

橋梁リニューアル工事における施工シミュレータを活用した施工フロー最適化

大林組 正会員 ○内藤 哲郎 非会員 奥田 浩文 河原 大輔

特研メカトロニクス 非会員 福家 薫

トヨタ自動車 未来創生センター 非会員 伊東 裕司 酒井 博文 足立 渚 西田 武史

中日本高速道路 非会員 米田 貴紀

1. はじめに

東名リニューアル工事（東名多摩川橋）は、老朽化した橋梁のコンクリート床版を、図-1 に示す移動式門型床版架設機を用いて新しい床版に取替える工事である。本工事のうち、STEP2 と呼ばれるステージでは、渋滞等による一般車両への影響を最小限にするため、夜間の限られた時間で上り線 3 車線のうち 1 車線を規制して床版を取り替える必要があった。そのため、綿密な施工フローの事前検討が求められていた。そこで、施工シミュレータを用いてバーチャル空間上で施工現場及び作業動作を再現し、着工前に詳細な施工フロー改善検討を実施した。本稿では、施工シミュレータの本工事への現場適用過程とその結果について報告する。

2. 工事概要

本工事のうち、STEP2 の夜間工事の流れを図-2 に示す。既設床版の撤去や新設床版の設置には、移動式門型床版架設機を使用した。新設床版と既設桁との接合は、超早硬無収縮モルタル打設により実施し、新設床版間の隙間にはプレキャスト UFC 板を設置して、舗装した。規制帯を設置してから撤去するまでを 1 車線規制での作業範疇とし、19:00 に施工開始して翌朝 5:00 までに 1 車線規制を終えることが求められていた。

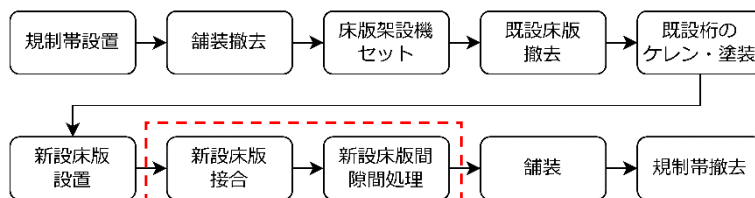
3. 施工シミュレータの概要

バーチャル空間上で施工時の作業を再現するために、Epic Games 社のゲームエンジンである Unreal Engine を用いた、トヨタ自動車と大林組が共同開発中の施工シミュレータを活用した。以下の機能が備わっている。

- 車両や施工機械等を 3D で再現
- BIM/CIM データから施工対象を再現
- 作業に要する時間と作業場所を入力することで、作業場所への移動と作業を実行する作業員・車両・施工機械モデルを実装
 - 作業員・車両の移動速度は約 6km/h
 - 移動経路は経路探索により環境に応じた最短経路を生成
- 3D 環境を観察し、次に実施すべき作業を自動で選択して作業員や車両・施工機械に指示
- 作業員の【作業・移動・待機】の状態をロギングし、シミュレーション内で実施した作業を時系列で可視化



図-1 夜間工事の様子



詳細施工シミュレーション対象

図-2 夜間工事の流れ

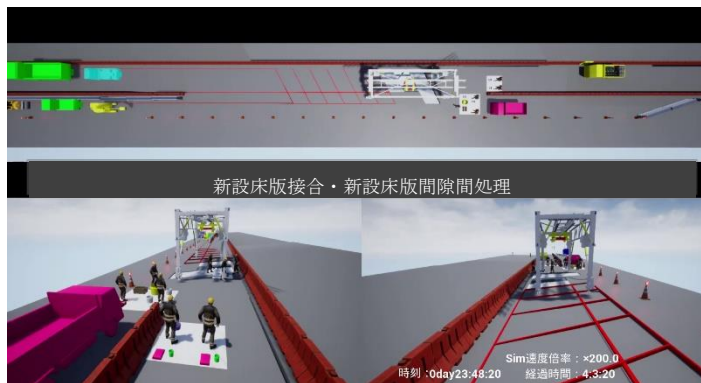


図-3 全体施工モデル（動画から抜粋）

キーワード 生産性向上, 施工計画, 3D モデル, BIM/CIM, 高速道路

連絡先 〒136-0076 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組本社 T E L 03-5769-1069

4. 施工シミュレータによるモデルの構築

施工シミュレータを用いて、以下の2つのモデルを構築した。

- i) 工事車両や施工機械に焦点を当てた、図-2の一連の作業の全体施工モデル
- ii) 作業員に焦点を当てた詳細施工モデル

まずはi)を構築し、工事車両や施工機械の搬入出のタイミングを可視化した。また、これをもとにボトルネックとなるフローの洗い出しを行い、作業員が最も多く必要で、かつ複数の作業が複雑に絡み合い、フローの見直しによる時間短縮効果が見込まれる、新設床版接合～新設床版間隙間処理をii)の対象とした。

5. 施工フロー最適化手法

施工フローの最適化前後での各作業員の作業内訳を図-5, 6に示す。最初に、当初予定していた12人でそれぞれ作業を分担するモデルを構築した。この場合、図-5に示すとおり、作業員⑧～⑫において30分以上の待機時間が生じた。そのため、待機時間が最短となるように、作業分担の見直しや作業の入れ替え、作業人員の削減を行い、繰り返しシミュレーションを行った。その結果、図-6に示すとおり、作業人員を2名削減するとともに、作業時間を10分程度削減することができた。

