

小天守西側の調査分析結果について

1 現天守閣解体申請に対する文化庁からの指摘事項への回答（令和3年5月）の抜粋

1. 現天守の解体・仮設物設置が石垣等遺構に与える影響を判断するための調査・検討について ア 内堀の地下遺構の把握、御深井丸側内堀の現況及び安定性を確認するための追加発掘調査

(1)大型重機や仮設構台を設置することとされている内堀底面については、地下遺構の全体状況を正確に把握し、保存を前提とした仮設物設置計画の検討が必要である。

内堀底面において、調査区を9箇所（R～Z区）追加し、全体で22箇所の発掘調査を実施し、内堀底面の層序、特別史跡として保護すべき地下遺構の全体状況を把握した（現状変更許可：令和元年9月20日：元受文庁第4号の572、令和2年10月16日：2文庁第1129号）。調査の結果、解体の申請時には一律に表土下1mとしていた遺構面の標高について、全体的により高い位置であることを確認したため、その見直しを行った。仮設物設置が遺構に与える影響として、遺構面に働く仮設物の荷重及び想定される遺構面の最大沈下量について再検討した結果を有識者会議に諮り、当初申請した仮設計画による堀底の地下遺構に対する影響は軽微であるとの合意を得た。なお、**小天守西側の濃尾地震の際に修復した石垣の部分については、令和3年度に地下遺構面の標高を確認する調査を実施し、その結果を踏まえて石垣の保存を確実に図る仮設計画とする。**



・小天守西側において、令和3年度に実施した調査結果を反映し、解析条件を再設定して検証を行った結果、仮設計画が石垣及び地下遺構の保存を確実に図ることができることを確認した。
以下に各種調査・検討の結果を示す。

2 発掘調査等の結果

- ・小天守西側において、近世期の遺構の残存状況を確認する目的で発掘調査（Q区）を実施した。濃尾地震後の石垣積替え工事の際に西側の石垣付近は攪乱されており、その範囲がどこまで及んでいるかを確定するため、調査区は東西10mの長さとし、幅は現地の状況に合わせ1mを基本とした。調査では、安全面も配慮し、現地から1m程度までの掘削としたが、西端トレンチ東壁では、現地表下0.6m（T.P.+18.25m）付近で、シルト質が強く均質な近世包含層と見られる土層を確認した。その下位は、近世の盛土の可能性のある土である。（資料2-3）
- ・なお、小天守西側の遺構の残存状況の検討にあたっては、平成30年度に実施した小天守台周辺の発掘調査（小天守O区）の土層断面も参考にした。
- ・また、小天守西側の石垣際では、濃尾地震後の工事が深くまで及んでいると想定されたため、ボーリング調査（小天守西側）によって、遺構の残存状況の把握を試みた。
- ・ボーリング調査の採取試料の観察によっているため、判断が難しい点もあるが、現地表から約3.9m下（T.P.+16.23m）までが濃尾地震後の積み直し工事の際の埋戻し土、それ以下、現地表から15.15m（T.P.+4.98m）付近までが近世期の盛土であると見られる。（資料2-4）

3 工学的解析と仮設計画の検証

(1) 指摘事項への回答（令和3年5月）時からの見直し

- ・発掘調査（Q区、小天守O区）、ボーリング調査（小天守西側）の結果から、遺構面の深さを再設定（資料2-2, 2-5）
- ・ボーリング調査（小天守西側、小天守内、及び大天守内）の結果を解析モデルに反映

(2) 調査結果による見直しの内容

- ・発掘調査（Q区）において、西端トレンチ東壁で地表から608mmの深さで近世の土層を検出したほかは、1m程度掘削しても近世の土層は検出されなかった。また、天守台石垣に面した発掘調査（小天守O区）において、石垣側では地表から533mmで遺構面を検出し、反対側の西側では地表から784mmで遺構面を検出した。（資料2-2）
- ・発掘調査の結果から、小天守の天守台石垣近傍については地表面から500mm、小天守西側の土塁状の部分は地表面から600mmを遺構面の影響評価深度とした。いずれも、解析上安全側となるよう、発掘調査結果より浅めに設定した。（資料2-5）
- ・小天守西側の石垣際で実施したボーリング調査の結果から分かる遺構面の深度（T.P.+16.23m）が、古写真から推定した濃尾地震後の石垣の積み直しラインとほぼ一致することが確認できたことから、この積み直しラインを遺構面への影響を評価する深度と設定した。指摘事項への回答時に想定した遺構面より浅い位置となるため、遺構面の深度を見直し、仮設物設置の荷重が地下遺構面に及ぼす影響について解析を行った。（資料2-5, 2-6）

