

2016 年熊本地震による熊本城石垣タイプ毎の被害原因の分析

国士舘大学 正会員 ○橋本 隆雄
日測 非会員 石作 克也
日測 非会員 松尾 拓

1. はじめに

熊本城調査研究センターの速報（2016 年 6 月 10 日時点）による被害概要では、熊本城内の石垣の被害は全体の 30%にも及んでいるが、その被害原因については明らかとなっていない。そこで、本論文でははらみ変状の有無を 3D レーザスキャナ^{1), 2)}により抽出し、各石垣の背後地盤等について石塁・半石塁・非石塁型タイプの 3 種類に分け、石垣の形状と被害程度・タイプの関係被害割合を分析して、石垣崩壊メカニズムを明らかにすることを目的としている。

2. 石垣の修復履歴と被害状況の整理・分析

図-1 は、熊本城石垣の修復履歴と被害状況の整理・分析を行ったものである。この中の赤記号（A～Z）は桑原が地震前の 1984（昭和 59）年に熊本城 23 箇所の石垣の断面を実測し、正確な石垣曲線を明らかにした報告書³⁾の測量ポイント位置図である。また青記号は過去の修復履歴で、これまでに執してきた箇所のほとんどが崩壊していることが分かる。地震後の石垣の変状は、橋本・石作が桑原の測量した地震前の同じ箇所付近の測量を行い、地震前後の石垣断面のグラフを作成して比較を行い、はらみの状態を把握した。

3. 石垣タイプの分類

図-2 は石垣タイプの分類である。半石塁タイプは 49%が約半数を占め、石塁タイプは 23%、非石塁タイプは 28%となっている。しかし、被害の割合は、図-3 に示したように石塁タイプの被害が崩壊 55%、はらみ 24%の合計 79%と非常に多く、半石塁タイプの被害が崩壊 33%、はらみ 26%の合計 59%と多くなっている。一方、非石塁タイプの被害は崩壊 10%、はらみ 19%の合計 29%と非常に少なく耐震性能がある構造となっている。

4. 石塁タイプと形状、被害程度の関係

図-4 は石垣の形状と被害程度・タイプの関係を表したものである。石垣の形状（高さ及び勾配）は桑原が地震前の 1984 に熊本城 23 箇所の石垣の断面を実測した結果³⁾について天端を揃えて同じグラフにまとめたものである。この図に地震後の崩壊箇所（赤線）及びその後の 3D 測量^{1), 2)}を基に地震前との比較を行い、はらみ変状箇所（橙線）を抽出し、被害なし（黒線）の 3 色に色分けした。さらに石垣のタイプは石塁タイプ（黄色）、半石塁タイプ（緑色）、非石塁タイプ（水色）に分類した。その結果、図-4 の桑原による調査石垣の分析で、以下のような傾向が把握できた。その傾向は図-3 の全体の被害程度の割合と類似している。よって、石塁タイプと形状、被害程度には相関があり、熊本城の被害原因としては石塁タイプが崩壊要因で、激震が崩壊誘因として発生していることが明らかとなった。

- ①石塁タイプ（黄色）は高さが低く勾配が急なため、崩壊しているものが多い。
- ②半石塁タイプ（緑色）は高さが高く勾配がやや緩いため、はらみを生じているものが多い。
- ③非石塁タイプ（水色）は高さが高いが勾配が緩いため、崩壊しているものが少ない。

5. まとめ

熊本城の被害原因は石塁タイプが崩壊要因で、激震が崩壊誘因として発生していることが明らかとなった。

謝辞：本論文は、公益財団法人鹿島学術振興財団の助成金を活用させていただきました。また、熊本城内での石垣等調査にあたっては、熊本城調査研究センターの鶴嶋文化財保護主幹、東園主任技師、嘉村文化財保護主事等の職員の皆様にご同行いただきました。末筆ながら記して謝意を表します。

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

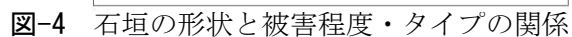
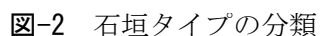
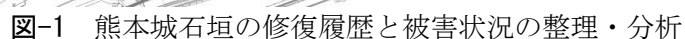


図-3 石垣タイプ毎の被害程度の割合

- 1) 橋本隆雄, 石作克也: 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, 第72回年次学術講演会, 土木学会, 2017.
- 2) 橋本隆雄, 鈴木彩加, 石作克也: 赤外線サーモトレーサ及び3Dレーザスキャナを用いた2016年熊本地震による熊本城石垣の被害調査に関する研究, 国士舘大学理工学部紀要, 査読有, 第11号, 2017.11.
- 3) 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.