

公 開 版

国宝松江城天守
耐震補強工事基本計画

平成30年3月

松江市

国宝松江城天守 耐震補強工事基本計画 目次

目次	1
序	2
計画策定に至る経緯	2
耐震補強工事基本計画	5
1. 基本事項	5
I. 建造物名称	5
II. 所在地	5
III. 所有者	5
IV. 指定年月日	5
V. 構造形式	5
2. 耐震補強工事	5
I. 工事方針	5
II. 工事概要	5
III. 各仕様概要	6
IV. 工期	7
V. 事業費	7
VI. 工事概要図	8
3. 天守台石垣の耐震対策	12
I. 変位観測	12
II. 耐震対策	12
III. 事業計画	13
国宝松江城天守耐震補強工事基本計画策定委員会資料	14

序

本計画は、平成 23 年度から平成 25 年度にかけて行った耐震診断の結果を踏まえた上で、実施計画に至る上での課題を把握し、各所の耐震補強工事に想定される工事項目を導き出し、工事計画、工程計画、工事費をまとめたものを主としたものである。

なお、本計画における耐震補強工事費は、あくまで現時点における計画を踏まえて作成したものであり、今後、工事発注に向けたより詳細な計画を取りまとめた上で正確な数量を算出し、最新の単価を採用して設計書を作成する必要がある。そのため、実際の工事費とは増減が生じる可能性がある。

計画策定に至る経緯

松江城は、関ヶ原の戦いで戦功のあった堀尾吉晴・忠氏父子が、慶長 5 年（1600）に雲州・隠岐両国の太守として遠州より雲州富田に入封したその後、居城の地として松江を選び、慶長 12 年（1607）から同 16 年（1611）にかけて亀田山に築造したものである。

現存する天守は、昭和 10 年（1935）に国宝保存法の制定によって国宝（後述の国宝指定と区別するため以下「旧国宝」と称す）に指定された。その後、昭和 25 年の文化財保護法の制定により重要文化財に移行された。

松江城調査研究委員会が実施した各種調査に際し、かつて存在が指摘されていた 2 枚の祈祷札が平成 24 年に松江城内にある松江神社で再発見された。その祈祷札の釘穴及び痕跡から、天守地階中央部の通し柱に取り付けられていたことが判明し、建立年代が明確になった。これにより近世城郭の最盛期を代表する遺構としての価値が極めて高まったことから、平成 27 年 7 月 8 日に国宝に指定された。

上述の耐震診断事業の結果、想定される大地震動に対して天守の 5 階及び 3 階の耐震性能がやや不足する判定となったことと、附櫓の大梁が脱落した際の危険性が指摘された。この結果を受け、平成 29 年度に国宝松江城天守耐震補強工事基本計画策定委員会を設置し、耐震補強工事基本計画を策定することとした。さらに、熊本地震による熊本城の被害を受け、天守台石垣についても、その耐震性能評価及び不足する場合の耐震対策等について、委員会で検討を行うこととした。

