



### 3. 実施したCIMによる安全対策の概要

#### (1) 施工領域安全監視システム(3Dバリア)

本対策は、吊り荷の端部等に設置したGNSS受信機の3次元位置座標を測位して、即時的に位置を監視するもので、対象の鋼橋上部工事6件全てに採用している。吊り荷の端部等の位置座標が図-2に示す制限範囲の内外のどちら側にあるかを常に判定し、制限範囲である警戒区域に吊り荷が入った危険時には、クレーン運転手へのサインとして運転席において黄色の回転灯を点灯させるとともに警告音により報知し、直ちにクレーンの旋回を停止して安全領域内になるまで吊荷位置を調整する。各現場条件と俯角を考慮したI期線とのクレーン作業離隔を3次元座標で立体的に監視する対策である。

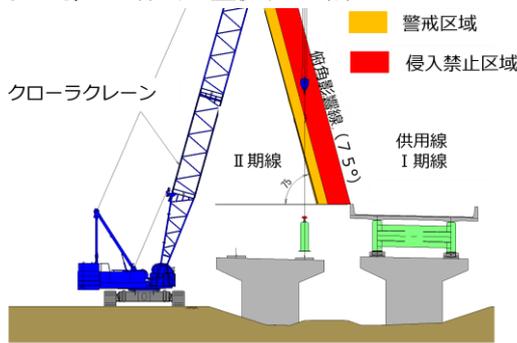


図-2 設定した制限範囲

本対策では、クレーン運転手へのサインに加えて、クレーン作業に携わる現場従事者も近接作業の状況を確認することで効果は高まる。対象の鋼橋上部工事のうち5件は、図-3に示すとおり、安全管理担当者にMRデバイスをヘルメットに装着して制限範囲を現実空間へ投影させる本対策の付帯技術であるMR可視化システムを採用した。

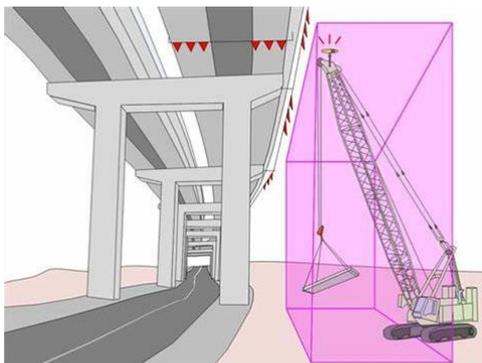


図-3 MR可視化システムのイメージ

#### (2) 3次元モデルを利用したシミュレーション

対象の鋼橋上部工事6件のうち5件では、3次元モデルを利用したシミュレーションを近接施工の安全対策として、CIMコミュニケーションシステムTREND-CORE、鋼橋CIMシステム、3D建機ナビのいずれかの製品を採用した。

これら製品は、近接構造物との接触防止を目的の一つとし、時間軸、制限範囲及び現地形状を反映したシミュレーションを実施することで最適なクレーン配置と吊荷の誘導ルートをビジュアル化して計画するものである。



図-4 3次元モデルを利用したシミュレーション

### 4. 受注者ヒアリングの結果

2023年1月、施工領域安全監視システム(3Dバリア)と3次元モデルを利用したシミュレーションについて、施工者の視点から施工上の効果や課題を把握するため、対象の鋼橋上部工事6件の受注者にヒアリングを実施し、これら安全対策について受注者が実感した効果や改善点を聴取した。結果を表-1に示す。

表-1 ヒアリング結果

施工領域安全監視システム(3Dバリア)		回答数/採用数
効果を実感	接触防止と施工性の両立	5/6
改善要を実感	準備作業の長期化	6/6
	従来技術と比較し高コスト	6/6
	電波障害によるシステム不具合	1/6
3次元モデルを利用したシミュレーション		回答数/採用数
効果を実感	最適な架設計画を短時間で作成	5/5
改善要を実感	作動可能なPCが限定	5/5

#### (1) 施工領域安全監視システム(3Dバリア)

従来技術であるレーザーバリアを設け警報を行う手法は、面状のレーザー光のバリアに侵入する物体を検知して警報を発する。このため、近接するI期線が曲線区間である場合は、細かくバリアを作る必要があるため、制限範囲が過大となる。これに対し、本対策は、近接構造物や吊り荷の位置を3次元座標で取得するため、曲線区間、非常駐車帯を有するI期線の形状を細かく設定できる。対象の鋼橋上部工事6件のうち5件において、必要最小限の制限範囲が設定でき、接触防止の確実性と施工性の両立が確認された。また、本対策の付帯技術であるMR可視化システムにより、クレーン運転者だけではなく安全管理担当者も制限範囲を可視化できたことで、確実性と施工性の両立につながったと考えられる。

一方、従来技術であるレーザーバリアを設け警報を行う手法と比較し、施工性は高まるが、2倍以上のコストを要したことや制限範囲の設定に必要な3次元座標の入力や調達業者が限定されることによる準備期間の長期化を確認した。また、吊り荷旋回中、障害物によるGNSSの電波障害によるシステム不具合が生じた工事を1件確認した。

