

◆今回の委員会での報告・審議事項

1 復旧設計対象石垣について【報告】(資料4-1)

- 復旧設計対象石垣は、重要文化財建造物平櫓下石垣と隅角部をともにするH438およびその隣接石垣とする。
- 隣接石垣とは、
H123、H427、H428、H429、H430、H431、H432、H433、
H434、H435、H437、H439、H440

2 復旧設計対象石垣の被害状況・修復履歴について【報告】(資料4-2)

- 崩壊箇所：H430、H431、H432、H433、H434、H435、H437、
H438、H439
- 変状箇所：H426、H428、H441
- 変状なし：H123、H427、H429、H440

3 石垣復旧措置案(復旧勾配・解体範囲案)【審議】(資料4-3)

- 被災前測量データは平成24年石垣台帳作成時の石垣面側データのみ
- 現況縦断面図から基準勾配を選定→復旧勾配
- H426、H441は、石門等の石垣復旧工事対象石垣と隣接することから、今回は設計対象としない。

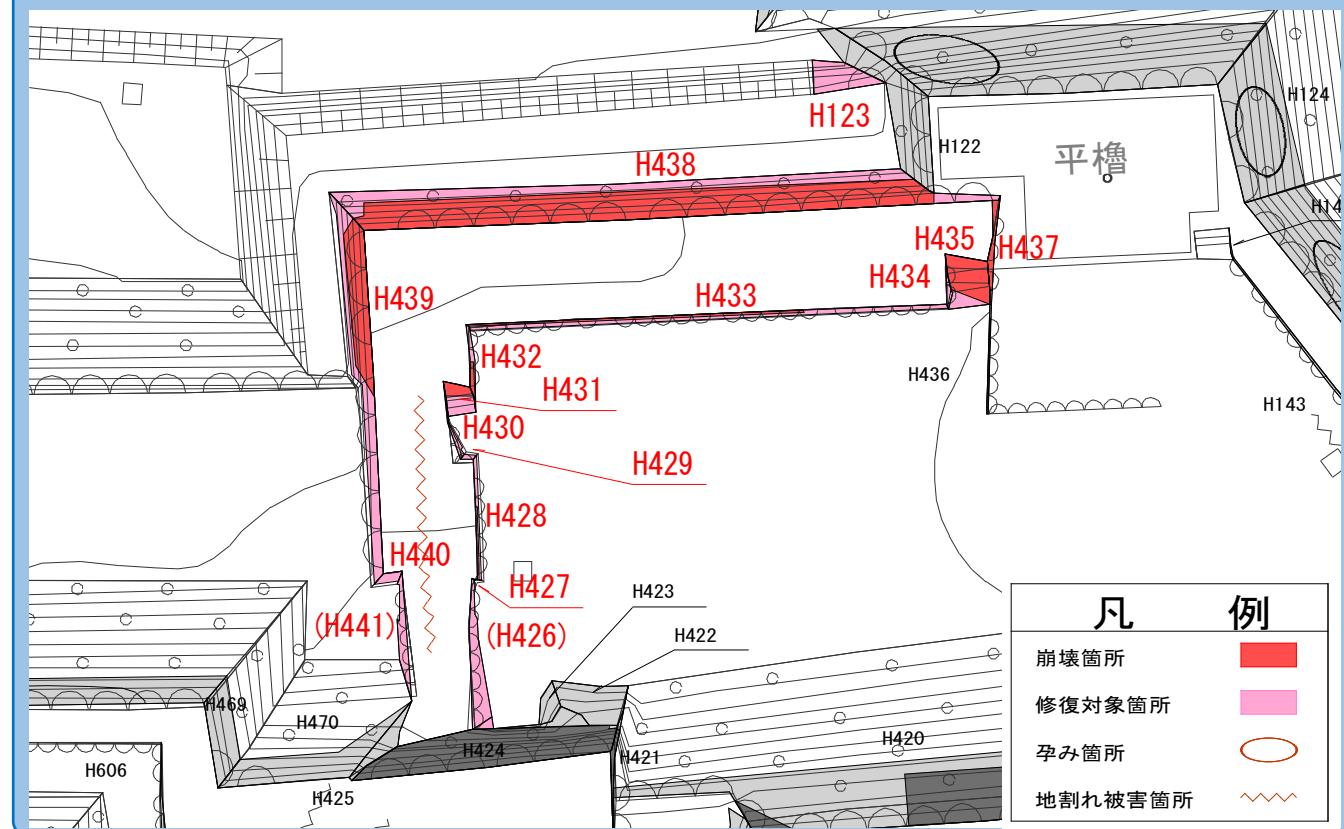
4 石垣耐震診断結果(現状・在来工法修理後)【報告】(資料4-4)

5 石垣安全対策(現状・在来工法修理後)【報告】(資料4-5)

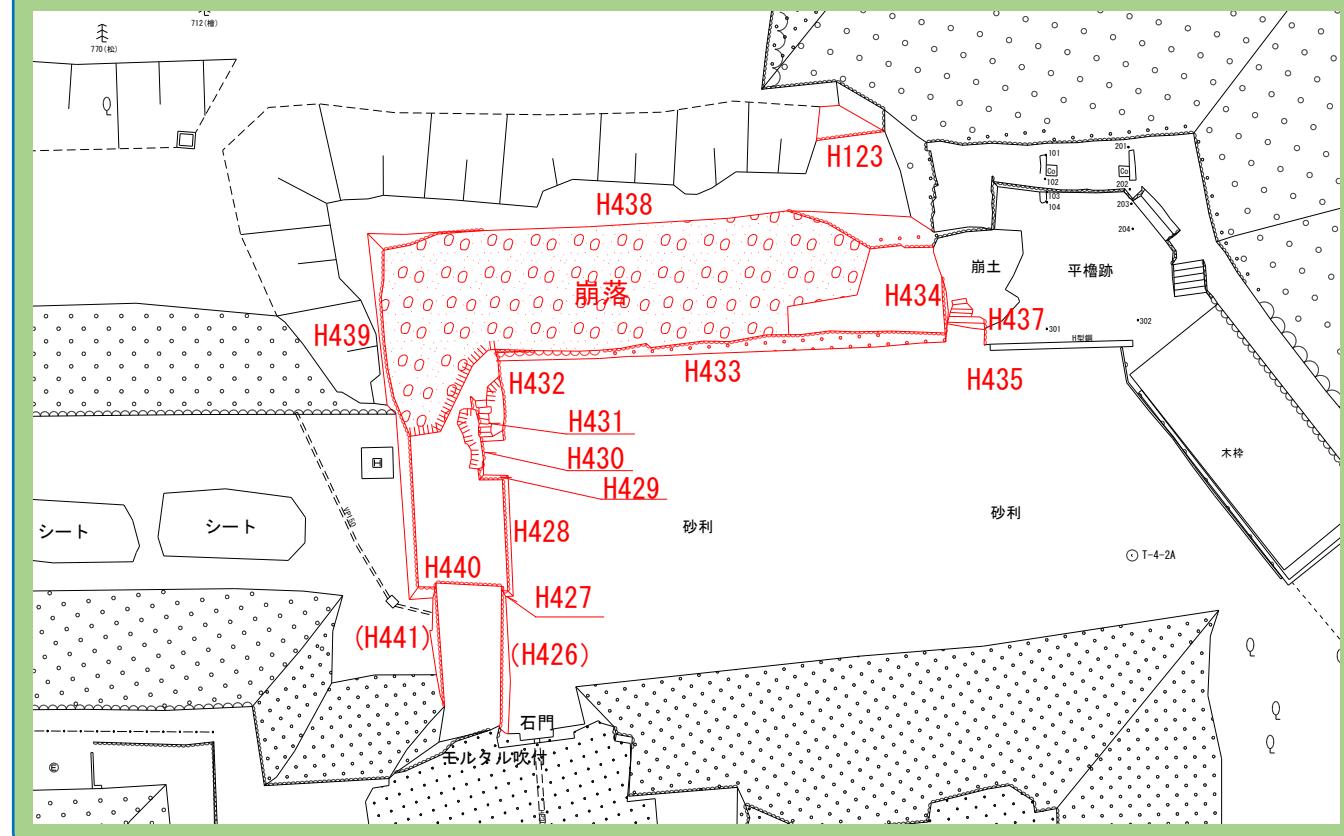
◆令和5年度の今後の進め方

- 第2回(令和5年9月22日開催予定)以降
 - ・石垣補強工法の検討
 - ・石垣耐震診断(補強後)
- 令和5年度第3回までに復旧措置方針決定

石垣被害調査平面図



崩落石材回収後測量平面図



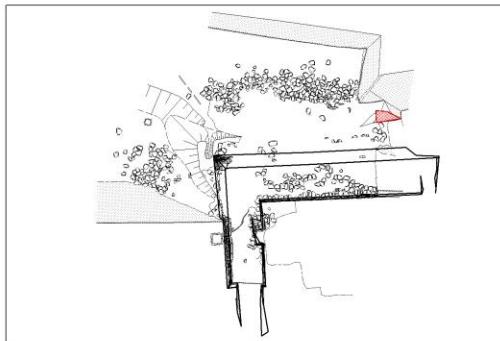
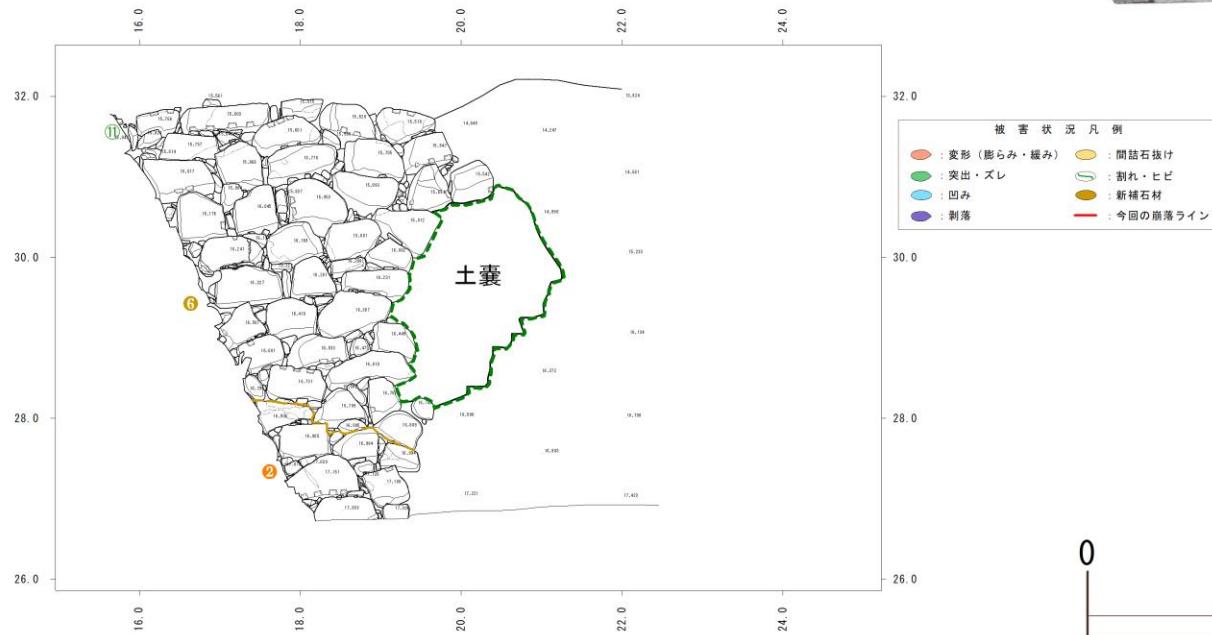
《石垣履歴把握について》

- ②熊本城石垣3期 (1606~1607年頃) 【構築当初】
- ⑥熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑩文化財修理 (2014. 11. 28~2015. 3. 13) 【修理9】
土嚢設置



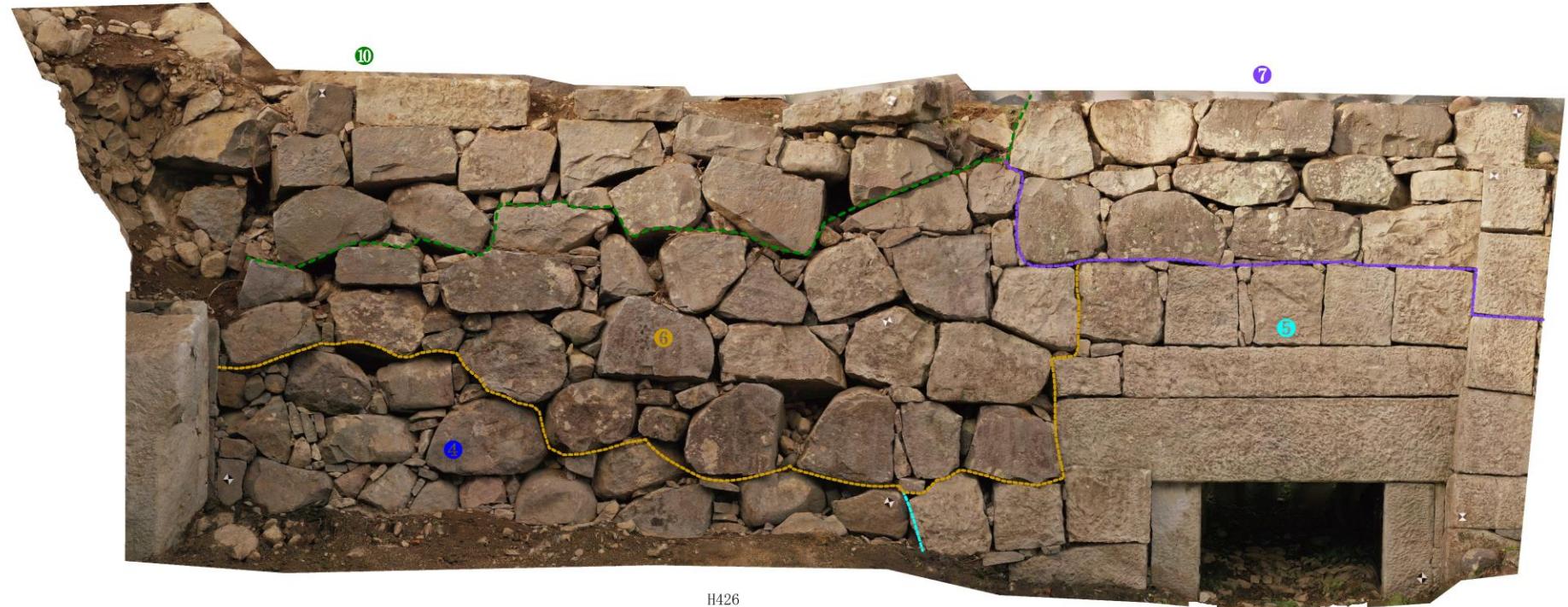
H123
被害状況図

立面図
S=1:40 (A1)



《石垣履歴把握について》

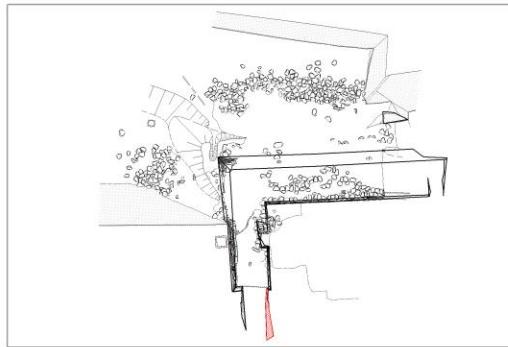
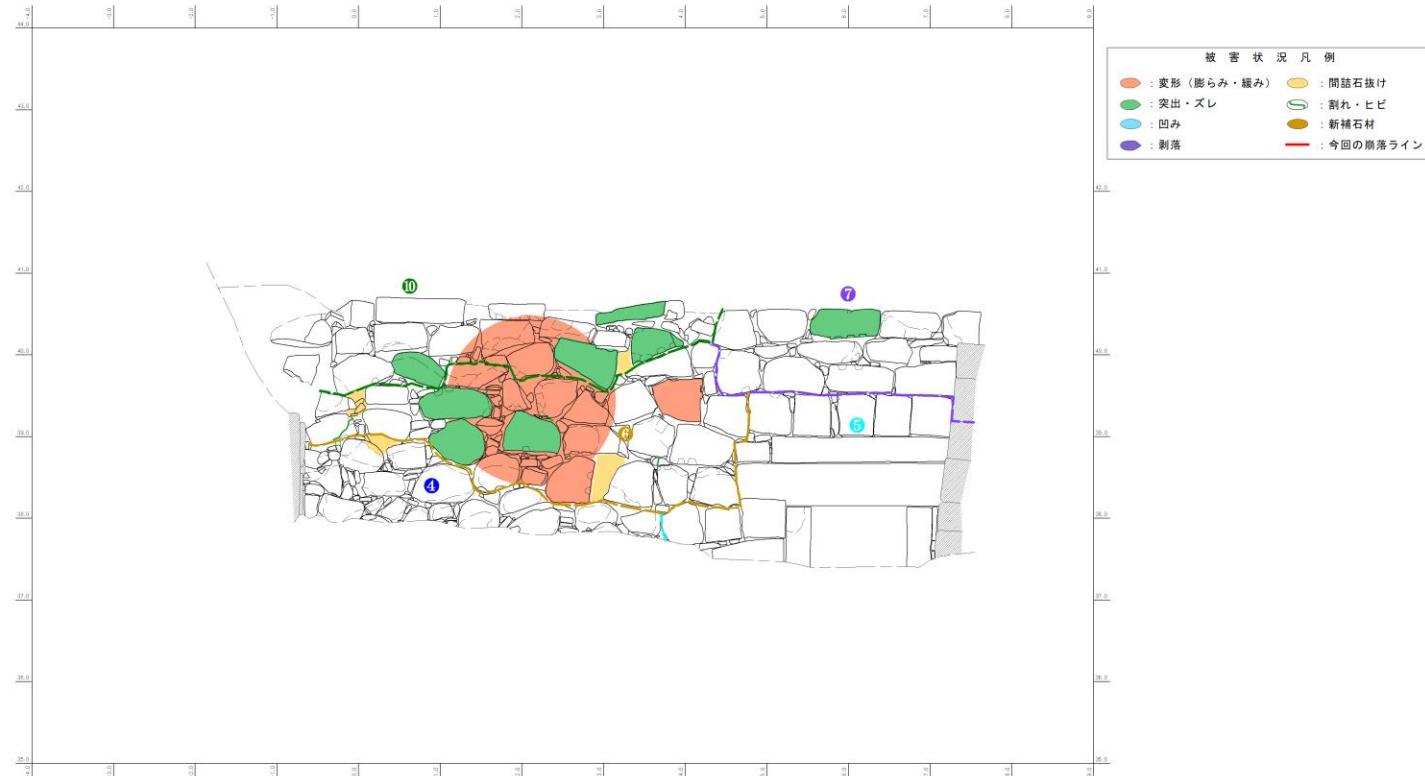
- ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理2】
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を多く積む
- ⑤熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理3】
築石部：水平方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑩文化財修理昭和42年~44年(1967~1969年)【修理8】
石門石垣修理に伴う解体修理範囲か



H426
オルソ写真(縮尺任意)

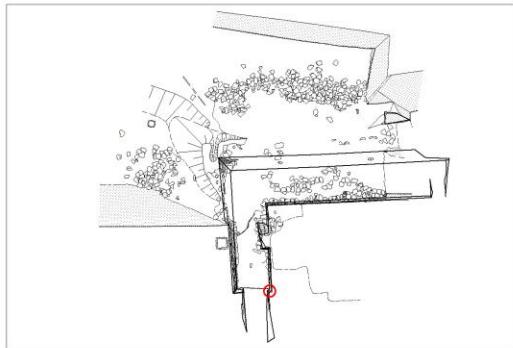
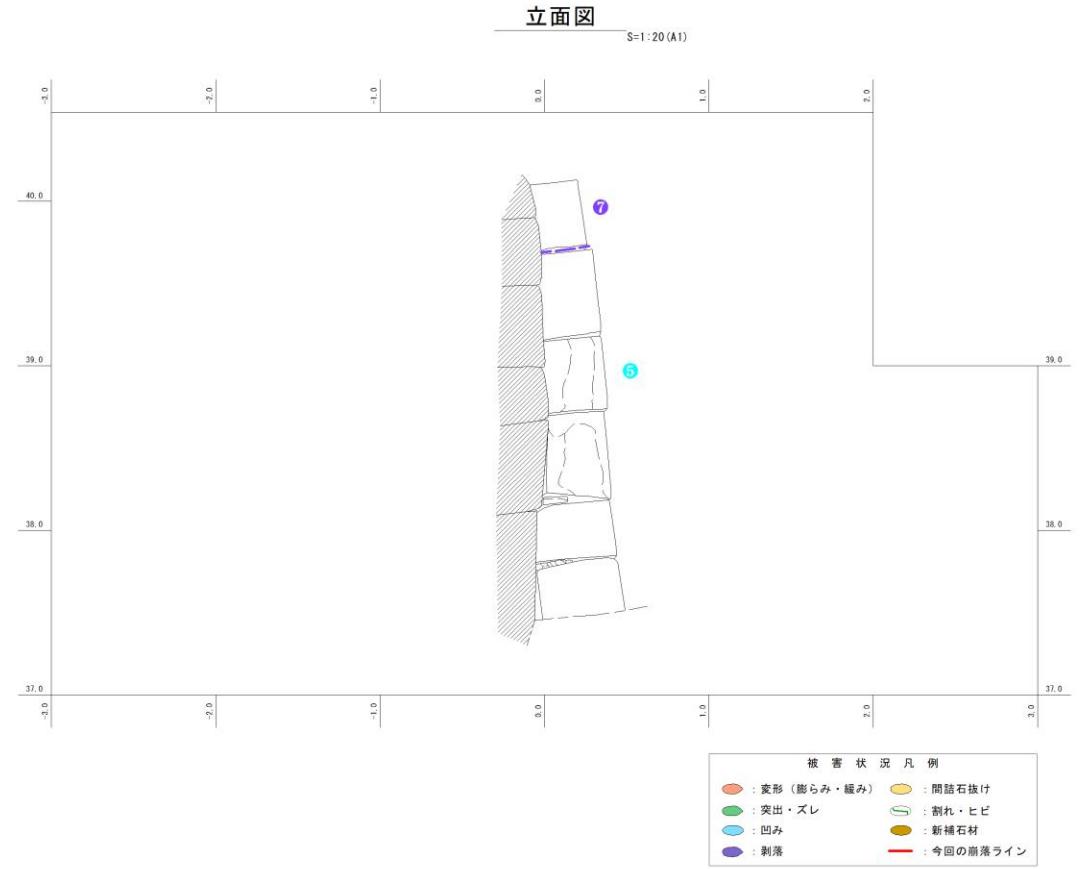
立面図

S=1:40(A1)



《石垣履歴把握について》

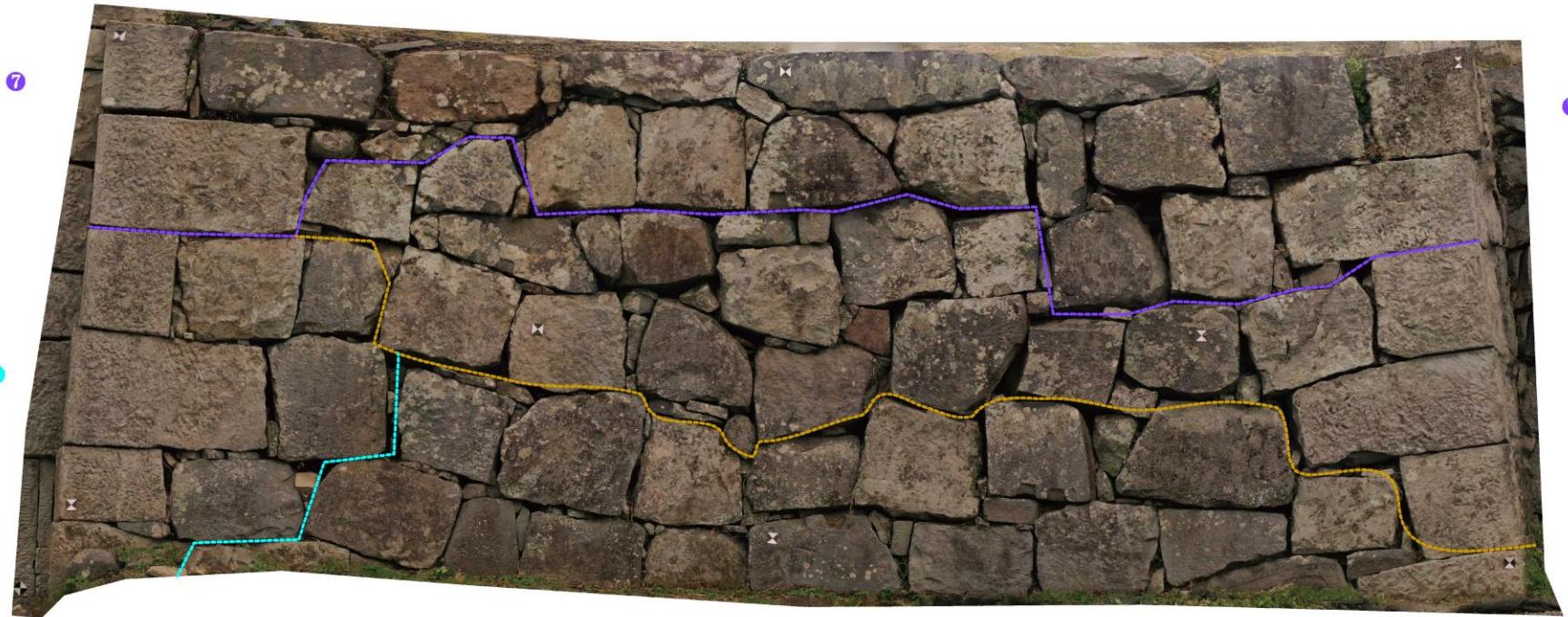
- ⑤熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理3】
築石部：水平方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む



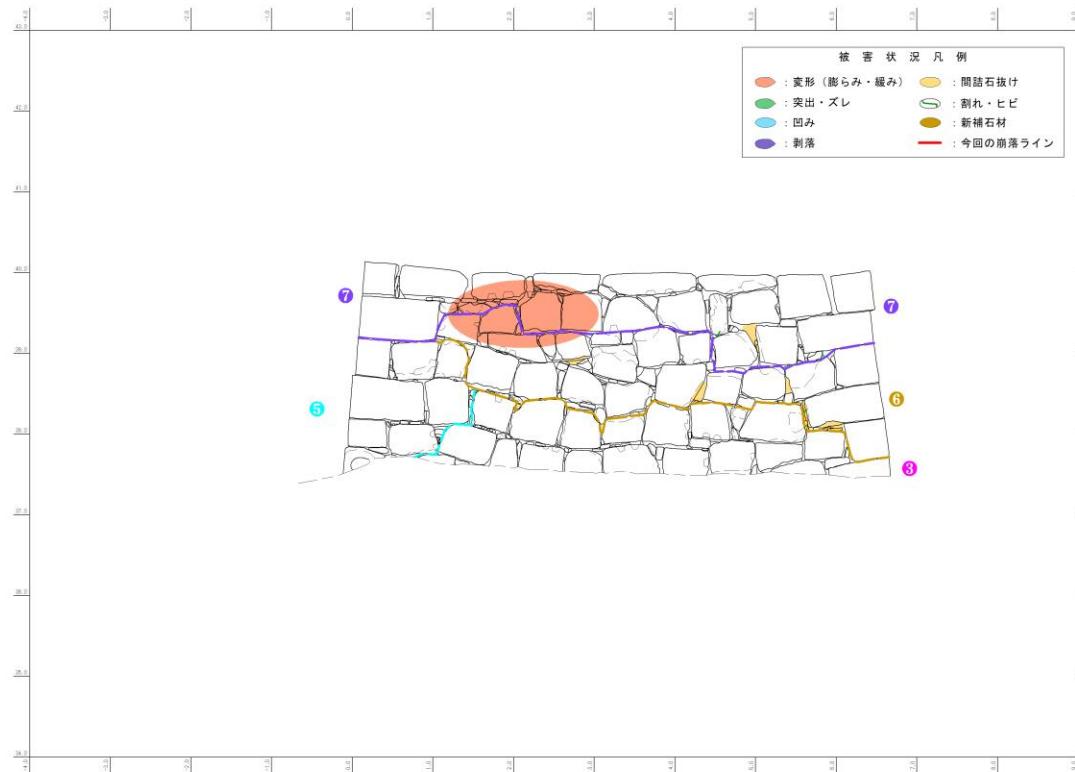
H427
オルソ写真(縮尺任意)

《石垣履歴把握について》

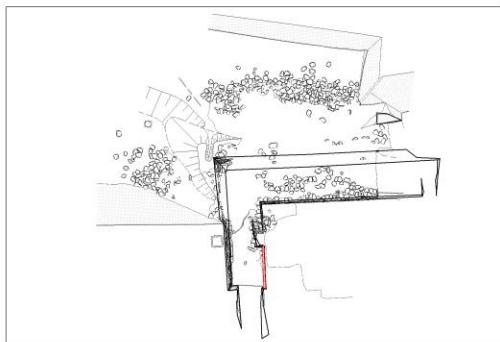
- ③ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑤ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理3】
築石部：水平方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む



立面図 S=1:40(A1)

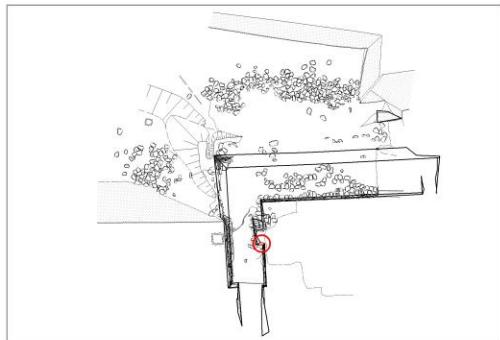
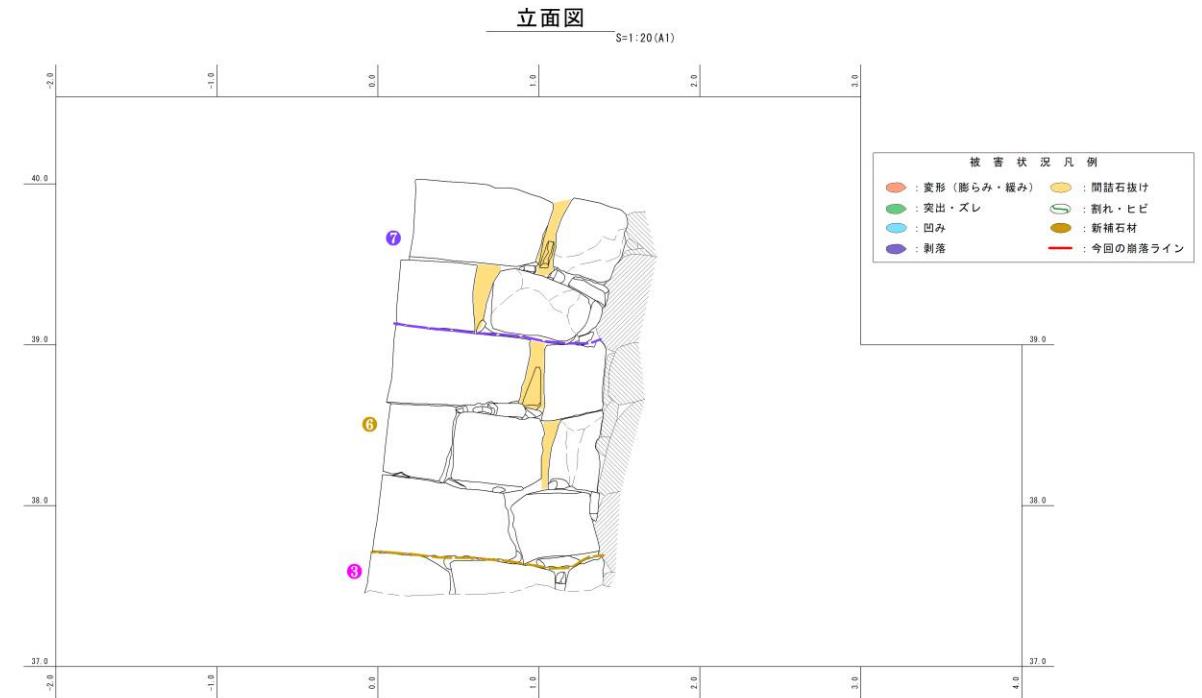
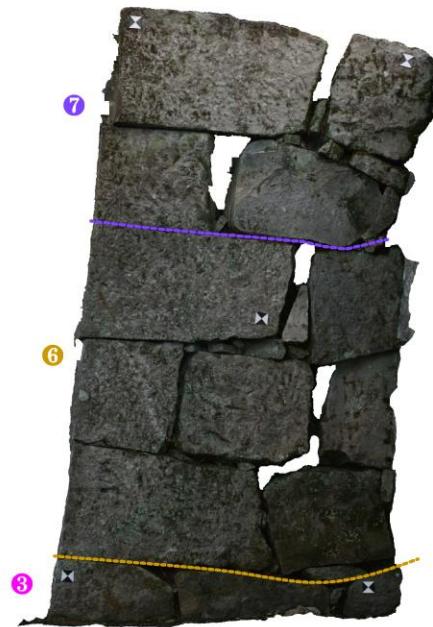


H428
オルソ写真【縮尺任意】



《石垣履歴把握について》

- ③熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む



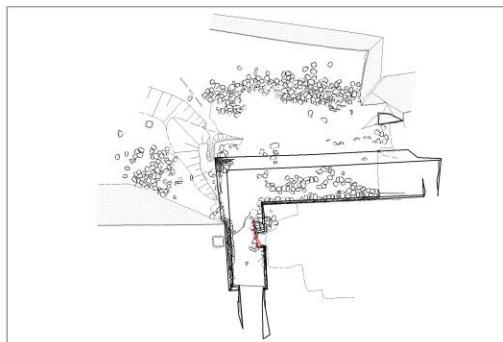
H429
オルソ写真【縮尺任意】

《石垣履歴把握について》

- ⑤熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む

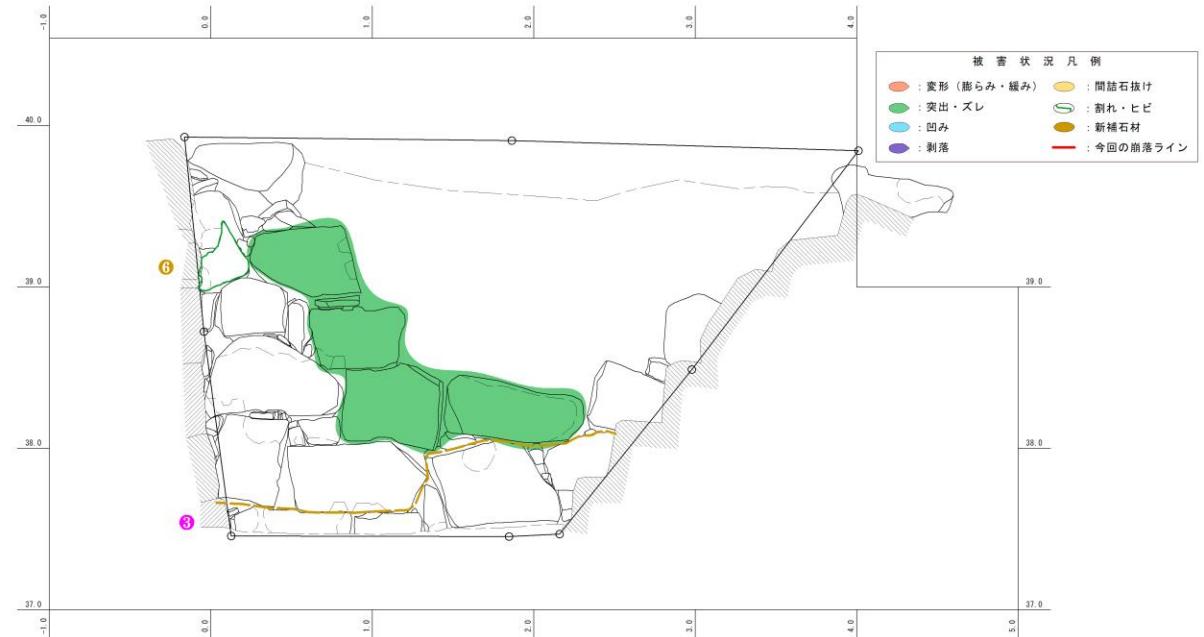


H430
オルソ写真【縮尺任意】



立面図

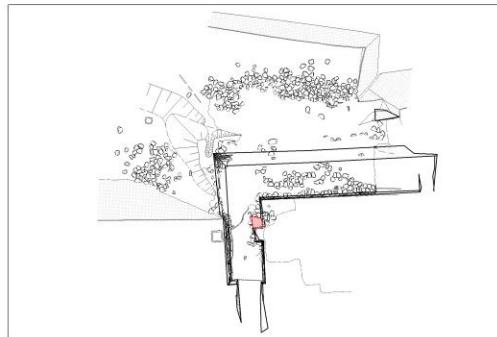
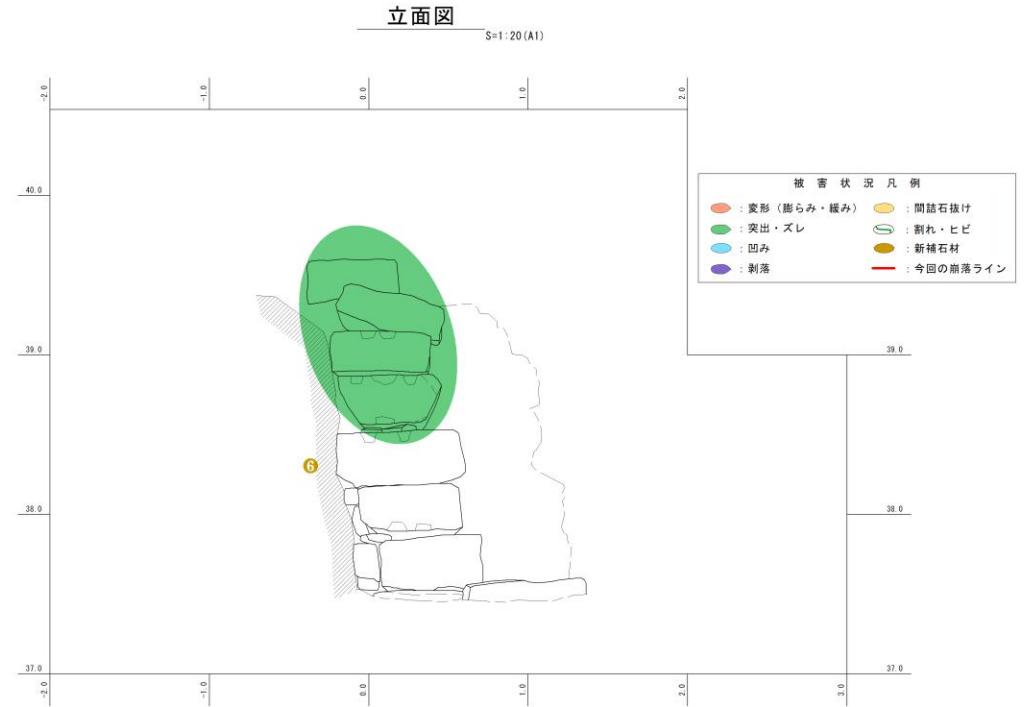
S=1:20(A1)



