



期間は4,5日が限度であり高炉改修時期に合わせて本番工事を実施する必要がある。

2) 一方, 下工程への素材供給の観点から, 本番工期は連続15日以内で完工させる必要があり, これが最大の課題であり難題である。

本番工期15日間を追求するためには基本設計・基本工事方案をより具体化する必要があり, メーカーとタイアップした2CC-VB化ワーキンググループを結成しFS (Feasibility Study) 設計を行った。

2.2.1 マシンプロファイル

マシンプロファイルは, 基本設計の最初に決定され

性能および本番工期を左右する重要な項目であり, 図1に示すように铸型下改造案(ケースA)と铸床嵩上げ案(ケースB)の二つのケースについて比較検討した。

(1) 品質面

垂直部長さが長く, 最小半径の大きな铸床嵩上げ案(ケースB)が有利である。

(2) 生産能力面

機長延長可能量の大きい铸床嵩上げ案(ケースB)が有利である。

(3) 改造工事の特徴と工期

铸型下改造案(ケースA)の特徴は, 本体設備更新, 基

従来(湾曲型)	VB化改造計画のケース			
	铸型下改造案(ケースA)	铸床嵩上げ案(ケースB)		
品質面	垂直部長さ 最小半径 判定	2.46m 7.8m △	2.50m 10.5m ○	
生産能力面	機長延長可能量 判定	従来36.44m⇒VB化後39.1m △	従来36.44m⇒VB化後41.28m ○	
本番工期 (制約15日)	※) FS検討結果 判定	44日 ×	18日 △	
操作性・安全性	従来と比較した 操業の変化 判定	従来との操業と比べ変化が少ない。 ○	クレーン搭載鍋とSWTとの間隔が狭隘 ⇒相互インターロックによる安全確保を要す △	
総合判定		×	△	
※) FS検討結果 ・ 本番工事 の特徴	本体設備	基礎・基礎フレームの工事ボリューム大 QC, SEG-0~SEG-8工事ボリューム大	基礎に関する工事は不要 QC, SEG-0の工事はボリューム小	
	铸床設備	SWT 工事不要 SWT以外 工事不要	自重大⇒現地組立て⇒工事ボリューム大 仮撤去・復旧の工事ボリューム大	
	下流設備	工事工程ネックにならない	同左	
	制御システム	試運転ボリューム大	試運転ボリュームは非常に大	
記事・ 改造 対象 範囲	本体設備	クイックチェンジスタンド(QC:铸型とベンディングユニットから構成)	セグメント (SEG)	
	铸床設備	スイングタワー (SWT)	タンデッシュカー (TDカー)	ダミーバーガー (DBカー)
		ダミーバー巻上装置 パワー供給設備	测温サンプリング装置 操作盤・表示盤	サンプル気送管 新铸床・新作業デッキ
	下流設備	引抜きスタンド	ガスカッター	
制御システム	EIC統合システムの切替・および工事対象設備の試運転調整			

図1 本体設備マシンプロファイル概念図と長短比較  
Fig. 1 Comparison for casting machine profile.