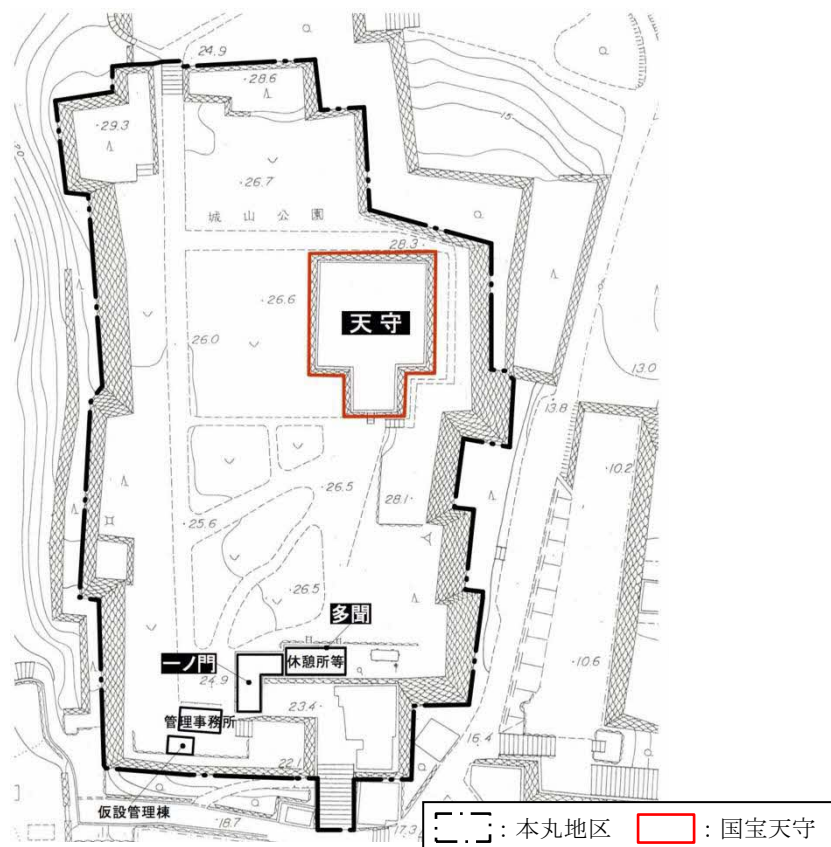


図 1 史跡松江城 本丸地区
(出典：松江城天守保存活用計画・一部修正)

◆審議経過（国宝松江城天守耐震補強工事基本計画策定委員会）

開催日	本計画に係る審議内容
平成 29 年 8 月 9 日 (第 1 回委員会)	(報告事項) 国宝松江城天守耐震対策事業の経過について (審議事項) 耐震補強（案）について 天守台石垣の耐震対策について
平成 29 年 10 月 16 日 (第 2 回委員会)	(審議事項) 耐震補強（案）について 天守台石垣の耐震対策について
平成 30 年 2 月 19 日 (第 3 回委員会)	(審議事項) 国宝松江城天守耐震補強工事基本計画 ①耐震補強について ②天守台石垣の耐震対策について

◆名簿

国宝松江城天守耐震補強工事基本計画策定委員会

役職	氏名	所属
委員長	亀井 伸雄	東京文化財研究所 所長
委員長代理	坂本 功	東京大学 名誉教授
委 員	田中 哲雄	日本城郭研究センター 名誉館長
	中治 弘行	公立鳥取環境大学 環境学部環境学科 教授
	西形 達明	関西大学 名誉教授
	藤田 香織	東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻 准教授

(五十音順、敬称略)

区分	氏名	所属
助言者	西岡 聡	文化庁 参事官（建造物担当） 震災対策部門 調査官
	浅沼 政誌	島根県教育庁 文化財課 企画幹
	藤原 宏夫	島根県教育庁 文化財課 企画員

(順不同、敬称略)

区分	氏名	所属
コンサルタント	木村 和夫	文化財建造物保存技術協会 参事
	菊岡 喜一	文化財建造物保存技術協会 構造設計課
	富永 善啓	株式会社文化財構造計画 代表取締役
	渡邊 智子	株式会社文化財構造計画 構造室長

(順不同、敬称略)



