

資料1

石垣部会の検討状況について

第30回石垣部会

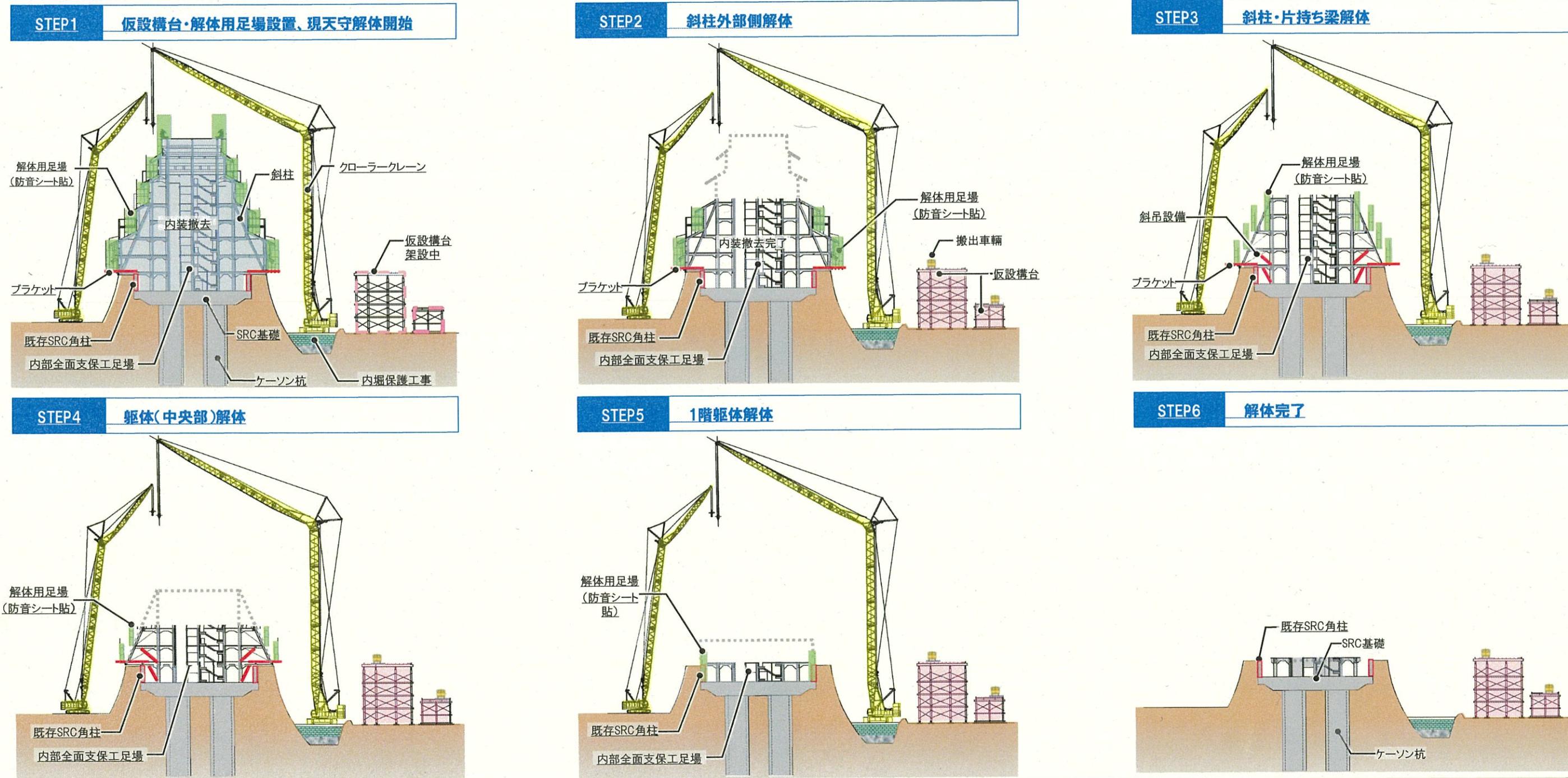
平成31年3月25日(月)

- | | |
|-------------------------|-------|
| 議題 現天守閣の解体に伴う石垣への影響について | 資料1-1 |
| 天守台石垣保存方針について | 資料1-2 |
| 石垣等詳細調査の具体的な手順・方法について | 資料1-3 |

現天守閣の解体工事計画

1-1-4 現天守閣解体工事工程表

1-1-5 現天守閣解体工事ステップ



現天守閣解体に伴う天守台石垣への影響と対策

現天守閣解体に伴う天守台石垣への影響が懸念される項目として、以下に示す内容について解析を行い、その影響の度合いを確認して対策を講じて工事を行うものとする。

- 1. 現天守閣解体に伴う除荷による地盤のリバウンド(浮き上がり)による石垣、遺構への影響
- 2. 現天守閣解体工事に伴う工事振動による石垣への影響
- 3. 現天守閣解体工事に必要な仮設物の設置による地盤変状による石垣、遺構への影響
 - (1) 大天守閣北側の内堀内および本丸内への重機設置と御深井丸への仮設構台設置による石垣、遺構への影響
 - (2) 鶴の首から内堀内および小天守西側石垣への工事車両通行および重機・仮設構台設置による石垣、遺構への影響
 - (3) 外堀養生と仮設桟橋設置による石垣、遺構への影響

1-2-1 現天守閣解体に伴うリバウンドの影響評価

(1) 現天守閣解体除荷による天守台石垣への影響検証

現天守閣を解体した場合、大きな除荷が発生する。現天守閣の荷重はケーソンを伝って地盤に支持されており、除荷された場合は地盤が浮き上るため、その影響の検証が必要となる。

[検討内容]

現天守閣の解体に伴い、建物荷重が除荷された結果、リバウンドが生じ、石垣に影響を及ぼすことが考えられることから、大天守において弾性地盤を仮定した多層近似解法※を用いたリバウンド量の試算をおこなった。試算は大天守のケーソンの先端部分となる深度(GL-26.6m)において除去される建物荷重12,000ton(基礎を含む。上部約8000t、下部約4000t)を除荷した場合の地盤のリバウンド量として算出しており、ケーソンと地盤との周面摩擦による荷重伝達は考慮していない。なお、周面摩擦等を考慮した場合、地盤の変形曲線はより緩やかになるため、石垣への影響は更に軽減されると考えられる。

[検討結果]

大天守において建物荷重を除荷した場合、支持地盤が上方に浮上する現象が生じ(以下、リバウンド)、ケーソン先端の深度(GL-26.6m)の地盤において最大約7cm、ケーソン外端の位置で約2cmのリバウンドが生じる結果となる。一方、石垣上端の位置でのリバウンド量は約1mm、石垣根入れ部の位置ではさらに小さい値となるため、建物荷重の除荷による地盤のリバウンドによる石垣の構造安定性に対する影響は軽微なものと考えられる。
(図3-1-3)

※多層近似解法とは、半無限弾性体における弾性解を多層地盤に適用した近似解法で、地盤の鉛直変位は、各土層上下端の鉛直変位を半無限弾性体の表面に長方形等分布荷重が作用した場合における長方形隅角部の変位として計算した値から層別変位を求め、層別変位の和として求められる。

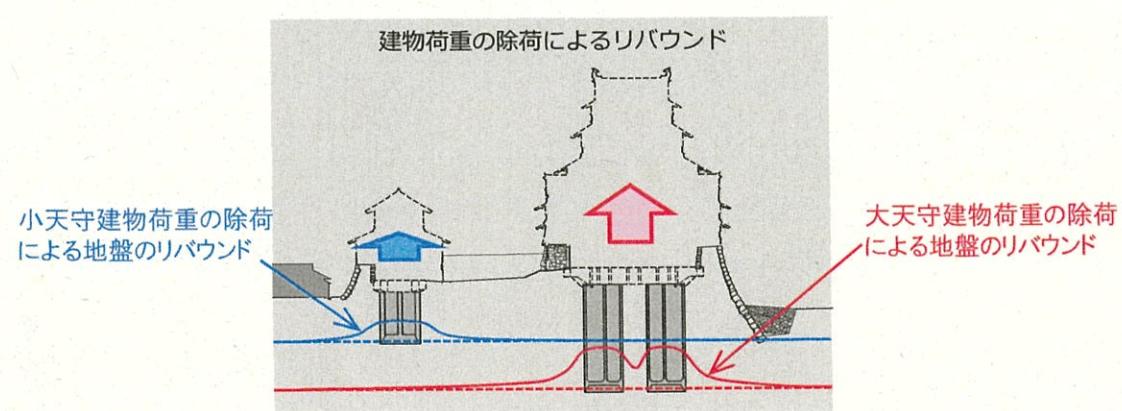


図3-1-1 リバウンドの概念図

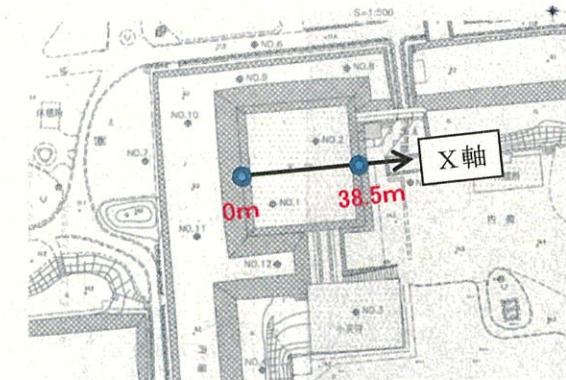


図3-1-2 リバウンドの試算位置 (大天守)

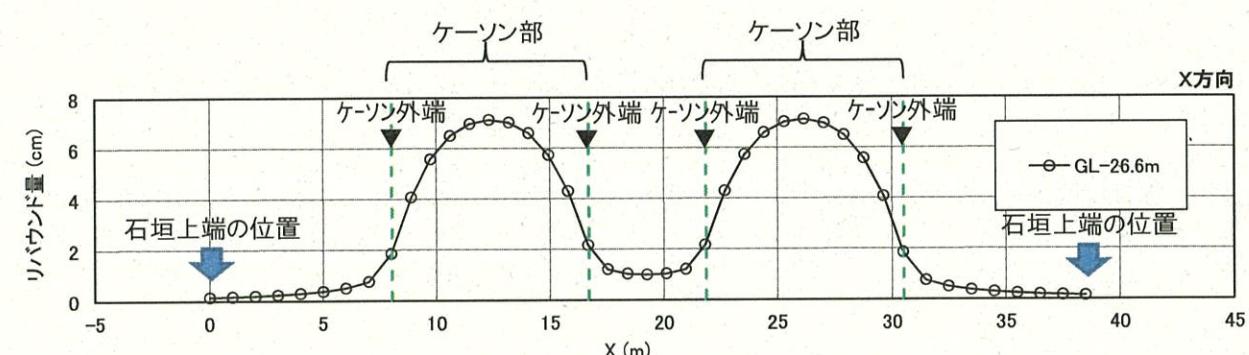


図3-1-3 多層近似解法によるリバウンドの試算結果 (大天守)