(3) 地下遺構面における影響の解析結果

- ・（1）（2）のとおり見直した条件のもと、地下遺構面における最大鉛直応力と許容支持力で仮設物設置の影響を評価した。
- ・現天守閣の解体後には木造天守の復元を計画しているため、前回の検証・解析と同様に、解体工事における仮設物設置時と木造復元の工事期間中の仮設物設置の最大荷重時の評価を併せて行った。
- ・以下に解析結果を示す。

【解析結果一覧・比較表】

区分	地下遺構面の影響 評価深度 (m)	最大鉛直応力 (kN/m ²)	許容地盤支持力 (kN/m ²)	(参考値)	
				最大沈下量 (mm)	最大変形勾配
小天守西側	解体工事	68.0	465.4	6.7	0.67/1000
	最大荷重時	68.5	465.4	6.8	0.71/1000

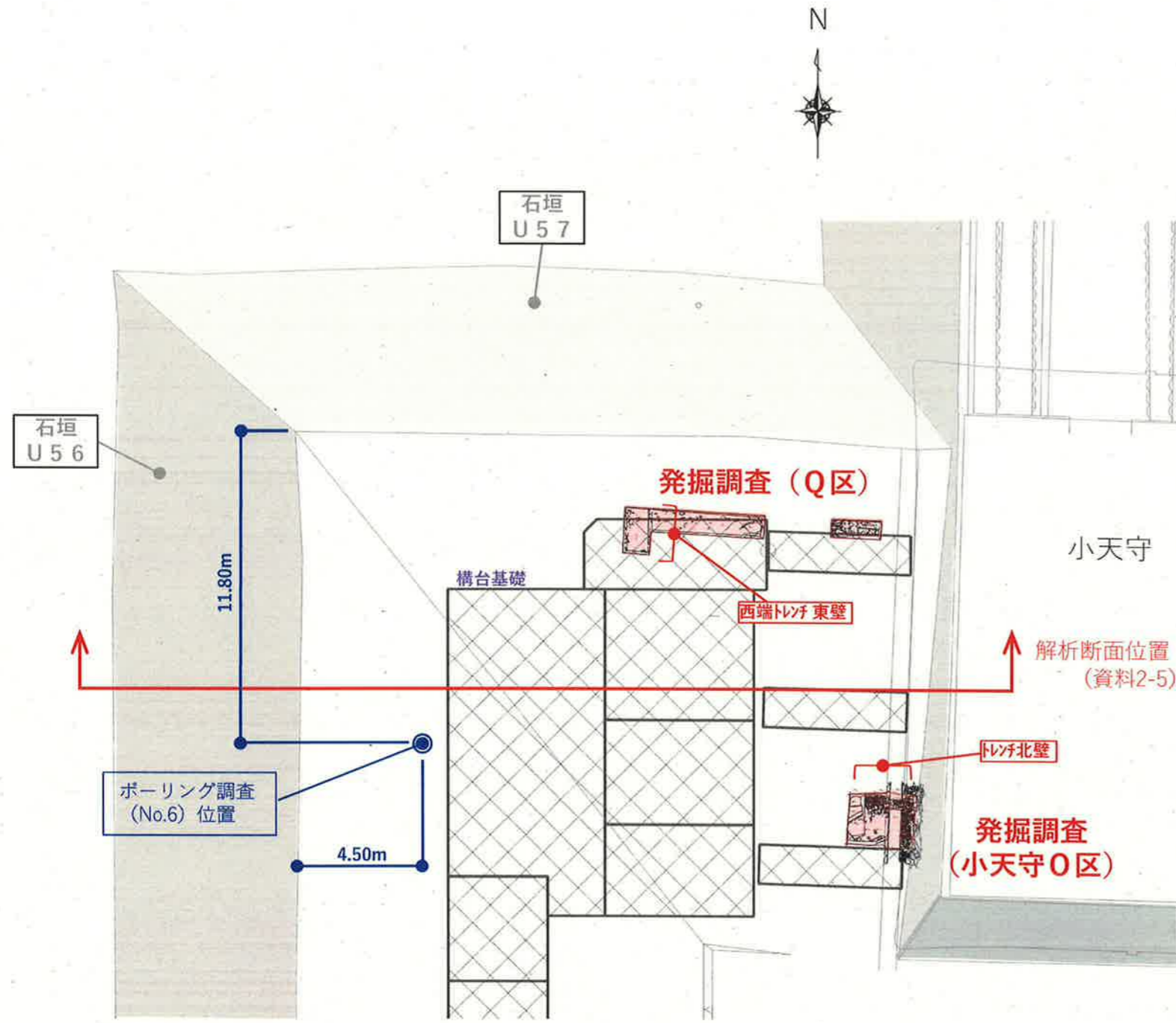
(4) 考察

- ・遺構面に働く仮設物設置の荷重（最大鉛直応力）は、いずれも地盤の許容支持力に比べて小さく、体重70kgの成人男性の歩行時にかかる最大鉛直応力140kN/m²に比べても小さい値であり、影響は軽微と考えられる。

