

型枠振動機制御システムの実施工への適用性と実験供試体での材齢2年の品質評価

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

コンクリート打込み作業において、高さのある部位や狭隘な箇所などでは、内部振動機を用いた締固めは非常に困難を要する作業となる。このような難易度の高い施工条件下では、内部振動機との併用が可能である型枠振動機を使用して、型枠の外側から締固めを付与することがコンクリートの品質確保や耐久性向上に有効である。

そこで、型枠内側からの締固めが難しい実構造物の部材に対して、複数の型枠振動機を集中管理できる型枠振動機制御システム¹⁾(以下、システムと称す)を適用し、コンクリート硬化後において表層の品質に関する非破壊試験を行い、システムによる品質向上効果等を評価した。さらに、型枠振動機を適用したコンクリート供試体²⁾での材齢2年の品質評価結果についても併せて報告する。

2. 型枠振動機制御システムの実施工への適用性

2.1 システムおよび適用部材の概要

図-1 に、システムの構成を示す。システム¹⁾は、制御PC、制御Box、遠隔操作タブレット、型枠振動機、およびインバータ等で構成される。制御PC上で動作するソフトウェアにより、型枠振動機の運転を一括管理できるため、遠隔操作が行えること等が特徴である。

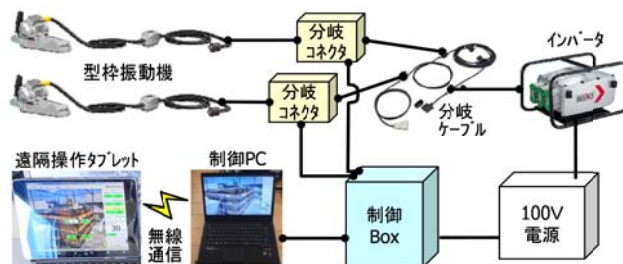


図-1 システムの概要

今回、防波堤ケーソン函体の施工高さが躯体上方に位置する7ロット前壁にシステムを適用し、図-2 に示すとおり型枠振動機を内部振動機の締固めと併用(以下、型振と称す)した。また、システムの適用性を評価するため、比較対象とした部材は、通常の内振振動機だけで締固めを行う(以下、内振と称す)同7ロット側壁とした。

2.2 実施工での適用結果

システム適用によるコンクリート表層の品質向上効果の評価するため、実施した試験項目を表-1 に、試験結果を表-2 に示す。また、現場での施工性も併せて評価した。

表面気泡率は、内振が0.4%、型振が0.1%であり、型枠振動機を適用した場合に表面気泡率が減少した。内振においても表面気泡率は1%以下であり、通常の内振振動機による締固めは良好であったと考える。反発度は、内振と型振ともに34.5となり、両者の結果は同等であった。接触時間は、内振が159 μ s、型振が146 μ sで表層の硬さが8%向上した。透気係数($\times 10^{-16} \text{m}^2$, [])内は透気試験に基づく品質判定結果³⁾は、内振が0.11[一般]、型振が0.08[良]であり、型枠振動機を適用した場合に透気性が18%改善した。これらの結果より、型枠振動機の適用によって、コンクリート表層の品質改善効果を確認できたと考える。

実施工でのシステム適用性については、複数台による型枠振動機の運転を一括して遠隔でコントロールできたため、足場上での締固め作業員の削減や、同作業に伴う足場上での昇降作業も省略できたことがメリットであった。

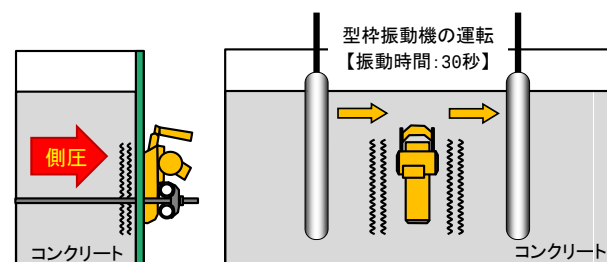


図-2 型枠振動機の運転条件

表-1 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
表面気泡率	直径1mm以上を対象	材齢21日
反発度	JIS A 1155:2012	材齢21日
接触時間	NDIS *3434-2:2017	材齢21日
透気試験	Torrent 法:ダブルルチャンバー方式	材齢21日

*) 日本非破壊検査協会規格。

表-2 コンクリート表層での試験結果

評価項目	内振	型振	改善効果
表面気泡率[%]	0.4	0.1	1/2以下に減少
反発度[-]	34.5	34.5	同等
接触時間[μ s]	159	146	8%向上
透気係数[$\times 10^{-16} \text{m}^2$]	0.11	0.08	18%改善

