令和８年度（2026 年度）第１回　熊本城文化財修復検討委員会

次第

日時：令和８年（2026 年）９月２５日（金）
１０時００分～１５時４０分（予定）
会場：国際交流会館３階国際会議室、現地

受付開始（９:３０～）

１　開　会　１０：００～

２　挨拶

３　議　事

（1）　大雨被害復旧（清爽園）（メール審議）【報告】　資料１
（2）　本丸御殿復旧事業における工程変更【報告】　資料２
（3）　国立病院周辺石垣及び埋門周辺石垣の復旧措置（案）　資料３
　・石垣復旧措置案の再検討（復旧勾配・解体範囲）【審議】
　・石垣耐震診断結果（在来修理）【報告】
（4）　南東櫓群の発掘調査【報告】　資料４
（5）　馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）　資料５
　・H566 解体範囲変更【審議】
　・石垣復旧方針【審議】

昼休憩（１２：００～１３:００）

（6）　宇土櫓続櫓下石垣の復旧措置（案）　資料６
　・解体完了後背面調査結果【報告】
　・石垣復旧方針（H443、H446、H456-1）【審議】
　・H443 解体修理範囲の検討【報告】
　・H456 解体範囲変更【審議】
（7）　北十八間櫓・東十八間櫓外石垣の解体範囲の変更（メール審議）【報告】　資料７

４　その他連絡事項等

５　現地視察（１４:２０～１５：２０）
　・宇土櫓五階櫓穴蔵確認調査成果報告

６　閉　会　１５：４０

二の丸地区（清爽園北側）斜面対策(案)について

資料1-1　熊本城総合事務所

本委員会での審議事項

1．【報告】清爽園北側斜面の被災概要及び対策方針
2．【報告】現地踏査・地質調査による地盤状況と被災原因
3．【審議】対策工検討

被災概要

R7.6.16　大雨の影響により、南東側の崖斜面で崩壊が発生
【崩壊規模】延長L　12m、面積A　92m^2 、崩壊深さ1～2m
【被災状況】崩壊土砂堆積で園路の一部を塞いだ(人的被害なし)

R7.8.11　大雨の影響により、崖斜面から多数の落石発生
【崩壊規模】延長L　70m（6月の崩壊区間を含む範囲）
【被災状況】公園内(園路を含む）に多数の落石が散乱（人的被害なし）

対策工の必要性

- 崩壊土砂は清爽園の園路上に堆積して歩行者の通行に支障となっており、落石はトイレ施設の傍に達している。
- 崖斜面には崩壊残りの不安定な岩塊や不安定浮石が分布していることから、今後、崩壊地拡大や新たな落石発生が懸念される。
- 当該地は、江戸時代の絵図に描かれた地形と同様の形状を現在まで良好に保持している場所である。しかし、現状のままではさらなる崩壊の進行により、当該地形が著しく損なわれるおそれが大きい

斜面の安定対策を行い、第三者被害を防止するとともに、長期的に遺構を保護する必要がある。

今後の進め方

- 本委員会で工法承認後、工事発注
- 令和8年10月～令和9年3月　対策工事
- 加藤神社の被災現場は次回委員会で審議予定









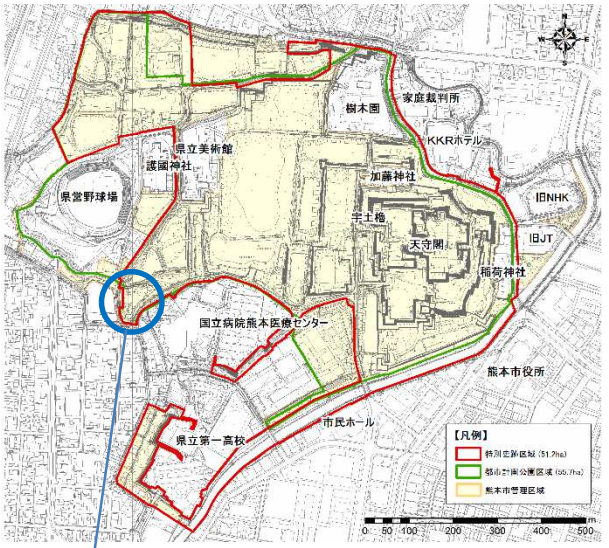


近世における清爽園の様相

〇位置と環境
　対象地は熊本城の二の丸地区に区分されている。城内でも南西端に位置し、北西側に藤崎台球場、東側に国立病院が所在し、南側に法華坂が通る。
敷地北側には微高地があり、上面の平場には野鳥園がある。
園内には園路や池が築かれ、現在は市民の憩いの場として利用されている。

〇絵図で見る清爽園
　絵図「藤﨑宮ヨリ法華坂迄」（文政元年～10年（1818～1827））によれば、城内への入城門である新一丁目門の北側に微高地があり、向かって西側に藤﨑八幡宮、微高地周囲には家臣の屋敷が描かれている。この微高地は現在の清爽園北側の微高地に該当すると思われ、旧状を良く保っていると考えられる。上面の平場には家臣の屋敷が描かれ、その南側には屋敷に至るまでの坂が描かれているが坂については旧状を留めていないと思われる。石垣についても現在は残っていない。
　平場端部には土手状の高まりがあり、土塁の可能性も考えられる。昭和３０年に馬場として平場が敷き均され、昭和45年の整備工事では平場に多くの樹木が植栽され、U字溝なども設けられた。

〇熊本城内での管理について
「特別史跡熊本城跡保存活用計画」（平成30年（2018年）策定）では、清爽園を広場及び修景施設とし、「適切な管理・配置に努め、各施設の改修にあたっては地下遺構や景観の保全に配慮する」と定めている。



位置図



航空写真

……：微高地



現況（南西から）



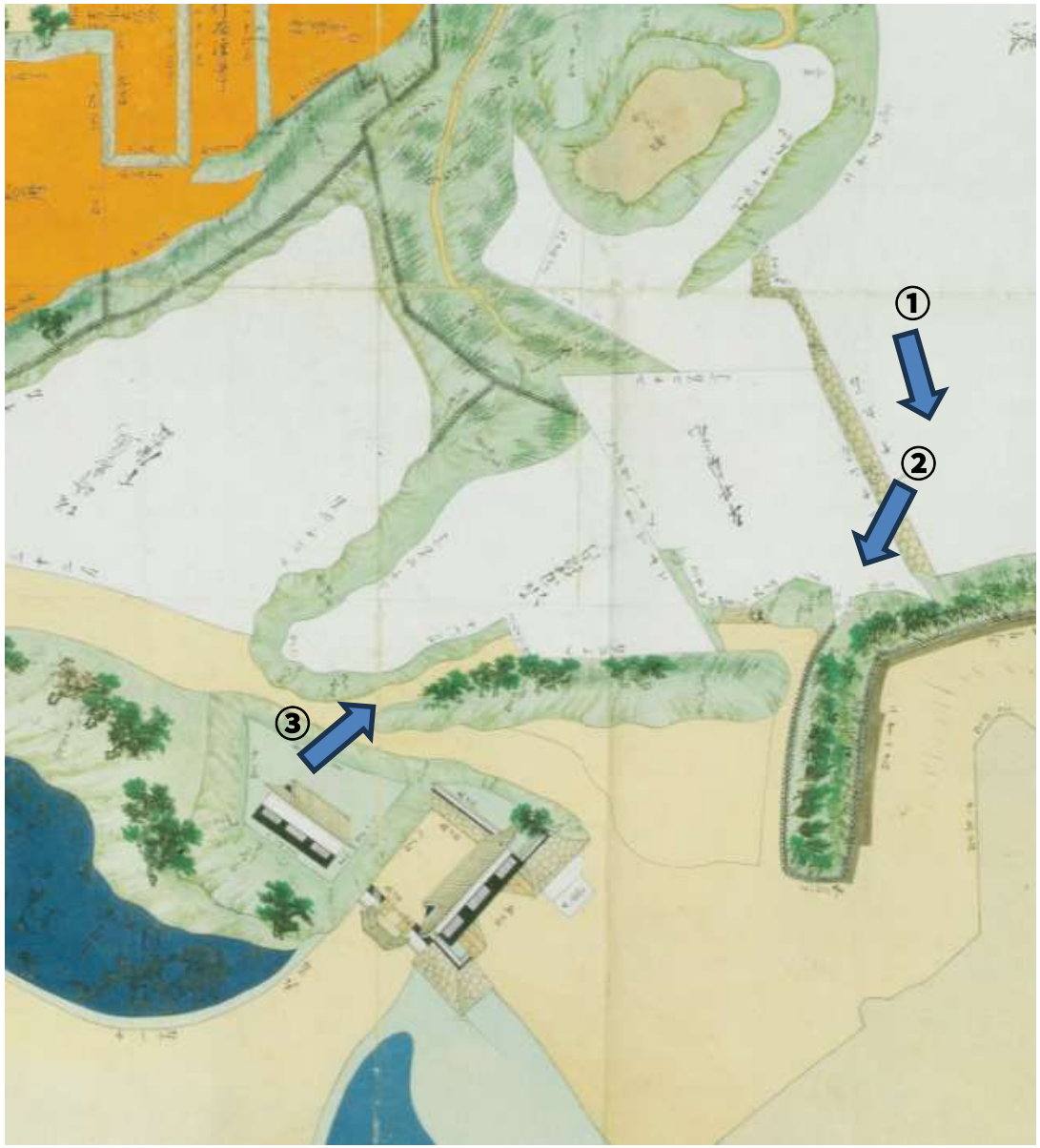
「藤﨑宮ヨリ法華坂迄」（「特別史跡熊本城跡総括報告書　歴史資料編　史料・解説　2019　熊本市」）県立図書館所蔵

清爽園の現況





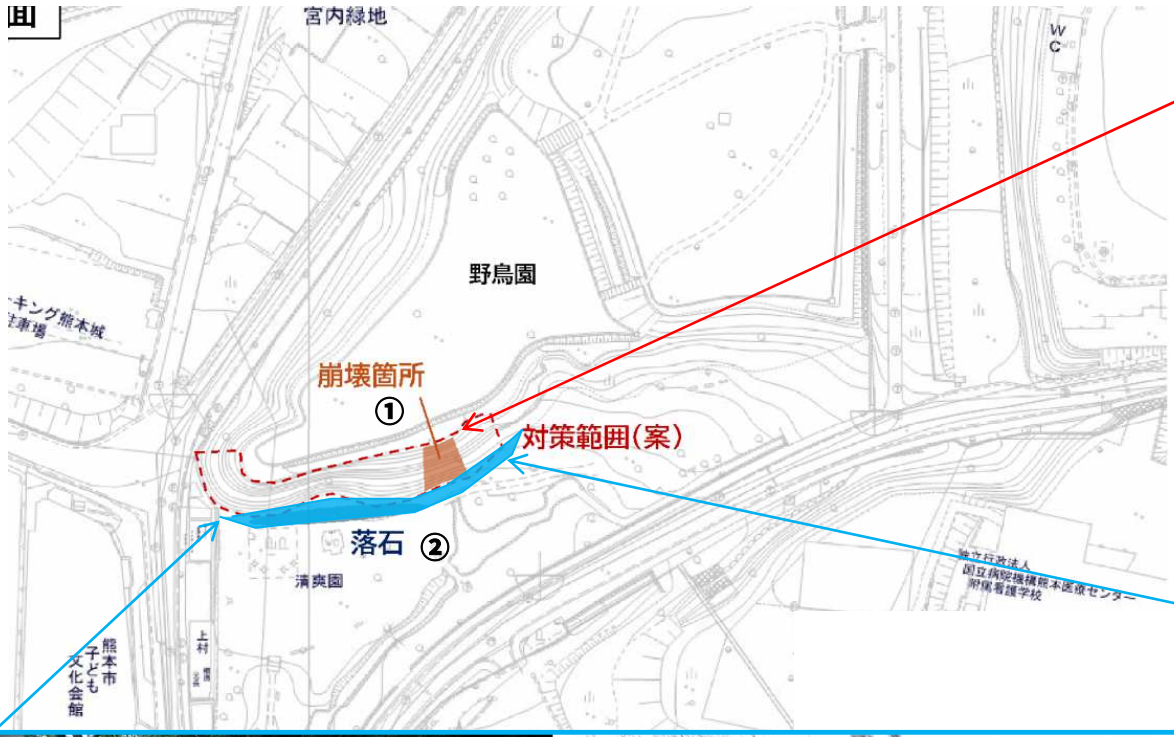




被災状況 [R7年6月16日（崩壊）・8月11日(落石)]

①R7年6月　崖斜面南東側：崩壊発生（幅12m×高さ8m×奥行1～2m程度）

②R7年8月　崖斜面南側：落石発生（軽石凝灰岩の崖から石が多数落下）













被災状況 [地形・地質状況]

【地形】 火砕流台地（崖斜面上部は平坦面、崖の高さ12～13m）

【地質】 Aso-4火砕流堆積物の軽石凝灰岩が分布する。

・径10～40cm大の軽石や安山岩礫が多数含まれる。→落石となっている。

・間隔1～1.5m程度の柱状節理（縦亀裂）がみられ、節理沿いが風化して軟質となり、節理面を分離面としてトップリング(転倒)崩壊が発生している。





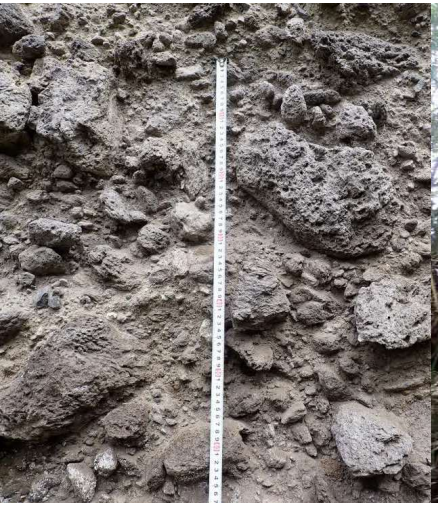




被災原因 [8月豪雨による落石]

素因①：急崖に径10～40cm大の軽石や安山岩礫が多数含まれる風化軽石凝灰岩が分布し、崖の表面は風化が進んで表面の土砂もろくなってた（剥落がみられる）
素因②：緩やかな集水地形（谷地形）となっており、表流水が集まり易い状況であった。

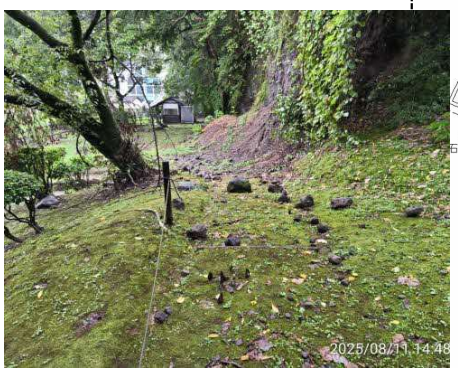
誘因①：8月の豪雨により、台地上に降った雨による表流水が谷に集まり、崖表面を流れ落ちたことから、軽石凝灰岩の表層部（もろくなった土砂）が削り取られたために、軽石や安山岩礫が落下して落石が発生した。











被災原因 ［6豪雨による崩壊］

素因①：急崖に径10～40cm大の軽石や安山岩礫が多数含まれる風化軽石凝灰岩が分布しており、崖面に平行に間隔1～1.5m程度の柱状節理が発達している。（現在の崖面は柱状節理の面）
柱状節理（縦割れ目）には雨水が浸入しやすいため、風化が進んで割れ目沿いが軟質化し、軟質部が雨水で流されて割れ目が開口している状況であった。
（軽石凝灰岩の表面の1～1.5mの部分が割れ目から分離しやすい状況であった）

誘因①：6月の豪雨により、多量の雨水や表流水が、軽石凝灰岩の開口した柱状節理（縦割れ目）に流れ込み、その水圧によって節理面を分離面として崩壊（トップリング崩壊）が発生したと推定される。






柱状節理(縦亀裂)
トップリング
(転倒)崩壊


柱状節理(縦亀裂)
崩壊地




柱状節理(縦亀裂)
トップリング
(転倒)崩壊
【崖面の開口した縦割れ目】
トップリング崩壊(崩壊地拡大)の恐れあり

対象斜面の上方平坦地(野鳥園)の状況

① 対象斜面の上方の平坦面地(野鳥園) の雨水排水としては、平坦地の縁に沿ってU型排水工 (高さ400mm×幅300mm)が設置されている。起点側→終点側に向かって水は流れる状況であるが、勾配0.3～2.7%ときわめて緩やかである。なお、U型排水工に土砂堆積による閉塞は見られなかった。

② 南東側では、平地の縁に沿ってU型排水工と対策対象斜面との間に土手状の高まり (平面図橙着色部) があるために、平地の雨水は直接斜面へ流入しない構造になっている。

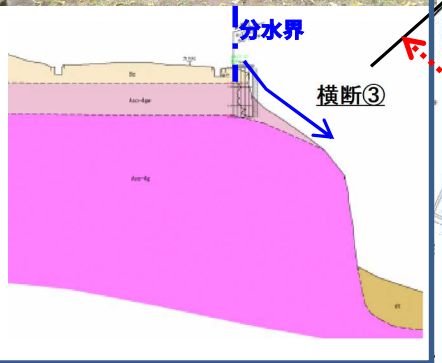
③ 西側には、平地縁の高まりはないが、U型排水工から水が溢れて斜面側へ流入した痕跡はみられなかった。なお、平坦面の地表面には表流水が流れた痕はみられなかった。

対象斜面の崩壊や落石発生の誘因となった水は、西側ではU型排水工よりも下方斜面、南東側では平坦地縁の高まり頂部より下方斜面の狭い範囲で受けた雨水の流入と推定される。**すなわち野鳥園の平坦地からの表流水は崩壊･落石に直接は関与していない。**

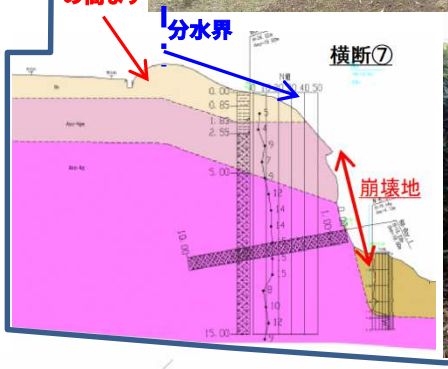




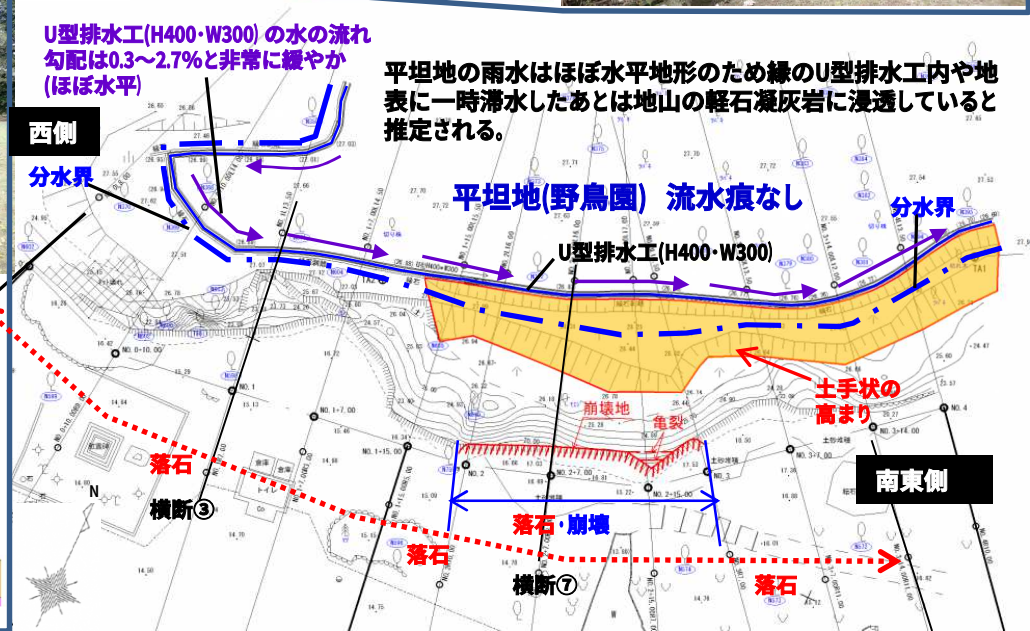








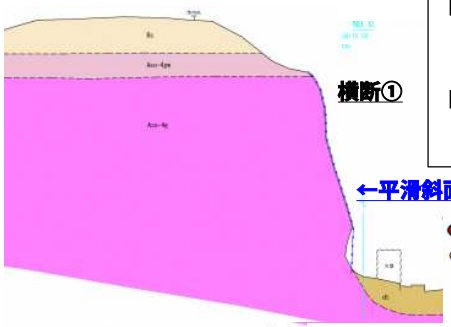


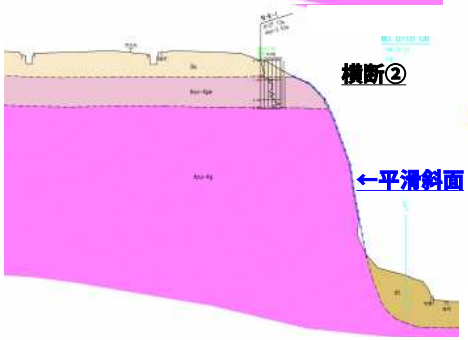


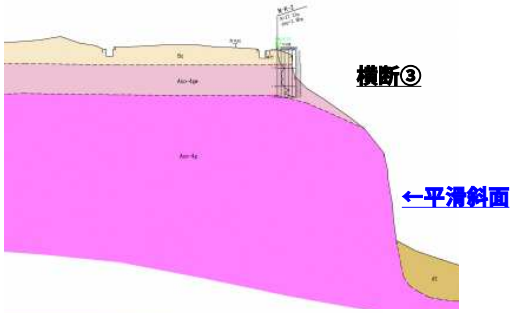
被災形態：落石（区間全体）・崩壊（一部区間No.2～No.3）

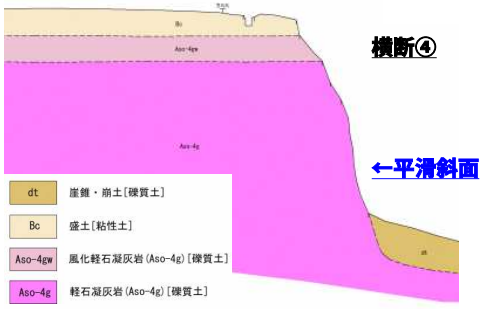
■ 軽石凝灰岩(Aso-4)の崖斜面の基部には区間全体にわたって落石発生。
［落石のみ発生区間の崖斜面は比較的平滑］

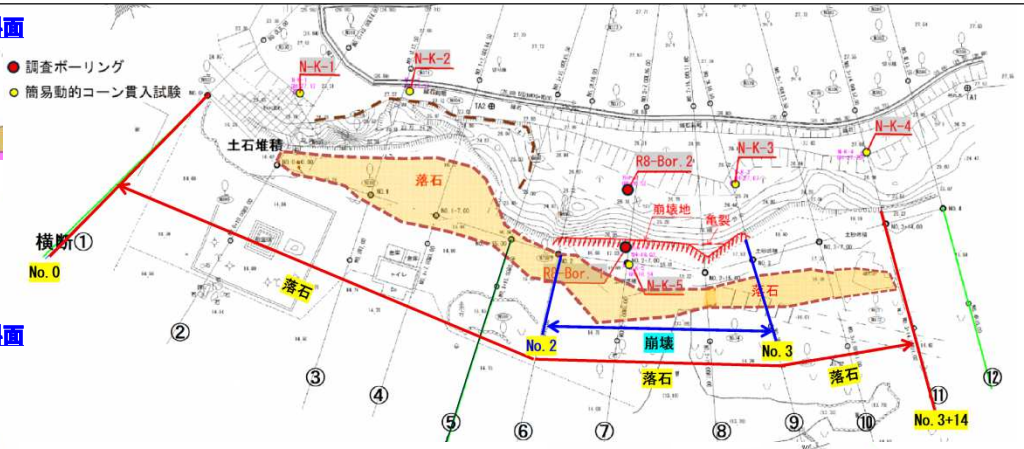
■ No.2～No.3間では、軽石凝灰岩の柱状節理(縦亀裂)面を分離面として
トップリング(転倒)崩壊が発生。［崩壊により崖斜面には不陸あり］

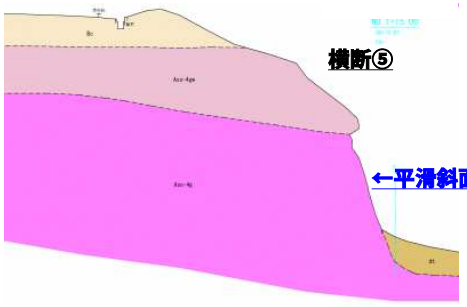


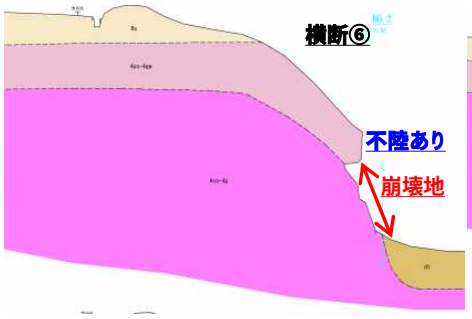


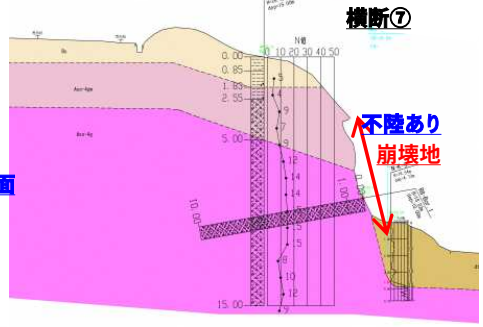


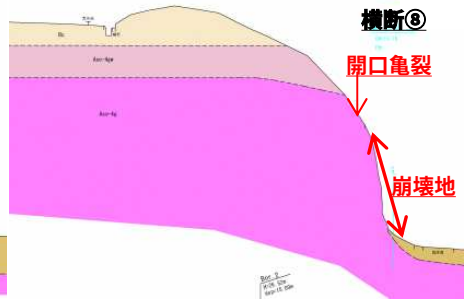


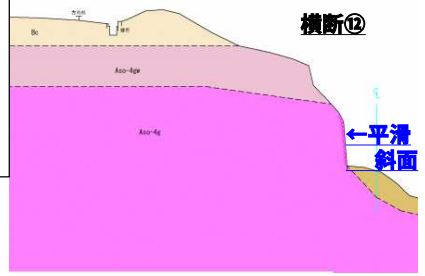


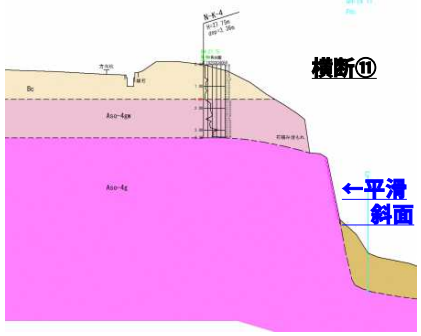


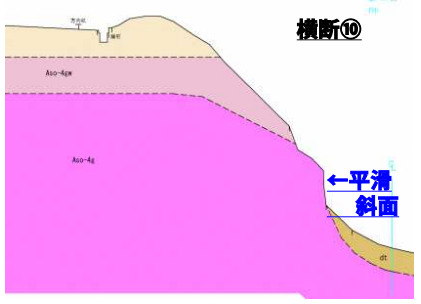


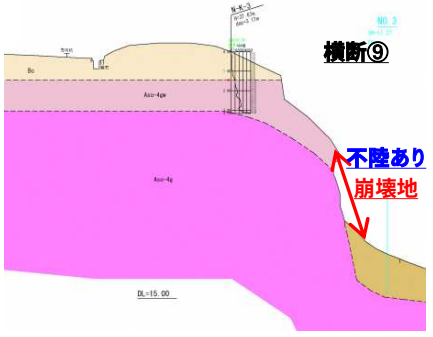












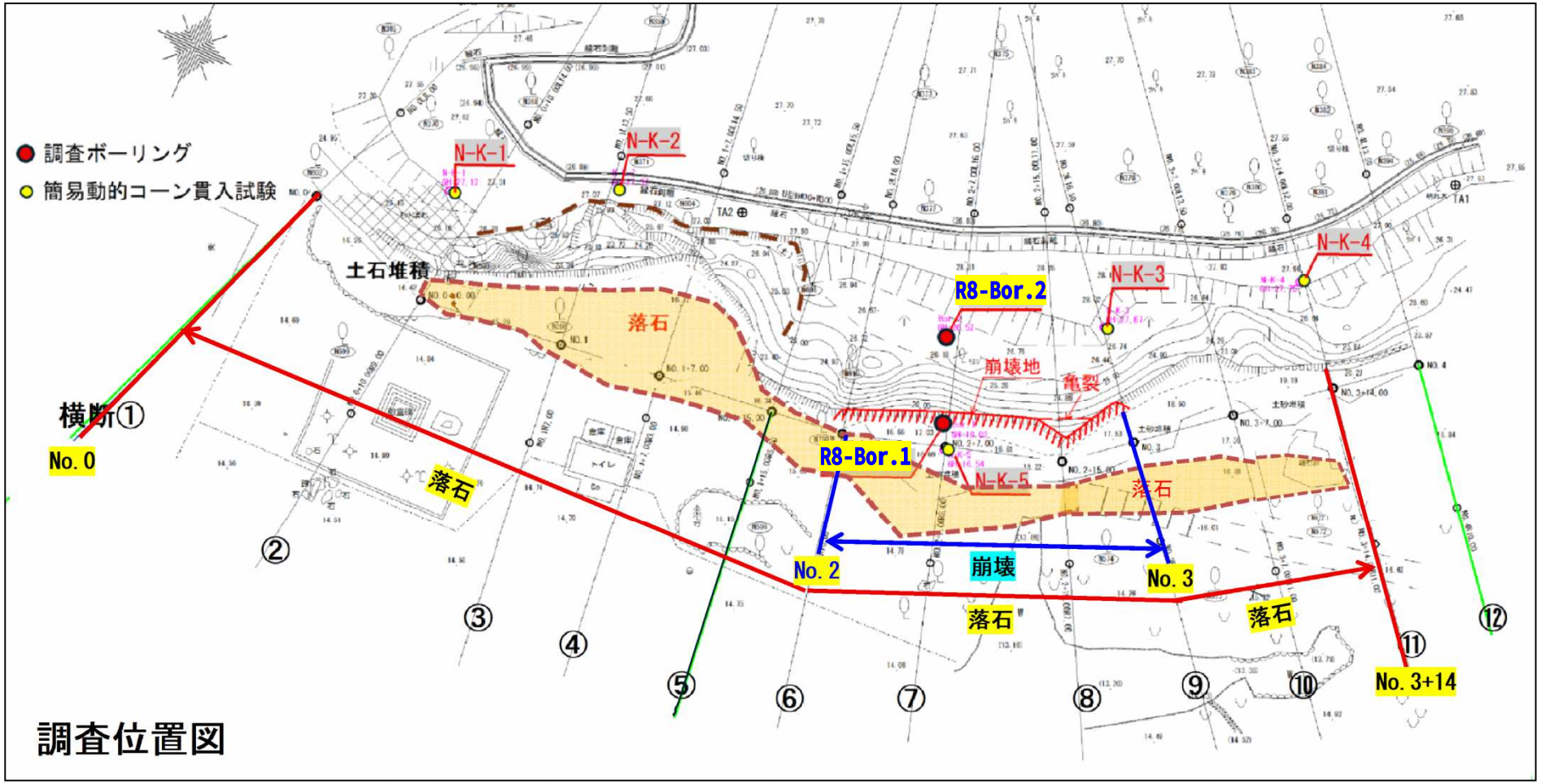
地質調査 [調査内容・目的・位置]

①調査ボーリング

ボーリングNo	位置・方向	延長	目的
R8-Bor.1	崖面　水平から斜め下向き10 °	10m	崖面の奥行方向の緩み範囲を調べるため
R8-Bor.2	斜面上　鉛直下向き	12m	地質構成、硬軟などの地盤情報を得るため

②簡易動的コーン貫入試験

調査ボーリングを補完し、設計に必要な複数の地質断面図を作成するため、N-K-1～5の5か所で実施



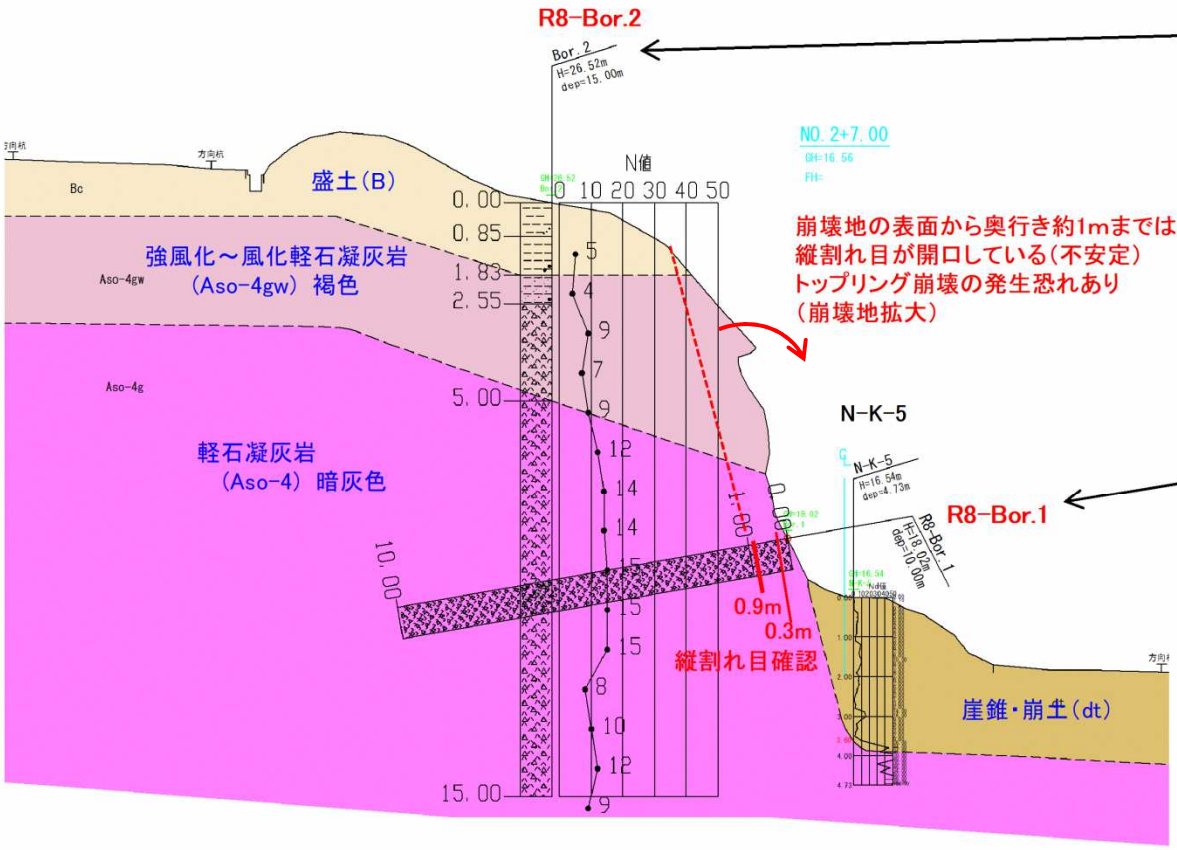
調査位置図

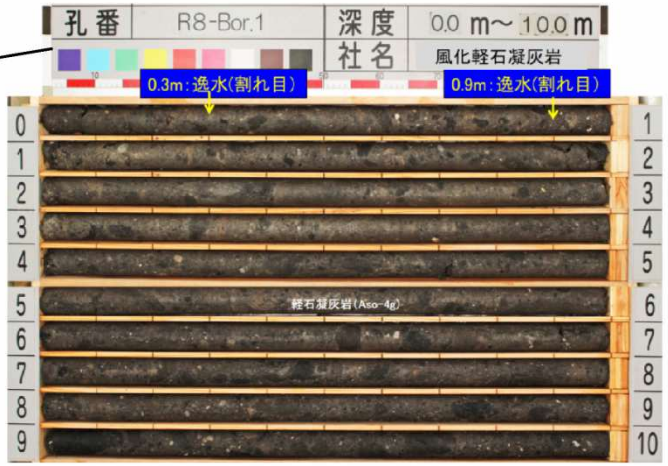
地質調査結果 [調査ボーリング]

- 崖斜面を構成する地質は、約9万年前に阿蘇山から噴出したAso-4火砕流堆積物の軽石凝灰岩の自然地盤。
- 表層の約2mは盛土（粘性土）の人工地盤。

深度 (GL-m)	土質・地質	記号	N値
0.00～1.85	砂混り粘土～礫混りシルト	Bc	5
1.85～5.00	強風化～風化軽石凝灰岩	Aso-4gw	7
5.00～15.00	軽石凝灰岩	Aso-4g	12







地質構成と地盤定数の設定

[地質構成と土及び岩の分類]

地層名	記号	土質・地質	記　事	N値	土壌硬度(mm)	土および岩の分類
崖錐・崩土	dt	礫混じり砂	礫混じりシルト質砂。含水少ない。崩土は軽石凝灰岩の崩壊土砂。	—	—	砂質土[GF]
盛土	B	砂混じり粘土～礫混じりシルト	0.85mまでは比較的均質な粘性土。0.85～1.83mは礫混じり砂質シルトで含水中位、粘性中位。φ7～15mmの硬質礫を含む。	5(5)	—	粘性土[C]
Aso-4火砕流堆積物	Aso-4gw	風化軽石凝灰岩	1.83～2.55mは強風化軽石凝灰岩で、礫混じり砂質シルト状。2.55～2.70mは砂礫。	7(4～9)	—	シルト[M](粘性土)
Aso-4火砕流堆積物	Aso-4g	軽石凝灰岩	φ10～150mmの暗灰～灰色の軽石主体に含む軽石凝灰岩。φ5～20mmの安山岩角礫多い。棒状コアで採取されるがハンマーの打撃で砂礫状に砕ける。	12(8～15)	28	礫質土[GF]

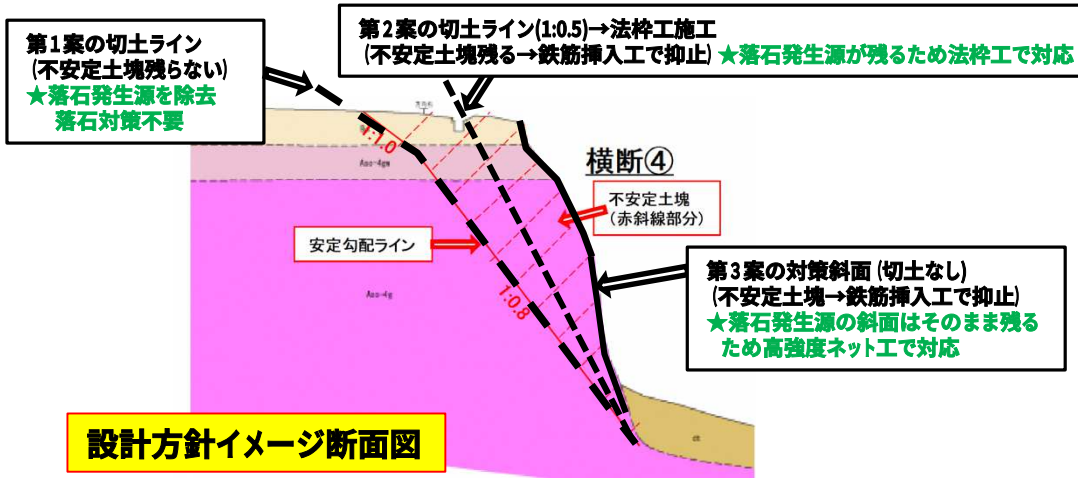
[地盤定数の設定(まとめ)]

地層名	記号	土質・地質	土軟硬区分	設計N値	単位体積重量(kN/m3)	せん断強度		地盤支持力(kN/m2)
						粘着力C(kN/m2)	せん断抵抗角φ(°)	
崖錐・崩土	dt	礫混り砂	砂質土	—	—	—	—	—
盛土	Bc	砂混り粘土～礫混りシルト	粘性土	5	15	10	20	50
Aso-4 火砕流堆積物	Aso-4gw	風化軽石凝灰岩	礫質土	7	14	0	35	40
Aso-4 火砕流堆積物	Aso-4g	軽石凝灰岩	礫質土	12	15	0	35	150

標準切土勾配と設計方針

[標準切土勾配]

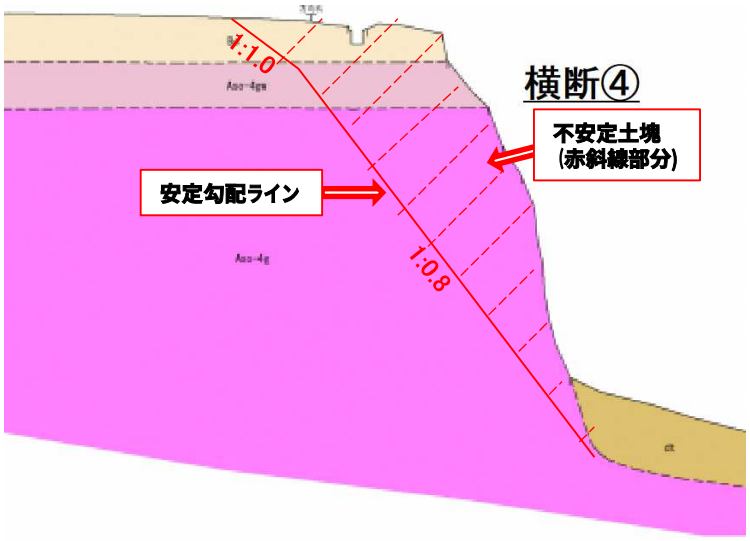
地層名	記号	土質・地質	切土勾配 設定値
盛土	Bc	粘性土	1：1.0
風化軽石凝灰岩	Aso-4gw	礫質土	1：0.8
軽石凝灰岩	Aso-4g	礫質土	1：0.8



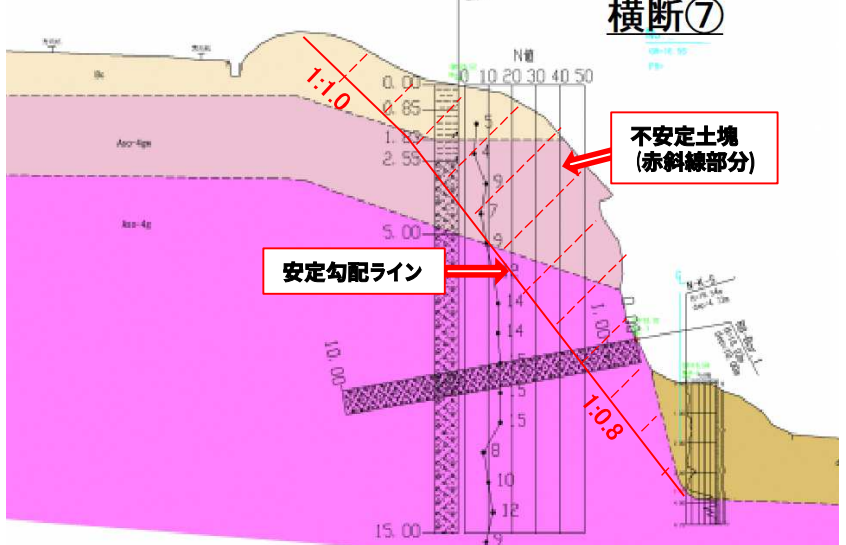
設計方針イメージ断面図

[設計方針] 現況条件：崖斜面の傾斜は73～80°（勾配1:0.3～1:0.2）程度で、標準切土勾配よりも急。
第1案：安定勾配での切土工。→不安定土塊を切土で除去する案。
第2案：法枠工が適応できる勾配切土（不安定土塊残る）＋鉄筋挿入工で残った不安定土塊を抑止する案。
第3案：現況斜面（切土工なし）の不安定土塊を鉄筋挿入工で抑止する案。

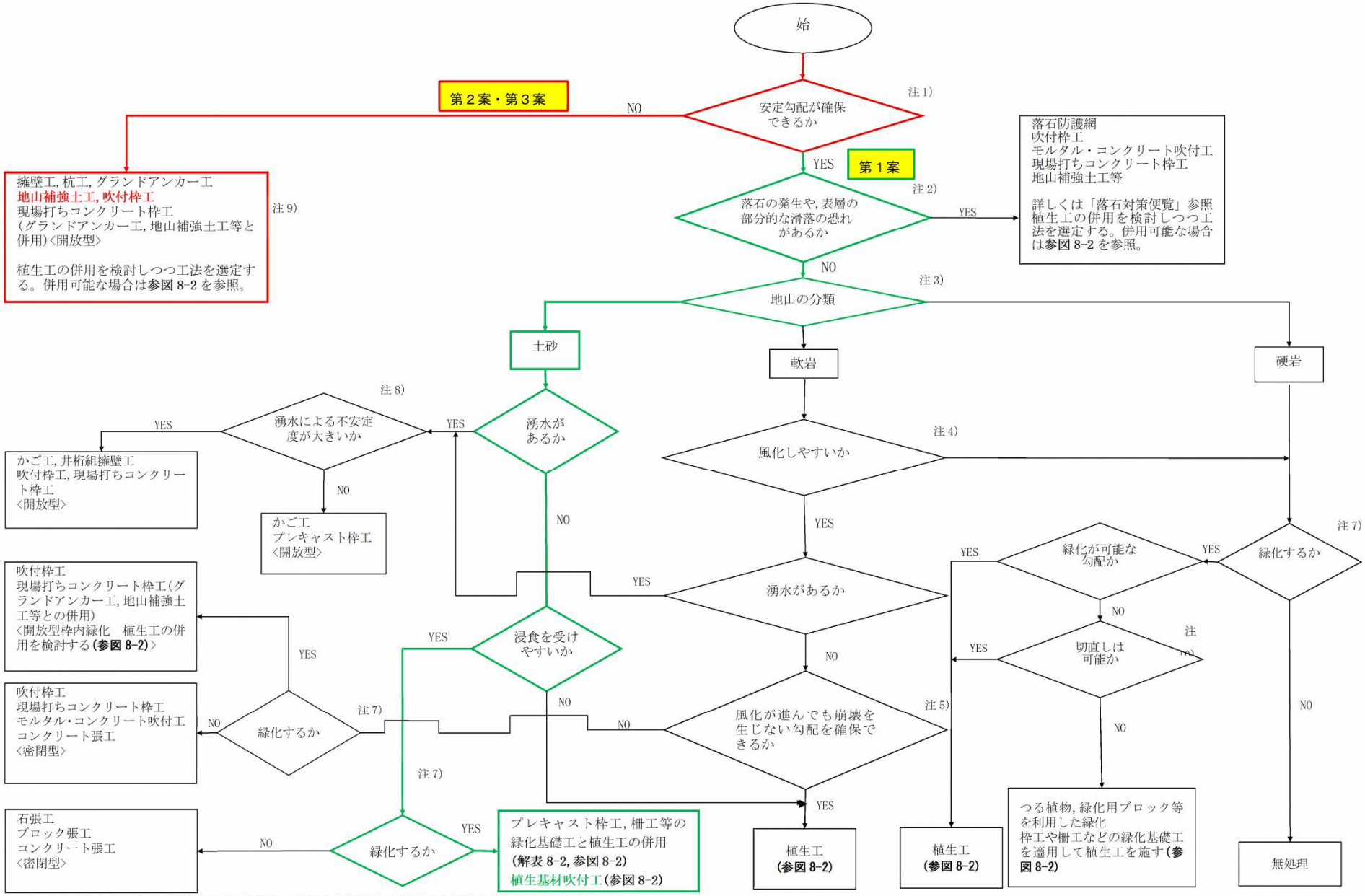
落石のみ発生区間



落石・崩壊発生区間



法面保護工の選定フロー



注：のり面緑化工の施工可能性をのり面勾配から判断する際には，**参表 8-2** や**解表 8-4** を参照すること。

対策工法選定フロー(道路土工「切土工・斜面安定工指針」　p.198,199)

落石対策工の選定フロー

資料1-16 熊本城総合事務所

表４－１　落石の規模，タイプ別の主な落石予防施設の適用性

目的別対策施設 ＼ 落石タイプ		巨礫（φ１m位）数トンの規模 はく離型	巨礫（φ１m位）数トンの規模 抜落ち型	中規模（φ40cm位）数百キロの規模 はく離型	中規模（φ40cm位）数百キロの規模 抜落ち型	小規模 数十キロ以下の規模 はく離型	小規模 数十キロ以下の規模 抜落ち型
浮石・転石の除去	切土・除去	○	○	○	○	○	○
礫や亀裂間充填物（マトリックス）の風化・侵食による浮石・転石の固定・安定化 第３案	間充填物の流失防止 排水施設	○	◎	○	◎	○	◎
	吹　付	△	土砂部とのなじみが悪い	○	土砂部とのなじみが悪い	◎	土砂部とのなじみが悪い
	編　柵	×	×	×	○	×	○
	植　生	×	×	×	○	×	○
	張	△	△	○	○	○	○
	根固め	○	○	施工性の理由からほとんど適用されていない			
	接　着	○	△	○	○	施工性や効果の関係等からあまり適用されない	
	のり枠	○	△	○	○	○	○
	グラウンドアンカー・ロックボルト	単独で用いられず，吹付，現場打ちコンクリート枠等との組合せが多い ○	○	○	○	○	○
	覆式落石防護網	△	△	○	△	○	○
	ワイヤロープ掛・ロープ伏せ	○	○	覆式落石防護網を併用することが多い			
	擁　壁	擁壁高は８m以下が一般的 ○	○	○	○	×	×

凡例　◎：非常によく用いられてる　○：よく用いられてる
△：用いられる場合がある　×：用いられない

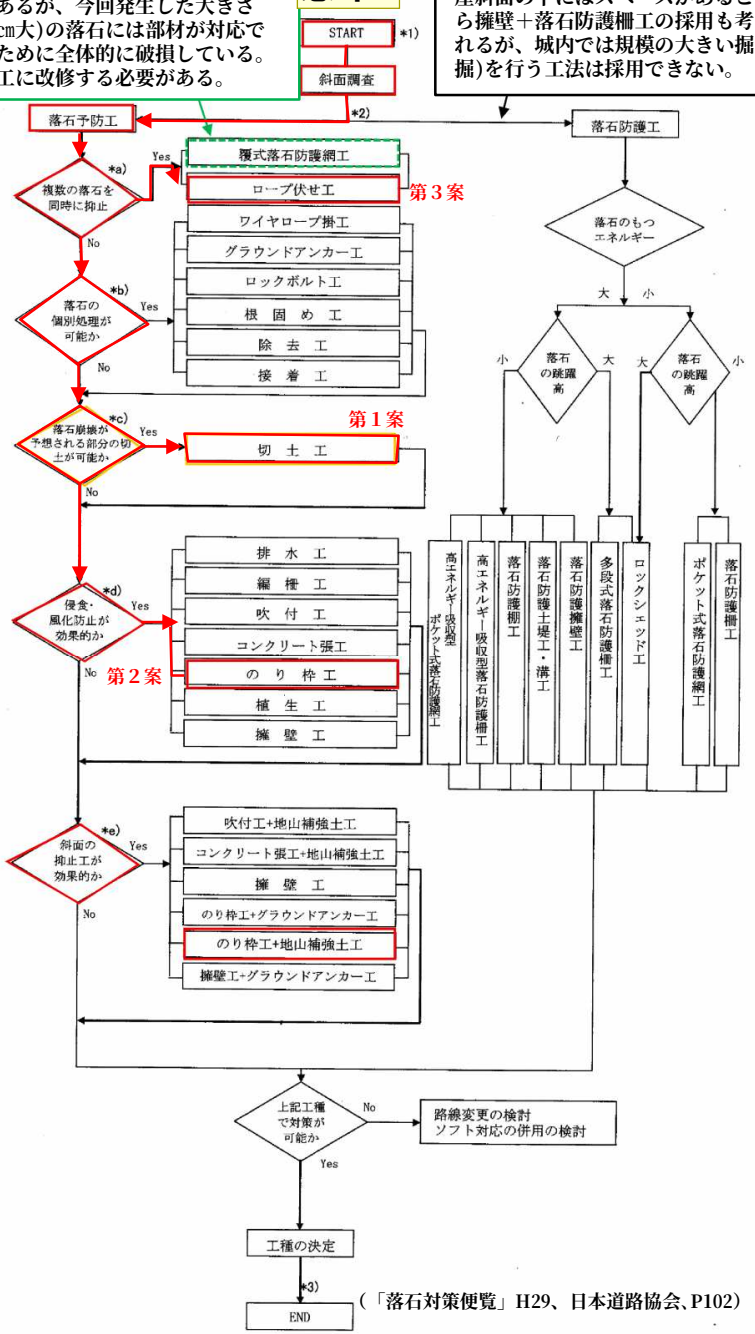
（「落石対策便覧」H29、日本道路協会、P109）

崖斜面には一部従来型の覆式落石防護網工が施工してあるが、今回発生した大きさ（径20～40㎝大）の落石には部材が対応できていないために全体的に破損している。高硬度の網工に改修する必要がある。

崖斜面には一部従来型の覆式落石防護網工が施工してあるが、今回発生した大きさ（径20～40㎝大）の落石には部材が対応できていないために全体的に破損している。高硬度の網工に改修する必要がある。

悠布0

崖斜面の下にはスペースがあることから擁壁＋落石防護柵工の採用も考えられるが、城内では規模の大きい掘削(床掘)を行う工法は採用できない。



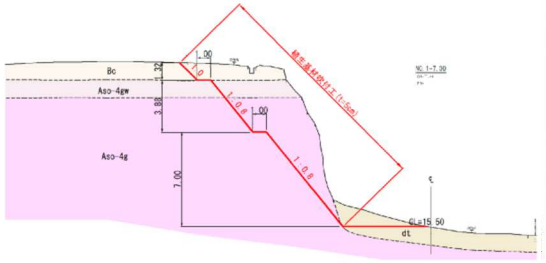
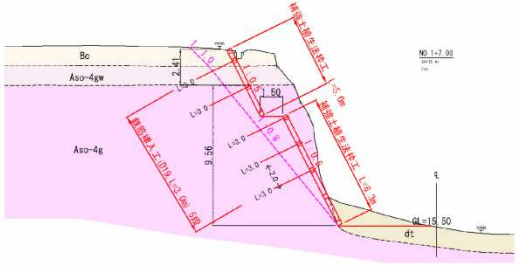
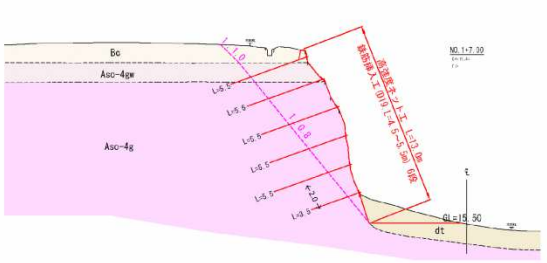
（「落石対策便覧」H29、日本道路協会、P102）

スライド 16

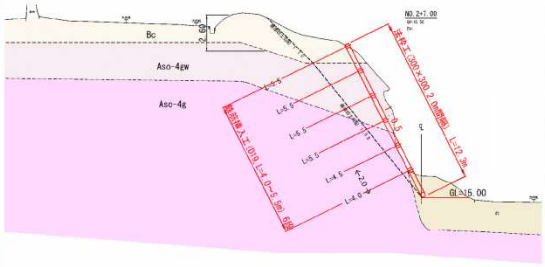
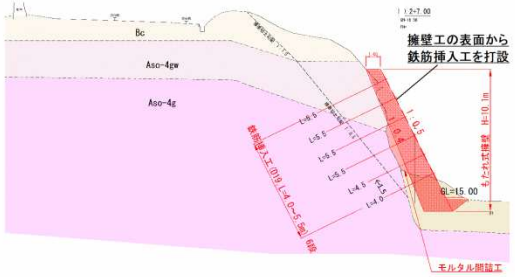
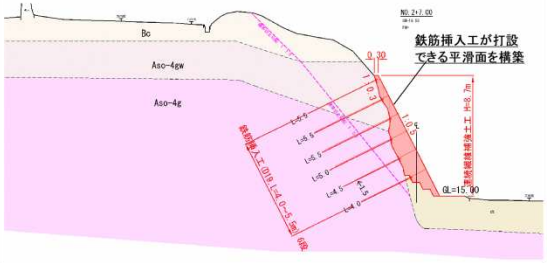
悠布0　　**消したい**

布田　悠起, 2026-06-26T02:55:40.257

対策工法の選定 [落石のみ発生区間]

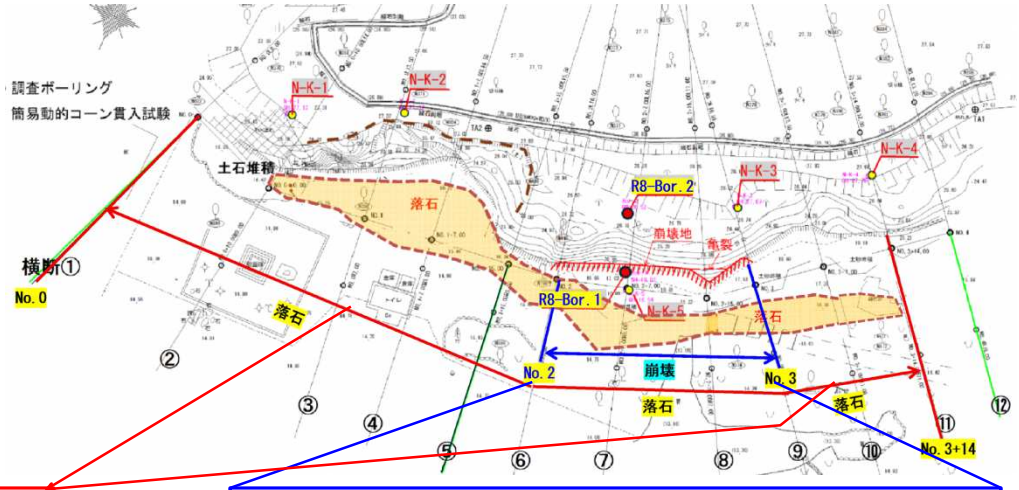
工　法		第1案：切土工		第2案：補強土植生法枠工		第3案：高強度ネット工	
イメージ図							
断面図							
工法概要 ・目的		・対象斜面全体を標準切土勾配1:0.8で切土して、落石発生源の斜面の除去（落石予防工）を行う。また、安定勾配1:0.8の法面ができることから不安定土塊は残らない。切土面には浸食防止を目的とした植生工を施工する。		・対象斜面を補強土植生のり枠工を用いて覆い、落石防止を図る。また、切土勾配は法枠工が施工可能な1:0.5であり安定勾配1:0.8よりも急であるため斜面には不安定土塊が残っているためことから不安定土塊の崩壊防止のために鉄筋挿入工(2.0m間隔)を施工する。		・対象斜面を高強度ネットエを用いて覆い、落石防止を図る。また、斜面は安定勾配(1:0.8)よりも急斜面(1:0.2程度）でありことから不安定土塊の崩壊防止のために鉄筋挿入工(2.0m間隔)を施工する。	
文化財への影響	外観	×	斜面全体を切土するため、遺構の外観への影響が大きい。	×	吹付枠工の適用勾配よりも急こう配斜面となっており、適応可能な勾配への切土が必要となるため、遺構の外観への影響が大きい。	○	表面にネットが露出するが顔料着色等で目立たない。施工後の外観は現況に最も近い。
	内部	×	内部まで大きく切土するため、遺構への影響が大きい。	×	第１案よりも切土範囲は小さいが、鉄筋挿入工(L=3.0m、2.0m間隔)を斜面全体に配置するため、遺構の影響が大きい。	△	不安定土塊が斜面に残るので鉄筋挿入工（L＝3.5～5.5m, 2.0m間隔）が必要となるが、切土は行わないことから、遺構への影響は最も小さい。
	可逆性	×	切土箇所は修復不可。	×	切土箇所や鉄筋打設箇所は修復不可。	×	鉄筋打設箇所は修復不可。
施工時の影響		△	斜面の切土にロッククライミング工法又は人力での掘削が必要となる。	△	斜面の切土にロッククライミング工法又は人力での掘削が必要となる。鉄筋挿入工のための仮設足場や吹付工のプラントヤードの設置が必要。	△	仮設足場(幅4.5m)が必要である。
総合評価		×	上記のほか、以下の懸念点が挙げられる。 ・起点側の擦り付けが困難である。 ・上部の野鳥園を大きく切り取ってしまう。	×	上記のほか、以下の懸念点が挙げられる。 ・起点側の擦り付けが困難である。	○	・起終点への擦り付けは可能である。 ・外観や遺構内部への影響が最も小さい。

対策工法の選定 [落石･崩壊発生区間]

工　法		第1案：地山補強土工+吹付枠工（300×300）		第2案：鉄筋挿入工＋もたれ式擁壁工		第3案：鉄筋挿入工+連続繊維補強土工（切土なし）	
イメージ図							
断面図							
工法概要 ・目的		・対象斜面の崩壊地の不陸部分を切土(勾配1:0.5)して法枠工を配置し、崩壊防止のために鉄筋挿入工(2.0m間隔)を施工する。法枠内は植生工を施す。		・切土は行わず、対象斜面に分布する不安定土塊（安定勾配1:0.8)より砂面表面側の土塊）の崩壊防止のために鉄筋挿入工(1.5m間隔)を打設する。現況斜面は崩壊により不陸が多く直接鉄筋を打設することは難しい。そこで不陸部分を覆ってもたれ式擁壁工を施工（背後はモルタル間詰）して、鉄筋挿入工を打設する。		・切土は行わず、対象斜面に分布する不安定土塊（安定勾配1:0.8)より砂面表面側の土塊）の崩壊防止のために鉄筋挿入工(1.5m間隔)を打設する。現況斜面は崩壊により不陸が多く直接鉄筋を打設することは難しい。そこで不陸部分を連続繊維補強土工で埋めて平滑な法面を構築し鉄筋挿入工を打設する。	
文化財への影響	外観	△	斜面の不陸部分を最小限の切土を行い、法枠内は植生工を施すので、遺構外観への影響は小さい。	×	斜面表面にコンクリートの擁壁工と鉄筋挿入工のヘッドが露出することから、遺構外観への影響が大きい。	○	緑化が可能であり、表面に鉄筋挿入工のヘッドは露出せず、遺構外観への影響は最も小さい。
	内部	△	不安定土塊の崩壊防止のために鉄筋挿入工(L＝4.0～5.5m、2.0m間隔)を配置するが、切土は不陸部分のみに限られるので、遺構内部への影響は小さい。	△	不安定土塊の崩壊防止のために鉄筋挿入工(L=4.0～5.5m、1.5m間隔)を配置するが、切土は行わないため、遺構内部への影響は小さい。	△	不安定土塊の崩壊防止のために鉄筋挿入工(L＝4.0～5.5m、1.5m間隔）を配置するが、切土は行わないため、遺構内部への影響は小さい。
	可逆性	×	切土箇所および鉄筋挿入箇所は修復不可。	×	鉄筋打設箇所は修復不可。	×	鉄筋打設箇所は修復不可。
施工時の影響		△	仮設足場（幅4.5m）とプラントヤードが必要。	△	仮設足場（幅4.5m）が必要である。	△	仮設足場(幅4.5m)とプラントヤードが必要。
総合評価		△	・起終点の擦り付けは可能である。 ・外観や遺構内部への影響は小さい。	×	上記のほか、以下の懸念点が挙げられる。 遺構外観への影響が大きい。	○	**・起終点への擦り付けは可能である** **・外観や遺構内部への影響は最も小さい。** **・文化財への適用事例多数**（熊本城内でも実績あり）

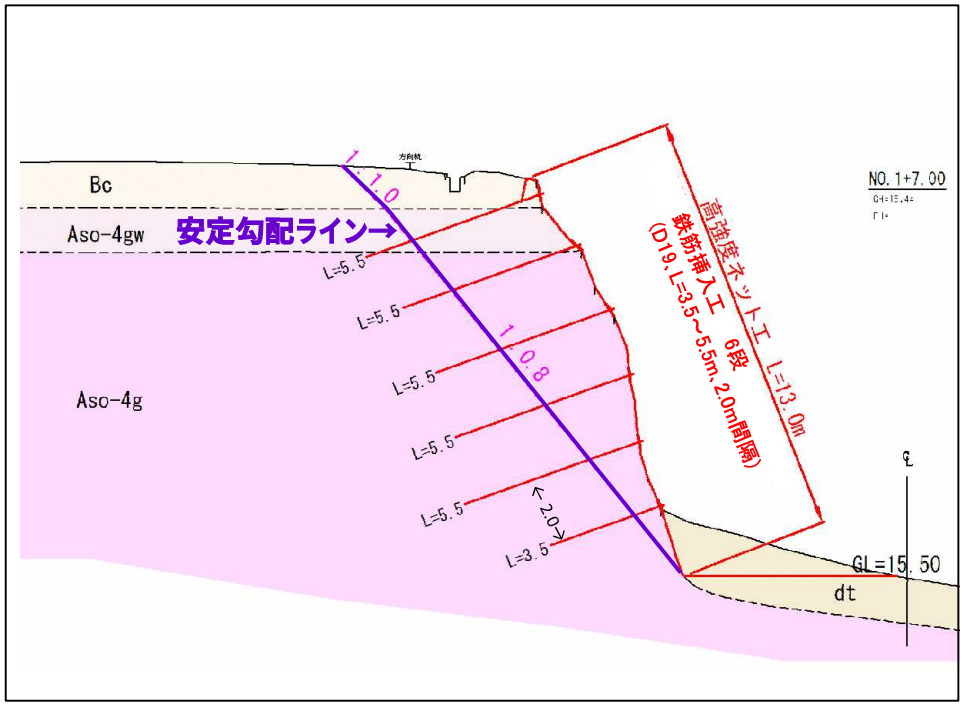
対策工法案

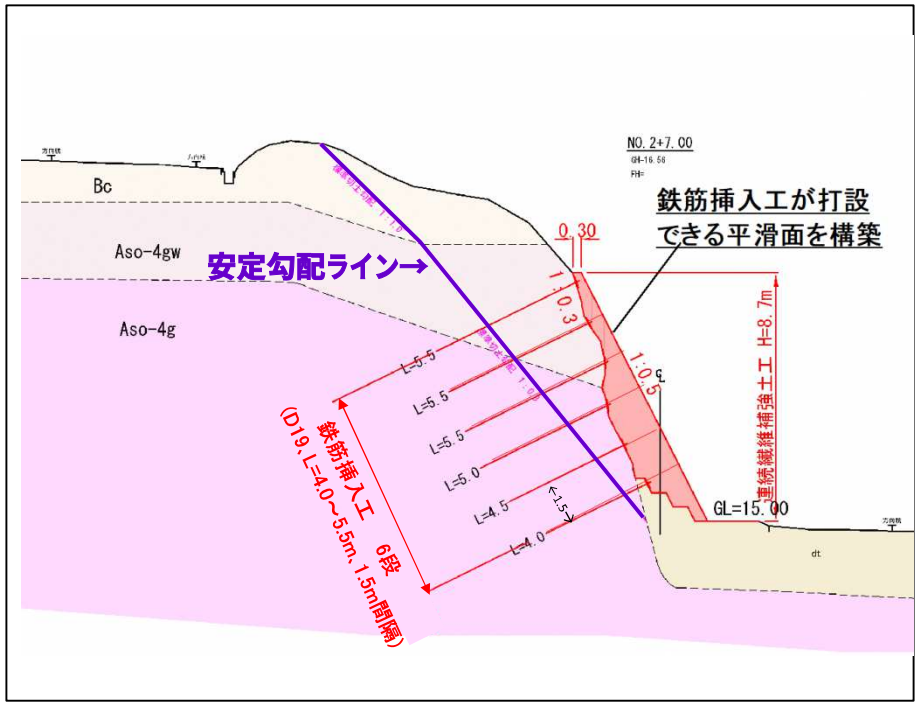
工法比較の結果、他案と比較して遺構への影響が最も小さいことから、以下に示す工法にて対策を行いたい。



[落石のみ発生区間]
鉄筋挿入工＋高強度ネット工

[落石・崩壊発生区間]
鉄筋挿入工＋連続繊維補強土工





本丸御殿　経緯及び本委員会における報告事項について

資料2-1

◆これまでの経緯

【平成29年（2017）9月28日　修復検討部会】本丸御殿建物の被害状況調査

→ア 昭君之間・若松之間周辺：【案】木部は床組解体、障壁画を外す、一部荒壁まで落とす、一部の不陸矯正

→イ そのほかの大広間・大台所：【案】壁漆喰・中塗りまで剥いで割れや散りを埋めて直す等

→ウ 数寄屋棟：【案】木部は床板まで解体、荒壁まで解体、不陸矯正※石垣修理の際は全解体

☞「建造物は重要文化財ではなく史跡内の復元であるから、ここで重要な遺構は石垣であることを考えると、石垣は現状を維持して、建造物だけを取り敢えず修理することが、適当な判断と考える。

【令和3年（2021）8月6日　第2回修復検討委員会】石垣復旧工法案を承認

[№21工区]
・長局櫓下石垣　H411・H415・H416
→　上部膨らみ・陥没部に対する解体修理

[№21工区]
・数寄屋棟下北側石垣　H370・H371
→　抜け・突出石材や間詰石の補完工、石材剝離処理

・数寄屋棟下南側西面石垣　H341
→　膨らみ被害が軽微のため経過観察とする

・数寄屋棟下南側南面石垣　H342
→　上部膨らみに対する解体修理

・二様の新石垣　H343・H344
→　建造物直下には被害がないために経過観察とする

【令和5年（2023）2月1日　修復検討委員会】本丸御殿下石垣復旧措置（案）について

・数寄屋棟下北側石垣　H370・H371抜け・突出石材や間詰石の補完工、石材補修案　**承認**

・数寄屋棟下南側南面石垣　H341・H342　上部膨らみに対する復旧勾配・解体範囲案　**承認**

【令和7年（2025）3月7日　修復検討委員会】本丸御殿 建物復旧方針案を承認

・昭君之間付近　H343　石垣被災時の安全性を担保するため、構造補強を行う

・小姓部屋付近　H410　石垣被災時の安全性を担保するため、使用制限を行う

・数寄屋棟　建造物を解体保存し、石垣復旧工事後に建造物の復旧を行う

・長局櫓　建造物を解体保存し、石垣の復旧工事を行う

【令和7年（2025）6月24日　修復検討委員会】電気設備などの移設位置及び目隠し塀の仕様について承認

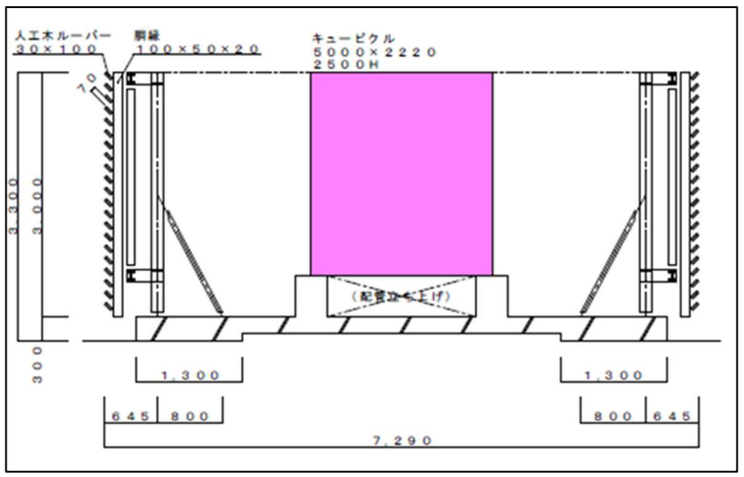
・長局櫓内にある電気設備などの移設位置及び目隠し塀の仕様について　**承認**

・本丸御殿建物の復旧工程について　**報告**



目隠し塀イメージ

出典：ABC商会 『施工事例 岩沼西ｺﾐｭﾆﾃｨｾﾝﾀｰ』，ABC商会公式サイト，https://www.abc-t.co.jp/case/detail/1868.html (2026年6月15日閲覧)



目隠し塀　断面図

◆今回の委員会での報告事項

・**本丸御殿建物の復旧工程について（報告）**

→本丸御殿復旧工事に先行してキュービクル新設工事を行う

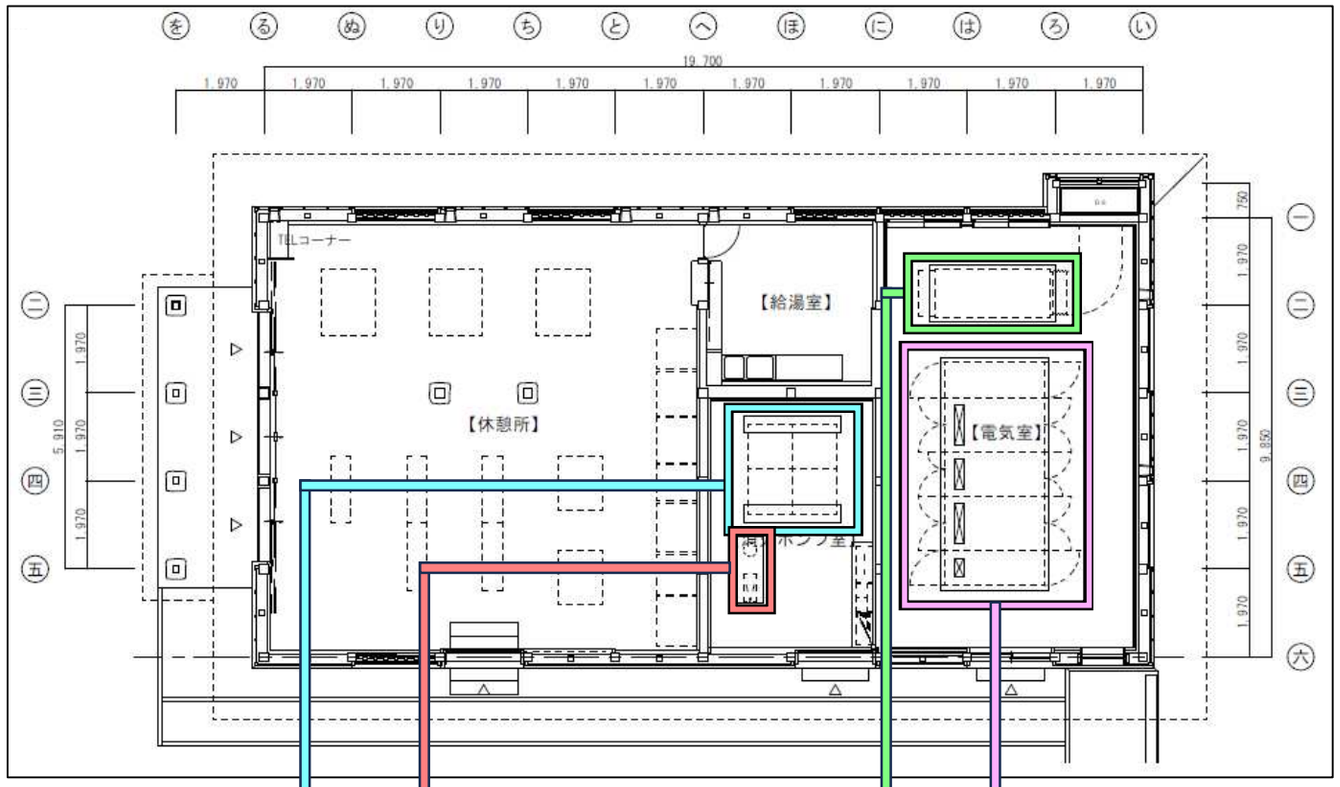
本丸御殿復旧事業における工程変更（報告）

資料2-2

※令和７年度第1回修復検討委員会報告内容（令和７年６月２４日）



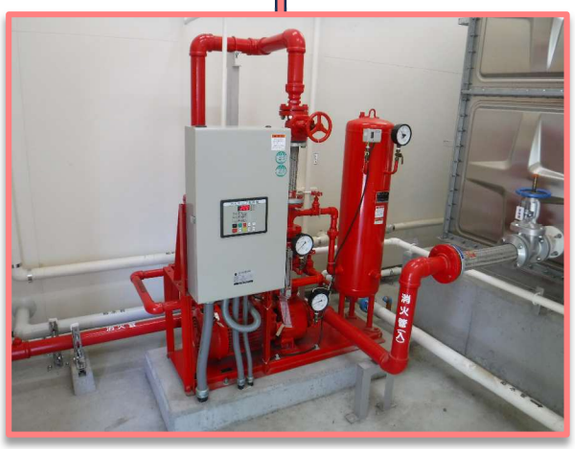
長局櫓（H２８年4月16日撮影）



長局櫓平面図



パネル式タンク



消火ポンプ



非常用発電機



キュービクル

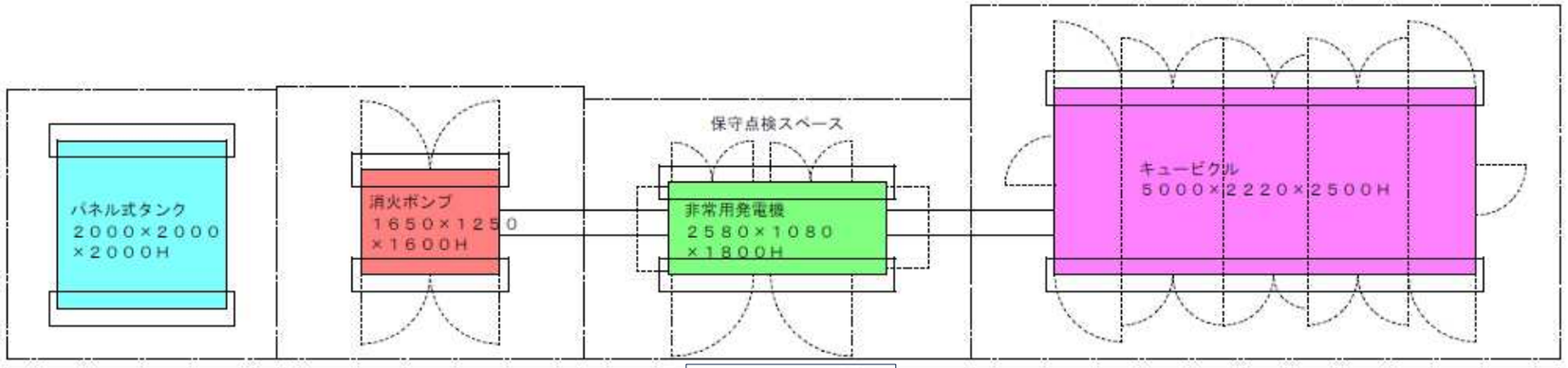
本丸御殿復旧事業における工程変更（報告）

資料2-3

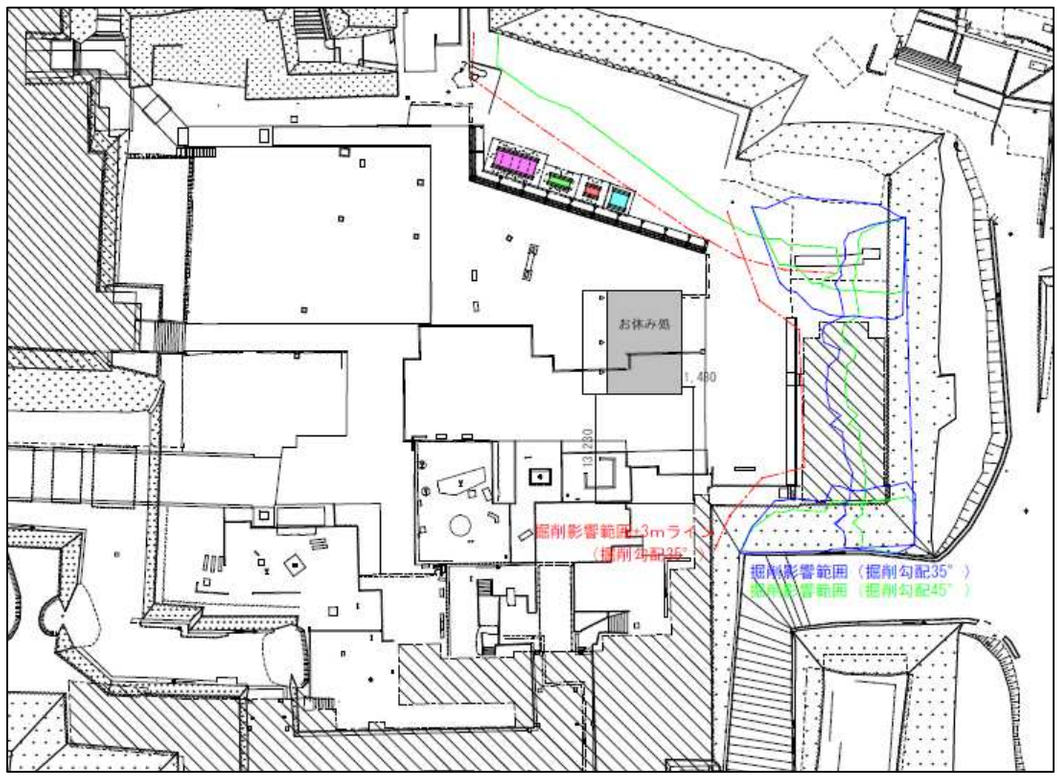
※令和7年度第1回修復検討委員会報告内容（令和7年6月24日）

移設が必要となる設備

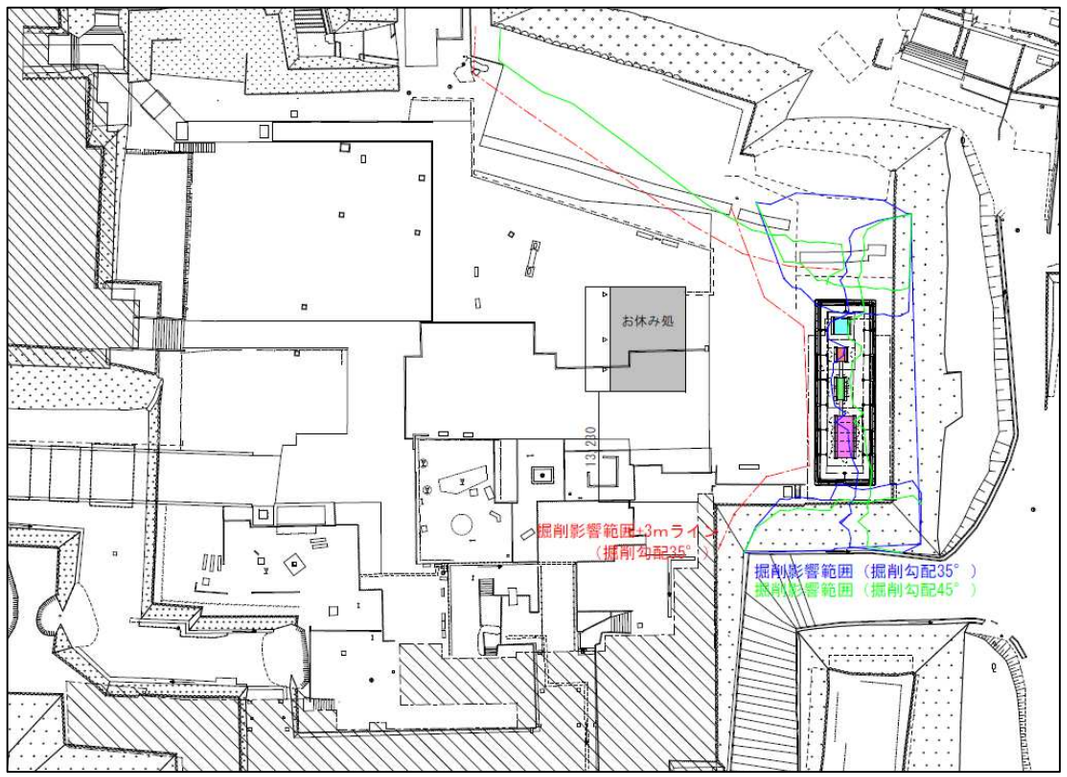
設備	寸法
パネル式タンク	2000×2000×H2000
消火ポンプ	1650×1250×H1600
非常用発電機	2580×1080×H1800
キュービクル	5000×2220×H2500