(2) リバウンド影響への対策

現状ではリバウンドの影響については対策は必要ないと考える。

ただし、工事期間中は石垣のモニタリングを行うものとする。モニタリングは有識者に意見を伺い、具体的な計画を策定する。基本として石垣変動のバイオリズムを事前把握の上、石垣の変状発生の目安とする。また、割れている築石や孕み部分は計測対象として監視する。仮設構築物設置による影響を最も受ける部分(軽量盛土下部、軽量盛土上部)にも計測点を設けて監視する。

なお、石垣モニタリングを実施するにあたり、事前に管理値を設定し、孕み出し等、大きな変状が発生した場合には大型土のうによる押さえ込み等、必要な対策についても想定しておくべきものとする。

現天守閣解体に伴う天守台石垣への影響と対策

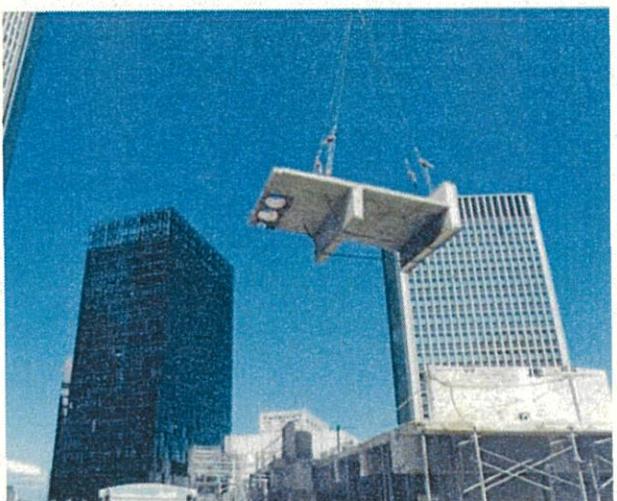
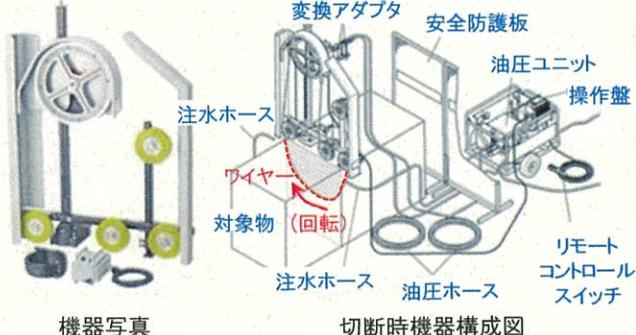
1-2-2 工事振動による天守台石垣への影響評価と対策

(1) 振動による天守台石垣への影響を軽減する工法

現天守の解体時に、解体片の落下による石垣や構造の毀損を回避するとともに、石垣への振動影響を低減するため、大きな振動を与える一般的なブレーカーを使用する解体方法ではなく、発生振動の小さい切断工法(ワイヤーソー工法・ウォールソー工法)によるブロック解体を採用する。

1) ワイヤーソー工法(切断工法)

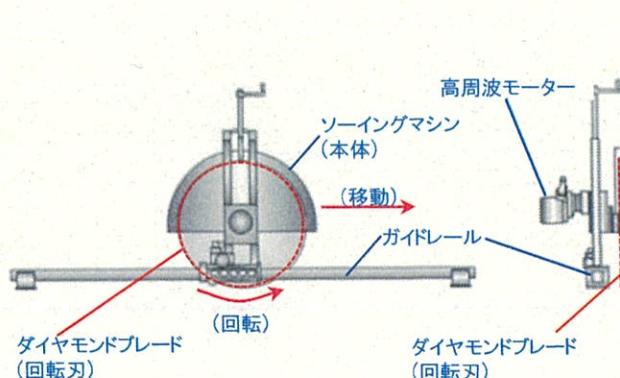
ダイヤモンドビーズをはめ込んだワイヤーを切断対象物に巻き付けて駆動機により張力を与えながら高速回転させて対象物を切断する工法である。ワイヤーソーは屈曲性に優れており複雑な形状物、高所等あらゆる場所で現場条件に合わせた施工が可能である。切断作業は低騒音、低振動、低粉塵である。



ワイヤーソーによるブロック解体場面

2) ウォールソー工法(切断工法)

切断計画面にガイドレールを設置し、ダイヤモンドブレードのセットされたソーアイングマシンがガイドレールを移動しながら高周波モーターにより対象物を切断する工法である。ガイドレールを使用するため、ガイドレールに沿った正確な位置と設定厚さで切断が可能である。切断作業は低騒音、低振動、低粉塵である。



ウォールソーによる切断状況

(2) 石垣に影響を与える振動レベル

振動が石垣に与える影響について、許容値が明確でないため、表3-2-1に示す「気象庁震度階級と振動レベルの比較」を参考に、振動を地震における震度階級に置きおして考察を行った。また、過去の名古屋城における地震による被害記録より、震度4程度では大きな被害が出ていないことが分かるが、間詰め石等の落下記録まではないことから、工法の選定にあたっては大型重機移動の際の振動を考慮して、安全側の判断として震度1程度以下の振動レベルに押されることとした。

この基準を満たす工法として、振動レベルが60dB以下となるコンクリート圧碎機やコンクリートカッター(ワイヤーソーを含む)が挙げられる。

表3-2-1 気象庁震度階級と振動レベルの比較

(出典:(財)日本環境協会)

振動レベル (デシベル)	震度 階級	被害損傷の状況	
		人間	物
110以上	7	揺れに翻弄され、自分の意志で行動できない	
105~110	6	立っていることが困難になる	
95~105	5	多くの人が、行動に支障を感じる	
85~95	4	一部の人は、身の安全を図ろうとする	
75~85	3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる	
65~75	2	屋内にいる人の多くが揺れを感じる	
55~65	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる	
55以下	0	人は揺れを感じない	

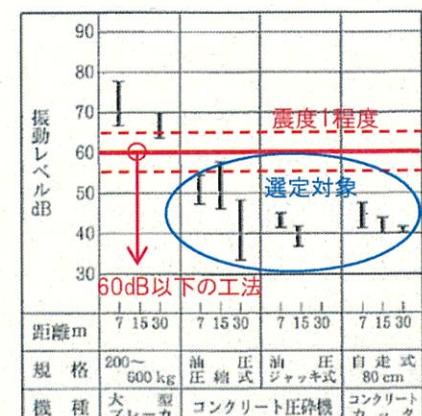


図3-2-1 解体工事による振動レベル例

表3-2-2 名古屋近傍の震度4以上の地震と名古屋城被害
(気象庁地震データベースより)

地震の発生日	震央地名	M	名古屋最大震度	名古屋城における地震被害情報の有無
1923/9/1 11:58	神奈川県西部	M7.9	4	無
1927/3/7 18:27	京都府北部	M7.3	4	無
3/1944/12/7 13:35	三重県南東沖	M7.9	5	無
4/1945/1/13 3:38	三河湾	M6.8	4	無
5/1946/12/21 4:19	和歌山県南方沖	M8.0	4	無
6/1948/6/28 16:13	福井県嶺北	M7.1	4	無
7/1952/7/18 1:09	奈良県	M6.7	4	無
8/1971/1/5 6:08	遠州灘	M6.1	4	無
9/1997/3/16 14:51	愛知県東部	M5.9	4	無

表3-2-3 名古屋城の地震被害記録(愛知県防災局HPより)

名古屋城における、主な被害記録を「名古屋市史」「愛知県災害誌」から抜き出してみると、石垣や土塹の崩壊が多く発生しています。

寛文9年(1669) 地震	石垣が少し崩れた(災害誌)
宝永4年(1707) 宝永地震	土塹、櫓はほとんど損傷した(市史)
享和2年(1802) 地震	本町門の石垣崩壊(災害誌)
嘉永7年(1854) 安政東海・南海地震	三の丸の門、高塙などが倒壊し、武家屋敷147カ所も損壊が見られた(市史)
明治24年(1891) 濃尾地震	本丸・深井丸・二之丸周囲の石垣上の多門櫓は壁、屋根等に大損害を受けた(災害誌)

(3) 工法の選定と対策

図3-2-2に切断工法、図3-2-3に大型ブレーカー工法による振動予測例を示す。

地階解体時の直近の石垣における振動レベルは、ワイヤーソーを用いた切断工法では49dB(震度0)と予測される。一方、大型ブレーカー工法では87dB(震度4)が予測される。以上より、解体工事は切断工法によるブロック解体を採用する。

振動影響対策として工法選定のほかに、工事中は振動計を設置して振動が管理値内であることを常時計測しながら工事を行い、管理値は大型重機の移動時も配慮して震度1以下とするために上限を60dBとする。なお、現天守は耐震性能が不足している建物であり、そこで行う工事であることから、労働安全衛生法等関係法令に基づき、作業員等の安全確保のための対策を講じるものとする。

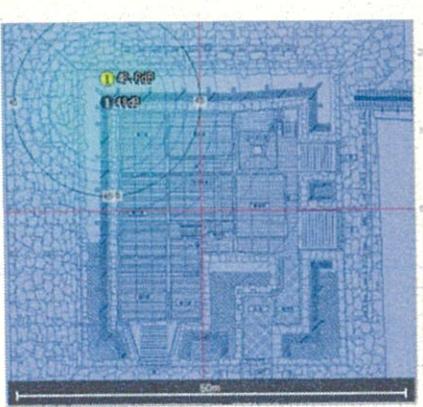


図3-2-2 切断工法の振動予測
振動レベルの予測値 49dB(震度0)

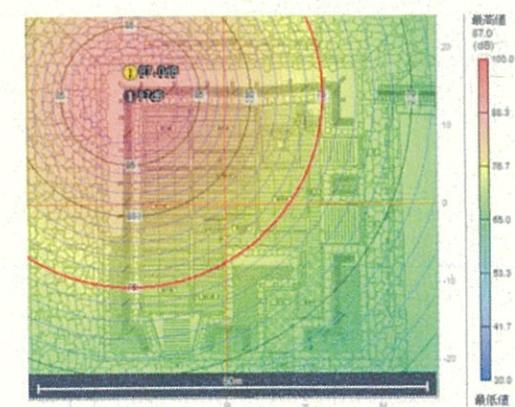


図3-2-3 大型ブレーカー工法の振動予測
振動レベルの予測値87dB(震度4)

天守台石垣の保存方針

1 天守台石垣保存方針について

1-1 石垣保存の基本的な考え方

本市では、平成30年5月に「特別史跡名古屋城跡保存活用計画」を策定し、名古屋城の歴史的価値を後世へ確実に継承していくため、「保存」「活用」「整備」及び「管理運営・体制」に関する今後の方針を定めた。

この中で、石垣の保存管理方法については、現存遺構の適切な保存管理、石垣カルテの作成による現況把握、その結果から修理の優先度の高い部分に対する原因の把握、それに対応する保存・修復の検討等を実施していくことを示した。

