特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣・埋蔵文化財部会（第 47 回）

日時：令和 4 年 2 月 17 日（木）14:00～16:00

場所:Web 会議

会　議　次　第

1　開会

2　あいさつ

3　議事

(1) 本丸搦手馬出周辺石垣の修復について　＜資料 1＞

(2) 小天守西側の調査分析結果について　＜資料 2＞

4　閉会

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 石垣・埋蔵文化財部会（第 47 回）
出席者名簿

日時：令和 4 年 2 月 17 日（木）14:00～16:00
場所：Web 会議

■構成員　（敬称略）

氏　名	所　属	備考
北垣　聰一郎	石川県金沢城調査研究所名誉所長	座長
赤羽　一郎	前名古屋市文化財調査委員会委員長・ 元愛知淑徳大学非常勤講師	副座長
宮武　正登	佐賀大学教授	
西形　達明	関西大学名誉教授	
梶原　義実	名古屋大学大学院教授	

■オブザーバー　（敬称略）

氏　名	所　属
洲嵜　和宏	愛知県県民文化局文化部文化芸術課文化財室室長補佐

特別史跡名古屋城跡　本丸搦手馬出周辺石垣修復事業

積直し基本計画（素案）

令和４年　月

名古屋城総合事務所

特別史跡名古屋城跡　本丸搦手馬出周辺石垣修復事業
積直し基本計画（素案）　目次

１　本丸搦手馬出周辺石垣の概要
1.1　特別史跡名古屋城跡本丸搦手馬出について　・・・・・・1
1.2　地形地質状況　・・・・・・2

２　修復事業の経緯
2.1　これまでの城内石垣修復事業　・・・・・・3
2.2　本丸搦手馬出石垣修復事業の概要　・・・・・・4

３　修復事業に伴う調査成果
3.1　基本層序　・・・・・・6
3.2　主な遺構　・・・・・・6
3.3　傾斜硬化面　・・・・・・7
3.4　暗渠　・・・・・・7
3.5　背面検出石材　・・・・・・7
3.6　根石　・・・・・・7
3.7　捨石　・・・・・・8
3.8　敷金　・・・・・・8
3.9　刻印・墨書　・・・・・・8

４　変状原因の推定　・・・・・・10

５　石垣積直し計画
5.1　修復勾配　・・・・・・11
5.2　修復構造
5.2.1　概要　・・・・・・11
5.2.2　工学的解析による検証　・・・・・・11
5.2.3　安定化対策　・・・・・・14
5.3　石材
5.3.1　石材再利用の判定　・・・・・・17
5.3.2　新補石材の調達　・・・・・・17

６　修景計画
6.1　排水計画　・・・・・・18
6.2　活用計画と観覧動線　・・・・・・18
6.3　境門及び元御春屋門周辺の復元方針　・・・・・・18

6.4　緊急車両への対応　・・・・・・18
6.5　転落防止策　・・・・・・18
6.6　樹木及び植栽の管理　・・・・・・18

７　修景の考え方　・・・・・・19

８　積直しスケジュール
8.1　想定スケジュール　・・・・・・20
8.2　積直し事業の公開活用　・・・・・・20

（資料編）

別添資料　１　石垣背面盛土投影図(東面)　・・・・・・21
別添資料　２　石垣背面盛土投影図(北面)　・・・・・・22
別添資料　３　石垣の修復履歴　・・・・・・23
別添資料　４　石垣位置図及び事業範囲図　・・・・・・24
別添資料　５　解体範囲図　・・・・・・25
別添資料　６　石垣背面盛土土層図(東面)　・・・・・・26
別添資料　７　石垣背面盛土土層図(北面)　・・・・・・27
別添資料　８　傾斜硬化面検出位置図　・・・・・・28
別添資料　９　暗渠展開図　・・・・・・29
別添資料１０　背面検出石材位置図　・・・・・・30
別添資料１１　根石調査位置図　・・・・・・31
別添資料１２　捨石累積図　・・・・・・32
別添資料１３　敷金検出位置図　・・・・・・33
別添資料１４　「天和２年」の墨書位置図　・・・・・・34
別添資料１５　変状メカニズムの推定　・・・・・・35
別添資料１６　修復勾配計画図（東面）　・・・・・・36
別添資料１７　修復勾配計画図（北面）　・・・・・・37
別添資料１８　石垣修復構造　・・・・・・38
別添資料１９　有限要素法解析結果　・・・・・・39
別添資料２０　慶長期石垣と天和期石垣の接点安定化　・・・・・・40
別添資料２１　逆石調整後の付加石材等対策　・・・・・・41
別添資料２２　石垣逆石安定性評価試験　・・・・・・42
別添資料２３　栗石層安定化対策　・・・・・・43
別添資料２４　石材再利用判定フロー　・・・・・・44
別添資料２５　排水計画図　・・・・・・45
別添資料２６　現況高さ　・・・・・・46
別添資料２７　活用計画と観覧動線　・・・・・・47
別添資料２８　植栽管理計画　・・・・・・48
別添資料２９　計画平面図　・・・・・・49
別添資料３０　計画断面図　・・・・・・50
別添資料３１　鳥瞰イメージ図　・・・・・・51
別添資料３２　金城温古録　・・・・・・52

１　本丸搦手馬出周辺石垣の概要

1.1　特別史跡名古屋城跡本丸搦手馬出について

特別史跡名古屋城跡は名古屋市中区本丸に位置する。名古屋城は慶長 14（1609）年に徳川家康により築城が決定され、慶長 15（1610）年から築城に関わる工事が始められたとされる。石垣は西国を中心とした 20 大名による公儀普請によって築かれ、「事蹟録」によれば慶長 15 年 6 月 3 日より根石置きが始まった。「蓬左遷府記稿」には、同年 8 月には加藤清正が天守台の石垣を完成させ、同年 9 月には本丸・二之丸・西之丸・御深井丸の石垣がおよそ完成し、大名たちが帰国したという記録が残されている。

名古屋城の石垣普請に関しては、大名の担当箇所や規模を記した「名古屋城町場請取絵図」および「名古屋御城石垣絵図」といった史料や絵図類が残されている。これらの史資料によれば、本事業の対象である本丸搦手馬出周辺石垣を担当している大名は、浅野幸長、黒田長政、田中忠政、山内忠義、蜂須賀至鎮、生駒正俊、鍋島勝茂となっている。また「瑞龍院様御代奉書并諸書付類之写」の中の「名古屋城修復許可老中奉書写」に、崩落しその両脇に孕みの生じた本丸東北隅の石垣等の修理を許可したという記録が、天和 2（1682）年 2 月 21 日付で残されている。『名古屋城石垣災害・補修一覧』（高田 2002）によってこの老中奉書で修復が許可された石垣が今回行っている本丸搦手馬出にあたると指摘されてきた。天和 2 年の修復については、搦手馬出東面石垣の解体石材から「天和弐年」の墨書が確認できたことからも、搦手馬出の修復のことであったと考えてよいだろう。

名古屋城の本丸には大手と搦手に 2 つの馬出がつくられている。現在の表二之門の南側に位置していた大手馬出については、西側の堀が近代に埋め立てられたことから、現在はその全貌をうかがうことができなくなっている。一方、搦手馬出については、その形状が現在までよく残されていると考えられている。搦手馬出は本丸の東側に位置し、東門枡形とは土橋で結ばれる。南北に出入口が設けられ、北側は塩蔵構へと接続し、南側は二之丸へと接続する。南側の出入口には旗台が設けられ、元御舂屋門が建てられていた。

普請に伴う丁場割を記した絵図では、東の多門櫓台の西側には雁木が描かれる。尾張藩の掃除中間頭であった奥村得義とその養子である奥村定によって編集された、名古屋城について網羅的に記録した書物である「金城温古録」にも、搦手馬出について記録が残されている。「金城温古録」では、搦手馬出は間口 51 間 2 尺・奥行 28 間 1 尺余・高さは空堀側で 7 間、水堀側で 8 間（約 93.3m×51.2m×12.7m（空堀）、14.5m（水堀））と記されている。この規模は現在の測量図での計測値（南北約 94.3m×東西 51.8m×高さ 12.5m（空堀）、14.2m（水

堀))と比較的近い値となっている。大手馬出とは異なり多門櫓や雁木は描かれておらず、北東隅には櫓台の石垣が築かれ、「闇」(やぐらだい)と記載されているが、建物の痕跡は現在までに行われた調査では確認されていない。

1.2　地形地質状況（別添資料１・２）

名古屋市域の地形は大きく丘陵・台地・平野の３つに分けられる。名古屋市東部が丘陵地、中心部が台地、北部から西部が沖積平野となっている。名古屋城は市域中央部の熱田台地北西端に位置する。熱田台地は名古屋台地とも呼ばれ、６～９万年前に火山勾配の海底堆積物が隆起してできた洪積台地であり、名古屋城付近から熱田神宮付近までの南北 15 ㎞程度、東西は広いところで３㎞程度の細長い地形となっている。

現在の特別史跡名古屋城跡の有料区域内には本丸・二之丸・西の丸・御深井丸の４つの曲輪が存在し、各曲輪の標高は 12～15ｍである。東と南には空堀を挟んで武家地として利用されていた三之丸が広がる。名古屋城の北と西は段丘崖に面し、比高は 10ｍ程で、北から西にかけては濃尾平野を形成する低地部が広がる。西側には台地の縁辺に沿って築城に伴い開削された堀川が流れる。

本丸搦手馬出石垣の背面は、標高約 12ｍより上部は玉石混じり砂礫を主体とする最大礫径φ100 程度の盛土である（Bg)。N 値は概ね 20～30 を示す。標高約 12ｍより下側の盛土は、礫混じり細砂を主体とするものであり（Bs)、N 値は概ね 21～30 を示す。標高約 6ｍより下側の盛土は礫混じり細砂を主体とする粘性土であり（Bc)、N 値は概ね 21～31 を示す。盛土の下層は洪積層の熱田層であり、細砂やシルト混じり細砂、シルト質細砂を主体とする砂質土で（Ds)、N 値は標高 0ｍ程では 12～17、標高 0ｍ以下では 50 以上を示す。根石以下 2ｍ程度は N 値 0～10 程度の砂質土又は粘性土であり、根石付近の強度が低い状況であった。

本事業では、石垣解体に際し背面地盤の地盤工学的な特徴を把握するために土の不攪乱試料のサンプリングを行い、密度、含水比、粒度組成及び締固め試験結果等の室内土質試験を実施した。背面土のブロックサンプリングの結果は解体前・変状前想定断面の円弧すべり解析を行う際に参考とした。

２　修復事業の経緯

2.1　これまでの城内石垣修復事業

特別史跡名古屋城跡では、昭和４５年（１９７０年）に発生した御深井丸北側の石垣崩落事故を契機に城内の石垣を順次修復している。これまでに 16 件の石垣修復事業を完了し、本丸搦手馬出石垣は 17 件目である。〔表１、石垣の修復履歴(別添資料 3)〕

表１　城内全体の石垣修復事業の経過

年度(和暦)	年度(西暦)	補修箇所	解体修理面積(m2)
昭和45年度 昭和46年度	1970年度 1971年度	深井丸	1,027
昭和50年度	1975年度	塩蔵門跡東側	113
昭和51年度 昭和52年度	1976年度 1977年度	不明門跡	176
昭和53年度 昭和54年度	1978年度 1979年度	東一之門跡東側	195
昭和55年度	1980年度	御春屋門跡	69
昭和56年度	1981年度	東南櫓二之丸境	106
昭和57年度 昭和58年度	1982年度 1983年度	表一之門跡北側	97
昭和59年度 昭和60年度	1984年度 1985年度	表一之門跡南側	118
昭和61年度 ～ 昭和63年度	1986年度 ～ 1988年度	不明門跡(塩蔵門跡西側)	249
平成元年度 ～ 平成3年度	1989年度 ～ 1991年度	東一之門跡西側	162
平成4年度 平成5年度	1992年度 1993年度	くるみ林塩蔵構境	135
平成6年度 ～ 平成8年度	1994年度 ～ 1996年度	二之丸旧東二之門跡北側・東面	609
平成6年度 平成9年度	1994年度 1997年度	塩蔵構南	143
平成10年度	1998年度	二之丸旧東一之門跡西	125
平成11年度	1999年度	二之丸旧東二之門跡南	119
平成12年度 平成13年度	2000年度 2001年度	不明門北東	240
平成14年度 ～	2002年度 ～	本丸搦手馬出	1,558

2.2　本丸搦手馬出石垣修復事業概要

本丸搦手馬出石垣は、図 1 のように大きく孕み出して危険な状態であったため、これを解消し石垣を健全な状態とすることを目的として、解体修復事業に取り組んでいる。測量結果を元に孕み出し指数δ（孕み出し量(m)／孕み出し範囲高さ）を計算するとδ＝12.9 となり、不安定となる目安とされているδ＝6 を大きく超えていたことから、平成１４年（２００２年）より修復事業に着手している。

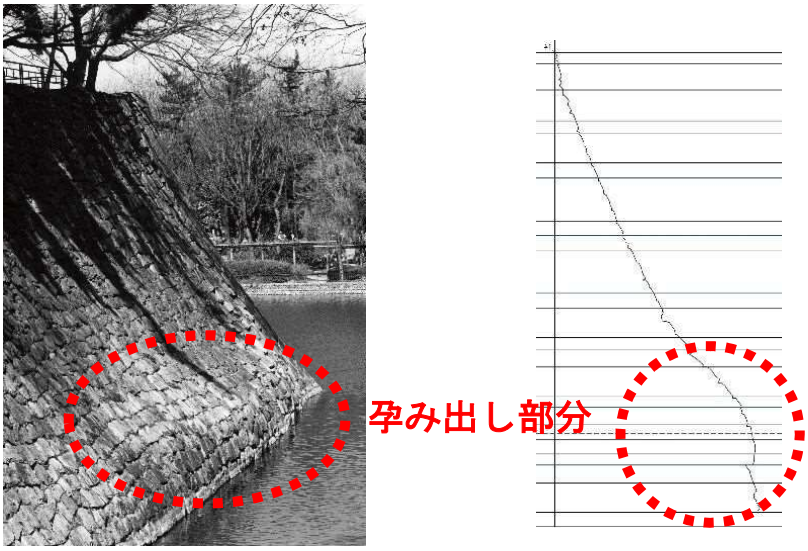


図１　東面解体前写真・断面

本丸搦手馬出石垣は、14m を越える高石垣であることから、解体時に背面の安定勾配を確保し崩落を防がなければならない。現代的な補助工法の適用も検討したが、結果として背面盛土を必要最低限の範囲で掘削することはやむを得ないと判断し、背面遺構の記録を行いながら慎重に解体作業を進めた。

また、施工機械の配置にあたっては遺構保護の観点から水堀側への設置を検討したが、水堀の水深が浅いため台船が使用できず、堀の広範囲に支持杭を打つ必要があるなど堀底への影響が懸念され、その影響調査等が困難であることから遺構の保存への影響を最小限に抑えられるよう配慮したうえで陸側へ設置することとした。

解体は平成３０年（２０１８年）までに概ね完了し、解体範囲は本丸搦手馬出の北東隅角より南に 57m（東面）、西に 51m（北面）、解体した範囲の合計は立面積 1557.8m2、解体石材数は 4393 個となった。〔石垣位置図及び事業範囲図(別添資料 4) 、解体範囲図(別添資料 5)〕

解体で得られた知見をもとに枠工の施行を行った。さらに、令和 2 年度には変状原因を推定の上、積直しに係る方針を積直し基本方針として取りまとめた。

令和 2 年度に取りまとめた基本方針に基づき詳細を検討し、今回、積直し基本計画として取りまとめるものである。

今後は、本計画に基づき、令和４年度より実施設計を行い、その後本格的な積直しに着手する予定である。

写真１　解体完了写真

表２　本丸搦手馬出石垣修復の経過

年　　度	地　　点	施　行　面　積　等
平成14年度 (2002年度)	○　本丸搦手馬出周辺 □　平面図・立面図作成	―
平成15年度 (2003年度)	○　本丸搦手馬出内各所 □　測量・発掘調査のみ実施	―
平成16年度 (2004年度)	○　境門東側枡形周辺 □　北面（№2）・№5･6石垣	◇　［石垣解体面積］　１７１．２　m2 ◇　［解体石材数］　４７６　個
平成17年度 (2005年度)	○　元御春屋門北側枡形周辺 □　№７･8･9･10石垣	◇　［石垣解体面積］　８７．８　m2 ◇　［解体石材数］　３２３　個
平成18年度 (2006年度)	○　北東櫓台周辺 □　№1・2・3･4石垣	◇　［石垣解体面積］　１７０．８　m2 ◇　［解体石材数］　３００　個
平成19年度 (2007年度)	○　北東櫓台周辺 □　№1・2・3･4石垣	◇　［石垣解体面積］　１４４．０　m2 ◇　［解体石材数］　４０７　個
平成20年度 (2008年度)	○　本丸搦手馬出東面石垣 □　№1石垣	◇　［石垣解体面積］　１７０．７　m2 ◇　［解体石材数］　５１７　個
平成21年度 (2009年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　１９４．２　m2 ◇　［解体石材数］　５９２　個 （うち暗渠石組蓋石・側石　37
平成22年度 (2010年度)	○　本丸搦手馬出東面石垣 □　№1石垣	◇　［石垣解体面積］　１８９．４　m2 ◇　［解体石材数］　５２０　個
平成23年度 (2011年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　１４６．７　m2 ◇　［解体石材数］　450　個 （うち暗渠石組底石等　31個）
平成24年度 (2012年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　１１２．６　m2 ◇　［解体石材数］　３３８　個
平成25年度 (2013年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　１００．４　m2 ◇　［解体石材数］　２８０　個
平成26年度 (2014年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　０　m2 ◇　［解体石材数］　０　個
平成27年度 (2015年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　０　m2 ◇　［解体石材数］　０　個
平成28年度 (2016年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　０　m2 ◇　［解体石材数］　０　個
平成29年度 (2017年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　０　m2 ◇　［解体石材数］　０　個
平成30年度 (2018年度)	○　本丸搦手馬出東面・北面石垣 □　№1･2石垣	◇　［石垣解体面積］　７０　m2 ◇　［解体石材数］　１９０　個
合計		◇　［石垣解体面積］　１５５７．８m2 ◇　［解体石材数］　４３９３　個

３　修復事業に伴う調査成果

平成 14 年度に解体前の現況状態を確認するための調査を実施している。石垣現況調査（平板測量及び根石部水深調査）、石垣健全性調査（ボーリング、地中レーダー探査、表面波探査）を実施し、石垣裏の空隙等がある不健全範囲を特定するとともに、地盤の強度と地層の確認を行った。

平成 15 年度から解体に伴う文化財調査を実施している。また平成 22・24～27 年度には水堀底部において、搦手馬出東面石垣（No.1 石垣）、北面石垣（No.2 石垣）の根石を確認するための発掘調査を行った。根石調査の成果をもとに、石垣前面の捨石をいかした形で枠工による石垣裾部前面の補強工法を実施した。平成 18 年度からの本丸搦手馬出東面石垣、北面石垣の解体に伴う調査で、本丸搦手馬出北東隅櫓台中心軸の東西及び南北の同一位置で継続して断面観察を行っている。この東西・南北トレンチの土層断面図を合成・編集して土層投影図を作成した。

3.1　基本層序（別添資料６・７）

本丸搦手馬出石垣の背面盛土は大きくⅠ～Ⅲの三種類に分けることができる。Ⅰ層は慶長期の盛土、Ⅱ層は天和期の修復時の盛土、Ⅲ層は天和の改修以降の上部構造の盛土と考えられる。搦手馬出平面部分の調査の際には近現代の盛土も確認されており、平面空間は近代に大きく造成されているとみられる。またボーリングによる地盤調査を平成 14・18 年度に実施しており、本事業以前に行った平成 7 年度の成果を含めた成果の再整理を平成 28 年度に実施している。3.4 で後述する暗渠の下では基盤層と考えられる熱田層が確認されている。基盤層上面には中世の遺物を包含する茶褐色砂質土が堆積している。基盤層の上面は標高 7.8m で、石垣前面から 8.5m の位置で落ち込んでいる状況が確認されている。この形状が本来の崖線の位置を表しているかはさらなる検討が必要であるが、この基盤層の落ち込むラインは南北に蛇行し、石垣の造成に伴う直線的な掘り込みとは状況が異なるため、自然地形を残している可能性が高いと考えられる。

3.2　主な遺構

発掘調査で確認された遺構として、搦手馬出上面では近代の防火水槽が、石垣背面では石垣面へ傾斜する硬化面（以下、傾斜硬化面）、北面石垣に開口する暗渠及び背面検出石材が確認されている。各遺構の詳細については後述する。

搦手馬出で行ったトレンチ調査及び東北隅櫓台の調査では、明確な遺構は検出されなかった。

3.3　傾斜硬化面（別添資料８）

平成 15・23～25 年度のトレンチ調査で、石垣面方向へ向かって約 20 度の角度で下がるスロープ状の面の存在を検出した。スロープ状の面の上面は、多くの箇所で鉄分が沈降集積し、表面がかなり硬化していた。石垣修復時の作業面と考えられ、傾斜硬化面と呼称している。平成 23・24 年度調査では、斜路状遺構はⅡ層の最下部で確認されている。特に平成 23 年度に調査した北面石垣の背面盛土中の斜路状遺構は、高さの異なる三つのスロープが隣接し、複雑な状況を呈していた。平成 23～25 年度調査において、石垣下部付近で確認された傾斜面に鉄分の付着が著しいことから、水みちとなって孕み出しの原因となっている可能性が指摘された。

3.4　暗渠（別添資料９）

北面石垣に開口する暗渠については平成 21 年度及び平成 23 年度に調査を行った。暗渠は桝部の南側で石材や石材の抜き取り痕が確認されたことや、底部石の調査で確認された栗石の構造の違いなど、いくつかの改修跡が確認されている。暗渠上部の盛土はシルトを主体とし、暗渠西側ではⅠ層を明確に掘り込んでいる。暗渠全長は 14.6m、南端と開口部の比高差は約１ｍである。底石の下は南１／３が盛土上、残り２／３は５～10 ㎝大の円礫の上に築かれている。石垣面から７石目までが大きく沈下しており、円礫基礎が北面石垣の栗石の沈下に合わせて陥没した可能性が高い。石垣南側下部で暗渠の集水桝が確認されており、さらに南から集水桝へ接続する暗渠の一部を検出した。

3.5　背面検出石材（別添資料１０）

背面検出石材とは、石垣背面の栗石層中及び栗石層と背面盛土の境界付近で検出された築石大の石材と定義している。石材の大きさは控え長が 1000 ㎜程度で、刻印が確認されているものもあり、概ね標高 8mよりも下で確認される。刻印の内容から築城期の石材と考えられる。搦手馬出全体で 224 個確認されており、砂岩と花崗岩系の比率はおおよそ 1:2 である。傾向としては栗石と背面盛土の境界付近でみられるが、累積図では置き方に規則性はみられなかった。また石列のように面を持って並ぶような状況もみられなかった。他城郭でも築城及び改修の際に再利用できなかったと思われる石材を栗石中に入れる事例は存在するが、搦手馬出で確認された規模の石材が「背面石垣」としてではなく栗石中に混入する例は確認できなかった。

3.6　根石（別添資料１１）

積み直しのための調査として根石周りの変状を確認することを目的として平

成 22・24・25・26 年度に根石調査を実施した。根石調査では、石垣前面に鋼矢板を打ち込み、止水した状況で根石下まで掘り下げた。平成 26 年度の調査では根石下の状況まで確認できた。平成 26 年度調査は２トレンチ（北トレンチ・南トレンチ）を設定して実施した。調査の結果、東面石垣の根石下に両トレンチで土台木を確認した。しかし、南トレンチの根石接地面は北トレンチよりも石材で 1 石分多く、標高で 0.45m深い。南トレンチではトレンチ内の３石の根石は全て土台木の上に据えられていたが、北トレンチでは石垣面に向かって南から３石は土台木の上に、それ以北は熱田層由来と考えられる粘質土による盛土の上に直接根石が据え置かれていた。土台木は幅 40 ㎝（北トレンチのみで確認）、厚さ 30 ㎝、確認された長さは北トレンチで約 2.2m、南トレンチで約 2.1m。北トレンチの土台木は北側先端部が継手状に加工されていた。上面及び側面（石垣前面側）については面取り加工がなされているが、底面は触診の結果曲面であり、本来の木材面と考えられる。南トレンチの土台木は側面、底面ともに面取り加工がされている。土台木はモミ属、マツ属の木材が使われている。

3.7　捨石（別添資料１２）

根石調査の結果、根石付近には著しい破損はみられなかった。また石の積み方が石垣上部でみられるような布積みではなく乱積みである状況から根石が慶長期のものであることが推察された。そのため根石までの取り外しは行わずに地盤を改良するため枠工を施工した。枠工とは石垣前面に打ち込んだ杭の間を貫でつなぎ、隙間に捨石を充填することによって地盤を補強し、石垣が前面に迫り出すことを防止する対策工である。工事に伴う発掘調査に際して、石垣前面に捨石が確認された。捨石は大型の石材の間を栗石で埋めるように施工されている。東面石垣よりも北面石垣の捨石の方が密に並べられている。捨石については枠工の一部として残置した。

3.8　敷金（別添資料１３）

北東隅角部から平成 21 年から平成 30 年度までに 91 点の敷金が出土している。1 石につき 1 枚のみで使用されるもののほか、複数個所に挟むもの、複数枚を重ねて使用するものもみられた。令和 2 年度に成分分析を行った結果、いずれも 99%以上の Fe（鉄）と多数の微量元素で構成されていることを確認した。また試料採取時の切断面から、錆は表面にしか及んでいないことを確認した。

3.9　刻印・墨書（別添資料１４）

解体した築石から刻印及び墨書が確認できた。墨書は岩崎山産の花崗岩で確認でき、修理の際の新補石材に書かれていると考えられる。数字を記したものが

多い。また「天和弐年」と書かれた築石も確認されており、天和２年に修復された石垣が搦手馬出石垣であるという説を補強するものである。

４　変状原因の推定

解体前のボーリング調査から、石垣の下が比較的軟弱な地盤であることが判明した。根石より下側はN値 10 程度の粘土層であり、弱い地盤の上に高石垣が構築されている。また、石垣背面にて確認された傾斜硬化面（3.3 参照）付近で土質調査を行ったところ、土中のカルシウム分などの化学成分の溶脱がみられたことから、盛土境にかなりの長期間に渡り浸透水が集中し、この部分の細粒分を栗石層内に流出させたと考えられる。さらに、解体範囲の最下段から逆石状の石材が 8 石程度集中して確認された。

今回、孕み出しに影響したのは軟弱地盤、傾斜硬化面への浸透水の集中、逆石状の石材の３つが主要因であると推定し、その経過について、変状メカニズムの推定（別添資料 15）のようにステップ分けして整理した。