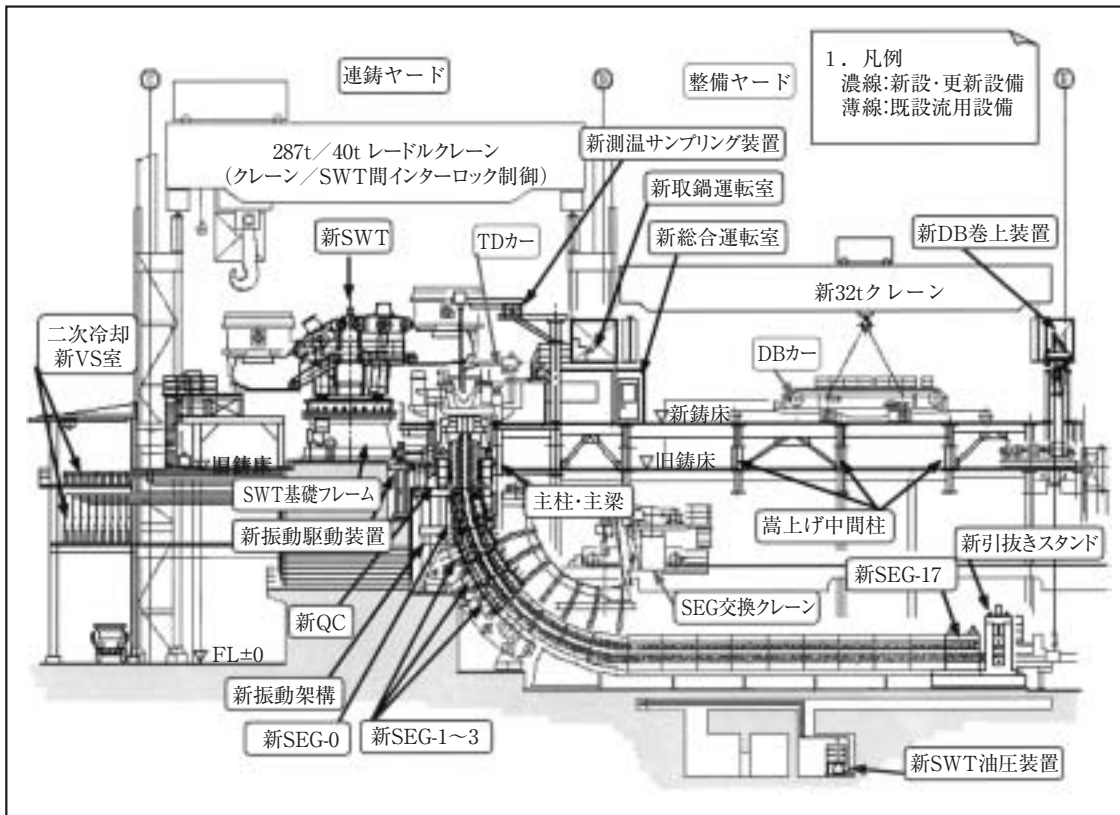


図2 2CD-VB化側面図  
Fig. 2 Layout of 2CC-VB equipment.

