

# コンクリート躯体の施工の信頼性向上技術の研究

[研究代表者] 瀬古繁喜 (工学部建築学科)  
[共同研究者] 小島正朗 ((株)竹中工務店)

## 研究成果の概要

近年では BIM など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、「打ち重ね工法のための打設計画法及び打設計画支援プログラム」の開発において、コンクリート打込み中の時間管理を可能とするプログラムを完成させた。また、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させた。そして、これらのプログラムが実際の建築現場における工事の状況と整合することを確認してきた。

二つのプログラムの機能を組み合わせ、GPS によるコンクリートの打込み位置認識、ポンプ車の打込み速度のモニタリングを統合することによって、半自動的にコンクリート工事の進捗に関するデータが管理でき、ひいては打込み順序の計画立案の情報化が可能となる。本研究では、高精度 GPS による位置認識の測量精度の確認と、ポンプ車に取り付けたセンサーで測定されるコンクリートの吐出量(積算量)データをクラウドサーバー上から取り込んでプログラムを実行させた場合の動作の確認を行うことを目的とした。

その結果、高精度 GPS では、RTK 測量によって近距離では cm 単位の精度が確保できることが確認できた一方で、基地局とローバーの距離が大きくなるほど誤差が大きくなる傾向があり、距離が 50m 以上離れると誤差が 1m を超えることが分かった。また、NED 座標系で位置情報を打設状況プログラムに取り込める可能性があることが確認できた。打設状況プログラムでの吐出量データの取り込みについては、従来の打込み計画システムでのシミュレーションと比較したところ、ポンプ車の吐出量データを反映した場合でも問題なく現場での打込みを再現できることが確認できた。

## 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、GPS、吐出量

### 1. 研究開始当初の背景

近年、BIM(Building Information Modeling)は鉄骨工事や配筋工事で計画から施工段階まで活用されている。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。その結果、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が解決されない状況が続

いている。

### 2. 研究の目的

研究の最終的な目標はコンクリート工事の計画から打込みを適切にナビゲートするシステムを構築することである。現在研究を進めている打設状況プログラムでは、三次元の型枠モデルに 5cm 角のコンクリートブロックを流し込み、実際の流動状態をシミュレートする。そのために、リアルタイムで打込み位置とコンクリート量の 2 つの情報をシステムに取り込む必要がある。打込み位置情報は高精度 GPS を用いること、打込量はポンプ車から得られる吐出量データを用いることとし、これら二つの技術の精度

確認と、打設状況プログラムへの取り込みを検討することを目的とした。

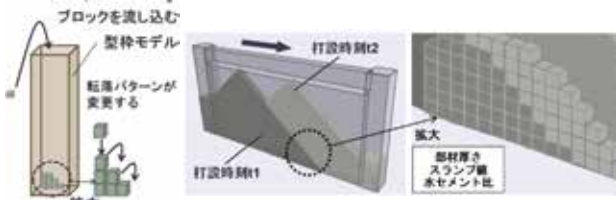


図1 打設状況プログラムでのシミュレーションの方法

### 3. 研究の方法

#### (1) 高精度 GPS の精度確認

打込み状況プログラムの実行中にコンクリートポンプの筒先の位置情報を 10cm 以内で取得するために、高精度 GPS による緯度・経度データを用いることを考えた。精度が cm 単位で得られるとされる GPS 測量として、RTK (リアルタイム・キネマティック) 測量がある。RTK 測量は、「基地局」と「ローバー(移動局)」が存在し、基地局が測定した衛星からの位置情報を用いてローバーが相対位置を検出することで、高い精度を実現する。



図-2 高精度 GPS u-blox C94-M8P-4

図3と図4に示すように、基地局は固定し、ローバーを各座標で移動して距離の測定精度を確認した。

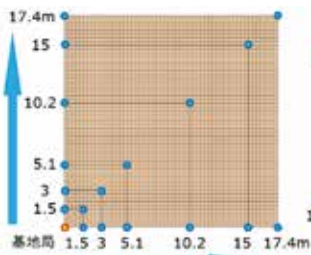


図3 近距離での配置

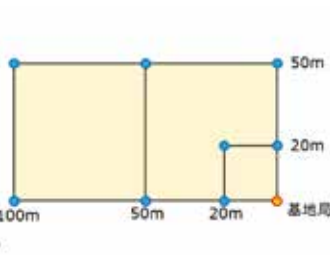


図4 中長距離での配置

#### (2) 吐出力データのプログラムへの反映

コンクリートポンプの圧送装置部分にセンサーを取り付け、圧送用ピストンの往復回数(速度)等を取り出してクラウドサーバーへ転送し、動作速度からコンクリートの吐出量(積算量)を計算して打設状況プログラムへ取り込むルーチンを構築した。ここでは、昨年度で測定した建物

の三次元型枠モデルを活用し、別の現場で測定した時刻ごとの吐出量データを組み合わせてプログラムの動作の確認を行うこととした。

### 4. 研究成果

#### (1) 高精度 GPS の精度確認

近距離での配置における誤差は、300mm 角タイルのピッチによる基地局とローバーの距離が 21m となる対角線上の距離において最大-48mm(左図)、タイルのピッチによる基地局とローバーの距離が 15m となる対角線上のずれは最大 32mm(右図)となり、距離の誤差は cm 単位であることが確認できた。ただし、基地局とローバーの距離が大きくなるほど誤差が大きくなり、距離が 50m 以上離れると誤差が 1m 超となった。

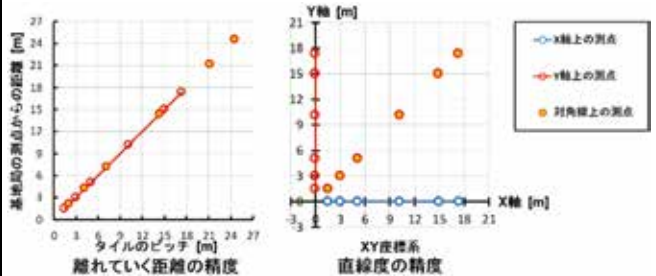
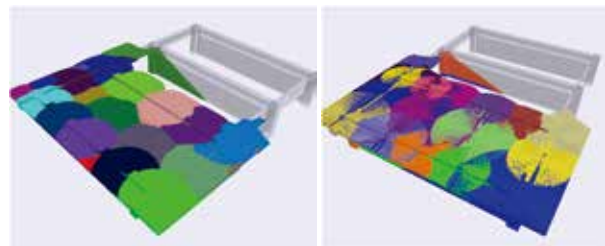


図5 近距離での配置における測位結果

#### (2) 吐出量データのプログラムへの反映

クラウド上のデータベースから、コンクリートの打ち込み時刻とコンクリートの積算量を取り込み、随時打設状況プログラムでコンクリートの流動状況をシミュレートしながら動作確認を行った例を図6に示す。

図6の左側は、昨年度実施した打込み計画システムの実施結果であり、コンクリートの打ち込み高さを手入力したものである。今回吐出量データを自動で取り込んだ右側の図はほぼ同じ状態を示しており、プログラムの動作が問題ないことが確認できた。



打込み計画システム 打設状況プログラム

図6 吐出量データを反映した結果の比較

### 5. 本研究に関する発表

とくに無し。