

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：31501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K01091

研究課題名(和文) 災害に備える文化財石垣の保存管理と修理技術に関する研究

研究課題名(英文) Study on preservation management and repair technique of castle stone wall prepared for disaster

研究代表者

北野 博司 (KITANO, HIROSHI)

東北芸術工科大学・芸術学部・教授

研究者番号：20326755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：築造後400年を経過して劣化が進む石垣は、近年多発する自然災害により崩壊する事例が目立つようになってきた。本研究ではまず当時の石垣技術を遺構や史料から復元して、石垣構築技術の一端を明らかにするとともに、現代の石垣修理に応用できる勾配の設計法を視覚化した。次いで、現在の石垣修理技術の由来を行政資料や技能者へのヒアリングから辿り、文化財として「歴史の証拠」と「安定した構造体」の両立を図る修理技術の課題を明らかにした。最後に、今後石垣を適切に保存していくための石垣管理フローと石垣防災の枠組みを提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

石垣の美を特徴付ける扇の勾配の設計方法を可視化したことによって、変形前のオリジナルな勾配を復元し、修理勾配の設計にも貢献できる。現在行われている石垣修理技術を歴史的にたどり、文化財保存の理念から批判的に検証した結果、文化財石垣のオーセンティシティを十分検討しないまま、活用のための補強を優先する傾向があることを指摘した。この課題に取り組むため、3段階の安定性評価と石垣管理を持続的に行うためのフローを作成し、石垣防災の枠組みの中にこれを位置付けた。

研究成果の概要(英文)：Castle stone walls have been deteriorating for 400 years since they were built, and in recent years there have been many cases of them collapsing due to frequent earthquakes and heavy rains. First, I reconstructed the slope design method, which is one of the important stone wall techniques, from the old documents and visualized it so that it can be applied to stone wall repair. Next, I traced the origin of the stone wall repair techniques from administrative documents and interviews with skilled workers, and clarified the issues of repair technology that aims to achieve both "historical evidence" and "stable structure" as cultural heritage. Finally, I presented a stone wall management flow and a stone wall disaster prevention framework for properly preserving stone walls in the future.

研究分野：日本考古学 文化財学

キーワード：石垣の築造技術と組織 石垣修理の技能 石垣修理の理念と方法 石垣の保存管理

1. 研究開始当初の背景

都市の中心部にある城跡は地域の歴史文化のシンボルであり、地域再生、まちづくり、観光の拠点として整備が進み、インバウンドも含め年々観光者数が増加している。一方で近年、大地震や大雨により城跡の石垣が崩落する事例が多発している。災害から人を守り、文化財石垣を守るためにどのような保存管理が必要なのか。

石垣を修理する際に、その歴史的価値（オーセンティシティ）の保存と安定性を担保する補強はトレードオフの関係になりがちであるが、文化財修理の理念に照らして現実的にどのように調整していけばよいのか。史跡を管理する自治体では石垣の保存管理に苦慮している。

2. 研究の目的

(1) 文化財石垣の保存修理技術の形成

文化財である石垣を後世に伝えるためには、まず築造技術への理解が欠かせない。ここでは城郭石垣の築造技術や修理技術の研究を行う。前者ではこれまで看過されてきた勾配の設計法や石積み技術を明らかにする。後者では現在の石垣修理の理念や伝統技術（設計や施工法、技能）がどのように形成されてきたのかを明らかにし、問題点を提示する。

(2) 石垣の保存管理技術

文化財石垣の保存には管理と修理という二つフェーズがある。管理では「石垣カルテ（基礎台帳）」を作成し、歴史的価値の把握と安定性の一次評価を行っていく。現在実践されている保存管理の実践例を比較検討し、適切な管理手法と石垣防災の枠組みを構築する。

