

最大級交差点上の急速送出し架設におけるデジタルツインシステムの活用

高田機工（株） 正会員 ○壽系 亘平
高田機工（株） 正会員 佐合 大
高田機工（株） 非会員 塚本 和志

1. はじめに

施工時間に制約を有する急速送出し架設において、統括管理者は、タイムスケジュールを考慮したうえで、上部工や設備の状況を迅速に把握し、それに基づき適切な判断を行い、指揮系統に反映させる必要がある。従来は、要所となる設備に配属された担当者が手動で計測を行い、無線連絡により統括管理者に情報を集め、整理・分析のうえ、意思決定を行っていた。しかし、計測や連絡に時間を要することに加え、常にヒューマンエラーのリスクを含むことから、限られた時間内で交差点上の送出し架設を完了させるためには、通り、たわみ、反力の情報を迅速に収集し、一元的に管理できる体制を構築することで、統括管理者が適切な判断（意思決定）を行える環境を構築することが課題となる。

今回報告するシステムは、管理データを ICT により自動収集し、インターネットブラウザを通じて誰でも確認できるデジタルツインを構築することで、迅速かつ正確な情報伝達を実現し、統括管理者の意思決定を補完することを目的として開発した。

2. 工事概要

本工事は、仙台市内を通過する国道 4 号の渋滞緩和や、それに起因する交通事故の削減を目的とした「国道 4 号 仙台拡幅事業」の一環であり、渋滞のボトルネックとなっている「箱堤交差点の立体化」に向け、鋼橋上部工（箱堤高架橋）を架設するものであった（図-1）。本事業は令和元年度から着手し、令和 6 年度の供用に向けて事業が進められている。本橋の橋梁形式は、鋼 5 径間連続 4 主箱桁橋であり、箱堤交差点と交差する中央径間を送出し工法で架設し、引き続き側径間をクレーンベント工法で架設する計画が採用された（図-2）。

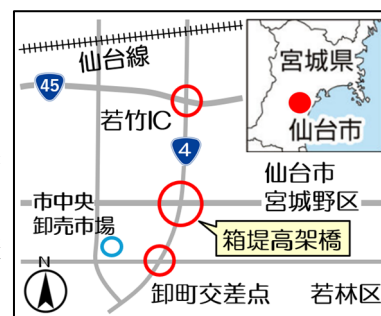


図-1 現場位置図

箱堤交差点は、東北地方で最も交通量が多いといわれる国道 4 号と、市道元寺小路福室線が交差する、片側が最大 8 車線となる日本最大級の交差点であり、全面通行止めを要する交差点上の送出し架設は、道路利用者への影響を最小限にするため、1 夜間で移動量が 100m を超える急速送出し架設により実施する必要があった。

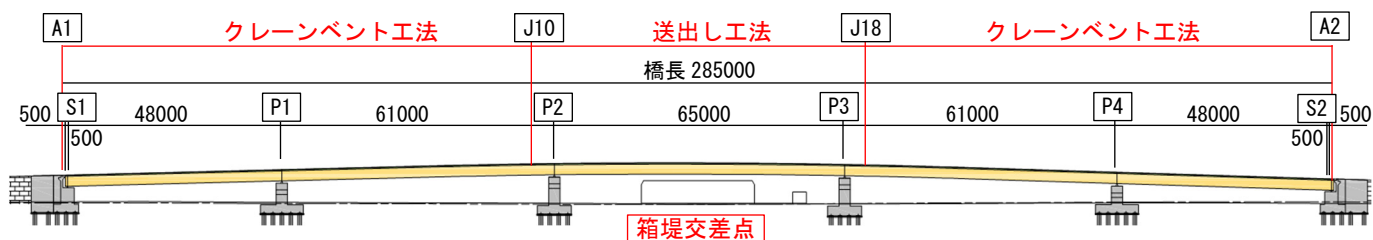


図-2 架設工法の区分

3. デジタルツインシステム

デジタルツインとは、現実の世界から収集したさまざまなデータを、まるで双子であるかのようにコンピューター上に再現する技術である。本工事では、GNSS による位置データをもとに、現実の送出し架設の進捗状況を、PC に表示された 3D モデルにリアルタイムで反映し連動させ、推進量や通り、たわみ、各設備に作用する反力情報などの各種データを、一元的に関連付けた送出し架設のデジタルツインを構築し、送出し工法の架設管理に活用した（図-3）。