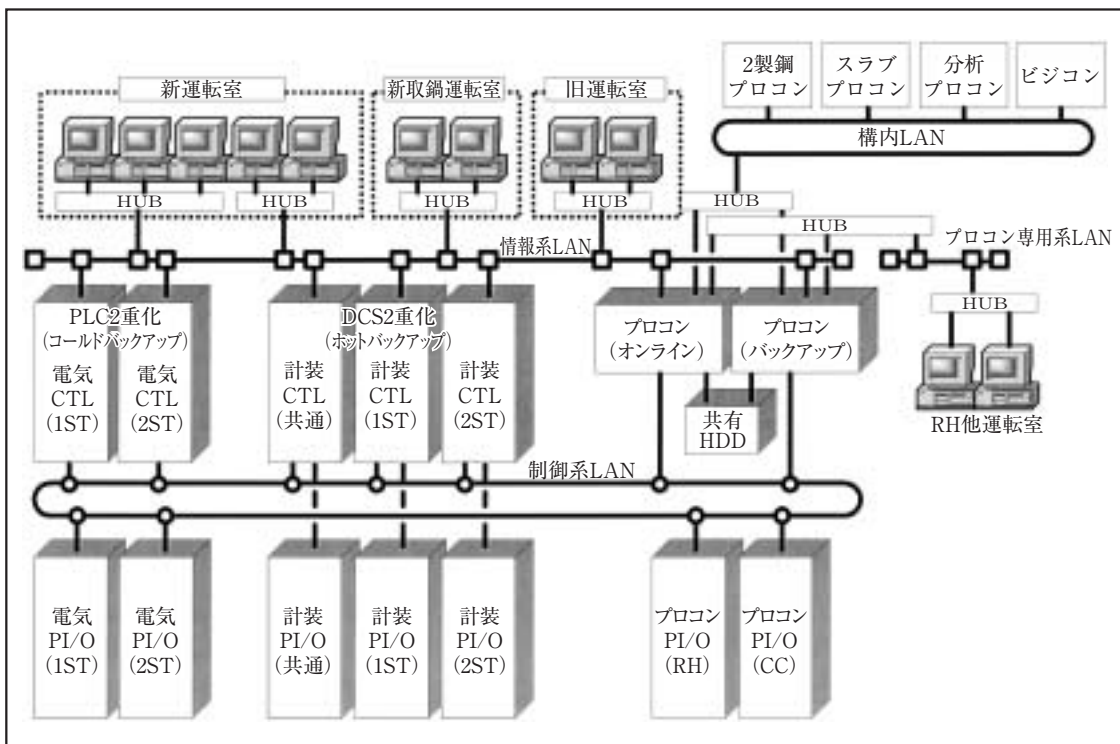


図3 制御システム構成図  
Fig. 3 Control system configuration.



VB化改造後の設備仕様の特徴を列記すると以下の通りである。

- 1) TD交換接続時の鑄片接続部位は完全凝固をしており、VB点の下流側は強制曲げ反力が非常に大きい。この反力に対する強度を確保するためベンディングユニット（以下BUと称す）からNo.3セグメント（以下SEG-3と称す）には胴長方向に3分割したロールを採用した。
- 2) TD交換接続時のマシーストップ後の鑄片再引抜き性安定化のため、引抜きスタンドを設置した。
- 3) 非定常バルジングに起因する溶鋼湯面変動を抑制するために、改造工事完成後、順次SEG-0～3を不等間隔のロール配置に変更した。
- 4) VB点近傍での鑄片割れ防止のため、二次冷却に幅切り流量独立制御を採用した。
- 5) レードルクレーンで吊上げた取鍋とスイングタワー（以下SWTと称す）間が狭く、SWTの昇降・旋回動作時に干渉が生じるため、SWT昇降には長ストロークでかつ3ポジション停止の機能を持たせ、衝突防止インターロックを制御に入れた。
- 6) FS設計段階ではSWTの構造をバタフライ式にて計画していたが、詳細設計段階では工期短縮を狙って、平行リンク式SWTを新規設計し軽量化した。

#### 4. 本番工事期間短縮の具現化方策

ここでは本番工期短縮に関し、『FS設計段階での制約工期実現のための方針検討』、『設計から事前工事段階での実施方策』、『本番工事の推進管理』および『工事实績』の4ステップを、ドキュメント形式で記述する。

##### 4.1 FS設計段階での制約工期実現のための方針検討

前述のFS設計でマシンプロファイルを決定した後、本番工期18日を制約工期に15日に短縮するための方針および可能性について検討した。その内容を以下に列記する。

- (1) インフラ整備による工事効率アップ
  - 1) 本番工事現場近傍の鑄床に工事資材搬出入のための大きな仮開口を設け、物流効率アップを図る。
  - 2) VB化改造後の操業時に必要な新設クレーンは、本番工事に必要な最大吊荷重量を満足させる。
- (2) クレーン吊り回数の減少
  - 1) 付着配管施工済などの大型ブロック化によるクレーン吊り回数の減少が最も効果的でありこれを実施する。
  - 2) SWTに関しては、機体重量の徹底した軽量化を行い、FS設計時に計画していた現地での組み立て工事を回避して天井クレーン1回吊りで据付けが可能な設

計をする。

- 3) 事前工事の可能性のある対象設備を抽出し設計・製作に反映させる事で本番工事範囲を削減する。

以上を実施することで、本番工期は約1.0日短縮できると判断した。

##### (3) 手戻り工事の防止

- 1) 機械設計および新鑄床設計はそれぞれ機械メーカー、建築メーカーが行うが、両メーカーが同一ソフトの3次元CADで設計し、両者のCAD設計を重ね合わせた干渉チェックを実施する。
- 2) メーカー工場での据付けブロック単位の寸法検査はもとより、全ブロックを仮組みして隣接するブロック間の干渉が無いことを確認する。