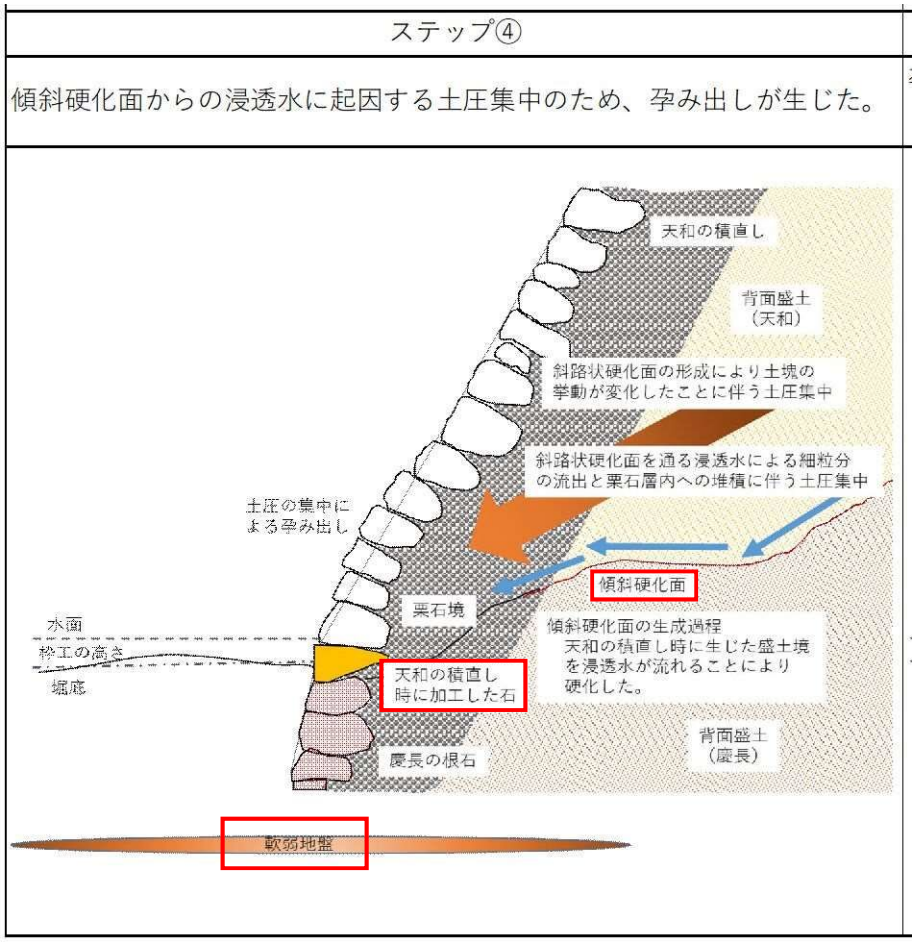


図２　変状原因の推定（別添資料 15 より抜粋）

５　石垣積直し計画

5.1 修復勾配

孕みが生じていない健全とみられる部分の勾配を東面、北面にてそれぞれ抽出し、これを基準断面として修復勾配を設定した。〔修復勾配計画図(東面)別添資料 16、修復勾配計画図(北面)別添資料 17)〕なお、今後も石垣の勾配について学術的な観点から、本質的価値を明らかにしていく調査研究活動についても、継続して行っていく。

5.2 修復構造

5.2.1 概要

石垣積直しの全体構造は、別添資料 18 に示す（１）～（１１）の通りとする。特に前述３にて整理した変状要因への対応として、下記のとおり対策を行う。

- **軟弱地盤**：石垣前面の基礎地盤に枠工を設置することにより、地盤を安定化した。枠工は、松杭を打ち込み、杭同士を貫で繋ぎ一体化した上で、割栗石層を設置することにより地盤を安定化するものである。
- **傾斜硬化面**：浸透水の流入防止のため、水平排水層や吸出防止層の設置及び地表面からの浸透を防止する表面構造とする。
- **逆石状の石材**：逆石状の石材を安定化させるために、逆石の角度調整及び補強石設置等の対策を行う。

なお、本丸搦手馬出石垣の栗石層幅は 4～5m程度と広くなっており、地震時に不安定となる可能性もあることから、地震時の安定性についても検証を行った。

5.2.2 工学的解析による検証

まず、修復前モデルにより円弧すべり解析を行った結果、栗石層内にすべり面が形成された。さらに、有限要素法解析による解析によって変状過程を再現し変形量を明らかにすることにより変状要因の確認と対策工の評価を行うこととする。

(1)円弧すべり解析

修復前モデルにより円弧すべり解析を行った。図 3 は円弧すべり解析の概要である。結果を図 4 及び表 3 に示す。図 4 より、すべり面が栗石層内に形成されていることが確認できた。

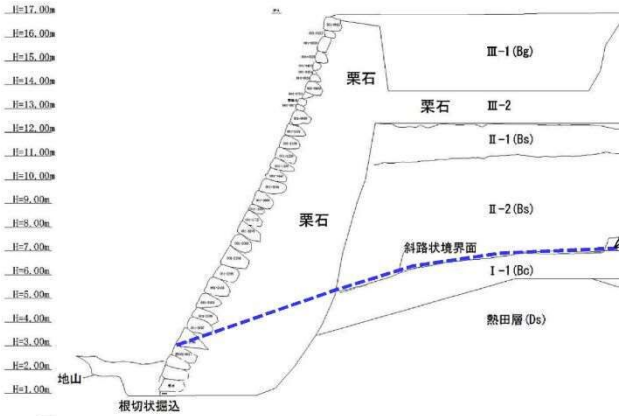


図３　円弧すべり解析モデル図

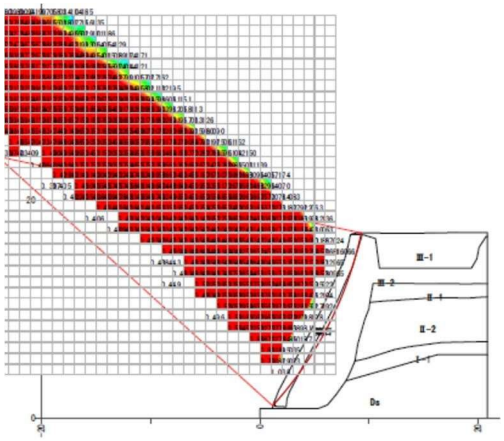


図４　円弧すべり解析結果

表３　円弧すべり解析結果

種別	記号	単位	条件と結果	
			常時	地震時
計算式	－	－	修正Fellenius法(道路土工式)	
地盤水平震度係数	Kh	－	—	0.150
安全率	Fs	－	0.584	0.397
計画安全率	p.Fs	－	1.200	1.000
抑止力	Pr	kN/m	221.5	232.6
円弧中心座標	X	m	-24.000	
	Y	m	24.000	
円弧半径	R	m	34.000	
すべり面長	L	m	17.961	
面積	A	m^2	16.68	
間隙水圧	U	kN/m	0.0	
法線力	N	kN/m	190.6	136.6
地すべり抵抗力	S	kN/m	210.177	153.491
地すべり力	T	kN/m	359.767	386.129

(2) 有限要素法による解析

変状過程の再現と対策工の評価を行うため、有限要素法解析を行った。〔有限要素法解析結果(別添資料 19)〕

常時を想定した静的解析及び地震時を想定した動的解析を下記の 4 ケースについて行った。

ケース 1－1：変状前の状況（常時、静的解析）
ケース 1－2：枠工対策後（常時、静的解析）
ケース 2－1：枠工対策に加えて栗石層幅を 2mとした場合（常時、静的解析）
ケース 3－1：ケース 2－1 に地震波を入力（地震時、動的解析）

ケース 1－1 では石垣下部に塑性ひずみが集中し変形量は 10.6 ㎝となった。解体前の孕み出しの位置で変形しており、解体前の現状を追認する結果となった。

ケース 1－2 で枠工を設置すると、変形量は 64%改善する。(10.1 ㎝→3.6 ㎝)

このことから、枠工の効果は高いと考えられる。

ケース 2－1 のように栗石層幅を 2mに縮めた場合には、変形量はさらに 89%改善した。（3.6 ㎝→0.4 ㎝）

地震時における石垣の安定性を照査するため、静的解析にて最も安定するケース 2－1 に対して東南海地震を想定した地震波を入力し、動的解析を行った。その結果、東南海地震規模の地震発生時の変形量は相当大きいものと想定され、崩壊も懸念される結果となった。

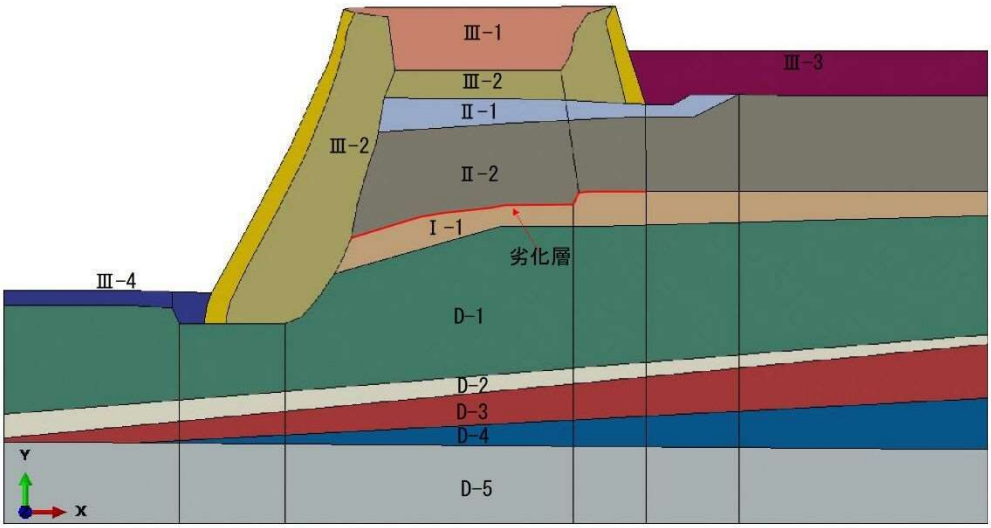


図 5　有限要素法解析モデル図

表 4　有限要素法解析入力パラメータ

記号	区分	土質・岩種	単位体積重量(kN/m3)	内部摩擦角 φ°	粘着力(ＣkN/m2)
Ⅲ-1	隅櫓台上部盛土層	シルト質土	16.0	5	84
Ⅲ-2	栗石層	亜円礫	16.0	35	0
Ⅲ-3	盛土層	シルト質土	16.0	5	84
Ⅲ-4	堀底盛土層	中砂	16.0	24	36
Ⅱ-1	盛土層	砂質土	17.0	16	95
Ⅱ-2	盛土層	砂質土	17.0	16	95
Ⅱ-3	劣化層	砂質土	17.5	42	0
Ⅰ-1	築城期盛土層	粘土・シルト質土	18.0	28	70
D-1	熱田層	細砂	16.0	42	43
D-2	熱田層	火山灰質シルト	16.0	25	42
D-3	熱田層	火山灰質シルト	16.0	39	228
D-4	熱田層	火山灰質シルト	20.0	31	108
D-5	熱田層	砂礫	20.0	39	240

5.2.3 安定化対策

修復後の石垣を安定化させるため、別添資料 18 のとおり対策を行う。

（１）根石部の安定化

枠工は現状では詰石間に間隙があることから、確実に機能を発揮するように、石材による間詰工を行う。

写真２　根石部の安定化（枠工）

（２）背面盛土

修復後の短期強度確保のために石灰混合を行う。過去の調査より石灰添加量は施工上最低となる２%を基本とする。

（３）表層改良・表面排水

石垣背面からの雨水浸透を抑制するため、石垣背面への急激な雨水浸透を抑制できる構造とする。(石垣天端：真砂土舗装、土塁：芝、馬出の平面：芝、十字路：脱色アスファルト)

（４）水平排水層

浸透水の傾斜硬化面への流入による石垣背面土の劣化を防止するため、水平排水層を設置する。構造は、傾斜硬化面直上に厚さ 15 ㎝～20 ㎝の単粒砕石又は粒度調整砕石にて設置し、上から土砂が入るのを防止するため直上に不織布を敷く。

（５）吸出防止層

石垣背面土の細粒分の流出を抑止するため、栗石層の一部を吸出防止層として機能させる。(粒度調整砕石を用いて幅 60 ㎝程度)なお、目詰まりした時のリスクを考慮し、栗石と盛土の間に不織布は使用しない。

（６）傾斜硬化面の措置

慶長と天和の盛土境に生じた硬化面は、解体時の観察や工学的解析の結果より、安定性に及ぼす影響が軽微であると推測されることから残置する。水みちになっていることを改善するため、傾斜硬化面に雨水等が浸入しないために上記(4)のとおり排水対策を行う。

（７）築城期石垣と天和期積替え部分の接点石材

平成 30 年度石垣解体時に石垣東面の築城期石垣と天和期積替え部分の境目より逆石が集中して確認された。（写真 3、別添資料 5）この石材の安定性確認のため実験室でのモデル試験を行い（別添資料 22）対策の必要性を確認した。対策として石材の角度補正を行うこととし、（別添資料 20）また、同様の変形を防止するために付加工法を併用する。（写真 4、別添資料 21、22）

写真３　慶長と天和の接点の逆石状石材

（８）栗石層

栗石層は前述 5.2.2 のとおり地震時に大きく変状する恐れがあることが明らかとなった。地震に対する安全性を確保するため比較検討（別添資料 23）を行った結果、栗石層の最小限の範囲にジオテキスタイルを付加することを前提とし、解体前の栗石層幅を踏襲して、今後具体的な設計を行っていく。

写真４　逆石付加工法の有効性検証試験状況

（９）櫓台の安定化

工学的解析の結果、櫓台下部の栗石層が安定性に及ぼす影響は軽微と推定されるため、解体前の構造に復する。

（１０）背面検出石材

石垣背面から検出された築石大の石材については、安定性に影響を及ぼす要因になり得ることから、栗石に置き換える。

写真５　背面検出石材

（１１）敷金

成分分析の結果を踏まえ、同成分の複製品を試作する。

複製品を元の位置へ設置することを基本とするが、想定する勾配にならない場合も考えられるので、積直し時に現場対応する。

写真６　敷金検出状況

写真７　敷金（拡大）

5.3 石材

5.3.1 石材再利用の判定

積直しに用いる石材は、解体した石材を再利用することを基本とする。解体時に既に損傷している石材については、補修や場合によっては新補石材へ交換する。石材の再利用については、元の位置で再利用が可能かどうかを基準として、別添資料 24 のフローのとおり再利用の可否について判定した。再利用不可の石材は新補石材に交換し、補修可能と判断した石材は補修して再利用する。

5.3.2 新補石材の調達

石材の再利用判定の結果、解体した 4393 石中、80 石程度が再利用不可と判定された。再利用不可となった石材は、新補石材に交換する。新補石材は、交換する石材と同じ産地、石質のものが望ましいが、築城当時の産地は市街化や採掘状況の変化により産出が困難な産地が多い。よって、近隣にて同様の石質のものが算出可能な産地から調達することを基本として検討する。なお、城内に仮置している石材や搦手馬出石垣の背面から検出された石材についても、活用することを視野に必要な調査を行う。

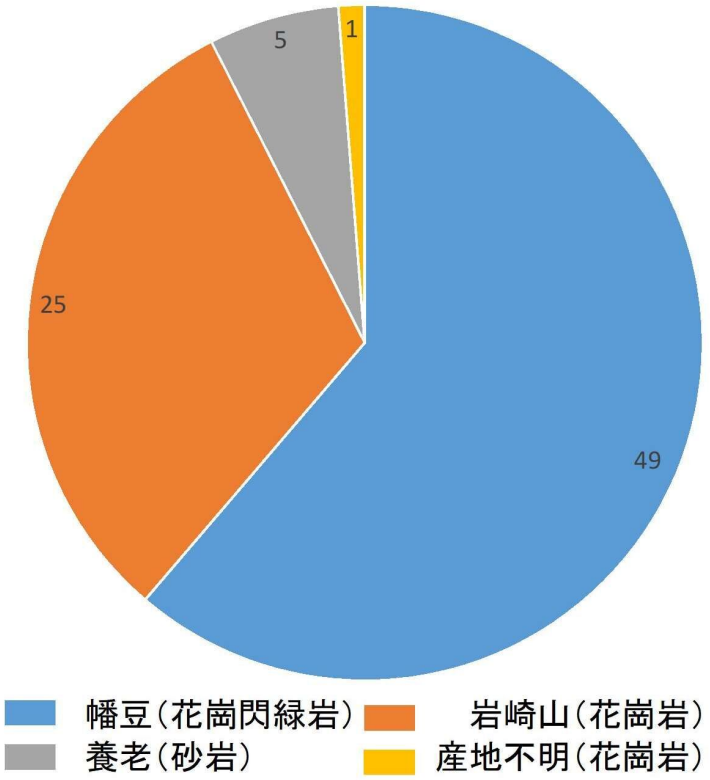


図６　再利用不可石材の産地及び岩石種

６　修景計画

6.1　排水計画

石垣背面から傾斜硬化面への雨水浸透を防止するため、排水に配慮した平面計画とする。〔排水計画(別添資料 25)〕そのため、雨水を速やかに排出できる排水勾配を確保し、排水吐出口の機能を回復させる。なお、排水勾配の確保にあたっては、遺構保護のため、掘削は行わず、現況から盛土を行うことのほか、排水吐出口の呑口は、土砂の流入を抑制する構造を検討する。表面排水は、現代的な排水設備等の設置は必要最低限とし、周辺の景観と調和を意識した設計とする。

6.2　活用計画と観覧動線

搦手馬出から北側の眺望や馬出の機能の紹介等のため、櫓台天端周辺を観覧エリアに含める。〔活用計画と観覧動線(別添資料 27)〕

なお、馬出の内部や櫓台上への観覧動線については、アプローチ施設等の設置を視野に入れ、詳細については今後検討する。

6.3　境門及び元御春屋門周辺の復元方針

境門及び元御春屋門周辺は景観形成上、本丸搦手馬出と一体となるものであるため、連続性を持った整備を行う必要があると考えている。ただし、建造物としての門の復元については今後の課題とし、別途検討こととする。

6.4　緊急車両への対応

内堀に囲まれた本丸への緊急車両の入口は、2 箇所以上とすることが求められている。本丸への入口は表二之門、東二之門、不明門の 3 つである。このうち、不明門は高さ、幅員から緊急車両の通行は困難であることから、緊急車両は表二之門及び東二之門の 2 箇所より進入することとなる。

よって、二之丸より御春屋門を通り東二之門に至るルートの幅員等については緊急車両の通行を想定した検討を行う。

6.5　転落防止策

観覧者の安全確保のため、転落防止施設を設置する。城内には、鋼製の防護柵と低木植栽による防護柵がある。本事業による修景では、景観形成上違和感のないものとして、低木植栽も含め検討する。

6.6　樹木及び植栽の管理

現状では、特に搦手馬出南東側において石垣際に根を張り石を押し出してい

る樹木があるほか、植林したと思われるスギやシュロ等が繁茂しており景観を著しく阻害しており、石垣の保全と馬出の空間性の確保が必要である。別途策定している城内全体の樹木管理計画とも整合させながら影響が大きい樹木から段階的に整理していく。（別添資料 28）

写真 8　石垣際の樹木状況

７　修景の考え方

修復する石垣の積直し勾配や構造については、事業着手時の変状（孕み出し）が発生する以前の姿に戻すことを基本としており、これらは天和期の積直し以降の姿と同様と考えている。（現時点で天和期以降の大規模な改変履歴が確認されていないため）従って、積直し後の、馬出上面の修景にあたっては天和期以降幕末までの期間の状況を参考にする必要があり、その参考史料として江戸時代後期の状況をよく反映し、情報も豊富である金城温古録（江戸時代後期～明治 35 年、別添資料 32）を用いることとした。

完成後の公開活用や管理等もふまえ、修景イメージは計画平面図(別添資料 29)、計画断面図（別添資料 30）、修景イメージ図（別添資料 31）のような姿を目指すものとし、個別要素については今後、事業実施段階において実施設計を行うなかで具体的な検討を行う。

８　積直しスケジュール

8.1　想定スケジュール

今後は、この積直し基本計画をもとに令和４年度に実施設計を行い、令和４年度下半期には石垣積直しに着手する。石垣積直しは令和８年度までに完成させる。（図 7）

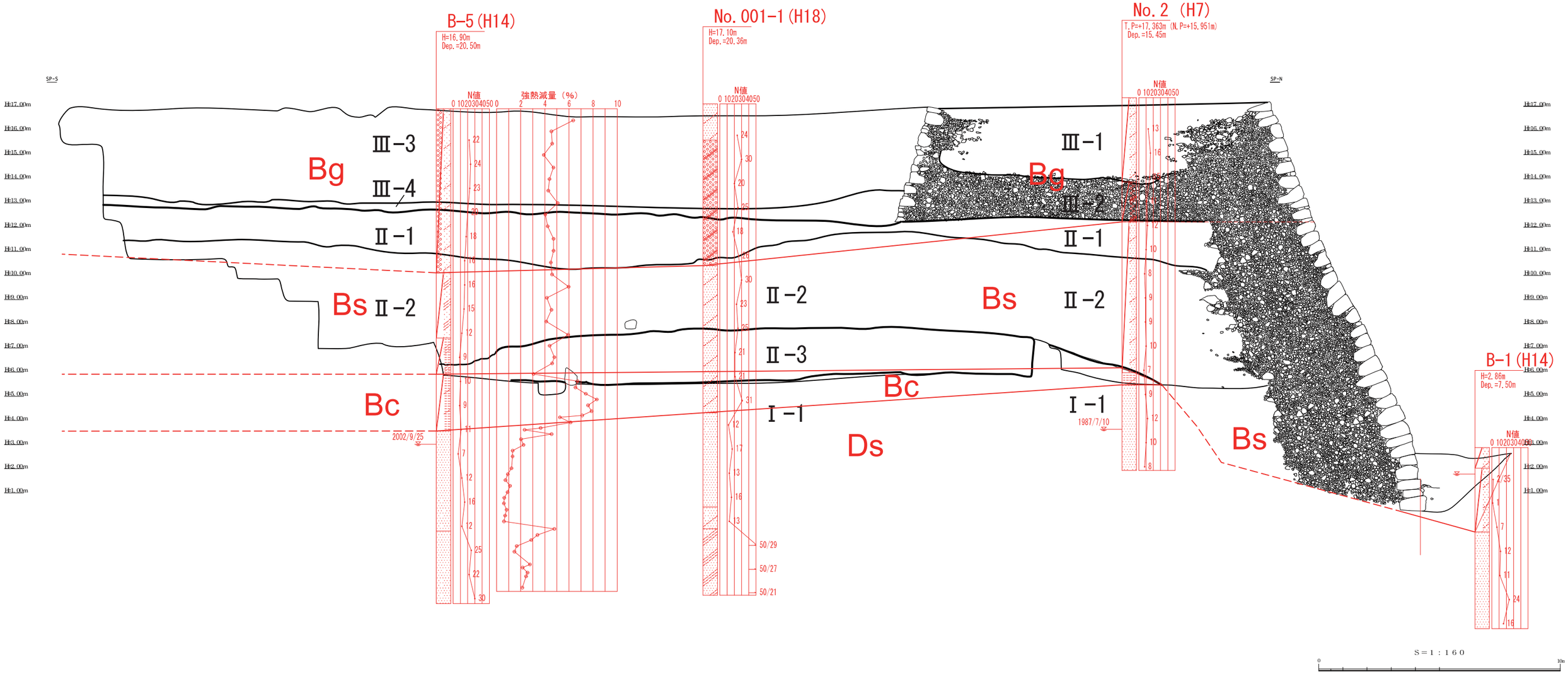
	和暦	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R元	R2	R3		R4		R5	R6	R7	R8	R9
	(西暦)	(2002)	(2003)	(2004)	(2005)	(2006)	(2007)	(2008)	(2009)	(2010)	(2011)	(2012)	(2013)	(2014)	(2015)	(2016)	(2017)	(2018)	(2019)	(2020)	(2021)		(2022)		(2023)	(2024)	(2025)	(2026)	(2027)
本丸搦手馬出	解体	調査	調査	解体	解体	解体	解体	解体	解体	解体	解体	解体	解体	調査	調査	対策	対策	解体											
	積直し																		計画	計画	計画	設計		積直	積直	積直	積直	積直	

図７　想定スケジュール

8.2　石垣積直し施工中における活用

文化財石垣修復事業は事例が少なく、市民などからの注目度も高い。したがって、石垣積直しの施工中は適宜、市民見学会を行うことや城内に案内板を設けるなど石垣修復事業への理解を促すような活用策を行う。また、文化財石垣保存技術協議会等と連携も視野に入れた活用策を検討する。

別添資料1　石垣背面盛土投影図(東面)



地層層序表

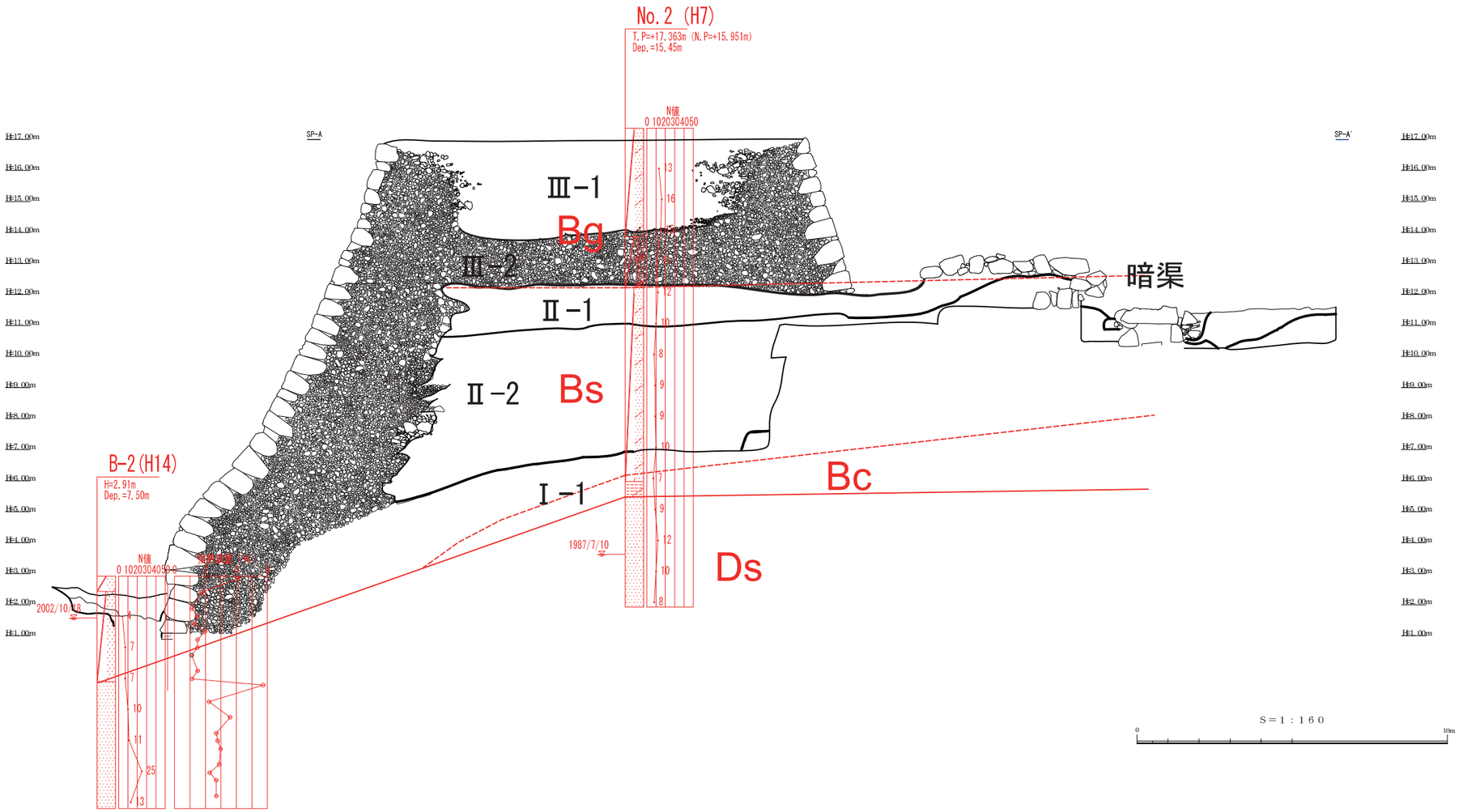
地質時代			地質系統	地質記号	土質
新生代	第四紀	完新世	埋土層	Bg	礫質土
				Bs	砂質土
				Bc	粘性土
		更新世	熱田層	Ds	砂質土

