

汎用遠隔操縦装置を用いた熊本城崩落石回収の無人化施工

株式会社大林組 熊本城土木工事事務所 正会員 黒木 邦彦
 株式会社大林組 熊本城土木工事事務所 森 一孝
 株式会社大林組 大阪機械工場 正会員 ○宮内 賢治

1. はじめに

熊本城飯田丸五階櫓石垣復旧工事のうち崩落石回収工は、石垣崩壊部直下において文化財である石材を扱うため、安全性、施工性の両面において難工事である。上記の難条件を克服するため、重機の汎用遠隔操縦装置「サロゲート」（以下、本技術と記す）の導入を検証した結果、当該作業を危険な場所に作業員が立入ることなく施工する無人化施工で行うこととなった。本稿では、災害復旧現場において本技術適用事例である崩落石回収作業について、また類似の災害復旧現場においても活躍が期待できる無人化施工技術として報告する。

2. 本技術の概要

本装置は、操作レバー用アクチュエータ、フットペダル用アクチュエータ、操縦リモコン、無線受信機兼制御盤で構成されており、一般的なバックホウの操縦席に取付けることによって、安全な場所から遠隔操縦を行うことを可能とする。本技術の特長を以下に示し、図1に装置外観を示す。

- ・高い汎用性と低コスト化を実現：建設機械本体を改造せずに、操作レバーなどに後付で装着できるため、汎用性に優れ、低コスト化を実現した。
- ・遠隔操縦と搭乗操縦の切り換えが可能：装置を装着したまま搭乗操作に切り替えられ、固定ピンの着脱のみで迅速かつ容易に切り換えできる。
- ・高い操作性を実現：オペレータの好みに合わせた各動作の繊細な設定を可能としたことで、高い操作性を実現した。
- ・持ち運びや装着が容易：装置の軽量化を図り、持ち運びを容易とした。また、着脱には特殊工具を用いないため、現地での容易な着脱を実現した。



図1 サロゲート外観

3. 熊本城での適用事例

1) 工事概要

本工事は、平成28年4月に発生した熊本地震により被災した熊本城のうち、飯田丸五階櫓石垣の石材を回収、運搬、仮置きする工事である。表1に工事概要、図2に被災状況を示す。

表1 工事概要

項目	内容
工事名称	熊本城飯田丸五階櫓石垣復旧工事（その2）
発注者	熊本市
施工場所	熊本市中央区本丸地内
工期	平成29年3月29日～平成29年7月14日
主要工種	石材回収工 仮設工 測量工
数量	石材回収工
	崩落石回収 83m ³
	裏込栗石回収 216m ³
	仮置場整備 1,543m ²
	測量工 1式



図2 被災状況

キーワード 熊本城，災害復旧，サロゲート，遠隔操縦，無人化施工

連絡先 〒573-1153 大阪府枚方市招提大谷 1-1-1 (株)大林組大阪機械工場 TEL 072-856-9011

本工事の崩落石回収作業は石垣崩壊部直下の作業となるため、当初より安全性確保のための対応策をどのように講じるかが当該作業の一つの焦点となっていた。また、回収対象の崩落石は文化財であるため、回収作業中に損傷させないように丁寧に扱うことが施工の絶対条件となっていた。

2) 対応策の実施

崩落対策工として一般的なモルタル吹付工や落石防護網張工、防護壁工（鋼製屋根）と本技術を用いた無人化施工との比較を行った。その結果、課題として挙げられた安全性、石材の損傷防止の観点で無人化施工が他工法に比べ優位性が見込まれ、当該工事において本技術を導入する運びとなった。無人化の対象機械は現場状況および作業性を考慮して、0.5m³級バックホウに回転機構を備えた5本爪油圧グラブプルを選定した。作業性の向上、工程短縮および石材損傷リスクのさらなる低減を目的とし、下記二点について対応策を実施した。

- ・各操作に対する個別応答性の設定：ブーム、アーム、アタッチメント、旋回、アタッチメントの回転、掴みの6系統、12動作について個別にその応答性を設定できるようプログラムを追加した。これにより、オペレータの好みに合わせて各動作の応答速度を変更することを可能とした。現場納入前に実施した石掴み実証試験にてオペレータの操作感をヒアリングし、より崩落石を回収しやすいスムーズな動作となるよう調整を行った。
- ・把持力調整・緩衝材の取付け：グラブプルの掴み動作を制御する油圧ラインの上限圧力を設定する機能を設けて、強く把持したことによる石材の圧砕を未然に防止した。また、鋼製のグラブプルにて崩落石を把持する際、その表面を損傷させる可能性があるため、接触面保護として緩衝材を取付けた。



図3 緩衝材取付状況

3) 技術的効果

無人化施工を導入するにあたり、重機を使用するうえで崩落石への損傷リスクが懸念されたため、文化財である石材を損傷させずに確実に作業を完了できるかどうか確認する必要があった。そこで、事前の実証試験において石材の把持作業を実施し、すべての操作を手元で行う遠隔操縦の利点を活かし、繊細な操作による確実性の高い回収作業を実現できることを確認した。施工中においては、安全にかつ文化財である石材を損傷させないという難条件を満足しつつ、崩落石 466 個とすべての栗石の回収を遅滞なく完了することができた。結果として、機械搬入等の準備工を経て、実作業日 22 日間で作業を完了し、回収工事着手前に見込んでいた工程から 4 日の短縮となった。



図4 無人化施工状況

4. まとめ

本報告では、熊本城飯田丸五階櫓石垣の石材回収作業において、遠隔操縦装置「サロゲート」の適用とその施工結果について報告した。当該作業で示した本技術の高い適用性と、特長の一つである遠隔操縦と搭乗操縦の切換え機能を活かし、本件のような災害復旧現場のみならず、一般現場の危険作業へも適用範囲を拡充することができると考えられる。また、近年開発が試みられている ICT 等を付加し、無人化施工の課題ともいえる施工効率の向上に貢献するものとする。

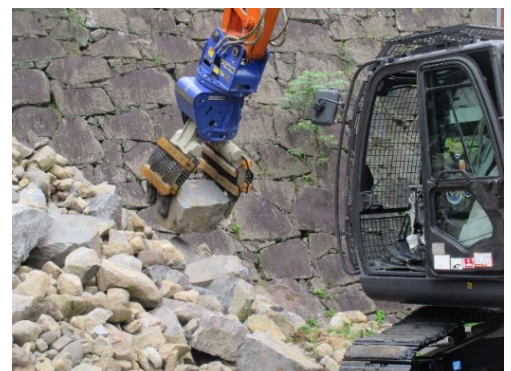


図5 崩落石回収状況