3. 研究の方法

(1) に関して、近世の石切り技術と労働編成、石垣勾配の設計方法について、公儀普請で築かれた徳川期大坂城とここに石材を供給した小豆島の石丁場の遺跡を調査し分析する。勾配の設計法等について、17世紀前半の技術を記録した秘伝書を分析し、石垣修理の現場に応用できるよう視覚化する。修理技術の形成過程は文化財修理が始まった昭和40年頃から自治体の行政文書（文化庁等の関与、仕様書、設計書）等を調査するとともに、当時から史跡の石垣修理に携わった石工棟梁らへのヒアリングを行い、課題を抽出する。現状の石垣修理に対して理念やオーセンティシティ保存の観点から工法等の問題点について考察する。

(2) に関して、石垣カルテの基礎となる線画や石の諸属性を簡便にデータ化するシステムの開発を試みる。全国で行われている石垣の安定性評価の実例を分析し、評価の指標やプロセスについて考察する。また、石垣修理工事事例を分析し、それらを通して石垣保存管理のフロー、石垣防災の枠組みを提示する。

4. 研究成果

(1) 近世初期の石切り技術と勾配の設計法

幕府が主導する公儀普請では、負担平等、効率化のために大名組や家中組による重層的な労働編成が取られたが、石切り段階においても各大家は番方（軍事）組織に基づく石切組（黒田家では4人一組が単位）を編成し作業に当たっていた。公儀穴太が保持した「ノリ返し」による勾配設計法を3冊の秘伝書を分析した結果、例示される勾配に差異はあるものの、基部から1間ずつ一定の低減率で「矩」を起こしていく考え方は共通していた。高さごとの矩の違いを分かりやすく図解し、修理石垣の当初勾配の復元、修理の設計に役立てることを可能とした。

公儀普請では幕府普請奉行（公儀穴太）が大家の下奉行（穴太）を集めて、現場等で施工に関する細かな指示を与えていた。その内容は築石のサイズや根石置き、裏込め、盛土等、石垣構造全般に及ぶが、現代の石工が強調する石尻の「臈介石」に関する記述が一切見られないことに注意する必要がある。実際の石垣遺構でも臈介石は不明瞭であり、その設置を重視する現代の修理技術のルーツや安定性への効果について検証する必要がある。

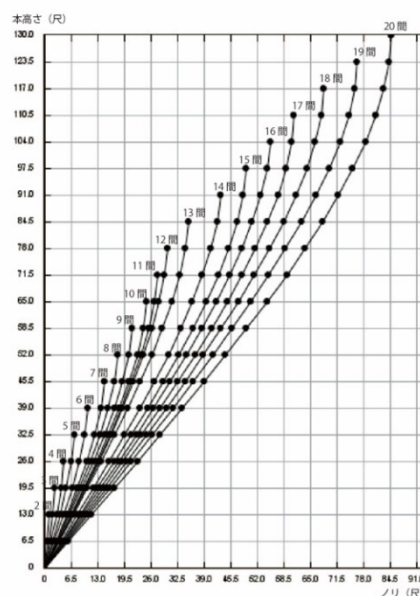


図1 秘伝書にみるノリ返し勾配

(2) 文化財としての石垣修理

文化財保護法の制定、文化財保護委員会（後に文化庁）による石垣修理は戦前から続いた姫路

城跡や昭和 29 年の大坂城跡を嚆矢とし、昭和 40 年代に国持ち大名クラスの城跡の史跡指定が進んだのを機に、各地で文化庁の補助事業として石垣修理が行われていった。その早い例である鳥取城跡や津山城跡、篠山城跡、熊本城跡の事業を調査した。

「文化財石垣保存修理技術」は国が選定する「選定保存技術」の一つである。その保存団体—文化財石垣保存技術協議会の歴代会長、副会長らは、昭和 30 年代から史跡の石垣修理を主導してきた熟練技能者であり、5 名からライフヒストリーや石垣修理技術の要点をヒアリングした。

