

令和7年度第1回広島城天守の復元等に関する検討会議資料2(抜粋)

1. 解体範囲の検討

(1) 令和6年度第3回検討会議時点での検討結果

以下の理由により、**基礎底盤と基礎側梁を残し、基礎梁と床スラブを解体撤去する案**を最有力案とし、今後検討を進める。

- ・ 史実に忠実な天守下部構造（地覆土台廻り）の復元には、1階床スラブまで解体撤去する必要がある。
- ・ 石垣内部に接している基礎底盤及び基礎側梁の解体撤去は、石垣の倒壊や損傷など文化財の保存に悪影響を及ぼすおそれがある。
- ・ 残置した基礎底盤及び基礎側梁は、石垣内部の立上り部分の崩れ防止や復元に当たっての新設基礎等の型枠として再利用できる可能性がある。
- ・ コンクリートの中酸化等による鉄筋の腐食などの強度低下を考慮し、既存コンクリート躯体を構造体として評価しない。

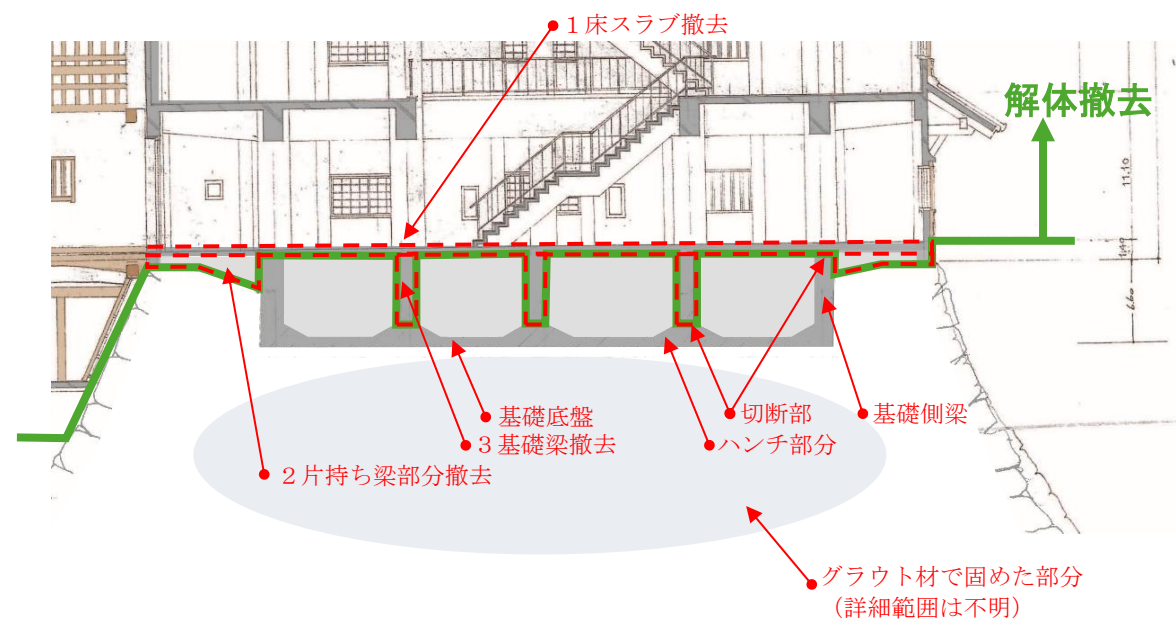


図1 基礎底盤と基礎側梁を残し、基礎梁と床スラブを解体撤去する案



令和6年度第3回検討会議での意見

基礎梁の撤去の必要性について、強度や振動等の観点から検討すること。

(2) 今回追加検討結果

令和6年度第3回検討会議での意見や想定される新設基礎の形状等を踏まえ、**基礎梁を一部残置する案**（**基礎底盤及び基礎側梁並びに基礎梁の一部を残し、基礎梁の残部及び床スラブを解体撤去する**）を最有力案とし、今後検討を進める。

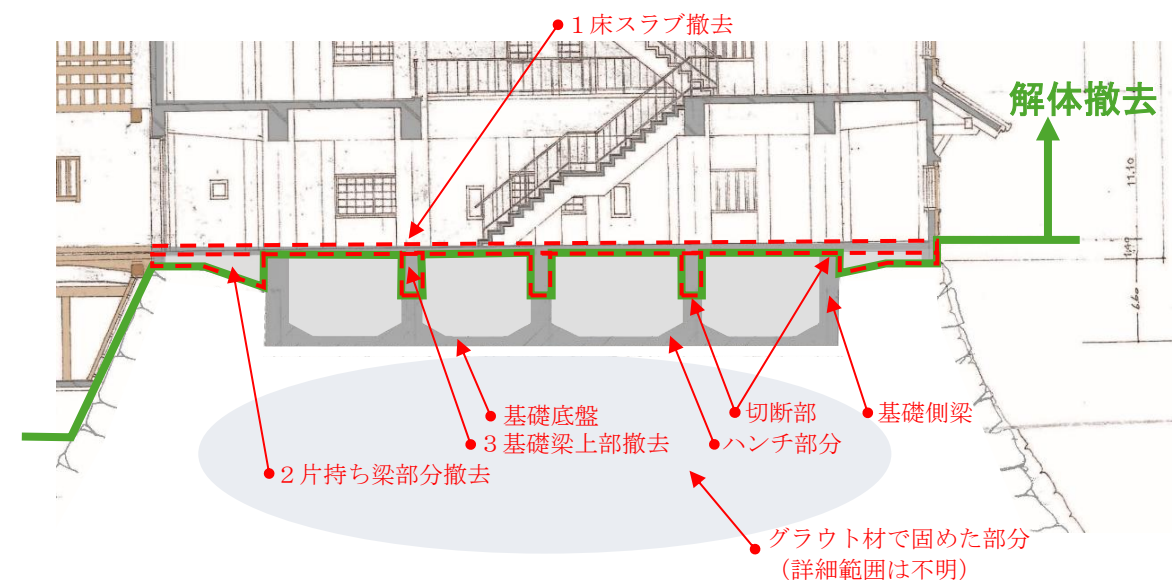


図2 基礎梁を一部残置する案

【新設基礎について】

現天守は鉄筋コンクリート造であり、新設する木造天守の重量は大きく見積もっても半分程度（木の比重を1と仮定した場合、鉄筋コンクリートの比重は、約2.5）となることから、新設基礎は既存基礎より荷重負担が少なく、深さも浅いものになると想定される。こうしたことから、既存基礎梁の上部を部分的に解体し、既存躯体ピット内は埋設材（砂や流動化土等）で埋戻し、埋設材の上部を新設基礎の床付け面とする計画で検討している。

