

# 現場打ちコンクリート工事に関する施工効率 および躯体品質向上技術の研究

〔研究代表者〕 瀬古繁喜（工学部建築学科）

〔共同研究者〕 小川亜希子（榊竹中工務店）

## 研究成果の概要

近年の土木工事や建築工事では CIM や BIM を活用した情報化施工の実施例が多く見られるようになってきている。筆者らは、建築でのコンクリート工事における情報化施工技術に関する研究開発を従前から行っており、「コンクリート打込み管理・打設計画支援システム」の開発において、コンクリート打込み状況を可視化し時間管理を可能とするプログラムを概ね完成させた。型枠中でのコンクリートの流動状態を三次元的にシミュレートできるプログラムを現場で試行し、出力結果が実際の工事の状況とある程度整合することを確認してきている。

本研究の最終的な目標は、コンクリートの打込み計画の立案をナビゲートするシステムの構築である。ここでは、実際の工事におけるコンクリートの打込み状況の管理を自動で行うプログラムに関する研究の成果を述べる。プログラムでは、コンクリートの流動状態を三次元的にシミュレートする部分を主体とし、工事の進行に合わせて自動的に実行できるよう、コンクリートの打込み位置、ポンプ車の打込み速度のモニタリングを統合する。今回は数か所の建築工事現場において三次元の構造体モデルを作製し、工事中のコンクリート打込み位置を準天頂衛星の GNSS アンテナで逐次モニタリングし、ポンプ車の打込み速度をリアルタイムで取り込みながらプログラムの試行を行った。

準天頂衛星を利用する GNSS アンテナを作業者のヘルメットや背面に装着し、打込み位置データをリアルタイムで取得することで、ポンプ車の打込み速度(コンクリート量)のデータと合体させて、コンクリートの流動状態を三次元的にシミュレートするプログラムが、型枠中でのコンクリートの流動状況を再現できることが確認された。打ち込み位置の測位データは、1分ごとに更新する場合でも作業者の移動を概ね捉えることができることが分かった。

**研究分野：** 建築材料・施工

**キーワード：** コンクリート、打重ね時間、三次元モデル、吐出量、打込み位置、準天頂衛星

### 1. 研究開始当初の背景

建築の設計から施工段階において、部材を三次元でモデル化する BIM(Building Information Modeling)は鉄骨工事や配筋工事などで活用されている。しかし、設計案に沿った形に型枠を組立てることで自由な形状が得られるコンクリート工事では、型枠内をコンクリートが流動する特性を持っていること、また形状が不定形なため、BIM などのシステムの活用が難しい現状がある。現場監督は図面上で打込み順序や時間の計画を行っているが、計画どおりに打込まれないことがあり、その場で熟練技能者が打込み順序を決定していることも多い。結果、JASS 5 で定められている打重ね時間を超過し、コールドジョイント等の不具合が

発生する問題等が解決されない状況が続いている。コンクリート工事は労働集約型の作業であり、数値データとして表しにくいことから情報化や効率化が難しい事情がある。

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は、コンクリート工事の計画立案から実際の打込みをナビゲートするシステムを構築することである。これまで研究を進めてきたコンクリート打込み管理システムでは、三次元モデルに 3~5cm 角のコンクリートブロックを流し込み、コンクリートの軟らかさや型枠の断面寸法などによって流動勾配を決定し、流動状態をシミュレートして三次元モデルとして可視化する。今年度

は、数か所建築現場でシステムを試行して準天頂衛星のGNSS アンテナで測位した打込み位置データをリアルタイムで組み込み、ポンプ車の吐出量データ、打設プログラムとの連携によって、型枠中でのコンクリートの流動状況が三次元的に再現されることを確認することとした。

