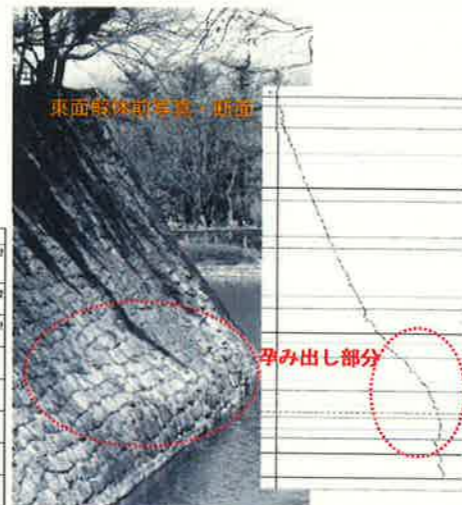


「本丸搦手馬出周辺石垣」の修復について

1. 本丸搦手馬出周辺石垣の修復状況

特別史跡名古屋城跡では昭和45年(1970年)より城内の石垣を順次修復している。(資料1-2)
本丸搦手馬出石垣は下図右のように大きく孕み出して危険な状態であったため、平成14年(2002年)に解体修理事業に着手し平成30年(2018年)に解体を概ね完了した。(資料1-3)
当初は本丸東側内堀石垣の搦手馬出側(資料1-4、No.9石垣)についても解体修理を行う方針であった。しかし近年、他城郭等で解体を行わずに石垣を安定化する事例も見られるため、方針について今後再検討する予定としている。



名古屋城本丸搦手馬出周辺石垣修復工事の経過

| 年度 | 地 | 法 | 施行面積等 | 年度 | 地 | 法 | 施行面積等 |
|--------------------|---------------------------|-------------------|---|--------------------|-------------------------|-------------------|--|
| 平成14年度 (2002年度) | 本丸搦手馬出周辺 平地面・北面石垣 | — | — | 平成22年度 (2010年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 145.7 m ² 469 個 (うち積置石積置石等 31個) |
| 平成15年度 (2003年度) | 本丸搦手馬出内各所 崩壊・瓦葺屋根の外装 | — | — | 平成24年度 (2012年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 112.6 m ² 339 個 |
| 平成16年度 (2004年度) | 堀門東側石垣周辺 北面(堀1)・堀5-6石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 171.2 m ² 478 個 | 平成25年度 (2013年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 100.4 m ² 280 個 |
| 平成17年度 (2005年度) | 本丸搦手馬出東面 堀7-8-9-10石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 87.9 m ² 323 個 | 平成26年度 (2014年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 0 m ² 0 個 |
| 平成18年度 (2006年度) | 北東橋台周辺 堀1-2・3-4石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 171.2 m ² 300 個 | 平成27年度 (2015年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 0 m ² 0 個 |
| 平成19年度 (2007年度) | 北東橋台周辺 堀1-2・3-4石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 144.0 m ² 407 個 | 平成28年度 (2016年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 0 m ² 0 個 |
| 平成20年度 (2008年度) | 本丸搦手馬出東面石垣 堀1石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 170.7 m ² 517 個 | 平成29年度 (2017年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 0 m ² 0 個 |
| 平成21年度 (2009年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 194.2 m ² 592 個 (うち積置石積置石・敷石 31) | 平成30年度 (2018年度) | 本丸搦手馬出東面・北面石垣 堀1-2石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 7.0 m ² 190 個 |
| 平成22年度 (2010年度) | 本丸搦手馬出東面石垣 堀1石垣 | 石垣解体面積 [解体石材数] | 189.4 m ² 520 個 | 合計 | | 石垣解体面積 [解体石材数] | 1557.8 m ² 4363 個 |

2. 修復の基本方針

- ・孕み出す以前の姿に戻す(天和期(1681年~1684年)の修理後の姿を想定)
- ・解体に際して行った調査の成果をできる限り反映させる
- ・石垣の安定性、安全性を重視して積み直す
- ・石材はできる限り再利用する

3. 孕み出し原因の推定

解体時の調査等から、孕み出しに影響したのは軟弱地盤、傾斜硬化面^{*}及び逆石状の石材の3つが主要因であると推定し、その経過について資料1-5のようにステップ分けして整理した。

※慶長期と天和期の盛土境を浸透水が流れることにより、化学成分が溶脱し硬化した面。

4. 石垣積直しの主な方針

石垣構造の検討

主な検討項目と、それぞれの検討状況を次の(1)~(8)に示す。(資料1-6)

(1) 根石部の安定化

平成29年度(2018年度)までに根石部前面に敷石と松杭を貫で一体化させる砕工を行い、地盤の強化を図った。

(2) 背面盛土の安定化

修復後の背面盛土について速やかに強度を上げ安全性を担保するために、盛土材への石灰混合や良質土への置き換え等を検討している。

(3) 表層改良・表層排水

雨水等の浸透を抑制するために石垣上面の排水強化を検討している。

(4) (5) 水平排水層・吸出防止層

傾斜硬化面への浸透水の到達を抑止するための砂質排水層、及び、栗石層への細粒分の流出を防止するためのフィルター層について設置を検討している。

(6) 傾斜硬化面の措置

慶長期盛土の一部の可能性があることから残置する方針だが、上記の排水層や盛土材の改良を行った上で、なお安定性が懸念される場合には段切りなど、傾斜硬化面の一部撤去措置も視野に入れて検討する。

(7) 慶長期石垣と天和期石垣の接点の安定化

慶長期と天和期の接点に存在している逆石状の石材については、角度を補正することを試みる。しかし、補正不可の場合には新補石材に置き換える。(資料1-7 工法3)

(8) 栗石層の安定化

地震時に幅の広い栗石層が不安定となり崩壊につながる可能性があるため、栗石密度を向上させるとともに、FEMなど工学的解析を用いて栗石層の最適な幅を検討する。それでも安全性が懸念される場合は現代工法の採用も視野に入れて検討する。

修復勾配の検討

孕みの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の設定を行う。(資料1-8、資料1-9)

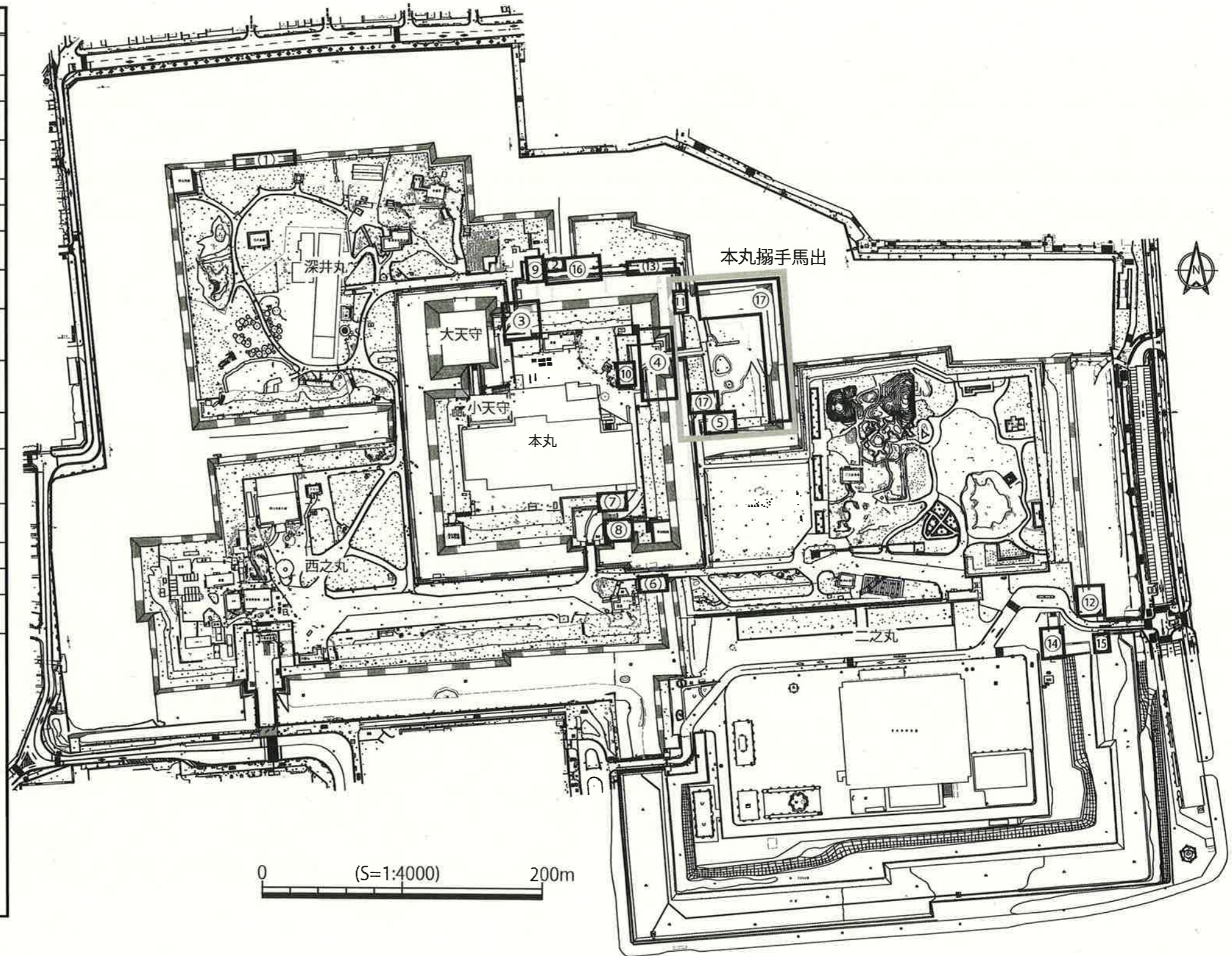
石材再利用方針

石材再利用判定フロー(資料1-10)に基づき、再利用判定を行った。(結果は資料1-11、資料1-12) 判定に基づき、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。