なお、残置する基礎梁躯体の直上には緩衝材（厚さ10センチ程度の転圧しない砂等）を設け、新設基礎の支持圧が埋設材→既存基礎底盤→地盤へと直接伝わるようにする。

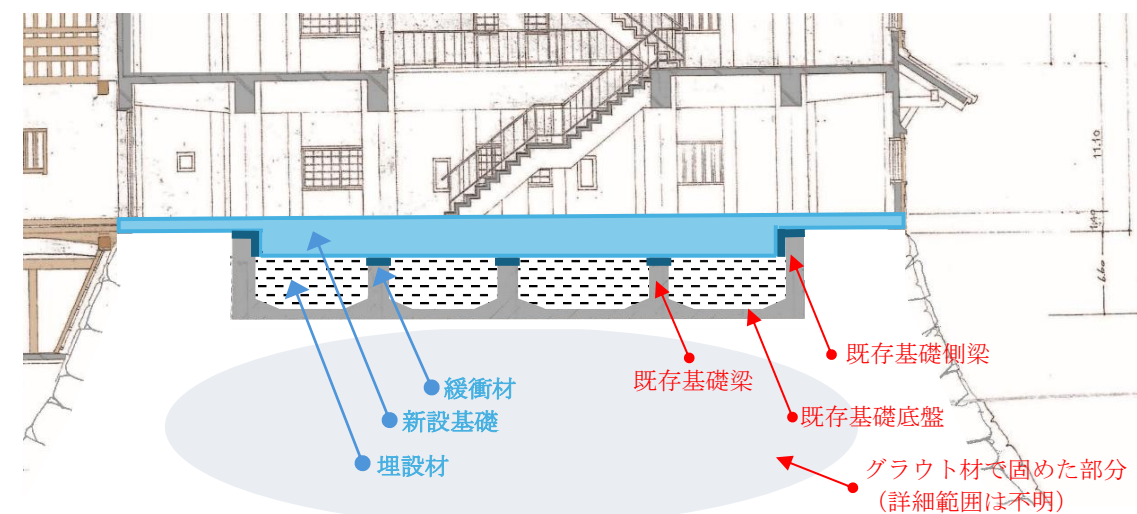


図3 想定される新設基礎

【基礎梁の一部残置（撤去）による影響について】

①強度（中性化による影響を含む。）

残置する基礎梁とは縁を切り荷重の負担を見込まないため、強度および中性化については考慮する必要がないものと考えられる。また、基礎底盤についても支圧力は加わるが構造体ではなく地業とみなす。

②振動

解体に伴う振動について、日本建設機械化協会等の工事振動予測などを基に検討した(詳細は P.9「3. ②解体に伴う振動について」で記述)。

③費用

通常より時間と費用が嵩む工法になるものと考えられる。

【今後の課題】

本検討は、現天守築造時の図面など限られた情報に基づいて行ったものであり、今後、新設基礎の詳細寸法や既存基礎の再利用可否等を検討するため、以下の事項を確認するための調査を実施する必要がある。

- ・石垣裏の空隙状況
- ・既存基礎の既存図面との整合性
- ・既存基礎の中性化状況等
- ・グラウト材の物性値

3. 文化財の保存を踏まえた現天守の解体工法等の検討

現天守の解体に係る具体的な工法及び仮設計画について検討する。

なお、揚重については、腰曲輪北側からの作業（図 15 参照）と、天守台の高さに構台を設けて構台上からの作業（図 16 参照）が考えられる。

腰曲輪北側から作業を行う場合には、揚重高さとして作業半径の関係から 200t クローラークレーンクラスの大型クレーンが必要となり、腰曲輪の広さでは重機の稼動スペースが不足するため、堀に飛び出した構台を設けてスペースを拡げる必要がある上、天守台下からの作業のため解体材等の崩落・落下予防が難しい。

このため、解体工法等の検討に当たっては、天守台高さに崩落・落下予防の防護構台を併用した作業構台を設置することとする。

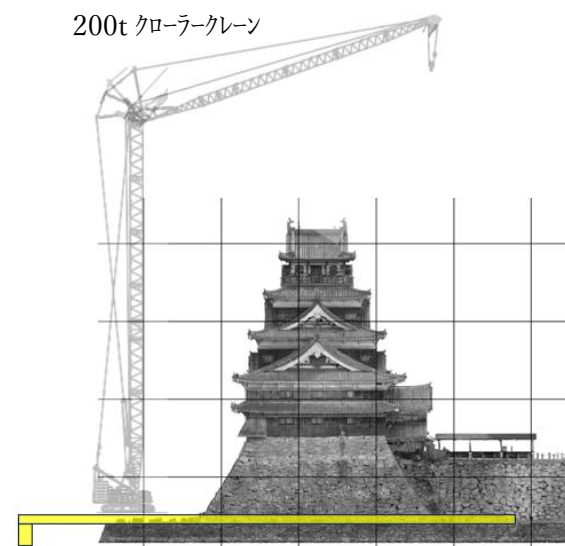


図 15 腰曲輪北側からの作業イメージ

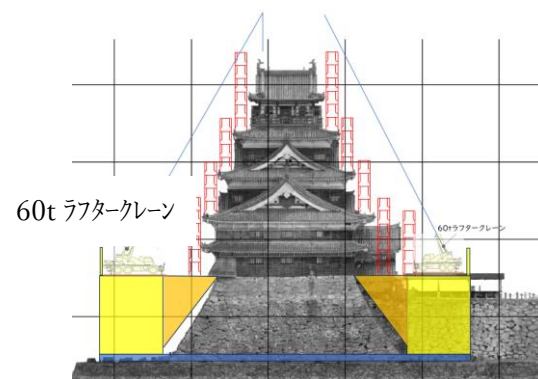


図 16 構台上からの作業イメージ

(1) 解体工法の検討

現天守は鉄筋コンクリート造瓦葺で大屋根の小屋組は木造である。解体に当たっては、文化財の保存に配慮しつつ、構造や部位によって効率的な工法とする必要がある。

解体の順序は、①内装、②瓦、③大屋根木造部、④コンクリート躯体となるが①～③は文化財の保存の観点から大型の解体重機を使用せず、クレーンを使用した作業員による解体（機械の入らない内装や高所での分別解体を行うには作業員による解体が効率的）となる。③大屋根木造部は重機での解体も可能であるが、天守の高さを考えると作業員による解体が望ましい。④コンクリート躯体は、文化財への影響や作業効率等の観点から工法の選択が必要となる。