3. 研究の方法

(1) 使用した機器

建築工事現場において、コンクリート打込み管理のプログラムを実行するにあたり、使用した機器の概要を以下に示す。u-blox 製の GNSS アンテナは、アンテナが常に天頂を向くようなスイング機構を有する治具を介して、作業者のヘルメットまたは作業服の上に着用するベストに装着させた。装着の状況を写真1に示す。また、プログラムは建築工事現場で実行させるために、写真2に示すようなタブレット型のパソコンを用いた。



写真1 GNSS アンテナの装着状況の例



写真2 工事現場で用いたパソコンの例

(2) 建物の三次元モデル

プログラムを実行する際に用いた建物の三次元モデルの例を図1に示す。

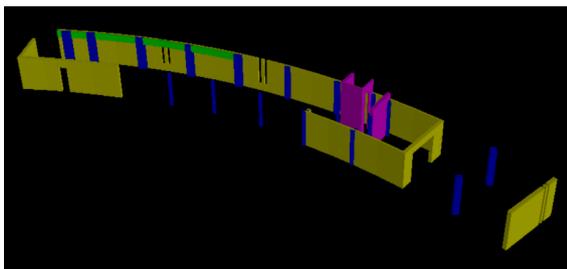


図1 建物の三次元モデルの例

4. 研究成果

(1) プログラムの実行結果

数か所の建築現場において、建物の施工図をもとに作成した三次元の構造体モデルを用いて、打込み作業者のヘルメットまたは背面に装着した GNSS アンテナによって打込み位置情報を逐次取得し、コンクリートポンプに装着したセンサーで計測されたコンクリート量データも同時に取得することができた。両データを組み合わせてプログラムを実行し、三次元モデル中でコンクリートの充填状態の変化がリアルタイムで可視化できることを確認した。

作業者の測位位置とコンクリート量のデータを組み合わせてプログラムを実行した結果、リアルタイムで三次元の構造体モデル中に示されたコンクリートの充填状態の例を図2に示す。コンクリートの充填状態は概ね工事の進行を表すことができた。

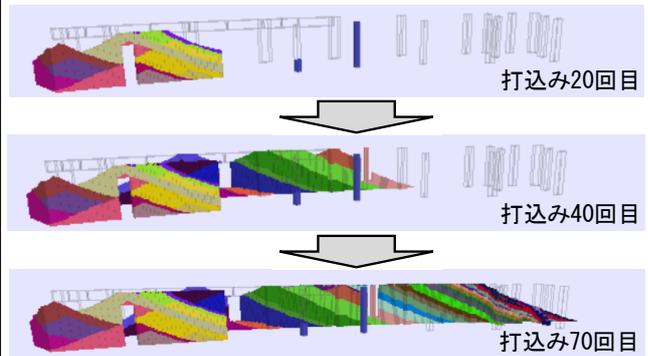


図2 コンクリートの充填状態の推移

(2) 作業者の測位位置データの確認結果

プログラムを1分ごとに実行する設定で試行した場合において、GNSS アンテナによる作業者の測位位置データと実測した位置の関係を図3に示す。1分間隔でもGNSS アンテナは作業者の移動に追従することが確認でき、実測した位置との差は平均で1.5m程度であることが分かった。

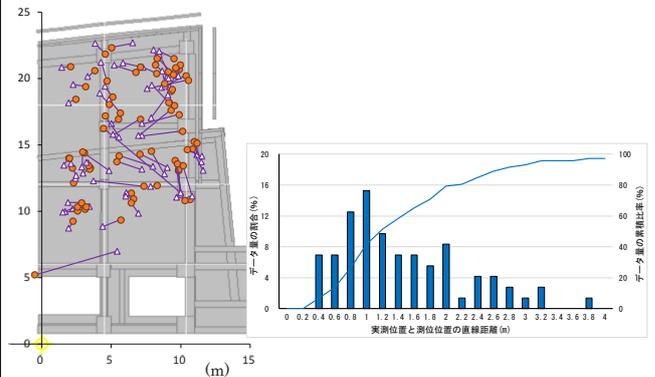


図3 1分間隔での作業者の測位位置と実測値の差異