

自律制御型振動ローラによる転圧作業の現場検証

～次世代社会インフラ用ロボット現場検証～

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 ○正会員 片山 三郎
 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 宮崎 裕道
 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 石井 稔之

1. はじめに

国土交通省建設技術研究開発助成制度を活用し、平成24年度から3年計画で「次世代無人化施工システムの開発」と題し、無人化施工適用工事RCC工法における転圧作業等で使用される11t級振動ローラ(SD451)の自律制御を適用したシステムを開発した。本論はこの自律制御型振動ローラを2015年度国土交通省公募『次世代社会インフラ用ロボット現場検証(以下:ロボット現場検証)』でおこなった現場検証に関するものである。

2. ロボット現場検証について

(1) 概要

国内インフラ設備の老朽化、自然災害による被害や労働人口減少による熟練作業員不足と言った課題に対応するため、近年のICT・ロボット技術を駆使し、効率・効果的な対応が可能な技術の開発や現場への導入が求められている。この様な背景の中、国土交通省と経済産業省が連携し検討会を設置、5つの開発・導入重点分野を策定し、2年間の現場検証・評価を経て、維持管理分野については、平成28年以降に試行的導入を目指している。この5つの分野の中、災害応急復旧分野で筆者らが開発した自律制御型振動ローラの現場適用性を検証するため、本公募を活用した。

(2) 災害応急復旧

無人化施工における災害応急復旧には表-1に区分される様に、各復興フェーズによって要求される技術項目が異なる。例えば災害発生直後は施工精度や施工機械の耐久性に対する要求は低く、被災現場へ如何に早く導入し作業を開始できるかどうかの初動対応能力が求められる。一方、応急復旧後の本格的な構造物の構築においては高精度な施工や効率的な施工が求められる。自律制御型振動ローラはこのような区分において、「応急・復興対応一映像」に分類され、本格復興時の高精度な施工・高効率な施工を要求される技術となる。

表-1 対応・方式区分と要求項目

	初動対応	応急・復興
目視	・迅速性 ・仮復旧	・本格復興 ・高精度な施工
映像	・迅速性 ・仮復旧 ・機械の耐久性	・本格復興 ・高精度な施工 ・機械の耐久性

自律制御による施工

3. 自律制御型振動ローラ

自律制御型振動ローラは所定範囲をセンサ搭載の建設機械が周辺状況を自律的に判断するため常時操作なしでの作業が可能である。操作は遠隔操作室にあるホストPCに転圧範囲や回数などの作業計画をパソコン上で入力してスタートボタンを押すと作業データが無線を通じて重機に搭載した車載PCに転送され自律作業が開始される。そして所定の作業終了後はホストPCへ通知される。



図-1 自律制御型振動ローラ操作ステップ

4. 現場検証実験

現場検証実験は2015年11月14日に長崎県南島原市の水無川2号砂防堰堤にて実施した。写真-1に実施状況を示す。前日は雨天、実験当日は濃霧という条件下で地盤は滑りやすく、時折濃い霧の影響で目視が困難な状況での実験であった。施工条件として悪い状態であったが、本自律制御システムの能力の最大値を評価する上では最高のコンディションで実施することができたと言える。検証の主な項目は水平盤における検証、カント部における検証、これらの遠隔操作方式との比較及び障害物検知機能の検証である。



写真-1 検証実験状況

キーワード 無人化施工, 自律制御, 次世代社会インフラ用ロボット現場検証, 振動ローラ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株) 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7229

検証実験の転圧条件を表-2 に示す。直進性の検証ではレーン長を検証ヤードで走行できる最大長とした。施工性の検証では無人化施工で一般的なレーン長、転圧回数とシラップ幅においては一般の有人搭乗型の施工で設定される 20cm とすることで一般施工での適用も視野に入れた条件設定とした。

(1) 水平盤における検証

水平盤において直進性の検証と施工性の検証をした。直進性の検証において、雨天の影響もありスリップしやすい環境であったため乾燥路盤に対して少し走行精度の劣る結果となり、平均値で無振動 6～16cm、有振動 6～20cm であった。(※晴天時の自社実験の結果は無振動、有振動ともに 4～13cm) 一方、施工性の検証では未施工箇所の判定に転圧管理システムを用いて、未着色が無いことを確認した。図-2 に転圧管理システムの着色状況を示す。また、検証中は濃い霧(写真-3)が発生し、カメラ映像で視認するのが困難な状況下であった。従来の遠隔操作方式であれば施工困難な状況においても、本自律制御では施工を継続することが可能であるということを示せた。



写真-2 直進性の検証状況



写真-3 検証中に起こった濃霧

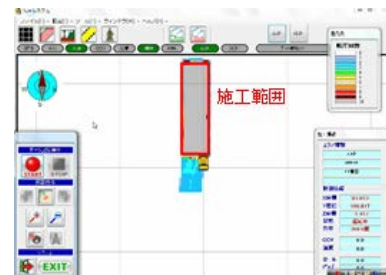


図-2 施工検証後の転圧管理システム

(2) カント部における検証 ースリップ時の振動ローラの復元力

カント 5%の勾配でかつ路盤が濡れている状態において、一部振動ローラが横滑りしながらの走行となった。走行精度は平均値で無振動 7～12cm、有振動 10～24cm であった。(※晴天時の自社実験の結果は無振動 6～10cm、有振動 8～17cm) 一方、このような横滑りするような状況下において、本自律制御システムは大きくズレが生じても即座に計画線に戻る復元力が示せたが、従来遠隔操作では復元操作に伴い大きく蛇行すると推察される。



図-3 横滑りからの復元状況

(3) 遠隔操作方式との比較および障害物停止機能の検証

遠隔操作方式における走行精度は平均値で無振動 8cm～16cm、有振動 5cm～22cm であり自律制御と同等であったが、遠隔操作においては慎重に走行位置を合わせながらの操作のため、特にレーン変更等に時間を要していた。反面、自律制御はスムーズな走行のため作業に係る時間に優位な差があり、134%ほど施工効率が良い結果を得た。また、障害物を検知してからの停止はドラム缶を約 3m 手前で検知し、問題なく停止することを確認した。



写真-4 遠隔操作状況



写真-5 障害物停止状況

5. 最後に

今回のロボット現場検証において、走行精度以外の視点で様々な角度から本自律制御型振動ローラの性能を検証することができ、価値のある現場検証をおこなうことができた。そして現場検証の後、2015 年 11 月 20 日には災害応急復旧部会での委員検証を終えて施工性、信頼性の面で一定の評価が得られたと考えている。現在、本技術は現場の運用段階に來ていると考えており、今後現場で実運用する中で更なる技術の高度化を図って、更なる進化を目指していきたいと考えている。



写真-6 委員検証時の様子