

転輪型 RI 密度水分計による自動締固め度計測

～自動化振動ローラへの適用～

大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 正会員 青木 浩章, ○正会員 後藤 洸一
 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 池永 太一, 正会員 森 安弘
 大成ロテック(株) 生産技術本部 機械部 正会員 越村 聡介

1. はじめに

大成建設(株)と大成ロテック(株)が近年開発してきた「自動化振動ローラ」(図-1)は、施工条件指定と施工開始指令により、自動での転圧走行が可能である。この技術により、建設機械運転手の負担軽減や担い手不足の対策、および生産性の向上が期待できる。さらに筆者らは、作業のみならず計測等の品質管理をも自動化することを目指して「転輪型 RI 密度水分計」(図-2)を開発した。

2018 年度には、散乱型 RI 密度水分計を移動させながら非破壊で施工面の密度と水分量を計測可能であることを、山砂と碎石を材料として構築した試験盛土を使用した実験により確認した¹⁾。

本稿は、転輪型 RI 密度水分計を自動化振動ローラに搭載し、自動転圧作業と自動密度計測を行った実験について記す。



図-1 自動化振動ローラ



図-2 転輪型 RI 密度水分計



図-3 搭載機構

2. 振動ローラへの搭載機構

図-3 に自動化振動ローラへ転輪型 RI 密度水分計を搭載した状況を示す。転輪型 RI 密度水分計は計測時には施工面に接地する必要があるが、計測を行わないときは計器保護のため接地しない状態とすることが望ましい。このため、転輪型 RI 密度水分計をアクチュエータにより昇降できる機構を開発した。また、転輪型 RI 密度水分計は計測走行中に施工面に密着した状態を保つ必要がある。このため、転輪型筐体の支持に撥条を使用する機構を開発した。

3. 自動計測システム

図-4 に自動計測システムの動作フロー図を示す。自動化振動ローラに作業開始の命令を送ると、まず最初のレーンを規定回数転圧する。転圧中には転輪型 RI 密度水分計は施工面に設置せず、格納した状態とする。次いで、転輪型 RI 密度水分計を施工面に設置させ、走行しながら密度計と水分計による計測を行う。この計測値から締固め度を求める。この動作のため、転輪型 RI 密度水分計は自動化振動ローラへの格納機構を備えている。締固め度はレーンの進行方向に対して任意の延長ごとの平均値を用いる。この延長とレーン幅が成す面が、ヒートマップ等により面的管理を行う際の単柵となる。計測精度確保の観点からは、単柵あたりの計測時間は一定以上確保すべきであり、この単柵あたりに要する計測時間と必要な面的管理の分解能(柵の大小)から計測時の走行速度が決定される。

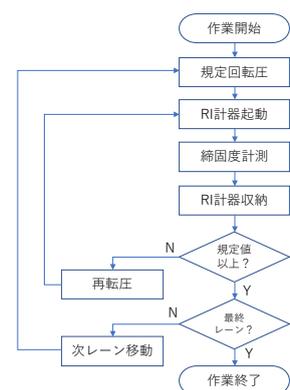


図-4 自動計測フロー

キーワード i-Construction, 生産性向上, 転輪型 RI 密度水分計, 自律化振動ローラ, 自動計測

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7247

〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 TEL06-6331-6031

〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 大成ロテック(株) 生産技術本部機械部 TEL048-542-0121

レーン内の締固め度計測が完了すると、一旦転輪型 RI 密度水分計を格納し、締固め度が既定値以上であるかを判断する。既定値を満足する場合、そのレーンの締固め作業を完了したとして、次レーンへ移動し転圧を行う。既定値未満の枡が存在する場合、その箇所の再転圧が可能である。このときの転圧回数は、本実験では予め設定した回数を用いた。再転圧が終了すると、再び転輪型 RI 密度水分計を施工面に接触させ、計測を行い、規定値以上かを判断する。規定値を満足するまで再転圧を繰り返すか、再転圧回数に上限を設けこれを超える場合にはエラー表示を行い自動制御を停止するか、強制的に次レーンの作業に移行するかは使用者が選択可能である。

4. 実験

開発したシステムにより、自動計測が行えること、自動再転圧が行えることを確認する実験を行った。実験は図-5 のように、延長 30m のレーンが 6 レーン並んだものを用意した。振動ローラは最端レーンの端部から自動制御を開始し、前節の制御フローに従って自動転圧と自動計測を繰り返しつつ、6 レーンを連続施工した。計測セルの延長は 2m として設定した。即ち 1 レーンあたり 15 枡、ヤード全体では 6 レーンで総数 90 の枡を設定した。振動ローラは、転圧時やレーン変更時の速度は 2km/h、計測時は単枡あたりの計測時間を 7s 確保(従来知見より検討してこの秒数を採用)することとし、速度を 0.9km/h とした。

開発したシステムは自動転圧と自動計測を 6 レーンに亘り連続動作し、図-6 に示すように計測結果からヤード全体の締固め度ヒートマップを作成することができた。

計測結果の精度検証のため、各レーンにつき 3 枡ずつ砂置換法による計測を行い、転輪型 RI 密度水分計の計測結果と比較を行った。この結果、密度計の誤差範囲は $\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 未満、水分計の誤差範囲は $\pm 0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 未満であった。これは砂置換法と透過型 RI 密度水分計の比較に関する過去の知見²⁾と比較しても比肩する性能である。

4. まとめ

転輪型 RI 密度水分計による計測に要した時間は 1 レーン(45 m²)あたり 120s 程度であった。これは従来型の透過型 RI 密度水分計を用いたときに、土質にも依るが、1 箇所の穿孔開始から計測完了までにかかる時間に比して同程度または短い。転輪型 RI 密度水分計はこの間に 15 枡もの計測が可能であり、非常に効率的であるといえる。また、従来法よりはるかに高精細な品質管理が即時的に行えるメリットも有する。

本技術により、締固め作業に加えて品質管理も含めた自動化が可能となり、生産性向上への寄与が期待される。また、従来「点」での品質管理であった締固め度管理を「面」的に可能となり、品質向上にも寄与できる。

今後はより複雑な施工エリア形状への対応や、転輪型 RI 密度水分計による計測結果から自動的に帳票作成を行う機能の開発など、自動化のメリットをさらに活かす開発に取り組むと同時に、実施工環境への適用性向上を目指す。

参考文献

- 1) 後藤洗一, 青木浩章, 池永太一, 森安弘, 越村聡介: 転輪型 RI 密度水分計による非破壊計測の実験, 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-356, 2019
- 2) 日本道路公団試験所: 「試験所技術資料 第 213 号 RI 計器で土の密度・水分量をはかるしくみ」, pp. 78-79.

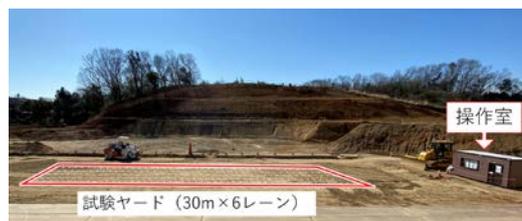


図-5 実験ヤード

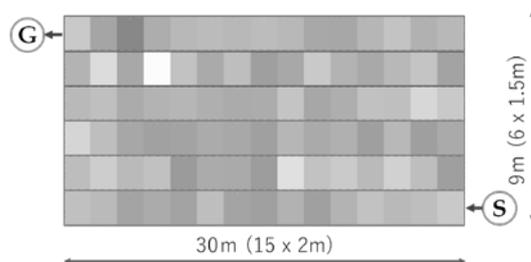


図-6 締固め度ヒートマップ