##### (4) メーカー工場試運転の充実

- 1) 本番工事での試運転簡略化を図るために、メーカー工場での試運転を充実する。
- 2) 既設流用が可能であっても工場試運転の充実による工期短縮が図れる装置は新作する。
- 3) 測温サンプリング装置に関して、メーカー工場での自動運転調整までを完了させ、そのままの姿で据付ける。

上記方策の実施により、本番工期は0.5～1.0日短縮可能と判断した。

##### (5) 本番工事での試運転効率アップ

鑄床設備は運転方案の変更が非常に少ないため、従来の運転方案に熟知している日新主導の試運転とし、必要なマンパワーを投入して同時並行の試運転にすれば、本番工期は1.0～1.5日短縮可能と判断した。

##### (6) 本番工期の決定

以上の方針検討結果から、リスクは大きいですが15日は可能であると判断してFS設計を完了した。

#### 4.2 設計から事前工事段階での実施方策

一般に建設工事には突発的不具合のリスクが伴う。今回のVB化改造工事は本番工期15日の課題があり、突発不具合が発生した場合は取り戻すための時間的な余裕がない。

前節と一部重複するが、ここでは各設備を切り口に、設計および事前工事の各段階に実施した工期短縮方策およびリスク低減方策の内容を表2と対応しながら以下に列記する。

- 1) 道路上のFL+11.25m鑄床に13×22mの仮開口を事前工事段階で実施した。なお本番工事での復旧時間短縮のために大型コンクリートパネルプレハブ工法を採用した。
- 2) 操業に必要な吊り能力10tonの整備ヤード新設クレーンを、本番工事の大型ブロック化に必要な32tonに能力アップし、事前に上架した。