盛土大別表

大別層	土質	大別層	土質
Ⅲ-1	櫓台上部盛土(シルト質)	Ⅱ-1	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-2	櫓台下部盛土(栗石層)	Ⅱ-2	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-3	土塁状部盛土(シルト質)	Ⅱ-3	修復時盛土(砂質土・シルト互層)
Ⅲ-4	土塁状部盛土(瓦層)	Ⅰ-1	創建期盛土(粘土・シルト互層)

本丸搦手馬出No.1石垣　背面盛土土層断面投影図

別添資料2　石垣背面盛土投影図(北面)



地層層序表

地質時代			地質系統	地質記号	土質
新生代	第四紀	完新世	埋土層	Bg	礫質土
				Bs	砂質土
				Bc	粘性土
		更新世	熱田層	Ds	砂質土

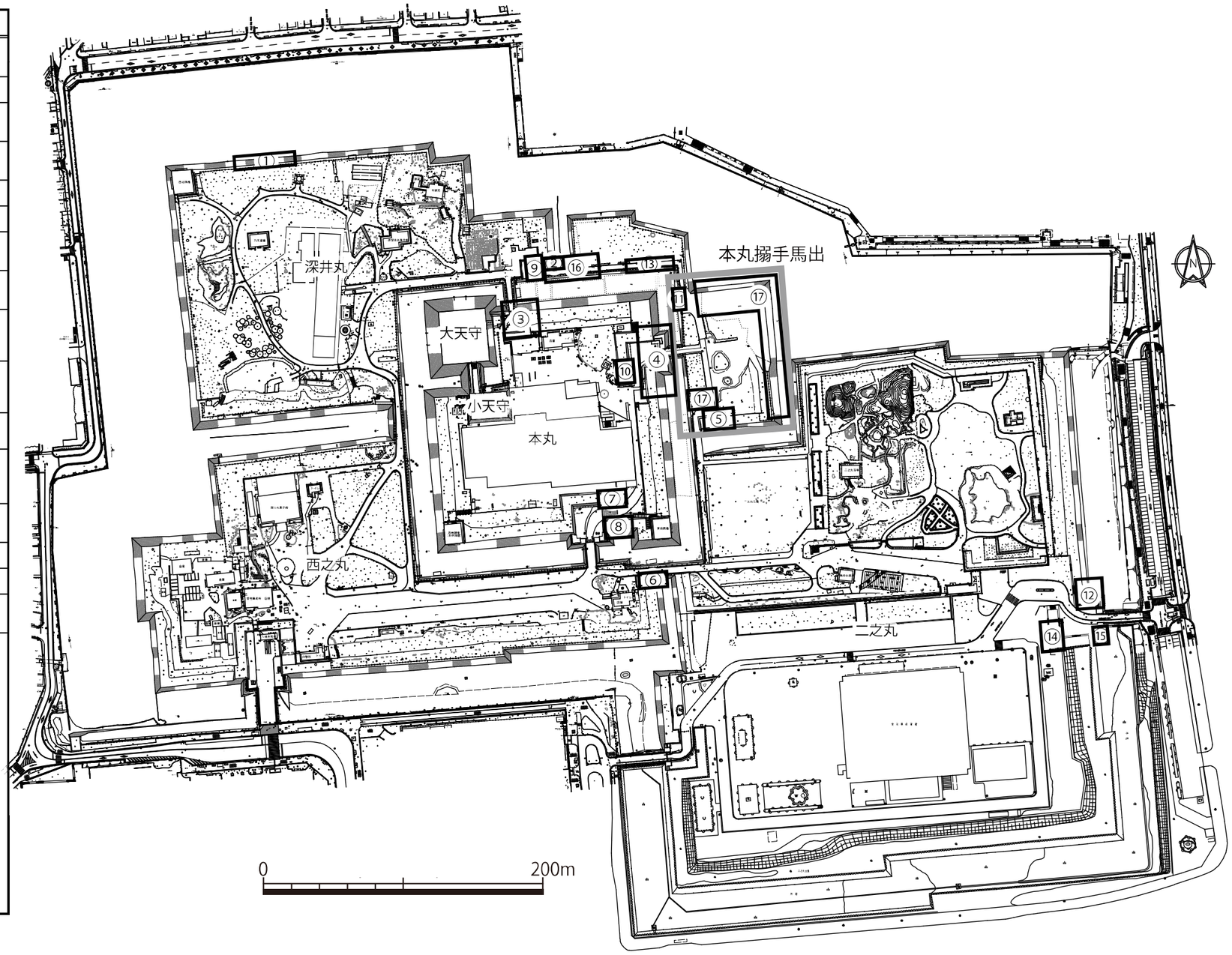
盛土大別表

大別層	土質	大別層	土質
Ⅲ-1	櫓台上部盛土(シルト質)	Ⅱ-1	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-2	櫓台下部盛土(栗石層)	Ⅱ-2	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-3	土塁状部盛土(シルト質)	Ⅱ-3	修復時盛土(砂質土・シルト互層)
Ⅲ-4	土塁状部盛土(瓦層)	Ⅰ-1	創建期盛土(粘土・シルト互層)

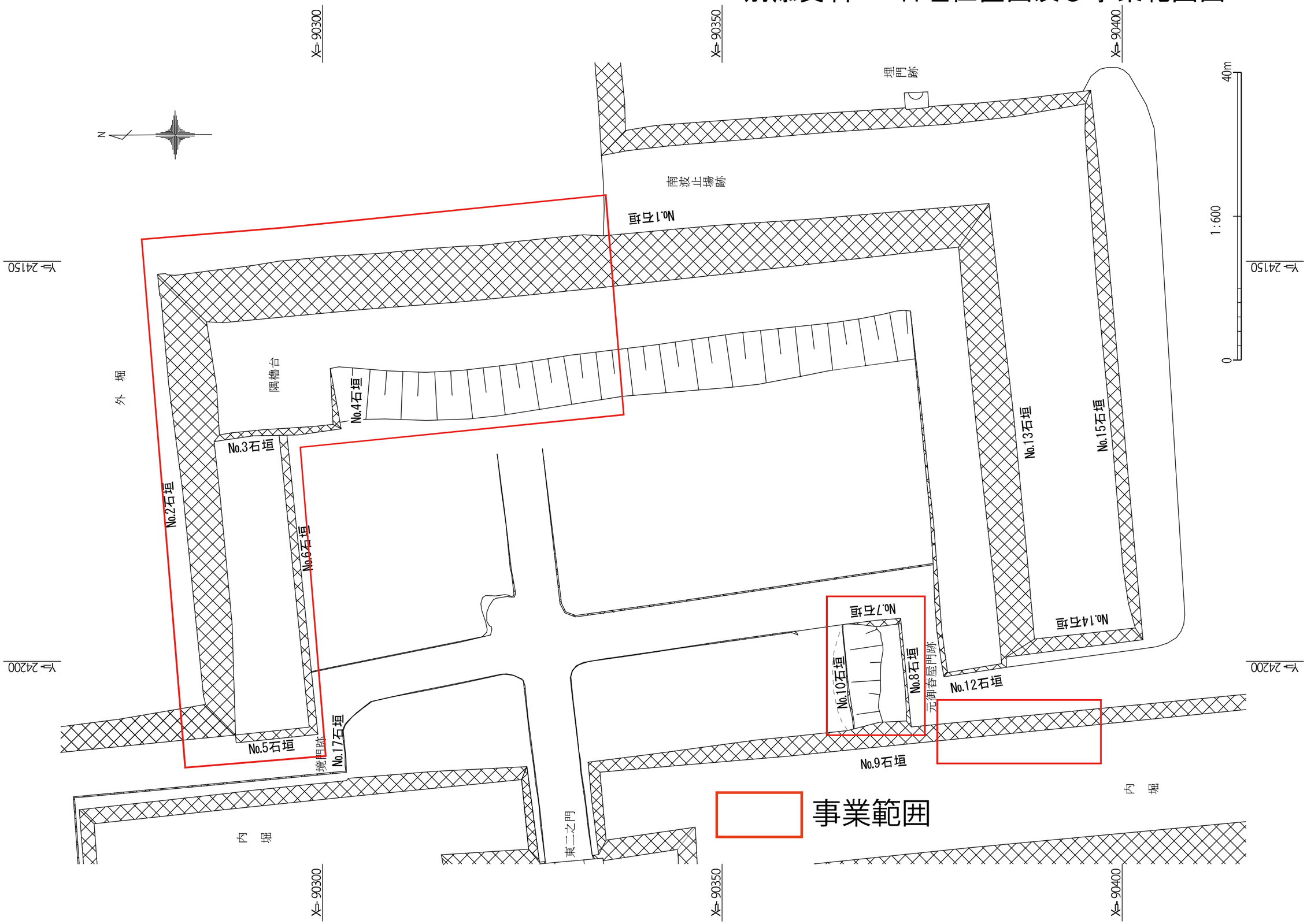
図-7　本丸搦手馬出No.2石垣　背面盛土土層断面投影図

別添資料3　石垣の修復履歴

No.	年度(和暦)	年度(西暦)	補修個所
①	昭和45年度 昭和46年度	1970 1971	深井丸
②	昭和50年度	1975	塩蔵門跡東側
③	昭和51年度 昭和52年度	1976 1977	不明門跡
④	昭和53年度 昭和54年度	1978 1979	東一之門跡東側
⑤	昭和55年度	1980	御春屋門跡
⑥	昭和56年度	1981	東南櫓南二之丸境
⑦	昭和57年度 昭和58年度	1982 1983	表一之門跡北側
⑧	昭和59年度 昭和60年度	1984 1985	表一之門跡南側
⑨	昭和61年度 昭和62年度 昭和63年度	1986 1987 1988	不明門跡　(塩蔵門跡西側)
⑩	平成元年度 平成 2年度 平成 3年度	1989 1990 1991	東一之門跡西側
⑪	平成 4年度 平成 5年度	1992 1993	くるみ林塩蔵構境
⑫	平成 6年度 平成 7年度 平成 8年度	1994 1995 1996	二之丸旧東二之門跡北側・東面
⑬	平成 6年度 平成 9年度	1994 1997	塩蔵構南
⑭	平成10年度	1998	二之丸旧東一之門跡西
⑮	平成11年度	1999	二之丸旧東二之門跡南
⑯	平成12年度 平成13年度	2000 2001	不明門北東
⑰	平成14年度 平成15年度 平成16年度 平成17年度 平成18年度 平成19年度 平成20年度 平成21年度 平成22年度 平成23年度 平成24年度 平成25年度 平成26年度 平成27年度 平成28年度 平成29年度 平成30年度 令和元年度 令和2年度	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020	本丸搦手馬出周辺

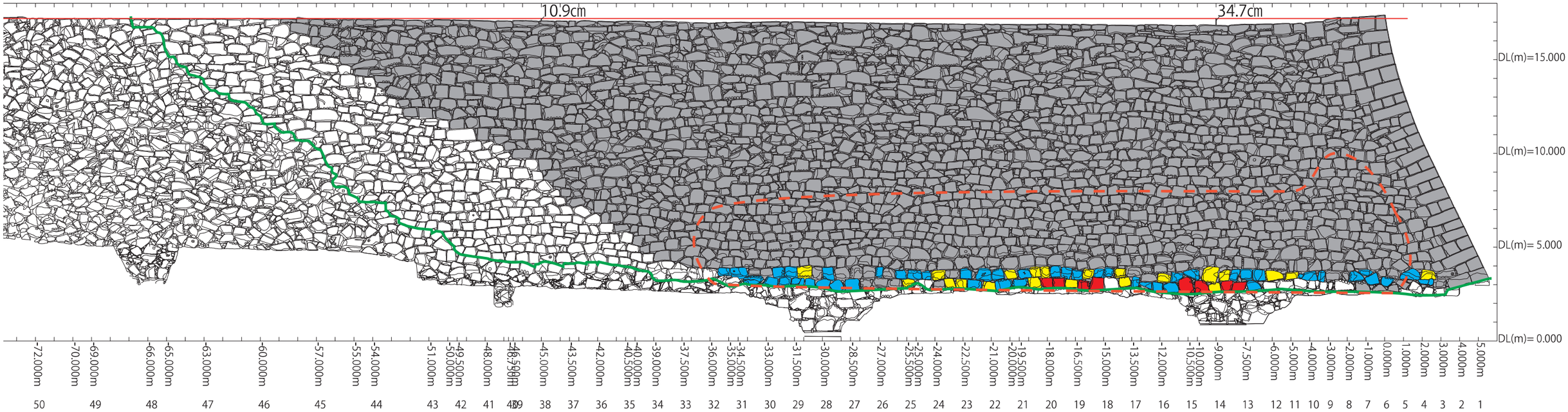


別添資料4　石垣位置図及び事業範囲図

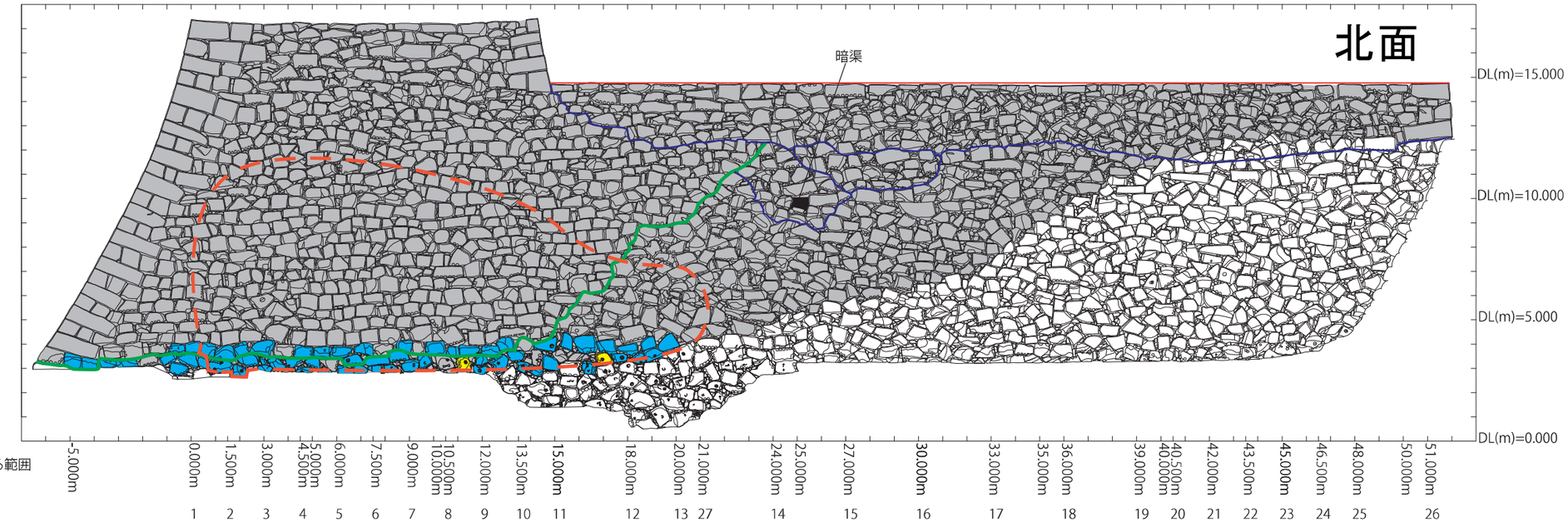


別添資料5　解体範囲図

東面



北面



孕み出しが顕著にみられる範囲

天和の積み替えライン

近世～近代の積み替えライン

勾配に対して水平に据わる

勾配に対して水平よりやや尻上がりに据わる

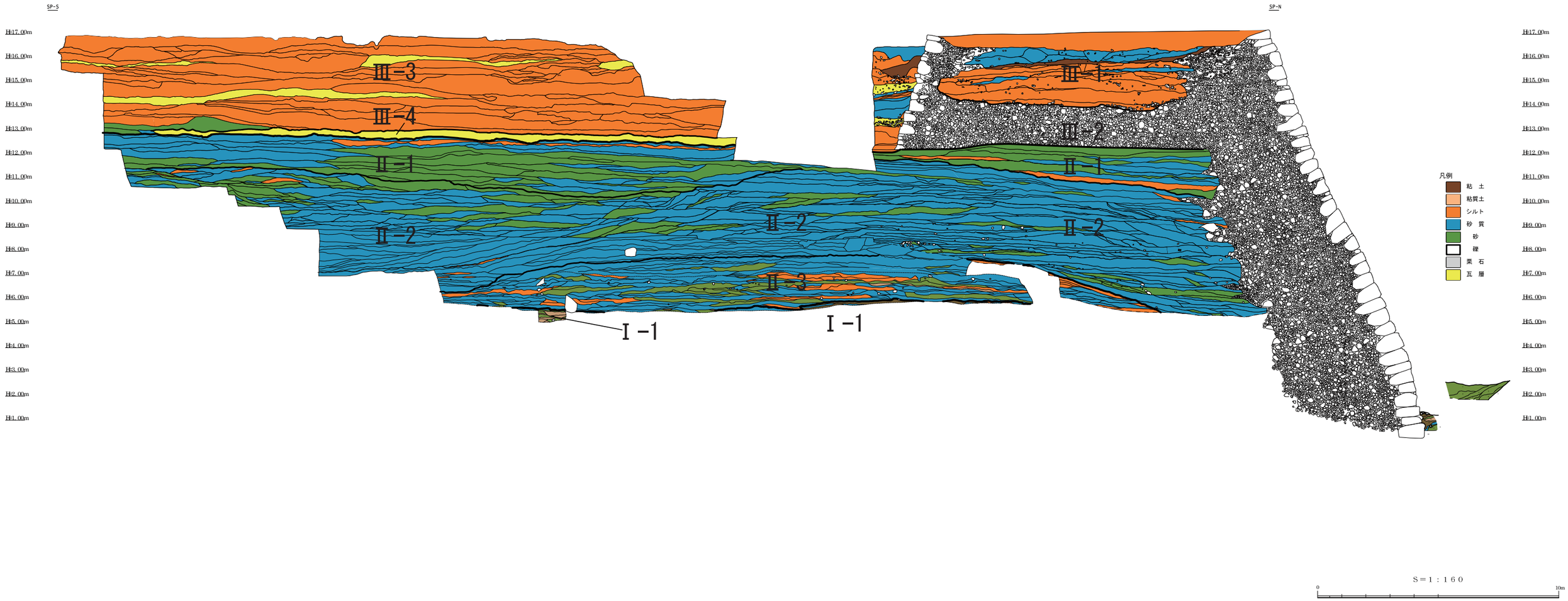
勾配に対して尻上がりに据わる

0　(S=1:200)　10m

※　標高はＴ.Ｐ.値で表示

解体済範囲

別添資料6 石垣背面盛土土層図(東面)

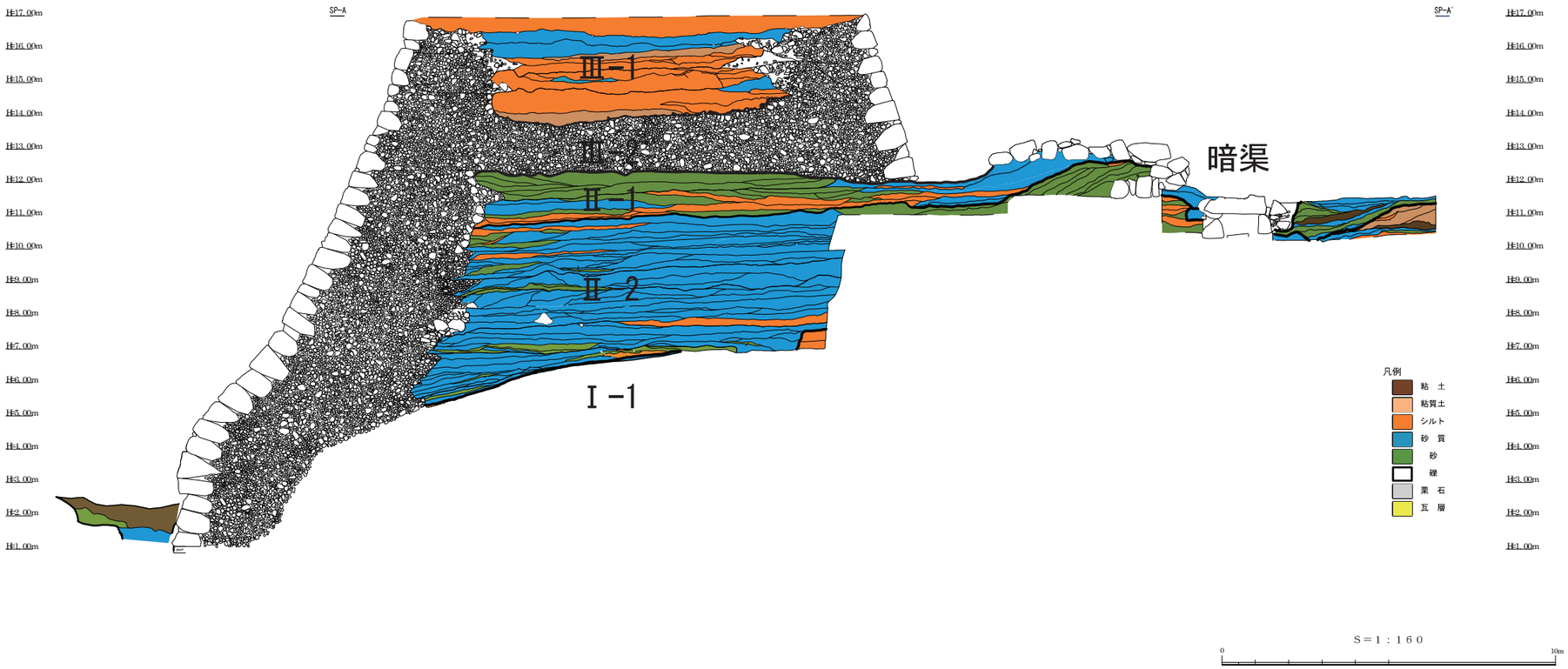


盛土大別表

大別層	土質	大別層	土質
Ⅲ-1	櫓台上部盛土(シルト質)	Ⅱ-1	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-2	櫓台下部盛土(栗石層)	Ⅱ-2	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-3	土塁状部盛土(シルト質)	Ⅱ-3	修復時盛土(砂質土・シルト互層)
Ⅲ-4	土塁状部盛土(瓦層)	Ⅰ-1	創建期盛土(粘土・シルト互層)

本丸搦手馬出No.1石垣　背面盛土合成図

別添資料7 石垣背面盛土土層図(北面)

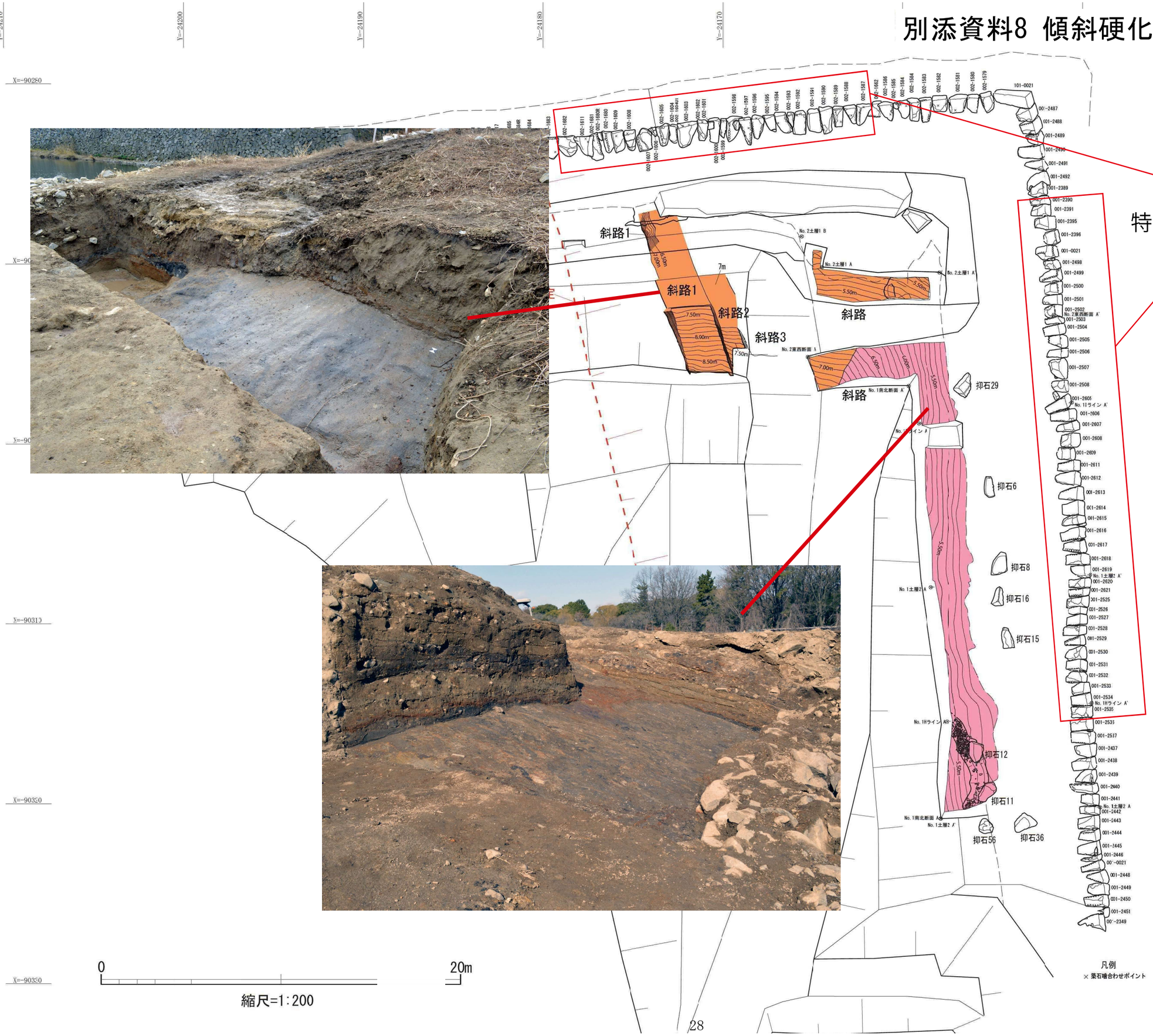


盛土大別表

大別層	土質	大別層	土質
Ⅲ-1	櫓台上部盛土(シルト質)	Ⅱ-1	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-2	櫓台下部盛土(栗石層)	Ⅱ-2	修復時盛土(砂質)
Ⅲ-3	土塁状部盛土(シルト質)	Ⅱ-3	修復時盛土(砂質土・シルト互層)
Ⅲ-4	土塁状部盛土(瓦層)	Ⅰ-1	創建期盛土(粘土・シルト互層)

