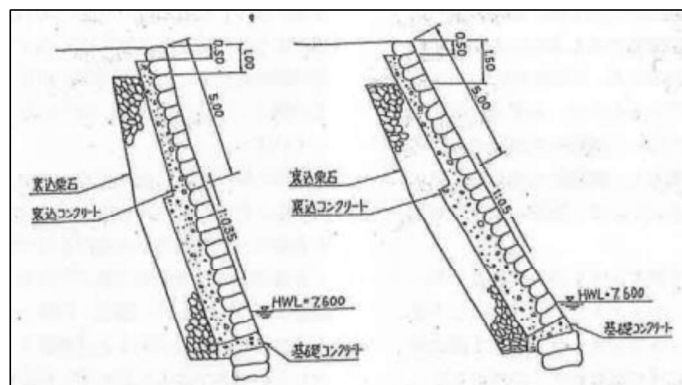


石垣の調査解析、対策

◆過年度の石垣修復工事

- ・昭和23年、福井地震（震度6程度）で石垣全周の2割程度が被災
- ・昭和57～58年、石垣を積み直し（背面に裏込めコンクリート施工）



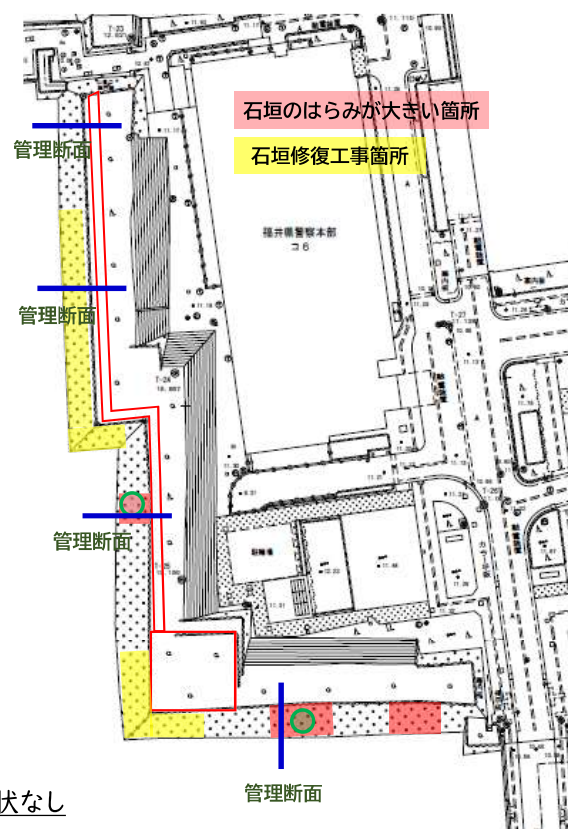
◆石垣の点検結果

○石垣の変状を定期的に観測（H22～）

- ・3年毎に夏と冬、9箇所（—）でコンサルによる定点観測実施
- ・そのうち、2箇所（●）は毎年夏と冬に、職員が変位量を簡易計測
- 「福井城址石垣保存調査委員会」に観測結果を報告
- ・保存管理に向けた調査や対策を検討

○今後も観測を継続

※令和2年秋の震度4、令和6年1月の震度5弱の地震では石垣に変状なし



観測結果から、現状では大きな変状は見られない。

1

■石垣に関する安全性確保の考え方 ※『文化財石垣耐震診断指針（案）（令和5年7月、文化庁）』に準拠

- ・大地震に対しても人命に重大な影響を与えないことを目標とし、史跡等の文化財的価値を著しく損なわない範囲で安全対策工の設置、補強を実施

■石垣対策の基本方針

- ・400年以上現存する石垣の歴史的価値に配慮し、現存する石垣は極力保存を図ることとして、可能な限り、石垣を積み直さず、最小限の補強で、石垣の価値に与える影響が少ない工法を採用

【土堀部】

- ・石垣上は立入制限を前提として、石垣背面の調査・解析を行った上で、可能な限り石垣の積み直しを伴わない対策を検討する。

指針では、対処方針として「立入制限を実施したものは、人的安全性確保の観点においてのみ、耐震対策の一応の完了とみなすことができる。」との記載あり。

【坤櫓部】

- ・櫓内の公開を予定し、人的安全性確保が必要な場所であるため、大規模地震時においても人命に大きな影響を与えないよう、補強などの対策を検討する。
- ・坤櫓の荷重を石垣にかけないよう、櫓の基礎構造は杭基礎を主軸に検討する。

指針では、石垣の安全対策工として「上部の建造物の崩落を防止する基礎工法は、石垣が崩落しても上部の構造物を支えられるような新たな基礎構造物の設置などが考えられる。」との記載あり。

（参考）杭基礎の事例

弘前城 天守	鉄筋コンクリート杭、	4本、径200cm、	深さ35m（設計検討中）
新発田城 三階櫓	鋼管杭、	56本、径22cm、	深さ21m
新発田城 辰巳櫓	鋼管杭、	30本、径19cm、	深さ15m