①解体工法の種類とその特徴等について

コンクリート躯体の解体工法について、ア.ブロック解体、イ.外部からの重機による解体、ウ.内部からの重機による解体、エ.作業員による解体の 4 工法が考えられる。それぞれの特徴等を以下に整理する。

ア. ブロック解体（ワイヤーソー、ウォールソー、フラットソー等）

特徴： ワイヤーや回転刃による機械でコンクリートを切断する工法。

解体材を吊り込みながらの作業となり、解体後の部材の落下防止のため高度な技術力が必要。

解体部材はその場からクレーン等で吊り出し、場内で圧砕による小割りをして処分する。

メリット： 一般的な工法と比べ、振動が少ない。

デメリット： 切断時に多量の汚泥（ノロ）が発生する。

一般的な工法と比べ、コストと作業時間がかかる。



写真 12 ワイヤーソー



写真 13 ウォールソー



写真 14 揚重の様子

イ. 外部からの重機による解体（圧砕機）

特徴： 重機に取り付けた圧砕機により外部からコンクリートを圧砕する工法。

解体工事において一般的に用いられる工法。

外部に重機の設置スペースがあり、解体部位が重機の稼動域にある場合に用いられる工法。

破碎したガラ（コンクリート廃材を砕いたもの）はバックホウ等の重機で収集積みする。

メリット： 解体の効率がよく、少人数での解体が可能。

ア.などの特殊な工法と比べ、コストと作業時間がかからない。

デメリット： ア.などの特殊な工法と比べ、振動が生じる。

解体材の崩落・落下が生じる（場所により、落下養生を必要とする。）。



写真 15 重機とアタッチメント



写真 16 解体の様子

ウ. 内部からの重機による解体（圧砕機）

- 特 徴： 小型重機に取り付けた圧砕機により内部からコンクリートを圧砕する工法。
階上からの解体工事において一般的に用いられる工法。
破碎したガラは下階へ落とし、バックホウ等の重機で収集積込みする。
- メ リ ッ ト： 解体の効率がよく、少人数での解体が可能。
解体する建物の周辺にスペースを必要とせず、また周辺への解体材等の落下リスクがない。
ア.などの特殊な工法と比べ、コストと作業時間がかからない。
重機が小型化するため、イ.よりも振動が少ない。
- デメリット： ア.などの特殊な工法と比べ、振動が生じる。
イ.と比べ、解体効率が劣る。



写真 17 重機の揚重

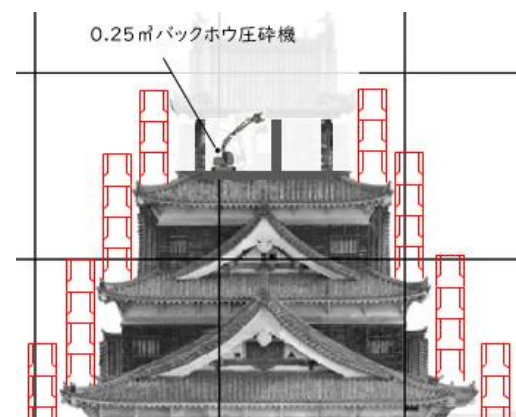


図 17 階上解体のイメージ

エ. 作業員による解体（ハンドブレーカー、コア穴破碎機、ハンドクラッシャー等）

- 特 徴： 重機を使用せず、ハンドブレーカー、コア穴破碎機、ハンドクラッシャー等を用いて人力で解体する工法。
騒音や粉塵、振動といった周辺環境への配慮が必要な場合や、小範囲の解体、重機の届かない狭小部に用いられる工法。
破碎したガラはバックホウ等の重機で収集積込みする。
- メ リ ッ ト： 文化財との取り合い等において繊細な作業が可能。
一般的な工法と比べ、振動が少ない。
- デメリット： 手作業のため解体の効率が悪い。
一般的な工法と比べ、コストと作業時間がかかる。



写真 18 コア穴破碎器



写真 19 同 床



写真 20 同 壁



写真 21 ハンドクラッシャー



写真 22 ハンドブレーカー

②解体に伴う振動について

解体に伴う振動について、日本建設機械化協会等の工事振動予測などを基に検討する。

各建設機械の工事振動予測は以下のとおりである。

コンクリートブレーカー	70dB
振動ローラ 0.8～1.1t	65dB
0.80 m ³ バックホウ	63dB
0.45 m ³ バックホウ	63dB
0.25 m ³ バックホウ	57dB
0.45 m ³ バックホウ圧砕機	55dB
0.13 m ³ バックホウ	54dB
コンクリートカッター	48dB
60t ラフタークレーン	40dB

