

石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

1. 天守台石垣調査の概要 · · · · 1
2. 2018年度までに実施した調査 · · 2
3. 2019年度以降実施予定の調査 · · 4

石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

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。	実施済	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	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	2018年度実施	
	(3)石垣平面図作成		実施済	2018年度実施	
	(4)石垣オルソ作成		実施済	2018年度実施	
	(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。 穴藏石垣の背面構造を確認するため発掘調査を行う。	根石・背面の試掘調査（トレンチ）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

石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

2 2018年度までに実施した調査

○石垣測量

天守台内石垣の状況を記録するため、対象の石垣について写真測量を行い、石垣の立面図、平面図を作成する。

写真測量は石垣面を単位に、障害物（草木・地被類・土の付着等）の除去および清掃を行い、石垣の状況が明確に記録できるよう留意した。また、複数コースで情報の取得を行う場合には、コース間に空白が生じないように留意した。情報の取得はカラーとした。

立面图

作成したオルソ図を基に石垣立面図の作成を行った。立面図はデジタル形式で測定・描画された線形の3次元データとし、図化縮尺は1/50以上とした。描画に際しては各石の重なり状況に留意し、積石の輪郭線、稜線（主要な形状変化点）、間詰石、加工痕、亀裂・剥離状況、刻印および等高線等について描画した。座標系は世界測地系とした。

縦横断図

立面図を作成した石垣について、石垣の縦断面図および横断面図（以下縦横断図）を作成した。縦横断図はともに1m間隔で断面線を作成し、図化縮尺は1/50以上とした外部石垣については後述する三次元レーザー一点群から詳細な縦横断図を作成し、穴蔵石垣については写真測量成果からの縦横断図に加え三次元点群データからの縦横断図も併せて作成した。座標系は世界測地系とした。

平面圖

穴蔵石垣の平面図作成では、石垣立面図および石垣縦横断図と整合性を持たせるよう測量結果の検証を行った。座標系は世界測地系を採用した。

石垣三次元点群データ作成

三次レーザースキャナーを用いて、石垣のレーザースキャンを実施し、三次元点群データを作成した。また、計測した点群データに色データを付加させるために、レーザースキャナーでの計測位置と同位置から画像を取得し、点群データとの合成を行う。

可視化図作成

可視化図作成
取得した三次元点群データを基に、対象石垣の可視化図を作成する。可視化図では測量基準軸からの単点値を10cm格子で抽出しコ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、石垣面の傾斜角度を50cm格子で抽出し 5° 毎に分布図化した傾斜角度分布図及び傾斜角度の変化率を50cm格子で抽出し分布図化した歪み分布図を作成。

孕み出し量図で使用する勾配基準線（基準となる勾配）については、宝暦の大修理の際に記録された屋り形図の勾配と、最も変状が少ないと見られる地点の縦断面を、その面の基準となる勾配として作図を行う。

○石垣現況調査

石垣カルテの作成

調査方法

現地調査では、変状点および積み直し痕跡等について、石垣オルソ画像に記載、記録を行った。また、その内容を調査票に記した。調査票、石垣変状箇所の記録をもとに石垣カルテにまとめた。

石材調查・石材劣化度調查

本調査では石材調査および石材劣化度調査を石材打音調査として実施した。現地調査は石材チェック表(右図参照)に石材の加工状況、岩種、造岩鉱物、矢穴・刻印の有無等の石材調査項目と、石材の亀裂・剥離、打音調査成果等の石材劣化調査項目を記入して行った。チェック表内容はデータベースに入力し、石材カード、矢穴カード、刻印カード、二次利用カード等を作成した。

石垣レーダー調査

非破壊調査手法の一つである地中レーダ探査を用いて名古屋城石垣を探査し、石垣の背面構造や石材の控え長等を把握することにより、今後の史跡の調査・研究および整備のための基礎資料を得ることを目的とする。

