

3次元レーザスキャナを用いた熊本城石垣等の変状分析

国士舘大学 正会員 ○橋本 隆雄
日測 非会員 石作 克也

1. 目的

2016 年熊本地震の一連の地震活動による強震動の作用によって、4 月 14 日 21 時 26 分に熊本県熊本地方を震源とする M6.5 の前震、その約 28 時間後の 4 月 16 日 1 時 25 分に熊本県熊本地方を震源とする M7.3 の本震が発生した。熊本城では、熊本城調査研究センターの速報で前震において重要文化財建物 10 棟、復元建造物 7 棟、石垣の崩落箇所 6 ヶ所であるが、本震において重要文化財建物で 13 棟、復元建造物 20 棟、石垣の崩落・孕み・緩み 517 ヶ所（崩落 50 ヶ所、229 面、約 23,600 m²）、地盤の陥没・地割れ 70 ヶ所（約 12,345 m²）が報告されている。本震の石垣の被害は全体の 30%にも及び、崩落は約 8,200 m²で全体の 10%となっていた。



写真-1 3D レーザスキャナ位置図

2. 調査概要

3D レーザスキャナによる調査¹⁾は、熊本市熊本城調査センターの立会いの下で、平成 28 年 10 月 24 日～26 日の期間において熊本城地内で行った。調査項目は、①石垣崩壊部東のデータ取得、②石垣の断面計測である。使用機器は、メーカー名・器機名：Faro Focus3D X330 を用いて、①測定範囲：0.6m～最大 330m まで、②測定速度：最大 976,000 ポイント/秒、③範囲誤差：最大±2 mm、④内蔵カラーカメラ：最大解像度 70 メガピクセル、⑤レーザ：レーザクラス 1、⑥重量：5.2kg の仕様で行った。

3. 計測結果

写真-1 は、3D レーザスキャナを行った位置図である。主な調査箇所は、百間石垣と本丸・天守閣を中心とした北十八間櫓、二様の石垣である。取得した計測データを GNSS 測量にて観測した公共座標系(世界測地 2011)に変換した。点群画像の座標数は、百間石垣エリア約 380,000,000 点、本丸・天守閣エリア約 700,000,000 点である。図-1 は、3D レーザスキャナで計測データを用いた全体鳥瞰図である。図-2 は、(a)北十八間櫓北側石垣と(b)百間石垣の崩壊部の点群画像で、色々な角度からの 3D レーザスキャナによる鳥瞰図や断面図を作成することもできる。

4. 計測を用いた変状分析

(1)石垣断面の比較による変状分析

地震後の石垣の変状について調査するために、桑原²⁾が過去に行った石垣の縦断測量箇所と 3D レーザスキャナを用いた石垣断面の比較の検証を行った。その結果、石垣のはらみは、図-3 のように天守閣の石垣で最大 60cm、二様の石垣で一様に 30cm 程度、生じていることが明らかとなった。

(2) 段彩図による地盤変状分析

図-4 は天守閣周辺地盤の段彩図で、地盤の波打つ状況の変状が熊本城を中心に広がっていることが明らかとなった。また、肉眼では把握できない石垣の変状も把握できることが明らかとなった。

参考文献：1)橋本隆雄，斎藤猛：3次元レーザスキャナによる熊本城石垣等調査，第2回石積擁壁の耐震診断及び補強法に関するシンポジウム論文集，土木学会，2017。

2) 桑原文夫：熊本城の石垣勾配，日本工業大学研究報告書第14巻2号，1984。

キーワード 熊本地震，熊本城，石垣，測量，3D レーザスキャナ

連絡先 〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1 国士舘大学理工学部まちづくり学系 TEL 03-5481-3251

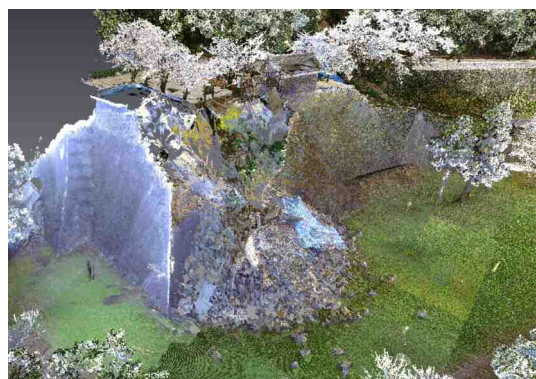


(a)本丸・天守閣



(b)百間石垣

図-1 点群画像による全体鳥観図

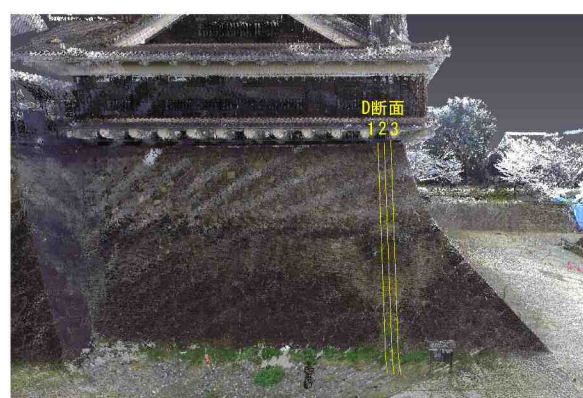


(a) 北十八間櫓北側石垣の崩壊部

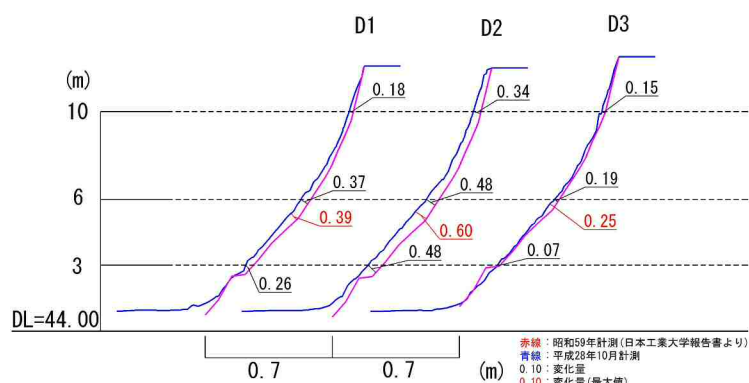


(b) 百間石垣の崩壊部

図-2 点群画像による崩壊部の鳥瞰図



(a)断面位置図

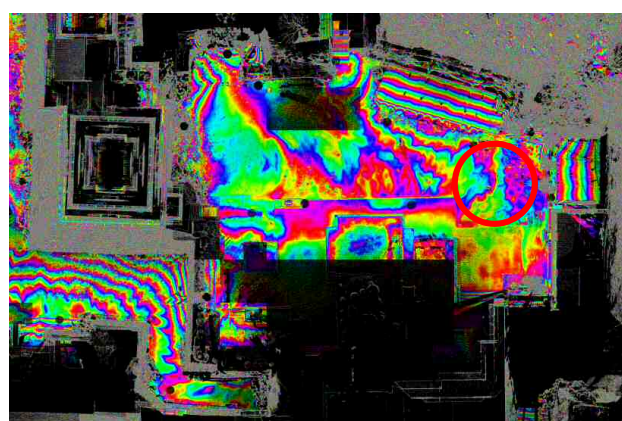


(b) 断面図

図-3 天守閣(西側)の石垣斜面比較図



(a)地盤の起伏



(b)段彩図

図-4 天守閣周辺地盤の段彩図