※特定建設作業に関する規制値は 75dB

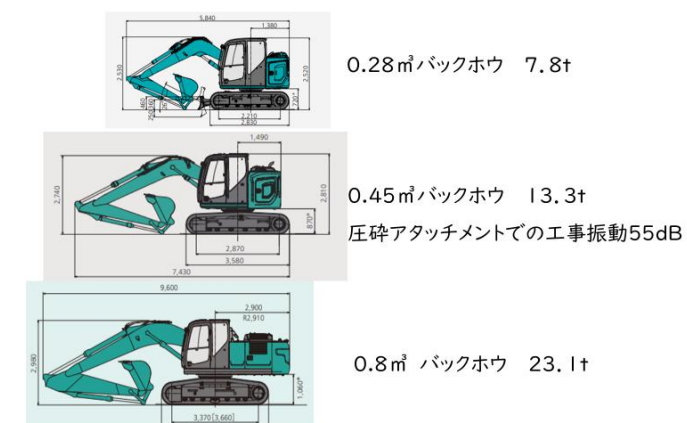


図 18 重機本体の大きさと重量比較

石垣の修復作業では、石垣上部で、0.18 m³バックホウを使用して裏込め作業等を、振動ローラを使用して締固め作業等を行っている。



写真 22 0.18 m³バックホウ使用状況



写真 23 振動ローラ使用状況

以上のことから、現天守の解体に当たっては、振動の上限を65dB 程度としたい。

解体作業との振動の伝達等や特性に違いがあるものの、参考として震度と振動の比較を以下に示す。

- 95～105dB 震度5
- 85～ 95dB 震度4
- 75～ 85dB 震度3
- 65～ 75dB 震度2
- 55～ 65dB 震度1

③各解体工法の適用可能範囲と解体材の崩落・落下の可能性について

①で取り上げた4工法について、現天守の解体における適用可能範囲と解体材の崩落・落下の可能性を検討する。

ア. ブロック解体

60tラフタークレーンを構台上に設置した場合、天守中央付近における揚重可能重量は約3tであり、揚重能力に合わせた大きさに解体材を切断すれば全層で解体が可能である。なお、この場合1500ピース程度のブロックが生じることが想定される。

切断によりコンクリートをブロック化するため、解体材の崩落は生じない。

落下の可能性は解体材の吊り込み作業があるため排除できないが、天守台の高さに設置した防護構台等により石垣などの損傷は避けられるものと考えられる。

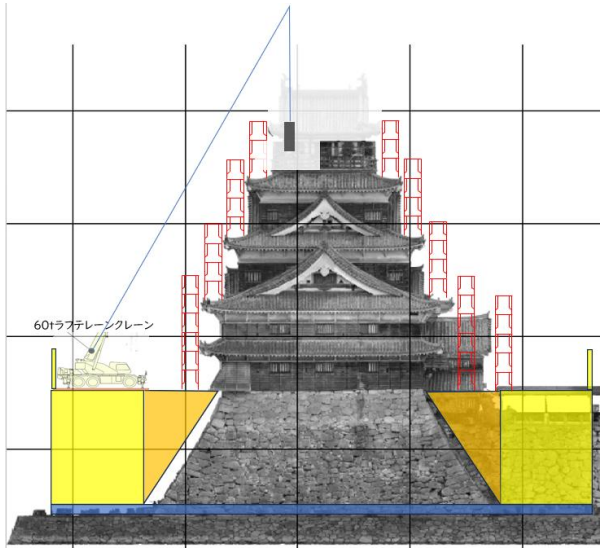


図 19 解体材の揚重イメージ

イ. 外部からの重機による解体

破碎機を取り付けた中型重機(0.8 m³バックホウ)による構台上での作業が考えられる。この場合、三層までの外壁の解体が可能である。なお、初層外壁を取り壊し、現天守基礎で支持する防護構台を組むことにより、三層以下の全域が解体可能となる。この防護構台は、石垣上部への解体材の崩落・落下対策としても有効である。また、基礎解体時の重機乗り入れや破碎ガラ回収作業も可能となるため、作業効率の向上が期待できる。

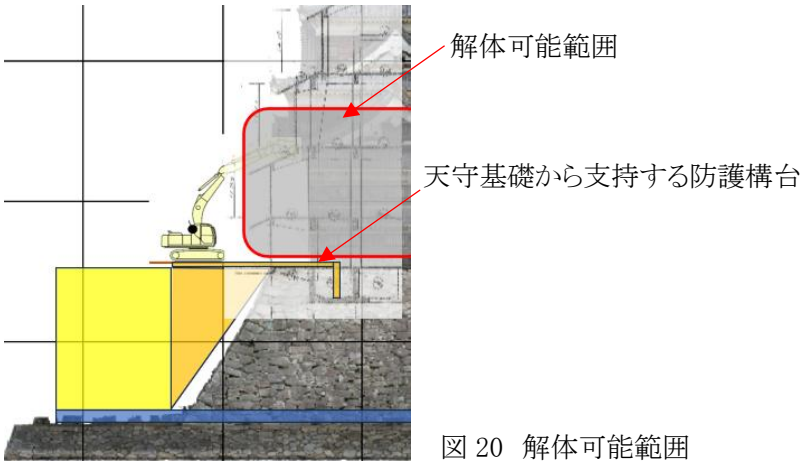


図 20 解体可能範囲

ウ. 内部からの重機による解体

破碎機を取り付けた小型重機(0.25 m³バックホウ)により上層から下層へ順に解体を行うことが考えられる。60tラフタークレーンで当該重機を最上層に揚重するには、構台の北側からでは作業半径が届かないため、南廊下を先行解体し、構台の南側から揚重することで、全層での解体が可能となる。また、内部からの解体であるため、重機が届かない屋根・庇等については、ブロック解体等で先行して解体する必要がある。

解体材の外部への崩落・落下については、内部での作業であるため、生じない。また、イ. と同様に現天守基礎で支持する防護構台を組むことにより、内部における石垣上部への解体材の崩落・落下対策になる。

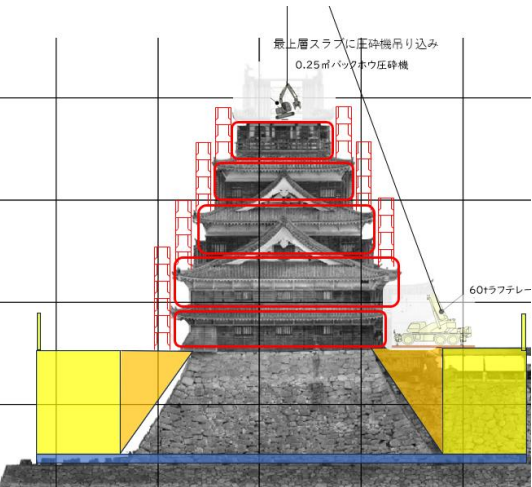


図 21 解体材の揚重イメージ

エ. 作業員による解体

作業員による解体には人力で操作する小型の機械であるハンドクラッシャー、コア穴破碎器、ハンドブレーカー等があるが、人の手による操作のため繊細な解体ができ、文化財に面する部位や機械では解体出来ないような部位の解体に向いている。また、重機による解体と比べると小規模ではあるが、解体材の外部への崩落・落下対策は必要である。

④まとめ

文化財保存の観点から、振動と解体材の崩落・落下の可能性が少ない工法として、作業員による解体を部分的に必要とするものの、ブロック解体でほぼ全域の解体が可能と考える。また、小型重機(0.25 m³バックホウ圧砕機)のアタッチメントで圧砕可能な範囲を解体するなどブロック解体と階上解体の併用も考えられる。

