

# 表層の品質向上を目的とした型枠振動機制御システムのコンクリート供試体への適用

若築建設(株) 技術研究所 コンクリート構造グループ 正会員 ○秋山哲治  
若築建設(株) 技術研究所 コンクリート構造グループ 正会員 小山稔樹  
九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 教授 フェロー 濱田秀則

## 1. はじめに

型枠振動機は、型枠の外側から振動を加えて表層の残留気泡を除去する有効な手段であるが、その運転や段取り替えが手間なため、現場ではその代替作業として木槌などにより人力で行うことも多い。また型枠振動機の使用について、運転のタイミングや時間は、使用者の熟練度や経験に基づいて設定されることが殆どで、現場でシステムチックに運用されているとは言い難い。一方、近年では耐震性向上を目的とした過密配筋の増加や狭隘なかぶりを有する構造など、型枠内側からの内部振動機による締固めの難易度が益々増していると言える(図-1 参照)。

そこで、型枠内側からの締固めが難しい部位に対して、型枠外側から締固めが可能な型枠振動機を用い、設定した運転時間で同時に複数台を稼働でき、打設管理者のタブレット端末から遠隔操作できる“型枠振動機制御システム”(以下、システムと称す)を開発した。また、実現場での型枠振動機の適用箇所を模擬したコンクリート供試体にシステムを適用し、表層の品質に関する各種試験を行い、システムによる品質向上効果を定量的に評価した。

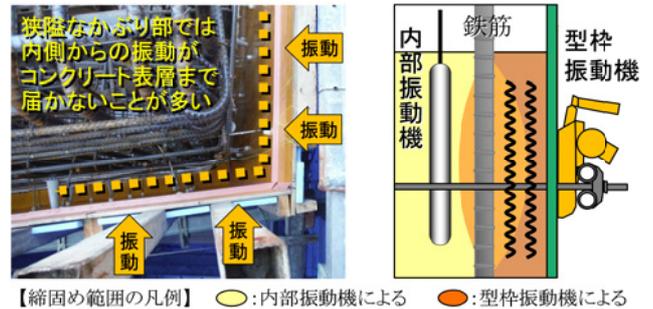


図-1 型枠振動機による型枠外側からの締固めイメージ

## 2. 型枠振動機制御システムの概要

### 2.1 システムの構成

図-2 にシステムの構成を示す。システムは、型枠振動機とインバータなどの付属機器に加え、制御 PC・制御 Box・分岐コネクタ・遠隔操作タブレットで構成される。

型枠振動機は、型枠と単管の間に差し込むタイプを用い、丸パイプφ48.6mm と角パイプ 50mm に対応可能である。制御 Box は、型枠振動機を最大 20 台まで自動運転できる仕様であり、複数設置により現場の作業性向上に配慮した。型枠振動機の運転は、打設管理者がタブレットを用いて遠隔操作できるため、ポンプ筒先に居ながら型枠外側に配置した同機器を自在にコントロールできる。

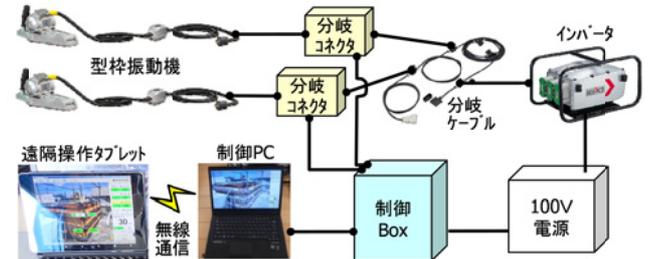


図-2 システムの構成

### 2.2 ソフトウェアの特徴

表-1 にソフトウェアの特徴を示す。システムは、型枠振動機が同時に複数運転できるように、型枠振動機のグループ編集機能を有する。このとき、複数の型枠振動機を打設部位のどこに配置したか、また同時運転させる型枠振動機の識別など、PC 画面上で設置箇所を画像表示すること等により、遠隔場所から振動機位置を可視化した。このほか、型枠振動機の運転時間は、任意に秒数の設定が行え、運転モードは自動および手動を選択できる仕様とした。さらに、型枠振動機の運転・停止はシステム内に記録されるため、締固めの施工状況を数値データとして保存できる。

