

城郭石垣修復トータルシステムの開発

三井住友建設(株) 正 小野 和芳、正 左子 斉、正 水本 雅夫
正 佐田 達典、正 大津 慎一

1. はじめに

近年、地方都市の活性化、市民の憩いの場創出、歴史遺産保護などの機運が高まりを見せる中、城跡に往時の天守閣や櫓を復元し、これらをシンボルとした公園を整備する構想が全国各地で具体化している。城郭の基礎となる石垣の多くは築造から長い年月が経過しているため、調査・解析によりその健全性を診断し、必要に応じて修復することが求められる。こうしたことから、筆者らは城郭石垣の現状調査、解析から修復工事の施工、修復後の維持・管理までをサポートする「城郭石垣修復トータルシステム」を開発した。以下にその概要を報告する。

2. システムの概要

本システムのフローは、調査、解析、修復、維持・管理の4つのステップからなる(図-1)。

2-1 調査

調査段階では現状の石垣のはらみ等の異常箇所を把握するとともに、解析段階において必要な石垣の表面形状、内部構造、地盤性状といった情報を収集する。

(1)現状石垣の異常箇所の把握

三次元レーザー計測技術を活用し、石垣表面の三次元データを非接触で迅速に収集する。このデータを瞬時に処理して、任意の位置における断面図や石垣表面の等高線図を自動作成する(図-2)。これにより、はらみ等石垣表面形状の異常箇所をリアルタイムに非接触で把握できる。

(2)解析に必要なデータの収集

石垣表面形状:上記三次元レーザー計測により、石垣の勾配、反り、高さ等を把握する。

石垣内部構造:レーダー探査技術を活用し、石垣の控え長やその背後に配置された栗石厚さを非破壊で把握する。

石垣背面地盤性状:レイリー波探査技術を活用し、地盤の硬さ、埋設物や空洞の有無などの性状を非破壊で把握する。

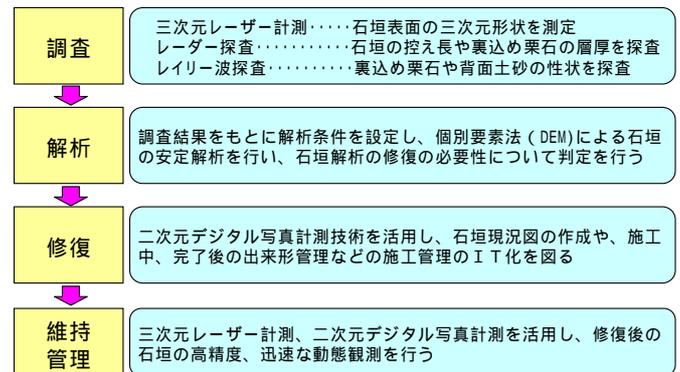


図-1 城郭石垣修復トータルシステムフロー

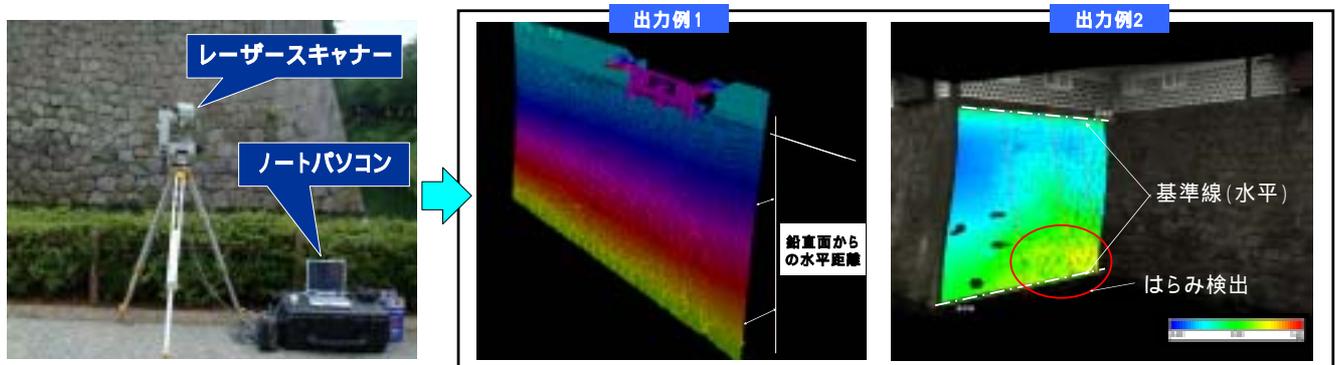


図-2 三次元レーザー計測 (等高線図作成)

2-2 解析

解析段階では、調査段階で入手したデータをもとに解析モデルを作成し、個別要素法 (DEM) により石垣の安定

キーワード: 城郭、石垣、個別要素法、二次元デジタル写真計測、三次元レーザー計測

連絡先: 〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 三井住友建設(株) TEL03-5337-2135 FAX03-3367-4765

