

## 熊本城の築石構造物の被災メカニズムに関する研究

長崎大学工学部 学生会員 ○勝田 侑弥 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 大嶺 聖 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史

### 1. はじめに

わが国には歴史的に価値の高い築石構造物が数多く存在している。築石構造物は現在も道路や水路として活躍しているだけでなく、多くは文化財などに指定され、一部では地域の観光資源としても重要な機能を果たしている。そのほとんどが、築かれてから数百年が経過しているため、補修や保全といった維持管理が行われている。しかし、熊本地震による熊本城被害のように災害に対する対策が遅れているのが現状である。そのため現在の形態や機能を後世に伝えていくために、石垣の維持管理の手法を確立させる必要がある。本研究では、熊本地震により被害を受けた熊本城の被害状況を、地盤工学会の調査団や熊本城調査研究センターなどによる調査結果を基に熊本城の石垣の現況を把握することを目的とする。

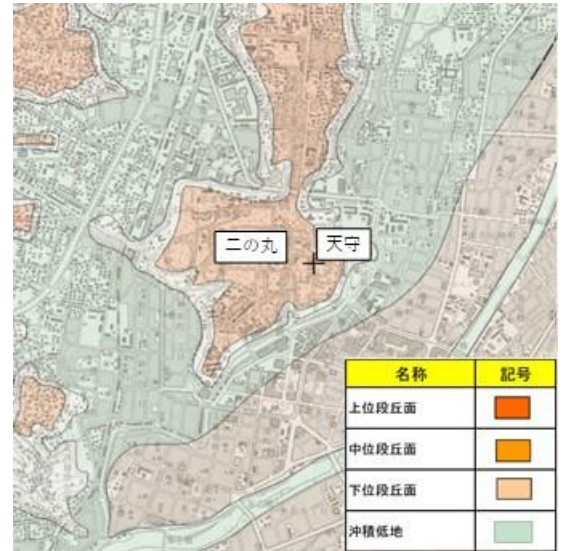


図-1 熊本城周辺の地形構成<sup>1)</sup>

### 2. 熊本城の構成ならびに周辺の地盤環境

熊本城は、加藤清正により慶長12年(1607年)に築城された。それまでは、茶臼山と呼ばれる植木台地の先端が熊本平野に突出した丘陵に位置しており、その東

表-1 本丸エリア 崩壊状況事例

端は海拔50m、西に向かって次第に低くなる地形を有する。地質は溶結凝灰岩で崩壊しやすく、雨による浸食がすすみ急崖が多く形成されており、周辺には浸食谷が点在している(図-1)

	
数奇屋丸裏石垣	戌亥櫓石垣
	
西櫓門石垣	西大手門石垣

### 3. 被害の概要

熊本城は、平成28年4月14日の前震および16日の本震により、約250箇所の石垣の崩壊・はらみ出しが発生した。その多くが本丸周辺で発生しており、表-1のように様々な崩壊形態が見られる。数奇屋丸裏石垣は全長約60mある石垣だが、実際に崩壊した幅は約7~8mと部分的に崩壊している。一方で、全長約100mの戌亥櫓石垣はほとんどの石垣が崩壊した。

また、石垣高さ2~3mと比較的低い西櫓門石垣も表中の写真のように崩壊しており、崩壊した石垣の高さ、幅は様々である。櫓が石垣上部にある場所では、西大手門石垣のように四隅の石垣のみが保持され、その石垣のみで櫓が支えられている。同様の事例は、飯田丸五階櫓や戌亥櫓でも見られる。

#### 4. 被害分析の概要

本調査では、熊本城内の中で最も被害が多かった本丸エリアの約 660 箇所を対象とし、石垣の崩落飛距離の推定が可能である石垣 60 箇所の崩落範囲と幅、石垣の崩落飛距離・方向を調べ、崩壊箇所の被害状況を CAD で可視化した。また、石垣の飛距離と方向から、熊本城内で起こった地震の特徴を検討した。

#### 5. 結果と考察

図-2 より敷地全体にわたり石垣の崩落・孕み出しが発生している。また、石垣高さが高い箇所では石垣も多く積まれているため、崩落範囲が非常に広いことがわかる。そして、これらのデータを崩落方向と最大飛距離の関係で表したグラフが図-3 である。この図より、東西方向の石垣の崩落に比べて、南北方向の方が、件数が多いうえ最大飛距離が 10m を超えるものが多数存在することが確認できる。

