

城郭石垣の安定問題と修復方法に関する実態調査

佐大 理工学部 学○ 福島康太郎 正 三浦 哲彦
佐賀県教育委員会 高瀬 哲郎

1. まえがき 城郭石垣の中には安定性の上で問題を生じている所が少なくない。修復に当たって土質工学的考慮がなされていないものも見受けられる。本調査は、石垣の現状を、その構造と基礎の特徴、維持修復の方法等について全国的に調査を行い、有効な維持修復の方法を確立することを目的とする。

2. 調査方法 石垣の状態、変状の原因等を把握するためのアンケートを作成し、明治2年の版籍奉還時の城を中心として、全国185箇所をピックアップしその地方自治体の教育委員会に調査を依頼した。

3. 調査結果 調査の回収率は50%(93箇所)、調査対象に該当するとして回答を得たのは33%(62箇所)であった。調査結果の一覧を表-1に示す。問題を抱えている石垣は回答の79%(49箇所)を占め、多くの石垣が問題を抱えていることがわかった。しかし、修復作業に取りかかっている所は比較的少なく放置されているケースが多い。これは文化財であるために簡単には手を加えることができないこと、予算上の制約があること他、修復技術が確立されていないことも関係していると思われる。

図-1は問題の場所と数を示したものである。まず、部分的崩壊は上部天端付近に多いが、堅固に組まれたはずの隅角においても少なくないのが注目される。天端付近の崩壊は、主に樹木の根によるもので、根の張り出しや風作用による樹木の揺れが石垣を内側から崩すものと考えられる。隅角部は城石垣で最も重要な部分であり、隅角下部の崩壊はみられないが、上部は意外に崩れ易いようである。隅角部が崩れているのは多くが400年以上前の古城石垣であって、隅角が野面石で組まれたことにも起因している。他に、普請した直後に、基礎地盤が軟弱であったために不等沈下を起こして崩壊した例もある。

石垣点検の方法を表-2に示した。点検を実施している所は、回答数(62箇所)の内47%と半分以上で、放置されているケースが多い。ガラスを使った点検は、石垣が動いていると思われる石の間にガラス棒を差し込み、割れるまでの時間と距離を計測するものであるが、石の動いた方向を知るとは出来ない。

表-2 点検の実例

定期	不 定期 的	行 っ て い な い
10%	37%	53%

肉眼観察	14 件
石の間にガラス管を差し込む	2 件
石垣の記録撮影	1 件
ボーリング調査	1 件
定点測量	1 件
既存井戸の水位調査	1 件
鈎石の点検	1 件
管理人による報告	1 件
専門家に依頼して点検する	1 件
その他	6 件

4. 考察 表-3に示すように石垣内側の変状、ハラミ出し、または引き込みの主な原因は樹木の根、裏込めの不備によるものだと考えられる。崩壊や変状を生じるメカニズムとしては次の3つの組合せが考えられる。

表-1 調査結果(問題と関係ある城について)

○: 部分的崩壊 △: ハラミ ×: 亀裂 / 固: 地山 ▲: 飲料地盤 ◆: 締め固め
◎: 野面石 ▽: 切り石(粗加工) □: 切り石(精密加工)