修理現場は昭和 40 年代前半から一部でクレーンやバックホーなどの大型機械の導入が始まるが、40 年代までは二又やロクロを用い、人力主体で行われていた。昭和 40 年から始まった史跡津山城跡の石垣修理では国の技官（建造物）が修理の仕様書、設計書を作成し、特別史跡熊本城跡、五稜郭跡の石垣修理でもやはり文化庁の技官（建造物）が指導に当たっていた。解体前後の図面作成、墨打ち、古材を旧位置に戻すことなど、その原則は古い歴史をもつ木造建造物の解体修理の手法を則ったものであった。しかし、設計には表れない石積みの技能に関しては技能者らが経験的に体得してきたものを家、ないしは会社単位で継承し、積極的に外部化、明文化されることはなかった。今日的にみれば、安定性を重視した修理手法や記録保存の面で課題も残った。

一方で、現代に続く「歴史の証拠」と「安定した構造体」の両立を図る視点は、平成元年ごろから始まる石垣上での歴史的建造物の復元を契機とする発掘調査、解体調査でその顕著な成果が認識されるようになり、文化庁が主導する「全国城跡等石垣整備調査研究会」の開催（平成 15 年～）、「文化財石垣保存技術協議会」の設立（平成 20 年）、『石垣整備のてびき』（平成 27 年）へと継承され、関係者により議論が続いている。

技能者には自然石の石積み成家業としてきた方もいるが、大半は戦後、土木建築工事で多用された定型的な「間知石」を積む加工石工の流れにある。現在の技能者が語る伝統技術は、師匠からの教えと、自らが史跡の石垣解体に携わりながら経験的に獲得してきた知識と技である。

石垣修理のフローに沿って技能者から解体調査と積み上げ（基礎地盤と根石、築石、介石、裏込め、盛土、間詰石）にかかる要点をヒアリングした。ここでは詳述できないが共通点、技術系統の違いに起因すると思われる差異が認められた。技能者らが語る修理技術の要点と、石垣技術を工学的に解析する土木工学や地盤工学の研究成果を対比したところ、概ね妥当な評価が得られた。大型の介石の設置は地震時の変形抑制に役立つとする評価もあるが、工学の解析モデルは条件設定やパラメータの数値に課題があることも事実である。裏込めの栗石を手詰めにより丁寧に施工し、内部摩擦角の向上をはかるなど、伝統的な手わざによる補強方法を探ることも課題となる。

（3）石垣の保存管理と修理技術

3 次元データを活用した簡便な石垣カルテの作成について協力企業とともに研究を進めた。既存の領域分割を応用した自動輪郭抽出システムと石垣面の段彩図とともに、石垣石の番付、属性（面積・重心等）表示、目地の開き等変形の可視化の手法を検討した。現状では実用に至っていないので研究を継続する。

史跡の石垣修理は文化財修理として行われており、その理念は文化的な記念物（建造物や史跡）の修理の原則を定めたヴェニス憲章（1965 年）に由来する。国際会議「世界文化遺産奈良コンファレンス」で採択された「奈良ドキュメント」（1994 年）では修理し続ける文化遺産のオーセンティシティについて整理されたが、その指標（①形態・意匠、②材料・材質、③用途・機能、④伝統・技術、⑤立地・環境）を石垣に対比させ、現状の石垣修理を検証してみた。文化財石垣の価値である「歴史の証拠」が修理で継承されているかは「情報源の信頼性」という観点で評価するとわかりやすい。現在の石垣修理は①や②を原則としつつも、現実的にはもう片方の価値である「構造体としての安定性」＝補強を優先する場合があり、その程度には温度差がある。また、歴史の証拠は外から見える部分は重視するが、内部構造については優先順位が低い。