《石垣履歴把握について》

⑥熊本城石垣 6期(1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)

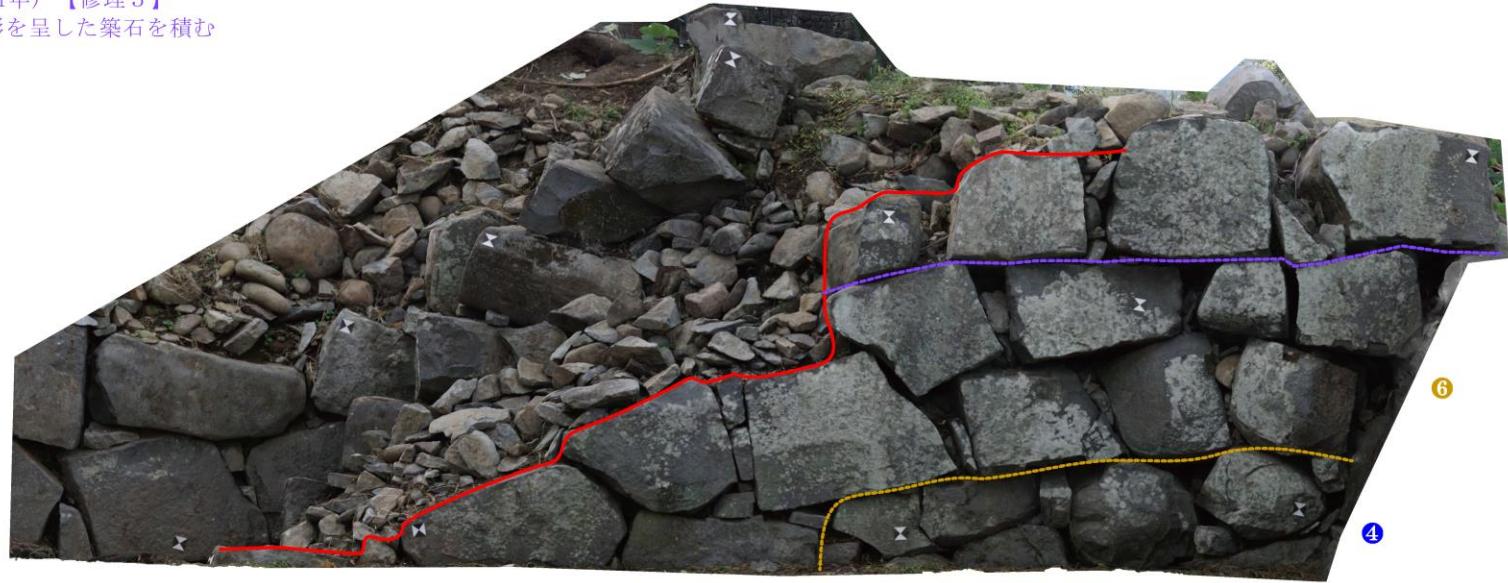
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む



H431
オルソ写真【縮尺任意】

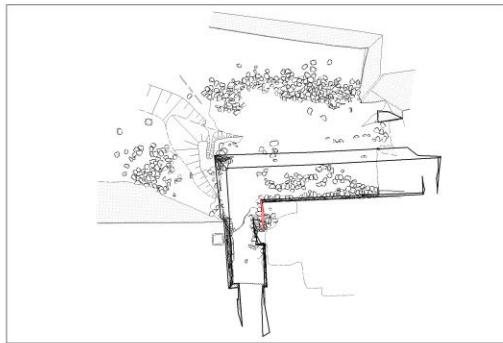
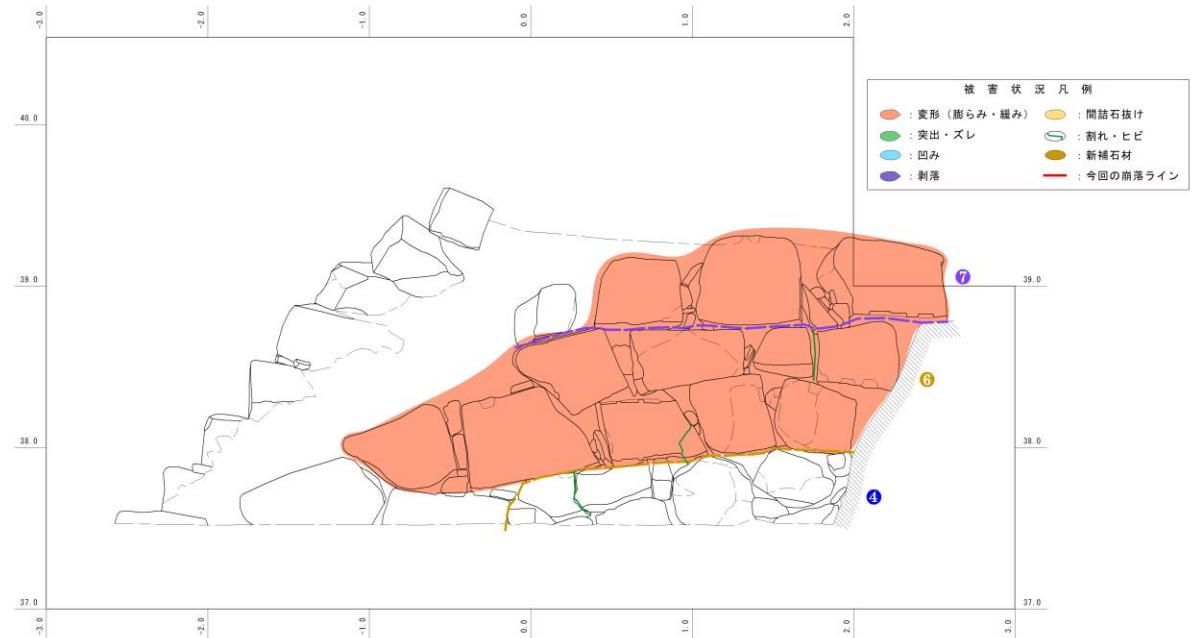
《石垣履歴把握について》

- ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理2】
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を多く積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む



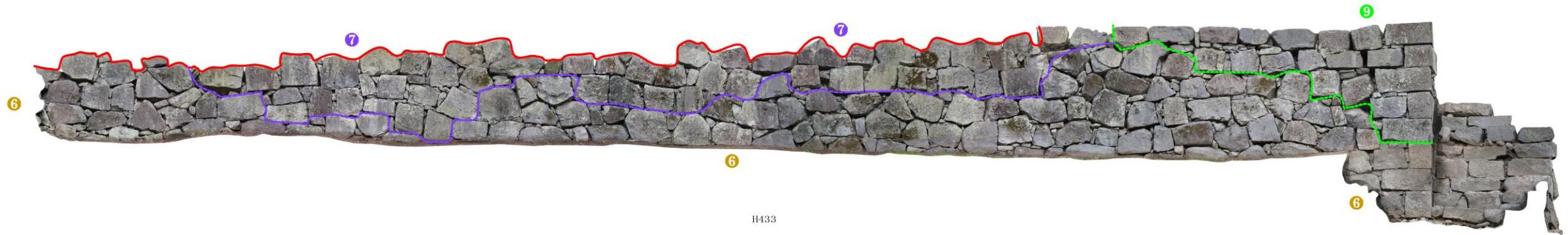
H432
オルソ写真【縮尺任意】

立面図
S=1:20(A1)



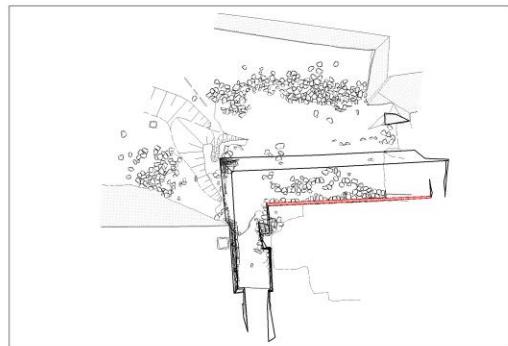
《石垣履歴把握について》

- ⑥ 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦ 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑨ 文化財修理 (昭和28年) 【修理7】

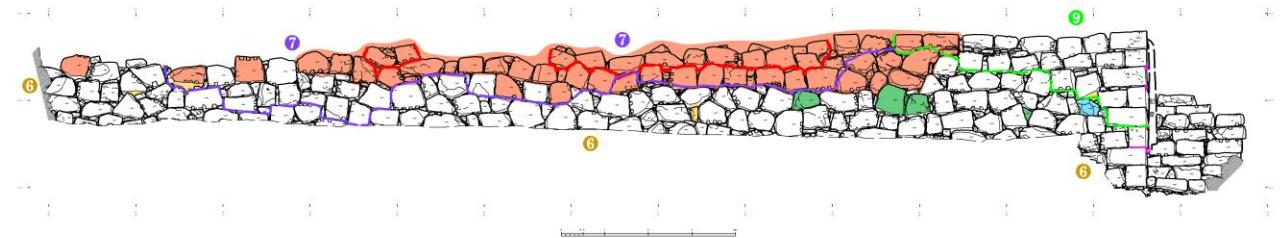


H433
オルソ写真 (縮尺任意)

立面図
S=1:75 (A1)



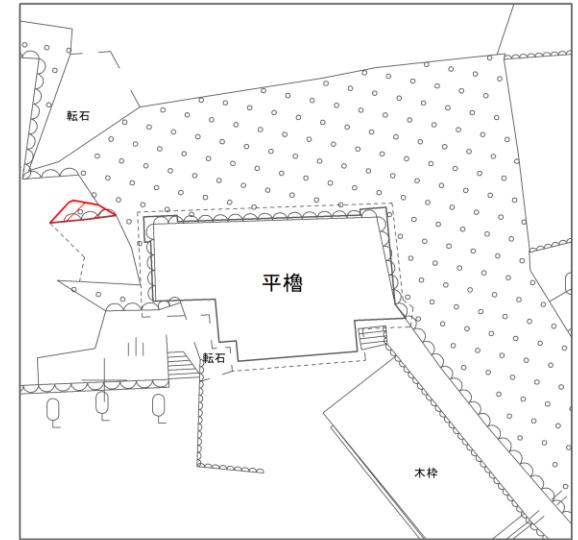
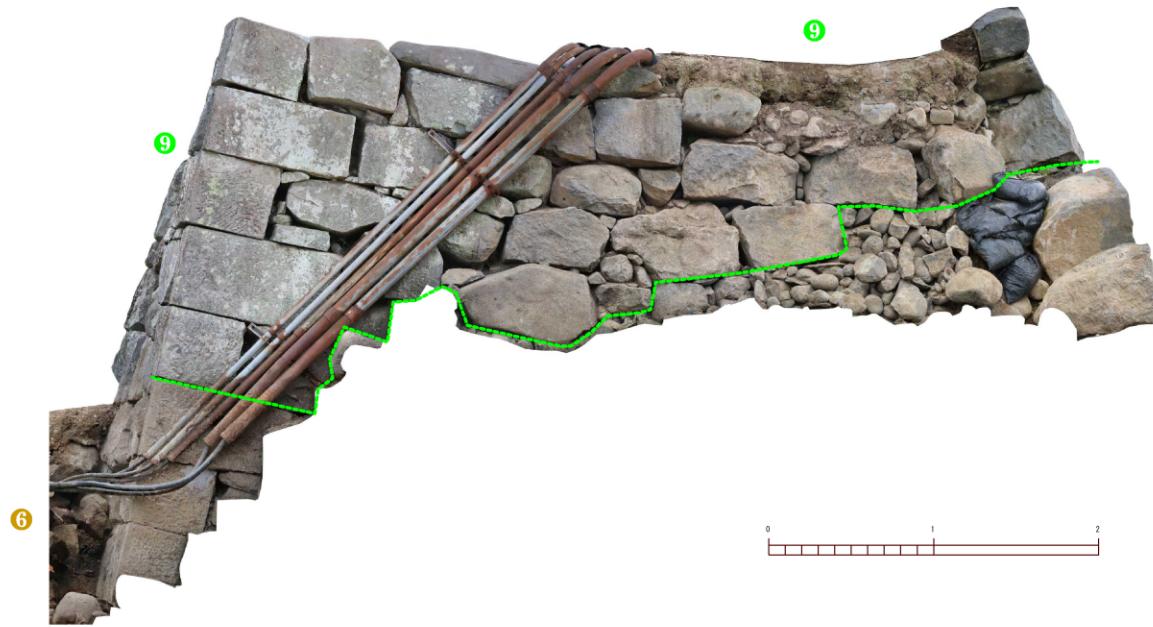
被害状況凡例	
○ : 変形 (膨らみ・縮み)	○ : 間詰石抜け
○ : 突出・ズレ	○ : 割れ・ヒビ
○ : 凹み	○ : 新補石材
○ : 剥落	— : 今回の崩落ライン



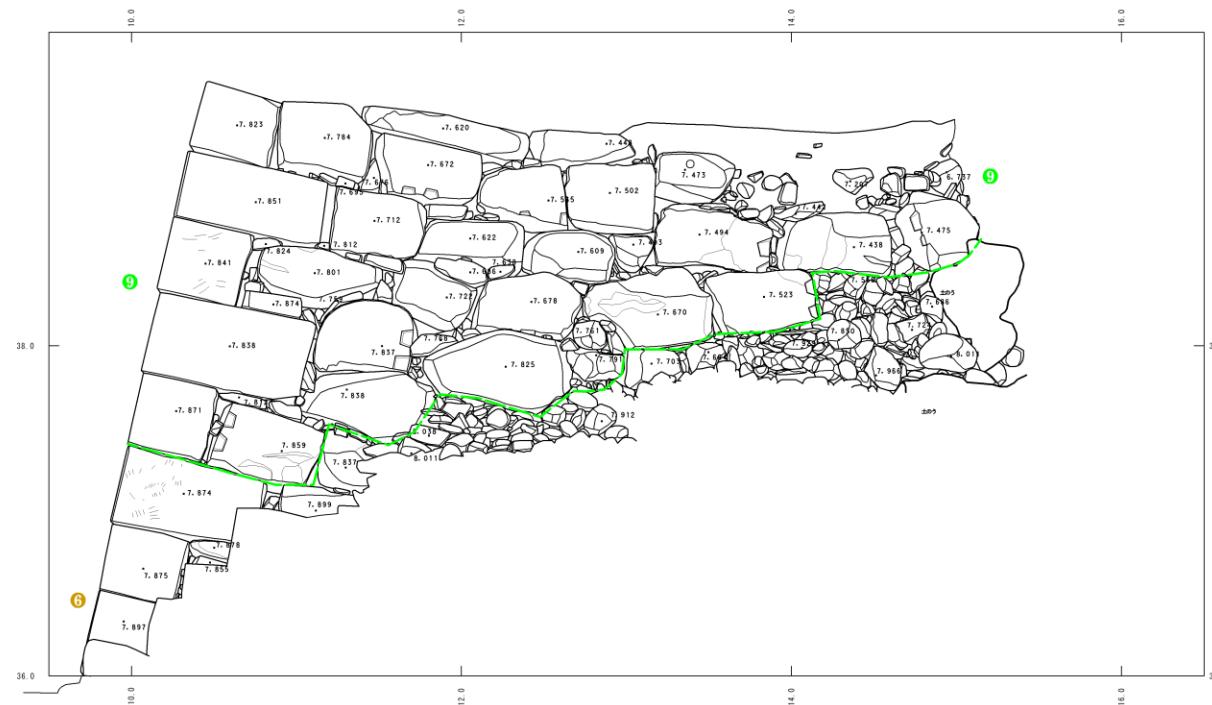
《石垣履歴把握について》

- ⑥熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→方形を呈した築石を積む
- ⑨文化財修理 (昭和28年) 【修理7】

H434
オルソ写真

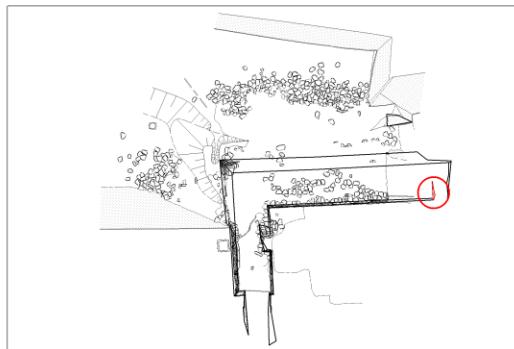


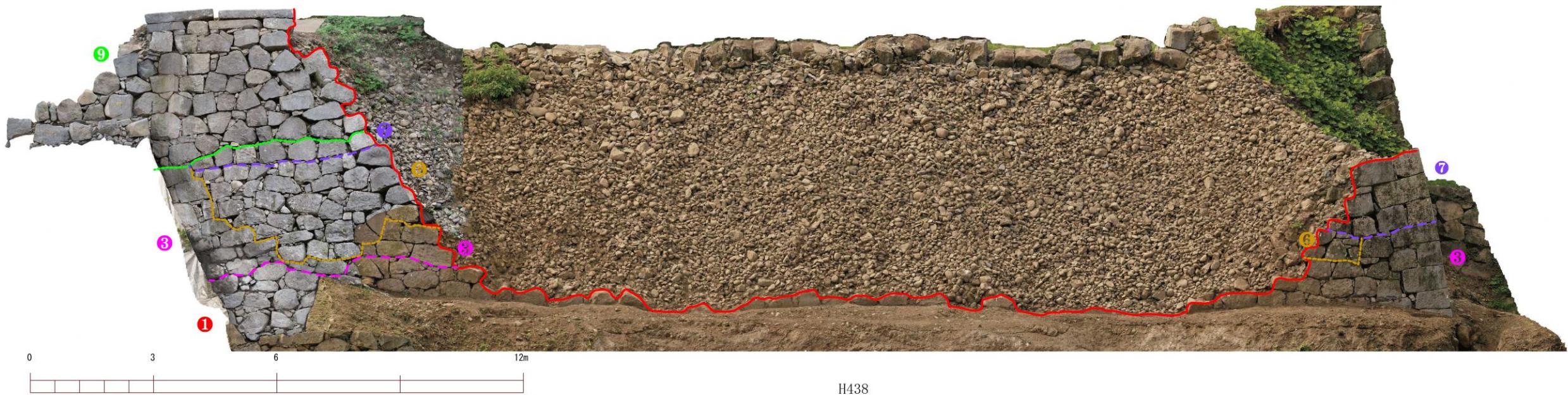
立面図
S=1:20 (A1)



被害状況凡例

○ (赤)	: 変形 (膨らみ・緩み)	○ (黄)	: 間詰石抜け
○ (緑)	: 突出・ズレ	○ (青)	: 割れ・ヒビ
○ (紫)	: 凹み	○ (黄)	: 新補石材
○ (紫)	: 剥落	— (赤)	: 今回の崩落ライン



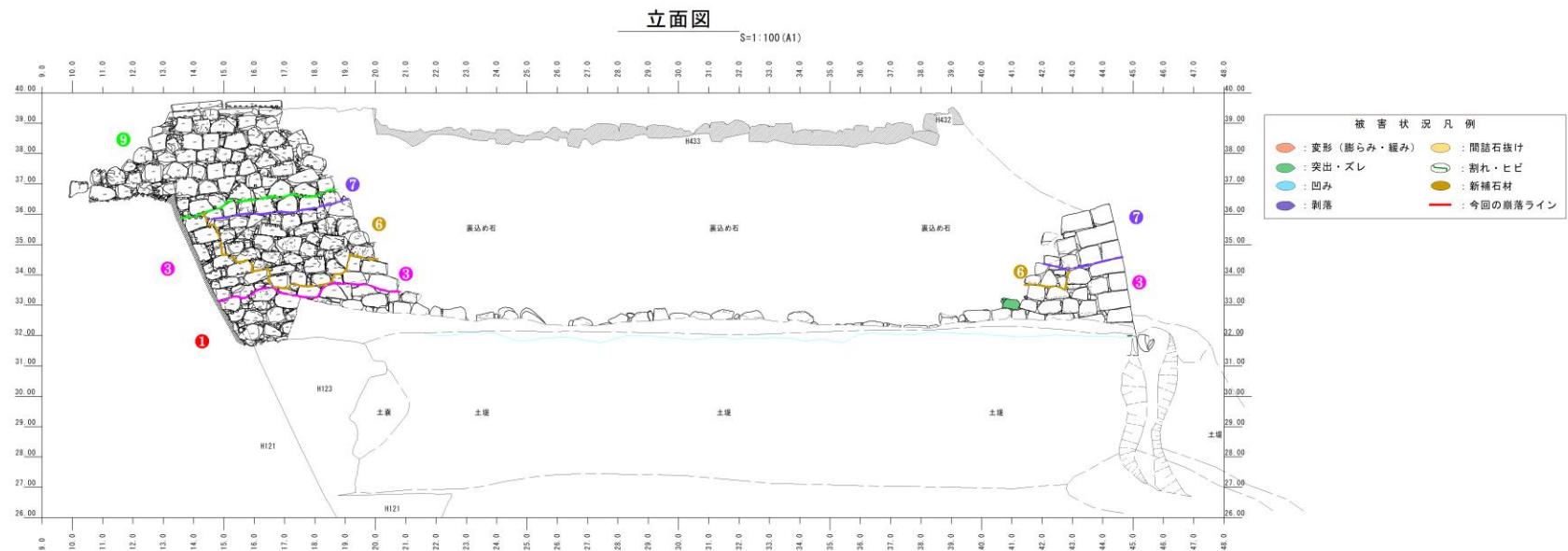


H438

オルソ写真

《石垣履歴把握について》

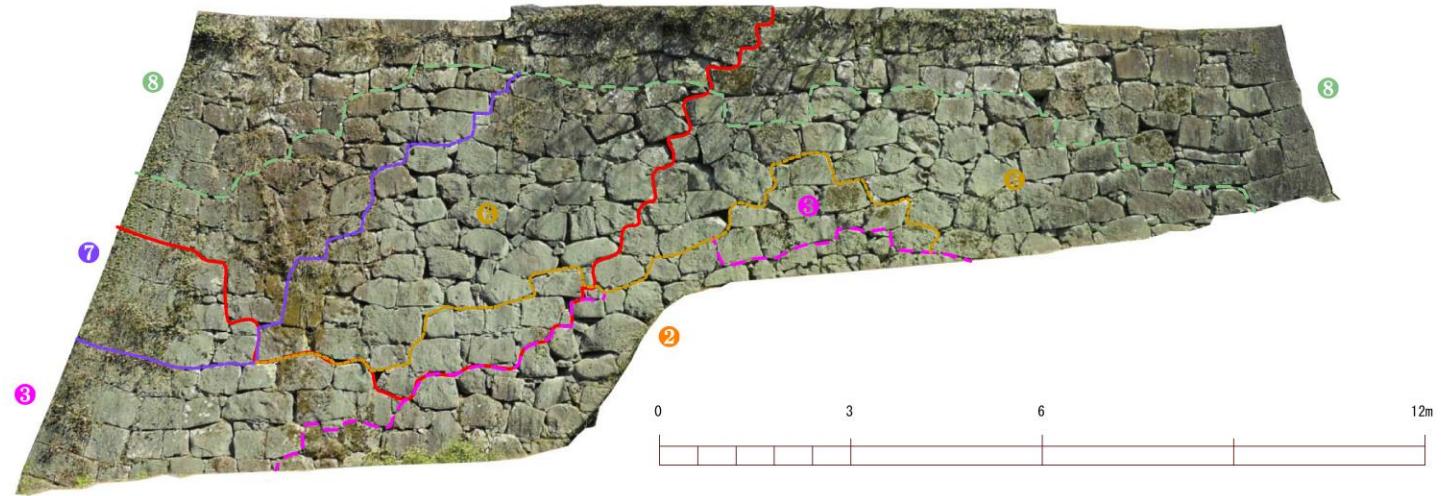
- ①熊本城石垣 2期または3期【構築当初】
- ③熊本城石垣 6期 (1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣 6期 (1632~1871年)【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣 6期 (1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑨文化財修理 (昭和28年)【修理7】



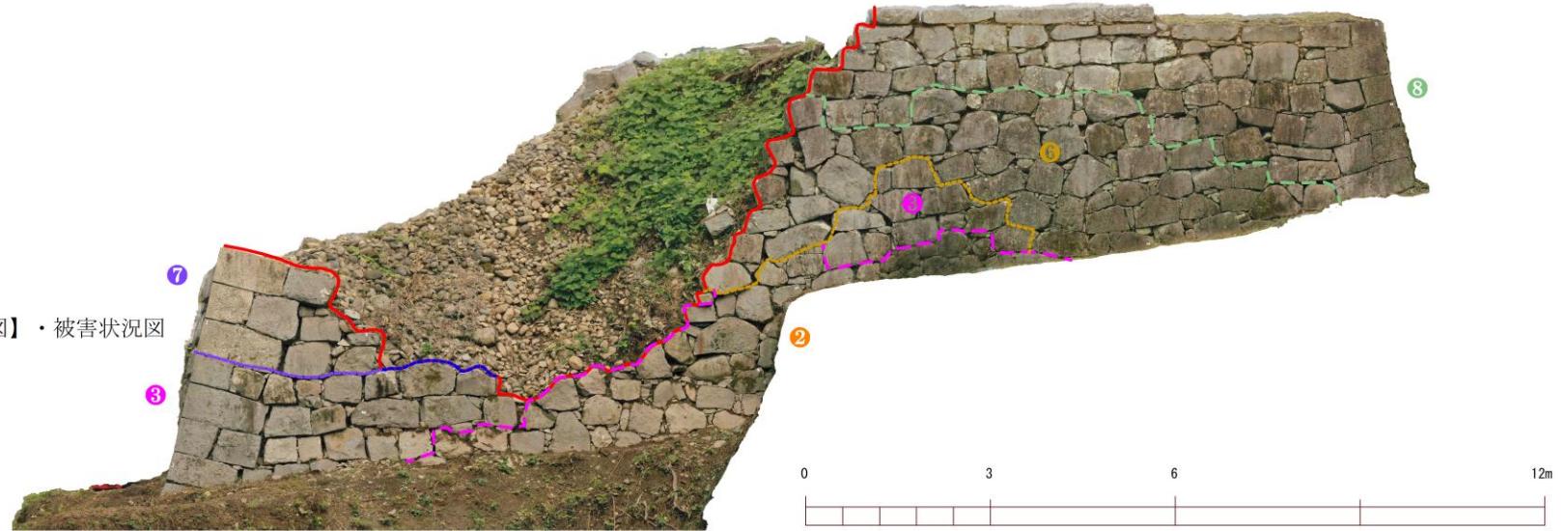
《石垣履歴把握について》

- ②熊本城石垣3期 (1607~1611年) 【構築当初】
- ③熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ④熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑤熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理6】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む

被災前写真 H439

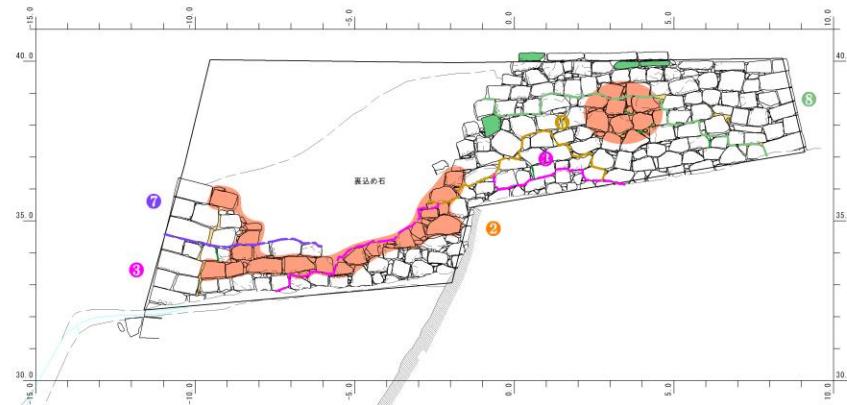


H439
オルソ写真【石垣履歴図】・被害状況図

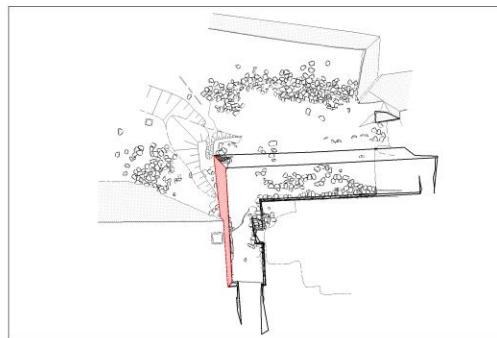


立面図

S=1:100 (A1)

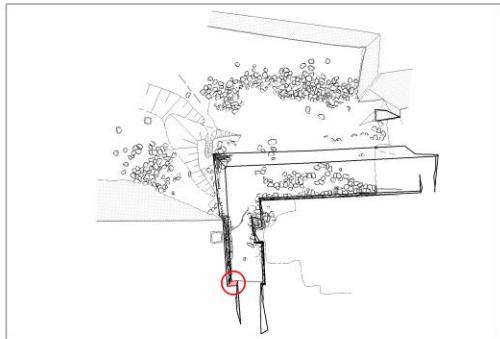


被害状況凡例	
○ (赤)	変形 (膨らみ・縮み)
○ (緑)	突出・ズレ
○ (青)	凹み
○ (紫)	剥落
○ (黄)	間詰石抜け
○ (白)	割れ・ヒビ
○ (黒)	新補石材
— (赤)	今回の崩落ライン

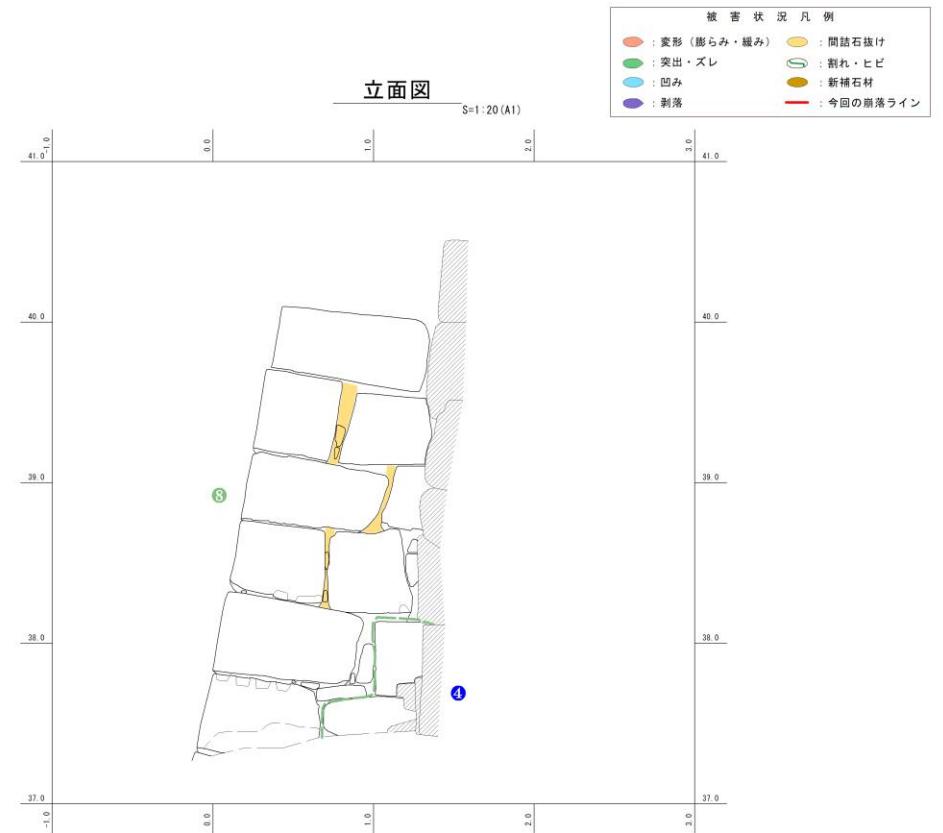


《石垣履歴把握について》

- ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理2】
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を多く積む
- ⑧熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理6】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む

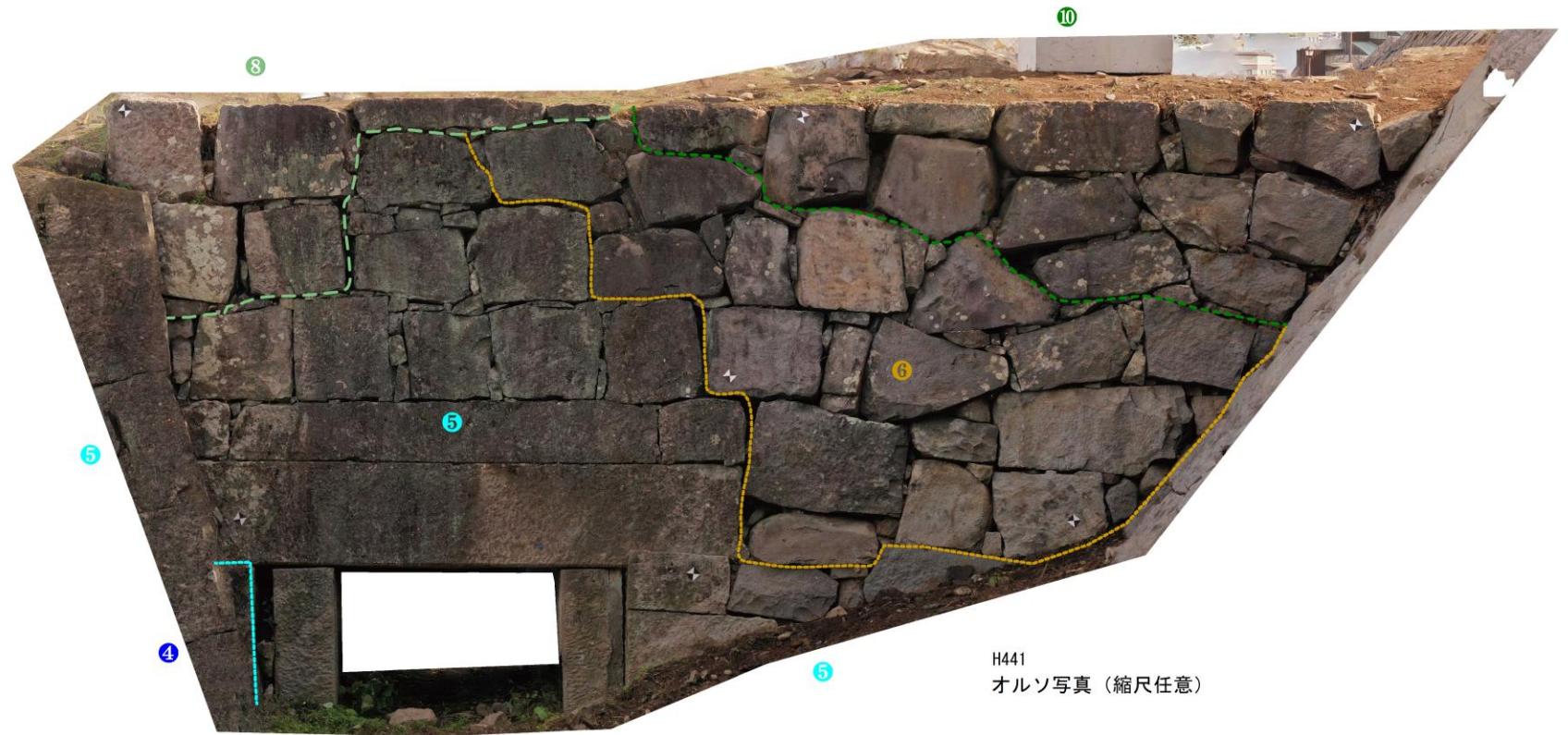


H440
オルソ写真(縮尺任意)



