

コンクリート打設におけるバイブレータの差し込み深さの計測に関する基礎的研究

八千代エンジニアリング株式会社（元東京都市大学） 正 会 員 ○新井 勇次
法政大学 正 会 員 今井 龍一
東京都市大学 正 会 員 栗原 哲彦
東京都市大学大学院 学生会員 横田 拓也
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

工事現場における熟練技能は現場作業の中で経験知として継承されてきた。コンクリート打設は典型例であり、技能者の経験に基づく手動に依存している。建設業における技能者は高齢化の傾向にあり、今後 10 年間で技能者の約 340 万人の約 1/3 が離職すると推計されている¹⁾。技能者の大量離職を見据えると、熟練技能者の経験知を計測・収集し、形式知に置き換えて後進に継承する仕組みづくりは喫緊の要事である。

既存研究²⁾では、施工品質に影響するコンクリートを締め固める際のバイブレータの差し込み動作に対して、情報通信技術を用いた計測可能性を明らかにしている。今後の課題として、差し込み動作を計測する手法の開発が挙げられている。

本研究の目的は、画像処理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。本稿は、差し込み動作のうち、差し込み深さに関する内容を報告する。

2. 研究方法

まず、実現場でエスノグラフィ調査を実施し、コンクリート打設のバイブレータの差し込み動作を分析する。次に、差し込み動作の計測手法を考案し、同手法に則したプログラム（プロトタイプ）を開発し、実現場において差し込み動作の計測を試行する。

3. バイブレータの差し込み動作の分析

本研究では、バイブレータの差し込みに関係する動作を抽出するために、コンクリート打設の実現場において人の行動を観察・記録するエスノグラフィ調査を実施した。記録にはビデオカメラおよび頭部に装着したウェアラブルカメラを使用した。計測対象は、コンクリートの周辺を締め固める先行の技能者 2 名および型

枠付近を締め固める後追いの技能者 1 名とした。
バイブレータを引き抜く速度は、先行は素早く引き抜き、後追いはゆっくりと引き抜いており、各作業で差があることを確認できた。また、特徴的な動作としてバイブレータの上下動があげられる。バイブレータを差し込む位置は、経験の浅い技能者は打設平面に対して均等であり、熟練技能者は偏りがあることから個人差が見られる。

以上を踏まえて、本研究では差し込み動作に関係すると考えられる項目を表-1 にまとめた。表-1 の差し込み時間および深さを用いて、バイブレータの上下動およびバイブレータを引き抜く速度を算出する。また、表-1 に挙げた項目のデータを取得するためにはバイブレータの差し込み位置・時間・深さの計測が必要となる。

4. バイブレータの差し込み深さの計測手法の考案

本研究では、表-1 の差し込み深さの計測手法を考案した。ここで、深さ（高さ）の基準は打設平面とする。計測では、図-1 に示すように現場周囲にビデオカメラを複数台設置し、技能者のヘルメットにウェアラブルカメラを装着する。また、画像処理のための特徴点としてバイブレータに目印を貼付する。技能者が立って

表-1 差し込み動作に関する項目

経験知の項目	概要
差し込み深さ（cm）	4章の計測手法によりバイブレータが差し込まれた瞬間から引き抜かれた瞬間までの差し込み深さを計測
差し込み時間（秒）	バイブレータがコンクリート内に差し込まれている時間を計測
差し込み位置(X cm, Y cm)	図面上の差し込み位置の座標を計測
上下動の回数（回）	差し込み深さより上下動を判別し、上下動した回数を算出
上下動の時間（秒）	差し込み深さより上下動を判別し、上下動している時間を算出

キーワード： 技能継承，コンクリート打設，バイブレータ，画像処理
連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋5丁目20-8 CSタワー 八千代エンジニアリング株式会社 TEL：03-5822-2900

