

## 一般共同研究（課題番号：30G-08）

課題名：城郭石垣診断法の開発—物理探査にもとづく石垣の変形・崩落要因の構造解析—（Risk assessment methods for historical stone walls of castle ruins -application of geophysical exploration and deformation analysis-）

研究代表者：坂本 俊

所属機関名：公益財団法人元興寺文化財研究所

所内担当者名：釜井 俊孝

研究期間：平成 30 年 4 月 1 日 ～ 令和 2 年 3 月 31 日

研究場所：京都大学防災研究所斜面災害研究センター，三重県津市，奈良県大和郡山市

共同研究参加者数：6 名（所外 3 名，所内 3 名）

- ・大学院生の参加状況：2 名（修士 1 名，博士 1 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態：[ 表面派探査の作業補助 ]

研究及び教育への波及効果について

本研究で明らかにした研究成果は、文化財石垣の整備や維持・管理において石垣の状態を評価する方法論を提示できたと考える。今回は津城と大和郡山城を対象としたが、事例を増やししながら精度の向上を行っていく必要がある。文化財石垣は健全なものは約 300 年もの間維持されているのであり、伝統的技術に基づく安定的構造体の実態解明は、現代社会における石積み擁壁の安定化に応用が可能である。

本研究では十分検証できなかったが、明らかにした方法論は現代の石積み擁壁にも適用できるはずで、文化財や考古学だけでなく防災学や土木の方面の分析にも活用可能な汎用性を持っていると思われる。これは、学際的研究の成果が多方面の分野に影響を及ぼす教育的効果も示している。

研究報告

### (1) 目的・趣旨

本研究の目的は、戦国期以降に構築され、現代まで維持されてきた城郭石垣の安定性を評価する方法を開発し、変形や崩落のメカニズム解明にアプローチすることである。

城郭石垣は、数百年の間維持されてきたとはいえ、東日本大震災や熊本地震などの自然災害で人的被害を出す可能性もある大きな影響を受けた。石垣を含む斜面の崩落は、文化財の喪失に留まらない被害を及ぼす脅威になりえる。このような脅威は、現代の石積み擁壁でも同様であり、2017 年 10 月に奈良県三郷町で起こった台風 21 号の大雨による斜面災害は、典型的な事例の一つといえる。このような、城郭石垣や石積み擁壁の崩落を未然に防ぐには、変形や崩落の原因となるウィークポイントを捉える必要がある。その上で文化財的観点を踏まえつつ有効的な土木的対処を施すことで、崩落の被害を抑制できると考える。

以上の趣旨から、本研究は文化財の保護・継承や考古学の観点に加え、防災学的なアプローチも可能とする基礎研究に位置付ける。そこで、本研究では石垣表面に現れる変形は、背面に原因があると仮定し、これまで斜面災害研究の方法論の一つである物理探査法（高精度表面波探査法）を用いて、石垣背面の地盤構造を詳細に解明し、変形との関係を検討することで、変形・崩壊要因の因果関係を明らかにし、石垣の内部構造を踏まえた危険度判定法の開発を目指す。

## (2)研究経過の概要

本研究は、2か年の計画で実施した。平成30年度は、三重県津市に所在する津城を対象とした。10月20日の下見の結果を踏まえ、本丸と西の丸で9側線を設定し、行政手続きを経て1月22日、2月2日～3日の3日間で表面波探査を行った。本丸と西の丸では変形の度合いに圧倒的な差があり、西の丸の変形は肉眼でも容易に観察できることから探査のみを実施し、健全な石垣と評価される本丸では三次元レーザー測量に基づく段彩図との比較検討を行うこととした。

また、京都府京都市に所在する指月伏見城において、埋没堀の探索も実施した。

平成31年度は、奈良県大和郡山市に所在する郡山城を対象とし、本丸（天守台の周囲）で11側線を設定して11月20日に探査を実施した。郡山城では、天守台の整備に伴って変形がみられる本丸石垣のレーザー測量が行われており、そのデータを市教委より提供を受けて分析処理をしつつ、新たに隣接する石垣で三次元レーザー測量を実施した。

なお、当該年度は京都府京都市に所在する旧二条城の埋没堀の探索も行っている。

## (3)研究成果の概要

本研究において、明らかになった点は下記のとおりである。

- ① 石垣背面の地盤と表面に表れる変形は連関しており、特に健全な石垣は基礎地盤が強固に造られていることが分かった。さらに、輪取り技法や裏込め内に石列を施すなどの工法が、安定性を高めている可能性がある。  
Cf.津城
- ② 郡山城の石垣に見られる変形は、複数回の積みなおしに由来する可能性が高い。積みなおしに際しては背面の裏込めにも影響を及ぼすため、石垣構築時からの構造的な変化が地盤の軟弱性として石垣表面に表れているものと考えられる。Cf.郡山城
- ③ ①・②から分かるように、石垣の表面に見える変形は背面ないし基礎の地盤と連動していることが明白であり、変形原因を可視化する方法として三次元レーザー測量のデータから作成した段彩図と表面波探査の成果の比較検討は有効であることを示すことができた。

## (4)研究成果の公表

「石垣整備の現状と課題」『元興寺文化財研究所研究報告 2020』、公益財団法人元興寺文化財研究所、2021

「城郭石垣の変状評価手法の研究」『遺跡学研究』、日本遺跡学会（投稿予定）