これを受けて、石垣カルテの作成、史資料調査等の十分な調査研究に基づく石垣の現況把握と評価及び史跡の本質的価値を構成する要素である城内石垣全体の保存管理を厳格に行っていくこととしており、現在、その具体的な方針策定に向けて、現況調査を進めているところである。

1-2 天守台石垣保存方針の策定をめぐって

天守台石垣については、本丸地区の整備を検討する中で、平成24年に調査を実施し、現状の把握を行った。さらに、平成29・30年度にも天守台石垣全面及び内堀に面した石垣を対象とした現状を確認する調査を実施しており、石垣保存の方針をまとめ得るだけの情報が蓄積されつつある。

天守台石垣の保存方針は名古屋城全体の石垣保存方針と不可分のものではあるが、天守台石垣上の、現天守閣の耐震性能が低い点などの課題に対応する必要があるため、全体の方針に先行して整理する。

これまでに行った天守台石垣の調査成果を取りまとめ、現況の問題点を把握したうえで、具体的な保存方針を定める。

調査種別		調査の具体的な内容・手法
石垣測量	(1) 石垣立面図作成	作成したオルソ図を基に立面図を作成。
	(2) 石垣縦横断図作成	立面図を作成した石垣について、1m間隔で断面線を作成する。
	(3) 石垣平面図作成	石垣平面図を作成する。
	(4) 石垣オルソ作成	オルソ(正射写真)を作成する。
	(5) 石垣三次元点群データ作成	三次元レーザースキャナを用いて、石垣の三次元点群データを作成する。
	(6) 可視化図作成	三次元点群データをもとに、測量基準軸からの単点値を10cm格子で抽出し、センター・マップ化した立面コンターマップとその段彩図、勾配基準線からの変化量を10cm格子で抽出し分布図化した孕み出し量図等を作成。
石垣現況調査	石垣現況(健全性)調査	石垣の孕み出し領域、築石や間詰石の割れや抜け落ち、築石の劣化、積み直しの痕跡などについて、目視による調査を行う。
	石垣カルテ作成	石垣の面ごとに、石垣の現況を記録したカルテを作成する。
	石材調査	石材一石ごとの岩石種、加工状況、刻印や墨書きの有無、矢穴の有無などを確認する。
		石材の観察については、岩石種、岩石に含まれる鉱物を確認する。 現地で石材チェック表を作成し、石材カードとしてデータベース化する。
	石材劣化度調査	石材一石ごとの劣化度について、目視及び打音により調査を行う。
	石垣レーダー探査	石垣背面の裏込め等の状況確認のため、レーダーによる探査を行う。
発掘調査	ビデオスコープ調査	築石背面の状況確認のため、レーダー探査に加え、ビデオスコープによる確認を行う。
		石垣の根石の変状の有無、根切の状況の確認、堀内の堆積状況などを確認するため、発掘調査を行う。大天守台周辺、小天守台周辺で合わせて17地点。
	穴藏石垣の背面構造を確認するため発掘調査を行う。	
モニタリング		反射対標、石垣ゲージを設置し、2か月に1度計測を行い、石垣の変動を確認する。
史実調査		文献史料、写真等の検討により、天守台石垣の歴史的経緯、修復の履歴などを検討する。
地盤調査		ボーリング調査を実施し、天守台付近の地盤を調査

2 天守台石垣の調査

ここで対象とする石垣は、大小の天守台の外面及び内部（穴蔵）石垣及びそれをつなぐ橋台部の石垣、また天守北側及び西側内堀の外側（御深井丸側）の石垣である。それぞれの石垣に、図1及び2のように管理番号を与えた。

保存方針を示すにあたっては、これまでに行ってきた現況把握のための調査の成果に基づき、天守台石垣の課題を把握したのち、その課題への対応を含めた保存の方針を整理する。

行った調査は、天守台石垣について残された記録類の検討（「史実調査」と呼ぶ。）と、石垣カルテに整理する現況調査、測量調査や、根石などの発掘調査の現地調査である。行った調査の概要は、表1に整理する。

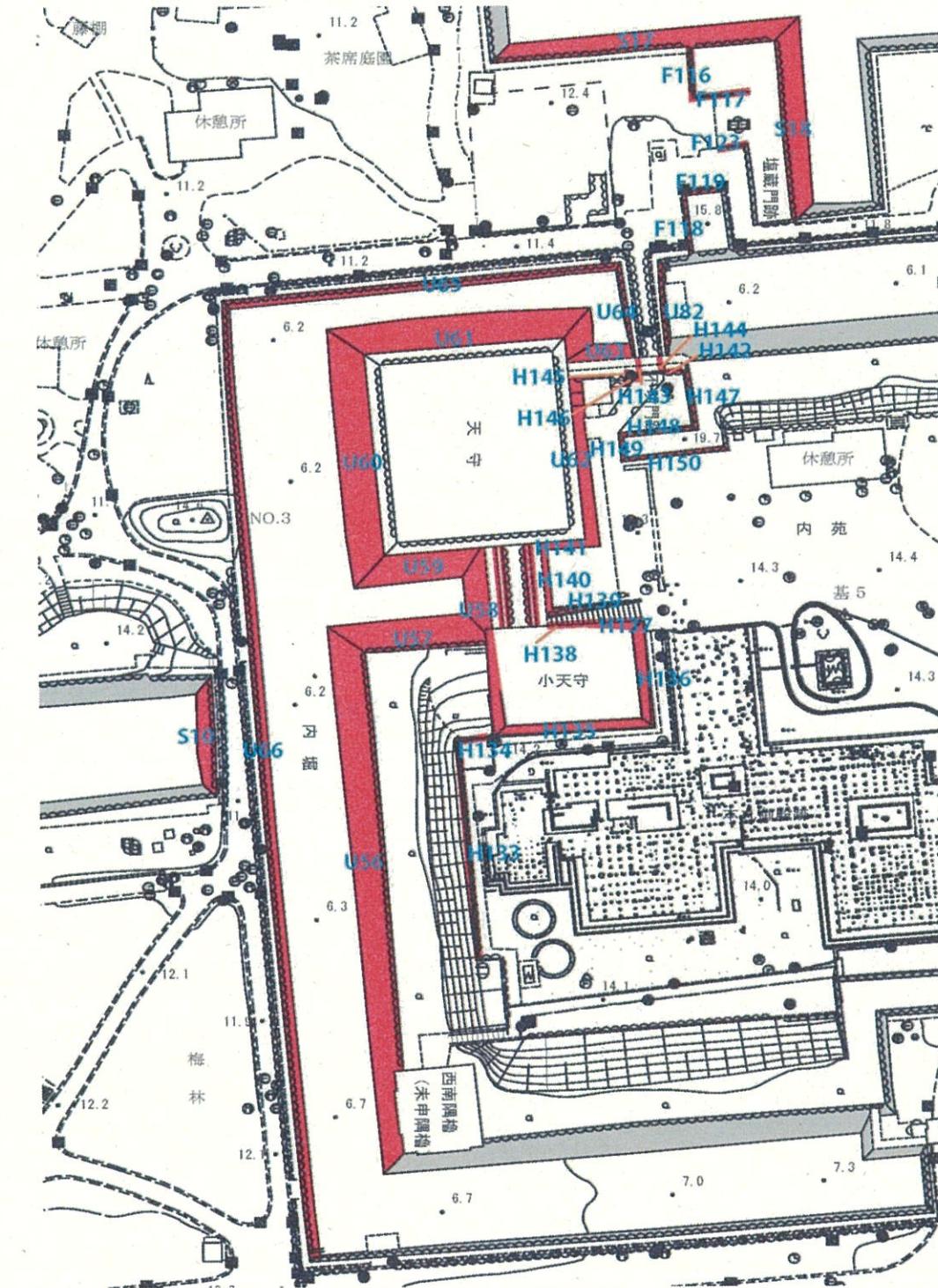


図1 天守台外部石垣管理番号

天守台石垣の保存方針

2-5 天守台石垣調査まとめ

天守台石垣等について行った各種の調査結果を整理する。

<石垣の積み替え範囲の確認>

- ・宝暦の大修理
これまで文献的な研究により示されていた宝暦期の積み替えの範囲を、現地調査によって追認することができた。

・現天守閣建設時の積み替えの確認

現地での確認、古写真との比較から、天守台各面の上位に昭和34年に竣工した現天守閣建設時に取り外され、積み替えられた目地を確認した。写真で判断されるものと、現地で観察されるモルタルなどの痕跡はわずかに異なっているが、それぞれ異なった根拠に基づいているため、今回は敢えて整合させることはせず、分けて図示している。

・慶長期の作業単位の確認

積み替えられた範囲を検討する際に、慶長期の石垣の中に、積み方などから目地を認めた。大天守台北面の東部などが典型的であるが、大天守台の、慶長期の石垣が残る範囲ではほぼ同じ高さに目地を認めることができる。天守台の形成方法を示している可能性がある。

・内堀外側の石垣の状況

内堀外側（御深井丸側）の石垣については、何度かの積み替えの痕跡が確認できる。積み方から見て近代以降と思われるところも多い。明治24年に木子清敬が残した図面と対比すると、濃尾地震の際に積み直した箇所があることも想定できる。

・穴蔵石垣の積み替え

昭和27年から行われた石垣の積み替え工事の際の図面から、根石まで改変された可能性が考えられる。

現況調査の結果からも、穴蔵石垣の大半は昭和に積み替えられていることが確かめられた。現天守閣を支えるケーンの上位にあたる部分は根石まで改変されていることは確実であるが、その範囲から外れる部分に関しては、戦後の石垣積み替えの状況をとどめている可能性があり、その部分の根石については近世以来変わっていない可能性も残している。

また、現在の築石の中に、被熱したものも見られるため、石材の再利用が行われたことがわかる。

<天守台石垣の勾配について>

- ・名古屋城の宝暦期の修復の際に残された記録には、天守台石垣の勾配を記録したものがある。「遣り方図」と総称されるその図面は、修復時の天守台石垣の勾配を写し取ったもので、それに基づいて、石垣を修復したものと見られている。
- ・今回の調査では、測量を行い、縦横の断面図を作成したため、文献の記録に残された勾配と現状の石垣の勾配を比較検討する機会となった。
- ・比較の結果、「遣り方図」に示されている石垣勾配と、測量によって得られる現在の石垣の勾配は、一致しない。
- ・天守台石垣の勾配を考える上で、こうした記録類との不整合をどのように解釈するか、課題として残っている。
- ・なお、最も変状が少ないと見られる地点の縦断図を、その面の基準となる勾配として、段彩図を作成した。

<石垣根石の確認>

- ・発掘調査および地盤調査の結果、天守台石垣は熱田層上部砂層を基盤層として築かれていることを確認した。
- ・発掘調査の結果によれば、天守台石垣の根石は基本的に、あるべき位置から動いておらず、変状は見られない。
- ・宝暦期の修理の痕跡を認めた地点でも、おおむね地下一石目以下は慶長期の石積みが残されていると思われた。
- ・内堀外側の石垣面(U66)において、根石の前を抑える盛土が確認できなかった地点がある。根石付近まで盛土が削平されている可能性がある。
- ・穴蔵石垣の根石については確認できておらず、今後の調査により確認する必要がある。