写真 1 松江城天守 外観

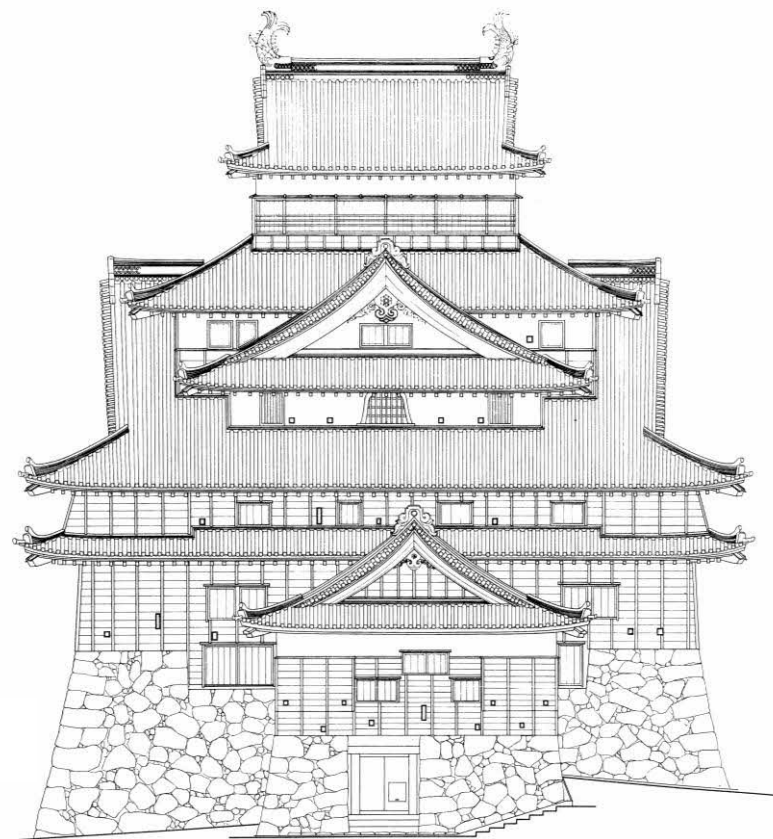


図 2 松江城天守 正面

耐震補強工事基本計画

1. 基本事項

I. 建造物名称

松江城天守 1 棟

II. 所在地

島根県松江市殿町城山

III. 所有者

松江市

IV. 指定年月日

昭和 10 年 5 月 13 日（国宝 注）国宝保存法に基づく）

昭和 25 年 8 月 9 日（重要文化財）

平成 27 年 7 月 8 日（国宝）

V. 構造形式

四重五階天守、地下一階付、本瓦葺、前面附櫓、一重、本瓦葺

2. 耐震補強工事

I. 工事方針

耐震補強、部分修理

II. 工事概要

重要文化財（建造物）耐震診断指針（平成 11 年 4 月 8 日文化財保護部長裁定、平成 24 年 6 月 21 日改正）及び重要文化財（建造物）耐震基礎診断実施要領（平成 13 年 4 月 10 日文化財保護部建造物課長裁定、平成 24 年 6 月 12 日改正）に基づき、平成 23 年度から平成 25 年度にかけて実施した耐震診断により、耐震性能が不足することが判明したので、必要な耐震補強工事を行う。目標耐震性能は、「重要文化財（建造物）耐震診断指針」における「安全確保水準（大地震動時の層間変形角の目安：1/15 以下）」とする。

耐震補強は、耐震性能が不足する天守本体の 5 階及び 3 階について、耐力要素を追加する。また、地震によって生じる水平力を均等に軸部に伝達するため、5 階屋根の小屋裏に水平構面を追加する。附櫓については、屋根荷重を受ける大梁の枡が天守本体の柱から拔出し脱落する事を防止する措置を講じる。

その他、耐震診断事業における壁内部確認調査のために解体した漆喰壁の一部を含め、破損箇所の部分修理を併せて行う。

各補強の仕様については、①意匠を損なわないこと、②部材を傷めないこと、③可逆的であること、④区別可能であること、⑤最小限の補強であること、という原則に配慮したものとし、各工事については、期間中も天守の登閣を継続することとし、一般登閣者への影響を最小限とする。

なお、耐震補強工事は、国庫補助事業として実施する。

Ⅲ. 各仕様概要

(1) 仮設工事

天守5階及び3階と附櫓の補強箇所の工事に必要な足場を建設する。足場設置箇所は床養生を施した上で、周囲にメッシュシート等を張り、公開範囲と区画する。

足場の設置に際し、一般登閣者の通行を可能な限り妨げないように配慮する。また、共通仮設物を敷地内の空地に関係法令規則に従って設ける。

(2) 耐震補強工事

① 耐力壁の設置

5階内法の一部に鋼製枠を設置する。鋼製枠は取付箇所を実測の上で一体的に製作し、せん断力を伝達できるように母材と一体化するように取り付ける。意匠性、登閣者の安全確保の観点から木製カバーを取り付ける。

