

AR マーカを用いたコンクリート打設のバイブレータの差し込み位置の計測に関する基礎研究

東京都市大学大学院 学生会員 ○横田 拓也

法政大学 正 会 員 今井 龍一

東京都市大学 正 会 員 栗原 哲彦

八千代エンジニアリング株式会社 (元東京都市大学) 学生会員 新井 勇次

東急建設株式会社 正 会 員 伊藤 誠

文教大学 正 会 員 櫻井 淳

1. はじめに

コンクリート打設は、施工機器の操作等の手動の作業が多いため、熟練技能者の経験知を後進に継承していくことが極めて重要である。しかし、熟練技能者の高齢化に伴う大量離職が進行していることから、技能継承が喫緊の課題である。

課題解決の一方策として、センサ技術を用いて熟練技能者の振る舞いに係わる経験知を計測・蓄積・形式知化して後進に継承することが挙げられる。筆者らは、締固め作業の施工基準の調査等により、バイブレータの差し込み動作が施工品質に大きく影響する、かつ経験知に係わる可能性を示している。また、それらの経験知の計測可能性も明らかにしているが、差し込み動作を計測する手法の開発は今後の課題となっている²⁾。

本研究の目的は、画像解析を用いたコンクリート打設におけるバイブレータの差し込み動作の計測手法の開発とした。本稿では、バイブレータの差し込み動作のうち、差し込み位置に関する内容を報告する。

2. 研究方法

本研究では、まず、実現場において締固め作業の実態を調査する。次に、AR マーカを用いたバイブレータの差し込み位置の計測手法を考案する。そして、考案手法をプログラム化し、実現場において差し込み動作を計測することで考案手法の有用性を検証する。

3. 実現場における締固め作業の実態調査

本研究では、締固め作業の実態を明らかにするため、躯体工事のコンクリート打設の締固め作業を対象に人の行動を観察・記録するエスノグラフィ調査を実施した。対象は、生コンが流し込まれた直後に締固める先行の技能者 2 名および先行の後を追うようにして締固める後追いの技能者 1 名とした。また、先行の技能者は、経験の浅い技能者および熟練技能者それぞれ 1 名であ

る。本稿では、差し込み位置に関する調査結果を述べる。

調査の結果、後追いの技能者は、型枠から約 10cm 離れた箇所にほぼ等間隔に差し込んでいることが明らかとなった。先行の技能者は、経験の浅い技能者が一様にバイブレータを差し込んでいるのに対し、熟練技能者は打込み箇所付近を多く差し込んでいることが確認できた。また、先行の熟練技能者へヒアリングした結果、コンクリートを流すために打込み箇所付近を締固めていることが明らかとなった。以上より、バイブレータの差し込み間隔、差し込み位置と打込み箇所との距離および型枠との距離等に技能者毎の特有の動作が存在する可能性がある。

4. バイブレータの差し込み位置計測手法の考案

3 章で明らかとなった技能者毎の特有の動作が存在する可能性がある振る舞いを計測・分析するためには、大量の差し込み位置を自動的に計測する手法が必要である。そこで、本研究では、ウェアラブルカメラおよび AR マーカを用いたバイブレータの差し込み位置の計測手法を考案し、プログラム化した(図-1, 図-2 参照)。

(1) 考案手法の概要

差し込み位置は、現場の規模や条件の異なる現場間で比較可能にするため、工事図面上の座標値として計測する。ウェアラブルカメラは、作業者のヘルメットに装着し、1 人称視点によるバイブレータの差し込み動作の撮影に用いる。AR マーカは、工事現場内に 4 点以上設置し、ウェアラブルカメラにより撮影した動画像と工事図面との標定点として用いる。AR マーカにはそれぞれに ID が振られており、図面と対応づけができる。

算出手順としては、まず、動画像上のバイブレータの差し込み位置および差し込み時刻を手動で取得する。次に、動画像内の AR マーカを 4 点以上認識する。そして、図-1 に示すように、射影変換を用いて図面上に差

キーワード 技能継承, コンクリート打設, バイブレータ, AR マーカ

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104 E-mail : g1881646@tcu.ac.jp