<内堀内の調査>

- ・北側の調査区では、擾乱を受けた表土層が厚く堆積しており、堀底面の安定状況を確認する必要がある。

<天守台石垣変状・劣化状況>

・調査成果から、天守台石垣の現状を特にその変状・劣化状況に着目して整理すると、石垣の現状は次のようにまとめられる。

- ・天守台外部石垣各面の上位は、昭和34年の現天守閣建設時に改変が加えられており、近世の姿が失われている。①
- ・穴蔵石垣の現状で確認できる範囲は、ほぼ戦後の積み直しである。根石については現時点では観察できず確認できていない。②
- ・大天守北面(U61)には強い孕み出しが認められる。この孕み出しが明治25年には指摘され、大正時代の図面でも確認できる。約100cm孕み出しており、孕み出し指数は10、不安定な状態と評価される。③
- ・また、橋台西面(U58)でも孕み出しがみられ、それに連続して西に延びるU57でも孕み出しがみられる。原因や孕み出しの経緯については不明である。④
- ・大天守南面・西面(U59・60)、東面(U62)、橋台部東面(H140)、小天守東面(H136)には、中位以下に広範な被熱範囲が認められ、石材の表面が剥落したり、割れているなどの変状・劣化が認められる。⑤
- ・隅角石に顕著であるが、石材に割れが生じている。大天守台北西隅角部ではいくつかの石に割れが観察できる。また、大天守台の南西隅角部天端石なども割れている。⑥
- ・天守台石垣の上位から中位にかけて、築石間にモルタルやセメントを詰めたり、流し込んだりした痕跡が広範囲にみられる。⑦
- ・その他、特に顕著な部分は指摘できないが、各所で間詰石の欠落が認められる。⑧
- ・大天守北側の内堀内では、戦後に廃材などを埋めたこと等により、堀底が擾乱されている可能性がある。⑨
- ・天守台石垣とは内堀を挟んだ対岸側（御深井丸側）の石垣は、濃尾震災の際などに積み替えられており、旧状をとどめていない。また間詰石の抜け落ち等が見られる。⑩

3 天守台石垣の変状・劣化状況の分析

現況調査の結果に基づき、天守台石垣における変状・劣化状況の具体的な状況の把握に努めた。特に顕著なものについて、今後の対応策を考えるために、更に検討を加える。

3-1 天守台石垣におけるモルタルの状況について

各面において、現天守閣建設の際に、築石間にモルタルが施されていることが確認された。観察されるモルタルの状況から、モルタルが施された状況を検討する。

モルタルは練積状に築石と築石の間を埋める形で検出されるもの（練状）と、石垣表面から注入されたもの（注入状）に大別した。練状のモルタルは上部に集中して検出されている。検出深度は比較的深い。

注入状モルタルは天端部から裾部まで全体的に認められる。検出深度は浅く、石垣表面付近に施される場合が多い。練状と呼んでいる痕跡は、築石を積み際に施された可能性が高く、一方注入状は外部から流し込まれた可能性が高い。

こうした前提で各面での確認状況を検討すると、練状は中段の上位以上に多く、現天守閣再建時に取り外され、積み替えられた際に施された範囲と近い。一方、注入状は上部から下部まで満遍なくみられる。全体にわたって外部から注入されたことを反映していると見られる。

石垣の保存の上で重要な、これらのモルタルの量について正確に把握することは難しいが、モルタルが確認された地点でも、ビデオスコープはさらに奥まで挿入することができた。こうした観察結果からも明らかのように、モルタルが築石間が密に充填されている状態ではない。

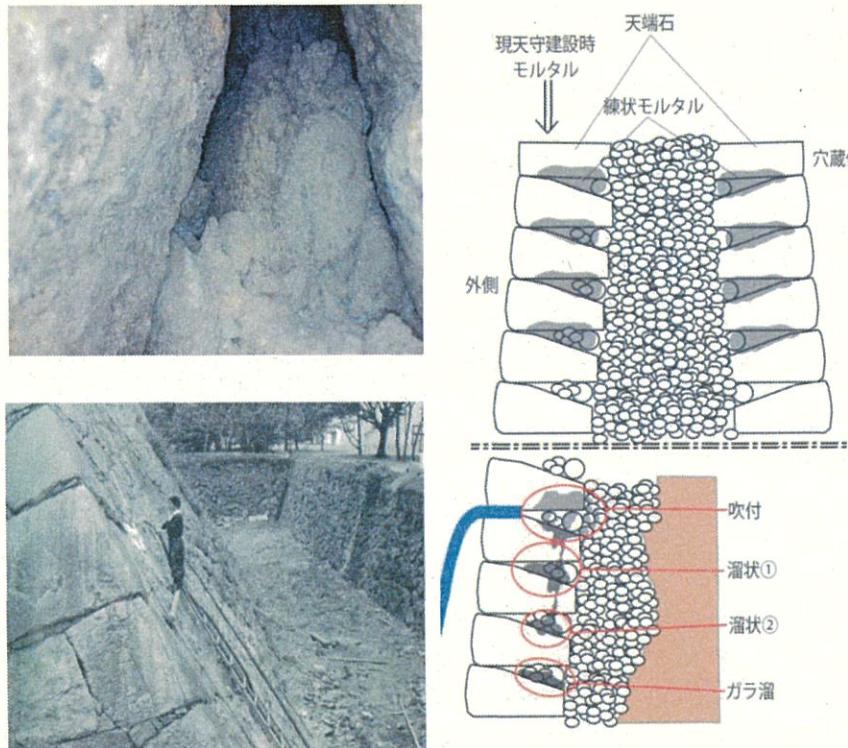


図19 モルタル分類基準

練狀

築石間の固定・補強を目的に、積み直し時に築石と築石の間に詰めたモルタル。塊として詰められている。天端部から中段上部までに認められ、穴藏石垣にも確認されている。

注入物

SRC天守閣復元時に石垣の補強・補修としてモルタルが注入された。流体のモルタルをホースにて石垣目地より内部へ注入している。乾燥後の形態により4つに細分した。

- ・注入状_吹付：吹付状に付着したものもしくはそれが溜まったもの。
 - ・注入状_溜①：注入が最初に溜まったもの。骨材（小石、砂等）多め。
 - ・注入状_溜②：溜①がさらに流れ溜まったもの骨材少なめ。

ガラ溜り

モルタル片が溜まつたもの。

名古屋城天守台石垣調査 大天守台西面 (U060)

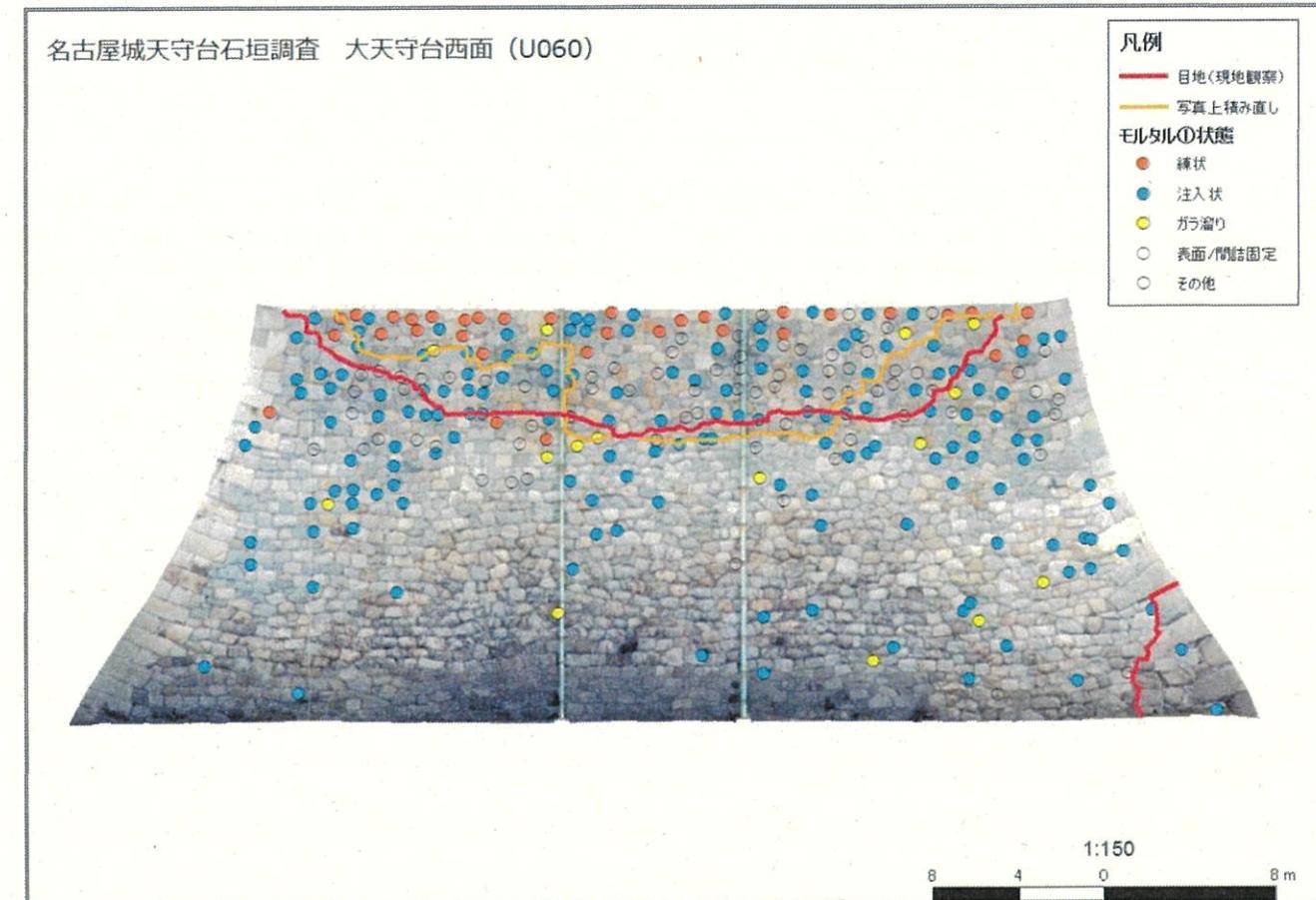


図20 U60モルタル検出状況

名古屋城天守台石垣調査 U61



図21 U61モルタル検出状況

天守台石垣の保存方針

3-2 大天守台北面の孕み出しの分析

孕み出し現況

孕み出し範囲は、大天守台石垣（U61）の東下端より西方向へ18m程度、高さTP11m程度を中心に幅12m程、高さ8m程にわたる（図22・23）。①

孕み出しが慶長期の石垣と宝暦期の修理した石垣の境界にまたがる。②

最も孕み出している部分は慶長期の石垣にある。③

孕み出しの高さ方向の天端はおおよそTP. 13m程度であり、慶長期石垣の目地と重なる。④

最も孕んでいる孕み出し部分の下端は凡そTP. 7m程度で、堀底地盤面までは達していない。⑤

孕み出し範囲の西側では、孕み出しの高さ方向の下端は現状堀底面に達しているが、発掘調査D区では石垣に変形は認められていない。⑥

孕み出し部東側は慶長期の石垣に相当し、孕み出しが顕著に認められるが、孕み出し部西側は宝暦期の石垣に相当し、孕み出しへ緩やかにつながっている（すりつけられている）。⑦