石垣連續測定

総測線長 : 961.1 m
探査装置 : [本体] SIR-4000 / G.S.S. I社製
[アンテナ] 350MHzアンテナ / G.S.S. I社製

石垣控え長測定

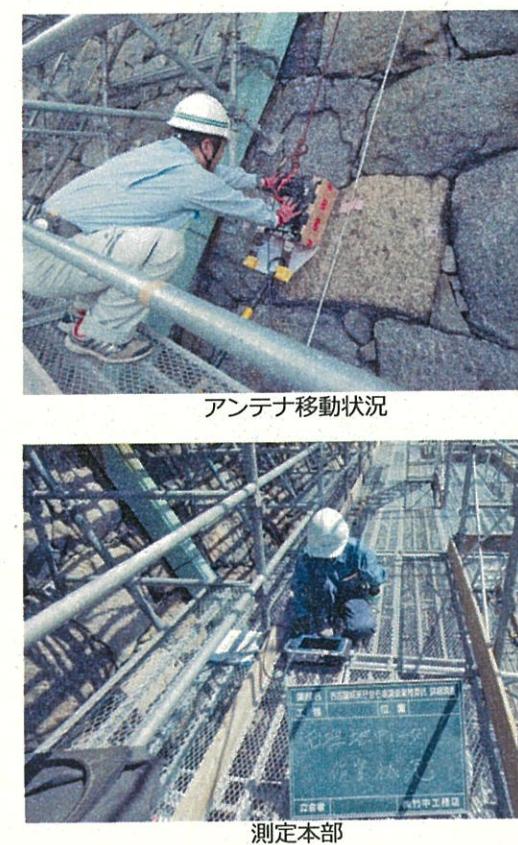
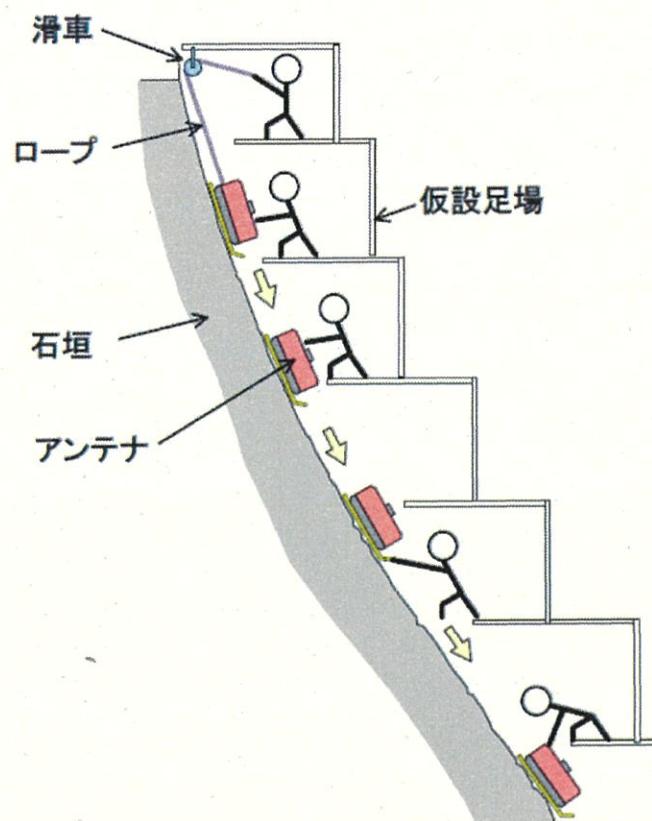
測定箇所数：1,739個
探査装置：〔本体〕SIR-3000 / G.S.S.I社製
〔アンテナ〕900MHzアンテナ / G.S.S.I社製

＜地中レーダー探査の測定方法＞

石垣連続測定

石垣の連続測定では、各石垣面に5m程度の間隔で測線を設定し、アンテナを石垣上端から下端に向けてゆっくりと移動させながら測定を行った。測定手順の概略を以下に示す。

- ① 測線の設定：巻尺とチョークを使用し、測線位置および1m毎の距離程を石垣面に示す
 - ② アンテナに落下防止用ロープを結び、石垣上端の測線始点に配置する
 - ③ 測定の開始：ロープを滑車に通し、アンテナをゆっくりと降ろす
 - ④ 仮設足場の各段に作業員を配置して、石垣の凹凸でアンテナが振動しないように支える
 - ⑤ 測定の終了：アンテナが石垣下端まで移動したら、測定を終了する
 - ⑥ データチェック・移動：測定データの品質を確認後、次の測線に移動する