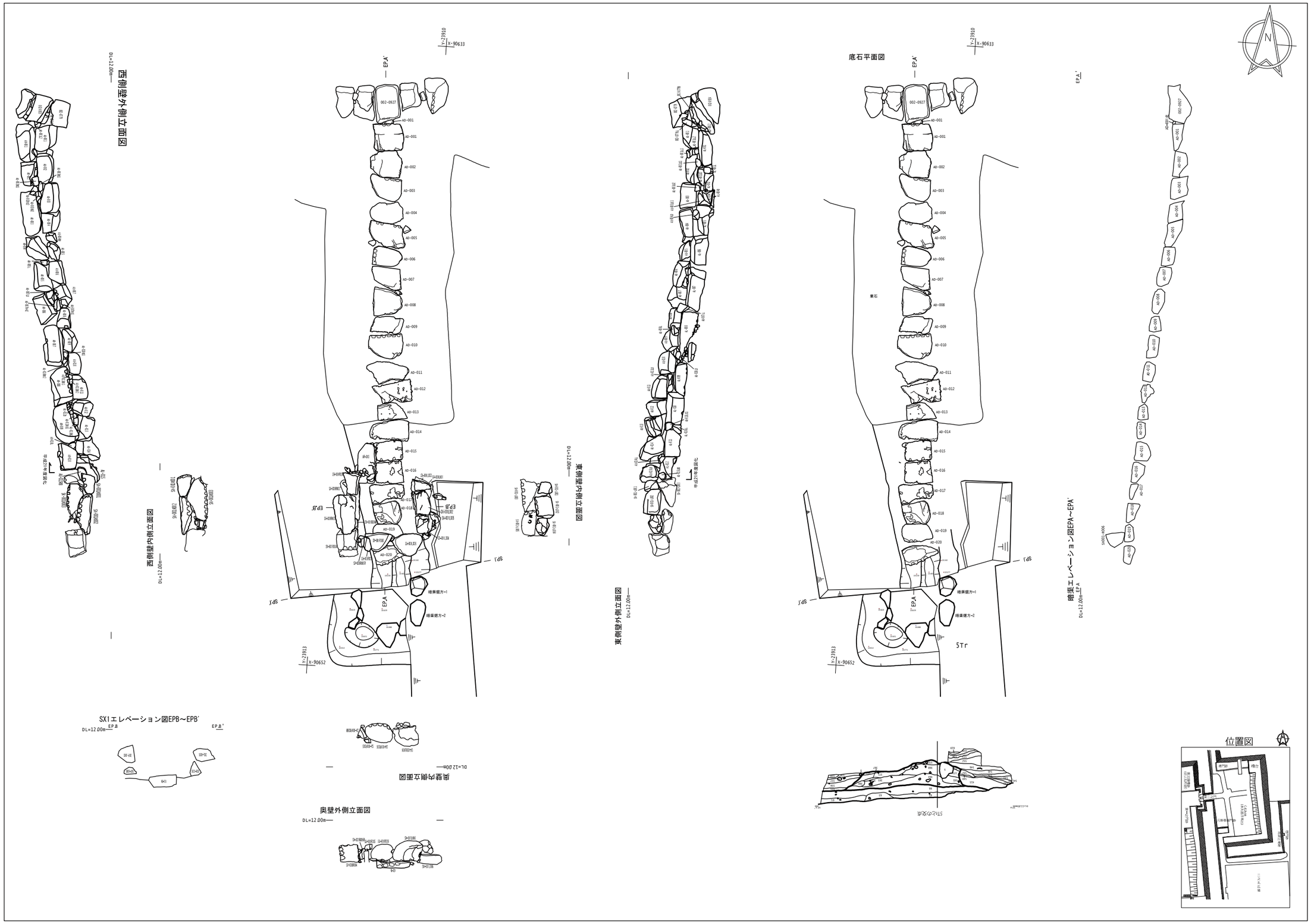
本丸搦手馬出No.2石垣 背面盛土合成図

別添資料8 傾斜硬化面検出位置図

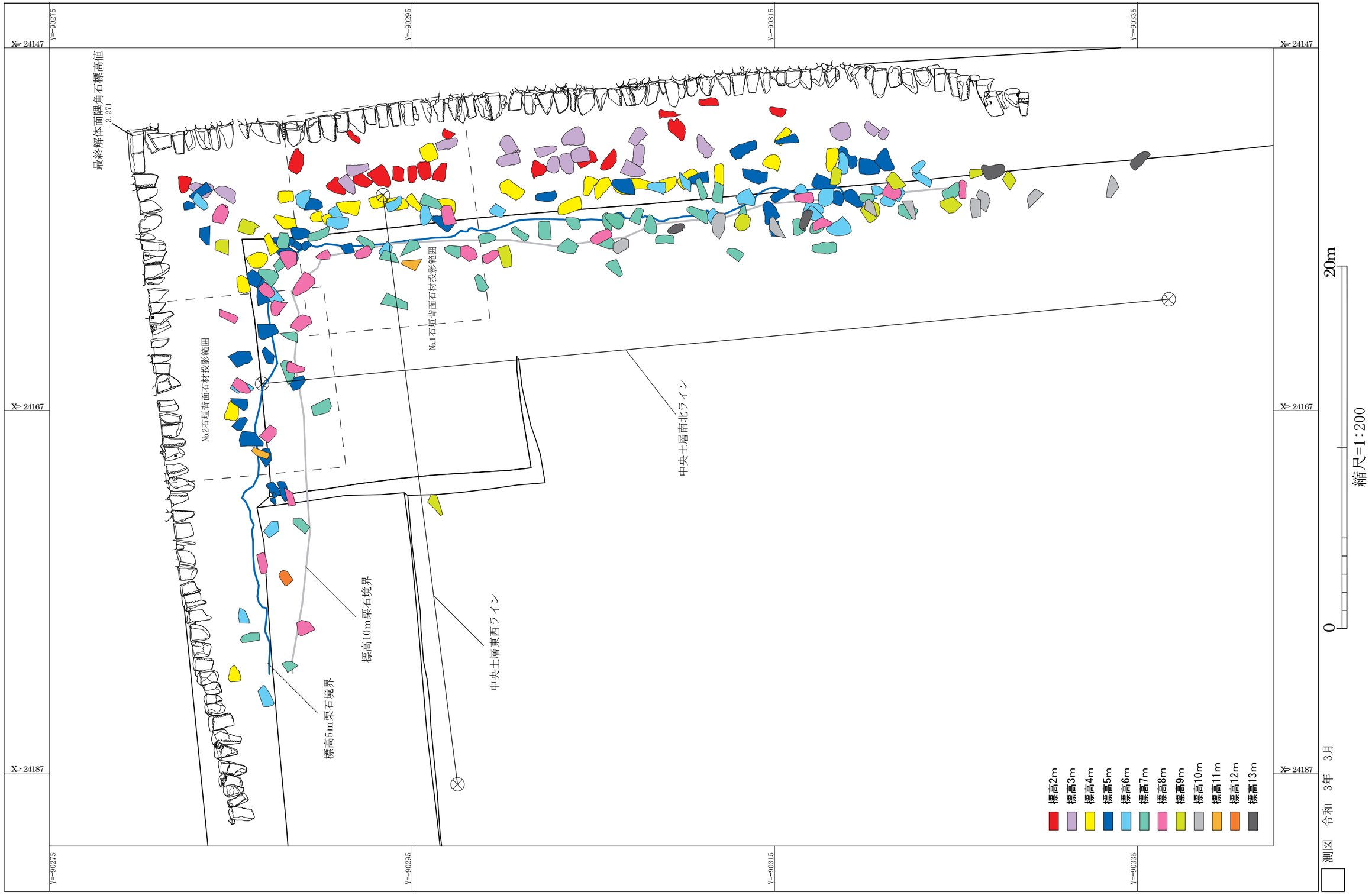


別添資料9 暗渠展開図

47石垣埋文
資料１

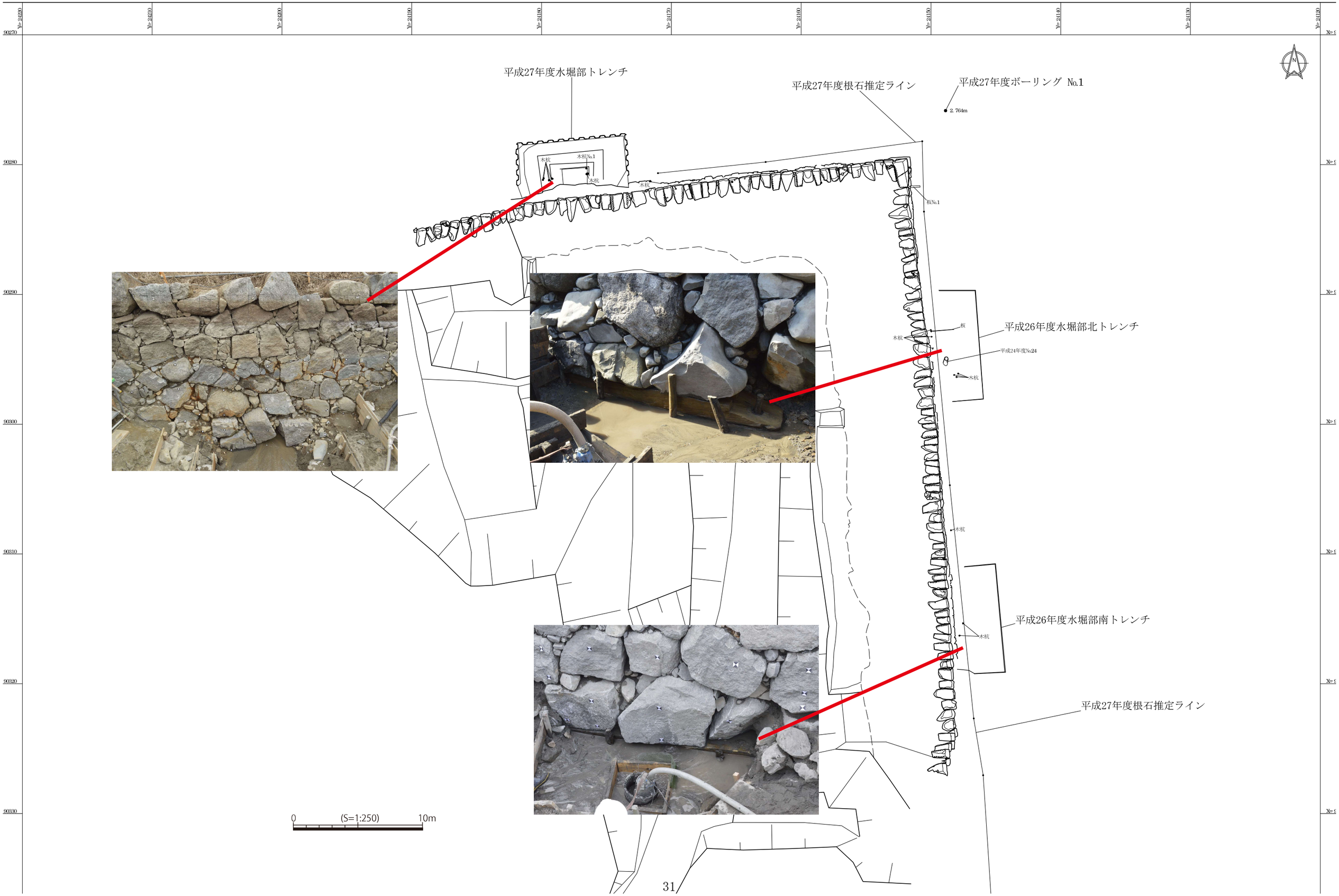


別添資料10 背面検出石材位置図

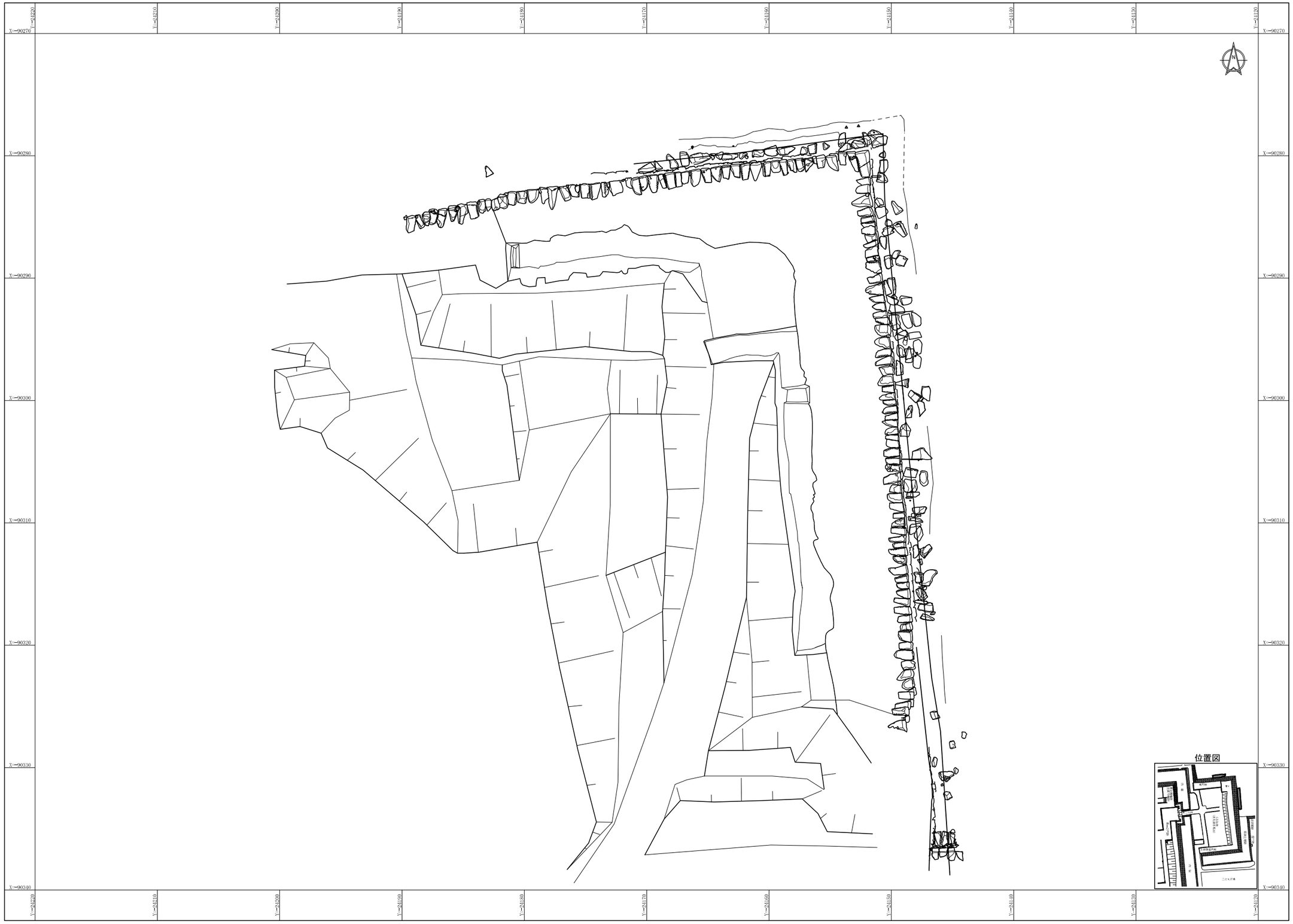


根石調査位置図

別添資料11 根石調査位置図



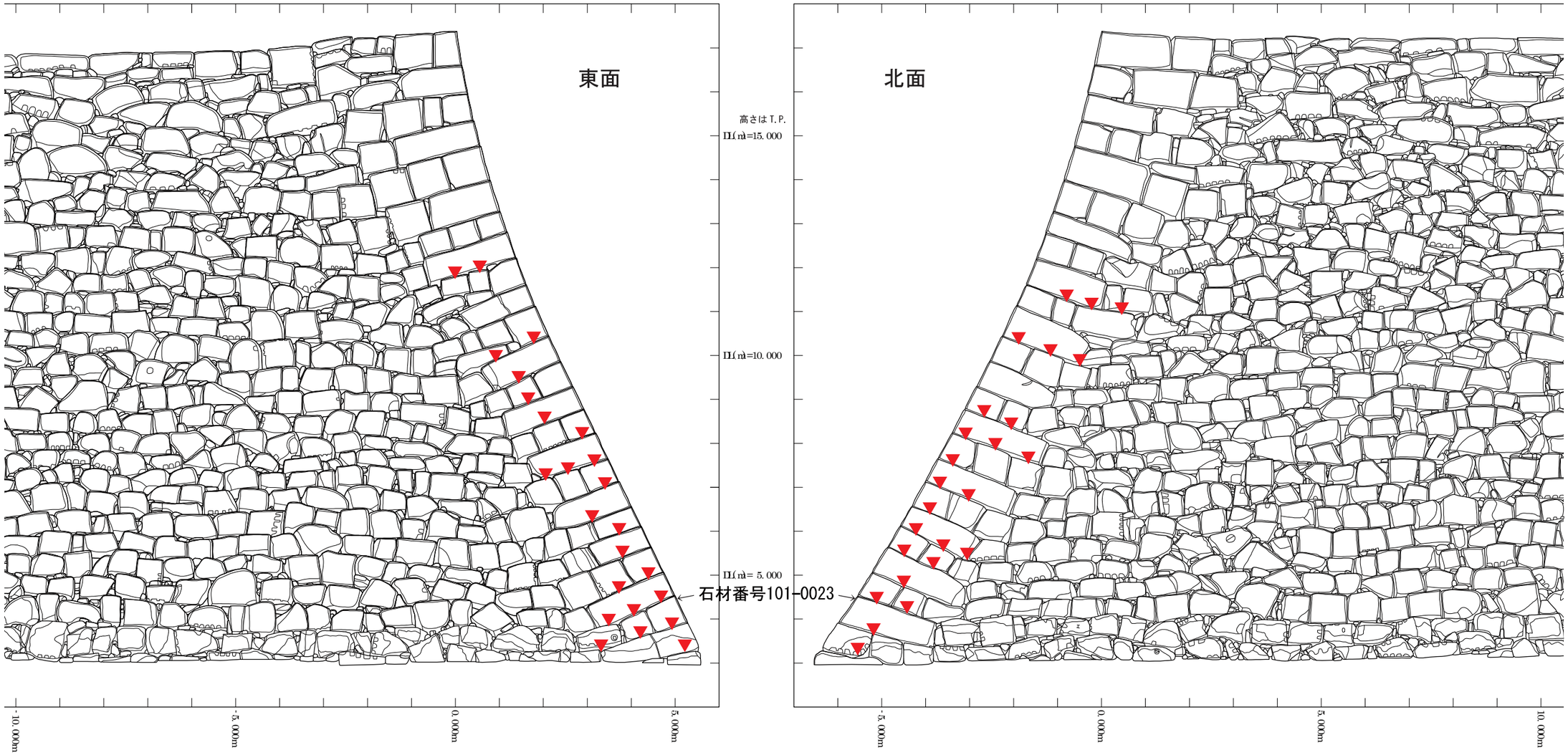
別添資料12 捨石累積図



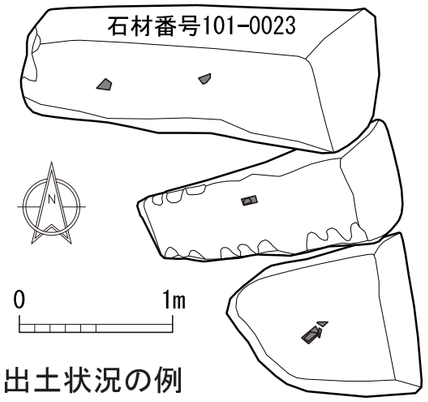
観測　平成30年　2月
測図　平成30年　3月

0　(S=1:300)　10m

別添資料13 敷金検出位置図



▼ 敷金の概略出土位置

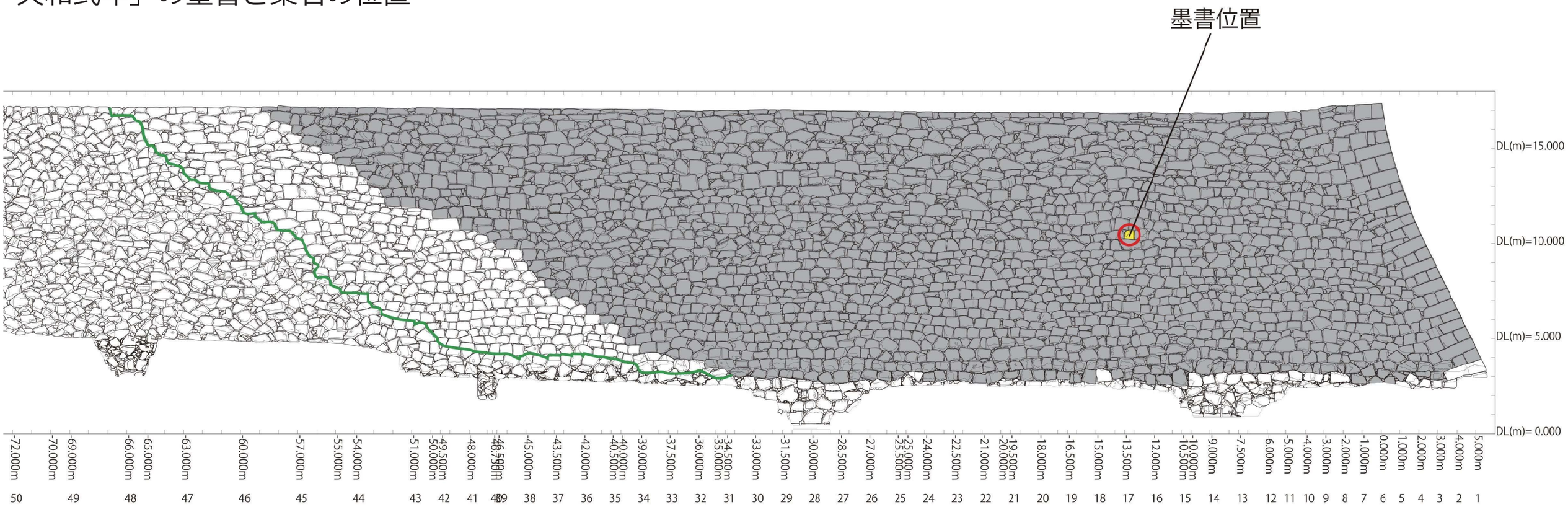


敷金出土状況の例

「天和弐年」の墨書と築石の位置

別添資料14　「天和2年」の墨書位置図

47石垣埋文
資料１



天和の積み替えライン

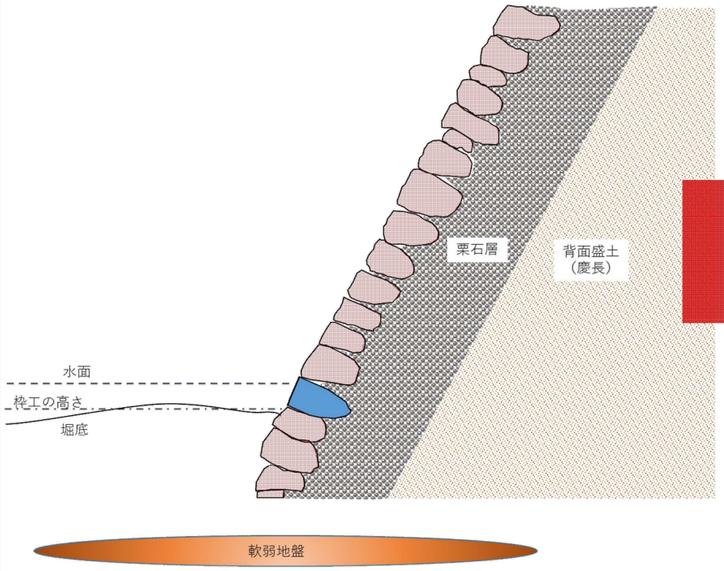
解体済範囲

別添資料15　変状メカニズムの推定

〇本丸搦手馬出石垣の変状メカニズム（推定）

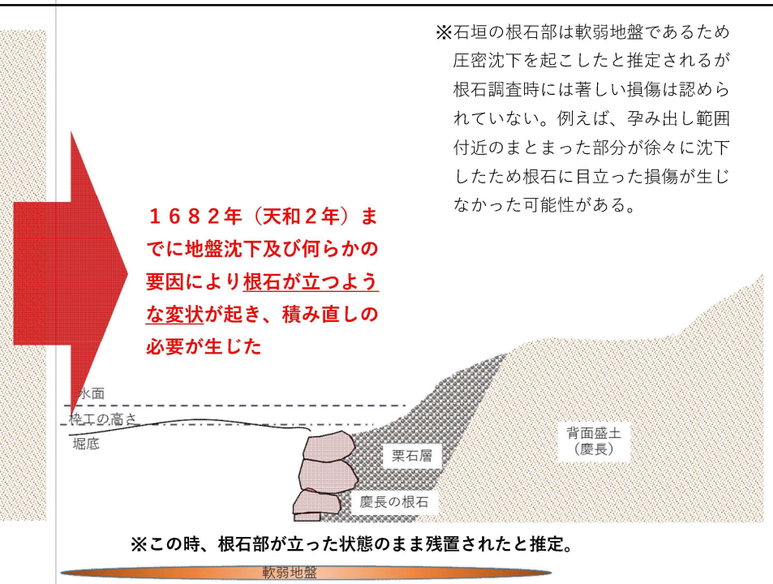
ステップ①

１６１２年（慶長１７年）に石垣が構築された。



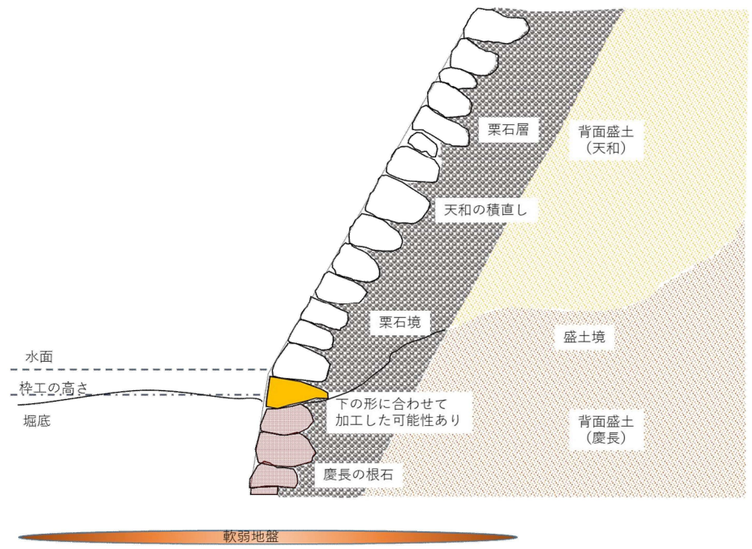
ステップ②

１６８２年（天和２年）までに積み直しの必要が生じたことから、慶長期の根石部を残して解体された。



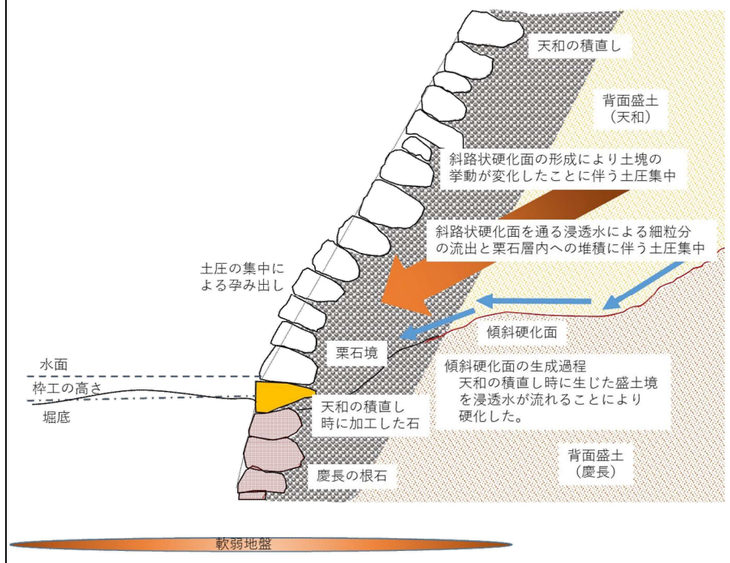
ステップ③

天和期の積直し(1682年)
残置した慶長期石垣に接合するため、一部の築石を加工した。



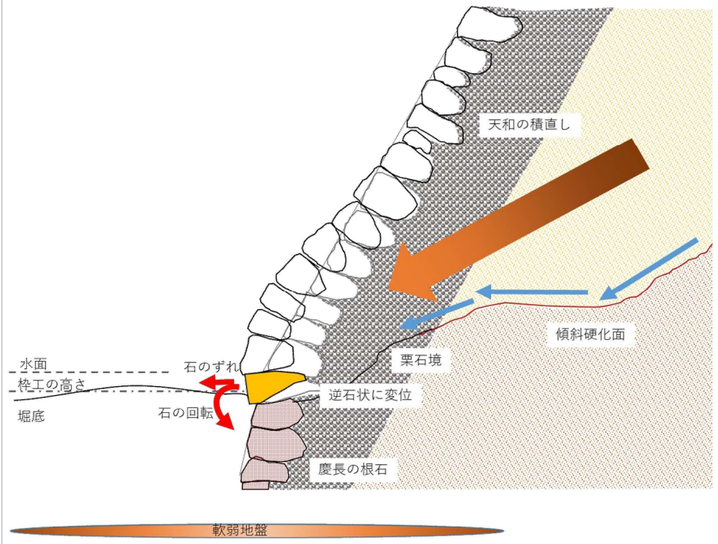
ステップ④

傾斜硬化面からの浸透水に起因する土圧集中のため、孕み出しが生じた。



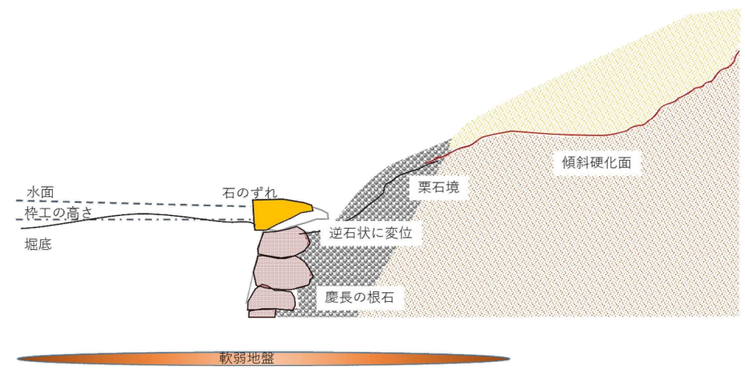
ステップ⑤

孕み出しにより上の築石が迫り出したことで加工した石が前拝みに回転し逆石状となった。それにより更に孕み出しが大きくなり石のずれまでもが生じた。



ステップ⑥（現状）

平成１６年度より解体修復を開始し、平成３０年度までに加工した石材から下側を残す形で解体を終えた。

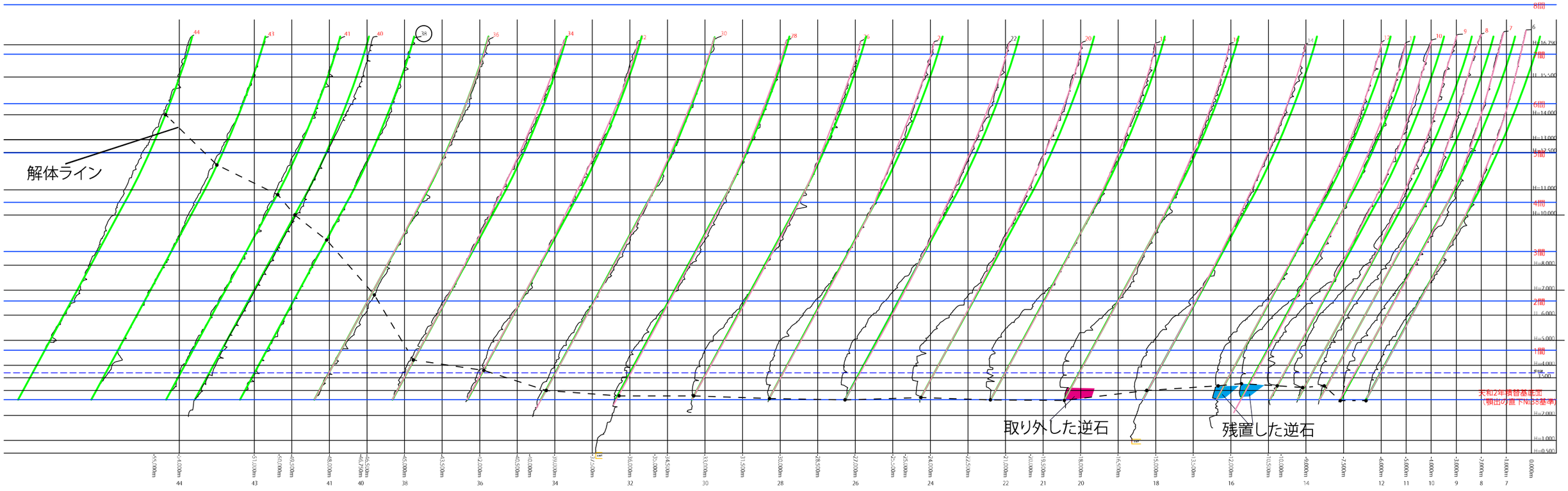


※一般的な孕み出しのメカニズム：軟弱地盤は地震の時変位が大きい。築石が前面に揺れた時に裏込石がその隙間に入り、反対側に揺れる時に　築石が元に戻れずに孕み出しが生じることが多い。

別添資料16 修復勾配計画図(東面)

名古屋城本丸搦手馬出No.1(東面)石垣修復勾配断面図

解体前断面・修復勾配断面重ね図



※ 標高はT.P.値で表示

・－－－・・・ 吃水線

0 5.0m

No.38断面(基準断面)

修復勾配

－－－－－ 解体ライン

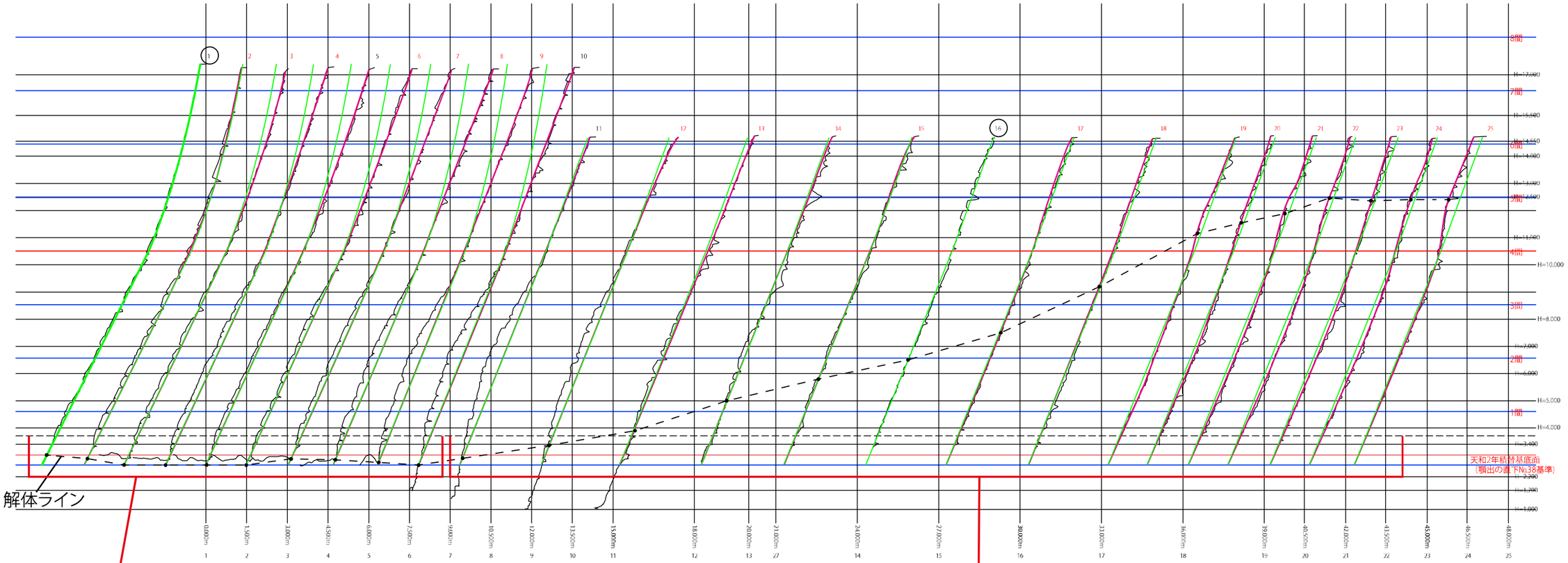
孕みの生じていない健全と見られる部分の勾配（Ｎｏ３８）を抽出し、
これを基準断面として修復勾配の設定を行う

No.38断面(緑線)に重なる部分はそのまま
離れた部分は現況勾配に即して修復勾配を作成

別添資料17 修復勾配計画図（北面）

名古屋城本丸搦手馬出No.2（北面）石垣修復勾配断面図

解体前断面＋修復勾配断面重ね図



勾配ラインが重なるように基準勾配（No.1断面）を横方向に縮めた

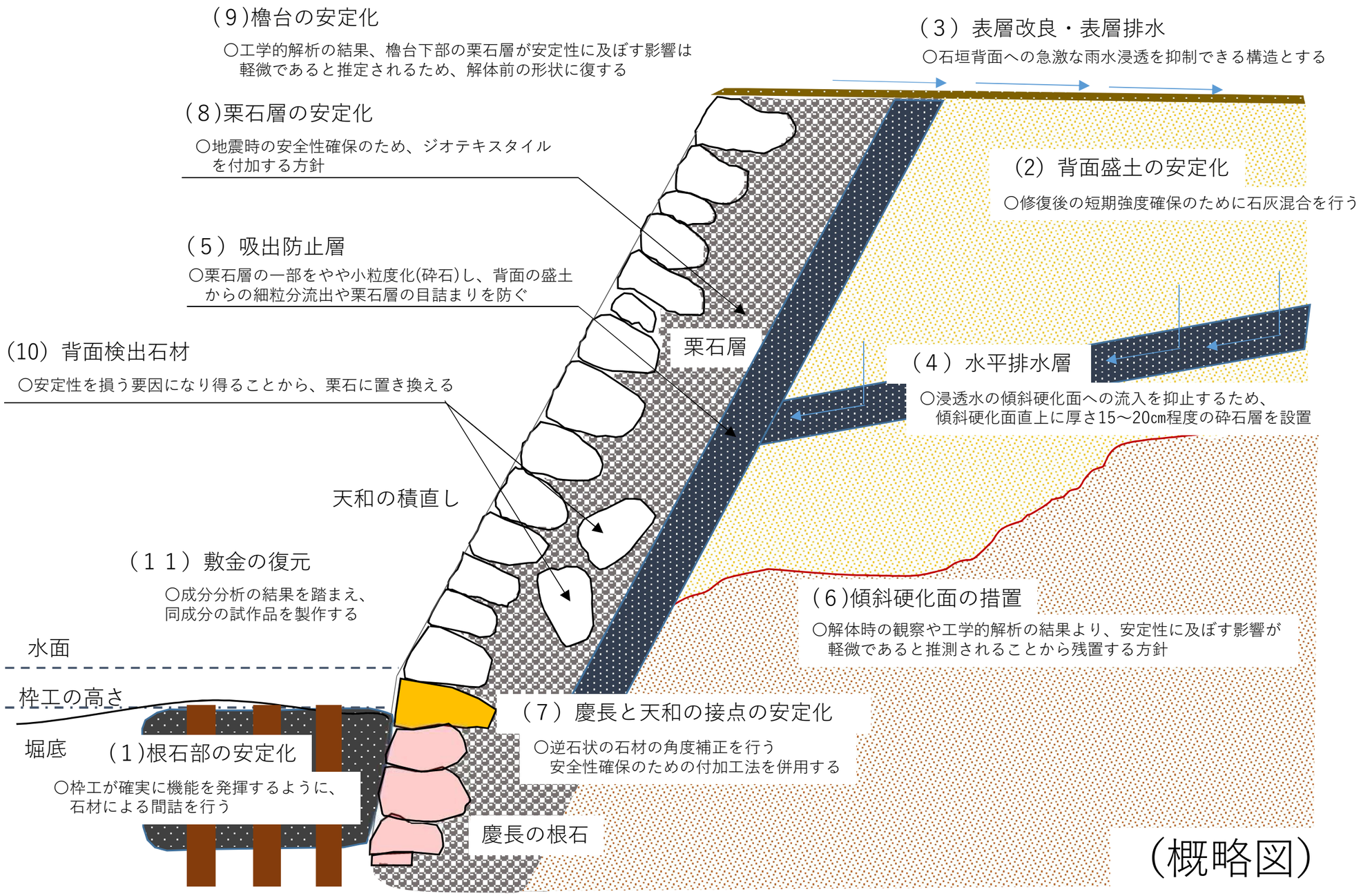
0 5.0m

No.16断面（緑線）が重なる部分はそのまま
離れた部分は現況勾配に即して修復勾配を作成