《石垣履歴把握について》

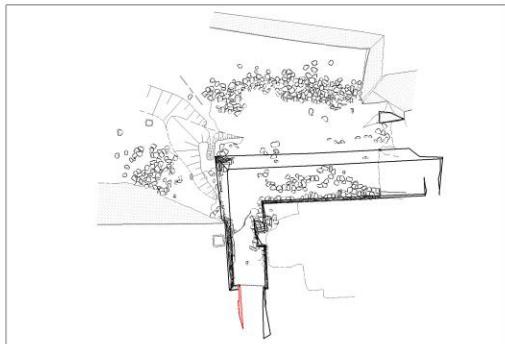
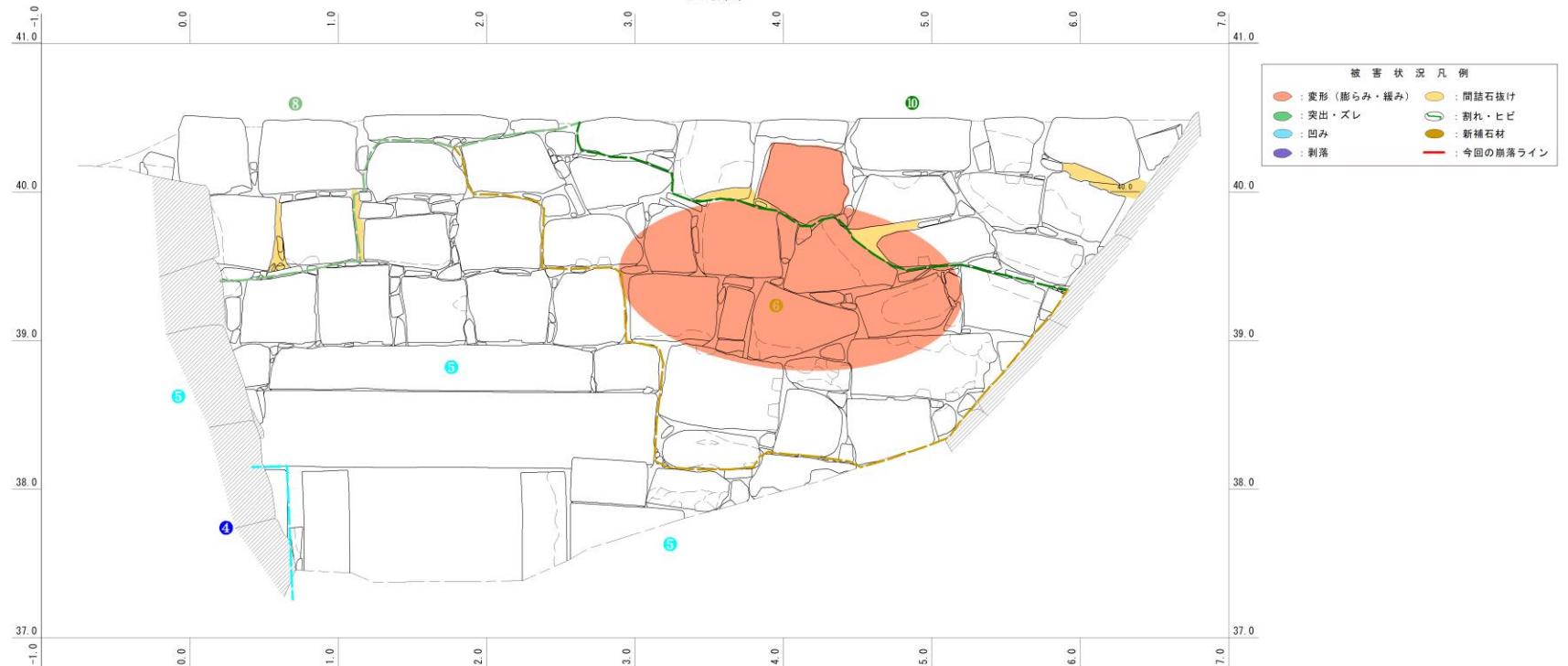
- ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理2】
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を多く積む
- ⑤熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理3】
築石部：水平方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑧熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理6】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑩文化財修理昭和42年~44年(1967~1969年)【修理8】
石門石垣修理に伴う解体修理範囲か



H441
オルソ写真(縮尺任意)

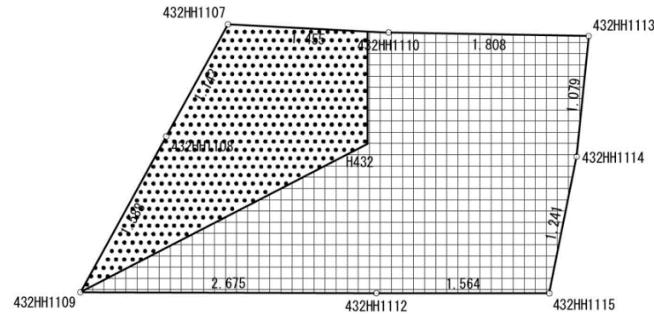
立面図

S=1:20(A1)



◆復旧勾配の設定

・石門北側(平櫓西側)石垣の復旧勾配設定における基礎資料は、被災前の石垣端点の座標データである。
(計測業務：平成24年 特別史跡熊本城跡石垣現況調査及び測量業務委託)



・石垣端点の座標値を「令和4年度 熊本城石門周辺石垣崩落石材回収工事に伴う測量業務」で作成された平面・縦横断図に重ね合わせることで、被災前の計測結果に基づく断面(以下、計測断面)を作成した。

・復旧勾配は、計測断面の平均値(すべての計測断面、または異常値と判断された一部を除いた計測断面を用いた平均値)を基本とした。ただし、現地と大きな乖離が生じる場合などについては、適宜検討を行い復旧勾配を設定した(右表)。

◆解体範囲の設定

・設定した復旧勾配を元に変状が著しい箇所について解体範囲を設定した。(変状は認められないものの、表裏石垣が近接することで施工時の影響から解体を要する石垣面あり)

表 復旧勾配一覧

石垣 No.	基準勾配	設定方法	石垣 No.	基準勾配	設定方法
H123		対象外 耐震診断OKのため 解体不要	H433	1 : 0.21 終点側 1 : 0.13	平均値
H427		対象外 築石1列で構成され 断面設定不要	H434	1 : 0.09	平均値
H428	1 : 0.12	平均値	H435		対象外 階段のため 復旧勾配設定不要
H429	1 : 0.13	平均値	H437	(1 : 0.09)	平均値 ※1
H430	1 : 0.13	その他	H438	~No.11 1 : 0.09 No.11~ 1 : 0.26	平均値
H431		対象外 階段のため 復旧勾配設定不要	H439	01:00.2	平均値
H432	1 : 0.09	平均値	H440	1 : 0.22	平均値

※1 H437は既に解体範囲審議済みのため、本委員会での審議は割愛する。

◆**床掘勾配の設定**

・石垣解体に伴う背面の床掘勾配については、栗石層における適切な法勾配として35°と設定する。

■**設定根拠**■

- ・H438の地質断面(図①)では、円礫主体の栗石層が厚く堆積しており、不安定な栗石の法面となる。
- ・隣接する平櫓下石垣(※1)や同様の総栗石層である北東十八間櫓石垣(※2)での検討結果を踏まえ、安全衛生規則(※3)に則り床掘勾配を35°と選定した。

※1：**平櫓下石垣解体工事**

・近接する平櫓の下石垣において、設計時点では栗石の床掘勾配を1:1.0(45°)と計画したが、その後の石垣解体工事で45°の勾配では安全を確保することが困難であったことから、35°を基準に施工を進めた。

※2：**北東十八間櫓石垣の床掘勾配**

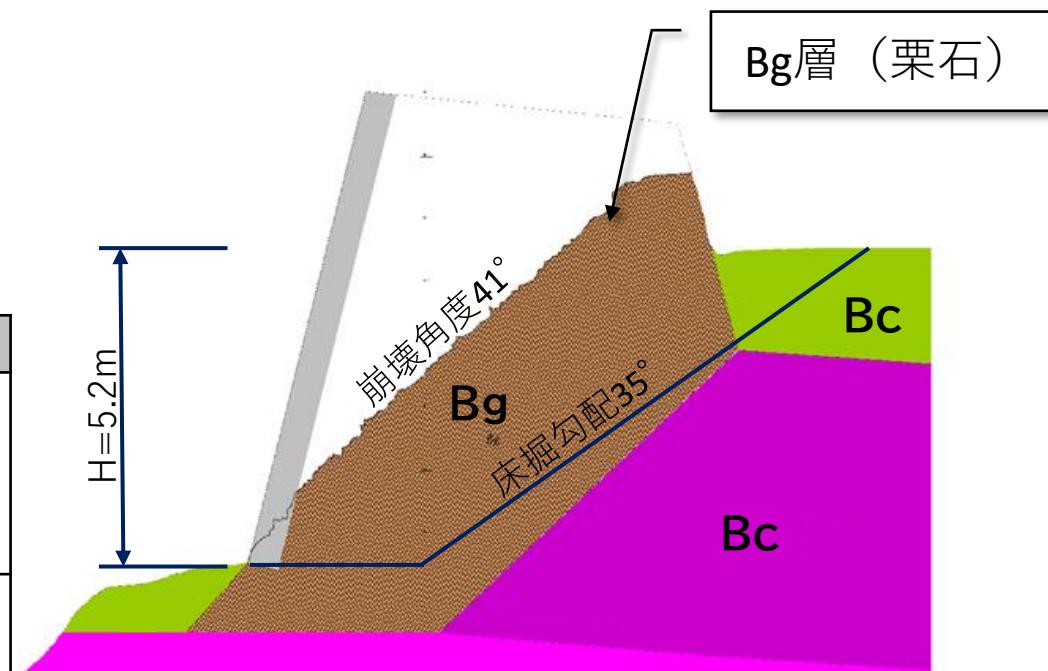
・北東十八間櫓群石垣において、円礫主体の栗石箇所(※3)の床掘勾配については、平櫓の床掘状況を踏まえ検討した結果、35°と設定している。
(令和4年度第1回熊本城文化財修復検討委員会)

※3：**安全衛生規則**

・現地栗石層の崩壊角度は41°であり、安全衛生規則の第357条1項2号に定める『発破等により崩壊しやすい状態の地山』の基準である45°を下回っているが、※1、※2の検討状況から、35°の床掘勾配が安全を確保する上で適切と判断した。

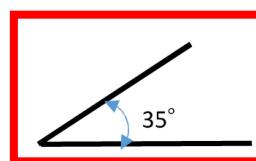


【写真①：H438背面栗石】

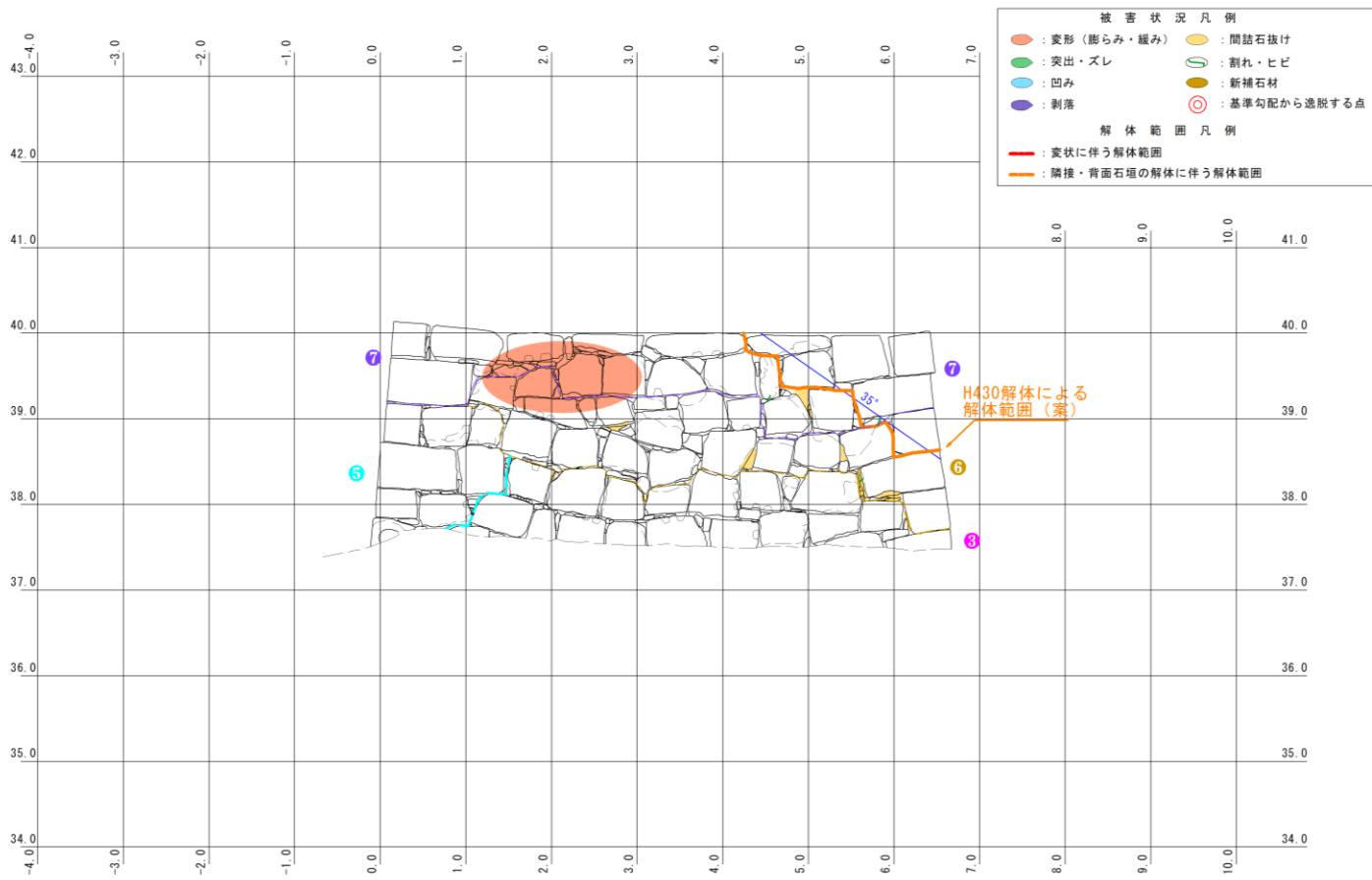


【図①：H438地質断面図】

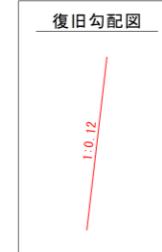
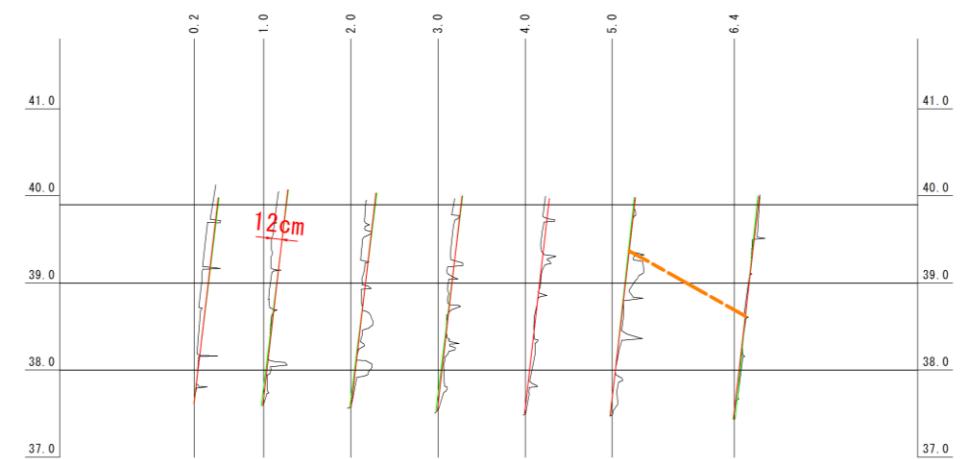
安衛則	種類	高さ・勾配	基準
357条	砂からなる地山(1項1号)	5m未満又は35度以下	
	発破等により倒壊しやすい状態の地山(1項2号)	2m未満又は45度以下	



立面図 S=1:40 (A1)



縦断面図 S=1:40 (A1)



凡例

— : 基準勾配 (Red line)
— : 計測結果 (Green line)

【勾配基準設定方法】

- 断面計測結果に基づく当該石垣全断面勾配の平均値である1:0.12を採用した。
- なお、平均勾配と各断面勾配の差は±1°程度であり、同時期に構築された隣接石垣の勾配との乖離も少ない。

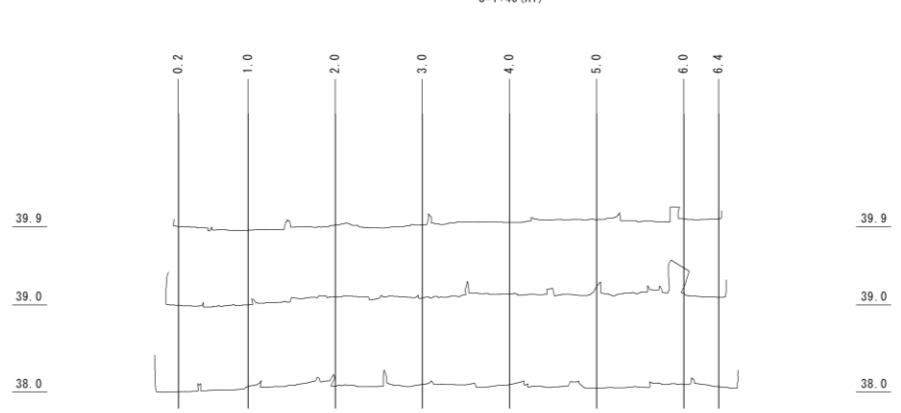
【石垣履歴把握について】

- ③ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部: 斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑤ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理3】
築石部: 水平方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部: 横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部: 横目地が通る→方形を呈した築石を積む

【解体修理範囲図の設定】

- ① 復旧勾配を縦断面に重ねる
- ② 変状の最大値が12cm程度と大きくないため、解体修理不要と判断した。
- ③ 当該石垣の隣接面H429の解体影響範囲を立面図に図示する。
- ④ 「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ⑤ 立面図上の解体範囲を縦断面上に投影する。

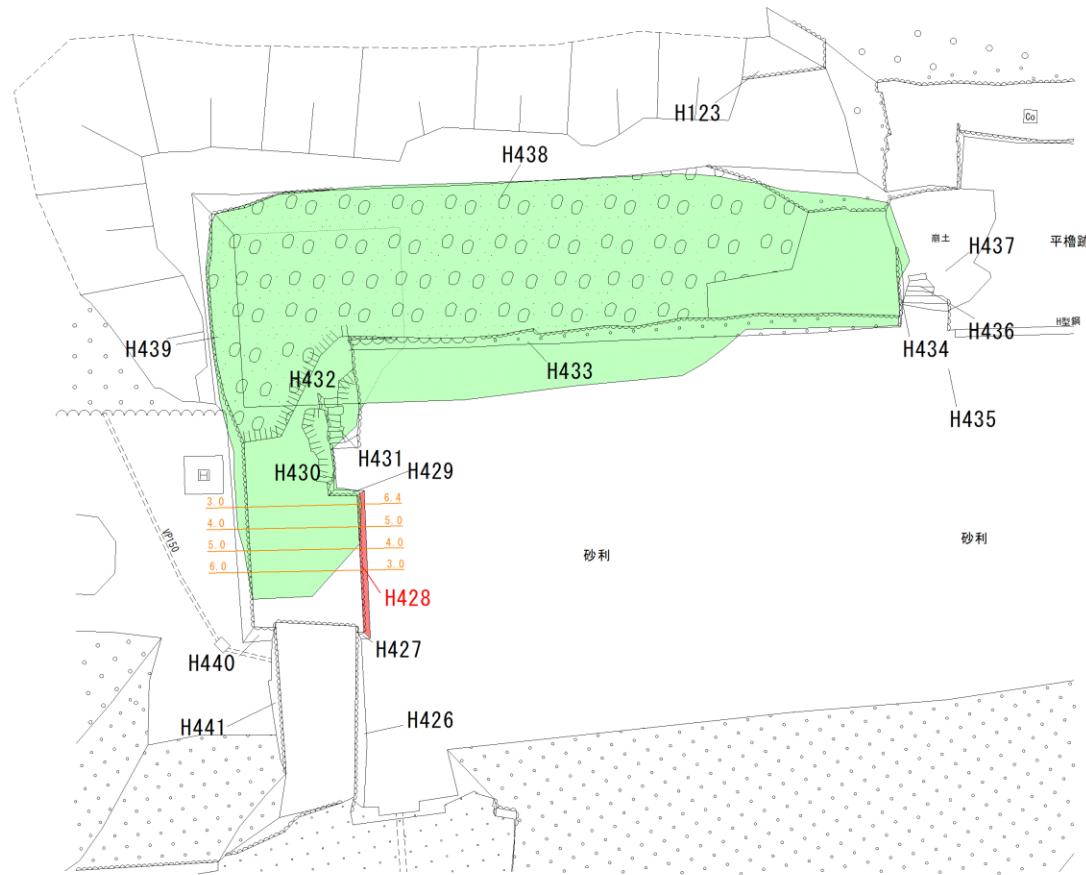
横断面図 S=1:40 (A1)



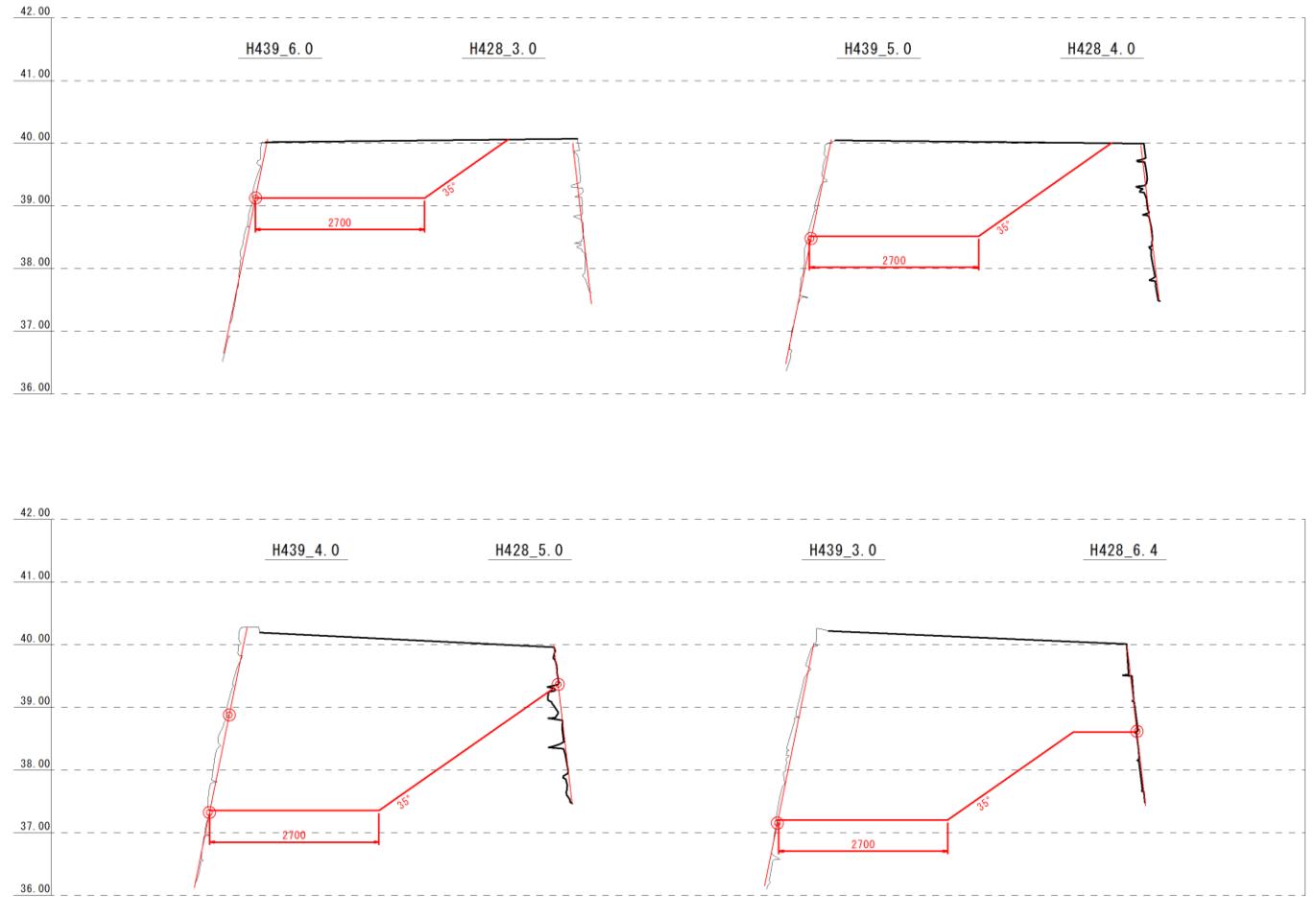
平面図



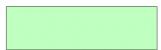
平面図

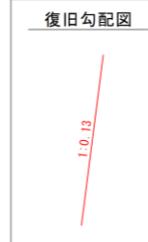
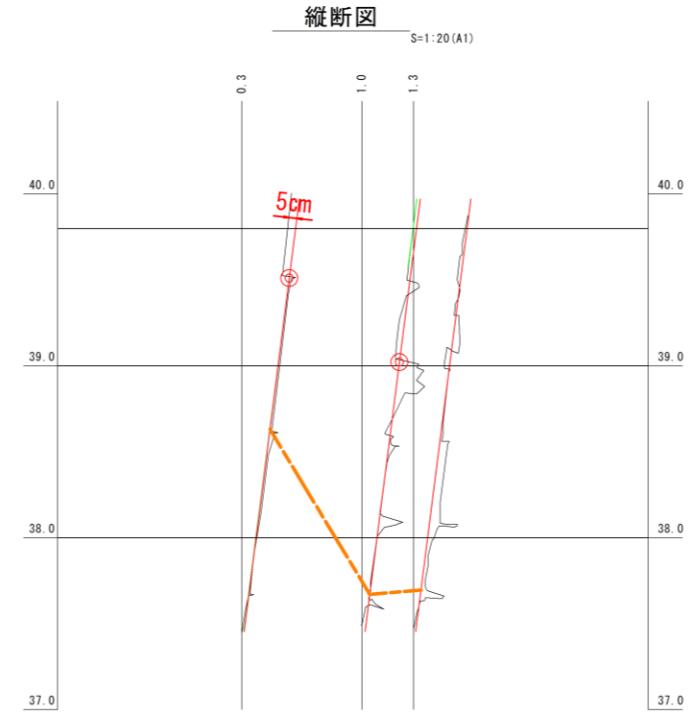
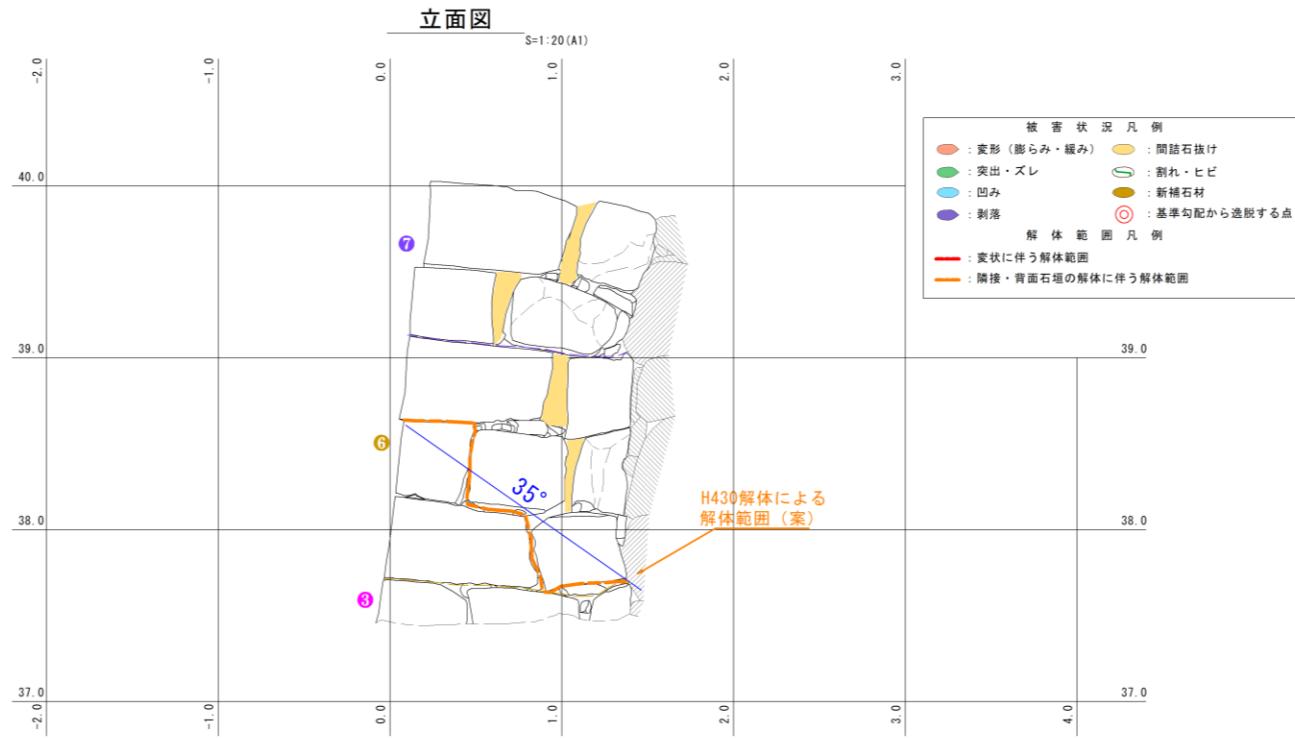


縦断面図



【影響範囲について】
H430, H439を解体するにあたり、解体範囲がH428, H429, H431に影響する。

凡 例	
<平面図>	
	: 対象断面
	: 解体範囲
	: 断面
<断面図>	
	: 掘削影響範囲



【勾配基準設定方法】

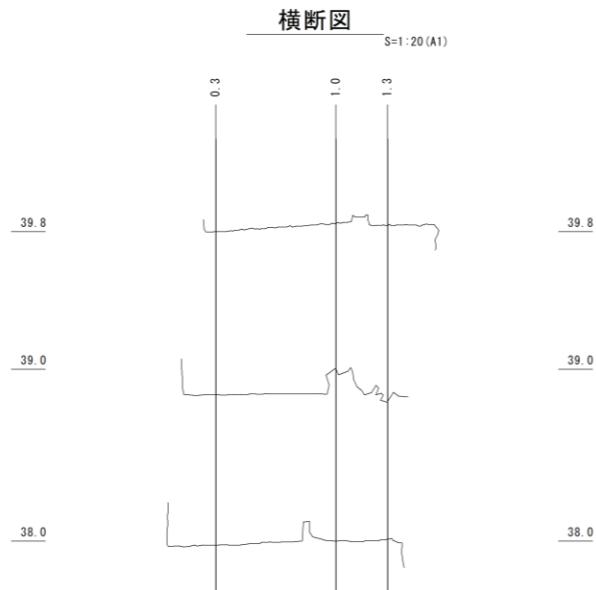
- 断面計測結果に基づく平均値である1:0.13を採用した。(計測結果と現地の乖離が少ない断面No. 0.3, 1.0の平均値を採用した。)
- なお、平均勾配と各断面勾配の差は±1°程度であり、同時期に構築された隣接石垣の勾配との乖離も少ない。

【石垣履歴把握について】

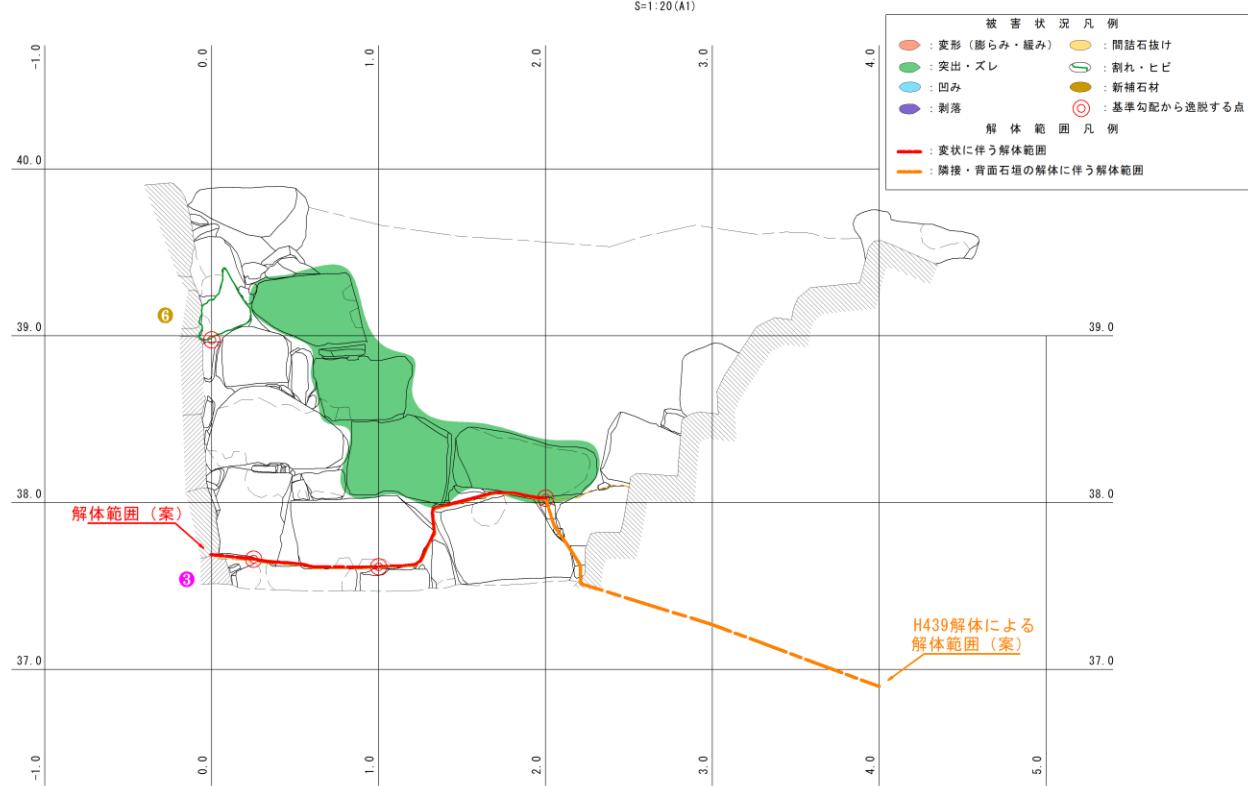
- ③ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦ 熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む