3階柱間の一部には木格子の補強壁を設置する。周囲の柱及び梁と接合し、せん断力が伝達できるようにする。なお、柱に包板がある箇所については、母材の柱にせん断力が伝達できるように接合方法を検討する。

② 水平ブレースの設置

5階小屋裏入側通りの内部に水平構面を補強するための鋼製ブレースを取り付ける。ブレース端部の取付金物を適切に製作し、水平構面が一体的になるように桁及び小屋梁に取り付けた上で、ブレースを金物間に設置する。意匠性の観点から、ブレース及び金物は周囲の部材と調和するよう色付けを施す。

③ 大梁脱落防止添柱の設置

天守本体に杮差しとなっている附櫓中央の大梁の北端部が抜け出した際の脱落を防止するため、大梁の天守端付近に木製の独立柱を設置する。

附櫓の床組の一部を解体し基礎を設置した上で独立柱を立て、大梁と添柱の柱頭部は接合金物を製作して取り付け、ずれが生じないようにする。

(3) 雑工事

① 木部補修

破損及び腐朽が生じている箇所について、矧木及び埋木補修を行う。補修材には古色を施す。

② 漆喰壁補修

耐震診断事業において壁内部確認調査を行った箇所及び亀裂の生じている箇所の補修を行う。荒壁及び中塗を補修した上、漆喰塗りで仕上げる。汚損の生じている箇所については上塗り直しまたは化粧直しを行う。

③ 修理銘札

銅板（幅 2.5 cm×長 18 cm×厚 0.15 cm）に修理年月、修理種別の文字を陰刻し、各建物の内部に打ち付けてある修理銘板の横に銅鉋で釘止めする。

Ⅳ. 工 期

工事期間 9 ヶ月（事業期間 19 ヶ月）

注）事業期間は工事施工期間のみではなく、補助事業上の事業着手における設計から工事完了まで、工事報告書作成期間も含めた期間を指す。

国庫補助 事業名称	事業名称 防災・耐震対策重点強化（耐震対策）事業 文化財名称 国宝（建造物）松江城天守												期間	着手 完了	交付決定日以降 平成31年10月31日									
事業 内容	平成30年度													平成31年度										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
設計 監理	● 実施設計 〃																							