No.1・16断面（基準断面）
修復勾配
解体ライン

孕みの生じていない健全と見られる部分の勾配（Ｎｏ１、１６）を抽出し、
これを基準断面として修復勾配の設定を行う

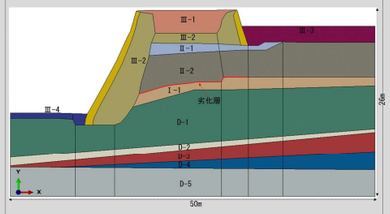
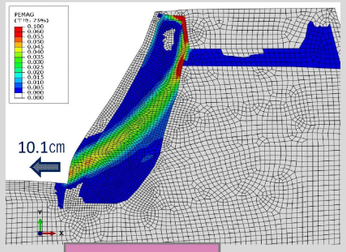
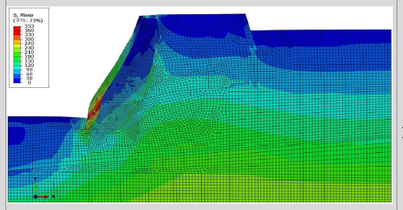
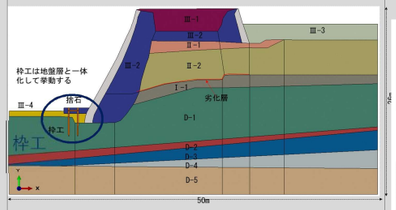
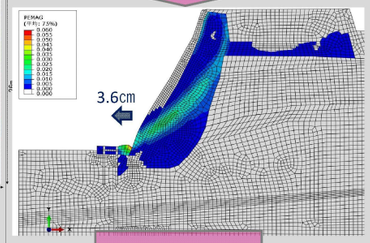
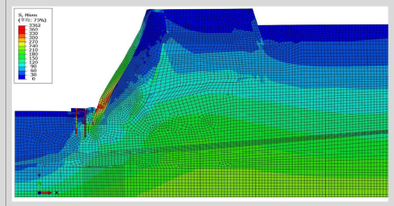
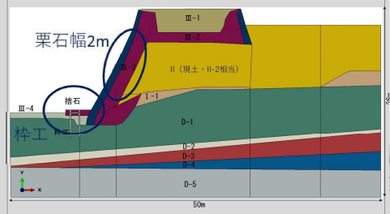
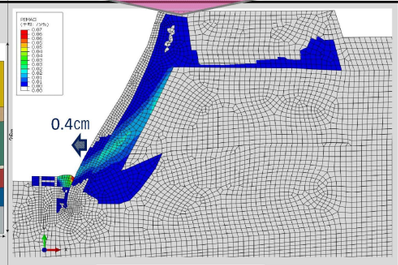
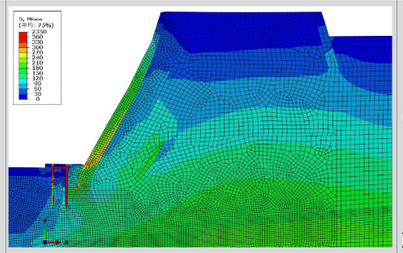
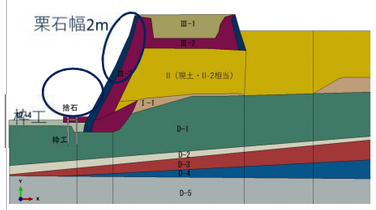
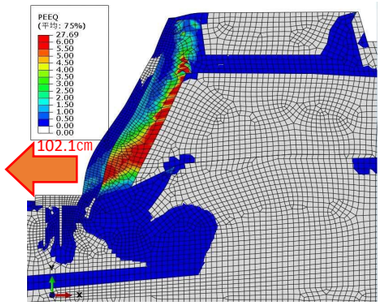
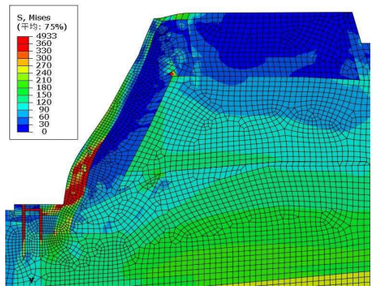
別添資料18 石垣修復構造



別添資料19 有限要素法解析結果

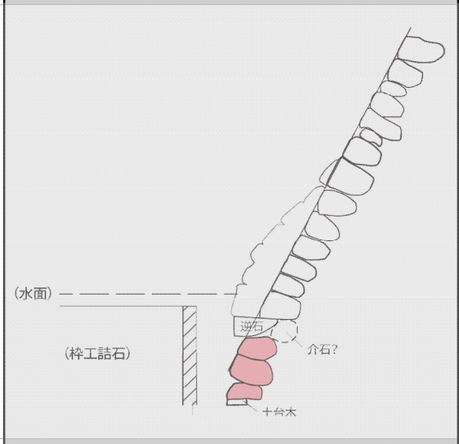
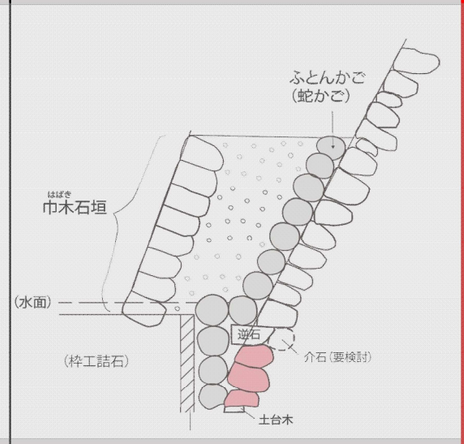
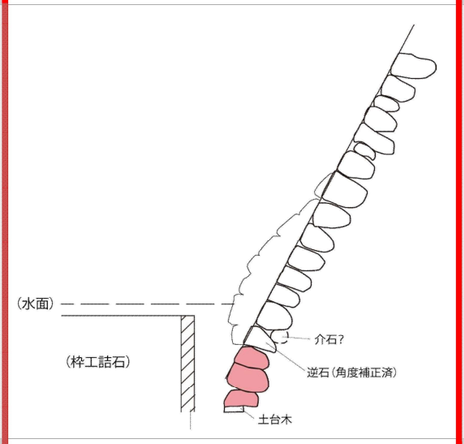
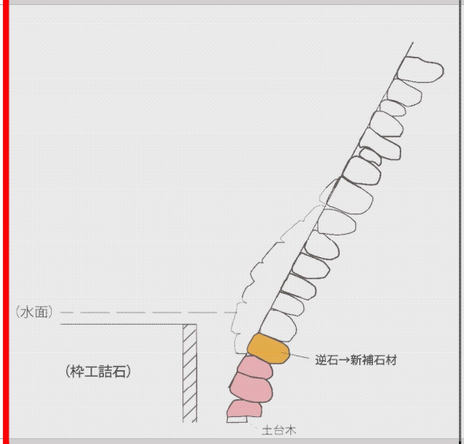
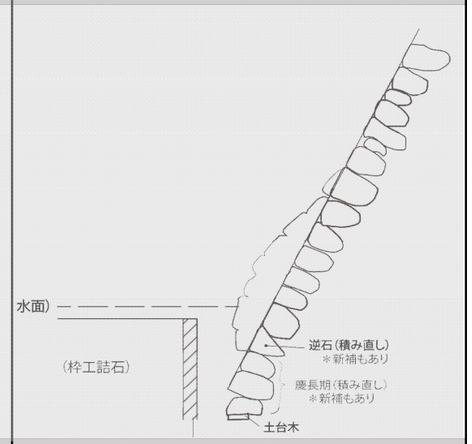
ＦＥＭ解析結果

参考

ケース	概要	モデル図	塑性ひずみ	せん断応力	所見
1－1	【常時】静的解析 孕み出す前の状況				・築石層と栗石層に変位量と塑性ひずみが大きい部分がありすべり面を形成している ・せん断応力は築石に集中する ・変形量は10.1cmとなっており、変形形状は現状とよく似通っている ・幅の広い栗石層が不安定となることが分かった
			枠工を追加		
1－2	【常時】静的解析 枠工を追加				・枠工の追加により変形量が減少している（10.1cm→3.6cm **64%改善**） ・足元を押さえる枠工は効果が高い
			栗石層幅縮小		
2－1	【常時】静的解析 栗石幅を２ｍに縮めた場合				・栗石層を2ｍに縮めることにより変形量がさらに減少する（3.6cm→0.4cm　**89%改善**） ・栗石幅の縮小は効果が高い ・静的解析では地震時の栗石の挙動評価できないため、動的解析で照査する必要がある
			地震波を入力		
3－1	【地震時】動的解析 ケース2-1に地震波を入力 （東南海地震を想定）				・静的解析と同様の変形形状となった ・南海トラフ地震規模の地震発生時の変形量は相当大きいものと想定され、**崩壊も懸念される** ・櫓台内部は総栗状態であっても変形はごく小さい

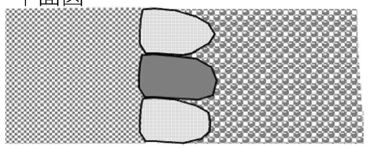
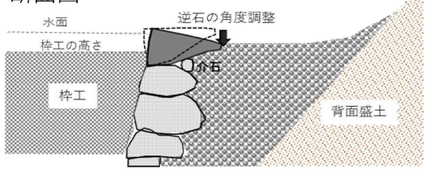
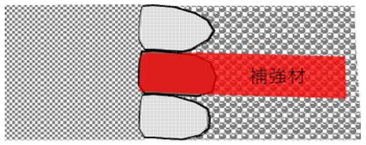
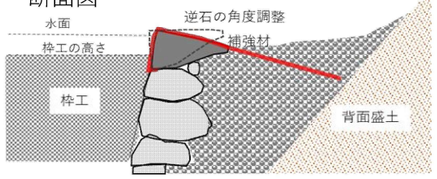
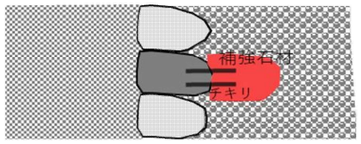
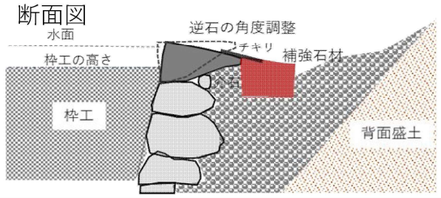
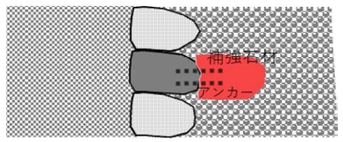
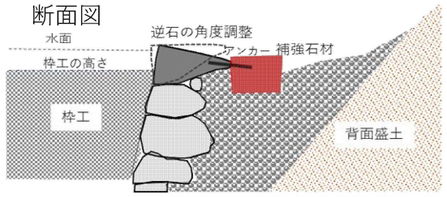
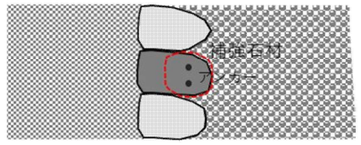
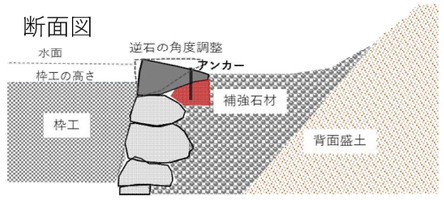
別添資料20 慶長期石垣と天和期石垣の接点安定化

