイミングにて実動作を利用し確認した。

また、Fig. 6 に設備停止で行った切り替え工事および試運転の暦日数をまとめた。

- (1) 更新期間；事前工事 8 d、テスト 4.3 d（合計 12.3 d）
- (2) 最長停止時間；48 h（通常定修 18 + 30 h）
- (3) 稼働後の状況；即フル生産かつ約 1 週間に不具合収束（操業阻害要因となる不具合 0 件）

以上の実績を得ることができ、立上時のソフトウェア品質の大幅な改善を達成することができた。

5 更新後の新システムの特徴、機能概要

新制御システムの特徴としては、将来機能増強ニーズが発生し、ハード増強が必要となった場合でも、ネットワークを通じて容易に新コントローラを追加できる構成となっていることである。

また、今回の制御システム更新により、これまでの既設制御システム上の制約が排除されたことにより、以下のような新機能の付加が可能となり、操業の安定性の大幅な向上と、連続鋳造設備としての種々の機能強化や、品質情報監視系強化を行った。

- (1) 操業条件設定のプロセスコンピュータによる自動設定化
- (2) モールドおよびトーチ切断監視機能の中央操作室での集中監視操作化
- (3) 高速切断トーチの導入による切断待ちロスタイムの削減
- (4) 2 次冷却水系統の増強と機長延長による最大鋳造速度アップ

6 結言および今後の展開

信号増幅器導入による、千葉製鉄所 3CC 制御装置の劣化更新を行い、設備停止期間トータル 12.3 d という記録をもって稼働させることができた。パララン試運転も本更新においては、非常に効果的であった。今後は、本更新で用いた手法の他プロセス、装置への適用を展開していく。

参考文献

- 1) 高士昌樹、黒川克美、関口 浩、桐谷厚志、山田正弘：CAMP-ISIJ,

13(2000), 951