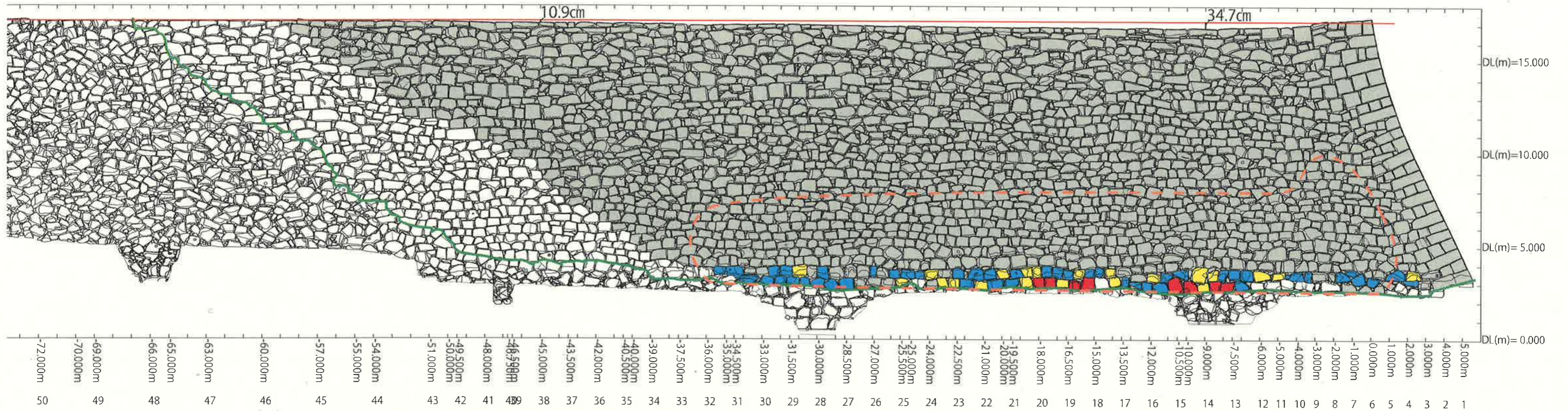
5. 今後のスケジュール

今年度中に当初計画の計画変更を文化庁へ届出し、来年度に設計、再来年度からの本格的な積直し着手を目指している。(資料1-13)

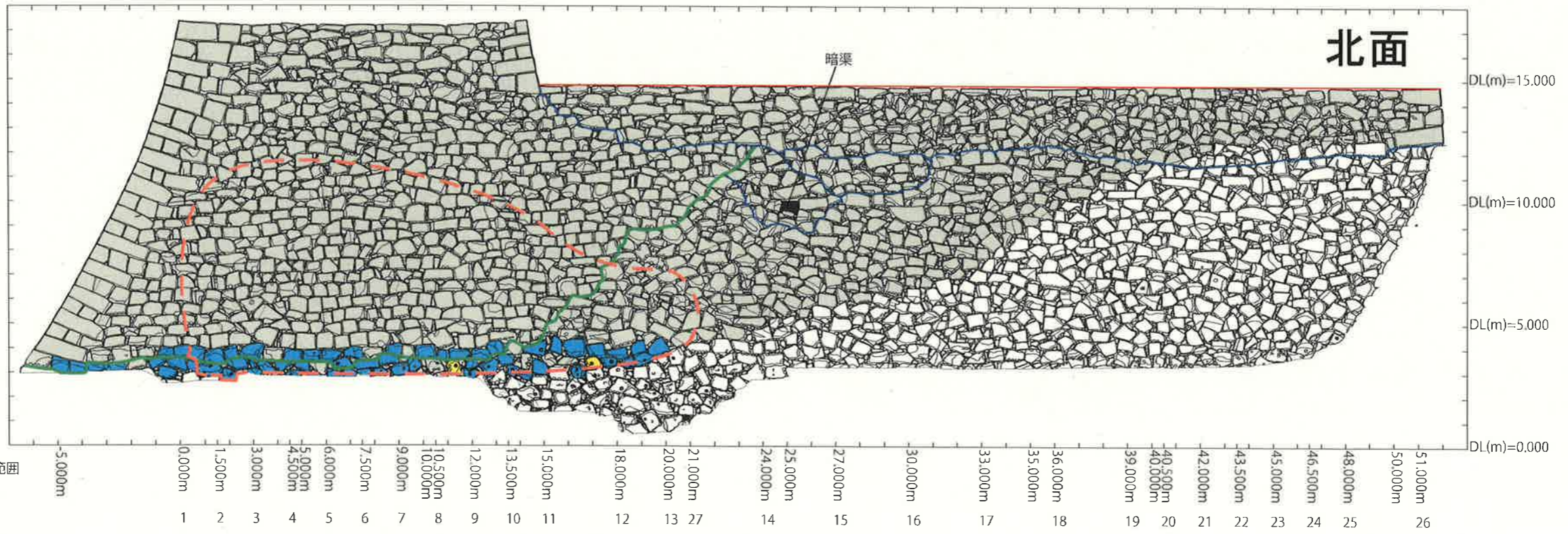
| No. | 年度(和暦) | 年度(西暦) | 補修箇所 |
|-----|--|--|----------------|
| ① | 昭和45年度 昭和46年度 | 1970 1971 | 深井丸 |
| ② | 昭和50年度 | 1975 | 塩蔵門跡東側 |
| ③ | 昭和51年度 昭和52年度 | 1976 1977 | 不明門跡 |
| ④ | 昭和53年度 昭和54年度 | 1978 1979 | 東一之門跡東側 |
| ⑤ | 昭和55年度 | 1980 | 御書置門跡 |
| ⑥ | 昭和56年度 | 1981 | 東南櫓南二之丸境 |
| ⑦ | 昭和57年度 昭和58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 | くろみ林塩蔵構境 |
| 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 |