る打設平面より上部の目印を認識し、足場平面の基準からバイブレータの先端の深さ方向の位置を計測する。

差し込み深さの算出の手順として、まず、ウェアラブルカメラの動画像から差し込み時刻を取得し差し込み深さの計測を開始する。次に、動画像からバイブレータの位置を絞り込む。さらに、画像上の目印を特定し、目印間の距離から 1 ピクセルのスケールを推定する。最後に、ウェアラブルカメラの動画像から引き抜き時刻を取得し、差し込み・引き抜き時刻間の差し込み深さを計測する。

5. 考案手法のプログラム化による有用性の検証

前章の考案手法に則したプログラム（プロトタイプ）を開発し、ケーススタディにより有用性を検証した。

(1) 考案手法のプログラム化

本研究で開発したプロトタイプは、差し込み深さ、時間および位置の計測が可能である。本稿では差し込み深さの計測に関しての有用性を検証した。プロトタイプの操作画面を図-3 に示す。操作方法としては、まず、ウェアラブルカメラの動画像からバイブレータが差し込まれた時刻を指定する。次に、ビデオカメラの動画像においてバイブレータの位置を指定して計測を開始する。最後に、ウェアラブルカメラの動画像から、バイブレータが引き抜かれた時刻を指定し計測を終了する。

(2) 計測内容

計測場所は広さが 7.70m×4.26m、厚さが 70cm のスラブの打設現場とした。差し込み深さの基準は鉄筋上面とし、最大の深さは型枠底面までの 61cm である。バイブレータは、模擬的に作成したものを使用し、目印は 10cm のものを 3cm の間隔で貼り付け、模擬的な差し込み動作を計測した。

(3) 検証結果

差し込み深さの計測結果を図-3 に示す。図-3 より、差し込み深さの最大値は 64.7cm で計測できた。この結果と真値とを比較すると、誤差は 4cm 程度であり、本手法は実際の技能者の差し込み動作の計測にも有用と考えられる。しかし、実際の現場では日光や影等のノイズにより計測ができない場合も確認できた。

6. おわりに

本研究では、バイブレータの差し込み動作の計測手法を考案し、開発したプログラム（プロトタイプ）を用いて実現場で計測した動画像により考案手法の有用性

を検証した。今後は、ノイズ等にも対応可能とするため、動画像上での目印の特定手法をさらに高度化する。

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

- 1) 国土交通省：コンクリート生産性向上検討協議会、<http://www.mlit.go.jp/tec/i-con-concrete.html>、(2018.11.15 閲覧)
- 2) 横田他：ディーブロ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.

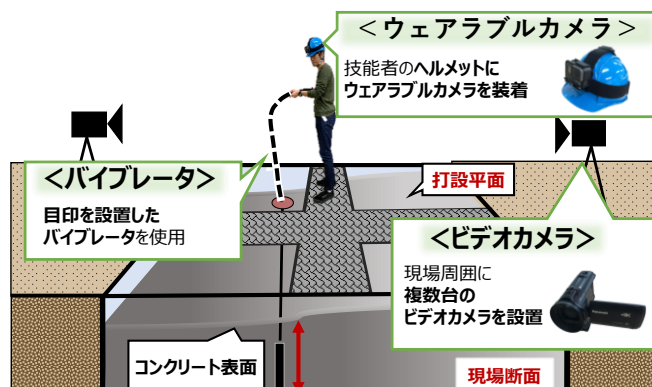


図-1 計測のイメージ



図-2 開発したプログラムの操作画面

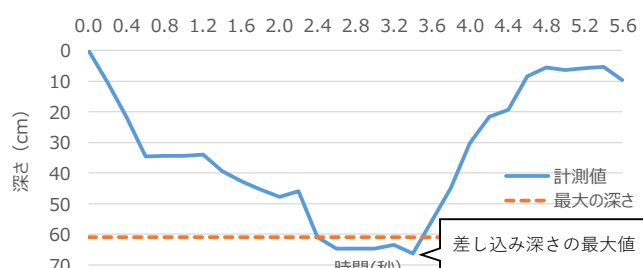


図-3 差し込み深さの計測結果