兵庫県南部地震ごろまでは、史跡として歴史的証拠や伝統技術を重視した修理が行われてき



図2 三層（築石・裏込め・地盤）からなる柔構造

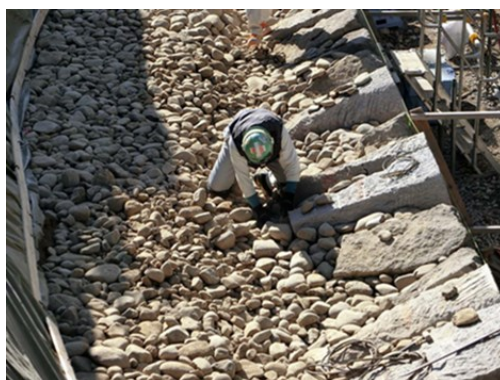


図3 手詰めによる栗石の補強

たが、近年の災害の多発や防災意識の高まりを受けて、安定性を重視する補強工法に注目が集まっている。したがって、外からは見えない内部構造（裏込め、背面地盤）において現代的な補強（ジオグリッド、グラウンドアンカーなど）が採用されるようになった。石垣は「三層からなる柔構造」という点に本質的価値があると考えられるが、複合構造物の安定解析が難しいことから、解析可能な築石、裏込め、地盤を要素主義的に評価し、修理箇所を重点的に補強している現状がある。健全な石垣がもっていた三層のジョイント部分の構造や、柔構造として石垣全体の安定バランスをどう考えるかが今後の課題である。



図4 ジオグリッドによる背面構造の補強

(4) 石垣管理フローと石垣防災の枠組み

ここでは石垣管理や修理の現場に活用できる石垣の保存管理、これを踏まえた石垣防災の枠組みを提示した。

石垣の管理は全域を対象とした石垣カルテの作成に始まり、外見により第1次診断を行う。不安定な可能性がある石垣は動態観測を継続し、変位の進行性により第2次診断を行う。人的安全性を確保するためには応急措置や石垣に近接する活用動線を見直す。文化財保存の観点から非解体の修理を志向しつつ、やむを得ない場合は解体修理に向けて地盤調査等を行って第3次診断を行う。石垣の保存は適切な管理と文化財的価値を継承した修理（整備）によって実現される。したがって、このフローではカルテ、動態観測（モニタリング）によって、ひとまず安定と判断されたものも常に日常観察を続けていく循環系となることが重要である。診断は管理者が主体となり、コンサルタントの支援や専門委員会等の意見を聞きながら総合的に判断していく。