○発掘調査

天守台石垣の根石の変状、内堀内の堆積状況、内堀外側（御深井丸側）石垣の根石の状況などを確認するため、発掘調査を実施する。

2017年度及び18年度に、大天守台及び小天守台周辺で、17か所の発掘調査を行った。

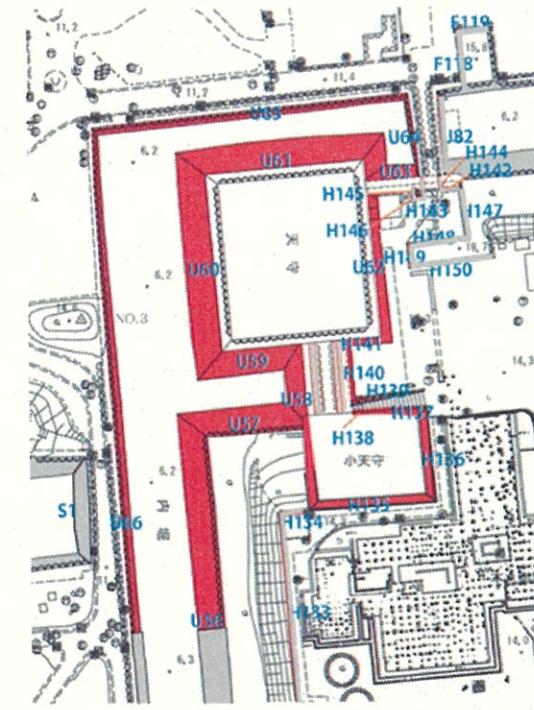
詳細については、「天守台石垣の保存方針」に整理した。

○モニタリング

天守台周り石垣の維持管理及び石垣変位計測を行うため、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。

主要機器及び計測点

分類	メーカー	製品名称	性能
デジタルカメラ	Nikon	D810	有効画素数 36.3 メガピクセル 撮影距離 5mで解像度 1.2mm/pixel
計測用TS	TOPCON	GPT3005W	±(2mm+2ppm×Distance)
反射対標			50 mm角 アルミ板
変位ゲージ			主尺 1mm、副尺:0.05mm



ビデオスコープ調査

ビデオスコープ調査は①レーダー探査成果の検証、②モルタル等の検出物、異常点の確認を目的に行う。

調査方法

調査は1 m²当たり1か所の割合で実施し、深度50,100,150,200cmで撮影を行い、その他、モルタル、栗石等を確認した際にはその都度撮影を行い、撮影深度を記録する。撮影項目は下記の通りである。

撮影深度:50cm,100cm,150cm,200cm、最深部

検出物:土、根、草、金属、その他

モルタル:練積状/注入状

栗石:玉石/割石

最深部

ビデオスコープは軟性ケーブルのものを使用しており、細い隙間等にも入りやすい形状をしているが、有線であるため、挿入進路としては直線的となる。このため、スコープが挿入できるということは裏込め材や裏栗層の密度が比較的粗である可能性が高い。