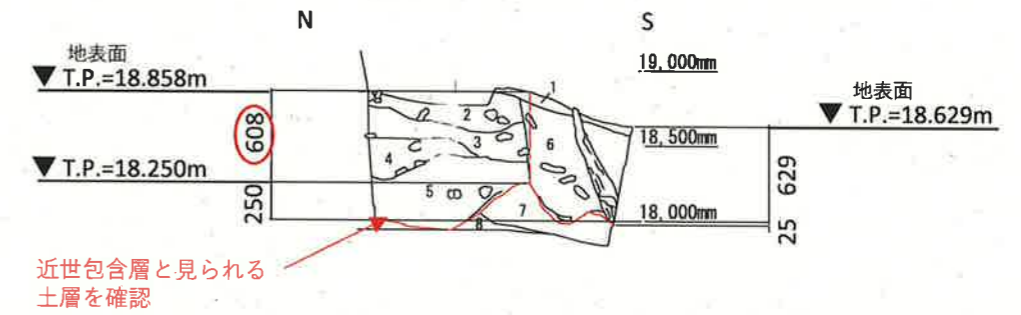
4 まとめ

- ・小天守西側の石垣及び地下遺構に働く仮設物設置による荷重の影響は軽微であり、現在の仮設計画は妥当であると考えられる。

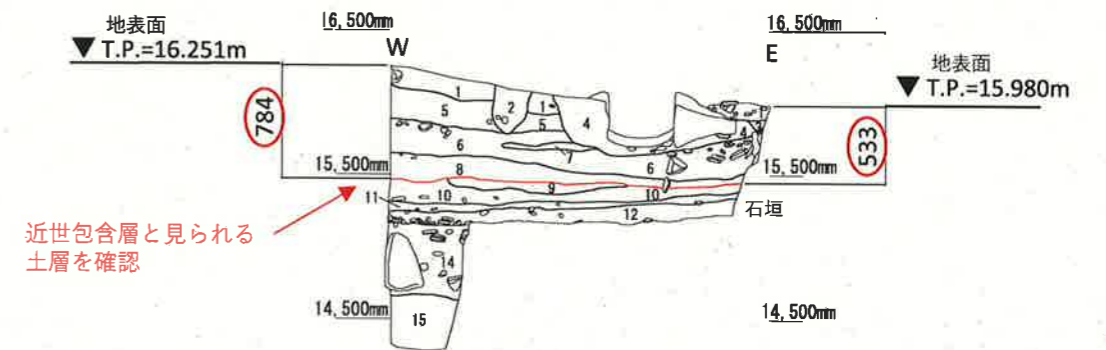
① 発掘調査結果による遺構面の深さの設定



平面図



発掘調査 (Q区) (西端トレンチ東壁) R3年度実施



発掘調査 (小天守O区) (トレンチ北壁) H30年度実施

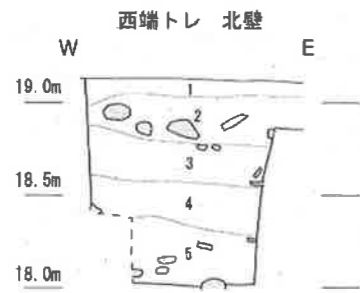
発掘調査 トレンチ断面図



② 発掘調査結果

発掘調査 (Q区)

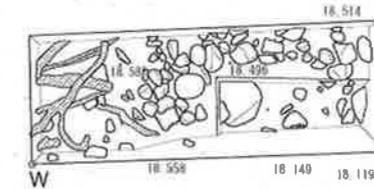
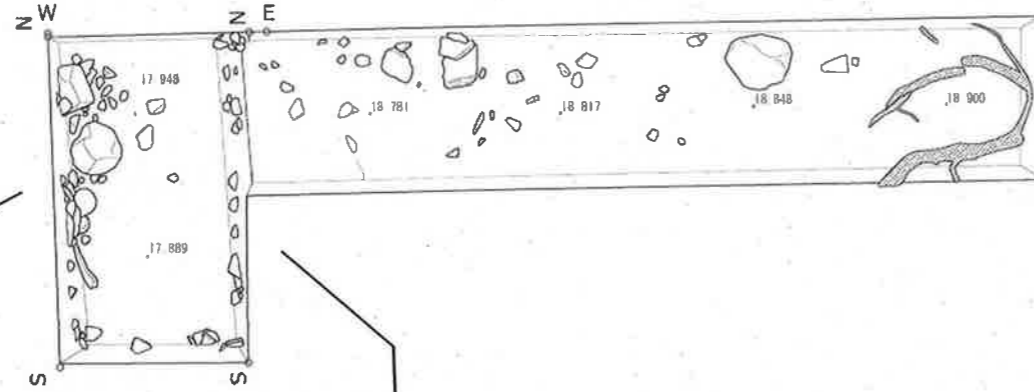
【西端トレ】