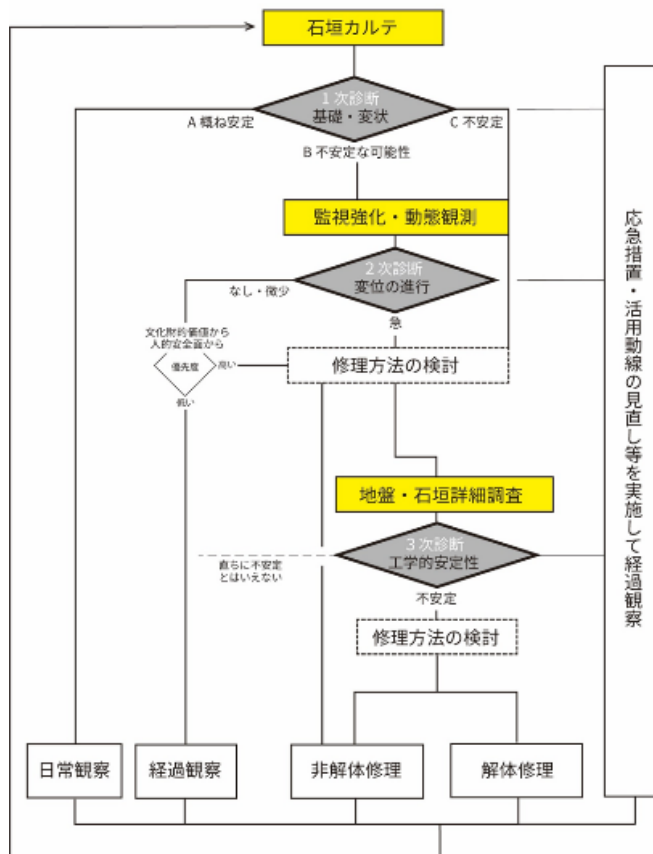


図5 石垣管理のフロー

経年的に劣化する石垣にダメージを与える災害（地震・大雨）はいつか必ず発生する。災害が起こった際に重要なのは、第1は災害対応（災害復旧）であるが、その間を通して来るべき災害への備えを蓄積することである。社会の防災力を向上させ、災害への理解を深める。ここには石垣の管理も含まれている。それによって来るべく災害被害が最小限に抑えるというサイクルである。そのためには石垣修理、災害復旧の現場を市民らに公開し防災意識の向上を図る必要があり、ハザードマップ作製が有効となろう。今回、地盤情報が豊富な小峰城跡でその作成を構想したが、現在、各種地下探査によって3次元地盤マップの作成が進んでおり、ボーリングデータと発掘データだけによる旧地形復元では十分でないため掲載を見送った。作成方法としては、これに被災履歴や崩壊石垣の飛散距離などを重ねたものとなろう。

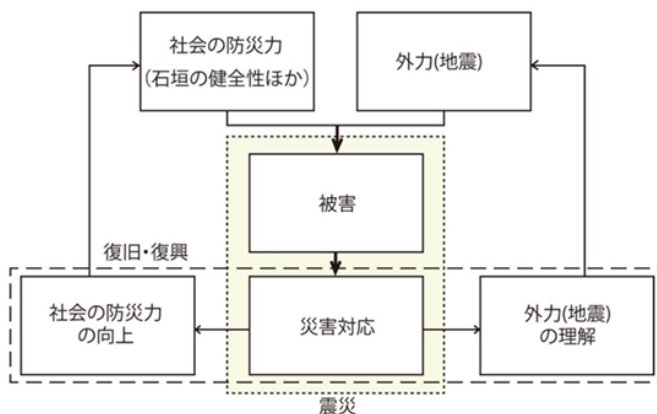


図6 石垣防災の枠組み

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 北野博司	4. 巻 29
2. 論文標題 徳川期大坂城南外堀普請の計画とその経過	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東北芸術工科大学紀要	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 北野博司	4. 巻 16
2. 論文標題 寛永5年徳川期大坂城普請にかかる大名丁場割絵図記載内容の再検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東北芸術工科大学歴史遺産学科紀要	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 北野博司	4. 巻 2
2. 論文標題 石垣の管理	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 金沢城跡石垣保存実態調査報告書	6. 最初と最後の頁 156-160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 北野博司	4. 巻 -
2. 論文標題 石垣からみた金沢城跡の魅力	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 金沢城調査研究20年の歩みとこれから	6. 最初と最後の頁 19-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 15
2. 論文標題 公儀普請の採石活動と組織	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 歴史遺産研究	6. 最初と最後の頁 29-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 令和2年度
2. 論文標題 石垣秘伝書にみる勾配の視覚化と相互比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター紀要	6. 最初と最後の頁 44-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 -
2. 論文標題 城跡における歴史的建造物の復元と石垣の保存	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日々是好日-北野博司先生還暦記念論集	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 -
2. 論文標題 石垣裏込め等がもつ歴史情報とその保存	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第17回全国城跡等石垣整備調査研究会基調講演・報告資料	6. 最初と最後の頁 3-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 41
2. 論文標題 徳川期大坂城の石垣普請における大名家中組の編成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 城郭史研究	6. 最初と最後の頁 29-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北野博司・石川楓・高橋友貴・高橋千夏・山本翔太・加藤彩花	4. 巻 17
2. 論文標題 史跡大坂城石垣石丁場跡(小豆島丁場)分布調査報告-岩谷石丁場跡南谷丁場	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 歴史遺産研究	6. 最初と最後の頁 75-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 北野博司	4. 巻 -
2. 論文標題 文化財石垣の保存技術(投稿中)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 博物館資料と文化財	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件(うち招待講演 1件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 北野博司
2. 発表標題 再築大坂城の石丁場と普請丁場における労働編成
3. 学会等名 日本城郭史学会(招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------