設備平面図



長局櫓解体工事時のキュービクル仮設置箇所



長局櫓跡石垣復旧工事完了後の設備本設置箇所

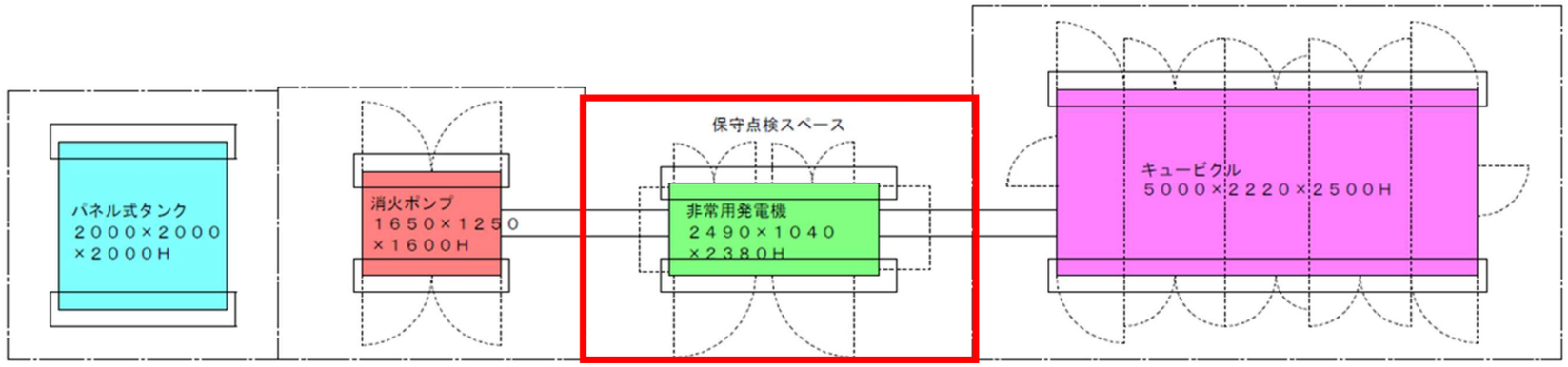
本丸御殿復旧事業における工程変更（報告）

資料2-4

※変更内容

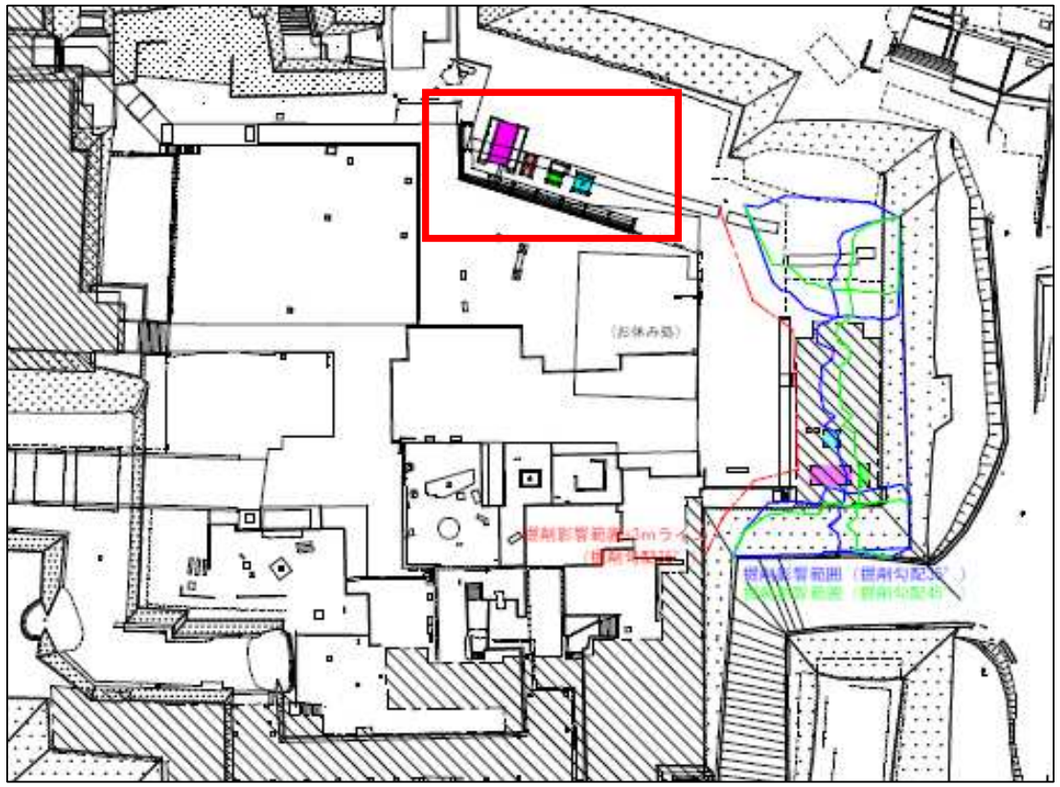
移設が必要となる設備

設備	寸法
パネル式タンク	2000×2000×H2000
消火ポンプ	1650×1250×H1600
非常用発電機	2490×1040×H2380
キュービクル	5000×2220×H2500



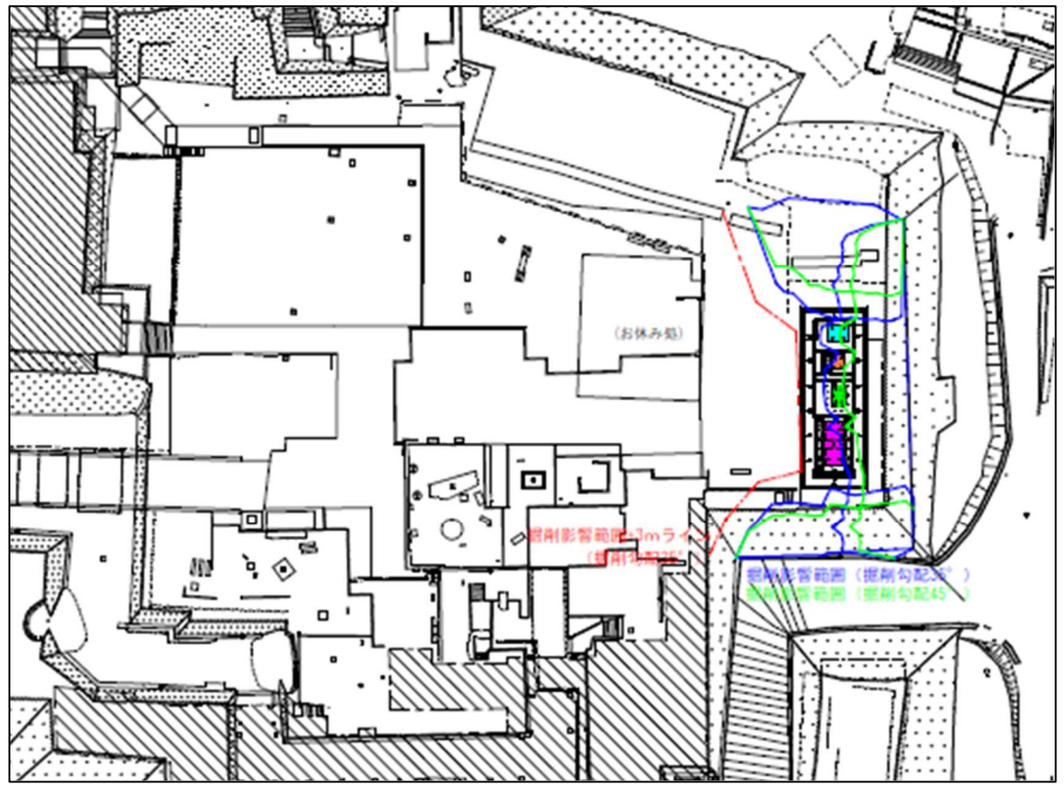
設備平面図

※設計の進捗に伴い、設備の寸法を見直し、変更を行った



本丸御殿復旧以前のキュービクル仮設置箇所

※キュービクルは本丸御殿復旧工事に先行して、新設工事を実施する

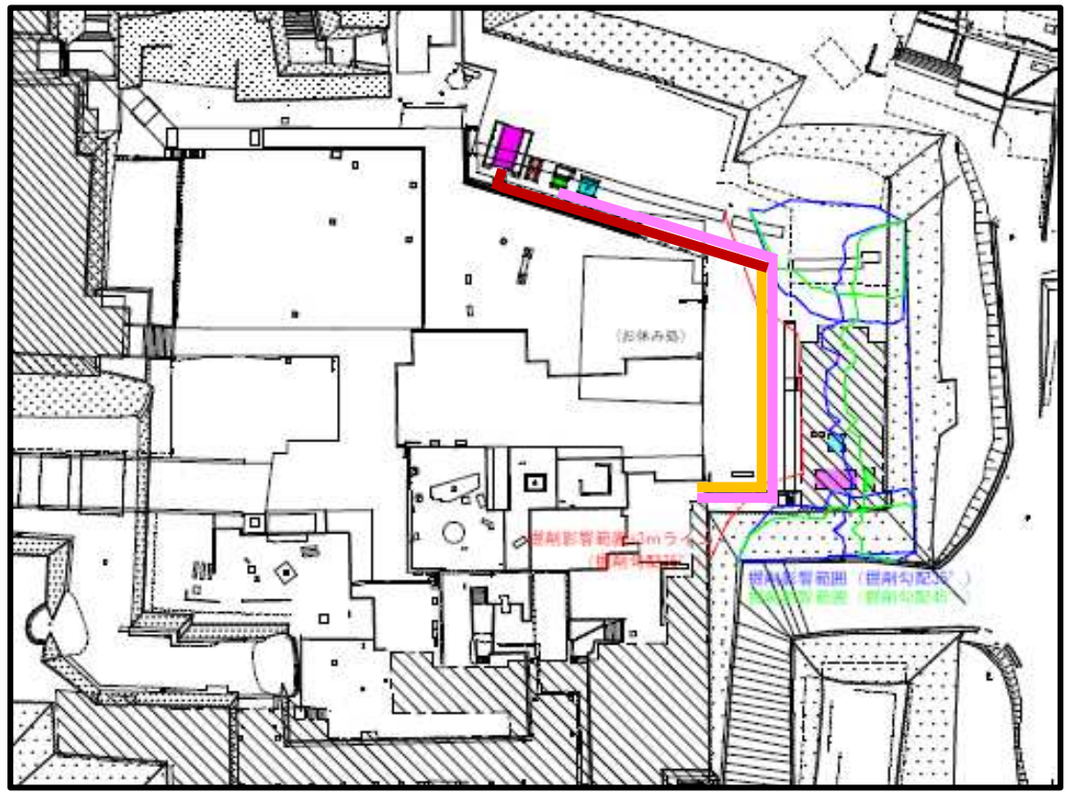


長局櫓跡石垣復旧工事完了後の設備本設置箇所

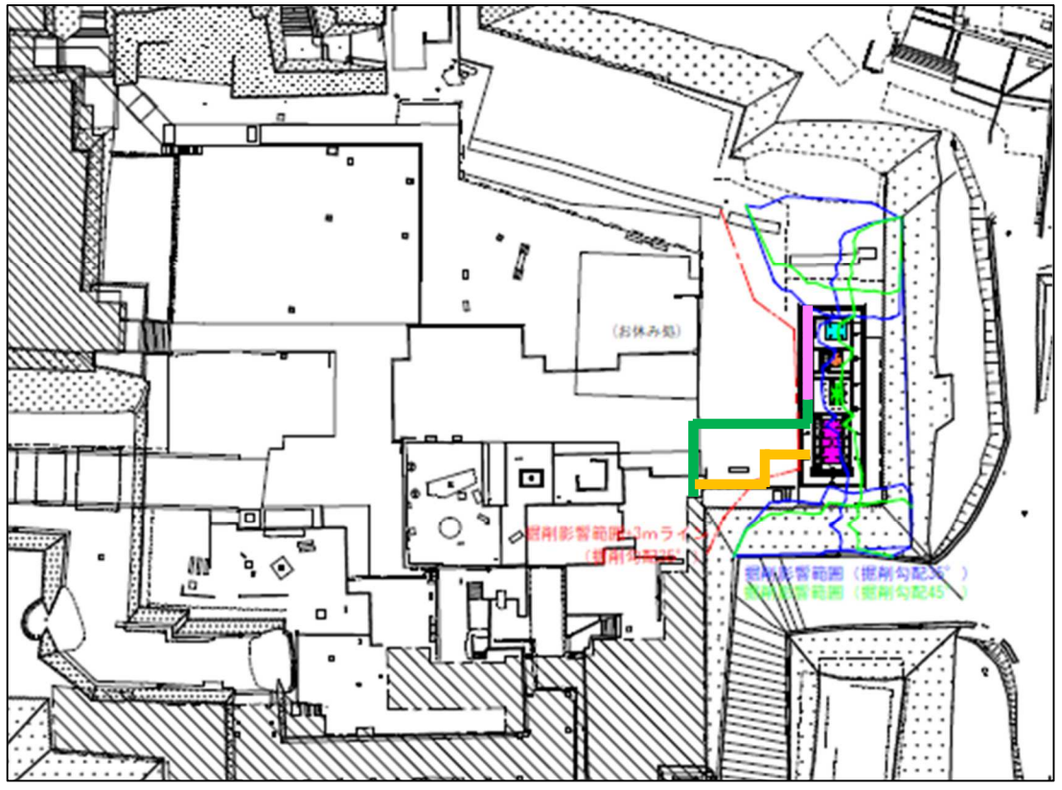
**※先行工事において新設したキュービクルは、
二期工事にて所定の位置へ移設をする**

本丸御殿復旧事業における工程変更（報告）

※設備配管ルート



①本丸御殿復旧以前のキュービクル仮設置時
配管ルート



②長局櫓跡石垣復旧工事完了後の設備本設置時
配管ルート

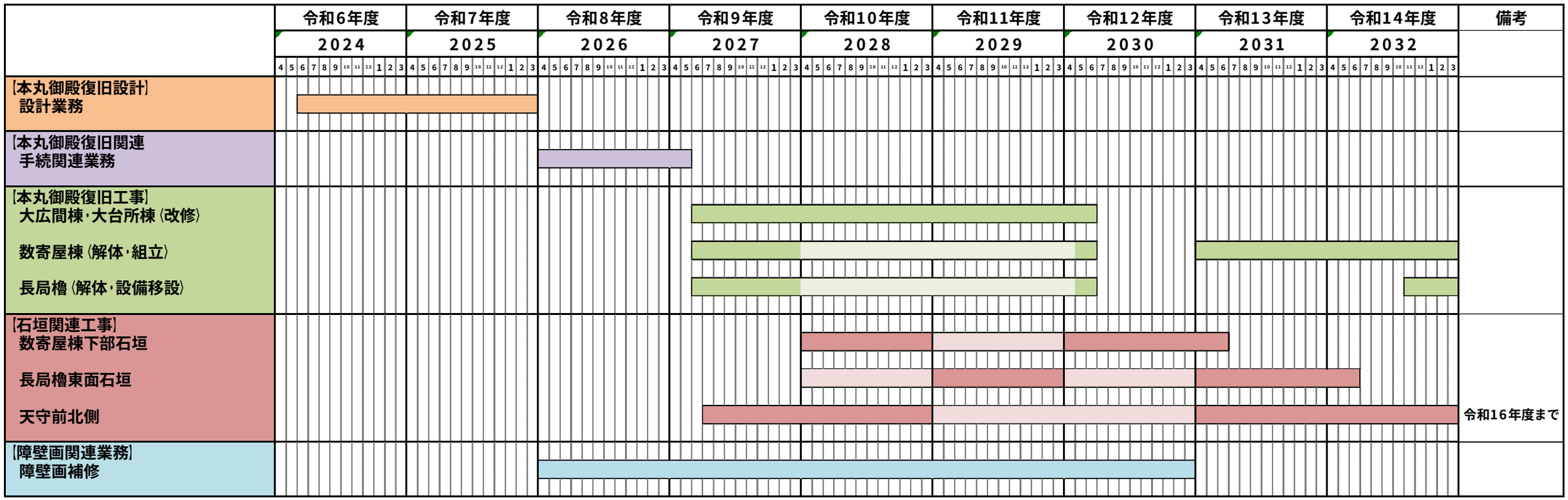
	①仮設置時	②本設置時
機械設備 （消火・給水配管）	露出配管新設	露出配管新設
		既設埋設配管（埋設深さ800mm程度）更新
電気設備 （ケーブル）	露出配管新設	
	既設埋設配管内のケーブル更新	既設埋設配管内のケーブル更新
遺構への影響	**掘削なし**	**既存掘削範囲内での掘削**

本丸御殿復旧事業における工程変更（報告）

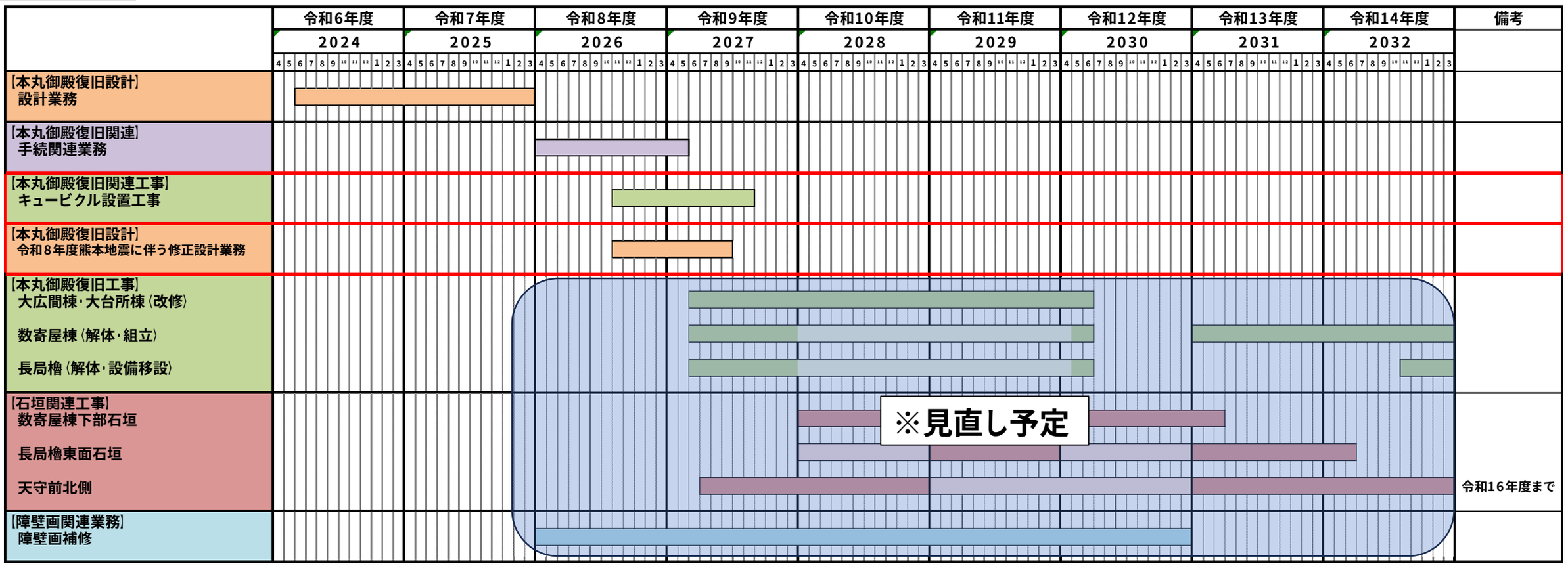
資料2-6

※令和７年度第1回修復検討委員会報告内容

【参考】本丸御殿建物　復旧工程（案）



※変更内容



国立病院周辺石垣及び埋門周辺石垣の復旧措置(案)

資料3-1-1

◆対象石垣

- 復旧設計対象石垣は、国立病院周辺石垣と埋門周辺石垣とする。
- 国立病院周辺石垣
  K8、K9、K10、K11、K14、K15、K16、K17、K18、K19、K20、
  K22、K23 、K24、K25（計15面）
- 埋門周辺石垣
  N55、N56、N57、N58、N59、N60、N61、N62、N63、N65、N66、
  N74、N75、N76、N77、N79（計16面）
  S113、S114、S115、S116、S118、S119、S120 （計7面）

◆これまでの経緯

【 2026年3月　令和7年度第3回文化財修復検討委員会】

- 復旧設計対象石垣の被害状況・修復履歴の報告
  →**承認**
- 石垣復旧措置案（復旧勾配・解体範囲）の**審議**
  →K8、K9、K10、S120については復旧勾配と解体範囲を再検討する
  →その他石垣については**承認**
- 現状石垣耐震診断の報告
  →**承認**

◆今回の委員会での報告･審議事項

1　石垣復旧措置案の再検討(復旧勾配･解体範囲)【審議】(資料3-2)

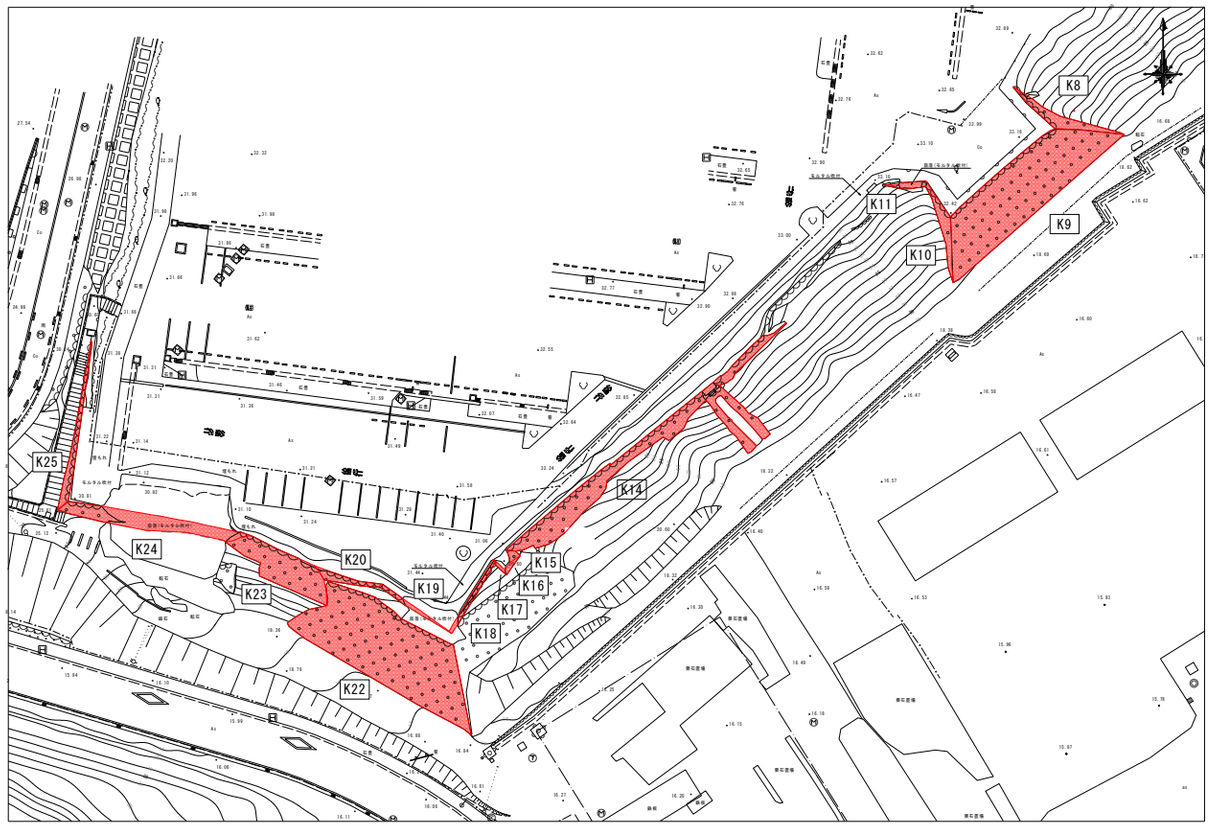
- K8、K9、K10、S120の復旧勾配と解体範囲の検討結果

2　石垣耐震診断結果(在来修理)【報告】(資料3-3)

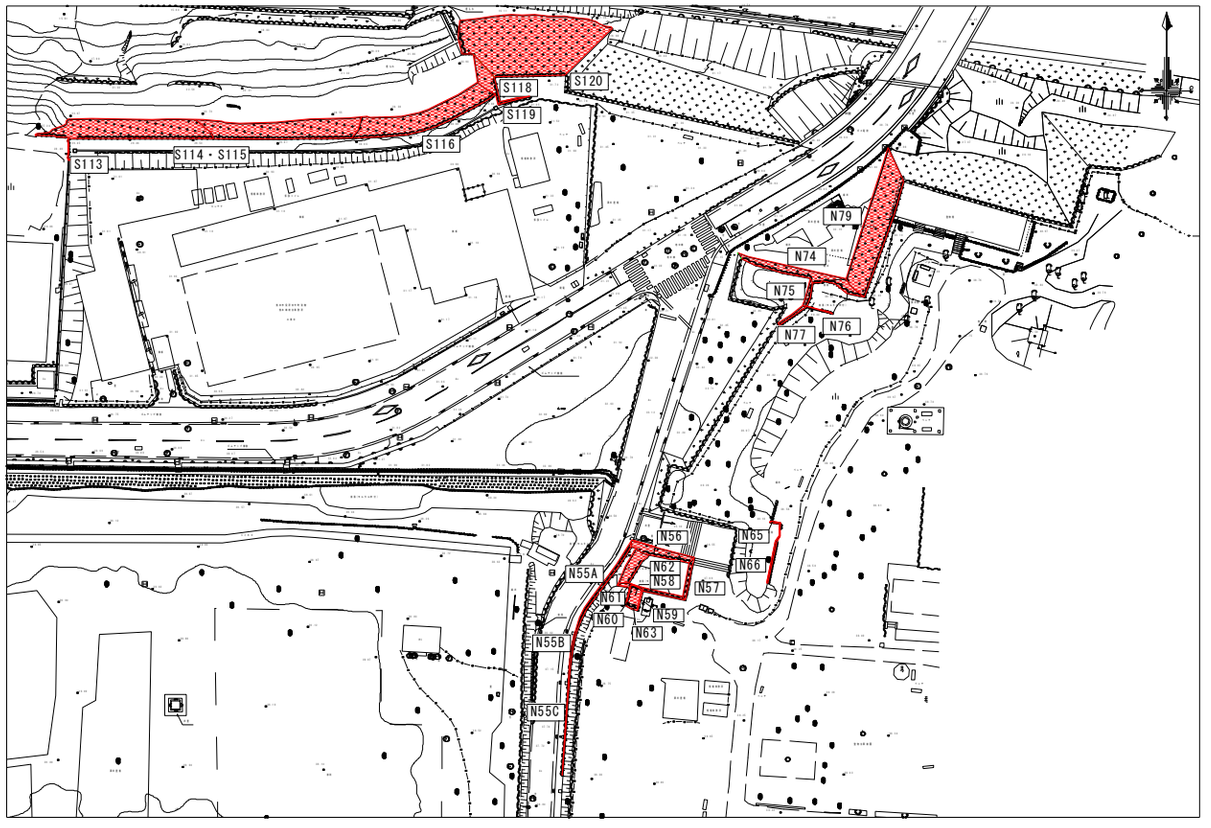
3　今後の進め方

- 令和10年度　石垣解体工事予定

国立病院周辺石垣配置図



埋門周辺石垣配置図



◆K8・K9・K10　復旧勾配及び解体範囲の再検討

・下記に前回委員会の指摘事項を記す。

【復旧勾配】

対象石垣	令和7年度第3回委員会指摘事項	検討方法
K9	当石垣は7期(明治初期)の石垣が上部まで残存している。 現在復旧勾配の代表断面を複数設定しているが、当初からねじれの勾配であったか再度検討すること。	平面形状の確認を実施。 前回委員会時に設定した代表断面の復旧勾配の精査を行った。
K10		前回委員会時に設定した代表断面の復旧勾配の精査を行った。
K8		

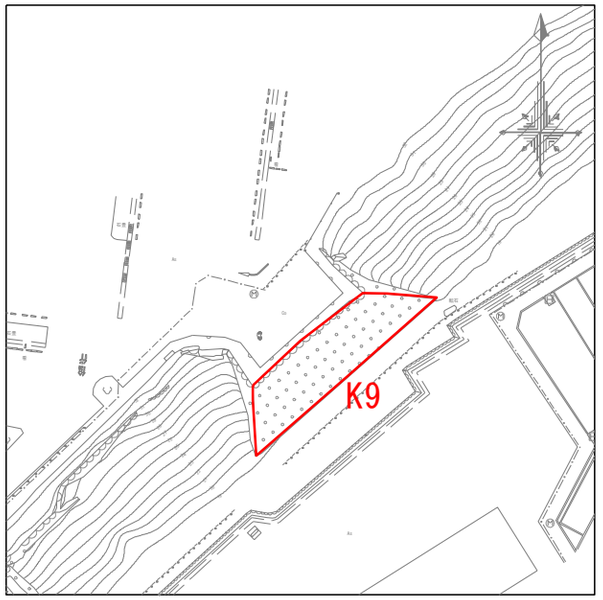
【解体範囲】

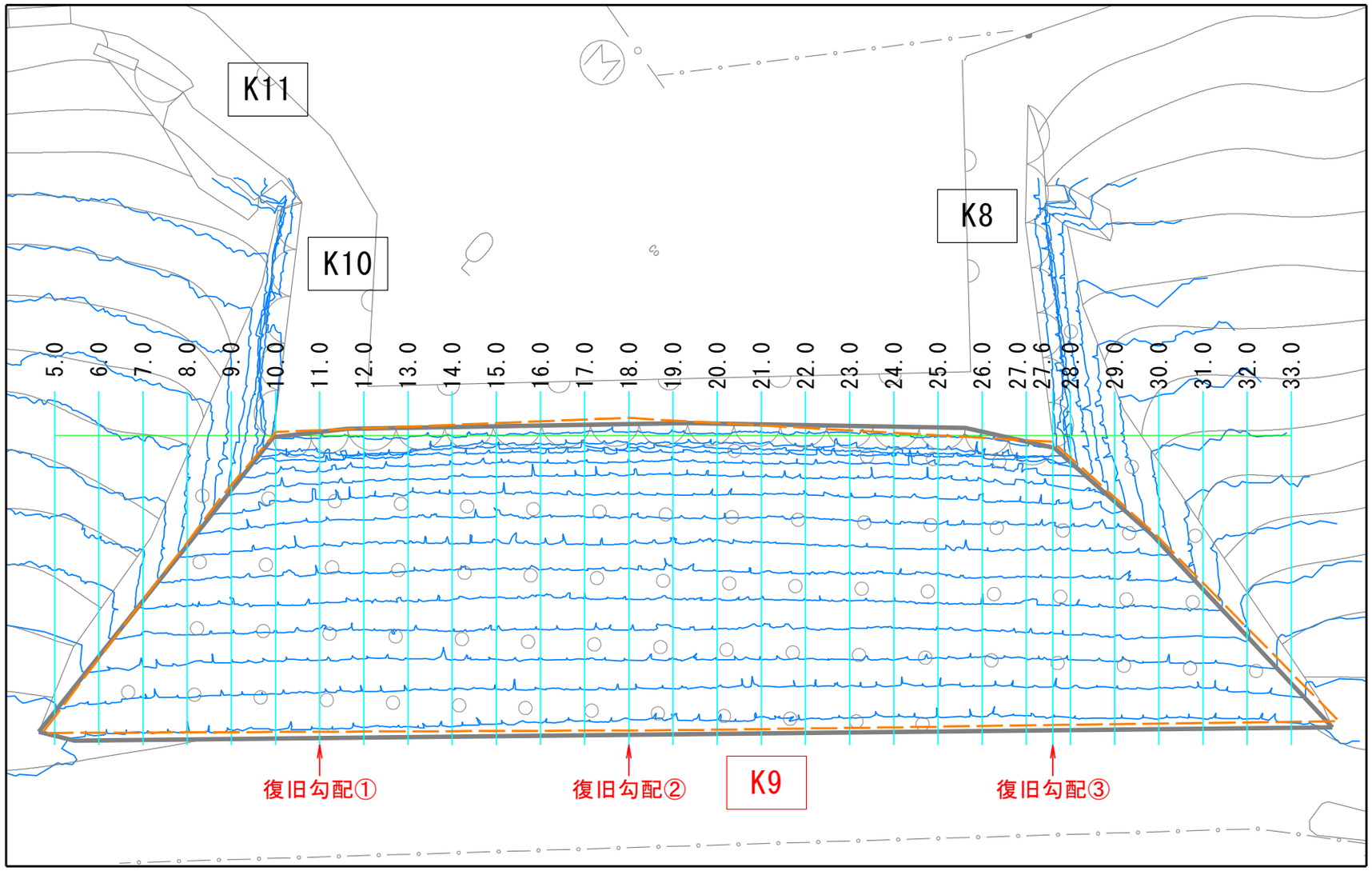
対象石垣	令和7年度第3回委員会指摘事項	検討方法
K9	膨らみの程度にばらつきがある。 解体範囲を縮小する検討を行うこと。	変状範囲の再検討を実施。解体範囲の縮小を検討した。
K10		隣接石垣の変状範囲の再検討を行い、解体範囲の縮小を行った。
K8		

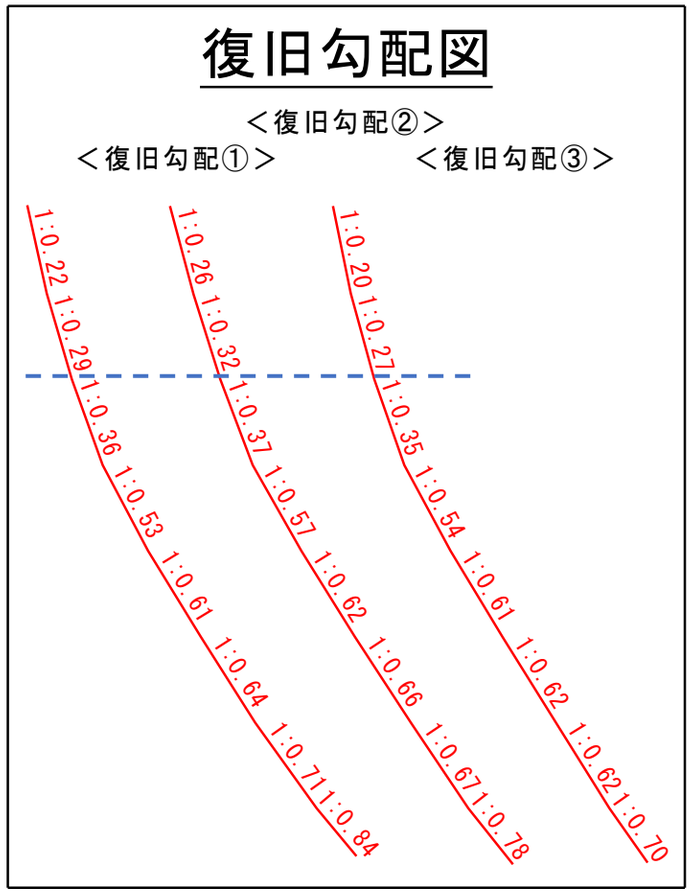
◆K9復旧勾配の再設定

K9は、下記資料より輪取りに類似した形状であることを確認した。
- H24端点データ平面図
- R6測量平面図
- R6測量等高線図

輪取りに類似した形状であることから、出隅部と比較して中央部が緩い勾配となる（特に上部）。したがって、当石垣の復旧勾配代表断面は、両側の出隅部と中央部の3箇所設定をした。







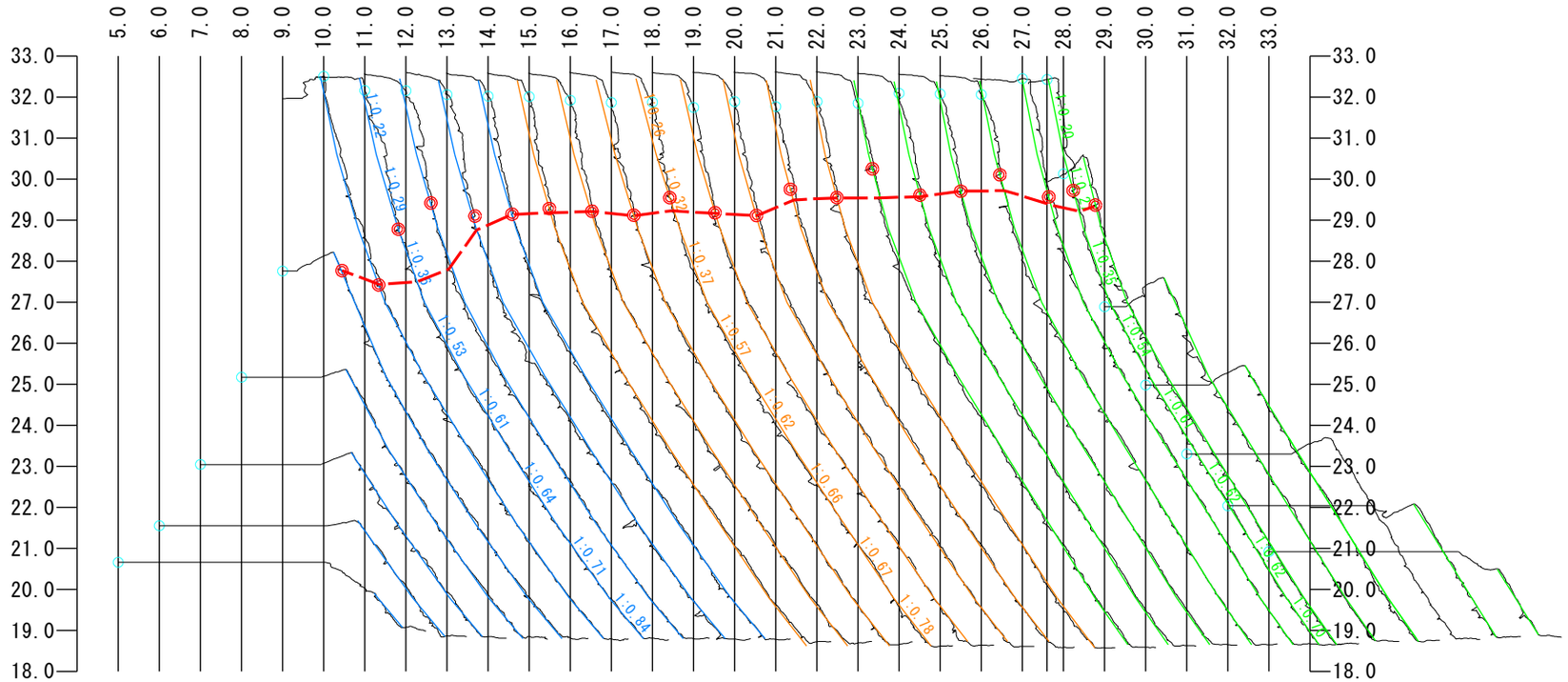
国立病院周辺石垣　石垣復旧措置案(復旧勾配)　K9(2/5)

資料3-2-3

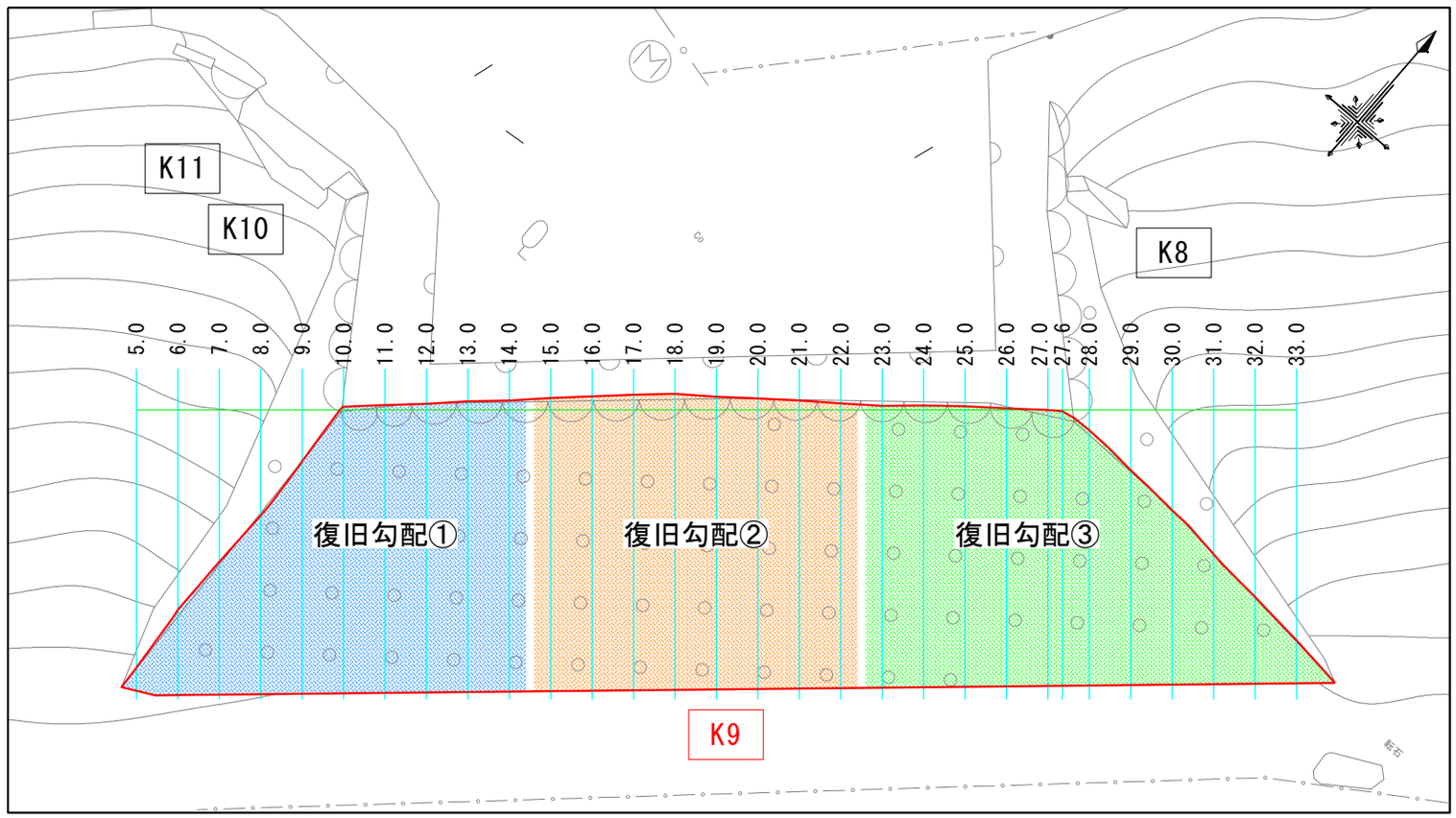
◆K9復旧勾配の再設定

K9の復旧勾配①～③を縦断図及び平面図に示す。

K9縦断図
(復旧勾配の区分わけ)

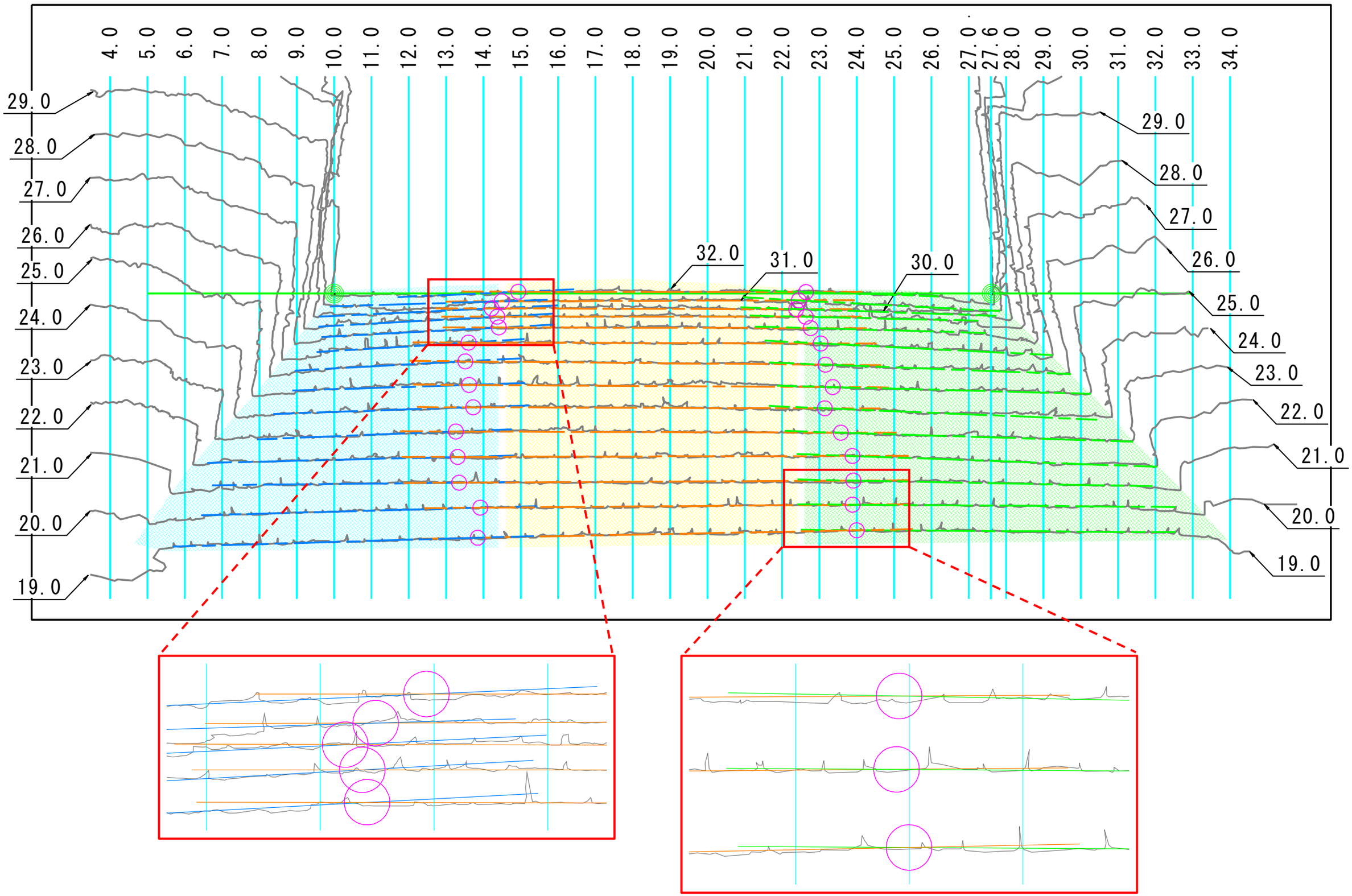


K9平面図
(復旧勾配の区分わけ)



◆K9復旧勾配の再設定

K9等高線図の確認を行い、等高線の変化位置が復旧勾配の変化点と概ね一致することを確認した。



国立病院周辺石垣　石垣復旧措置案(解体範囲)　K9(4/5)　資料3-2-5

◆K9解体範囲の再設定

下記資料より変状範囲の再検討を行った結果、おおよそ▽29.1m(石材9つ分)の高さまで変形していることを確認した。
また、K9出隅部に築石のズレを確認した。

・R7.11撮影写真
・R6測量時の写真
・R6測量時の3Dデータ

R7.11撮影写真



R6測量時写真



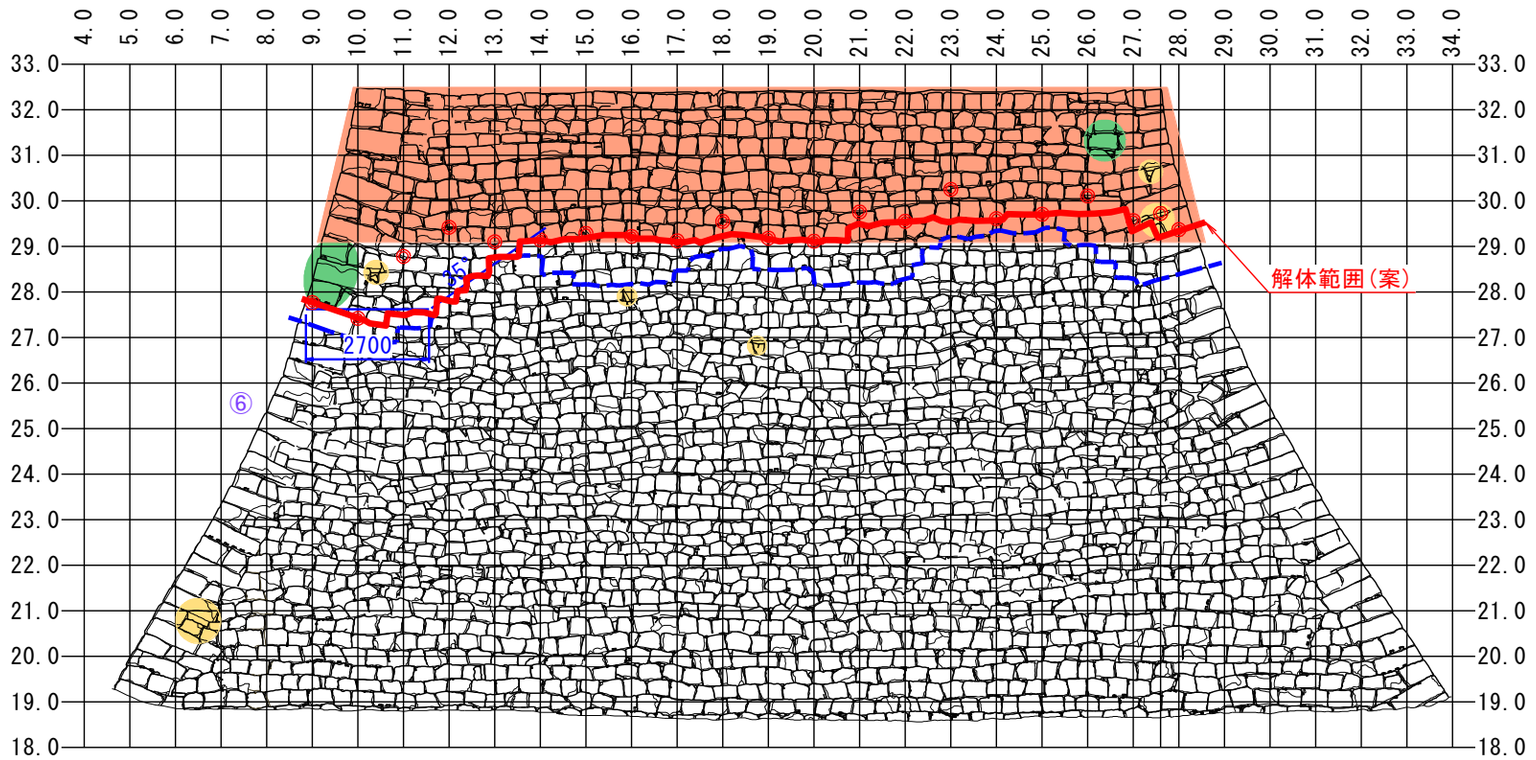
◆K9解体範囲の再設定

再検討後の解体範囲立面図と縦断図を示す。

立面図

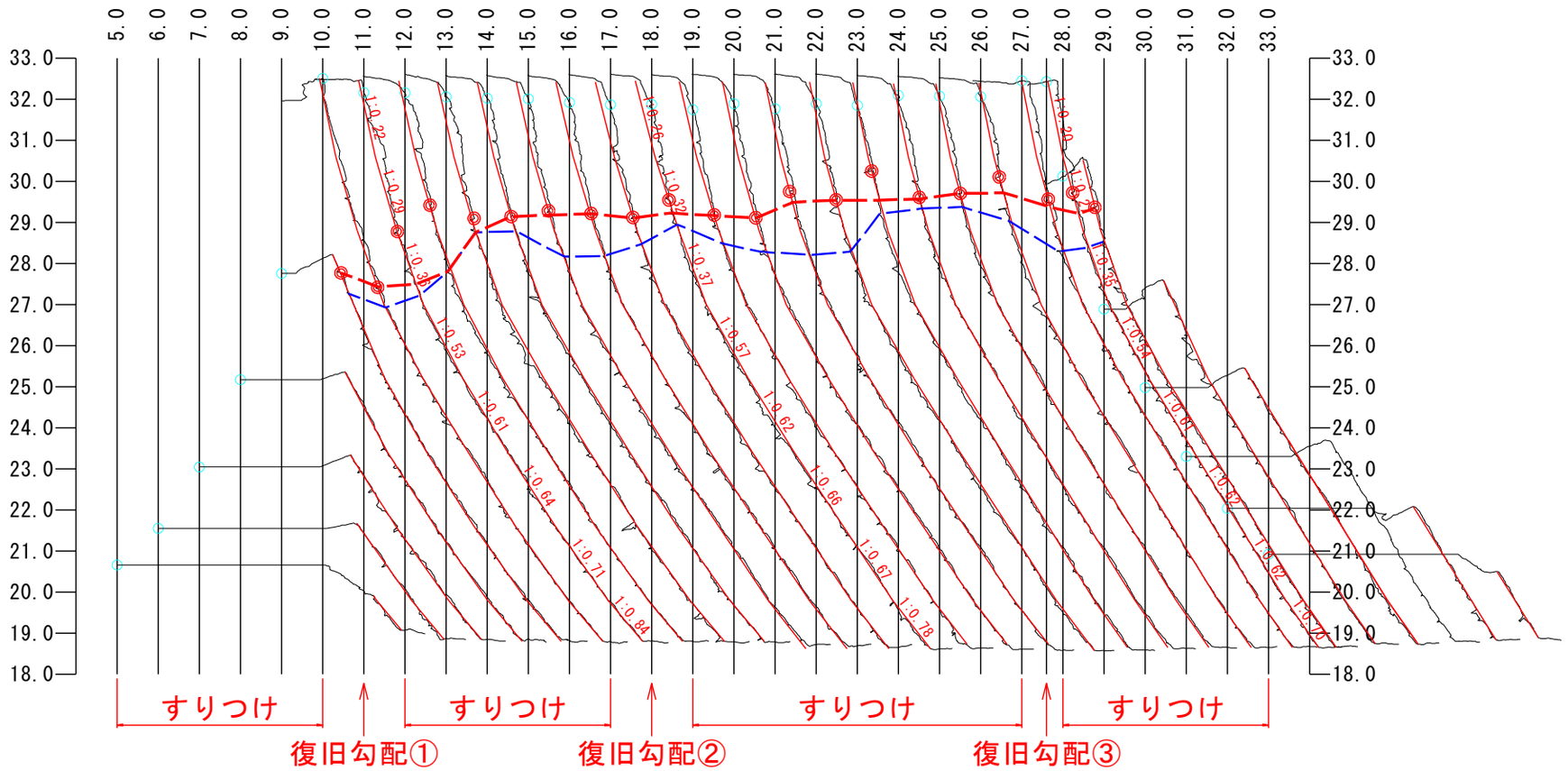
被害状況凡例
- 変形(膨らみ・緩み)
- 突出・ズレ
- 凹み
- 剥落
- 間詰石抜け
- 割れ・ヒビ
- 新補石材
- 今回の崩落ライン

被害状況凡例
- 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



縦断図

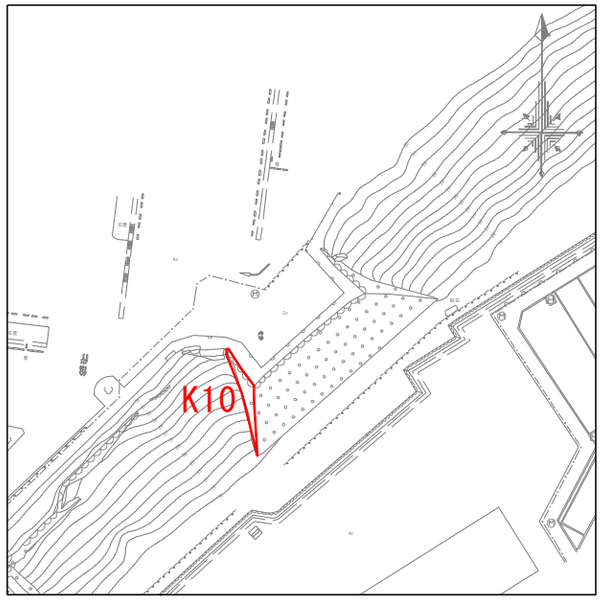
凡例
- 解体範囲(再検討後)
- 前回委員会時解体範囲



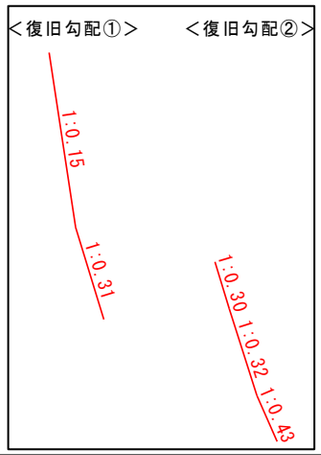
国立病院周辺石垣　石垣復旧措置案(復旧勾配)　K10(1/2)

◆K10復旧勾配の再設定

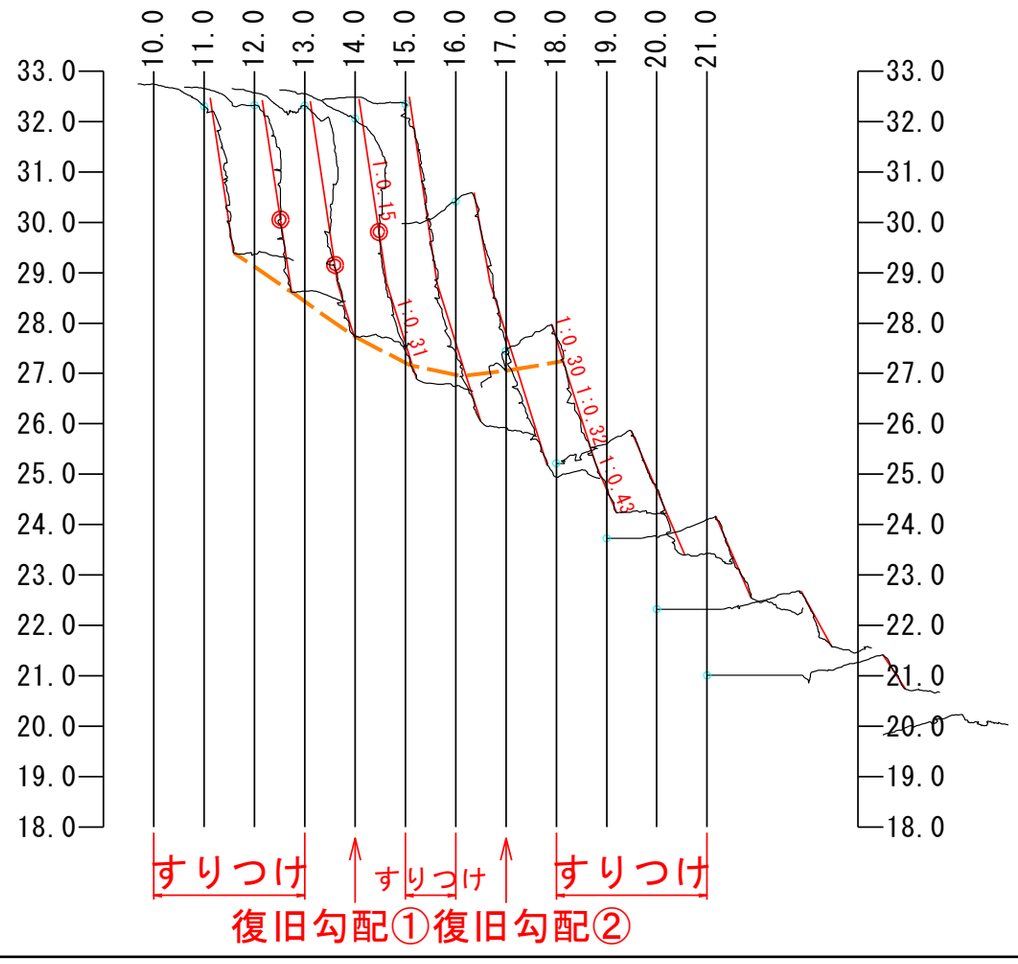
前回委員会時で提示した復旧勾配がいずれも近似値であったため、代表断面を1つに集約した。



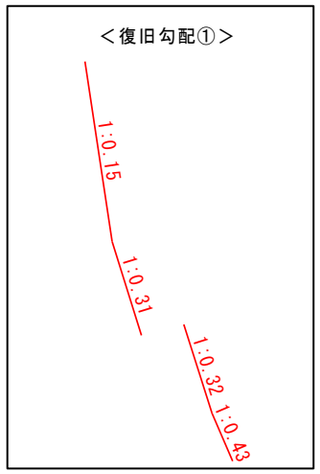
R8.3委員会時



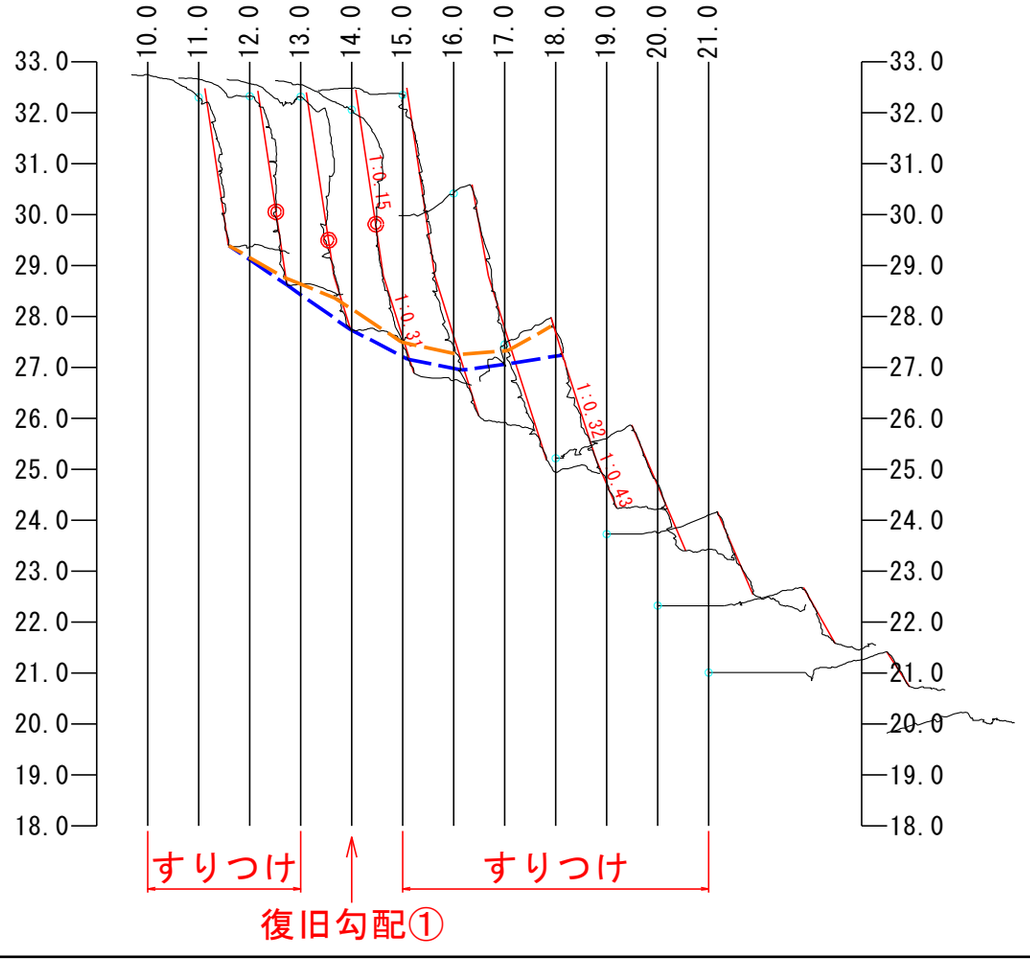
【復旧勾配設定方法】
＜復旧勾配①＞
・H24端点データの天端及び下端を結んだ線等から復旧勾配を設定した。
＜復旧勾配②＞
・現況断面の計測結果から、変状の少ない断面17.0を抽出、現況断面と比較し復旧勾配を設定した。



再検討後



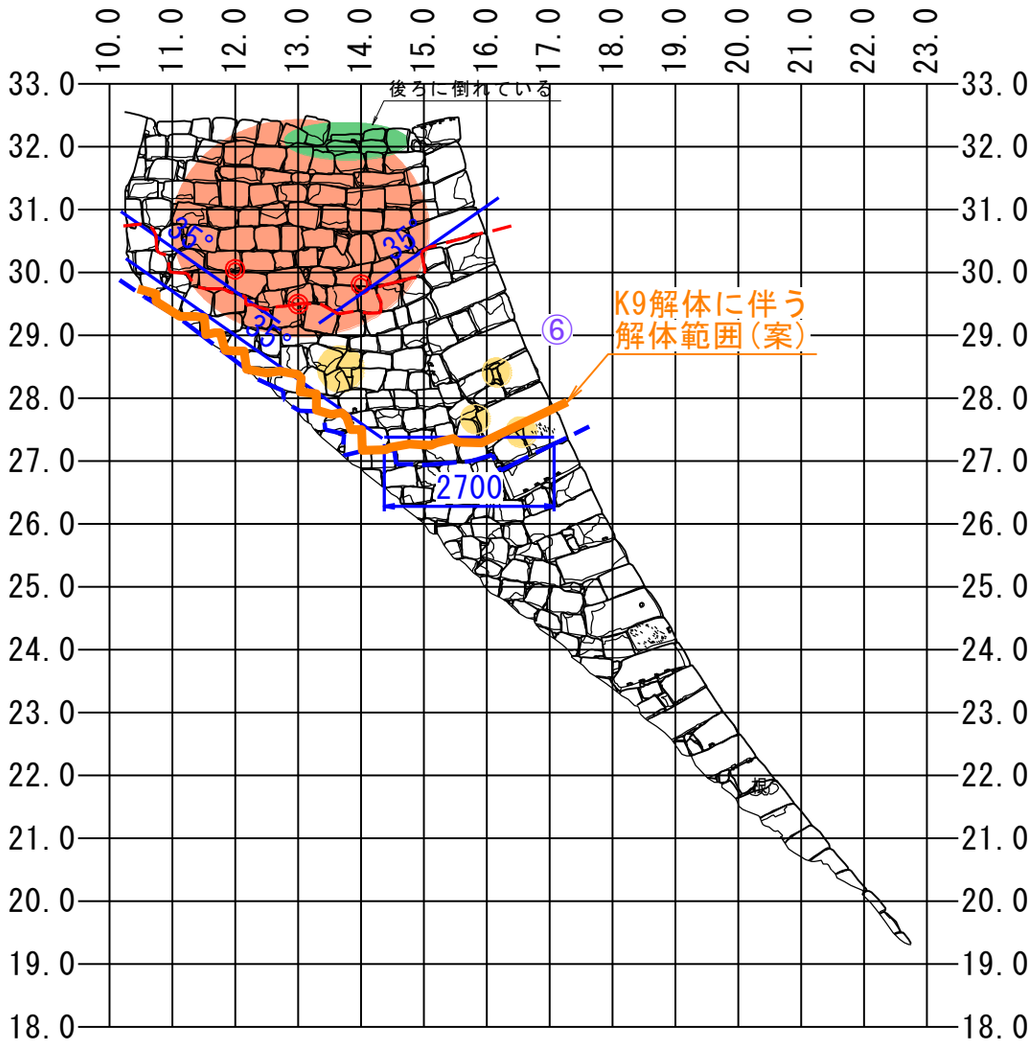
【復旧勾配設定方法】
＜復旧勾配①＞
・現況断面の計測結果から、断面14.0及び18.0の変状の無い下端から▽28.8mを抽出した。
▽28.8mから天端は、H24端点データの勾配を算出し、それぞれの勾配を合成して復旧勾配を設定した。



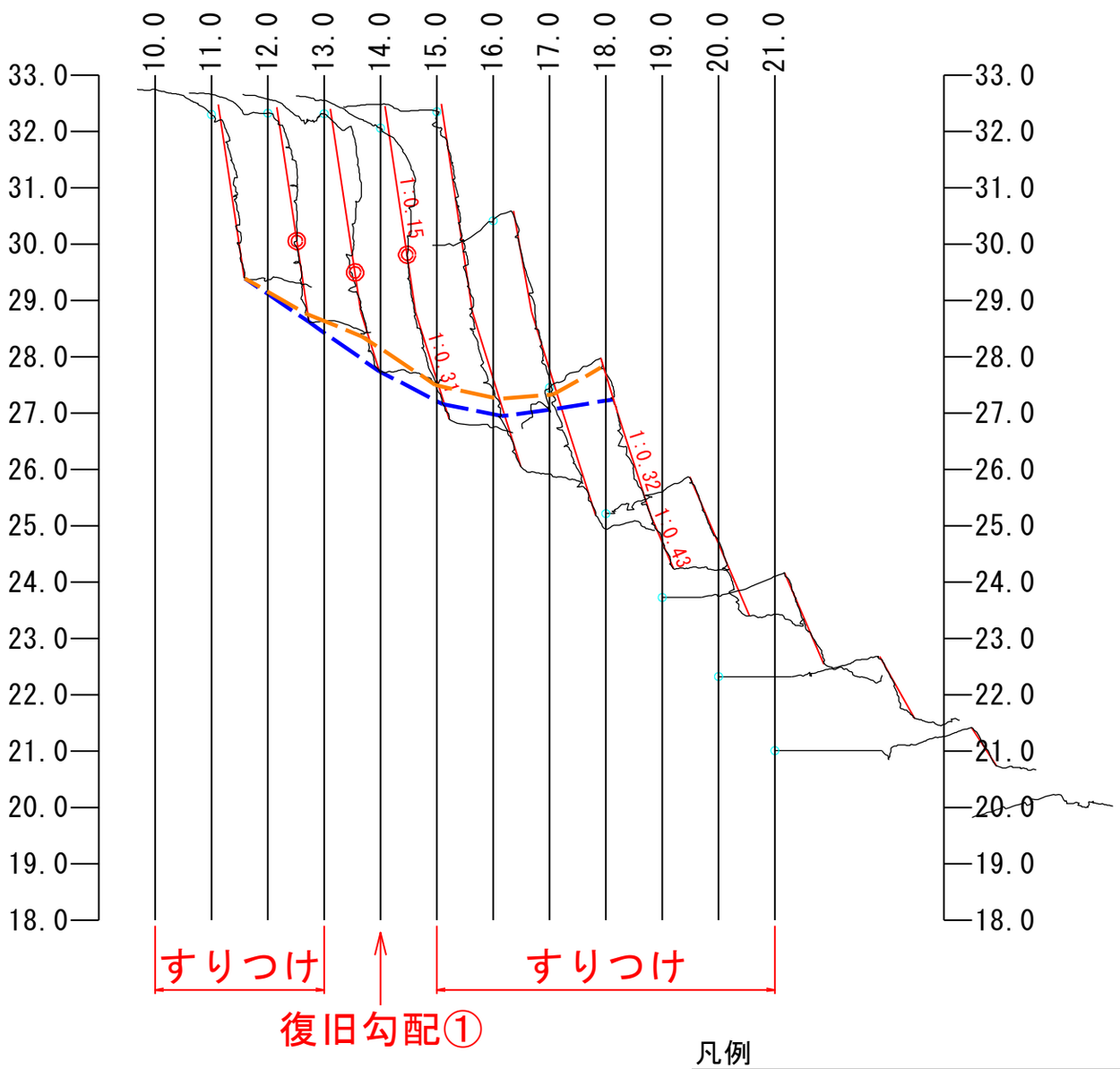
◆K10解体範囲の再設定

K9出隅部の変状範囲の再検討を行い、解体範囲の縮小を行った。
再検討後の解体範囲立面図と縦断図を示す。

立面図



縦断図

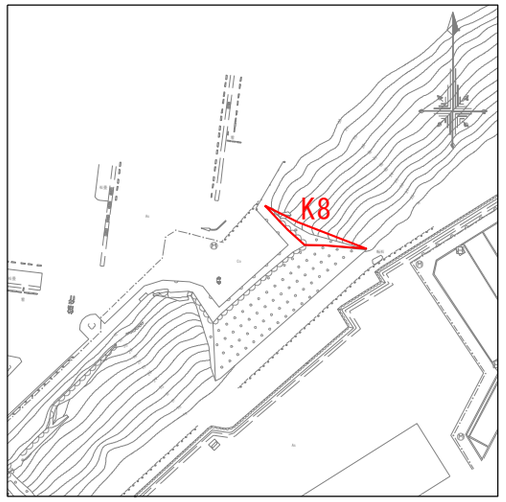


凡例

- 解体範囲(再検討後)
- 前回委員会時解体範囲

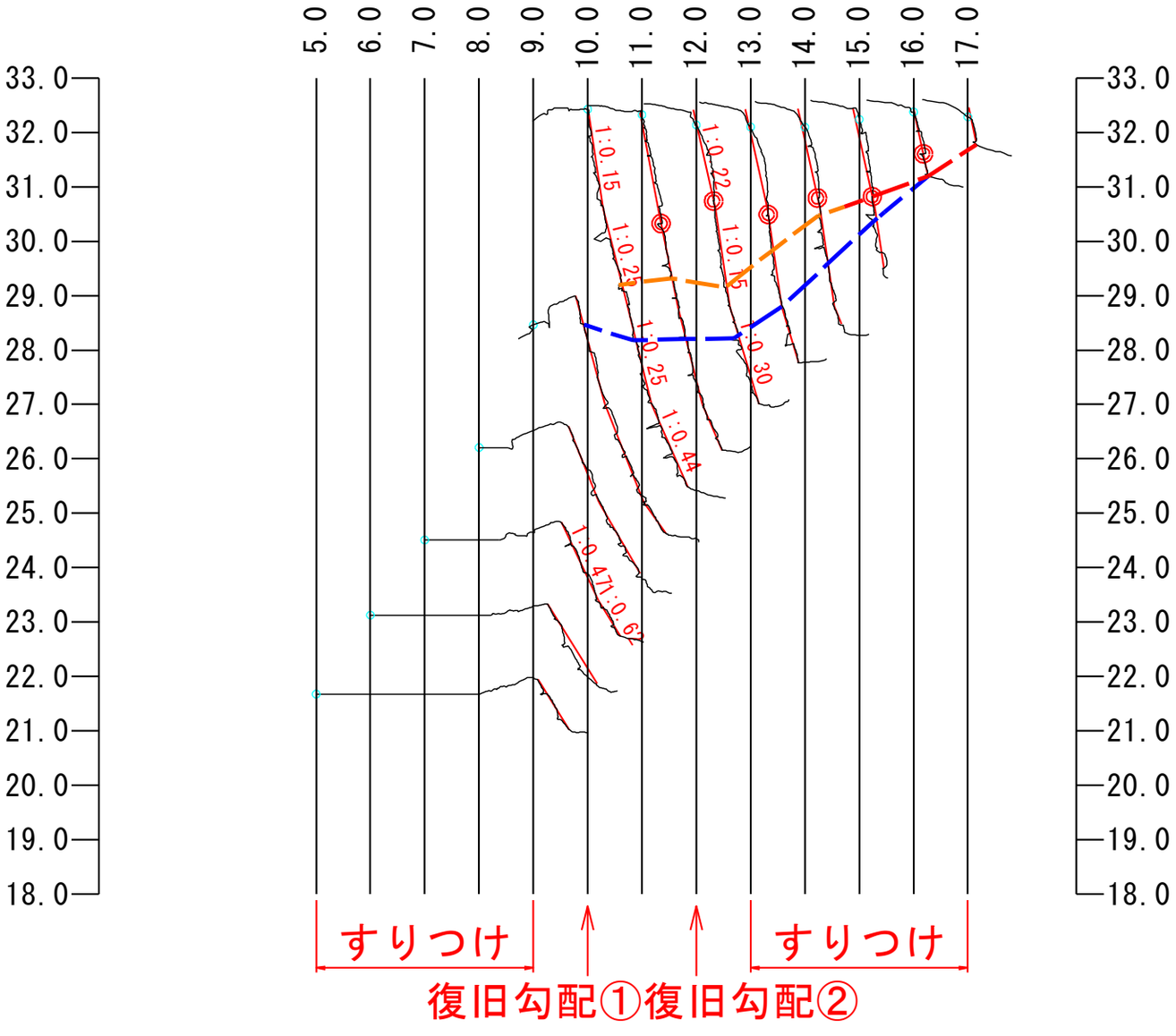
国立病院周辺石垣　石垣復旧措置案(復旧勾配)　K8(1/2)

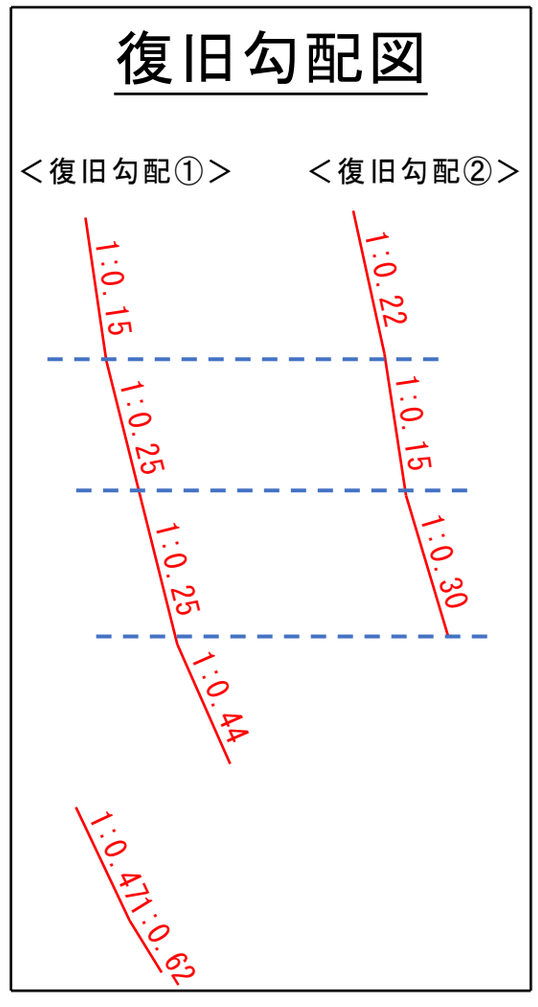
◆K8復旧勾配の再設定



現在、復旧勾配は現況勾配より定めている。勾配の代表断面を1つにした場合、変状のない箇所も現況縦断と復旧勾配のズレが生じ、解体範囲が大きくなるため、変更なしとした。

【復旧勾配設定方法】
＜復旧勾配①＞
・現況断面の計測結果から、断面7.0の変状の無い下端から▽25.2mを抽出した。
▽25.2mから天端は、断面10.0の変状の無い▽25.2mから天端を抽出し、それぞれの勾配を合成して復旧勾配を設定した。
＜復旧勾配②＞
・現況断面の計測結果から、断面12.0の変状の無い下端から▽30.6mを抽出した。
▽30.6mから天端は、H24端点データの勾配を算出し、それぞれの勾配を合成して復旧勾配を設定した。

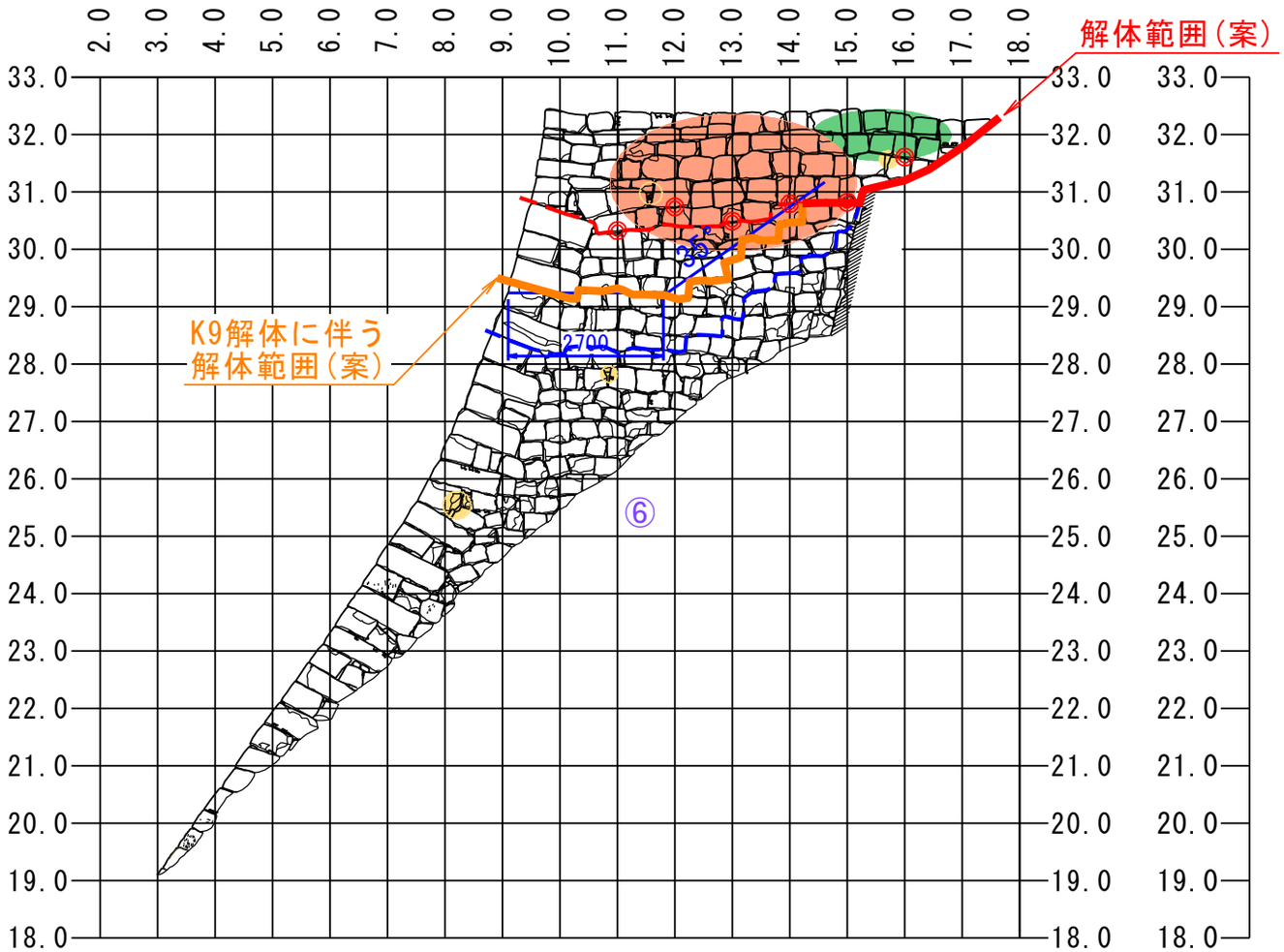




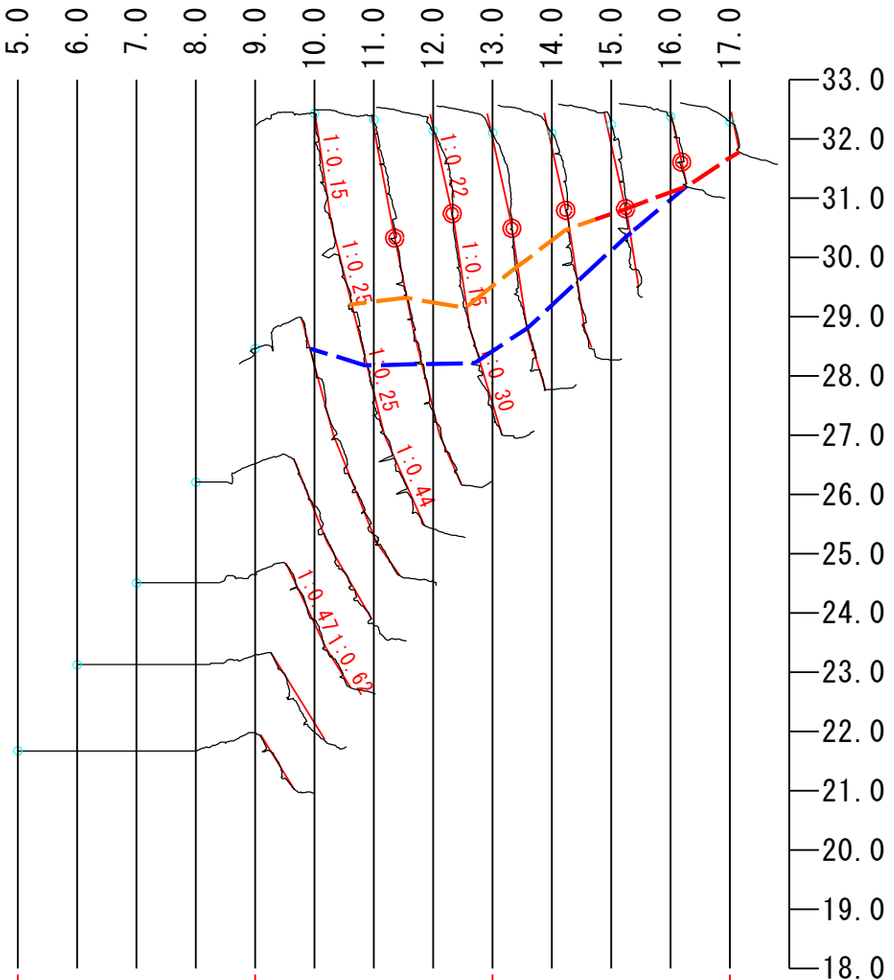
◆K8解体範囲の設定

K9出隅部の変状範囲の再検討を行い、解体範囲の縮小を行った。
再検討後の解体範囲立面図と縦断図を示す。

立面図



縦断図



凡例

解体範囲(再検討後)