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

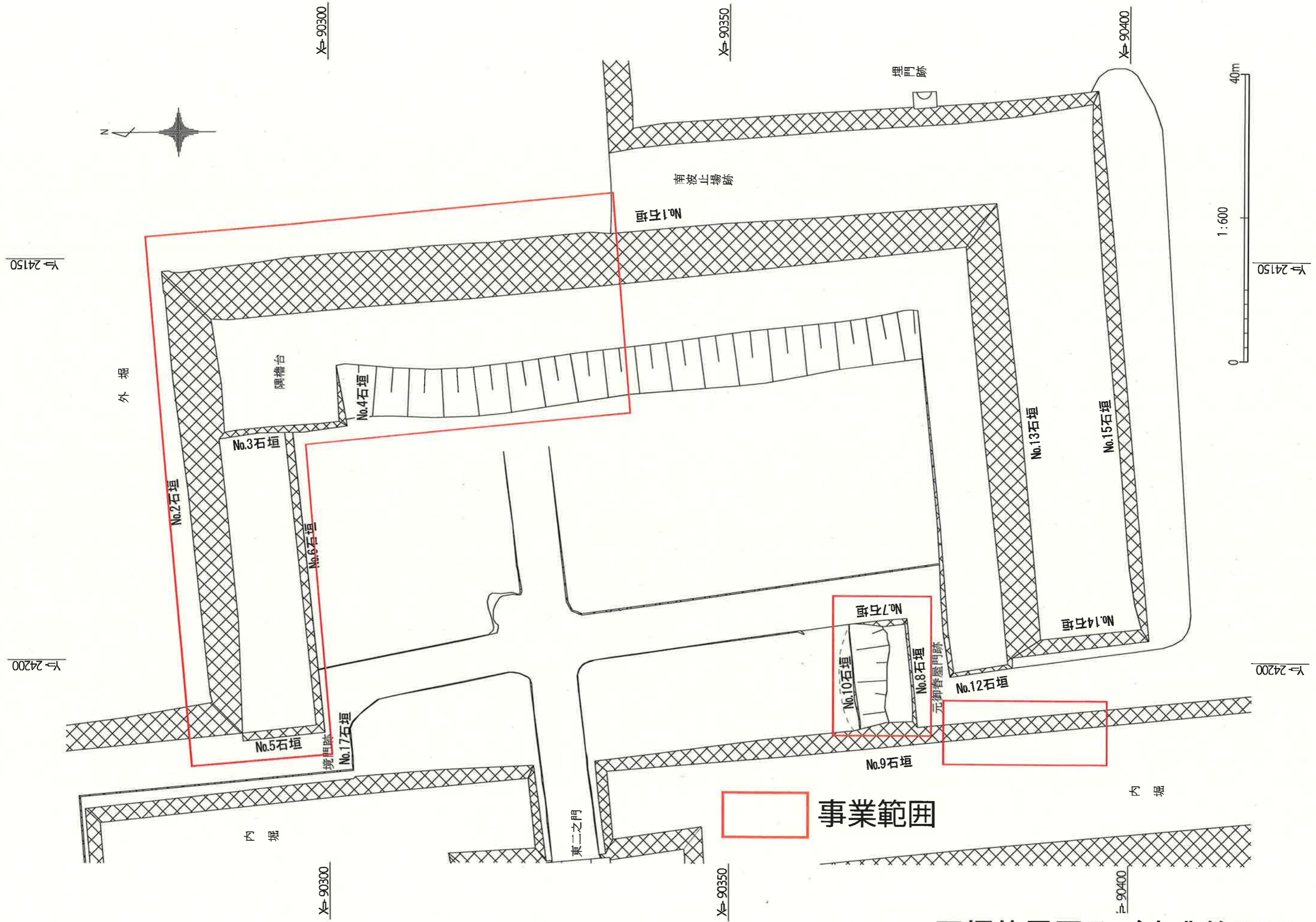
勾配に対して尻上がりに据わる

0 (S=1:200) 10m

※ 標高はT.P.値で表示

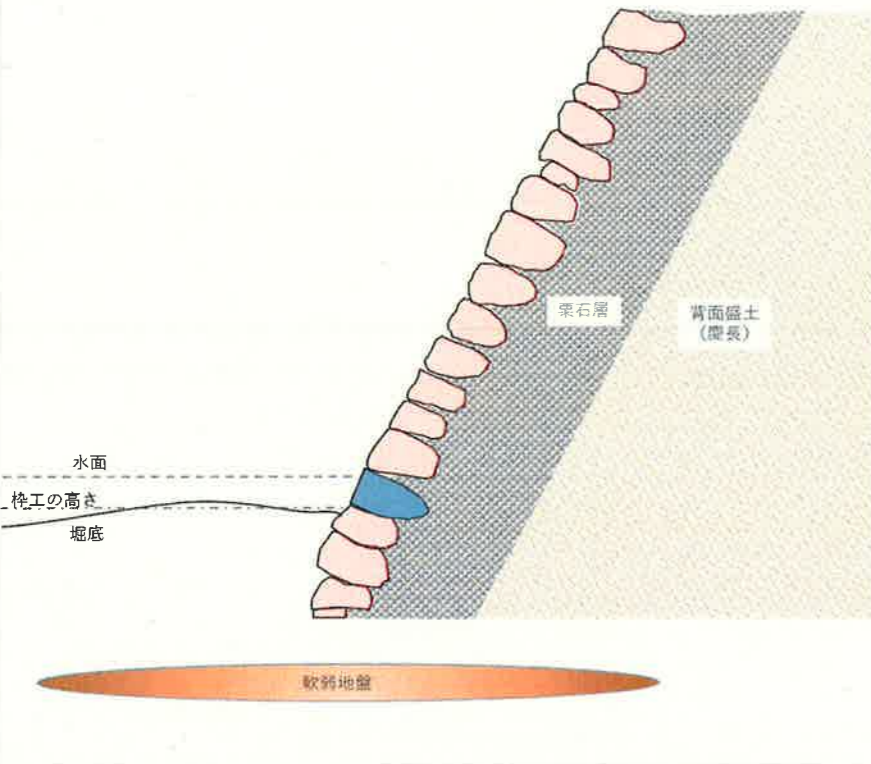
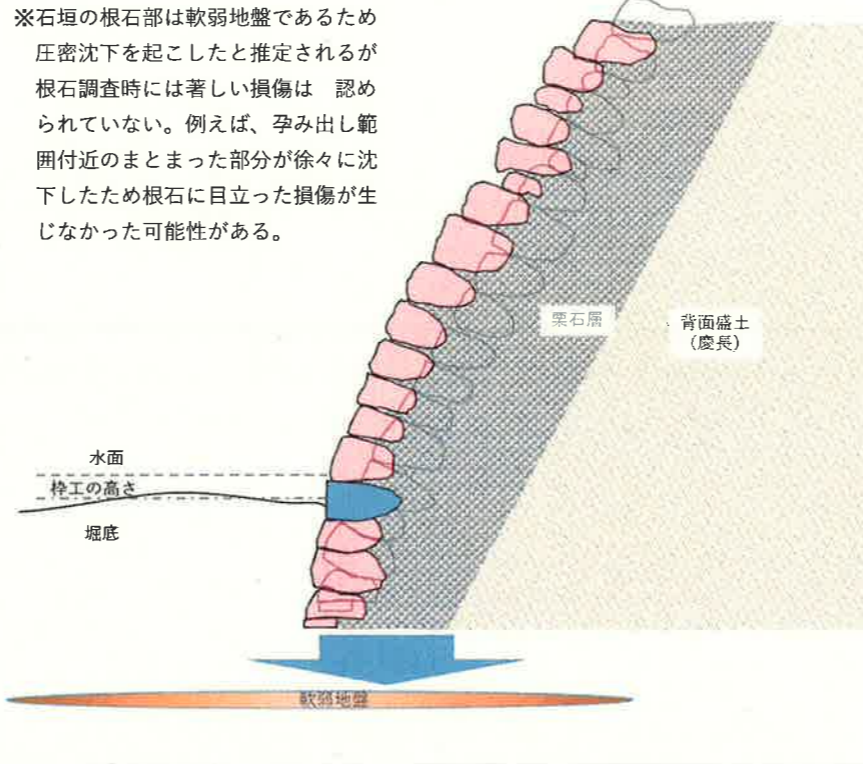
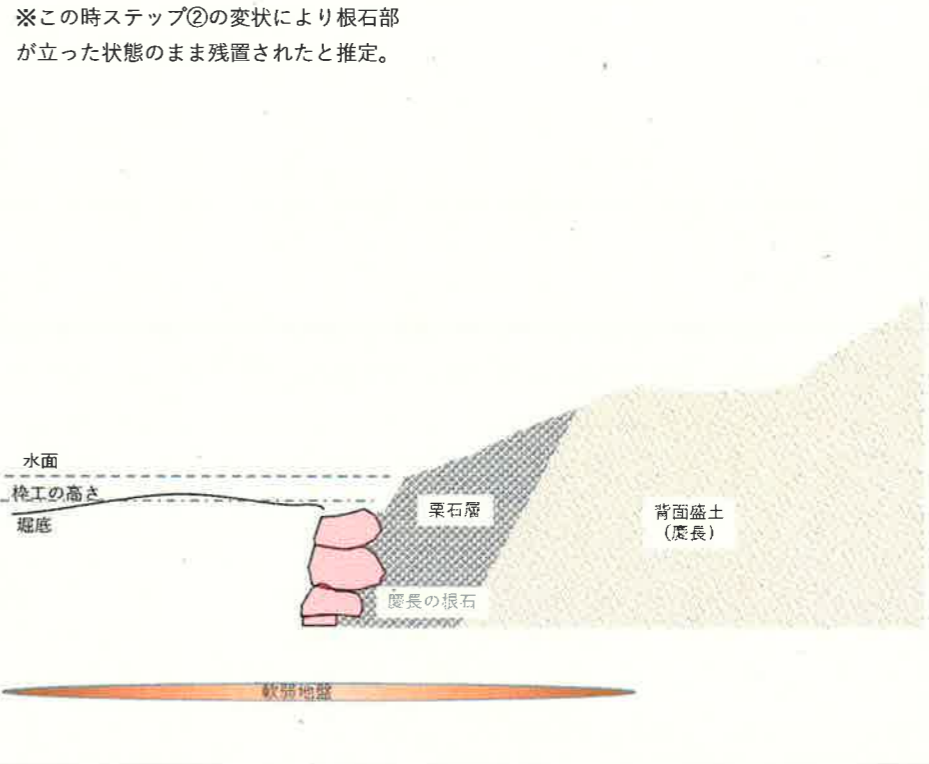
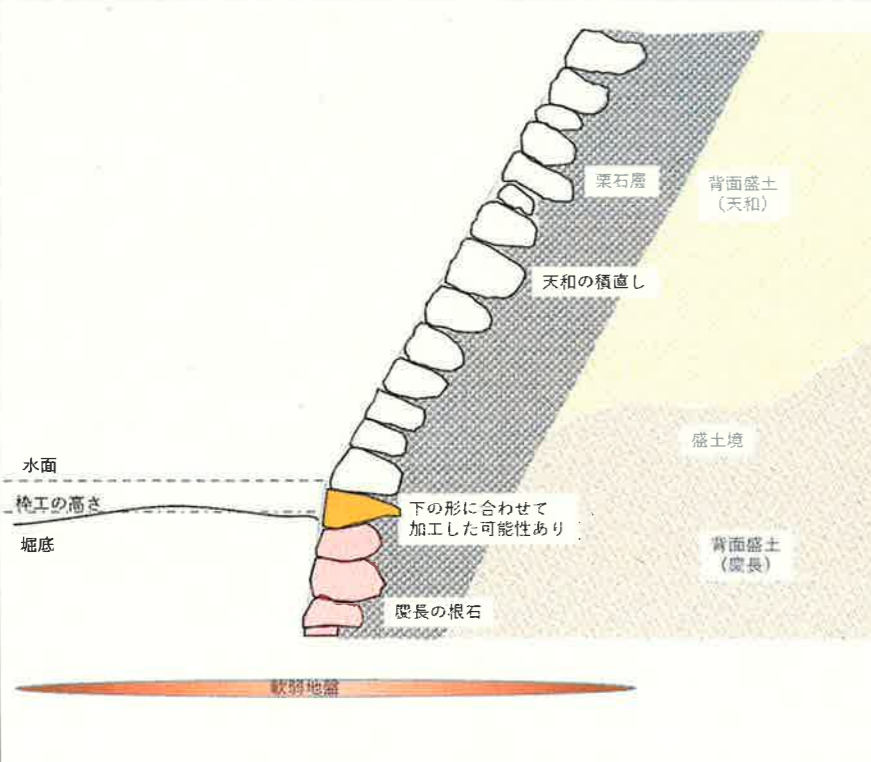
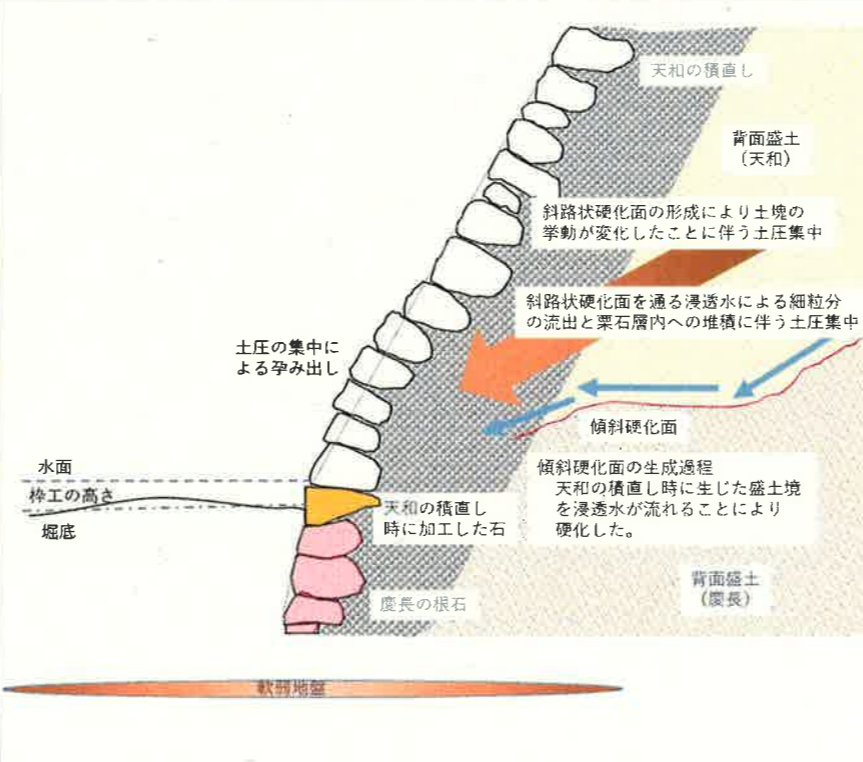
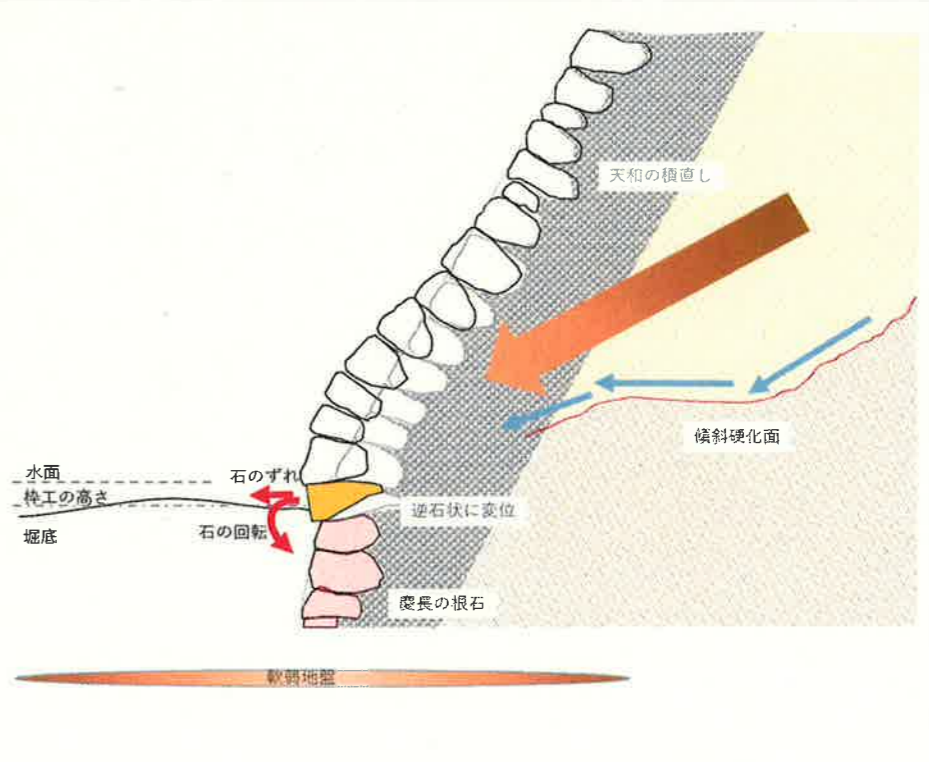
解体範囲