表2 工期短縮の方策

Table 2 Embodiment policy of shutdown period shortning

主要項目		〔1〕設計・製作・メーカー工場試運転 段階		〔2〕事前工事段階
		本番工事での狙い	方 策	
工事 効率up	① 铸床 仮開口・復旧	*物流効率のUP (物流開口の大型化) (天井クレーン走行距離短縮)	*道路上のFL+11.25m床の仮開口。 (開口寸法:13m×22m…SWT一括取込み) (走行距離:150m→25mに短縮)	*仮開口の事前工事 (操業資材の配置替え→構造物補強→床ハツリ→梁撤去)
		*仮開口部の復旧時間短縮	*コンクリートパネル床の設計・製作。	—
工事 品質	② 天井クレーン の新設	*重量物の一括撤去・据付	*操業時max10Tonを32Ton仕様で新作。 (DBカー一吊り・铸床ブロック大型化対応)	*事前上架。本番工事前の過荷重試験と官庁申請。
		③ 工事従事 者の作業 環境整備	—	—
機械	④ SEG1~3 ⑤ 二次冷却	—	—	*本番工事の半年前から順次取替えて操業。
		—	—	*VSの事前据付・事前配管配線工事。 *バラ入力による信号の事前確認・計装出力の事前調整。
建築	⑥ 铸型周りの 支柱・主梁。 高上铸床の 中間柱。	*機械との干渉による手戻り 防止	*機械設計および建築設計の3次元CADの重 ねあわせによる支柱・主梁の干渉チェック。	*新VS室の事前建築工事
		*天井クレーン吊り回数の減少	*大型ブロック化と耐火物事前施工品の設 計・製作。	*铸床嵩上げ中間柱の事前建て方工事。 (操業中・定修日に実施)
		*铸床耐火物の施工時間省略	—	—
操作盤	⑦ 新運転室 操作盤	—	—	*新運転室の事前建築工事。
		*従来配線撤去・新配線敷 設の時間短縮	*従来配線ルートの調査と新配線ルート設計。 *中継端子はこの設計製作。	*中継端子はこの割込み工事、配線の模様替え工事。 *中継端子箱から新操作盤への配線/結線。 *新操作盤でのオペレーター模擬操作訓練。 〔制御システム更新の第3段階に実施〕
新制御 システム	⑧ 機側操作盤	*仮撤去時の衝撃故障による手 戻り防止と取り付け時間短縮。	*流用可能な操作盤の新作。 *可能な限り統合した操作盤の設計。	*新操作盤でのオペレーター模擬操作訓練。 〔制御システム更新の第3段階に実施〕
		⑨ EIC	*システム制御確人作業ボ リュームの軽減。	*パララン切り替方式(図4)を採用し設計。
機械	⑩ 付帯・諸配管 ⑪ SWT	—	—	—
		*天井クレーンでの一吊り据付。 *基礎ボルト工事省略。 (基礎フレーム流用)	*軽量化設計の徹底。 (3次元CA設計→FEM応力解析→3次元CAD のスリム化見直し設計→FEM…繰り返し。)	〔3〕本番工事のための事前準備・段階 *本番工事体制増強。(昼夜2交替の工事・試運転6グループ) *置場物流図・工事工程表のスリ合わせ。…〔第8回会議でFIX〕 *電源管理・バルブ開閉などのチェックシート作成。 *流用物品・廃却物品のマーキングとチェックリスト作成。 *本番工事に向っての体制の逐次増強。 *工事試運転要領書およびチェックシート作成と勉強会。 *天井クレーン運転者と玉掛作業者間の確認会合。〔本番工事前々日〕
		*据付後試運転の簡略化。 *手戻りの防止。	*機電一体発注。流用可能な減速機・モーター 新作。メーカー工場での全自動試運転確認。 *ロードセルのメーカー工場での精調整完了。 *一体組立状態での海上輸送。	〔4〕本番工事段階 *突発機動班の設置(機械工事10名 電気工事7名) *統括安全管理組織下での工事推進と安全管理。 進捗確認。半日ビッチの詳細工程調整。安全事項の指示・伝達。 翌日の工程見直し情報伝達。段取りの指示。安全情報伝達。 *チェックシート活用による手戻り防止。 *試運転現場指揮所の設置。(試運転5グループ間の錯綜調整。)
⑫ QC	*天井クレーン吊り手戻り 防止。	*機械・建築設計の3次元CADの重ね合 わせチェック。 ⇒振動架台・チャンパー・付着配管の一体化製作。等	—	
	*据付後試運転時の手戻り 防止。 *上下設備との干渉手戻り 防止。	*メーカー試運転の充実。 (QC全数の振動波形計測・他) *QCとSEGOとの取合い寸法の詳細測定。	—	
⑬ SEGO	—	—	—	
	⑭ TD测温 サンプリ ング装置	*天井クレーン吊り回数の減少。 および据付後試運転の簡 略化。	*機電一体発注。 *メーカー工場での自動モード試運転の充実。 *陸送から海上輸送に変更。(大型ブロック据付)	—

- 3) SEG-1~3は本番工事の半年前から铸片品質を確認しながら順次取り替えて本番工事を迎えた。
- 4) 増設した二次冷却の流量制御弁は、新システム制御盤からの入出力信号確認を事前に実施した。
- 5) QCスタンド周辺の機械と新铸床の干渉を防止するために、機械メーカー、建築メーカーは同一ソフトの3次元CADで設計し、両者を重ね合わせてチェックする方法を実施した。両者の設計完了までには数回の干渉チェックを要した。
- 6) 新铸床は大型ブロック化および耐火物施工済みのプレハブ工法を実施した。また铸床嵩上げ中間柱は、事前の操業中・定修日に建てた。
- 7) 新運転室、新操作盤、および配線工事に関しても、