(2) 仮設計画の検討

文化財の保存に十分配慮するとともに周辺環境への影響、現天守の解体のための効率化等について考慮した仮設計画の検討を行う。

①搬入ルートについて

P.4「2. (2)搬入ルート」に記述したとおり、天守台へは、裏御門から腰曲輪を通してアプローチするルート（腰曲輪ルート）と内堀北側の外から堀を横断してアプローチするルート（堀横断ルート）の2案が考えられる。各ルートのメリット・デメリットを整理する。

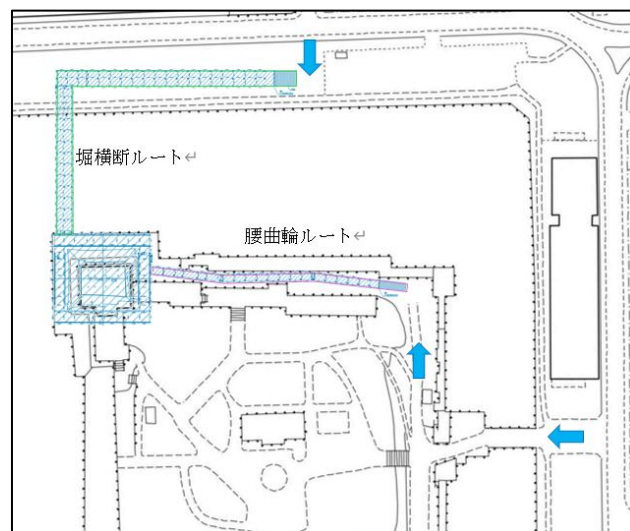


図9 腰曲輪ルートと堀横断ルート（再掲）

ア. 腰曲輪ルート

メ リ ッ ト： 既存の車両ルートを利用できる（新たに搬入ルートを整備する必要がない。）。

構台へ上がるスロープをほぼ直線で設けることができる。

デメリット： イ. と比べ、史跡内の工事エリアが広がるため、文化財保存への配慮がより必要となる。

地上遺構の配置からスロープの幅員が6m程度しか取れない（大型工事車両の離合が難しい。）。

鳥居から裏御門跡を抜けて本丸上段へ上がる階段までの区間が、来城者と広島護国神社への参詣者の利用と重なり、交通誘導員の配置など来城者等の安全確保策が必要となる。

イ. と比べ、剪定や移植、伐採などの対応が必要となる樹木の本数が多い。

イ. 堀横断ルート

メ リ ッ ト： ア. と比べ、幅員などスロープの設置に当たっての制約が少ない。

工事関係の動線と来場者等の動線を区分することができる。

デメリット： スロープの設置に当たって、内堀底の防水層（図22参照）を傷める可能性があるため、堀の水を抜いた大規模な仮設計画となり、堀内にいる鯉ほかの生物の移動先も必要となる。

立地条件より、スロープを直線で設けることが難しい。

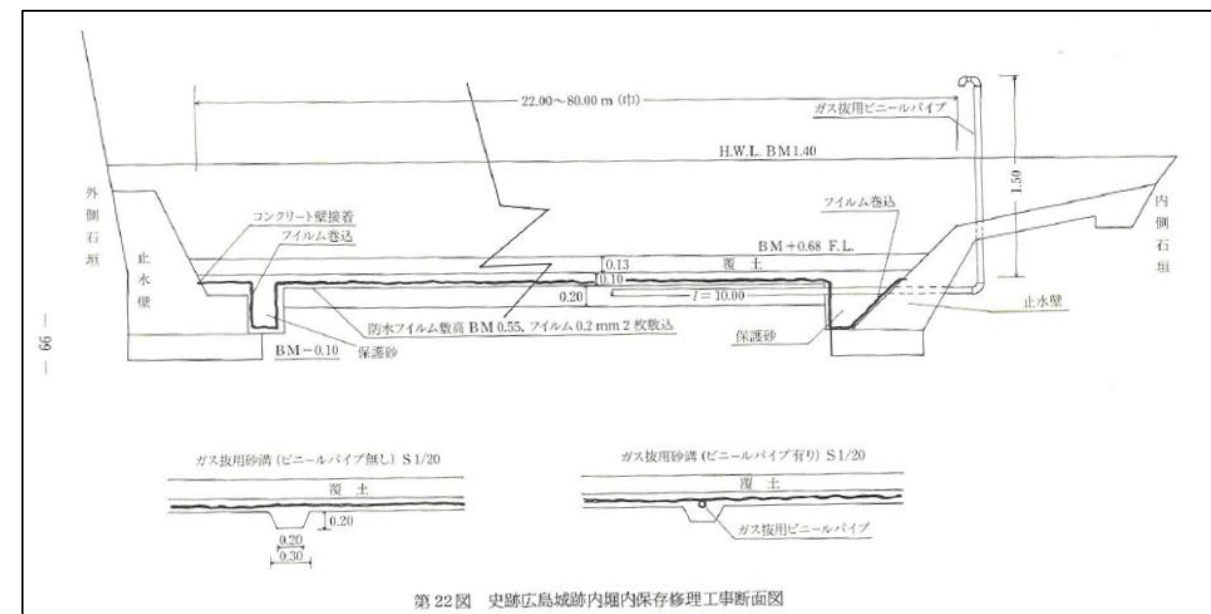


図22 内堀内保存修理工事断面図

『史跡広島城跡保存管理計画書』より

②構台及びスロープについて

【構台の設置】

天守台高さに構台を設けることにより、天守台の防護（現天守解体材の崩落・落下予防）とともに、重機の小型化や作業効率の向上を図ることができる。重機の小型化は構台の接地圧の軽減につながる。

構台は鉄骨造とすることにより、構造計算に基づく安全な構造とする。基礎はコンクリート置基礎タイプとし、地盤掘削のない設計とする。また、べた基礎とし、荷重の分散を図る。