前回委員会時解体範囲

◆K8・K9・K10　復旧勾配及び解体範囲再検討まとめ

【復旧勾配】

対象石垣	令和7年度第3回委員会指摘事項	修正箇所
K9	当石垣は7期(明治初期)の石垣が上部まで残存している。 現在復旧勾配の代表断面を複数設定しているが、当初からねじれの勾配であったか再度検討すること。	復旧勾配の代表断面は勾配の変化する3箇所で設定した。
K10		復旧勾配を1つに集約した。
K8		前回委員会より変更なし。

【解体範囲】

対象石垣	令和7年度第3回委員会指摘事項	修正箇所
K9	膨らみの程度にばらつきがある。 解体範囲を縮小する検討を行うこと。	変状範囲の再検討を行い、解体範囲の縮小を行った。
K10		K9出隅部の変状範囲の再検討を行い、解体範囲の縮小を行った。
K8		

埋門周辺石垣　石垣復旧措置案(復旧勾配・解体範囲案)　S120(1/4)【審議】　資料3-2-12

◆S120復旧勾配再審議について

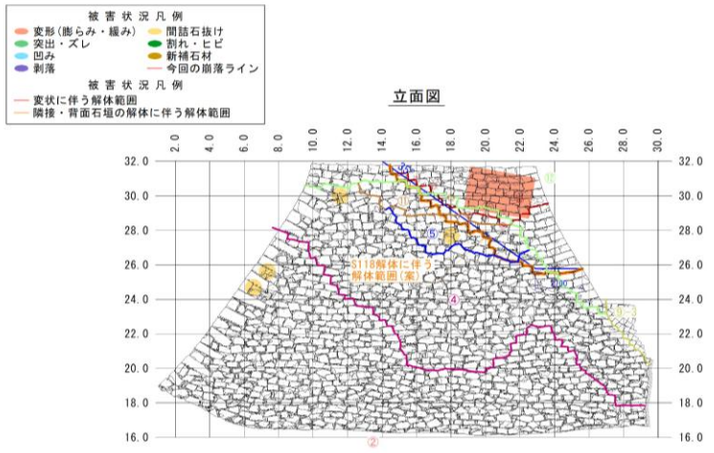
・下記に前回委員会の指摘事項を記す。

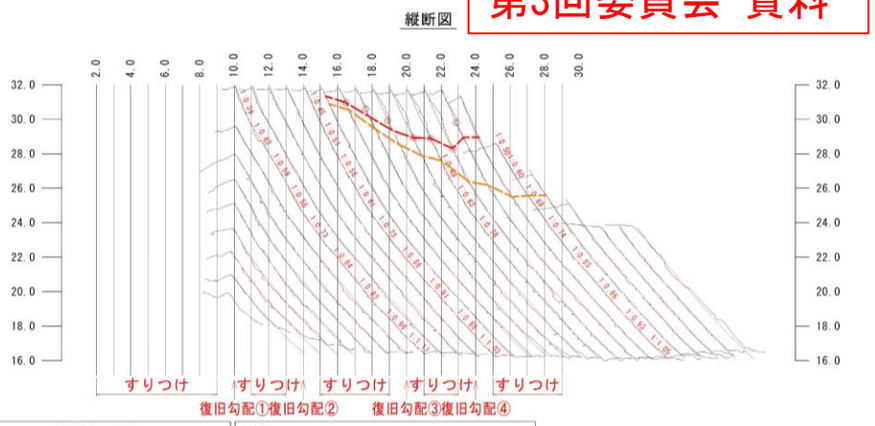
【指摘事項】

・当石垣は4期の石垣がかなり残存している。
　現在復旧勾配の代表断面を複数設定しているが、当初からねじれの勾配であったか再度検討すること。

埋門周辺石垣　石垣復旧措置案(復旧勾配・解体範囲案)　S120(1/2)[審議]　資料4-3-91

令和7年度
第3回委員会　資料





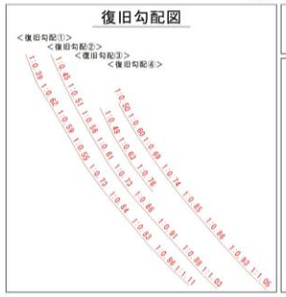


【石垣履歴把握について】

② 熊本城石垣4期（1611～1624年頃）【構築当初】
④ 熊本城石垣6b期（18世紀前葉～末葉）
　非方形を呈す。横目地が通らない。
⑤ 熊本城石垣6c期（18世紀末葉～19世紀中葉）
　方形を呈す。横目地が通る。
⑨-3 熊本城石垣7期以降（1871年～）
　横目地が通らない谷積。
　新材を用いている。
⑪ 文化財修理
　平成5年度（1993年）
⑫ 文化財修理
　平成7年～平成8年（1995～1996年）

【解体修理範囲図の設定】

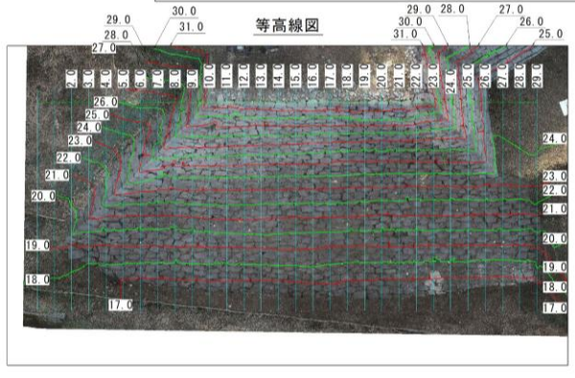
①復旧勾配を縦断図に重ねる。
②復旧勾配を基に縦断図上で変状開始位置を定める。
③変状開始位置を立面図に投影する。
④変状開始位置を基準に立面図上に解体範囲を図示する。
　※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
⑤当該石垣の隣接面S118の解体影響範囲を立面図に図示する。
⑥「変状に伴う解体」と「隣接石垣の解体に伴う影響範囲」を包含する範囲を解体範囲として設定する。
⑦立面図上の解体範囲を縦断図に図示する。

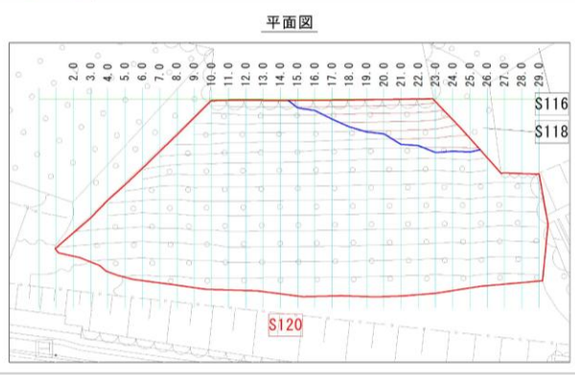


凡例
／：復旧勾配　／：現況断面

【復旧勾配設定方法】

＜復旧勾配①＞
・現況断面の計測結果から、変状の無い断面No.10を抽出、現況断面と比較し復旧勾配を設定した。
＜復旧勾配②＞
・現況断面の計測結果から、変状の無い断面No.14を抽出、現況断面と比較し復旧勾配を設定した。
＜復旧勾配③＞
・現況断面の計測結果から、断面No.20の変状の無い▽22.5mから▽28.0mを抽出した。
　下端から▽22.5m、▽28.0mから天端は、復旧勾配①と同じ勾配を採用し、それぞれの勾配を合成して復旧勾配を設定した。
＜復旧勾配④＞
・現況断面の計測結果から、変状の無い断面No.24を抽出、現況断面と比較し復旧勾配を設定した。





凡例
復旧後の平面形状　縦断図作成位置　変換基準線　解体ライン　現況横断線　復旧横断線

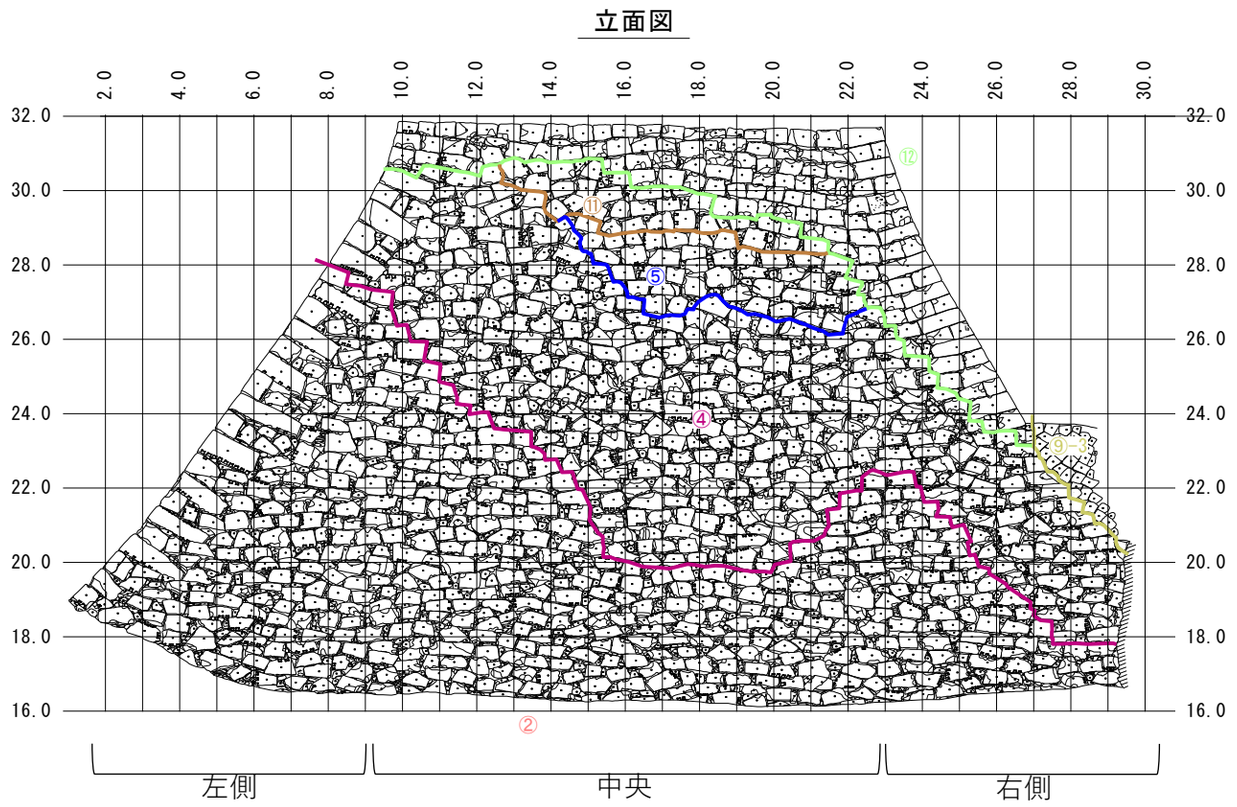
◆S120現況勾配の確認

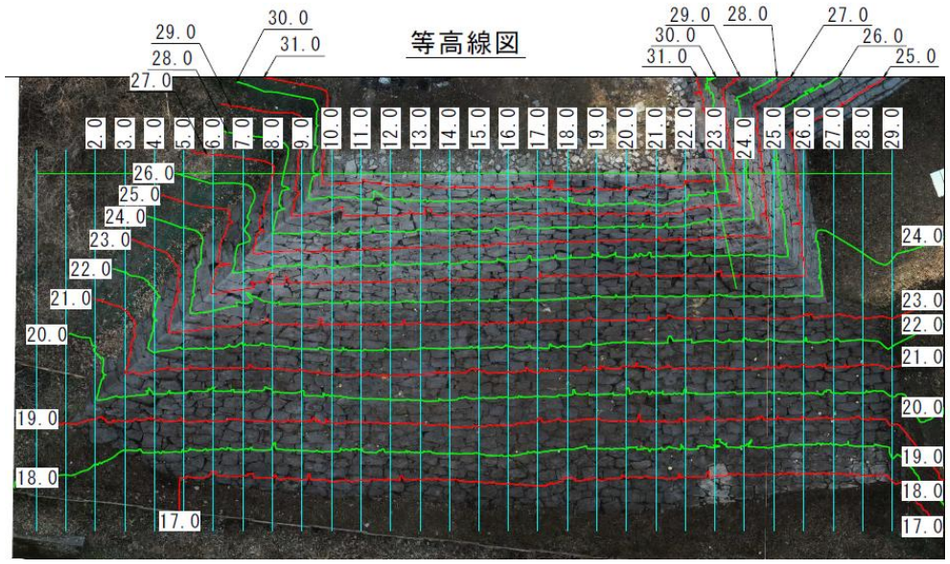
・現況の勾配を再確認したところ、石垣の修理境で勾配は変化していた。

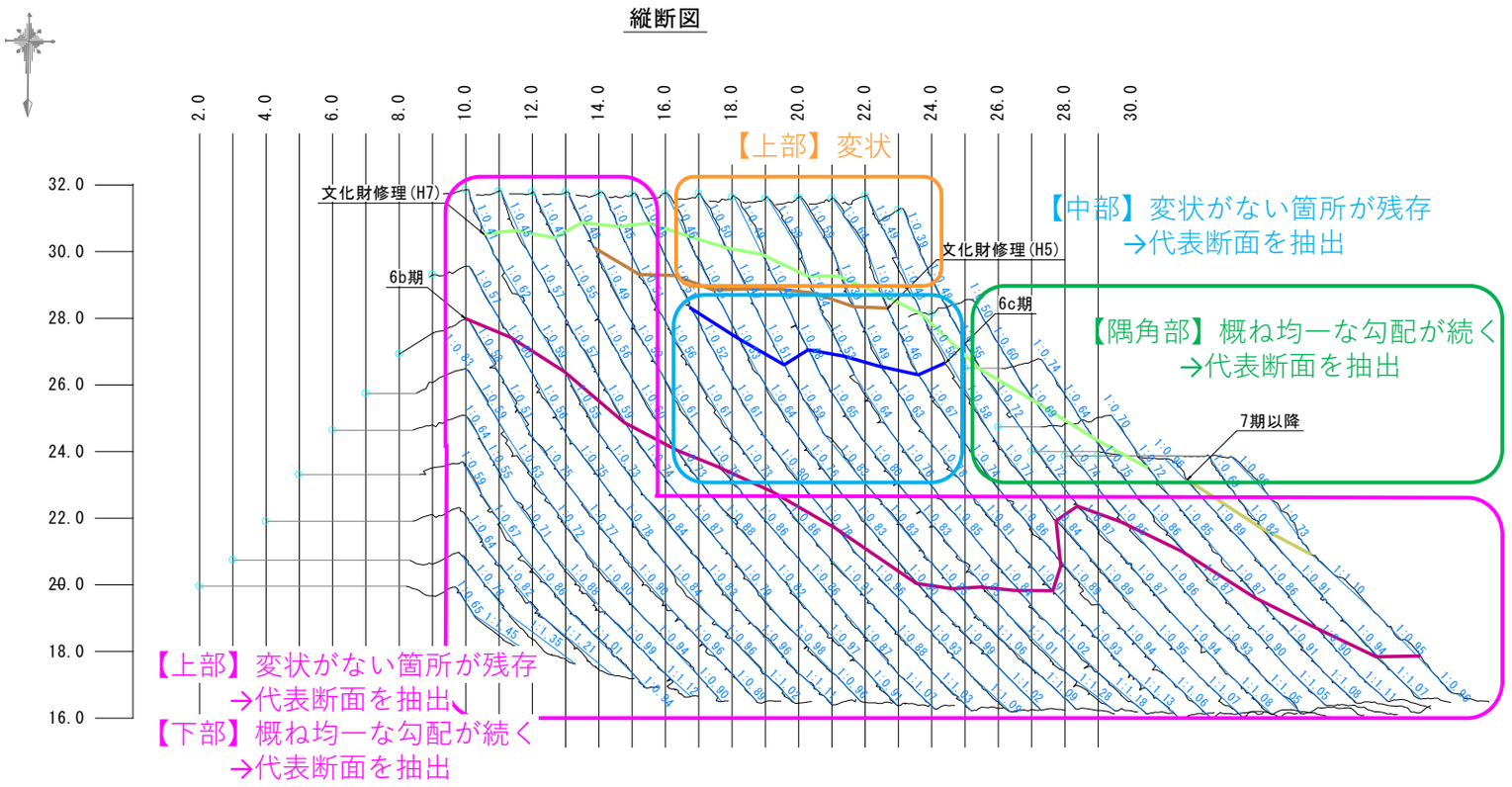
・そのため、復旧勾配は修理境を参考に現況の勾配に合わせて石垣下部と上部でそれぞれ設定する。

【石垣履歴把握について】

②. 熊本城石垣4期（1611～1624年頃）【構築当初】
④. 熊本城石垣6b期（18世紀前葉～末葉）
非方形を呈す。横目地が通らない。
⑤. 熊本城石垣6c期（18世紀末葉～19世紀中葉）
方形を呈す。横目地が通る。
⑨-3. 熊本城石垣7期以降（1871年～）
横目地が通らない谷積。
新材を用いている。
⑪. 文化財修理
平成5年度（1993年）
⑫. 文化財修理
平成7年～平成8年（1995～1996年）







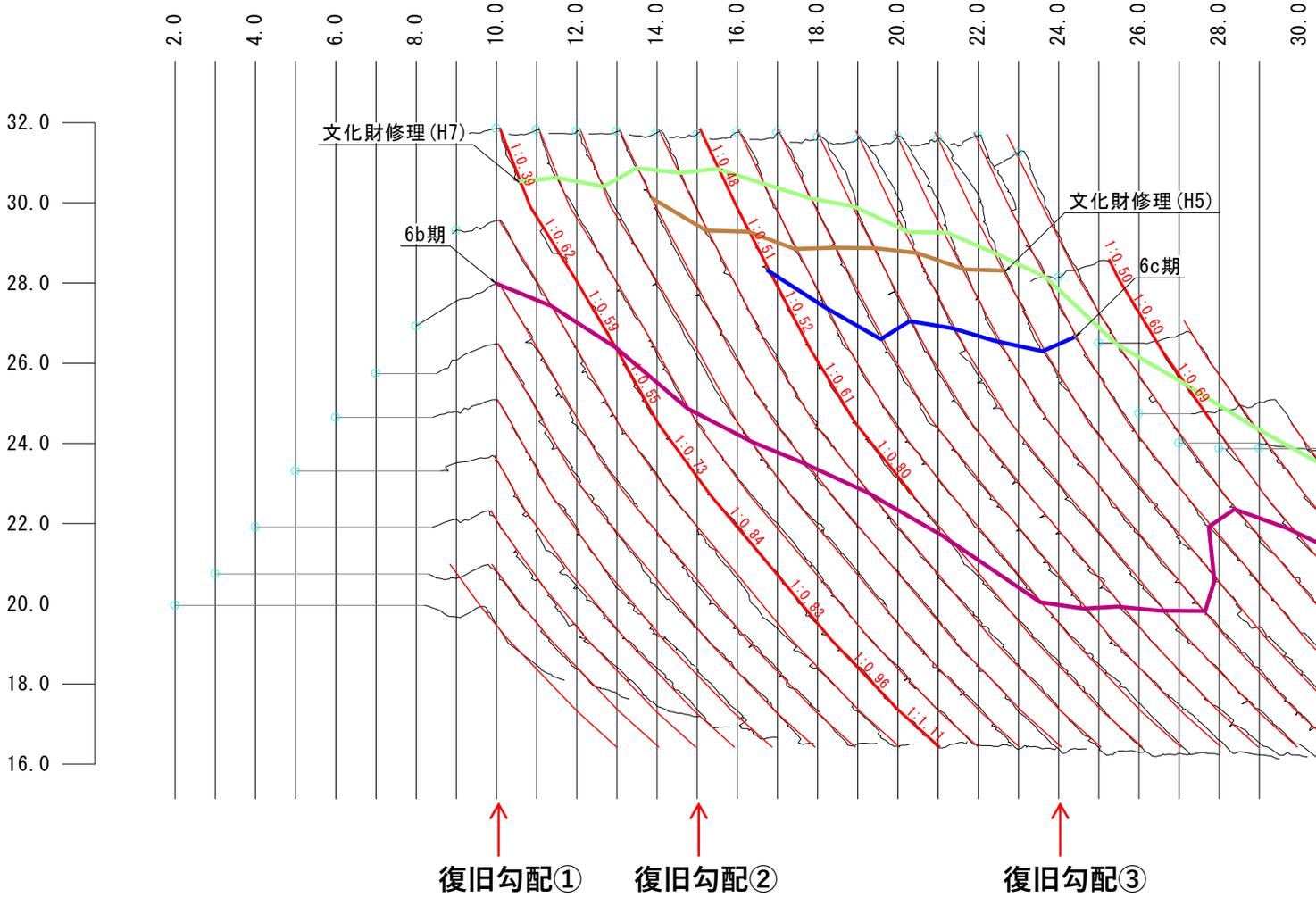
◆S120復旧勾配の再設定

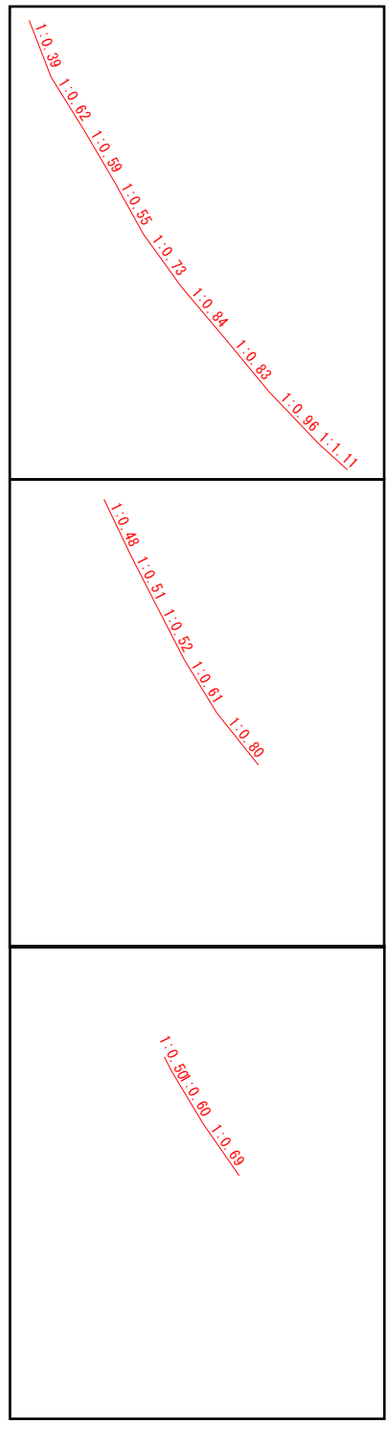
現況勾配を確認した結果、3つの代表的な断面に区分される。

・【復旧勾配①】上部は、石垣向かって中央,右で勾配が異なる。
下部は、2.0～29.0の概ね一定な勾配が続く。変状の少ない10.0を採用した。
修理履歴（下部～中部4期、上部6ｂ期・文化財修理）

・【復旧勾配②】上部は、13.0～17.0は概ね一定な勾配が続く。変状の少ない15.0を採用した。
下部は、復旧勾配①を採用
修理履歴（下部4期、中部6ｂ期、上部文化財修理）

・【復旧勾配③】上部は、23.0～25.0は概ね一定な勾配が続く。変状の少ない24.0を採用した。
下部は、復旧勾配①を採用
修理履歴（下部4期、上部文化財修理）

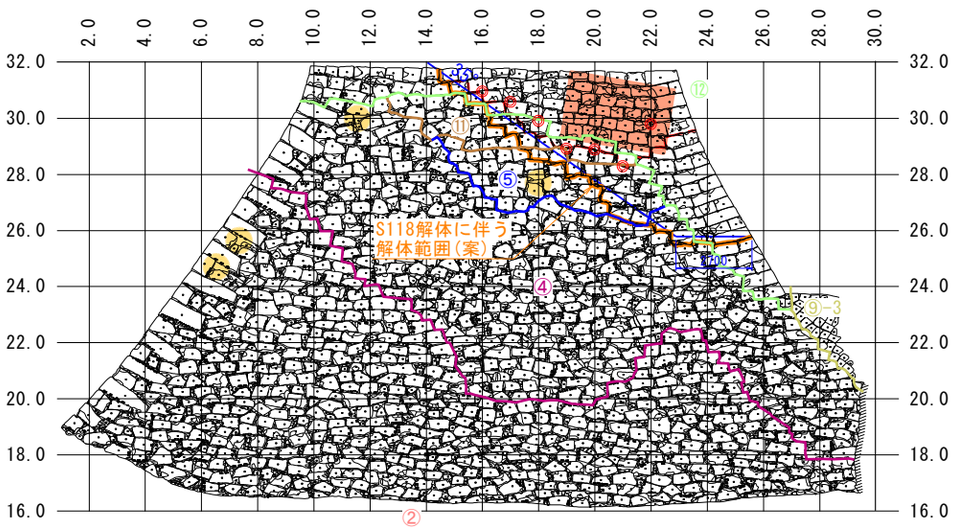




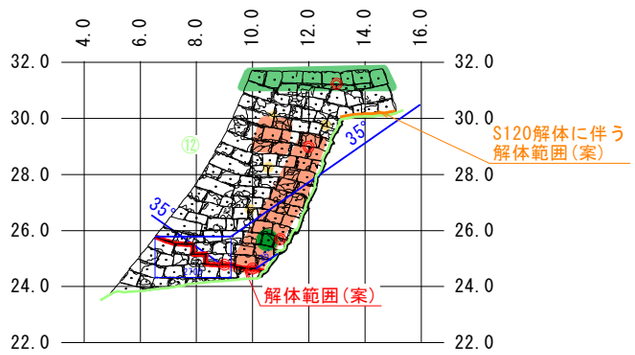
◆S120解体範囲の再検討

・復旧勾配を用いて変状範囲を再度確認した結果、解体範囲について変更なし。

S120 立面図



S118 立面図【承認済み】



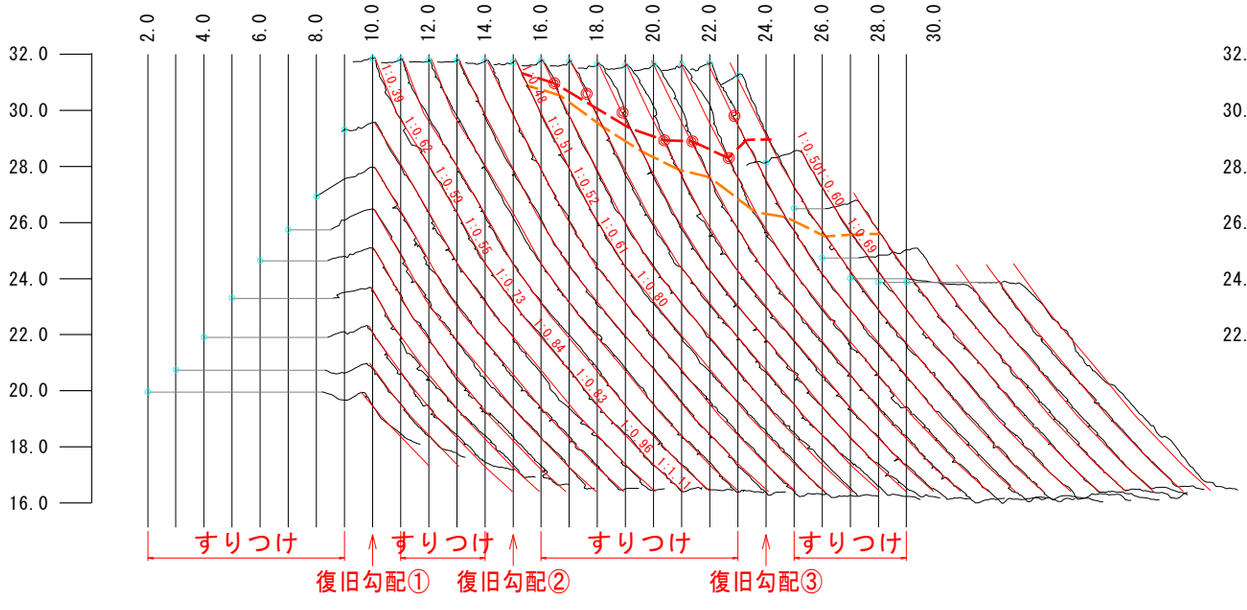
【石垣履歴把握について】

②.熊本城石垣4期（1611～1624年頃）【構築当初】
④.熊本城石垣6b期（18世紀前葉～末葉）
非方形を呈す。横目地が通らない。
⑤.熊本城石垣6c期（18世紀末葉～19世紀中葉）
方形を呈す。横目地が通る。
⑨-3.熊本城石垣7期以降（1871年～）
横目地が通らない谷積。
新材を用いている。
⑪.文化財修理
平成5年度（1993年）
⑫.文化財修理
平成7年～平成8年（1995～1996年）

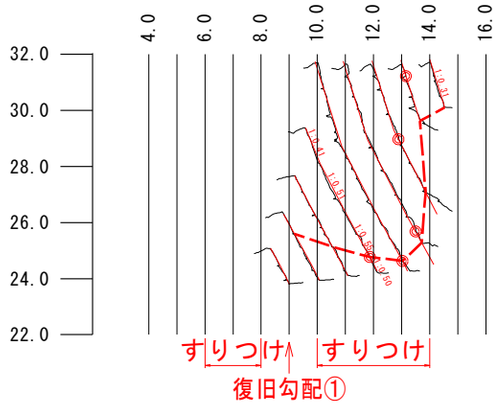
【石垣履歴把握について】

⑫.文化財修理
平成7年～平成8年（1995～1996年）

S120 縦断図



S118 縦断図【承認済み】



国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)

資料3-3-1

耐震診断結果一覧

番号	管理名称	測点No.	上載荷重	示力線位置(参考)(m)			転倒安全率			すべり安全率			総合判定	被災状況
				常時	中地震	大地震	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0		
1	K8	12.0	群集	0.76	0.54	0.46	1.73	0.93	0.66	3.50	2.45	2.19	C	上部膨らみ
2	K9	11.0	車両+群集	5.73	5.38	5.25	1.48	0.90	0.71	2.85	1.91	1.70	C	
3	K10	14.0	群集	0.17	−0.14	−0.25	1.03	0.47	0.28	2.71	1.92	1.73	C	
4	K11	15.0	車両+群集	0.42	0.19	0.12	2.90	1.83	1.54	4.12	2.77	2.45	A	崩壊(被災前より膨らみあり)
5	K15	10.0	群集	0.76	0.58	0.52	9.27	4.94	4.09	8.85	4.25	3.62	A	上部石材のズレ
6	K16	11.1	群集	0.27	0.09	0.03	2.51	1.51	1.18	4.13	2.81	2.49	A	
7	K17	11.5	群集	0.26	0.14	0.10	4.28	2.74	2.22	5.19	3.22	2.86	A	
8	K18	9.0	群集	−0.02	−0.22	−0.29	0.94	0.23	0.09	2.96	2.23	2.03	C	一部崩壊(左出隅)
9	K19	19.0	群集	0.04	−0.15	−0.22	1.16	0.35	0.08	3.19	2.34	2.15	C	崩壊
10	K20	46.0	群集	0.70	0.52	0.46	8.00	4.46	3.74	7.84	4.02	3.46	A	被災前より膨らみあり
11	K23	43.0	車両+群集	1.76	1.11	0.82	4.05	1.93	1.56	4.31	2.09	1.69	A	被災前より膨らみあり
12	K24	24.0	車両+群集	0.04	−0.50	−0.71	1.05	0.60	0.45	2.35	1.60	1.43	C	崩壊

耐震診断設計条件

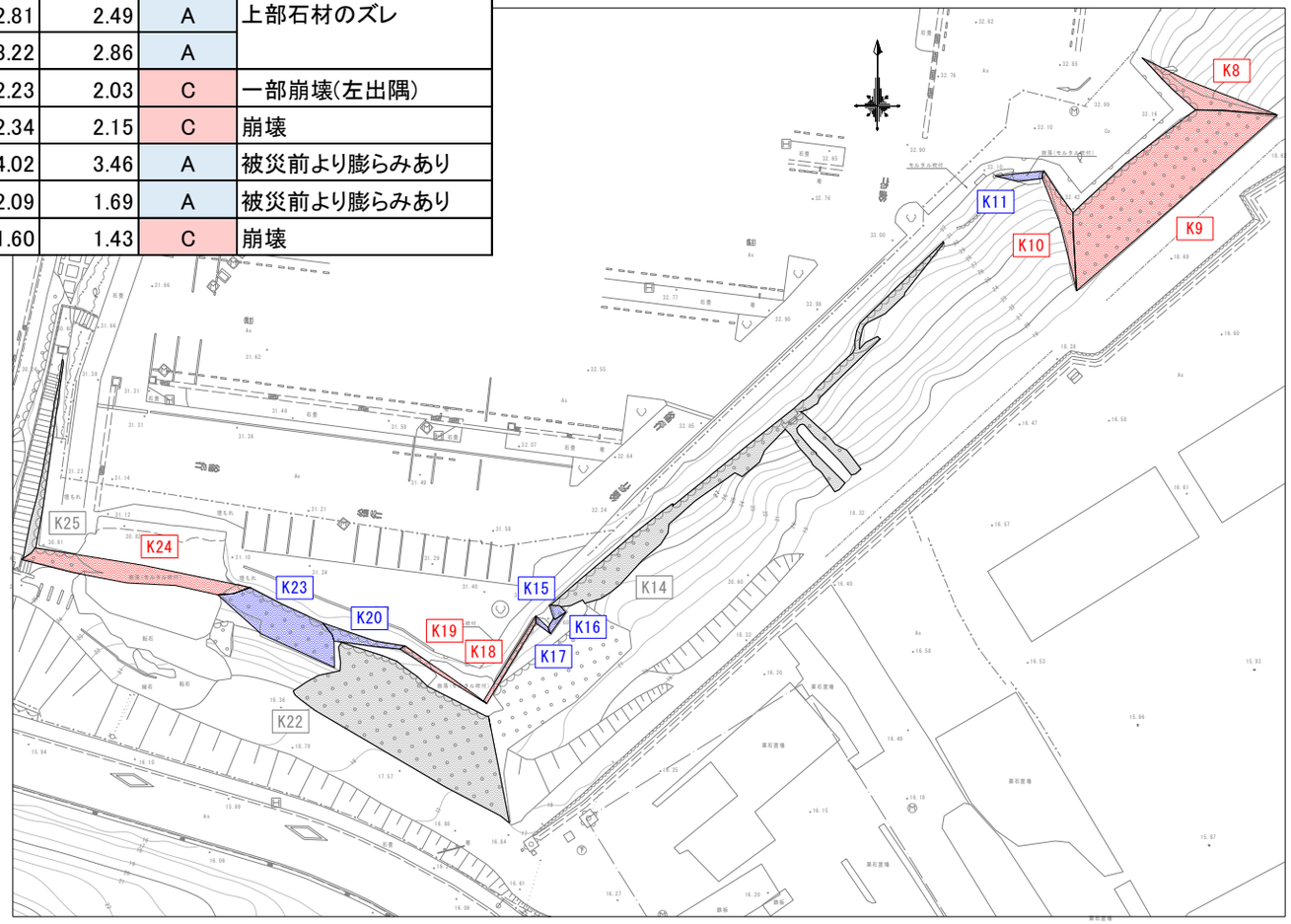
項目			単位		条件値	備考
設計水平震度	中規模地震		Kh		0.15	熊本城石垣基礎診断実施要領（案）p2
	大規模地震		Kh		0.20	
安全率	転倒	常時			Fs≧1.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p5.6
		地震時			Fs≧1.0	
	滑動	常時			Fs≧1.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p6.7
		地震時			Fs≧1.0	
物性値	築石	単位体積重量	γ	kN/m3	26.5	城内他事例に準拠
		底面摩擦角	ϕ_B	度	45.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p3
	裏込め（栗石）	単位体積重量	γ	kN/m3	16.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p2
		内部摩擦角	φ	度	35.0	
		壁面摩擦角(常時)	δ	度	35.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p3
		壁面摩擦角（地震時）	δ	度	35.0	
上載荷重	群集荷重			kN/m2	3.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p4
	自動車荷重			kN/m2	10.0	道路土工擁壁工指針 p53

※耐震診断 Excel　Ver4.2 使用

耐震診断結果平面図

凡　例

	判定	A 判 定
		B 判 定
		C 判 定
	耐震診断対象外	



結果総括

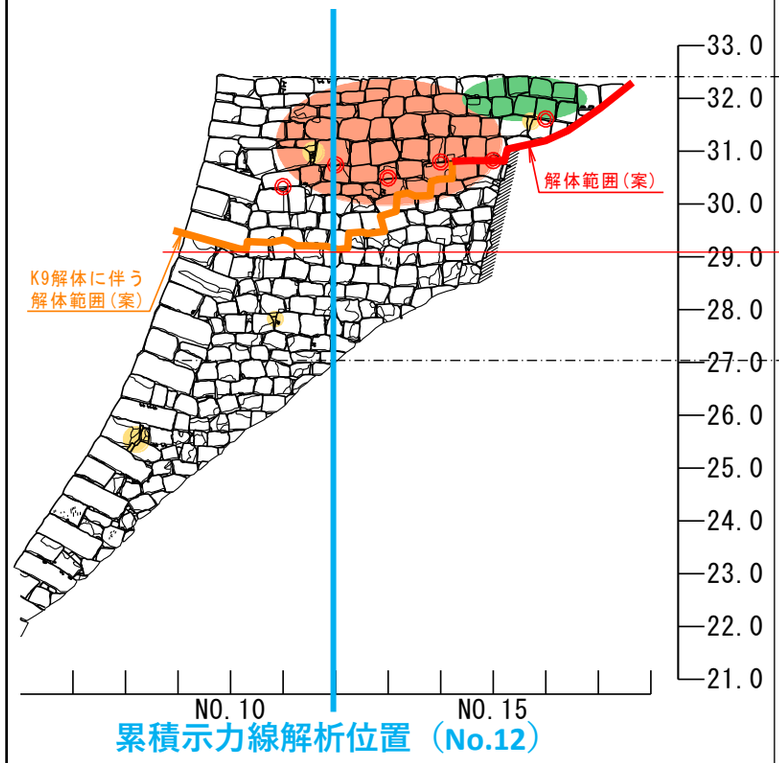
・対象箇所12面で耐震診断(在来)を実施した結果は以下のとおりである。
　A判定…K11、K15、K16、K17、K20、K23
　C判定…K8、K9、K10、K18、K19、K24

【判定基準】(熊本城石垣 耐震診断指針(案)より)
A:石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる
B:石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある
C:石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K8【在来】

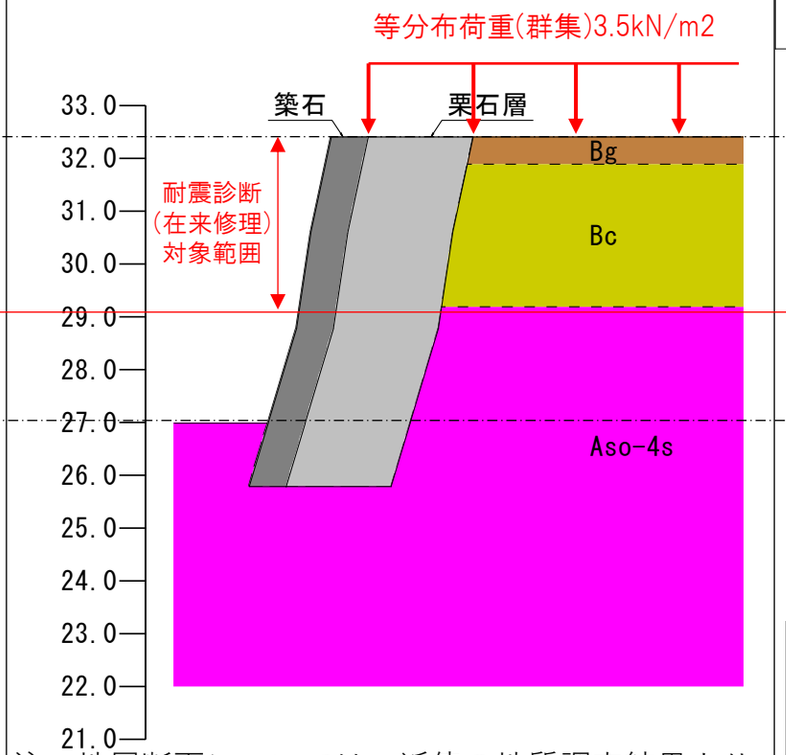
資料3-3-2

立面図



累積示力線解析位置（No.12）

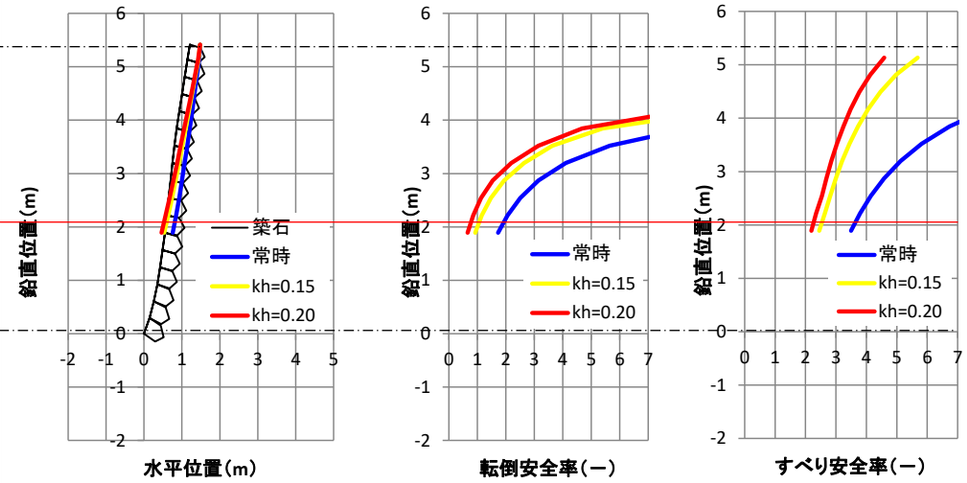
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

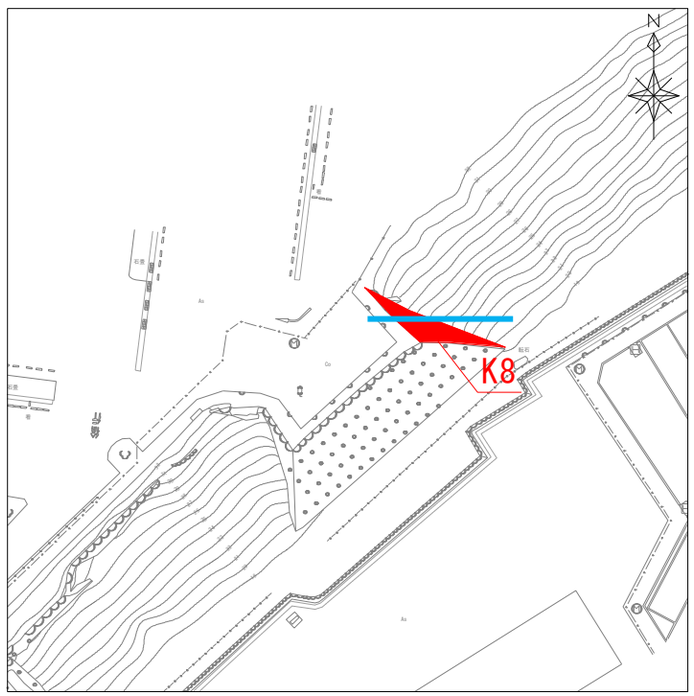
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.76m	OK　Fs= 1.73	OK　Fs= 3.50
中地震	d= 0.54m	NG　Fs= 0.93	OK　Fs= 2.45
大地震	d= 0.46m	NG　Fs= 0.66	OK　Fs= 2.19
判定	NG		

平面図

累積示力線解析位置
（No.12）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

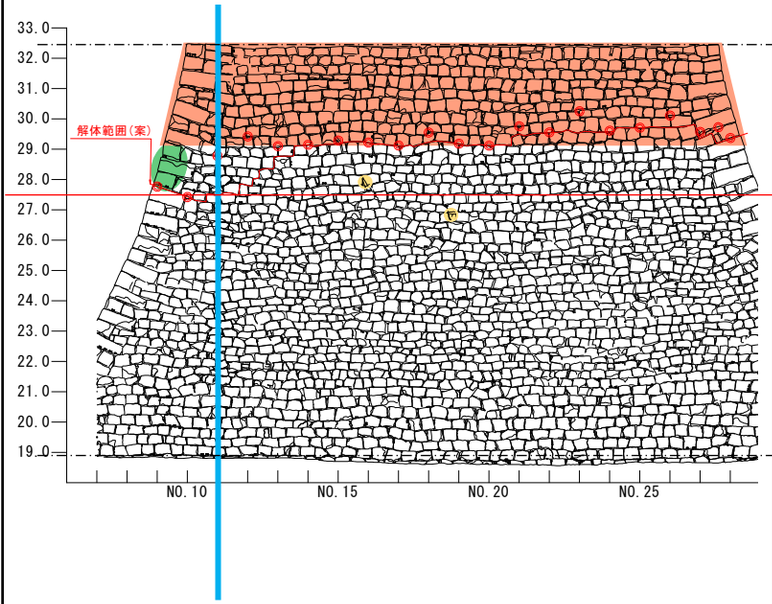
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K9【在来】

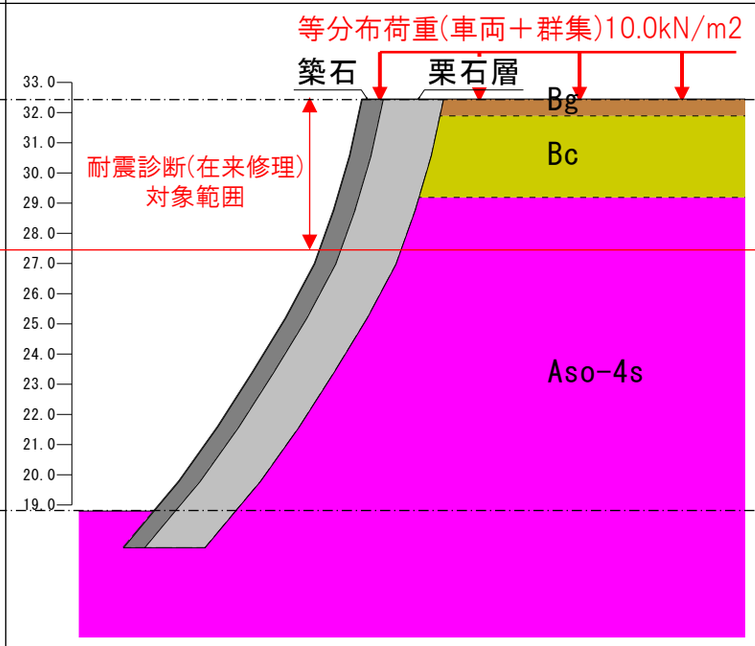
資料3-3-3

立面図



累積示力線解析位置
(No.11)

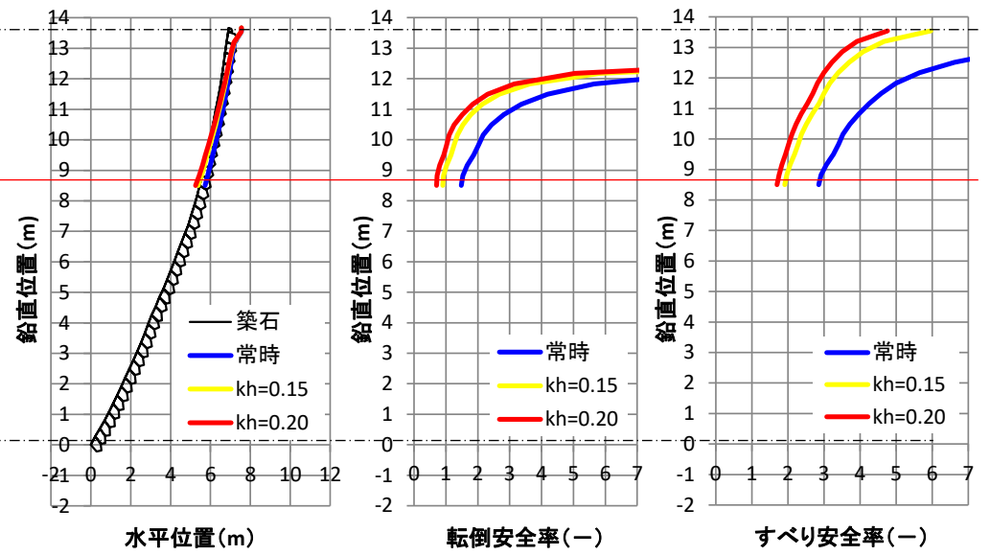
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

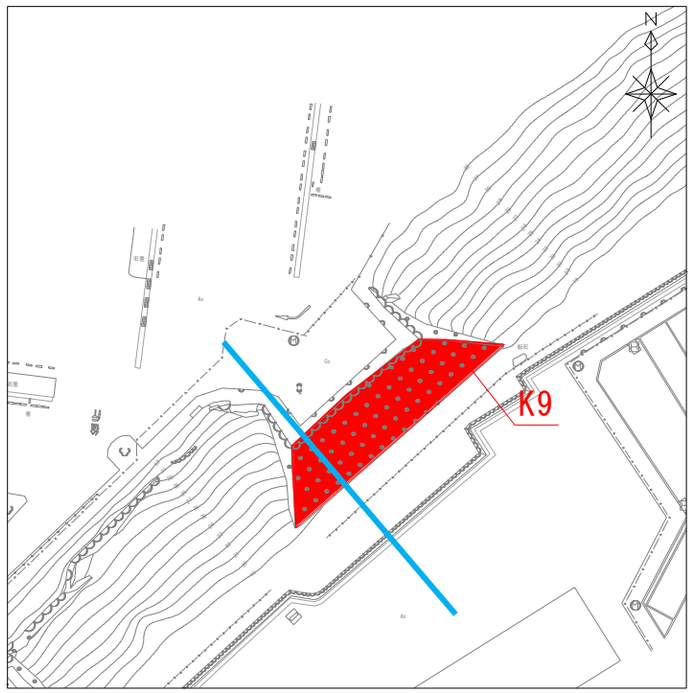
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 5.73m	NG　Fs= 1.48	OK　Fs= 2.85
中地震	d= 5.38m	NG　Fs= 0.90	OK　Fs= 1.91
大地震	d= 5.25m	NG　Fs= 0.71	OK　Fs= 1.70
判定	NG		

平面図

累積示力線解析位置
(No.11)



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

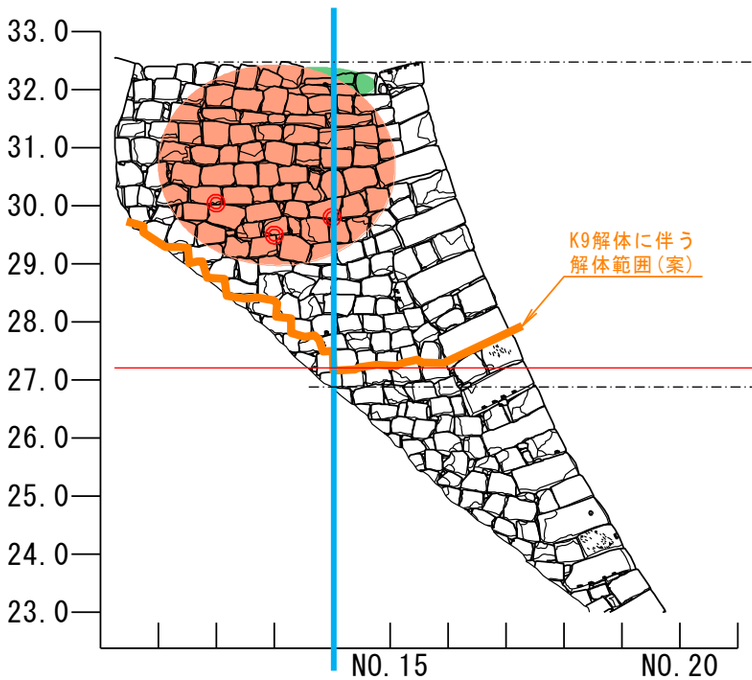
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K10【在来】

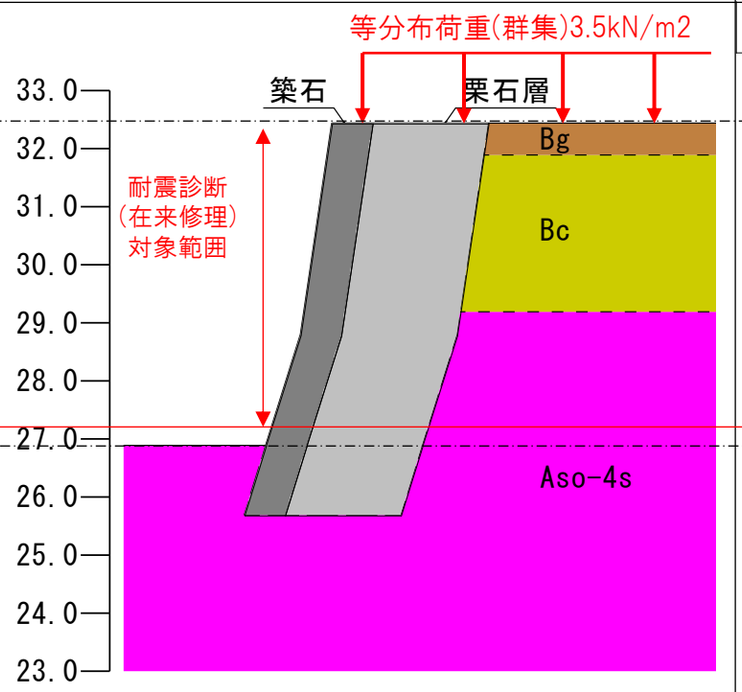
資料3-3-4

立面図



累積示力線解析位置（No.14）

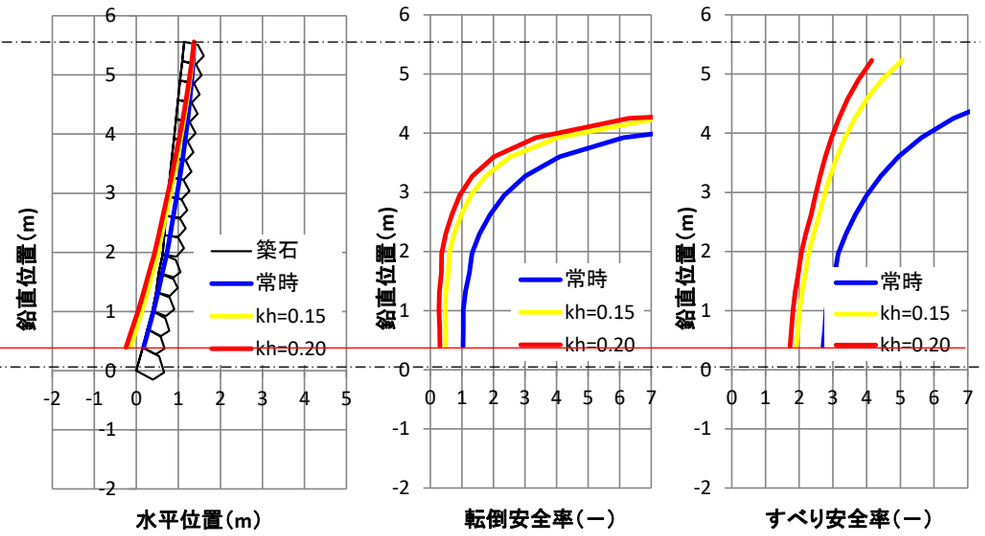
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

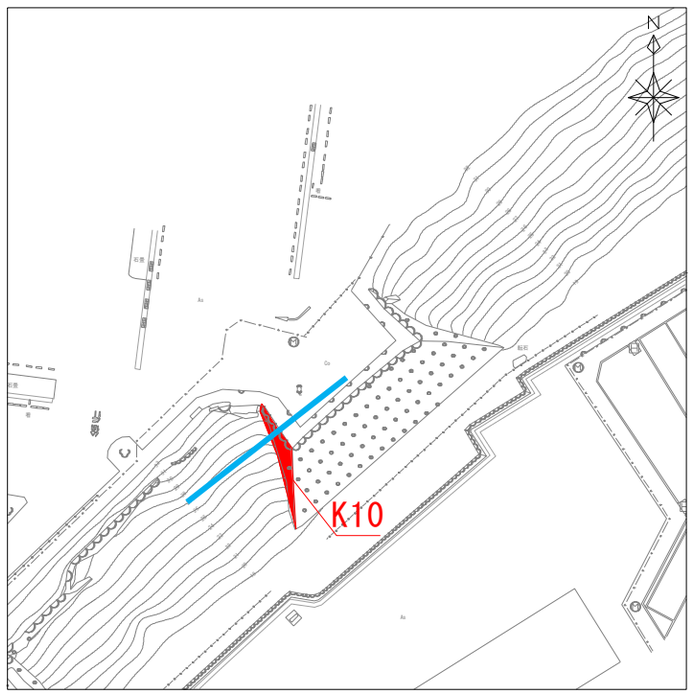
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.17m	NG Fs= 1.03	OK Fs= 2.71
中地震	d= -0.14m	NG Fs= 0.47	OK Fs= 1.92
大地震	d= -0.25m	NG Fs= 0.28	OK Fs= 1.73
判定	NG		

平面図

累積示力線解析位置
（No.14）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

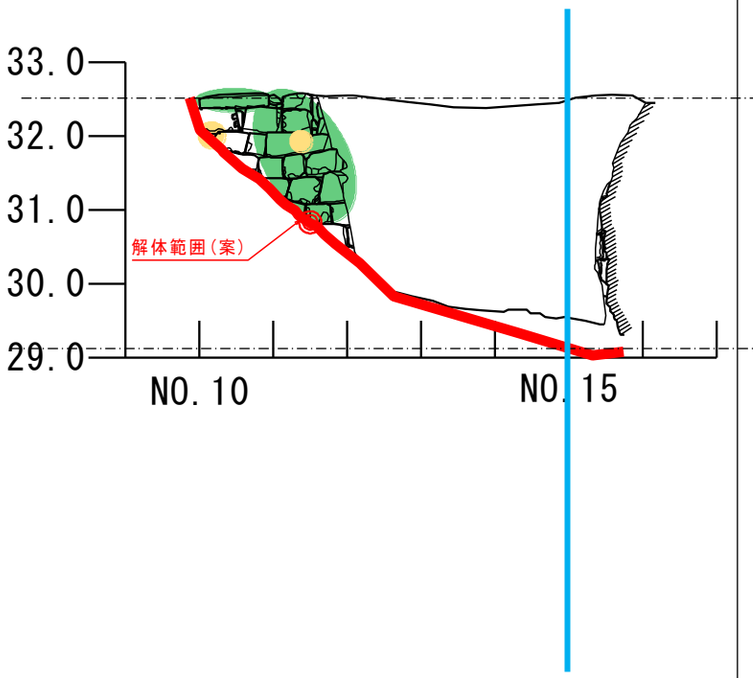
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K11【在来】

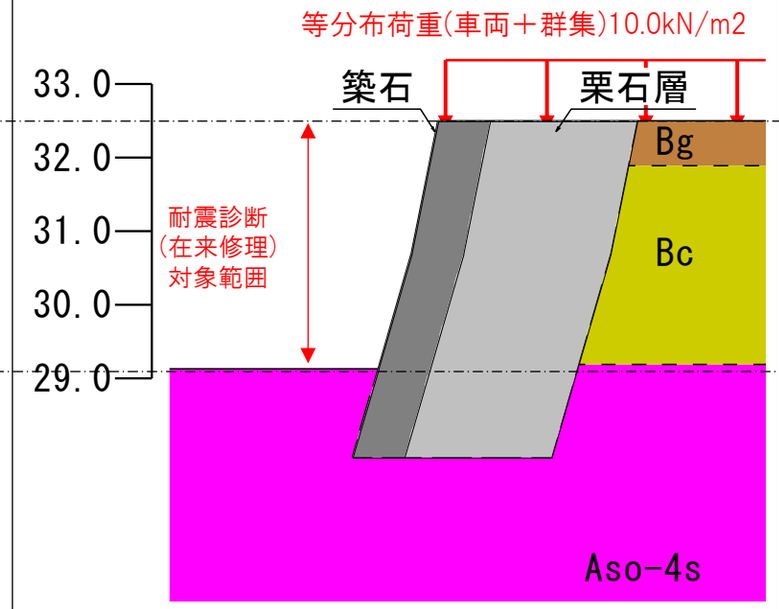
資料3-3-5

立面図



累積示力線解析位置（No.15）

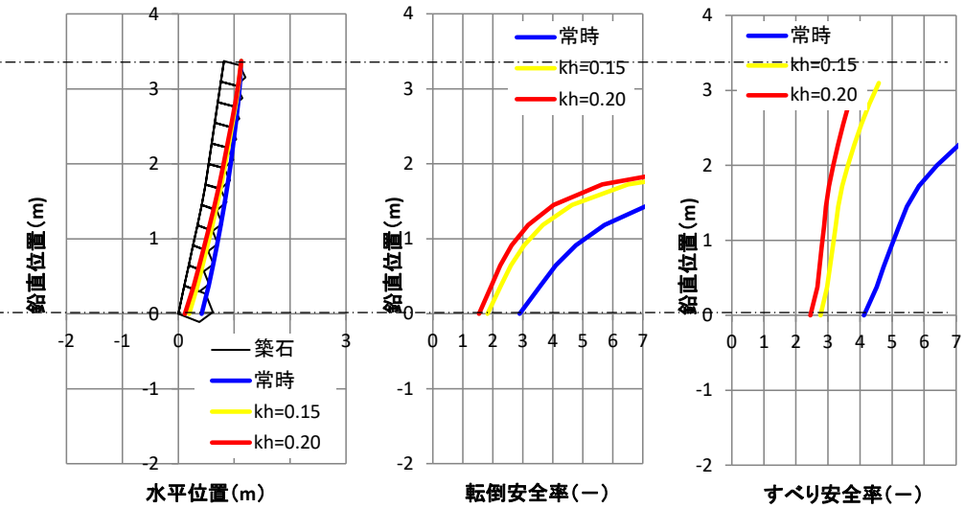
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

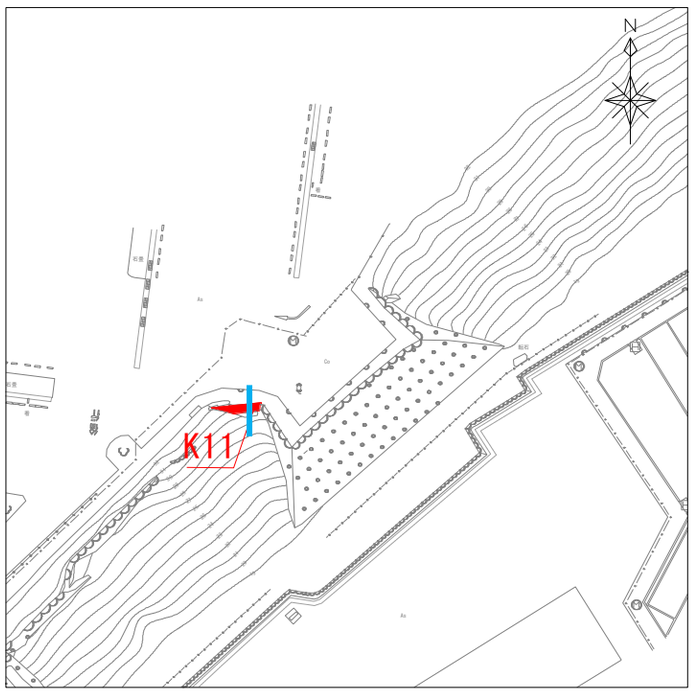
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.42m	OK	Fs= 2.90	OK	Fs= 4.12
中地震	d= 0.19m	OK	Fs= 1.83	OK	Fs= 2.77
大地震	d= 0.12m	OK	Fs= 1.54	OK	Fs= 2.45
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.15）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

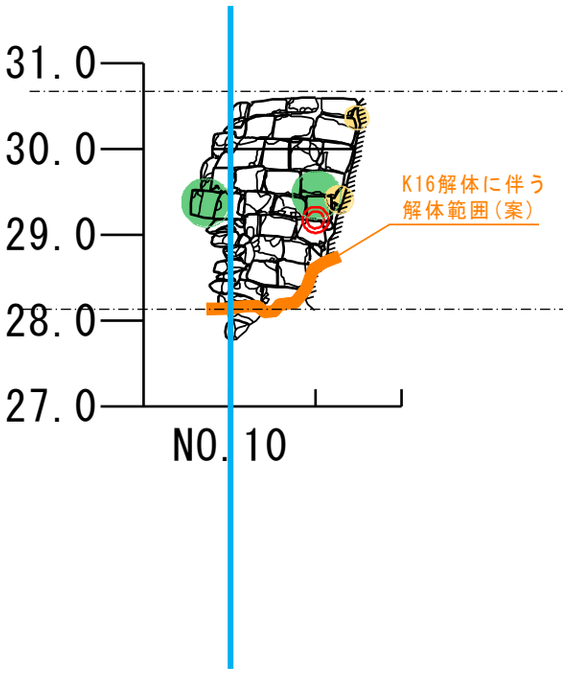
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K15【在来】

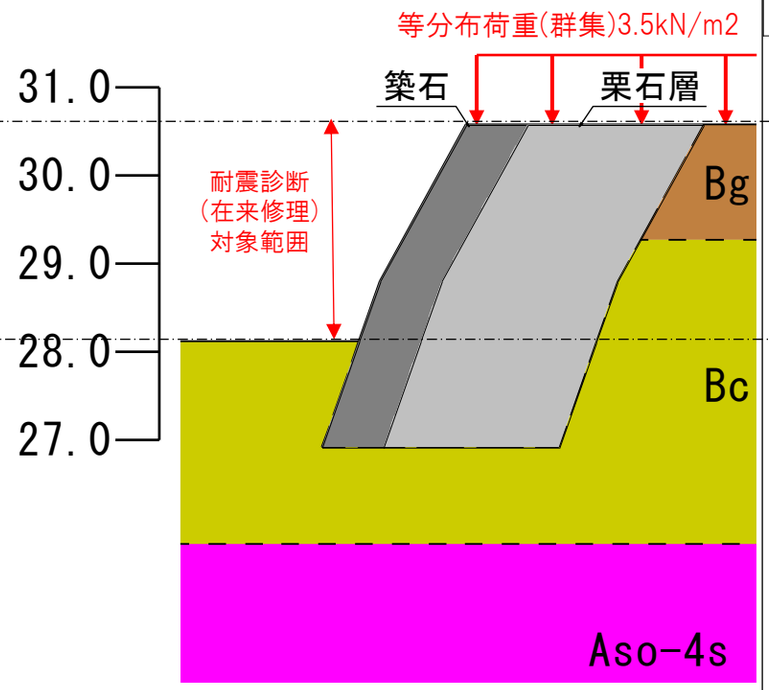
資料3-3-6

立面図



累積示力線解析位置（No.10）

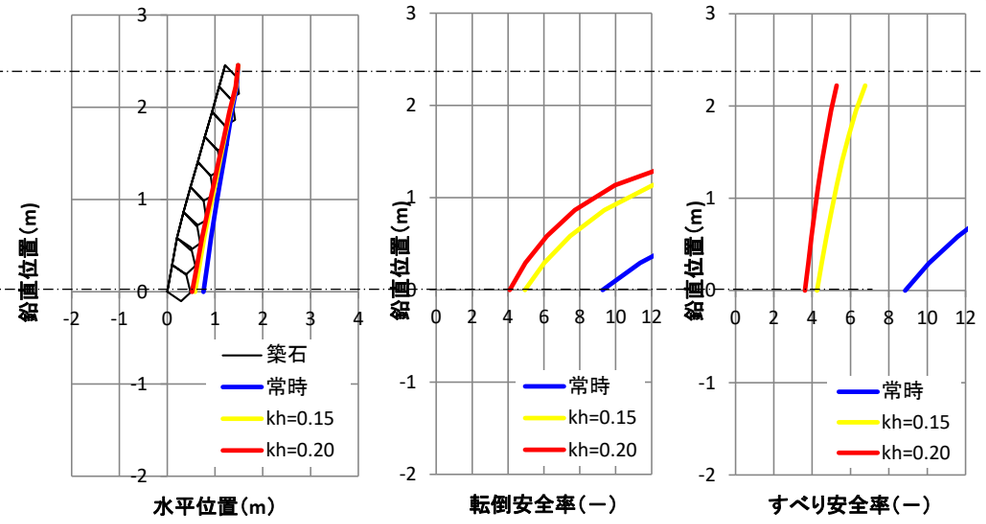
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

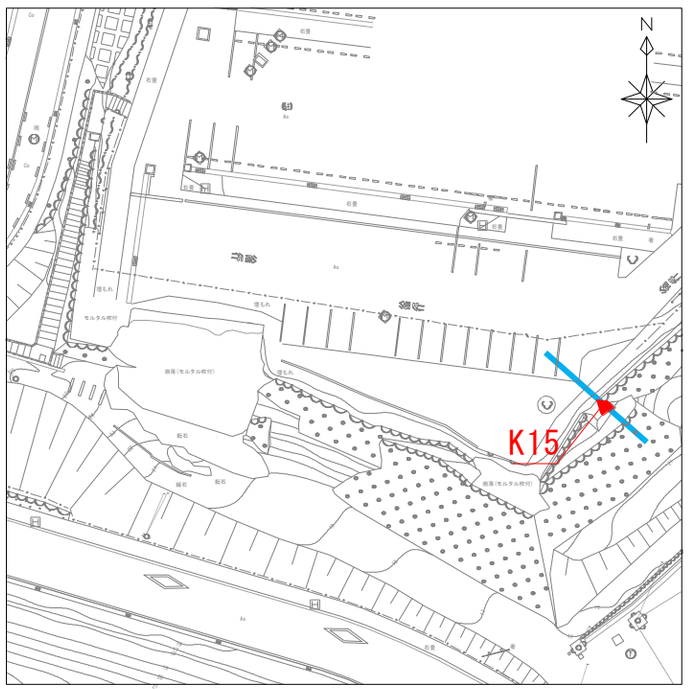
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.76m	OK	Fs= 9.27	OK	Fs= 8.85
中地震	d= 0.58m	OK	Fs= 4.94	OK	Fs= 4.25
大地震	d= 0.52m	OK	Fs= 4.09	OK	Fs= 3.62
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.10）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

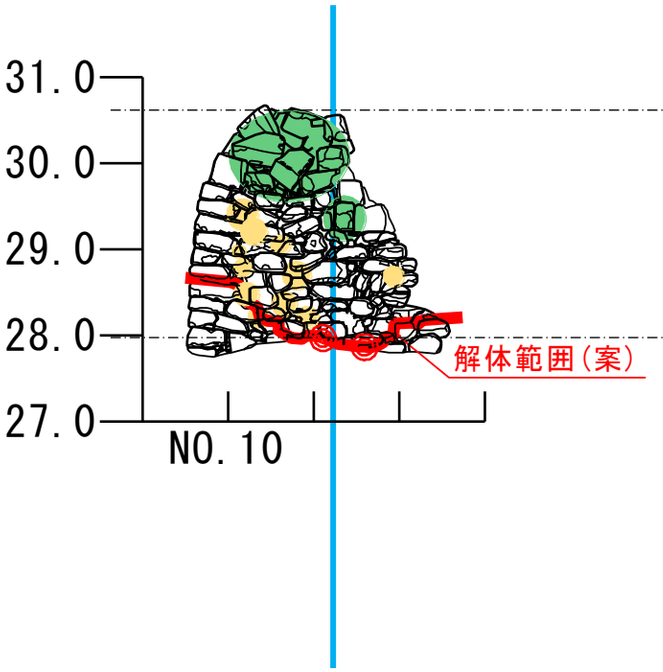
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K16【在来】

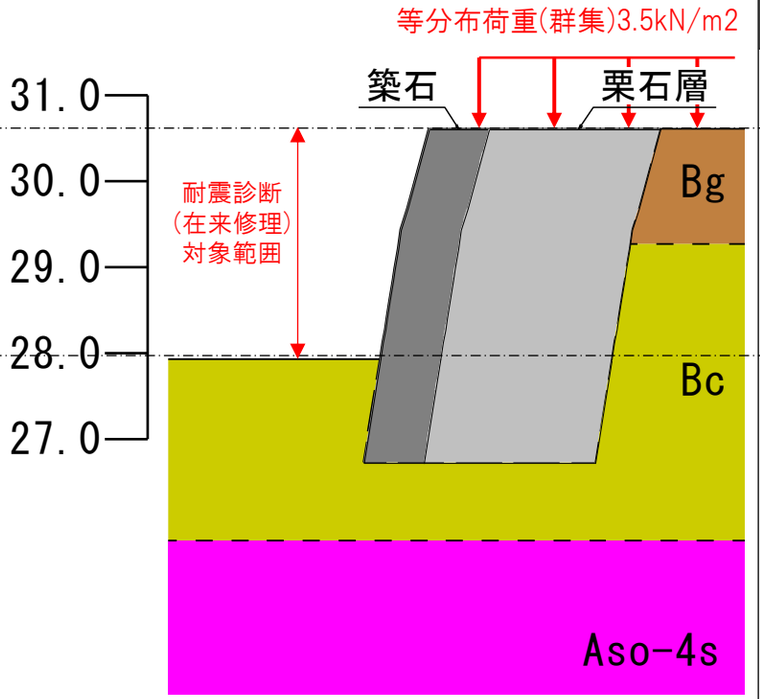
資料3-3-7

立面図



累積示力線解析位置（No.11.1）

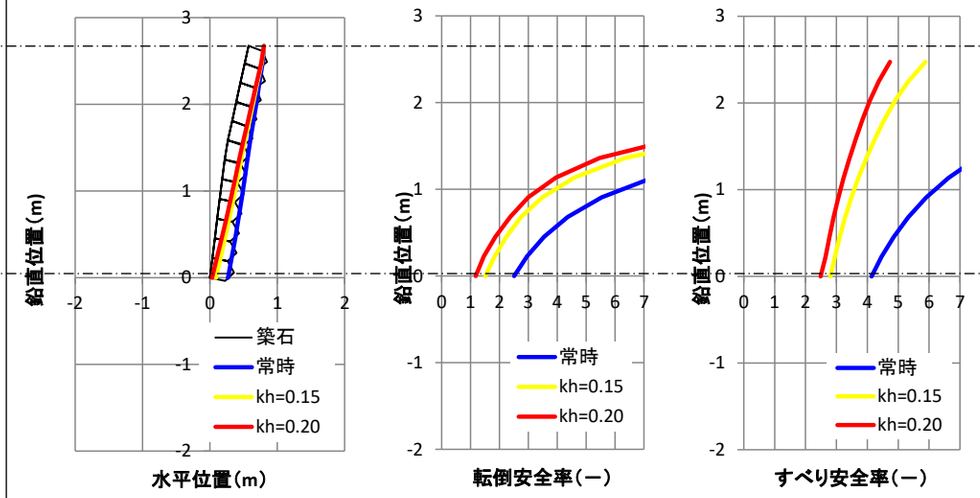
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

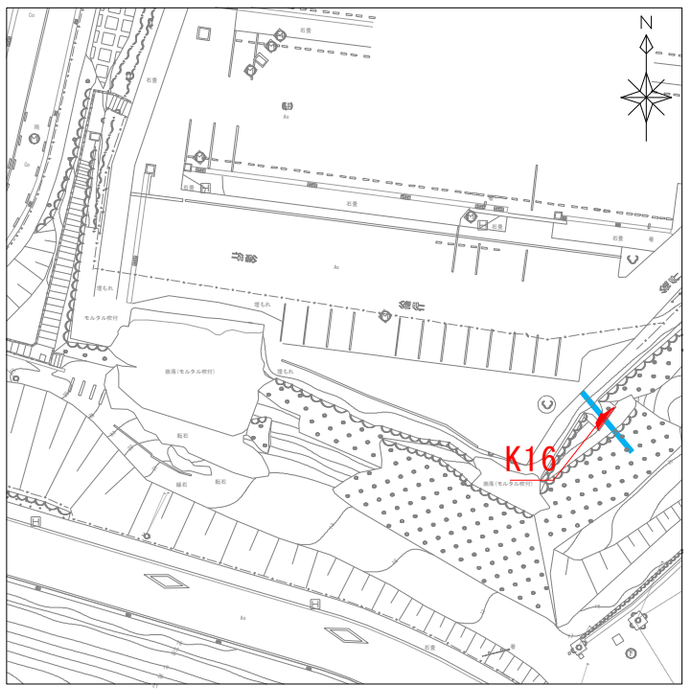
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.27m	OK	Fs= 2.51	OK	Fs= 4.13
中地震	d= 0.09m	OK	Fs= 1.51	OK	Fs= 2.81
大地震	d= 0.03m	OK	Fs= 1.18	OK	Fs= 2.49
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.11.1）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

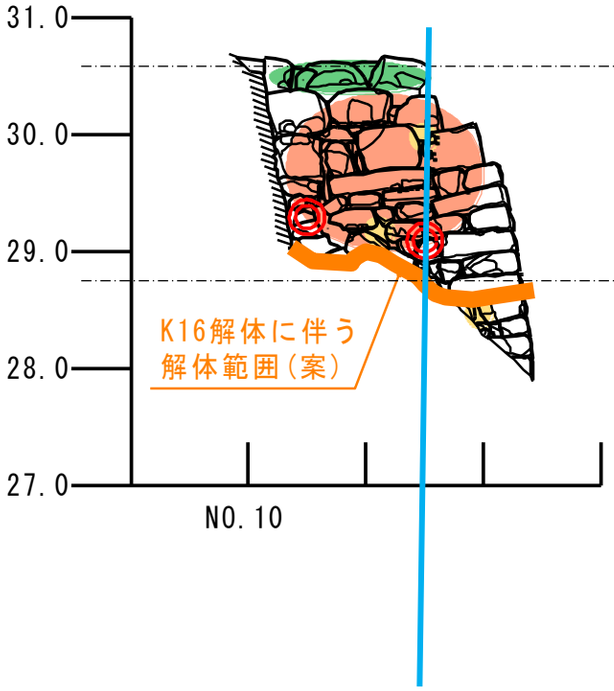
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K17【在来】

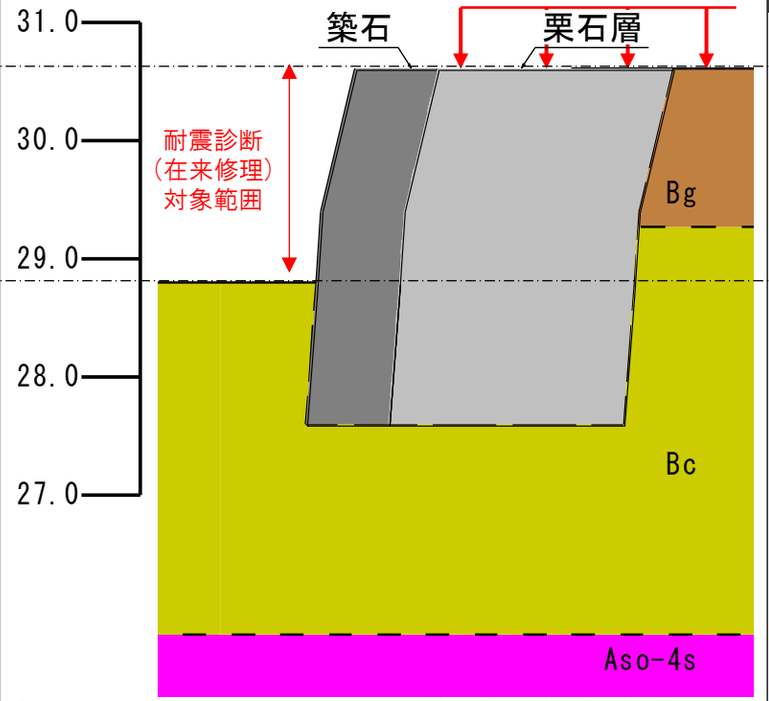
資料3-3-8

立面図



累積示力線解析位置（No.11.5）

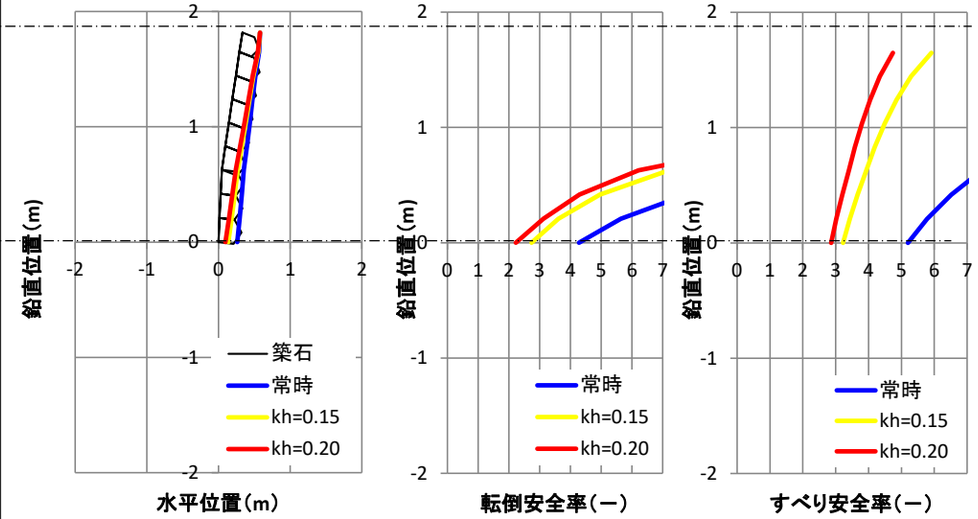
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

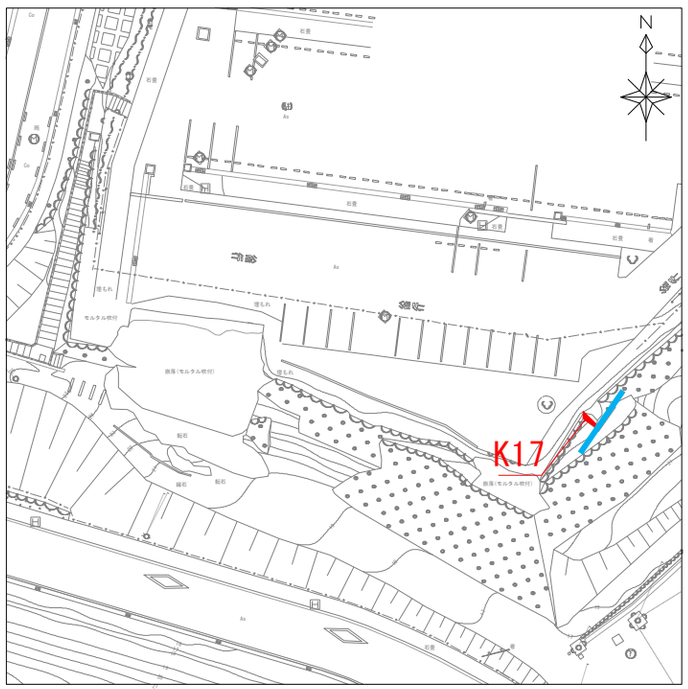
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.26m	OK	Fs= 4.28	OK	Fs= 5.19
中地震	d= 0.14m	OK	Fs= 2.74	OK	Fs= 3.22
大地震	d= 0.10m	OK	Fs= 2.22	OK	Fs= 2.86
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.11.5）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

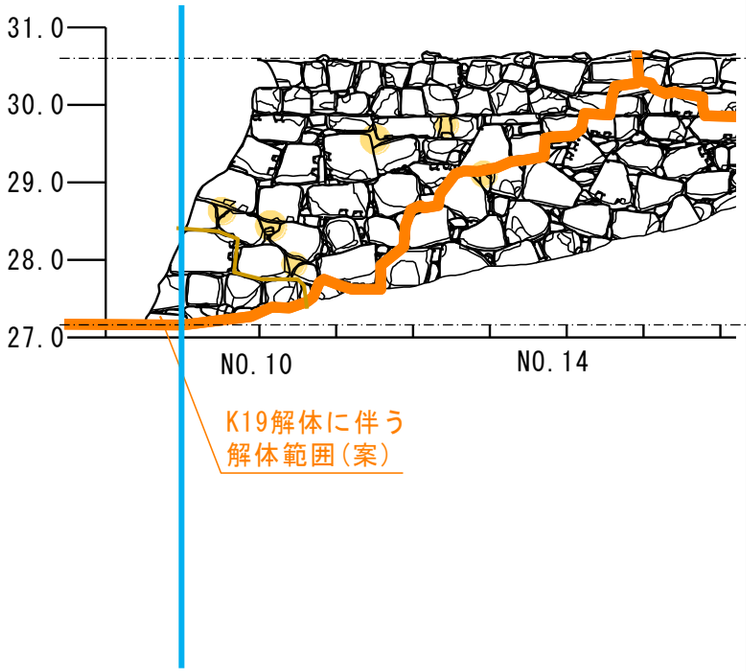
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K18【在来】

