

熊本城の被災石垣の簡易的変状調査法の提案

長崎大学 学生会員 ○草野奈菜
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静

長崎大学大学院 正会員 杉本知史
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖

1. はじめに

平成 28 年に発生した熊本地震により、熊本城の石垣は大規模に崩壊・変形した。変形が大きい石垣は、今後修復工事の実施や適切な管理が検討されるが、石垣が元々変状を呈していたと捉えるのか、地震の影響で変状が生じたかと捉えるのか確かではないなか、変状程度の違いによる修復の要否の検討が必要とされている。本研究では、管理者自身が石垣の形状計測や形状分布図の作成を容易に行える方法として、可搬型レーザー距離計の適用について提案を行うものである。

2. レーザー距離計による計測の概要

Leica Geosystem 社の DISTO D510 は、主に土地区画や建物の形状計測に用いられるレーザー距離計であり、図-1 のように直線距離や仰角の計測が容易に行える。計測精度は、標準測定公差が $\pm 1.0\text{mm}/10\text{m}$ 、標準測定範囲が 0.05-200m の精度を有する。本研究ではこれを三脚に固定し、鉛直距離と水平距離を計測することとした。事前に高さ約 10m の鉄骨モルタル造の建物の壁面を用いて、8m の距離から 4 回計測を行った結果を図-2 に示す。

計測器と水平面をなす角度が 45 度を超えると、約 0.3% 程度のばらつきが存在することが分かった。したがって、形状計測の際には計測角度が 45 度の範囲内で計測を行うこととした。また、鉛直距離 1m 付近でのずれは壁の形状によるものであった。

3. 熊本城の石垣形状計測

計測対象となる石垣前に三脚に固定したレーザー距離計を設置し、垂直方向に各石垣石の距離と角度を計測する。計測後に距離と角度を基に各石垣石の鉛直・水平方向の座標を求め、断面をプロットする。

計測線上に、崩れ落ちた石垣のような障害物がある場所では、計測角 45 度以内で最下部から最上部までを計測することはできない。したがって、このような場所では最上部を 45 度以内で計測できる地点で、可能な範囲内の下部を計測する。その点に印をつけ、最下部が計測できる近距離から、同一の点を計測することで比較し、つなぎ合わせた(写真-1 参照)。

断面図を作成する際、石垣最下部を基準としている。石垣下部が水平でない場所では、計測線上にポールが重複するよう水平に設置し計測し、両側の側線と対応させた(写真-2 参照)。

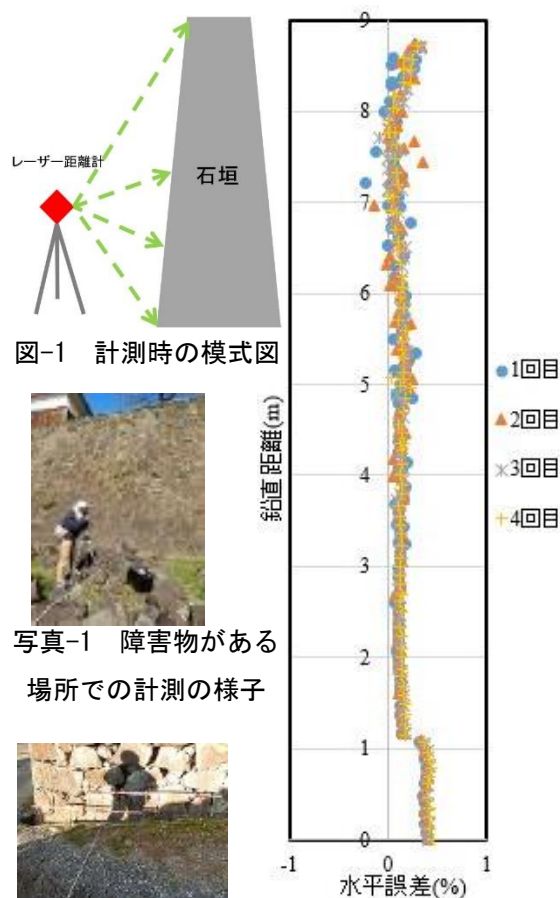


図-1 計測時の模式図



写真-1 障害物がある場所での計測の様子



写真-2 ポールの設置状況

図-2 建物壁面の形状計測結果(8m)



図-3 計測箇所全体図

計測箇所については、これまでに8回にわけて計測を行っており、竹の丸西側、南側、西出丸、東竹の丸西側、南側、二様の石垣、数寄屋丸、本丸御殿大広間南側左端、右端、東側、長局南側、東側の石垣を計測した。それらの計測によって112箇所の計測を行った(図-3参照)。この際、レーザー距離計の精度が保たれる範囲で、石垣勾配を計測した。

竹の丸石垣西側の2m地点、4m地点、8m地点の計測結果を見ると、4m地点付近に膨らみが見られる(図-4参照)。ここは、実際に膨らみ、石垣面の上部は栗石が詰まりくぼんでいた。