Ⅴ. 事 業 費

（単位：円）

項目	摘要	全体計画	平成30年度	平成31年度
	総事業費	39,912,800	14,500,000	25,412,800

内訳は非公開

VI. 工事概要図

①-(1) 耐力壁の設置（3階）

◆耐震基礎診断結果

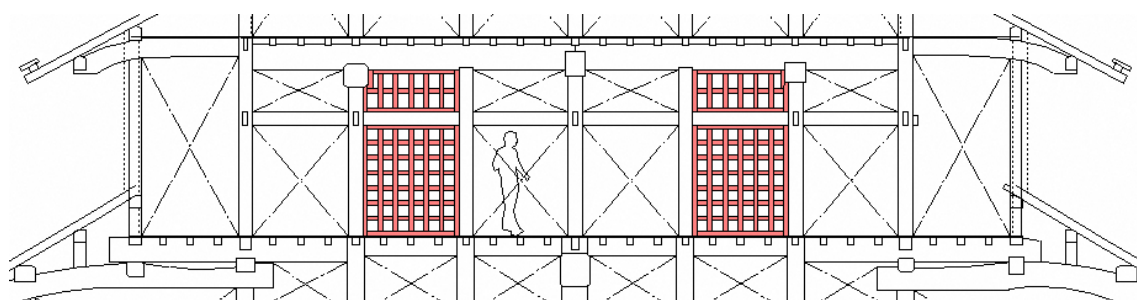
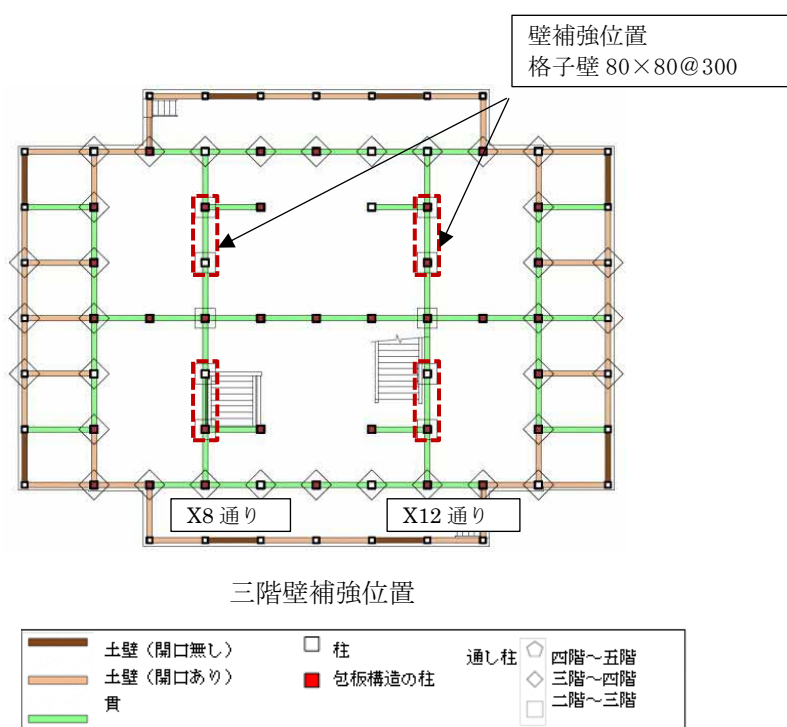
- ・ 3階南北方向の変形が大きく、耐震性能が不足。

◆対策

- ・ 南北方向の柱間 4箇所、木格子の補強壁を設置し、耐力を向上させる。

【木格子壁選択理由】

- ① 3階の柱間は面積が大きく、鋼製枠の製作、城内への搬入が難しいことから、部材で持ち込み、現場で組み立てが可能な木格子壁を選択。



東面・西面（南北方向）

①-(2) 耐力壁の設置（5階）

◆耐震基礎診断結果

- ・ 5階南北方向・東西方向共に変形が大きく、柱折損の恐れもあり、耐震性能が不足。

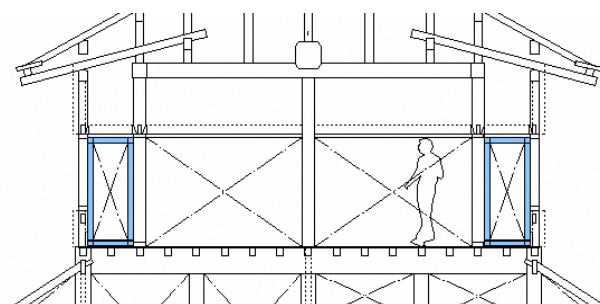
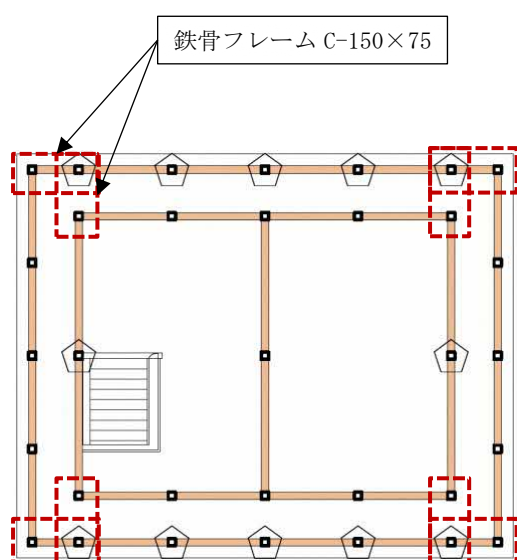
◆対策