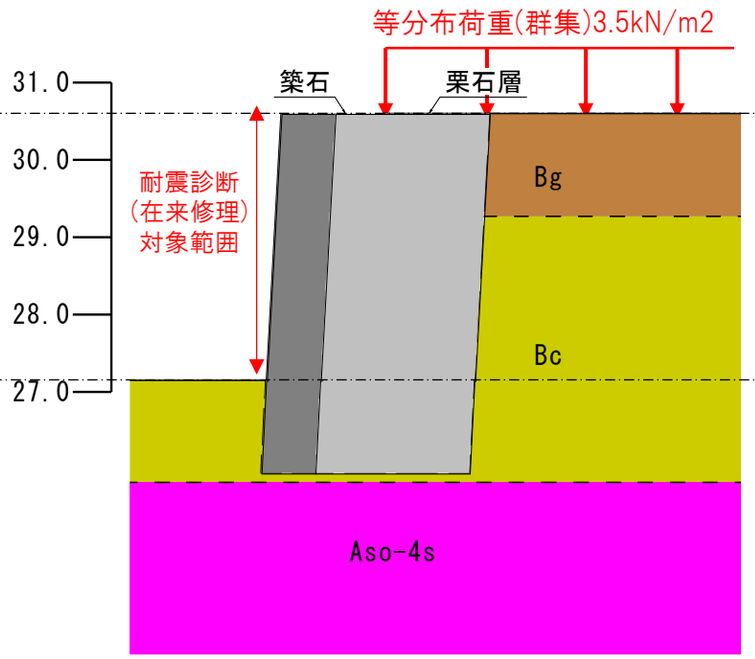
資料3-3-9

立面図



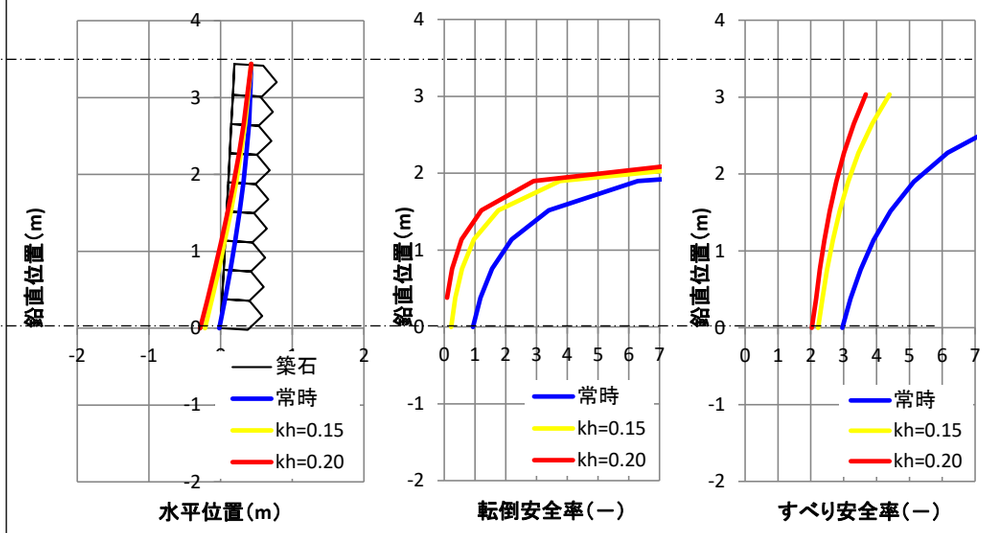
累積示力線解析位置（No.9）

地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

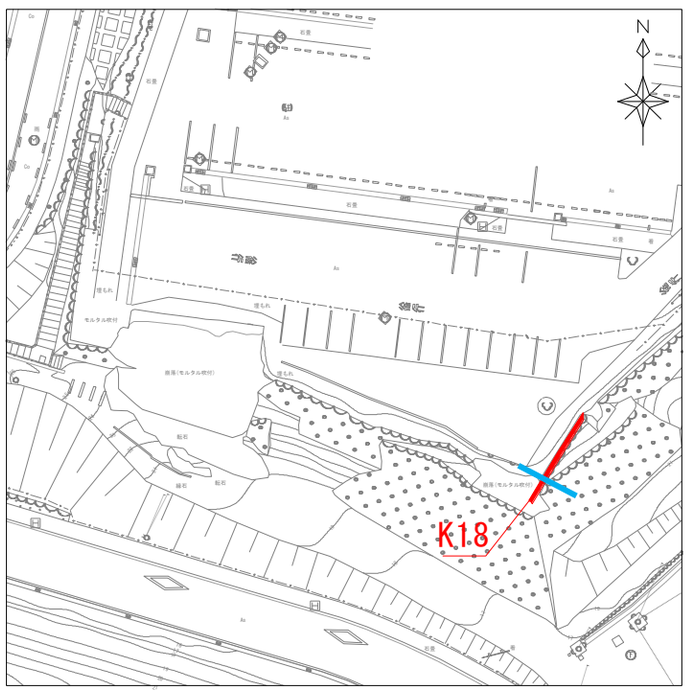
築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= -0.02m	NG	Fs= 0.94	OK	Fs= 2.96
中地震	d= -0.22m	NG	Fs= 0.23	OK	Fs= 2.23
大地震	d= -0.29m	NG	Fs= 0.09	OK	Fs= 2.03
判定	NG				

平面図

累積示力線解析位置
（No.9）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

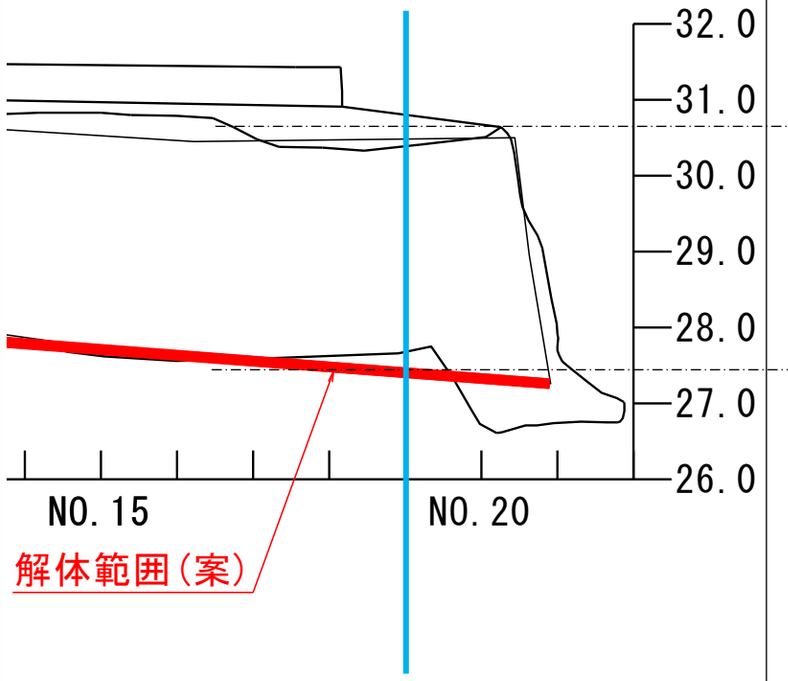
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K19【在来】

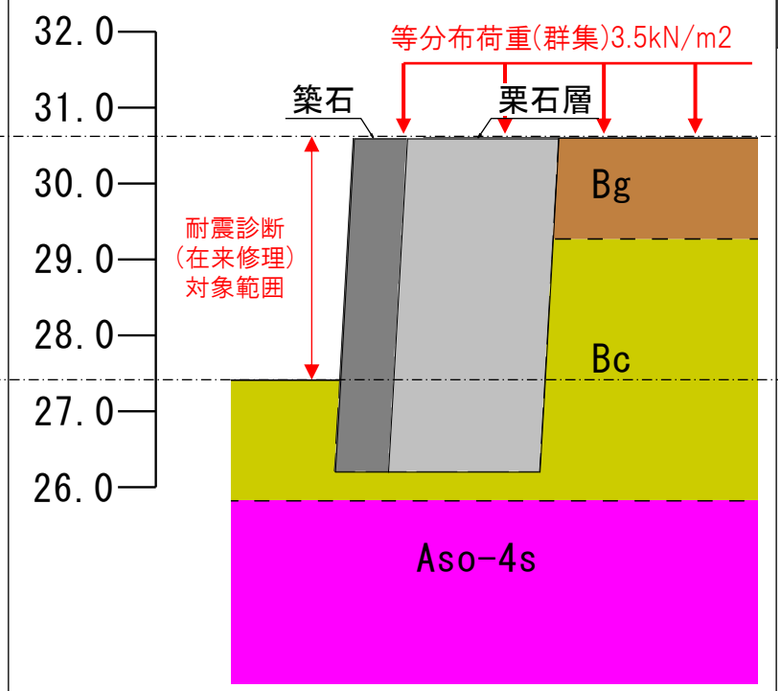
資料3-3-10

立面図



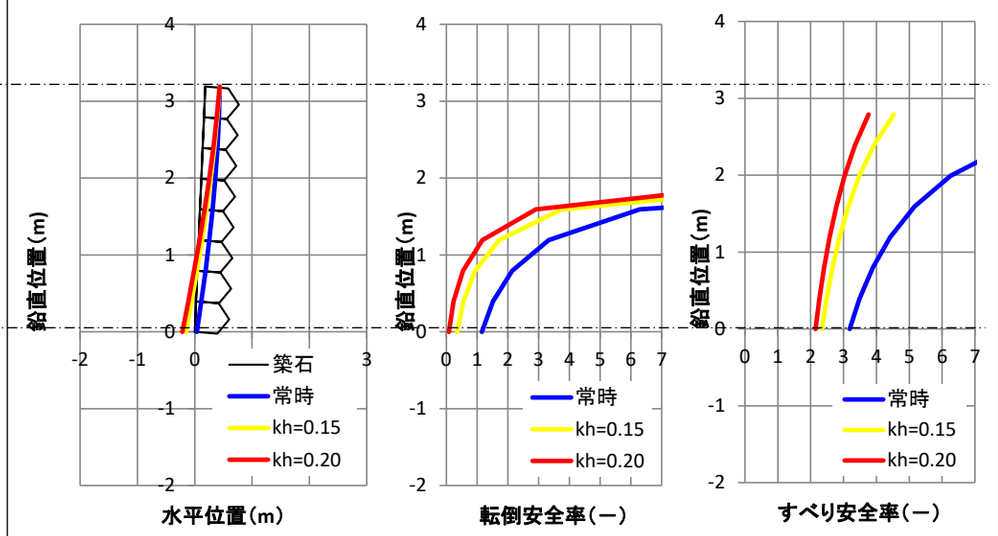
累積示力線解析位置（No.19）

地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

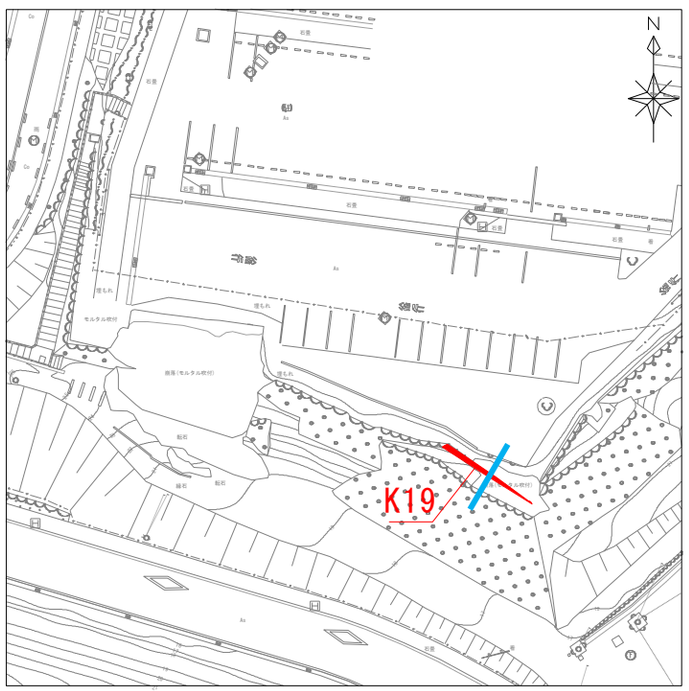
築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= 0.04m	NG	Fs= 1.16	OK	Fs= 3.19
中地震	d= -0.15m	NG	Fs= 0.35	OK	Fs= 2.34
大地震	d= -0.22m	NG	Fs= 0.08	OK	Fs= 2.15
判定	NG				

平面図

累積示力線解析位置
（No.19）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

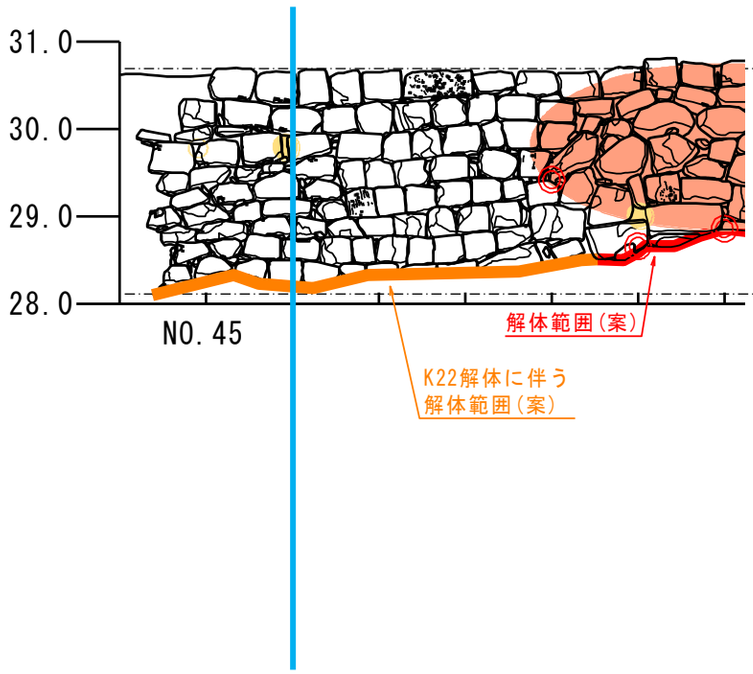
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K20【在来】

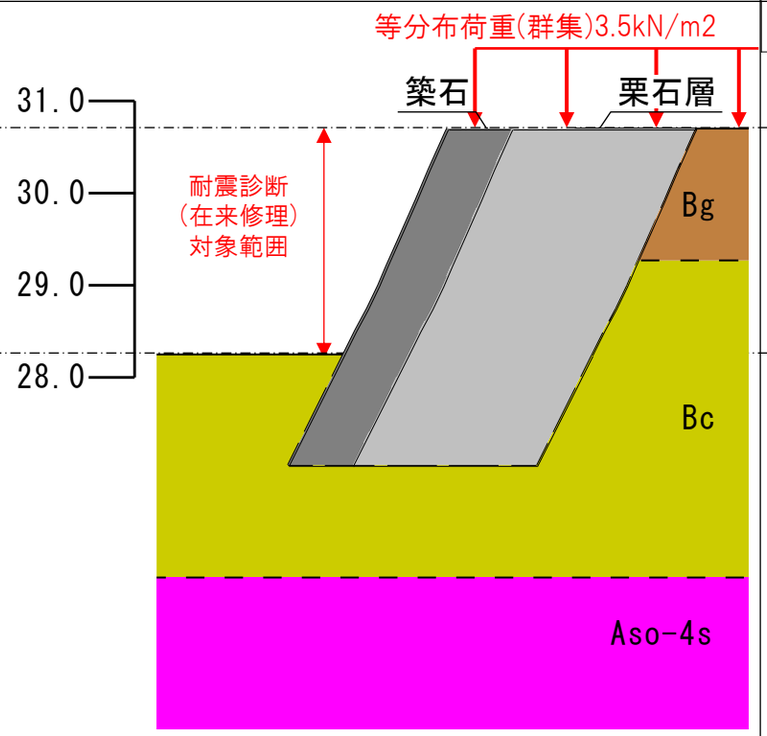
資料3-3-11

立面図



累積示力線解析位置（No.46）

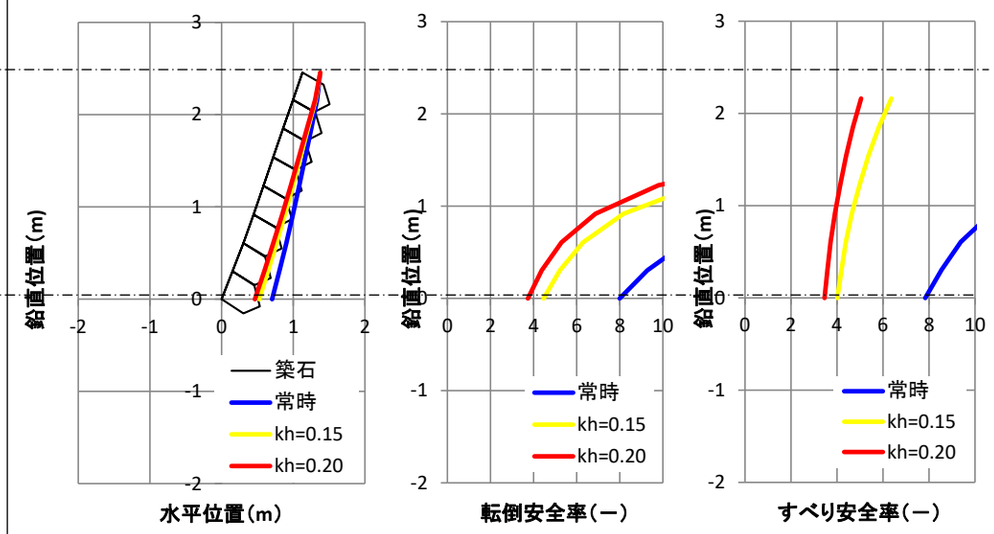
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

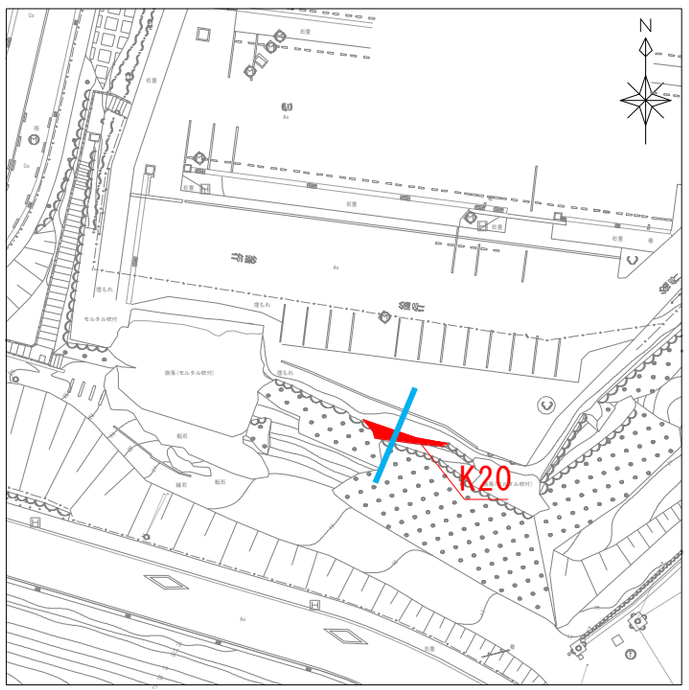
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.70m	OK	Fs= 8.00	OK	Fs= 7.84
中地震	d= 0.52m	OK	Fs= 4.46	OK	Fs= 4.02
大地震	d= 0.46m	OK	Fs= 3.74	OK	Fs= 3.46
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.46）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

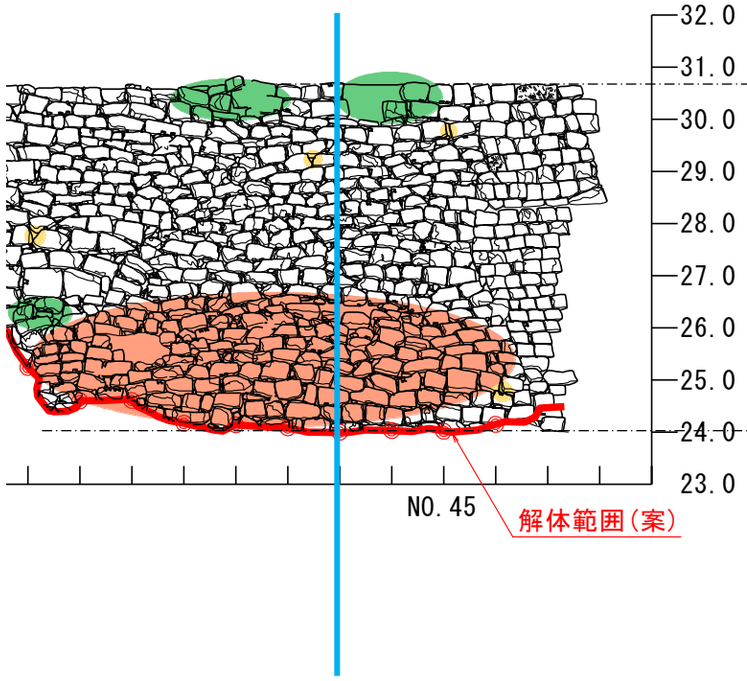
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K23【在来】

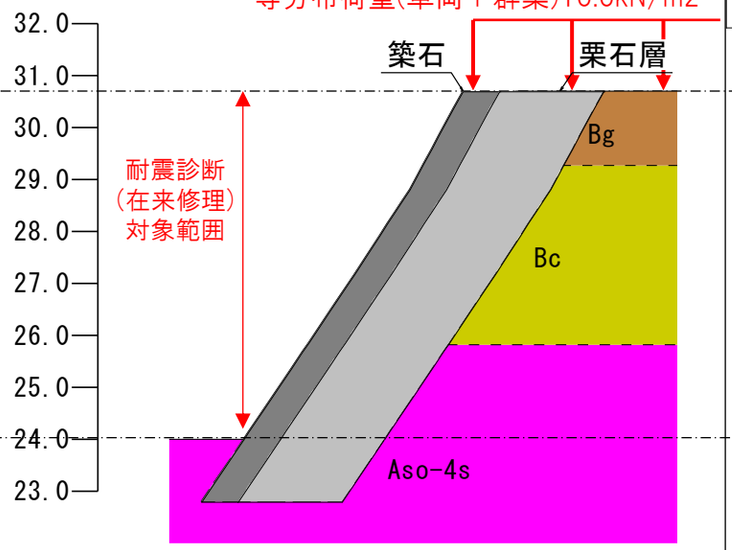
資料3-3-12

立面図



累積示力線解析位置（No.43）

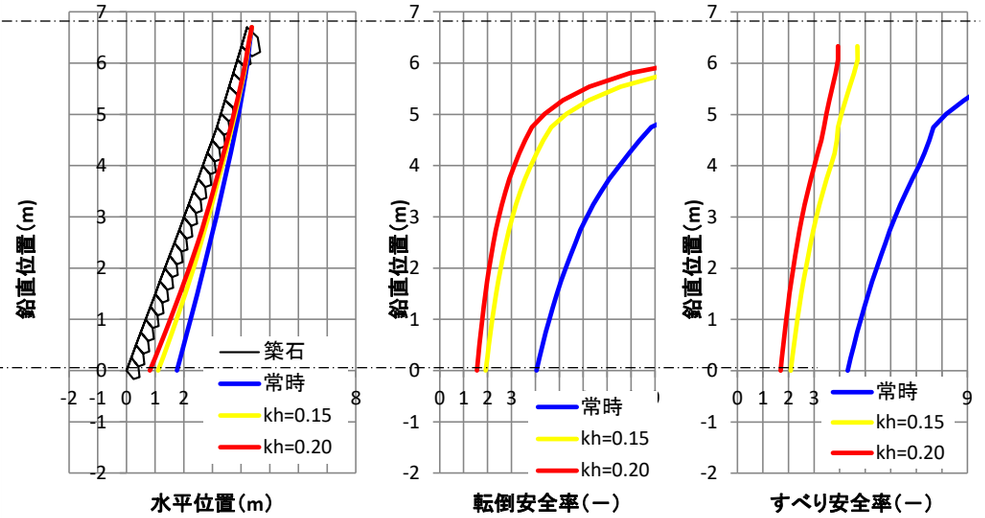
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

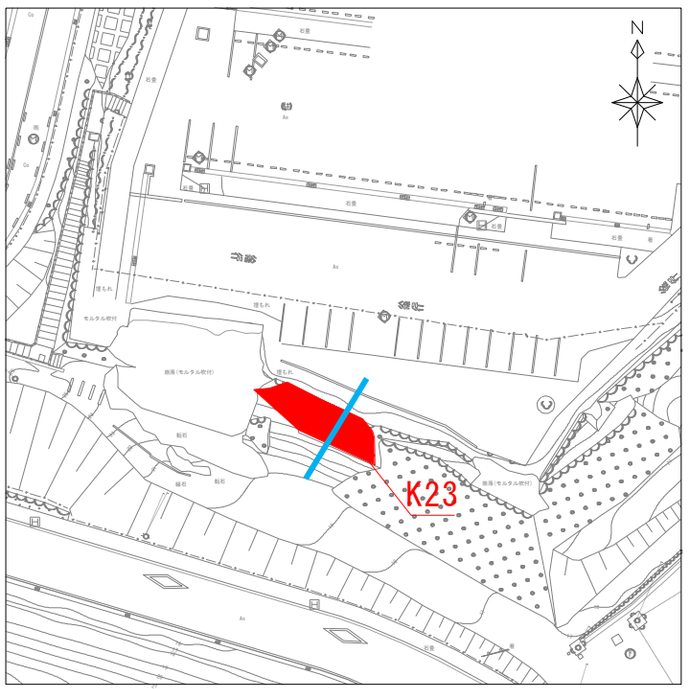
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 1.76m	OK	Fs= 4.05	OK	Fs= 4.31
中地震	d= 1.11m	OK	Fs= 1.93	OK	Fs= 2.09
大地震	d= 0.82m	OK	Fs= 1.56	OK	Fs= 1.69
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
（No.43）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

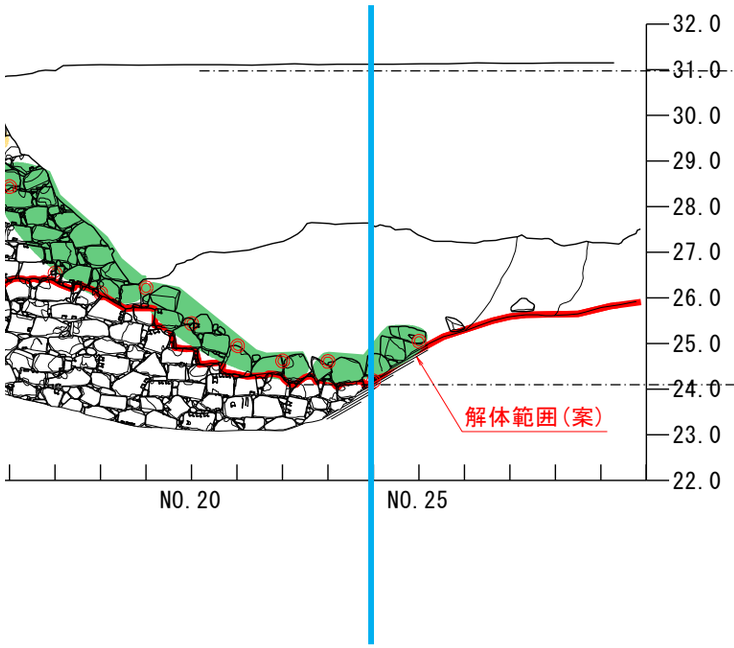
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

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推定した。

国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)　K24【在来】

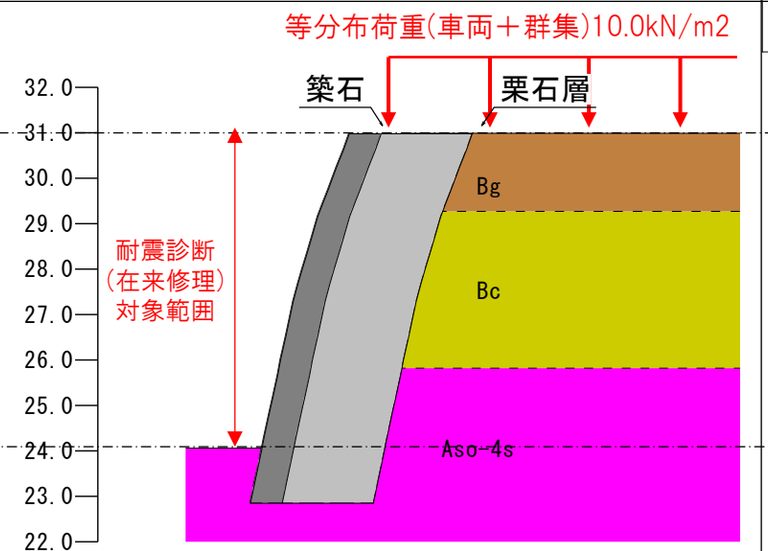
資料3-3-13

立面図



累積示力線解析位置（No.24）

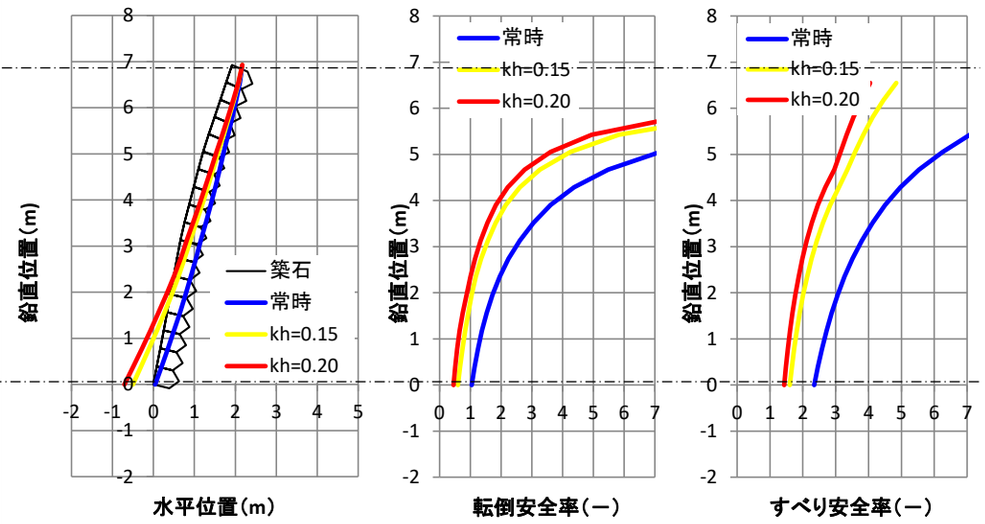
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

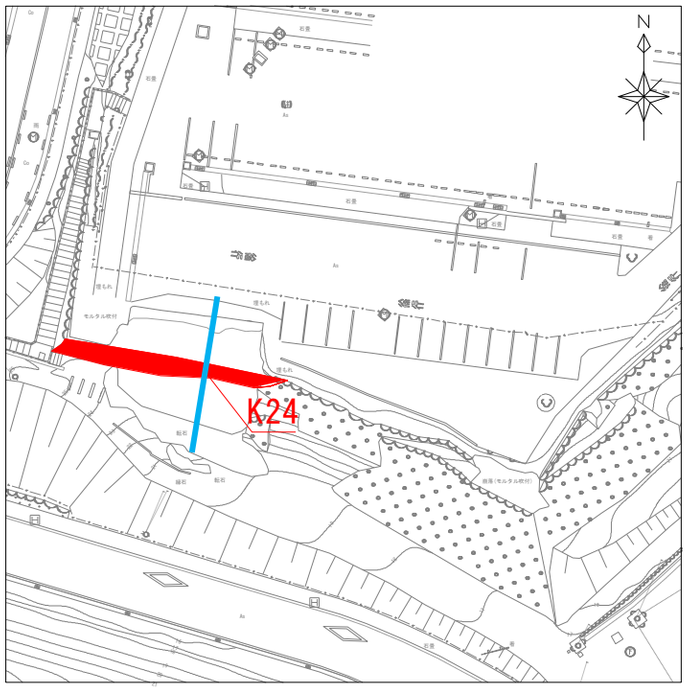
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.04m	NG	Fs= 1.05	OK	Fs= 2.35
中地震	d= -0.50m	NG	Fs= 0.60	OK	Fs= 1.60
大地震	d= -0.71m	NG	Fs= 0.45	OK	Fs= 1.43
判定	NG				

平面図

累積示力線解析位置
（No.24）



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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推定した。

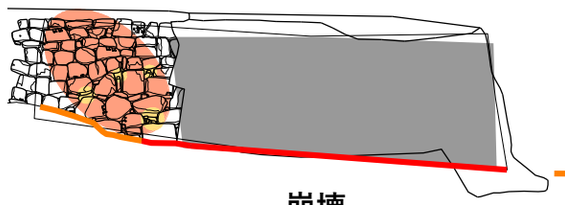
国立病院周辺　石垣耐震診断結果(在来)

参考資料

耐震診断結果一覧

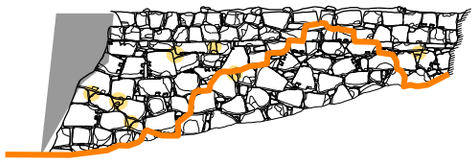
番号	管理名称	測点No.	上載荷重	示力線位置(参考)(m)			転倒安全率			すべり安全率			総合判定	被災状況
				常時	中地震	大地震	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0		
1	K8	12.0	群集	0.76	0.54	0.46	1.73	0.93	0.66	3.50	2.45	2.19	C	上部膨らみ
2	K9	11.0	車両+群集	5.73	5.38	5.25	1.48	0.90	0.71	2.85	1.91	1.70	C	
3	K10	14.0	群集	0.17	−0.14	−0.25	1.03	0.47	0.28	2.71	1.92	1.73	C	
4	K11	15.0	車両+群集	0.42	0.19	0.12	2.90	1.83	1.54	4.12	2.77	2.45	A	崩壊(被災前より膨らみあり)
5	K15	10.0	群集	0.76	0.58	0.52	9.27	4.94	4.09	8.85	4.25	3.62	A	上部石材のズレ
6	K16	11.1	群集	0.27	0.09	0.03	2.51	1.51	1.18	4.13	2.81	2.49	A	
7	K17	11.5	群集	0.26	0.14	0.10	4.28	2.74	2.22	5.19	3.22	2.86	A	
8	K18	9.0	群集	−0.02	−0.22	−0.29	0.94	0.23	0.09	2.96	2.23	2.03	C	一部崩壊(左出隅)
9	K19	19.0	群集	0.04	−0.15	−0.22	1.16	0.35	0.08	3.19	2.34	2.15	C	崩壊
10	K20	46.0	群集	0.70	0.52	0.46	8.00	4.46	3.74	7.84	4.02	3.46	A	被災前より膨らみあり
11	K23	43.0	車両+群集	1.76	1.11	0.82	4.05	1.93	1.56	4.31	2.09	1.69	A	被災前より膨らみあり
12	K24	24.0	車両+群集	0.04	−0.50	−0.71	1.05	0.60	0.45	2.35	1.60	1.43	C	崩壊

K19



崩壊

K18



一部崩壊

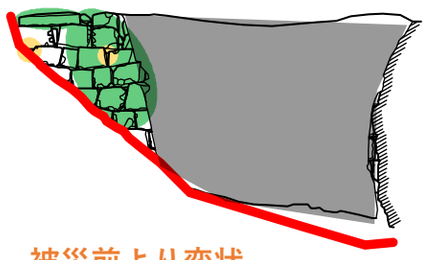
K20



被災前より変状
(膨らみ)あり

立面図

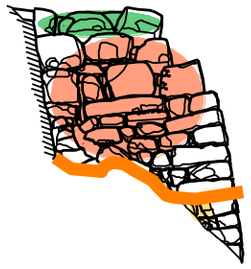
K11



崩壊

被災前より変状
(膨らみ)あり

K17



K16

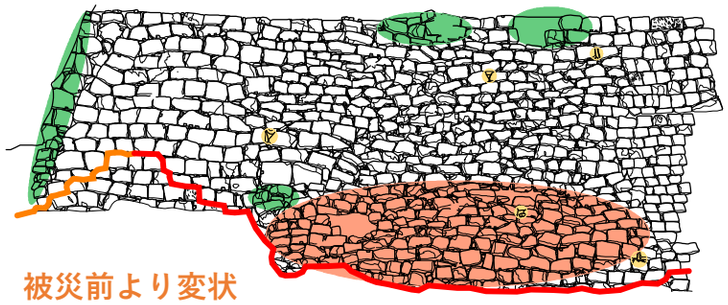


K15



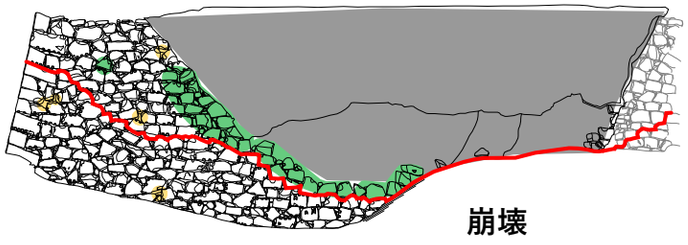
上部石材のズレ

K23



被災前より変状
(膨らみ)あり

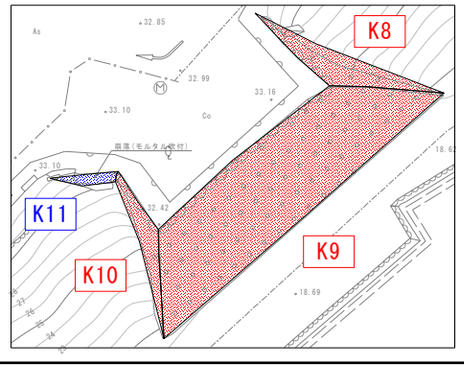
K24

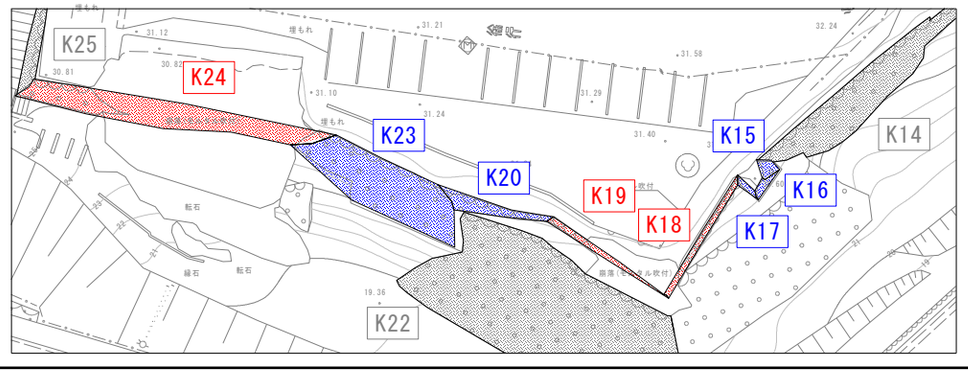


崩壊

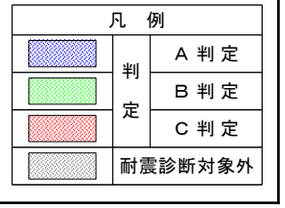
・K11：被災前よりある膨らみの箇所が崩壊した。
　　H24端点データより膨らみのない復旧勾配としたため、在来ではA判定と想定
・K15、K16、K17：落石はなく上部の石垣の大きめのズレのみ
・K20、K23：被災前より膨らみあり。H24端点データより膨らみのない復旧勾配としたため、在来ではA判定と想定

耐震診断結果平面図





【判定基準】(熊本城石垣 耐震診断指針(案)より)
A：石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる
B：石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある
C：石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある



埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)

耐震診断結果一覧

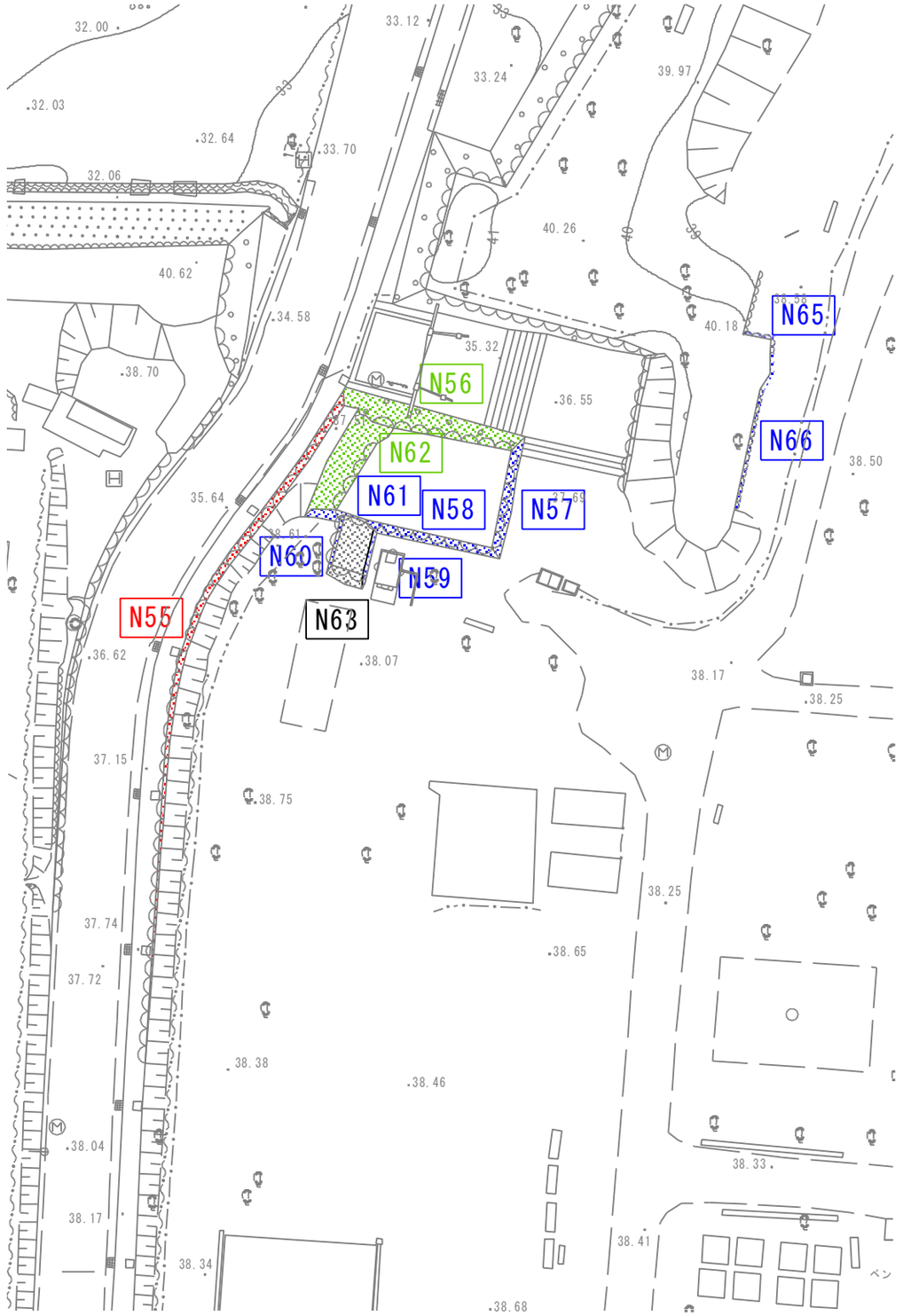
番号	管理名称	測点No.	上載荷重	示力線位置(参考)(m)			転倒安全率			すべり安全率			総合判定	被災状況
				常時	中地震	大地震	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0		
1	N55	12.00	石垣N62	0.10	−0.02	−0.06	1.29	0.84	0.69	1.89	1.41	1.30	C	No10～15周辺膨らみ・ズレ
2	N56	12.00	群集	0.62	0.35	0.26	1.86	1.09	0.83	3.51	2.40	2.14	B	N62崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
3	N57	15.00	群集	0.28	0.07	0.00	2.36	1.35	1.01	4.03	2.76	2.50	A	全体的な膨らみ・ズレ
4	N58	15.00	群集	0.33	0.15	0.09	3.18	1.98	1.58	4.58	3.00	2.69	A	全体的な膨らみ・ズレ
5	N59	13.60	群集	0.24	0.12	0.07	3.63	2.08	1.56	4.63	2.98	2.67	A	階段部崩壊に伴う崩壊
6	N60	11.00	群集	0.20	0.11	0.08	7.11	4.41	3.51	5.25	3.18	2.81	A	階段部崩壊に伴う一部崩壊
7	N61	7.00	群集	0.39	0.26	0.21	6.64	4.21	3.63	6.36	3.63	3.17	A	N62崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
8	N62	12.00	群集	0.27	0.04	−0.04	2.07	1.16	0.86	3.84	2.63	2.34	B	崩壊
9	N63		群集											階段部のため
10	N65	11.00	群集	0.37	0.32	0.31	土圧の作用が小さいため算出不可(OK			7.20	3.75	3.23	A	1石崩落
11	N66	21.00	群集	0.39	0.32	0.30	75.92	50.32	43.92	8.77	4.18	3.56	A	一部ズレ
12	N74	12.00	群集	0.93	0.47	0.30	1.04	0.54	0.37	2.55	1.77	1.59	C	上部崩壊
13	N75	12.00	群集	0.34	0.08	−0.01	2.10	1.25	0.96	3.74	2.55	2.27	B	N74崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
14	N76	14.00	群集											対象外(高さ1.0m未満)
15	S113	11.00	群集	0.25	0.17	0.14	18.18	12.33	10.71	6.38	3.53	3.07	A	一部ズレ・膨らみ
16	S114 (車)	62.00	車両+群集	3.31	3.16	3.11	5.51	3.28	2.79	5.21	3.25	2.88	A	一部ズレ
	S114	62.00	群集	3.34	3.19	3.14	7.42	4.39	3.72	6.98	3.82	3.31	A	
17	S115 (車)		車両+群集											解体無し
	S115		群集											解体無し
18	S116 (車)	13.00	車両+群集	2.29	1.94	1.82	5.06	2.79	2.33	5.44	3.09	2.52	A	一部ズレ・膨らみ
	S116	13.00	群集	2.34	1.98	1.86	6.11	3.37	2.77	6.53	3.62	2.93	A	
19	S118	11.00	群集	1.01	0.54	0.34	2.85	1.57	1.31	3.97	2.30	1.96	A	上部ズレ・一部膨らみ
20	S119	11.00	群集	0.41	0.34	0.32	41.88	24.30	20.50	12.74	5.00	4.15	A	変状無し(S118解体に伴い解体)
21	S120	21.00	群集	9.86	9.49	9.37	4.38	2.37	1.97	5.12	2.85	2.40	A	一部膨らみ

凡　例

	判定	A 判 定
		B 判 定
		C 判 定
	耐震診断対象外	

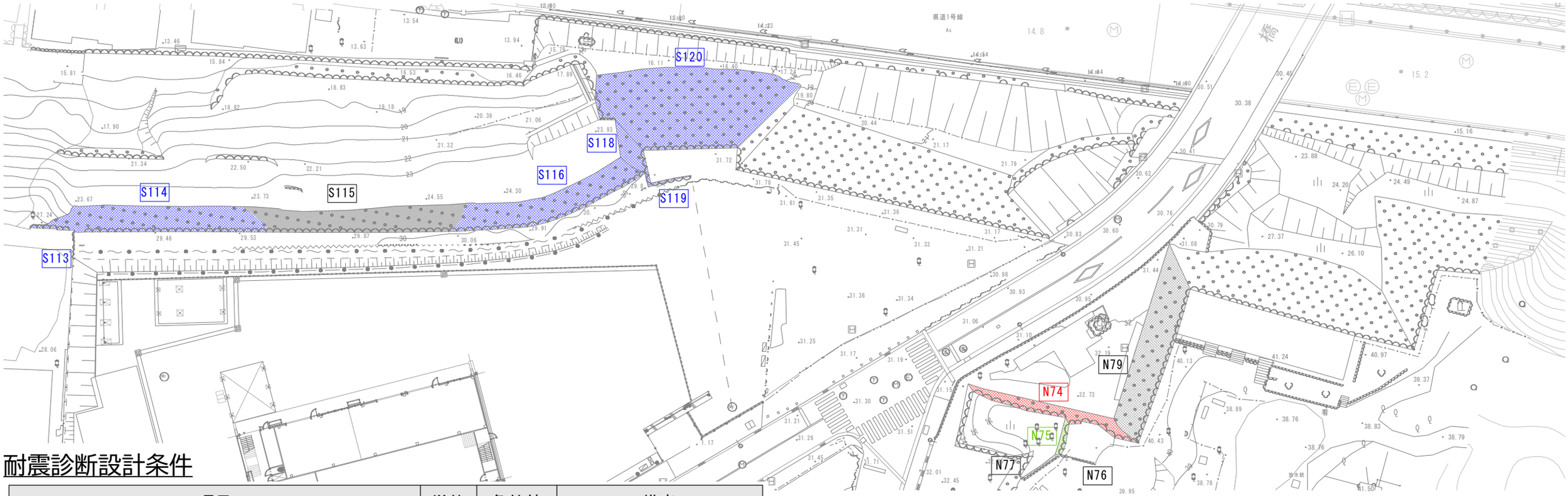
【判定基準】(熊本城石垣 耐震診断指針(案)より)
A:石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる
B:石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある
C:石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある

耐震診断結果平面図



埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)

耐震診断結果平面図



耐震診断設計条件

項目			単位		条件値	備考
設計水平震度	中規模地震		Kh		0.15	熊本城石垣基礎診断実施要領（案）p2
	大規模地震		Kh		0.20	
安全率	転倒	常時			Fs≧1.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p5.6
		地震時			Fs≧1.0	
	滑動	常時			Fs≧1.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p6.7
		地震時			Fs≧1.0	
物性値	築石	単位体積重量	γ	kN/m3	26.5	城内他事例に準拠
		底面摩擦角	ϕ_B	度	45.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p3
	裏込め（栗石）	単位体積重量	γ	kN/m3	16.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p2
		内部摩擦角	φ	度	35.0	
		壁面摩擦角(常時)	δ	度	35.0	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p3
		壁面摩擦角（地震時）	δ	度	35.0	
上載荷重	群集荷重			kN/m2	3.5	熊本城石垣基礎診断実施要領の運用（案）p4
	自動車荷重			kN/m2	10.0	道路土工擁壁工指針 p53

※耐震診断 Excel　Ver4.2 使用

結果総括

・対象箇所18面で耐震診断（在来）を実施した結果は以下のとおりである。
なお、車両の載荷する断面は、荷重が作用する断面と作用しない断面の2断面で耐震診断を実施した。
A判定…N57、N58、N59、N60、N61、N65、N66
S113、S114、S116、S118、S119、S120
B判定… N56、N62、N75
C判定… N55、N74

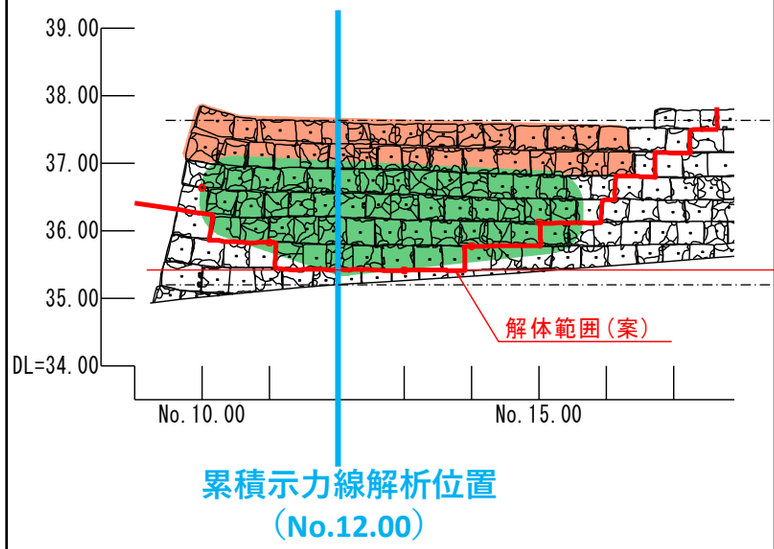
凡　例		
	判定	A 判 定
		B 判 定
		C 判 定
	耐震診断対象外	

【判定基準】(熊本城石垣 耐震診断指針(案)より)
A:石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる
B:石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある
C:石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある

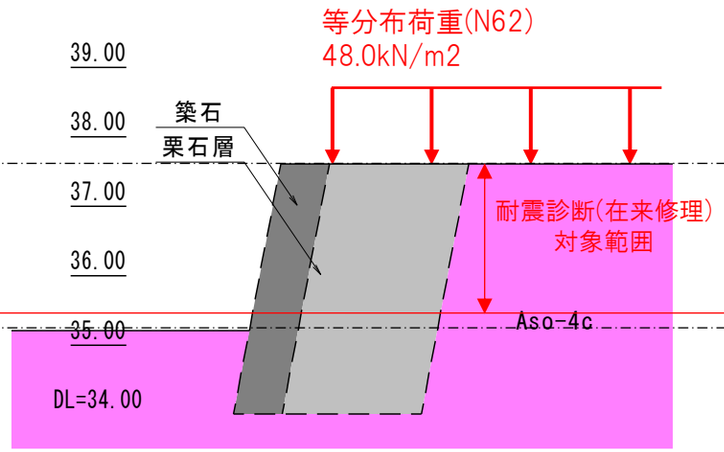
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N55【在来】

資料3-3-16

立面図



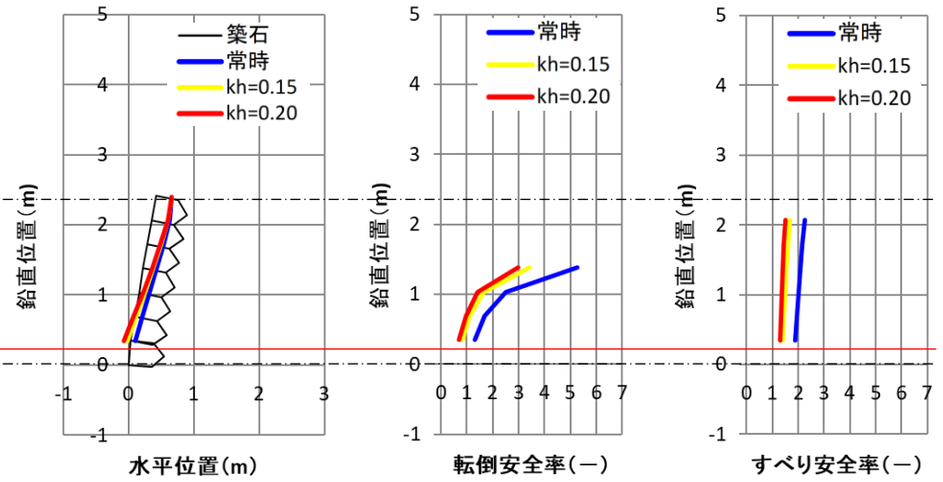
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

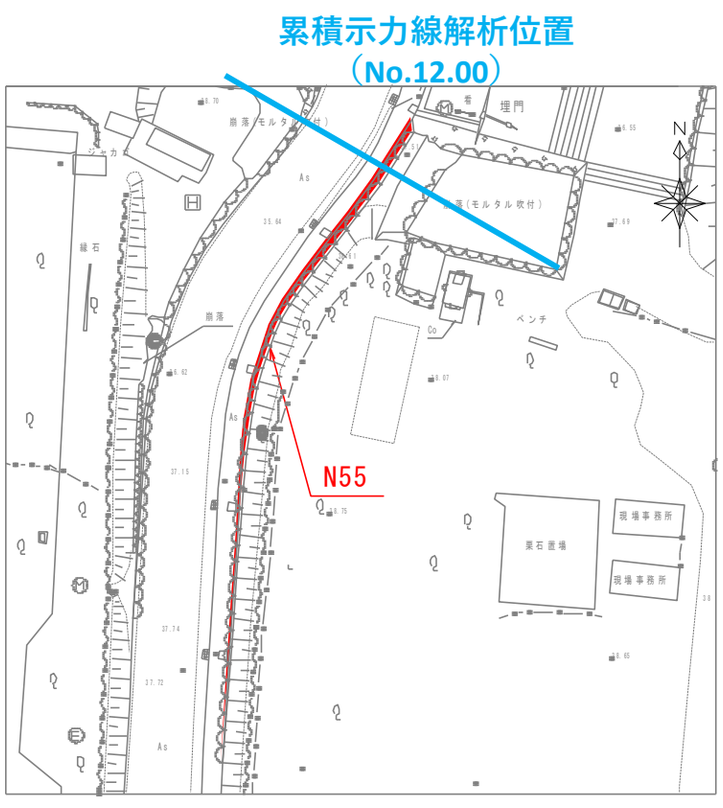
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.10m	NG	Fs= 1.29	OK	Fs= 1.89
中地震	d= -0.02m	NG	Fs= 0.84	OK	Fs= 1.41
大地震	d= -0.06m	NG	Fs= 0.69	OK	Fs= 1.30
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

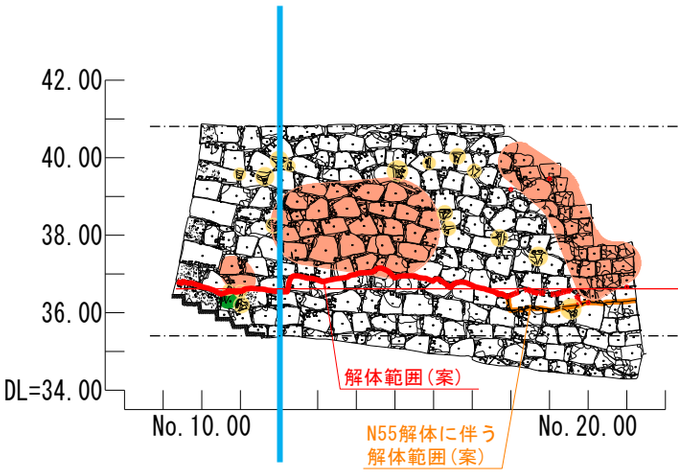
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	C
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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、Aso-4c層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。

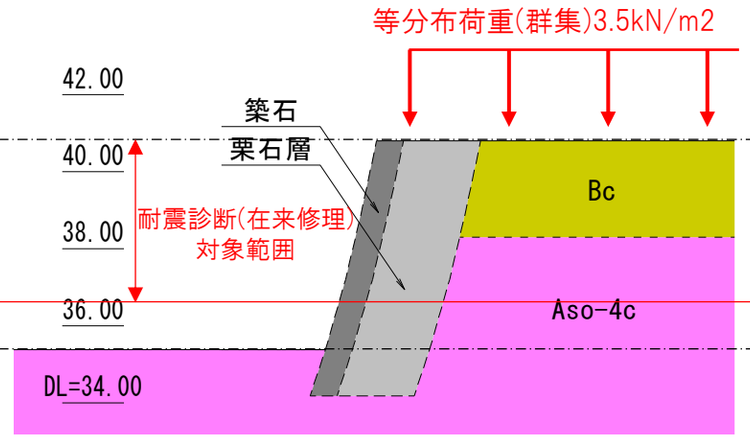
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N56【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.12.00)

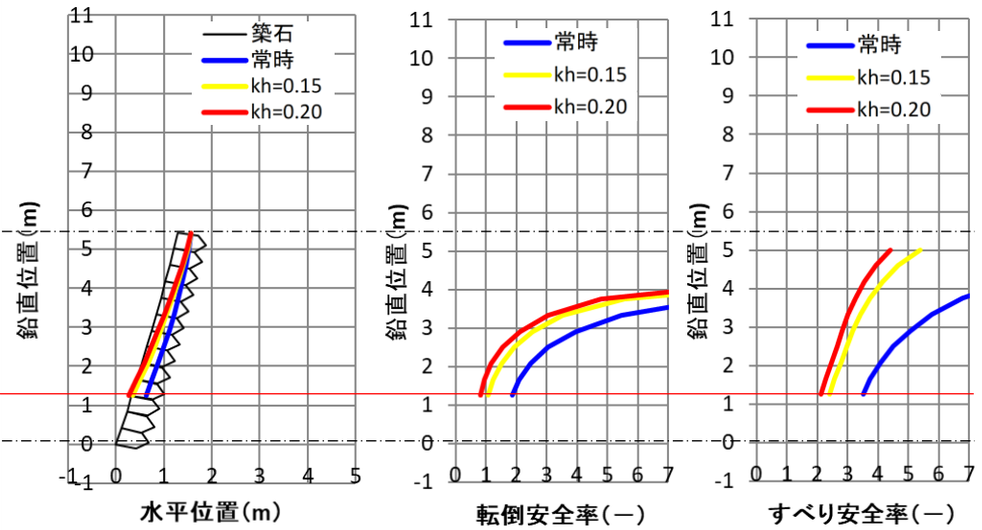
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

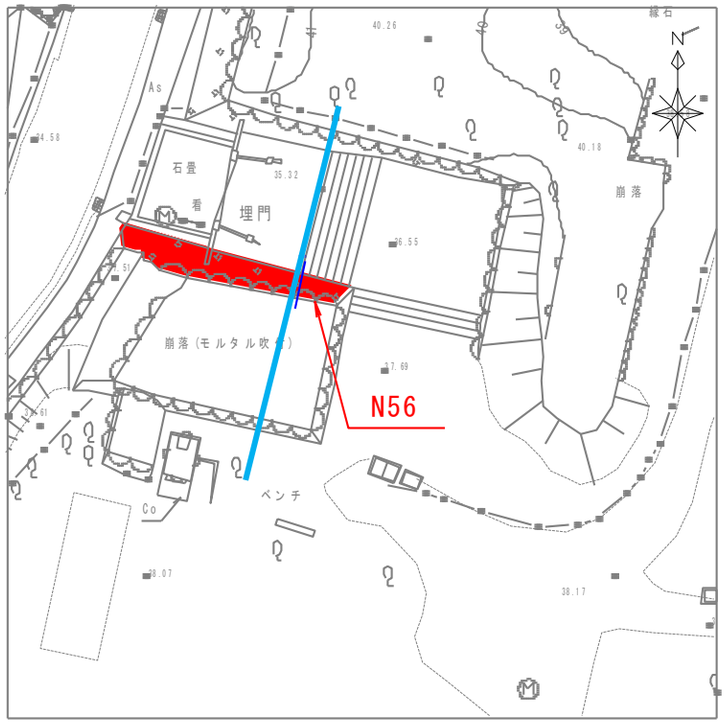
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.62m	OK	Fs= 1.86	OK	Fs= 3.51
中地震	d= 0.35m	OK	Fs= 1.09	OK	Fs= 2.40
大地震	d= 0.26m	NG	Fs= 0.83	OK	Fs= 2.14
判定	NG				

平面図

累積示力線解析位置
(No.12.00)



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

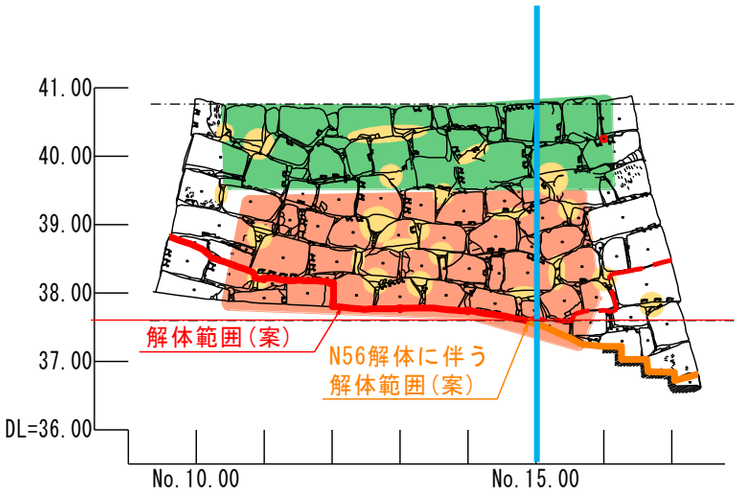
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	B
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

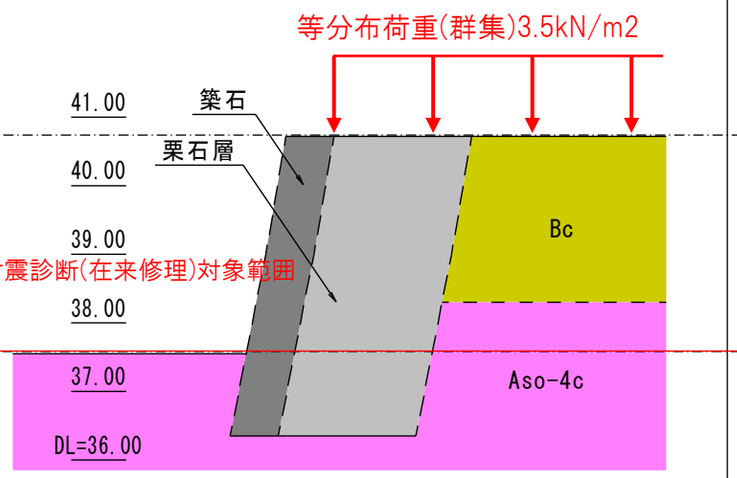
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N57【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.15.00)

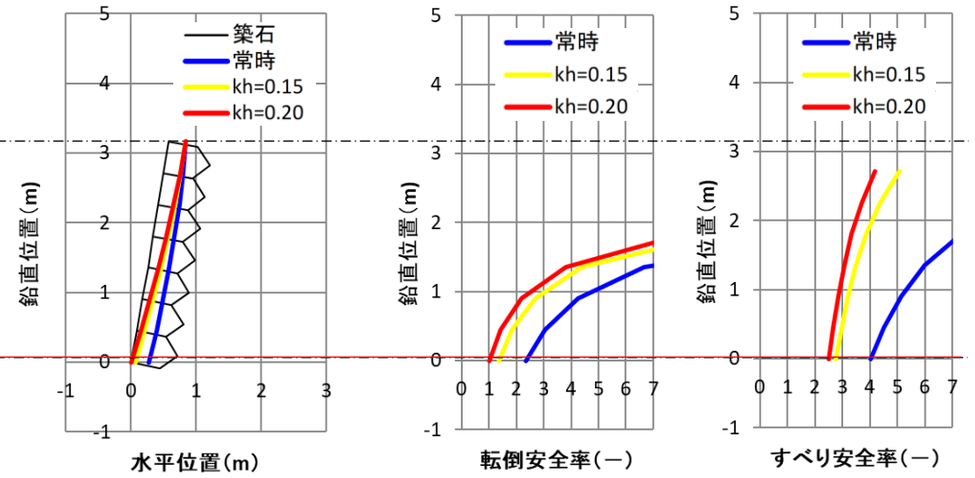
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

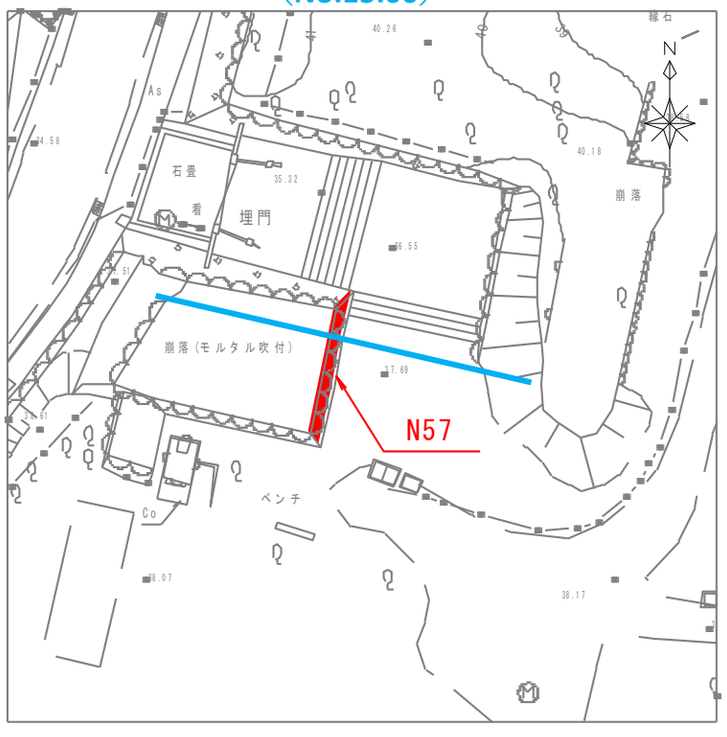
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.28m	OK	Fs= 2.36	OK	Fs= 4.03
中地震	d= 0.07m	OK	Fs= 1.35	OK	Fs= 2.76
大地震	d= 0.00m	OK	Fs= 1.01	OK	Fs= 2.50
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
(No.15.00)



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

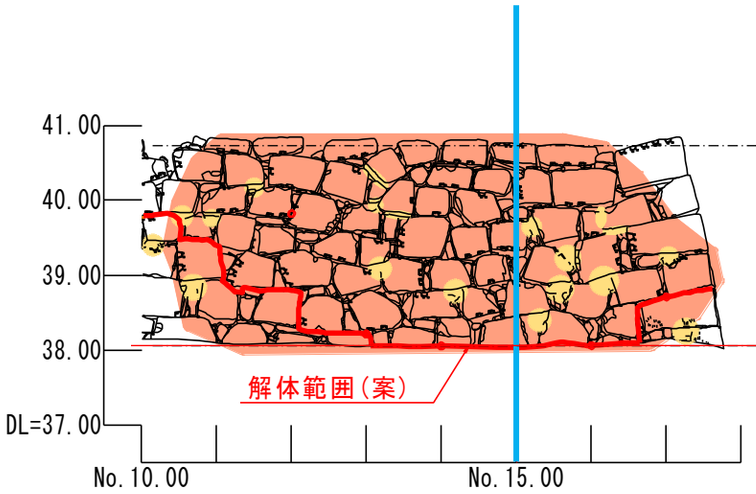
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

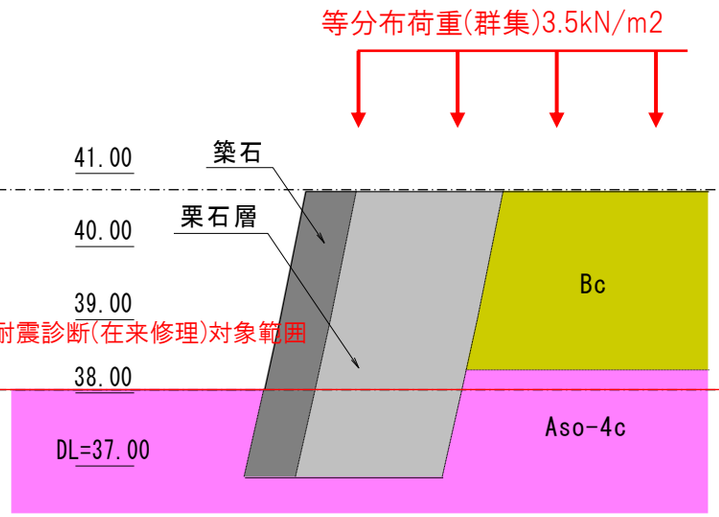
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N58【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.15.00)

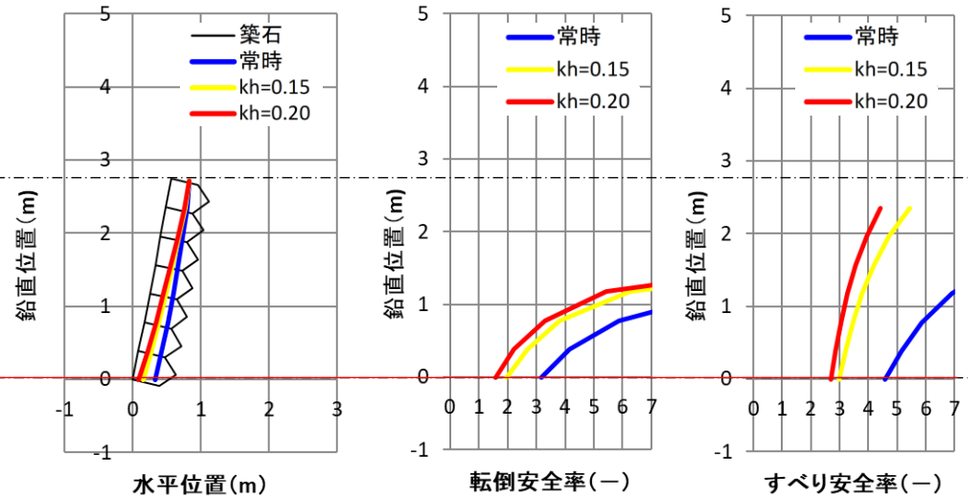
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

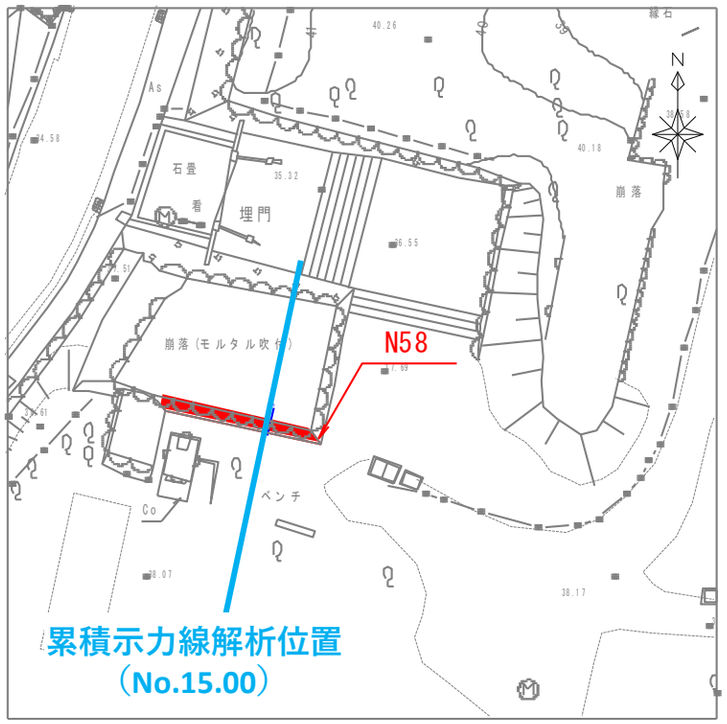
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.33m	OK	Fs= 3.18	OK	Fs= 4.58
中地震	d= 0.15m	OK	Fs= 1.98	OK	Fs= 3.00
大地震	d= 0.09m	OK	Fs= 1.58	OK	Fs= 2.69
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

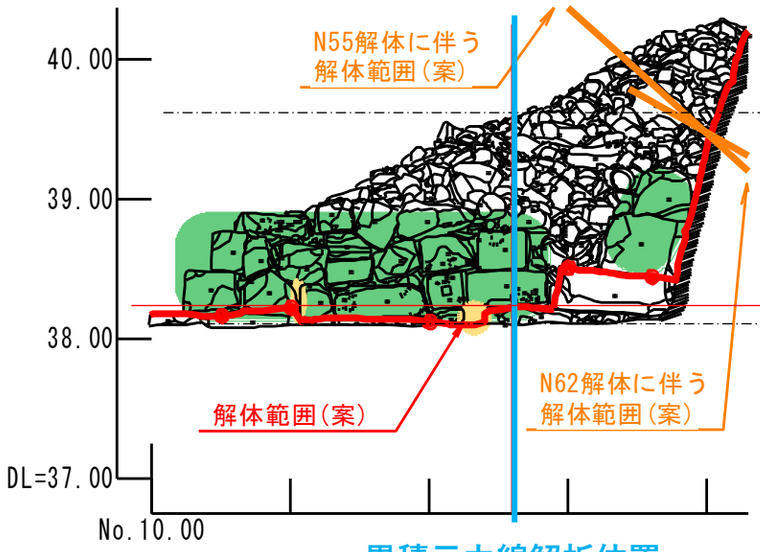
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

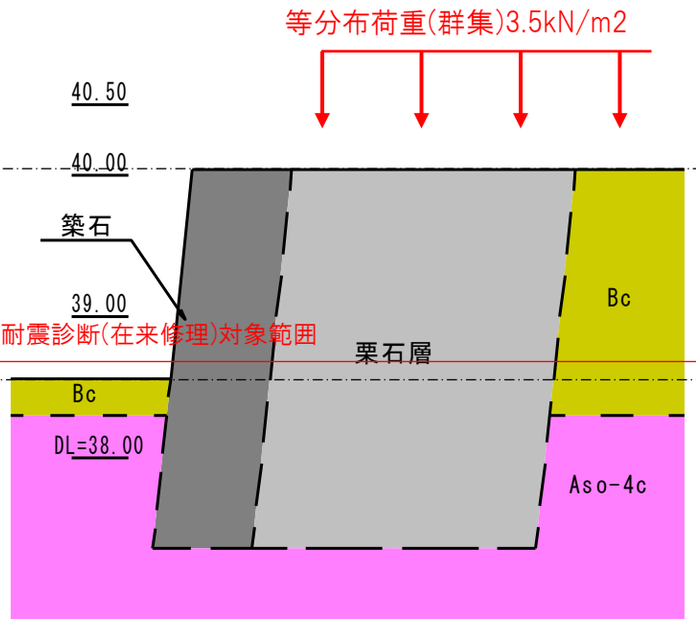
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N59【在来】

立面図



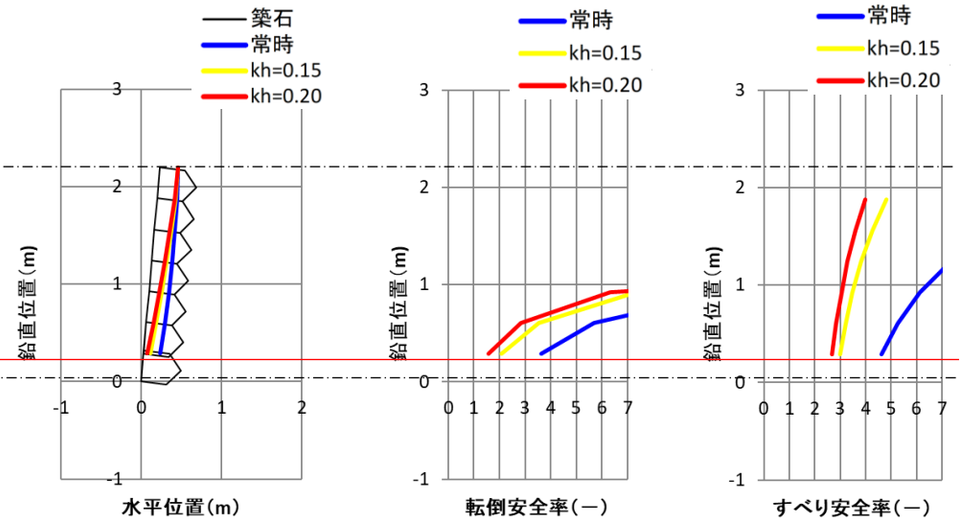
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

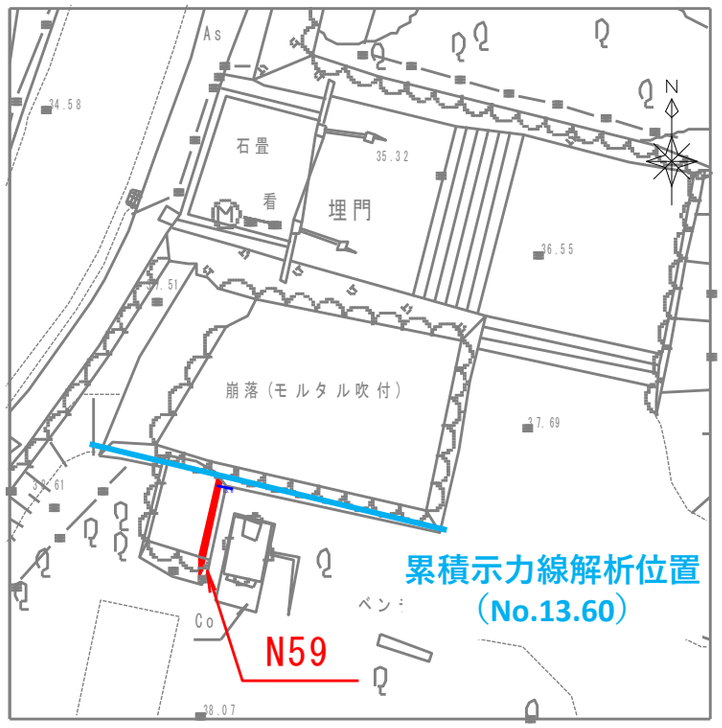
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.33m	OK	Fs= 3.18	OK	Fs= 4.58
中地震	d= 0.15m	OK	Fs= 1.98	OK	Fs= 3.00
大地震	d= 0.09m	OK	Fs= 1.58	OK	Fs= 2.69
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

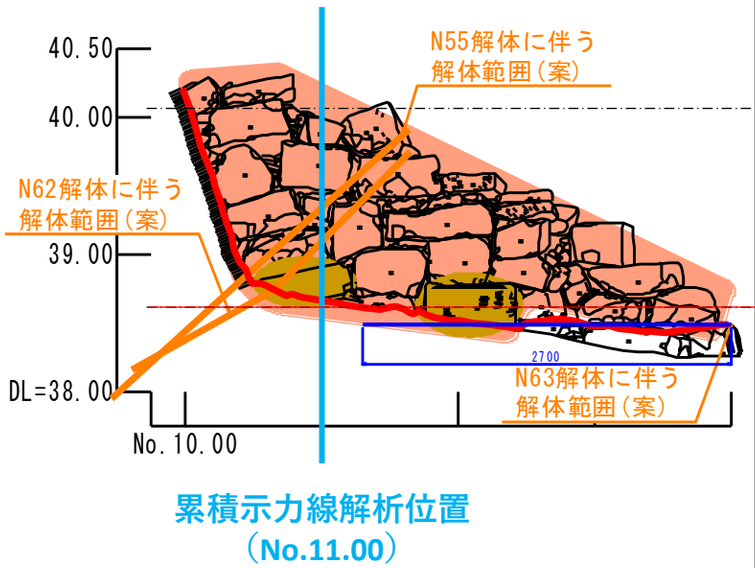
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

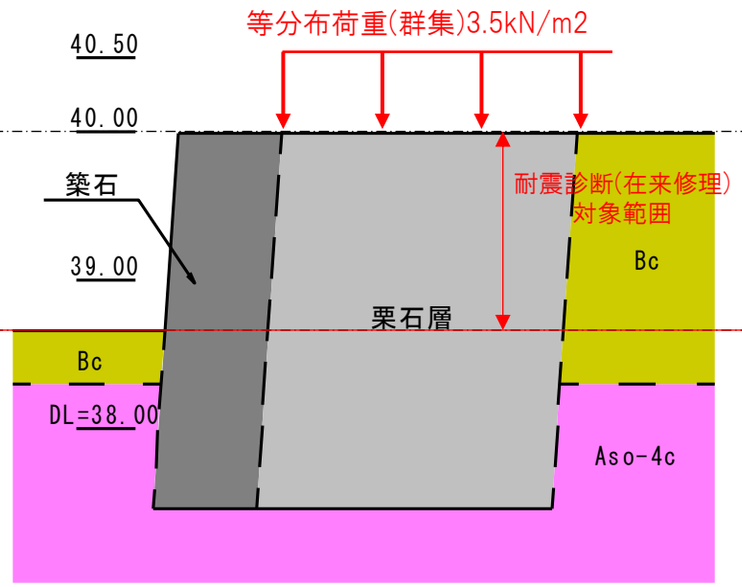
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N60【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.11.00)

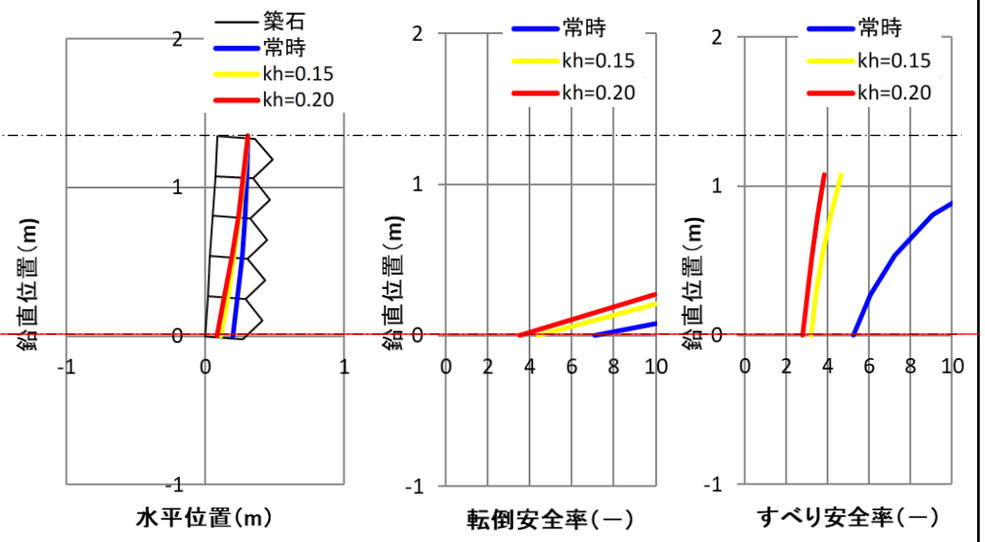
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

