

石垣の工学的研究 —その4 石垣の修理—

Engineering research of castle masonry
- No.4 Repair of masonry -



笠 博義 Hiroyoshi KASA *1

研究の目的

日本の城郭石垣の大半は構築後 400 年以上を経過しており、経年劣化に加えて、地震や豪雨などの自然災害による影響を繰り返し受けてきた。特に、東日本大震災や熊本地震などの自然災害による多数の石垣の被害状況を受けて、観光資源としての石垣の安全性が、より強く求められるようになってきた。こうした背景を受けて、伝統的な石垣の文化財としての価値を正しく後世に伝えていくために、歴史的・文化財的な価値を守りつつ、その安定性も同時に確保していくことが求められている。本報告では、こうした社会的な要請を受けて、伝統的な技法を活用しつつ安定性確保する技術のうち、筆者らが取り組んだいくつかの工法について紹介する。

研究の概要

変状が進行して不安定化が進行した石垣に対しては、その程度に応じた対策を施すことが必要である。図-1には石垣の変状具合と対策工についての概念を示した。本報告では、一般的な方法である解体・積み直しについて概要をまとめた後、やや不安定化が進んだ石垣に対する対策工である、間詰石工と鉄筋挿入工法について概要を説明する。

間詰石は、築石同士の間隙を埋める形で設置されるもので、石垣の安定性においても、築石のずれ防止や地震時の変位抑制などの機能があるものと考えられている。しかし、経年劣化や地震などにより欠落して、この間隙への土砂の流入し植生が繁茂することもある。こうした石垣では、植物の根の伸長や、石材間の目詰まりによって、背面地盤からの土圧や水圧の上昇により石垣内部の介石も変位することが考えられる。このようにして安定性が低下した石垣に対して、抜け落ちやずれが起きた間詰石や介石を補充するのが間詰石工である。この対策により低下した石垣の安定性を回復させることが期待できる。間詰石工の実施状況を写真-1に示した。

鉄筋挿入工法は、石垣表面の築石の隙間から鉄筋を挿入することによって石垣を補強するものである(写真-2)。この方法は石材の隙間から打ち込まれた鉄筋(補強材)により、背面の栗石を適度に拘束して、石垣の一体化を図ると同時に、地震時による「揺すり込み」による栗石の沈下を抑える効果があることが実験により確認されている。こうした効果により、孕み出しなどによって、ある程度変形が生じた石垣に対して、変状の進行を抑制し、安定性の向上を図ることが可能である。

結 論

実際の石垣修理については、各現場でその特徴に応じた工法の選択が求められることが多く、担当の文化財専門家と綿密な調整を行った上で、工事を進める必要がある。ここで、間詰石工や鉄筋挿入工については、その概要と効果について紹介してきたが、これらの工法は実際の施工事例も少ないことから、一般の解体・積み直し工以上に事前の調整が必要であると考えられる。

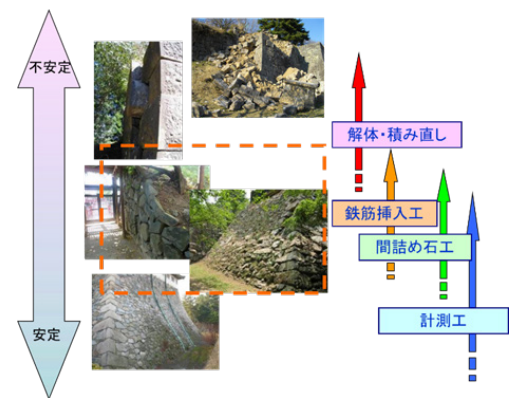


図-1 変状レベルに応じた石垣修理の方法



写真-1 間詰石工の施工状況

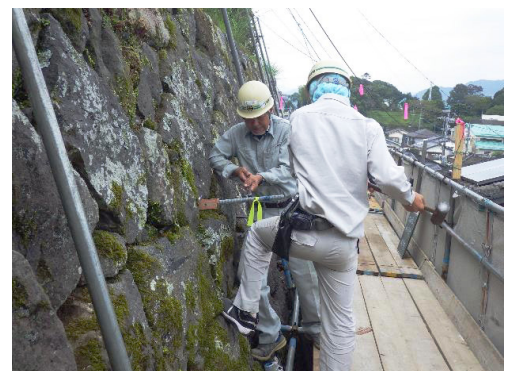


写真-2 鉄筋挿入工の施工状況