【解体修理範囲図の設定】

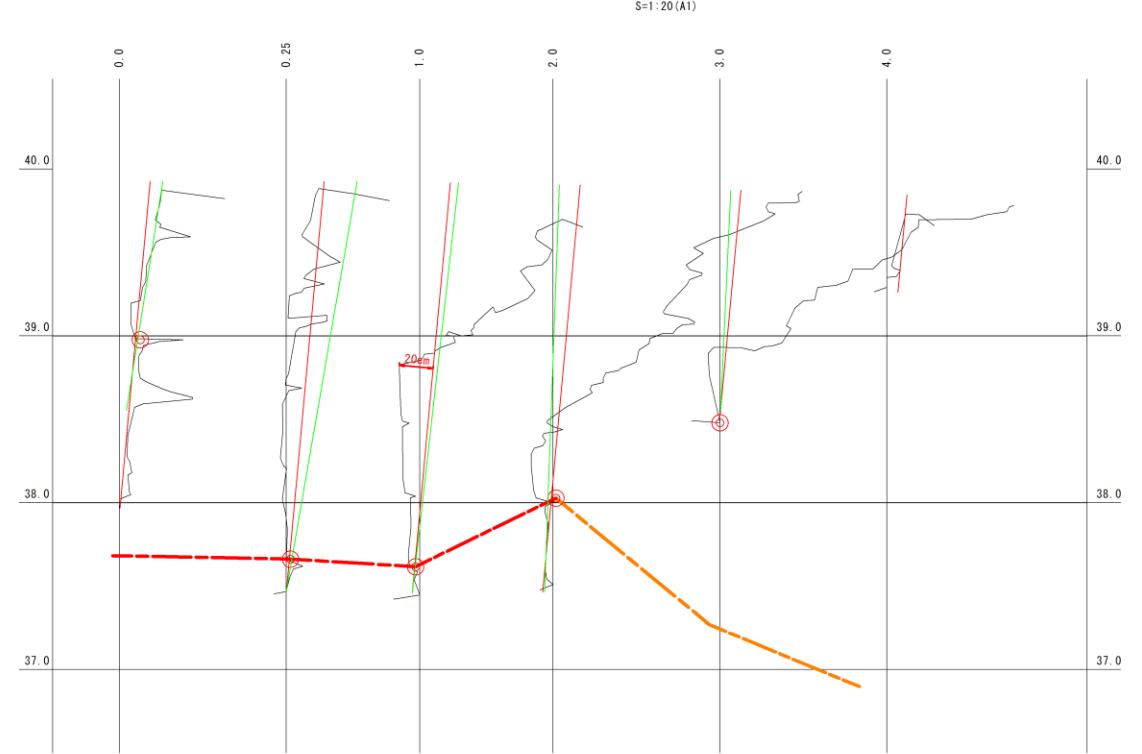
- ① 復旧勾配を縦断面図に重ねる
- ② 変状の最大値が5cm程度と大きくないため、解体修理不要と判断した。
- ③ 当該石垣の隣接面H430の解体影響範囲を立面図に図示する。
- ④ 「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ⑤ 立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。



立面図



縦断面図



復旧勾配図



凡例



【勾配基準設定方法】

- ・断面計測結果に基づく平均値を算出した。(ただし異常値と思われる計測点No. 0.0~1.0は除外)
- ・算出した結果、1:0.04と急勾配となり、隣接する石垣の勾配と大きく乖離するため、妥当でないとして評価した。
- ・当該石垣と同様に石段背後の石垣であるH434の平均勾配(1:0.09)を基準勾配とし、解体範囲を設定した。
- ・周辺の石垣は概ね1:0.1程度と近似している。

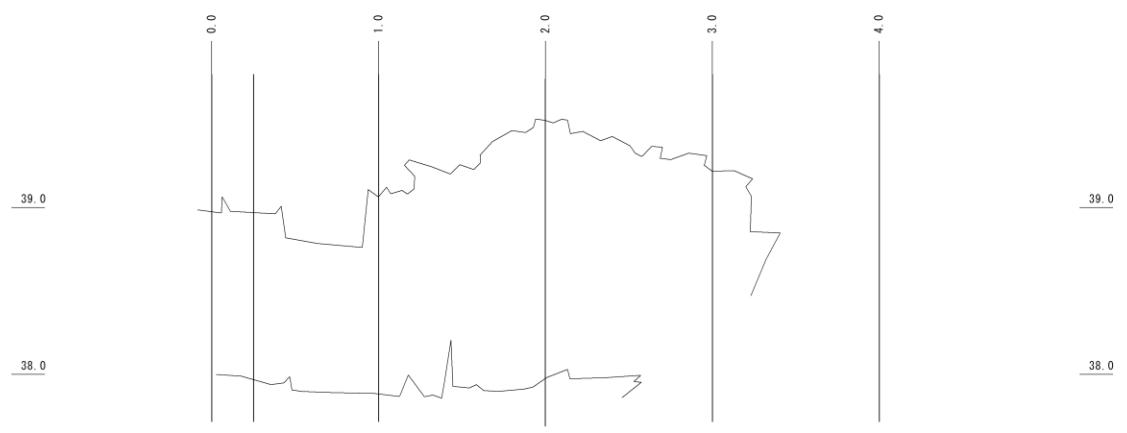
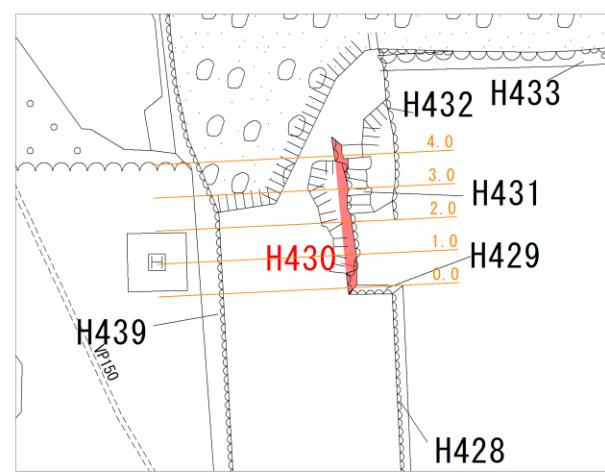
【石垣履歴把握について】

- ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部：斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む

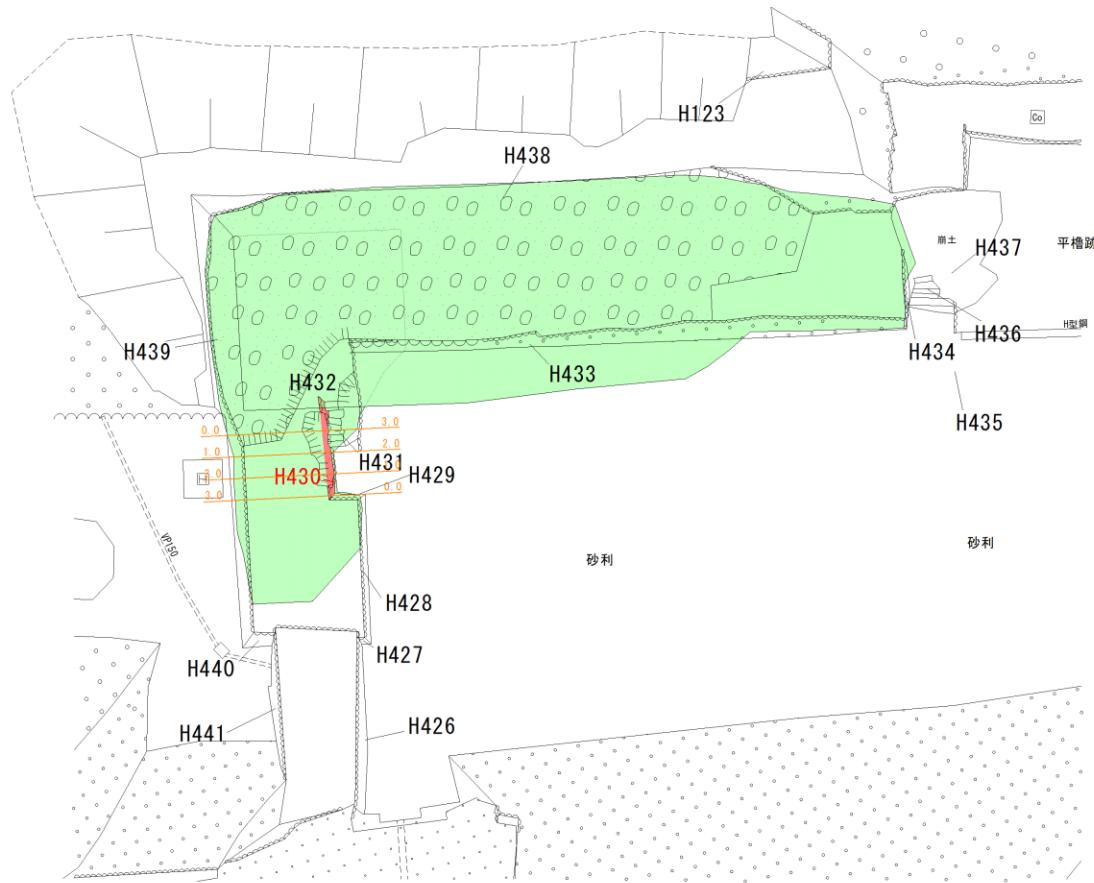
【解体修理範囲図の設定】

- ①復旧勾配を縦断面図に重ねる
- ②復旧勾配を基に縦断面図上で変状開始位置を定める。
- ③変状開始位置を立面図に投影する。
- ④変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
- ⑤当該石垣の背面H439の掘削の影響範囲を縦断面図および立面図に図示する。
- ⑥「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ⑦立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。

平面図



平面図

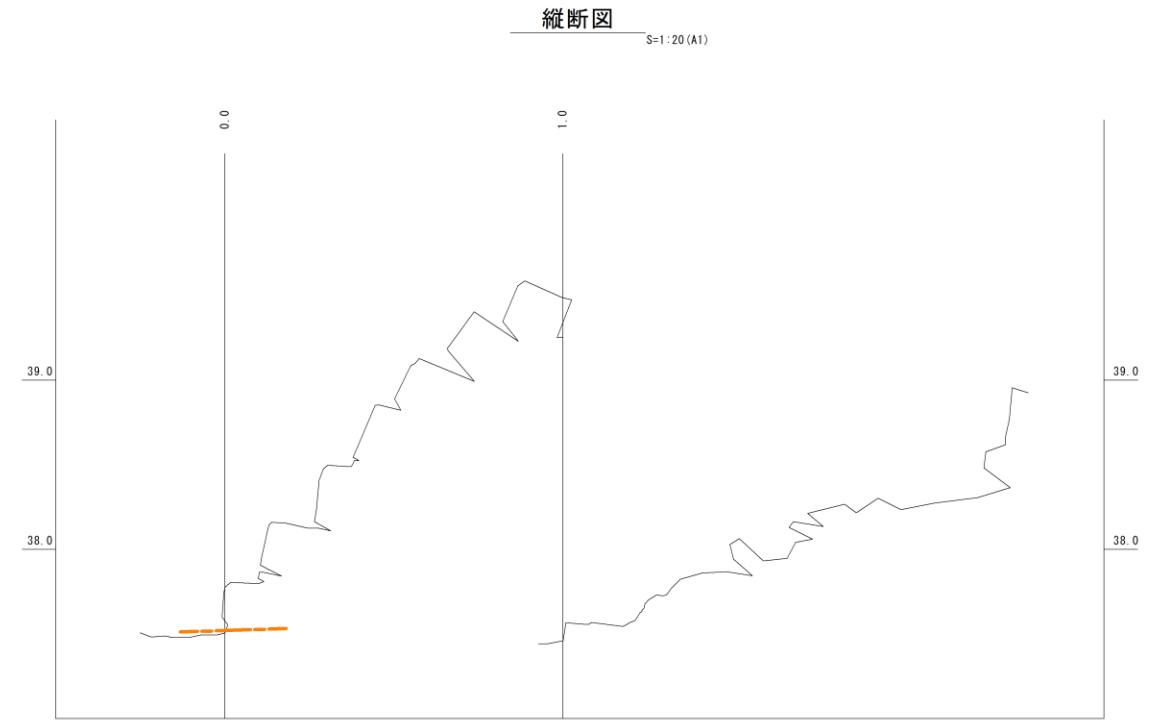
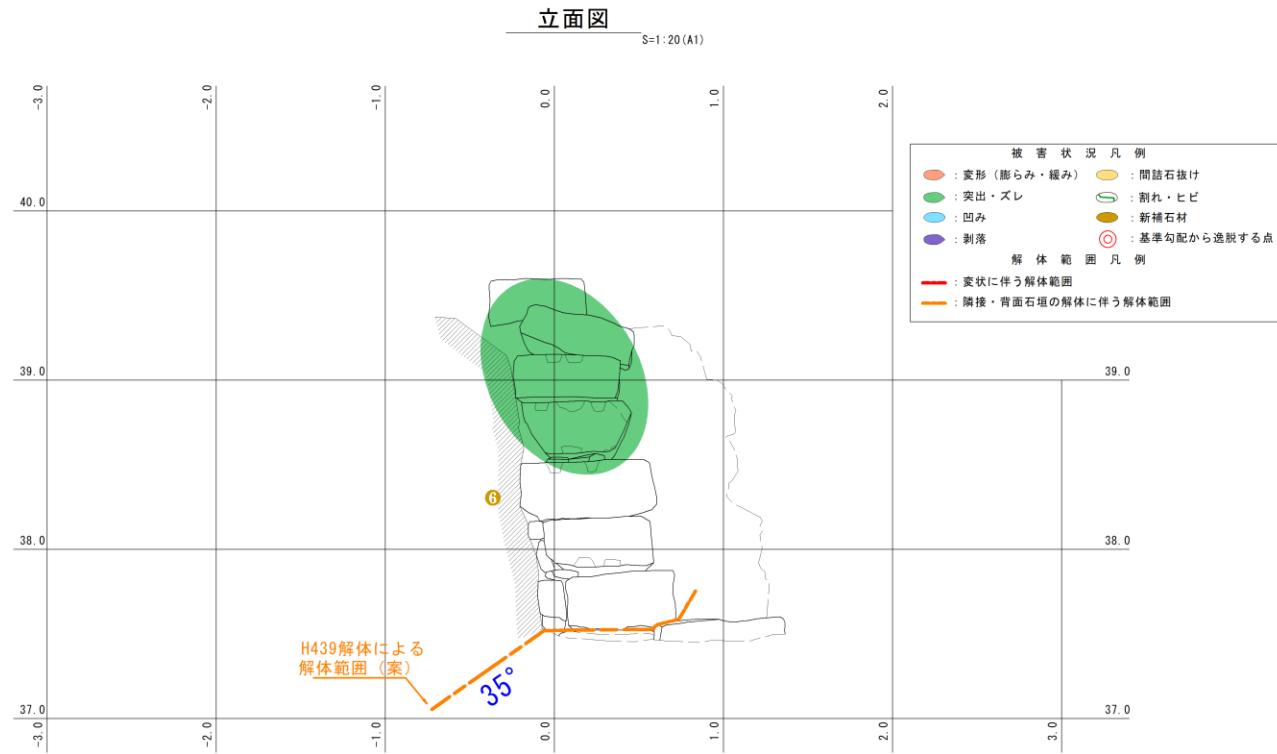


縦断面図



【影響範囲について】
H430, H439を解体するにあたり、解体範囲がH428, H429, H431に影響する。

凡 例		
<平面図>		: 対象断面
		: 解体範囲
		: 断面
<断面図>		: 掘削影響範囲



【石垣履歴把握について】

⑥ 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部: 横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む

【解体修理範囲図の設定】

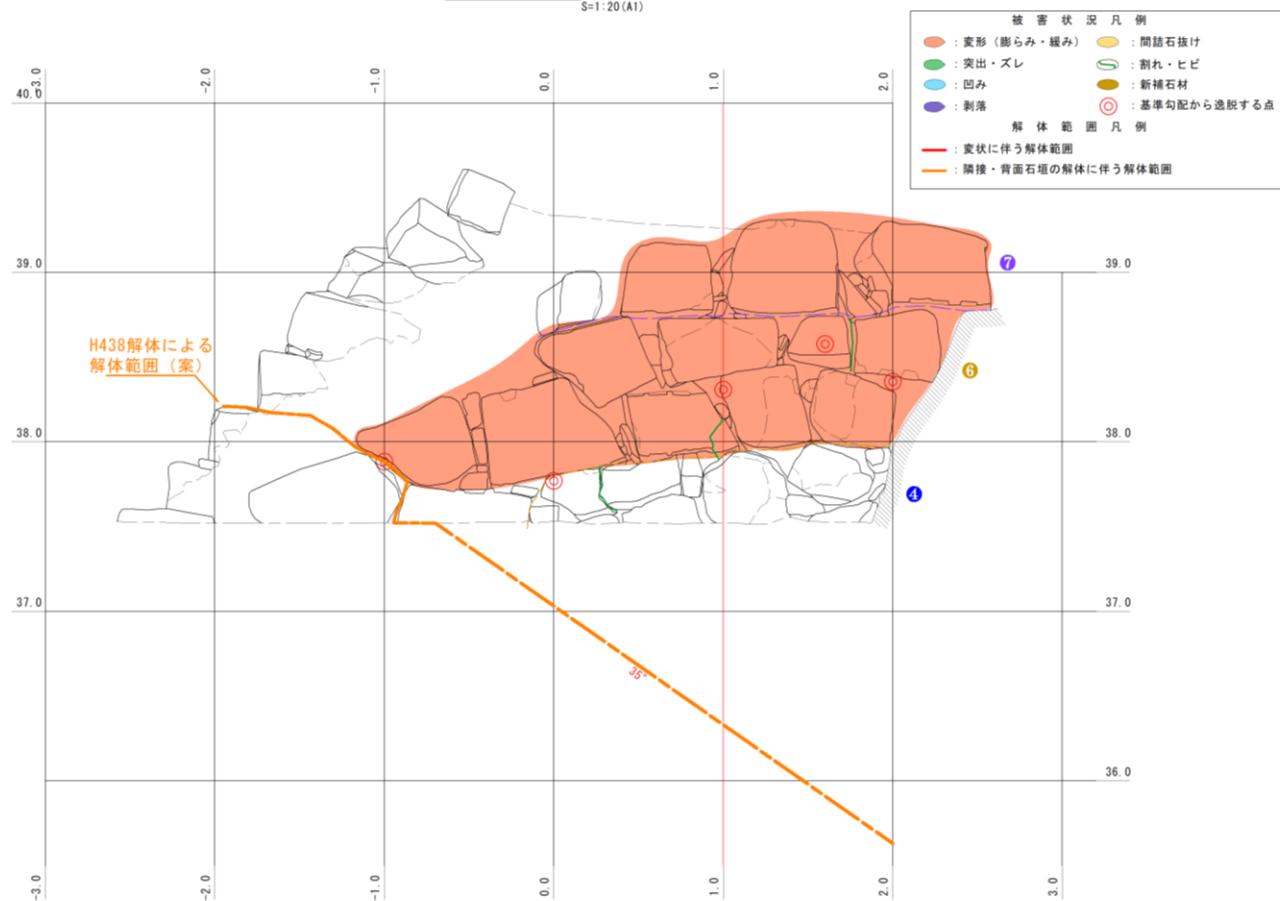
- ① 当該石垣の背面H439の掘削の影響範囲を縦断面および立面図に図示する。
- ② 「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ③ 立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。

平面図



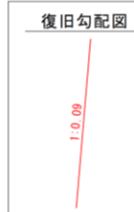
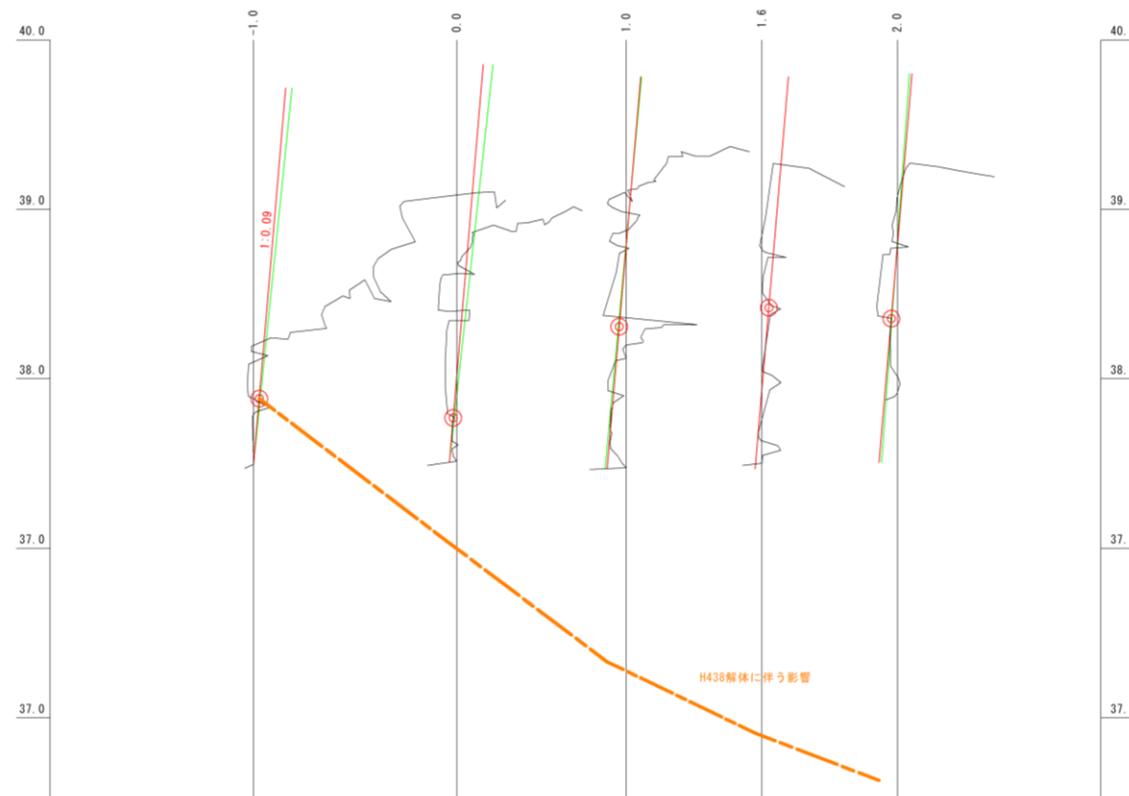
立面図

S=1:20 (A1)



縦断面図

S=1:20 (A1)



【勾配基準設定方法】
 ・断面計測結果に基づく当該石垣全断面勾配の平均値である1:0.09を採用した。
 ・なお、平均勾配と各断面勾配の差は±1.4°程度であり、同時期に構築された隣接石垣の勾配との乖離も少ない。

【石垣履歴把握について】

- ① 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理2】
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を多く積む
- ② 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ③ 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理5】
築石部：横目地が通る→方形を呈した築石を積む

【解体修理範囲図の設定】

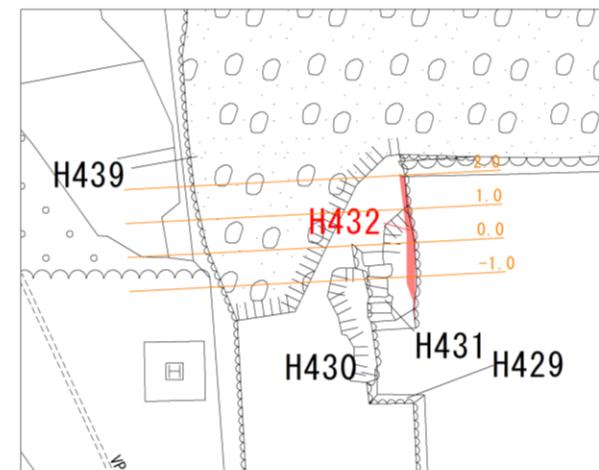
- ① 復旧勾配を縦断面図に重ねる。
- ② 復旧勾配を基に縦断面図上で変状開始位置を定める。
- ③ 変状開始位置を立面図に投影する。
- ④ 変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
- ⑤ 当該石垣の背面H438の掘削の影響範囲を縦断面図および立面図に図示する。
- ⑥ 「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ⑦ 立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。

横断面図

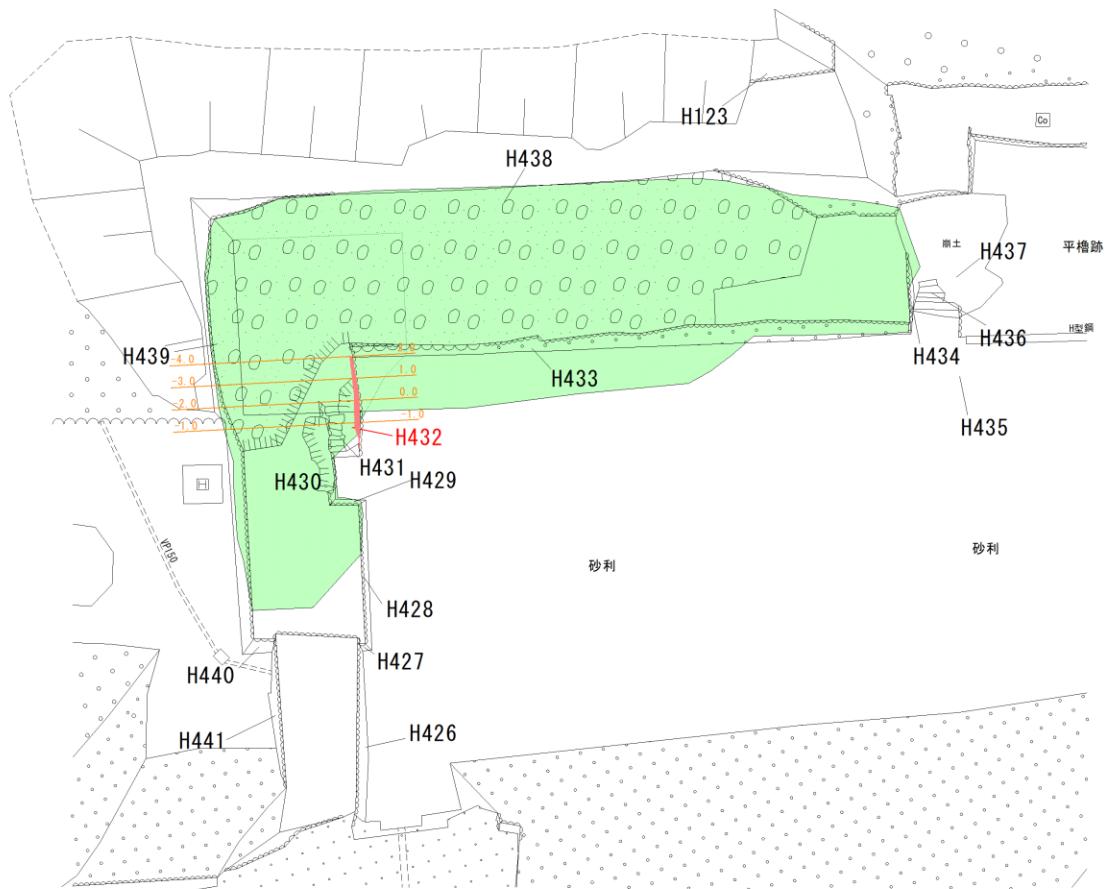
S=1:20 (A1)



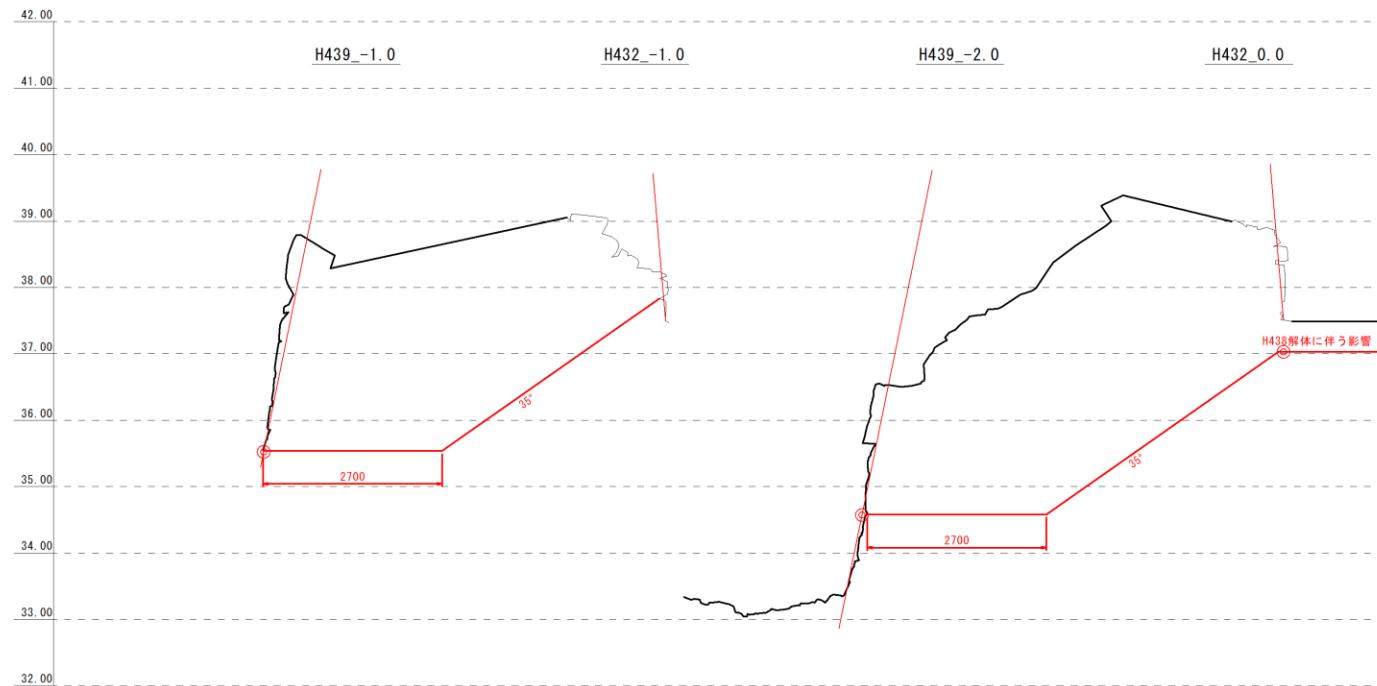
平面図



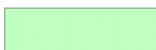
平面図



縦断面図

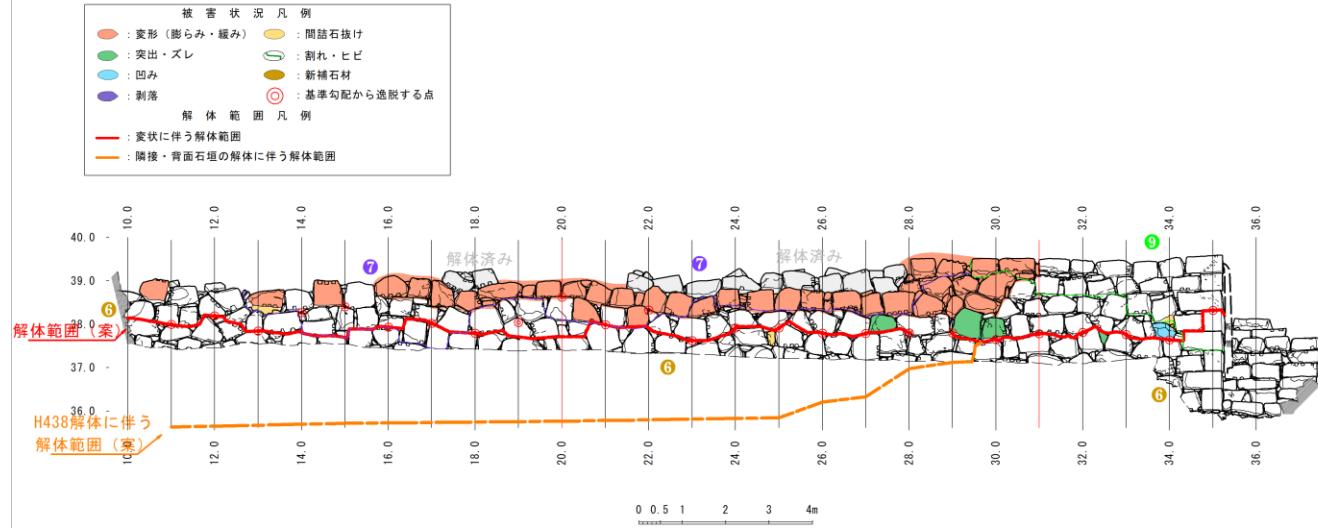


【影響範囲について】
 H430, H439を解体するにあたり、解体範囲がH428, H429, H431に影響する。
 H438を解体するにあたり、解体範囲がH432, H433に影響する。

凡 例	
<平面図>	
	: 対象断面
	: 解体範囲
	: 断面
<断面図>	
	: 掘削影響範囲

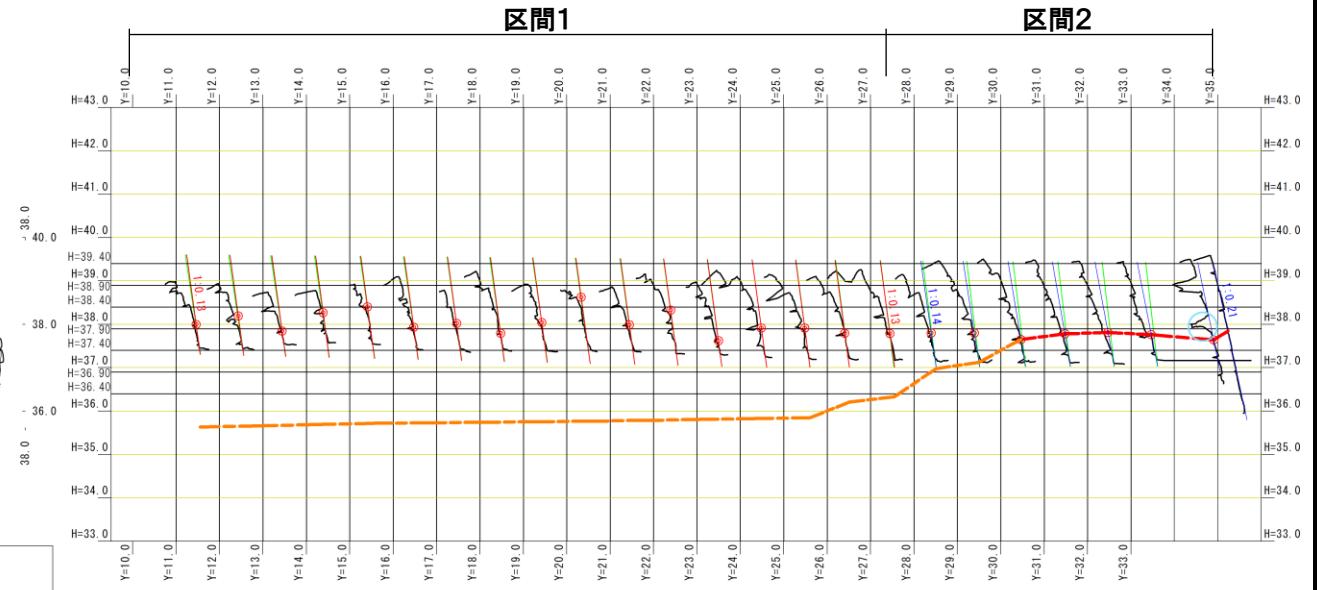
立面図

S=1:75 (A1)



縦断面

S=1:75 (A1)



【石垣履歴把握について】

- ⑥ 熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部: 横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦ 熊本城石垣6期 (1632~1871年) 【修理5】
築石部: 横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑨ 文化財修理 (昭和28年) 【修理7】

【解体修理範囲図の設定】

- ① 復旧勾配を縦断面に重ねる
- ② 復旧勾配を基に縦断面上で変状開始位置を定める。
- ③ 変状開始位置を立面図に投影する。
- ④ 変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
- ⑤ 当該石垣の背面H438の掘削の影響範囲を縦断面および立面図に図示する。
- ⑥ 「変状の範囲」と「隣接・背面石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
- ⑦ 立面図上の解体範囲を縦断面上に投影する。