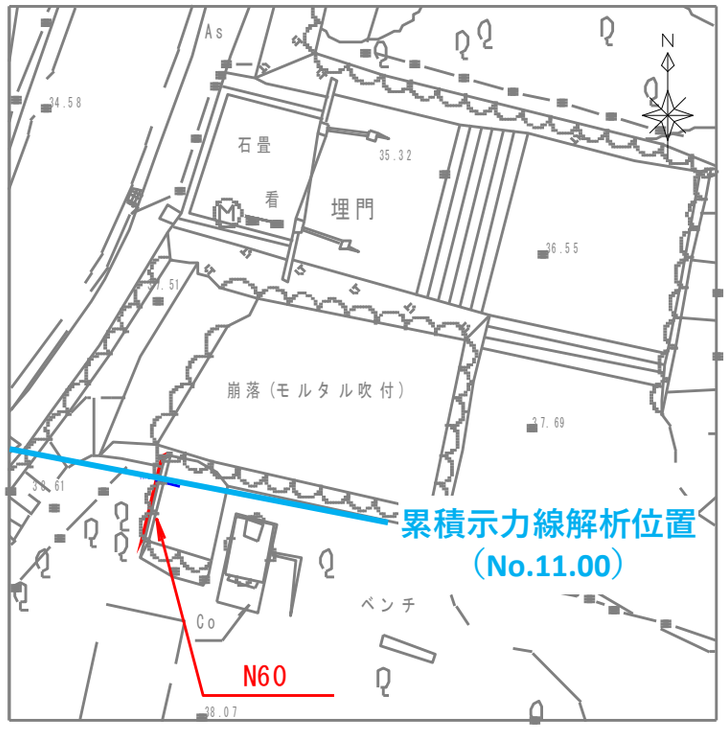
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.20m	OK	Fs= 7.11	OK	Fs= 5.25
中地震	d= 0.11m	OK	Fs= 4.41	OK	Fs= 3.18
大地震	d= 0.08m	OK	Fs= 3.51	OK	Fs= 2.81
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

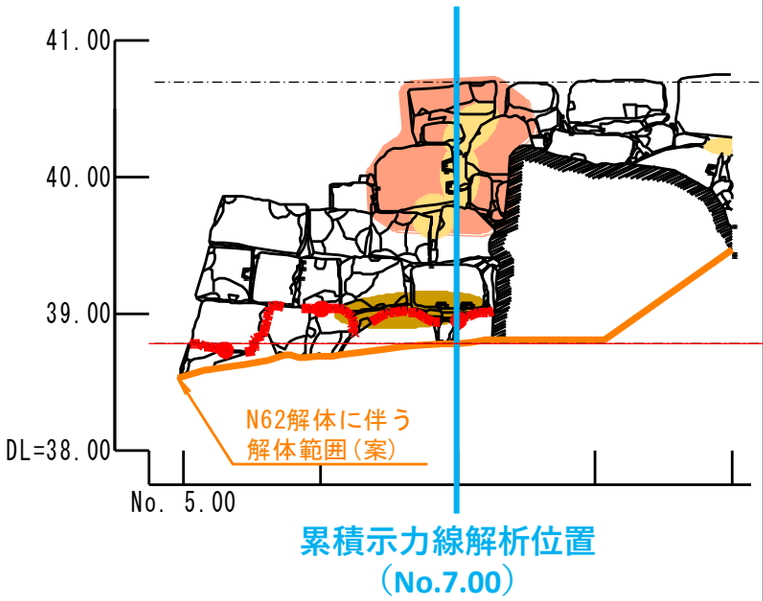
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

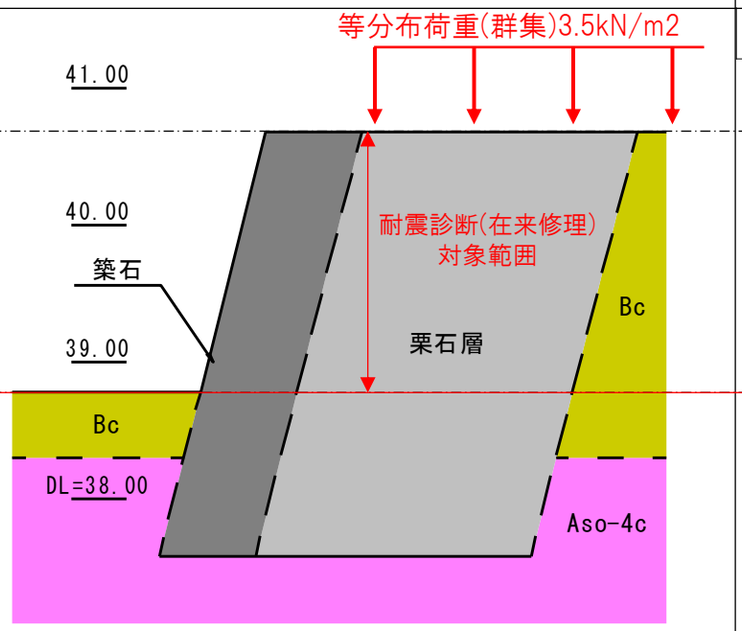
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N61【在来】

立面図



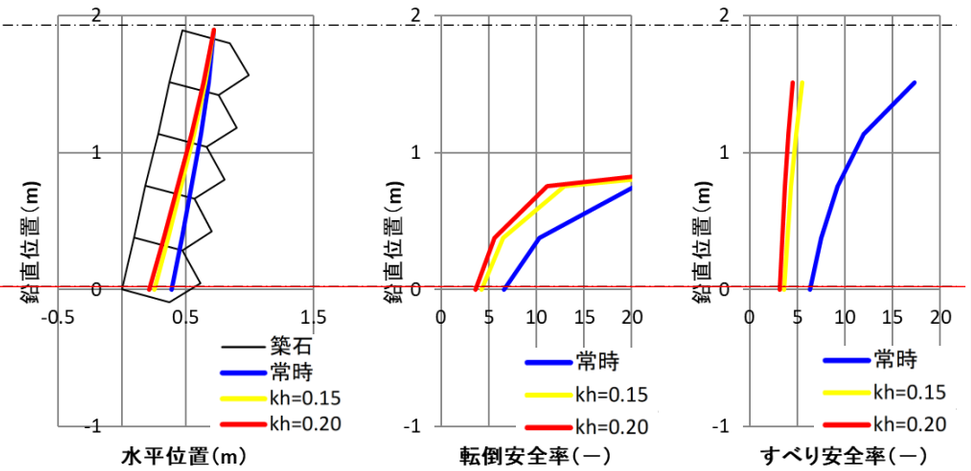
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

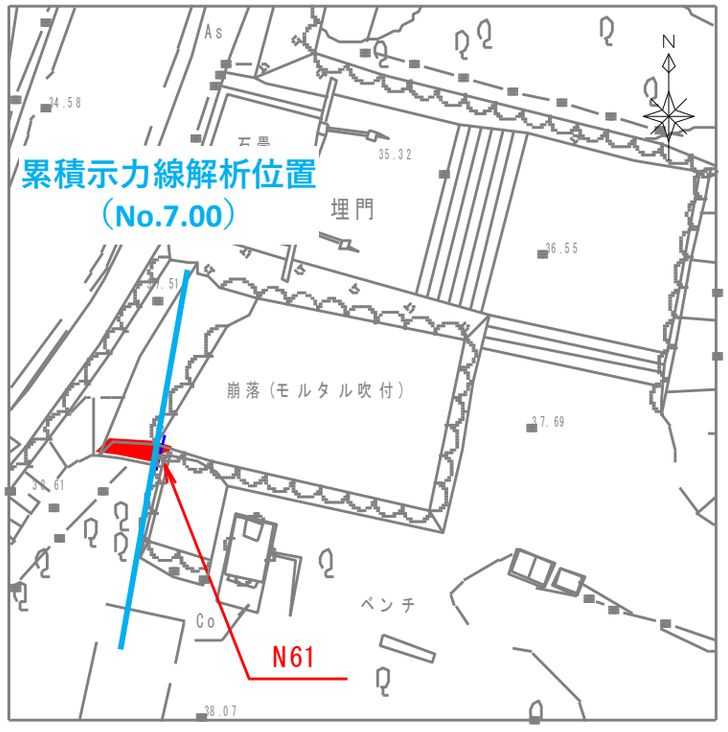
築石の安定性評価(累積示力線解析)

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= 6.64	OK	Fs= 6.36
中地震	d= 0.26m	OK	Fs= 4.21	OK	Fs= 3.63
大地震	d= 0.21m	OK	Fs= 3.63	OK	Fs= 3.17
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)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

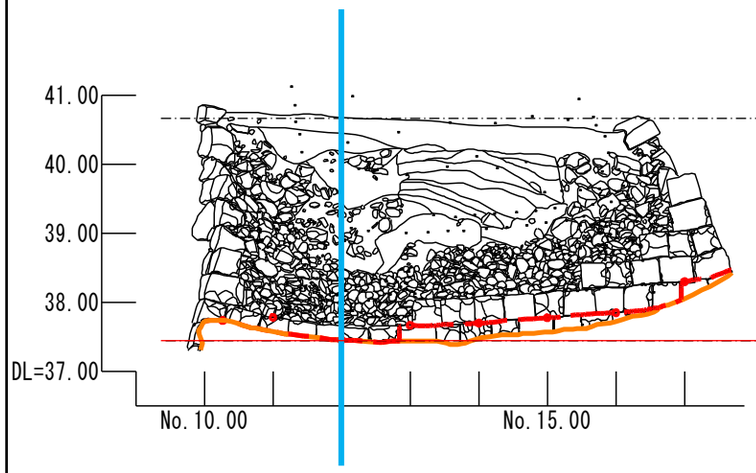
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c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。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N62【在来】

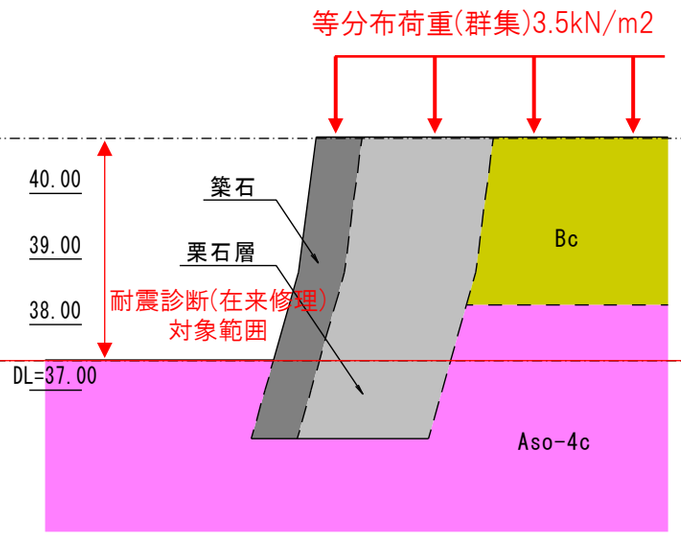
資料3-3-23

立面図



累積示力線解析位置
(No.12.00)

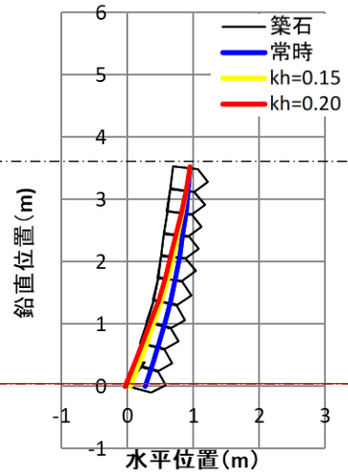
地層断面図



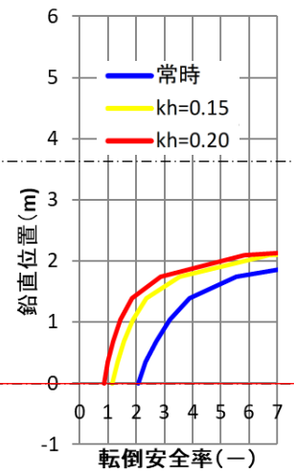
注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

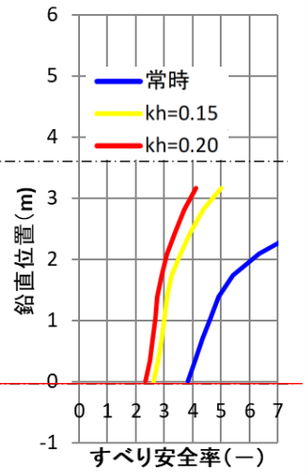
示力線位置(参考)



転倒安全率

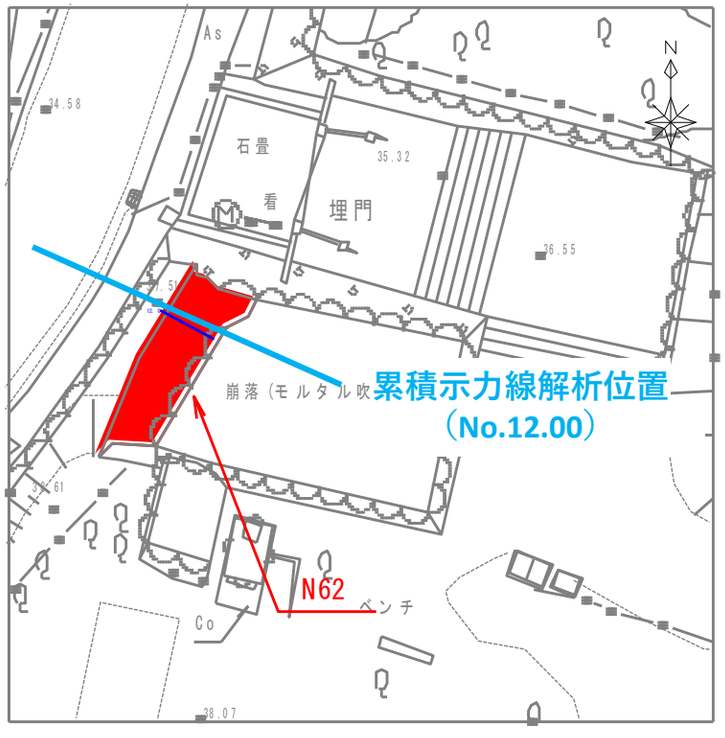


すべり安全率



常時	d= 0.27m	OK	Fs= 2.07	OK	Fs= 3.84
中地震	d= 0.04m	OK	Fs= 1.16	OK	Fs= 2.63
大地震	d= -0.04m	NG	Fs= 0.86	OK	Fs= 2.34
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

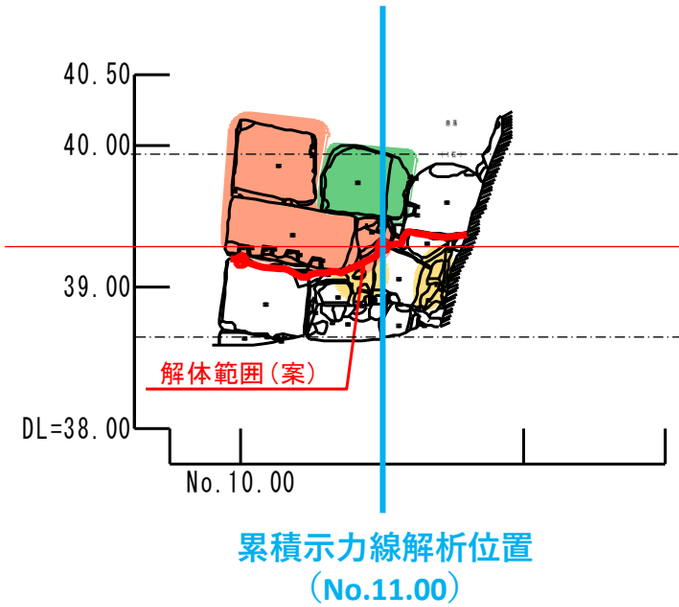
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	B
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

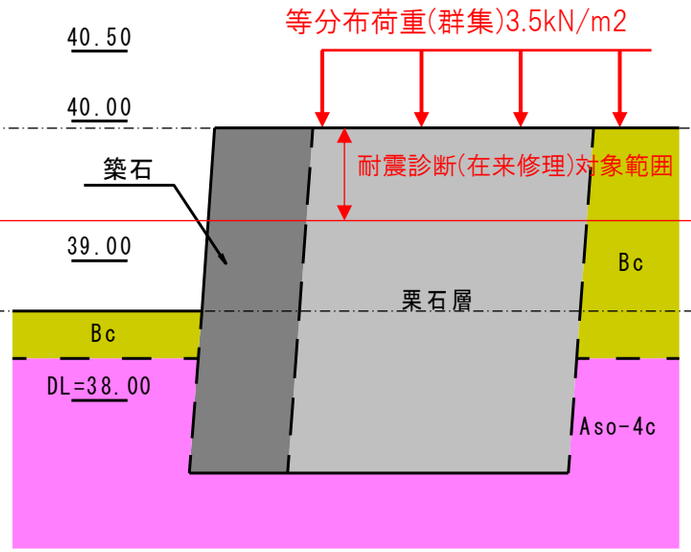
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N65【在来】

立面図



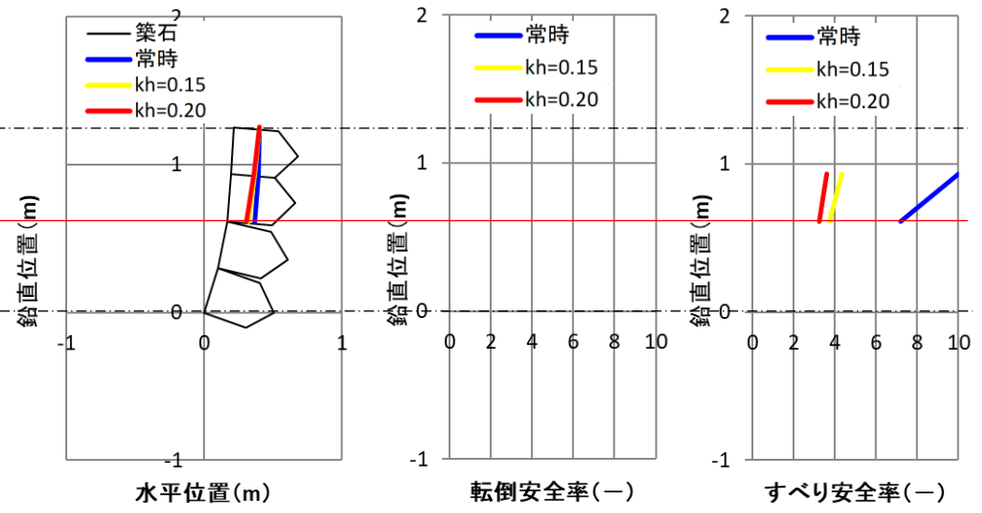
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

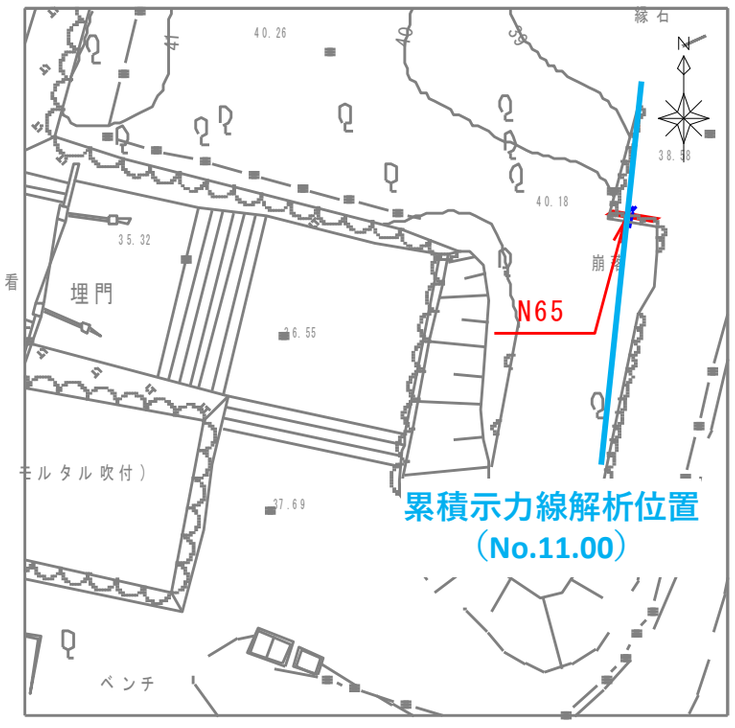
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.37m	OK 土圧の作用が小さいため算出不可	OK Fs= 7.20
中地震	d= 0.32m	OK 土圧の作用が小さいため算出不可	OK Fs= 3.75
大地震	d= 0.31m	OK 土圧の作用が小さいため算出不可	OK Fs= 3.23
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

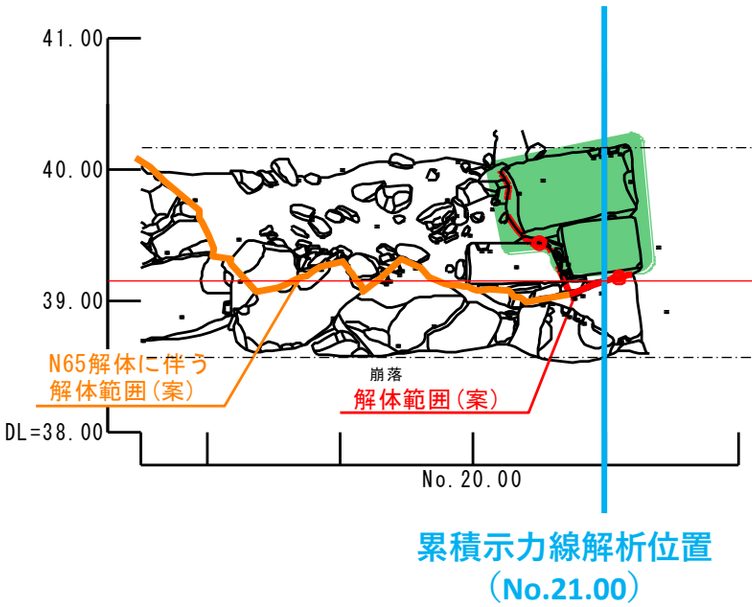
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

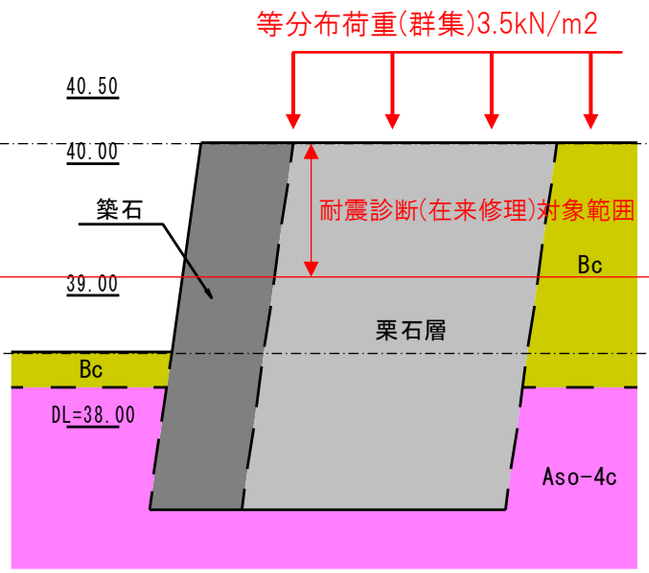
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N66【在来】

立面図



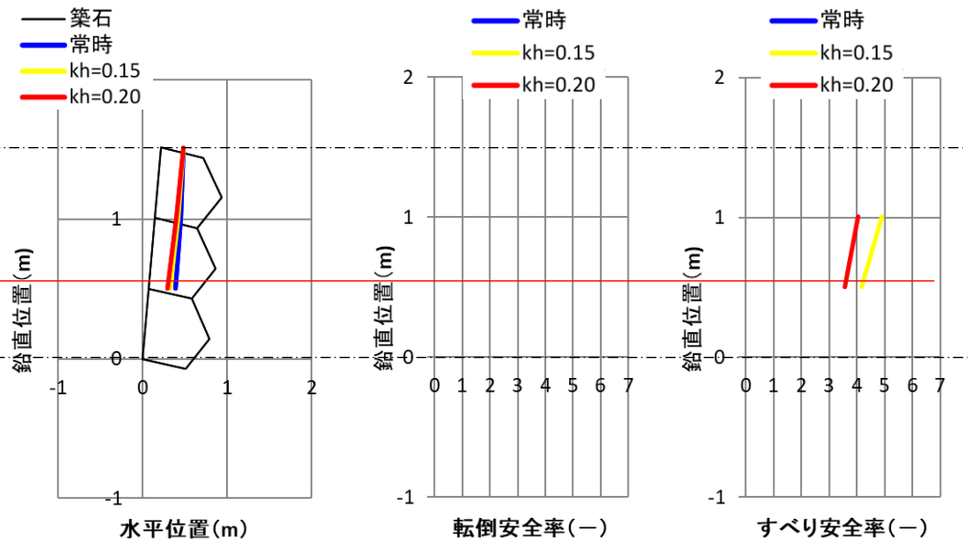
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

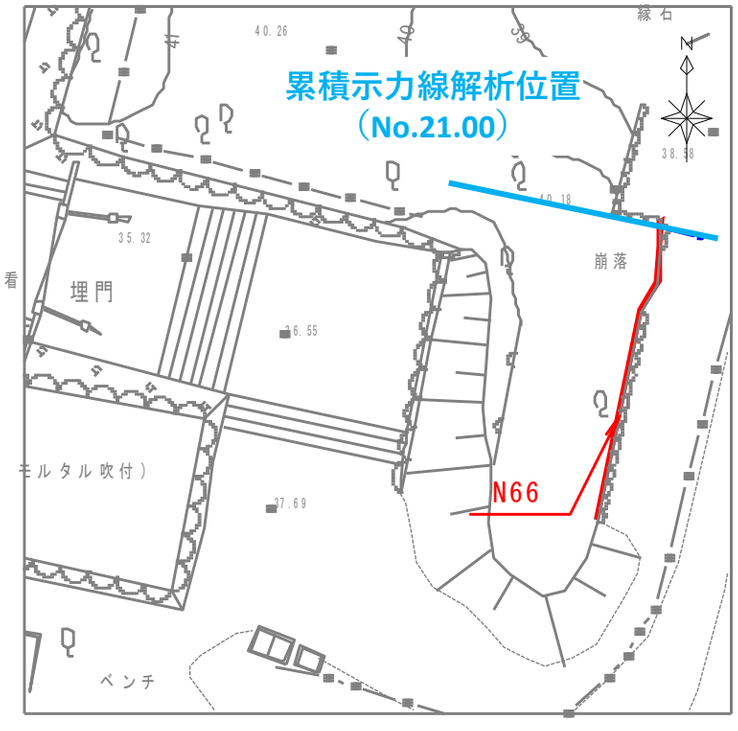
築石の安定性評価(累積示力線解析)

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= 75.92	OK	Fs= 8.77
中地震	d= 0.32m	OK	Fs= 50.32	OK	Fs= 4.18
大地震	d= 0.30m	OK	Fs= 43.92	OK	Fs= 3.56
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

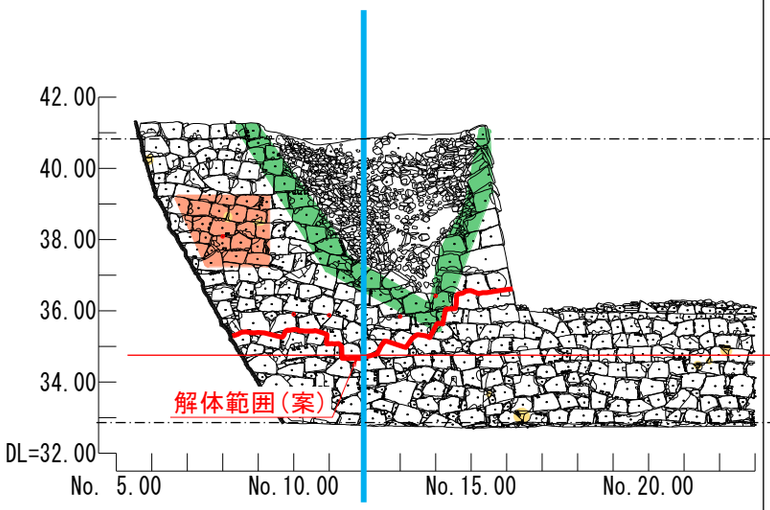
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

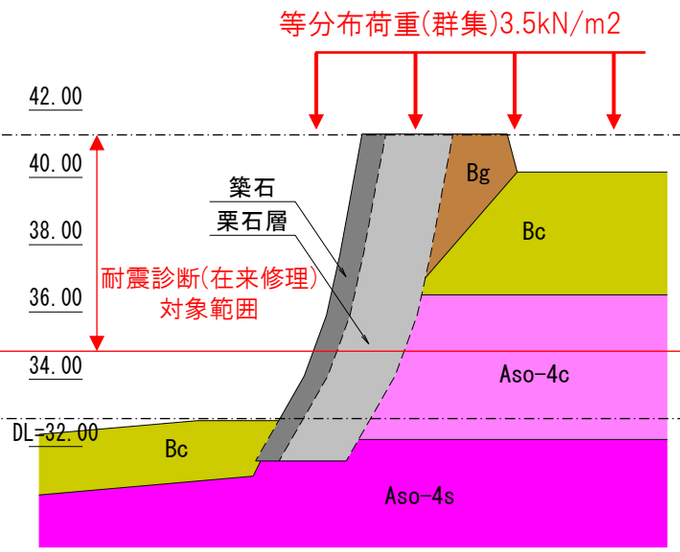
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N74【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.12.00)

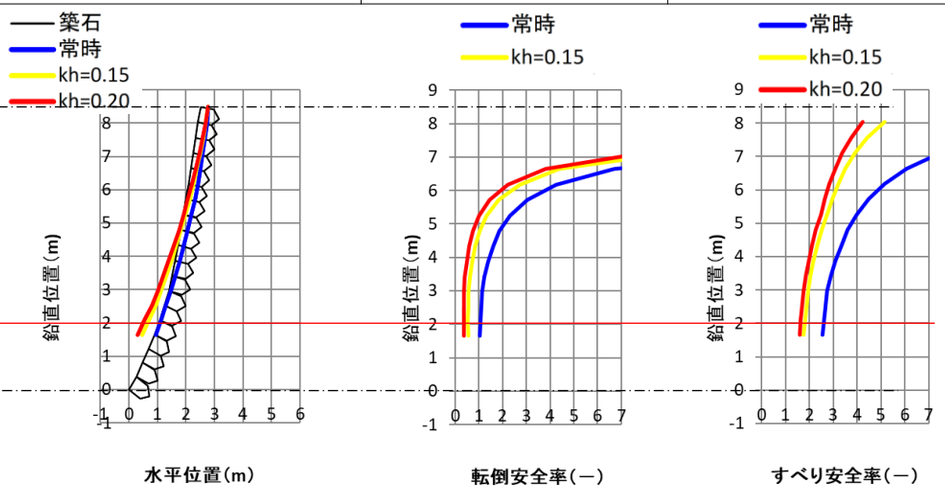
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

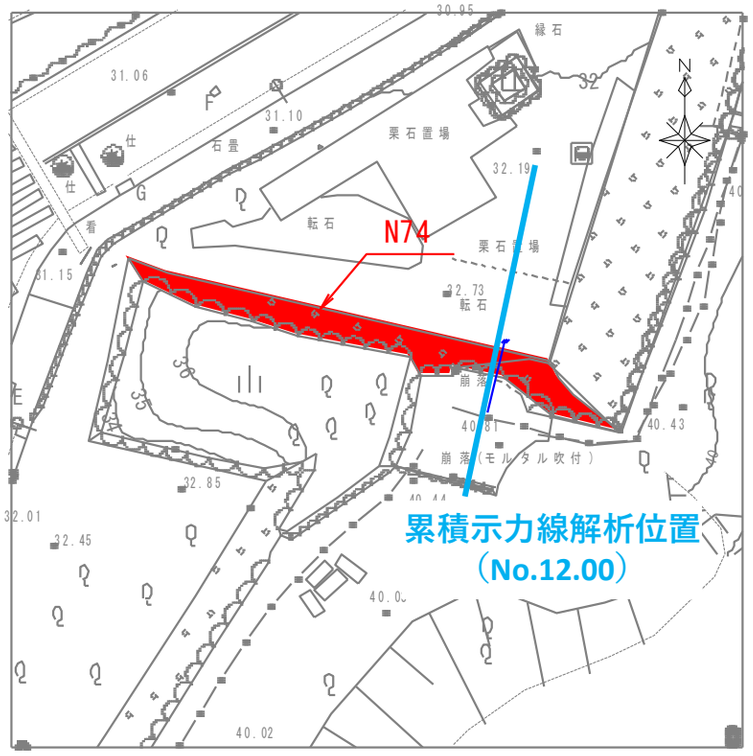
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.93m	NG	Fs= 1.04	OK	Fs= 2.55
中地震	d= 0.47m	NG	Fs= 0.54	OK	Fs= 1.77
大地震	d= 0.30m	NG	Fs= 0.37	OK	Fs= 1.59
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

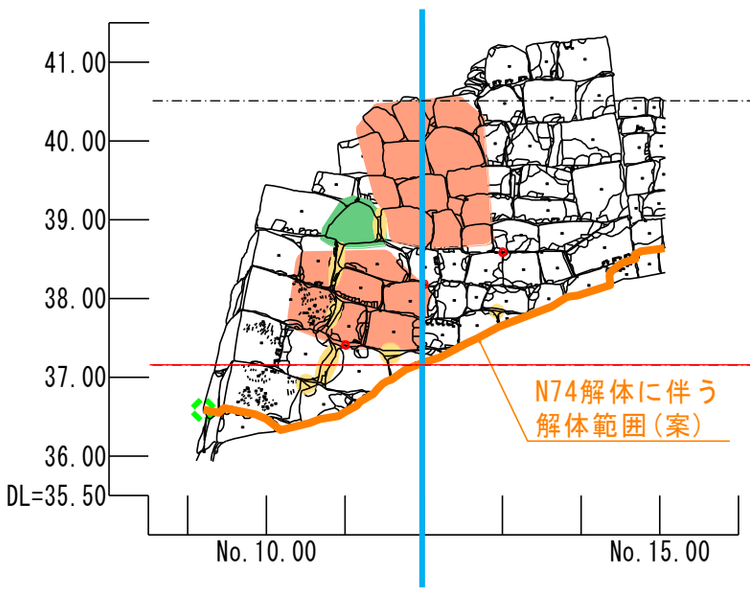
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	C
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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、Bg層、Bc層及びAso-4c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。

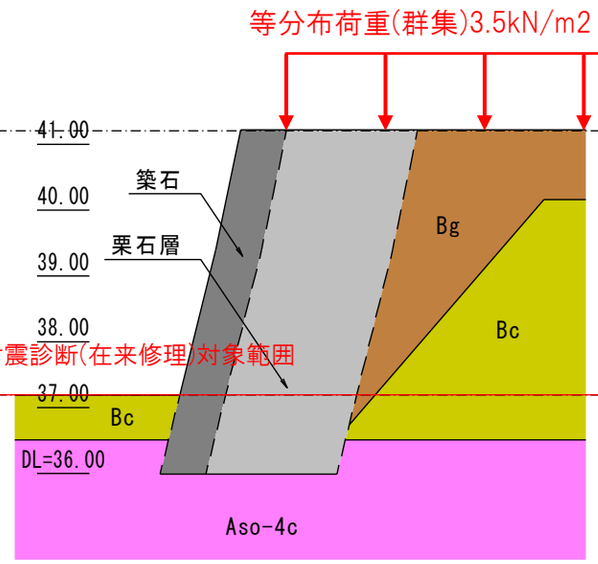
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　N75【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.12.00)

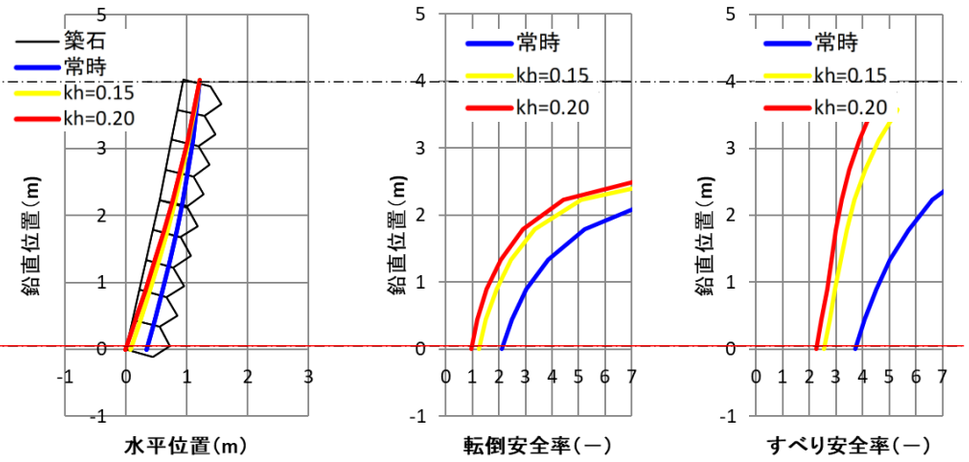
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

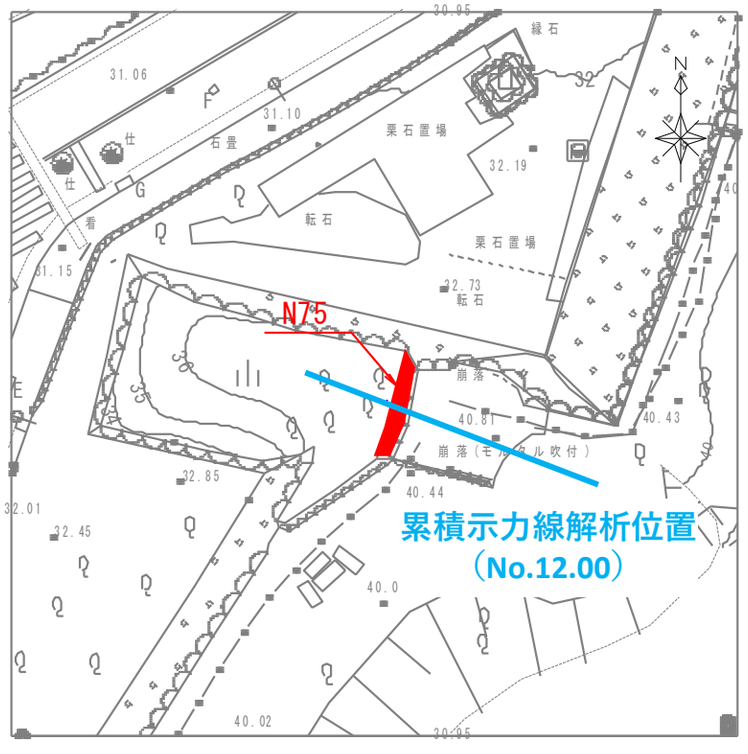
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.34m	OK	Fs= 2.10	OK	Fs= 3.74
中地震	d= 0.08m	OK	Fs= 1.25	OK	Fs= 2.55
大地震	d= -0.01m	NG	Fs= 0.96	OK	Fs= 2.27
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

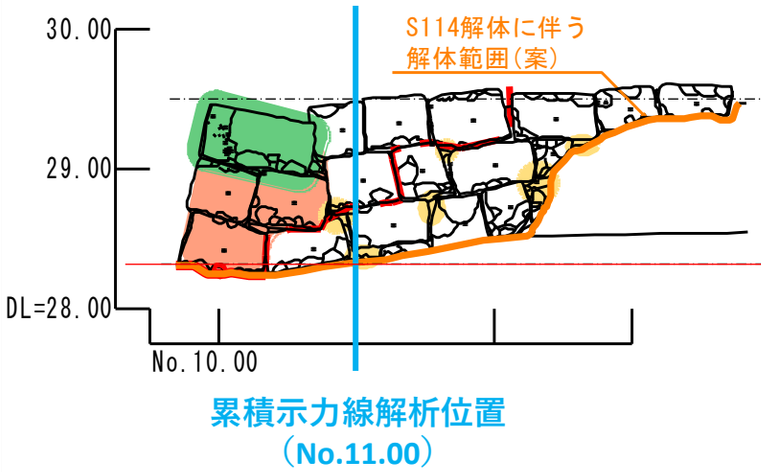
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	B
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

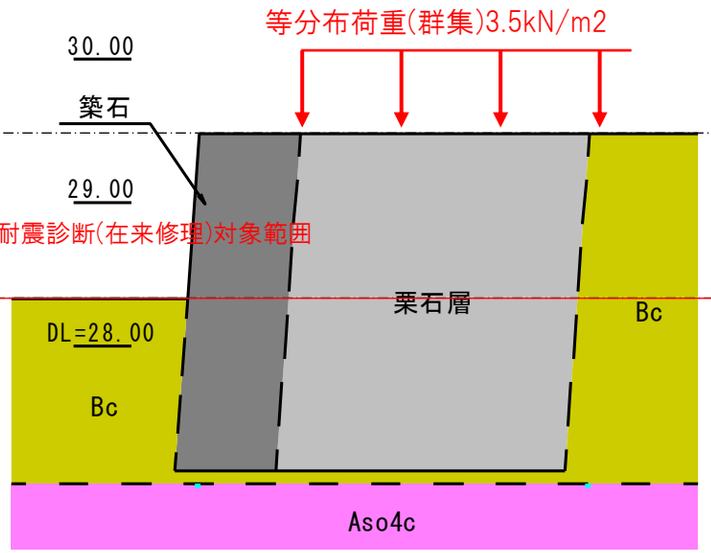
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bg層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S113【在来】

立面図

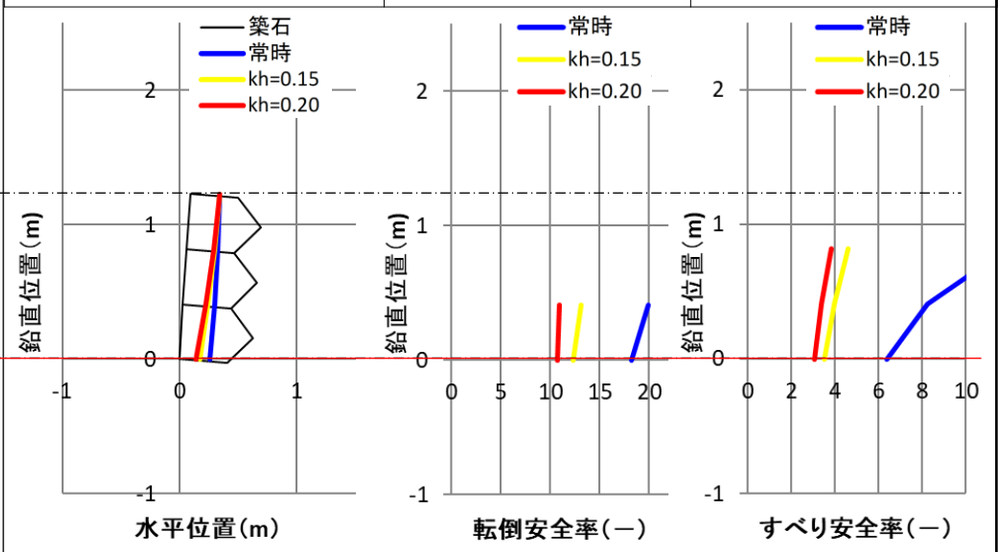


地層断面図



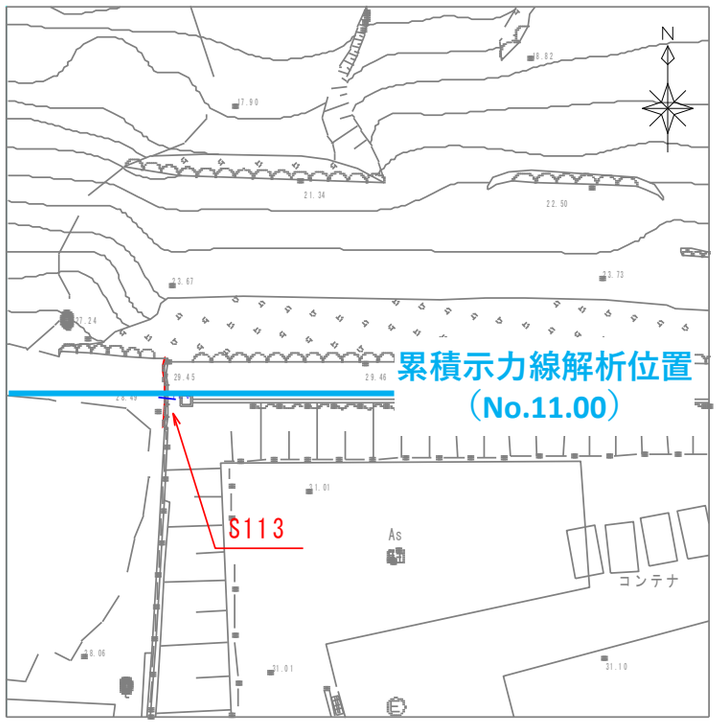
注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= 0.25m	OK	Fs= 18.18	OK	Fs= 6.38
中地震	d= 0.17m	OK	Fs= 12.33	OK	Fs= 3.53
大地震	d= 0.14m	OK	Fs= 10.71	OK	Fs= 3.07
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

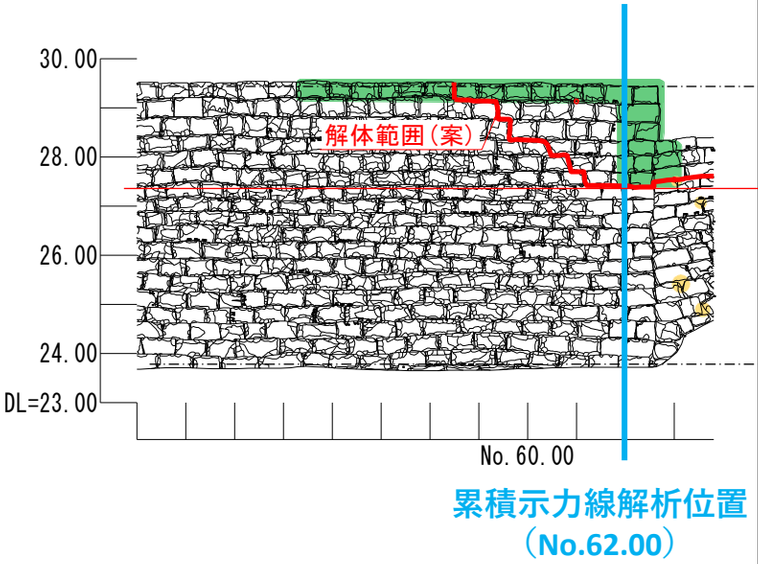
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

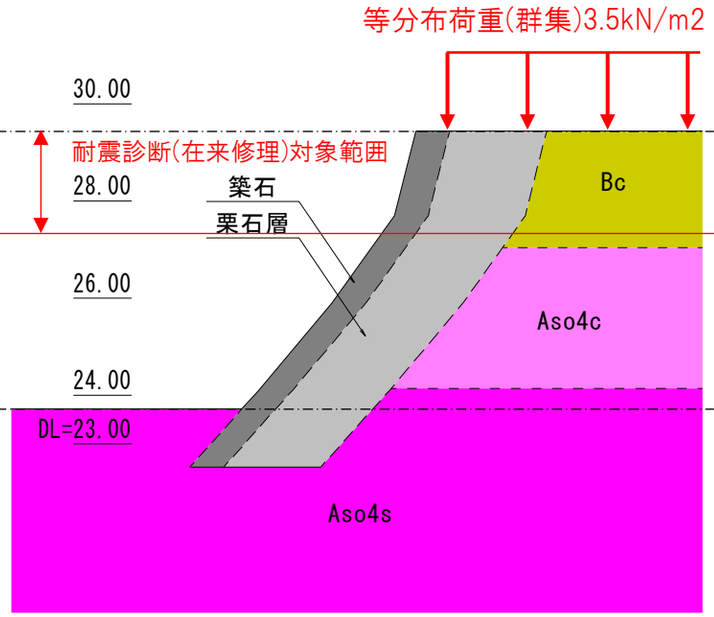
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S114【在来】

立面図

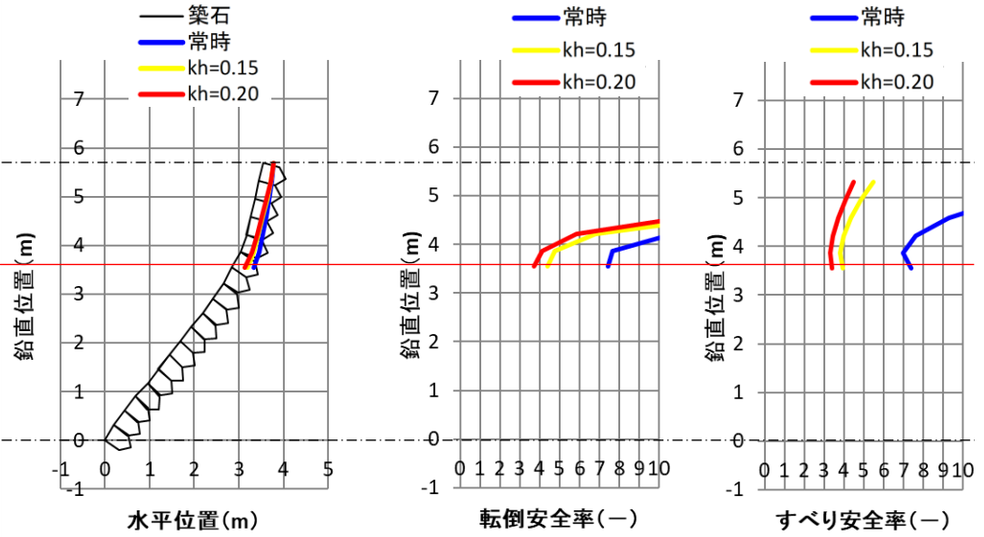


地層断面図



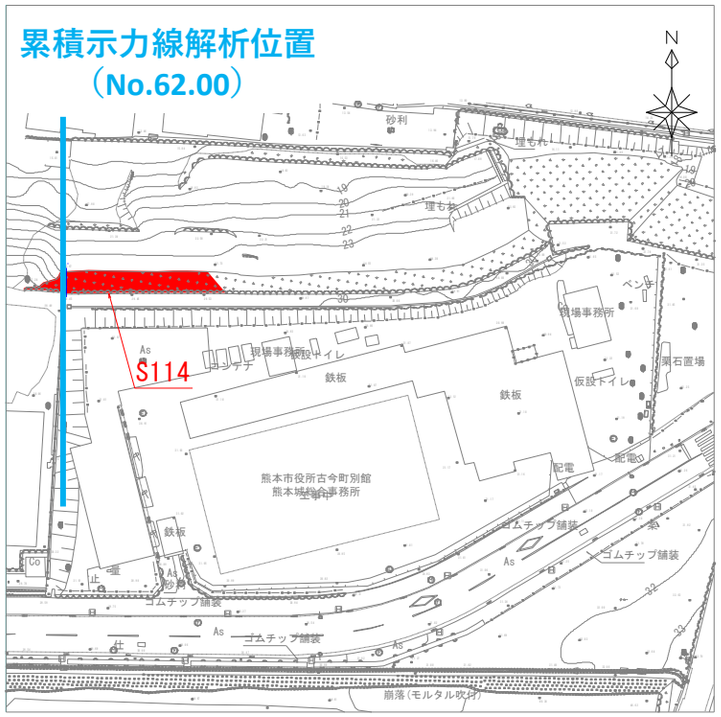
注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= 3.34m	OK	Fs= 7.42	OK	Fs= 6.98
中地震	d= 3.19m	OK	Fs= 4.39	OK	Fs= 3.82
大地震	d= 3.14m	OK	Fs= 3.72	OK	Fs= 3.31
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

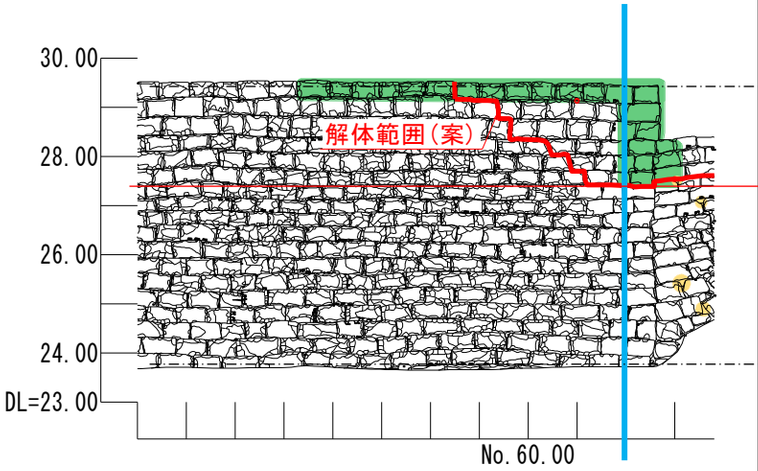
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

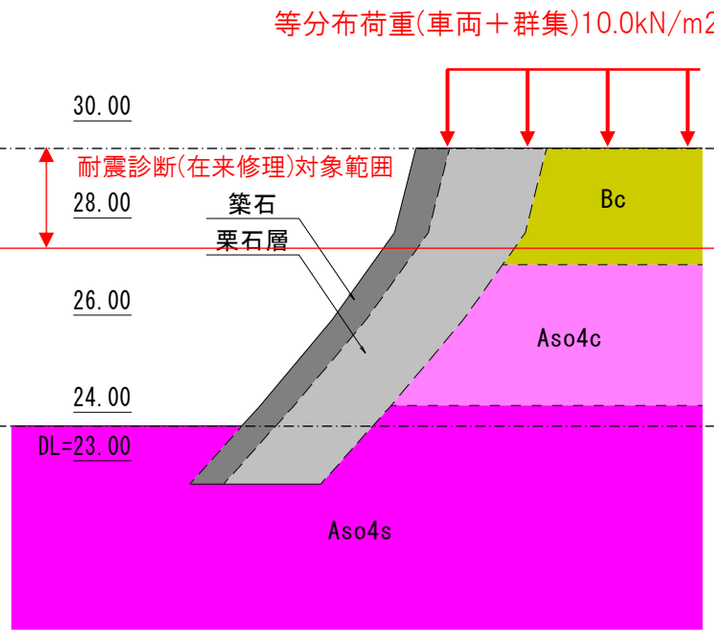
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S114車両【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.62.00)

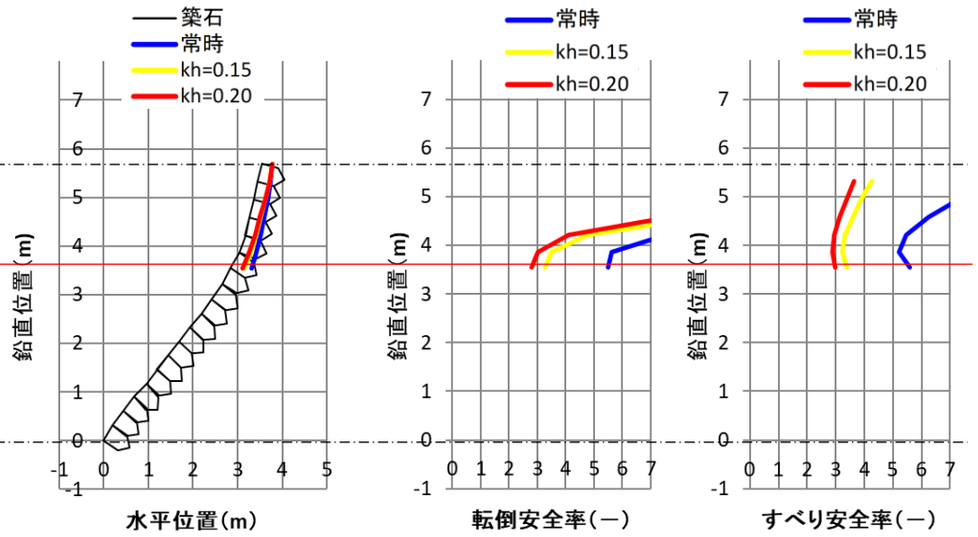
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

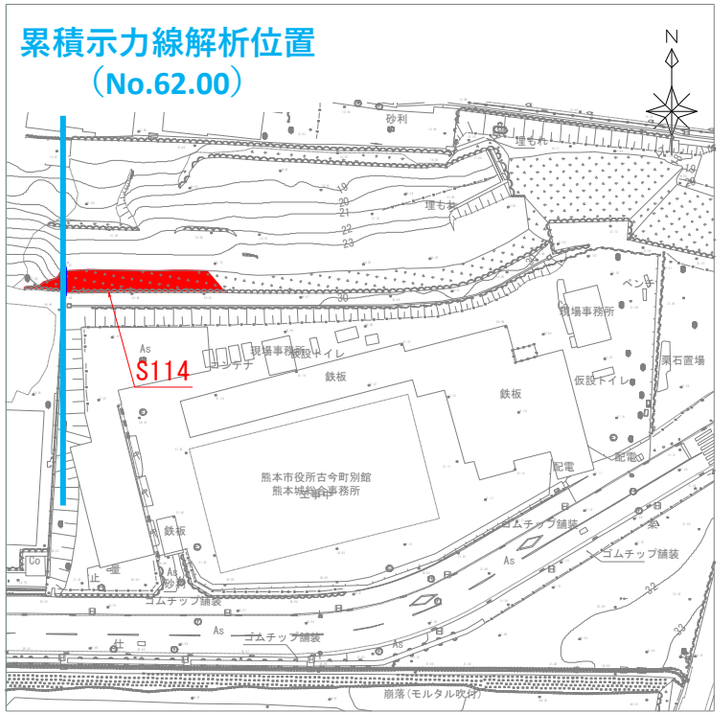
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 3.31m	OK	Fs= 5.51	OK	Fs= 5.21
中地震	d= 3.16m	OK	Fs= 3.28	OK	Fs= 3.25
大地震	d= 3.11m	OK	Fs= 2.79	OK	Fs= 2.88
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

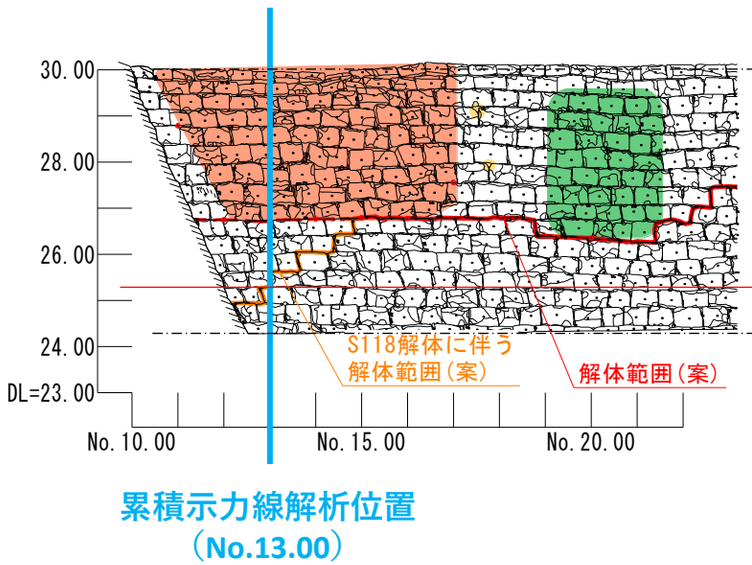
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	－	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	－	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	－	

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-4c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。

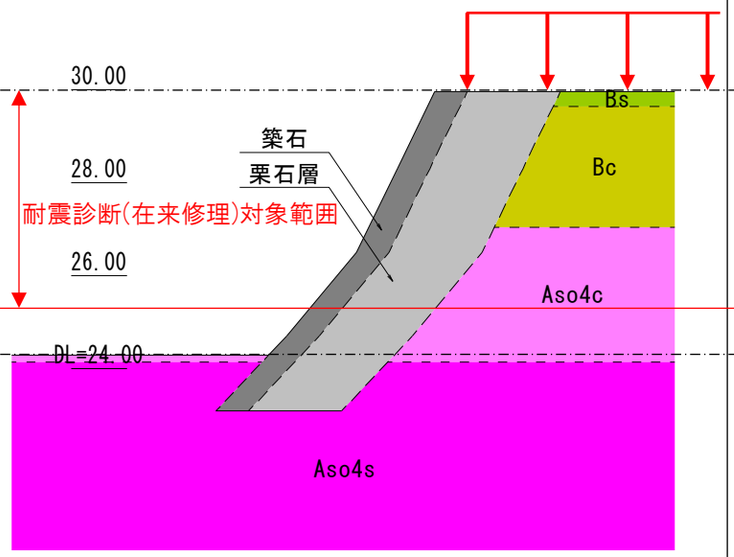
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S116【在来】

立面図



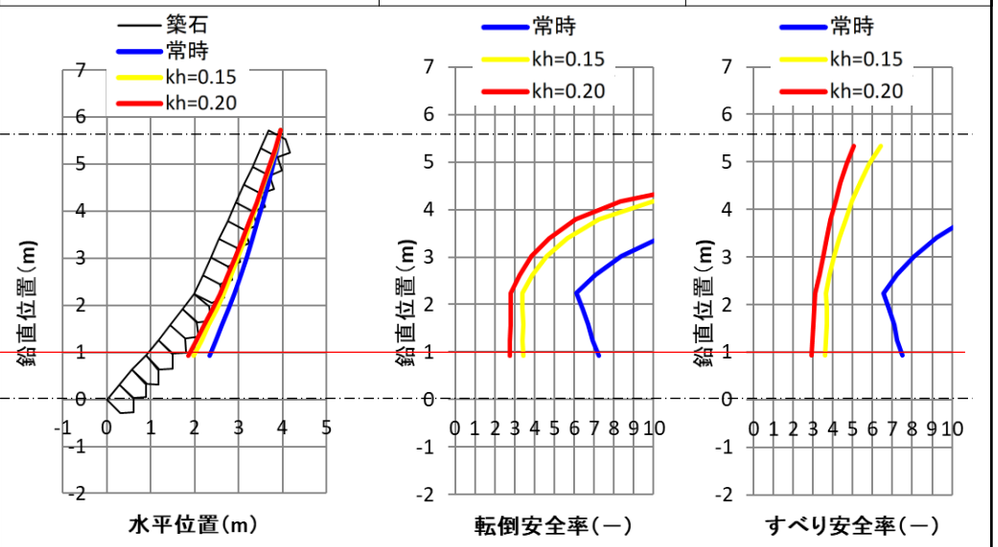
累積示力線解析位置
(No.13.00)

地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= 2.34m	OK	Fs= 6.11	OK	Fs= 6.53
中地震	d= 1.98m	OK	Fs= 3.37	OK	Fs= 3.62
大地震	d= 1.86m	OK	Fs= 2.77	OK	Fs= 2.93
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

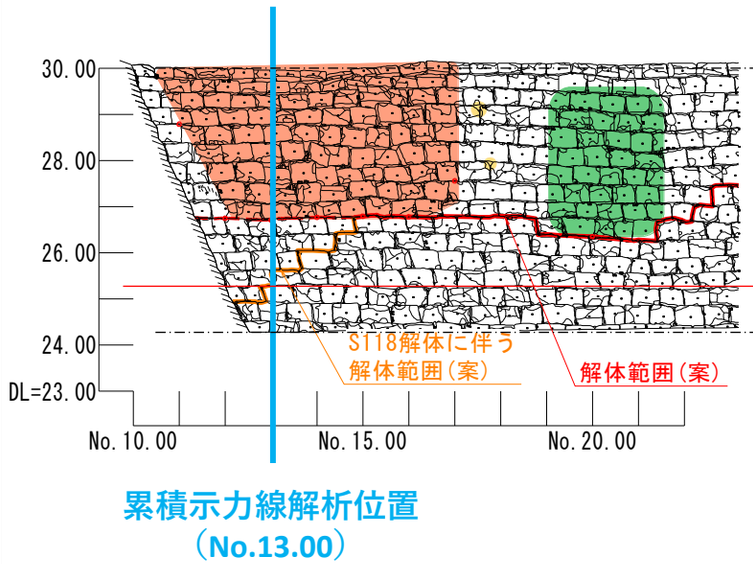
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	－	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	－	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	－	

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-4c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。

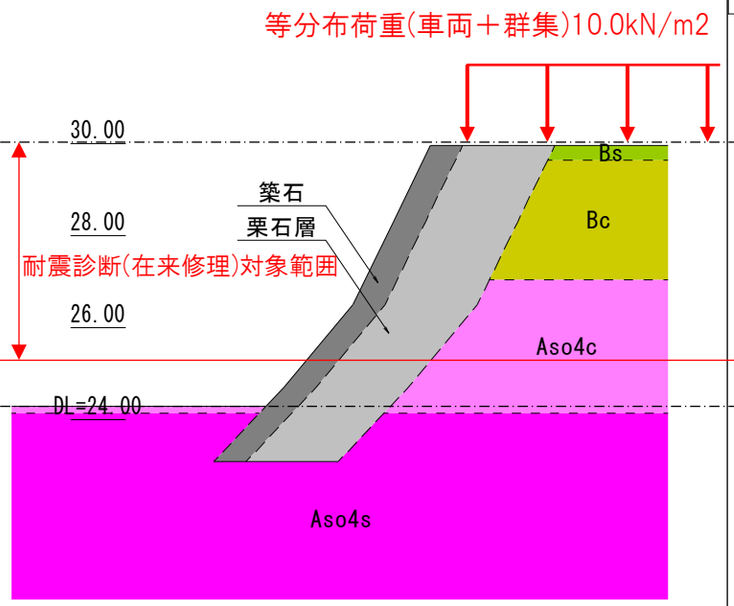
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S116車両【在来】

立面図



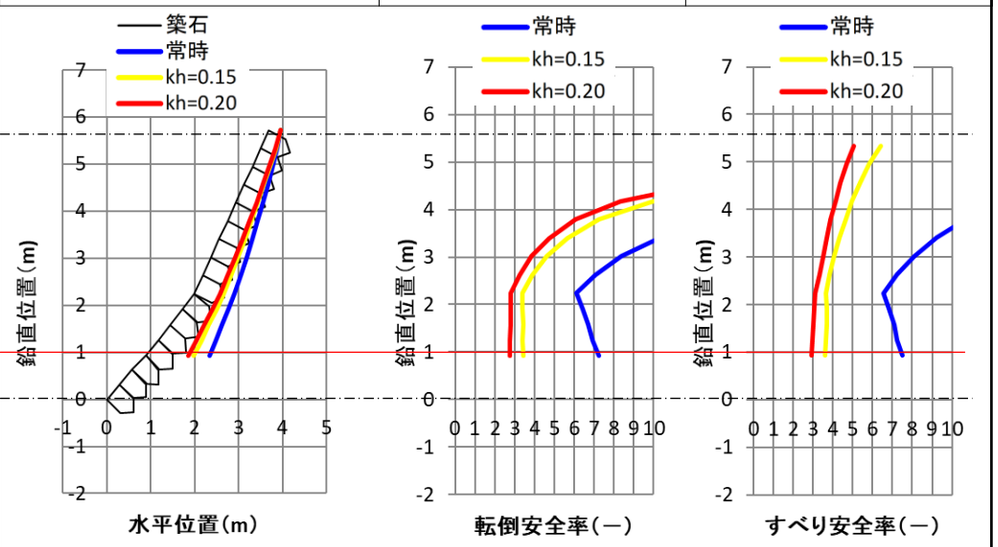
累積示力線解析位置
(No.13.00)

地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)



常時	d= 2.29m	OK	Fs= 5.06	OK	Fs= 5.44
中地震	d= 1.94m	OK	Fs= 2.79	OK	Fs= 3.09
大地震	d= 1.82m	OK	Fs= 2.33	OK	Fs= 2.52
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)

運用なし

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	－	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変状が確認されないため	－	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	－	

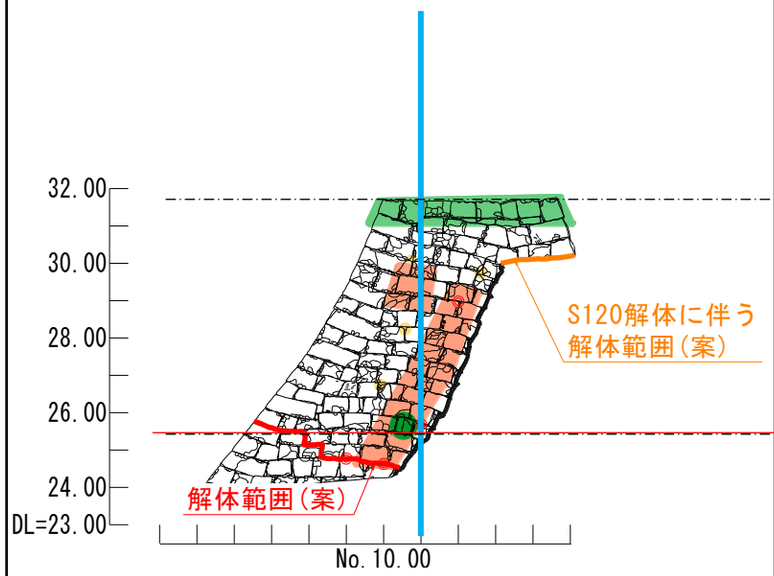
背面構造の設定(累積示力線法解析時)

背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c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。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S118【在来】

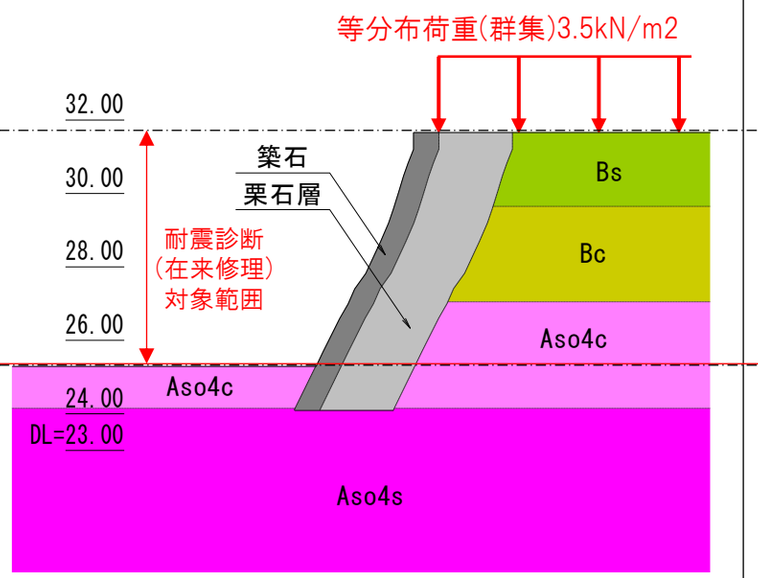
資料3-3-33

立面図



累積示力線解析位置
(No.11.00)

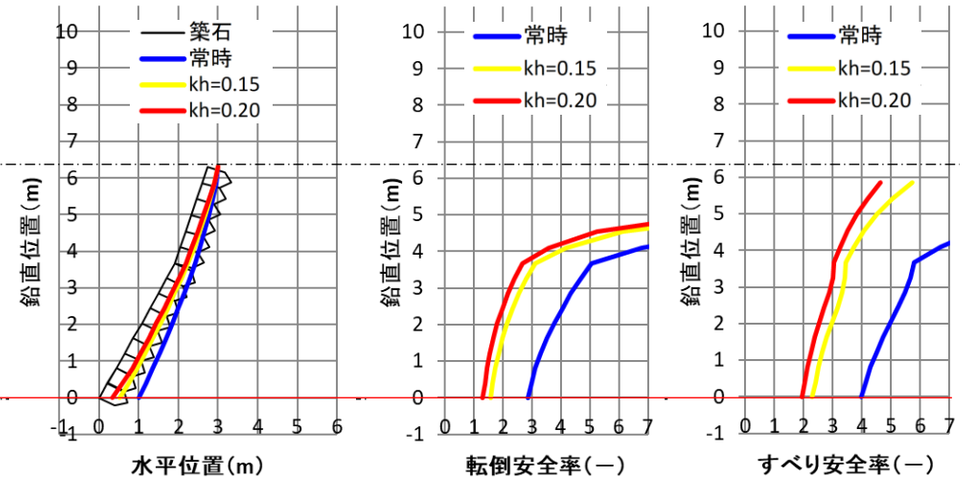
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

築石の安定性評価(累積示力線解析)

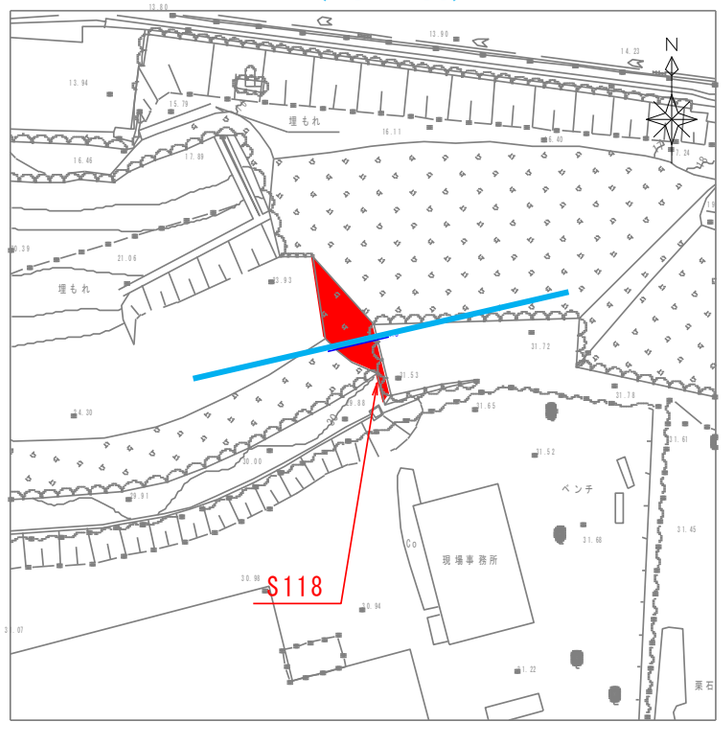
示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 1.01m	OK	Fs= 2.85	OK	Fs= 3.97
中地震	d= 0.54m	OK	Fs= 1.57	OK	Fs= 2.30
大地震	d= 0.34m	OK	Fs= 1.31	OK	Fs= 1.96
判定	OK				

平面図

累積示力線解析位置
(No.11.00)



石垣背面全体の安定性評価(円弧すべり解析)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

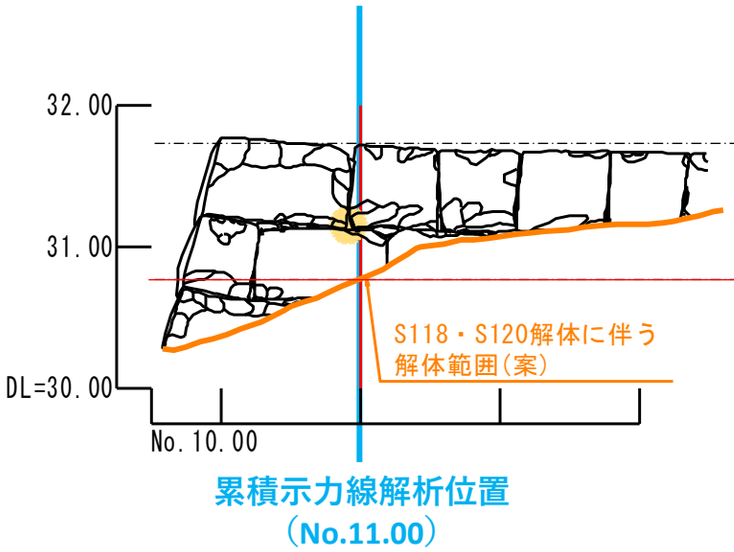
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

背面構造の設定(累積示力線法解析時)

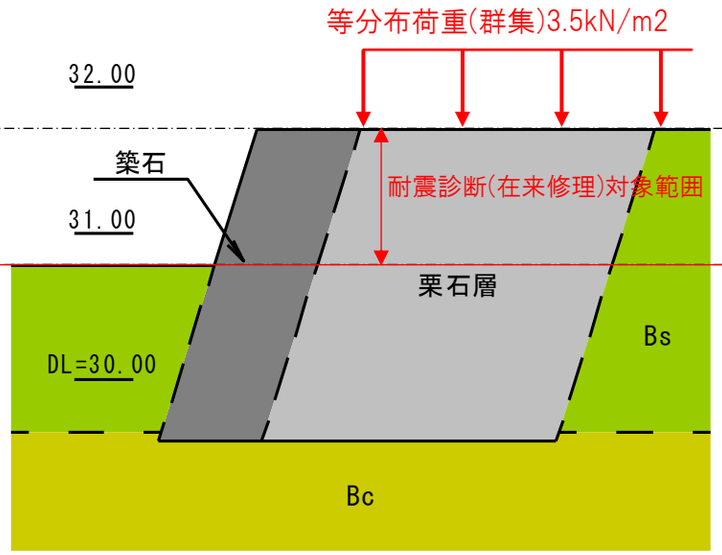
背面構造	理由
栗石	築石の背面は栗石層、Bc層及びAso-4c層等の複層構造になっているが、築石に土圧を作用する土層としては栗石層が支配的であると判断した。

埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S119【在来】

立面図



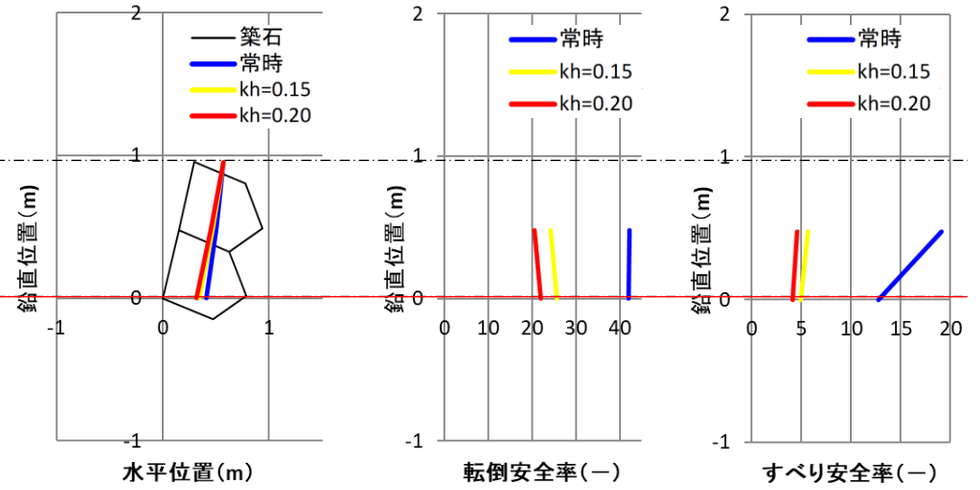
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

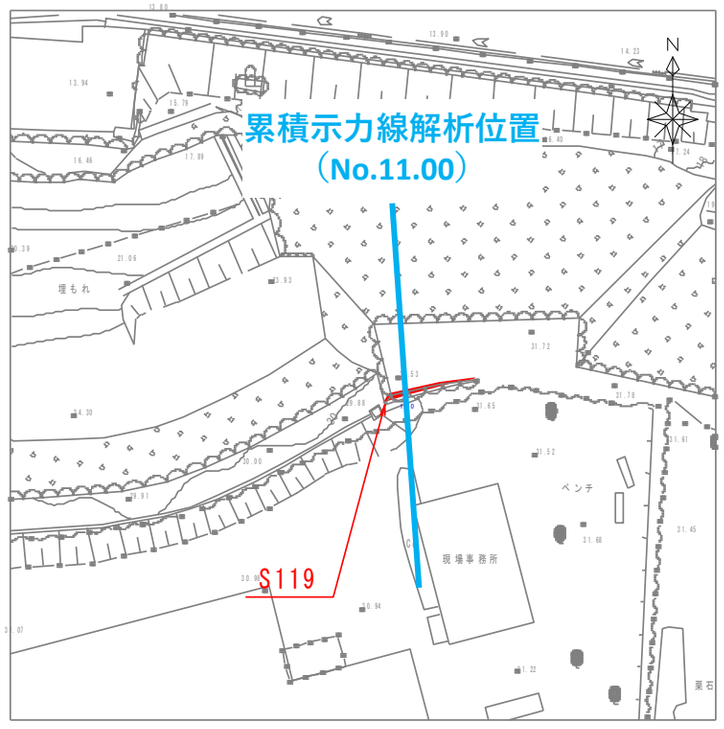
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 0.41m	OK	Fs= 41.88	OK	Fs= 12.74
中地震	d= 0.34m	OK	Fs= 24.30	OK	Fs= 5.00
大地震	d= 0.32m	OK	Fs= 20.50	OK	Fs= 4.15
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)

運用なし

診断内容、結果、背面構造の設定

診断内容、結果

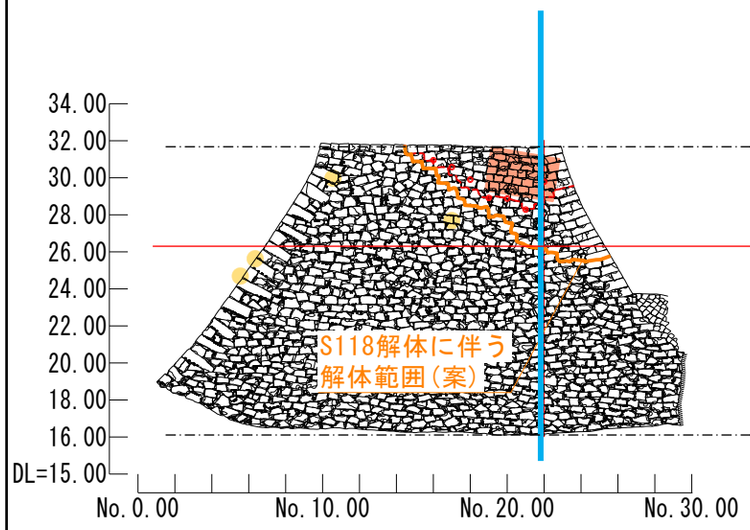
診断手法	運用	理由	判定	総合判定
(1) 築石の安定性	○	必須項目	-	A
(2) 石垣根入れ部の安定性	×	根入れ部の安定性に起因する破損変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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Bs層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。

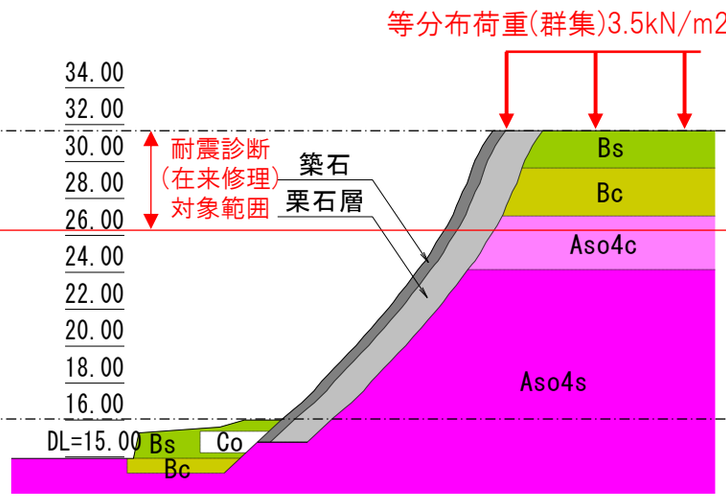
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)　S120【在来】

立面図



累積示力線解析位置
(No.21.00)