キーワード : 型枠振動機制御システム, 狭隘空間, 生産性向上, 遠隔操作, 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

3. コンクリート供試体での材齢 2 年の品質評価

3.1 実験概要

コンクリート供試体での材齢 2 年の品質評価について、供試体の構造および打設方法を図-3 に示す。供試体の寸法は、幅 900mm×奥行 500mm×高さ 500mm とし、型枠は合板を用いた。型枠へのコンクリートの充填は 1 層打設とし、内部振動機はφ40mm を用いて 1 層当たり 10 秒を 2 箇所で行い、型枠振動機は側面中央に設置して 30 秒間運転した。打設作業は 2016 年 6 月に行った。

実験で使用したコンクリート配合を表-3 に、コンクリート表層で適用した試験項目を表-4 に示す。また、試験結果を整理する検討ケースについて、内部振動機と型枠振動機の締固めの方法を表-5 に示す。供試体の曝露場所は、関東地区の東京湾に面する屋外ヤードとした。

3.2 材齢 2 年の品質評価結果

図-4 に、材齢 2 年の試験結果として、反発度、接触時間、および透気係数の結果を示す。

反発度は、ケース 1 が 38.4、ケース 2 が 39.7、ケース 3 が 40.1 であった。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 3～4%増加した。

接触時間は、ケース 1 が 152μs、ケース 2 が 149μs、ケース 3 が 147μs であった。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較して、接触時間が 2～3%短くなった。

透気係数 (×10⁻¹⁶m²) は、ケース 1 が 0.094、ケース 2 が 0.029、ケース 3 が 0.043 であった。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較して品質改善効果を確認した。

本実験は、文献²⁾の材齢 28 日の試験結果において、型枠振動機を使用した場合に、内部振動機のみと比べて表層品質が同等もしくは向上したことを確認したコン

クリート供試体に対する材齢 2 年の経過報告となる。今回の試験結果を踏まえると、型枠振動機の適用による表層の品質改善効果は、材齢 2 年経過した時点においても良好な結果を示したと評価する。

4. まとめ

- (1) 実構造物の部材に対して、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、透気性について、内部振動機のみとの通常の締固めと比べて、品質が同等または向上することを定量的に把握した。
- (2) 実施工でのシステム適用に際して、型枠振動機の複数台の使用や遠隔操作等の施工性は良好であった。また、足場上での締固め作業に係る配員を削減できたことから、高所作業の安全性向上にも寄与できたと考える。
- (3) 型枠振動機を適用したコンクリート供試体において、今回実施した表層での品質試験結果より、材齢 2 年後においても良好な品質改善効果を有していることを確認した。

参考文献 1) 秋山, 小山, 濱田: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, 土木学会第 73 回年次学術講演会, VI-610, 2018.8 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, VI-609, 2018.8 3) 土木学会:コンクリート技術シリーズ 97 構造物表層のコンクリート品質と耐久性性能検証システム研究小委員会(335 委員会)第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集, 2012.7

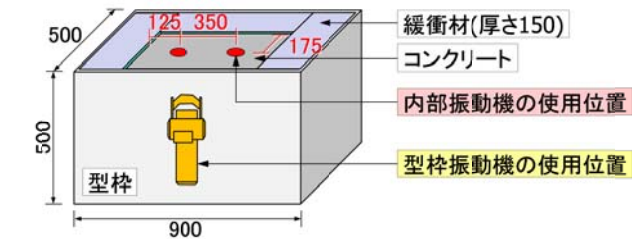


図-3 供試体の構造および寸法 [単位 : mm]

表-3 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 ³]					備考
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	
52.3	45.0	161	308	811	1029	4.00	

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
反発度	JIS A 1155 :2012	材齢 2 年
接触時間	NDIS 3434-2 :2017	材齢 2 年
透気試験	Torrent 法 :ダブアルチャンプ方式	材齢 2 年

表-5 検討ケース

検討ケース	型枠種別	締固めの方法	図-4 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	■

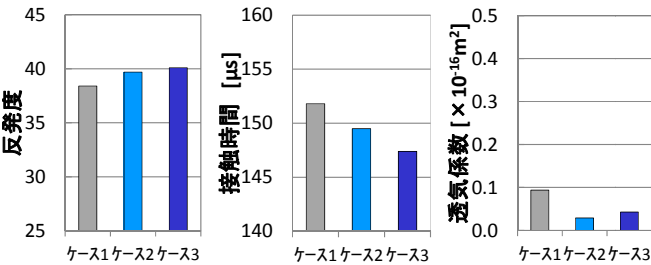


図-4 材齢 2 年の試験結果 (反発度, 接触時間, 透気係数)