本調査ではビデオスコープの挿入最深部の記録を行い、挿入深度の違いを図面上に記することで、石垣背面の状況を探ることとした。

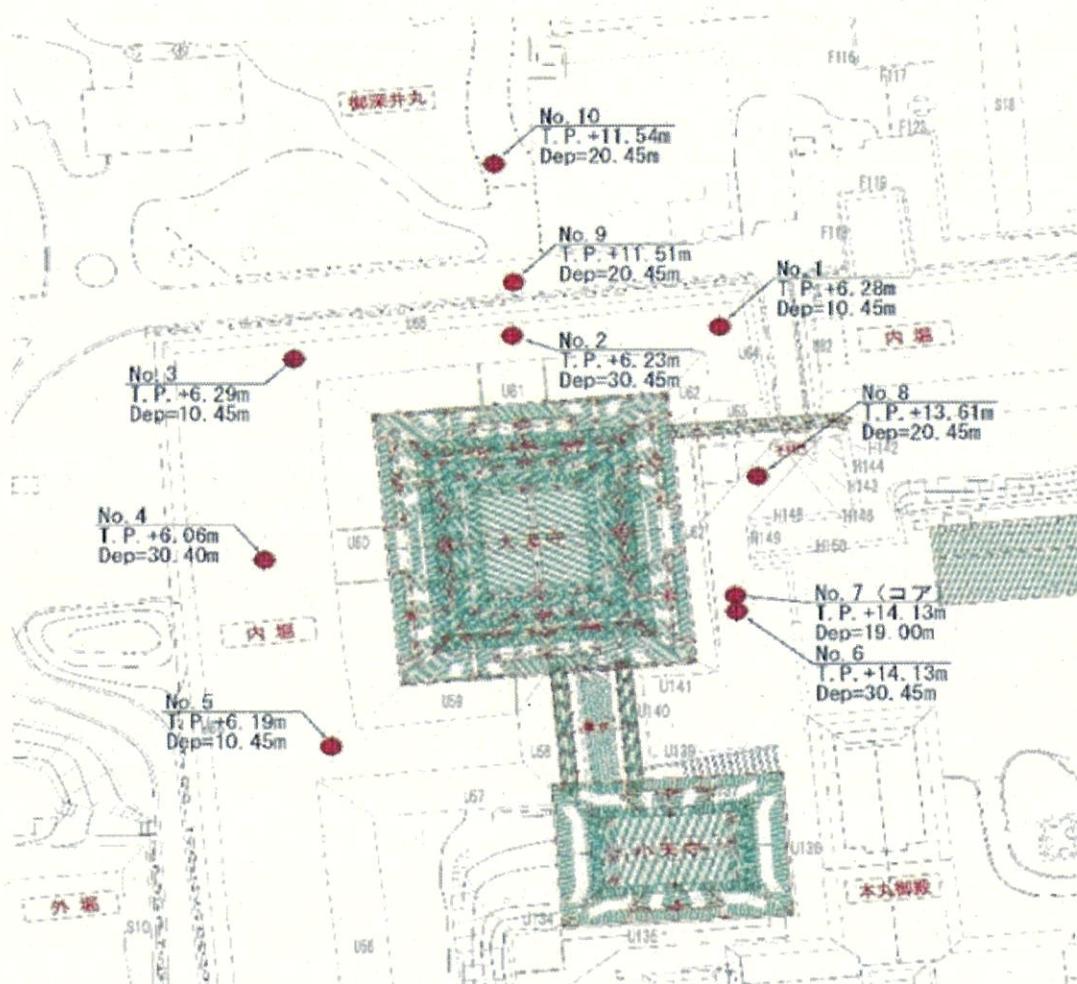
石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

○ボーリング調査

天守台を構成する石垣の健全性や現状把握のため、天守台及び周辺地層の把握を目的として、地盤調査（ボーリング調査）を実施する。

天守台北側の御深井丸は洪積地盤である熱田台地の境界付近であり、本丸周囲の地盤と異なり軟弱な地盤である沖積地盤の可能性があることから、天守台周囲の地盤の想定断面を検討する。

調査内堀内部、御深井丸、本丸側の計10地点で行う。



調査区 名	調査規模			調査箇所	調査目的
	幅(m)	長さ(m)	面積(m ²)		
①	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
②	3.0	5.0	15.0	大天守石垣 堀部	大天守石垣堀部を発掘し、根石を確認する。
③	1.0	10.0	10.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
④	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑤	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑥	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。
⑦	1.0	13.0	13.0	御深井丸石 垣堀部	御深井丸石垣堀部を発掘し、根石を確認する。
⑧	2.0	3.0	6.0	内堀堀底	堀底の堆積状況を確認する。

