

CRG架け替え工事の工場休止時間内での完遂

Reconstruction of Crane Runway Girders within Plant Operation Suspension Hours



村上 渉

君津建設センター
建築整備グループ

Wataru Murakami

日本製鉄株式会社君津製鐵所1製鋼工場殿において、大型天井クレーンが走行するクレーンランウェイガーダー（以下、CRGと表記）を架替えた案件である。

工夫改善策として、①耐疲労性能を向上させたCRGの設計・製作、②3D技術を活用した施工シミュレーションによる干渉物のチェック、③施工方案の工夫改善や現場作業の効率化、④想定リスクの抽出と対策検討等を実施し、当初計画より短時間で工事を完了させた。

工場フル操業下での並進作業という厳しい施工環境の中、大型CRG架替工事を、設計・施工による計画から実施までのトータル管理により、所定の工場休止時間内に品質トラブル「ゼロ」及び完全無災害で工事を完了した事により、製鐵所から当社の特異技術力に対し高い評価を得た。

The main aim of the current project is the reconstruction of the crane runway girder (CRG) on which the large-capacity overhead traveling crane runs at the No. 1 steelmaking plant of the Kimitsu Works of NIPPON STEEL CORPORATION.

In the reconstruction project, Nippon Steel Texeng. incorporated new devices and improvement measures the design and manufacture of CRGs with improved fatigue strength, the checking of interventions by means of reconstruction simulation employing three-dimensional technology, an improved reconstruction method and enhanced efficiency of on-site work, and the extraction of forecast risks and an examination of countermeasures. Supported by these devices and measures, the company completed the reconstruction work in a shorter term than initially scheduled.

Under the strict conditions of translational work to be undertaken during the full operation of the steelmaking plant, the company completed the large-capacity CRG reconstruction work with no quality issues and accidents within the specified plant operation suspension hours. A key element attributable to the successful completion was the full use of the company's total control system covering from working out of design and execution plans to reconstruction work. The company's high technological capacity thus adopted acquired a high assessment from the Kimitsu Works.

1. はじめに

本工事は、高温溶融物を運搬する天井クレーンが走行するクレーンランウェイガーター（以下、CRGと表記）を2017年から2018年にかけて架替えた案件である。

工事は、計画立案から竣工まで施工途中で発生する様々な課題を解決しつつ、初期の目標である所製造基盤の重大リスク早期解消に貢献すると共に、大型重量構造物の高所でのハンドリング及び定修時間内の連続作業という過酷な施工環境のなか、全工程無事故・無災害で工事を完遂した。以下、建築整備分野の特異技術であるCRG設計・施工について報告する。

2. プロジェクトの概要

発注者：日本製鉄株式会社 君津製鐵所殿

設計・施工：日鉄テックスエンジニアリング株式会社 建設事業部

君津建設センター、君津設計技術グループ

施工箇所：1製鋼工場CC棟H通5-6柱間・G通7-8柱間、

CRGルール天端=FL+27,395

主要数量：G通・H通共

既設CRG 長さ25m×梁成3.0m

(BH-3000x780x32x50)、重量43t (図1)

新設CRG 長さ25m×梁成3.5m

(BH-3500x780x32x70)、重量50t

使用材質SN490C

その他、上下面・対傾構改造 (図2,3,4)、背面構補強、点検歩廊設置

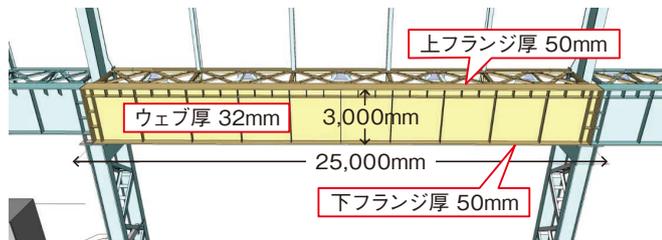


図1：既設CRGイメージ図

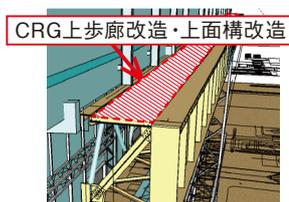


図2：改造イメージ図①

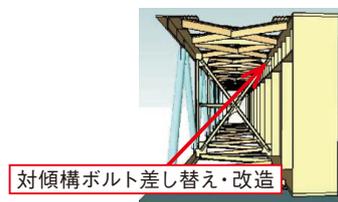


図3：改造イメージ図②

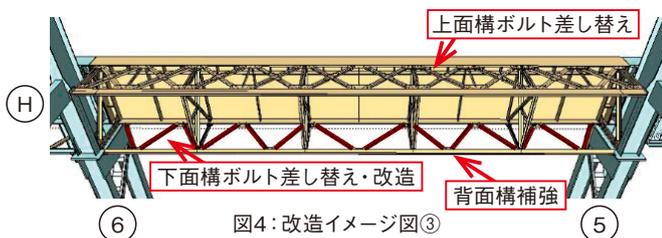


図4：改造イメージ図③

3. 設計への取組み

CRGの設計思想としては、50年以上の疲労寿命を確保する事を目標とし、具体的な向上対策に取組んだ。CRGの亀裂の発生及び進展メカニズムを分析し、その結果を設計手法に反映し改善を図った。施工計画策定段階での検証の際には、設計ディテールが施工に及ぼす影響も事前検証することで、当社の総合的な強みを発揮した。

