6F-06

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

酒井　伯文† 足立　渚† 伊東　裕司† 西田　武史† 杉原　久義†
伊藤　剛‡ 奥田　浩文‡ 青山　裕作‡ 友廣　裕亮‡
トヨタ自動車株式会社†　株式会社大林組‡

1. はじめに

建設業界では就業者数の減少や高齢化が進んでおり，施工効率の向上が求められている．

作業者の実作業レベルの改善に着目すると，作業を行うことで習熟や改善が促進していく一方，着工前は具体的な環境や作業をイメージしきれず改善提案することが困難であった．

昨今コンピュータの進化に伴い施工シミュレーションの研究が進められているが[1]，実作業に対する効果を検討したものは少ない．

本研究では，バーチャル空間上で施工現場および作業動作を再現することで，着工前に詳細な作業改善検討が可能となる手法を提案する．首都高速道路辰巳パーキングエリアのパネル交換工事を対象として，事前のバーチャル作業と実際の施工作業とを施工数量及び作業待ち時間の観点から比較するとともに，作業関係者へのヒアリングを実施することで，本提案手法のメリットと課題を考察した．

なお本研究は，トヨタ自動車(株)内規「研究倫理ガイドライン運営要領」に従い，倫理審査の承認を得た．また実験参加者に実験内容や個人情報保護について説明し同意を得た．

2. 施工シミュレータの構築

2. 1 シミュレータ概要

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 を用いて，以下の機能を備えるシミュレータを構築した．

① 車両や施工物，構造物等を 3DCG で再現
② 作業に要する時間と作業場所の入力を受けて，作業場所への移動と作業を実行する作業員モデルを実装
　■ 歩行速度は約 6km/h とした
　■ 歩行経路は経路探索により環境に応じた経路を生成する
③ 3D 環境を観察し，次に実施すべき工程を選択して作業員に指示
④ 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

概略図を図 1 に示す．

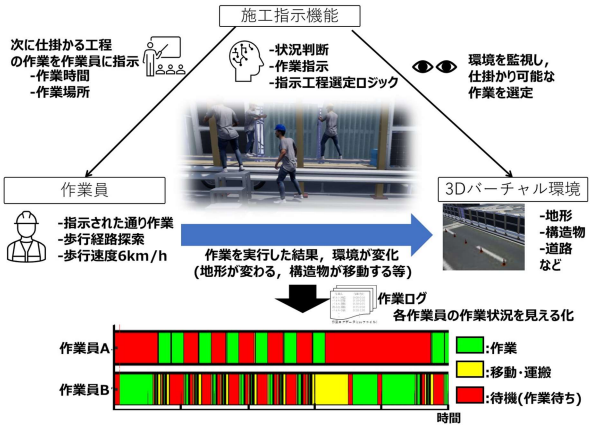

図 1　シミュレータ概要

2. 2 シミュレータ上での改善

今回の対象となる工事はパネル取り外し取り付け装置[2]によるパネル交換班と支柱穴あけ班が連携する作業工程となる．シミュレーションにて 2 パターンの施工機械を用いた作業を検討した(図 2)．なお，一作業毎に要する作業時間である作業原単位は，過去に同装置により作業した結果から決定した．

想定した作業の流れについてパターン 1 を例に図 3 に示す．

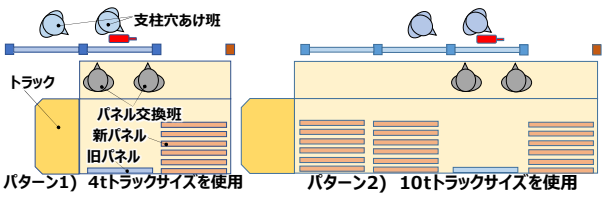

図 2　作業検討パターン

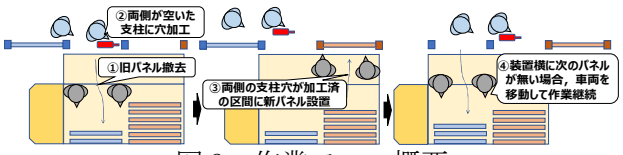

図 3　作業フロー概要

両パターンをシミュレーションした結果を施工数量と他チームの作業完了を待つ時間で比較した．結果としてパターン 1 では各作業班が互いの作業完了を待つことが分かり(図 4)，パターン 1 に対してパターン 2

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

のパネル設置数は 1.6 倍，パネル交換班の作業待ち時間は約 1/7 となることから(図 5)，本施工にはパターン 2 を採用することとした．

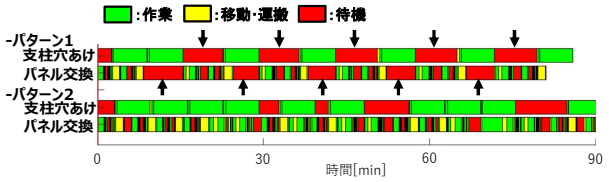

図 4　シミュレーション結果比較(90 分間分)