表-1 ソフトウェアの特徴

項目	具体内容
グループ編集	同時に運転する型枠振動機を選択と設定
振動機の可視化	画像表示にて型枠振動機位置を見える化
運転時間の設定	型枠振動機の運転時間を任意に設定
運転モード	自動・手動、運転秒数の表示
データ記録	運転時間・時刻データの記録、保存

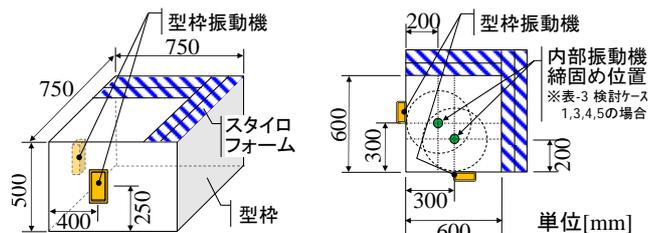


図-3 隅角部を模擬したコンクリート供試体

## 3. コンクリート供試体によるシステム適用実験

### 3.1 実験概要

コンクリート供試体は、型枠内部からの締固めが困難な

キーワード : 型枠振動機制御システム, 遠隔操作, 生産性向上, 過密配筋, 部材表層, 品質向上  
連絡先 : 〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設(株) 技術研究所 TEL 03-3492-0285

箇所として、図-3 に示す隅角部を模擬した直方体とした。表-2 にコンクリートの配合、表-3 に検討ケースを示す。供試体での締固めは、型枠天端 50cm まで試料を充填したのち、内部振動機は 2 箇所において各 10 秒<sup>1)</sup> とその抜き差し作業の各 5 秒で計 30 秒とした。一方、型枠振動機は隅角部の 2 箇所同時に運転し、単独および内部振動機と併用して 30 秒間使用<sup>2)</sup> した。コンクリート表層の試験は、表-4 に示す項目での各試験方法に準拠した。

**3.2 実験結果 および 表層の品質改善効果**

図-4 に直径 1mm 以上を対象とした表面気泡率の結果を示す。合板はケース 1 と 2 が概ね同様に 1.1%，ケース 3 は 0.9%であった。鋼製はケース 4 で 1.4%，ケース 5 で 0.9%であった。型枠の種別に関わらず、型枠振動機を併用した場合に表面気泡率が減少した。

図-5 に反発度の結果を示す。合板はケース 1 が 32.6，ケース 2 が 33.6，ケース 3 が 33.7 であった。鋼製はケース 4 が 32.9，ケース 5 が 33.5 であった。型枠の種別に関わらず、型枠振動機の単独使用および併用により、内部振動機のみと比べ、反発度が 2~3%増加した。

図-6 に接触時間の結果を示す。合板はケース 1 が 159 μs，ケース 2 が 157 μs，ケース 3 が 152 μs であった。鋼製はケース 4 が 159 μs，ケース 5 が 152 μs であった。型枠の種別に関わらず、接触時間は型枠振動機の単独使用で僅かに短く、同併用により 5%短くなった。

図-7 に中性化深さを示す。合板はケース 1 が 27mm，ケース 2 が 25mm，ケース 3 が 23mm であった。鋼製はケース 4 が 23mm，ケース 5 が 18mm であった。型枠の種別に関わらず、中性化深さは型枠振動機の単独使用で僅かに小さく、同併用により 10%以上小さくなった。

表-5 に結果を総括した。これより、すべての試験項目において、内部振動機のみと比べて、型枠振動機の単独使用あるいは併用した場合は、コンクリート表層の品質が同等もしくは向上したことを確認した。

**3.3 供試体実験での型枠振動機制御システムの適用性**

本実験におけるシステムの適用性について、設定した時間で複数の型枠振動機を同時運転でき、供試体から数 10m 離れた位置からタブレット端末を用いて遠隔操作が容易に行えることを確認した。

