解 説

自律制御型振動ローラによる盛土転圧作業

Rolling Compaction Work by Autonomous Control Vibrating Roller

片 山 三 郎* 石 井 稔 之* *大成建設（株）技術センター
 Saburo Katayama* and Toshiyuki Ishii* *Taisei Corporation Technology Center

1. 開 発 背 景

長崎県雲仙普賢岳をはじめとする災害復旧工事では人が立ち入ることが危険なため、無線通信を使った遠隔操作により建設機械を操作する無人化施工技術が適用されるケースが多い。この無人化施工技術は雲仙普賢岳復旧工事で全面的に適用され、基盤技術である ICT 技術の急速な発展による後押しもあり実工事を通じて飛躍的に技術開発が進んできた。しかしながら雲仙普賢岳復旧工事の収束とともに適用件数も限られ、熟練者の育成が思うように進んでいないのが現状である。また、自然災害による復旧現場は、急しゅんな地形が多く映像設備などの支援機器を思うように配置できない場合がある。そのため作業箇所の詳細な映像なしに遠隔操作せざるをえず、施工効率が上がらない。このような背景から熟練度や支援機器等の設置条件に依存することなく施工することができれば非常に有効な手段となる。筆者らはこのようなニーズに答えるため、建設機械にセンサと独自の自律制御アルゴリズムを搭載することで、盛土転圧の自律化を可能にした自律制御型振動ローラ「T-iROBO® Roller」(図 1)を開発している。本論はこの技術を国土交通省公募「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」で検証した結果についての報文である。なお T-iROBO Roller は平成 24 年度～平成 26 年度の 3 年間で「次世代無人化施工システムの開発」と称して国土交通省建設技術開発助成制度を活用して開発した。

2. システム概要

2.1 システム全体像

監視室内には作業開始指令を出すホスト PC を、作業箇所には自律制御型振動ローラと位置検出のための自動追尾型トータルステーションを配置する。図 2 に全体システム構成を示す。

2.2 操作方法

操作はホスト PC 内の専用ソフトに転圧作業に必要な転

図 1 T-iROBO Roller

図 2 全体システム構成

図 3 施工中の監視状況

圧範囲や回数などの作業計画を入力後スタートボタンを押す。押釦と同時に作業データが無線 LAN を通じて建設機械搭載の車載 PC に送られ自律作業が開始される。作業中、人間は機械を監視するだけで、所定の作業終了後にはホスト PC へ通知される。図 3 に監視状況を示す。

3. 現 場 検 証

現場検証は 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。図 4 に検証の様子を示す。

原稿受付 2016 年 6 月 21 日

キーワード: Autonomous Control, Vibration Roller

*〒 245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1

*Totsuka-ku, Yokohama-shi, Kanagawa

図 4 現場検証の様子

表 1 現場検証における転圧条件

		レーン 長 (m)	レーン 数	転圧回数 (回)		ラップ 幅 (cm)
				無振動	有振動	
水平盤	直進性	50	2	6	6	50
	施工性	20	3	4	6	20
カント (5%)	直進性	37	2	6	6	50

表 2 直進性検証結果

図 5 直進性検証

	無振動	有振動
水平盤	6~16cm (4~13cm)	6~20cm (4~13cm)
カント	7~12cm (6~10cm)	10~24cm (8~17cm)

※0は乾燥路盤における社内検証時の結

前日は雨天，実験当日は小雨の降る中，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。通常の施工では中止になるような地盤状況であったが，滑りやすいことで自律制御システムの復元力の検証や，視界が悪い天候でどの程度まで施工できるか検証するには良い条件であった。検証内容は，水平盤およびカント部における施工検証，これらの遠隔操作方式との比較および障害物停止機能の検証である。

3.1 検証内容

検証実験の転圧条件を表1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20[cm]とし一般施工の適用も視野に入れた条件設定とした。

3.2 直進性の結果

雨天の影響もありスリップしやすい環境であったため特に有振動では乾燥路盤に対して少し走行精度の劣る結果となった。図5に検証状況，表2に直進性検証結果を示す。

3.3 施工性の結果

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，未着色がないことを確認した。図6に転圧管理システムの着色状況および検証状況を示す。検証中は濃い霧が発生し，カメラ映像で視認するのが困難な状況下であっ

図 6 検証中の霧および転圧管理システム結果

図 7 委員検証時の様子

た。従来の遠隔操作方式であれば施工不能な状況下でも，本自律制御では施工の継続が可能なが実証できた。

4. 最 後 に

誌面の関係上詳細は省略するが，障害物検知機能の確認，また従来の遠隔操作との比較で，施工効率は34%向上する結果を得た。今回のロボット現場検証において，従来技術比や悪天候下での性能など多角的な視点で検証できた。そして現場検証の後，2015年11月20日に災害応急復旧部会での委員検証を終え最終評価として「活用を推薦する，★★」の高い評価をいただいた。今後は本技術を実施工に展開していく予定である。

謝 辞 本検証で技術的な支援をいただいております国土交通省ならびに（一財）先端建設技術センターに感謝の意を表します。

片山三郎 (Saburo Katayama)

2004年横浜国立大学学士課程修了。同年より大成建設に勤務。入社後は主にトンネル工事の現場に従事。2010年より同社技術センターに配属し無人化施工，ICT，計測・制御技術に関する研究開発に従事，現在に至る。

石井稔之 (Toshiyuki Ishii)

2005年福岡大学修士課程修了。同年より大成建設に勤務。入社後は主にトンネルや地盤改良工事に従事。2010年には無人化施工技術を用いた崩落土砂撤去工事に従事。2015年より同社技術センターで研究開発に従事，現在に至る。