し込み位置を投影する。また、引き抜き時刻を手動で指定し、差し込み時間を算出する。

(2) 考案手法のプログラム化

本研究では、前節の考案手法に則し、バイブレータの差し込み動作毎に差し込み位置・時間・深さを計測できるプログラムを開発した。本稿では、差し込み位置・時間に関する内容を報告する。プログラムの操作方法として、図-2に示すように、まず、ウェアラブルカメラの動画像、工事図面の画像およびARマーカの設置位置が記載されたCSVファイルを入力する。次に、バイブレータが差し込まれた瞬間に動画像のフレームを設定し、そのフレームのARマーカを4点以上認識する。ここで、ARマーカがうまく認識できなかった際は、手動で入力する。そして、バイブレータが引き抜かれた瞬間に動画像のフレームを設定し、1回の差し込み動作における差し込み位置・時間を計測する。最後に、上記の作業を繰り返し、バイブレータの差し込み位置を示した図面画像および差し込み位置・時間等が記述されているCSVファイルを出力する。

5. 実現場における考案手法の有用性の検証

本研究では、4章の考案手法のケーススタディとして、実際の工事現場において被験者が装着したヘルメットにウェアラブルカメラを取り付け、模擬的に作成したバイブレータを用いて締固めの模擬動作を計測した。そして、考案したプログラムを用いて差し込み位置を計測し、事前に計測した真値と比較することで、考案手法の有用性を検証した。計測対象現場は、平面の広さが7.70m×4.26m、厚さが70cmのスラブのコンクリート打設作業の現場とした。また、打設平面に約1.5mから2.0m間隔で10cm四方のARマーカを設置した。図-3に動画像および計測結果を示す。

結果として、考案手法を用いて6回分計測結果と真値との誤差量は、最大でも7cm以内であった。誤差の要因として、まず図面そのものに誤差が含まれている。また、施工に支障がでない箇所にARマーカを設置したため、差し込み位置と同じ平面にARマーカが設置できなかった。そのため、同じ平面にARマーカを設置できれば、計測精度が向上すると考えられる。この誤差量は、鉄筋の間隔およびバイブレータの締固め能力が一般的に差し込み位置から半径25cm程度の範囲なので、型枠付近等の詳細な挙動を確認できることから、許容内であるといえる。したがって、用途を満足する算出精度であることから、考案手法の有用性を確認できた。



図-1 考案手法の計測イメージ



図-2 差し込み位置算出プログラムの概要

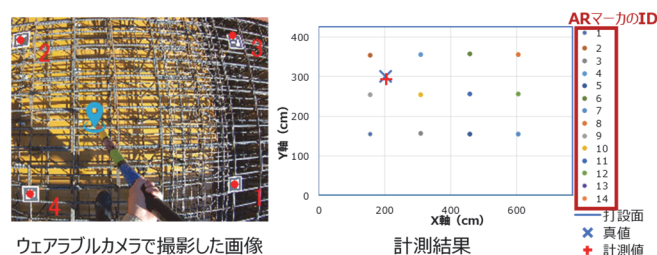


図-3 ウェアラブルカメラの動画像および計測結果

6. おわりに

本研究では、締固め作業の実態を調査し、技能者毎の特有の動作が存在する可能性のある振る舞いを明らかにした。そして、バイブレータの差し込み位置の計測手法を考案・プログラム化し、実現場での計測により考案手法の有用性を検証した。今後は、4章の考案手法の改良として、差し込み位置の指定の自動化や3つ以下のARマーカを用いた計測手法へ変更する予定である。

謝辞：本研究は東京都市大学・東急建設株式会社の包括契約による共同研究成果の一端である。研究の遂行にあたっては、清水建設株式会社の金丸清人氏、宇野昌利氏、根本浩史氏、本多眞氏、関西大学大学院の中原匡哉氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 国土交通省：平成27年度 国土交通白書，2016。
- 横田他：ディープラーニングを用いたコンクリート打設の技能者の移動軌跡の計測，土木学会第73回年次学術講演会，Vol.73，No.CS9-046，pp.91-92，2018。