## 高松城天守台解体時の石垣背面地盤変状調査

関西地盤環境研究センター	西田一彦
高松市教育委員会	大嶋和則
大阪産業大学	金岡正信
中村石材工業(株)	北園和憲

### 1 はじめに

高松市では高松城天守台石垣の再築に向け,平成 19~20年度にかけて石垣の解体作業を行っている。 解体作業では、再築方法を検討するための情報をえる ため、石垣内部盛土の施工形態、石垣背面地盤の力学 状態、石垣変状との関連性、などを地盤調査や有限要 素法解析により力学的調査を行った。本報告では、こ れらの調査・解析結果について述べる。

#### 2 内部地盤変状

解体前の石垣状態の概観説明図を図-1に示す。石 垣天端の長さは,東西方向で20.8m,南北方向で22.4 mであり,石垣高さは13.1m程度である。石垣内部 でのボーリング調査結果を図-2に示す。図-3に解 体状況を南北方向と東西方向の石垣天端中央部での断

面図を示す。石垣解体は,図-3中に示す範囲で石垣背面地盤と基礎石垣 部を残すように,段階的に行われた。

石垣背面地盤である天守台の盛土はN値10~20の砂質土が中心であり 解体作業時に採取した不撹乱試料で行った土質試験結果では内部摩擦角は 約45°と大きく,天守台築造後約400年間の間で土の固化現象が生じて いると判断できた。基礎から下にはN値30~40の砂質土層,非常に硬い 粘性土層と続いている。

特に重要な石垣背面地盤変状として,石垣解体作業を進める中で,図-3中に示す東西断面の実線表示する部分ですべりが明確に観察された。ま た,東西断面ではスベリの平面範囲は,図-1中に実線で表示した範囲の 上端盛土面上で確認できた。それに対し,南北方向では盛土内部ですべり の観察ができたが,上端盛土面上には現れていない。図-4に図-3南北 断面中に 印で示す標高8~9.5mのすべりの最上部に位置する部分を写 真表示する。約14cmのズレが確認できた。

### 3 考察

解体作業時に地盤内に観察されたすべりの方向は、石垣下部に向かっていると判断できた。石垣下部でのはらみ出しとリンクして発生した盛土地盤内でのすべり現象と考えられる。図-5にすべりの生じた範囲にある東

キーワード 城郭石垣, すべり面, 変形, クラック 連絡先 〒574-8530 大東市中垣内3-1-1 大阪産業大学 工学部 都市創造工学科 TEL072-875-3001



図 - 1 解体前の石垣状態の概観説明図





図-3 地盤·石垣断面図(東西方向)

西方向の石垣の変状を示す。約50cmのはらみ出しが 生じている。はらみ出し指数は10と大きい<sup>1)</sup>。石垣変 状と石垣背面地盤でのすべり現象は,天守台内部地盤 がどのような力学状態にあったかを考える貴重な痕跡 である。

次に,この力学状態を検討するため有限要素法解析 を,図-2に示す地盤条件で入力条件を算定し行った<sup>2)</sup>。 最大せん断応力の解析結果の天守台部分を取出して 図-6に示す。図より134 ~ 235 k N /m<sup>2</sup>の大きい最大 せん断応力が生じている部分の位置と方向は,図-3に 示したすべりが生じている位置と方向によく一致して いることがわかる。図-5 で示したような石垣変状が 生じた場合に最もすべりが生じやすい部分であると考 察できる。

### 4 まとめ

高松城天守台石垣解体時の石垣背面地盤変状の調査 結果について示した。調査結果より石垣下部でのはら み出しは石垣背面地盤にまで影響が及ぶことがわかっ た。

### 参考文献

- K.Nishida,T.Tamano, H.Morimoto ,B.Shrestha: Geotechnical Aspect of Japanese Castle Masonry Wall and Mechanical Analysis for its Preservation, Proceedings of the 16th International Conference on SMGE, pp.2769-2772, 2005.9
- 玉野富雄,西田一彦,B.Shrestha,金岡正信,森
  本浩行:城郭石垣構造の力学安定,日本材料学会
  誌「材料」, Vol.53, No.1,pp.5-8,2004.1

# 謝辞

本調査にご指導を賜りました文化庁記念物課調査 官本中眞氏に記して御礼を申し上げる。



図-4 すべり状態の観察(図-3中の 印 に示すトレンチ壁面)