- | | | | |
|-------|---------|--|---|
| 近現代埋土 | 1 | 10YR3/3 | 暗褐色土 (表土) |
| | 1' | 7.5YR3/2 | 黒褐色土 (西壁P) |
| | 2 | 7.5YR3/3 | 暗褐色土 10mm大円礫、瓦片目立つ |
| | 3 | 5YR3/2 | 暗赤褐色土 シルト強い 0.1mm大地山ブロック等まばら |
| | 4 | 7.5YR4/3 | 褐色土 3の土に似るがやや砂質強い 0.1mm大地山ブロック等まばら 亜角礫10mm大、瓦片目立つ |
| | 5 | 7.5YR4/3 | 褐色土 4の土に似る ややシルト強い |
| | 6 | 5YR4/2 | 灰褐色土 シルト質のところは硬い 瓦集中部は砂がちで脆い (瓦溜まり) |
| | 7 | 10YR3/3 | 暗褐色土 シルト質強く均質 粘り気あり (近世埋土) |
| 8 | 10YR6/4 | にぶい黄褐色粘土と7.5YR4/3 褐色土の混土 やや締まる (近世埋土(盛土)か) | |

X=-90364.00
Y=-24378.00

X=-90364.00
Y=-24368.00

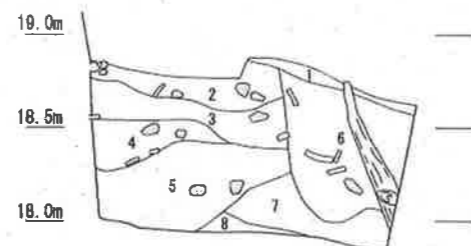
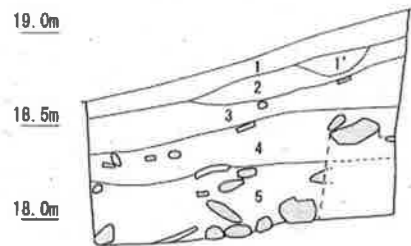


X=-90367.00
Y=-24378.00

X=-90367.00
Y=-24368.00

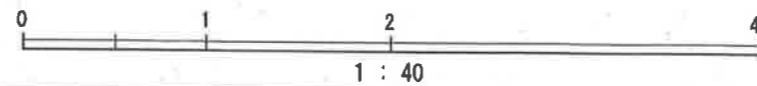
西端トレ 西壁

西端トレ 東壁



【東端トレ】

- | | | |
|----|----------|---|
| 1 | 10YR3/3 | 暗褐色土 (表土) |
| 2 | 7.5YR2/3 | 極暗褐色土 漆喰片塊を含む |
| 3 | 10YR4/2 | 灰黄褐色土 やや砂強い 0.1~0.2mm大地山ブロックやや目立つ |
| 3' | 7.5YR3/2 | 黒褐色土 シルト強くやや締まる |
| 4 | 10YR3/3 | 暗褐色土 漆喰片まばら 瓦片、拳大~20cmの礫多く混じる 築石の破片のような欠片あり |