次に図-4 は石垣高さと最大飛距離の関係を示す。この図の石垣高さ 4~6m と 8~12m に注目すると、北方向は他の方向より、崩落飛距離が長い箇所が多いことがわかる。その次に南方向成分が比較的多いことが分かる。以上のことから南北方向が東西方向より地震の揺れの影響を強く受けているのではないかと考えられる。そして、全体的傾向として石垣高さと最大飛距離は概ね線形関係にあることが伺える。しかし、南北方向と比べ、東向き石垣は石垣高さが高くとも石垣の最大飛距離が小さい傾向にあるとも確認できる。以上のことから、石垣面の方向や区間延長、石垣高さなど様々な要因に依存すると考えられることから、一概には断定できないものの、概ね城内敷地を構成する石垣は石垣の崩れやすい方向、敷地直下の地盤の振動特性の影響があるのではないかと考えられる。

#### 6. おわりに

本研究では熊本城調査研究センターや地盤工学会の資料を基に調査し現況分析を行った。今後は、FEM(個別要素法)で石垣のモデルを作成し、実際に熊本地震の観測波形を用いて解析を行い、石垣内部での地震の揺れの変化や背面土から受ける土圧分布に注目した検討を行い、石垣の崩壊メカニズムの検討に取り組む。

謝辞

本研究は(公社)地盤工学会「平成 28 年熊本地震災害調査団」の調査内容に基づいたものです。関係各位のご協力に謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土地理院：都市圏活断層図, [http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/active\\_fault.html](http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/active_fault.html), 2016.
- 2) 熊本城調査研究センター：熊本城石垣地震被害調査位置図, 2016.

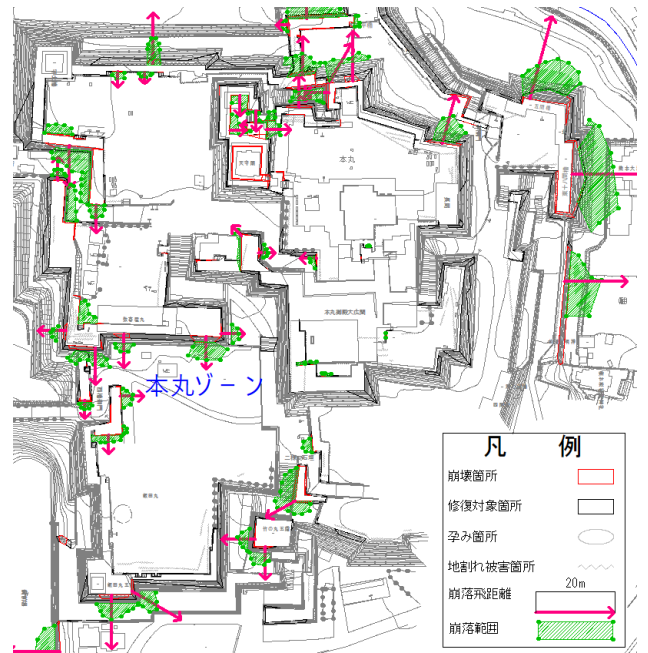


図-2 本丸周辺の石垣の崩落状況<sup>2)</sup>

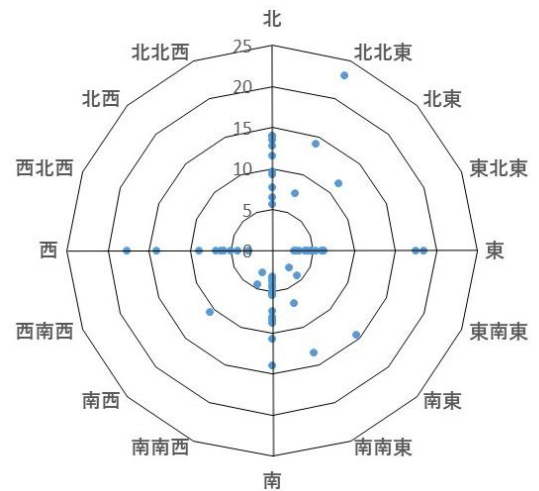


図-3 石垣の崩壊方向と最大飛距離の関係

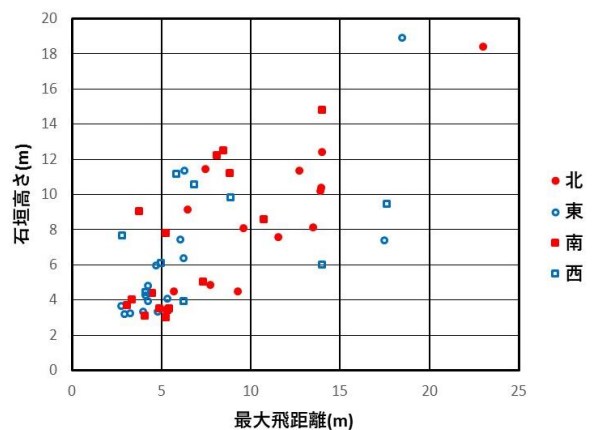


図-4 石垣高さと石垣の最大飛距離