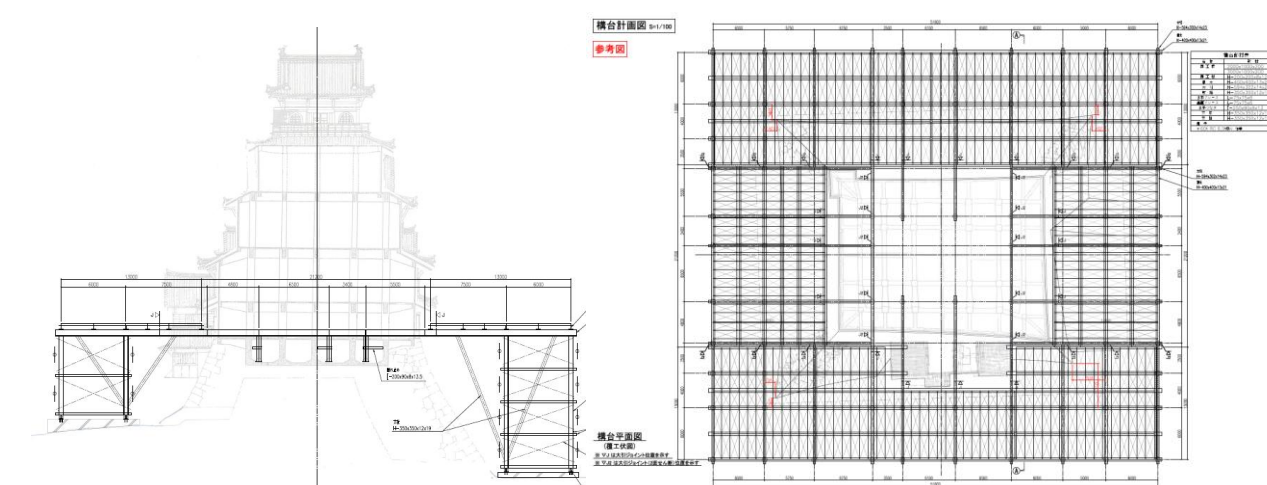


図23 鉄骨構台のイメージ図

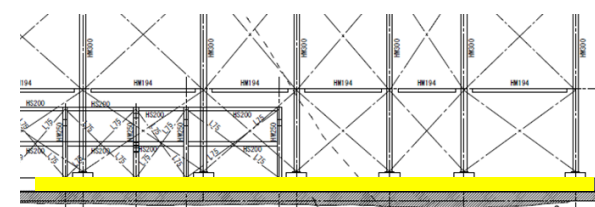


図24 コンクリートべた基礎（黄色部分）

【スロープの設置】

クレーンや運搬車両が自走可能な構台同様の構造である鉄骨造のスロープを構台へ設けることにより、作業効率の向上が期待できる。

図 25 に示すとおり、腰曲輪ルートにスロープを設置する場合、10t ダンプの離合ができる最小値である 6 m 幅のスロープが考えられるが、安全等に配慮し片側通行とすることが望ましい。

一方、図 26 に示すとおり、堀横断ルートにスロープを設置する場合、設置に当たり、腰曲輪ルートより制約が少ないため、交互通行など効率性にも配慮した自由な計画が可能である。ただし、傾斜部での右左折は危険なため、外郭部で構台高さまで概ね上げ、堀を横断する計画とする。

いずれの場合にもスロープの基礎は、石垣等の文化財と接触のないようにし、べた基礎とすることで地盤に対する荷重が分散される計画とする。



図 25 北側腰曲輪スロープ計画図

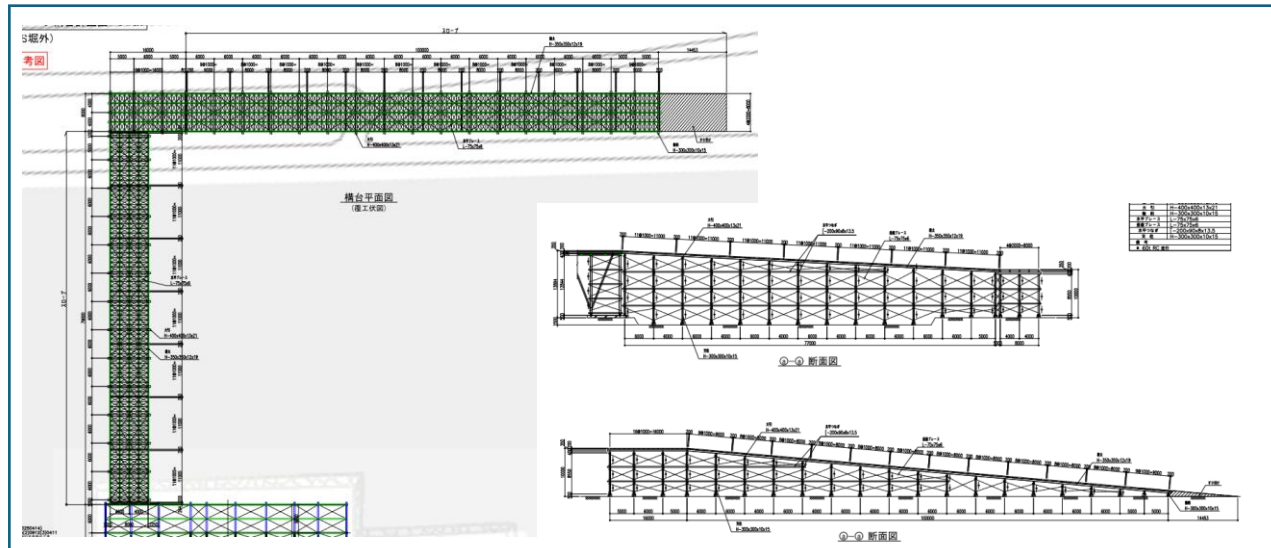


図 26 堀横断スロープ計画図

【構台及びスロープ基礎と石垣の影響範囲】

構台及びスロープ基礎は、石垣への影響の無い範囲に設置する必要がある。影響範囲境界となるすべり勾配は小天守台石垣において 4 4 度であり、その対象は東小天守～東廊下、南小天守～南廊下である。また、内堀に面する石垣においても同様の値とする。

なお、石垣の影響範囲は、設計段階で地耐力と構台からの荷重を確認した上で詳細に検討する必要がある。特に東廊下側は基礎の設置可能範囲が狭いため、十分な検討が必要である。