2

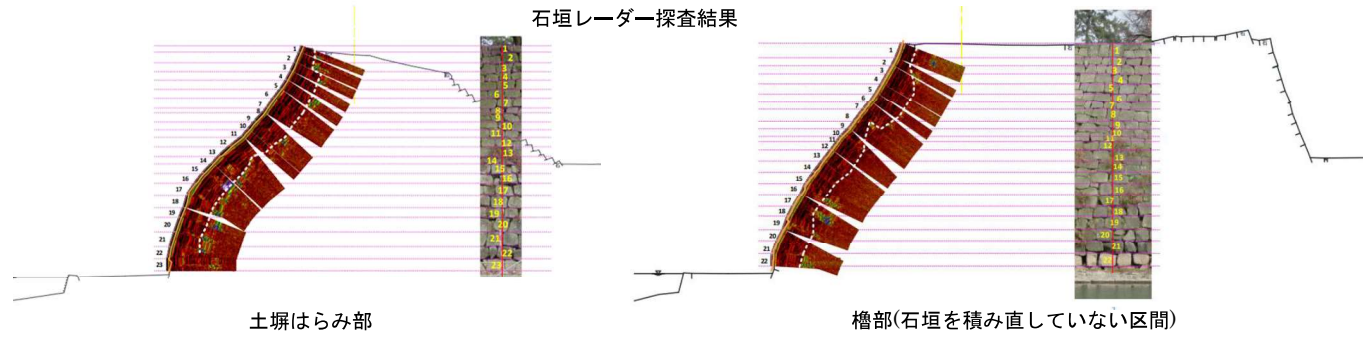
◆石垣の調査解析

- ボーリング調査、土質試験 6箇所
 - ・石垣内部のN値は5～10で推移
 - ※一般的にN値(地盤の固まり具合や強度の基準となる値)4以下が軟弱地盤



ボーリング調査

- 石垣レーダー探査 3箇所
 - ・築石は100cm程度の控え厚が多く、60cm～130cmの範囲
 - ・栗石は100cm程度の厚さ



- 石垣耐震診断、石垣安定解析
 - ・土塀部は、常時の安全率が1.0を上回っているが、石垣の価値を損ねることのない対策を追加
 - ・坤槽部は、大規模地震時の安全率が1.0を下回るため、石垣の対策が必要

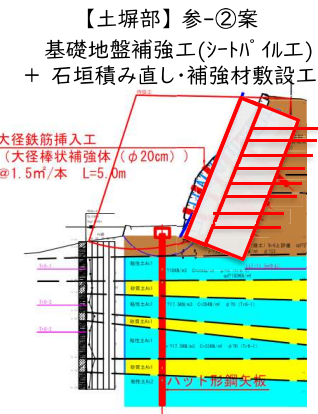
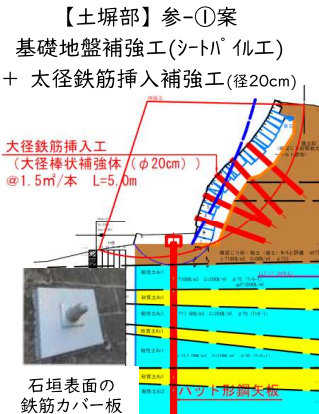
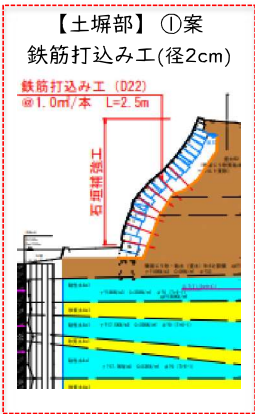
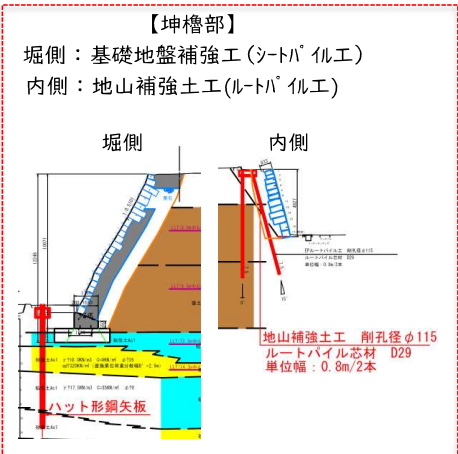
◆石垣対策工の検討

- ・土塀部は、はらみの大きい箇所の補強を実施 ⇒ 鉄筋打込み工、間詰石の締め直し・補充 など
- ・坤槽部は、大規模地震時の安全率1.0を確保できる対策を実施 ⇒ シートパイル工 など