レーダー探査状況では特に孕み出し部のみ栗石層の緩みが認められる状況ではない。⑧

縦横断図の観察では、孕み出し部の上部で孕み出しに起因すると考えられる窪みは認められない。また、コンターマップで見ても、孕み出し部分の上位のコンターは水平で、窪んでいる様子は見受けられない⑨

孕み出しの経時的状況

慶長17年（1612）創建の名古屋城大天守は、寛延3年（1750）頃には、天守台石垣の孕みや大天守本体の傾斜が著しくなり、ついに宝暦2年（1752）から同5年まで4年間にわたる大修理が行われた。⑩

明治24年（1891）の濃尾地震の後、内匠寮技師の木子清敬が名古屋城内の被災状況を調査し、図面を作成しているが、大天守台北面には何も記されていない（地震により孕んだとは認識されなかったという可能性は残る）。翌25年に木子は再び調査を行い、天守台北側石垣の孕み出しを指摘している。⑪

濃尾地震後の大正15年に孕み出し状況が計測されている。⑫

昭和16年には名古屋城管理委員会において、市長から孕んだ時期を問われた本市土木局職員は、明治24年ごろと聞いている、と答えている。⑬

平成24年の調査の際の測量データ、と平成30年の計測データの間には、石垣の変動によると見られる変化は認められない。・・・⑭

昭和34年（現天守竣工）から現在まで、60年弱経過しているが、石垣と現天守外壁面とのひび割れ幅は最大14.6mm。建物と石垣の挙動が違うためと考えられるが、石垣の挙動は大きくない。⑮

現天守の堅樋は石垣面にモルタルで固定されており、目視の結果、モルタル等に変状は認められない。・・・⑯

考えられる孕み出し経緯

ア 宝暦の大修理に修正しきれなかった孕み出しが残存、現在に至る。

宝暦以前の孕み出しの中心は、現在よりも石垣中央部にあり、宝暦の大修理の際に補修された（根拠：②⑤⑥）。

現在の孕み出しが宝暦の修理の際に取りきれなかった孕み出しの残存部であり、宝暦期の石垣では孕み出し部に摺合せて補修してあるため、緩やかにつながって見える（根拠：⑦）。

・孕み出し部が窪んでおらず、レーダー探査成果でも特異な栗石の空洞は認められない（根拠：⑧⑨）

明治24年に孕み出しが図に示されていないことは、濃尾地震で孕み出したとは認識されなかったと考えることになる。

イ 濃尾地震後に孕み出した。

明治24年に、木子清敬が作成した記録には、大天守台北面の孕み出しが記録されておらず、翌25年には孕み出しが注意されていることから、この間に孕み出した可能性がある（根拠：⑪⑬）。