〇慶長期石垣と天和期石垣の接点における安定化工法

工法	1	2	3	4	5
概要	・慶長の石垣及び逆石の現状を維持したまま天和期の石垣を復元する。	・慶長の石垣及び逆石の現状を維持したまま前面に捨石・ふとんかごを設置して石垣を覆うことで安定化を図る。	・慶長期石垣の現状を維持したまま逆石の角度補正等を行う。 （一部の石材には近現代的な追加工法を付加し、それでも不安定な場合には新補石材へ交換する）	・慶長期石垣の現状を維持したまま、逆石を全て新補石材とし、孕み出し前の勾配に復元する。	・根石部の慶長期石垣についても安定が確保できるよう解体修理を行い、孕み出し前の勾配に復元する。
イメージ図					
長所	・天和期に逆石状態で積みあげられた築石について、その状態を残すことができる。	・天和期に逆石状態で積み上げられた築石について、その状態を残すことができる。 ・1案と比較して安定性を確保できる。	・慶長期石垣の保護が可能である。 ・天和期石垣の修復勾配を維持し安定させることが可能。 ・4案と比較して今の石材を活かしながら安定性の向上を図ることができる。	・慶長期石垣の保護が可能である。 ・天和期石垣は当初勾配に復元し、安定させることが可能。 ・逆石を全て新補石材とすることにより安定性の向上を図ることができる。	・石垣を構造物として捉えた場合、最も安定したものとなる。
短所	・逆石がそのままの状態となるため、安定性や耐久性の面で非常に不安である。	・石垣全体を安定させようとすると、巾木石垣及びふとん籠による対策が大規模となる可能性がある。 ・対策が大規模になると、景観が変化することとなる。 ・対策として行った巾木石垣及びふとん籠自体が沈下する可能性がある。 ・拝む方向に回転するような変状に対しては効果が限られる。 ・巾木石垣を設置すると犬走りのような構造ができるため曲輪が変化したように見える。	・逆石の一部を新補石材に差替えることにより、部分的であるが天和期に積み上げられた逆石は記録保存となる。	・天和期に逆石状態で積み上げられた築石は記録保存となる。	・築城期の石垣を一部とはいえ解体することになる。 ・枠工を一時的に取外す必要がある。 ・解体に伴い水堀部を掘削するため施工に大規模な仮設が必要になるとともに解体及び掘削にはかなりの時間を要する。
所見	・石垣全体の安定化が図れない。 ・孕みの原因を残すこととなり、解体修理を行ったことと整合しない。	・安定性とが両立させられるものの景観が大きく変化する。 ・沈下、回転などの他の問題が生じる可能性がある。 ・解体修理を行ったことと整合しない。	・推定天和期の形状を一部残しながら石垣全体の安定化を図るとともに、慶長期石垣の保存が可能となる。	・慶長期石垣の保存が可能であり、全体の安定化を図ることができるものの、天和期の真正性が失われる。	・石垣を安定した構造物とできるものの、慶長期の石垣は記録保存となる。 ・慶長期の石垣を残すために枠工を行ったことと整合しない。

別添資料21 逆石調整後の付加石材等対策

逆石調整後の付加石材等対策について（逆石及びその下側の石の形状に応じて最も効果的な工法を選定する。選定に至る流れを施工計画に記載する）

工法	1	2	3	4	5
概要	・付加工法なし（角度調整のみ）	・逆石を鉤状の補強材で拘束し、背面の摩擦力で引き留めるため、補強材を栗石や背面盛土に埋め込む	・逆石の角度調整に加え、逆石の後方に補強石材を設置してチキリで繋ぐ	・逆石の角度調整に加え、逆石の後方に補強石材を付加	・逆石の角度調整に加え、逆石の下側に補強石材を付加
イメージ図	平面図  断面図  	平面図  断面図  	平面図  断面図  	平面図  断面図  	平面図  断面図 
長所	・天和期の積み直しの状態を再現できる	・1案と比較して変位を抑えられる（3案には劣る） ・旧石材への穿孔等の加工が必要ない	・1案と比較して変位を抑えられる（5案には劣る） ・4案と比較すると施工性が良い ・アンカ―を設置する4、5案と比較して穿孔を最小限にできる ・チキリは江戸城等で確認された石を金属で繋ぐ伝統工法であり、暦期(1660年前後)より用いられている(石垣整備の手引き p 141)	・1案と比較して変位を抑えられる（5案には劣る） ・5案と比較すると施工性が良い	・逆石に土圧がかかっても補強石材が下側の石材に引っ掛かり、ストッパーの働きをして変位を防止する ・補強石材を付加することにより、重心が下がり安定性が増す
短所	・地震時の枠工の挙動によっては地震動に伴う逆石の変位を抑えきれなくなる可能性がある ・石材の重心が不安定であるため、背面土圧により前倒れするように再度変位する可能性がある	・補強材の長さによっては栗石層や背面盛土を追加で掘削する必要が生じる ・現代的な工法であり、石垣面に補強材が露出する	・チキリ設置のために旧石材を穿孔する必要がある ・地震時の挙動によっては逆石と補強石材が同時に前方に変位する可能性がある ・チキリはアンカーと比較して脆弱である可能性がある ・チキリは上部の荷重が少ない場所にやることが多く荷重の大きな石垣下段の補強には適さない	・アンカー設置のために旧石材を穿孔する必要がある ・地震時の挙動によっては逆石と補強石材が同時に前方に変位する可能性がある ・アンカーから逆石に引張力がかかる	・アンカー設置のために旧石材を穿孔する必要がある。 ・後方に補強石材を設置してつなぐ3案と比較するとやや施工が困難 ・アンカーが変形するような大きな力がかかる
所見	・旧石材（逆石）自体はそのままとなるため、地震等の条件によっては安定性に不安が生じる可能性がある	・石材を保護できるが、見た目（景観）に影響が生じるほか、効果も未知数	・4案と比較して施工性が良く、伝統工法を応用したものであるが、4案より効果が低く、脆弱である可能性がある	・施工性以外は5案に劣る	・旧石材を穿孔する必要があるものの、2案と比較して変状を起こす可能性が低い ・検証実験を行い、安定性の向上を確認済

別添資料22 石垣逆石安定性評価試験

石垣逆石安定性評価試験

１．試験目的

本試験は、最下段で確認された逆石（**写真 1**）が石垣の安定性に与える影響を評価するために実施するものである。逆石部は通常の築石が石垣背面側に 10～15°程度傾斜しているのに比較して、石材上面の傾斜が小さく、場所によっては前方に逆傾斜している。このため、逆石は石垣の安定性を確保する上で、問題があるとされている。本実験は、こうした背景において、逆石が石垣の安定性に与える影響を定量的に評価すると同時に、その対策工法として考えられる補強工法の効果についても検討を行うものである。

写真１　逆石状石材

①逆石に背面からの土圧が作用した場合の石材設置角度による滑動抵抗性の評価
②逆石補強対策工法の効果の確認

２．実験方法

逆石状の石材自体は、前面が枠工で確実に固定されていることから、逆石の上面に石材が据えられた状態での安定性について検討するものとする。本実験においてモデル化する部分を**図 1** に模式的に示す。

本実験の概要を**図 2** に示す。各実験とも石材を二段積みし、その上方の石材を背面からジャッキで水平方向に載荷し、載荷圧と上位の石材の変位量を測定する。また、下位の石材は前面をアングルにより固定する。実験では、上下の石材間の設置角度(θ)を変化させて行うものとした。このとき、θ＝-5°～5°を便宜上「逆石」と定義し、θ＝10°以上を通常の状況（「通常石」）とした

実験ケースを**表 1** に示した 6 ケースとする。写真 2 に各ケースにおける実験資機材の配置状況を示した。なお、ケース 6 は逆石補強の事例で、下方石材の背面に補助材を配置し、これと上位の石材をアンカーピンで固定するものである。補強石材の 2 か所にアンカーとして鉄筋アンカー（φ16）を挿入し固定する方法とした。

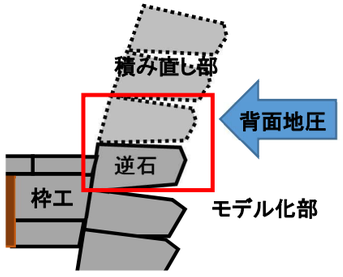


図 1　本実験のモデル化部の概要

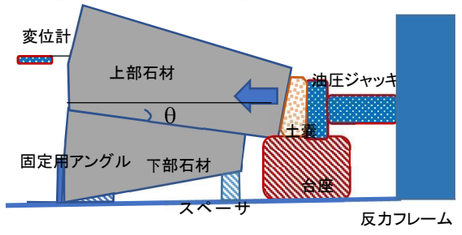


図 2　実験概要

表 1　実験ケース

No.	石材間角度(°)	目的
1	-5	逆石状態での滑動抵抗の評価
2	0	逆石状態での滑動抵抗の評価
3	5	逆石状態での滑動抵抗の評価
4	10	正常な状態での滑動抵抗の評価
5	15	正常な状態での滑動抵抗の評価
6	0	補強工法による滑動抵抗の評価

写真 2　逆石補強方法

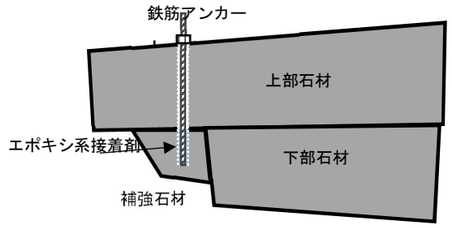


図 3　逆石補強方法（別添資料 21　工法 5）

３．実験結果

実験結果を**表 2** に示した。また、ケース 1～5 の上下石材の接触角度による滑動抵抗について、変位量と水平載荷力の関係をまとめたものを**図 4** に示した。

上下石材の接触面の角度（θ）が大きくなるに従い、水平載荷荷重が大きくなっており、これは逆石状態が解消され、石材の艫(とも)が下がるにつれて抵抗が大きくなることを示している。すなわち、ケース 1 の-5° の逆石状態に対して、ケース 5,6 の 10～15° の通常石では、最大荷重はおよそ 2 倍となっている。これは、言い換えれば逆石状態では、通常の状態の半分程度の水平力で滑動が始まることを示している。

表 2　実験結果

ケース名	接触面角度 °	補強の有無	最大荷重 kN	最大荷重時変位 mm	平均荷重 平均値 kN	平均荷重 範囲 mm
Case1	-5	無し	5.67	23.7	4.92	24~53
Case2	0		6.29	12.8	5.82	13~52
Case3	5		8.25	9.3	7.08	20~54
Case4	10		10.41	22.4	9.37	23~55
Case5	15		10.52	20.6	9.85	21~52
Case6	0	有り	19.56	10.4	19.27	11~14

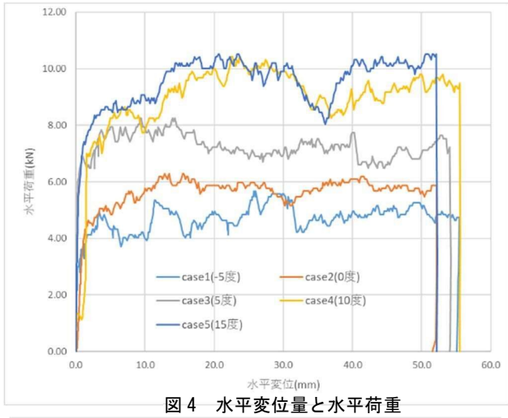


図 4　水平変位量と水平荷重

４．逆石対策工の評価

アンカー補強によるケース 6（別添資料 20 の工法 3）では、**図 5** に示すように、最大で 20kN 程度の水平荷重で変位をはじめており、水平力に対して非常に大きな抵抗を有することとなった。

水平載荷に伴う変位は、水平載荷荷重の増加とともにケース 2 とほぼ同じ挙動を示した後、補強がないケース 2 では、水平荷重 5kN 程度で石材が滑動を始めるのに対して、補強しているケース 6 では、その後も大きな変位はみられず、最大で 20kN 程度で石材が移動を始めることが分かった。

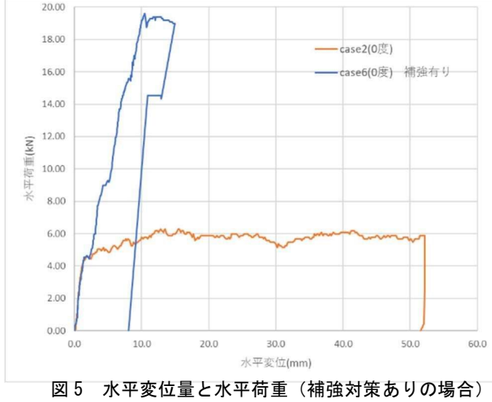
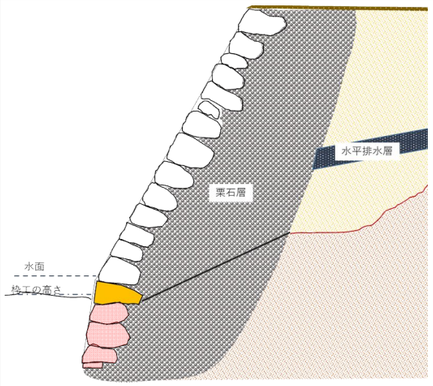
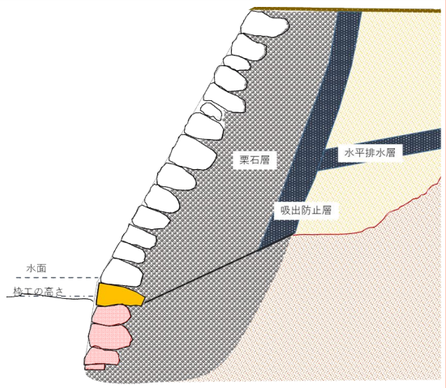
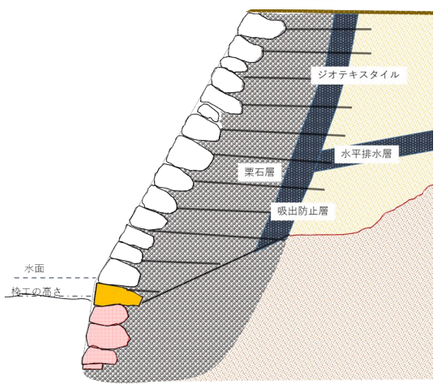
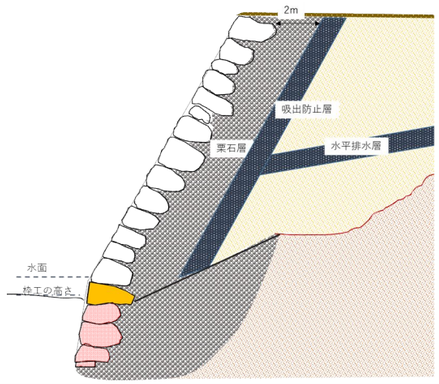
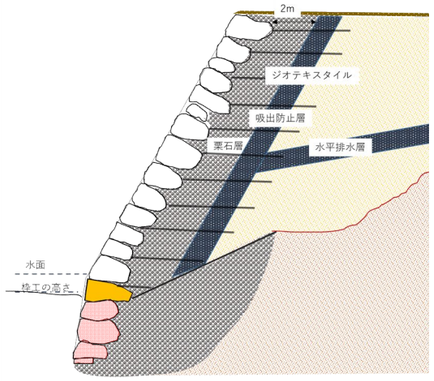


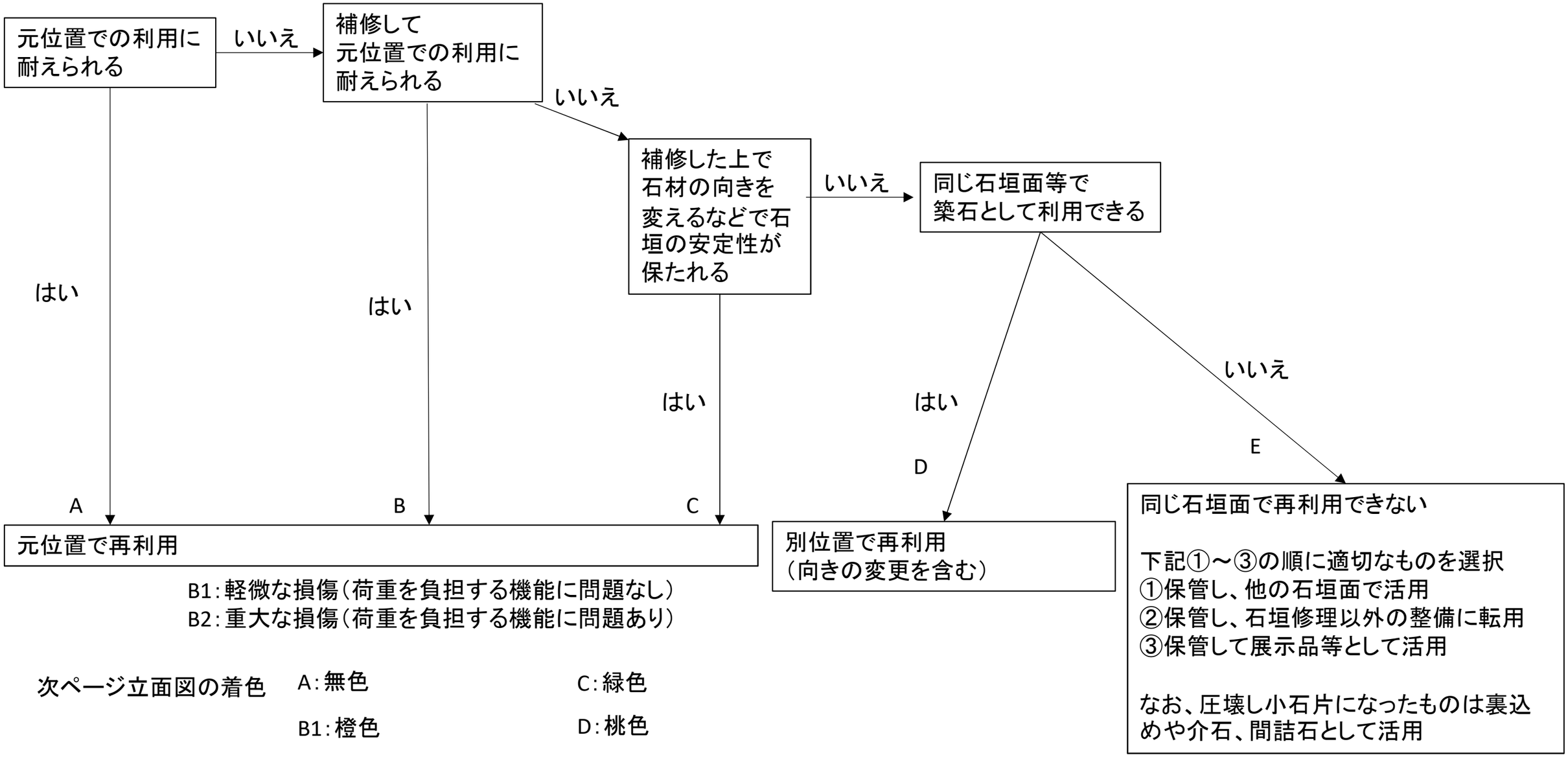
図 5　水平変位量と水平荷重（補強対策ありの場合）

別添資料23 栗石層安定化対策

工法	1	2	3	4	5
概要	・無対策	・工法１の栗石層の一部を吸出防止層と組み合わせる	・工法２にジオテキスタイルを付加	・栗石幅を2mまで縮小し、その背面側に吸出防止層(60cm)を設ける	・工法４にジオテキスタイルを付加
イメージ図					
長所	・天和期の積み直しの状態を再現できる	・背面盛土との境界は変わらず、天和期の積み直しの状態を再現できる ・栗石層内への細粒分の堆積を防止することで、健全性を保てる	・背面盛土との境界は変わらず、天和期の積み直しの状態を再現できる ・栗石層内への細粒分の堆積を防止することで、健全性を保てる ・地震時の安定性の向上を図ることができる（ソダ敷きという伝統工法に考え方が近い） ・土圧による変状を抑えることが可能	・土圧による変状を抑えることができる ・栗石層内への細粒分の堆積を防止することで、健全性を保てる	・土圧による変状を抑えることができる ・栗石層内への細粒分の堆積を防止することで、健全性を保てる ・地震時の安定性の向上を図ることができる（ソダ敷きという伝統工法に考え方が近い）
短所	・土圧による変状を生じやすい ・地震時の挙動により不安定となる ・細粒分の堆積による目詰まり	・吸出防止層の追加では変状を抑えることはできない ・地震時の挙動により不安定となる	・天和の積み直し時には無かった工法を付加することとなる	・背面盛土及び栗石層の幅は天和期の積み直しの状態を再現できない ・地震に対する安定性はジオテキスタイルを付加する案と比べて劣る	・背面盛土及び栗石層の幅は天和期の積み直しの状態を再現できない ・天和の積み直し時には無かった工法を付加することとなる
所見	・天和期の積み直しの状態を再現できるが、安定性は5案の中で最も低くなる	・健全性は保てるものの変形量や安定性は１案と同様に低いまま	・健全性を保ちつつ安定性が向上する反面、変状を抑えることはできない ・現代工法を付加することとなる	・変状は抑えられるが、天和期の積直しの状態を再現できないことのほか、地震時に不安定となる可能性が残されている	・構造物としての安定性は5案の中で最も高い

別添資料24 石材再利用判定フロー

３．石材の再利用について



B1：軽微な損傷（荷重を負担する機能に問題なし）
B2：重大な損傷（荷重を負担する機能に問題あり）

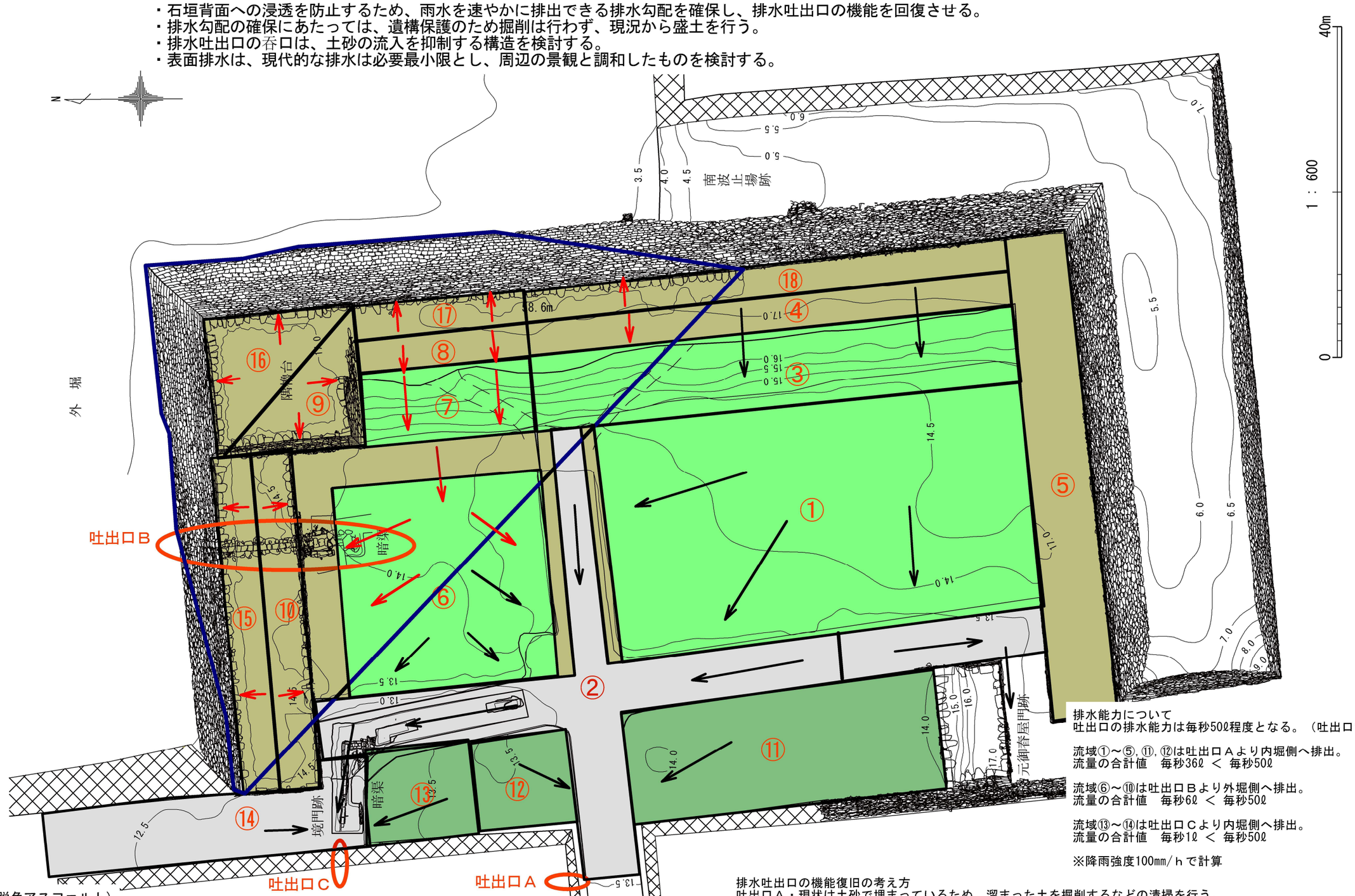
次ページ立面図の着色

A：無色	C：緑色
B1：橙色	D：桃色
B2：黄色	E：赤色

別添資料25 排水計画図

本丸搦手馬出における排水計画の基本的な考え方

・石垣背面への浸透を防止するため、雨水を速やかに排出できる排水勾配を確保し、排水吐出口の機能を回復させる。
・排水勾配の確保にあたっては、遺構保護のため掘削は行わず、現況から盛土を行う。
・排水吐出口の呑口は、土砂の流入を抑制する構造を検討する。
・表面排水は、現代的な排水は必要最小限とし、周辺の景観と調和したものを検討する。



排水能力について
吐出口の排水能力は毎秒50ℓ程度となる。（吐出口寸法0.3m×0.3m）

流域①～⑤,⑪,⑫は吐出口Ａより内堀側へ排出。
流量の合計値　毎秒36ℓ ＜ 毎秒50ℓ

流域⑥～⑩は吐出口Ｂより外堀側へ排出。
流量の合計値　毎秒6ℓ ＜ 毎秒50ℓ

流域⑬～⑭は吐出口Ｃより内堀側へ排出。
流量の合計値　毎秒1ℓ ＜ 毎秒50ℓ

※降雨強度100mm/ｈで計算

排水吐出口の機能復旧の考え方
吐出口Ａ・現状は土砂で埋まっているため、溜まった土を掘削するなどの清掃を行う。
　　・本丸側から流入する雨水をここで処理して搦手馬出側に流れ込まないようにする。