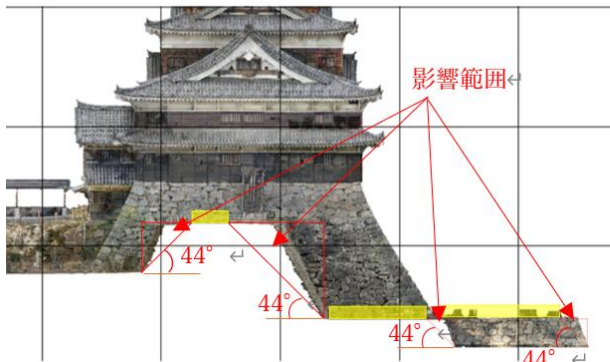


図 27 石垣のすべり勾配と影響範囲（東廊下側）

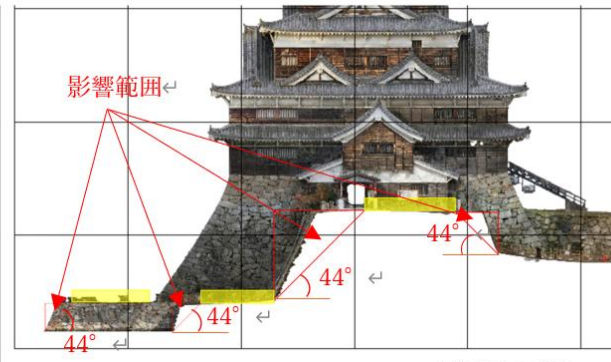


図 28 石垣のすべり勾配と影響範囲（南廊下側）

(参考) すべり勾配について

石垣への上載荷重の影響範囲境界となるすべり勾配の設定は、累積示力線法による石垣の安定計算における、最小安全率となるすべり勾配より行う。

表-1 最小安全率とすべり勾配

検討ケース	東小天守北面		東小天守南面 (換算値)		南小天守西面		南小天守東面 (換算値)	
石垣高さ	7. 8m		4. 0m		7. 5m		3. 3m	
	最 小 安全率	すべり勾配 (deg)	最 小 安全率	すべり勾配 (deg)	最 小 安全率	すべり勾配 (deg)	最 小 安全率	すべり勾配 (deg)
転 倒								
常 時	4.653	52	6.909	53	4.205	51	10.723	51
中規模地震	1.496	46	2.011	48	1.384	46	2.547	46
大規模地震	1.176	44	1.594	46	1.086	44	1.972	44
すべり								
常 時	4.383	52	6.181	53	3.986	51	8.443	51
中規模地震	1.613	46	2.146	48	1.487	46	2.444	46
大規模地震	1.278	44	1.721	46	1.175	44	1.910	44

※換算値：小天守内郭側の石垣高さに対応した位置の築石における最小安全率とすべり勾配とする。

上表より石垣前面より 4 4 度のすべり勾配の範囲外であれば、石垣への上載荷重による影響は無いことになる。

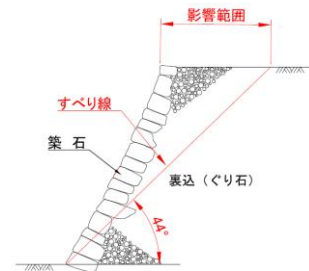


図 29 石垣影響範囲

③文化財に影響を与えない養生、防護方法

工事エリアをⅦ. 天守台及び天守台周辺とⅣ. 裏御門～腰曲輪北側に区分し、それぞれについて文化財に影響を与えない養生、防護方法の検討を行う。

ア. 天守台及び天守台周辺

天守台は現天守が直接設置されているため、解体時に生じる振動や解体材の崩落・落下の影響を特に受ける場所であるが、天守台高さに構台を組むことにより、天守台上部への振動や解体材の崩落・落下を防止することができる。構台は作業構台と防護構台で構成され、防護構台は作業構台から張り出した形状となる。そのため、この防護構台への重機の乗り入れは不向きであるが、現天守基礎から支持する防護構台を新たに設けることにより、文化財に配慮しつつ重機の現天守内への乗入れが可能となる（図 30 参照）。

構台は重機の振動が伝わらないよう隙間を設け、防護マット等で塞ぐ（図 31 参照）。

構台の基礎はコンクリートべた基礎とし、掘削をしない置き基礎とする。その際、現状地盤の上に土木シートで縁切りの上、砂・砕石等を敷均しの上、コンクリートを打設する（図 32 参照）。

