

コンクリート工における機械化・自動化技術の適用性に関する考察

鹿島建設(株) 正会員 ○林 大介 取違 剛 山野泰明
三室恵史 村瀬諒介 藤原航太郎

1. はじめに

コンクリート工においては、多大な労力と人員を要しているのが現状であり、少人数による生産性の高い施工が求められている。この課題に対し、コンクリートの打込みから仕上げまでの一連の作業における機械化・自動化技術の導入が有効と考えられる。本検討では、締固めにおける配線の取回し作業を不要とする「ウェアラブルバイブレータ」、打上がり面を所定の高さ・形に整える「コンクリート均し機械」および打込み上面を押さえる「コンクリート仕上げロボット」の3種類を導入した施工実験を行い、省人化・省力化の効果の検証を試みるとともに、これらの施工技術を適用したコンクリートの表層品質を評価した。

2. コンクリート工における機械化・自動化技術の概要

2.1 ウェアラブルバイブレータの概要

コンクリートの締固めにおいては、バイブレータで締固めを行う作業者のみでなく、配線およびスイッチを取り回す「線持ち」と呼ばれる補助作業員が必要とされ、人員増加の要因の一つとなっている。海外には、配線がない小型のエンジンを駆動源とした背負い式のバイブレータがあるが、装置自体が非常に重く、排気や騒音、安全性などの課題があったため、国内の現場でも適用性の高いウェアラブルバイブレータが開発された¹⁾。本検討では、駆動源をバッテリー式として10kg以下に抑えた軽量のウェアラブルバイブレータを適用した。

2.2 コンクリート均し機械の概要

コンクリートの荒均しにおいては、通常、レーキなどを用いた人力による作業が行われる。海外ではスクリード機を使用して省力化が図られているが、使用時には装置の両脇に溢れるコンクリートを均すための作業員が必要とされ、省人化には繋がっていない。本検討では、余分なコンクリートを次の施工レーンに送る螺旋状のロッドを装着した「コンクリート均し機械」²⁾を導入し、締固め後の打上がり面への適用性を確認した。

2.3 コンクリート仕上げロボットの概要

コンクリートの仕上げにおいては、ブリーディングがなくなる頃に骨材を沈めてモルタルやペーストを浮かせ、その後、表面が硬くなってから複数回の押さえが行われており、長時間の作業となっている。本検討では、コンクリートが軟らかい時点からクローラ方式で走行して自動で仕上げを行う「コンクリート仕上げロボット」を導入し、硬化後のコンクリートの品質評価を含めた適用性の確認を行った。

3. コンクリート施工実験による効果の実証

3.1 施工実験の概要

目標スランプを12cmとし、高炉セメントB種を用いた水セメント比51.5%および単位水量172kg/m³のコンクリートを、長さ6m×幅6m×高さ70mmの範囲に施工した。実験では、ポンプで圧送してコンクリートを打ち込み、ウェアラブルバイブレータによる締固めを行った後、表面を調整せずにコンクリート均し機械で所定の高さと形に整え、コンクリート仕上げロボットによる押さえを行った。その際、施工方向に1m間隔で6ヵ所の測定点を設け、施工中の打上がり面の高さをレベルで計測した。また、打込みから14日間を経過した時点で、反発度の測定、Torrent法による表層透気試験およびSWAT法による表面吸水速度試験を実施し、通常の人による施工範囲と比較した。

3.2 施工実験の結果

施工実験におけるコンクリートの実測スランプは12.0cmであり、打込みから締固めにおいては、写真-1に

キーワード コンクリート工、締固め、仕上げ、機械化、自動化、生産性向上、表層品質

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8007



写真-1 ウェアラブル
バイブレータの適用状況



写真-2 コンクリート均し
機械の適用状況



写真-3 コンクリート仕上げ
ロボット適用状況

示すようにウェアラブルバイブレータによって線持ちが不要であった。また、荒均しにおいては、写真-2 に示すように、コンクリート均し機械によって、操作者1名で、余分なコンクリートを送り出しつつ、レーザーレベルで高さの調整を行うことができた。さらに、仕上げにおいては、写真-3 に示すように、コンクリート仕上げロボットによって人力によらず表面の押さえが可能であった。以上の結果から、実施工における省人化の効果を試算すると、300m³のコンクリートを26名の体制で打ち込む床版の施工を事例とした場合、締固め要員の全12名のうちの線持ち4名と、仕上げ要員6名のうちの3名を減らせる見込みとなり、約27%の省人化を図ることが可能となる。

施工中の打上がり面の高さを図-1 に示す。同図より、締固め後の打上がり面は所定の高さより20~30mm 高くなった。その後、荒均しによって全体的に低くなったが、端部から3m および5m においては締固め後とほとんど変わらなかった。これは、締固め後の打上がり面が、端部から2m および4m で約30mm 高く、余分なコンクリートが多かったために、それ以降のコンクリートを十分に送り出せなかったことによるものである。荒均し後から仕上げ後にかけてはほとんど高さが変わらず、最終的に所定の高さよりも5~25mm 高くなった。以上のことから、締固めの際に、より詳細に打上がり面の高さを確認することが必要であることが分かった。

コンクリートの表層品質に関する試験結果を表-1 に示す。同表より、機械化・自動化技術を導入して施工したコンクリート表層は、品質が向上する結果となった。この理由として、コンクリート均し機械に装着されている板形バイブレータの振動で表面の余剰水や気泡が排出されたことや、コンクリート仕上げロボットの重量が表面の押さえに影響を及ぼしたことなどが考えられる。

4. おわりに

本検討では、コンクリート工の機械化・自動化技術が、省人化・省力化および品質向上に有効であることが確認されるとともに、一連の施工における要点を把握することができた。引き続き、現場適用を通じて施工方法に関する知見を蓄積し、生産性向上に繋げていくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 弓削毅, 林大介, 川崎文義, 横関康祐, 曾我部直樹: 人間工学に基づいた軽量設計「バッテリー式ウェアラブルバイブレータ」の開発, 土木学会第73回年次学術講演会, 第VI部門, pp.1139-1140, 2017年9月
- 2) 三室恵史, 伊藤大, 村瀬諒介, 林大介, 取違剛, 山野泰明: 省人化・省力化に有効なコンクリート均し機械の開発, 土木学会第77回年次学術講演会, 第VI部門, 2021年9月

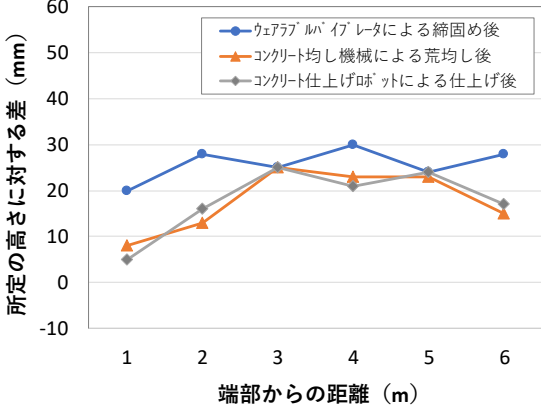


図-3 打上がり面の高さ

表-1 表層品質の評価結果

評価項目	機械化・自動化施工	通常の施工
反発度による推定 圧縮強度(N/mm ²)	33.5	30.1
Torrent法による透気 係数(×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.002 (評価:優)	0.096 (評価:良)
SWAT法による表面 吸水速度(ml/m ² /s)	0.0085 (評価:良)	0.152 (評価:良)