ここで、石垣最下部を基準とし、各測点での形状分布を平面的に図-5のように示したところ、竹の丸石垣西側の特徴である中央部が膨らんでいる形状が確認できた。

東竹の丸石垣南側の最下部は、右上がりの傾斜上にある。ここは、ポールを用いて計測を行った。その結果、図-6のように、左端から3m付近で膨らみが確認された。

また、図-7の東竹の丸石垣西側では、左端から4m付近で膨らみが確認できる。

一方、奥行き1に対する最大高さの割合を比べると、最大高さとおおよそ反比例していることが分かる(図-8参照)。これより、石垣高さが低いほど勾配が急であり、高いほど緩やかである。

4. おわりに

本研究ではレーザー距離計による石垣形状の計測を行い、容易に再現可能な形状分布図の作成について提案した。遠近2カ所からの計測や、ポールの使用により、再現性のある形状分布図が作成可能であることを確認した。

謝辞：本研究は、大成学術財団の研究助成により実施しています。また、熊本城調査研究センターの関係者の方々のご協力に謝意を申し上げます。

参考文献：

- 1) 勝田侑弥：平成28年熊本地震における熊本城石垣の変状調査に関する研究，第53回地盤工学研究発表会，pp33-34，2017

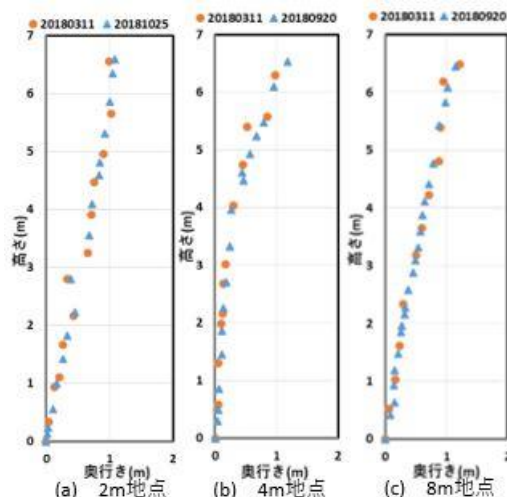


図-4 竹の丸石垣西側の断面形状

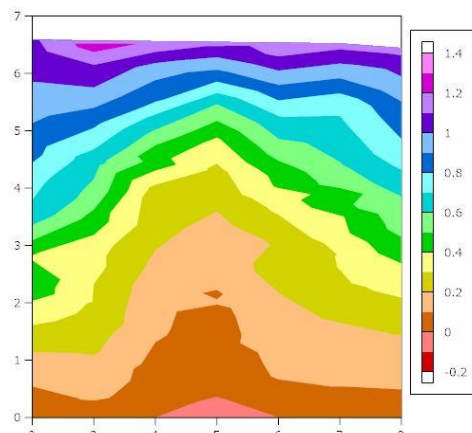


図-5 竹の丸石垣西側形状分布図

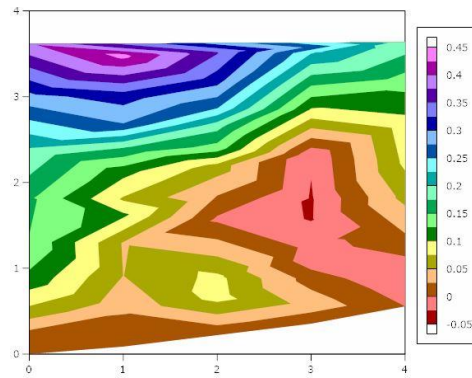


図-6 東竹の丸石垣南側形状分布図

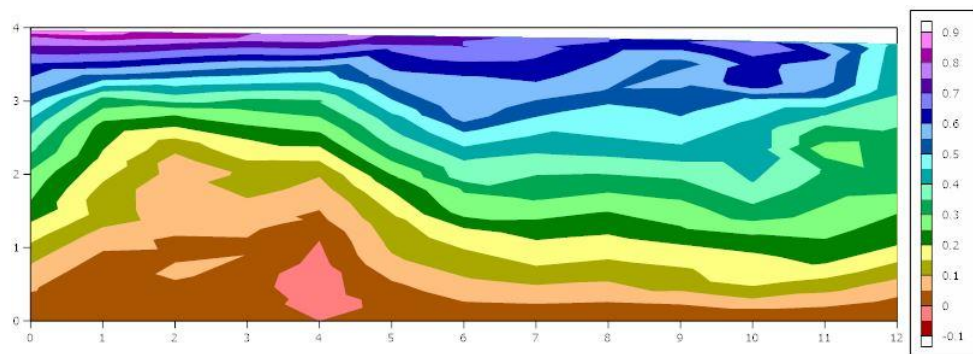


図-7 東竹の丸石垣西側形状分布図



図-8 高さとおよびの比率