復旧勾配図



凡例

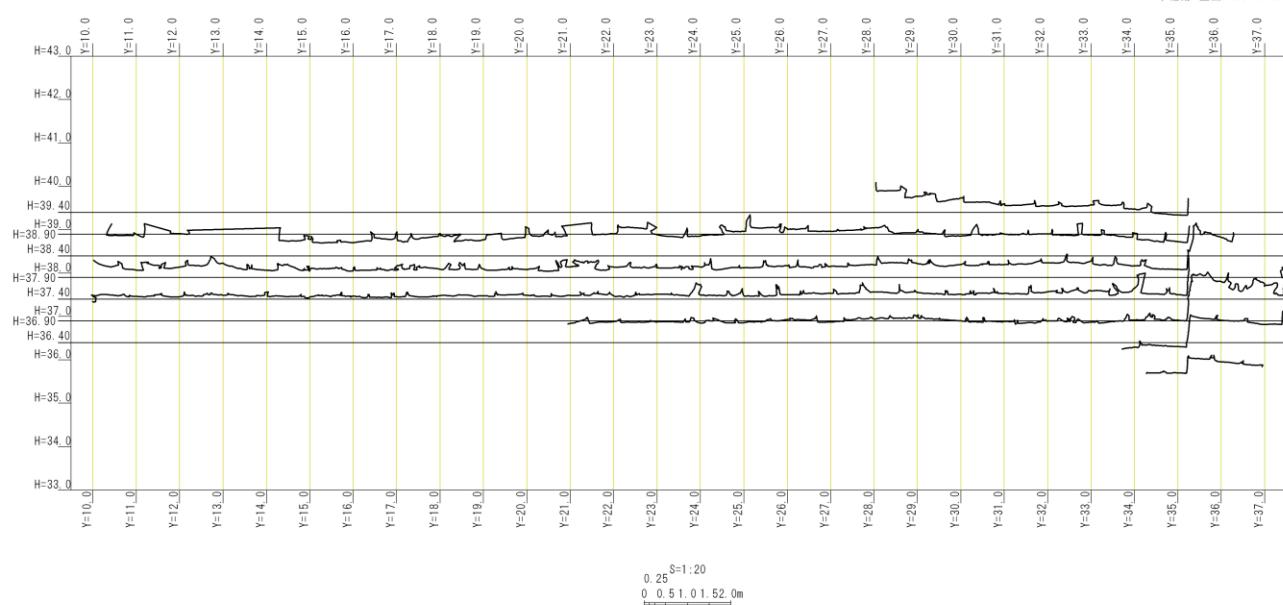
- : 基準勾配(区間1)
- : 基準勾配(区間2)
- : 計測結果

【勾配基準設定方法】

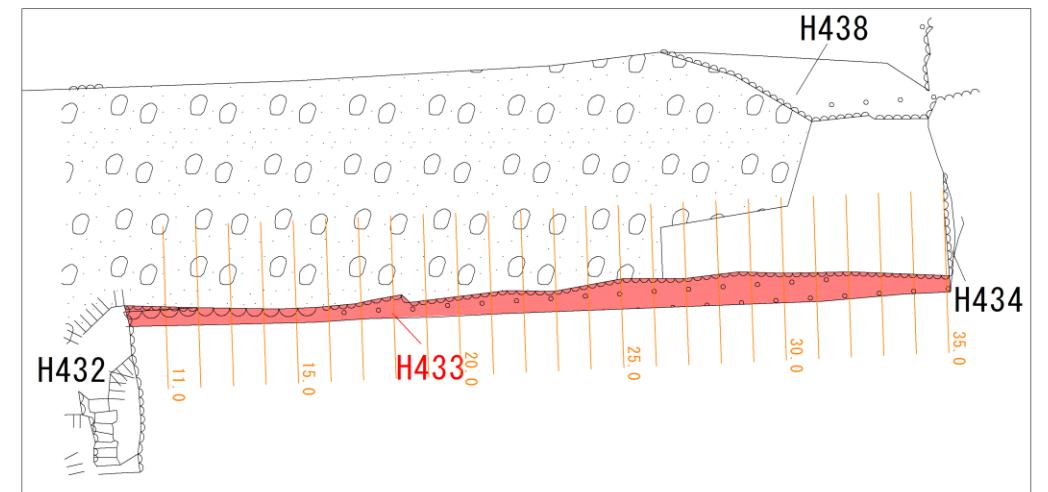
- ・ 区間を2つに分け、基準勾配を設定した。
- <区間1 (No. 11~No. 27)>
 - ・ 断面計測結果に基づく当該石垣全断面勾配の平均値である1:0.13を採用した。
- <区間2 (No. 28~No. 35)>
 - ・ H434との隅角部を成すNo. 35は、地震に伴う著しい変状は目視では認められないため、現況勾配である1:0.21を復旧勾配とした。
 - ・ 区間1から隅角部に擦り付けるように勾配を変化させる。
 - ・ なお、各区間の境界 (No. 27/No. 28) は現状の崩落状況から決定した。

横断面

S=1:75 (A1)



平面図



平面図

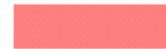


【影響範囲について】

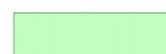
H438を解体するにあたり、解体範囲がH432、H433に影響する。
H433を解体するにあたり、解体範囲がH434に影響する。

凡例

<平面図>



: 対象断面



: 解体範囲



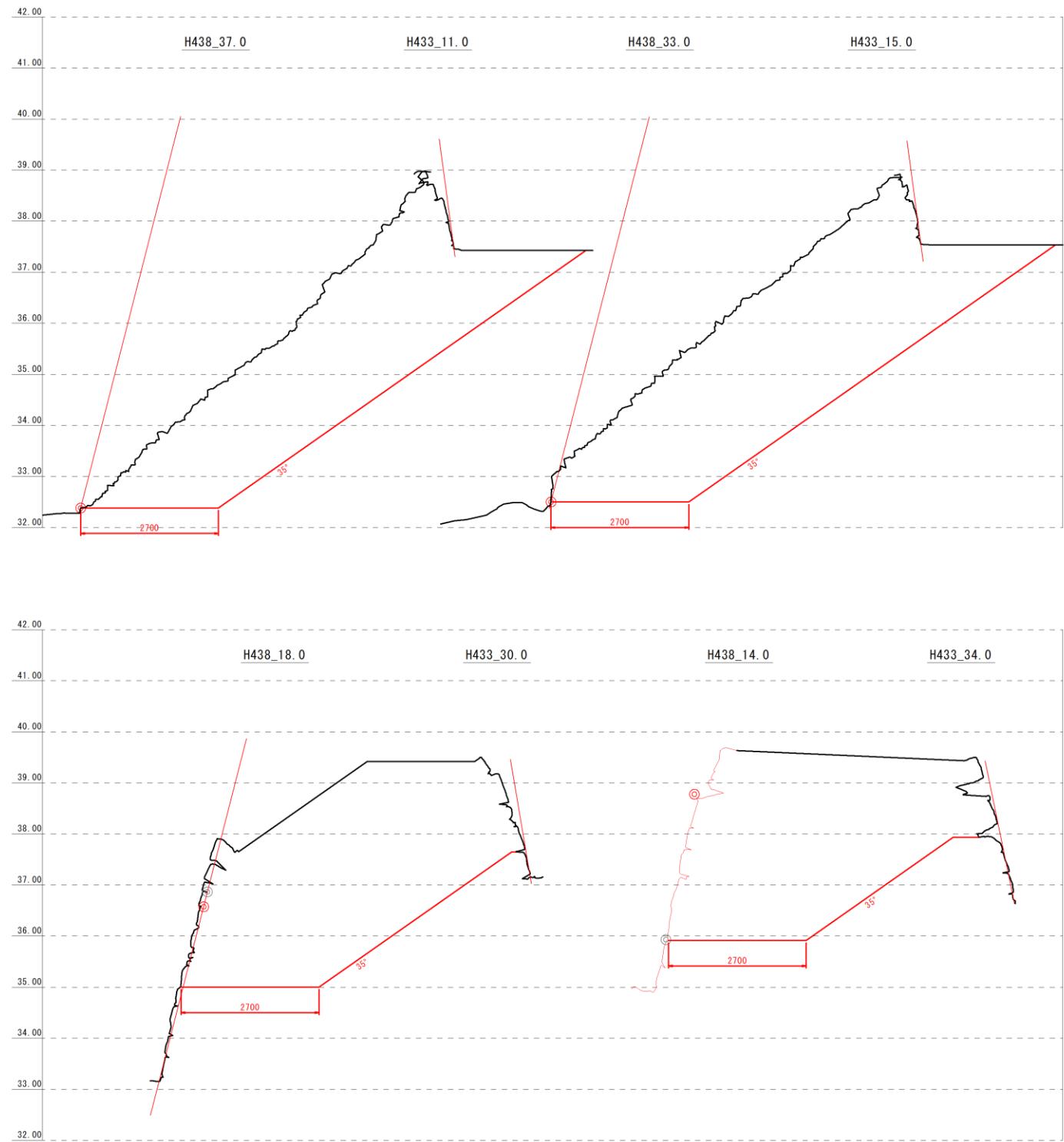
: 断面

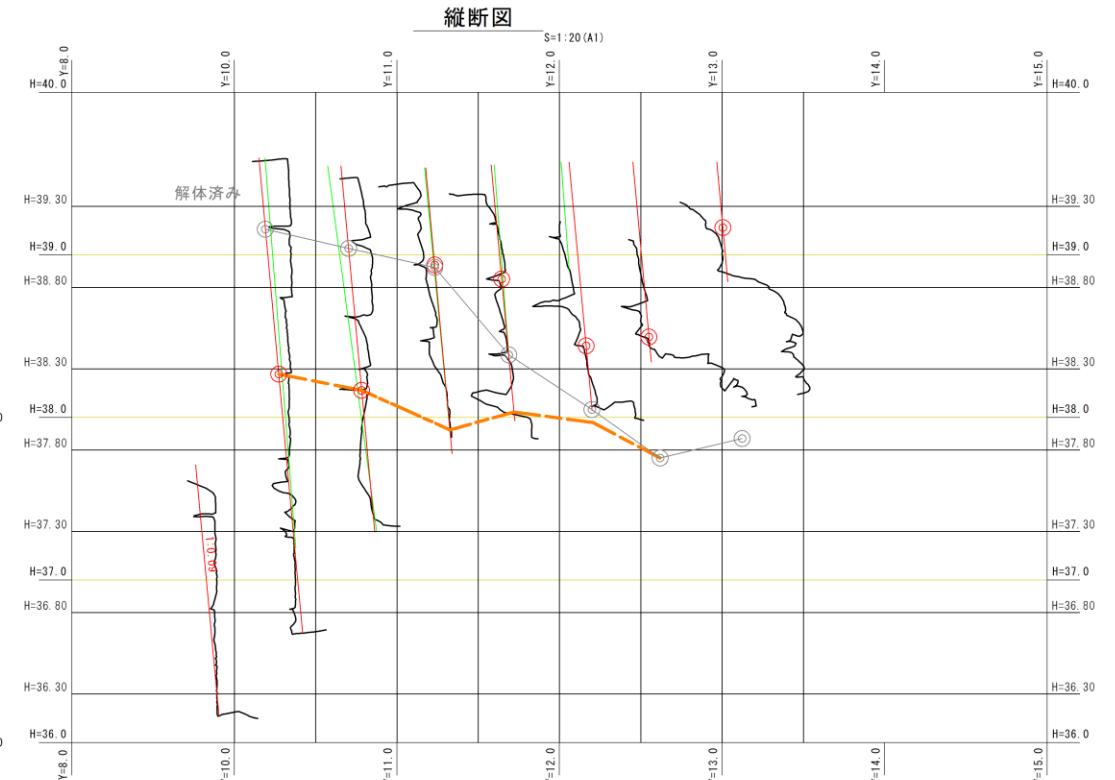
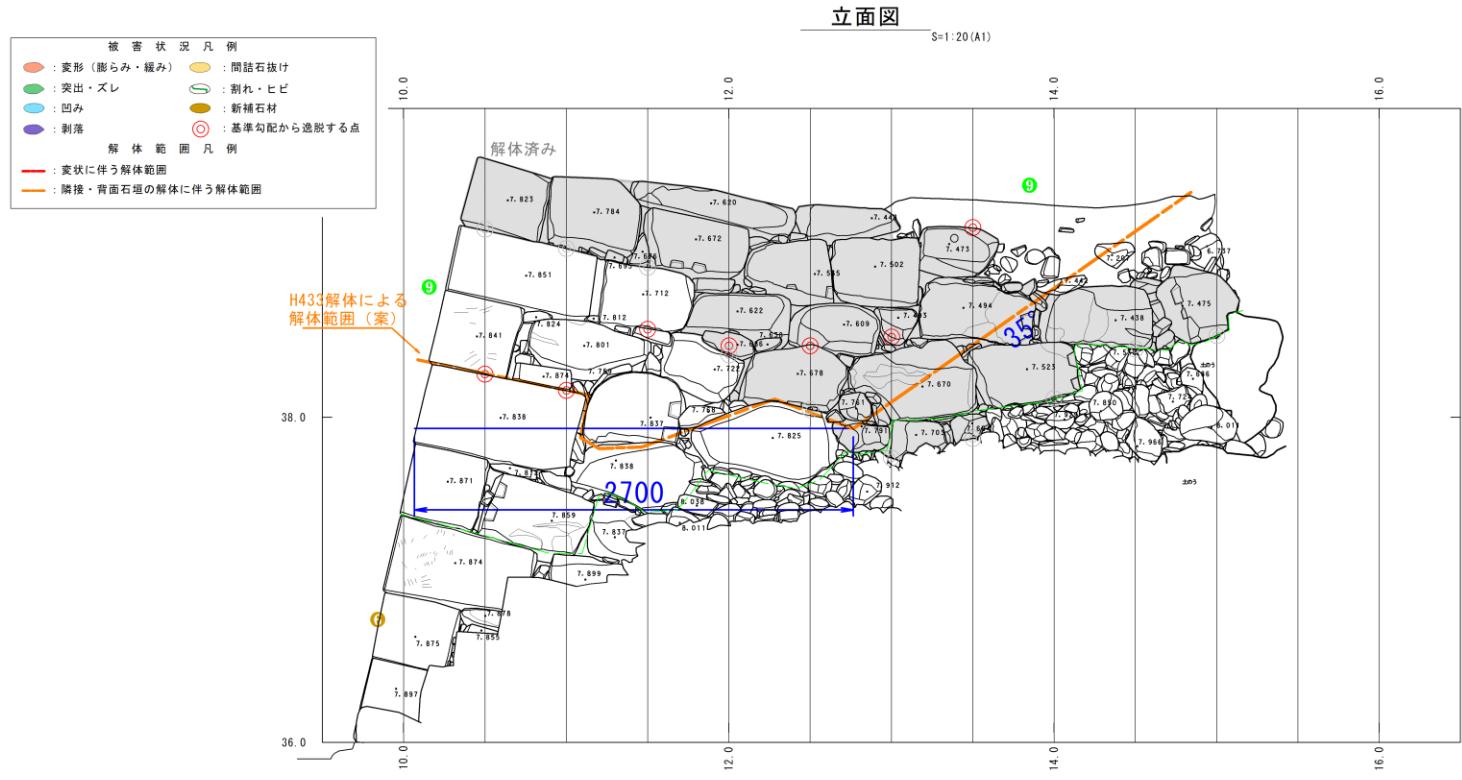
<断面図>



: 掘削影響範囲

縦断面図



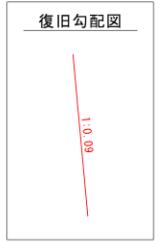


【石垣履歴把握について】

- ⑥ 熊本城石垣 6期 (1632~1871年) 【修理4】 (享保4年)
築石部: 横目地が通らない→方形を呈した築石を積む
- ⑦ 文化財修理 (昭和28年) 【修理7】

【解体修理範囲図の設定】

- ① 当該石垣は令和3年に一部解体済である。
- ② 当該石垣の隣接面H433の解体影響範囲を立面図に図示する。
- ③ 立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。

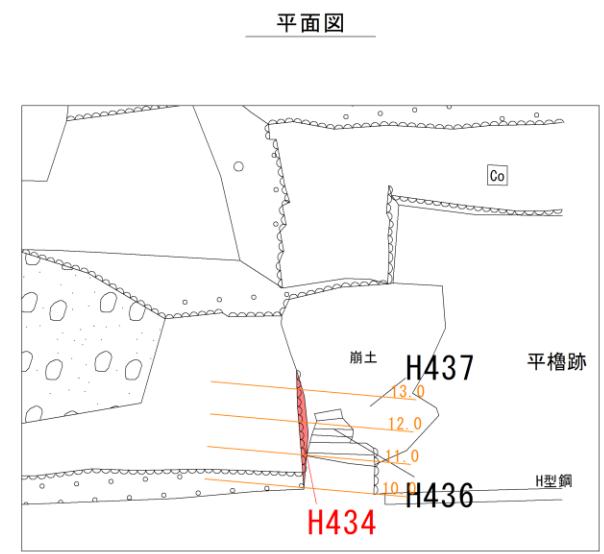
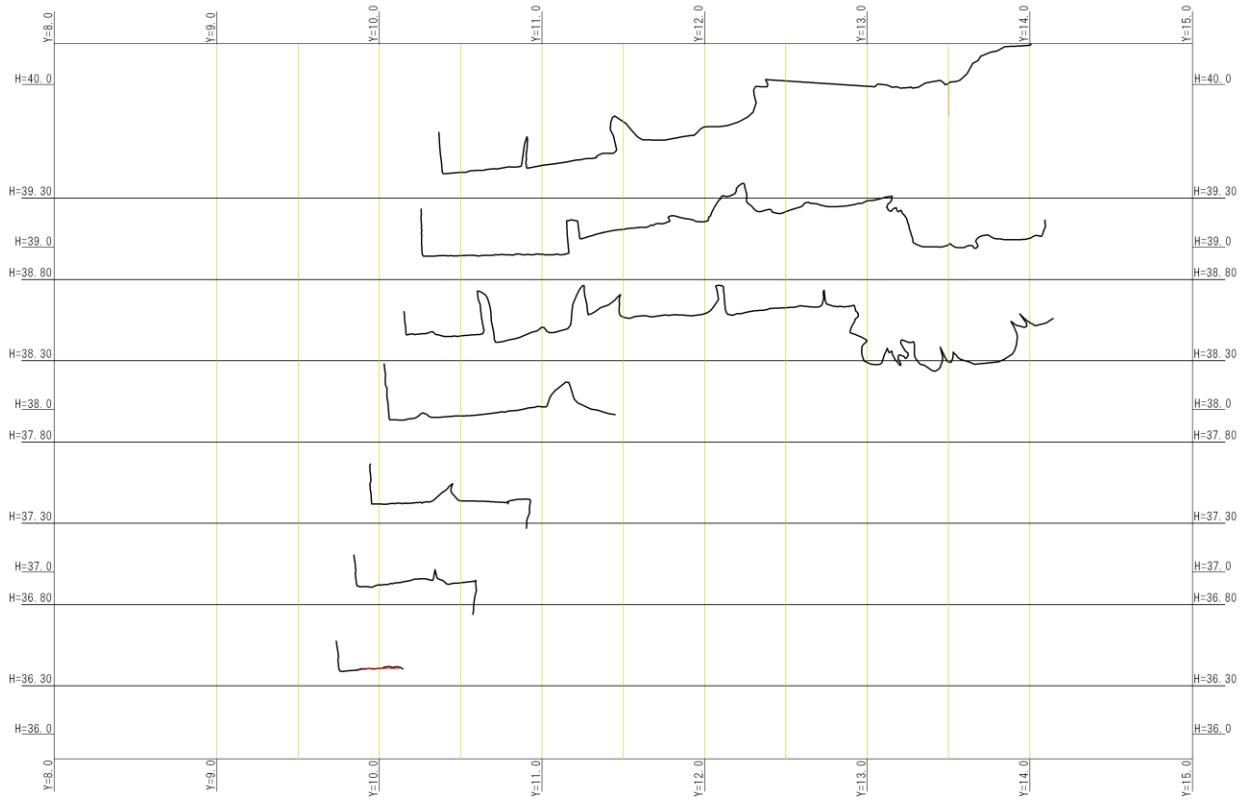


凡例

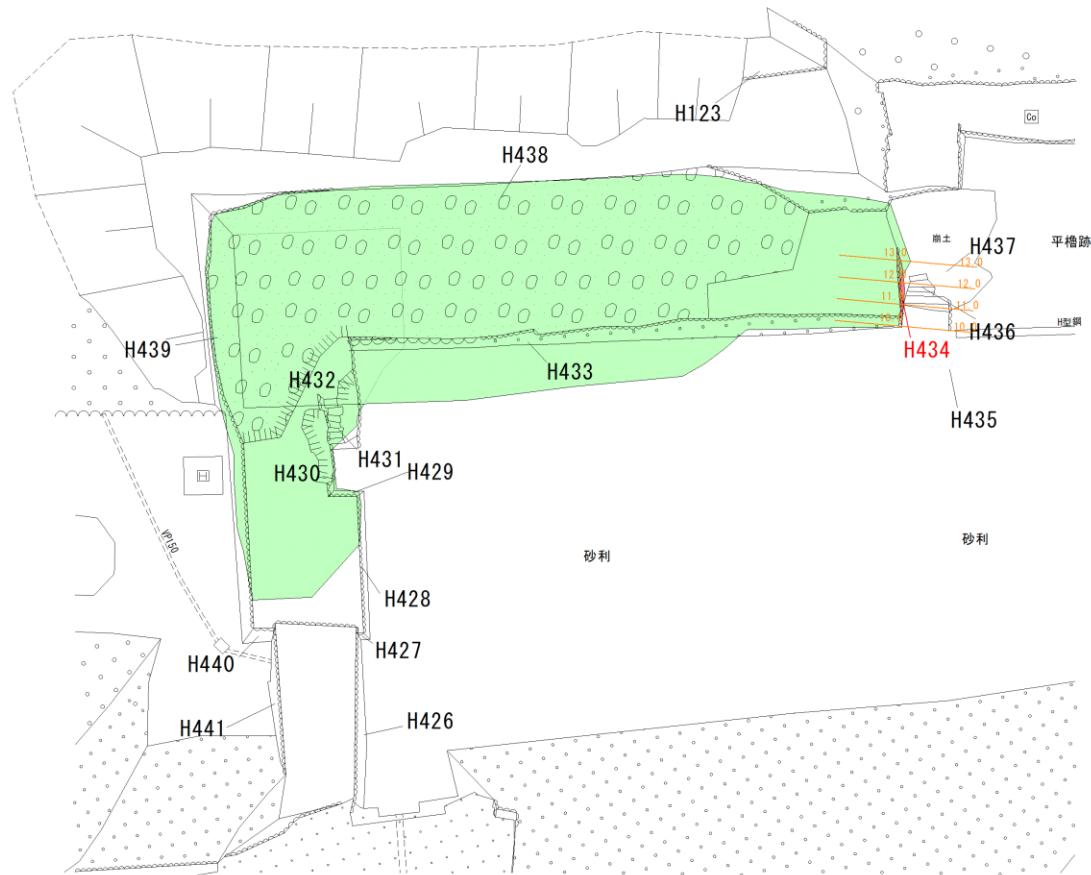
- : 基準勾配
- : 計測結果

【勾配基準設定方法】

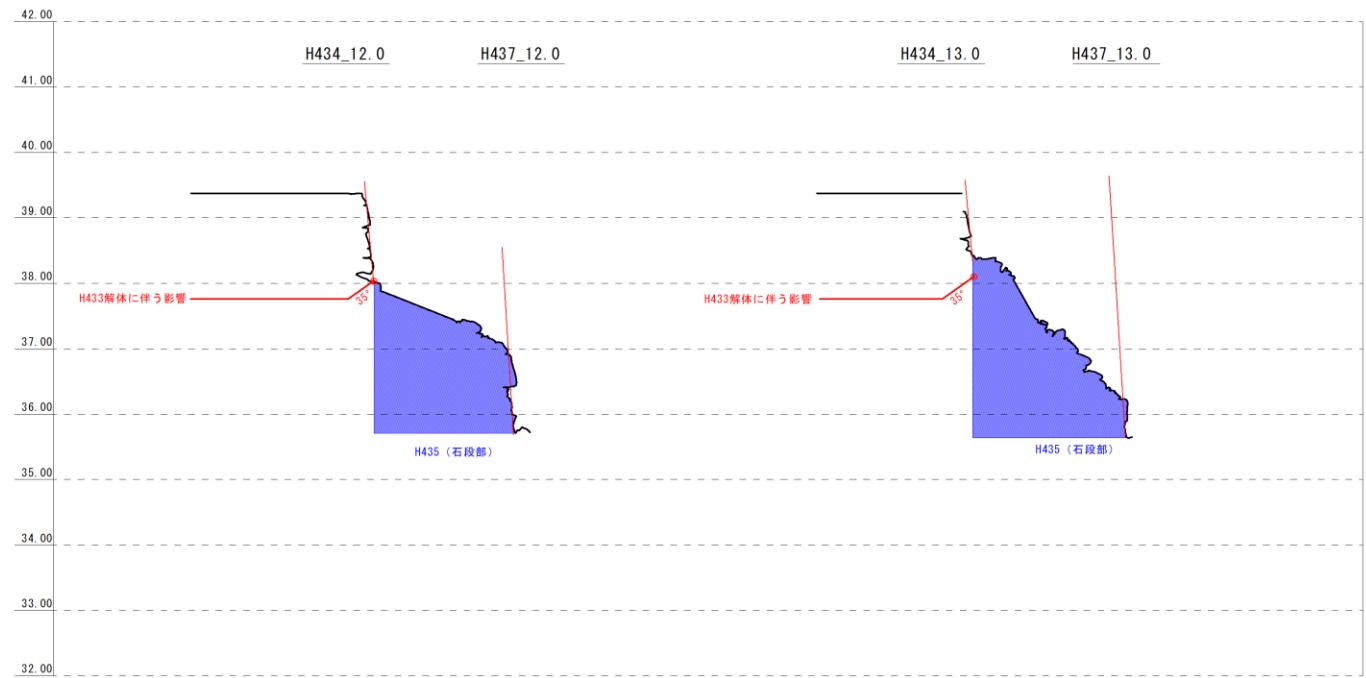
- ・断面計測結果に基づく当該石垣全断面勾配の平均値である1:0.09を採用した。
- ・なお、平均勾配と各断面勾配の差は±1.5°程度であり、同時期に構築された隣接石垣の勾配との乖離も少ない。



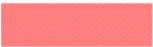
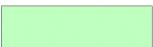
平面図



縦断面図

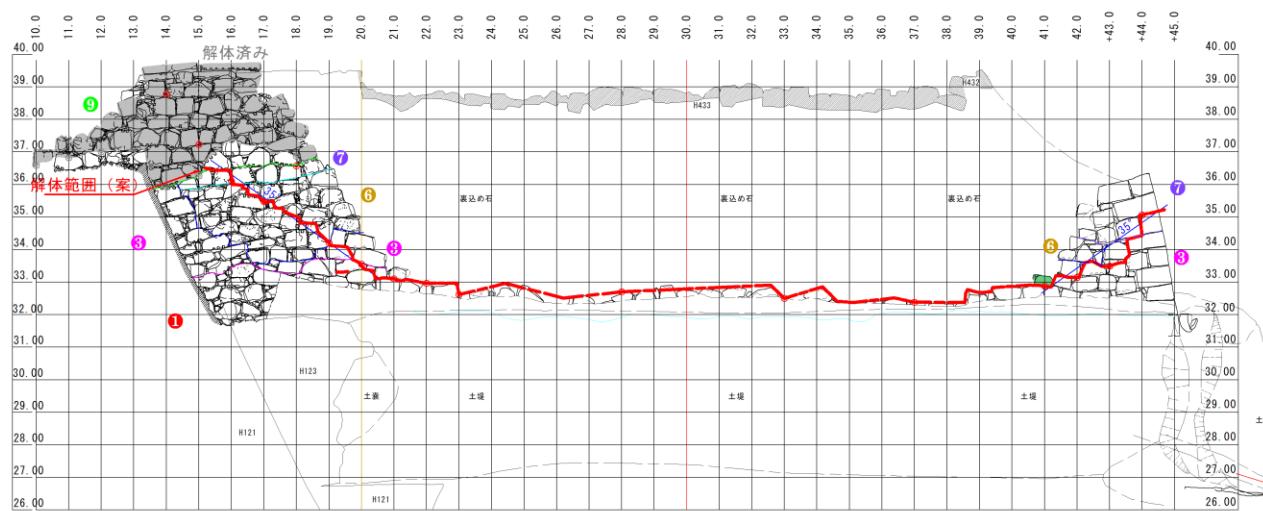


【影響範囲について】
H433を解体するにあたり、解体範囲がH434に影響する。

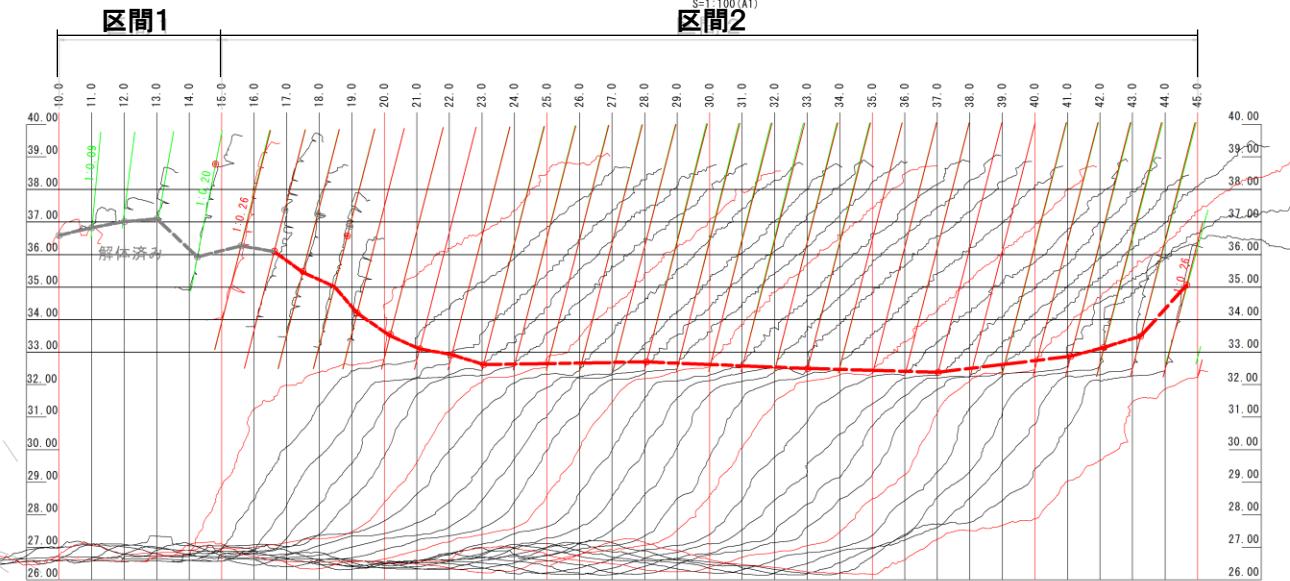
凡 例	
<平面図>	
	: 対象断面
	: 解体範囲
	: 断面
<断面図>	
	: 掘削影響範囲

- 被害状況凡例**
- 変形(膨らみ・緩み)
 - 突出・ズレ
 - 凹み
 - 剥落
 - 間詰石抜け
 - 割れ・ヒビ
 - 新補石材
 - 基準勾配から逸脱する点
- 解体範囲凡例**
- 変状に伴う解体範囲
 - 隣接・背面石垣の解体に伴う解体範囲

立面図 S=1:100(A1)

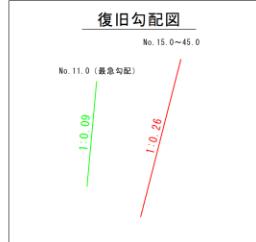


縦断面図 S=1:100(A1)



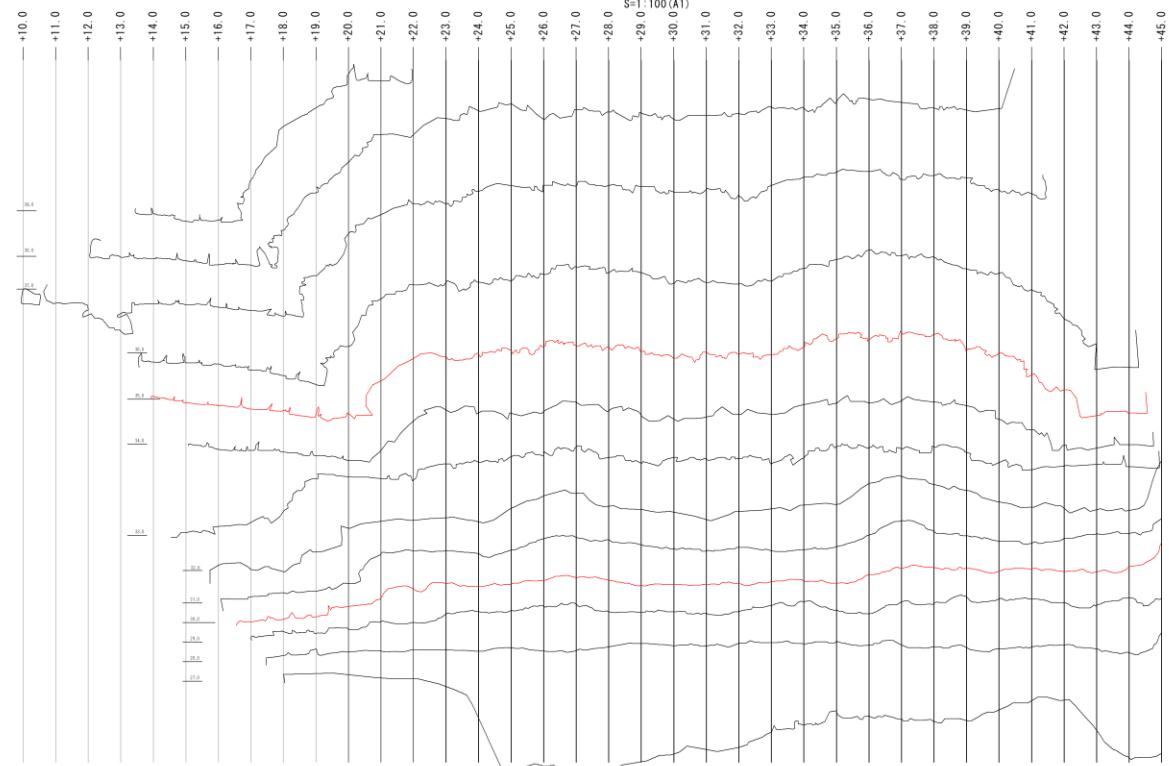
- 【石垣履歴把握について】**
- ①熊本城石垣3期【構築当初】
 - ②熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部:斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
 - ③熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部:横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
 - ④熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部:横目地が通る→方形を呈した築石を積む
 - ⑤文化財修理(昭和28年)【修理7】

- 【解体修理範囲図の設定】**
- ①復旧勾配を縦断面図に重ねる
 - ②復旧勾配を基に縦断面図上で変状開始位置を定める。
 - ③変状開始位置を立面図に投影する。
 - ④変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
 - ⑤立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。
- ※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。

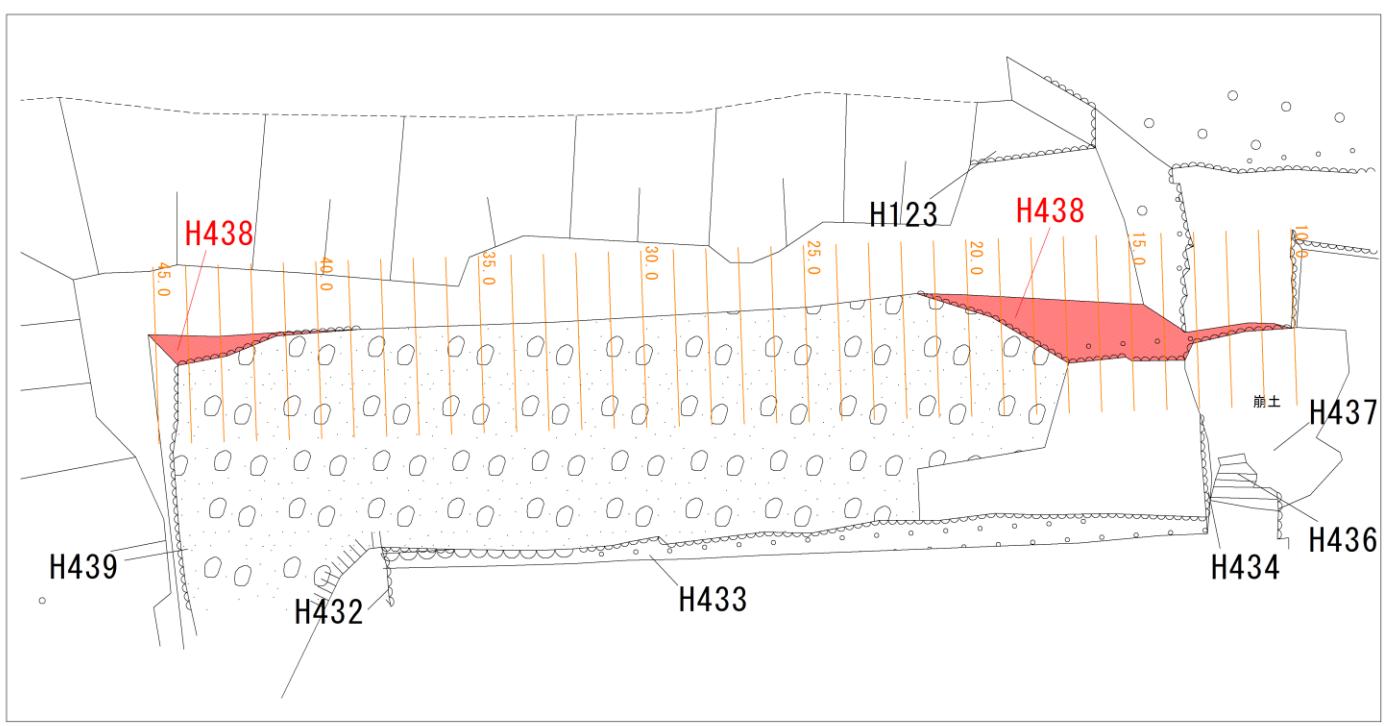


- 【勾配基準設定方法】**
- ・区間を2つに分け、基準勾配を設定した。
 - <区間1 (No. 11~No. 15)>
 - ・断面の計測結果から、No. 11~15は平櫓に近づくにつれて急勾配になっていたため、平均化せず徐々に勾配が変化するように、各断面で計測した勾配を採用した。
 - <区間2 (No. 15~No. 45)>
 - ・断面計測結果に基づく平均値である1:0.26を採用した。