城 名	現 在			過 去			城の形式	地盤	基礎構造	裏込め材	石の種類	高さ(m)
	○	△	×	○	△	×						
備中松山	5	1		2	3		山	■	礎石	栗石	▽	10
津川城	2	2					山	■	---	---	◎	13
御物ヶ所	2	3	1				山	※1	---	小石	□	5
三石城	1						山	■	---	---	○	12
山形城	本	本		数	数		山	■	割栗石・砂利	栗石	◎	5
小谷城	本	本					山	■	---	---	○	15
岡山城	本	1		1			山	■	割栗石(??)	砂利・小石	○	5
神戸城	本	本					山	■	---	小石	▽	12
高松城	7	多					山	▲	---	---	▽	5
八幡城	本						山	▲	捨石	砂利・小石	▽	8
松代城	1	7					山	◆	割栗石	小石・土	▽	10
白井城	本	本		本	本		山	◆	なし	小石・砂利	○	15
安土城	本	本		本	本		山	◆	---	小石・砂利	○	12
郡山城	11	多	多	2	11	2	山	◆	捨石・砂利	小石・砂利	○	20
姫路城	5	1		1			山	■	なし	小石	○	12
上田城	2	1	1				山	■	---	小石	▽	33
和歌山城	2	本					山	■	割栗石	小石・砂利	○	8
上野城	多	多		1	2	3	山	■	割栗石・割栗石	栗石・砂利	○	6
高山城	多	多		2	14		山	■	割栗石	栗石・砂利	○	15
人吉城	多	多					山	■	---	小石	○	8
名護屋城	20	40	3				山	■	割栗石	栗石・砂利	○	25
松本城	5	3	1				山	■	---	小石・粘土	○	16
宇和島城	2	10		1			山	◆	割栗石	栗石	○	15
丸亀城	2	数	本				山	※3	王石	割栗石	○	15
仙台城				1			山	■	割栗石	栗石	○	12
松山城				1			山	■	---	小石・砂	○	16
彦根城				1			山	■	九太敷(??)	小石	○	13
今治城	6	多	多				山	■	布底地盤	小石	▽	17
福岡城	多	多	多				山	■	---	---	▽	14
薩摩城	1	14	2	1			山	■	捨石	小石	▽	20
弘前城	4	1					山	■	割栗石	栗石	○	3
名古屋城	5	22	8	1			山	■	捨石・九太敷	栗石	○	12
赤松城	10	50	2	3	10	3	山	■	捨石・九太敷	小石	○	3
知念城				1			山	■	---	小石	○	25
有田城	15	5	3	10	3	2	山	■	捨石	小石	○	5
岩村城	2	1					山	■	---	栗石	○	5
芥川城				1			山	■	割栗石	栗石	○	12
久玉城	多	多		多			山	■	割栗石	栗石	○	9
鳥取城	多	多		多			山	■	なし	土	○	5
勝連城	6	6	*				山	■	---	小石・砂利	○	20
七尾城	2	7					山	■	捨石	小石・砂	○	18
若松城							山	■	---	---	○	
二条城							山	■	---	---	○	

※1: 塊石灰石 ※2: 岩盤 ※3: 凝灰質泥岩

- (1) 廃城後石垣の天端に厚く瓦礫が堆積したり、天端面の処理の不適切さの為に、石垣の裏側に表流水が集中的に浸透して裏込め土砂が流失し、石垣自重によりハラミや崩壊を生じる。
- (2) 地山と裏込めの境界付近の細粒分が下方に流れ、石垣の上部は内側に痩せ、下部はハラミ出す。
- (3) 地山の細粒分が裏込め材に流れ込み目詰まりを起こして裏込めの排水機能が低下し水圧、土圧により石垣を押し出す。