- ・ 南北方向の柱間4箇所、東西方向の開口部4箇所に、鋼製枠を設置し、耐力を向上させる。

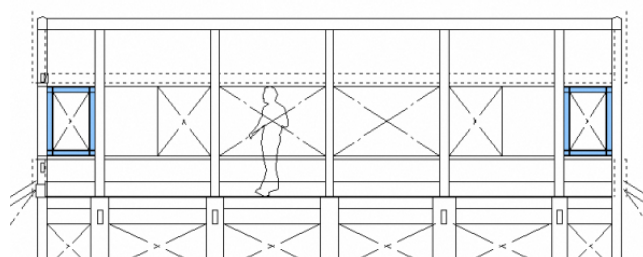
意匠性、登閣者の安全確保の観点から、鋼製枠には木製カバーを取り付ける。

【鋼製枠（鉄骨フレーム）選択理由】

- ①天守五階の回遊性、眺望性を維持するため、通行可能な鋼製枠を選択。
- ②鋼製枠設置箇所は面積が比較的小さいため、鋼製枠の城内搬入も可能。



東面・西面（南北方向）

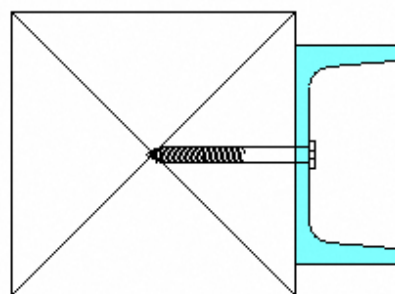


北面・南面（東西方向）



鉄骨フレーム（カバー付）

鉄骨フレーム（溝形鋼 150×75）
詳細図



（断面詳細）

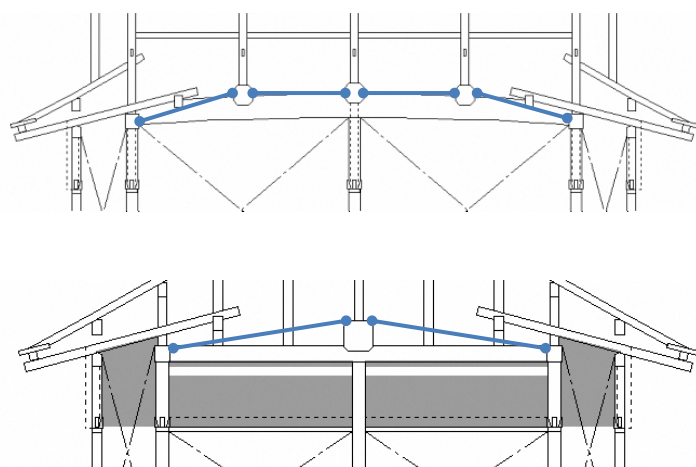
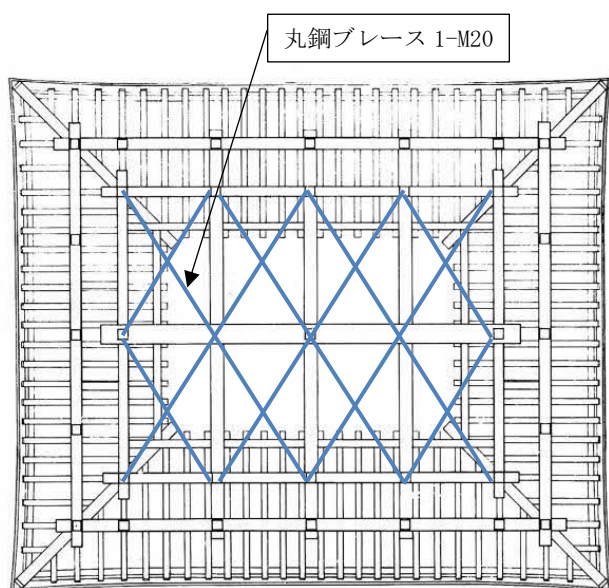
② 水平ブレースの設置（5階小屋裏）

◆耐震基礎診断結果

- ・ 5階の水平面の剛性が不足していることから、地震力が5階の各柱に均等に伝達されず、一部の柱が折損する可能性がある。

◆対策

- ・ 5階小屋裏入側通りの内部に水平構面を補強するための鋼製ブレースを取り付ける。
- ・ 屋根荷重が偏ることなく、架構全体に伝達できるようにする。
- ・ 意匠性の観点から、ブレース及び金物は周囲の部材と調和するよう色付けを施す。