- 事前の操業中・定修日に可能な範囲を実施した。その後、新操作盤でのオペレーター模擬操作訓練を行い本番工事完了後のホットランに備えた。
- 8) パララン切替え方式を採用した新制御システムを設計し、図4の手順で切り替えた。
- 9) SWTに関しては、当初計画のバタフライ式(機体重量379ton)を3次元CAD設計してFEM強度解析をしたが、強度面から天井クレーン能力までの軽量化は不可能であった。従って平行リンク式に設計変更し、設計とFEM強度解析を繰り返し実施して、天井クレーン1回吊りで据付け可能な機体重量284.4 tonまで軽量化した。この軽量化による波及効果として、SWT基礎フレームの既設流用が可能となり、工事ボ

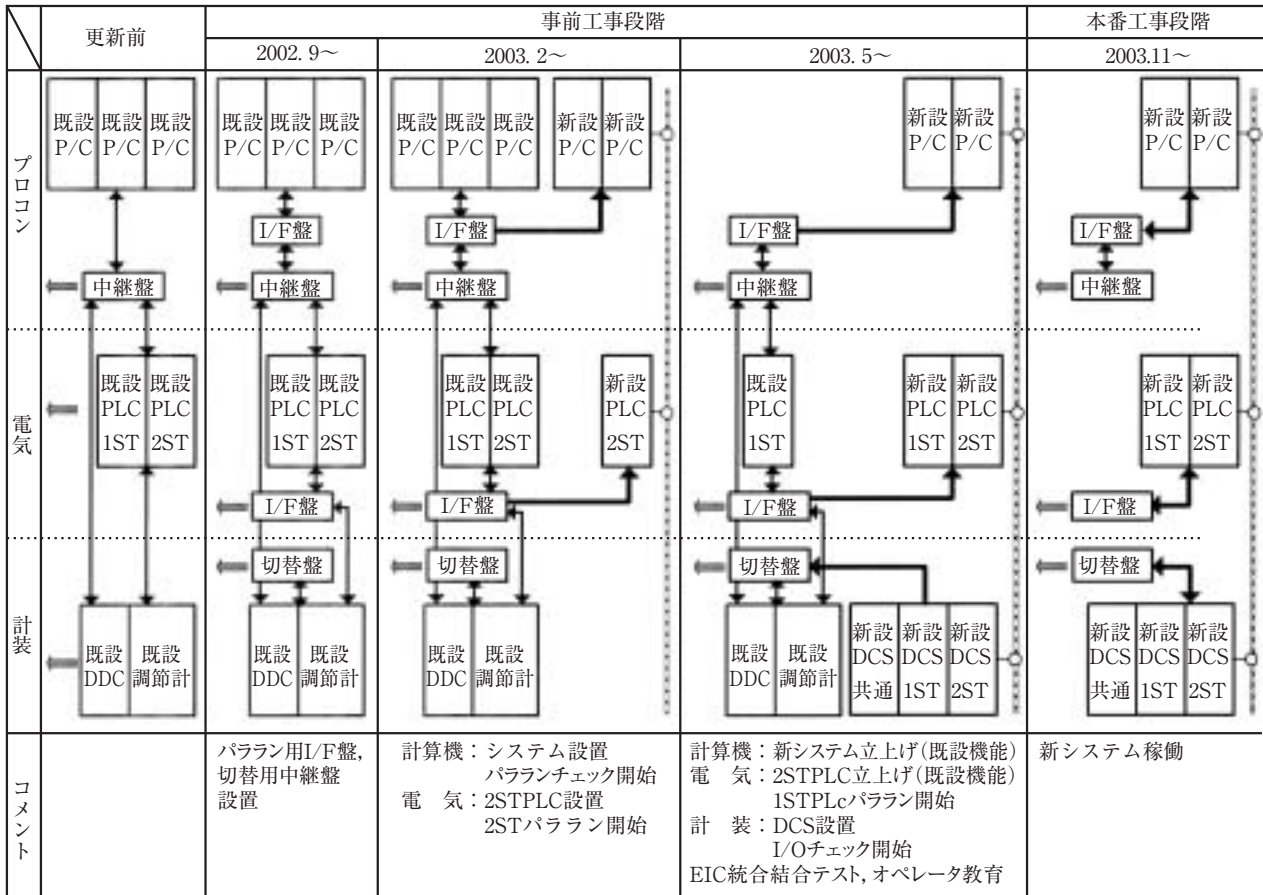


図4 制御システムのバララン切り替え手順  
Fig. 4 Switching procedure of control system.