解体済範囲



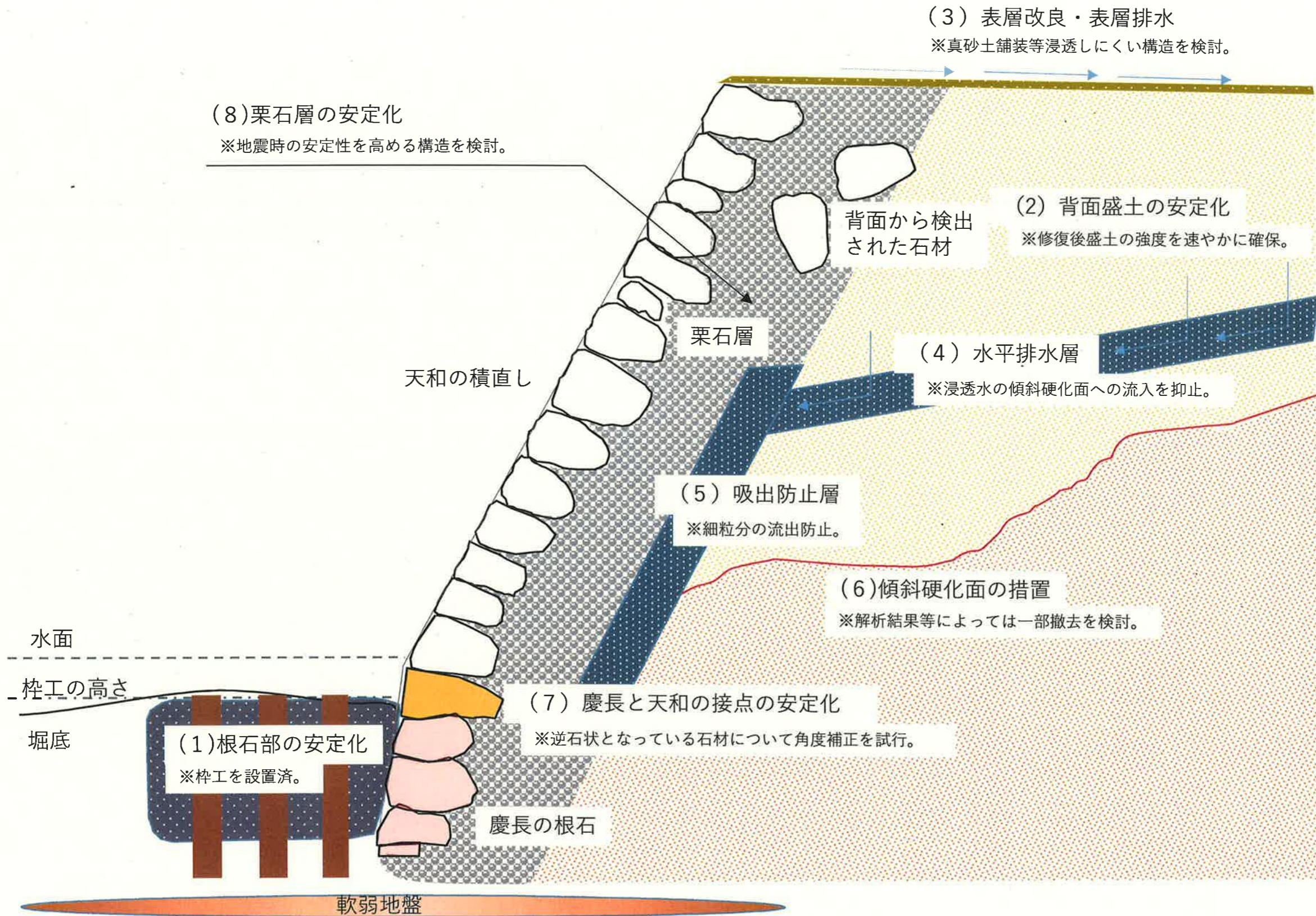
石垣位置図及び事業範囲図

○本丸搦手馬出石垣の変状メカニズム (推定)

| ステップ① | ステップ② | ステップ③ |
|--|---|---|
| <p>1612年(慶長17年)に石垣が構築された。</p> | <p>石垣構築後、軟弱地盤の影響により石垣及び背面盛土が沈下を起こした。</p> | <p>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。</p> |
|  | <p>※石垣の根石部は軟弱地盤であるため圧密沈下を起こしたと推定されるが根石調査時には著しい損傷は認められていない。例えば、孕み出し範囲付近のまとまった部分が徐々に沈下したため根石に目立った損傷が生じなかった可能性がある。</p>  | <p>※この時ステップ②の変状により根石部が立った状態のまま残置されたと推定。</p>  |
| ステップ④ | ステップ⑤ | ステップ⑥ |
| <p>積み直しにあたり残置した部分に接合するため、一部の築石を加工した。</p> | <p>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。</p> | <p>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押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。</p> |
|  | <p>天和の積直し</p> <p>背面盛土(天和)</p> <p>斜路状硬化面の形成により土塊の挙動が変化したことに伴う土圧集中</p> <p>斜路状硬化面を通る浸透水による細粒分の流出と築石層内への堆積に伴う土圧集中</p> <p>土圧の集中による孕み出し</p> <p>傾斜硬化面</p> <p>傾斜硬化面の生成過程 天和の積直し時に生じた盛土境を浸透水が流れることにより硬化した。</p> <p>天和の積直し時に加工した石</p> <p>慶長の根石</p> <p>背面盛土(慶長)</p>  | <p>天和の積直し</p> <p>石のずれ</p> <p>石の回転</p> <p>逆石状に変位</p> <p>慶長の根石</p> <p>傾斜硬化面</p>  |

※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。

変状メカニズムの推定



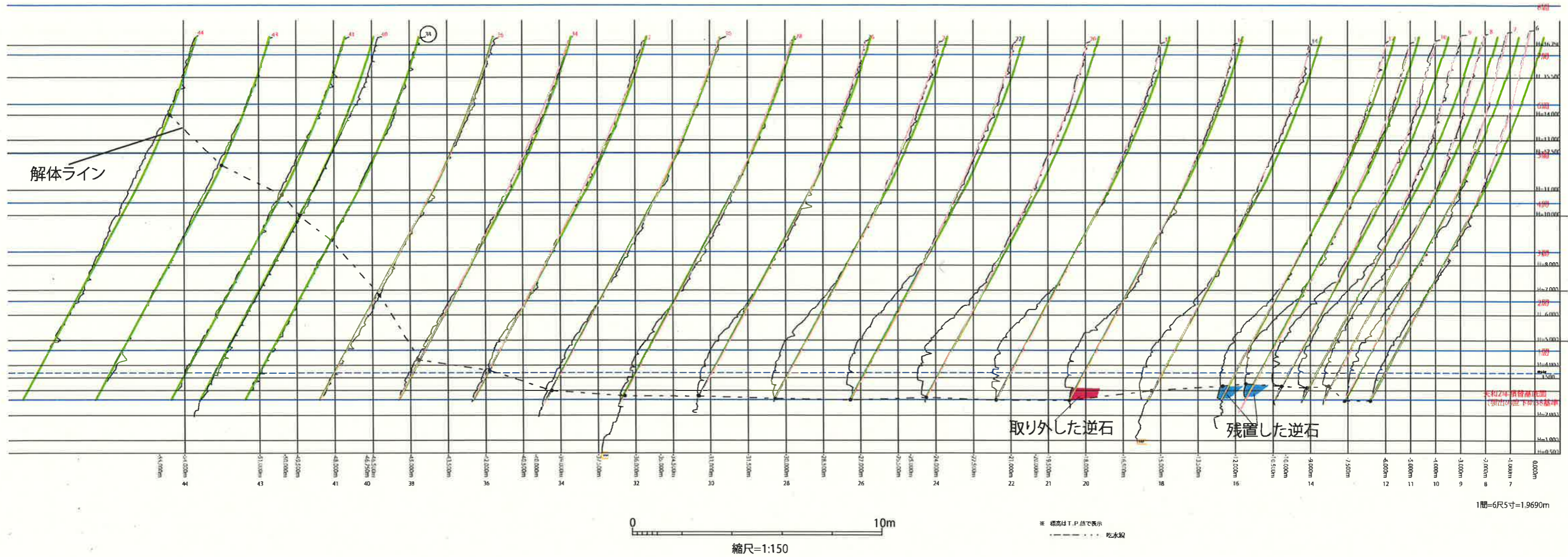
石垣構造の安定化イメージ

○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。(角度補正が不可の場合は新補石材とする) | ・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あげられた築石について、その状態を残すことができる。 ・A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。 | ・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、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。 ・押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。 ・砕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砕工を行ったことと整合しない。 |