3 2019年度以降に実施を計画する調査

2019年度以降、発掘調査、ボーリング調査を計画しているほか、石垣のモニタリング、史実調査は継続して行う。

○発掘調査

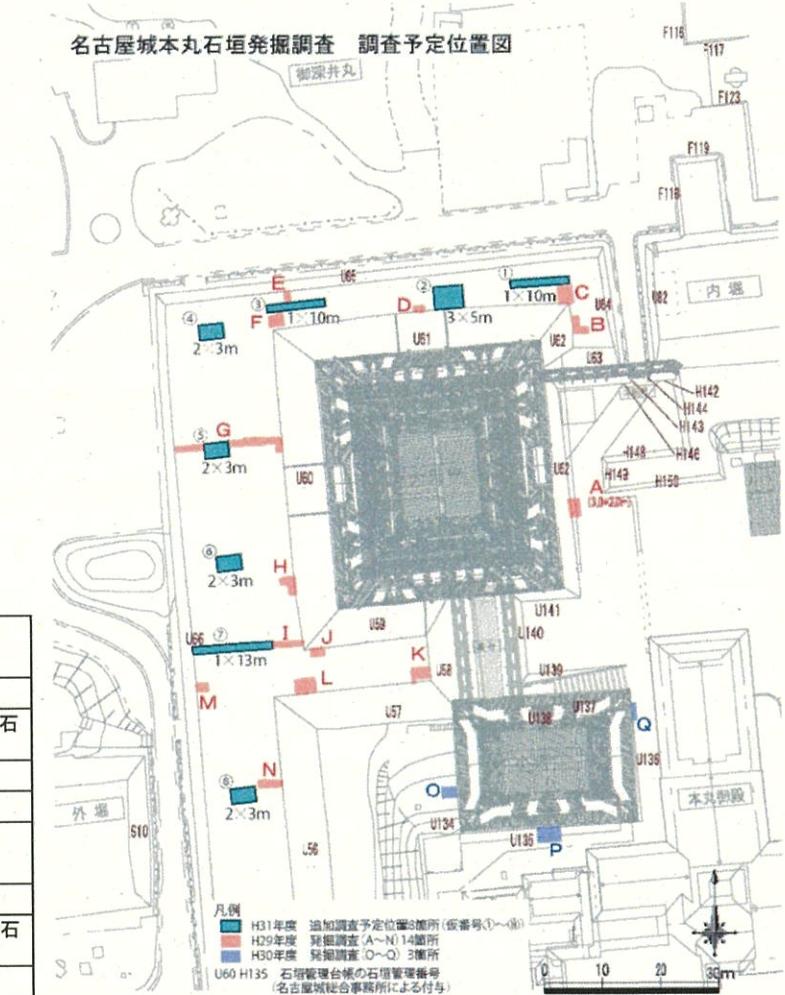
2019年度以降計画している発掘調査は、次の（1）～（4）である。

- (1) 本丸石垣（内堀内）発掘調査
- (2) 穴蔵石垣の試掘調査
- (3) 小天守台入口付近の根石調査・橋台部分の発掘調査
- (4) 現天守閣解体後に穴蔵石垣の全面的な調査
- (3) (4) の詳細は今後検討する。