③ ボーリング調査（小天守西側）結果による遺構面の深さの設定

ボーリング調査（小天守西側）試料観察結果

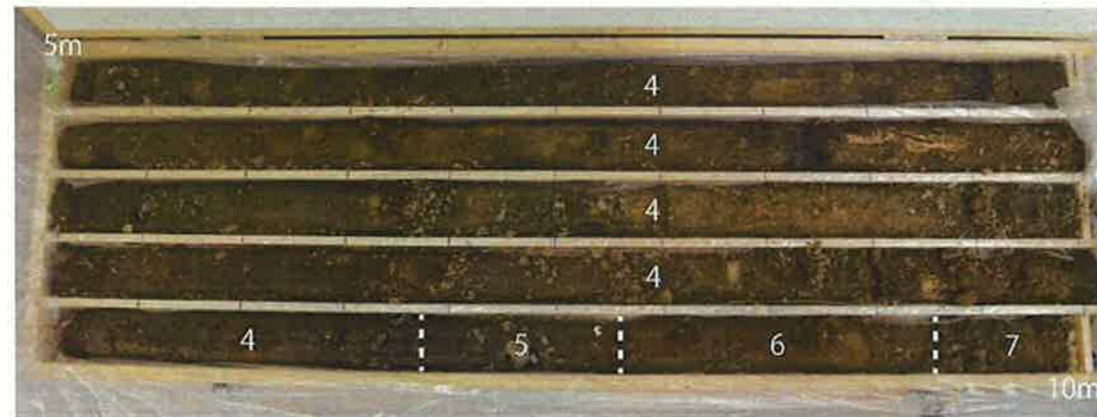
ボーリング調査位置の地表GL=T. P. +20. 13m

○GL-0-5m



- 1 (0-0.3m): 10YR3/3 暗褐,粗-中粒砂,木の根、8cm程度の石含む,締まり弱い(表土)
 2 (0.3-3.9m): 10YR3/4 暗褐,中粒砂,1cm程度のシルトブロック(10YR5/6 黄褐、10YR2/2 黒褐、2.5Y6/3 にぶい黄)含む,やや締まる(濃尾地震後の盛土か)
 3 (3.9-4.85m): 10YR5/4 にぶい黄褐,粗粒砂,1-3cm程度のシルトブロック(10YR4/4 褐、10YR2/2 黒褐)含む,3cm程度のシルトブロック(5YR5/8 明赤褐)僅かに含む,締まり弱い(近世盛土か)
 4 (4.85-9.38m): 10YR4/4 鈍い黄褐,中粒砂,1-5cmのシルトブロック(10YR2/2 黒褐)多量に含む,0.5-2cmのシルトブロック(7.5YR5/8 明褐、10YR6/4 にぶい黄橙)含む,粗粒砂(2.5Y6/1 黄灰)局所的に含む,やや締まる(近世盛土か)

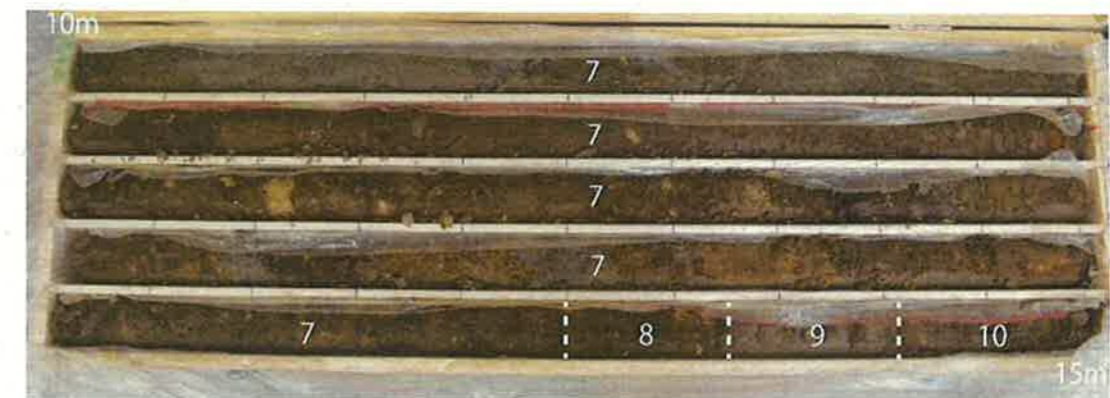
○GL-5-10m



- 5 (9.38-9.55m): 10YR3/4 暗褐,粗砂-中粒砂,1cm程度のシルトブロック(10YR4/6 にぶい黄橙、10YR2/2 黒褐、2.5YR7/4 浅黄)わずかに含む,硬く締まる(近世盛土か)
 6 (9.55-9.85m): 10YR4/4 褐,細粒砂,鉄分(5YR4/8 赤褐)含む,硬く締まる(近世盛土か)

7 (9.85-14.50m): 7.5YR5/3 にぶい黄褐,粗粒砂-中粒砂,1-4cmのシルトブロック(2.5Y6/4 にぶい黄,10YR2/3 黒褐)含む,やや締まる(近世盛土か)