接点の安定化に対する比較検討

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

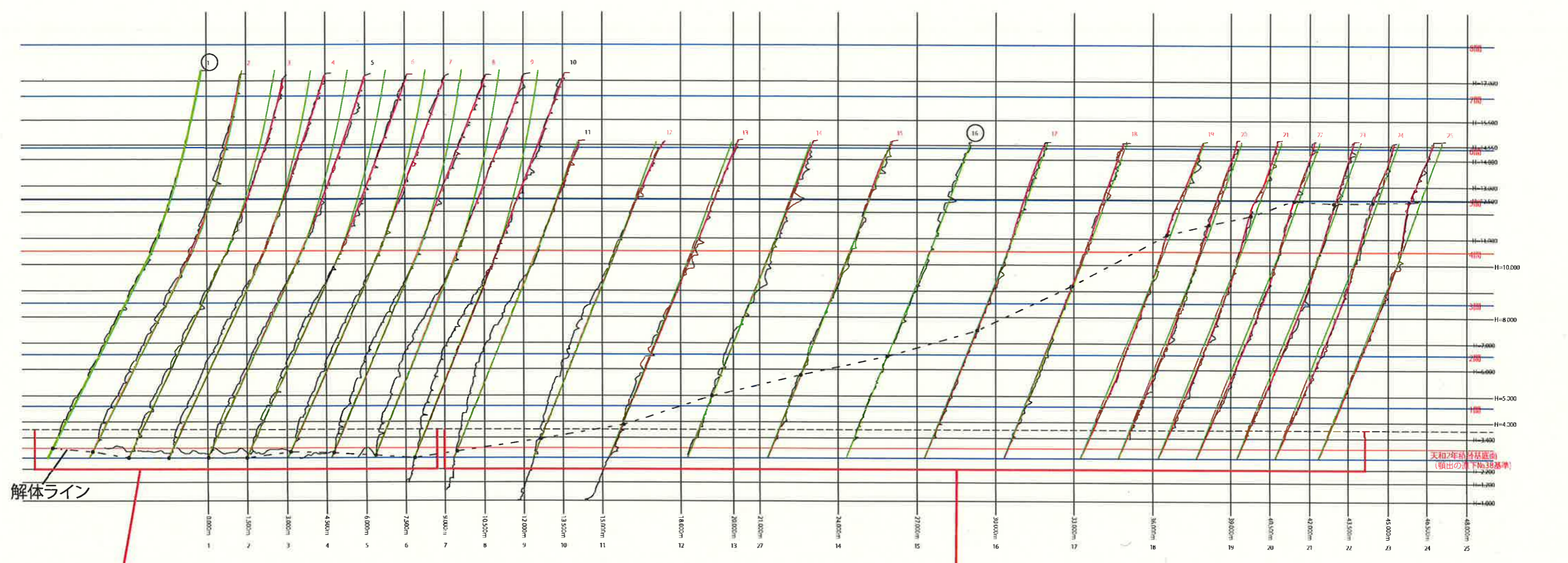


No.38断面 (緑線) に重なる部分はそのまま
離れた部分は現況勾配に即して修復勾配を作成

修復勾配計画図 (東面)

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



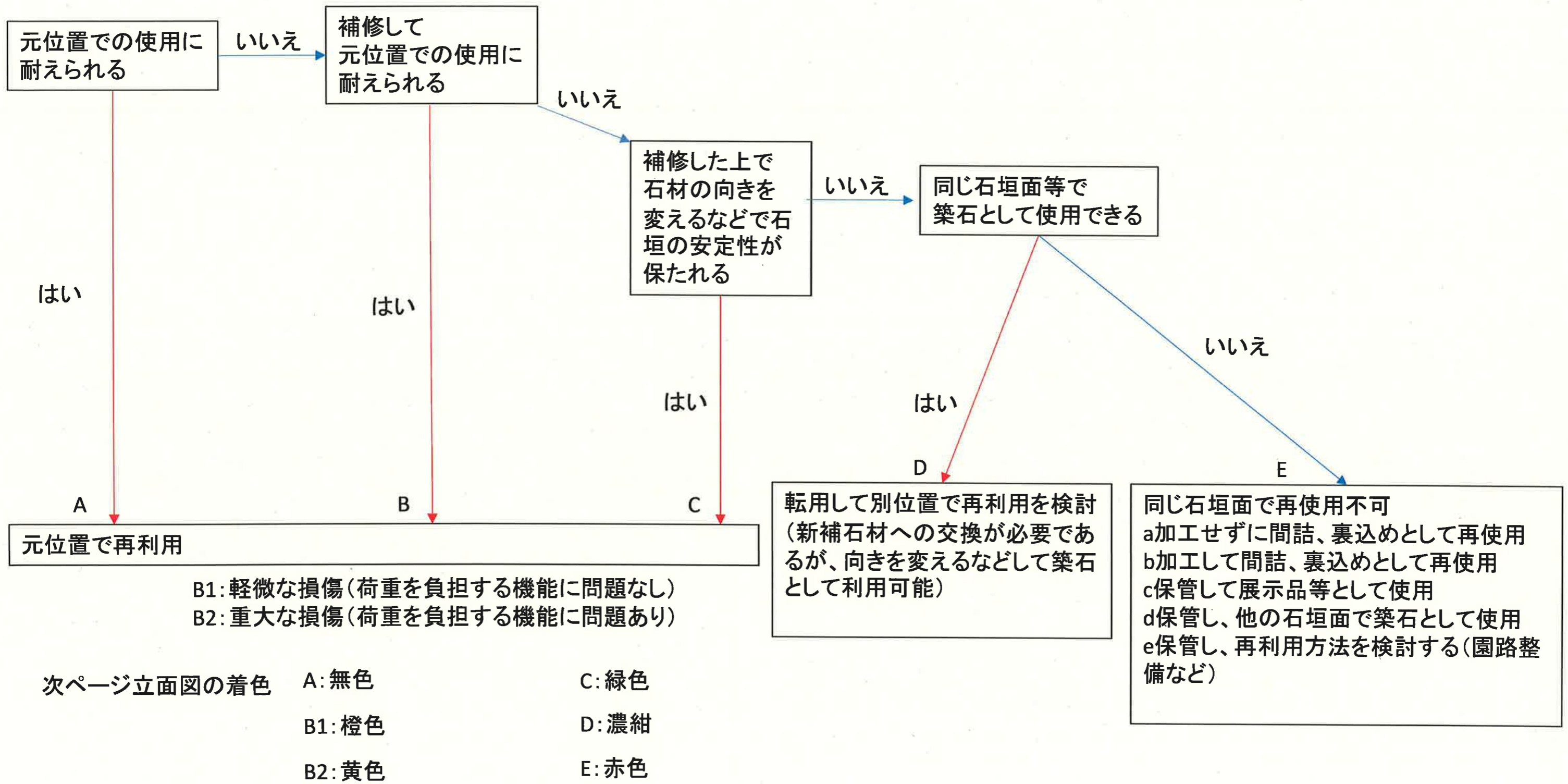
勾配ラインが重なるように基準勾配 (No.1断面) を横方向に縮めた

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

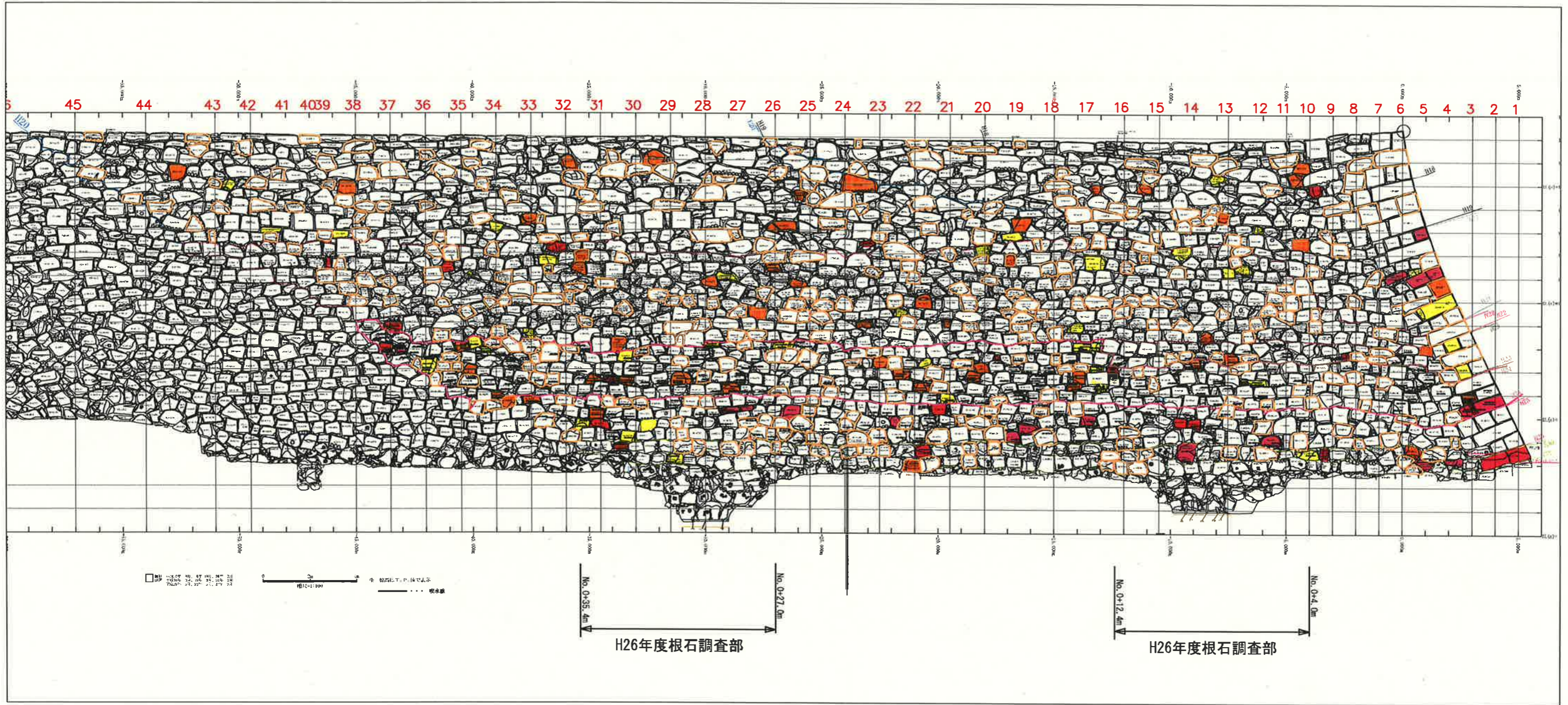
- No.1-16断面 (基準断面)
- 修復勾配
- - - 解体ライン

修復勾配計画図 (北面)