(1)桁位置及び変位管理

桁位置および変形にかかわる計測（送出し推進量，通り，たわみ）については，手延べ機の先端と桁の両端（計3カ所）に設置するGNSSにより座標データを取得し，クラウドシステムにより演算のうえ，結果をインターネットブラウザに表示される3Dモデルの位置やウィジェット（図-4）に反映した。

(2)ジャッキ反力管理

主桁支持点の反力については，油圧ジャッキの集中管理システムよりアウトプットされる反力データを，リアルタイムでクラウドにアップロードし，同様にブラウザのウィジェット（図-4）に表示させた。

(3)管理値の設定

桁の通りと，ジャッキ反力値にはそれぞれ2段階の閾値を設けて，1段階目（通り：±20mm，反力：主桁許容荷重の70%）では，対象箇所でのウィジェット表示を黄色に点灯させ，2段階目（通り：±30mm，反力：主桁許容荷重の90%）では，赤色に点灯させた。また，デジタルツインにより表示される数値の妥当性を評価するため，送出しの理想値として施工計画どおりのタイムスケジュール，反力値，たわみ量を反映し，デジタルツインと同様，ブラウザ上にてリアルタイムで再生できる「事前シミュレーション」を構築しデジタルツインと比較しながら管理できる体制を構築（図-5）した。

4. 活用の効果

本システムの活用により，作業の進捗状況が明確化するため，タイムキーパーが削減でき，通りやたわみの計測も確認程度にとどめることができた。また，無線では困難な情報も，円滑に伝達することができ，個別の無線連絡も最小限にとどめることができた。統括管理者もビジュアル的かつ俯瞰的に情報をとらえ，状況を分析することが可能となり，意思決定に貢献することができた。

また，状況把握が容易となったことから，若手技術者教育においても理解度が深まり，教育コンテンツとしても有効であった。これらの効果により，施工管理の効率が30%程度向上したと考える。そのほか，本システムはインターネットブラウザを通じてアクセスが可能であるため，本社や他現場に配属される熟練技術者が遠隔から状況を把握することができ，遠隔地からの支援も実現できるため，安全と品質の向上につながる。また，施工状況をデジタルデータとして保存できるため，今後の技術伝承に活用することも可能と考える。

5. おわりに

本工事は令和5年10月をもって事故もなく無事に完成を迎えることができた。今回紹介した取組みに対し，多大なるご協力いただいた東北地方整備局仙台河川国道事務所の皆様，並び協力業者他関係者の皆様に，この場をお借りして感謝申し上げます。



ICT技術でデータ収集
クラウド上にリアルタイムで再現

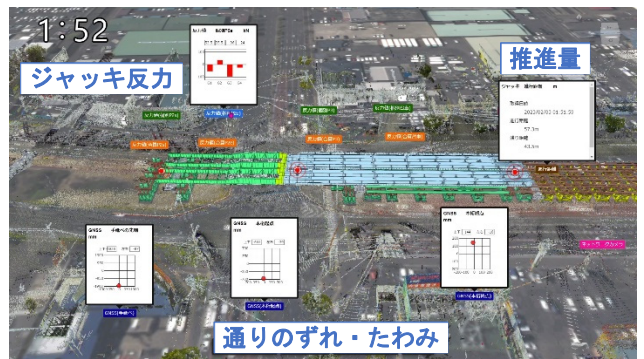


図-3 デジタルツインシステム

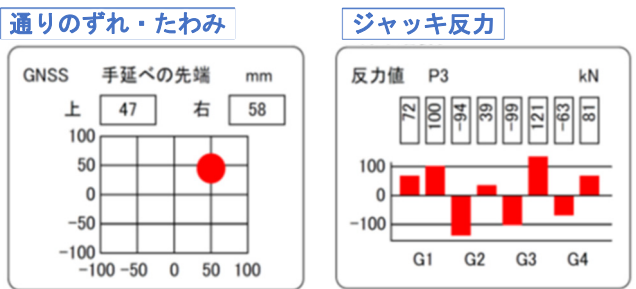


図-4 ウィジェット表示



図-5 現地での運用状況