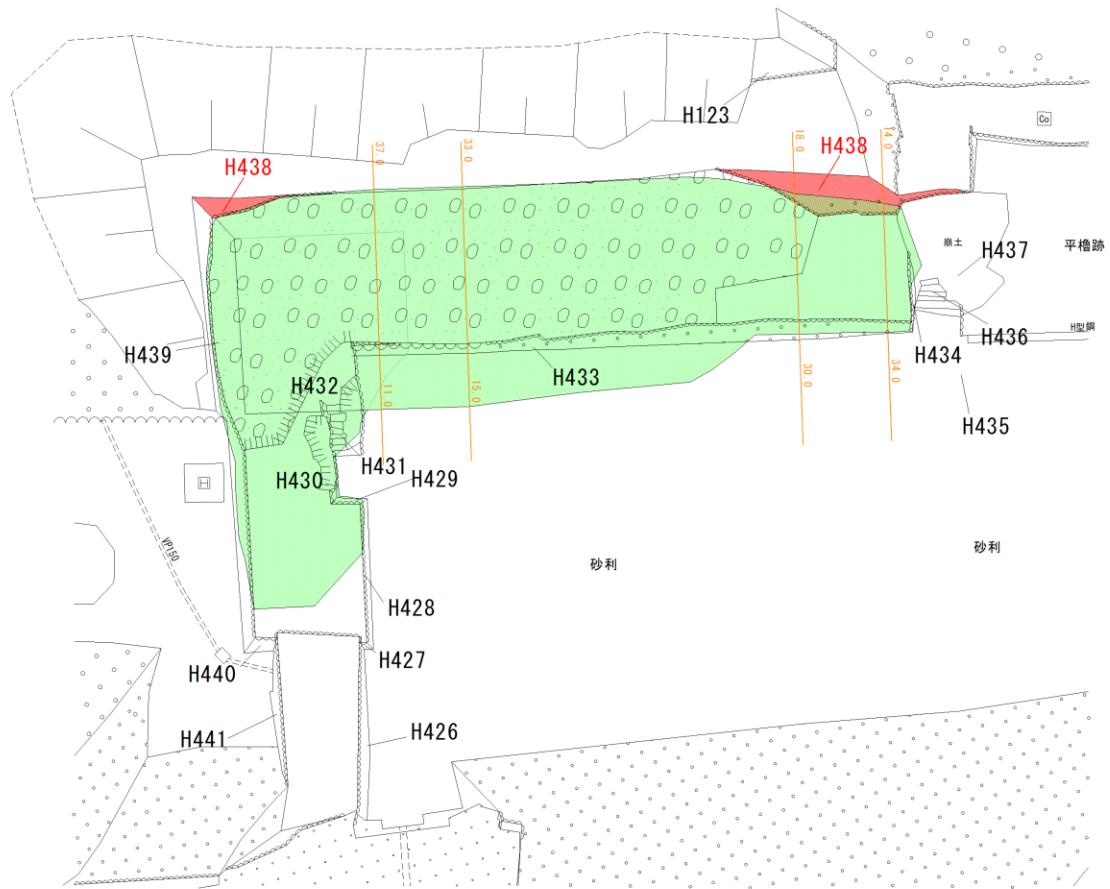
横断面図 S=1:100(A1)



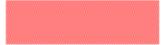
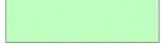
平面図



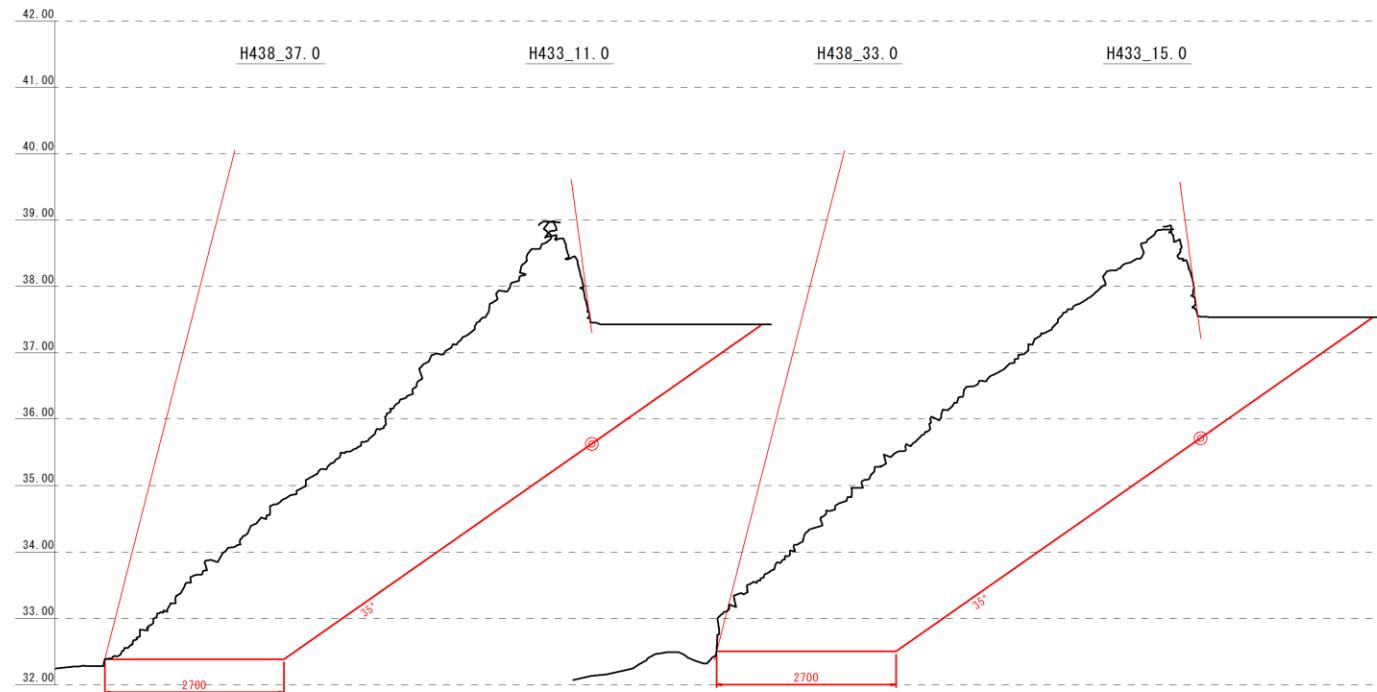
平面図

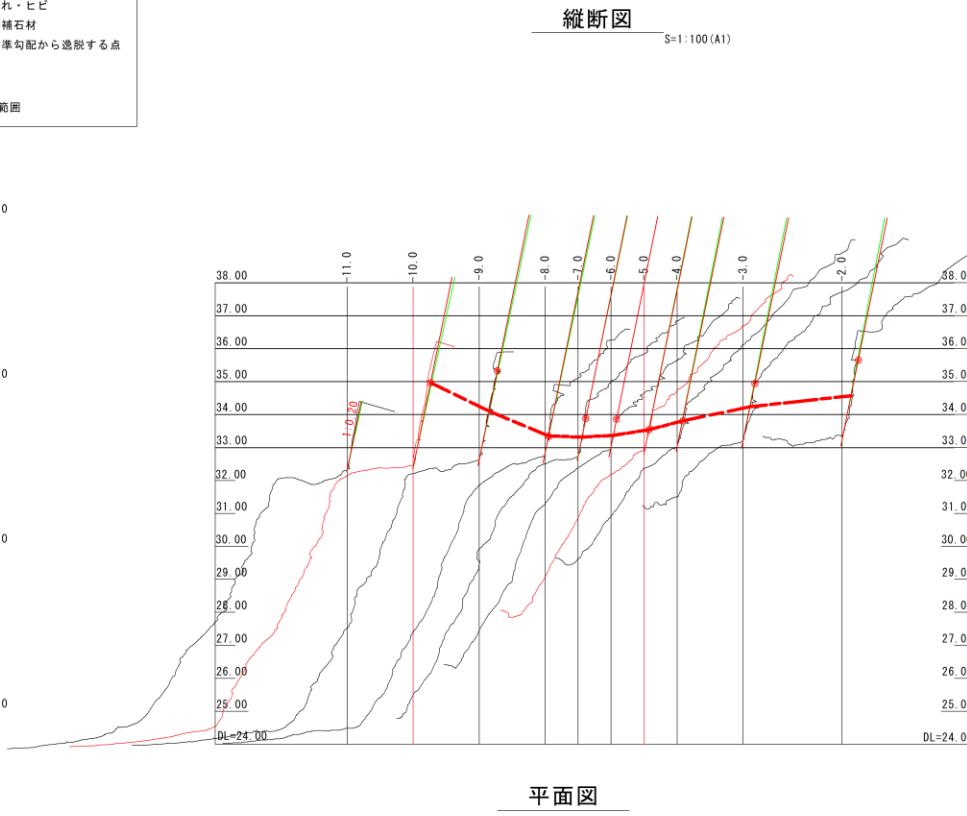
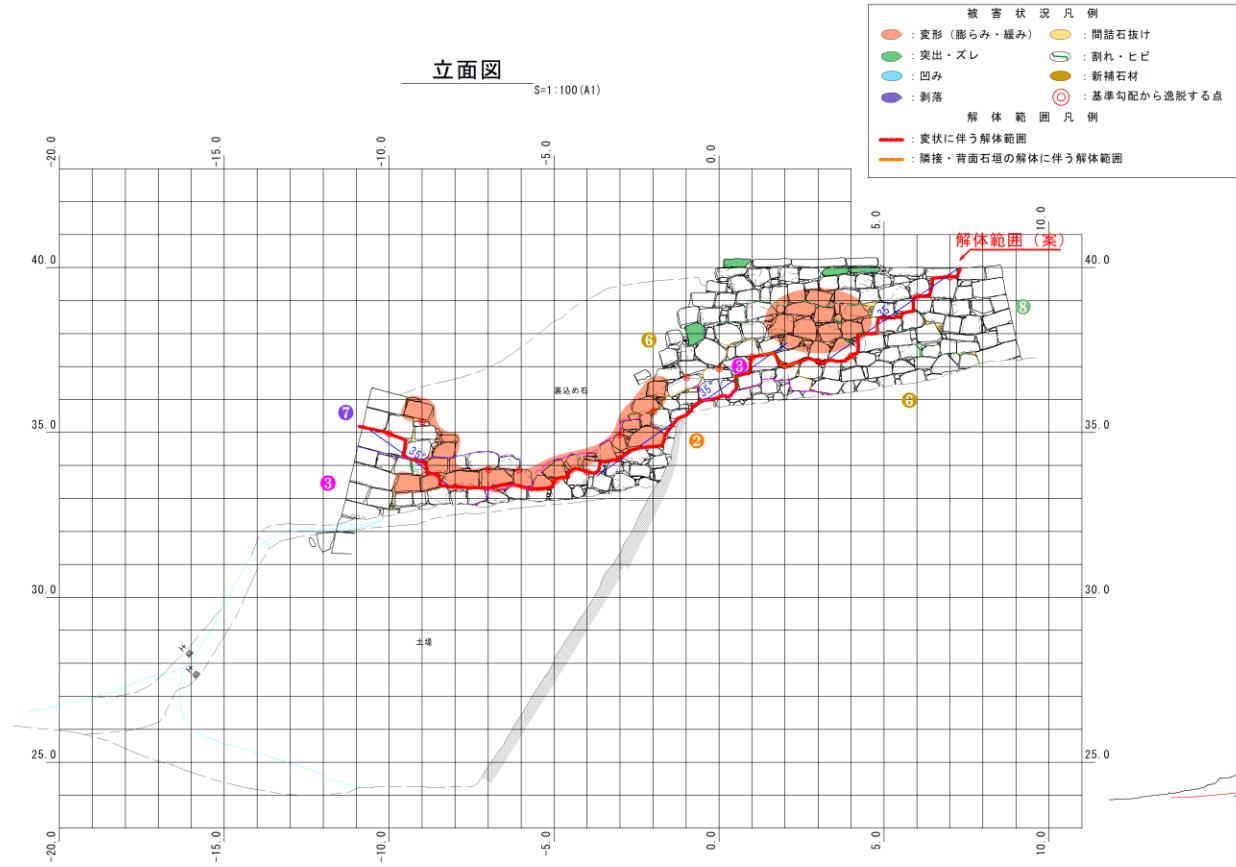


【影響範囲について】
H438を解体するにあたり、解体範囲がH432, H433に影響する。

凡 例	
<平面図>	
	: 対象断面
	: 解体範囲
	: 断面
<断面図>	
	: 掘削影響範囲

縦断面図



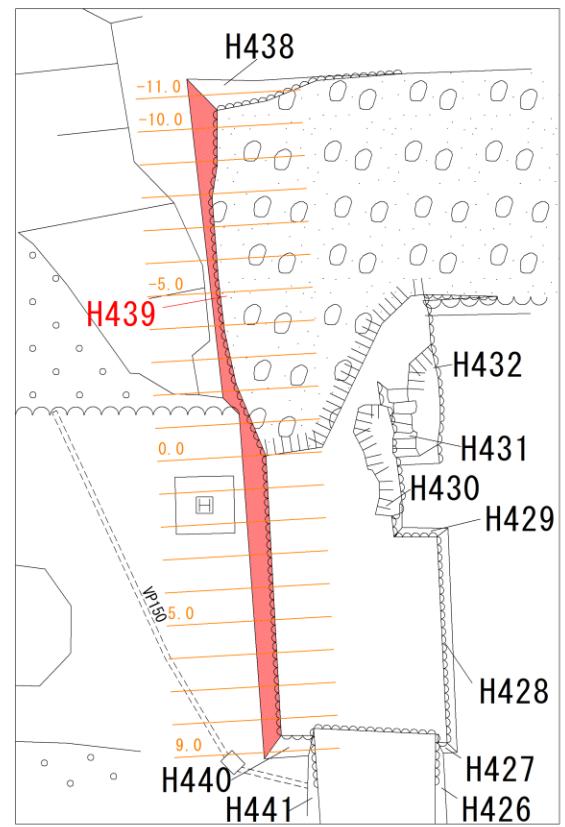
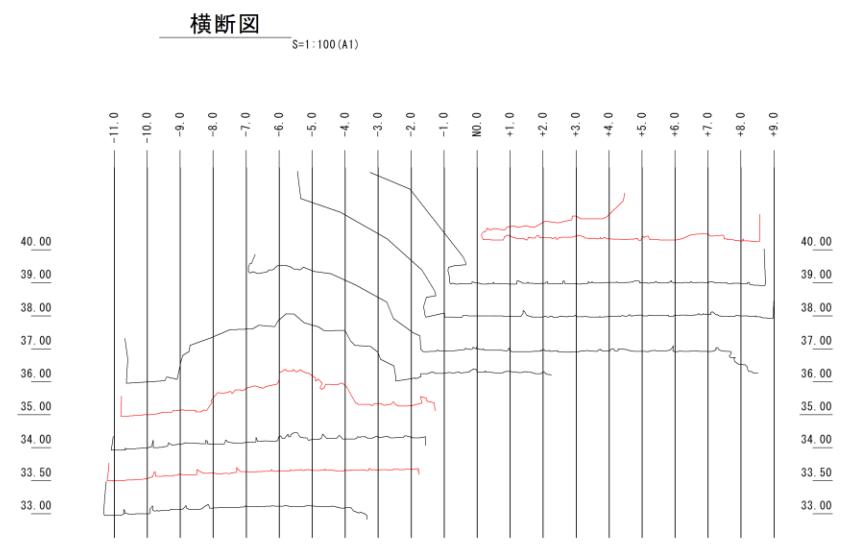


【石垣履歴把握について】

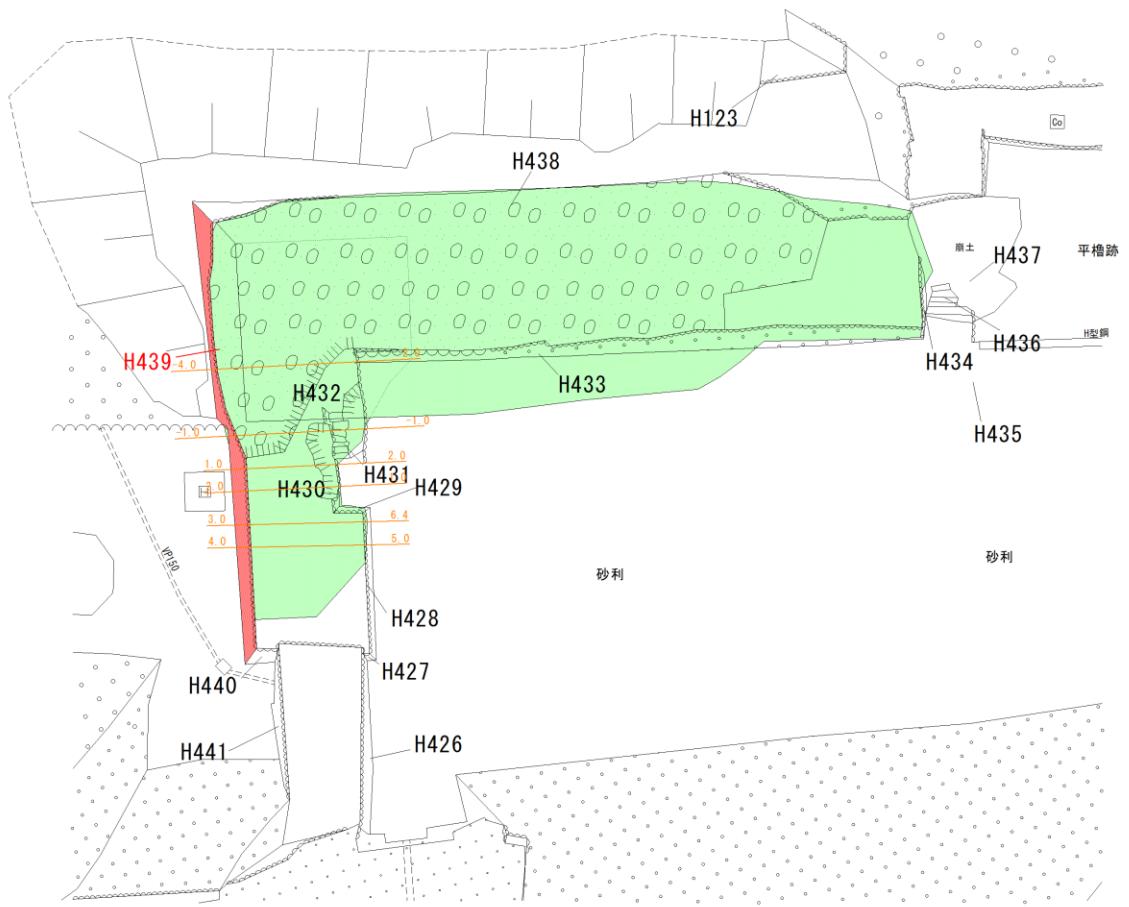
- ②熊本城石垣3期(1607~1611年)【構築当初】
- ③熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理1】
築石部: 斜め方向に横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑥熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理4】(享保4年)
築石部: 横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む
- ⑦熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理5】
築石部: 横目地が通る→方形を呈した築石を積む
- ⑧熊本城石垣6期(1632~1871年)【修理6】
築石部: 横目地が通る→方形を呈した築石を積む

【解体修理範囲図の設定】

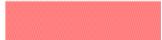
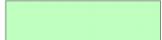
- ①復旧勾配を縦断面図に重ねる
- ②復旧勾配を基に縦断面図上で変状開始位置を定める。
- ③変状開始位置を立面図に投影する。
- ④変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
- ⑤立面図上の解体範囲を縦断面図上に投影する。



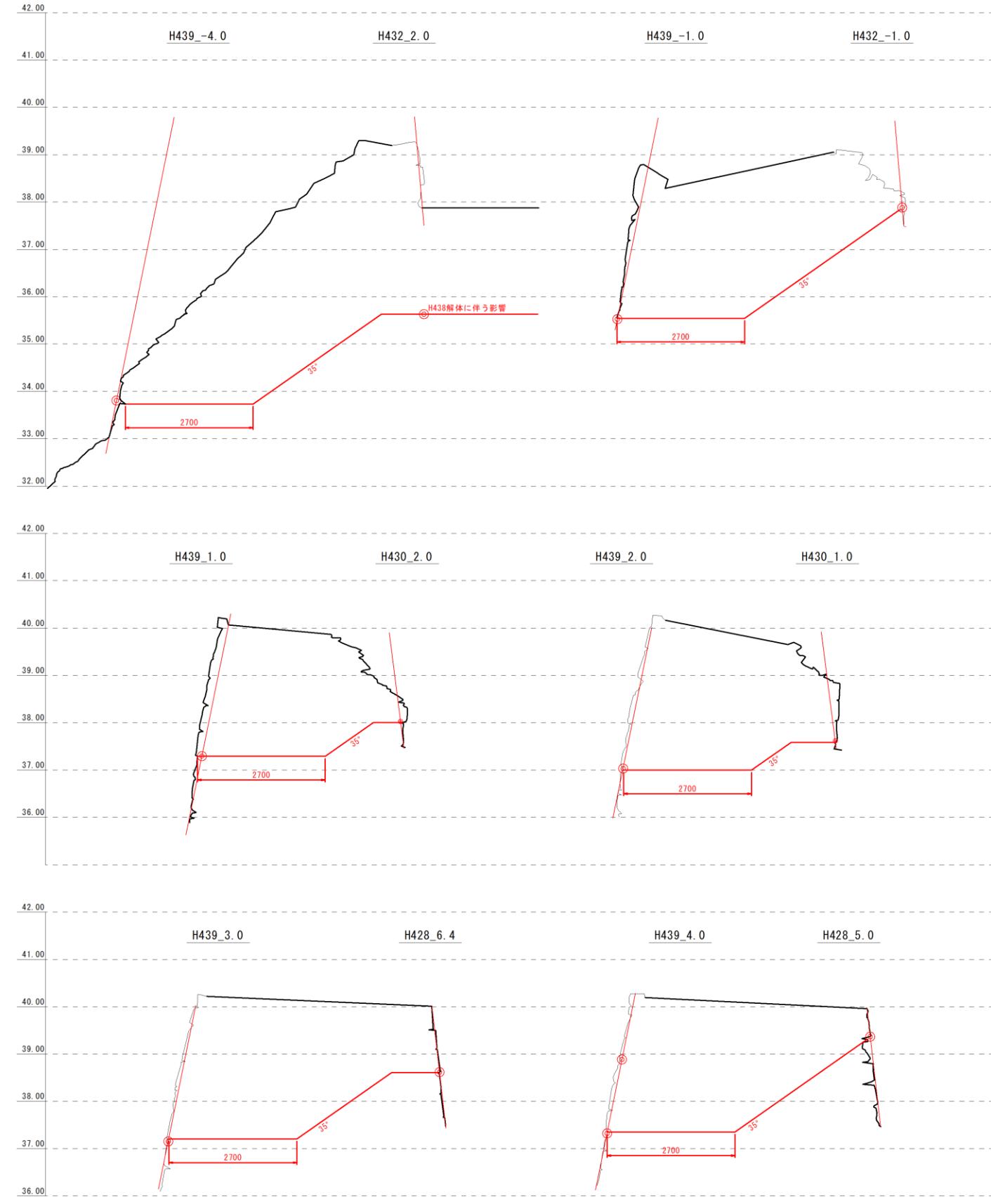
平面図



【影響範囲について】
H430, H439を解体するにあたり、解体範囲がH428, H429, H431に影響する。

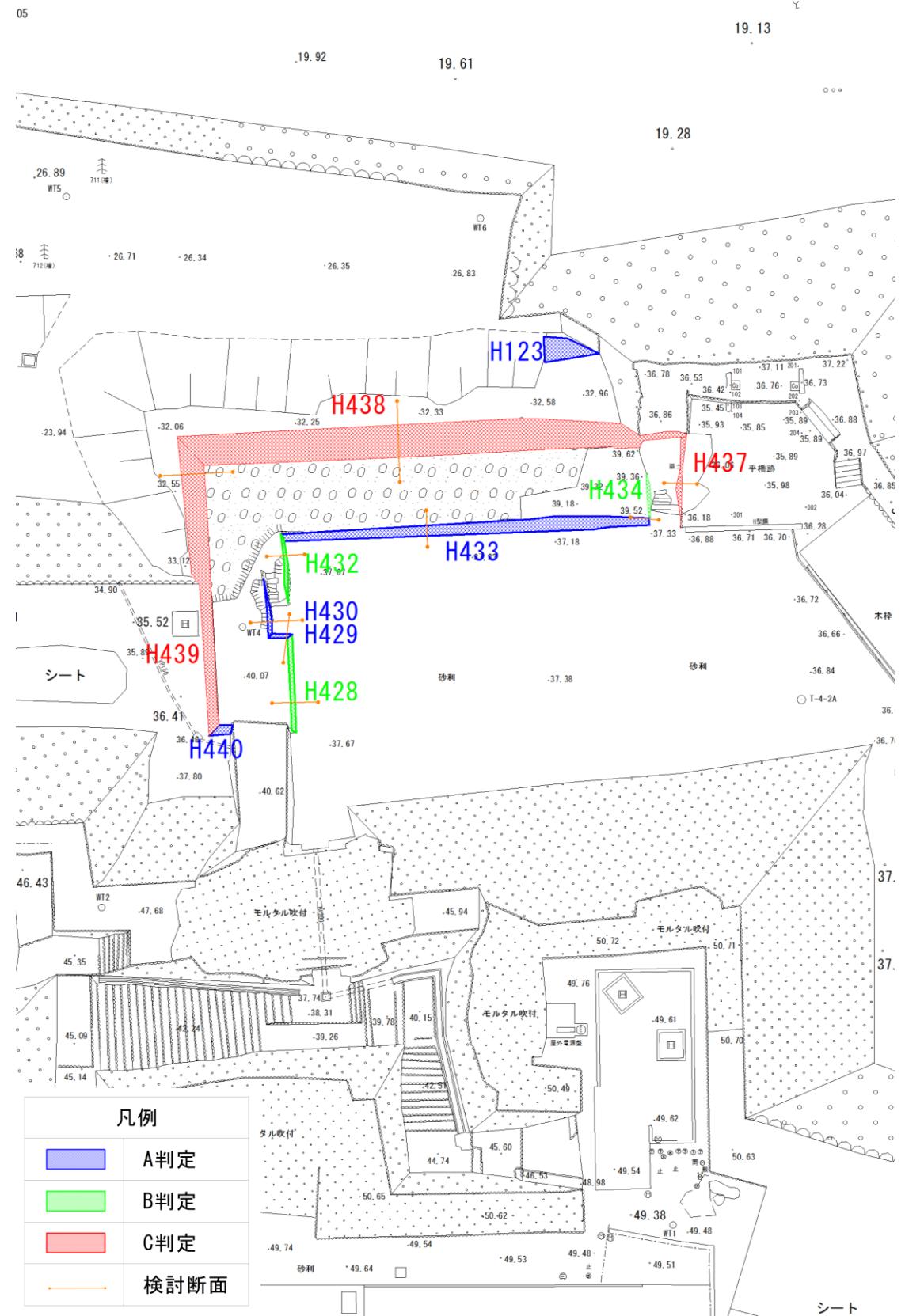
凡 例	
<平面図>	
	: 対象断面
	: 解体範囲
	: 断面
<断面図>	
	: 掘削影響範囲

縦断面図



耐震診断結果一覧

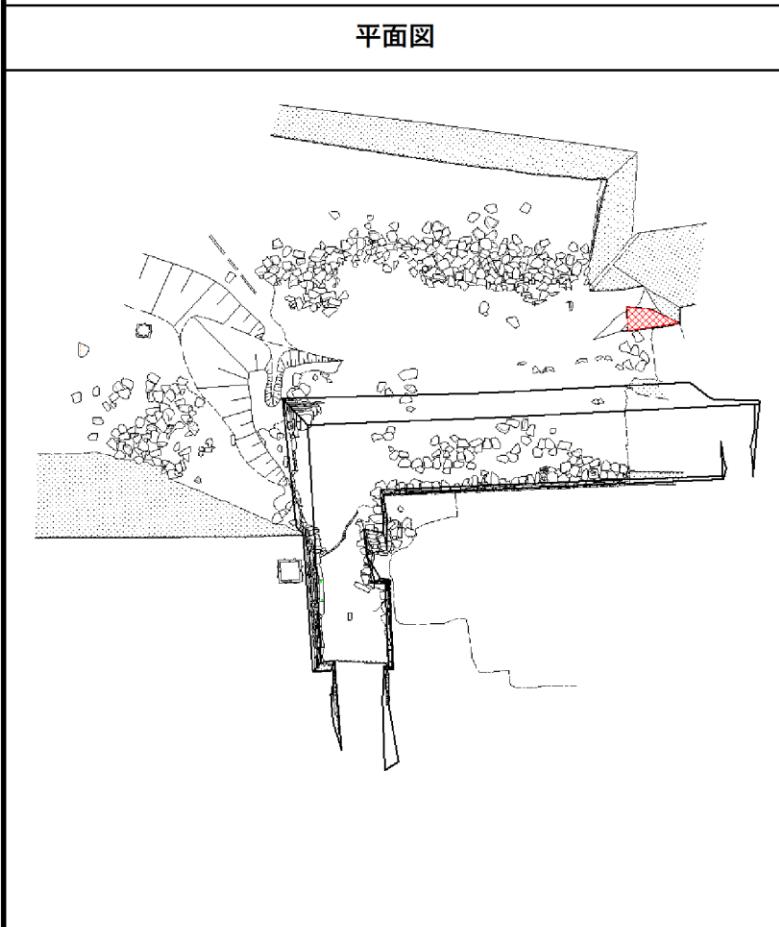
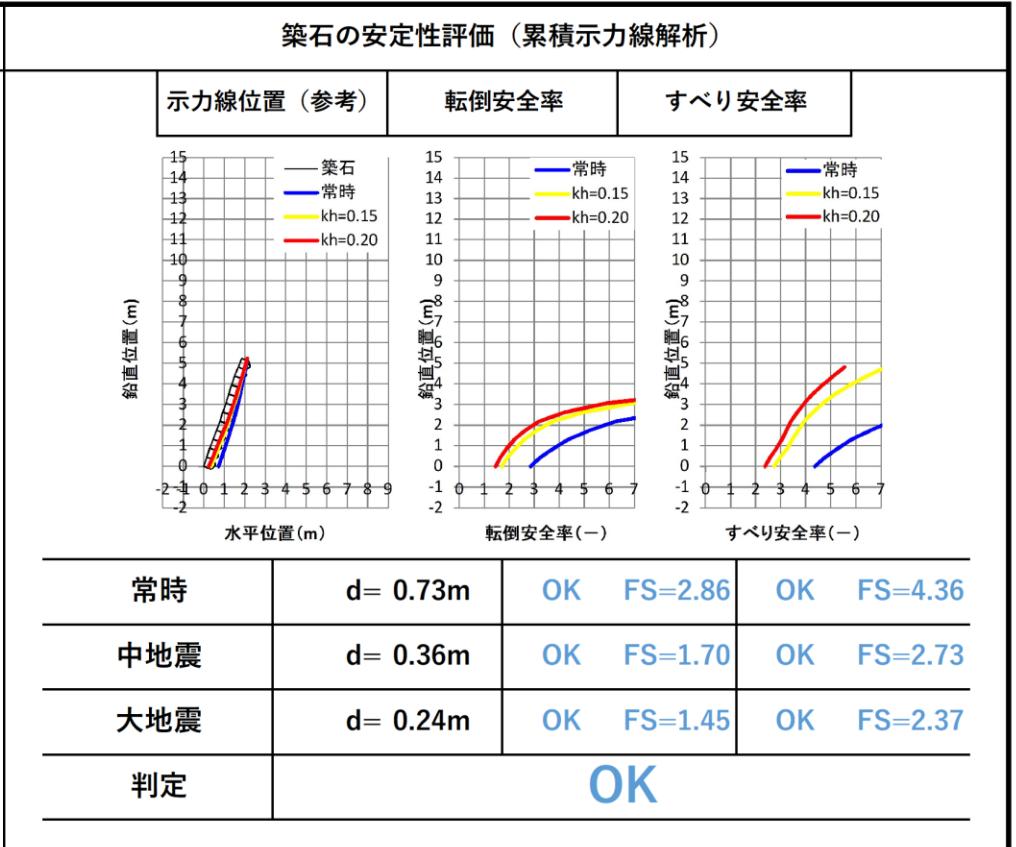
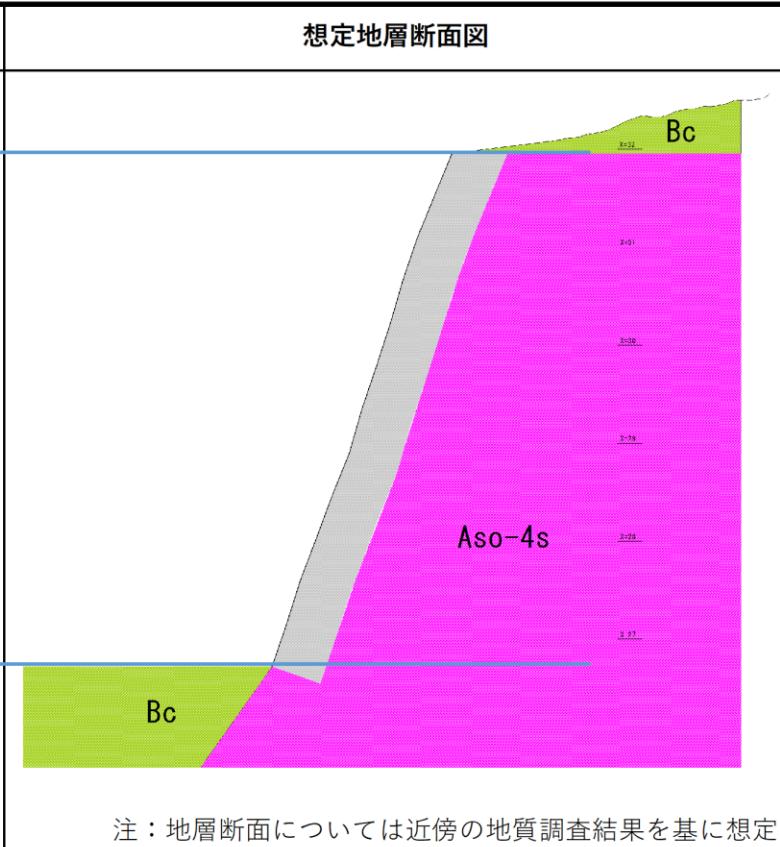
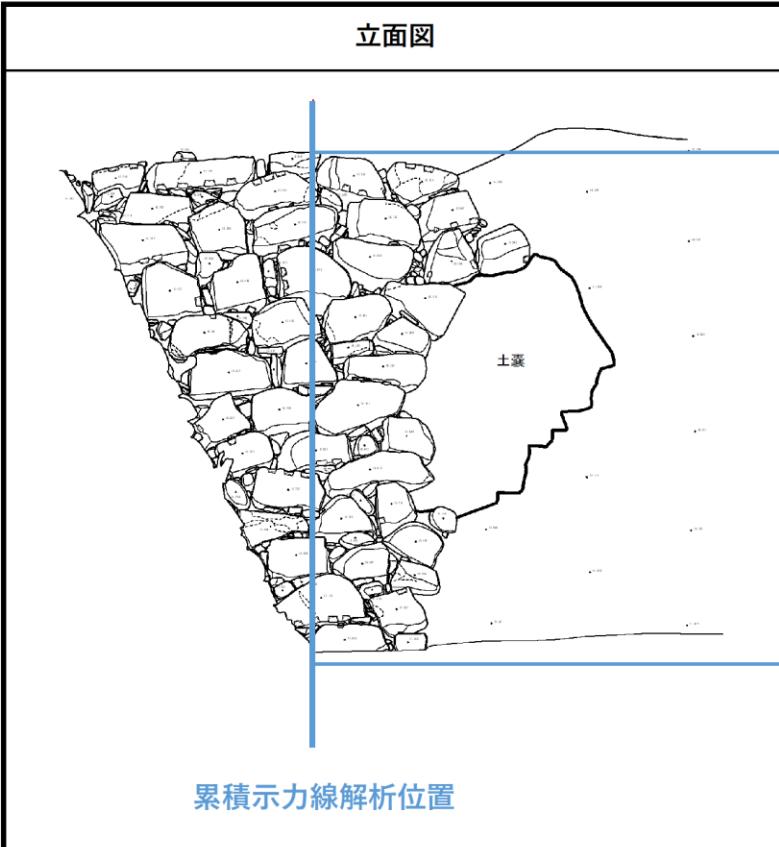
石垣番号	被災状況	①現状での診断					②在来での診断					総合判定	対応方針
		常時/地震時(中/大)	判定項目		円弧すべり安全率	総合判定	常時/地震時(中/大)	判定項目		円弧すべり安全率	総合判定		
			示力線					示力線					
			転倒安全率	すべり安全率				転倒安全率	すべり安全率				
H123	変状なし	常時 OK	OK	-	A	常時 -	-	-	A	対応不要			
H428	変状	中規模 OK	OK	-	B	中規模 -	-	-	B	継続監視			
		大規模 OK	OK			大規模 -	-						
		大規模 NG	OK			大規模 -	-						
H429	変状なし	常時 OK	OK	-	A	常時 -	-	-	A	対策不要			
		中規模 OK	OK			中規模 -	-						
		大規模 OK	OK			大規模 -	-						
H430	崩壊	常時 -	-	-	A	常時 OK	OK	-	A	解体修理			
		中規模 -	-			中規模 OK	OK						
		大規模 -	-			大規模 OK	OK						
H432	崩壊	常時 -	-	-	B	常時 OK	OK	-	B	解体修理 継続監視			
		中規模 -	-			中規模 OK	OK						
		大規模 -	-			大規模 NG	OK						
H433	崩壊	常時 -	-	-	A	常時 OK	OK	-	A	解体修理			
		中規模 -	-			中規模 OK	OK						
		大規模 -	-			大規模 OK	OK						
H434	崩壊	常時 -	-	-	B	常時 OK	OK	-	B	解体修理 継続監視			
		中規模 -	-			中規模 OK	OK						
		大規模 -	-			大規模 NG	OK						
H437	崩壊	常時 -	-	-	C	常時 NG	OK	-	C	解体修理 安全対策検討			
		中規模 -	-			中規模 NG	OK						
		大規模 -	-			大規模 NG	OK						
H438	崩壊	常時 -	-	-	C	常時 NG	OK	-	C	解体修理 安全対策検討			
		中規模 -	-			中規模 NG	OK						
		大規模 -	-			大規模 NG	OK						
H439	崩壊	常時 -	-	-	C	常時 NG	OK	-	C	解体修理 安全対策検討			
		中規模 -	-			中規模 NG	OK						
		大規模 -	-			大規模 NG	OK						
H440	変状なし	常時 OK	OK	-	A	常時 -	-	-	A	-			
		中規模 OK	OK			中規模 -	-						
		大規模 OK	OK			大規模 -	-						