しかし、これが経緯であるとすると、観察される所見をうまく説明できない。

孕み出しの進行

平成24年の断面図と今回の断面図では顕著な違いは見られない。また、石垣に固定された堅樋の状況などから見ても、孕み出しが進行している状況ではないと判断される。

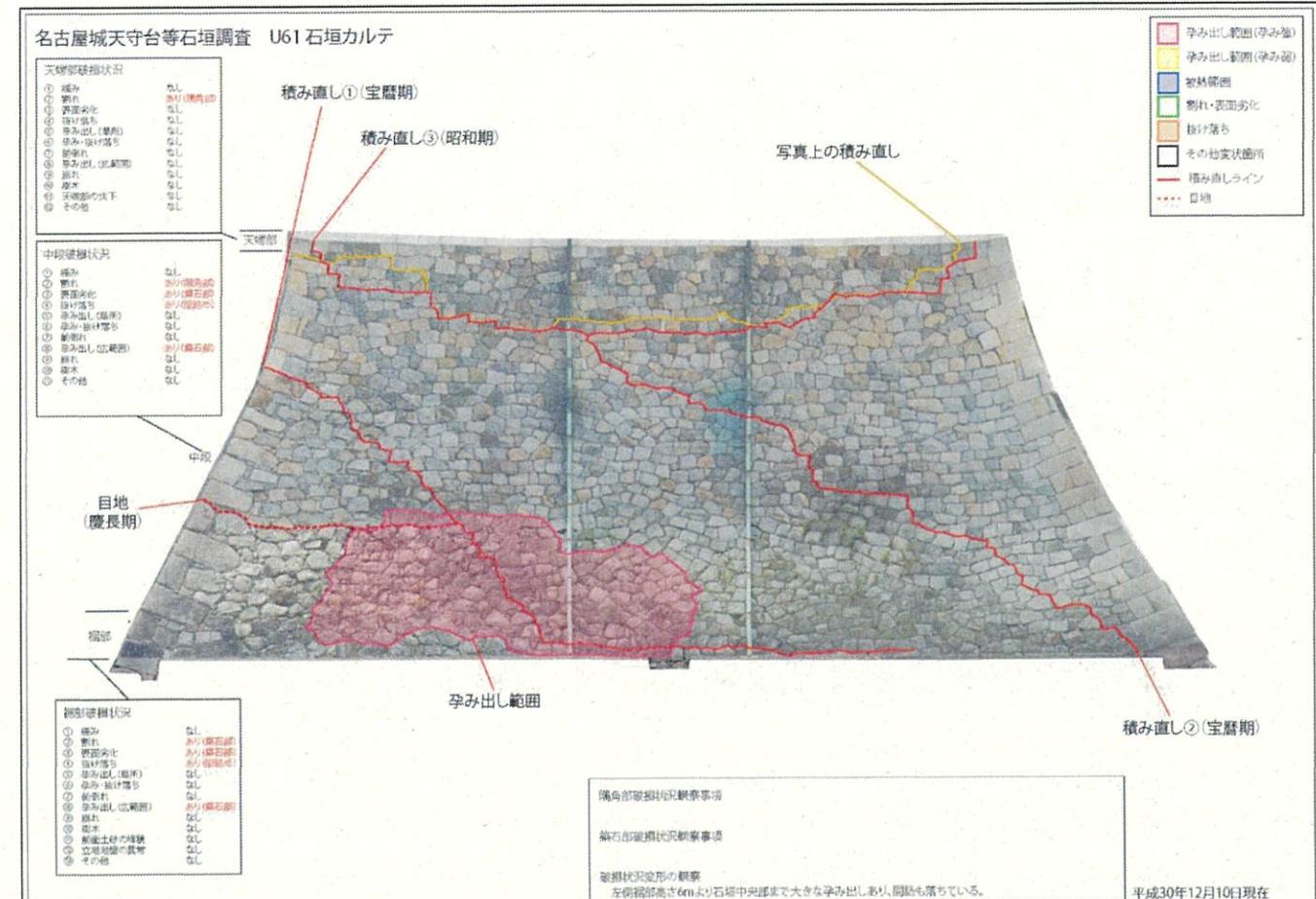


図22 U61石垣カルテ

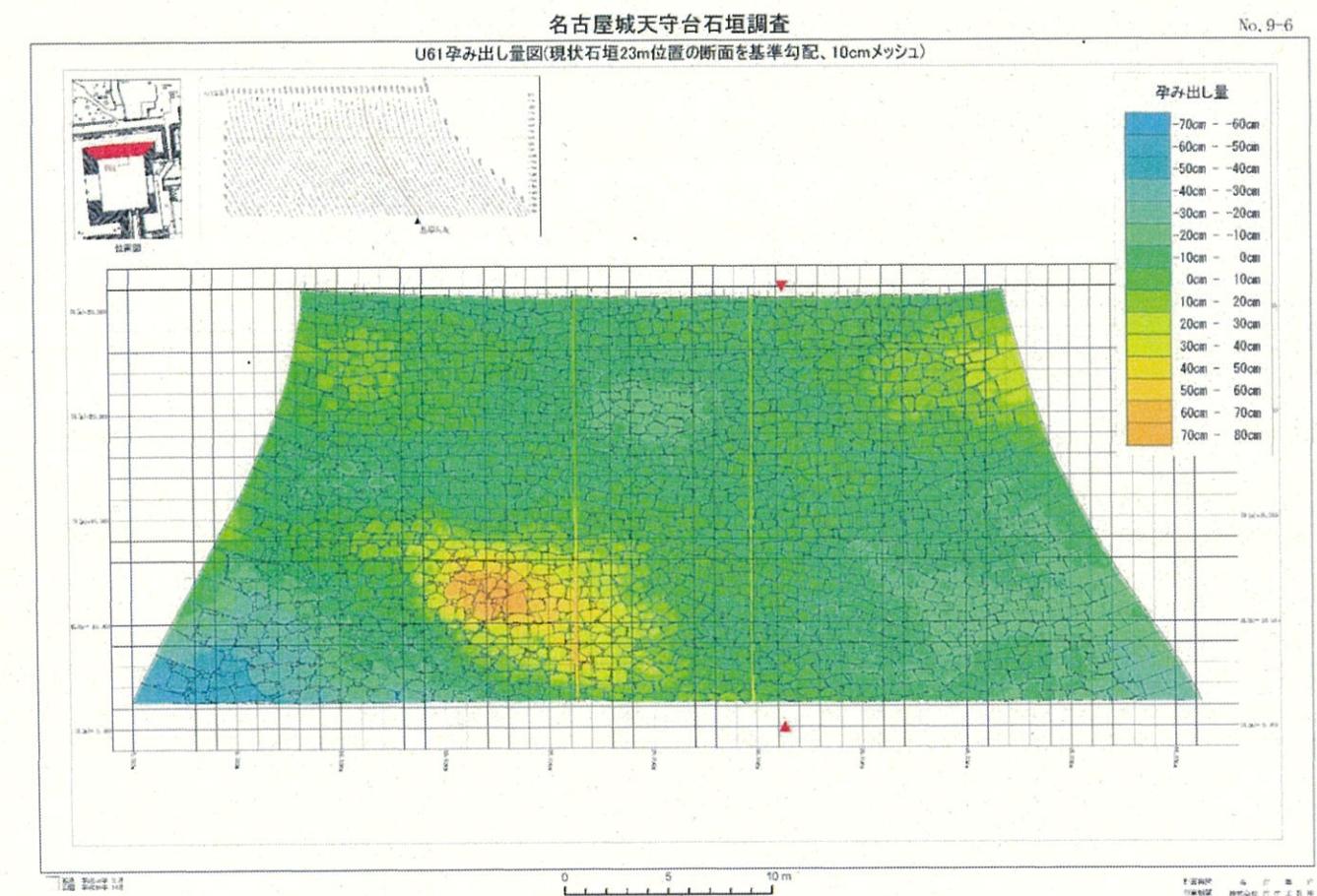


図23 U61孕み出し量図

名古屋城天守台等石垣調査 レーダー探査・ビデオスコープ結果（速報）

目的

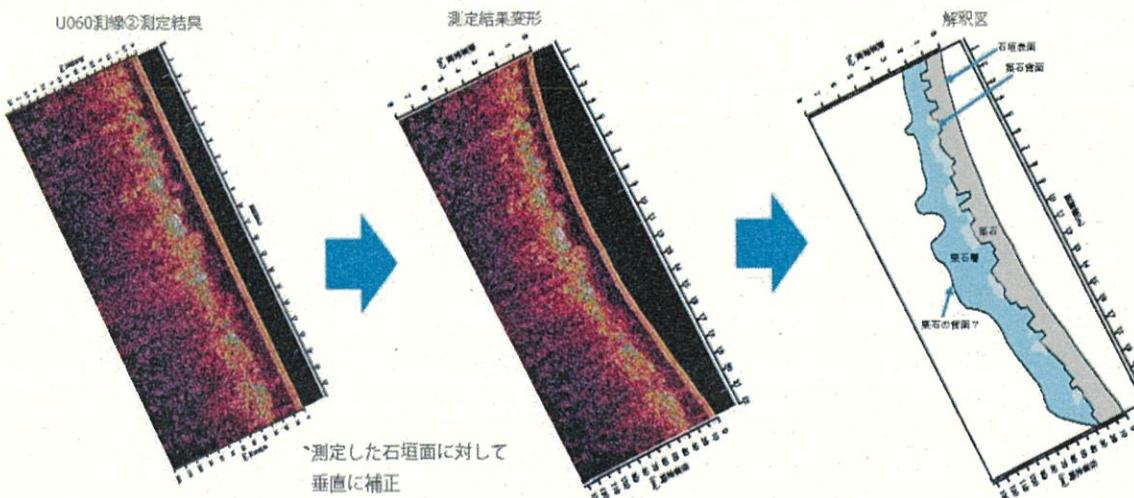
レーダー探査測線解析結果とビデオスコープ調査との対比を行う。
築石長、栗石層厚を推定し、背面盛土の崩落の有無等の確認を行う。

レーダー探査による築石長、栗石層厚の推定値

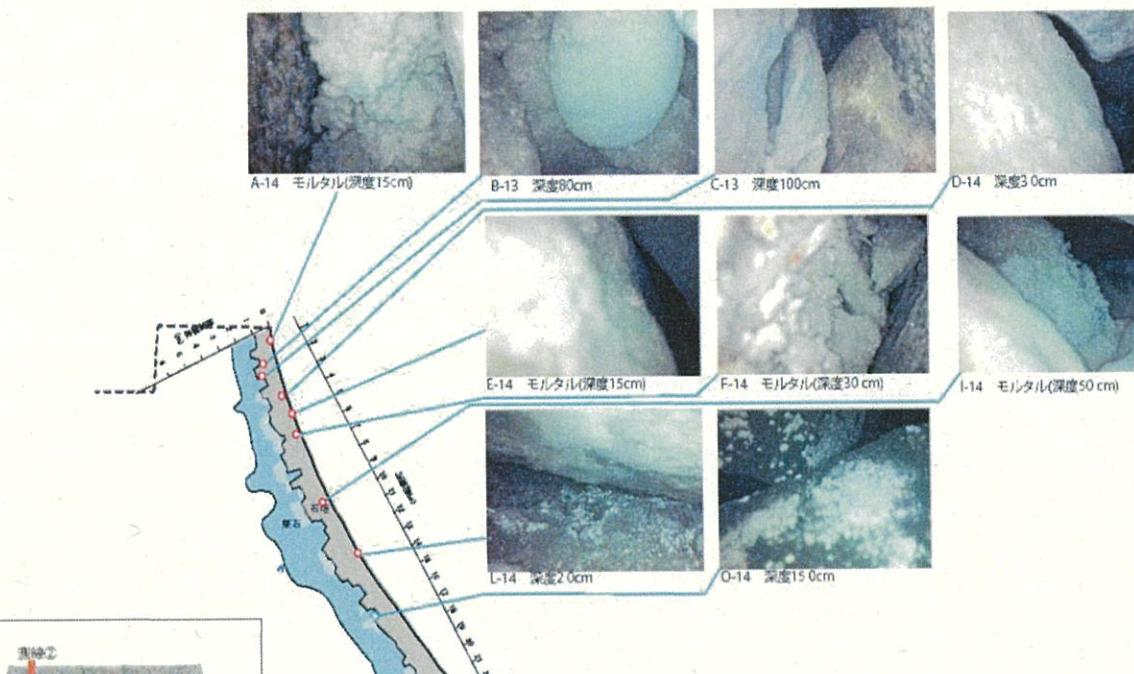
石垣番号	築石長（平均）			栗石層（平均）			栗石の ゆるみ	背面土 崩落の有無	備考
	天端部	中央部	裾部	天端部	中央部	裾部			
U060	34-187 cm	63-203 cm	65-191 cm	100-230 cm	150-380 cm	75-230 cm	あり	あり	
U061	50-229 cm	45-209 cm	79-183 cm	210-240 cm	150-290 cm	120-300 cm	あり	あり	

※角石長は築石長から除外した。

● 西面石垣（U60）測線②

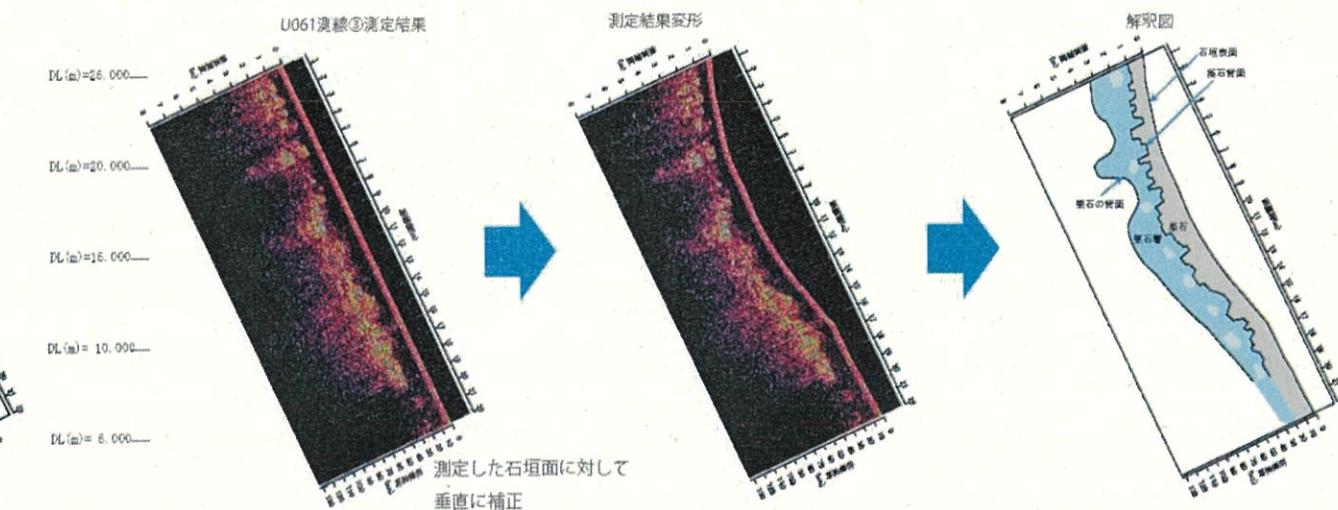


ビデオスコープによる状況写真（U60測線②）

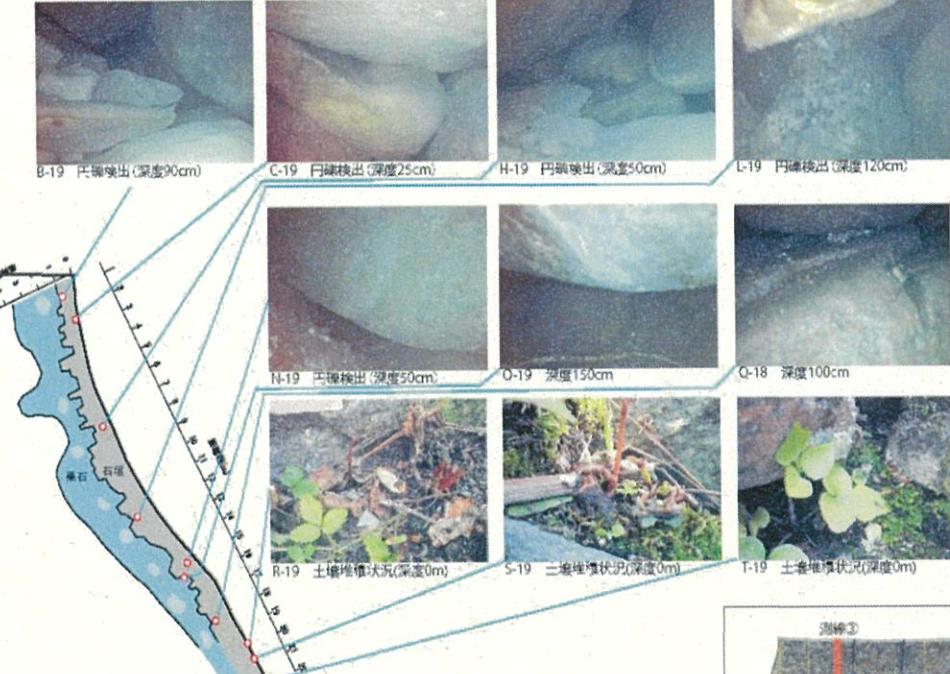


全ての測線で天端部から裾部にかけて、栗石層中に強い反応（白色部）を示す部分が点在していることが認められた。栗石層中の強い反応は栗石密度が粗い部分であると想定される。

● 北面石垣（U61）測線③(孕み出し部)