（1）本丸石垣（内堀内）発掘調査

大天守台西側及び北側の内堀の8か所を発掘調査する。

調査の目的、予定している地点は、一覧表・位置図にします。



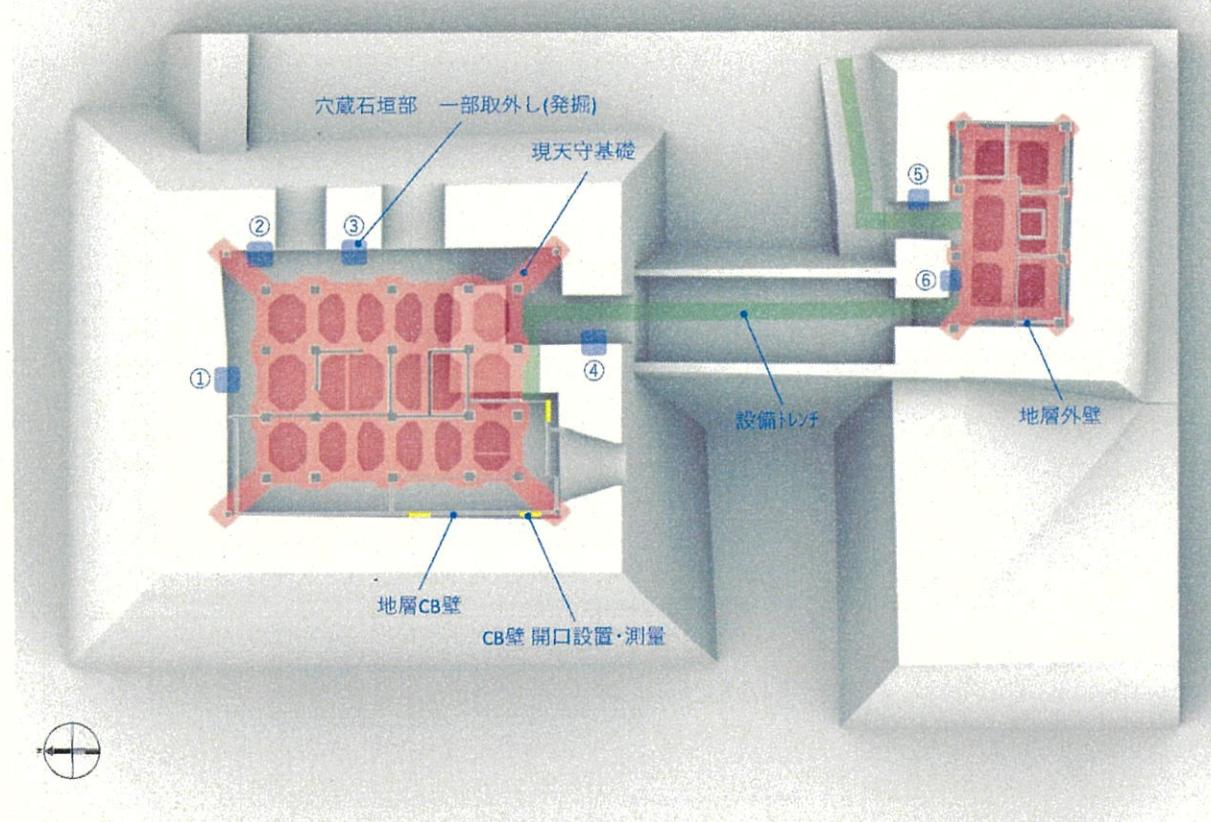
石垣等詳細調査の具体的な手順・方法等

(2) 穴蔵石垣試掘調査

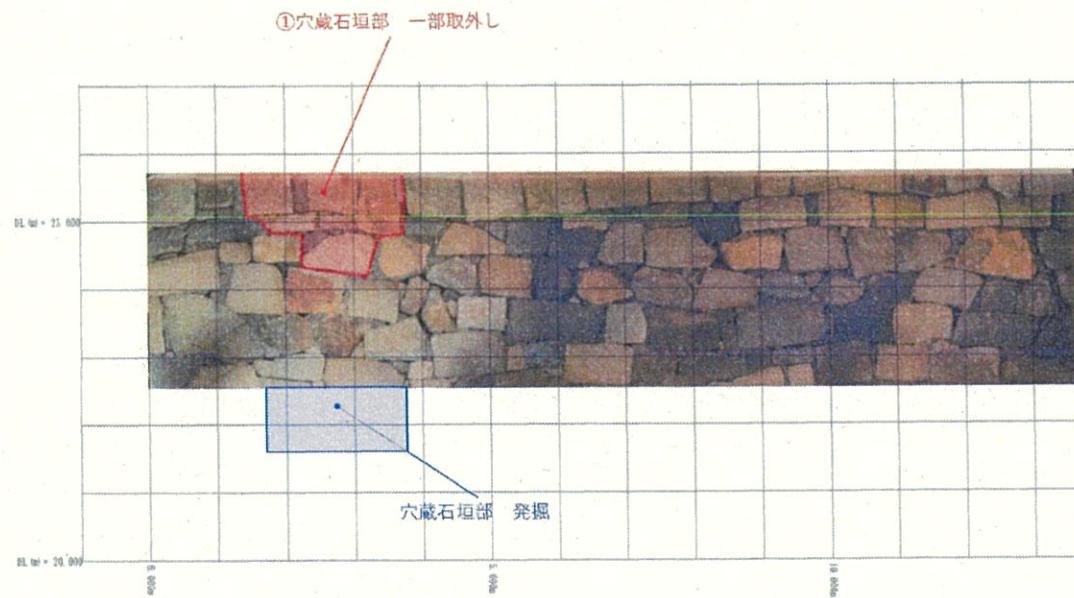
穴蔵石垣の根石及び背面構造の残存状況を確認するため、6か所のトレンチ調査を計画している。

調査地点の現状での案は下図の通りである。

天守穴蔵部石垣調査(案)



天守穴蔵部石垣調査(案) ①大天守



○ボーリング調査

天守台内部でのボーリング調査を計画している。

<目的>

現天守閣が耐震性能を満たしていないことから解体を計画しているが、解体後もケーソン基礎については残置する。解体後の天守台石垣の安定性の確認のため、大・小天守閣のケーソン基礎を含めた地盤性状を確認し、天守台特有の地震波を作成し工学的検証を行う必要がある。

<手順>

天守閣地階屋内で行うボーリング調査であるため、やぐら設置スペース確保のために設置箇所上部の床及び階段の一部を撤去する。ボーリング調査に伴う仮設物は、調査完了後には撤去し、原状復旧を行う。

<位置>

下図の通り