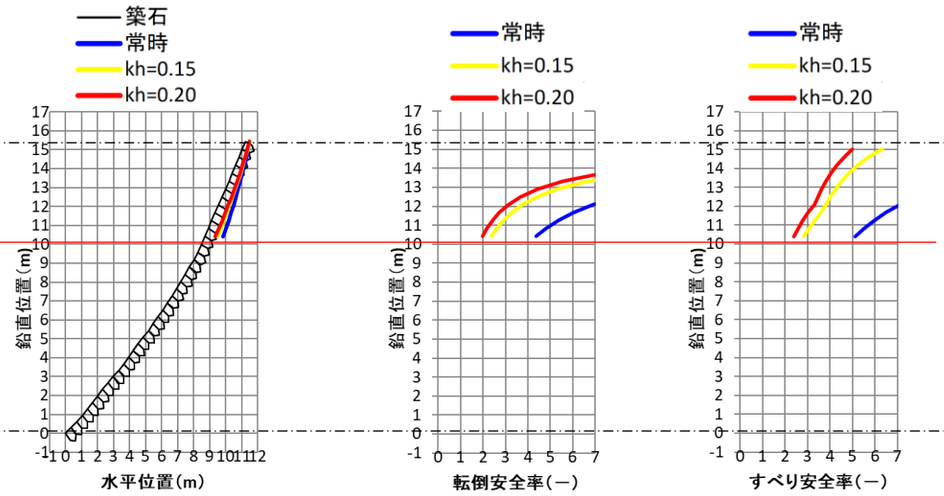
地層断面図



注：地層断面については、近傍の地質調査結果より想定で入れたものである。

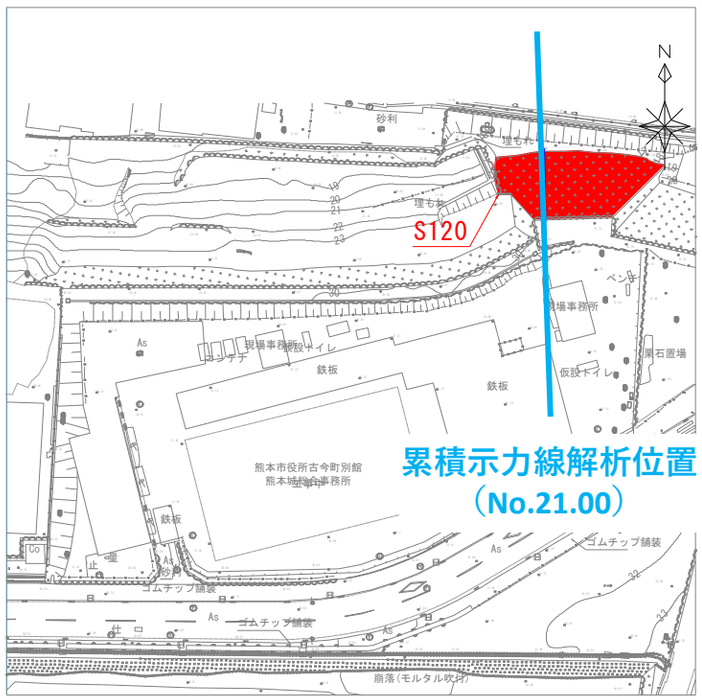
築石の安定性評価(累積示力線解析)

示力線位置(参考)	転倒安全率	すべり安全率



常時	d= 9.86m	OK	Fs= 4.38	OK	Fs= 5.12
中地震	d= 9.49m	OK	Fs= 2.37	OK	Fs= 2.85
大地震	d= 9.37m	OK	Fs= 1.97	OK	Fs= 2.40
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)

運用なし

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	-	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変状が確認されないため	-	
(3) 石垣背面全体の安定性	×	上部地盤にクラックがなく、下部地盤に隆起等も確認できない。そのため、背面全体を通過する円弧は生じないと判断したため	-	

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-4c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。

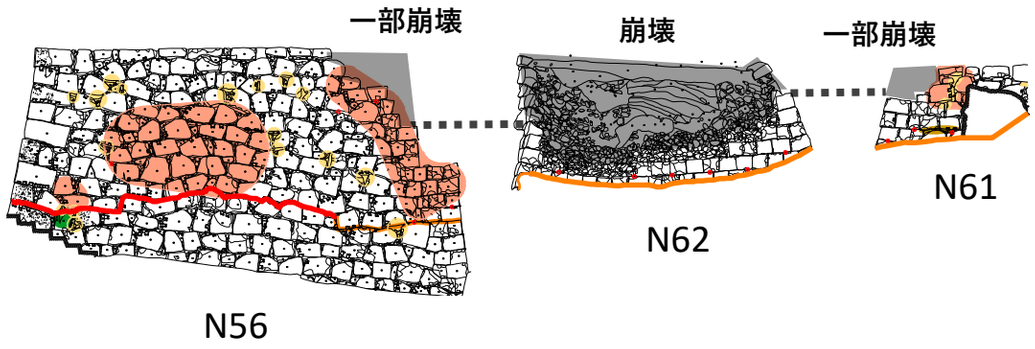
埋門周辺　石垣耐震診断結果(在来)

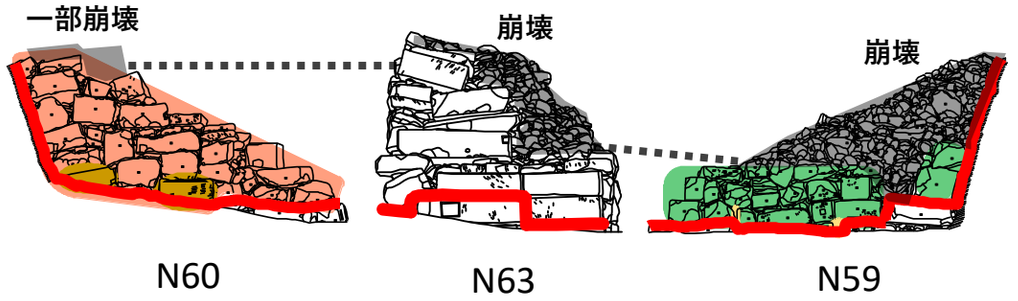
参考資料

耐震診断結果一覧

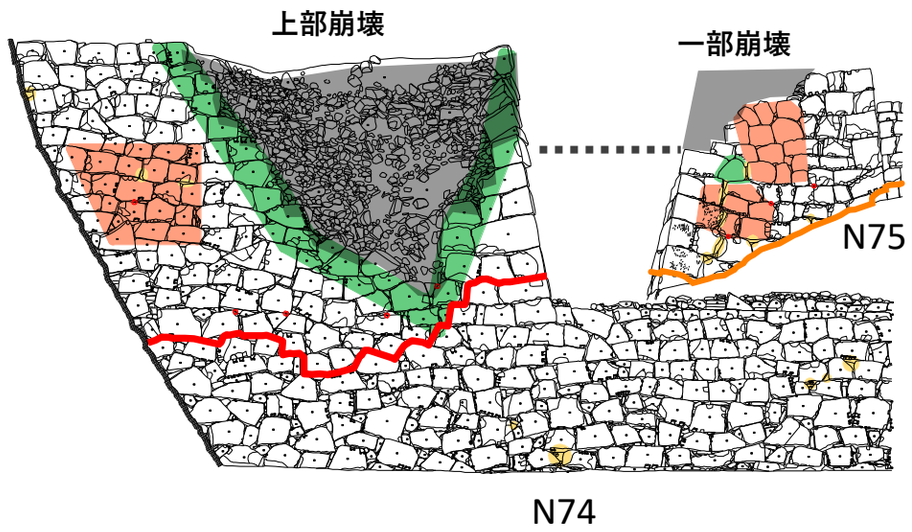
番号	管理名称	測点No.	上載荷重	示力線位置(参考)(m)			転倒安全率			すべり安全率			総合判定	被災状況
				常時	中地震	大地震	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0	常時 Fs≧1.5	中地震 Fs≧1.0	大地震 Fs≧1.0		
1	N55	12.00	石垣N62	0.10	−0.02	−0.06	1.29	0.84	0.69	1.89	1.41	1.30	C	No10～15周辺膨らみ・ズレ
2	N56	12.00	群集	0.62	0.35	0.26	1.86	1.09	0.83	3.51	2.40	2.14	B	N62崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
3	N57	15.00	群集	0.28	0.07	0.00	2.36	1.35	1.01	4.03	2.76	2.50	A	全体的な膨らみ・ズレ
4	N58	15.00	群集	0.33	0.15	0.09	3.18	1.98	1.58	4.58	3.00	2.69	A	全体的な膨らみ・ズレ
5	N59	13.60	群集	0.24	0.12	0.07	3.63	2.08	1.56	4.63	2.98	2.67	A	階段部崩壊に伴う崩壊
6	N60	11.00	群集	0.20	0.11	0.08	7.11	4.41	3.51	5.25	3.18	2.81	A	階段部崩壊に伴う一部崩壊
7	N61	7.00	群集	0.39	0.26	0.21	6.64	4.21	3.63	6.36	3.63	3.17	A	N62崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
8	N62	12.00	群集	0.27	0.04	−0.04	2.07	1.16	0.86	3.84	2.63	2.34	B	崩壊
9	N63		群集											階段部のため
10	N65	11.00	群集	0.37	0.32	0.31	土圧の作用が小さいため算出不可(OK			7.20	3.75	3.23	A	1石崩落
11	N66	21.00	群集	0.39	0.32	0.30	75.92	50.32	43.92	8.77	4.18	3.56	A	一部ズレ
12	N74	12.00	群集	0.93	0.47	0.30	1.04	0.54	0.37	2.55	1.77	1.59	C	上部崩壊
13	N75	12.00	群集	0.34	0.08	−0.01	2.10	1.25	0.96	3.74	2.55	2.27	B	N74崩壊に伴う隅角部周辺の崩壊
14	N76	14.00	群集											対象外(高さ1.0m未満)
15	S113	11.00	群集	0.25	0.17	0.14	18.18	12.33	10.71	6.38	3.53	3.07	A	一部ズレ・膨らみ
16	S114（車）	62.00	車両+群集	3.31	3.16	3.11	5.51	3.28	2.79	5.21	3.25	2.88	A	一部ズレ
	S114	62.00	群集	3.34	3.19	3.14	7.42	4.39	3.72	6.98	3.82	3.31	A	
17	S115（車）		車両+群集											解体無し
	S115		群集											解体無し
18	S116（車）	13.00	車両+群集	2.29	1.94	1.82	5.06	2.79	2.33	5.44	3.09	2.52	A	一部ズレ・膨らみ
	S116	13.00	群集	2.34	1.98	1.86	6.11	3.37	2.77	6.53	3.62	2.93	A	
19	S118	11.00	群集	1.01	0.54	0.34	2.85	1.57	1.31	3.97	2.30	1.96	A	上部ズレ・一部膨らみ
20	S119	11.00	群集	0.41	0.34	0.32	41.88	24.30	20.50	12.74	5.00	4.15	A	変状無し(S118解体に伴い解体)
21	S120	21.00	群集	9.86	9.49	9.37	4.38	2.37	1.97	5.12	2.85	2.40	A	一部膨らみ

立面図









・N56、N61：隣接する石垣（N62）の崩壊に伴い、N62と接する隅角上部周辺において崩壊が生じた。
・N59、N60：階段部は直壁に近いため崩壊、石垣の高さが高く無いため在来ではA判定となった。
・N65　　：一石が崩落。
・N75　　：隣接する石垣（N74）の崩壊に伴い、N74と接する隅角上部周辺において崩壊が生じた。

凡　例		
	判定	A 判 定
		B 判 定
		C 判 定
	耐震診断対象外	

【判定基準】(熊本城石垣 耐震診断指針(案)より)
A:石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる
B:石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある
C:石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある

南東櫓群の発掘調査

資料4-1

◆これまでの経緯

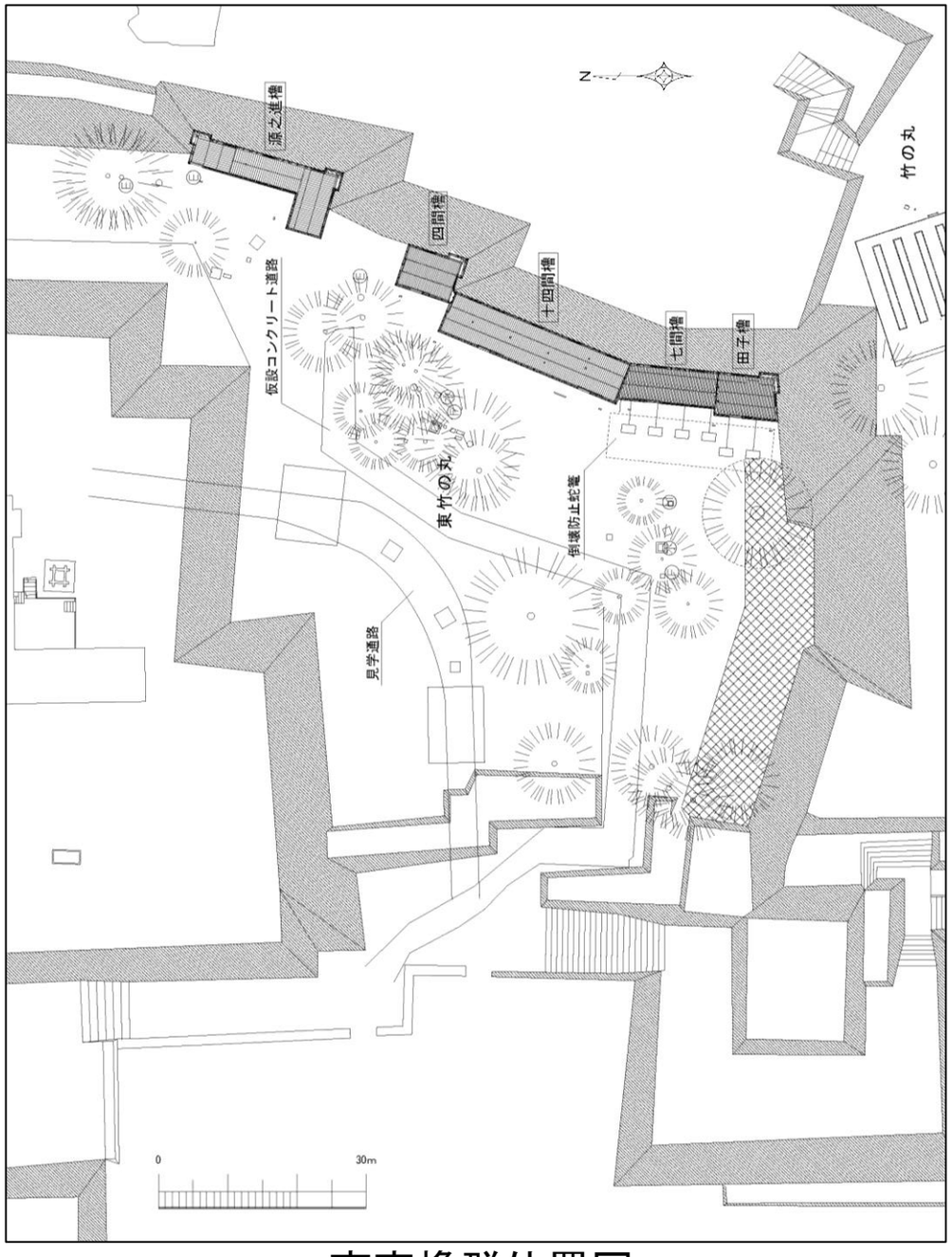
【2017平成28年度】
・田子櫓・七間櫓の倒壊防止措置（2017）
【2019_平成30年度構造解析WG】
・南東櫓群下の石垣は解体修理の必要なし
【20200703_令和２年度建築WG】
・源之進櫓～田子櫓の被災調査報告及び修理方針について
⇒各櫓の被災状況により解体、半解体の方針で進める
【20210325_令和２年度文化財修復検討委員会】
・源之進櫓～田子櫓の被災調査報告及び修理方針について
⇒源之進櫓・四間櫓・十四間櫓は半解体修理、七間櫓・田子櫓は解体修理
（ただし、十四間櫓は破損状況により部分的な解体修理も見据えて進める）
【20210531_令和3年度文化財修復検討委員会】
・北十八間櫓ほか8棟の耐震診断結果報告・耐震補強案検討
⇒鉄骨による耐震補強案を承認
【20250307_令和６年度文化財修復検討委員会】
・南東櫓群の発掘調査
⇒発掘調査の実施について承認
【202509_現地視察】
・調査状況の確認、追加調査の指導

◆今回の委員会での報告事項

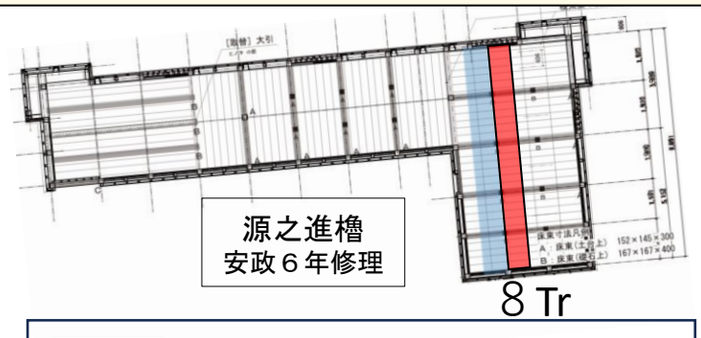
南東櫓群の発掘調査成果について

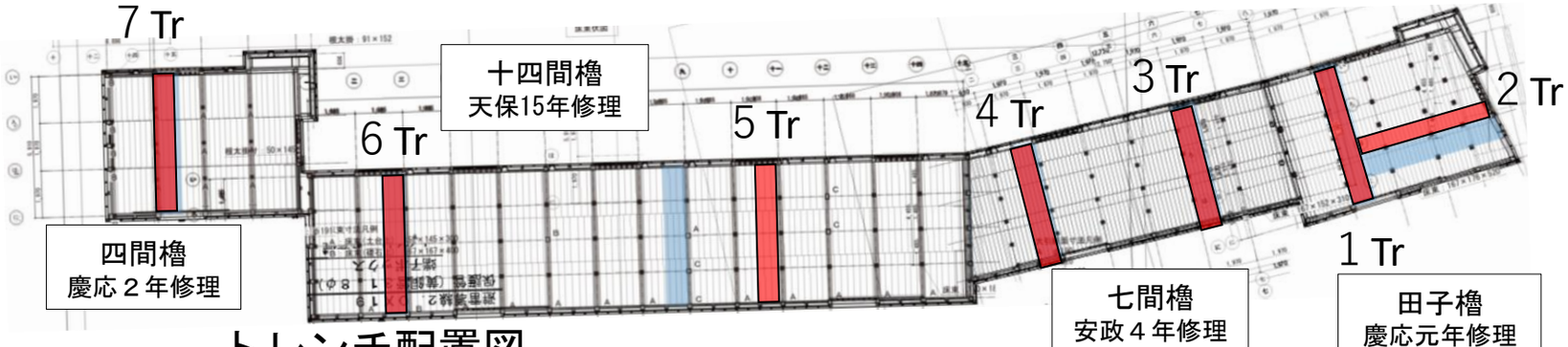
調査目的

・重要文化財建造物の復旧に際して、遺構の残存状況や、地震による亀裂の影響を確認する。



南東櫓群位置図





トレンチ配置図

南東櫓群の発掘調査

資料4-2

田子櫓（１トレンチ・２トレンチ）

※修理履歴：慶応元年、近代、昭和32～33年度、昭和56～57年度

・束石にはコンクリート根巻き。

・１Trでは近世の盛土・栗石を切って現代の土層・栗石層が堆積。
現代の栗石は円礫と角礫が主で、20cm以上の大ぶりなもの多い。

昭和30年代

・現代の表土の下に近世の盛土が残存。
灰色や褐色系の互層状の土層があり、その下に褐色系のしまりが強い土層。

・石垣に向かって上層が下層を掘り込んでおり、石垣の修理痕跡とみられる。

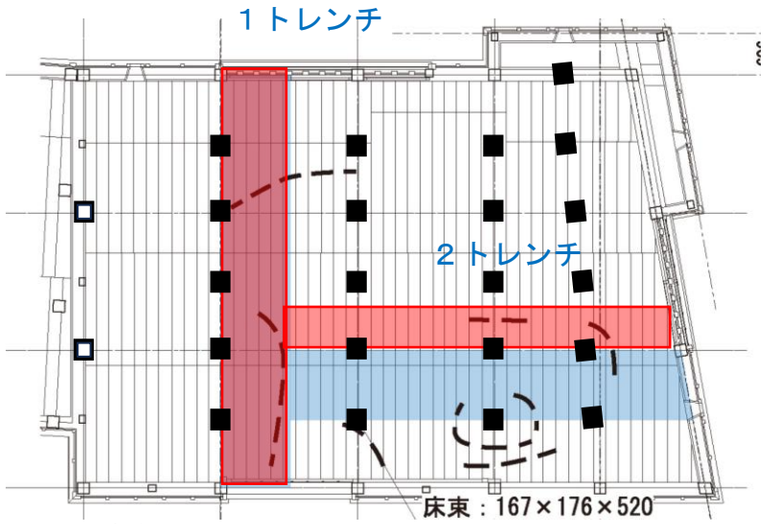
・２Trでは栗石層の上に近世の盛土が堆積している。

・近世の栗石は円礫が主で密、盛土付近には大ぶりなもの多い。

・２Trでは近世の盛土と栗石は同時施工。

近世

・亀裂は顕著でなかった



田子櫓の床下の亀裂

※平面図に床束伏図を合成している



１・２トレンチ完掘状況（南東から）



栗石の検出状況
（１トレンチ、東から）



栗石の検出状況
（２トレンチ、南から）

南東櫓群の発掘調査





２Trの近世の栗石の状況（南東から）





近世盛土の切り合い



１Trの現代の栗石の状況（西から）

南東櫓群の発掘調査

資料4-4

七間櫓（３トレンチ・４トレンチ）

※修理履歴：安政４年、近代、昭和32～33年度、昭和56～57年度

・束石にはコンクリート根巻き。
・近世の盛土・栗石を切って現代の土層・栗石層が堆積。
　現代の栗石は円礫と角礫が主で、築石付近には大ぶりなものが目立つ。玉砂利や割石、瓦等も含む。
・近代に床下を補強した痕跡が残る。

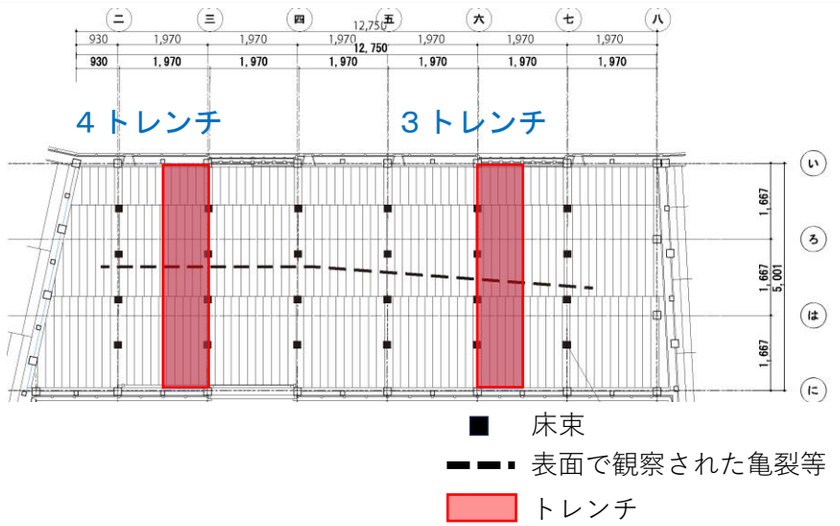
昭和30年代

近代

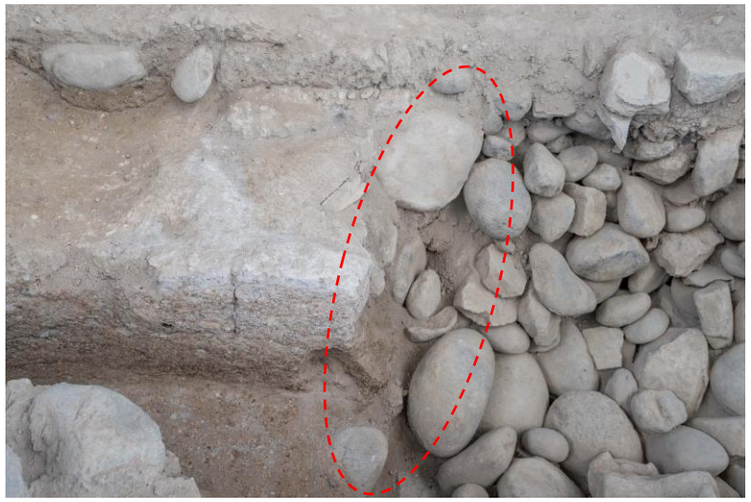
・現代の表土の下に近世の盛土が残存している。
　混じりの多い黄褐色系の土層の下に褐色系と灰色の土層。
・堆積状況から上層は礎石の据え直しに伴う可能性。
・近世の盛土と同時施工の栗石（円礫）も部分的に観察できる。
・掘り底の栗石は円礫が主で近世の可能性。

近世

・地震後に観察された亀裂は、盛土層と栗石の境に生じたもの



七間櫓の床下の亀裂
※平面図に床束伏図を合成している



近世盛土と同時施工の栗石（４トレンチ、南から）



４トレンチ完掘状況（南西から）



栗石の検出状況
（４トレンチ、東から）



近世盛土を切る栗石層と亀裂
（４トレンチ、北から）

南東櫓群の発掘調査

資料4-5

十四間櫓（５トレンチ・６トレンチ）

※修理履歴：天保15年、近代、昭和32～34年度、昭和56～57年度

・束石にはコンクリート根巻き。

昭和30年代

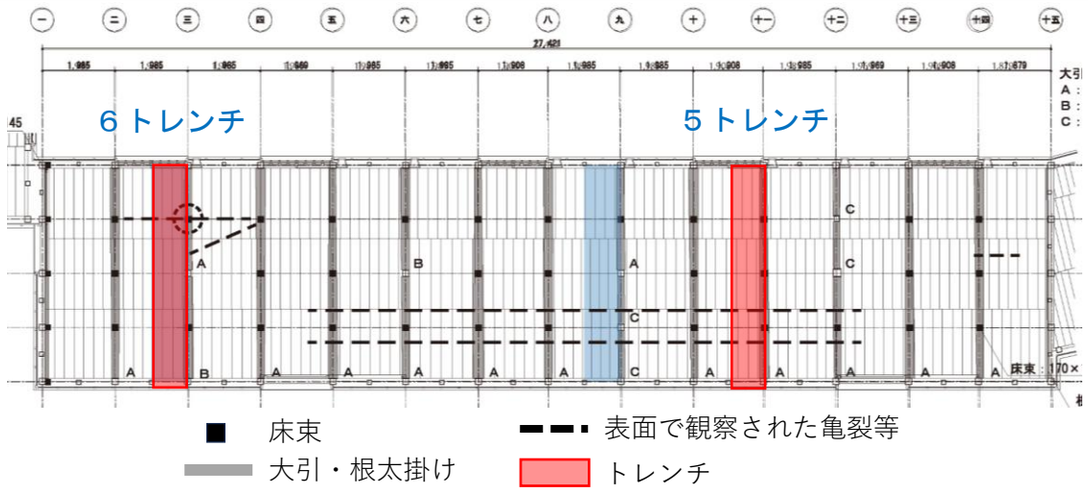
・６Trでは近世の盛土・栗石を切って現代の土層・栗石層が堆積。
　現代の栗石は円礫と角礫が主で、20㎝以上の大ぶりなものが目立つ。瓦多い。

・現代の表土の下に近世の盛土が残存している。
　６Trの所見では灰色や褐色系の土が互層状に堆積。
・６Trでは近世の盛土と同時施工の栗石は観察できない。
・掘り底の栗石は円礫が主になっており近世の可能性。

近世

・５Trでは栗石層の上に近世盛土が堆積している。

・地震後に観察された亀裂は、盛土層と栗石の境付近に生じたものと、盛土部分に生じたものがある。



十四間櫓の床下の亀裂

※平面図に大引・根太掛け伏図と床束伏図を合成している



５トレンチ完掘状況（北東から）



栗石の検出状況（６トレンチ、北東から）



６トレンチの近世盛土層



６トレンチ完掘状況（北西から）



近世盛土を切る栗石層（６トレンチ、東から）

四間櫓（７トレンチ）

※修理履歴：慶応２年、近代、昭和32～34年度、昭和56～57年度

・束石にはコンクリート根巻き。
・近世の盛土・栗石を切って現代の土層・栗石層が堆積。
　現代の栗石は円礫と角礫が主で、築石付近は角礫。玉砂利や瓦を多く含む。

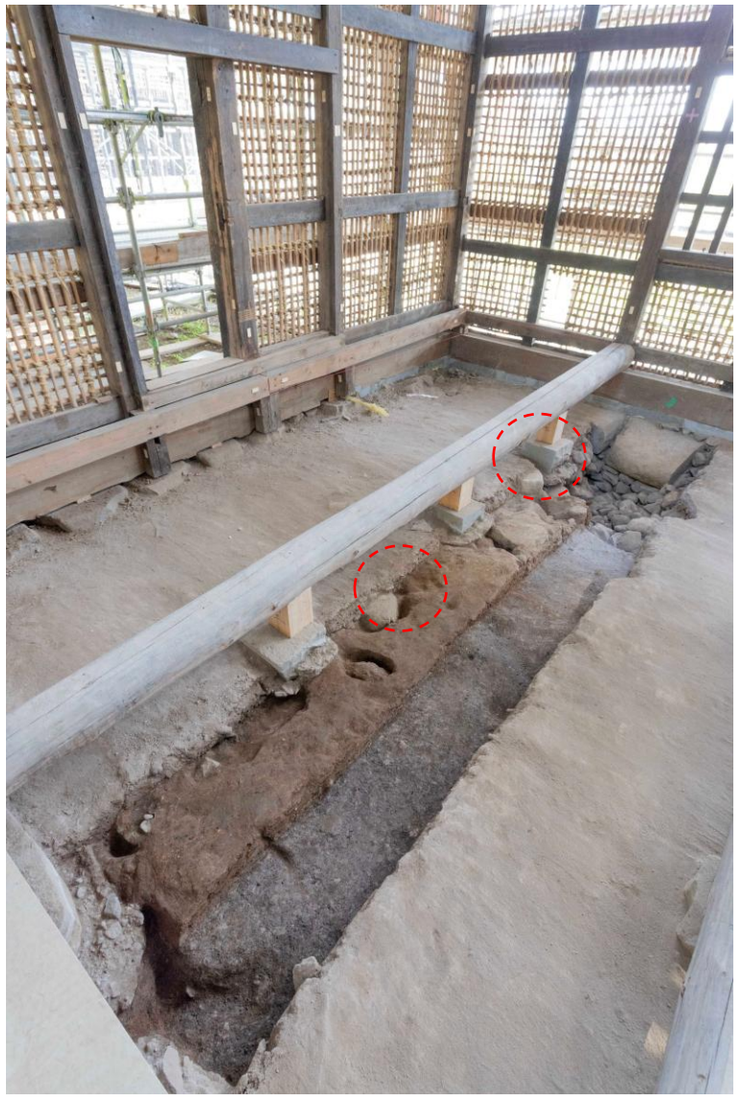
昭和30年代

・現代の表土の下に近世の盛土が残存している。暗褐色や黄褐色系の土層があり、その下に灰色系の土層。
・検出された束石から、近世は梁行３間だったとみられる。
・栗石の上には近世の盛土が堆積している。
・近世の盛土と同時施工の栗石も部分的に観察できる。
・切られている栗石はな小ぶりな円礫が主で角礫も含み、盛土際には大ぶりなものが多い。

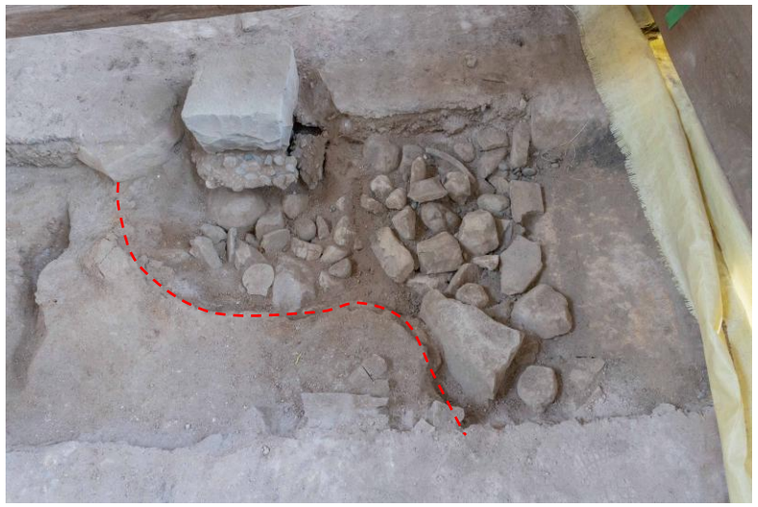
近世

・切られている栗石はな小ぶりな円礫が主で角礫も含み、盛土際には大ぶりなものが多い。

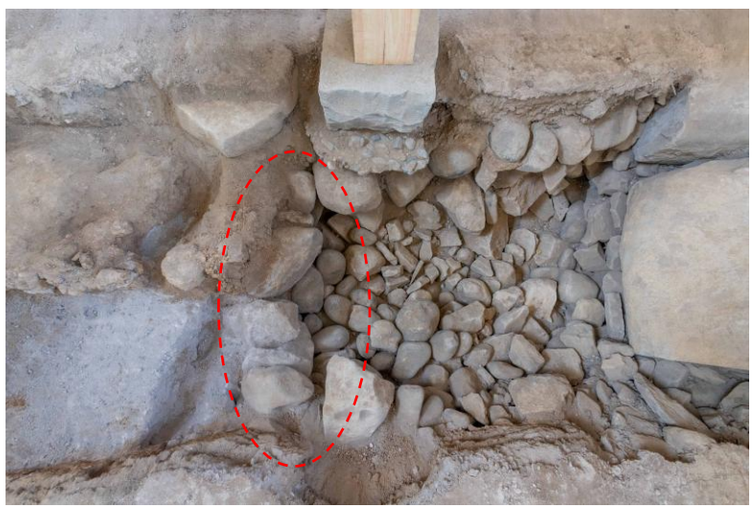
・地震後に観察された亀裂は、主に盛土層と栗石の境に生じたもの



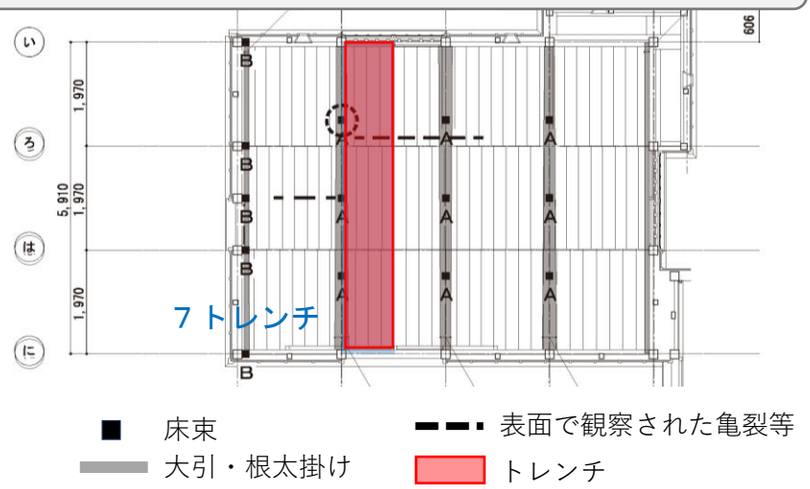
７トレンチ完掘状況（南西から）



近世の盛土を切る栗石層（南から）



栗石の状況（南から）



四間櫓の床下の亀裂

※平面図に大引・根太掛け伏図と床束伏図を合成している



近世の束石（南から）

南東櫓群の発掘調査

資料4-7

源之進櫓（８トレンチ）

※修理履歴：安政６年、近代、昭和31～32年度、昭和54年度

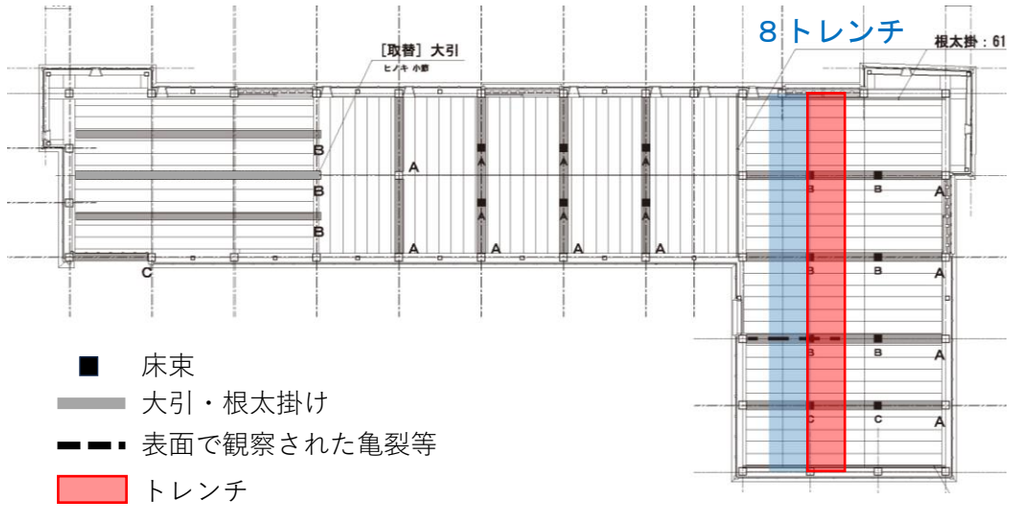
・束石にはコンクリート根巻き。
・近世の盛土・栗石を切って現代の土層・栗石層が堆積。
　現代の栗石は角礫が主で、円礫も含む。

昭和30年代

・現代の表土の下に近世の盛土が残存している。
　混じりの多い黄褐色系の土層、その下に灰色系や褐色系の互層状の土層
・石垣に向かって上層が下層を掘り込んでおり、石垣の修理痕跡とみられる。
・栗石の上には近世の盛土が堆積している。
・近世の盛土と同時施工の栗石も部分的に観察できる。
・近世の栗石は小ぶりな円礫と角礫が主で、最上部は面を揃えている。
　盛土付近には大ぶりなものが多い。

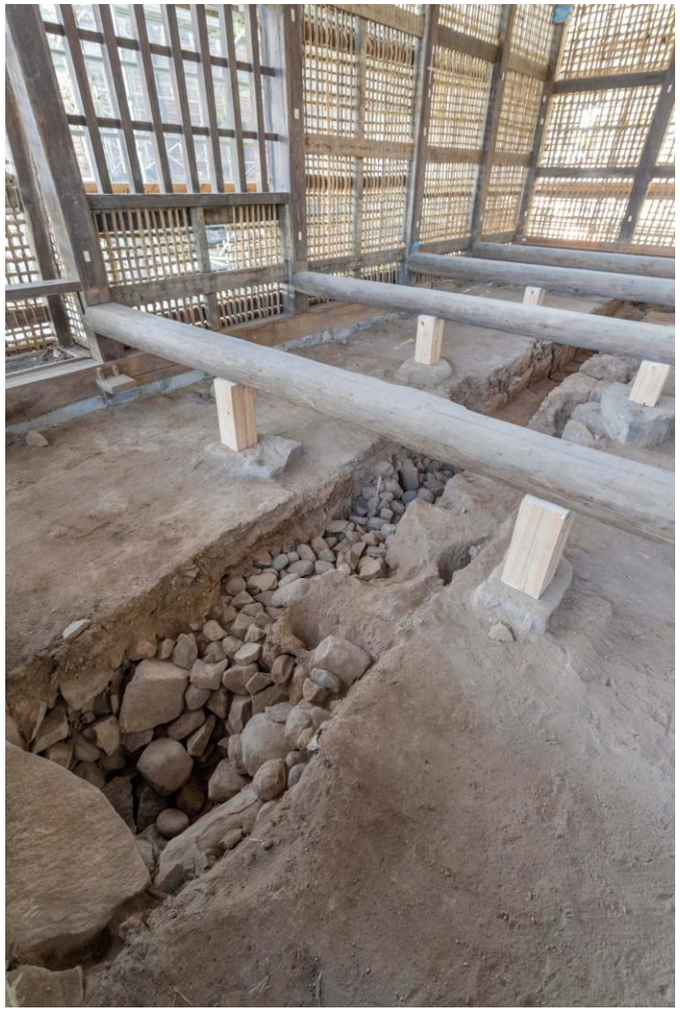
近世

・地震後に観察された亀裂は、盛土部分に生じたもの



源之進櫓の床下の亀裂

※平面図に大引・根太掛け伏図と床束伏図を合成している



８トレンチ完掘状況（北東から）



盛土の堆積状況（北から）



近世盛土を切る栗石層（北西から）



盛土付近の栗石の状況（北東から）

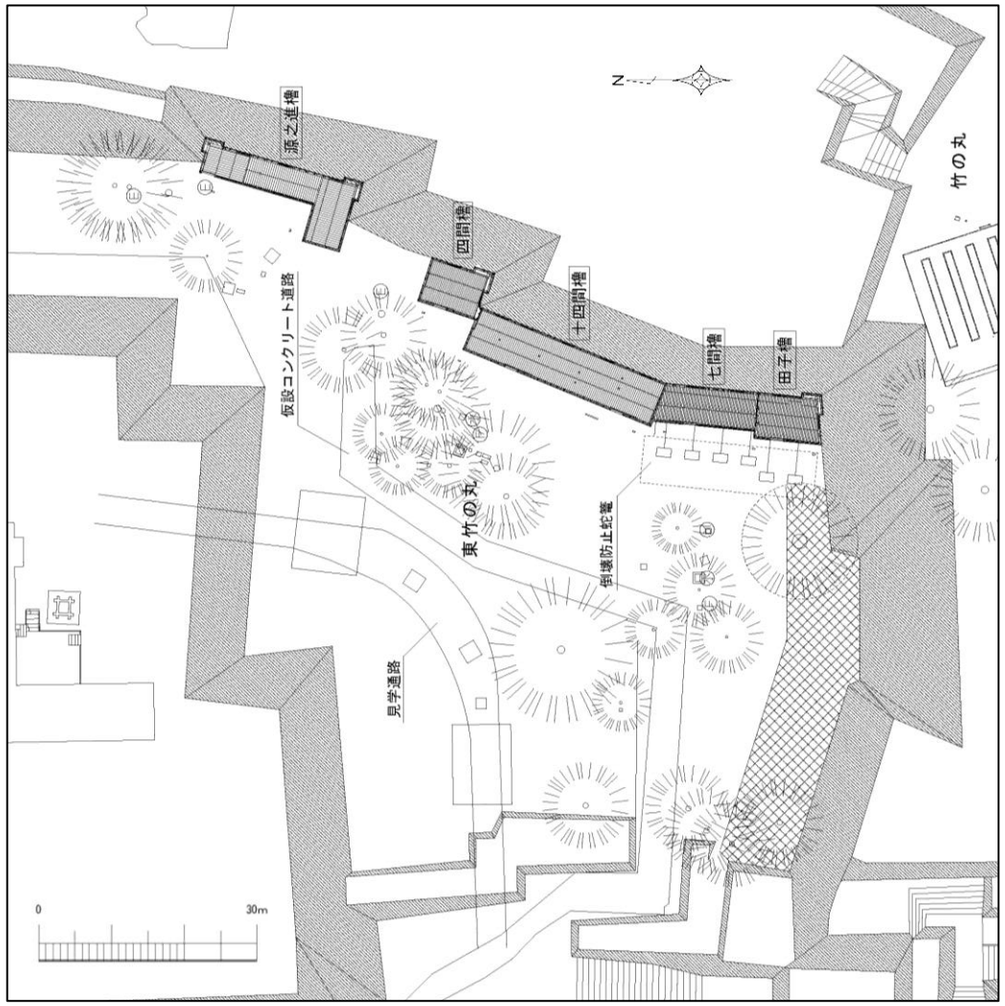


近世盛土の下の栗石層（北から）

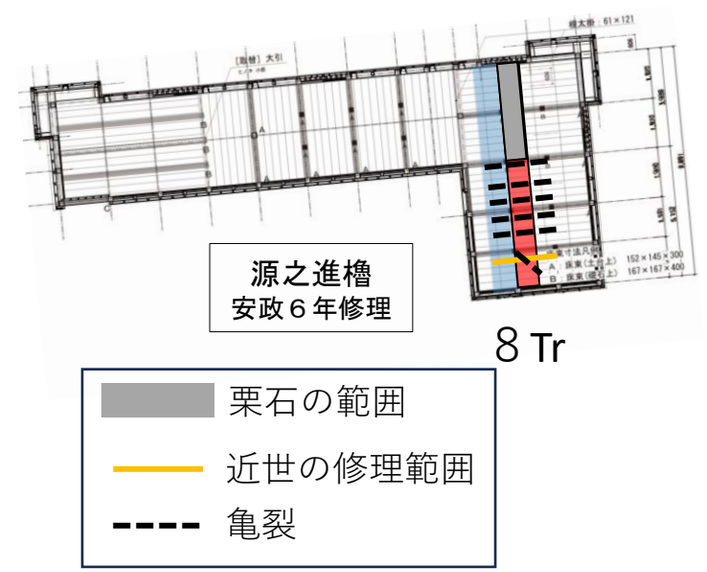
南東櫓群の発掘調査

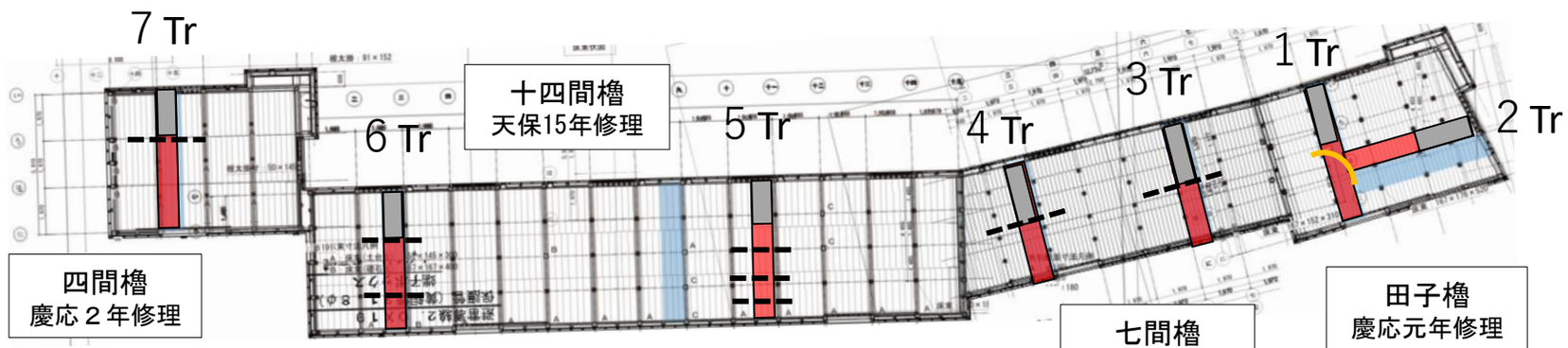
◆まとめ

・昭和30年代の修理で天端の築石を調整しているとみられる。
　１Tr、３Tr、４Tr、６Tr、７Tr、８Tr
そうでない築石の背後には栗石上に近世の土が堆積している。
　２Tr、５Tr
・現代の修理に伴う栗石の特徴は円礫と角礫からなり、30cm以上の大ぶりなものが盛土付近以外にも目立つ。
・近世の栗石は20cm以下の小ぶりなもので円礫が多く、角礫も含む。盛土との関係が確認できるものはいずれも同時施工で、盛土付近に大ぶりの栗石を用いている。
・近世における石垣修理の痕跡は田子櫓、源之進櫓で認められた。
・近世の盛土の類似性
【混じりの多い黄褐色系の土層】
　源之進櫓上層、七間櫓上層
【灰色と褐色系の互層状の土層】
　田子櫓上層、（七間櫓下層）、十四間櫓、（四間櫓）、源之進櫓下層
【厚い褐色系の土層】
　田子櫓下層



南東櫓群位置図





トレンチ配置図

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-1

■対象石垣

馬具櫓下石垣とその周辺石垣

■これまでの経緯

【2023年9月　令和5年度第3回文化財修復検討委員会】

⇒提示した解体範囲で承認。補強工法は石垣背面の状況が明確になった時点で検討を行うこととした。

【2025年9月　解体工事開始】

【2025年11月　発掘調査開始】

■今回の審議事項

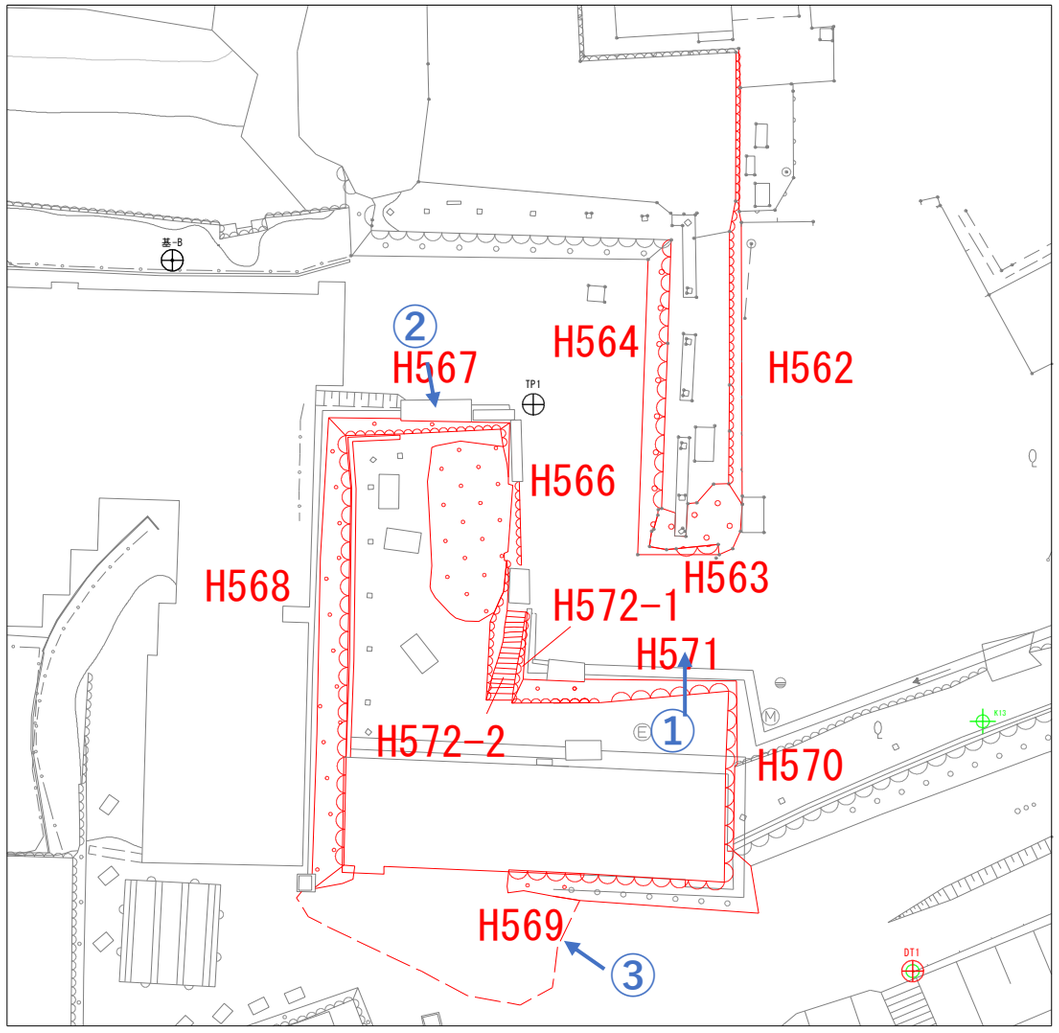
1　H566解体範囲変更【審議】（資料5-2）

2　石垣復旧方針【審議】(資料5-3)

3　今後の進め方

- 令和8年度　石垣解体工事完了予定
- 令和9年度　石垣修理工事開始予定

審議対象石垣位置図



①　H562,H563,H564（解体工事時）



②　H566（解体工事時）



③　H569（解体工事時）

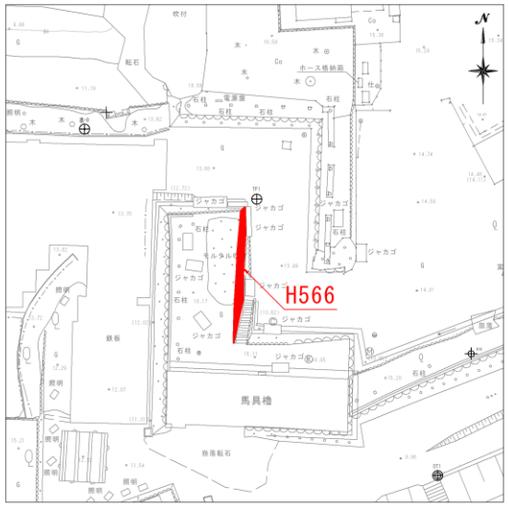


馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-2-1

（1）解体範囲変更理由

- 解体範囲に含まれていないH566石垣　築石番号H566-63について、以前補修されていた箇所から破損していることが確認された。
- 築石番号H566-63は平成の修復工事の際に、アンカーピン及び接着により補修された石材である。
- このままでは石垣の構造に影響を与えるおそれがあるため、解体範囲を築石番号H566-63を含む範囲に広げたい。



被害状況　凡例

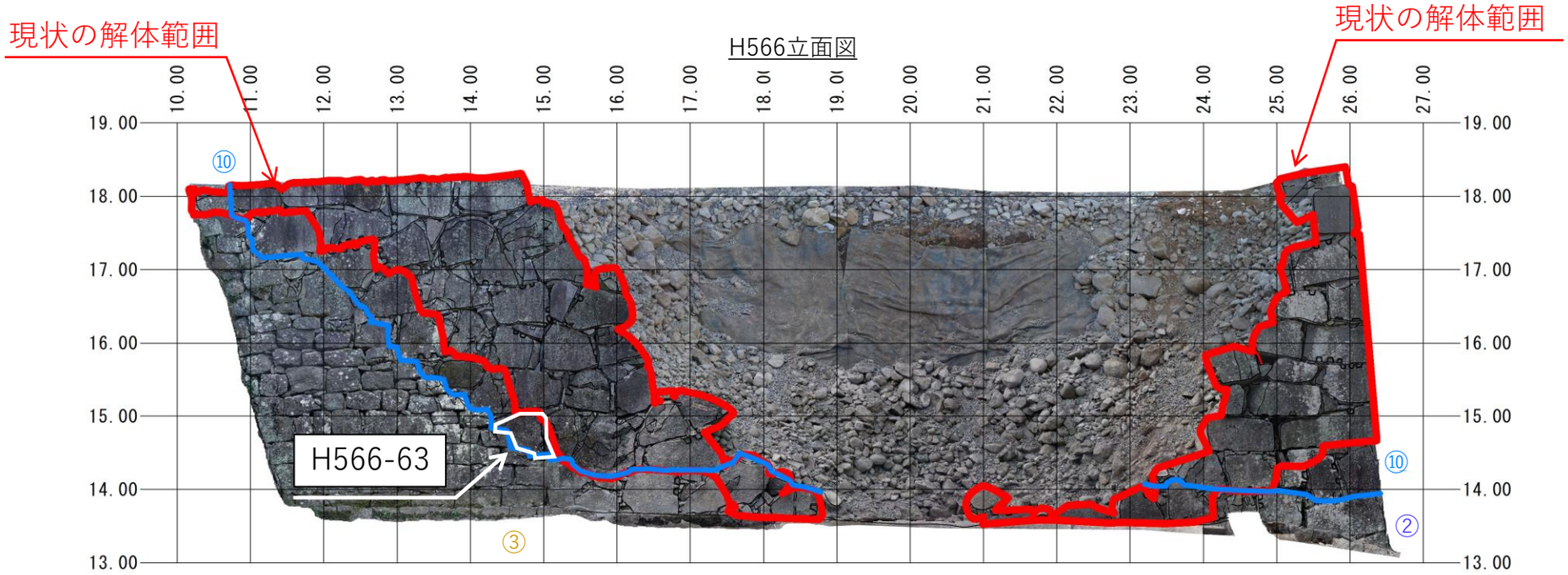
変形（膨らみ・緩み）	間詰石抜け
突出・ズレ	割れ・ヒビ
凹み	新補石材
剥落	今回の崩落ライン

【石垣履歴把握について】

②熊本城石垣4期（1611～1624年頃）【構築当初】

③熊本城石垣6期（1632～1871年頃）【修理1】
　築石部：横目地が通らない→非方形を呈した築石を積む

⑩文化財修理平成22,23年（2010～2011年）【修理7】



状況写真（築石番号H566-63）





馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

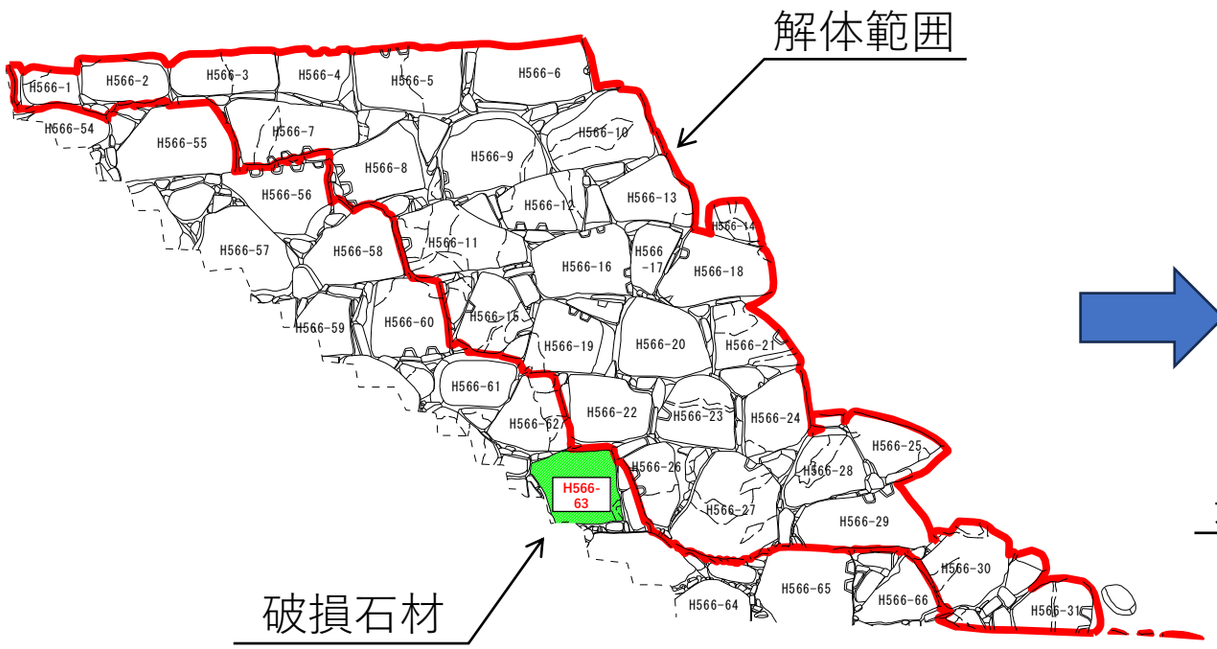
資料5-2-2

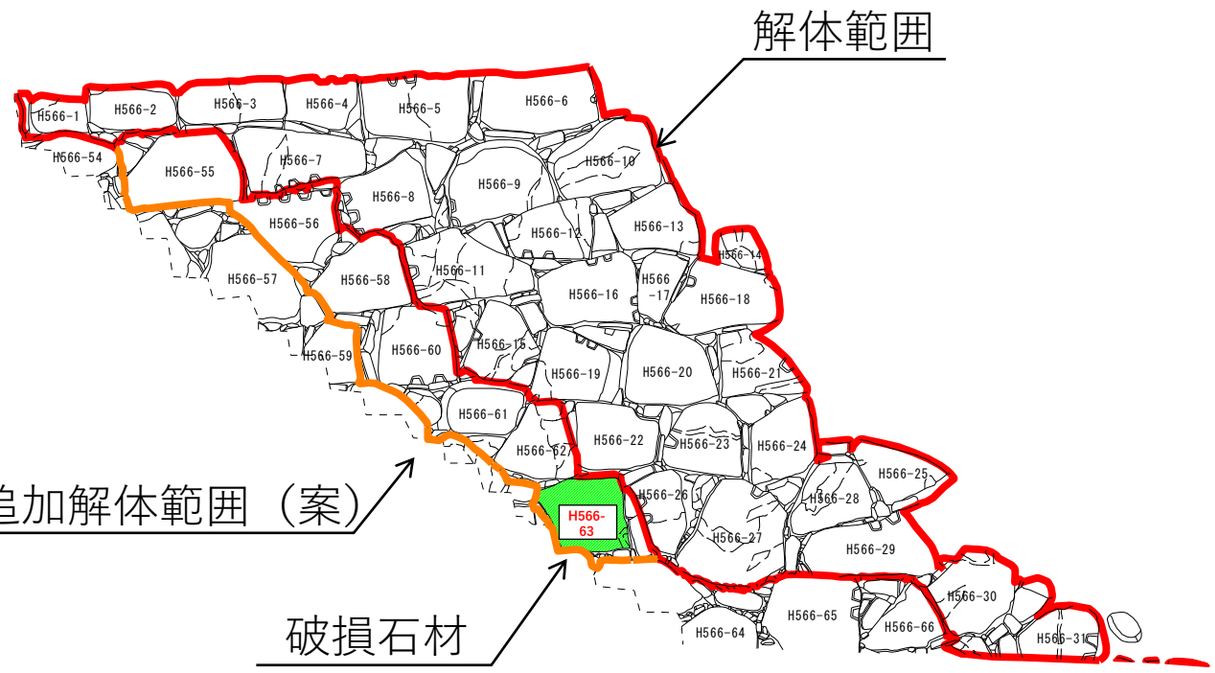
（2）解体範囲再検討

- 破損石材も含めた解体範囲について再検討を行った。
- 解体範囲については、施工業者・石工立会のもと、安全に作業できる最小限の範囲とした。
- なお、新たな解体範囲は平成22、23年の修理範囲内である。
- 掘削影響範囲は、当初の計画の範囲内で収める。

掘削影響範囲（変更なし）





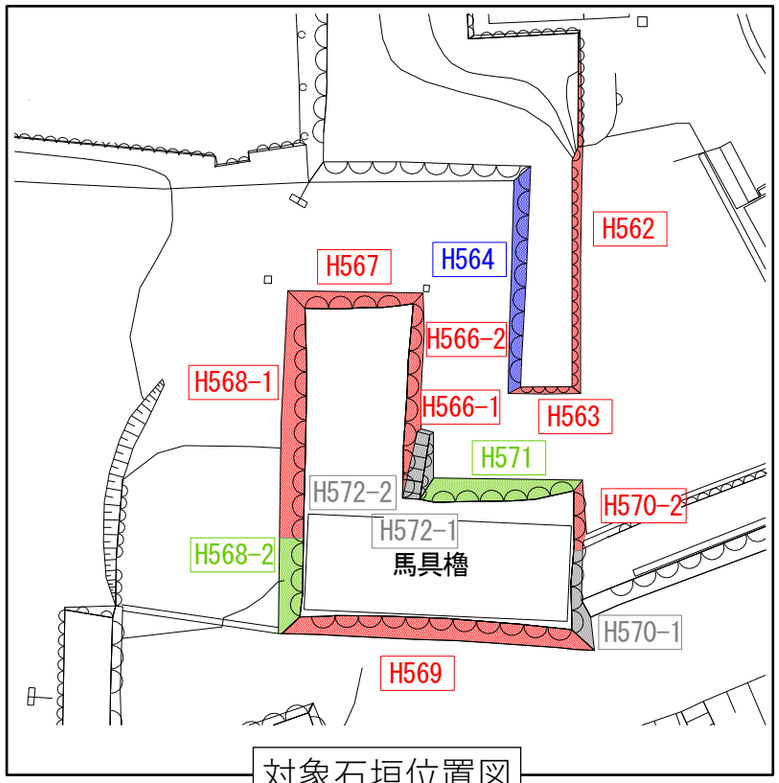


馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-1

（1）対象石垣

今回の対象は、耐震診断（在来）でB及びC判定となった石垣。
→H562、H563、H566、H567、H568、H569、H570、H571



対象石垣位置図

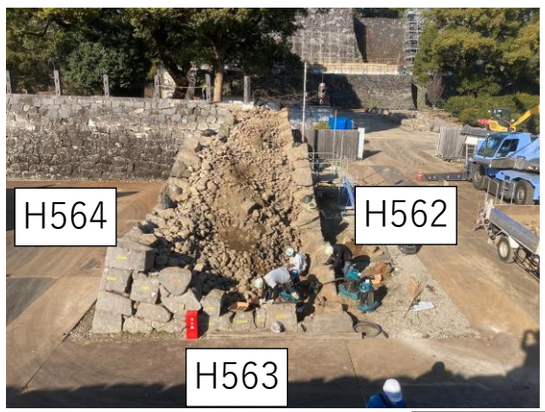
凡例

	判定	A 判 定
		B 判 定
		C 判 定
	耐震診断対象外	

（2）石垣背面状況

1　石垣H562、H563、H564

- 栗石幅は約1m程度。栗石主体という状況で、盛土（既存）部分はなるべく残しつつ解体を進めた。
- 近世の盛土（既存）であることを確認。





北側石垣背面状況

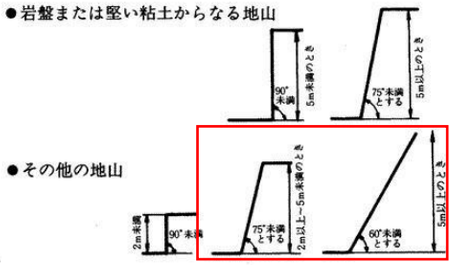
2　石垣H566、H567、H568

- 栗石幅は約2m程度。盛土部分をなるべく残しつつ栗石を除去し、盛土（既存）が露出している。
- 当初設計方針では総栗を想定し、石垣前面から2.7mの平場を確保して35度の勾配掘削する計画だったが、盛土（既存）が確認されたため、安全衛生規則（356条）に基づき盛土（既存）を極力掘削しないよう解体。
- H566の栗石背面と盛土（既存）の間には、平成22、23年の文化財修理工事時の吸出し防止材（不織布）が設置されている。
- 盛土（既存）下部は栗石混じりとなっており、近世の盛土（既存）であることを確認。



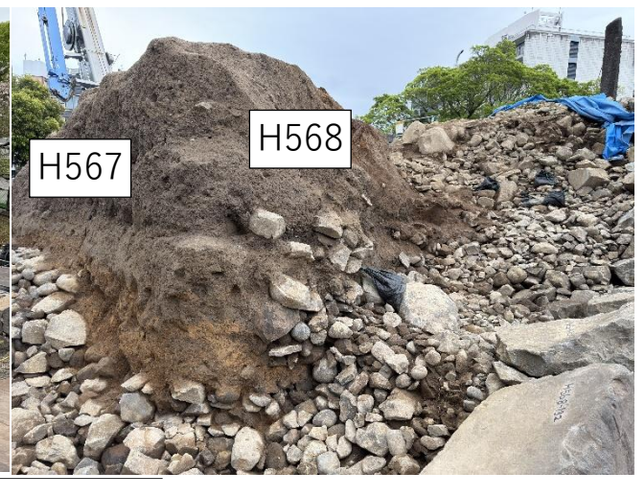
H566背面状況

凡例
設計時の掘削勾配（35°）



安全衛生規則（356条）





南側石垣背面状況

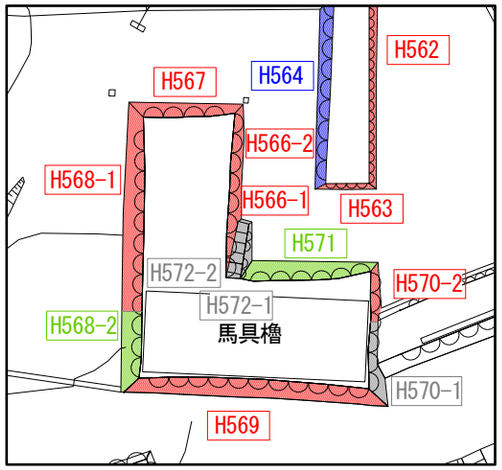
馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-2

（3）被災状況の整理

1　石垣勾配、高さ等の比較

- H562、H563、H564の石垣高さは約4.3m。
  →崩壊したH562、H563の勾配は80度以上。
- H566、H567、H568、H569、H570、H571の高さは約4.4m～7.4m。
  →崩壊したH566の勾配は80度以上で、H569の高さは約7.4m。
- 以上から、主に急な勾配又は高い石垣が崩壊している状況。



H562～H571対比表

	H562	H563	H564
変状	崩壊	崩壊	膨らみ
石垣の高さ	4.24m	4.30m	4.30m
石垣の勾配	82°	83°	79°
栗石の幅	約1.0m	約1.0m	約1.0m
主な最新工事履歴	熊本城石垣7期	熊本城石垣6期	熊本城石垣7期

	H566	H567	H568	H569	H570	H571
変状	崩壊	膨らみ	膨らみ	崩壊	膨らみ	膨らみ
石垣の高さ	4.84m	5.71m	5.34m	7.37m	4.24m	4.44m
石垣の勾配	82°	82°	76°	78°	81°	81°
栗石の幅	約2.0m	約2.0m	約2.0m	約2.0m	約1.0m	約1.0m
主な最新工事履歴	平成22，23年	平成22，23年	平成22，23年	平成22，23年	平成22，23年	平成22，23年

2　盛土（既存）の評価

◆現地踏査からの評価

- 全ての石垣面において、盛土（既存）の側面や天端にひび割れ等の変状なし。
- 石垣下方についても、円弧すべりのような変状なし。

H568背面盛土(既存)の状況



2026年4月21日時点

盛土(既存)天端の状況



2026年5月14日時点

◆土質試験結果からの評価

- 土質は細粒分質礫質砂と評価。
- 内部摩擦角(φ)は36.8度で砂質土(密実なもの)の30度より高く、単位体積重量(γt)は12.4kN/m3で砂質土(17～19 kN/m³)より低い。
- よって、高い内部摩擦角によるせん断抵抗の増大と、低い単位体積重量による土圧と自重の低減、という２つの有利な条件により、現状の盛土（既存）は自立した安定状態を維持している。

◆盛土（既存）の総合評価

- 盛土（既存）自体は健全であり、石垣に対して悪影響を及ぼしていない。

試験結果一覧

項目			値
湿潤密度	ρt	g/cm3	1.27
土粒子の密度	ρs	g/cm3	2.61
単位体積重量	γt	kN/m3	12.40
自然含水比	ws	%	23.20
粘着力	C	kN/m2	15.10
内部摩擦角	φ	度	36.80
土の粒度	礫分　(2~75mm)	%	24.10
	砂分　(0.075～2mm)	%	45.30
	細粒分　(0.075mm以下)	%	30.60
	最大粒径	mm	37.50
地盤材料の工学的分類	分類名		細粒分質礫質砂
	分類記号		SFG



採取した試料

【参考】種類別土質定数

種類	状態	単位体積重量(kN/m3)	せん断抵抗角(度)	粘着力(kN/m2)	地盤工学会基準
礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	G
	密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0	
礫まじり砂	密実なもの	21	40	0	G
	密実でないもの	19	35	0	
砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	S
	密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0	
砂質土	密実なもの	19	30	30以下	SF
	密実でないもの	17	25	0	
粘性土	固いもの	18	25	50以下	M,C
	やや軟らかいもの	17	20	30以下	
	軟らかいもの	16	15	15以下	
粘土およびシルト	固いもの	17	20	50以下	M,C
	やや軟らかいもの	16	15	30以下	
	軟らかいもの	14	10	15以下	

出典：道路土工　盛土工指針　P101（一部加筆修正）

3　まとめ

- 盛土（既存）ではなく、栗石と築石が地震によって崩壊したと考えられる。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-3

（4）補強工法

1　前提条件

- 補強工法を検討するにあたり、現地状況及び熊本城復旧基本計画を踏まえ、馬具櫓周辺石垣における特筆すべき前提条件を整理。

◆安全性

・復旧後は、来場者の主要道路（動線）となる。
・馬具櫓と塀（構造物）が建つ石垣である。

◆構造

・石垣前面の通路幅は狭いため、築石の崩落を許容できない。

◆文化財的価値

・遺構（礎石等）、確認された近世の盛土（既存）を極力残存させる。
・非解体部の補強を極力行わない。

2　採用工法

- 前提条件を踏まえて検討した結果、馬具櫓周辺石垣は、ジオグリッド補強＋築石落下防止による補強を行うこととしたい。

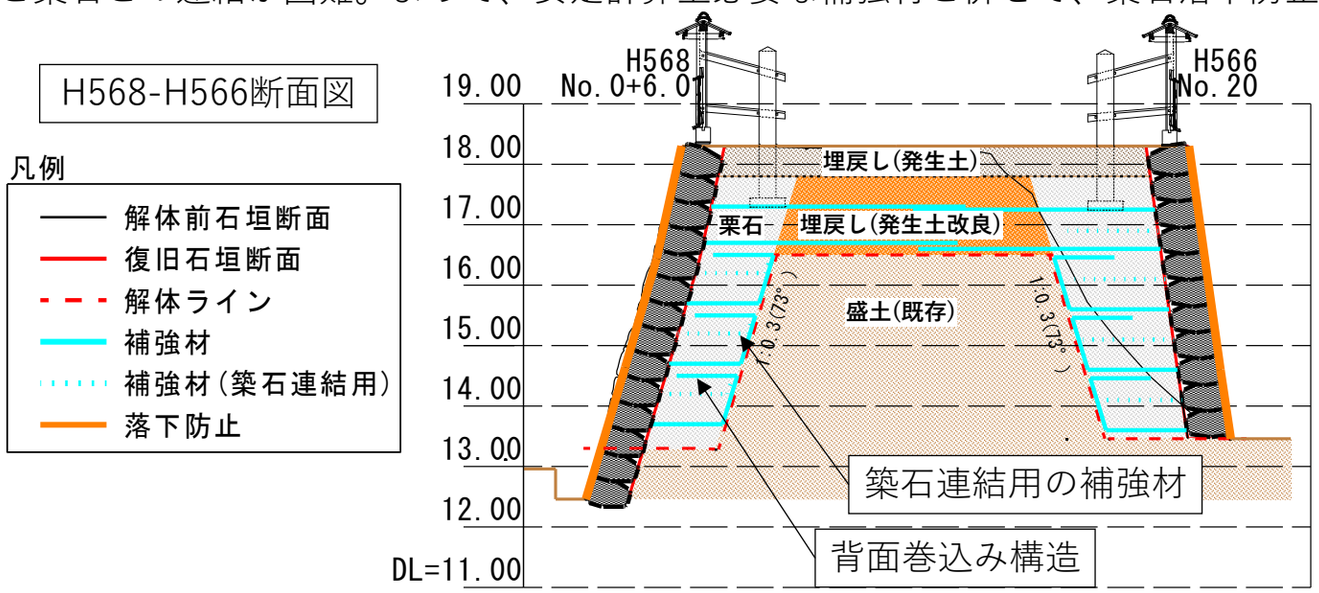
【採用理由】

- ジオグリッドは可逆性があり、適用する素材によって築石と栗石のかみ合わせを阻害することなく内部補強が可能。
- 検討の結果、盛土（既存）に対して現代工法を入れることなく補強が可能。
- これまで実施された（1/5スケール、1/10スケール）模型実験で、内部補強だけでは築石の落下を防げないことを確認。
- 令和7年度に実施した石垣振動台実験で、築石と補強体を連結することによって、高い耐震性を発揮することを確認。

（令和7年度第3回修復検討委員会報告）

3　対策範囲と構造

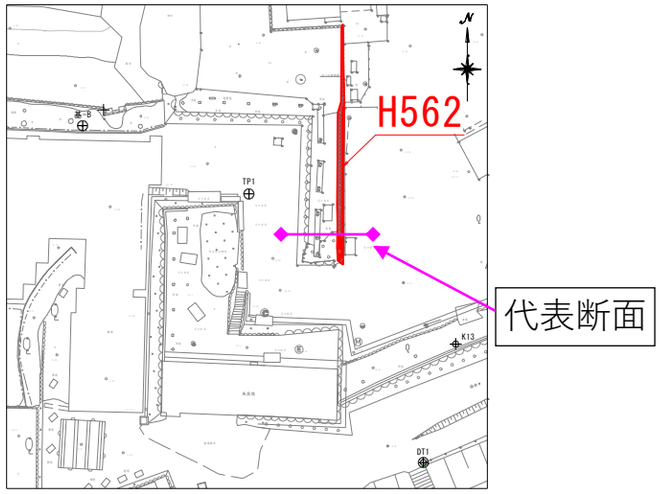
- ジオグリッドの補強範囲は、これまでに解体した範囲内で敷設。
- 安定計算上敷設長が不足している箇所は、背面を巻き込む構造。
- 前面は補強材と築石を連結。
- 補強材の間隔が広いと築石との連結が困難。よって、安定計算上必要な補強材と併せて、築石落下防止のための補強材を敷設し築石と連結。



馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-4

平面図

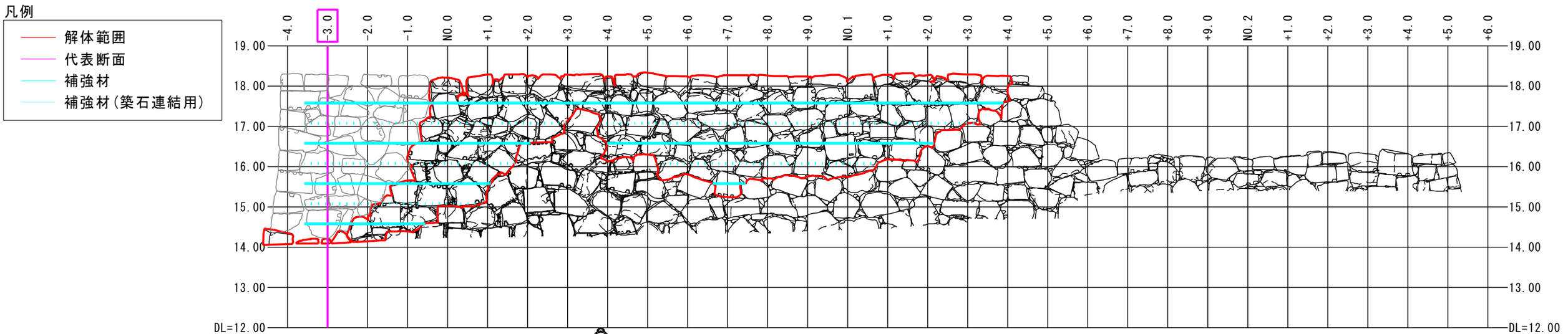


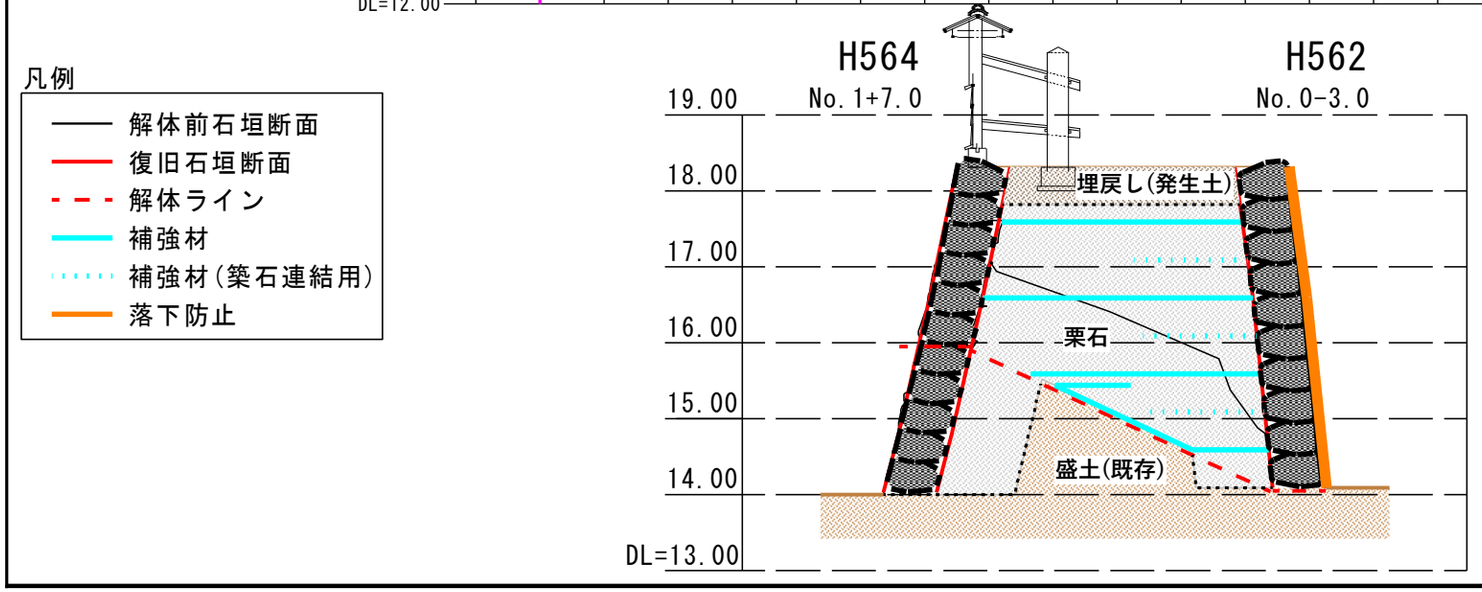
計算結果

・ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルに基づき補強後の安定性照査を実施。

				判定		
安定性の照査	内的安定	常時		計算から必要敷設長を算出し敷設長を決定 敷設長が不足する場合、背面側を巻込むことで対応		
		地震時				
				許容値	判定	計算結果
	外的安定 滑動	常時		1.50	OK	7.011≧1.50
		地震時		1.20	OK	2.751≧1.20
	外的安定 転倒	常時 e≦L/6	m	0.500	OK	-0.163≦L/6
		地震時 e≦L/3	m	1.000	OK	0.127≦L/3
	全体安定	常時		1.20	OK	2.131≧1.20
		地震時		1.00	OK	1.924≧1.00

立面図及び断面図

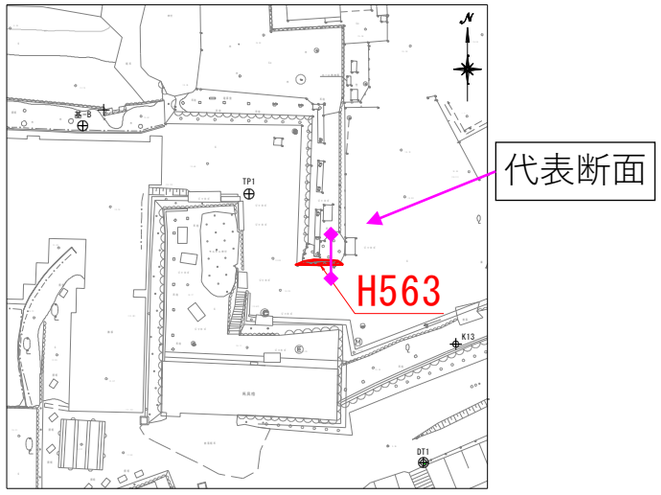




※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

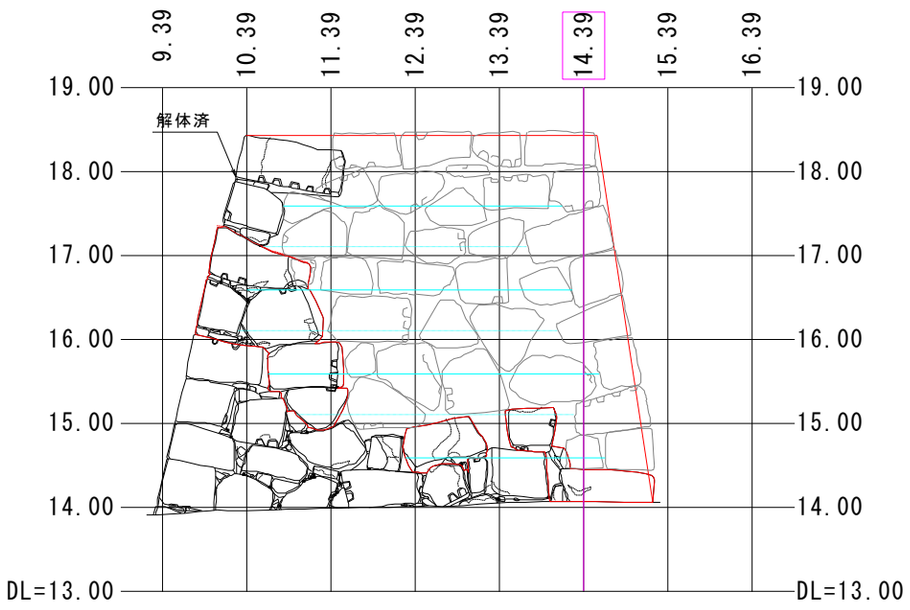
馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-5