解析を行う(図-3)。この解析手法は 不連続な粒状要素を扱うため、要素の離散、回転を表現でき、石垣石や裏込め栗石の挙動を表現するのに適している¹⁾、時刻歴の各要素の変位、速度、接触力等を視覚的に把握できる、崩壊に至る大変形までの解析が可能である、静的解析だけでなく動的解析も可能である、といった特徴を有している。これらの調査・解析結果をもとに現状の石垣の健全性を判定し、修復の必要性を判断する。

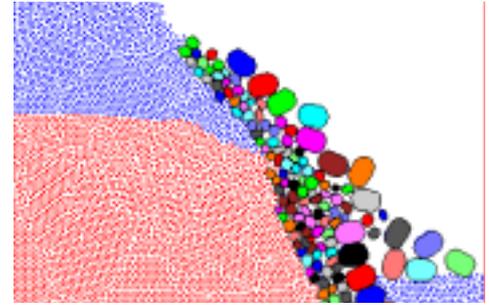


図-3 石垣解析モデル

2-3 修復

修復の施工段階では「二次元デジタル写真計測技術」を活用し、石垣現況図の作成や出来形管理等の業務のIT化を図る。施工前の石垣現況図の作成は、従来、現地測量結果と写真をもとに手作業で行っていたが、本システムによりデジタル写真計測データを処理するだけで作成可能になった(図-4)。また、この現況図に各施工段階の写真データを合成し、画面上でリアルタイムに出来形確認を行うことも可能になった。こうした施工管理業務のIT化により、従来に比べ作業の省力化が図れるほか、迅速かつ精度の高い出来形管理が可能となった。

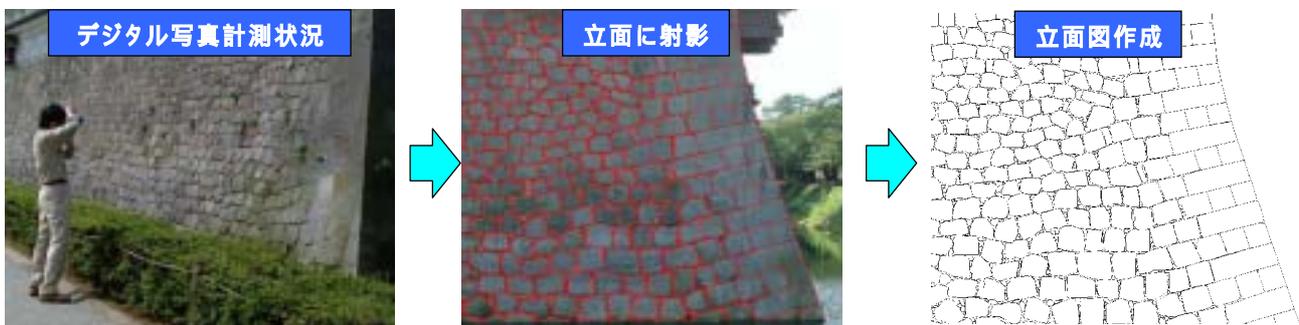


図-4 二次元デジタル計測（立面図作成）

2-4 維持・管理

維持・管理段階では、三次元レーザー計測、二次元デジタル計測を定期的を実施し、データを比較して石垣の三次元、二次元的な動きを非接触で迅速に把握する。従来の測量方法ではある「点」の動きしか把握できなかったが、本システムでは石垣面全体の動きがリアルタイムに把握でき、迅速で高精度な動態観測が可能となった。

3. システムの効果

レーザー計測およびデジタル写真計測により実際の石垣の試験計測を行い、システムの有効性を以下のように確認した。

幅約70mの石垣の場合、従来の方法では10m毎の断面図作成に約4日を要し、等高線図作成は不可能であったのに対し、三次元レーザー計測を活用した本システムでは、計測から等高線図、任意断面図作成までを約3時間で行うことができる。

1,400㎡の石垣の測量から立面図作成まで、従来の方法では約21日を要するのに対し、本システムでは二次元デジタル写真計測を活用して約7日で行うことができる。

700㎡の修復後の石垣の測量から出来形確認まで、従来の方法では約2日要するのに対し、本システムでは二次元デジタル写真計測を活用して約2時間で行うことができる。

上記の調査段階、修復段階における計測・作図作業のいずれも、従来の方法に比べ10～20%程度費用が低減される。

4. おわりに

今後本システムの実用化により、石垣の調査、修復、維持・管理における工期短縮とコスト削減を図り、文化財である石垣の保全・修復に役立てたい。

参考文献 1)水本、八木、君島、左子：粒状要素を用いた個別要素法による城郭石垣の挙動解析、第36回地盤工学研究発表会,2001