○GL-10-15m



- 8 (14.50-14.65m): 2.5Y3/3 暗オリーブ褐,粗粒砂-中粒砂,1-2cmのシルトブロック(2.5Y5/6 黒褐、7.5YR3/2 黒褐),多く含む,硬く締まる(近世盛土か)
 9 (14.65-14.85m): 10YR4/2 灰黄褐,シルト,鉄分(7.5YR4/4 褐)わずかに含む,硬く締まる(近世盛土か)
 10 (14.85-15.15m): 10YR4/3 にぶい黄褐,粗砂-中粒砂,2-3cmのシルトブロック(10YR7/3 にぶい黄橙),1cmのシルトブロック(7.5YR4/6 褐,7.5YR3/2 黒褐),硬く締まる(近世盛土か)

○GL-15-20m

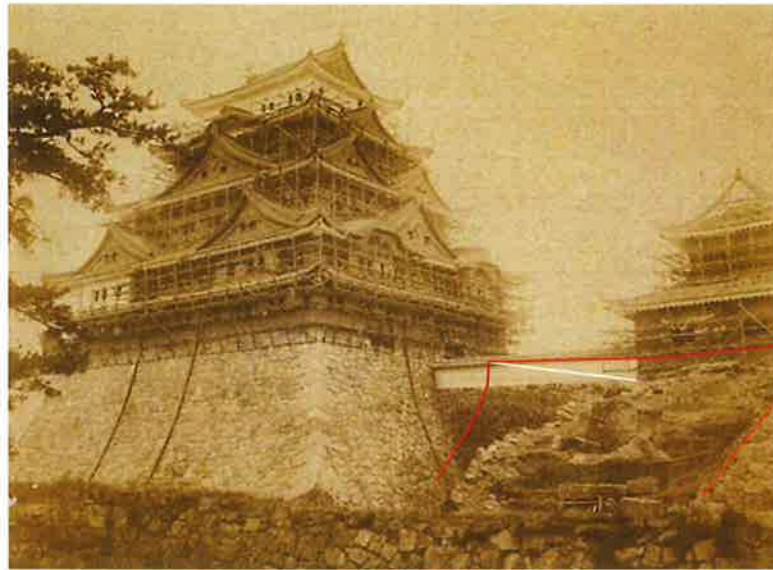


地山(15.15-20m): 2.5Y5/1 黄灰,粗砂-中粒砂,やや締まる(地山)

○まとめ

- ・濃尾地震以降の盛土と推定される土は地表より0.3~3.9mまで堆積する。
- ・近世盛土と推定される土は地表より3.9~15.15mまで堆積する。

④ 小天守西側の地下遺構面の設定



古写真「濃尾地震の被害から修理工事中の天守南西から」
明治25年(1892)
宮内省内匠寮・青山三郎撮影
宮内庁宮内公文書館蔵

▼石垣天端

ボーリング調査(小天守西側)
位置

古写真及びボーリング調査(小天守西側)
の結果から推定した遺構面

発掘調査(Q区、小天守O区)
より、表土から600mm下を遺構
面と設定

指摘事項への回答(令和3年5月)
時に推定した遺構面(赤色破線)

現状地表面

小天守

築石 栗石

保護工(EPS)

石垣近傍
500mm

発掘調査(小天守O区)より、
石垣近傍は表土から500mm下を
遺構面と設定

ボーリング調査位置

▼GL=T.P.+20.13m

3.90m

ボーリング調査位置における
遺構面深度

▼T.P.+16.23m

大型土のう

古写真から推定した
石垣積み直しライン
(水色実線)

砕石

内堀保護工
(EPS)