ビデオスコープによる状況写真（U61測線③）



孕み出し部の測線③についても栗石層に強い反応を示す部分が認められるが、他の測線と比べ反応部分は少なく、栗石密度が粗い状況にはないと考えられる。

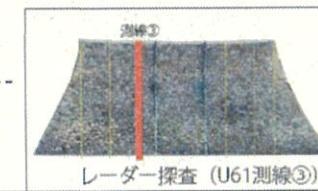


図24 U61レーダー探査・ビデオスコープ調査結果

天守台石垣の保存方針

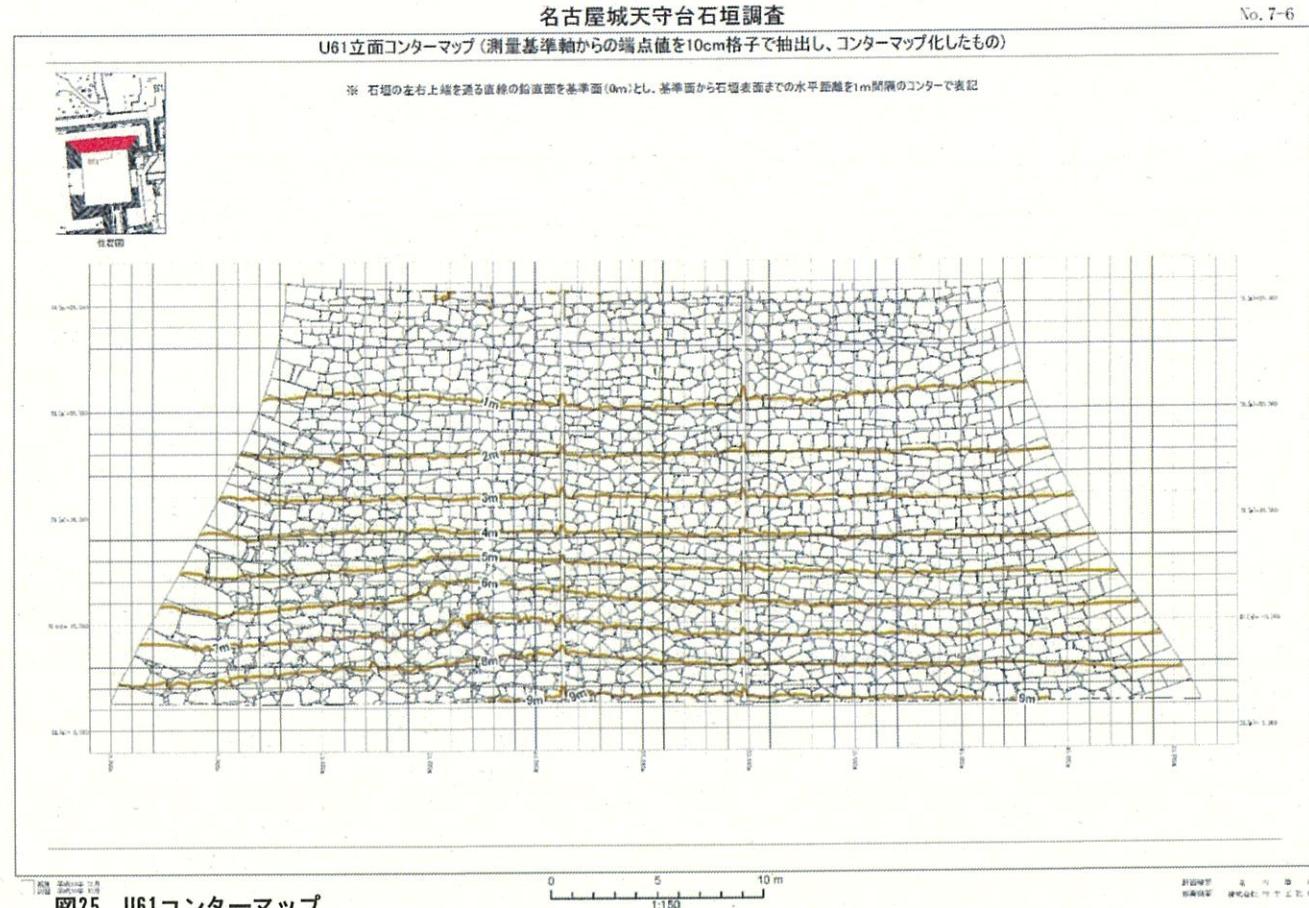


図26 U62石材劣化状況

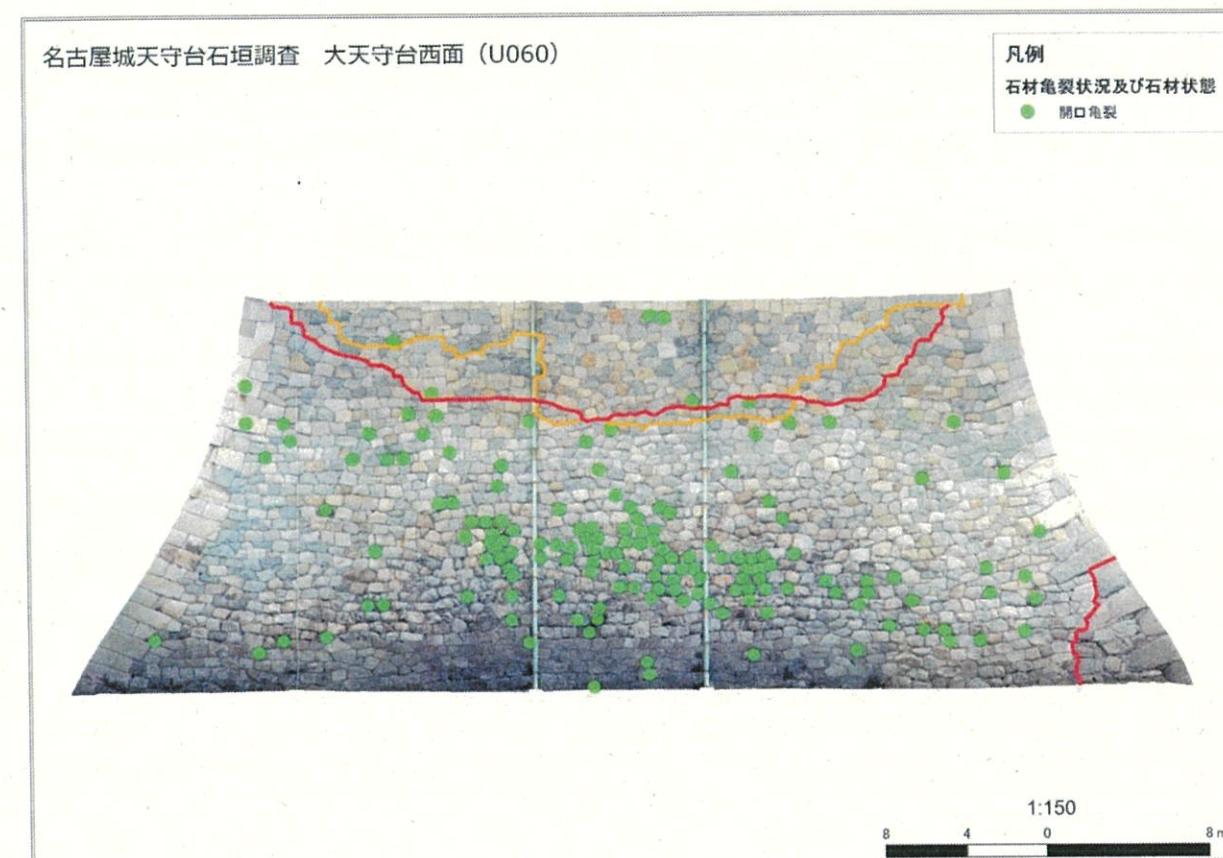


図27 U60石材劣化状況

3-3 築石石材の劣化状況について

天守台石垣では、各面で被熱による劣化が認められる。大小天守台石垣のほぼすべての面で、被熱により劣化した石材が面的に広がる範囲が認められる。

大天守台西面U60では、中段中部から下部にかけて、被熱した石材が面的に広がっている。東面でも、本丸側の中段に広がっている。開口亀裂が認められ、劣化が著しい石材をカルテに示した(図26・27)。

その他、小天守台の東面及び南面でも被熱が顕著であり、同様に劣化した石材が見られる。

ただし、亀裂がどの程度進行しているのかは、表面からだけでは観察に限界がある。

4 天守台石垣の保存方針

4-1 天守台石垣の保存方針

ここまで、天守台石垣の現況調査の成果をまとめ、石垣の現況を整理した。こうした成果に基づき、天守台石垣の保存については、次の3点についての考え方を整理することで、その方針とする。

- (1)天守台石垣に対する日常的な観察、維持管理
- (2)調査で把握した天守台等石垣の現状の問題点に対する対応
- (3)天守台石垣保存のための調査研究の推進

(1)天守台石垣に対する日常的な観察、維持管理

- 天守台石垣について、目視により日常的な観察を行い、変化を記録する。
特に石材の劣化が進んでいる地点では、石材の剥落や間詰石の脱落などが把握できるよう、環境を整備し、定期的に確認を行う。
日常的な観察に基づき、石垣カルテを更新し、天守台石垣の状況の把握に努める。
- 日常的な維持・管理を行う。
雑草、植物など、築石間に生える植物などの除去を行う。
内堀内の排水状況について日常的な管理を行う。

(2)天守台石垣の現状の問題点に対する対応

1) 優先度の検討

ここまで示してきた、天守台石垣の調査成果に従って問題点として把握した事象に対する具体的な対処方法を検討する。

先に導いた10の問題点のうち、優先的に対応を行うものを抽出する。抽出するための判断基準は、石垣の変形度及び危険度である。
石垣の変形度（石垣の破損・劣化状態）と、崩落時に想定される被害の程度（利用上の危険）に基づき、修理・復旧の優先順位を検討する。

石垣の変形度を基準に考え、次のように分類する。

- 1：ズレ、抜け、孕みにより変形が大きく、石垣の崩落や崩壊が懸念される状態。
- 2：ズレ、抜け、孕みが見られ、将来的に石垣の崩落や崩壊が懸念される状態。
- 3：ズレ、抜け、孕みなどによる変形の程度が軽微なもの。
- 4：安定しているが、コンクリートなどが充填されたもの。あるいは石垣がすでに残っていない。

来場者にとっての危険の度合いを基準とすると次のようになる。

- A：石垣が観客動線上にあり、崩落や崩壊が生じた場合、甚大な被害を与えることが考えられる。
- B：石垣が崩壊した場合にも、観客動線に影響を及ぼすことがない地点。

この組み合わせにより、先にみた劣化状況の中で、優先度を判断する。

これに従うと、優先度が高いのは、変形度が極めて大きい、③大天守台北面の強い孕み出しが挙げられる。また、範囲が広範囲に及び、一部は来場者の動線上にあたるため危険度も高い⑤の被熱による石材の劣化が挙げられる。

北面の孕み出しは、現在孕み出し指数10となっており、不安定と評価される。また、孕み出しの上端の石は細かく割れており、個々の築石を見ても状況は悪い。

被熱による石材の破損・劣化は、上述の変形度2に相当する。大天守台東面は、来場者の動線に接しており、上述の危険度でいえばAにあたるため、対処の優先度は高い。

一方、それ以外の点については、応急的な処置が必要なことを除けば、優先度としては相対的に低いといふことができる。

2) 変状・劣化状況に対する処置

a 基本方針

- ・現時点で把握している変状・劣化状況については、まだ原因が明らかでないものもある。適切な対処法をとるためにも、更に調査研究を行い、より正確な現況把握に努める。
- ・変状・劣化状況に応じ、応急的な処置から積み替えに至るまで、適切な対処法を検討する。

- ・文化財としての石垣の性格に鑑み、江戸時代の姿をとどめる石垣に関しては、その取扱いを慎重に検討する。
- ・対応の順序として、早急な対応が必要な優先度の高い変状・劣化状況と、中長期的な対応とするものに区分し、後者の中で、さらに優先度による区分を設け、計画的な対応を行う。