結果総括

【①現状での診断】
 ・崩落等により断面欠損が生じていない石垣を対象として「①現状での診断」を実施した。
 ・孕み等の変状が見られるH428においては**B判定**、その他の石垣については**A判定**となった。
 ⇒H428については軽微な変状であるため、今後も継続的な監視により対応する。

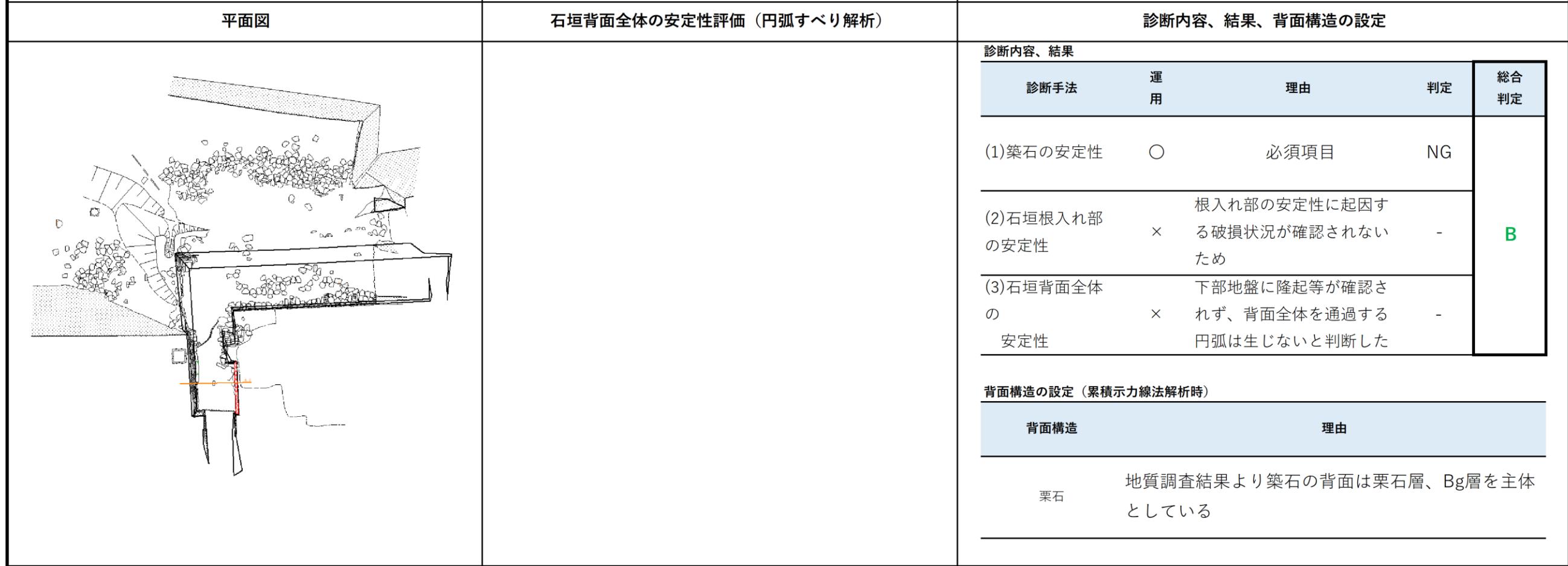
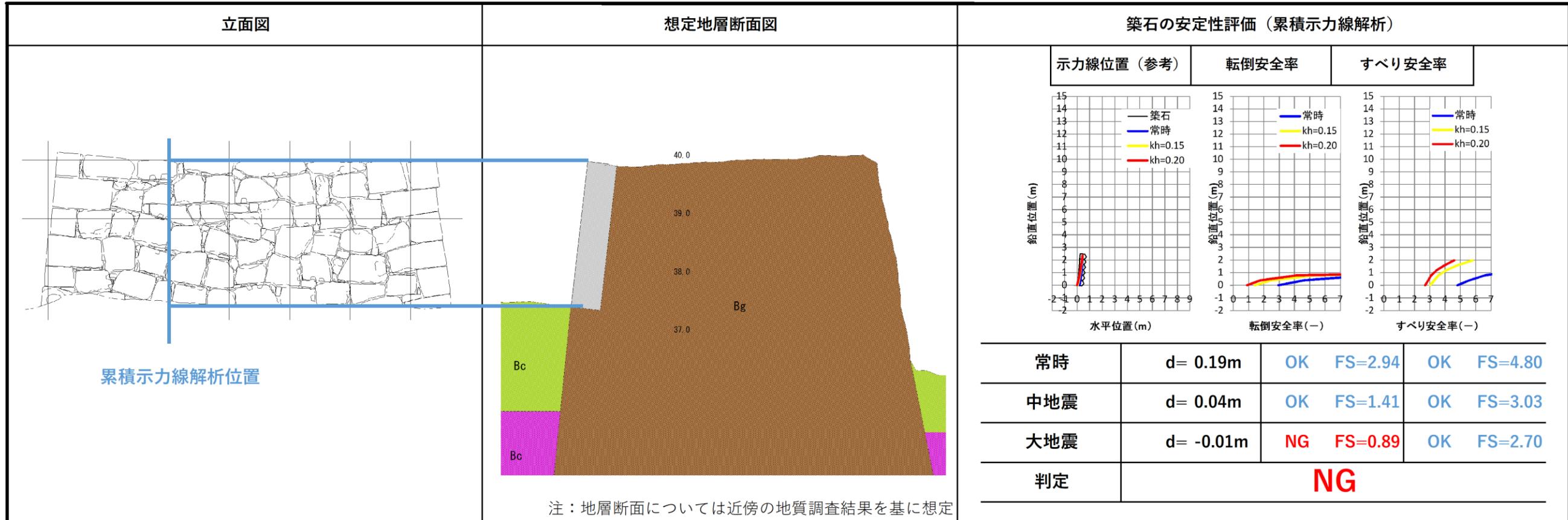
【②在来での診断】(今回提示の解体範囲案を基に作成)
 ・崩落石垣について、復旧のための基準勾配を設定し、「②在来での診断」を実施した。
 ・解体を有する崩落箇所の内、H434(平櫓近傍階段)は**B判定**、H437(平櫓近傍)・H438・H439(大規模な崩落箇所)が**C判定**となった。
 ・今後はC判定となった石垣について、修理検討フロー「安全対策の検討」に移行し検討を行う。



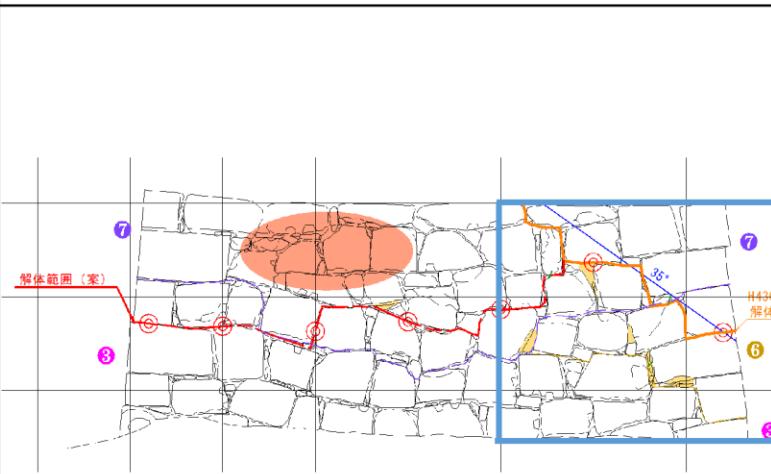
石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	
背面構造の設定 (累積示力線法解析時)				
背面構造	理由			
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4s層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。			

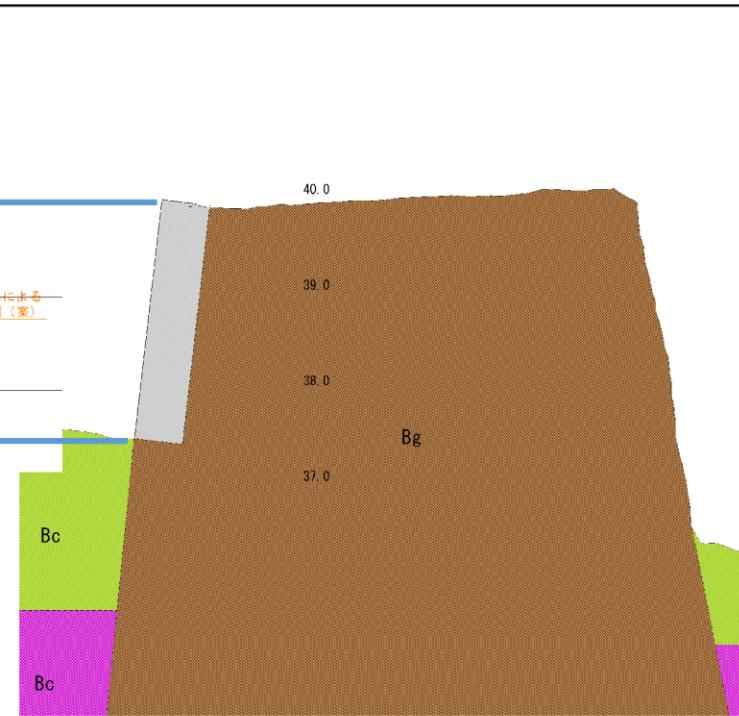


立面図



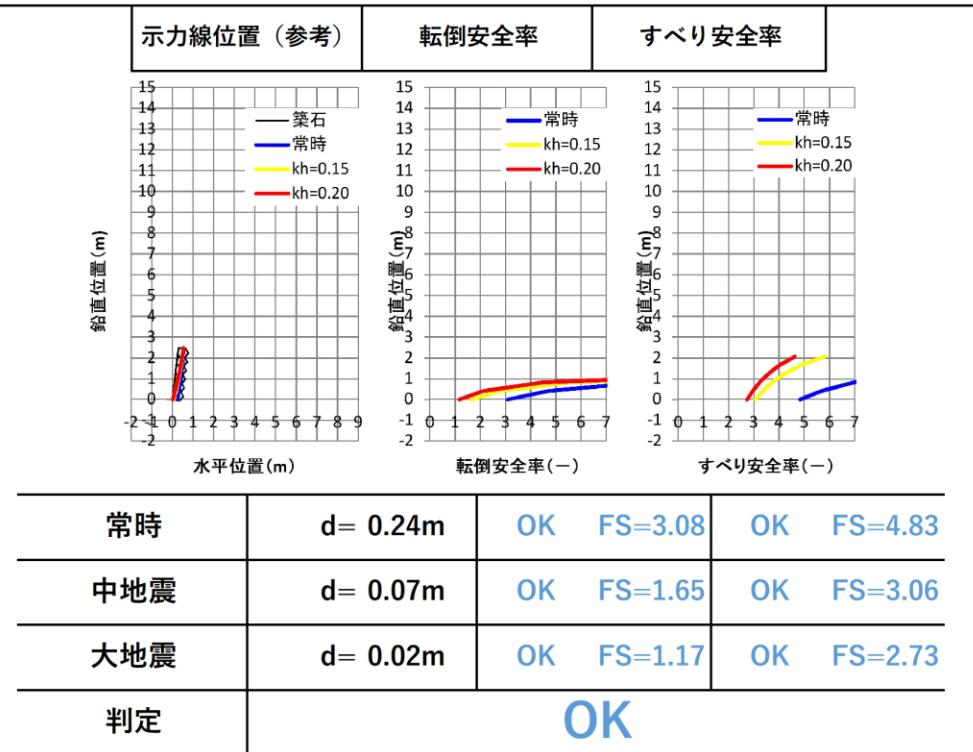
累積示力線解析位置

想定地層断面図

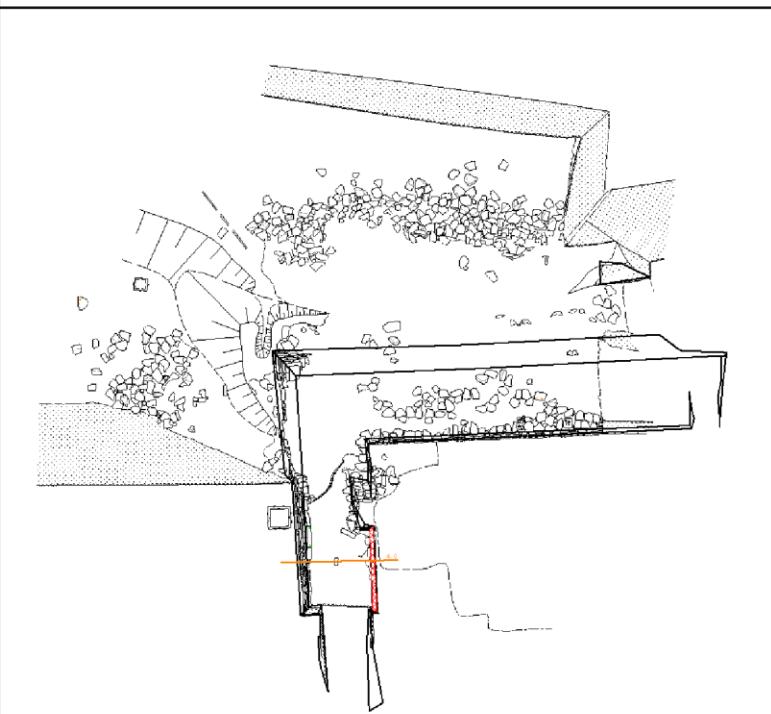


注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価(累積示力線解析)



平面図

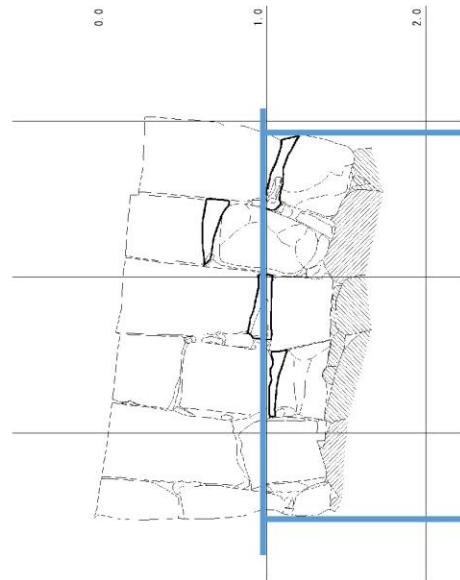


石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

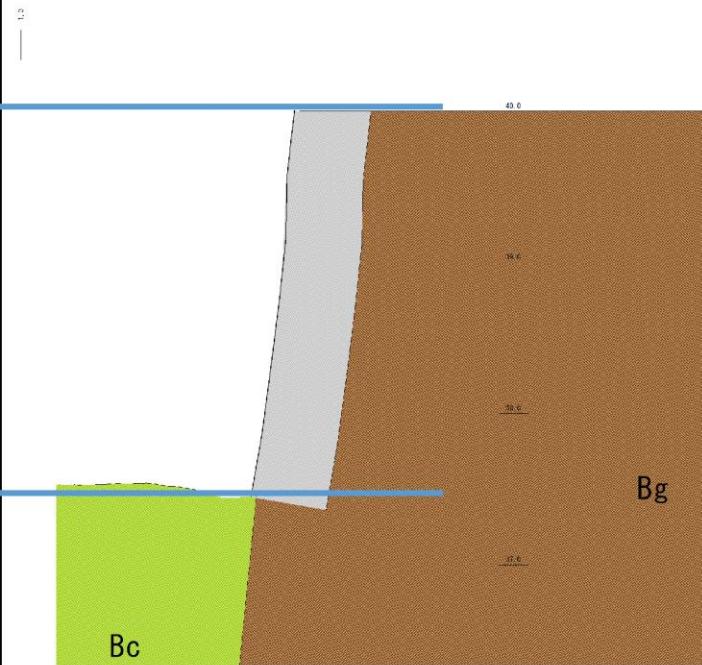
診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	
背面構造の設定(累積示力線法解析時)				
背面構造	理由			
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている			

立面図



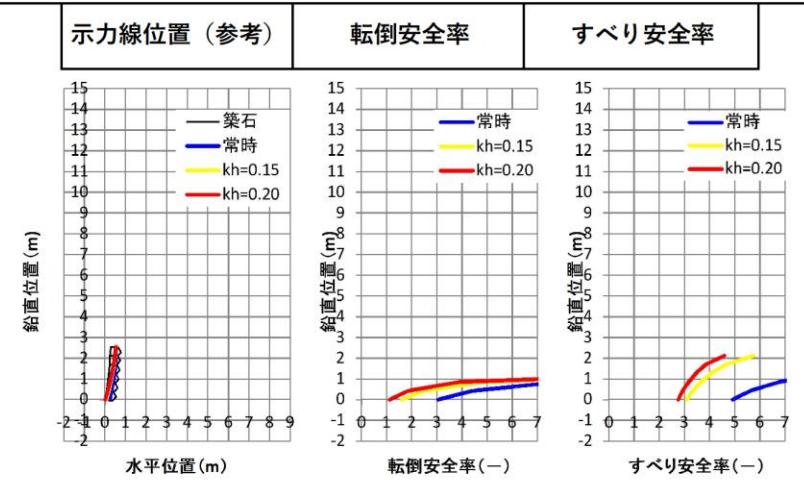
累積示力線解析位置

想定地層断面図



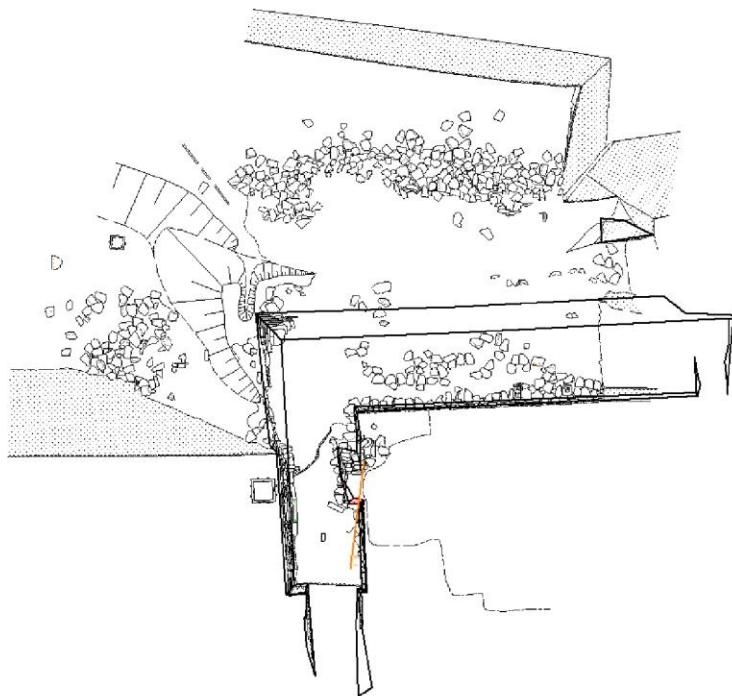
注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価(累積示力線解析)



示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率	
常時	d= 0.24m	OK FS=3.06	OK FS=4.91
中地震	d= 0.07m	OK FS=1.61	OK FS=3.09
大地震	d= 0.01m	OK FS=1.12	OK FS=2.75
判定	OK		

平面図



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

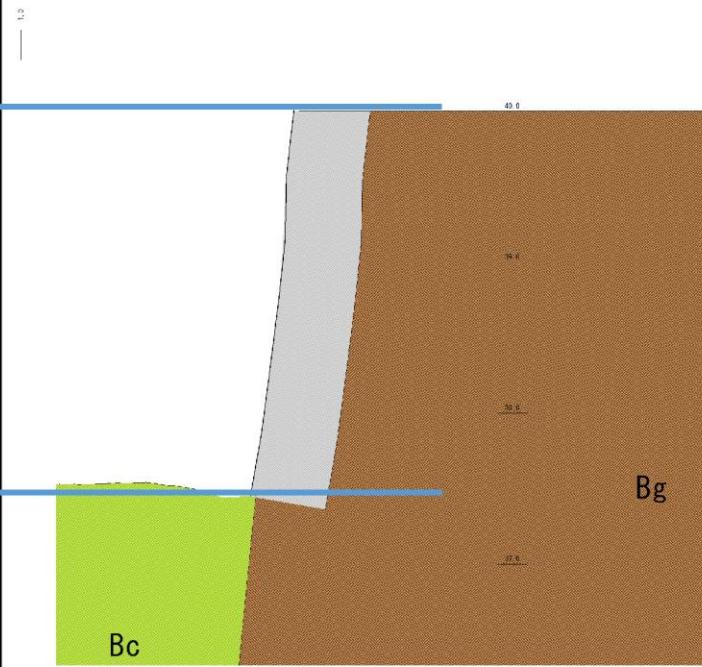
背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図



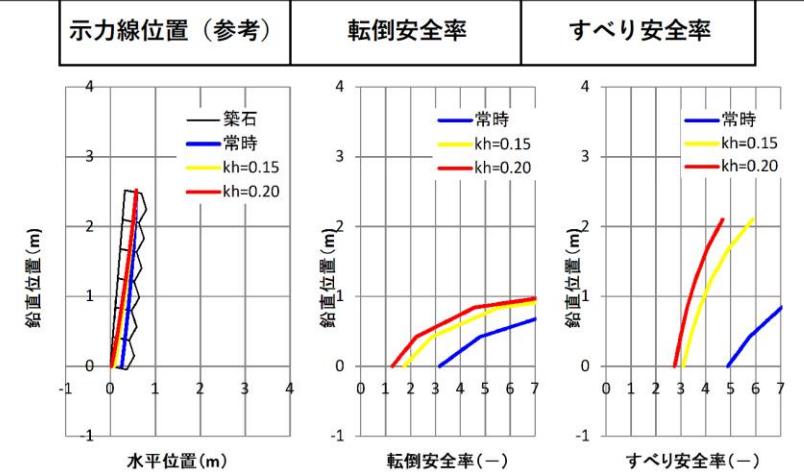
累積示力線解析位置

想定地層断面図



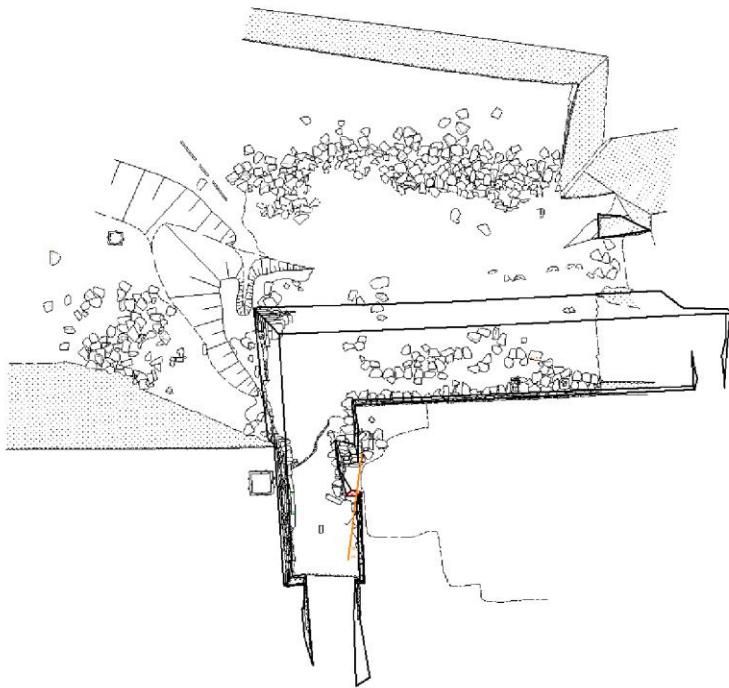
注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価(累積示力線解析)



	示力線位置(参考)	転倒安全率		すべり安全率	
常時	d= 0.25m	OK	FS=3.17	OK	FS=4.89
中地震	d= 0.09m	OK	FS=1.74	OK	FS=3.09
大地震	d= 0.03m	OK	FS=1.26	OK	FS=2.75
判定	OK				

平面図



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

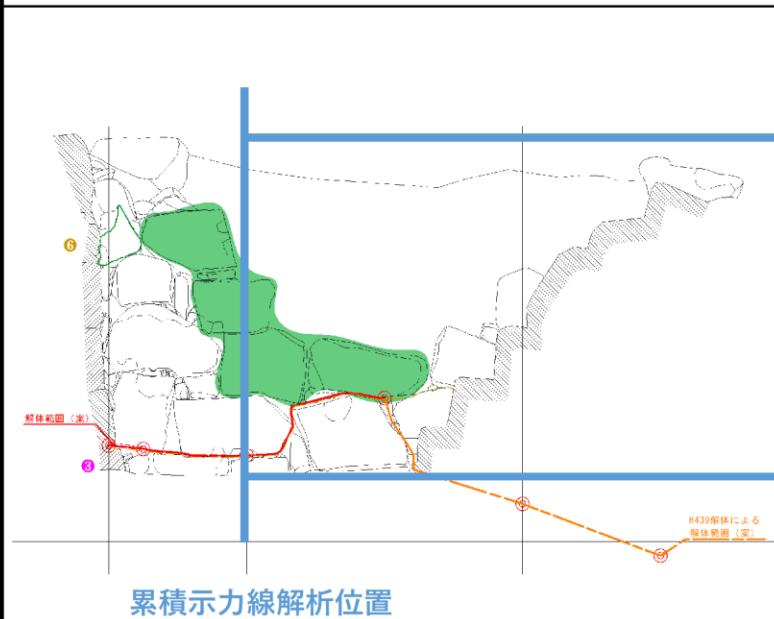
診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

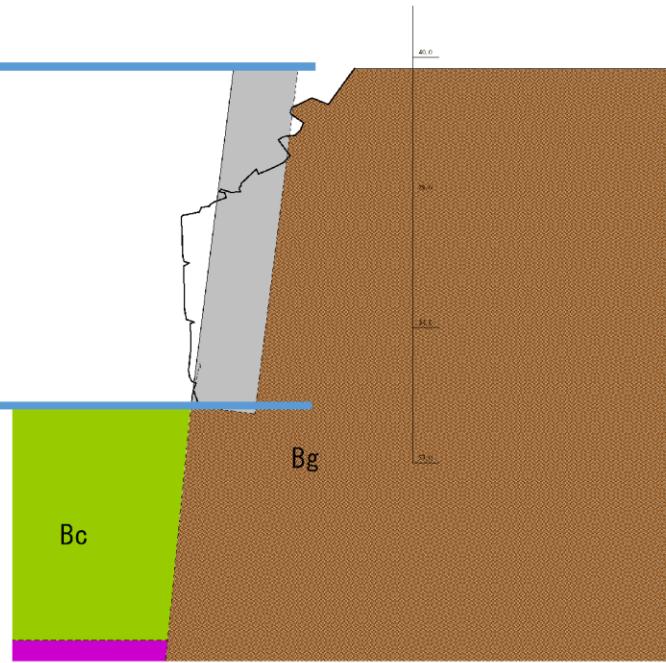
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図

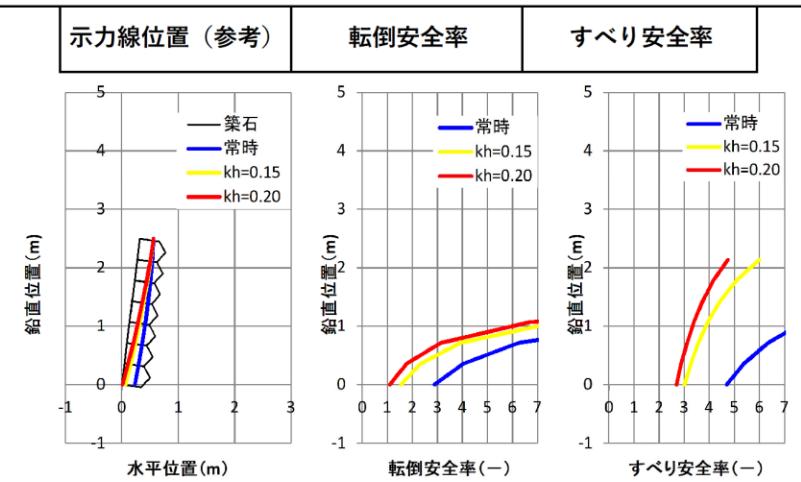


想定地層断面図



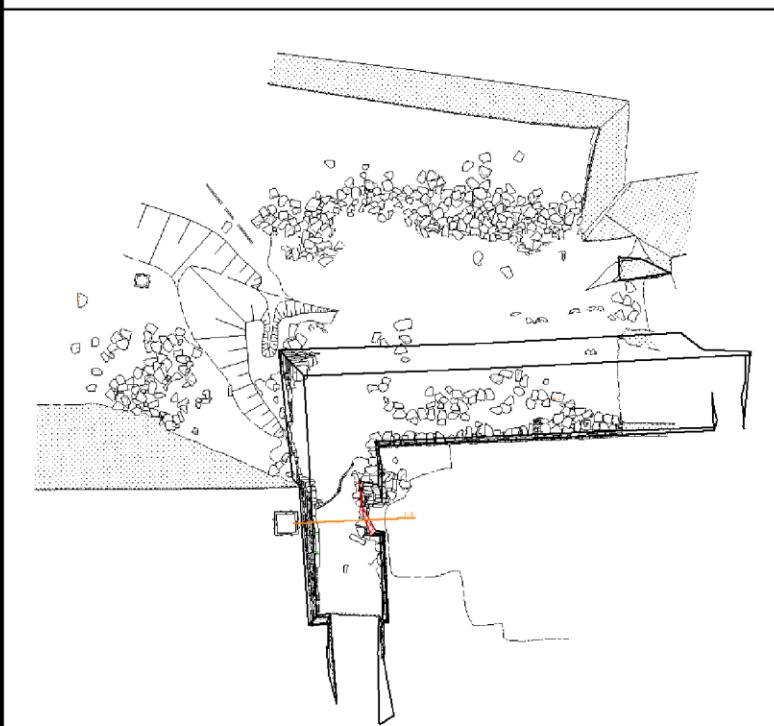
注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価(累積示力線解析)



	示力線位置(参考)	転倒安全率		すべり安全率	
常時	d= 0.23m	OK	FS=2.88	OK	FS=4.70
中地震	d= 0.07m	OK	FS=1.54	OK	FS=3.02
大地震	d= 0.01m	OK	FS=1.10	OK	FS=2.70
判定	OK				

平面図



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

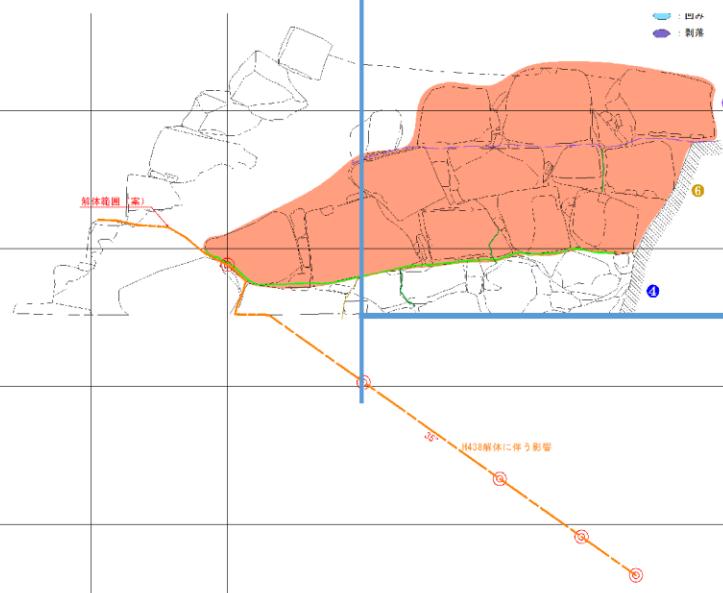
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

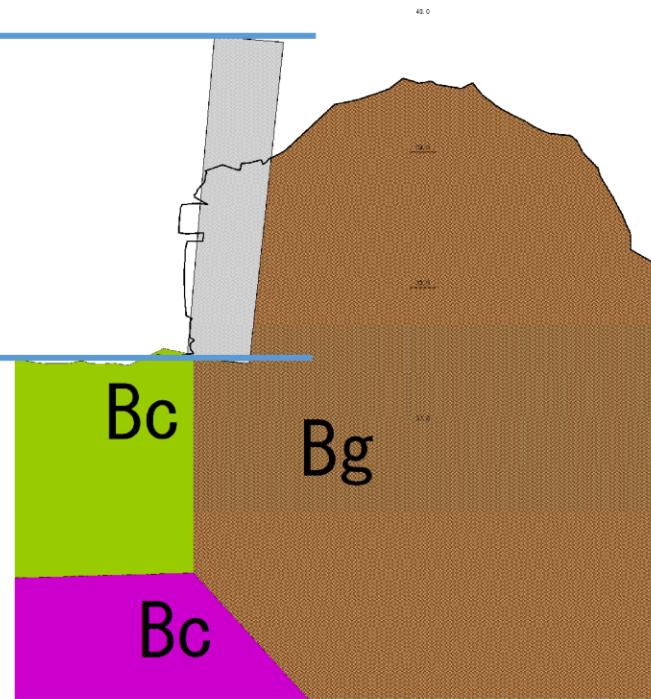
背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図

累積示力線解析位置

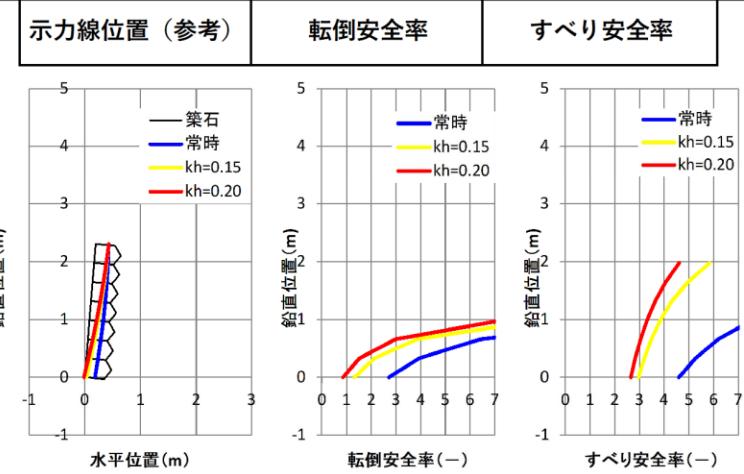


想定地層断面図



注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価(累積示力線解析)

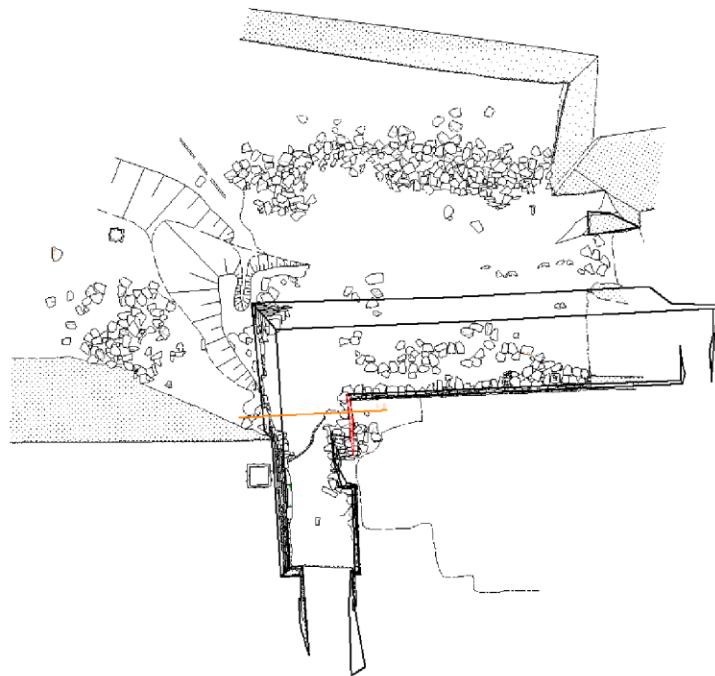


示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率	
常時	d= 0.18m	OK FS=2.72	OK FS=4.60
中地震	d= 0.03m	OK FS=1.32	OK FS=2.96
大地震	d= -0.02m	NG FS=0.85	OK FS=2.65
判定	NG		