砕石

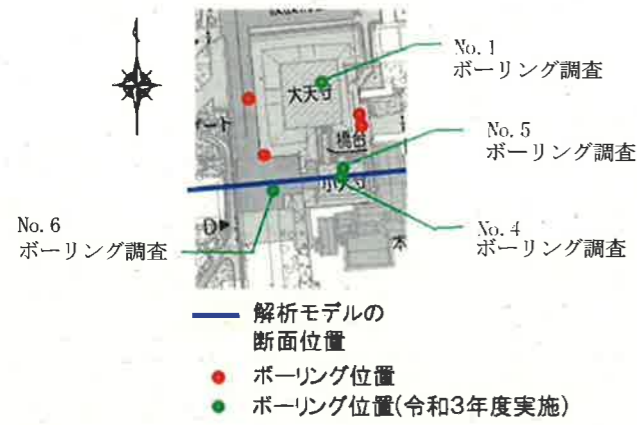
築石 栗石

古写真から推定した
栗石の背面境界

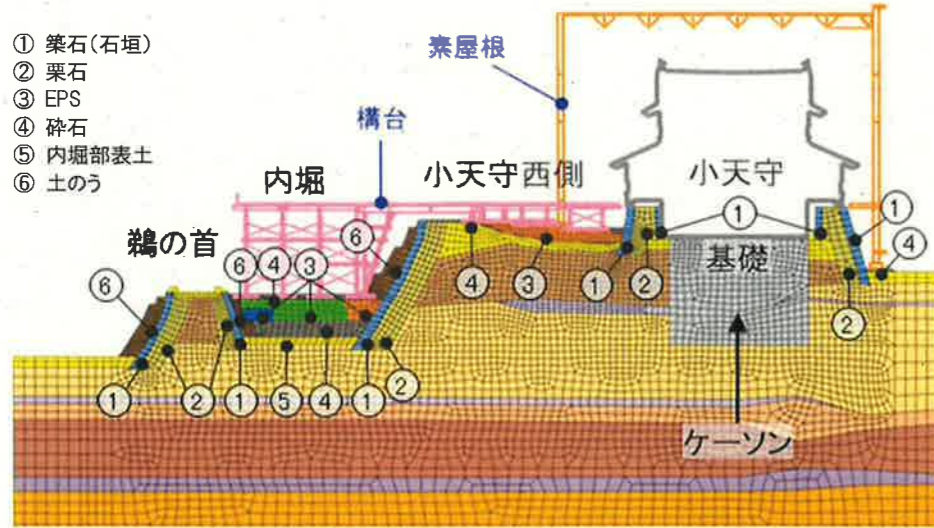
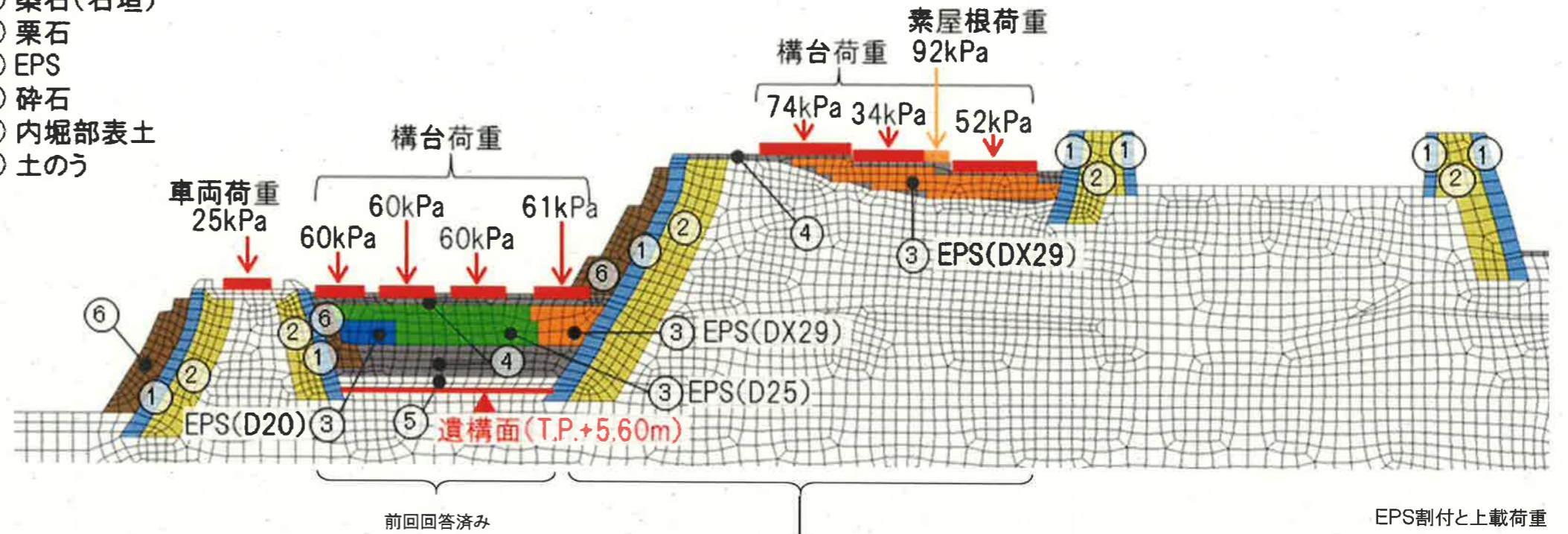
東西方向断面図