## (2) 3次元モデルを利用したシミュレーション

クレーン配置と吊荷の誘導ルートを事前計画するにあたり、2次元図面にプロットして検討していた従来手法と比較し、本対策は、シミュレーションにより検討対象パターンが増加することで、最適な計画を短時間で作成できたことが確認された。また、現実に近い施工状況を動画で再現でき、接触事故のリスクを工事関係者間で共有されたことを確認した。

3次元モデルを利用したシミュレーションは、複数の製品が流通している。安全教育での効果が期待されるシミュレーション上のクレーンをゲームパッドで操作できる製品は、高齢者ほど旋回軌道の表現に時間を要し、人によって安全教育の効率性に違いが見られた。また、対象の鋼橋上部工事は、60～200t級のクローラクレーン等が主であるが、汎用性が高いクレーン規格しか備えられておらず、シミュレーション上のクレーンデータを追加外注したことで納入まで時間を要した製品があった。

これら製品は、扱う電子データ容量や調達上の条件から作動可能なPCが限られており、PCの持ち出しが必要な施工協議の打合せの席で近接施工時の動画を示せず、監督職員と工事関係者間だけでの共有となった。

## 5. 監督職員からの提案

施工領域安全監視システム(3Dバリア)の採用にあたり、クレーン運転手とMRデバイスをヘルメットに装着した安全管理担当者を除く現場従事者は、バリア設定範囲が見えず、バリア設定されていることも気付きにくい。現場従事者全員に危険範囲をわかりやすく周知するため、断続的ではあるがバリア境界に三角旗や蛍光塗料によるマーキングとバリア設定中の標識設置を提案した。

結果、全ての現場従事者に安全範囲と危険範囲の目安を周知でき、安全管理への意識が高まったと考えられる。

また、外部向けの現場見学等を開催した工事において、施工段階におけるCIMの技術の普及を進めるため、シミュレーションによる近接施工時の動画を外部の方に見て頂くことを提案し、動画説明時に現道構造物との接触防止を目的とした安全なクレーン作業の計画立案にCIMの技術を活用している旨を広報した。

## 6. 今後の課題と対応

### (1) 準備期間の短縮

施工領域安全監視システム(3Dバリア)のバリア設定には、近接するI期線の線形図又は現場での3D測量から得られる3次元データをバリア設定に必要な座標へ処理する必要があり、その処理を外注したり、現場職員が処理したりするなど、従来技術であるレーザーバリアを設け警報を行う手法よりも準備期間を必要とする。

また、施工領域安全監視システム(3Dバリア)や3次元モデルを利用したシミュレーションの調達業者が限られており、施工者側の予定で進みにくいことも準備期間の

長期化につながっていると考えられる。

今後は、CIMデータからバリア設定や周囲構造物等の復元を自動処理するなどの機器開発を促進するため、発注者として、3次元データ処理の短縮に着目した技術の提案を募る工事を発注するなど、準備期間の短縮化への取り組みが必要であると考ええる。

### (2) 施工従事者が使いやすいCIMの技術の普及拡大

調達上の条件から作動可能なPCが限られていることから、施工段階におけるCIMの技術が未だ途上段階であることから、施工従事者が使いやすいと実感できるCIMの技術の普及拡大が求められる。

一方、情報通信業界に目を向けると、近年、デジタル技術の普及拡大により、情報通信技術の革新が急速に進み、DXが様々な業界・業種で進展している。この時機を捉え、施工従事者が使いやすいCIMの技術の普及拡大を進めるため、施工現場から3次元データを活用した施工におけるニーズをまとめ、これを情報通信業界が受け改善するといったしくみなど、施工現場の声が発信できる環境づくりが必要であると考ええる。

### (3) 近接安全対策に要する費用の計上

対象の鋼橋上部工事6件は、I期線端部からの離隔が0.5～2.0mと現道との離隔が十分に確保できない条件であったが、着手予定の圏央道の鋼橋上部工区間は、I期線の離隔距離が十分に確保されている箇所もある。

安全対策として採用したCIMの技術は、従来技術と比較して高価であったため、今後は、発注者が現場条件から個別に費用計上の要否を検討することが望ましい。しかし、施工段階におけるCIMの技術が未だ途上段階であることから、現段階では、現場条件と検証の両観点から、費用計上の必要性を検討すべきと考ええる。

## 7. おわりに

本稿では、圏央道の4車線化工事で実施した近接施工に伴う安全対策として採用したCIMの技術をテーマにしたが、これら技術の実績が少ないため、対象の鋼橋上部工事6件全てに監視員を配置した。施工段階におけるCIMの技術の改善が進み、施工従事者の信頼を得るための十分な実績を積めば、施工従事者の省人化、従事時間短縮、見える化促進による安全性向上といった生産性向上の効果が発揮されることが考えられる。

以上から、インフラ分野のDXの実現に向け、発注者は、引き続きCIMの技術の導入が促進する工事発注に取り組む必要があると考ええる。

謝辞：JFEエンジニアリング(株)、(株)名村造船所、エム・エムブリッジ(株)、三井住友建設鉄構エンジニアリング(株)、川田工業(株)及び(株)日立造船の皆様方には、本稿の実施にあたり多大なるご理解とご協力をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

1) 国土交通省：インフラ分野のDXアクションプラン、2022