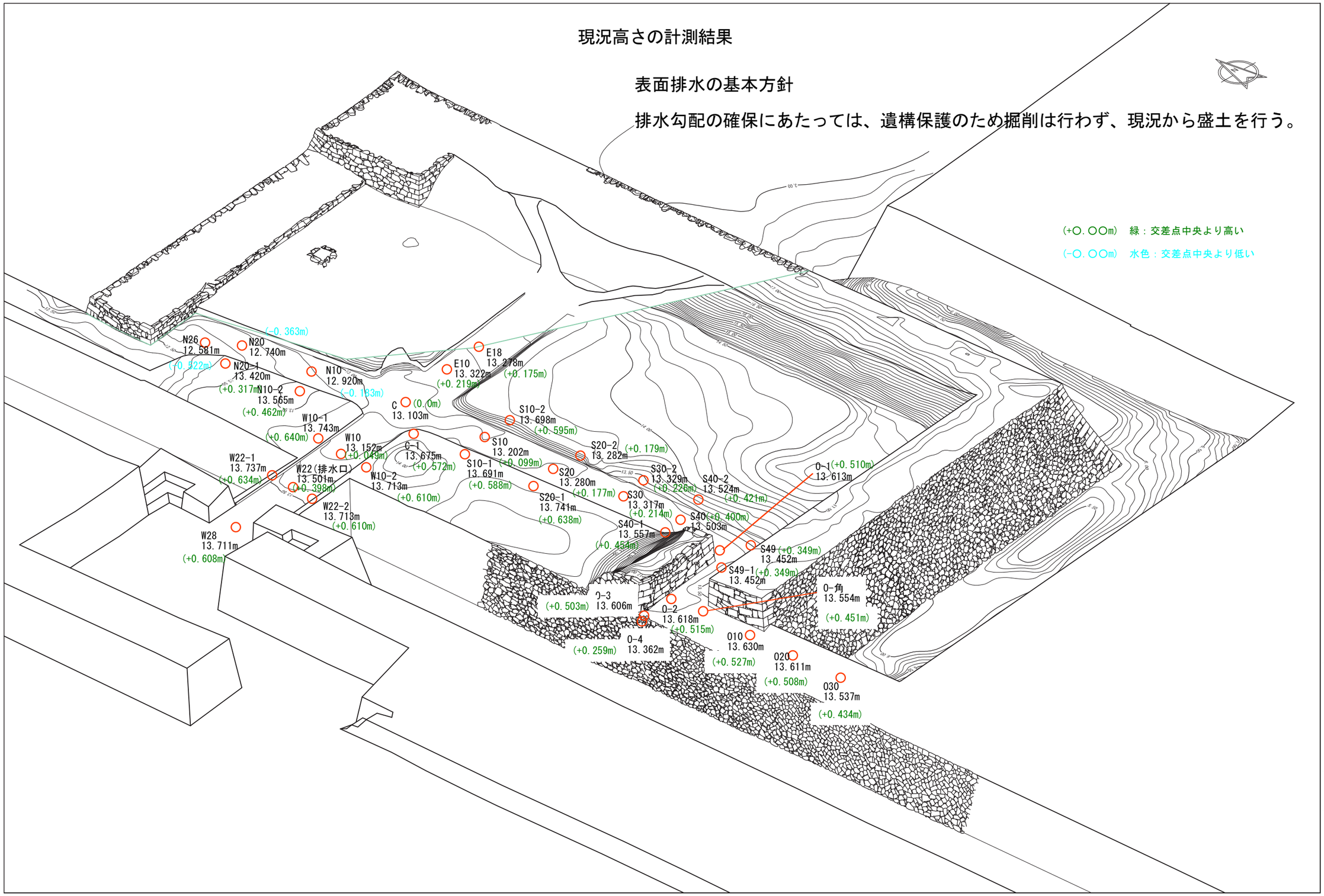
吐出口Ｂ・解体範囲内に入っており、石組は解体前の形に復旧する。
　　・機能復旧後も積極的に水を集めるような平面構造とはしない。
　　・石組のみでは漏水により石垣に悪影響を及ぼす可能性があるため、塩ビパイプ等を併用し機能復旧を行う。

吐出口Ｃ・水が集まる場所にあるので、メインの排水口として機能させる。
　　・吐出口及び暗渠の石組は遺っているので、塩ビパイプ等を併用し機能復旧を行う。

路面（脱色アスファルト）
芝生
真砂土舗装等の浸透抑制
樹林帯
解体範囲
排水勾配

鳥瞰図

別添資料26 現況高さ



別添資料27 活用計画と観覧動線

■櫓台公開の方針について

修復後には来場者に馬出の役割や歴史、今回の修理事業などについて理解を深めていただく説明表示や、台地のへりに築かれた石垣上面からの眺望を誰もが体感できるような展望施設（写真は一例）などの「活用」についても、名古屋城全体の状況を勘案しつつ継続検討していきたい。

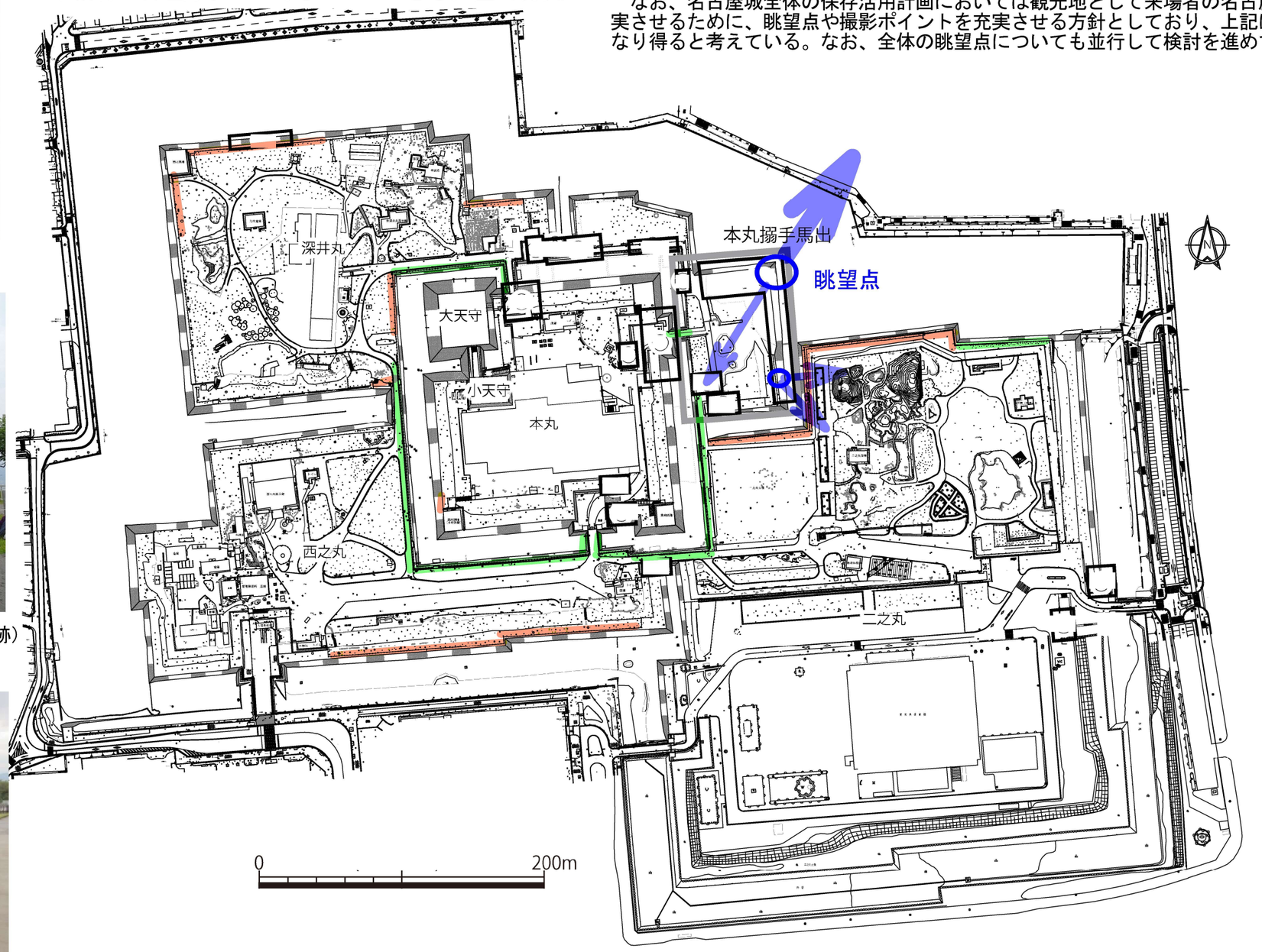
なお、名古屋城全体の保存活用計画においては観光地として来場者の名古屋城の観覧を充実させるために、眺望点や撮影ポイントを充実させる方針としており、上記はその一環にもなり得ると考えている。なお、全体の眺望点についても並行して検討を進めていく。

低木植栽による転落防止（名古屋城跡）

石垣を改変しない付加アプローチ施設事例（竹田城跡）

石垣を改変しない付加アプローチ施設事例（金沢城跡）

来城者が石垣際まで立寄ることができる位置（現状）



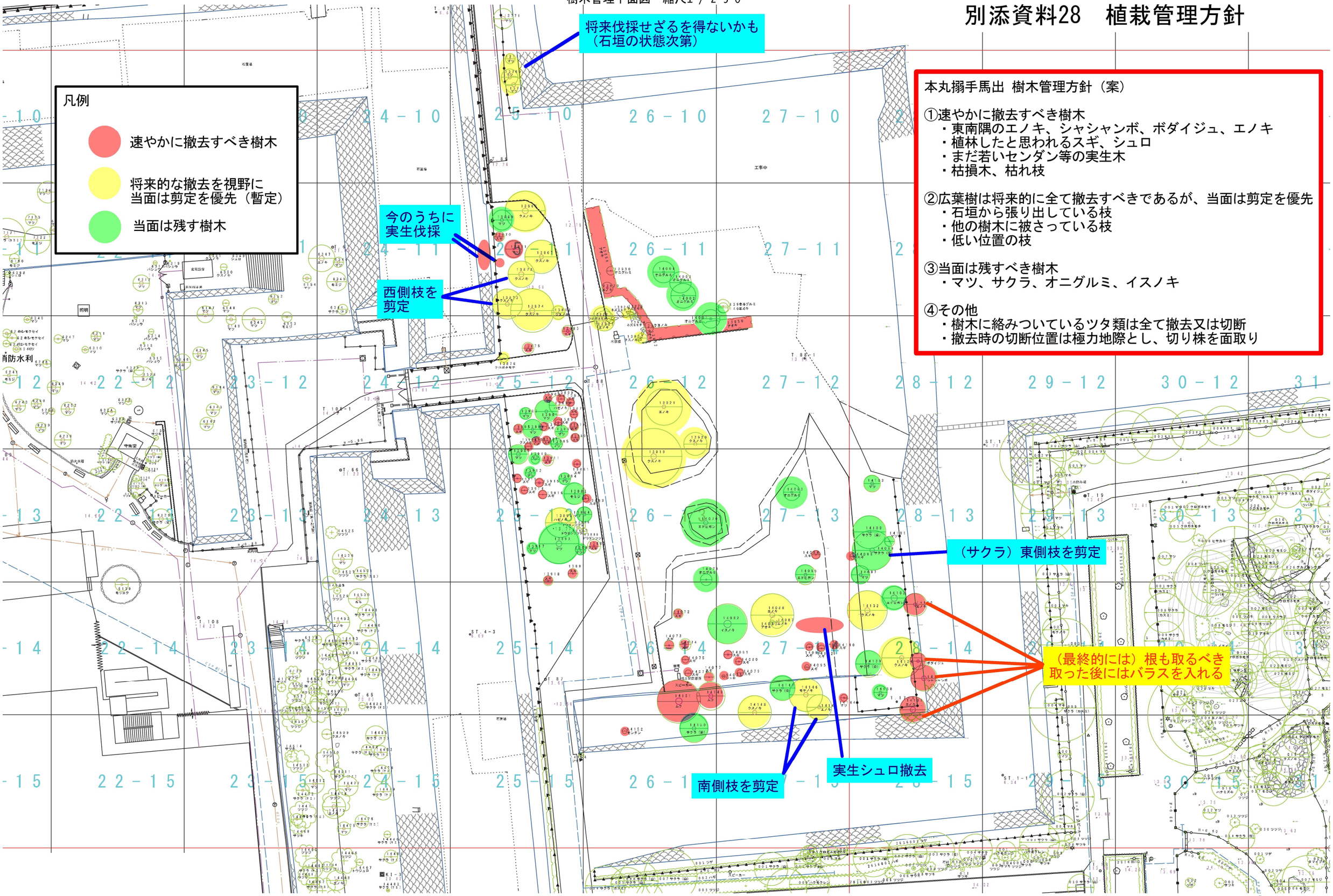
スチール柵

低木植栽

※写真は一例であり、より多くのお客様に楽しんでいただくため階段の他スロープ等についても検討する

別添資料28　植栽管理方針

樹木管理平面図　縮尺1／２５０



本丸搦手馬出 樹木管理方針（案）

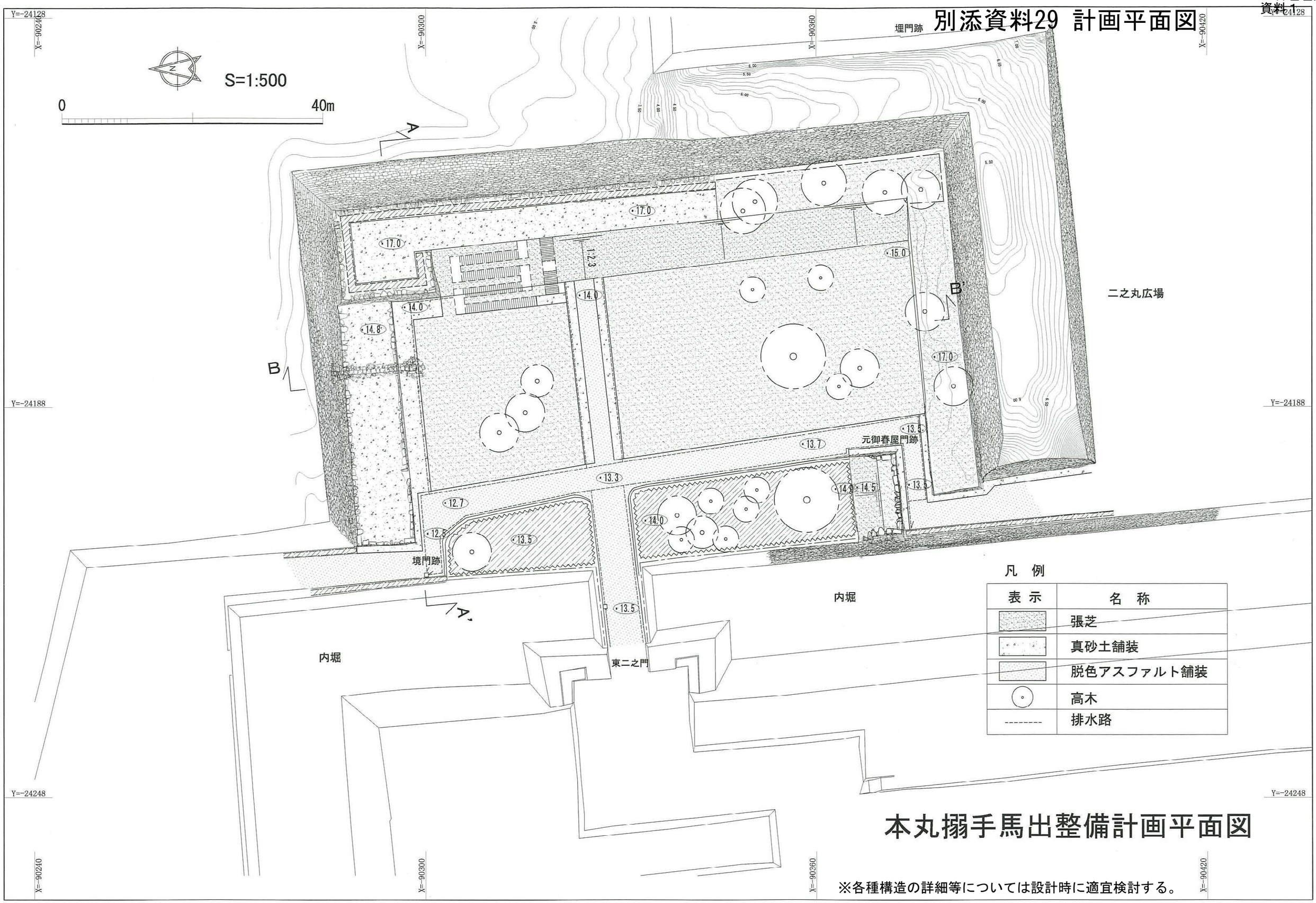
①速やかに撤去すべき樹木
- 東南隅のエノキ、シャシャンボ、ボダイジュ、エノキ
- 植林したと思われるスギ、シュロ
- まだ若いセンダン等の実生木
- 枯損木、枯れ枝

②広葉樹は将来的に全て撤去すべきであるが、当面は剪定を優先
- 石垣から張り出している枝
- 他の樹木に被さっている枝
- 低い位置の枝

③当面は残すべき樹木
- マツ、サクラ、オニグルミ、イスノキ

④その他
- 樹木に絡みついているツタ類は全て撤去又は切断
- 撤去時の切断位置は極力地際とし、切り株を面取り

別添資料29 計画平面図

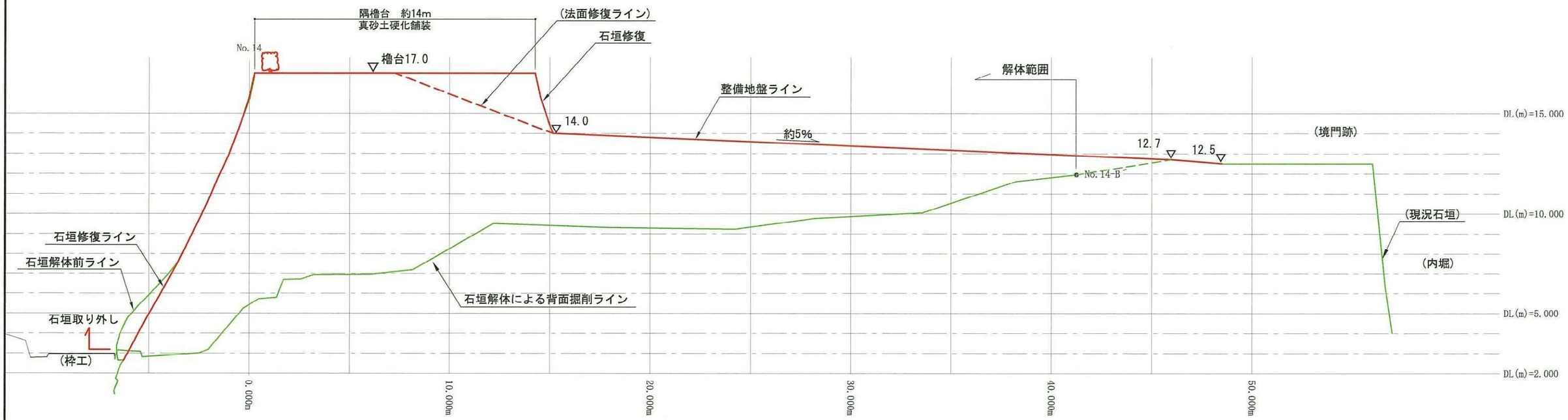


本丸搦手馬出整備計画平面図

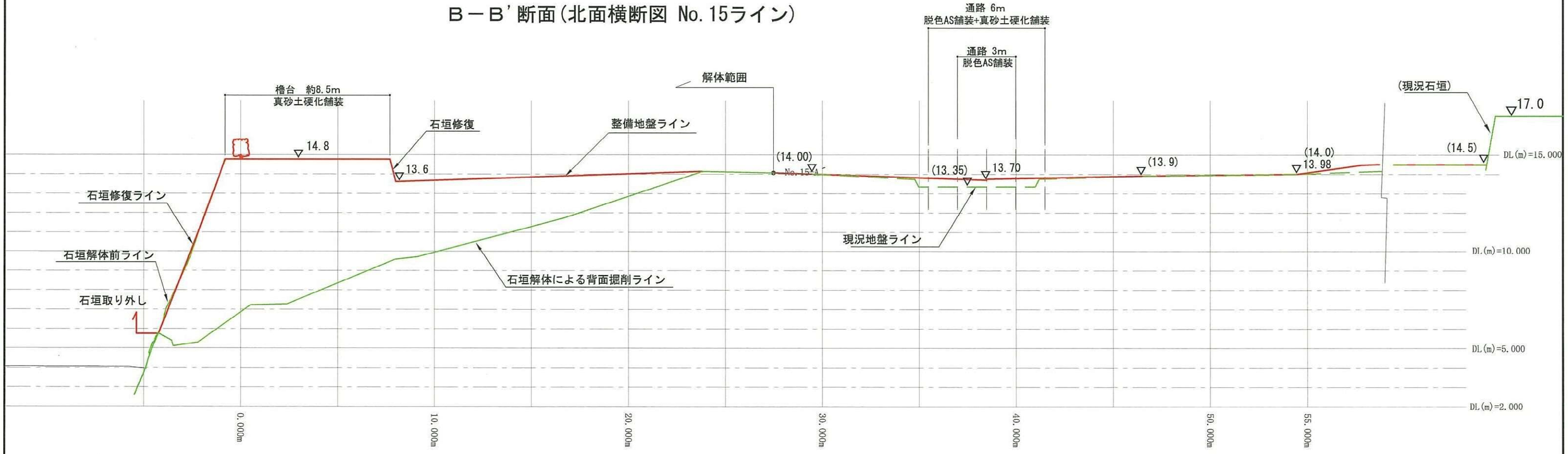
※各種構造の詳細等については設計時に適宜検討する。

別添資料30　計画断面図

Ａ－Ａ’断面　（東面横断図 No.14ライン）



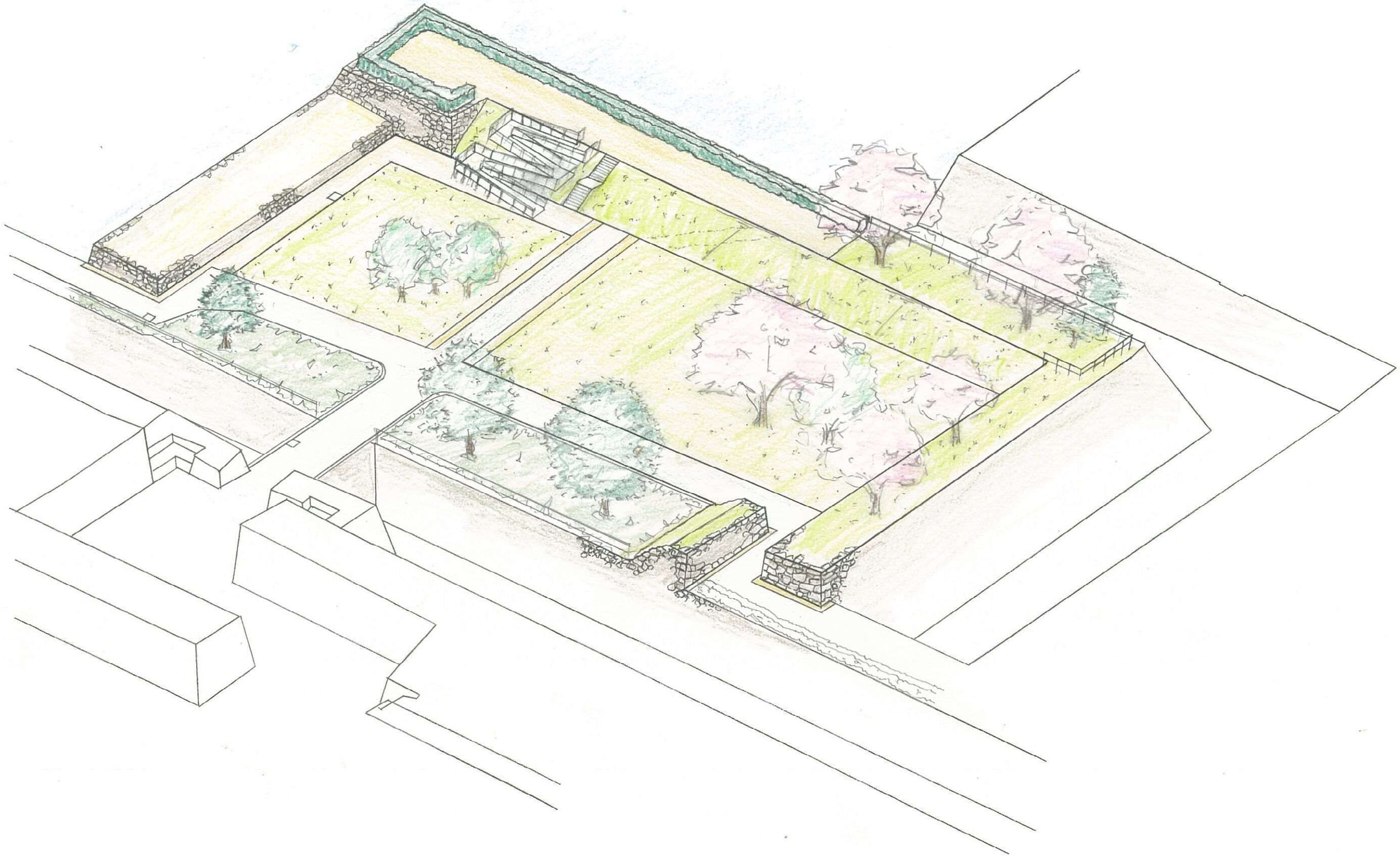
Ｂ－Ｂ’断面（北面横断図 No.15ライン）



※解体範囲における近世包含層の上面はDL12.6m～13.0程度である。
※修景にあたっては、厚さ30cm程度の保護層を確保すること。

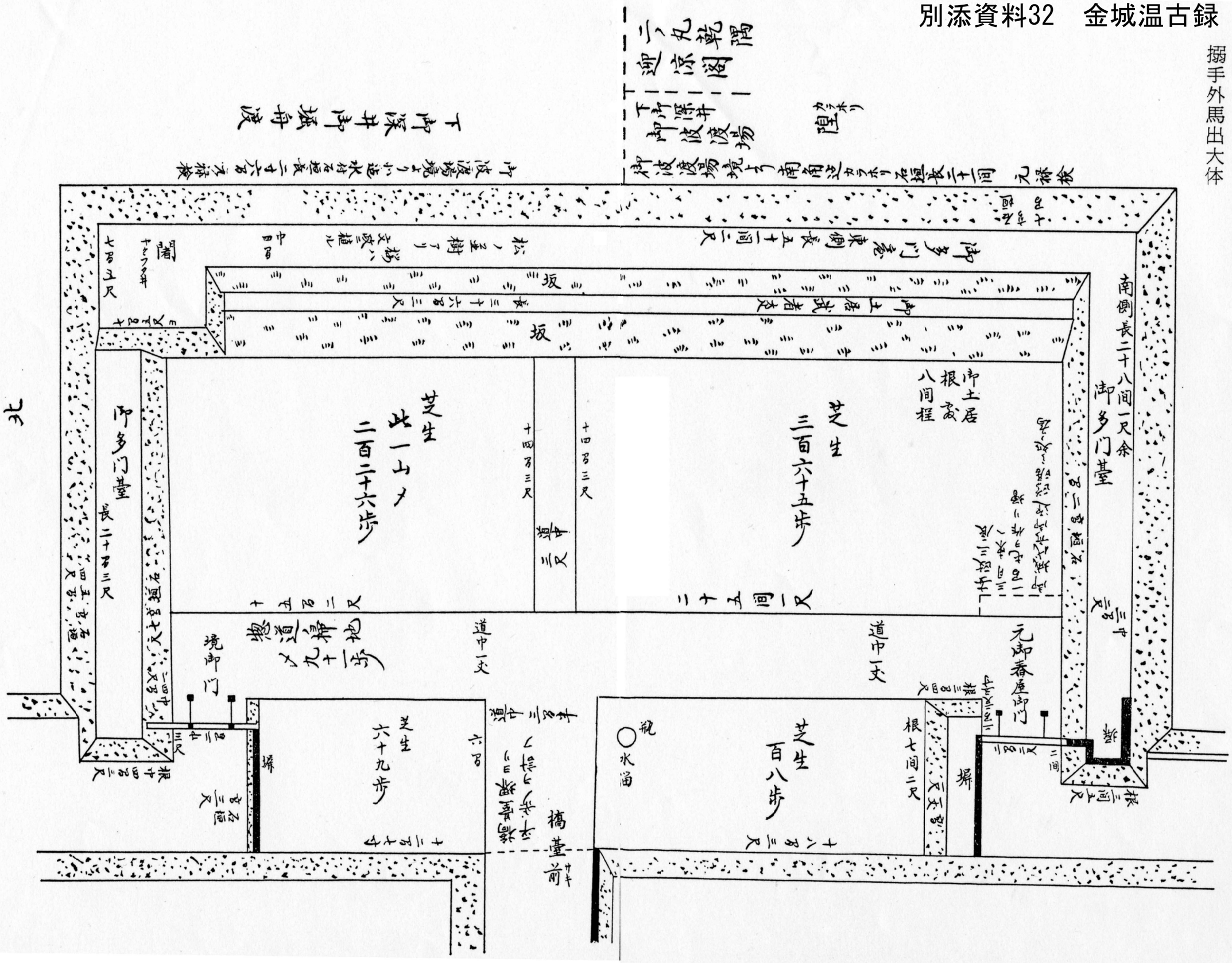
本丸搦手馬出整備計画断面図　S=1:200

別添資料31　鳥瞰イメージ図



別添資料32　金城温古録

搦手外馬出大体



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がある土である。（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608㎜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533㎜で遺構面を検出し、反対側の西側では地表から784㎜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500㎜、小天守西側の土塁状の部分は地表面から600㎜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/㎡）	許容地盤支持力（kN/㎡）	（参考値）	
					最大沈下量（mm）	最大変形勾配
小天守西側	解体工事	資料2-5 による	68.0	465.4	6.7	0.67/1000
	最大荷重時		**68.5**	**465.4**	**6.8**	**0.71/1000**