リユームが大幅に減少した。

また旋回駆動装置は既設流用が可能であったが、工場試運転を充実させるために新作した。さらにロードセル調整に関しては、試看ウエイト約130tonをメーカー工場に持ち込み調整を完了し、本番工事での調整を省略した。

- 10) QCスタンド周りは一体化製作を実施し、メーカー工場での据付けブロック単位の寸法検査はもとより、隣接するブロック間隙間、特にQCスタンドとSEG-0周りは全ブロックを仮組みし、ブロック間の干渉が無いことを確認した。
- 11) 測温サンプリング装置に関しては、メーカー工場で全装置を組付けて自動運転の調整を完了した。試運転後は、可能な限りの大型ブロックでの据付けをするために、当初計画の陸上輸送から輸送寸法制約のない海上輸送に変更した。

4.3 本番工事の推進管理

ここでは、工事管理面で発生する手戻りなどのリスクに関して、これを低減するために実施した方策を以下に

列記する。

4.3.1 準備段階

(1) 体制づくり

- 1) 工事関係者の動員数は、元請会社6社合計でピーク時には約250名が想定された。従って安衛法に定める特定元方事業主による統括安全管理組織の体制を敷き、指揮命令系統を明確にした。
- 2) 後述の計画工程から6セクション同時並行試運転が必要となるため、マンパワーのピークが発生する。従って日新およびメーカーの担当者を配置した6グループ×2交代の試運転組織を編成した。
- 3) 試運転時の日新担当者の確保に関しては所内全体のマンパワーを考慮しながら本番工事に向かっての増員計画を策定して推進した。
- 4) 一方、工事の突発不具合発生リスクに対応するために、本番工事期間中は機械作業員10名および電気作業員7名の突発起動班を配置することにした。
- 5) 工程推進会議、安全統括会議、のために工事現場近くに『工事センター』を設置した。

(2) 計画の周知徹底



- 1) 本番工事での工事件名は非常に多く、それぞれの担当者は足並みを揃えての工事推進が重要である。従って全ての工事件名を網羅した『計画工程表』の詰めの作業を行い、VB化改造以外の保全工事も含めた関係者全員が納得できるまでには合計8回の会合を要した。なお最終の計画工程表は、工程ネック工事の内訳が解体据付工事12日、試運転3日で本番工期は15日となった。
- 2) 上記『計画工程表』は、資材の置場および物流に関する『置場物流図』とセットで周知徹底を計った。
- 3) 一方、本番工事における重機は天井クレーンが主体となり日新従業員が運転するが、玉掛け作業はスポット作業が行うため、玉掛け作業におけるルールの認識ズレは安全面に加え工事進捗に大きく影響すると懸念された。

この懸念を払拭するために本番工事開始の前々日に両者の会合を開き、認識の統一を図った。

(3) リスクの低減

- 1) 新設備および改造設備に関しては、メーカー作成の工事方案書、試運転要領書を基にチェックシートを作成した。
- 2) 铸床設備に関しては、前述の理由から日新主導でチェックシートを作成した。
- 3) 上記チェックシートに記載の項目を本番工事にて円滑に推進するために、試運転グループ毎に勉強会を開催し、知識の修得とともに要領書・チェックシートの完成度を高めながらリスク低減を図った。