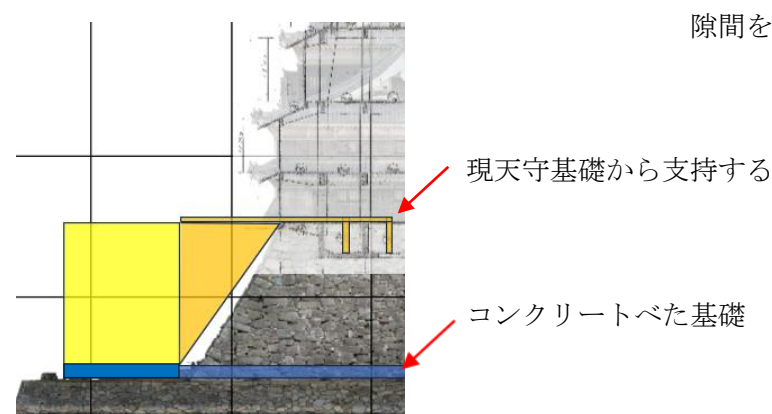


図 30 防護構台を支持して安定させ作業可能にするイメージ図

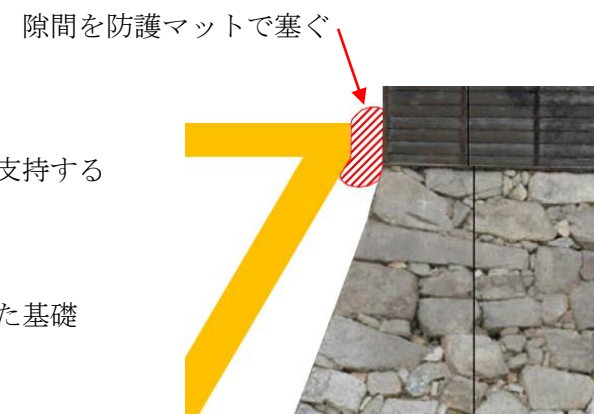


図 31 防護マットで隙間を塞ぐイメージ図

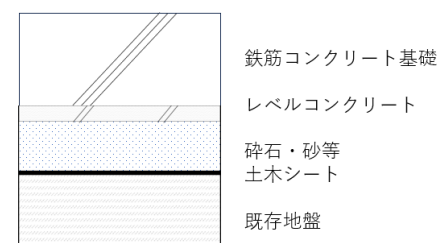


図 32 構台基礎仕様の例

イ. 裏御門～腰曲輪北側

腰曲輪東側の一部までは舗装されているものの、大型車両や重機の重さに耐えられる仕様が不明であるため、事前に平板載荷試験等を行い、地耐力を確認した上で、不足する場合は道敷鉄板敷やコンクリート土間で嵩上げ補強するなどの検討が必要である。未舗装部分については、図 9 に示したように土木シート、砕石砂敷、道敷鉄板敷きで地下遺構の防護を行う。なお、舗装路と同様に地耐力試験を行い、不足する場合は鉄板敷きに替えてコンクリート土間等での補強を検討する。石垣等地上遺構に対しては防護のため、置き型のガードレールを設置し、工事車両等との接触を防止する。

④足場について

足場は解体の工法や手順によって変わるが、いずれの工法においても、外部は構台上から枠組み足場及び単管足場等を組むことで対応が可能である。内部は必要に応じて脚立や天井足場を組むことで対応が可能である。解体は上層から順に行い、足場は必要に応じて増設・盛替を行いながら、解体とともに順に撤去する。

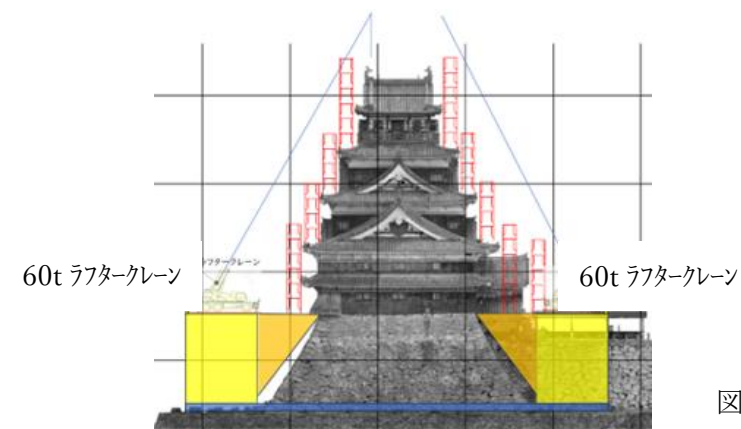


図 33 足場計画図（瓦・大屋根木軸解体時）

⑤揚重について

構台上から 60 t ラフタークレーンを主な揚重機として揚重する計画とする。

⑥解体材の飛散・粉塵防止対策

足場にメッシュシートを張るとともに、仮に足場外に飛散した解体材が構台より外の工事エリア外へ飛び出さないよう、2 次養生として構台外周に飛散・粉塵防止に有効な仮囲いを設置する（図 34 参照）。また、解体に当たっては、粉塵予防として散水養生を行う。散水された水は 1 階スラブ上で水中ポンプやスqueegee により吸い上げ排出し、天守台に浸透させないようにする。

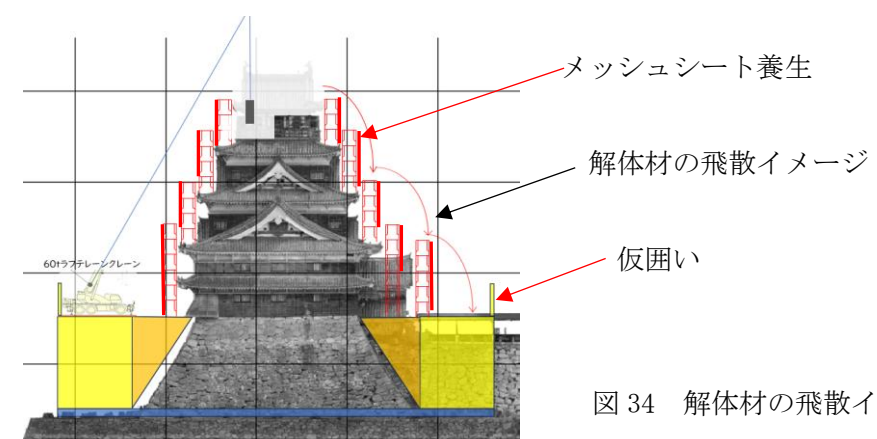


図 34 解体材の飛散イメージ

⑦振動管理

解体工事期間中は天守台付近に振動計を設置して、状況を管理する。
振動の管理値は石垣修復で使用している振動ローラ 0.8～1.1t の実績から 65dB 以下とする。

⑧工事エリアの区画

腰曲輪ルートと堀横断ルートの工事エリアをそれぞれ図 35, 36 に示す。第三者が通行等可能なエリアとは仮囲いを設けて区画する。



図 35 腰曲輪ルートの工事エリア
(解体材の破碎場所・現場事務所等を除く)

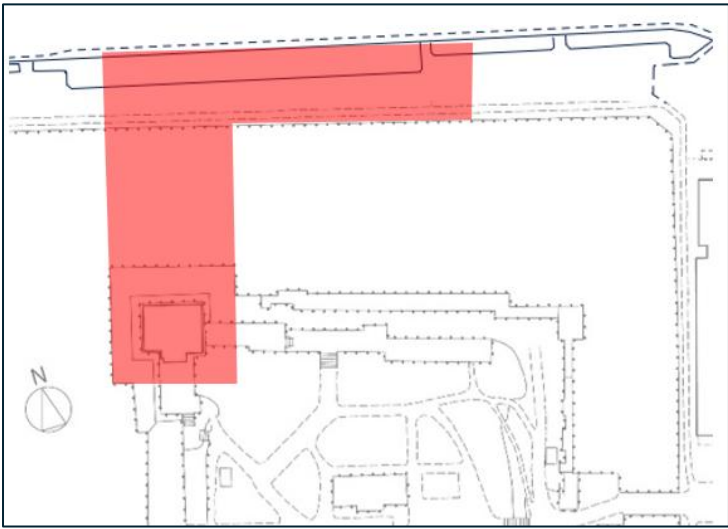


図 36 堀横断ルートの工事エリア
(解体材の破碎場所・現場事務所等を除く)