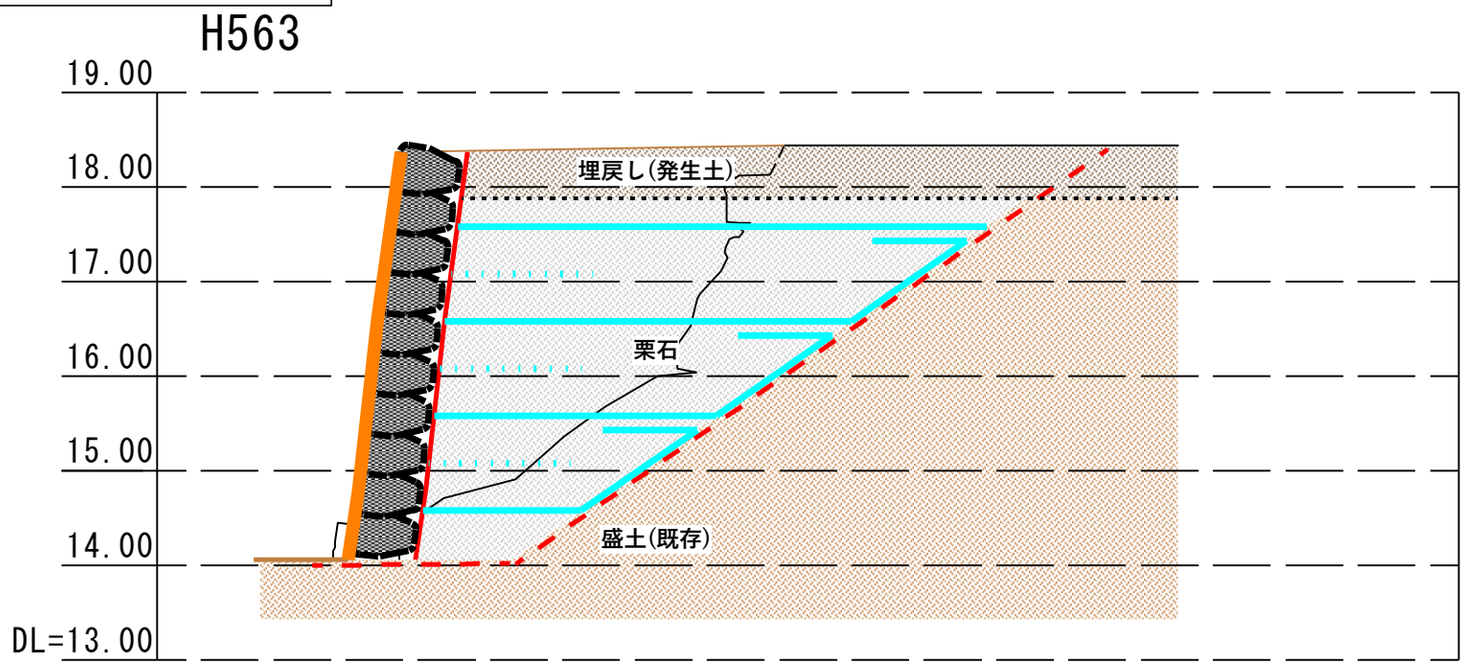
平面図	計算結果
	高さ・勾配が近似しているH562の配置間隔を採用

立面図及び断面図

凡例
- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）



凡例
- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止

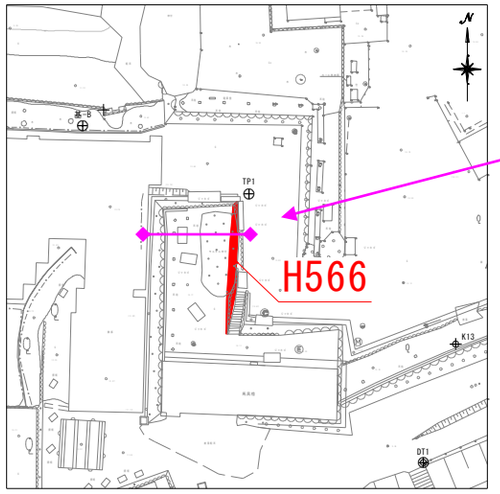


※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-6

平面図



計算結果

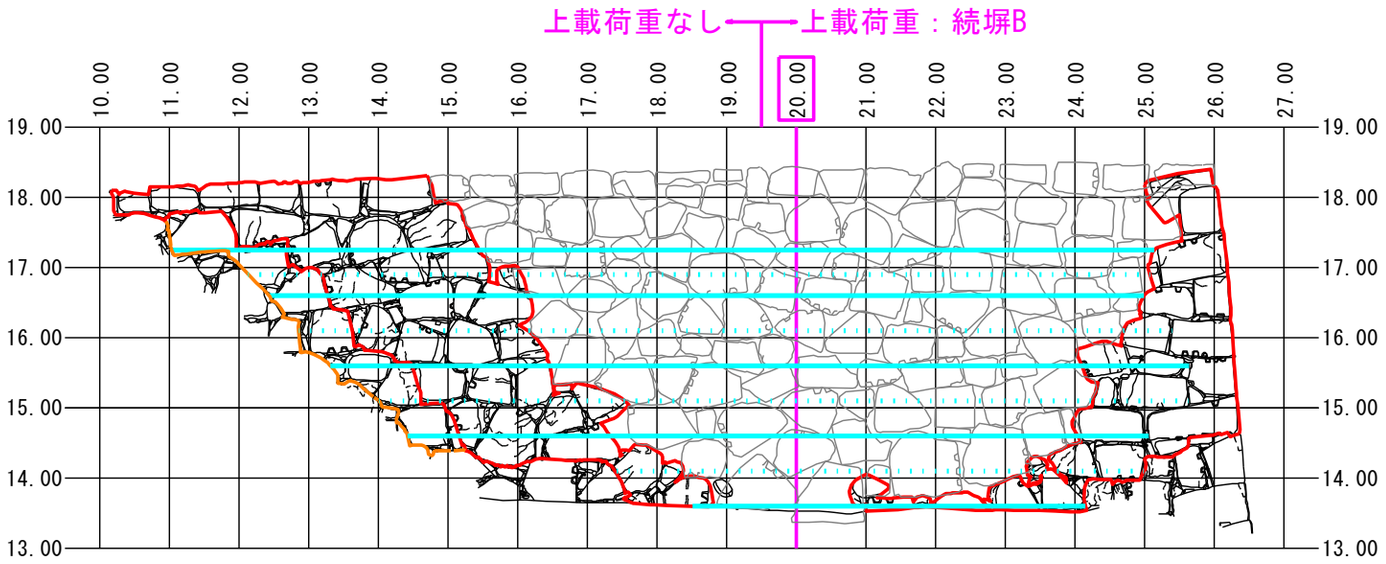
・ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルに基づき補強後の安定性照査を実施。

				判定		
安定性の照査	内的安定	常時		計算から必要敷設長を算出し敷設長を決定 敷設長が不足する場合、背面側を巻込むことで対応		
		地震時				
				許容値	判定	計算結果
	外的安定 滑動	常時		1.50	OK	6.661≧1.50
		地震時		1.20	OK	2.465≧1.20
	外的安定 転倒	常時 e≦L/6	m	0.667	OK	-0.254≦L/6
		地震時 e≦L/3	m	1.333	OK	0.126≦L/3
	全体安定	常時		1.20	OK	1.763≧1.20
		地震時		1.00	OK	1.162≧1.00

立面図及び断面図

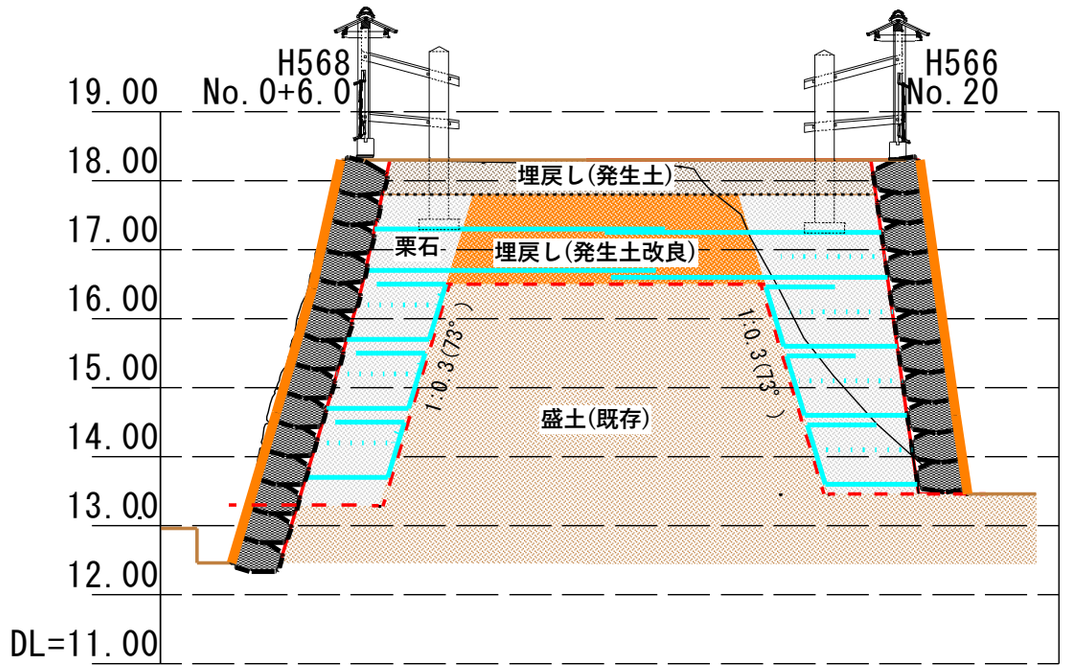
凡例

- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）



凡例

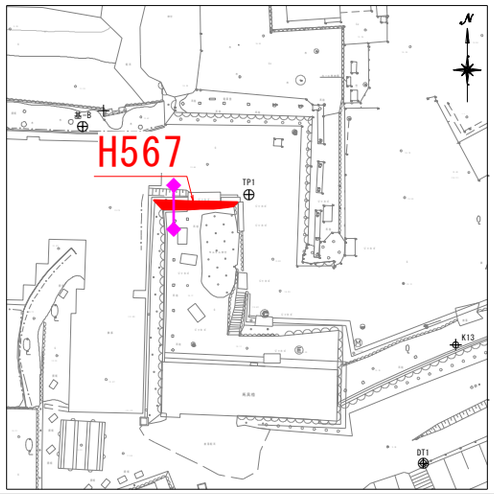
- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止



※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

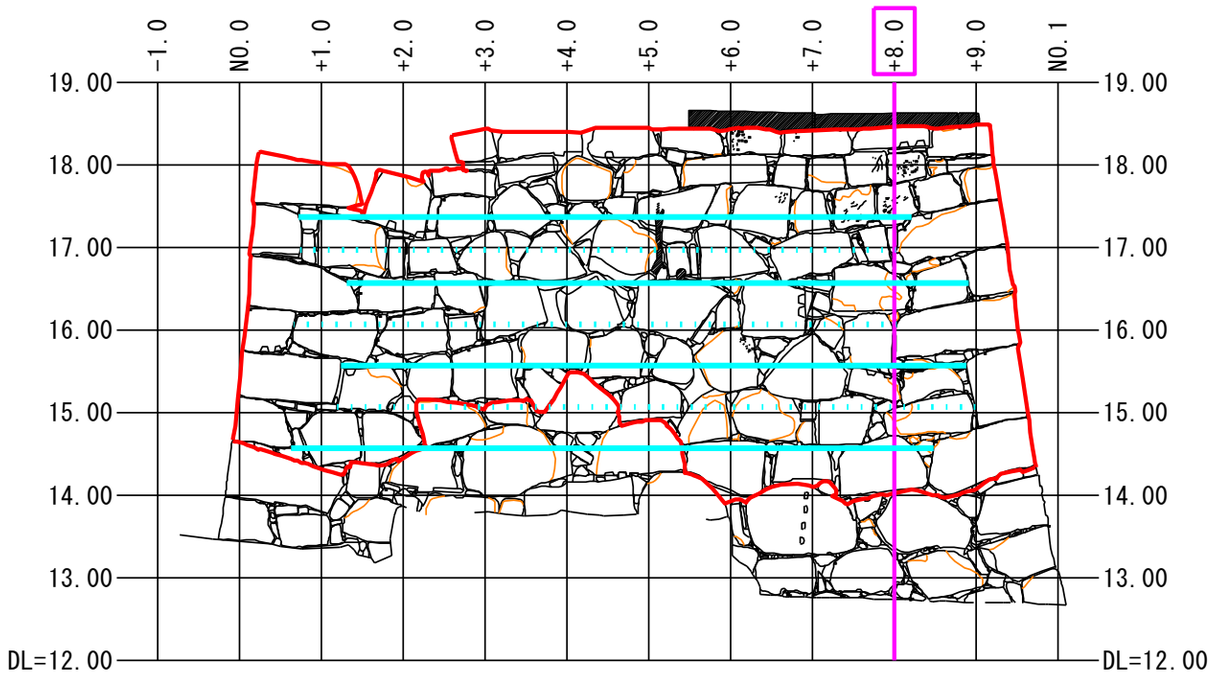
資料5-3-7

平面図	計算結果
代表断面 	高さ・勾配が近似しているH566の配置間隔を採用

立面図及び断面図

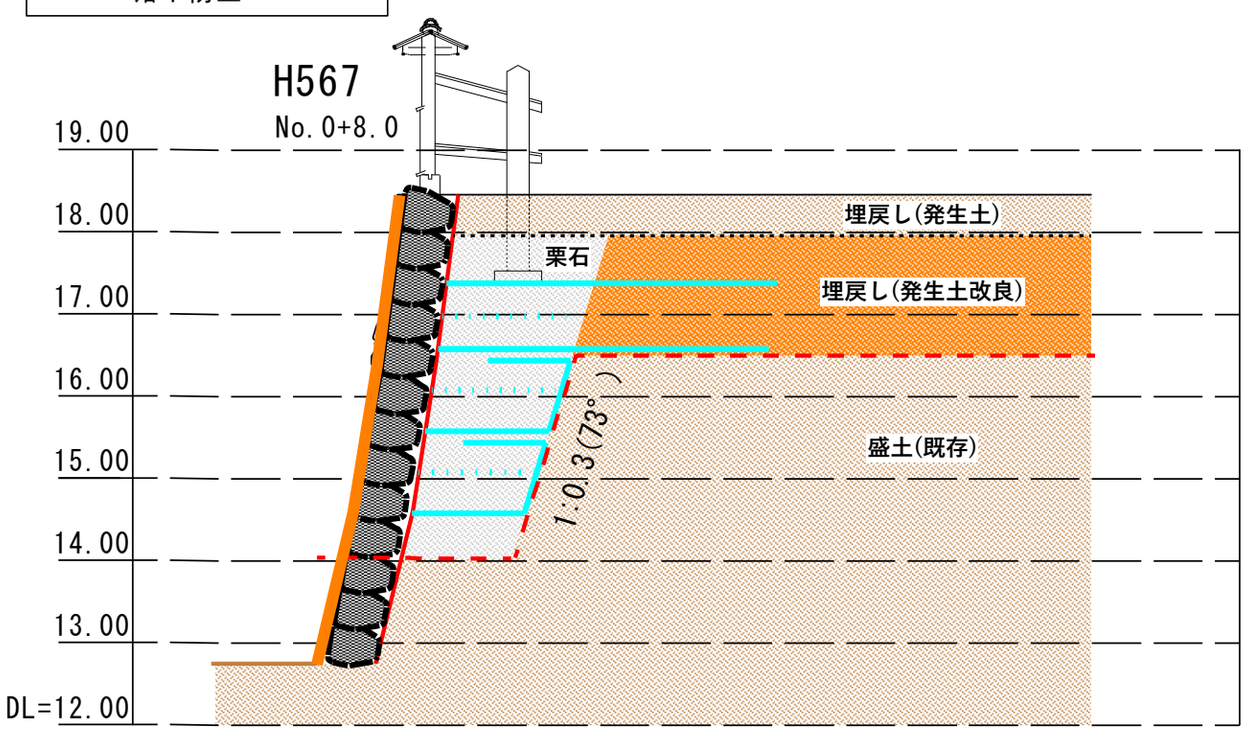
凡例

- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）



凡例

- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止

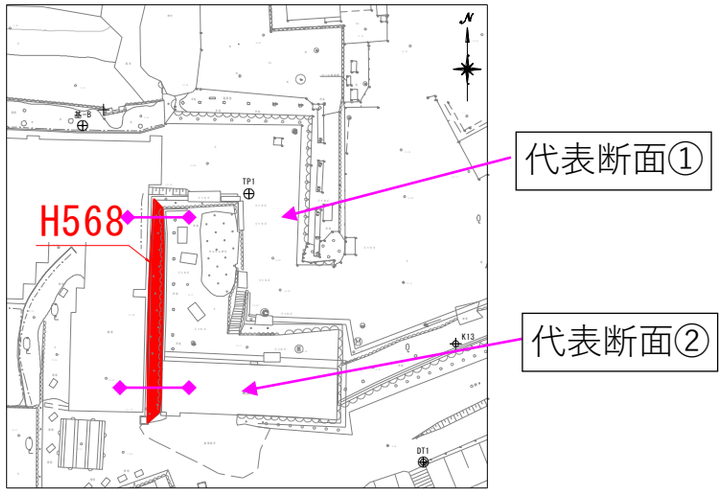


※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-8

平面図



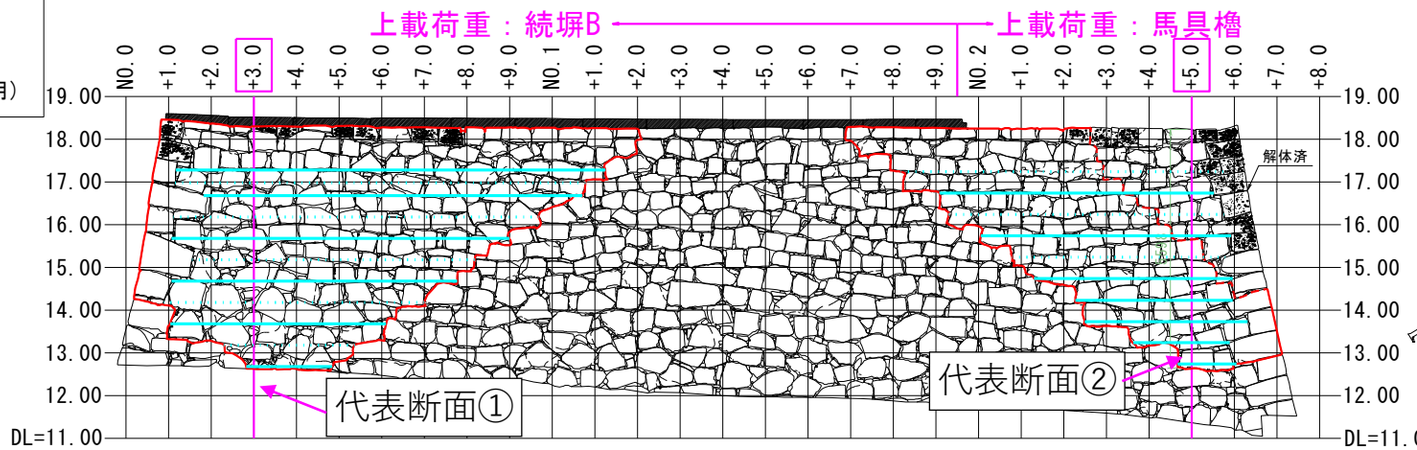
計算結果

・ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルに基づき補強後の安定性照査を実施。

				判定		
安定性の照査	内的安定	常時		計算から必要敷設長を算出し敷設長を決定 敷設長が不足する場合、背面側を巻込むことで対応		
		地震時				
				許容値	判定	計算結果
	外的安定 滑動	常時		1.50	OK	2.408≧1.50
		地震時		1.20	OK	1.293≧1.20
	外的安定 転倒	常時 e≦L/6	m	0.222	OK	-0.385≦L/6
		地震時 e≦L/3	m	0.443	OK	0.376≦L/3
	全体安定	常時		1.20	OK	1.395≧1.20
		地震時		1.00	OK	1.061≧1.00

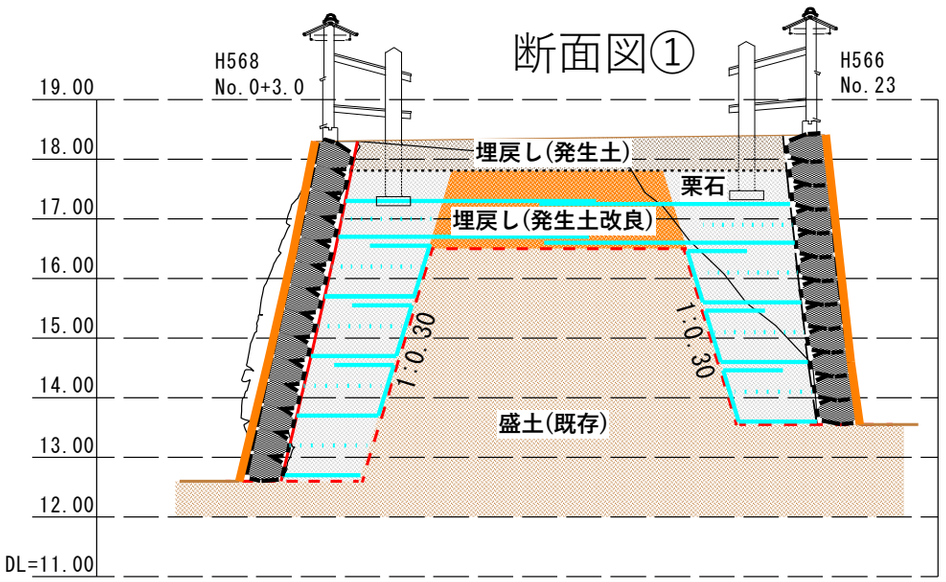
立面図及び断面図

凡例
- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）

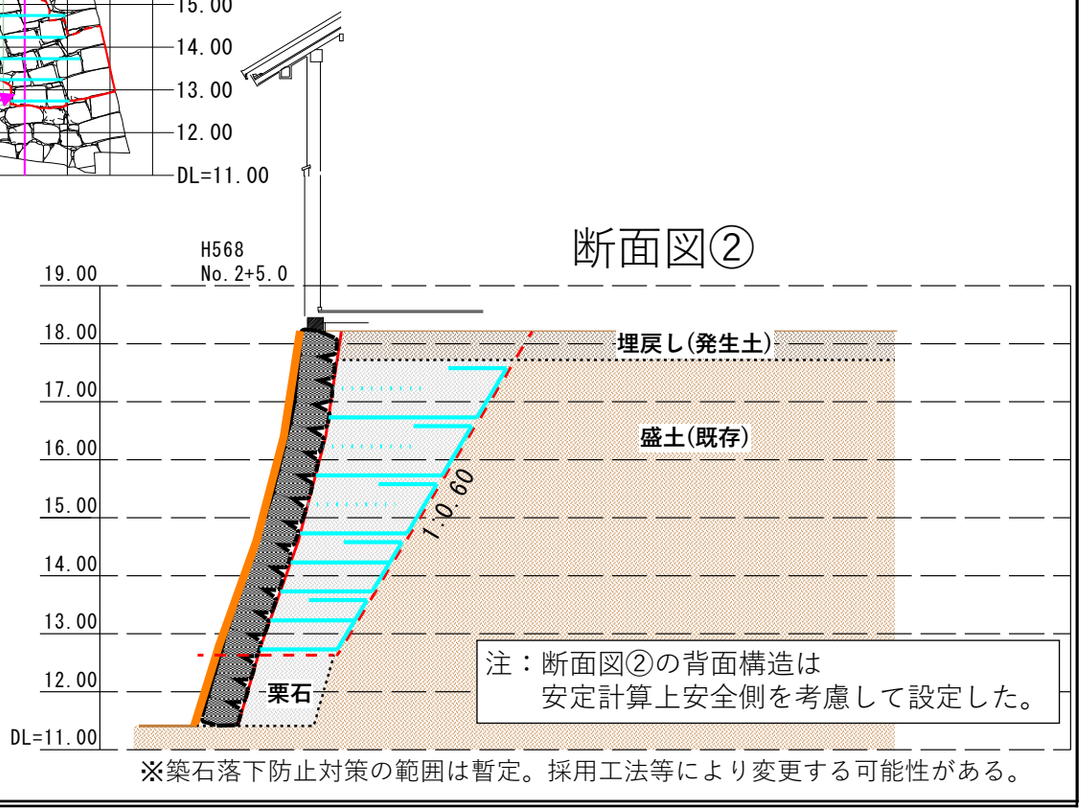


凡例
- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止

断面図①



断面図②



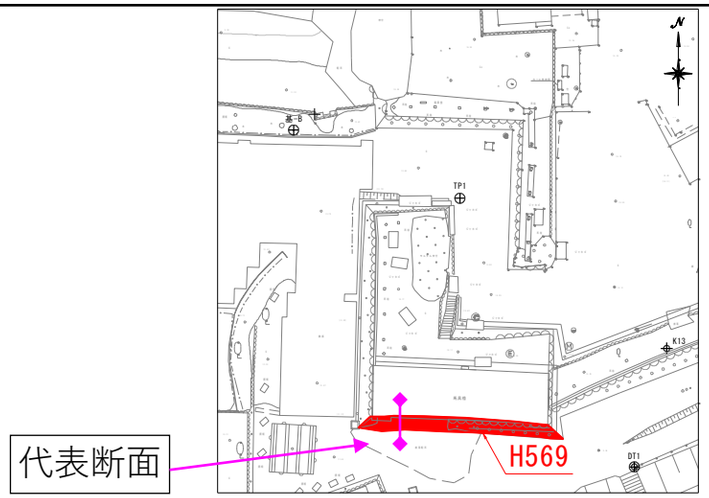
注：断面図②の背面構造は
安定計算上安全側を考慮して設定した。

※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-9

平面図



計算結果

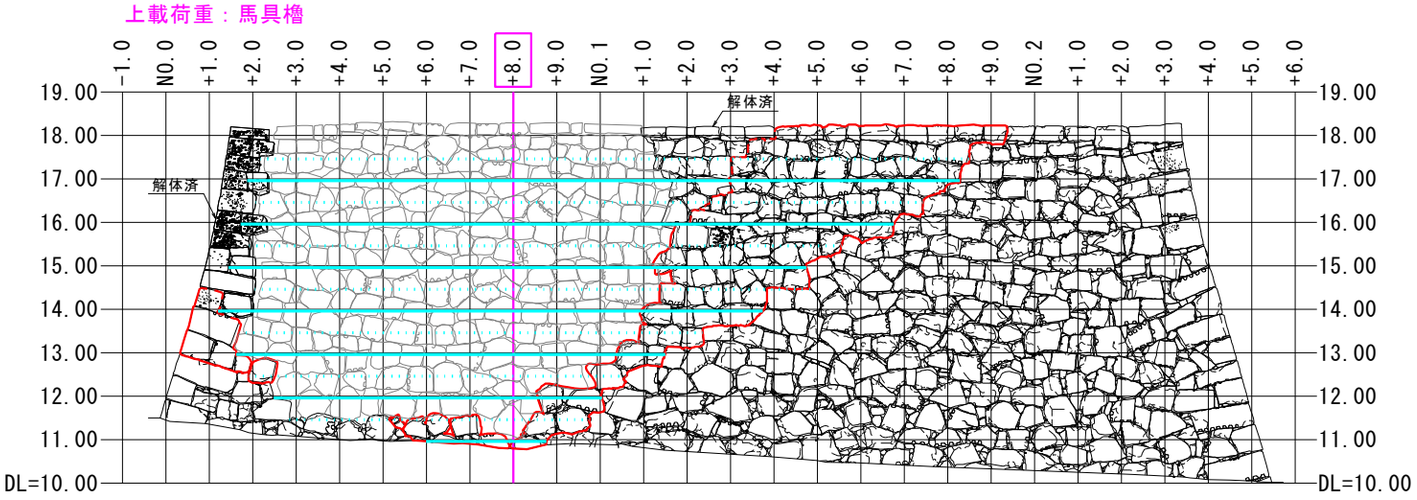
・ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルに基づき補強後の安定性照査を実施。

				判定		
安定性の照査	内的安定	常時		計算から必要敷設長を算出し敷設長を決定 敷設長が不足する場合、背面側を巻込むことで対応		
		地震時				
				許容値	判定	計算結果
	外的安定 滑動	常時		1.50	OK	4.629≧1.50
		地震時		1.20	OK	2.009≧1.20
	外的安定 転倒	常時 e≦L/6	m	0.533	OK	-0.519≦L/6
		地震時 e≦L/3	m	1.067	OK	0.126≦L/3
	全体安定	常時		1.20	OK	1.654≧1.20
		地震時		1.00	OK	1.364≧1.00

立面図及び断面図

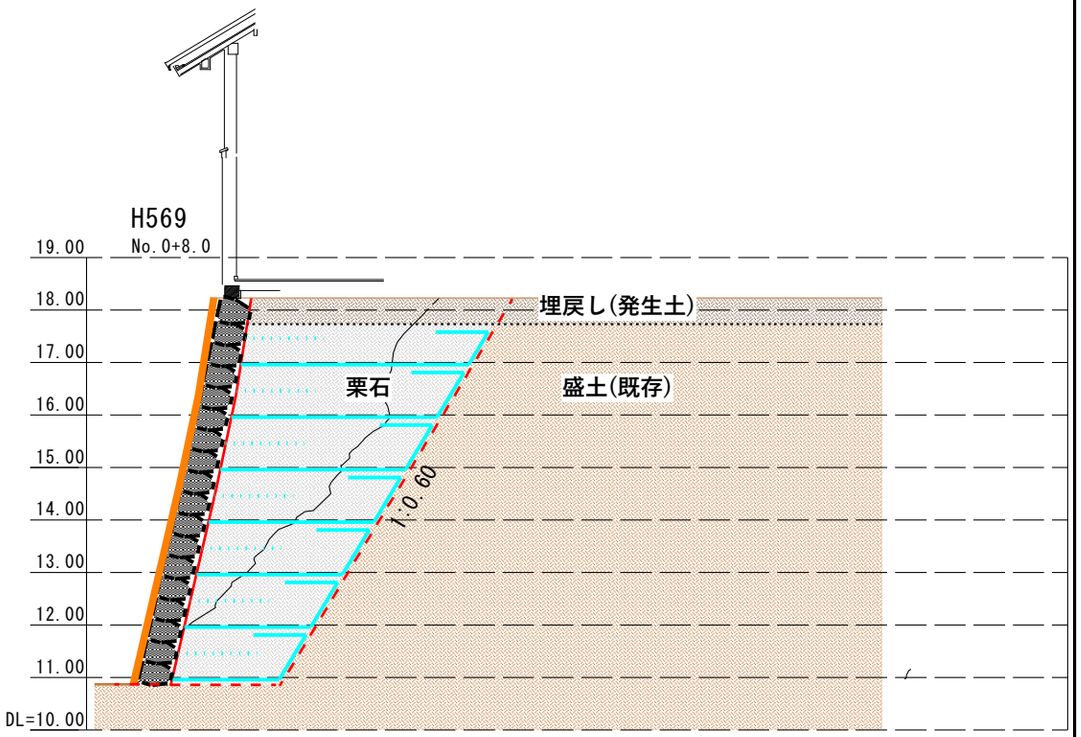
凡例

- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）



凡例

- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止

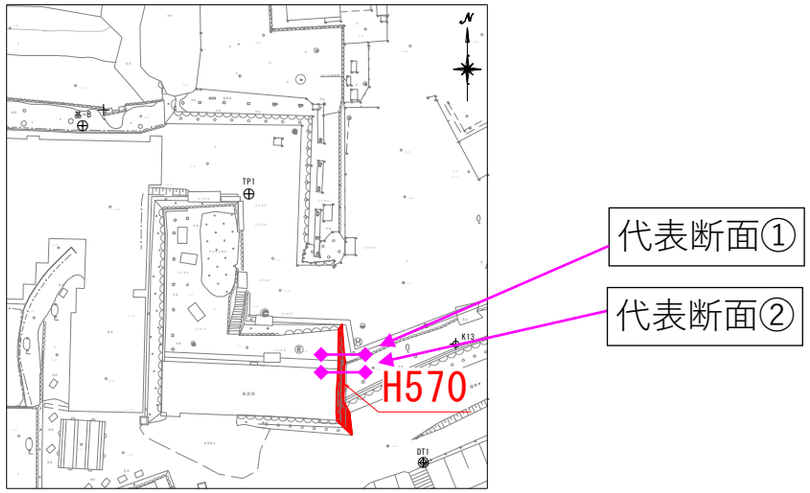


※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-10

平面図



計算結果

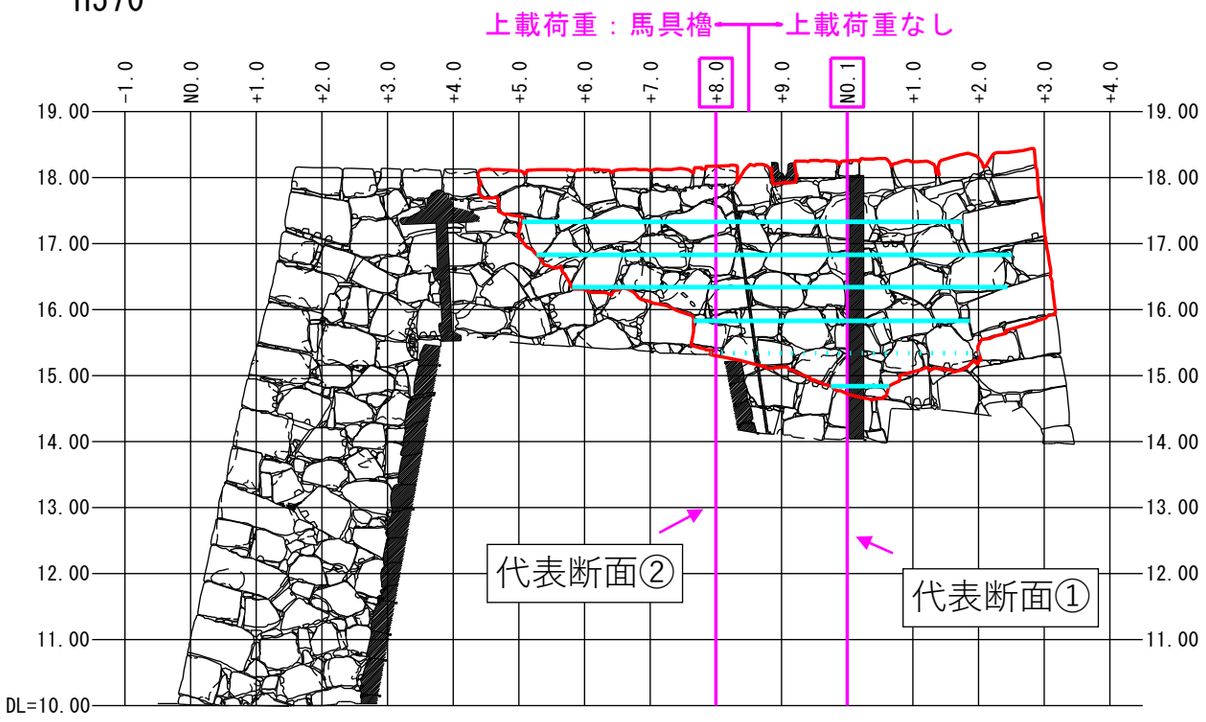
・ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルに基づき補強後の安定性照査を実施。

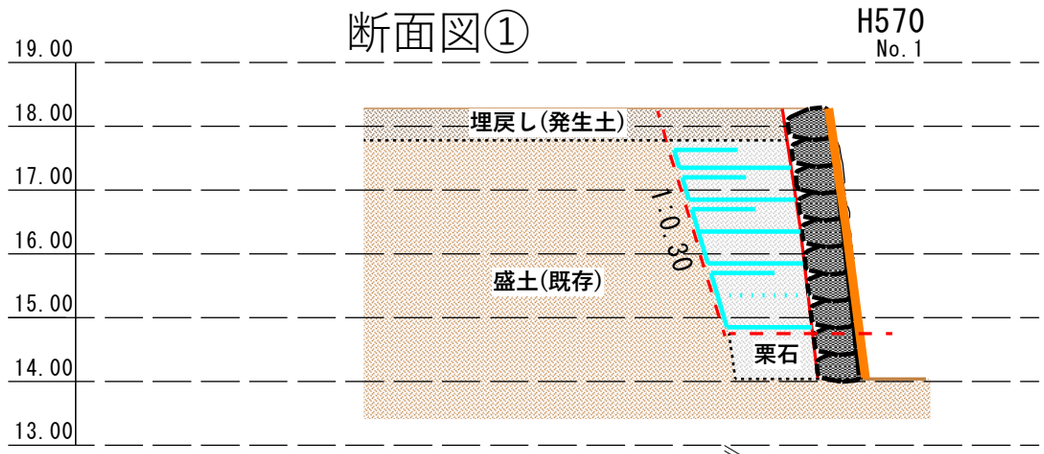
安定性の照査				判定		
	内的安定	常時		計算から必要敷設長を算出し敷設長を決定 敷設長が不足する場合、背面側を巻込むことで対応		
		地震時				
				許容値	判定	計算結果
	外的安定	常時		1.50	OK	3.778≧1.50
	滑動	地震時		1.20	OK	1.848≧1.20
	外的安定	常時 e≦L/6	m	0.220	OK	0.068≦L/6
	転倒	地震時 e≦L/3	m	0.439	OK	0.393≦L/3
	全体安定	常時		1.200	OK	2.398≧1.20
		地震時		1.000	OK	2.337≧1.00

立面図及び断面図

凡例

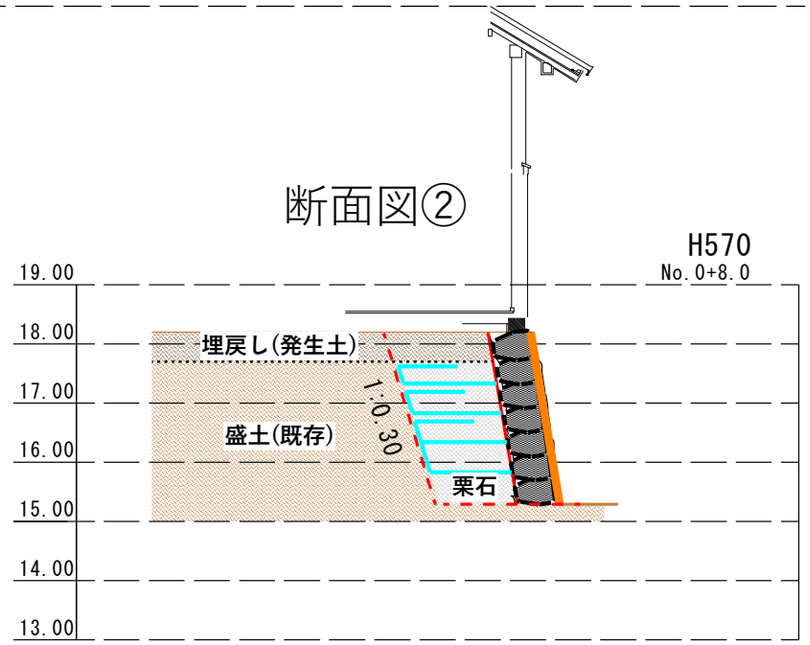
- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）





凡例

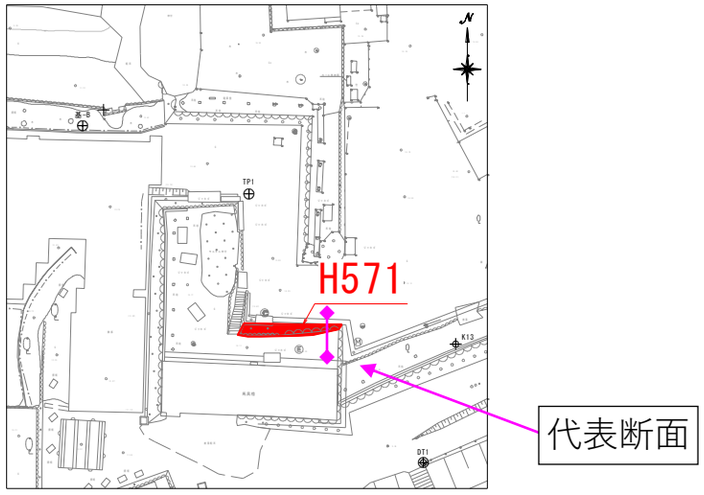
- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止



※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

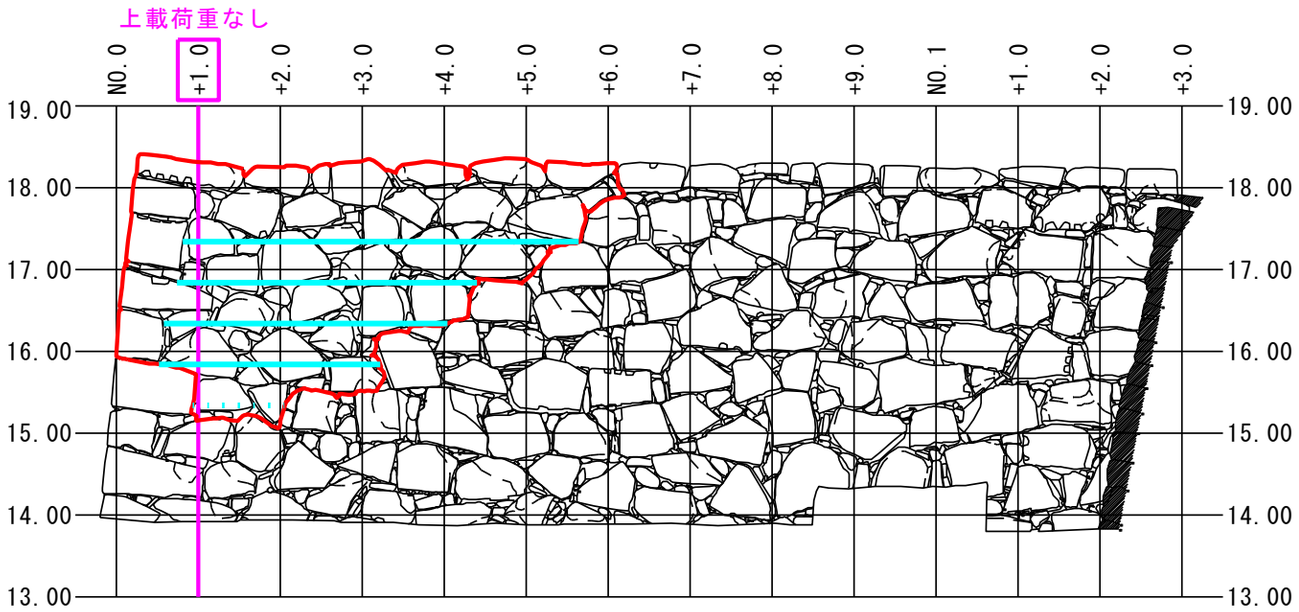
馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-11

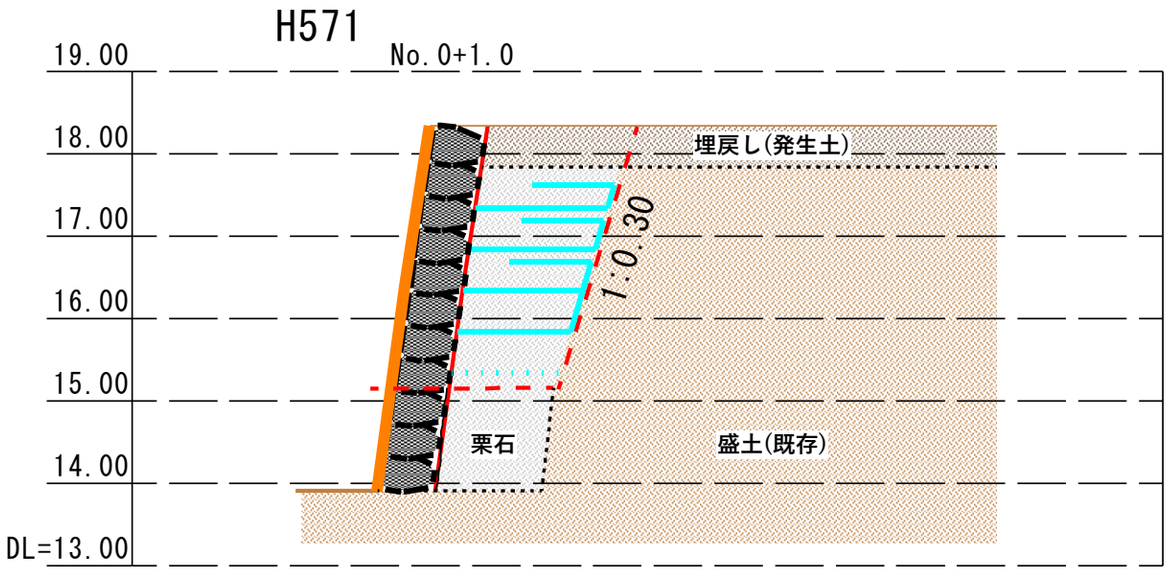
平面図	計算結果
	高さ・勾配が近似しているH570の配置間隔を採用

立面図及び断面図

凡例
- 解体範囲
- 代表断面
- 補強材
- 補強材（築石連結用）



凡例
- 解体前石垣断面
- 復旧石垣断面
- 解体ライン
- 補強材
- 補強材（築石連結用）
- 落下防止



※築石落下防止対策の範囲は暫定。採用工法等により変更する可能性がある。

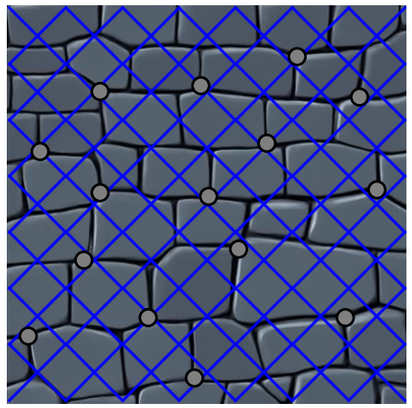
馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-12

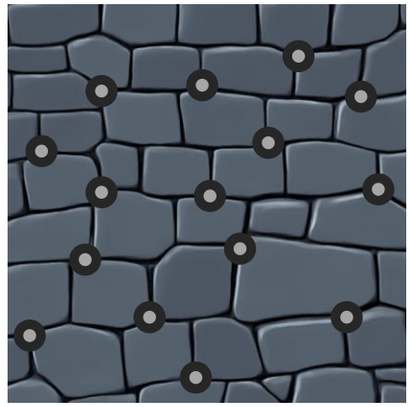
（5）築石落下防止措置の対策方法一覧

- 築石の落下防止対策の方法として、以下の3案が考えられる。
- ①落石防護網　　②受圧板による固定　　③ベルトを用いた補強体連結

既存の対策



①落石防護網



②受圧板

検討中の対策



③ベルトによる連結

- 築石の落下防止対策の選定や範囲については、今後継続して検討する。

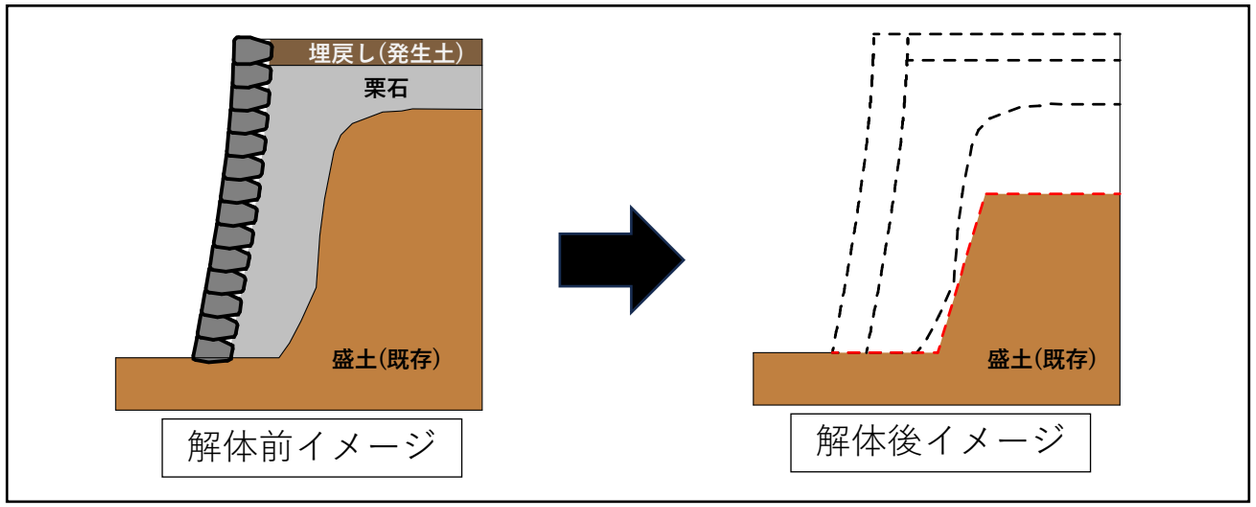
馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-13

（6）埋戻し部について

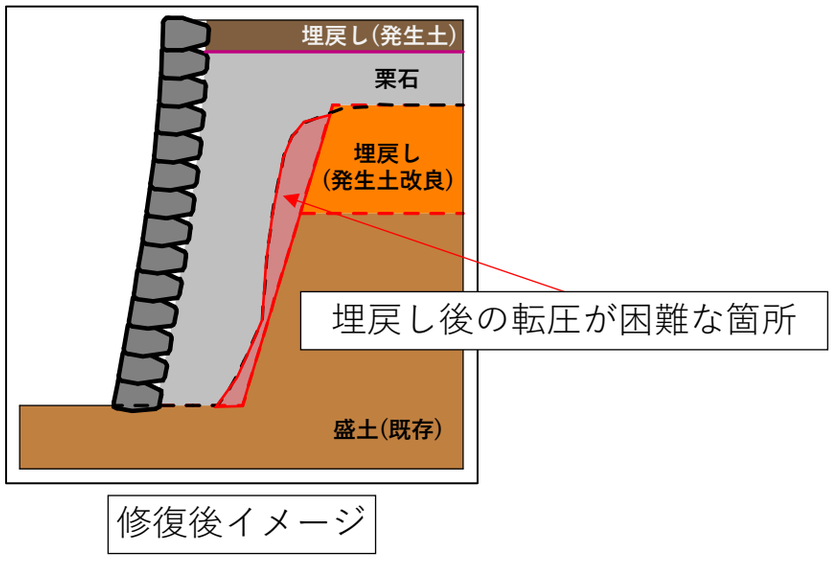
1　概要

- 現在、盛土（既存）は極力掘削せず解体を進めており、一部掘削を行っている状況。
- 文化財の復旧は、元の材料を元の位置に戻すことが原則だが、掘削した土をそのまま埋戻す場合、強度の確保が困難。
- 施工性及び安定性を踏まえて、石垣背面の埋戻し方針について検討。



2　切土部分の裏込め箇所

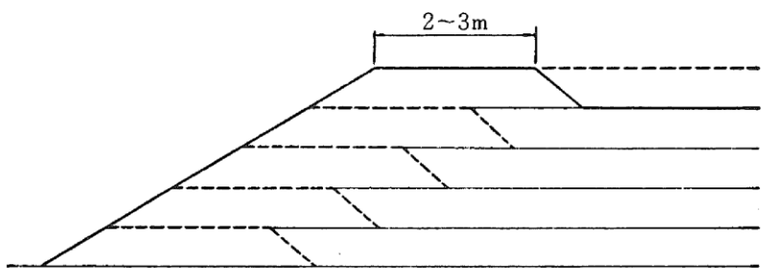
- 馬具櫓石垣は埋戻し範囲が限定的であり、土砂で埋戻す場合は薄く埋戻す必要がある。しかし、施工範囲が狭く、機械による転圧は困難である。また、人力による転圧では、強度が確保できない可能性がある。
- よって、施工性及び安定性を考慮し、石垣背面の薄く掘削した範囲は、栗石の単一層で埋戻す。



【参考】

道路土工では、盛土法面を締め固める場合、勾配1:1.8程度で施工幅を2～3mにするのが望ましいとされる。ただし、現場は1:1.8より急勾配であり、幅も0.5~1m程度となるため、転圧が困難である。

可能であれば，のり面勾配を 1：1.8 程度の緩勾配とし，土羽土の厚さは機械施工可能な幅２～３ｍに設計するのが望ましい（**解図 5－6－5** 参照）。



解図 5－6－5　機械施工を考慮した土羽土の例

出典：道路土工　盛土工指針　P244（一部加筆修正）

馬具櫓周辺石垣の復旧措置（案）

資料5-3-14

3　盛土（既存）上部の裏込め箇所

- 盛土（既存）の上部は転圧に必要な施工幅が確保できるため、現場発生土を利用した埋め戻しを検討。

◆現場発生土の特徴

① 土質試験の結果、細粒分質礫質砂に分類され、礫、砂を主体とした細粒分を約30%含む中間土である。塑性指数はNPで、細粒分は粘土的な結束性が無く、水の作用により流動しやすい特性がある。

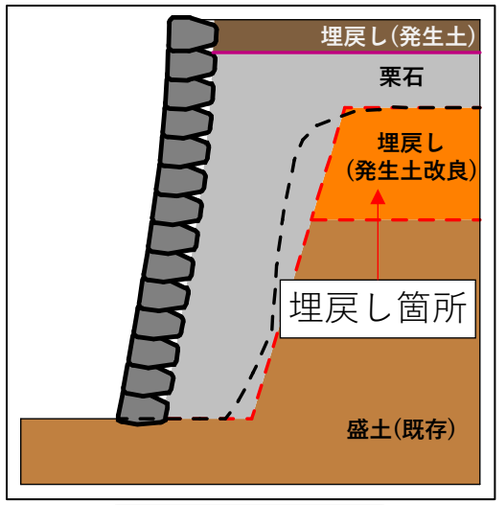
② Aso-4s（阿蘇第4火砕流堆積物：火山灰質砂質土）を含む。火山灰質砂質土は、火山ガラス、軽石粒子、細粒分が弱く、見かけの固結した状態が特徴であり、掘削、締固め等により土の骨格構造が崩れ、転圧施工そのものが強度低下のリスクとなる。

③ 間隙比が大きく、締固めによる密度増加が困難である。自然状態では不飽和に依存した見かけの強度があるが、降雨により飽和状態となった場合、吸引力の低下と細粒分の流亡により、沈下、変形が生じる可能性がある。

- 以上から、発生土をそのまま石垣背面に埋め戻した場合、石塁形状の石垣の芯材としては崩壊につながるリスクが高く、品質確保及び長期安定性の観点から、盛土材としては適さない土質である。

◆対応策

- 細粒分を含む火山灰質材料であることから、固化材による改良により、強度発現及び水に対する安定性の向上が期待できる。
- 特にポゾラン反応により長期的な強度増加が見込まれるため、適切な配合設計と施工管理を行えば、盛土材としての適用は可能。
- このことから、石灰系固化材にて改良し、土の安定性、耐久性を増大させたうえで埋め戻しを実施する。



修復後イメージ

土の間隙比　最大乾燥密度

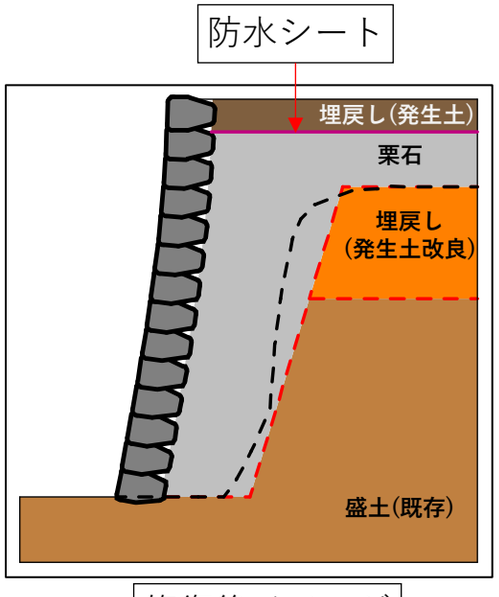
項目			値
間隙比	e		1.52
最大乾燥密度	ρ dmax	g/cm3	1.30

凡例

- 防水シート
- 地震前地形
- 背面掘削ライン

4　盛土（既存）法面の浸食

- 土質試験の結果、盛土（既存）は細粒分含有率 30.6%、飽和度 38.4%（不飽和状態）である。
- 継続的な降雨により地盤が飽和状態となった場合、有効応力が低下し、浸透水による細粒分の流亡、吸出しが進行するリスクがある。
- そのため、馬具櫓の建造物がない箇所については、降雨による浸食防止の観点から、盛土上部に防水シート（降雨浸透遮断）を設置する。
- なお、平成22年、23年の修理時に設置された吸出し防止材は撤去する。



修復後イメージ

土の粒度試験結果

項目				値
飽和度		Sr	%	38.40
土の粒度試験	礫分	2~75mm	%	24.10
	砂分	0.075～2mm	%	45.30
	細粒分	0.075mm以下	%	30.60
	最大粒径		mm	37.50
地盤材料の工学的分類	分類名			細粒分質礫質砂
	分類記号			SFG

凡例

- 防水シート
- 地震前地形
- 背面掘削ライン

宇土櫓続櫓下石垣　復旧措置（案）

資料6-1

■対象石垣

重要文化財宇土櫓続櫓下石垣

■これまでの経緯　※次ページに詳細

【 2018平成30年度・・・文化財修復検討委員会ほか】

膨らみ部分の復旧措置は、解体修理ではなく押さえによる対応
（ただし、鉄骨構造等で石垣が見える構造とすること　※暫定措置）

【2021令和3年度　文化財修復検討委員会】

- （第1回）外部補強（前面押さえ補強）＋西面解体修理案を進めることで**承認**
- （第3回）平左衛門丸発掘調査成果の報告
- （第4回）耐震診断結果の報告→**継続審議**

  石垣前面押さえ補強案の提示・支持対策の必要性**承認**

  空堀発掘調査範囲→**承認**

はばき石垣＋石垣上部の解体修理
（ただし、頬宛御門の土橋の高さ以下で、はばき石垣は補強でコンパクトにすること）

【2022令和4年度　文化財修復検討委員会】

- （第1回）検証した基礎診断結果（下表）に基づき修理方針を検討

  石垣外部の安全対策の検討は行わない→**承認**　、空堀確認調査現地視察
- （第2回）続櫓周辺石垣修理履歴・空堀発掘調査成果・続櫓下石垣非破壊調査結果報告

  石垣前面押さえ補強案・支持対策案の提示⇒**継続審議**
- （第3回）　石垣前面押さえ補強の検討まとめ

  ⇒**改めて大規模解体修理案を含めた比較検討を行い、工法選択する**

詳細設計の結果、はばき石垣が想定より大規模になり景観等へ影響する
→改めて大規模解体修理を踏まえて検討する

【2023令和5年度　文化財修復検討委員会】

- （第2回）**解体範囲の承認**、**修理工法は解体調査結果を踏まえて検討**する。

【2024令和6年度～2025令和7年度　石垣解体工事

- R7.12月現地視察　最終解体ラインの確認

⇒H443は、石垣立面観察成果より最下段5段中２段程度の解体範囲に収めるよう指摘

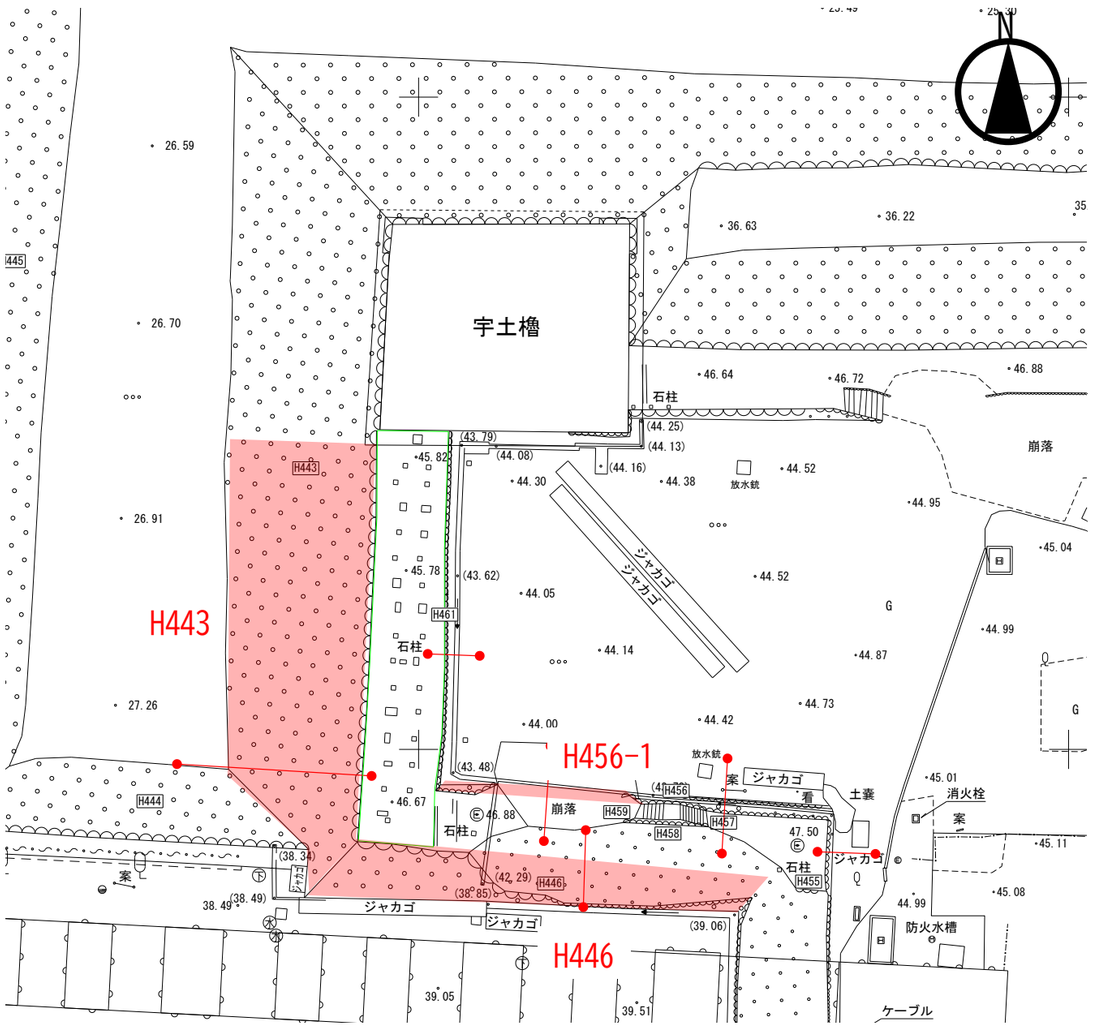
H456-1の変状箇所について解体範囲再精査の指摘

■今回の委員会での報告・審議事項

1．解体完了後背面調査結果　【報告】
2．石垣復旧方針（H443、H446、H456-1）　【審議】
3．H443解体修理範囲の検討　【報告】
4．H456解体範囲変更　【審議】

■今後の予定

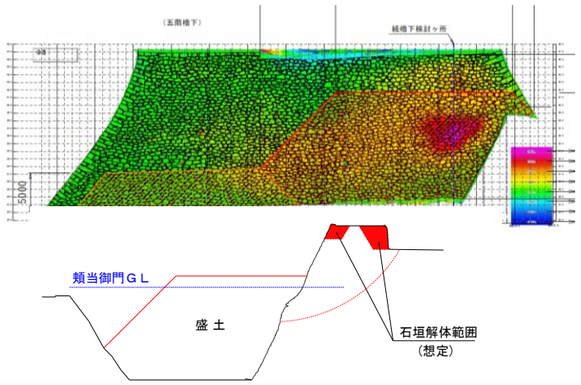
令和９年３月～　修理工事着手（残りの解体含む）



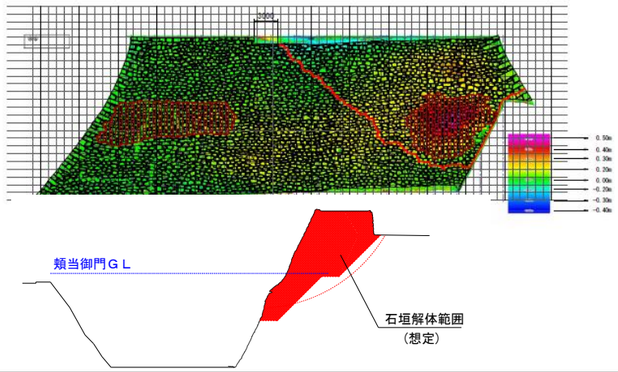
宇土櫓続櫓下石垣　復旧措置（案）

資料6-2

R1.12.25　石垣・建築・構造合同ワーキング
R2.3.26　熊本城文化財修復検討委員会



膨らみ部の復旧措置は解体修理ではなく押さえによる対応
（ただし、盛土で覆い隠すのではなく鉄骨など別案で検討を）

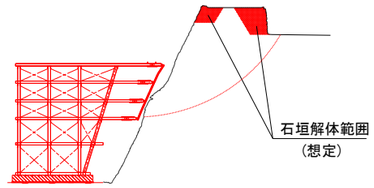


〔押さえ盛土案、大規模解体修理案のNG理由〕※委員指摘によるもの
- 慶長期の高石垣で大部分が残っている石垣は他にない
- 解体修理した場合の損失が大きく、文化財保護上のダメージが大きい

- 鉄骨であれば隙間から石垣が見え、石垣の本質的価値も保全される
- 当面は鉄骨でいきながら、将来良い補修方法があれば再検討できる

【暫定的な復旧措置】

R3.2.22　石垣・建築・構造合同ワーキング

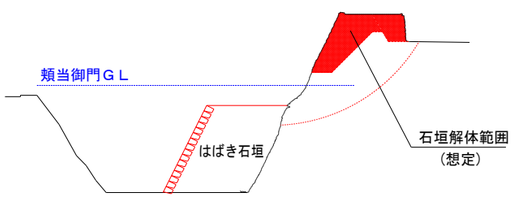


鉄骨構造物等の押さえ補強案の差戻し
（ただし、石垣を解体修理するにしても範囲が小さくなる工夫を検討するなど再度整理すること）



〔鉄骨構造物の押さえ補強案のNG理由〕※事務局の方針によるもの
- 暫定措置として、変状部の本格的復旧措置の課題を将来に先送り
- 暫定措置では、耐用年数を迎えた更新時期への対応が懸念
  （建物・石垣の再解体修理）
- 熊本城の代表的な視点場に鉄骨構造物による現代工法が残り続ける

R3.5.31　熊本城文化財修復検討委員会

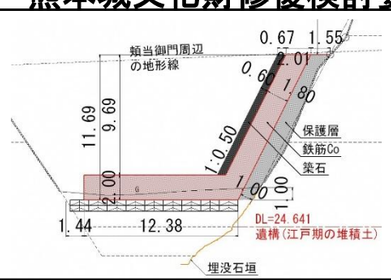


はばき石垣+石垣上部の解体修理
（ただし、頬当御門の土橋の高さを越えないこと、はばき石垣内部の補強により構造のコンパクト化を図ること）

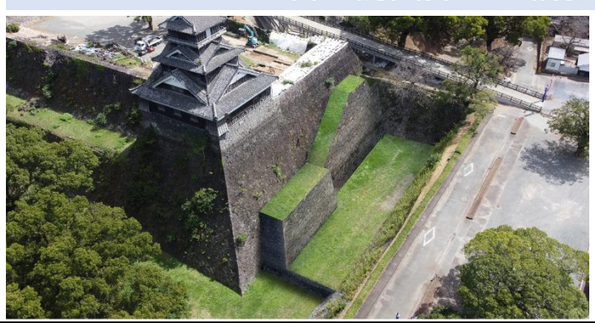


〔はばき石垣による押さえ補強案の承認理由〕
- 400年の長い歴史の中で熊本城を始め全国的に行われてきた技術
- 伝統工法の「はばき石垣」であれば、今後の熊本城の歴史を考えても
  今回の修理そのものが歴史であり、景観の阻害も最小限となる
- 石垣解体修理範囲の縮小化が図られる

R4.9.22　熊本城文化財修復検討委員会
R5.2.1　熊本城文化財修復検討委員会



石垣前面押さえ補強案と大規模石垣解体修理案の工法比較による再審議



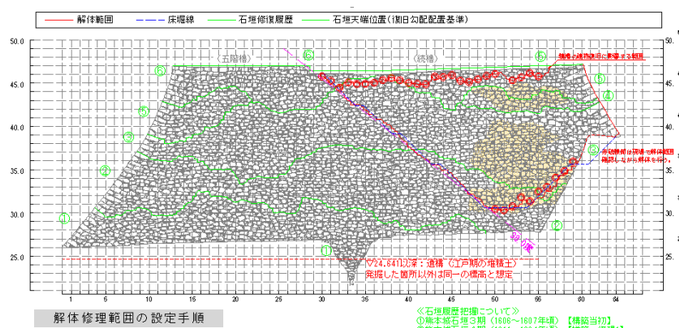
〔はばき石垣の押さえ補強案及び大規模解体修理の再審議理由〕
- 石垣前面押さえ補強の検討に伴う調査設計により、当初想定していたよりも、城郭平面構造や景観に影響がある
- 空堀内の本質的価値に影響がある

- 次回委員会にて、改めて大規模解体修理案を含めた比較検討を行い、工法選択する

宇土櫓続櫓下石垣　復旧措置（案）

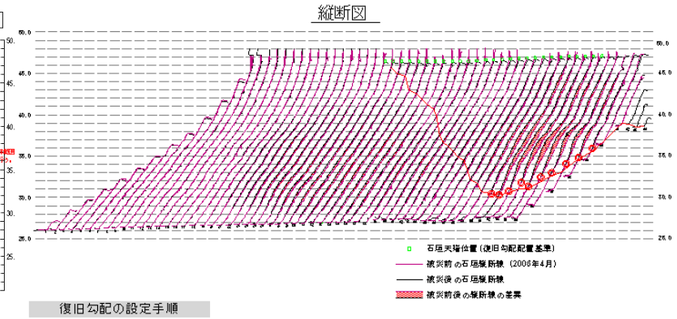
R5.9.22　熊本城文化財修復検討委員会

復旧勾配の設定と解体修理範囲の提示、耐震診断結果と現代補強工法による復旧の審議



解体修理範囲の設定手順

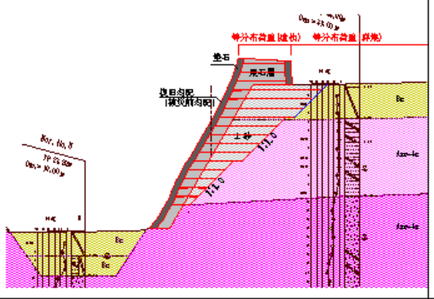
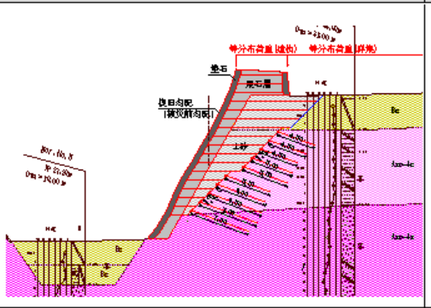
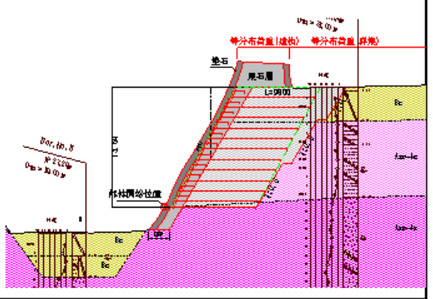
①復旧勾配を縦断図に重ねる。
②復旧勾配を元に縦断図上で変状開始位置を定める。（赤二重丸）
※変状の大きいNo.50～No.58の膨らみを対象として解体範囲を設定
③変状開始位置を立面図に投影する。
④立面図上に解体範囲を図示する。
※勾配は安全衛生規則第357条に基づいた安全勾配を満足している。
⑤立面図上の解体範囲を縦断図上に投影する。



復旧勾配の設定手順

①H443石垣被災前の点群測量データより、各縦断図を作成。
②おおよその下端位置を基準に現況縦断図に上記被災前縦断線を合成。

被災前点群データ出典：
2006年4月UAVレーザースキャナー測量による点群データ/リーグルジャパン（株）

第1案 ジオグリッド	第2案 ジオグリッド+鉄筋挿入	第3案 掘削範囲拡大+ジオグリッド
		
・石垣解体に伴う床堀範囲において、補強材（ジオグリッド）を敷設し、その補強材の引抜抵抗力により安定させる案	・石垣解体に伴う床堀範囲のみに補強材（ジオグリッド）を敷設し、不足抵抗力を補う対策として鉄筋挿入工と連結する案。 ・【鉄筋】延長4.5~7.0m、削孔径135mm、水平打設間隔@0.5m	・安定に必要な補強材（ジオグリッド）の敷設長が確保できるまで、掘削範囲を拡大する案。

〔事務局からの提案内容〕

- H443は被災前の点群データ等から、復旧勾配と解体範囲を設定
  H446は石垣カルテ情報や平面情報等から復旧勾配と解体範囲を設定。
- H456は石垣カルテ情報や隣接部から復旧勾配と解体範囲を設定
- 床掘勾配は基本的に地山想定で45度
- 耐震診断（在来）の結果、H443、H446、H456-1がC判定となり、地震時に安全性を確保できないという結果になった。
- 補強方法を検討したが、背面状況が不明で不確定要素が多いことから、掘削範囲が最小限となる案（ジオグリットのみ、もしくはジオグリットと地山鉄筋挿入併用）で解体を進め、解体調査で得られた情報を踏まえて修理工法を検討したい旨を提案

〔委員意見と審議結果〕

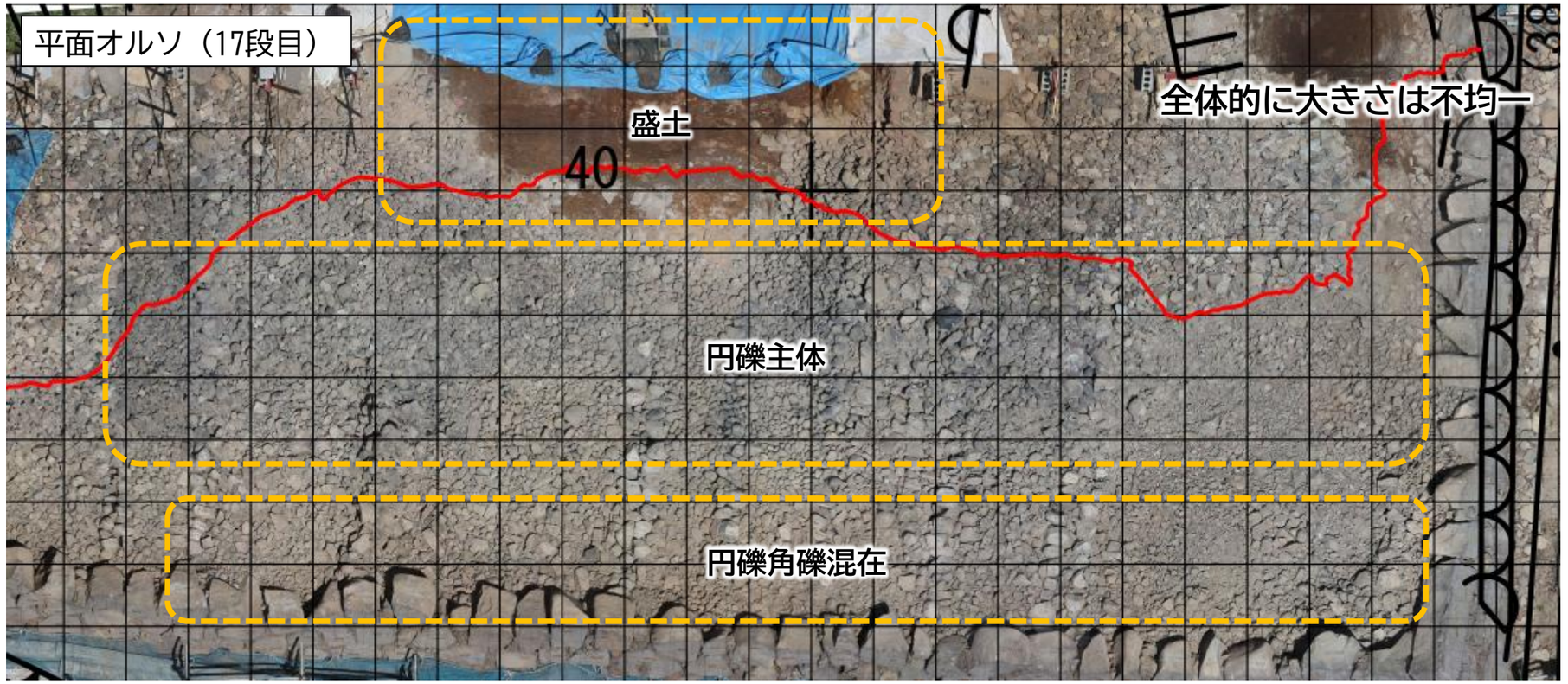
- 解体範囲は承諾。
- 現時点の情報だと鉄筋挿入長が長くなってしまうため、解体を先行して調査結果を踏まえて再検討することで承諾。

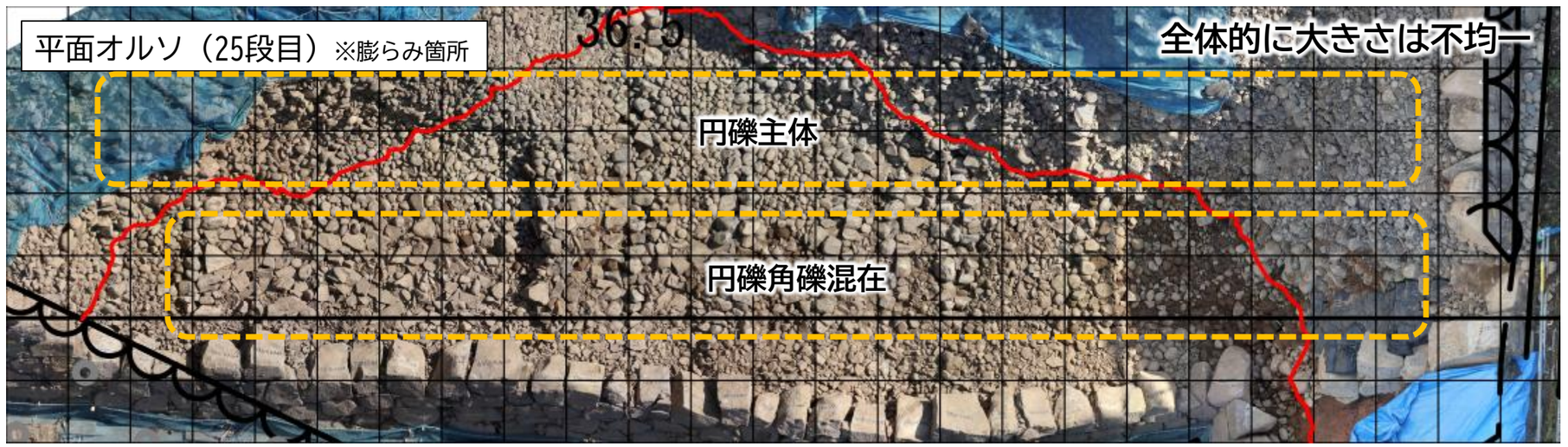
宇土櫓続櫓下石垣　１．解体完了後背面調査結果【報告】　資料6-4

解体完了後の背面調査結果（１）全体構造

①平面構造

全体的な傾向として、築石の直背面付近の栗石層は角礫と円礫が混在していて、背面側に向かうにつれて円礫主体となる。栗石の大きさは**不均一**であり、その背面（平左衛門丸側）には盛土が確認された。





■膨らみ部分の背面状況について

解体調査の結果、膨らみ部分の背面について、裏込め材の緩み等は確認されなかった。

なお、解体前の調査で存在が指摘されていた空隙付近については、築石背面のテーパー間の空隙が確認されている。



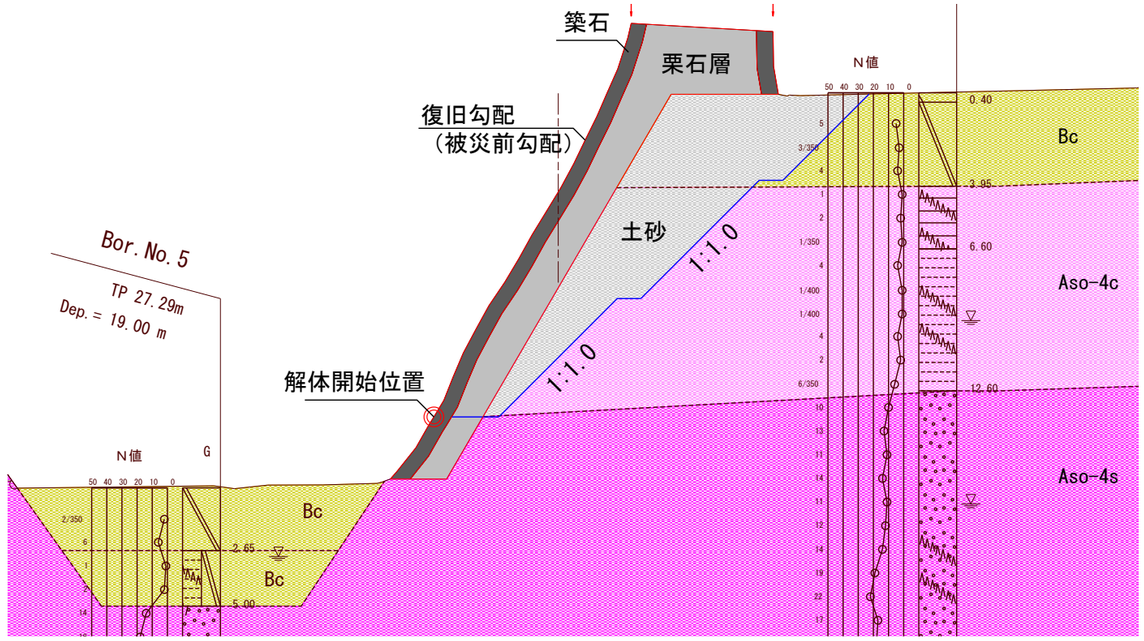


解体完了後の背面調査結果（１）全体構造

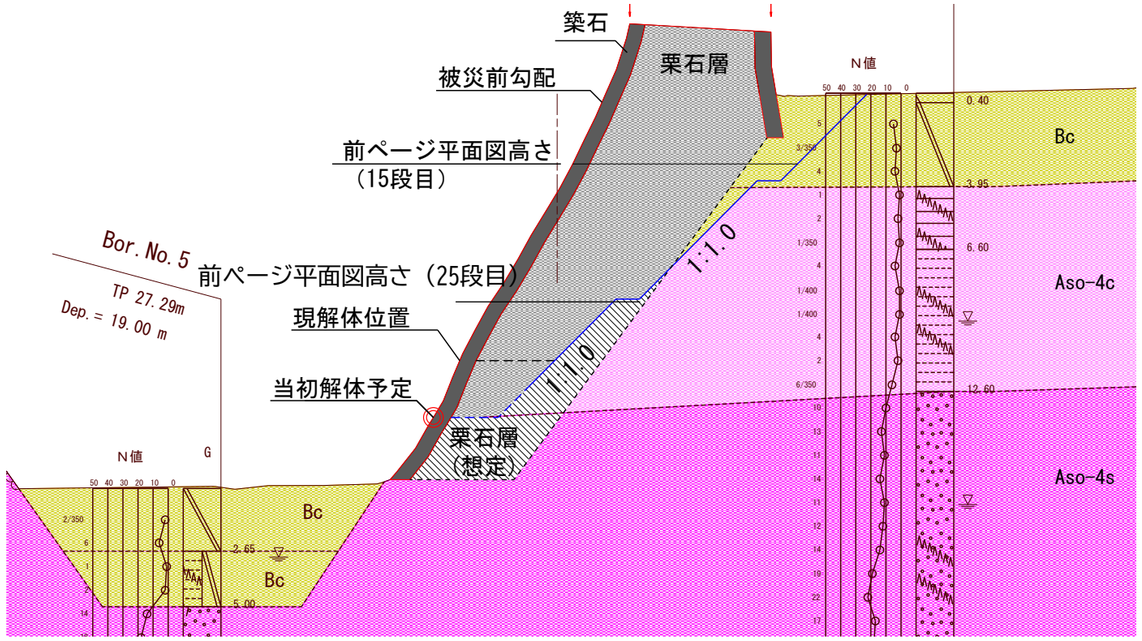
②断面構造

レーダー探査の結果、城内他の石垣の解体状況、ボーリングデータ等を勘案し、解体前は下左図を想定していた。実際に解体したところ、下右図の断面であることが確認された。

想定より栗石層が厚く分布し、厚さは約６ｍ程度確認された。その背面は盛土となっており、土質は粘性土（Aso4由来ではない）。盛土のN値は2～6程度と比較的小さいものの、大規模な地割れが確認されていないことから、盛土全体に及ぶすべり面は形成されていないと考えられる。