**4. まとめ**

(1) 躯体の隅角部を模擬した供試体に対して、型枠振動機

制御システムを適用した結果、コンクリート表層の美観、硬さ、中性化深さなどについて、内部振動機のみとの通常の締固めと比べ、型枠振動機の単独使用および併用では、品質が同等または向上することを定量的に把握した。

(2) 本実験でのシステムの適用に際して、複数台の同時使用や遠隔操作などの施工性は良好であり、さらに型枠の緩みや表面で気泡が集まるなどの事象はみられず、その使用方法や運転時間は妥当であることが確認できた。

**参考文献** 1) 土木学会:2017年制定 コンクリート標準示方書 [施工編],2018.3 2) 秋山, 小山, 濱田:型枠振動機を用いたコンクリート表層の品質向上に関する実験的検討, 土木学会第 73 回年次学術講演会(平成 30 年度)投稿中, 2018.8 3) 梁ほか:締固め完了エネルギーに基づくコンクリートの締固め完了範囲の評価に関する研究, 土木学会論文集, Vol.69, No.4, pp.438-449, 2013

表-2 コンクリートの配合 [27-10-20BB]

水セメント比[%]	細骨材率[%]	単位量[kg/m <sup>3</sup> ]					備考
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	
52.3	45.0	161	308	811	1029	3.08	

【フレッシュ・強度試験の結果】コンクリート温度=15℃, 外気温=13℃  
スランプ=10.5cm, 空気量=5.1%,  $\sigma_7=21.7$ ,  $\sigma_{28}=36.9\text{N/mm}^2$

表-3 検討ケース ※凡例:図-4~7.

検討ケース	型枠種別	締固めの方法	凡例
1	合板	内部振動機のみ	■
2		型枠振動機のみ	■
3		内部・型枠振動機 併用	■
4	鋼製	内部振動機のみ	■
5		内部・型枠振動機 併用	■

表-4 コンクリート表層の試験項目

試験項目	試験方法	試験材齢など
表面気泡率	直径 1mm 以上	脱枠直後
反発度	JIS A 1155 :2012	材齢 28 日
接触時間	NDIS *3434-2 :2017	材齢 28 日, iTECS 法
中性化深さ	JIS A 1153 :2012	促進期間 3 カ月

\*) 日本非破壊検査協会規格.

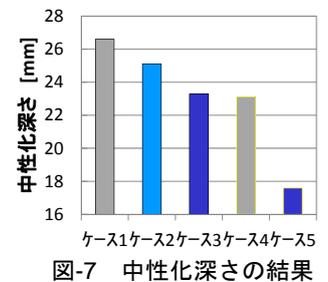
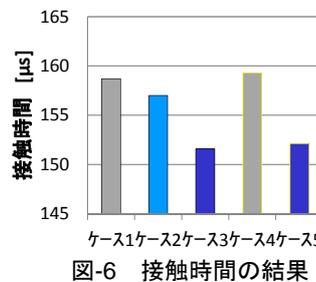
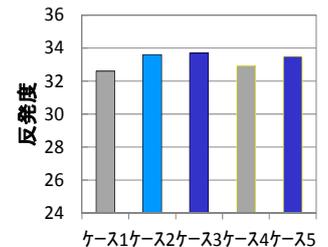
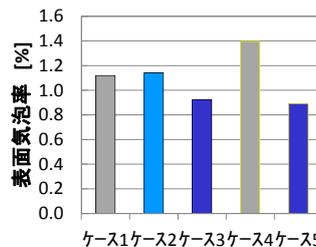


表-5 コンクリート供試体実験での品質改善効果

項目	表面気泡率	反発度	接触時間	中性化深さ
改善効果	あばた率 2~36%減少	表面硬度 2~3%増加	表面の硬さ 1~5%増加	中性化抵抗性 6~24%向上

注) 改善効果は、型枠の種別毎で内部振動機のみとのケースに対し、型枠振動機を単独および併用したケースの相対比率で整理した。