平面図

石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定



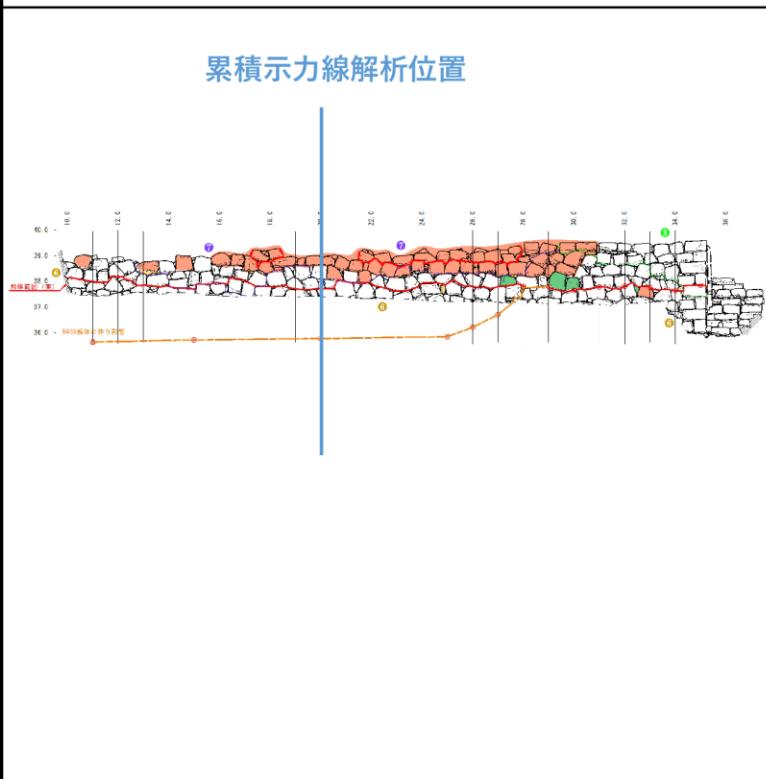
診断内容、結果

診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	B
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

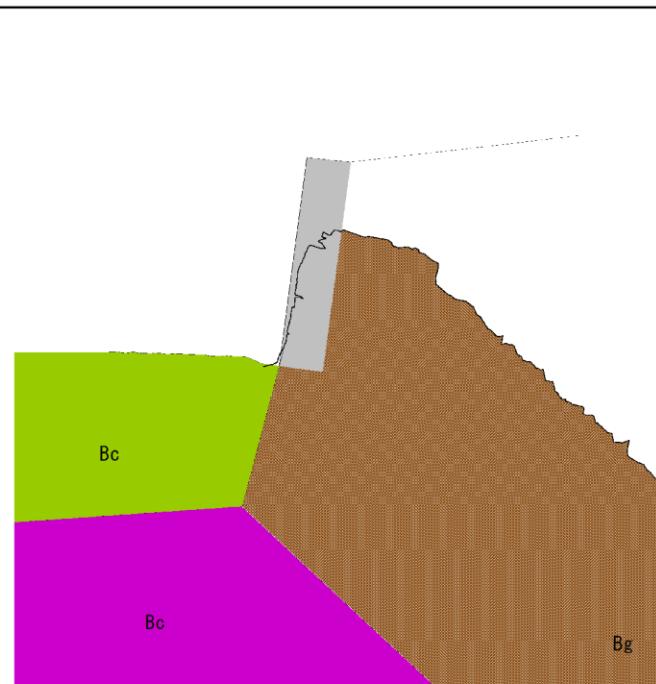
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図

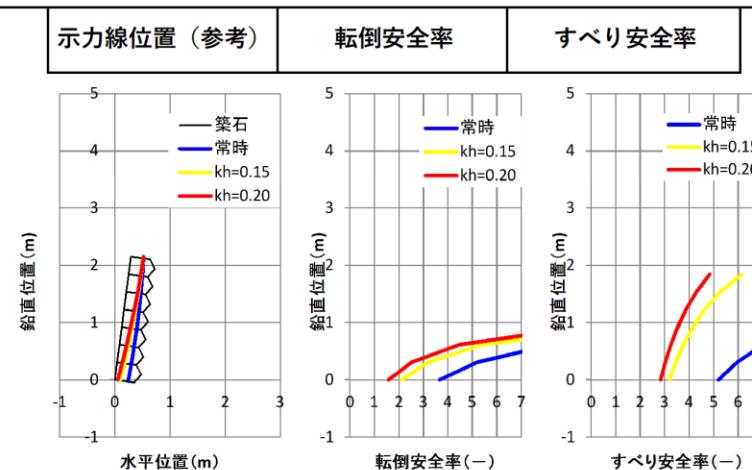


想定地層断面図



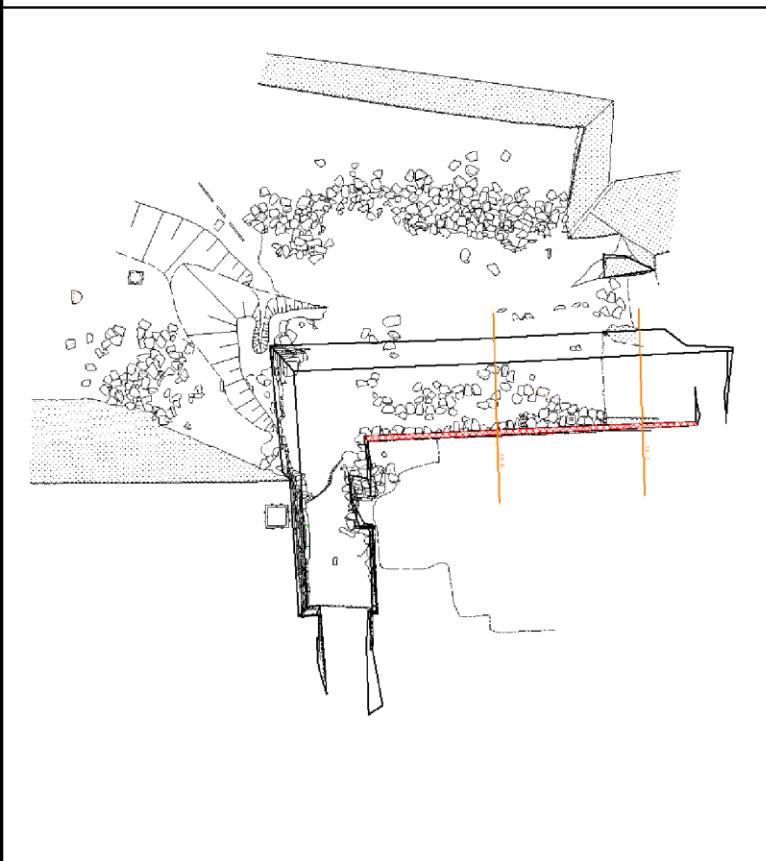
注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価 (累積示力線解析)



	示力線位置 (参考)	転倒安全率	すべり安全率
常時	d= 0.24m	OK FS=3.67	OK FS=5.19
中地震	d= 0.10m	OK FS=2.10	OK FS=3.20
大地震	d= 0.05m	OK FS=1.58	OK FS=2.84
判定	OK		

平面図



石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

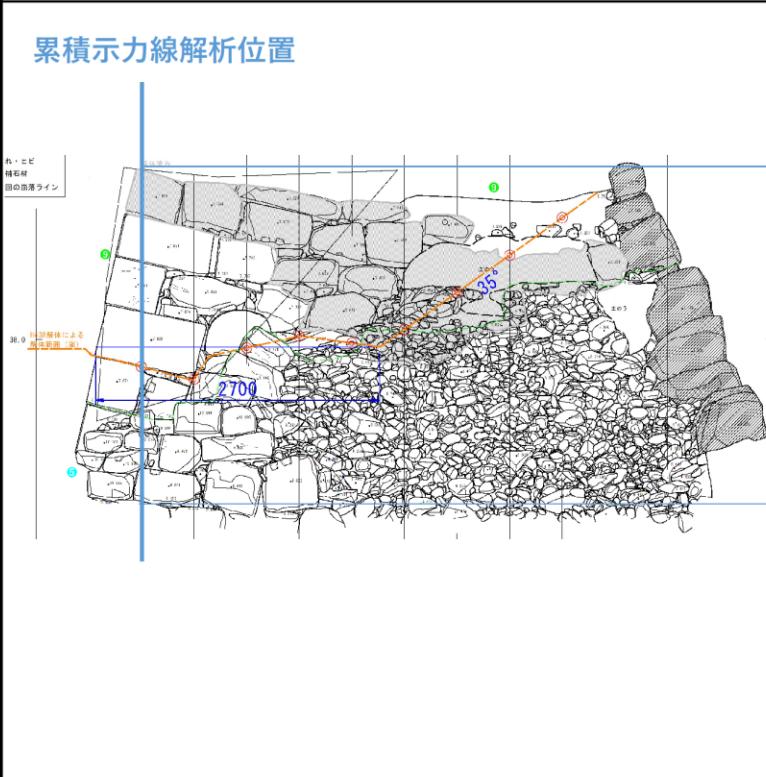
診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

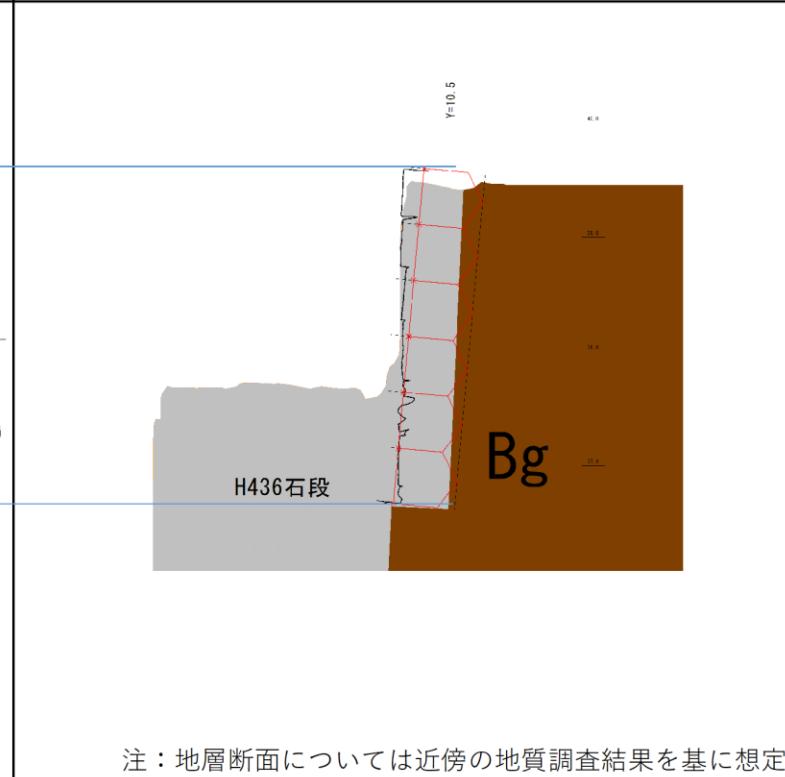
背面構造の設定 (累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

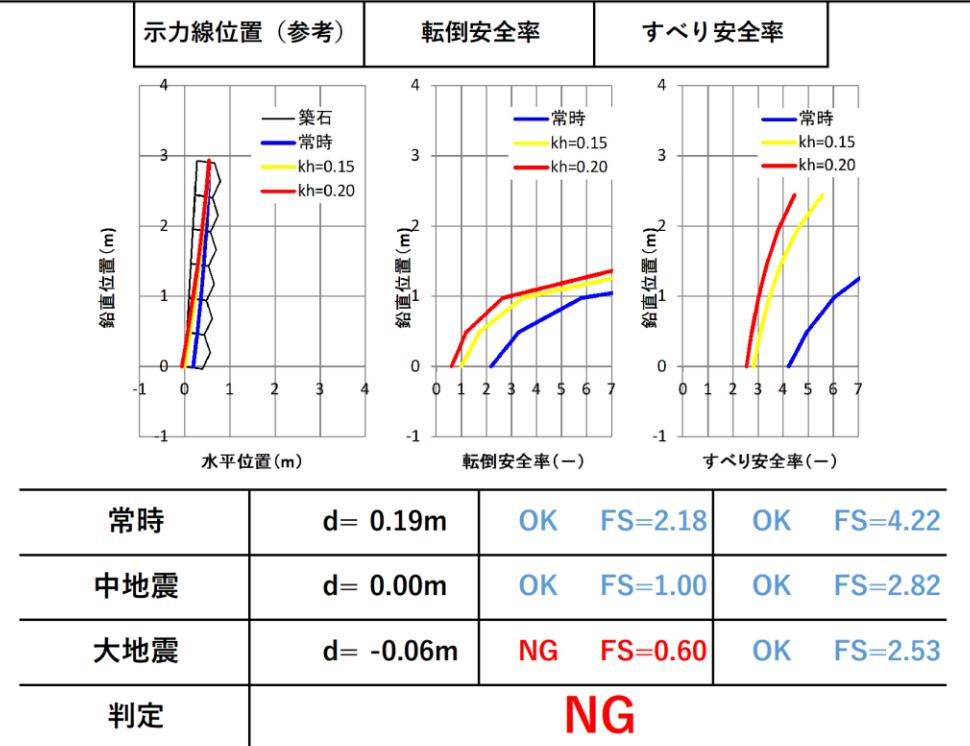
立面図



想定地層断面図

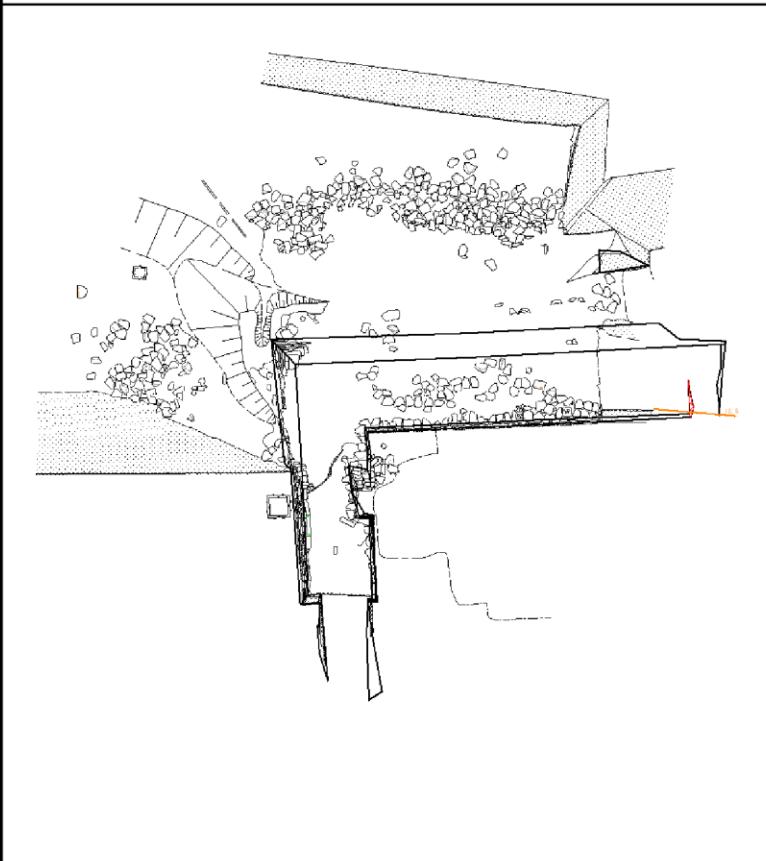


築石の安定性評価 (累積示力線解析)



注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

平面図



石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

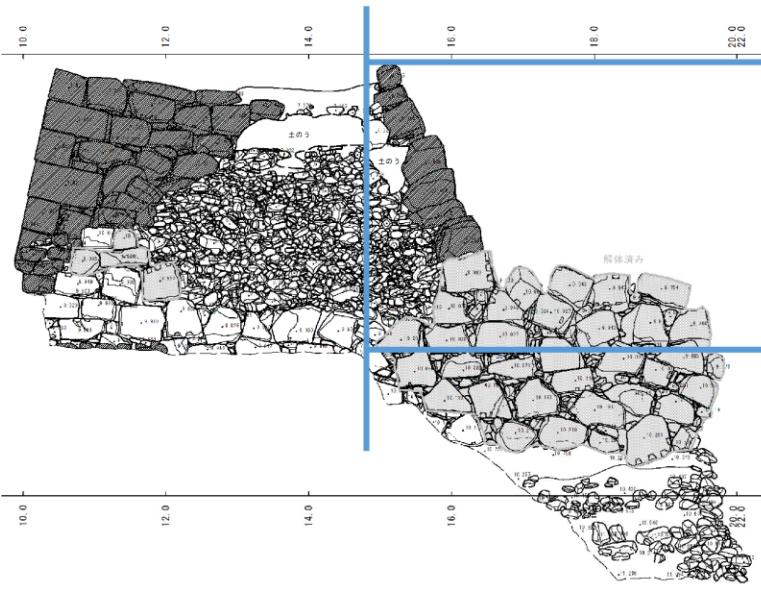


診断内容、結果、背面構造の設定

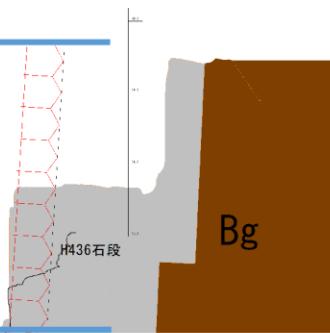
診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	NG	B
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	
背面構造の設定 (累積示力線法解析時)				
背面構造	理由			
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている			

立面図

累積示力線解析位置

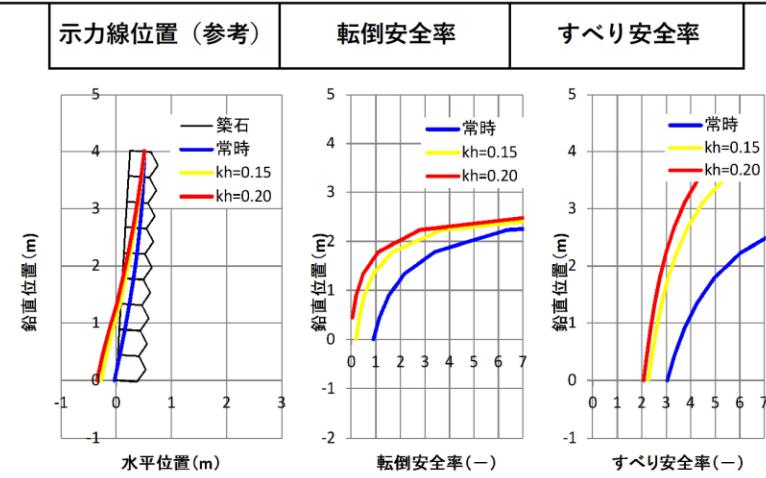


想定地層断面図



注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価 (累積示力線解析)



示力線位置 (参考)	転倒安全率	すべり安全率	
常時	d= -0.03m	NG FS=0.90	OK FS=3.04
中地震	d= -0.27m	NG FS=0.20	OK FS=2.27
大地震	d= -0.35m	NG FS=0.03	OK FS=2.08
判定	NG		

平面図

石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

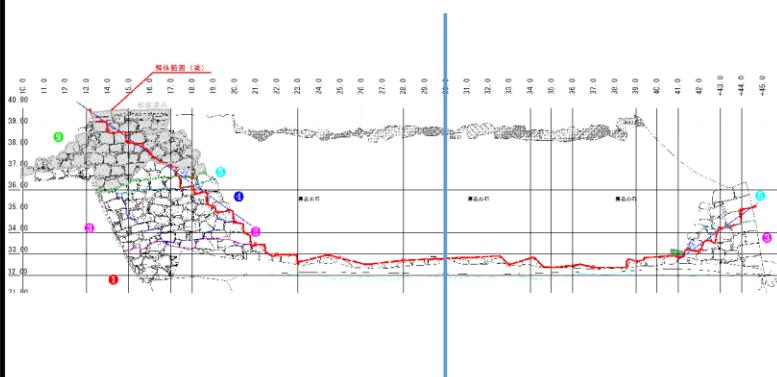
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	NG	C
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

背面構造の設定 (累積示力線法解析時)

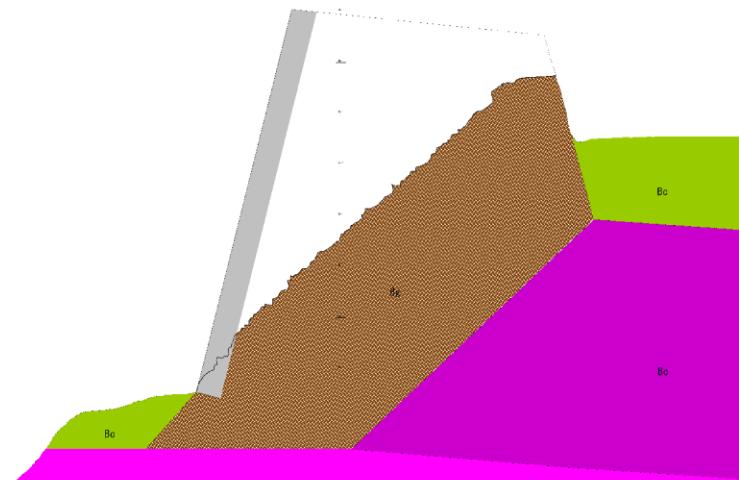
背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図

累積示力線解析位置

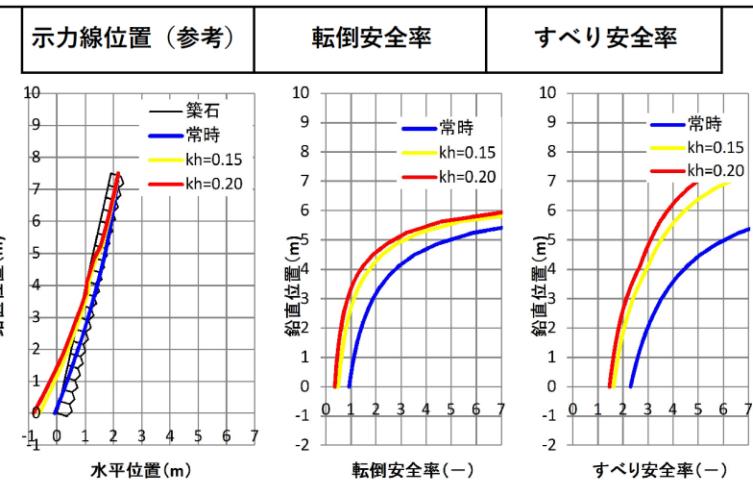


想定地層断面図



注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

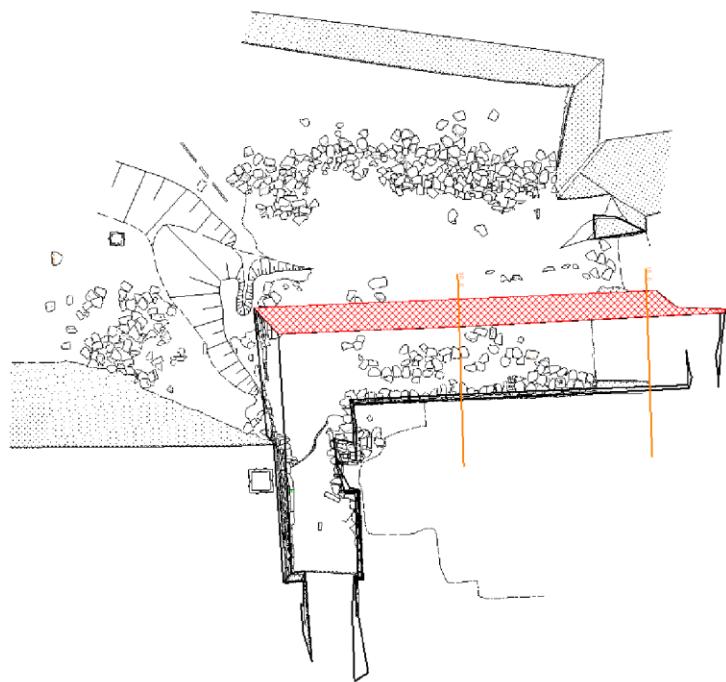
築石の安定性評価 (累積示力線解析)



	示力線位置 (参考)	転倒安全率	すべり安全率
常時	d= -0.08m	NG FS=0.92	OK FS=2.30
中地震	d= -0.62m	NG FS=0.50	OK FS=1.62
大地震	d= -0.83m	NG FS=0.35	OK FS=1.46
判定	NG		

平面図

石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)



診断内容、結果、背面構造の設定

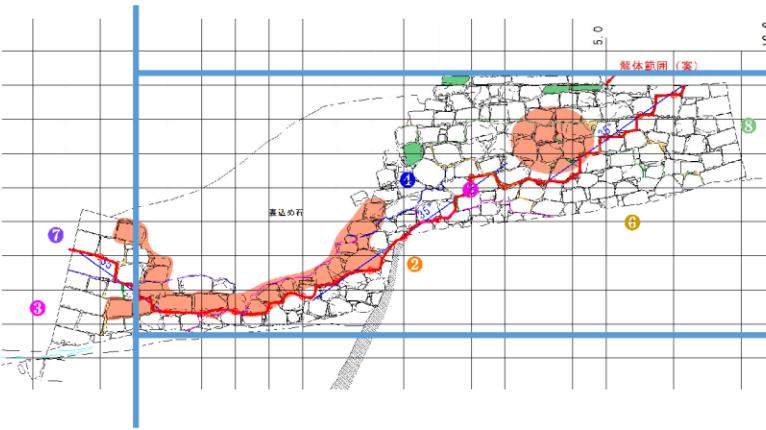
診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	NG	C
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

背面構造の設定 (累積示力線法解析時)

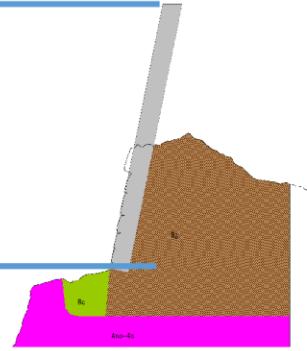
背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

立面図

累積示力線解析位置

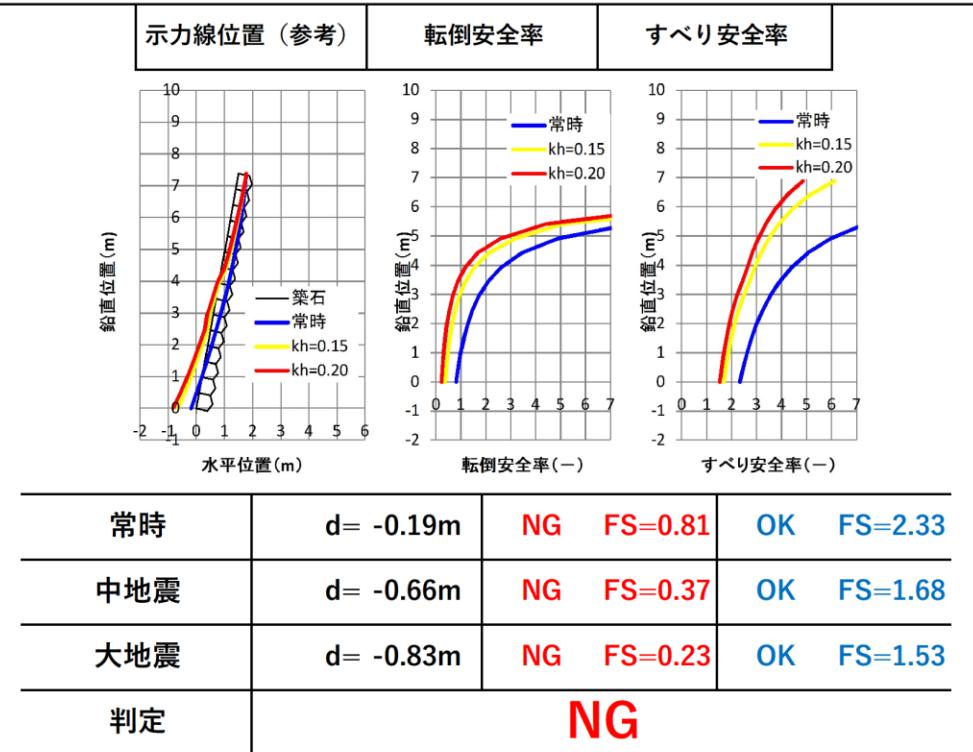


想定地層断面図

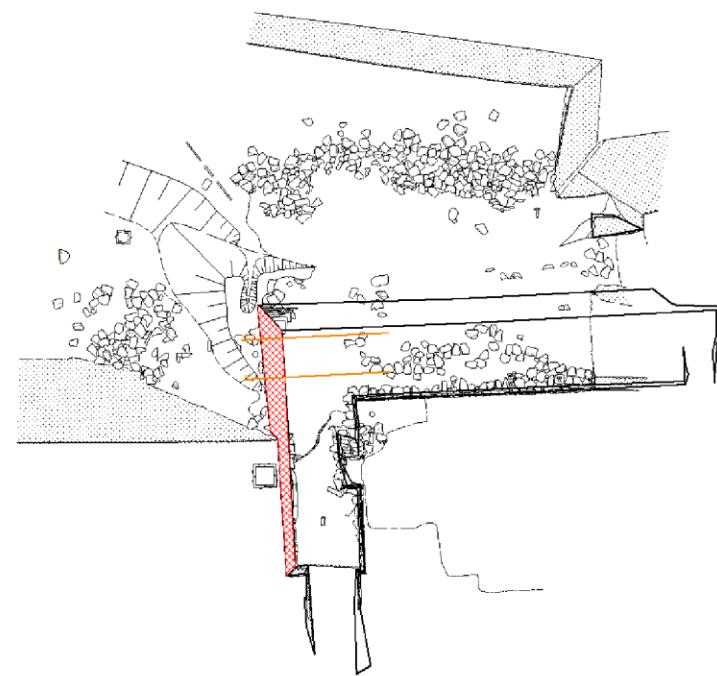


注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価 (累積示力線解析)



平面図



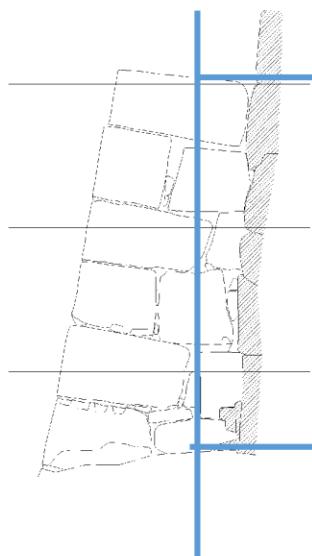
石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

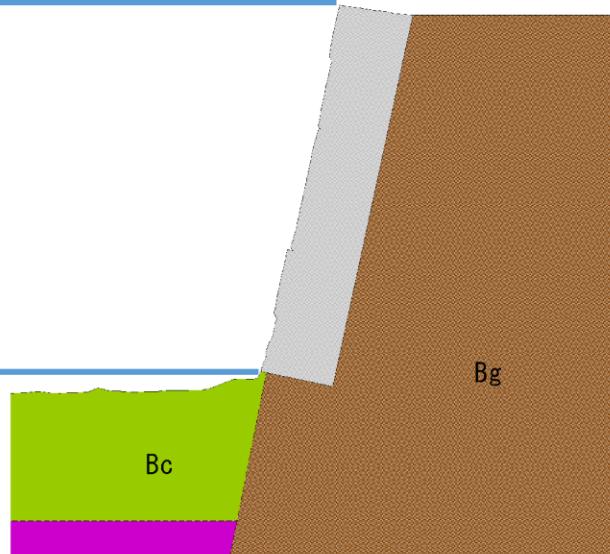
診断内容、結果				
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	NG	C
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	
背面構造の設定 (累積示力線法解析時)				
背面構造	理由			
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている			

立面図

累積示力線解析位置

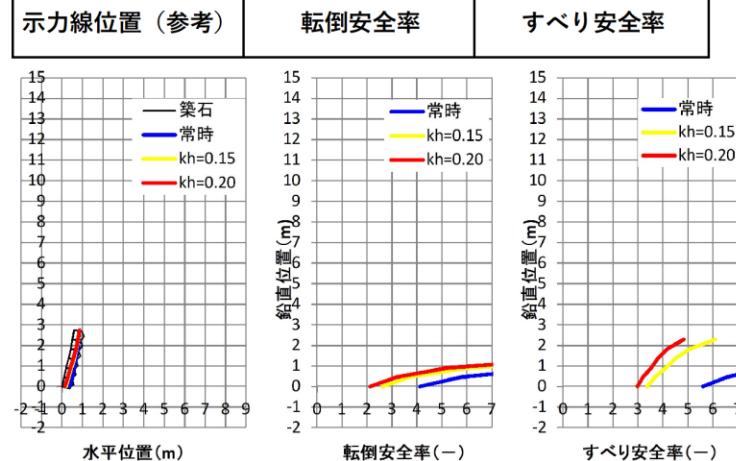


想定地層断面図



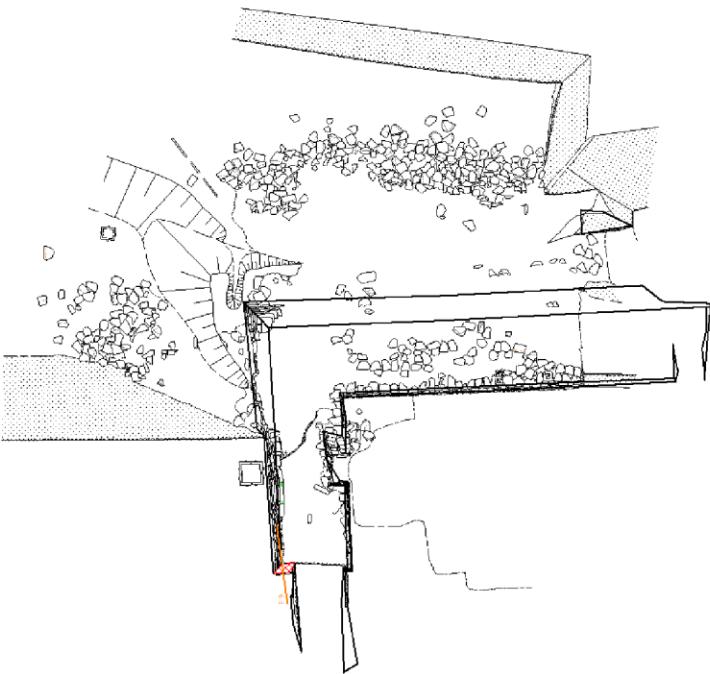
注：地層断面については近傍の地質調査結果を基に想定

築石の安定性評価 (累積示力線解析)



	示力線位置 (参考)	転倒安全率	すべり安全率
常時	d= 0.39m	OK FS=4.12	OK FS=5.59
中地震	d= 0.20m	OK FS=2.63	OK FS=3.37
大地震	d= 0.14m	OK FS=2.13	OK FS=2.98
判定	OK		

平面図



石垣背面全体の安定性評価 (円弧すべり解析)

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1)築石の安定性	○	必須項目	OK	A
(2)石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損状況が確認されないため	-	
(3)石垣背面全体の安定性	×	下部地盤に隆起等が確認されず、背面全体を通過する円弧は生じないと判断した	-	

背面構造の設定 (累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	地質調査結果より築石の背面は栗石層、Bg層を主体としている

石垣耐震診断【在来修理】にて、不安定になる恐れがある下記石垣に対して、安全対策の検討を実施した。

◆対象石垣

H437 H438 H439

●地震前の通行ルートを復旧した場合

対象石垣周辺は、地震前の来城者通行ルートから外れた位置にある。
そのため、地震前の通行ルートを開放した場合においては**来城者に影響は及ばない**。

●通行ルート再編により、対象石垣周辺に来城者が立ち入ることができる場合

(1) H437

重要文化財建造物である平櫓に近接している石垣である。防護柵や擁壁等の対策工を配置する離隔はないため、安全対策を講じることが出来ない。

石垣の崩落による重要文化財の倒壊を防止するため、**現代工法による対策を検討する**。

(2) H438

H438石垣は下方に斜面とH119石垣を有する。それらを考慮して落石想定範囲を設定した結果、県道には影響が及ばない。

H121・H119の落石想定範囲を考慮し立入防止区域を設定することで「**必要離隔距離**」が確保できると判断した。

(3) H439

H439は地形条件から石垣前面に立ち入ることが出来ないため、「**必要離隔距離**」が確保できると判断した。

〈安全対策の検討フロー〉

別紙-1