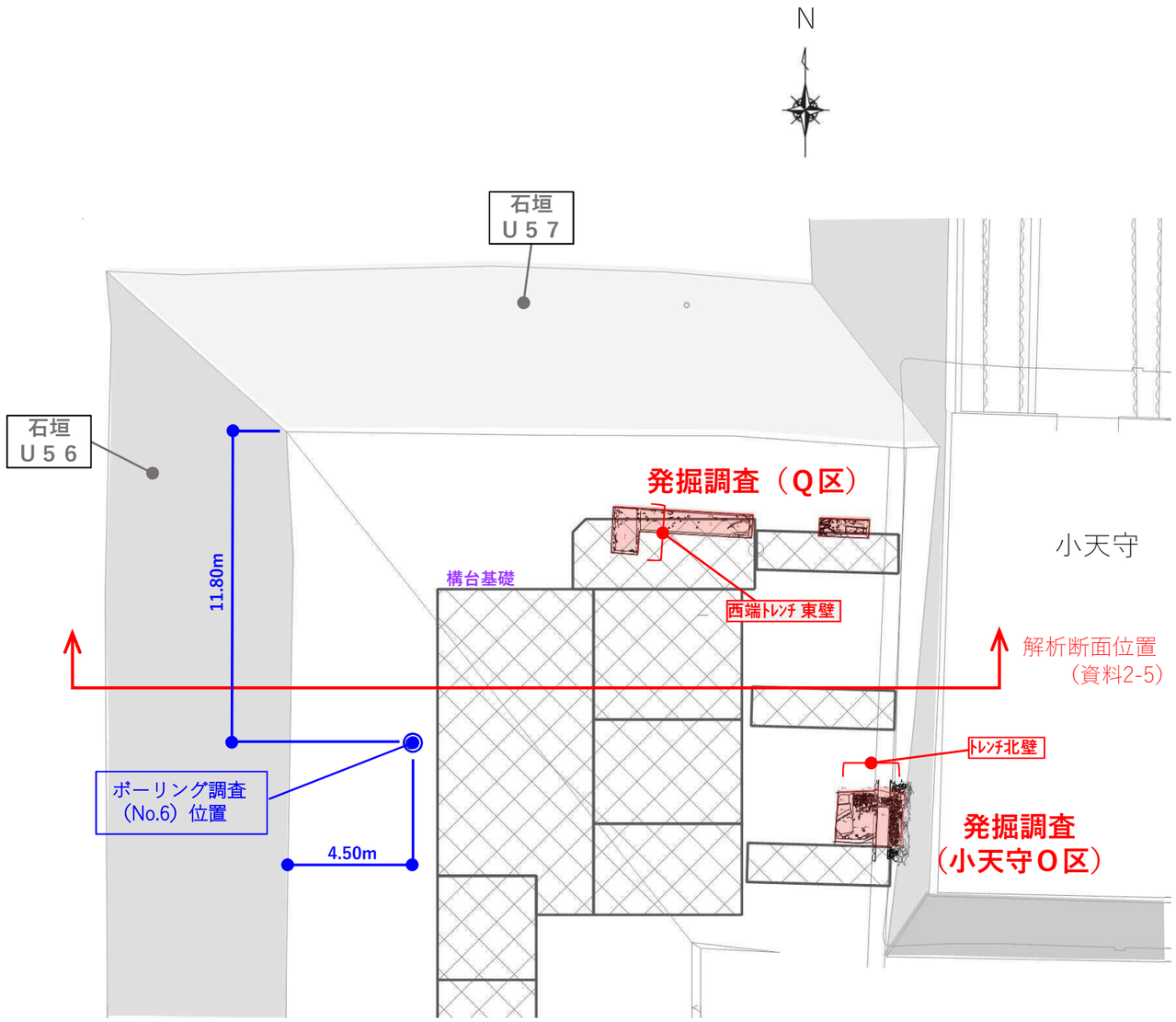
（４）考察

・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/㎡に比べても小さい値であり、影響は軽微と考えられる。

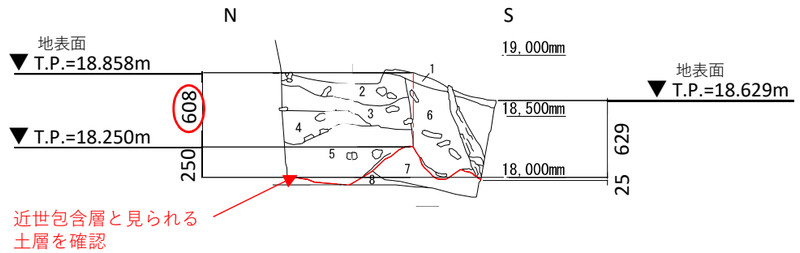
4　まとめ

・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。

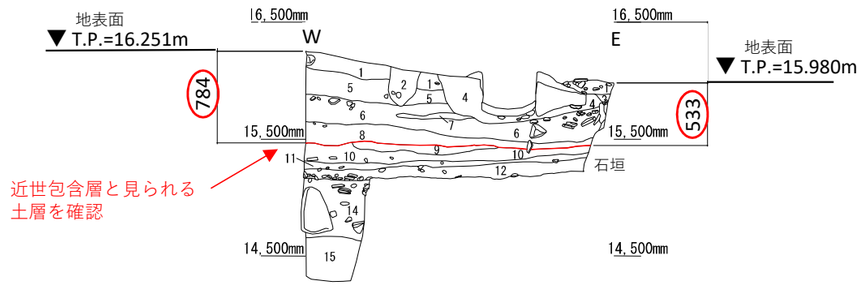
① 発掘調査結果による遺構面の深さの設定



平面図



発掘調査（Q区）（西端ﾄﾚﾝﾁ 東壁） R3年度実施



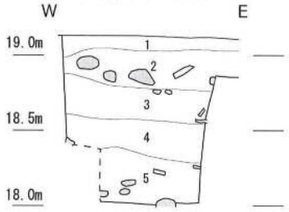
発掘調査（小天守O区）（ﾄﾚﾝﾁ 北壁） H30年度実施

発掘調査 トレンチ断面図

② 発掘調査結果

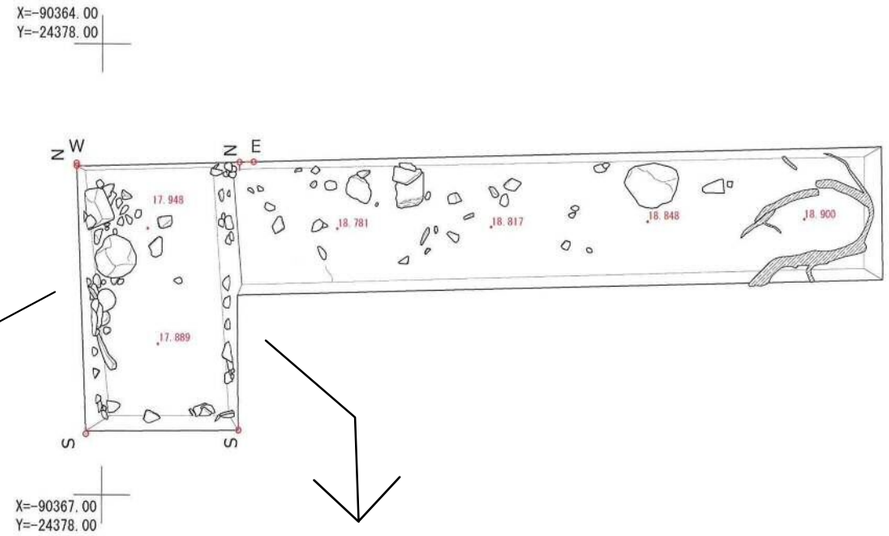
発掘調査（Q区）

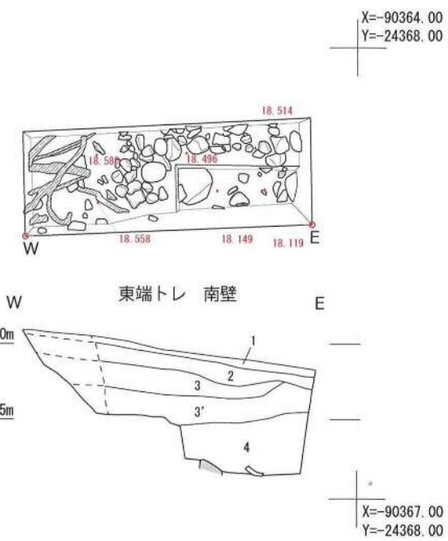
西端トレ　北壁



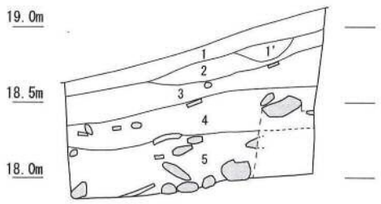
【西端トレ】

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　10 ㎜大円礫、瓦片目立つ
	3	5YR3/2	暗赤褐色土　シルト強い　0.1 ㎜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　0.1 ㎜大地山ブロック等まばら　亜角礫 10 ㎜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）

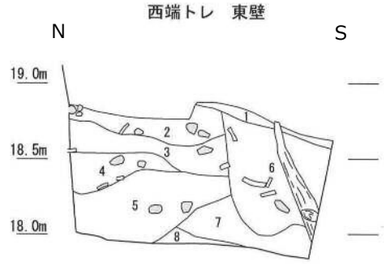




西端トレ　西壁



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 ～ 0.2 ㎜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～ 20 ㎝の礫多く混じる　築石の破片のような欠片あり

0　1　2　4m

1 : 40

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

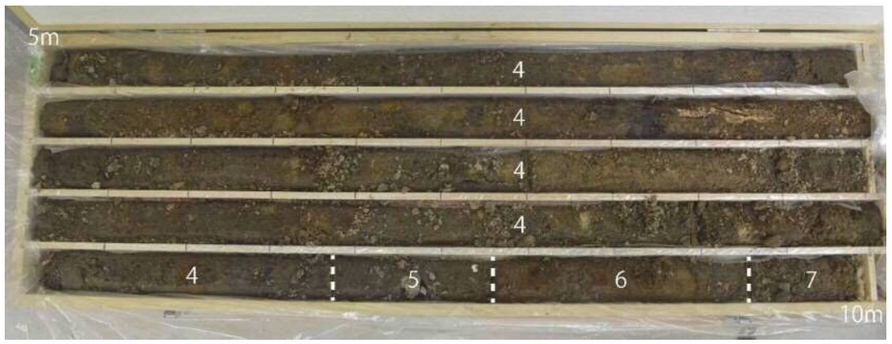
1（0-0.3m）:10YR3/3 暗褐,粗-中粒砂,木の根、8 ㎝程度の石含む,締まり弱い(表土)

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,0.5-2 ㎝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,ややしまる(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(5 YR4/8 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

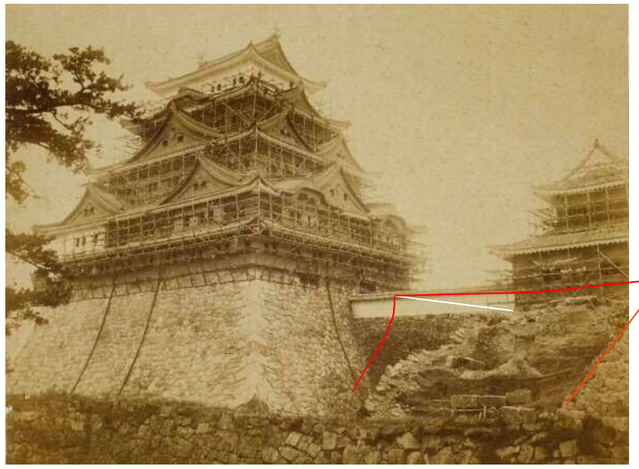
地山(15.15-20m)：2.5Y5/1 黄灰,粗砂-中粒砂,やや締まる(地山)

○まとめ

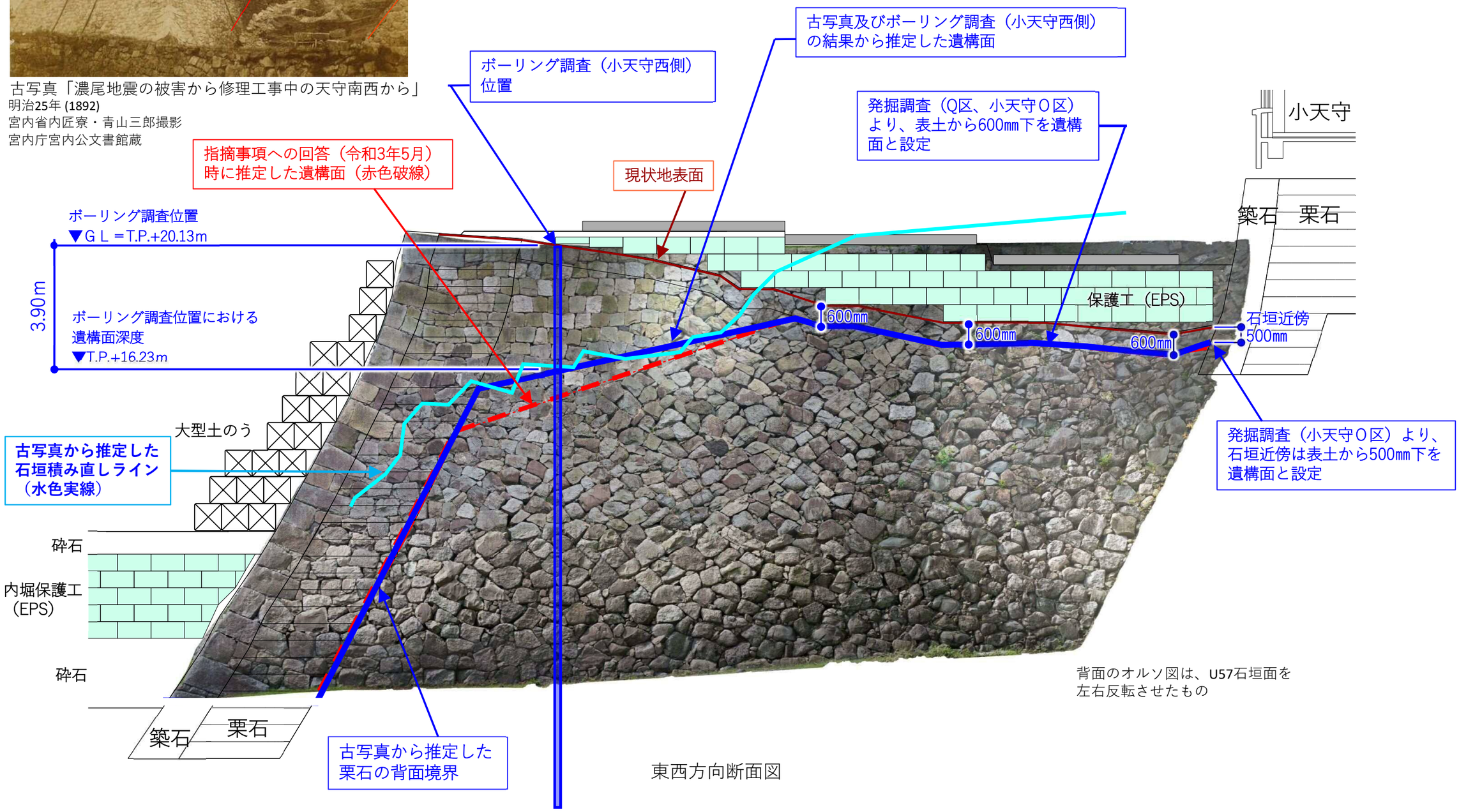
・濃尾地震以降の盛土と推定される土は地表より 0.3～3.9m まで堆積する。

・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

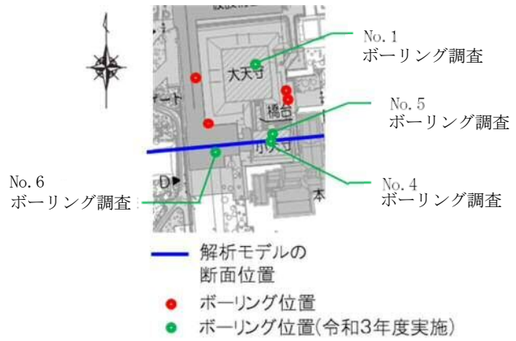


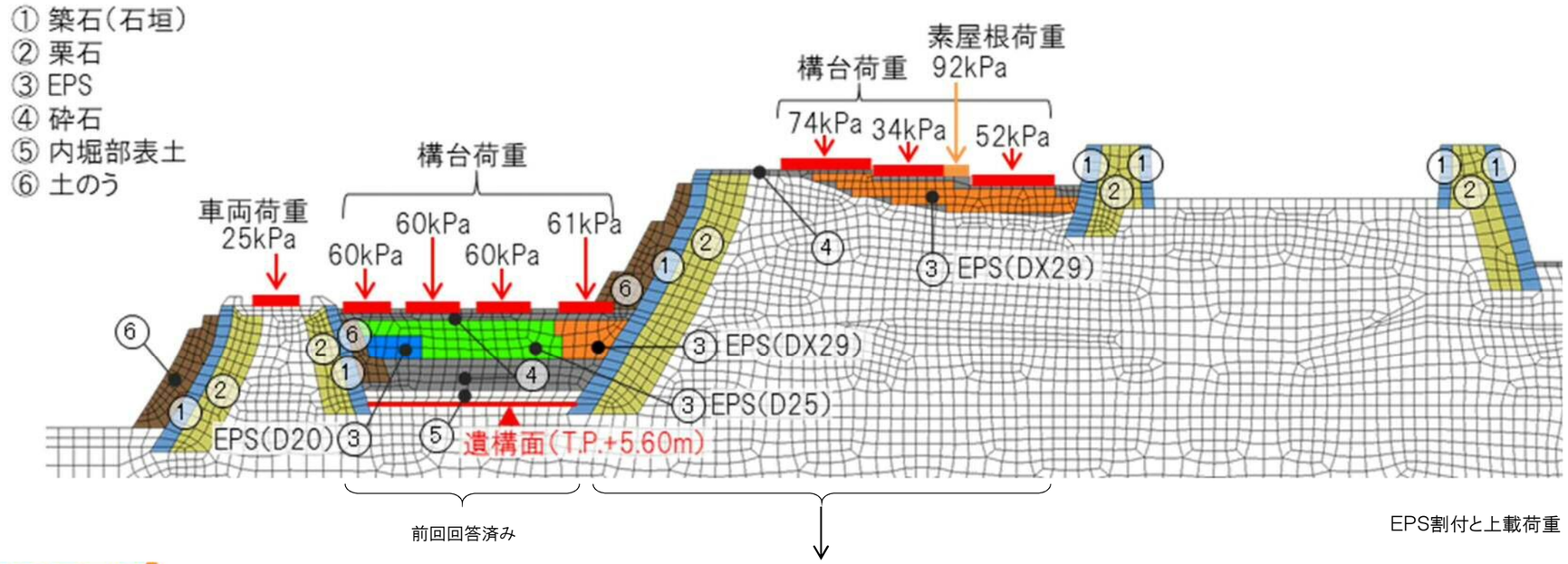
古写真「濃尾地震の被害から修理工事中の天守南西から」
明治25年 (1892)
宮内省内匠寮・青山三郎撮影
宮内庁宮内公文書館蔵

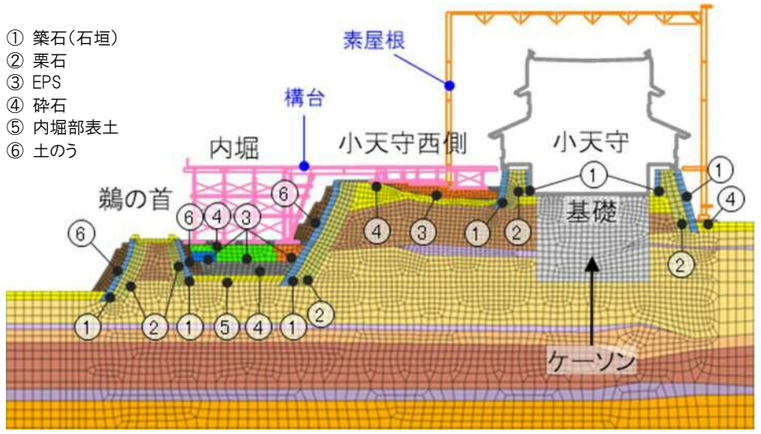


東西方向断面図

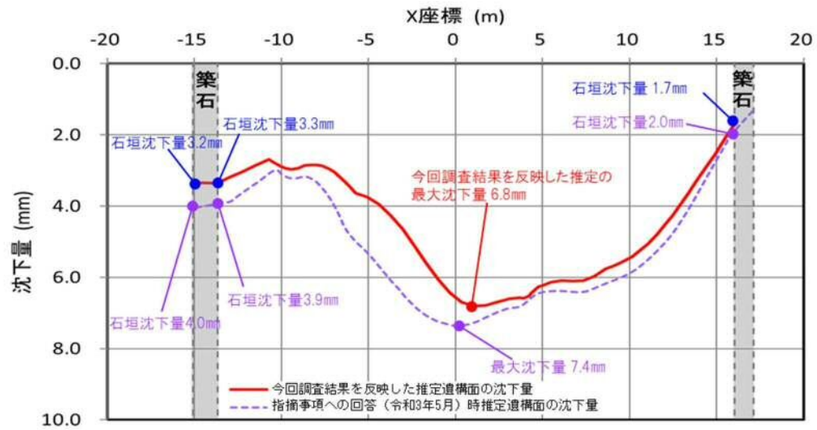
⑤ 小天守西側（最大荷重時）の解析結果（抜粋）





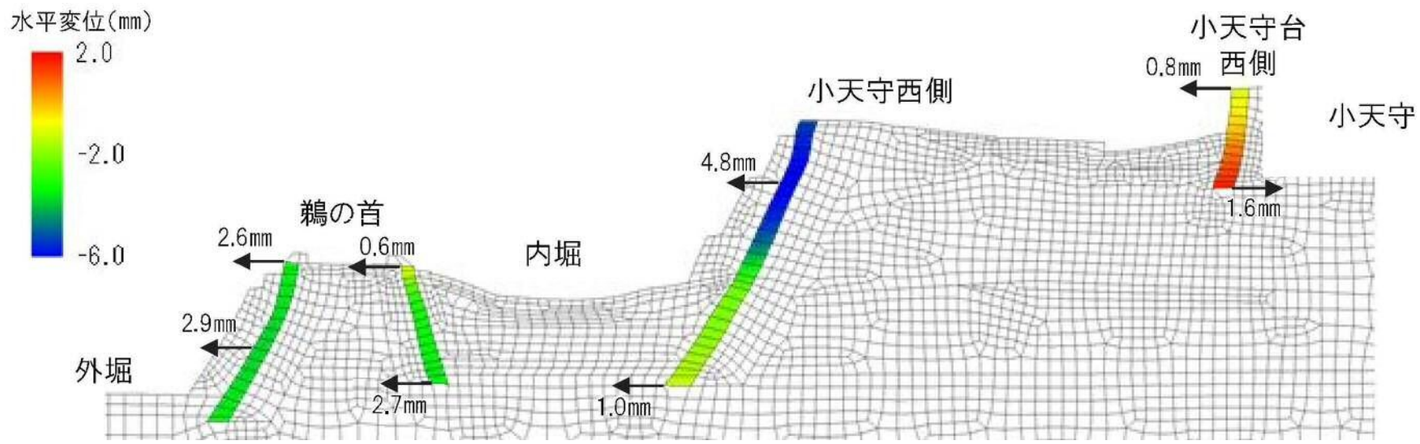


解析モデル図



（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