断面図_解体前想定



断面図_解体後



断面オルソ図_解体後

解体完了後背面調査結果（２）築石について

①控え長

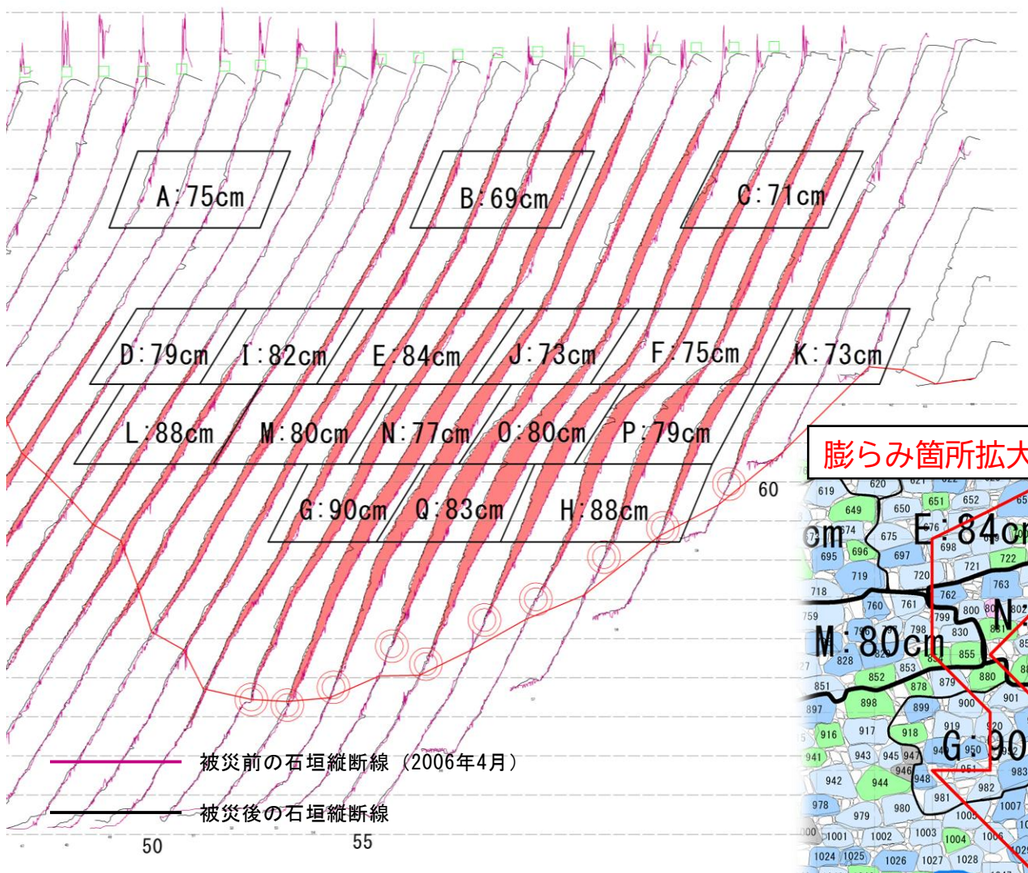
控え長分布図をもとに、傾向を確認するため、分布範囲とその平均値を算出し比較した。
下図の黒枠で囲った範囲を１ブロックとして、控え長平均値を記載している。

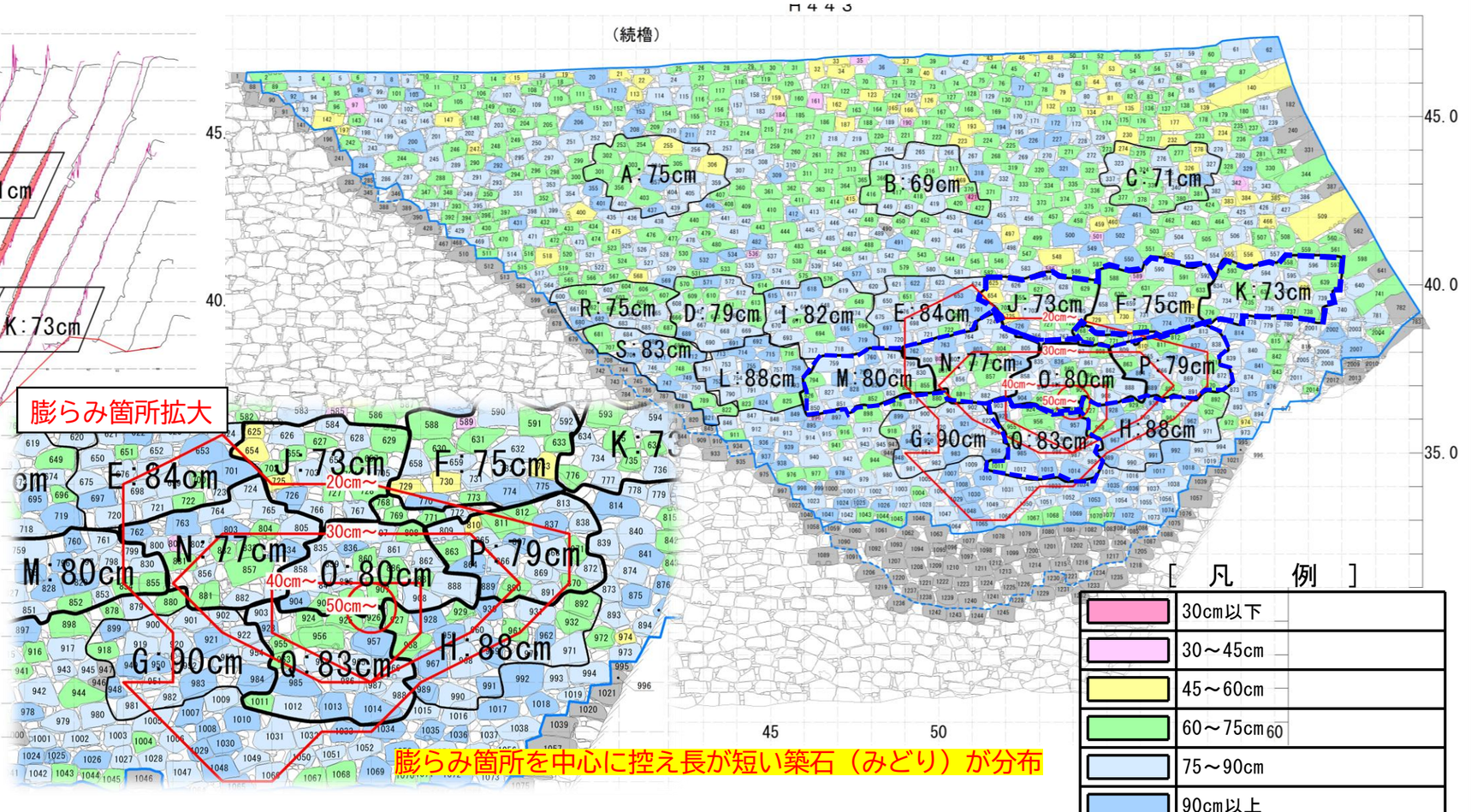
＜調査結果＞
- 石垣上部は控えが短い築石が分布し、下部にいくにつれて控えが長くなる分布となっている。
- 膨らみの頂点より上部（J/F/K、M/N/O/P）の築石は、同じ高さの別断面と比べて、相対的に控え長が短い。
- 膨らみの頂点より下部において、膨らみの中心部分（Q）の築石は、相対的に控え長が短い。

→膨らみ部分を中心に控え長が短い築石が分布　→　控え長が短い築石が集中すると変状しやすくなる傾向



【全体的な解釈】
- 控えが短い築石は、長い築石と比較すると前後に動きやすい。そのため、青破線で囲った範囲が相対的に弱部になりうる。このうち、測点No.53-54付近のJ、O、Qにおいて相対的に控えが短くなっているが、これが膨らみの中心位置と合致する。





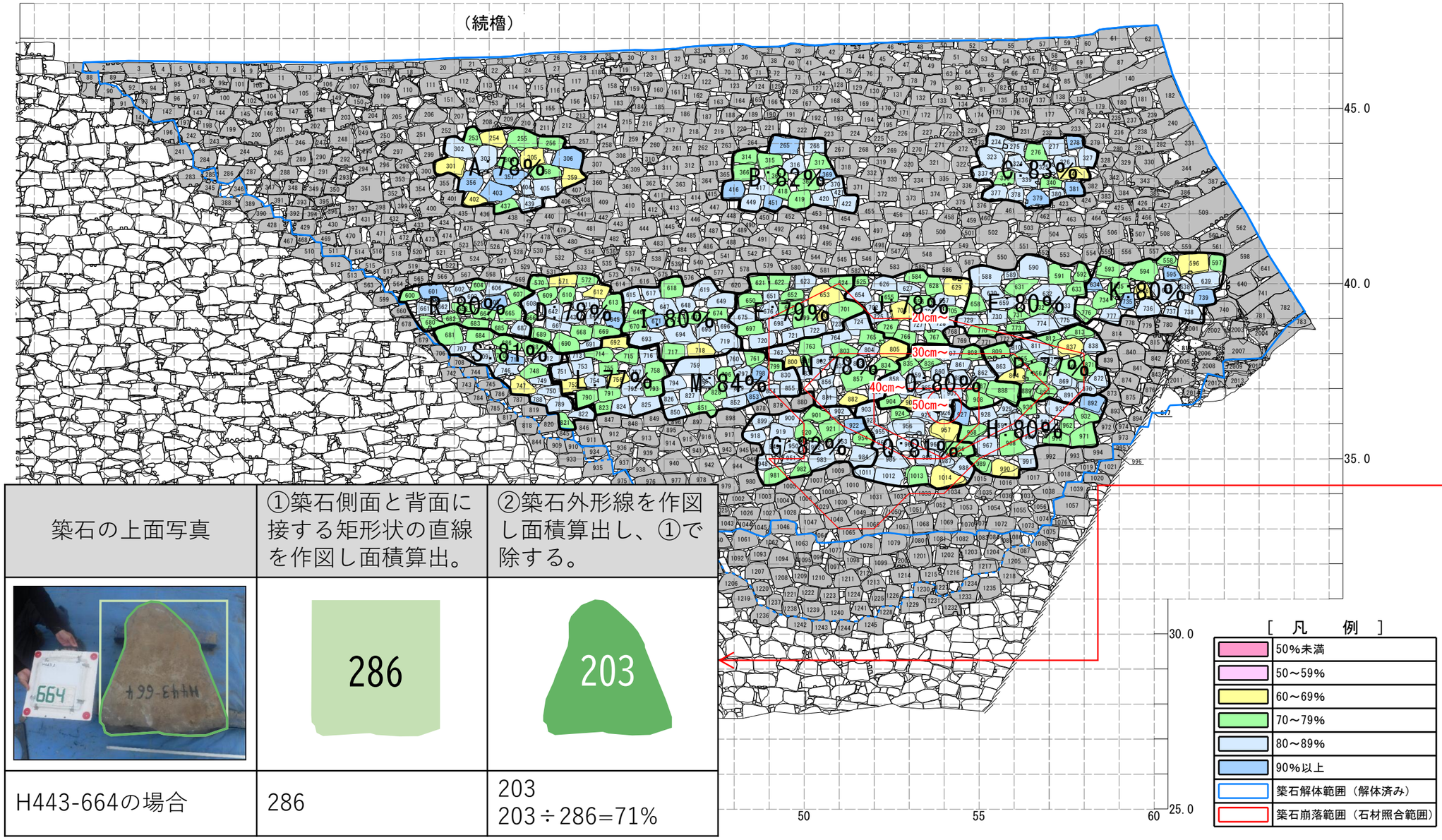
解体完了後背面調査結果（２）築石について



②テーパー率

築石の平面テーパー率（築石の尻すぼみの程度）が大きい場合、築石の石尻が落ち込みやすいことが想定される。そこで傾向を確認するため、分布範囲とその平均値を算出し比較した。テーパー率の算定方法は、①築石側面と背面に接する矩形状の直線を作図し面積算出。②築石外形線を作図し面積算出。③ ②を①で除する。

＜調査結果＞
・石垣の膨らみ箇所と、変状が少ない箇所のテーパー率を比較したところ、有意な差はみられなかった。
→テーパー率は石垣安定性に大きな影響は与えない。



築石の上面写真	①築石側面と背面に接する矩形状の直線を作図し面積算出。	②築石外形線を作図し面積算出し、①で除する。
	286	203
H443-664の場合	286	203 203÷286=71%

ブロックR	
築石	テーパー率
600	72 %
601	91 %
602	87 %
603	86 %
604	77 %
605	90 %
606	84 %
607	75 %
661	81 %
662	86 %
663	78 %
664	71 %
665	72 %
680	77 %
682	73 %
683	76 %
685	76 %
687	83 %
平均	**80 %**

宇土櫓続櫓下石垣　１．解体完了後背面調査結果【報告】

解体完了後背面調査結果（３）栗石層について

①現場密度試験

江戸期修理部の栗石において、水置換法による現場密度試験を3箇所で実施したところ、右表の結果となった。

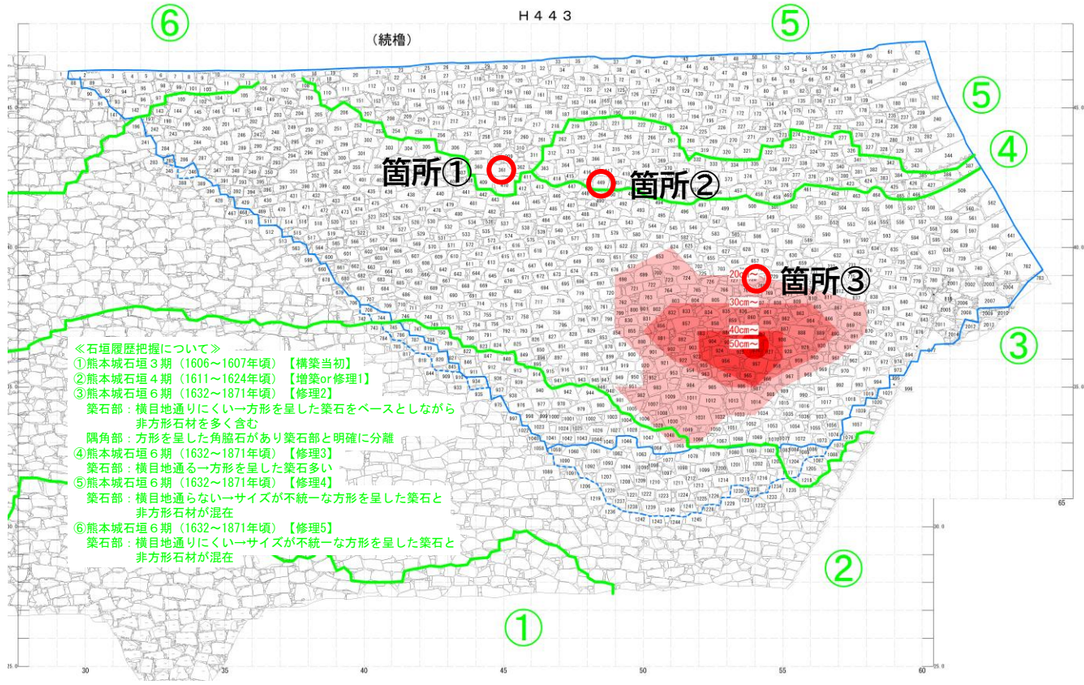
＜調査結果＞
・試験の結果、13kN/m3と非常に小さい値であった
・変状の程度に関わらず、どの場所でもほぼ同程度
→物性値として、そのまま修理の石材への適用は難しい。

なお、同じ江戸期修理部（飯田丸五階櫓）の単位体積重量は12.3kN/m3であった。

孔壁や孔底部分には最大径φ250～400mm程の巨石が積み重なった状況であり、巨石の寸法が大きいため空隙が多く低い値となったと考えられる。修理時は、栗石層の強度確保のためにより高い数値を目指す必要がある。



	t/m3	kN/m3
箇所①	1.319	12.9
箇所②	1.425	14.0
箇所③	1.295	12.7
平均	1.346	13.2



②安息角試験及び現位置調査

現地栗石を使用した安息角試験を実施した。また、現位置における勾配を計測した。

＜調査結果＞
・安息角試験では、角礫主体の栗石で最小値が44.3度、円礫主体の栗石で最小値が43.1度
・同時に測定した単位体積重量は、角礫主体が17.6kN/m3、円礫主体が18.4kN/m3
・現位置調査での勾配は平均47.0度であった。
→本石垣での修理に用いる栗石の物性値として、安息角43度、単位体積重量18kN/m3を適用できる。（※ただし、良好な条件を満たした場合。）

以上より、修理に用いる栗石の物性値に関して、栗石の形状、粒径、締固め状態が比較的良好な条件を満たしうる場合において、安息角試験の結果を適用可能と考えられる。ただし、材料、施工精度のばらつきを考慮し、試験の中で最も小さな43.1度を用いる。また、単位体積重量は18.4kN/m3程度とする。

安息角試験の結果（度）		
	角礫主体	円礫主体
1回目	48.0	44.3
2回目	47.2	48.9
3回目	44.3	43.1
平均	46.5	45.4
単位体積重量 kN/m3	17.6	18.4

現位置勾配調査結果（度）	
	角礫主体
箇所１	46.2
箇所２	47.0
箇所３	47.8
平均	47.0





【安息角試験の方法】栗石の物性値（安息角≒内部摩擦角）を調査するため、傾斜法による安息角試験を実施した。対象材料は、角礫を主体とする栗石および円礫を主体とする栗石の2種類とし、計3回実施した。試験では、10tダンプトラックの荷台に石工の手作業により栗石を敷き詰め、蛸胴突きを用いて締め固めを行った。その後、ダンプトラックの荷台を徐々に傾斜させ、栗石に大規模な崩壊が生じた時点の荷台傾斜角を記録した。

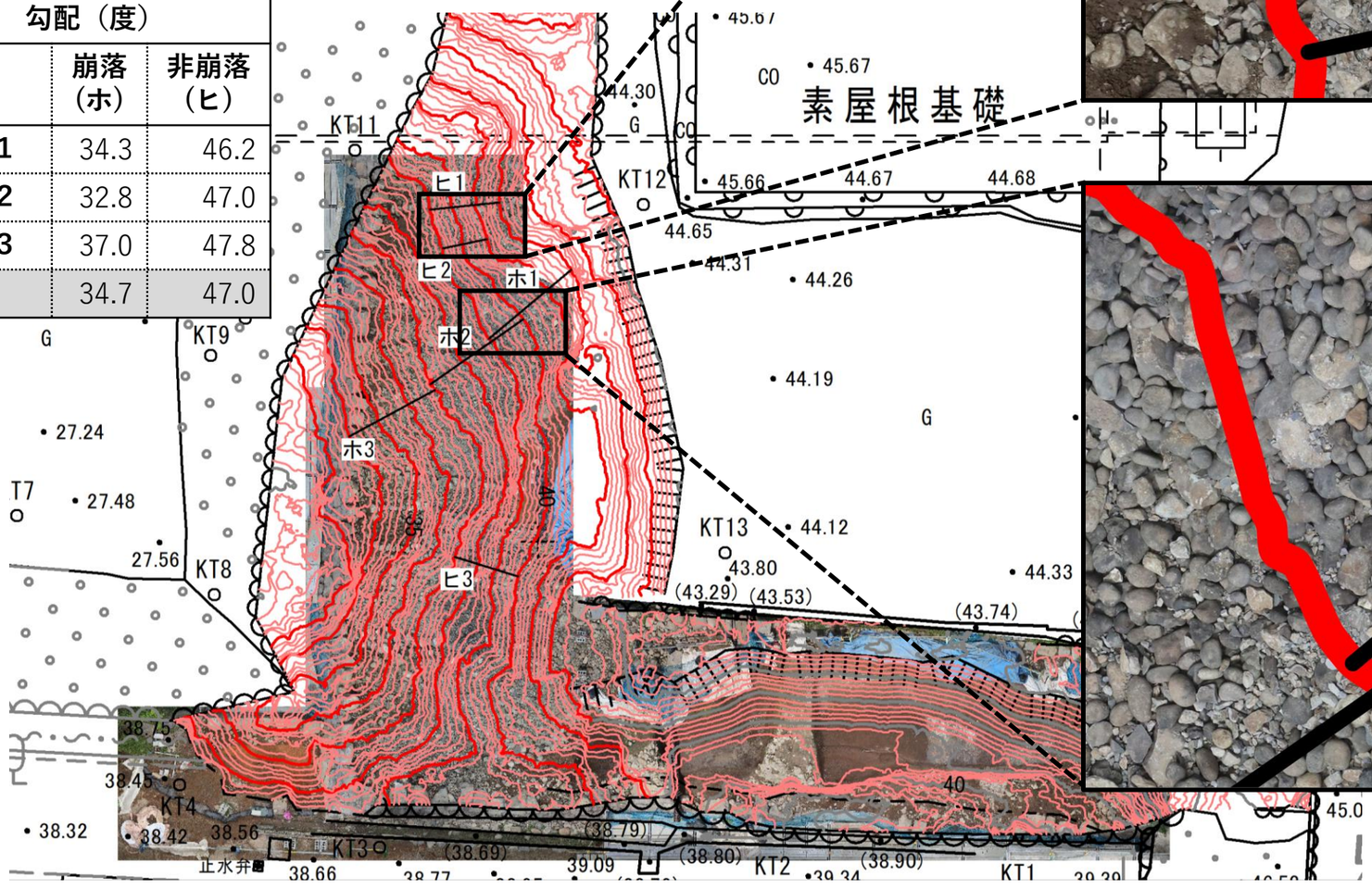
解体完了後背面調査結果（３）栗石層について

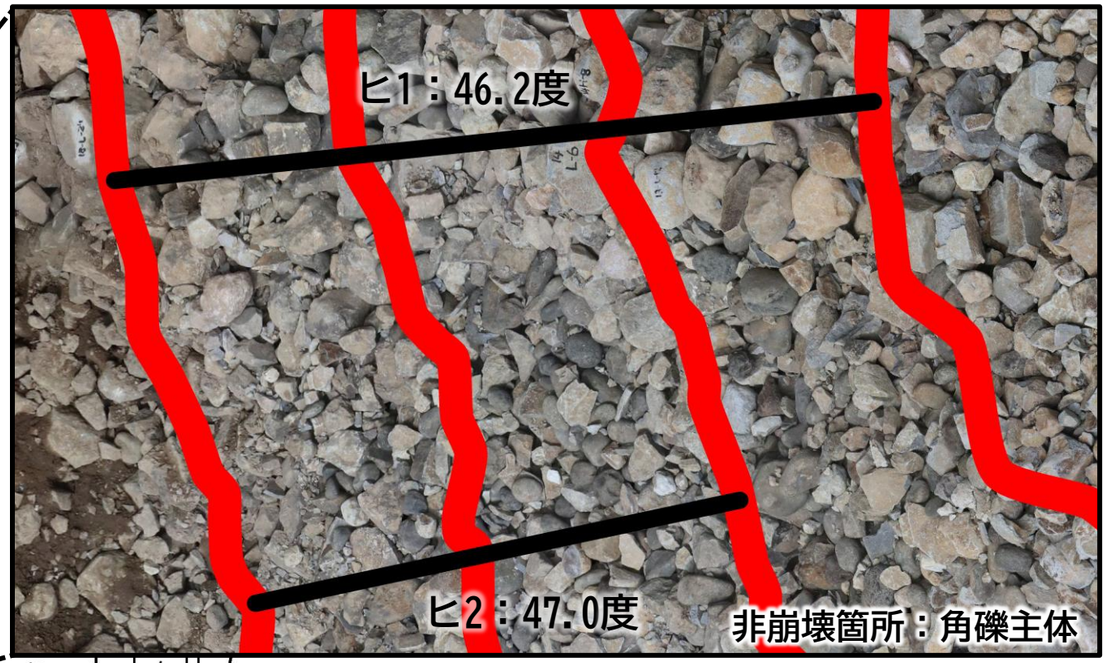
③崩壊状況調査

令和7年12月4日に発生した栗石法面崩落後の栗石法面の現地調査と勾配調査を実施した。実施位置は下図のとおりであり、崩落箇所をホ1～3、非崩落箇所をヒ1～3とした。

＜調査結果＞
・崩落部分の栗石は径の小さな円礫主体であった。
・非崩落部分の栗石は角礫主体であった。
→円礫より角礫の方が安息角が大きい。
径の小さな円礫は不安定化しやすい傾向。

崩落時における法面の勾配（度）		
	崩落（ホ）	非崩落（ヒ）
箇所１	34.3	46.2
箇所２	32.8	47.0
箇所３	37.0	47.8
平均	34.7	47.0







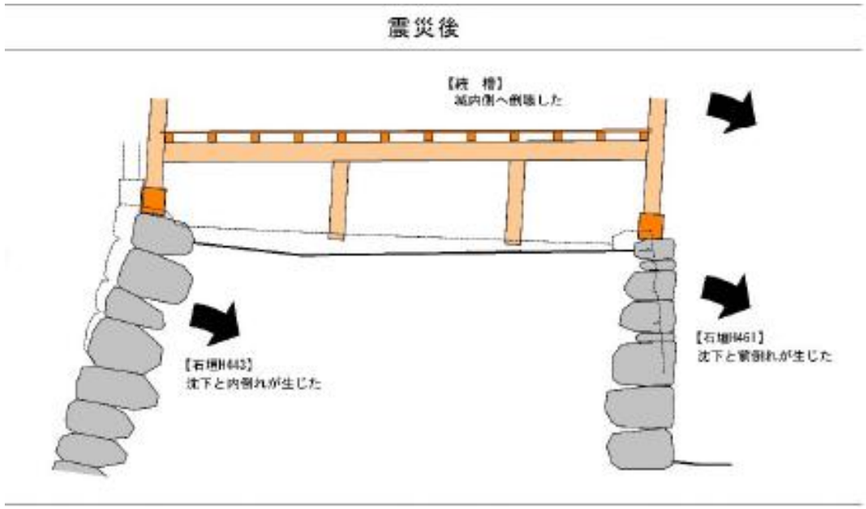
19段目の平面オルソを使用

解体完了後背面調査結果（４）結果総括

現地の状況（被災状況、全体構造）と調査結果についてまとめたのが下表である。調査結果を次ページ以降の「**２．石垣復旧方針**」の検討に活用する。

被災状況







■H443：石垣下部の膨らみ、沈下・後倒による続櫓の倒壊

■H446、H456：大規模な崩落、続塀の倒壊

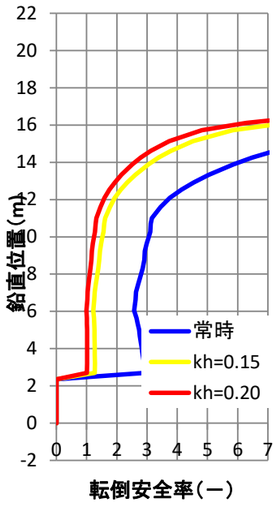
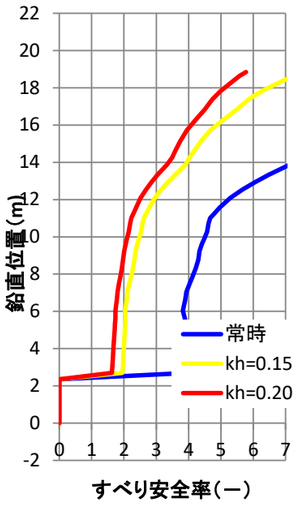
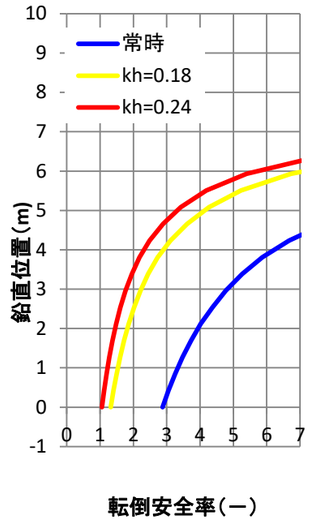
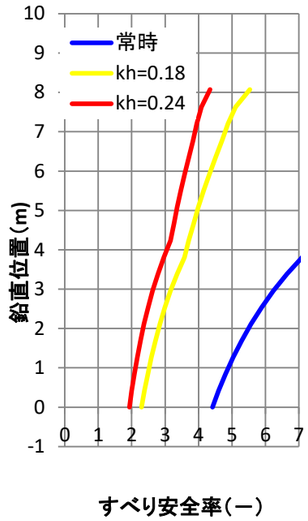
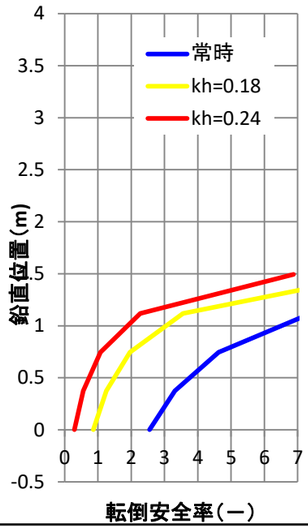
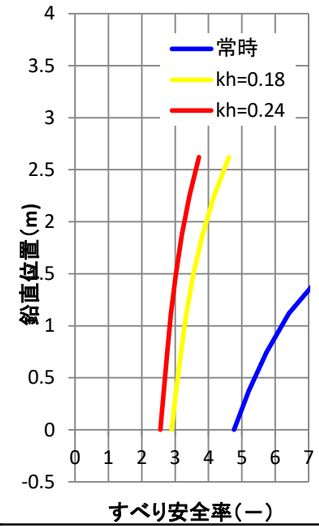
	調査項目	調査結果	解釈	復旧設計での検討事項
全体構造	現場状況	裏込め材として角礫と円礫が混在し、大きさもバラバラで不均一。 栗石層の幅は約6mで背面盛土の変状なし。	裏込め材として品質にばらつきがある可能性がある。 大規模すべり面はない。	**単位体積重量18kN/m3、内部摩擦角43度**を、在来工法による耐震診断（累積示力線法）の物性値に適用する。 裏込め材が不均一のため、品質にばらつきが出る可能性がある。また、小さい円礫が集中する箇所は弱部となる可能性がある。 極端に控えが短い築石については置き換えも検討する。
築石	控え長	（H443）膨らんでいた箇所を中心に、相対的に控え長が短い築石が分布していた。 （H446）全体的に控え長が短い築石が分布していた。	控え長が短い築石が集中すると不安定になりやすい。	
	テーパー率	石垣の膨らみ箇所と、変状が少ない箇所のテーパー率を比較したところ、有意な差はみられなかった。	テーパー率は石垣の安定性に影響しにくい。	
栗石	現場密度	約14kN/m3と非常に小さい値となっていた。 場所による差（変状・非変状）はみられなかった。	修理に用いる栗石の物性値としてそのまま使用できない。	
	安息角試験 現場密度試験	安息角試験最小値が43.1度で、その際の現場密度は18kN/m3であった。 現位置調査では、非崩落箇所の勾配が47.0度であった。	適切な条件下で、単位体積重量18kN/m3、内部摩擦角43度を適用可能。	
	崩壊状況調査	崩落した箇所の裏込め材は径の小さな円礫主体であった。 角礫部分の崩落はなし。	径の小さな円礫主体だと不安定化しやすい傾向がある。 角礫の方が安定化傾向。	

石垣復旧方針（１）基礎診断（累積示力線法）の再計算結果

（４）**結果総括**の結果を踏まえ、物性値（単位体積重量、内部摩擦角）を見直し、再度累積示力線法による再計算を実施した結果が以下の表である。

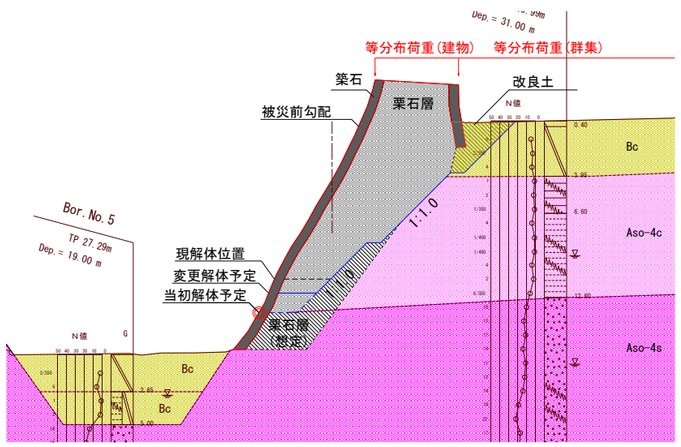
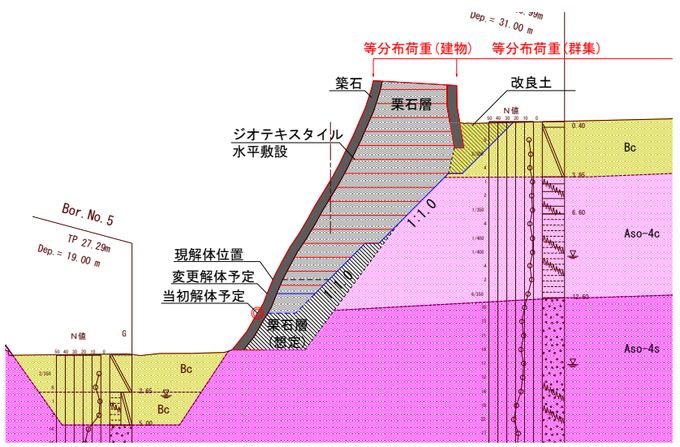
■見直し内容

物性値	前回（解体前）		見直し後（調査結果反映）
単位体積重量	16kN/m3	⇒	18kN/m3
内部摩擦角	35度	⇒	43度

		H443		H446		H456-1	
安息角試験を受けて物性値見直し（在来）	単位体積重量	18kN/m3		18kN/m3		18kN/m3	
	摩擦角＝背面摩擦角	43度		43度		43度	
							
	常時	OK　Fs=2.93	OK　Fs=4.01	OK　Fs=2.88	OK　Fs=4.42	OK　Fs=2.55	OK　Fs=4.77
	中地震	OK　Fs=1.27	OK　Fs=1.95	OK　Fs=1.32	OK　Fs=2.30	NG　Fs=0.86	OK　Fs=2.90
	大地震	OK　Fs=1.01	OK　Fs=1.62	OK　Fs=1.05	OK　Fs=1.93	NG　Fs=0.29	OK　Fs=2.56
	判定	OK		OK		NG	
前回（在来）	単位体積重量	16kN/m3		16kN/m3		16kN/m3	
	摩擦角＝背面摩擦角	35度		35度		35度	
	常時	（Fs=1.34）	OK　Fs=2.04	OK　Fs=1.55	OK　Fs=2.67	OK　Fs=1.52	OK　Fs=3.42
	中地震	NG　Fs=0.72	OK　Fs=1.18	NG　Fs=0.91	OK　Fs=1.70	NG　Fs=0.68	OK　Fs=2.47
	大地震	NG　Fs=0.59	OK　Fs=1.01	NG　Fs=0.77	OK　Fs=1.48	NG　Fs=0.40	OK　Fs=2.24
	判定	NG		NG		NG	

石垣復旧方針（２）修理方法の検討 H443

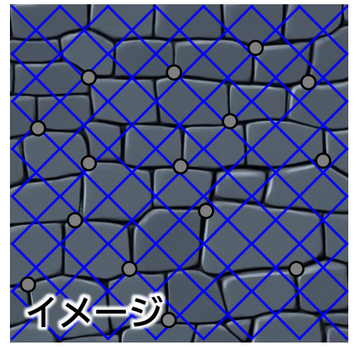
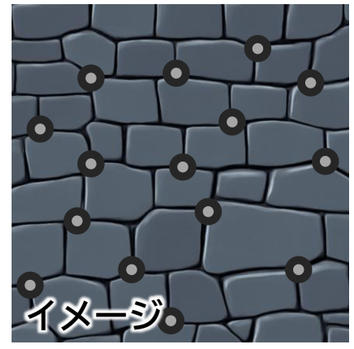
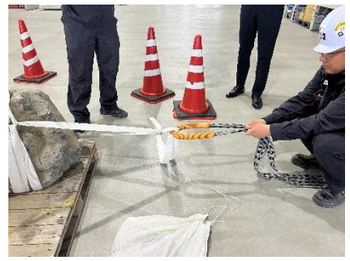
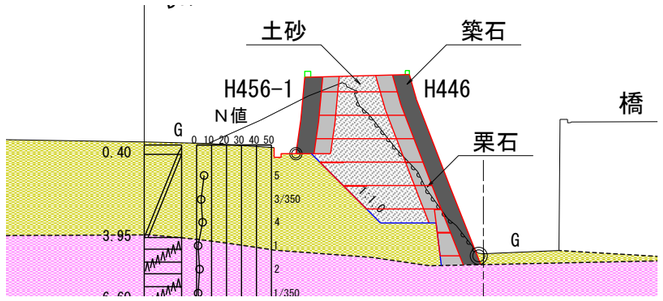
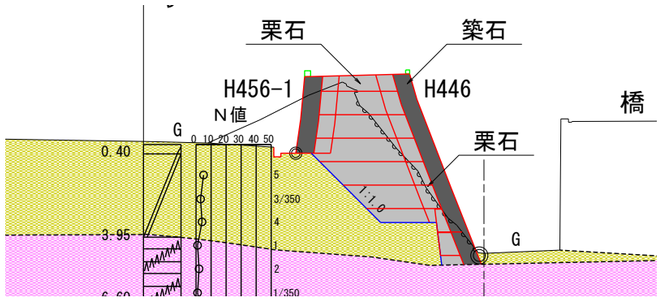
耐震診断の再計算結果では、H443は「安定」となったが、**耐震診断結果に加え、実際の被災状況と背面調査結果を総合的に勘案**して、以下のとおり工法を相対的に比較し検討を行った。

	案１（在来工法）	案２（在来工法+材料の変更）	案３（在来工法+ジオグリット敷設）
概要	今の材料を用いて、在来工法で修理する  ※盛土掘削部分の埋め戻しは改良土を使用	案1の安全性を高めるために、膨らみの要因と想定される要素に対策を行う案 案１に以下の対策（案）を追加 ①栗石の置き換え 円礫を角礫に置き換える ②築石の置き換え 膨らみ部箇所のうち、控えが極端に短い築石を、控えが長い築石に置き換える ※盛土掘削部分の埋め戻しは改良土を使用	案1にジオグリットを敷設する案 （補強及び沈下対策）  ※盛土掘削部分の埋め戻しは改良土を使用
安定性	累積示力線法による耐震診断→OK ただし、裏込め材が不均一であるため、弱部となりえる部分が残る懸念がある。 △	累積示力線法による耐震診断→OK 定量的な評価はできないが、案１のリスク要因を減らしているため、案１より優れると判断。 ○	累積示力線法による耐震診断→OK 補強対策を実施するため、安定性は最も高いと判断できる。 ◎
文化財への影響	内部 元の材料 ○ 可逆性 可逆性あり ○	内部 材料置き換えを行う △ 可逆性 置き換えるため可逆性なし △	内部 元の材料＋補強材 △ 可逆性 分離可能なので可逆性あり ○
建造物への影響	構造は地震前と同様なため、再度の地震で栗石層が沈下し、続櫓の構造に影響を与える恐れがある。 沈下防止のため、続櫓側で沈下対策を検討する必要がある。 △	定量的な評価は難しいが、案１における沈下リスクの栗石層の調整を行うため、案１よりは建物への影響は少なくなると判断。 ○	ジオグリットを敷設することで、栗石層の沈下を抑制でき、建物への影響を抑えることができる。 ◎
第三者への影響	復旧後は続櫓には常時人が立ち入るため、栗石層沈下による第三者被害のリスクあり。 △	同上 ○	ジオグリットを敷設することで、栗石層の沈下を抑制でき、第三者被害を防止することができる。 ◎
経済性	最も優位 ◎	置き換え対象の材料費や加工費等が発生する。 △	補強材の費用が発生 ○

案１でも安定との計算結果だったものの、数値としてはかなりギリギリであること、また構造は変わっていないことから、再地震時に栗石層が沈下する恐れがあり、第三者被害の可能性と続櫓側での沈下対策の必要性を総合的に勘案し、案３の「在来工法＋ジオグリット敷設」を採用したい。

石垣復旧方針（３）修理方法の検討 H446、H456-1

耐震診断の再計算結果では、H446は「安定」、H456-1は「不安定」となった。ただし、H446とH456-1は背面をともにする半石塁の構造となっており、H456-1が崩落すると背面の支えを失いH446も不安定化する恐れがあること、また、熊本地震において大規模に崩落したという実現象を考慮し、**H446とH456-1を一体的に現代工法を伴う修理工法**を検討する。
なお、復旧後はH456、H446ともに石垣直下まで人が立ち入ることから、第三者被害予防のため落石防止構造も必要となる。

	案１（元材料での埋め戻し）	案２（栗石置き換えでの埋め戻し）	落石防止構造
概要	石垣解体に伴う床堀範囲において、補強材（ジオグリッド）を敷設し、その補強材の引抜抵抗力により安定させる 薄灰色箇所は土砂（c：19kN/m2、γ18kN/m3）で埋め戻し※改良土	石垣解体に伴う床堀範囲において、補強材（ジオグリッド）を敷設し、その補強材の引抜抵抗力により安定させる 灰色箇所は栗石（φ43度、γ18kN/m3）で埋め戻し	以下の案から検討・選定予定。 【ネット】  【受圧板系】  【新工法】 ※表面から見えない工法  ※構造によっては、ジオグリッドの敷設間隔が狭くなる
	 下4段の内的安定不足に関しては、背面側を巻き込むことで引き抜き長を確保する。	 下2段の内的安定不足に関しては、背面側を巻き込むことで引き抜き長を確保する。	

安定性			許容値	判定	計算結果	許容値	判定	計算結果
	内的安定	常時	2.00	NG	1-2段目→背面側を巻き込むことで対応	2.00	NG	1-2段目→背面側を巻き込むことで対応
		地震時	1.20	NG	1-4段目→背面側を巻き込むことで対応	1.20	NG	1-2段目→背面側を巻き込むことで対応
	外的安定 滑動	常時	1.50	OK		1.50	OK	
		地震時	1.20	OK		1.20	OK	
	外的安定 転倒	常時	0.532	OK	-0.251	0.532	OK	-0.251
		地震時	1.064	OK	0.290	1.064	OK	0.290
	全体安定	常時	1.20	OK	1.381	1.20	OK	1.428
		地震時	1.00	OK	1.279	1.00	OK	1.623
建造物への影響			現代補強を入れることで栗石の沈下を防止でき建物への影響を抑えることができる。			現代補強を入れることで栗石の沈下を防止でき建物への影響を抑えることができる。		
文化財への影響		内部	元の材料（改良土）＋補強材			材料置き換え（栗石）＋補強材		
		可逆性	分離可能なので可逆性あり			分離可能なので可逆性あり		

累積示力線法による耐震診断結果と構造条件、文化財への影響を踏まえ、案１の「ジオグリットによる現代補強（元材料での埋め戻し）」を採用したい。

石垣復旧方針（５）専門診断（FEM-DDA）の計算結果　【報告】

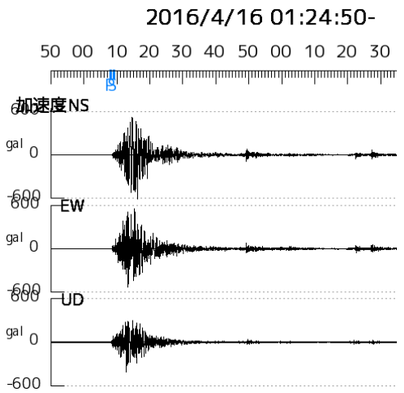
H443を対象に専門診断として数値解析を実施した。

まず、熊本地震による被災状況を再現するために、**「熊本地震前の勾配、物性値は内部摩擦角を35度、単位体積重量を16kN/m3」**で解析した。（内部構造は解体して判明した断面を反映）

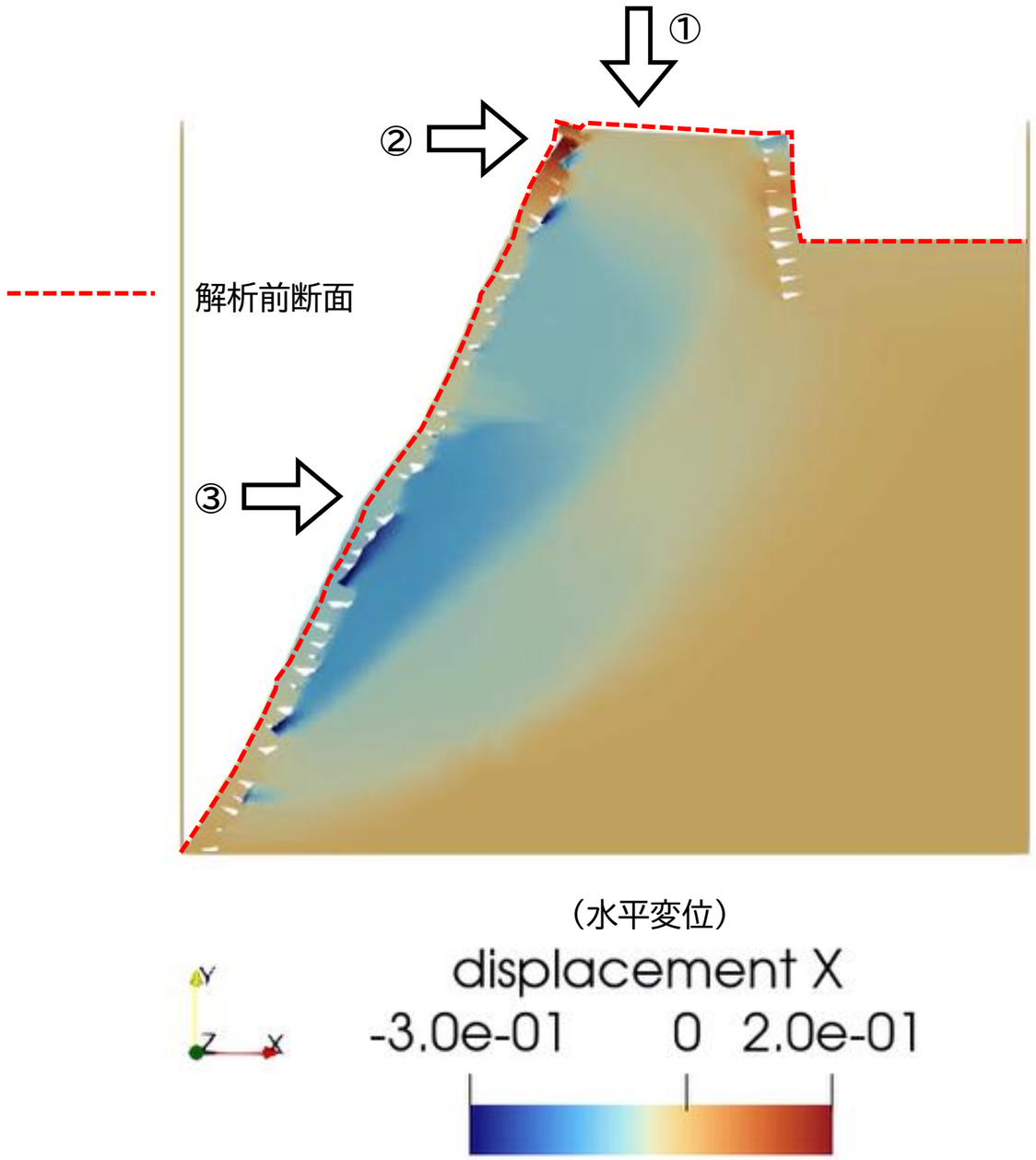
入力条件は、熊本地震（2016/4/16、熊本市西区春日の熊本地方気象台）とした。

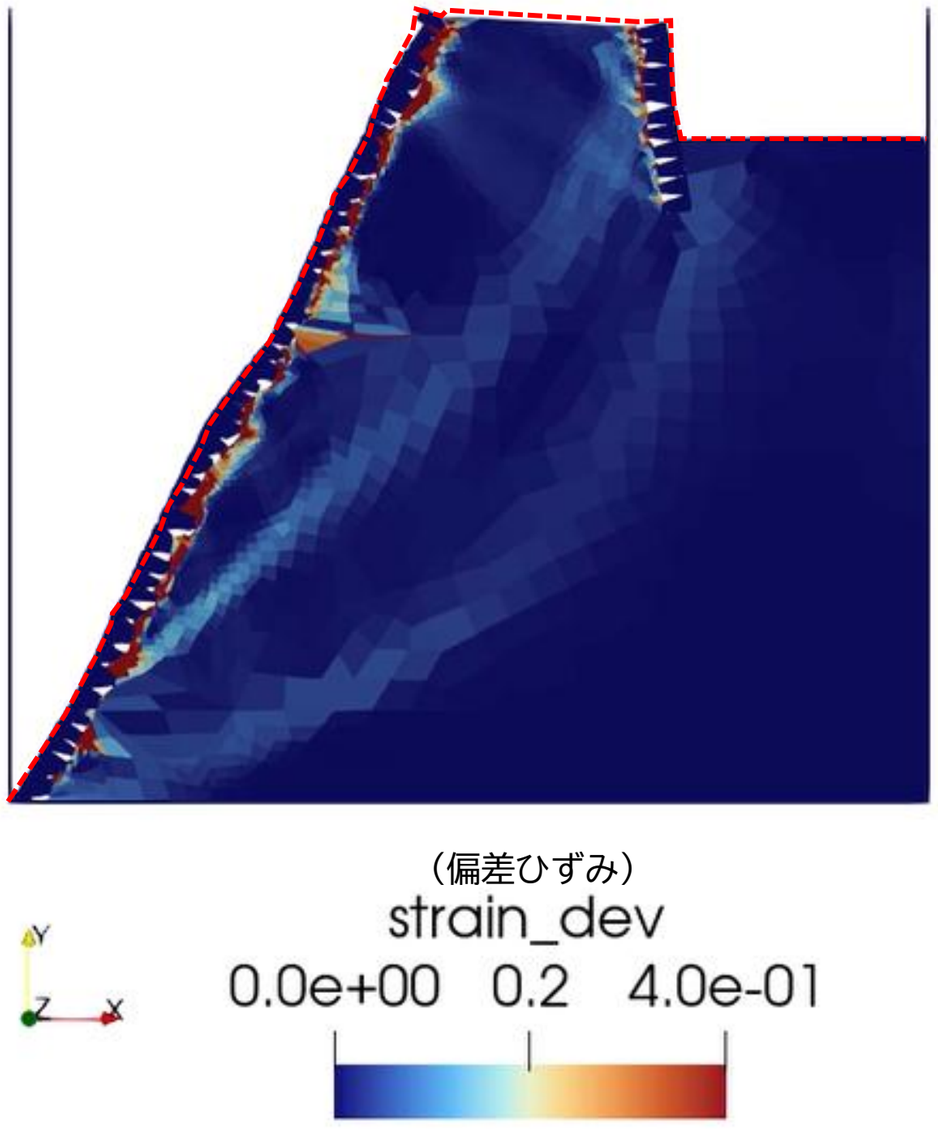
解析結果としては、常時において崩壊する結果となった。

ただし、①天端の沈下、②上部の倒れ込み、③膨らみ部の進行など、実際の現象と同様の挙動が見られることからシミュレーションの再現度は高いと判断できる。



最大加速(gal)	
南北	606
東西	552
上下	405





宇土櫓続櫓下石垣　３．H443解体修理範囲の検討【報告】

H443解体修理範囲の検討

現在、令和７年１２月４日に発生した栗石崩落を受けて、H443では最下部の５段を未解体の状態で残し、掘削法面についてはモルタル吹付で保護を行った。

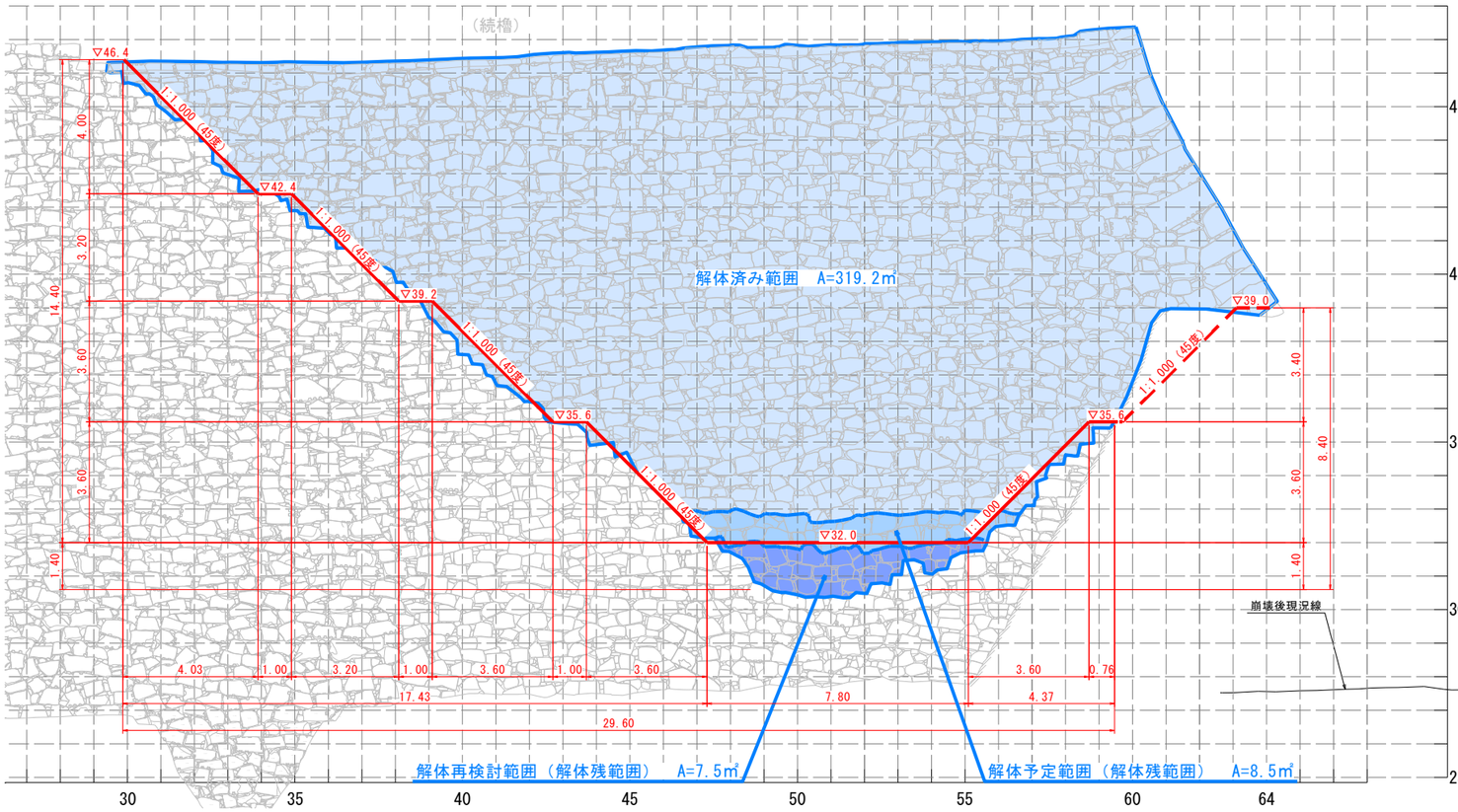
同年12月11日に実施された委員による現地確認において、周辺の変状状況と解体前の立面観察上の履歴を踏まえ、５段のうち上部２段程度の解体で解体範囲を縮小できないかとの指導を受けた。そのため、上部２段の解体方法の検討を行う。

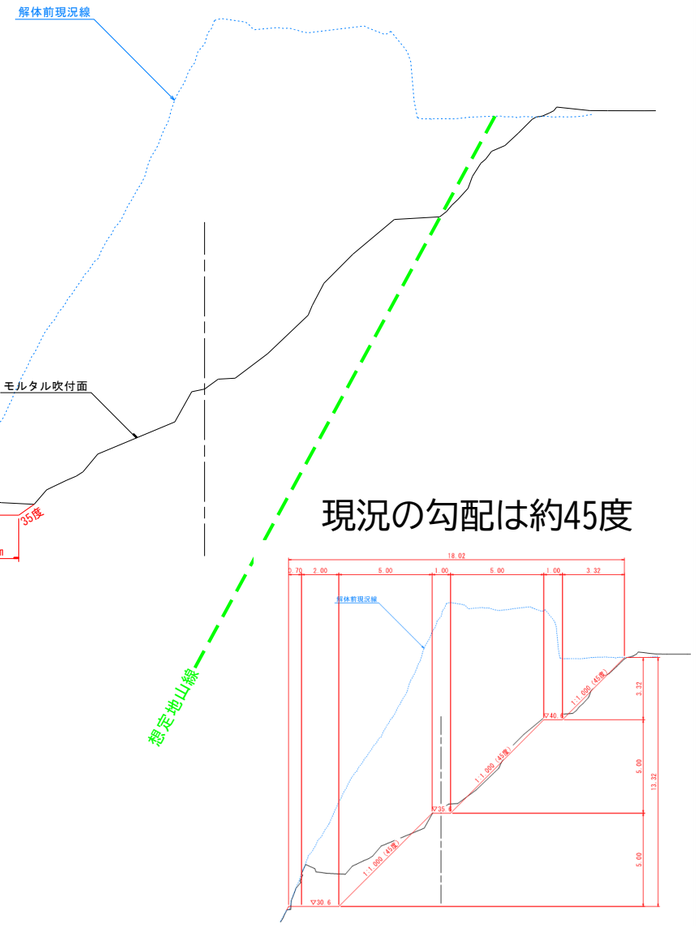


残り２段の撤去のため、モルタル吹付を撤去し、栗石安定勾配の35度で掘削する場合、解体範囲が拡大し、五階櫓や素屋根基礎に支障するため、現実的に実施が困難である。

そこで、モルタル吹付の全面撤去は行わず、最下段部のモルタル吹付のみを撤去し、残り２段を解体可能な高さ（▽32.0）まで切り下げる。修理時は、一定高さのモルタルを撤去しながら積み上げ行く。

なお、残り２段解体時の背面掘削勾配は栗石の安定勾配である35度とする。

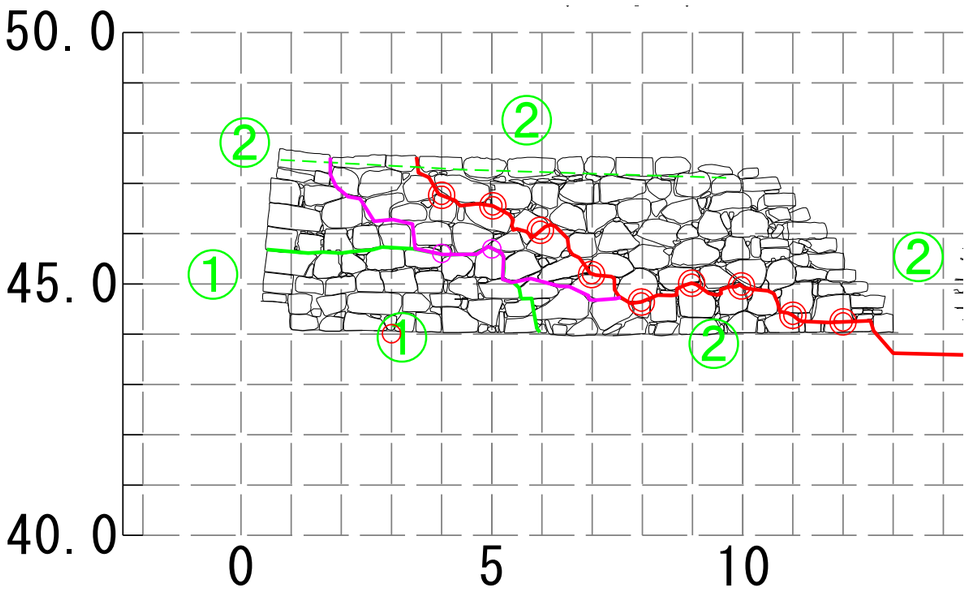


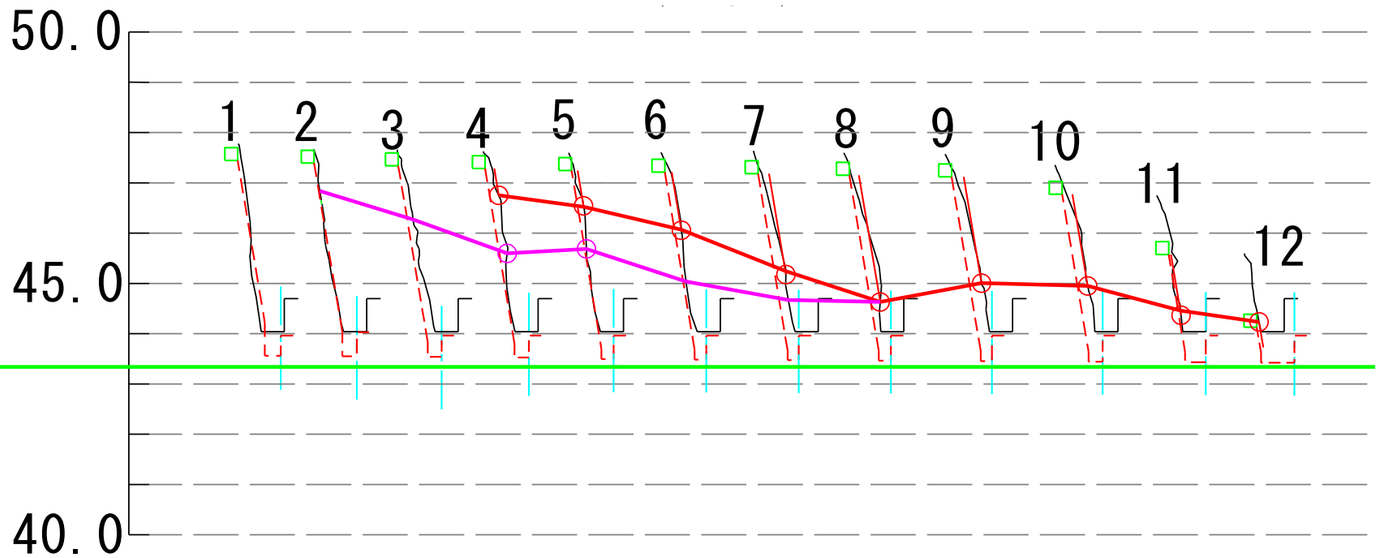


H456解体範囲変更

　2022年度第1回委員会において、H456の基礎診断（現状診断）はA判定であり、『石垣の修理検討フロー』に基づき、経過観察とされていた。解体範囲は、当該石垣は裏側のH446の床堀の影響を受ける範囲のみとなっていた。
　2025年11月26日および12月11日の委員視察（最終解体ラインの確認）において、H456の解体範囲の境に残っている変状箇所について解体修理を検討するよう指導があった。
　そこで、石垣変状状況、石垣修理履歴を勘案し、下図のとおり解体範囲を設定する。







解体範囲（当初）　解体範囲（変更）　石垣修復履歴

①熊本城石垣４期（1611～1624年頃）【構築当初】か
②熊本城石垣６期（1632～1871年頃）【修理１】
　築石部：横目地通りにくい→非方形を呈した築石を含む

東十八間櫓･北十八間櫓外石垣　解体範囲の変更【審議】　資料7-1

■対象石垣

重要文化財東十八間櫓･北十八間櫓･五間櫓下及び周辺石垣

H147、H148、H149、H162、H163、H164、H165、H166、H167、H168、H173、H174、H179、H180、H181、 H182、H183 ･･計１７面

■これまでの経緯

【2021年（令和3年度） 文化財修復検討委員会】

･（10/18）解体修理案の承認

【2024年（令和6年度）10月　解体工事開始】

【2025年（令和7年度） 文化財修復検討委員会】

･第１回修復検討委員会（6/24）

解体範囲の変更　築石の乗合関係によるH165、H166、H183の解体範囲の変更

･第2回修復検討委員会（10/3）

解体範囲の変更　築石の乗合関係によるH148、H168、の解体範囲の変更

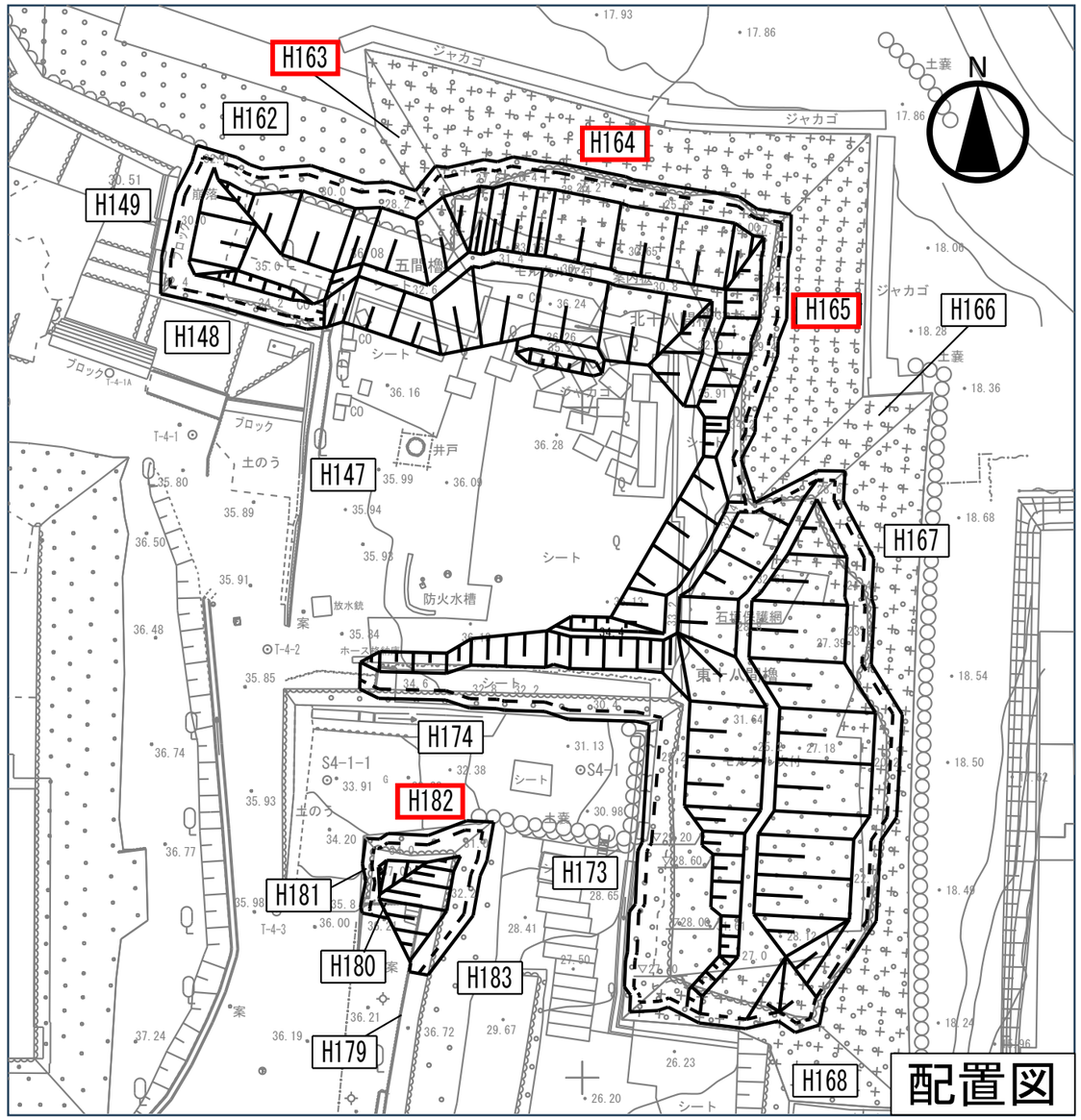
･第3回修復検討委員会（3/4）

床堀勾配の変更に伴うH165、166の解体範囲の変更

■今回の委員会での報告･審議事項

１．解体範囲の変更　　【審議】

対象石垣　　H163、H164、H165、H182（計４面）



東十八間櫓･北十八間櫓外石垣　解体範囲の変更【審議】

解体範囲の変更　H163、164、165

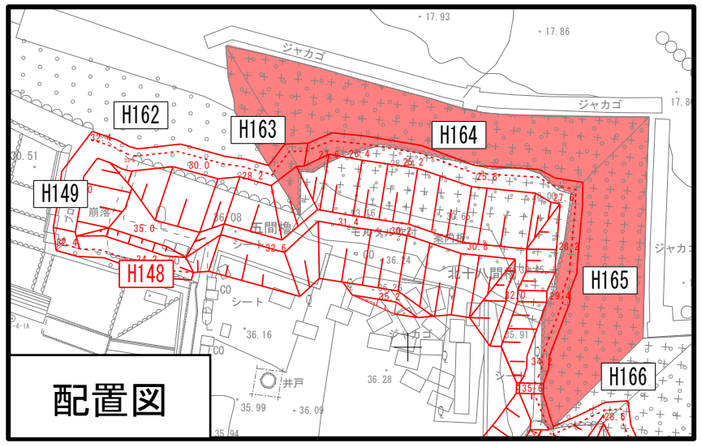
変更内容：H163の築石1石（1052）、H164の築石4石（1072、1073、1074、1139）、
H165の築石1石（1232）の解体範囲の変更

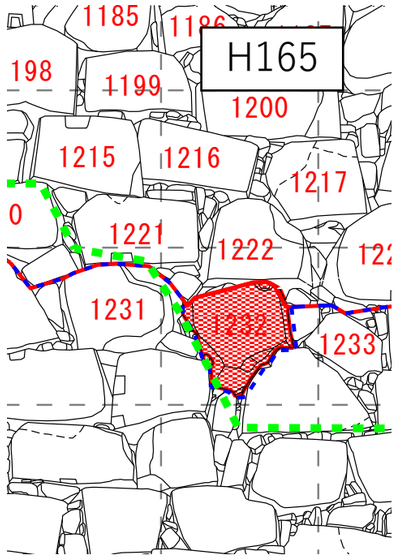
変更理由（足場設置による近接確認により以下の状況を確認した）

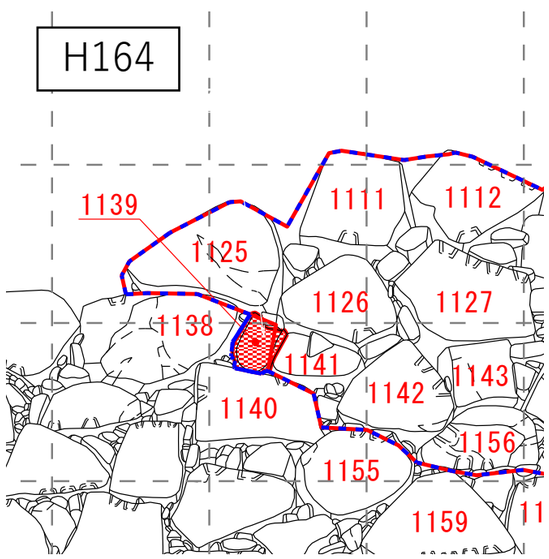
H163：1049を解体するには1052を**解体**する必要があると判断した。

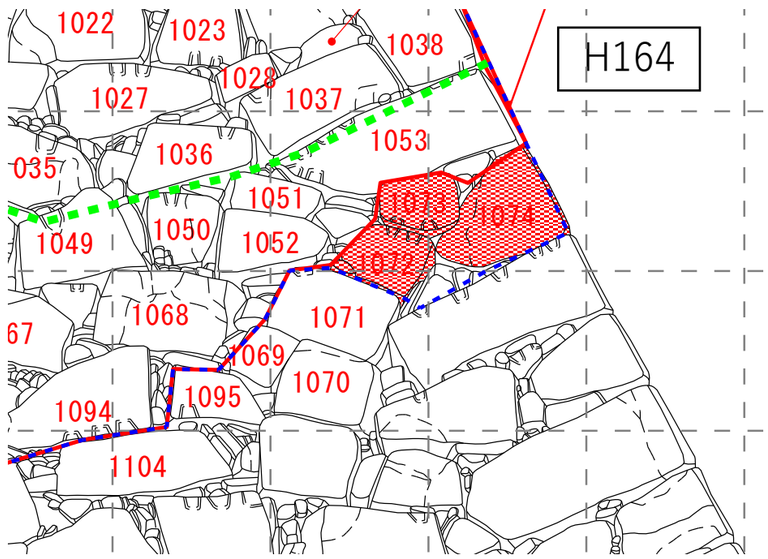
H164：H163-1052（H164-1074）を解体するために1072、1073を**解体**する必要があると判断した。
1141を解体するには1139を**解体**する必要があると判断した。

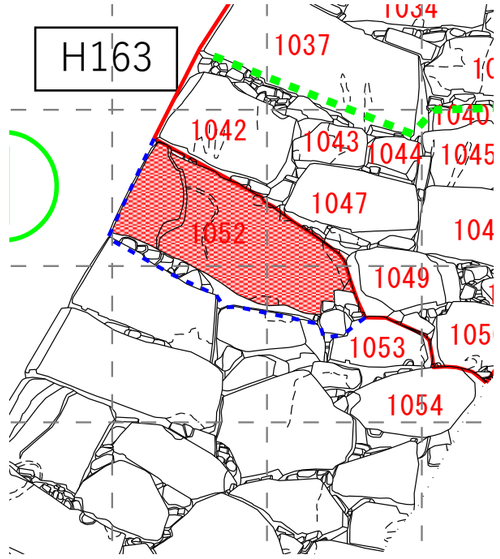
H165：1232は局所的に突出しているため、**解体**する必要があると判断した。

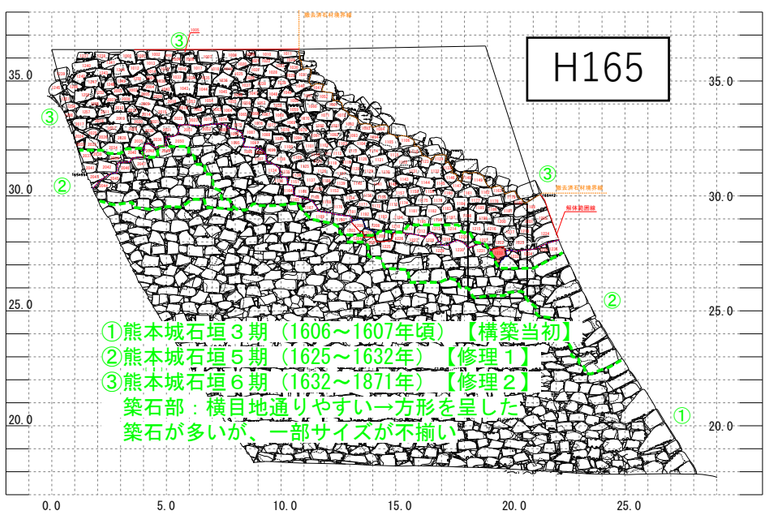


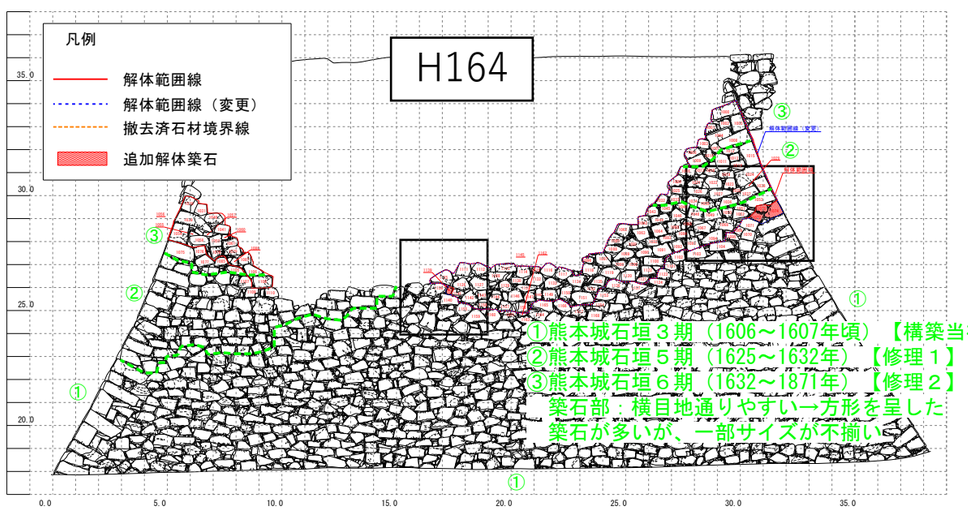


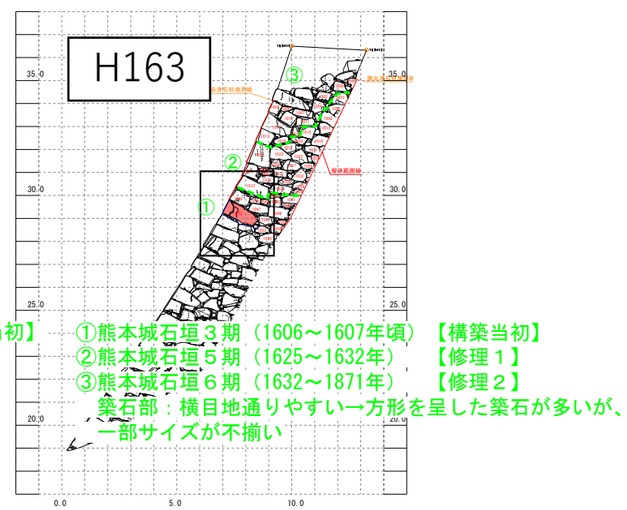












東十八間櫓･北十八間櫓外石垣　解体範囲の変更【審議】

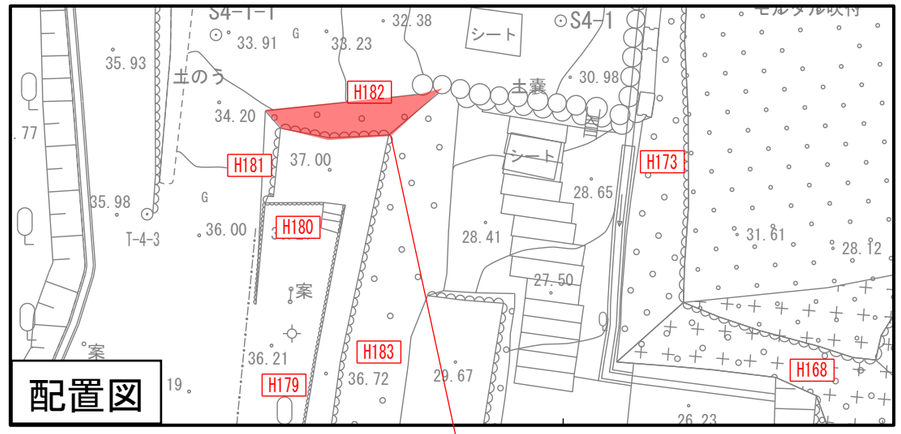
資料7-3

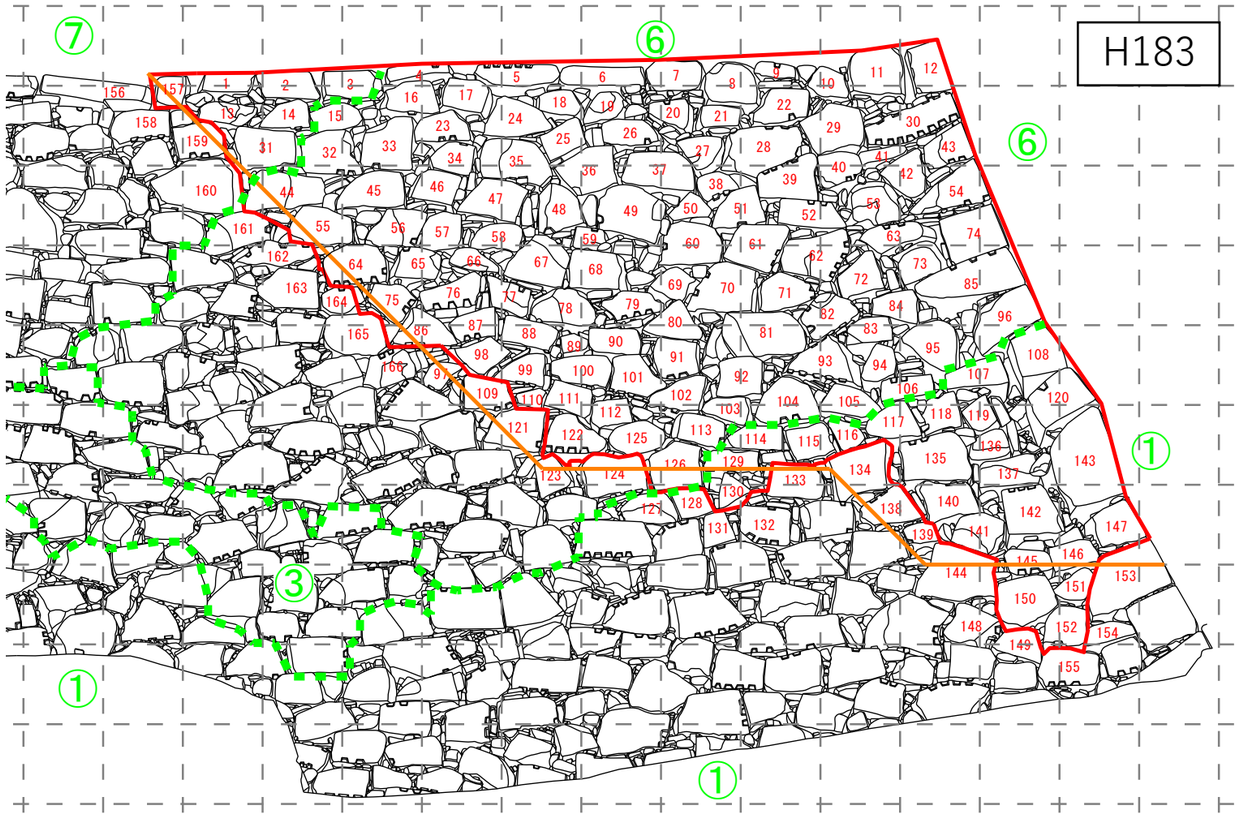
解体範囲の変更　H182

変更内容：H182の築石3石（76、77、88）の解体範囲の変更

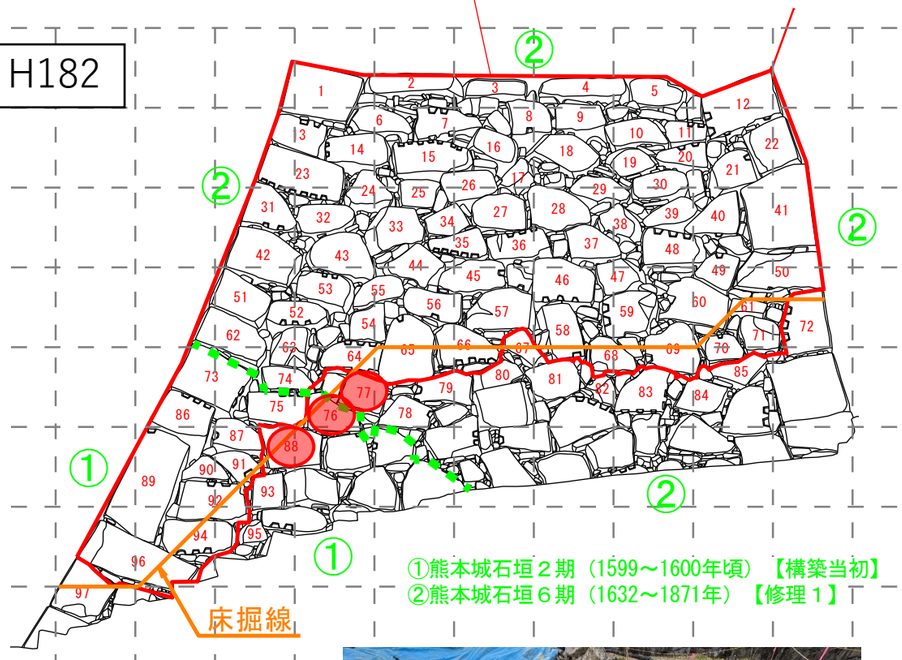
変更理由：

当該解体範囲は、解体を必要最小限にとどめるため、復旧勾配と縦断勾配を重ね合わせ、ずれが生じる箇所を基準として設定していた。その結果、急勾配の床堀勾配となっていた。解体調査を進める中で築石の直背面には円礫主体の栗石が検出され、掘削すると築石の背面が不安定化し、施工上の安全性が確保できない状況であった。そこで、上記築石3石を**解体**することで掘削勾配を緩勾配にする必要があると判断した。





①熊本城石垣２期（1599～1600年頃）【構築当初】
②熊本城石垣３期（1606～1607年頃）【増築当初】
③熊本城石垣４期（1611～1624年頃）【修理１】
４熊本城石垣６期（1755～1769年頃）【修理２】築石部：目地通る→方形を呈した築石（押さえ補強の石垣）
⑤熊本城石垣６期（1755～1871年）【修理３】築石部：目地通りにくい→方形を呈した築石多い
⑥熊本城石垣６期（1755～1871年）【修理４】築石部：目地通らない→非方形を呈した築石多い
※修理３と修理４の新旧関係有無は不明
⑦熊本城石垣６期（1755～1871年）【修理５】築石部：目地通りにくい→方形と非方形を呈した築石が混在



①熊本城石垣２期（1599～1600年頃）【構築当初】
②熊本城石垣６期（1632～1871年）【修理１】