4.3.2 本番工事段階

一般に実績工程は、計画工程に対する進捗ズレを生じ、そのズレは刻々変化する。この変化に対応しながら効率的な工事推進をするためには、工事全体の進捗情報の共

有化を計り関係者全員のベクトルを結集させる事が最も重要と考え組織運営をした。以下にその実施内容を列記する。

(1) 工程調整の情報と作業指示

工程調整会議は統括安全管理組織の下で朝・夕2回/日の頻度で実施し、下記の指示・情報を現場作業員末端まで伝達した。

- 1) 現時点の実績進捗情報は、イナズマ実績工程表を掲示。
- 2) 現時点から半日間の詳細工程調整と作業指示、および翌日までの工程見通し情報の提供と段取りの指示を『置場物流図』とセットで実施。

(2) 試運転の工程調整と作業指示

試運転現場の新铸床に総合指揮所を設置し、試運転推進管理を行った。

铸床設備の铸型周辺は5グループの同時並行試運転の計画工程であったが、第13日目に若干の手戻りが発生して試運転工程に遅れが生じ、これに伴い各グループの接点に当たる相互インターロックの試運転に進捗ズレが大きくなった。

このため、5グループ間の調整・指示を頻繁に行って試運転順番を変更する等、総合力で乗り切ることができたが、準備段階で実施したリスク低減方策の効果であったと認識している。

4.4 工事实績

2003年10月30日9:00に本番工事を開始し、計画工期15日目の11月14日9:00に完全無災害で完工した。その後のホットランで計画された3チャージ(560ton)の連続铸造に成功した。

本番工事の実績工程を表3に示す。なお本番工事15

表3 実績工程 (凡例 ○○:撤去・解体 ○●:据付・配管・配線 ○○:試運転 —:天井クレーン工程)

Table 3 Actual result of shutdown work schedule

場所	月日時	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日	第10日	第11日	第12日	第13日	第14日	第15日
		10/30	10/31	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12	11/13
連铸ヤード	TDカー・予熱装置	撤去	仮撤去	ベアケーブル更新	制御盤改造					CYL改造	据付	結線・I/Oチェック		LS空打・単独・連動試運転		ホットラン
	QC-SEGO・振動装置	撤去	振動装置撤去・据付			案内ガイド	据付			据付・芯出・配線・I/O		M単・速調・単独・連動試運転				LN同調
	SWT	撤去		付帯取込・配管取込	本体	付帯芯出配管			耐圧・ブッシング		LS空打・M単・速調・連動試運転					自動テスト
	測温サンプリング装置	撤去								据付・芯出・配線・I/O		単独・連動試運転				
	連铸ヤード・铸床建築	備品撤去	铸床撤去		铸床嵩上げ			取鍋デッキ据付		工事用仮開口部復旧						
	パウダー供給装置	撤去				取込・据付			オートジョイント芯出・配管・配線・I/O		LS空打・単独・連動試運転					
整備ヤード	整備ヤード・铸床建築	備品・取鍋デッキ撤去		铸床嵩上げ												
	DBカー・DB巻上装置	仮撤去	駆動部据付	ベアケーブル更新	巻上ガバ据付	カー上架ケーブル結線・I/O				LS空打・単独・速調・連動試運転						DB
下流設備	SEG17・引抜スタンド	SEG16・基礎フレーム撤去	基礎フレーム・芯出	テーブル据付		SEG16・17・引抜きSTD据付				M単・速調・LS空打・単独・連動試運転						循環
	基礎・デッキ類		ハツリ・基礎ボルト設置	クワイア・養生	デッキ類取付											



日間の動員数は延べ6,563人であった。

## 5. 結 言

2 CC-VB化改造工事において、設計から本番工事までの各段階で工期短縮の具現化を推進した結果、計画工期である15日を完全無災害で達成した。

VB化改造後の操業においては当初計画通りの効果を發揮している。<sup>1)</sup>

今回のVB化改造における記録的な短工期の実現は、基本計画段階でメーカーとタイアップしたFS設計により工期短縮方針を明確にした事、詳細設計から本番工事までの各段階で具体的方策を積み重ねて実施した事、さらに工事に携わった日新および工事会社の全員のベクトルを結集した事による結果であり、関係者各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 村松利紀 若林利幸 田中英樹 安井潔 田中和成：日新製鋼技報, 86 (2005)