3

○石垣対策工の比較案

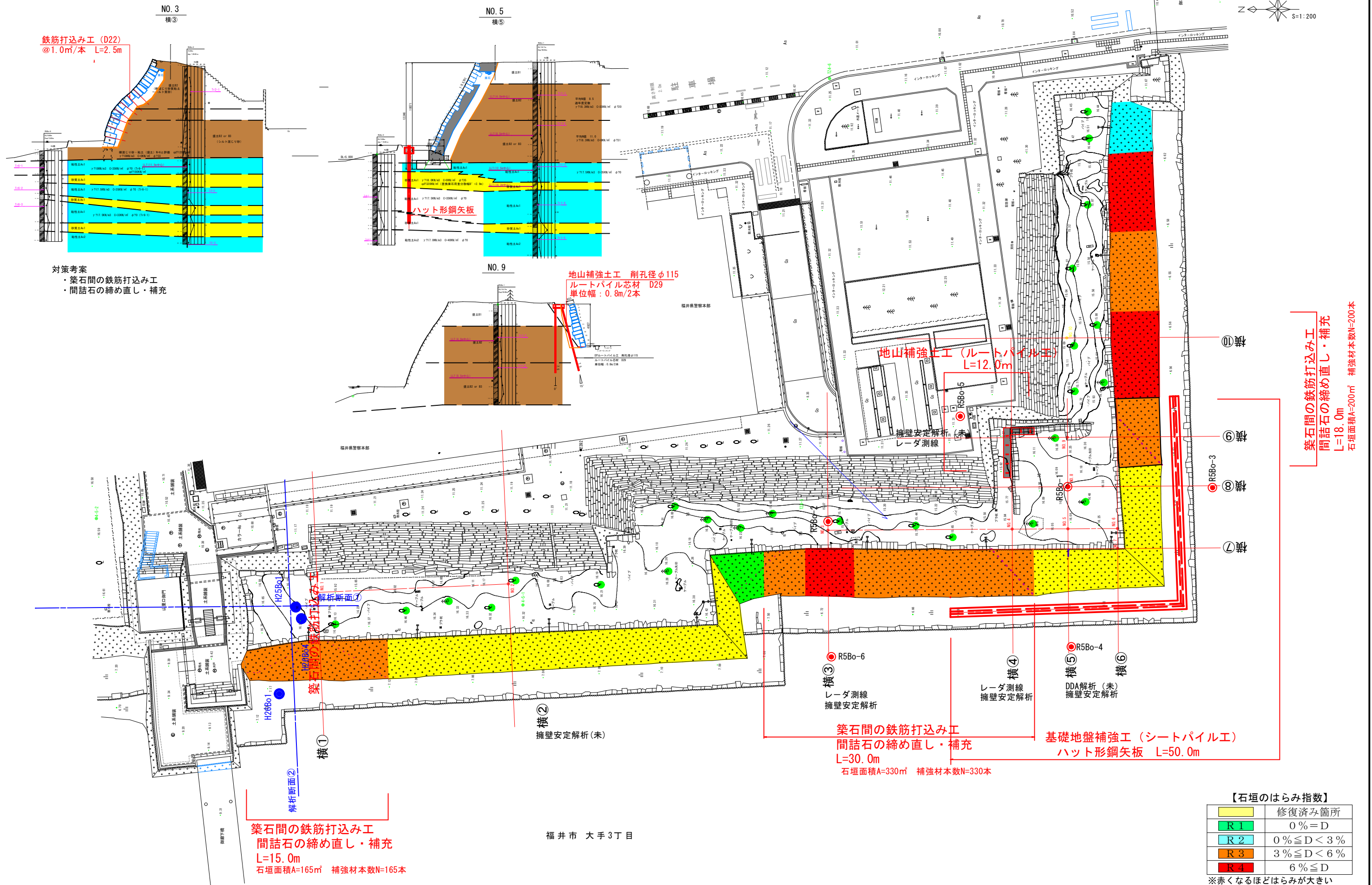
	土塀部の石垣上の立入を制限	(参考) 土塀部の石垣上の立入を可能とする場合	
坤櫓部の対策工	○規定の安全率(地震時1.0)を確保 〔堀側石垣〕基礎地盤補強工(シートパイル工)、〔内側石垣〕地山補強土工(ルートパイル工)		
土塀部の対策工	①案【石垣の補強】	参-①案【既定の安全率確保】	参-②案【既定の安全率確保】
	鉄筋打込み工(径2cm) 間詰石補充工	基礎地盤補強工(シートパイル) 太径鉄筋挿入補強工(径20cm)	基礎地盤補強工(シートパイル) 石垣積み直し工・補強材敷設工
石垣の価値に与える影響	○ 石と石の隙間に鉄筋を挿入するため、影響は少ない	× 石垣を削孔(径20cm)する必要がある	△ 笏谷石以外の石を使用する必要がある(割石の置換)
石垣の景観に与える影響	○ 鉄筋が表面に出ないため、変わらない	× 石垣表面に鉄筋カバー板が多数見える	△ 置換石の色が異なるため、なじむまで時間を要する
概算工事費	○ 約1.2億円	△ 約3.8億円	× 約9.9億円
工期	○ 約7ヶ月	△ 約2年	× 約3年
評価	○	×	×



4

石垣対策工案（１）

坤櫓部は規定の安全率を確保して公開し、土塀部は立入制限を実施したうえで、はらみの大きい区間を補強する場合



石垣対策工案（2）

櫓部・土塀部とも規定の安全率を確保し、立入可能とする場合