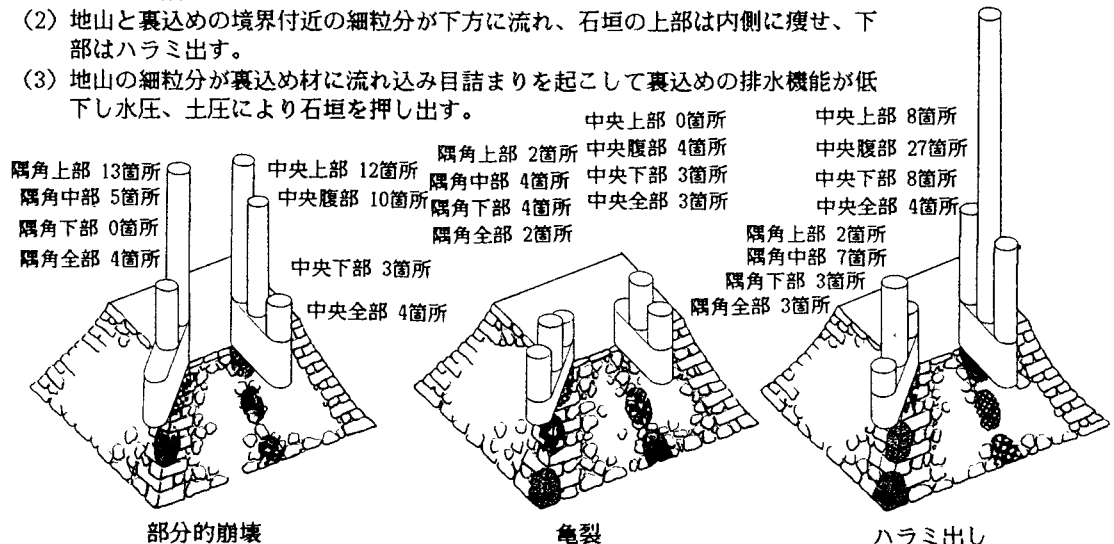


図-1 問題の場所と数

石垣の安定性には裏込めの排水機能が重要な役割を果たしている。近畿地方で広く石垣修復に関わっている石垣技術者に対する聞き取り調査から、変状をきたしている石垣では必ずと言っていいほど裏込め厚さが薄く、施工は粗末であり、栗石は目詰まりを起こしていることが明らかになった。一般に裏込めの厚さは石の控えの2.5倍以上採るのがよいとされ、水はけの悪い所では3~4倍に採られている。しかし、裏込め材料としての栗石の形状、粒度等については土質工学的考慮はなされていないのが現状のようである。

石垣背後に植生している樹木は、山林の水理作用と似て石垣の安定に寄与している場合もあるが、石垣や裏込めの周辺に繁殖している場合には厄介である。回答数の82%は、石垣天端に樹木があり、その大半が石垣安定に悪い影響を与えている。一般に石垣構造は井桁擁壁に似てある程度の水平変位に耐えうるものであるが、樹根の成長が限界を越えると石垣を押し出し崩壊の原因となる。石垣修復、維持の観点からは伐採し脱根するのが一番好ましいが、対象が文化財であるため制約を受けることが多く、石垣を積み直す場合のみ周辺樹木を移植しているのが現状である。薬剤注入により一部分だけ根を固める方法も考えられるが、これからの研究課題である。

謝辞 本調査にあたって、中村石材工業㈱、各教育委員会の方々のご意見、ご指導を頂きました。ここに記して謝意を表します。

- 【参考文献】 (1)北垣聰一郎：石垣普請
 (2)各城郭調査報告書 (3) 日本城郭大系

表-3 問題の原因

城名	部分的崩壊	ハラミ出し	亀裂
津川城	地震・樹木の根		
御物ヶ崎	樹木の根		
三石城	台風による木の倒壊		
山形城	樹木の根		
岡山城	傾み替え・構造的弱点		
高松城	隣接した鉄道の影響		
八幡城	樹木の根		
安土城	樹木の根		
上田城	経年変化		
上野城	樹木の根		
人吉城	裏込め幅が狭い		
名護町城	排水系統の不備		
岡城	石材劣化・樹木の根・裏込めの目詰まり・構造的欠陥		
丸亀城	裏込め上・排水設備・地震・豪雨・石の材質		
亀取城	台風・石の風化・樹木の根		
二条城	地震		
彦根城	裏込め・排水不備	樹木の根・排水不備	
福岡城	樹木の根	樹木の根	
薩山城	樹木の根	樹木の根	
弘前城	樹木の根	樹木の根	
名古屋城	樹木の根	樹木の根	
福山城	樹木の根	樹木の根	
赤穂城	樹木の根	樹木の根	
勝連城	樹木の根	樹木の根	
備中松山	樹木の根	樹木の根	
芥川城	樹木の根	樹木の根	