

会員の声

文化財城郭石垣と補強土技術

(協) 関西地盤環境研究センター 西形 達明

1. 文化財としての城郭石垣

2016年に未曾有の地震被害を受けた熊本城が注目を浴びたが、貴重な文化財である城郭が自然災害によって崩壊した事例は過去に数多くあり取り立てて珍しいことではない。その都度、伝統工法による地道な修復作業が続けられてきただけである。一方で城郭石垣の修復にあたっては、対象とする石垣がもつ文化財としての本質的価値を明らかにし、これを保存することが主たる目標とされる。その本質的価値とは、①歴史の証拠（時代性、精神性）としての価値、②伝統技能による安定した構造体としての価値の2つにあるとされ、工学を専門とする輩には何とも理解しにくい内容ではあるが、何はともあれ、この2つの価値を保存するための調査がなされ、その後の修復方法には以下の2つの条件が課せられる。

①原状を尊重し、必ず元あった状態に復元すること（authenticity）。

②新たな工法を用いる場合は、いつでも元の状態に戻すことができる方法を採用すること（reversibility）。

②については、工学側から提案できるような近代工法については全く触れられておらず、余程の理由がない限りその適用は難しい。ところが、熊本城石垣の倒壊を目の当たりにした結果、文化庁の考え方に変化が見られるようになってきたことも事実である。すなわち、城郭見学者の安全を重視すべきであるという考え方である。

2. 城郭石垣の構造とその補強

我が国の城郭石垣は図-1に示すような構造を有しており、築石、栗石、背面土（盛土、地山）の3種の材料からなる複合構造物である。築石に使用される石の奥行きは0.6～1mのものが多く、その奥にある栗石は排水と石垣の安定性向上のため1～3m厚さに設置されている。築石と築石のすき間には「間詰石」や「かい石」と呼ばれるこぶし大の石が詰められており、この石の微妙な調整によって、石垣全体の安定性を高めると同時に優美なそり形状を生みだしている。角石部はほぼ直方体の巨石を用いた算木積み技法により構築され、一般の築石部に比べてはるかに剛性が高い。このような剛性の異なる部分が混在することも石垣の構造体としての挙動を非常に複雑にしている。

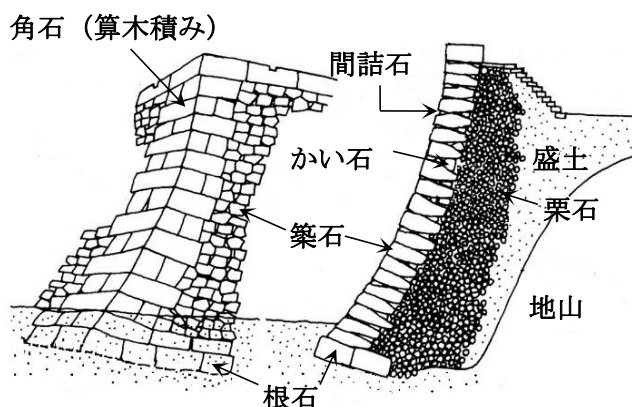


図-1 城郭石垣の構造と各部の名称²⁾

現在、石垣の解体積み直し修復を行う場合に用いられている近代工法は、盛土部の固化改良とジオシンセティックス（ジオグリッド）の導入くらいのもので、ジオシンセティックスによる補強例は熊本城を入れても3か所しかないのが実情である。ジオシンセティックスの使用が前述の

修復方法に課せられる2つの条件を満たしているかどうかについての議論も十分ではない。さらに、ジオシンセティックスの敷設は、原則として栗石層内に限られることが多く、十分な定着長が取れない場合が多い。これは背部の土部が文化財遺構であるため、余分な切土掘削が認められないためである。したがって、城郭石垣にジオシンセティックスを使用する場合の設計概念は、一般の盛土補強とは異なったものにならざるを得ない。

城郭石垣の安定には栗石層の厚さや締固め密度の影響が大きいことが指摘されてはいたが、明確な答えは得られておらず、以前から栗石層厚については大きい方がよいだろうという程度の認識が持たれていただけで、締固め密度については密な方がよいのか疎が良いのか石積み技能者の中でも意見がまちまちであった。ところが、熊本城の被災状況を見ると、写真-1に示すように、総栗石垣（栗石層のみで土部がない石垣）の崩壊が顕著であったことから、



写真-1 総栗石垣の崩壊

地震時の栗石層の流動化が石垣崩壊の主な原因ではないかという見方が多くなってきた。そこで、城郭石垣におけるジオシンセティックスの補強機能として、栗石層に見かけの粘着力を付加することで地震時の栗石の過大な運動を抑制効果が有効ではないかという考え方が出されている。このような補強効果に期待する理由には、ジオシンセティックスの主たる敷設範囲が栗石層内で収まるため、文化財側の主張（余分な切土は認められない）と相違えるところが少ないという妥協的な側面があるのかもしれない。

いずれにしても、城郭石垣におけるジオシンセティックスの補強効果に関する工学的な研究はもとより、積み石、栗石、土層という異なる特性をもつ材料からなる複合構造物の挙動と安定性評価に関する定量的な研究が少ないために、石垣の解体修復時に工学側が補強土工法を自信をもって推奨しうる根拠が乏しく、「この石垣に補強土工法を使用すれば、将来の巨大地震にも十分耐えられるのですね。」という文化財側の発言に対して、二の足を踏まざるを得ないのが実情である。

3. 城郭石垣の保存に向けて

城郭石垣は我が国の代表的な文化財である反面、紛れもない地盤構造物であり、最近の「城ブーム」も相まって、まちの活性化のための貴重なインフラでもある。近年の集中降雨によって毎年のように城郭石垣の崩壊が発生する一方、写真-2のように、都市部の生活道路の間際に立っている石垣も数多くある。このような石垣の本質的価値を保存しながら市民の安全を守るという難題を解決するために、補強土技術が有効な手法になりうることは文化財保護の立場にある人々を含めて関係者全員が認めるところである。IGS 日本支部の会員の皆様のこれまで以上のご関心とご協力をお願いする次第である。



写真-2 道路間際の石垣

参考文献

- 1) 文化庁文化財部記念物課：石垣整備の手引き，2014.
- 2) 渡辺 武：図解再見大阪城，大阪都市協会，1983，（一部加筆）.