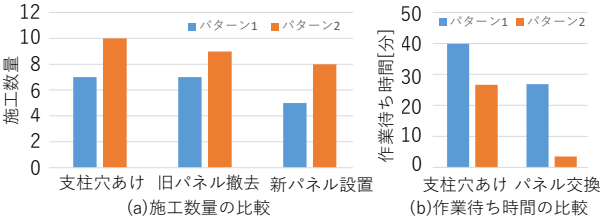

図 5　施工数量と作業待ち時間比較(90 分間分)

3.　評価

3.1　作業時間の取得

本施工の前に，パネル 4 枚分の範囲を模した環境を準備し，模擬施工を実施することで作業内容及び作業時間の見直しを行った．

得られた知見を元にシミュレーションを再構築し，模擬施工と比較するとパネル 4 枚撤去するのに要した時間は，模擬施工では 13 分 40 秒であるのに対し，シミュレーションが 13 分 30 秒とほぼ再現した結果となった．

3.2　本施工評価

本施工では，作業者が検討した手順（非シミュレータ），シミュレータで計画した手順の 2 通りの施工を行った．なお，本施工と模擬施工の作業員は異なり，本施工作業員には事前にシミュレータの作業動画視聴および模擬施工環境での作業訓練を 1 時間程度実施した．結果を図 6，図 7 に示す．

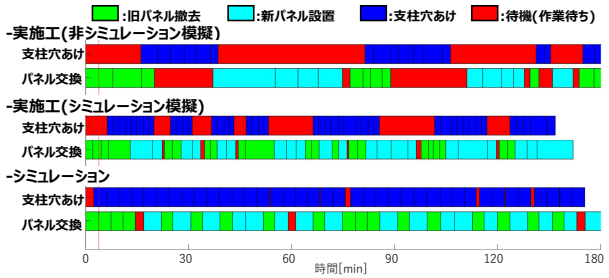

図 6　実施工結果(180 分間分)

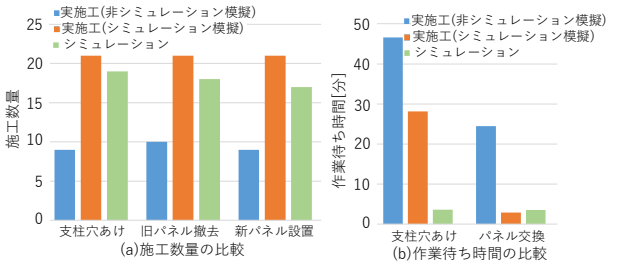

図 7　施工数量と作業待ち時間比較(180 分間分)

実施工同士を比較すると，シミュレーション通り作業を進める方が施工数量は 2 倍以上，作業待ち時間は支柱穴あけ班で約 6/10，パネル交換班で約 1/9 となった．また作業員から，シミュレータ通りに作業をすると能率が上がったと実感できたとのコメントがあった．以上のことから，本手法を用いて事前に改善を進めることは，実施工の改善に有効であることが確認できた．

実施工(シミュレーション模擬)とシミュレーションを比較すると，実施工の施工数量が約 1.1 倍となった一方で，支柱穴あけ班の作業待ち時間は増加した(約 7.8 倍)．要因として，模擬施工と実施工では作業員が異なるため，作業手段や作業時間といった前提条件に差異が生じ，その結果作業速度が増す一方で，チーム間の 1 サイクル作業時間の乖離が増大したことが考えられる．よって，改善の精度向上には実作業を正確に見積もる必要があり，今後の課題である．

4.　おわりに

本手法が事前の作業改善検討に有効であるという知見を得ることができた．今後は現場への導入や精度向上といった課題に取り組んでいく．

参考文献

[1]嘉納成男，作業者の動きを中心とした施工モデルの表現方法 施工シミュレーションモデルに関する研究，日本建築学会計画系論文集 第 83 巻 第 749 号，p. 1305-1315, 2018
[2]株式会社大林組プレスリリース https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20220328_1.html

Improvement of wall panel replacement construction on highways using virtual 3D environment
†Noriaki Sakai, Nagisa Adachi, Yuji Ito, Takeshi Nishida, Hisayoshi Sugihara・TOYOTA MOTOR CORPORATION
‡Tsuyoshi Ito, Hirofumi Okuda, Yusaku Aoyama, Yusuke Tomohiro・Obayashi Corporation

Copyright ©2023 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.