石材再利用判定フロー

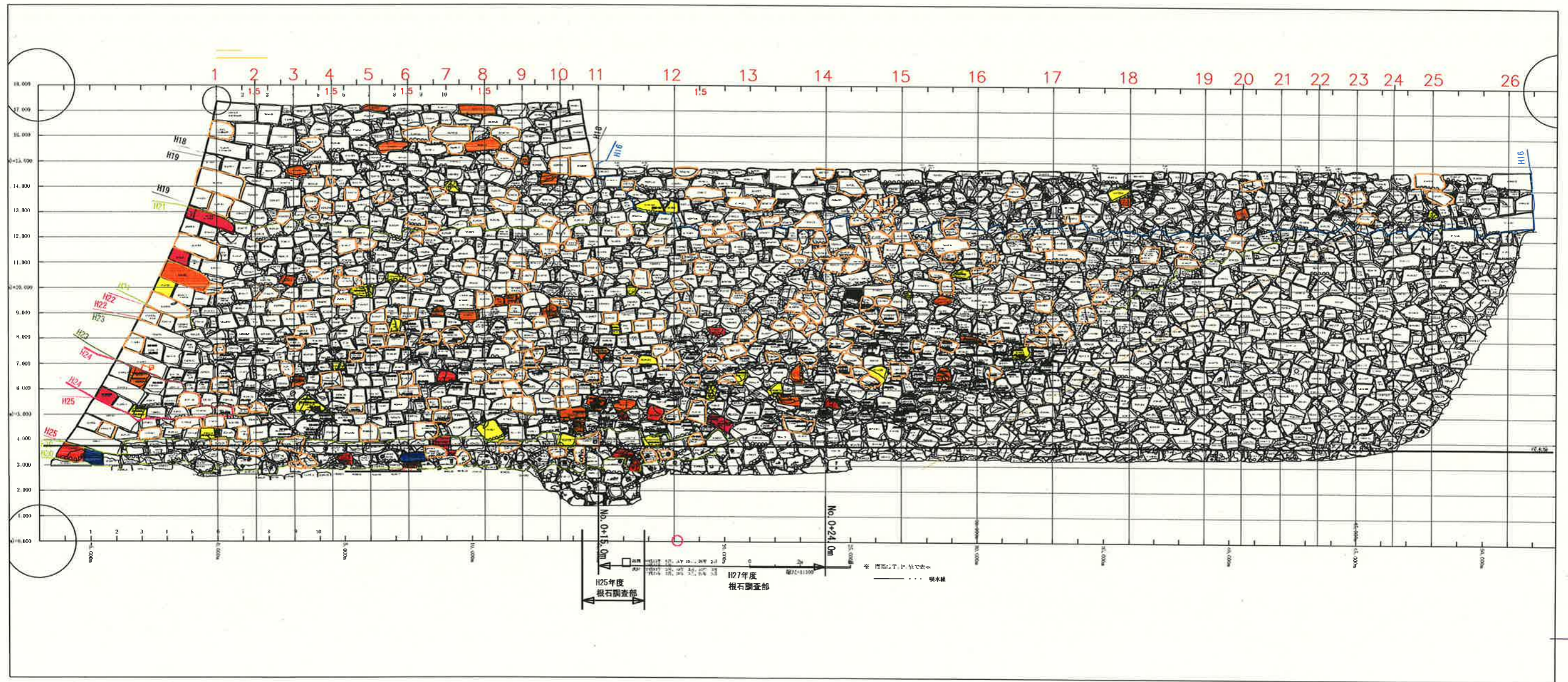


- A (無色) 元位置でそのまま使用
- B1 (橙色)(枠線のみ) 軽微な損傷が部分的
- B1 (橙色) 軽微な損傷が全体的
- B2 (黄色) 重大な損傷
- C (緑色)
- D (濃青) 転用を検討
- E (赤色) 再利用不可



石材再利用判定結果 (東面)

- A (無色)元位置でそのまま使用
- B1 (橙色) (枠線のみ)軽微な損傷が部分的
- B1 (橙色)軽微な損傷が全体的
- B2 (黄色)重大な損傷
- C (緑色)
- D (濃青)転用を検討
- E (赤色)再利用不可



石材再利用判定結果 (北面)

○本丸搦手馬出周辺石垣修復の想定スケジュール

| | | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | H19 | H20 | H21 | H22 | H23 | H24 | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 | H30 | H31 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | | (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) | (2028) | |
| 当初予定 | 本丸搦手馬出 | 調査 | 調査 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | 解体 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 積直 | 積直 | 積直 | | | | | | | | | | | | |
| | No.9石垣 | | | | | | | | | | | | | | | | | 解体 | 解体 | | | | | | | | | | |
| 実績と今後の計画 | 本丸搦手馬出 | 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 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 計画 | 計画 | 設計 | 積直 | 積直 | 積直 | 積直 | 積直 | | | |
| | No.9石垣 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 計画 | 設計 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 対策 | 対策 |

※「当初予定」は平成24年度包括現状変更許可取得時のもの

○当初予定

当初は本丸搦手馬出は平成26年度(2014)までに解体し、平成29年度(2017)までに積直す予定であった。No.9石垣は平成31年度(2019)までに解体し、令和2年度(2020)に積直す予定であった。

○スケジュール変更について

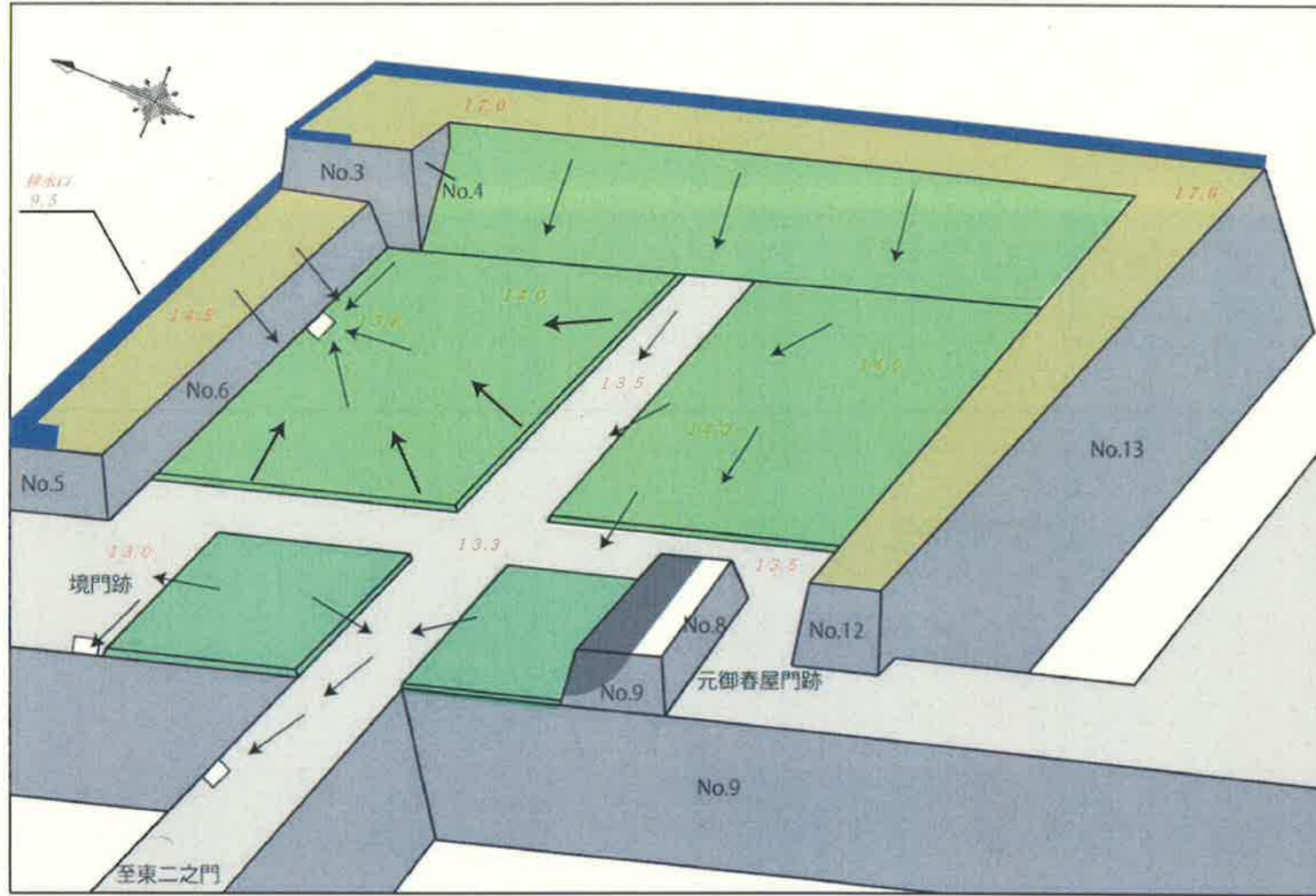
地盤の弱点を補強するための調査及び対策に4年間、接点の安定化を始めとした各種対策の検討に2年程度の時間がかかっており、今後、接点の安定化を始めとした安全性、安定性に配慮した積直し作業を行うことから設計及び積直しに計2年程度延長して実施する計画としている。