背面のオルソ図は、U57石垣面を
左右反転させたもの

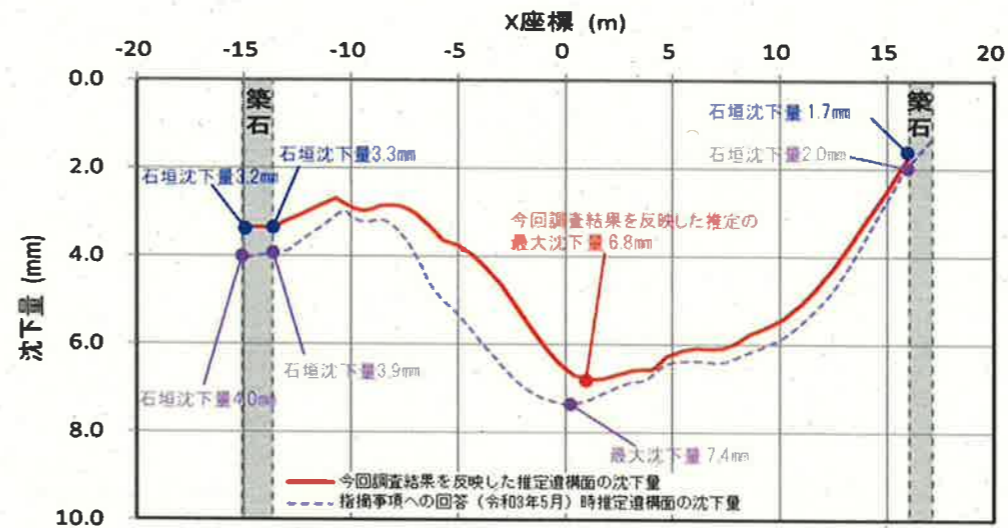
⑤ 小天守西側（最大荷重時）の解析結果（抜粋）



- ① 築石(石垣)
- ② 栗石
- ③ EPS
- ④ 砕石
- ⑤ 内堀部表土
- ⑥ 土のう

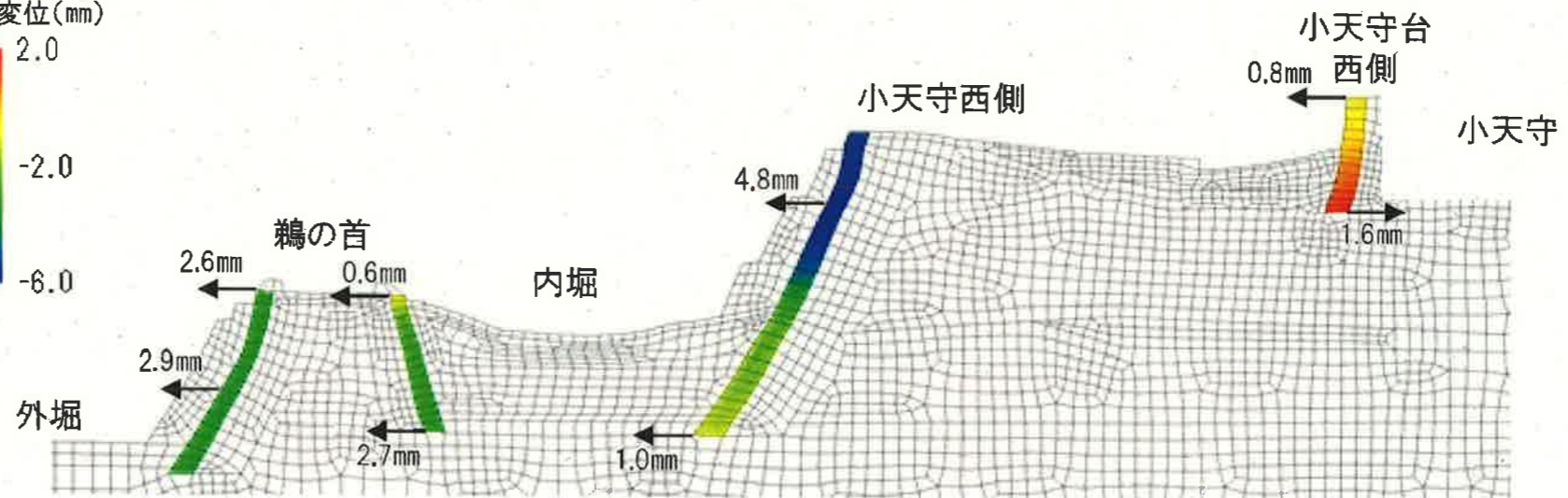
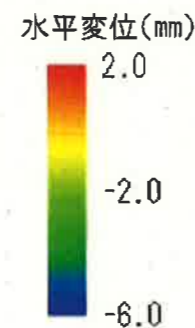


解析モデル図



(参考) 小天守西側(堀上部)遺構面の沈下グラフ

推定遺構面の沈下量が小さくなった要因は、これまでに実施したボーリング調査結果(地盤定数等)に基づき見直した解析モデルとしたことによる影響が大きいと考えられる。



(参考) 水平変位の影響度合い