(1) 耐疲労・補強範囲の合理化に資する設計法

①許容応力度設計法と疲労強度設計法の併用によるメインガーターの設計

許容応力度設計法：クレーン荷重等による発生応力が、許容応力度以下になるよう設計する方法

疲労強度設計法：クレーン荷重と繰り返し走行回数により、疲労亀裂が発生しないように、部材強度と形状を設計する方法

②フレーム立体解析とFEM解析を併用した、既設材補強設計法による補強作業の省力化

立体解析：3次元で応力解析を行い、部材毎の応力を算出し部材設計を行う方法

FEM解析：有限要素法による解析で、フレーム立体解析ではできない形状や補剛材における応力状態を解析し、部材設計に役立てる方法。

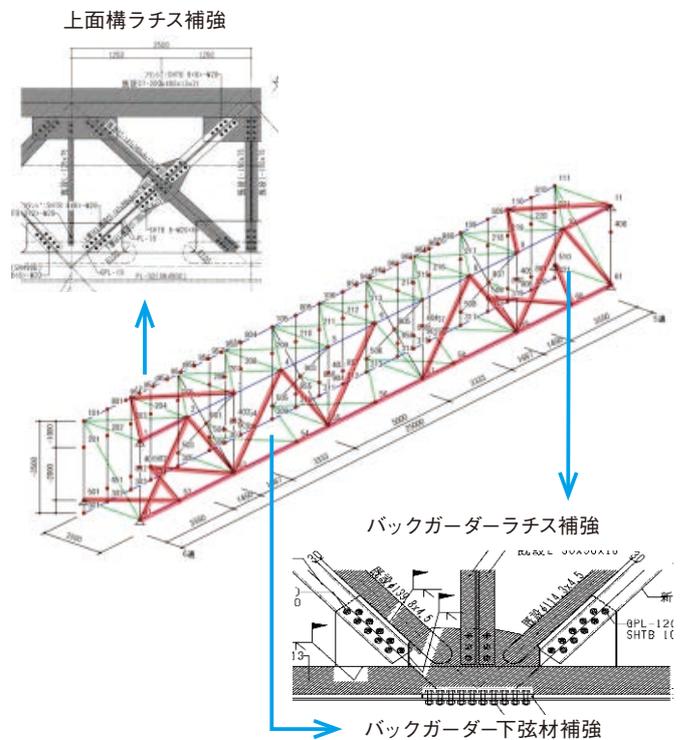


図5：立体解析図

(2) 疲労亀裂抑制の為の設計ディテールの工夫改善

- ・CRG端部の応力集中の軽減 (図6)
- ・GPL端部のR形状化 (図7)
- ・溶接面のUIT処理 等 (図8)

※UIT=Ultrasonic Impact Treatment

鋼材へのピーニング処理技術の一つで、超音波を機械的な打撃振動に変換し、鋼材表面を叩く処理のことで、①表面部圧縮残留応力付与、②R形状による応力集中緩和、③表面硬度向上があり、疲労に対する延命効果が期待できる。



図6:CRG端部



図7:GPL端部



図8:UIT処理部

以上のような、今回の取組みによって、従来よりも4倍以上の高疲労耐性を有するCRGの全所初実機化に貢献した。

4. 施工における取組み

▶4.1 工事計画での課題

全体工事計画の策定は、定修時間内での施工を前提条件として取組む。これは、定期に設けられた工場休止時間であり、計画立案ではこの休止時間を軸に、CRG上下架期間及びその前後の定修工事期間の計画を進める事とした。

また、CRG架替え作業は稼働工場建屋内で実施する為、限られた作業スペースを有効且つ効率的に活用し安全・品質を確実に確保できる、確実性のある工事計画の策定に努めた。

▶4.2 課題解決と実行策

(1) 稼働工場内での合理的な工事計画立案

設備レイアウトにより施工条件が異なる箇所において、それぞれ以下の通り検討した。

H通の施工箇所は、当該スパンから両側にかけて横長の作業スペースが確保できる施工環境であり、CRG揚重時に良好な吊荷バランスを確保できる移動式クレーン2台による合い吊り工法を採用。(図9)

G通の施工箇所は、当該スパンのみしか作業スペースを確保できない為、移動式クレーン1台による揚重計画とした。これに伴い、以下の検討を行った。(図10)

- ①移動式クレーンと新旧CRGの搬出入における配置及び手順の検討、立案。
- ②作業スペース精査による干渉物移設の回避、ミニマム化。
- ③必要最小限度の作業スペースの検討。