○今後のスケジュールについて

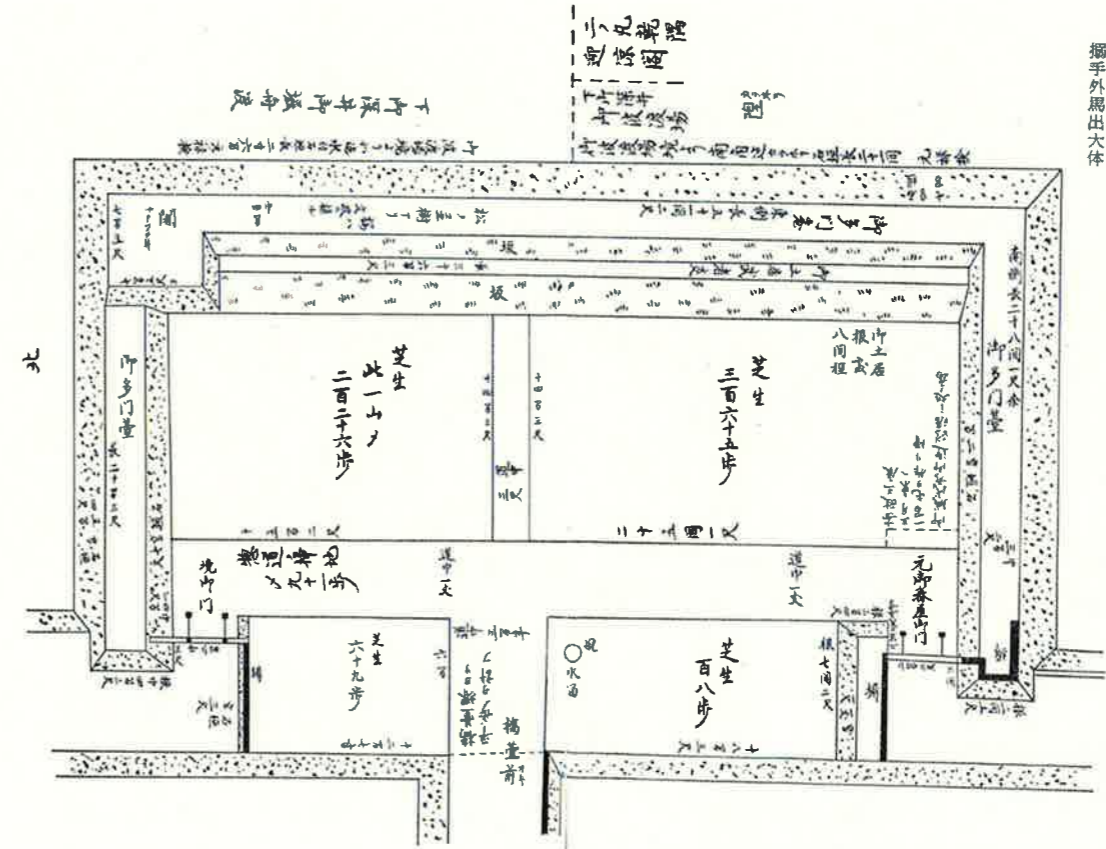
本丸搦手馬出石垣は来年度(令和3年度(2021))に設計、再来年度(令和4年度(2022))から本格的な積直し着手を目指している。積直しは令和7年度(2025)完了予定である。

No.9石垣は解体修理を前提とした計画であったが、他城郭では解体を行わずに安定化する対策を行っている事例もあることから、改めて本石垣についてもより影響の少ない方法について検討する必要があると考えている。改めて現状の分析と対応を検討する必要があるため、搦手馬出と分割し別途検討することとしたい。

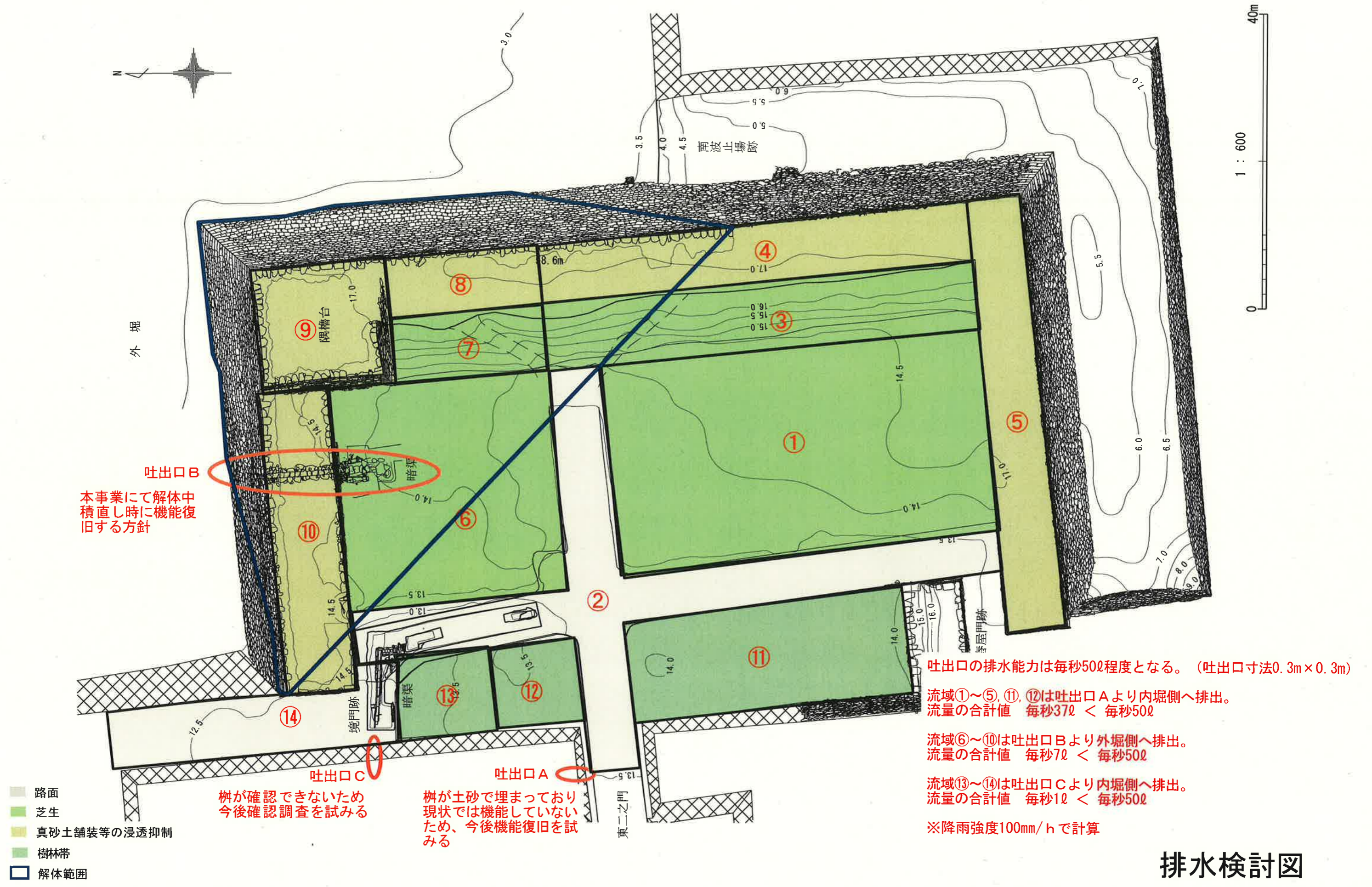
鳥瞰図



- 水勾配
 - 排水溝
 - 石垣面
 - 解体前から現存せず
 - 復旧予定柵
 - 路面
 - 芝生
 - 真砂土舗装等の浸透抑制
 - 樹林帯
- ※標高は T.P. 値で表記



【参考】掘手馬出大体 (金城温古録のものを一部編集)



吐出口B
本事業にて解体中
積直し時に機能復
旧する方針

樹が確認できないため
今後確認調査を試みる

樹が土砂で埋まっており
現状では機能してい
ないため、今後機能復
旧を試みる

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37ℓ < 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7ℓ < 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