B 具体的対応

<優先度が高い地点への対応>

- ③大天守台北面に強い孕み出しがあることへの対応
変状は大きいが、近年の計測によると、変動が確認できるような状況ではない。応急的な処置の必要性を検討したうえ、継続的にモニタリングを行い、進行の度合いを確認する必要がある。その間に、調査・分析を進め、孕み出しの原因を検討し、より本格的な修復などの処置を検討する。

⇒天守創建時の慶長期の石垣が残っているため、処置には慎重を期すべきであるが、モニタリングを継続的に行ったうえ、その結果を踏まえ、必要に応じ、積み替えも含めた処置を行う。

- ⑤被熱により石材が破損・劣化した部分は、天守台石垣の各面に見られ、範囲も広い。戦後の積み替えを受けておらず、近世からの姿をとどめている部分が多い。被熱した石には、表面の剥落や割れが観察されるが、熱による割れや剥落がどの程度まで及んでいるのか、更なる調査や検討が必要である。

⇒被熱による破損・劣化が見られる個別の築石には、必要に応じて応急的な処置を行う。その後、経過観察の結果を踏まえ、より本格的な修復の必要性を検討する。

天守台石垣の破損・劣化状況の中でも、検討の優先度が高い孕み出し、被熱による築石の損傷が認められる部分については、当面応急的な処置の必要性を検討するとともに、継続的なモニタリングを行う。モニタリングの結果に応じて、必要に応じて積み替えを行うことも含めて検討する。

<優先度が相対的に低い地点への対応>

上述した以外の地点で、変状の度合い、危険の度合いが相対的に低いと判断される地点についても、石垣保存のための対応は必要である。

各所で石材の割れ、間詰石の脱落などが観察されている。現時点で、それが特に顕著な地点は見いだせないが、それらに対する応急的な処置は検討する必要がある。必要な処置を検討し実施する一方で、日常的な観察を行う。

また、天守台石垣各面の上位部分のように、戦災以降の積み替えや現天守閣の再建工事により、改変を受けている地点が存在する。これらの地点については、特別史跡名古屋城跡保存活用計画に則り、往時の姿に復元することを視野に入れつつ、今後さらに調査・研究を進める。

穴蔵石垣についても、大半が戦後の改変を受けているとみられる。コンクリートで固められている地点も多く、近世の姿をとどめていない。穴蔵石垣は、本来入場者の動線上にあたり危険性の度合いは高いが、現時点では天守閣内部への入場禁止としているため、危険性は低い。

⇒更なる調査研究を進め、昭和の積み替えの範囲を確定する必要がある。その結果を踏まえ、近世の姿に復することを検討する。

・橋台西面の孕み出し④については、モニタリングを行い、石垣の変動を確認した上で、必要に応じて、積み替えなどの修復を行う。

・天守台各面における石材の破損・劣化⑤、隅角石の割れ⑥については、状況が深刻な地点に対して応急処置を行ったのち、経過観察を行い、必要に応じて本格的な修復を検討する。

・天守台石垣各地点にみられるモルタル・セメントが詰められた状態⑦に関しては、これまでの調査結果では、緊急の対応が必要な状態ではないと判断されるが、今後更に分析を進め、必要に応じ除去することも検討する。

・間詰石の欠落⑧に対しては、大天守台東面など、更なる脱落が安全面での問題となる地点を中心に、応急的な処置を行い、経過観察を行う。

・堀底状態については、現況の把握を行ったのち、工学的な検討を経て、必要な対応を行う。

なお、優先度が低いと判断される地点については、日常的な観察を行うとともに、維持管理を徹底し、石垣カルテの更新を行うという基礎的な作業を行うことが重要である。

破損・劣化状況に対する評価と、その具体的な処置を一覧（表5）に示す。

天守台石垣の保存方針

破損・劣化状況	変状度	危険度	処置
①各面上位に、昭和の積み替えがある。	4	B	本来の形を回復するため積み直しを検討する。
②穴藏石垣は昭和に大規模な積み替え。	4	(A)	根石、背面の状況を確認するための調査を行う。 石垣全体が本来の姿をとどめていないため、本来の形を回復するため積み直しを検討する。 現在は天守閣内入場禁止としているため、安全面の危険度は少ない。
③大天守台北面に強い孕み出し	1	B	モニタリングにより経過観察。必要に応じて積み替えなどの修復を行う。
④橋台西面の孕み出し	2	B	経過観察を行う。 必要に応じて積み替えなど修復
⑤天守台各面の石材が被熱し、脆弱化している（大天守西面、東面、小天守東面、南面）	2	大天守東面、小天守東面はA、他はB	必要に応じ、応急的な処置を行う。 日常的な観察を通じ、状況の観察を行いながら、処置の必要性について精査する。
⑥隅角石を中心に、石材の割れがある。	2	東面A、他はB	必要に応じて応急的な対処を行ったのち、必要に応じて、保存のための処置を行う。
⑦各所にモルタル・セメントを詰めた痕跡が残る	3	東面A、他はB	必要に応じて除去する。除去に際し、築石を傷めるおそれがある場合は現状を維持する。
⑧間詰石の欠落が見られる	2	東面A、他はB	必要に応じて、間詰石を補うなど、保存のための処置を行ったうえ、経過観察。
⑨大天守北側堀底が攪乱されている	3	B	今後の発掘調査により状況を確認し、工学的検討を行ったのち、必要に応じた処置を行う。
⑩御深井丸側の石垣で間詰の脱落などが見られる。	2	B	応急的な処置を行った後、経過観察。

表5 天守台石垣破損・劣化状況に対する対応

モニタリングについて

天守台石垣の維持管理及び石垣変位計測を行うため、天守台石垣に計測用反射対標やゲージ等を設置し、御深井丸および本丸エリアに設けたモニタリング観測点（木杭、金属錨）よりの計測および目視によるゲージ観察を行う。

定期的に行い、石垣の変動を確実に把握する。



写真 設置するゲージ

(3)天守台石垣保存のための調査研究の推進

天守台石垣を適切に保存していくには、これまでの調査研究によって得られた知見を、今後の継続的な調査研究によって不断に更新していく必要がある。今後の調査研究の方針について示す。

ア 名古屋城跡石垣全体の調査研究と保存方針の策定

天守台石垣の保存方針は、その上位方針である名古屋城跡の石垣全体の保存方針と不可分である。現在行っている名古屋城跡全体の石垣の現況調査を進め、保存方針を策定する。

イ 現況把握の調査とその分析

天守台石垣を適切に保存するためには、石垣の変状・劣化の原因などについて、検討を行う必要がある。今後、具体的な対処方法を検討する際にも、その原因の把握が必要であり、これまで行ってきた調査成果の分析を更に進めるとともに、必要があれば更に調査を行っていく。

日常的な観察を定期的に行い、カルテの更新を行う。

ウ 石垣保存技術についての調査研究

天守台石垣の保存のために、今後何らかの処置を行うことが必要になる。適切な処置方法を選択し、実施できるよう、保存技術についての調査研究を進める。

エ 歴史的資料の調査研究

天守台石垣の歴史的研究は今後とも継続して行う。特に、宝暦の修理の際に作成された記録類の分析は、名古屋城の天守台石垣の歴史を研究するうえで不可欠である。

「屋り形図」の分析による石垣勾配の研究。

宝暦の修理関連の史料に残された石垣構築技術の検討

こうした調査研究を継続的に行い、その成果をもとに、不斷に石垣の現状を分析し、天守台石垣の保存を行っていく。

1 天守台石垣調査の概要

天守台石垣の調査について					2019年度以降の調査計画
調査種別	調査の具体的な内容・手法	天守台外部石垣	穴藏石垣		
石垣測量	(1)石垣立面図作成 測量を行い、図面を作成する。 写真測量、3次元レーザー計測を行い、石垣オルソ図、立面図、縦横断図を作成する。	実施済 実施済 実施済 実施済	2018年度実施 2018年度実施 2018年度実施 2018年度実施	作成図面類の分析を行う。	
	(2)石垣縦横断図作成				
	(3)石垣平面図作成				
	(4)石垣オルソ作成				
	(5)石垣三次元点群データ作成 三次元レーザースキャナを用いて、石垣の三次元点群データを作成する。	2018年度実施	2018年度実施		
	(6)可視化図作成 三次元点群データをもとに、段彩図を作成する。立面コンターマップとその段彩図、勾配基準軸からの変化量を10cm格子で抽出し、分布図化した孕み出し量図などを作成する。	2018年度実施	—		
石垣現況調査	(1)石垣現況(健全性)調査 石垣の孕み出し領域、築石や間詰石の割れや抜け落ち、築石の劣化、積み直しの痕跡などについて、目視による調査を行う。	2018年度実施	2018年度実施	調査成果の分析を更に進めるとともに、各調査成果間の関係を分析する。 石垣について、日常的な観察を行い、石垣カルテに反映する。	
	(2)石垣カルテ作成 石垣の面ごとに、石垣の現況を記録したカルテを作成する。 積み直しの痕跡、変状点につき、記録表を作成するとともに、オルソ画像に記載する。	2018年度実施	2018年度実施		
	(3)石材調査 石材一石ごとの岩石種、加工状況、刻印や墨書きの有無、矢穴の有無などを確認する。 石材の観察については、岩石種、岩石に含まれる鉱物を確認する。 現地で石材チェック表を作成し、石材カードとしてデータベース化する。	2018年度実施	2018年度実施		
	(4)石材劣化度調査 石材一石ごとの劣化度について、目視及び打音により調査を行う。	2018年度実施	2018年度実施		
	(5)石垣レーダー探査 石垣背面の裏込め等の状況確認のため、レーダーによる探査を行う。	2018年度実施	2018年度実施		
	ビデオスコープ調査 築石背面の状況確認のため、レーダー探査に加え、ビデオスコープによる確認を行う。	2018年度実施	2018年度実施		
発掘調査	石垣の根石の変状の有無、根切の状況の確認、堀内の堆積状況などを確認するため、発掘調査を行う。 穴藏石垣の背面構造を確認するため発掘調査を行う。	大天守台根石調査2017年度、小天守台根石調査2018年度実施。 小天守閣入口階段付近の調査。	根石・背面の試掘調査（トレチ）を実施する計画。 天守閣解体後に、全面調査を予定。	○内堀内の発掘調査を行い、堀底の状況、内堀外側の石垣の状況を確認する。 ○穴藏石垣の根石・背面の試掘調査（2019年度予定）。 解体後に穴藏石垣の全面調査を計画する。 根石の確認をするため、小天守閣入口階段付近の発掘調査（2019年度）。	
モニタリング	反射対標、石垣ゲージを設置し、2か月に1度計測を行い、石垣の変動を確認する。	2018年度より実施		2019年度も継続的に実施する。	
史実調査	文献資料、写真史料の検討により、天守台石垣の修復の履歴などを検討する。	近世の文献資料、近代以降の写真・図面類の検討を行い、天守台石垣の修理の履歴調査。		継続的に実施する。 ・築城期の史料 ・宝曆の修理関係の史料	
地盤調査	ボーリング調査を実施し、天守台付近の地盤を調査	外部石垣の周辺で実施。		天守台内部での実施を予定	