各検討・確認結果の検証には、既設建屋内を3Dスキャ

ナーで測定した点群データを用い、移動式クレーン及びCRGの3Dモデルを組み入れ、CRG搬入・上下架シミュレーション (図11) による干渉チェックの実施。

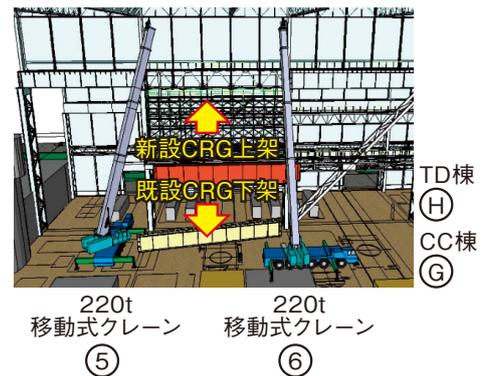


図9:上下架計画図 (H通)

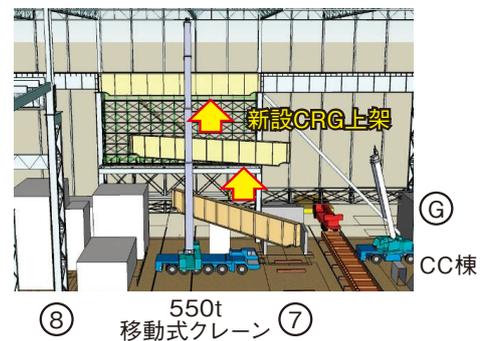


図10:上架計画図 (G通)

3Dスキャンでは、既設流用部分と新設CRGの取り合い部である上面・下面・背面構の現状把握にも貢献し、既設CRG下架前後での変位測定と合せて、新設CRGの据付精度を確保した。併せて干渉物とCRG上下架の一連の流れをシミュレートした動画は、施工要領・手順の工場・施工関係者への周知にも奏功した。



図11:3Dシミュレーション
(上:既設CRG下架、下:新設CRG上架)

以上により、実効性を確認したと同時に干渉移設を最小限に留めることに寄与した。

また、CRG架替え工事のタイムスケジュールへの影響因子として、「既設鉄骨の状況」「移動式クレーン及び揚重機器・工具の故障」「工場設備との干渉」「天候異変」他、多数の想定リスクを抽出し、一つずつ対策を立てることで確実に回避できるよう、万全の体制を整えた。

(2) CRG架替え時間(工場休止時間)のMin.化

下記取組みにより、当初計画より時間を短縮したCRG架替えの実行を可能にした。

①超高力ボルト適用によるボルト本数削減

通常用いられる高力ボルトに代わり、超高力ボルトを採用。素材、応力集中を緩和できるボルト形状、ねじ形状により耐遅れ破壊特性に優れ、従来ボルト(F10T)の約1.5倍という超高耐力のボルトにより、継手のボルト本数を約70%削減した。

②CRG上面歩廊のハッチ化

上面構の改造作業には直上の歩廊が干渉するが、床板を撤去し仮設材等で仮養生する従来工法を改善し、床板自体をハッチ化することで時間短縮、作業スペース削減、安全性向上等を図った。



図12: 歩廊ハッチ化状況

③CRG縦置き運搬による上架時間の短縮

製作工場から上架するまで一貫して縦置きとする海上・構内輸送に耐え得る固縛方法を検討。また、限られたスペースへの長尺物搬入を実現する旋回性に優れた多軸台車を使用した。

④短吊代の吊冶具を用いた玉掛け工法による揚程確保

⑤ボルト穴罫書き冶具の製作、削孔作業の全数下向き作業化

⑥CRG玉掛け工法の改善(吊ピースのボルト接合による火気レス化、作業簡略化)

以上の取組み等により、本工事では計画作業時間を短縮してCRG架替え作業を完了させ、早期の工場引渡しを実現した。

また、CRG架替え工事前後の定修工事では、土建工事起因による休止時間延長は行わず、計画定修時間内で定修作業を納めた。

5. おわりに

工場フル操業下で暑熱や粉塵といった厳しい施工環境の中、大型CRG架替え工事の実行を設計・施工による計画から実施までトータル対応し、所定の工場休止時間内で品質トラブル「ゼロ」及び完全無災害で工事を完了した事により、製鐵所から当社の特異技術力に対し高い評価を得た。

今後も製造基盤強化の一端を担い、一層の技術力向上に引き続き努めていきたい。

最後に、本案件についてご指導頂いた日本製鉄株式会社 君津製鐵所 土建技術室・1製鋼工場 関係者様、並びに多くの当社関係者に深く感謝申し上げます。



図13: 海上輸送、水切り



図14: 構内輸送



図15: 既設CRG下架



図16: 新設CRG上架

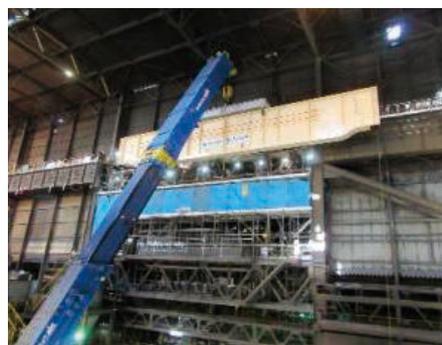


図17: 新設CRG上架



図18: 新設CRG上架完了

お問い合わせ先

建設事業部 技術部

TEL 03-6860-6615