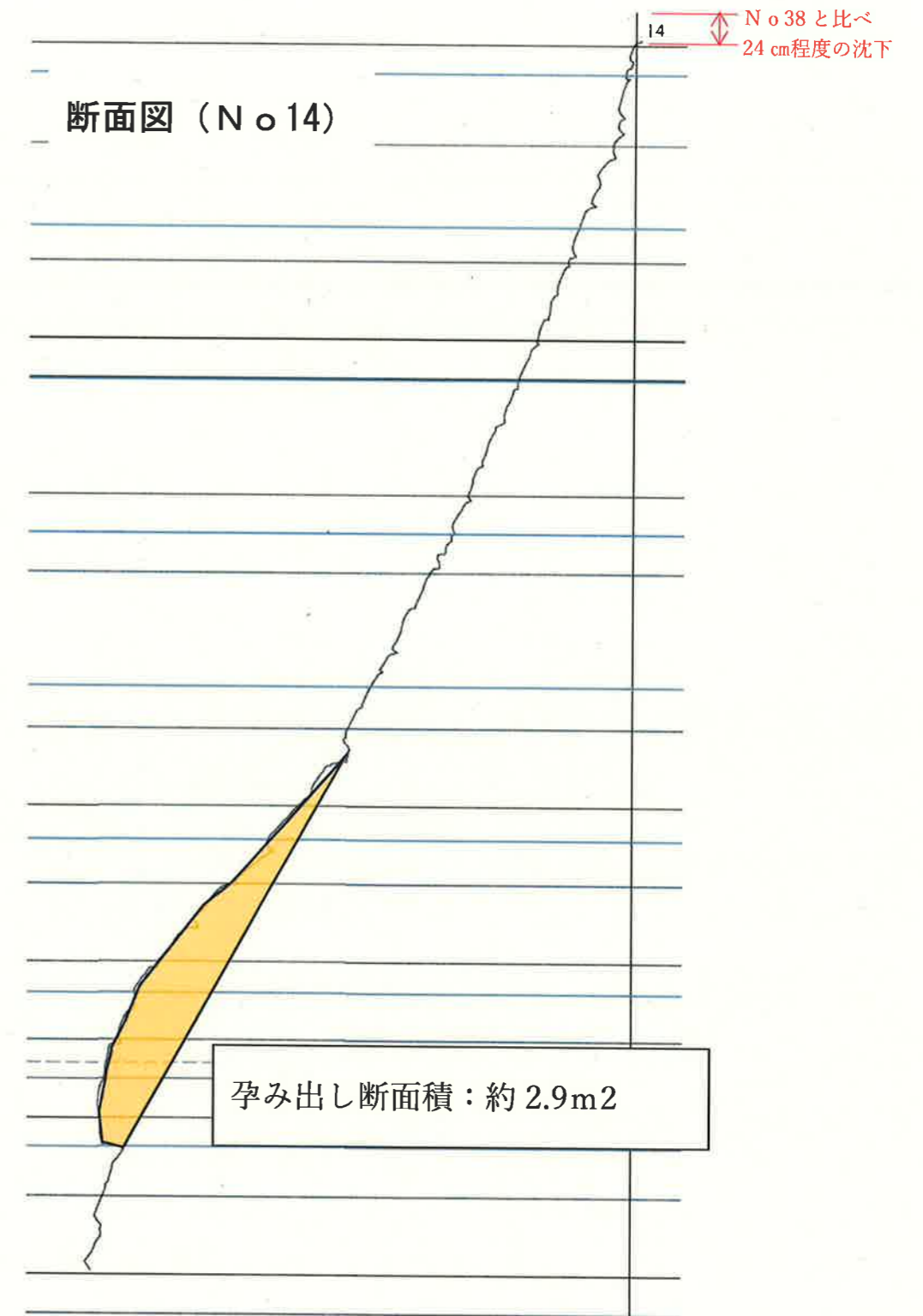
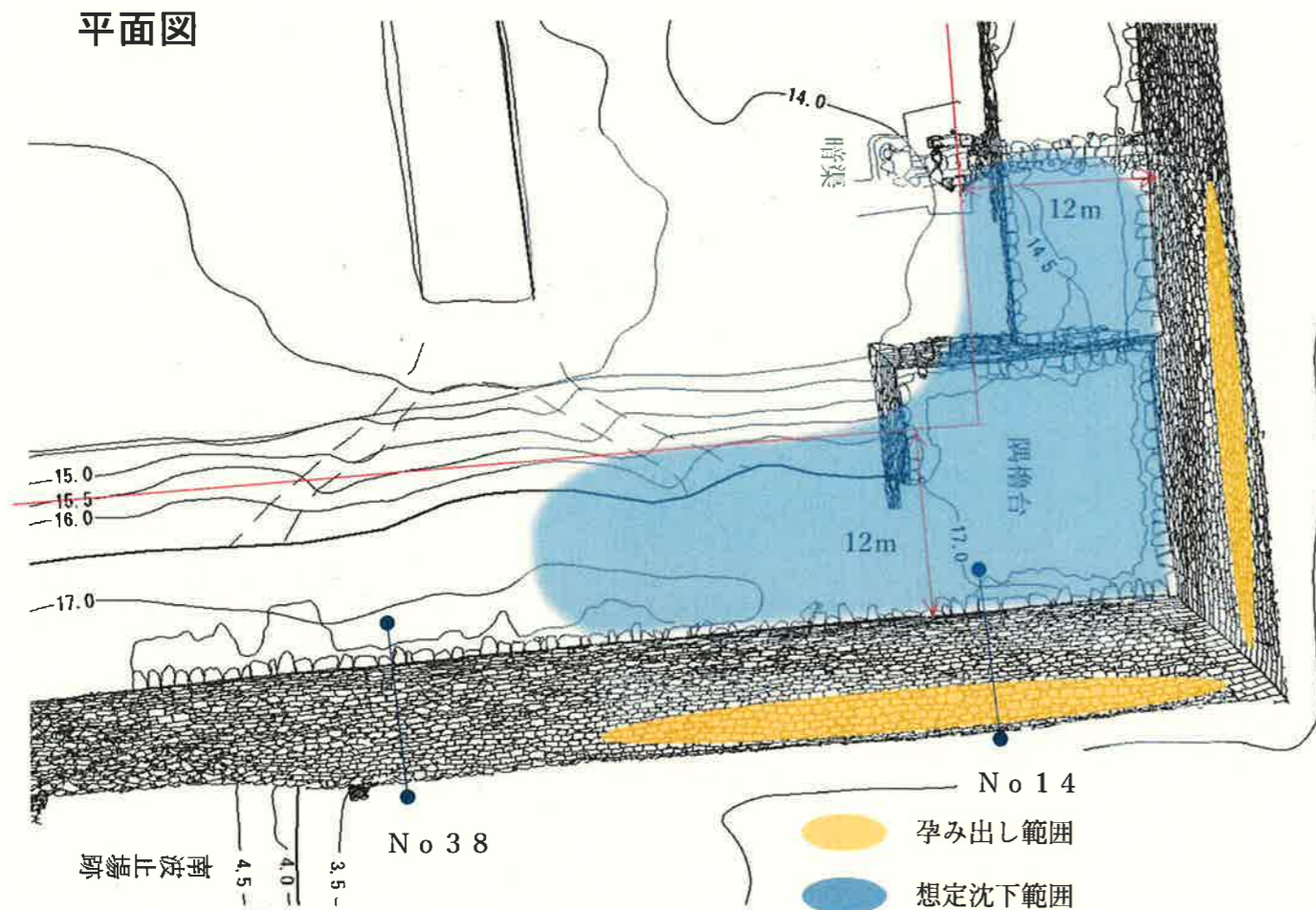
排水検討図

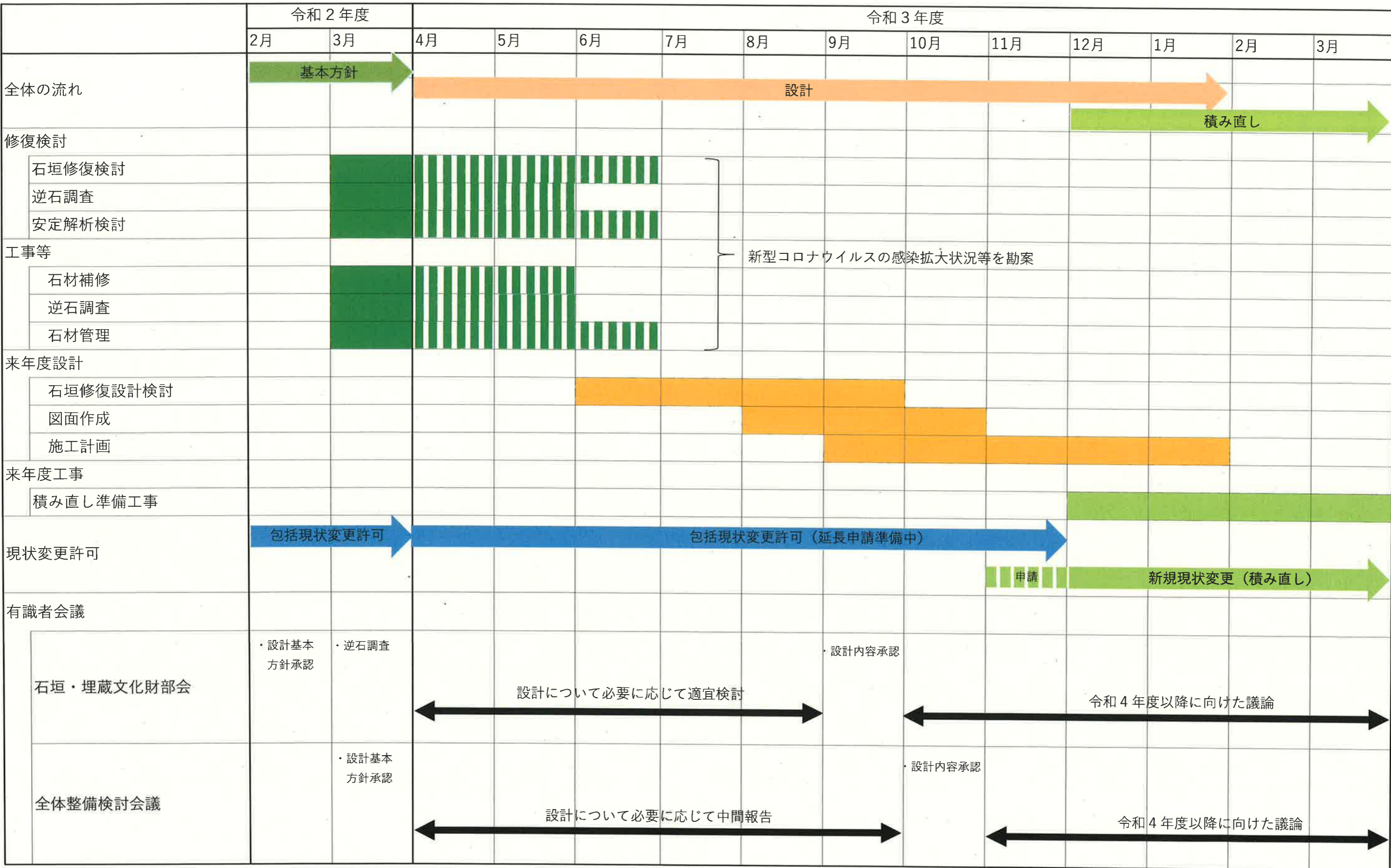
孕み出し量と沈下量の相関について

搦手馬出石垣の東面解体前には断面図のような孕み出しが生じていた。孕み出している体積は、図の通り石垣延長1mあたり最大で2.9m³程度と推定できる。一方、東面断面図（別紙）において、孕み出しのない断面（No38）とNo14断面（断面図）を比較すると24cm程度の沈下が認められる。

仮に2.9m³分の孕み出しによる影響が24cmの沈下であるとする天端が石垣前面から裏側に12m程度に渡って沈下したこととなる。

平面図より、孕み出し箇所と天端の構造を確認すると、沈下したと考えられる部分は天端が平坦になっている箇所であるため、この周辺が全体的に沈下したため、沈下に伴う不自然な段差等は生じなかったのではないかと考えられる。





今後の事業スケジュールの見通し