取付金物参考例

③ 大梁脱落防止添柱の設置（附櫓）

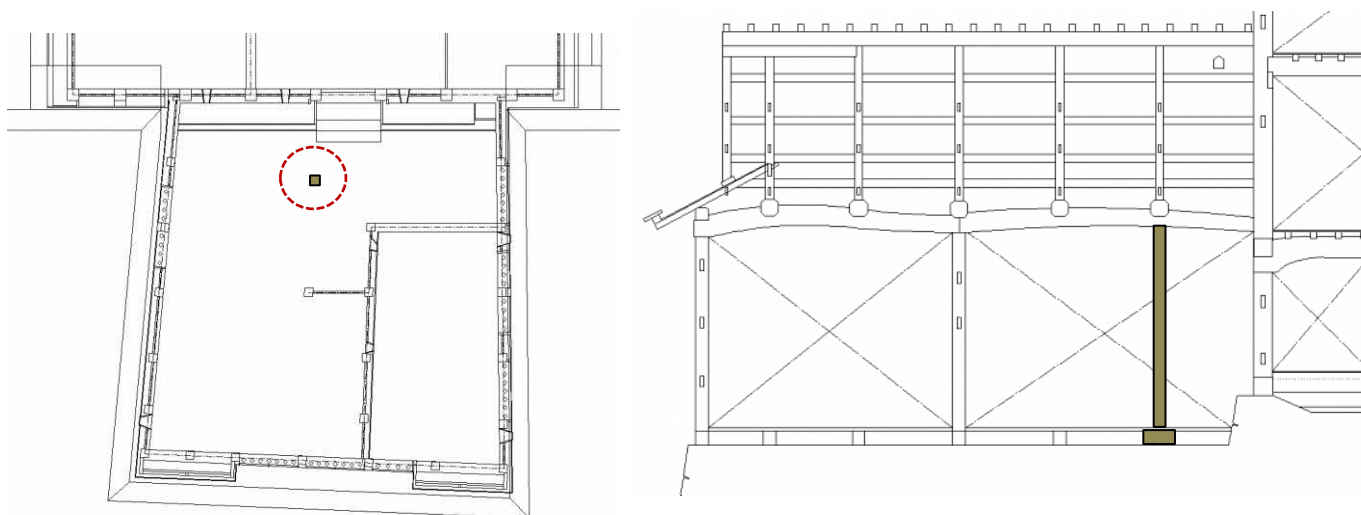
◆耐震基礎診断結果

- ・附櫓は耐震性能を満たしている。
- ・附櫓の中央大梁は天守の柱にほぞ差しで接合しており、附櫓と天守の振動特性が異なるため、ほぞが抜け出して梁が脱落する可能性がある。

◆対策

- ・中央大梁を支持する添柱を設置する。
- ・設置位置は、天守から離れた位置とする。
- ・独立柱の安定性向上のため、設置予定の受付と一体的な構造とする。なお、受付については、添柱の設置後（若しくは同時）に新設することとする。

注）柱の詳細な設置位置は、来年度実施設計時に床板下の調査を行い決定。



3. 天守台石垣の耐震対策

石垣の耐震性能評価を行い、性能が不足する場合は、所要の補強を実施することを目的とする。現状では、性能評価にあたり必要となるデータが不足しているため、各種調査によりデータ収集を行うとともに、他城郭での事例なども参考に、採用する評価方法を検討する。性能評価により石垣の安全性が確認されるまでの間は、登閣者の安全対策を強化する。また、石垣の変状を把握し修理時期を検討するため、変位観測を継続実施する。

I. 変位観測

光波測量を中心に、石垣の全体像把握のための3Dレーザー測量、変位要因特定を図るためのデジタルゲージによる簡易測量をあわせて行い、効果的に石垣の変位を観測する。これらの変位観測結果を踏まえ、石垣の修理時期の検討を行う。