6. 実施工評価

実施工が始まって4日目・47日目の総施工時間と、シミュレーションの結果から得られる施工時間を、図-7のとおり比較する。4日目の作業では、作業員が作業自体に不慣れなため、シミュレーション結果よりも大きく総施工時間を要した。また、作業員が作業に慣れた47日目でも、高速道路本線上での施工という特性のため、工事車両入場に遅れが生じ、待機時間が生じた。しかし、これらを除いた実作業時間に関しては、シミュレーション結果から得られる施工時間と近い時間を示し、施工シミュレータで作成したモデルの枠組みの妥当性が示唆された。

7. おわりに

本手法が事前の作業改善検討に有効であり、実施工への適用について妥当であることが確認できた。今後は、今回考慮しなかった要素を盛り込んだより精度の高いモデルを構築できるように取り組んでいく。

参考文献

- 1) 酒井ほか(2023):バーチャル3D環境を用いた高速道路の壁面パネル交換施工の改善, 情報処理学会第85回全国大会

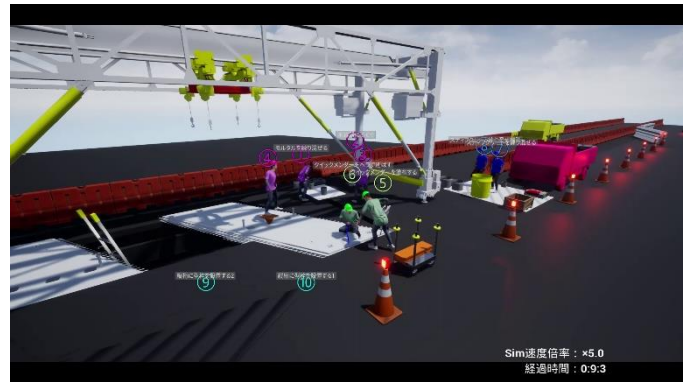


図-4 詳細施工モデル（動画から抜粋）

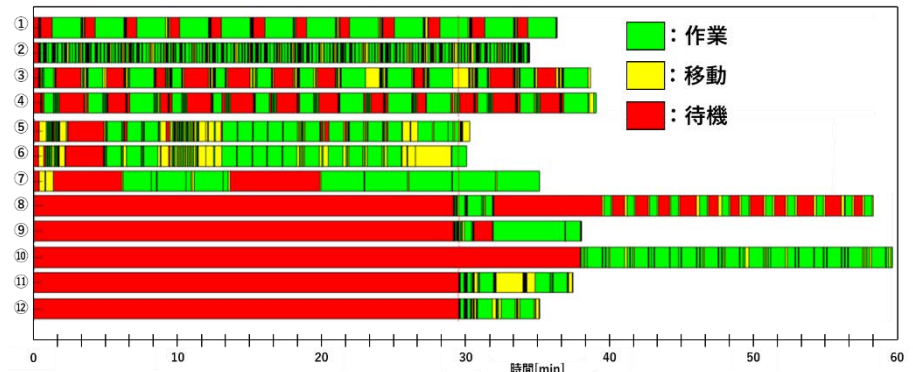


図-5 詳細施工シミュレーション結果その1

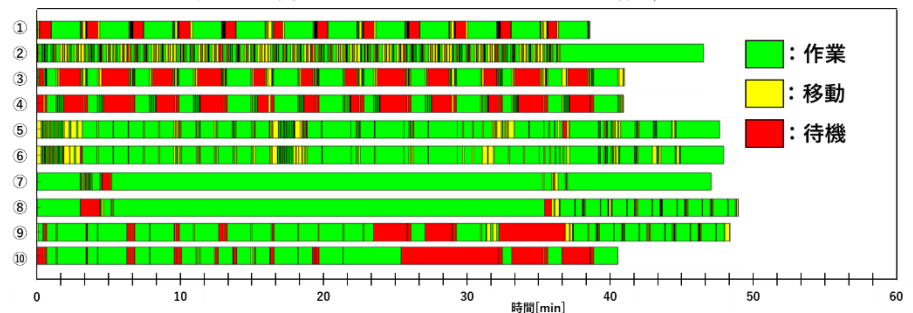


図-6 詳細施工シミュレーション結果その2

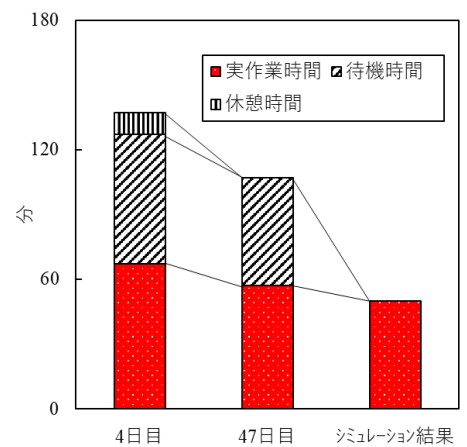


図-7 実施工とシミュレーション結果との比較