(1) 3Dレーザー測量

石垣の孕みも含めた全体像を視覚的にも分かりやすく把握する。

- ・ 測量対象：天守台・附櫓石垣の全面（8面）
- ・ 測量頻度：年1回（測量結果を基に必要に応じて頻度変更を検討する）
- ・ 測定精度：標準 $\pm 2\text{ mm}$ @80m（80mの距離で誤差2mm）

(2) 光波測量

各面4点の測定を設定し測量を行い、石垣の変位を継続的に観測する。

3Dレーザー測量結果を基に、特に変位の大きい箇所などが判明した場合は、測量ポイントの追加、修正などを行う。

- ・ 測量対象：天守台石垣（3面）
- ・ 測量頻度：年4回程度
- ・ 測定精度： $\pm 3\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ （80mの距離で誤差3.008mm）

(3) デジタルゲージによる簡易測量

日常的にゲージを用いた簡易測量を行うことにより変位発生期間を特定し、地震・大雨などの石垣の変位要因の特定に役立てる。

また、顕著な変位が認められた場合は、追加で光波測量を行うなど、全体の変位状況の把握を図る。

- ・ 測量対象：光波測量ポイント付近を中心に複数箇所
- ・ 測量頻度：週1回程度
- ・ 測定精度：（最小表示量）0.01mm

II. 耐震対策

(1) 耐震性能評価

耐震性能評価にあたり必要となる石垣内部構造、昭和修理時の補強内容などについて、試掘調査、資料調査、レーダー探査など、必要な調査を速やかに実施し、収集したデータ・資料に基づき、耐震性能評価を行う。なお、採用する評価方法については、熊本城など他城郭での事例を参考に検討を行う。

(2) 耐震補強

性能評価の結果、耐震性能が不足する場合は、石垣崩落を防ぐ耐震補強を実施する。石垣解体を伴わない、現状で実施可能な対策については、熊本城など他城郭での事例も参考に、その手法を引き続き検討する。なお、石垣解体を伴う大規模な補強については、天守の大規模修理（解体修理時等）にあわせた実施を検討する。

(3) 安全対策

① 天守台石垣

外部石垣崩落時の天守支持機能については、現状把握できるデータに基づく計算の結果、天守本体の倒壊はないものの、外周部梁の損壊という結果を得た。この結果を踏まえ、石垣の安全性が確認されるまでの間は、登閣者の安全確保の観点から、避難誘導計画、附櫓以外の避難口の検討など、ソフト・ハード両面での対策を検討の上、速やかに実施する。

② 附櫓石垣

天守の出入口で、唯一の避難口としての機能も有する附櫓の内部石垣については、登閣者の安全確保の観点から、石垣落下を防ぐ防護壁などの設置について検討を行い、速やかに実施する。

Ⅲ. 事業計画

対策項目	実施時期目安		
	短期	中期	長期
I 変位観測			
① 3Dレーザー測量	● 対象：8面、頻度：年1回	→	→
② 光波測量	● 対象：3面、頻度：年4回	→	→
③ デジタルレベル測量	● 対象：複数箇所、頻度：毎日	→	→
II 耐震対策			
(1) 耐震性能評価			
① 内部構造（築石、栗石）		レーダー探査等	
② 内部構造（裏込めコンクリート）		レーダー探査等	
③ 内部構造（コンクリート枕桁）	床剥ぎ調査	レーダー探査等	
④ 外部石垣（根元コンクリート）	試掘調査		
⑤ 昭和石垣解体範囲	資料調査		
⑥ 耐震性能評価		耐震性能評価	
(2) 耐震補強			
① 耐震補強		● 解体伴わない(小規模)	→
(3) 安全対策			
① 天守台石垣	ソフト対策 (避難誘導、立入制限)	ハード対策 (第2避難路確保)	
② 附櫓石垣	ソフト・ハード対策 (避難誘導、立入制限、内部石垣防護壁)	ハード対策 (内部石垣防護壁)	

(凡例：実施時期目安)

- ◆ 短期：概ね平成31年度までの耐震補強工事（国庫補助事業）期間
- ◆ 中期：概ね5年以内に着手
- ◆ 長期：大規模修理時、及びそれまでの間