

広島城天守の復元等に関する技術的課題に係る調査・検討報告書

(資料編)

目 次

1	現天守の評価	1
(1)	広島復興大博覧会の開催決定	1
(2)	県文化財専門委員会とのやりとり	1
(3)	復元方法	1
(4)	恒久施設（郷土館）としての築造	1
(5)	市民の思い（広島復興大博覧会の開催決定前）	2
(6)	市民等の思い（広島復興大博覧会の開催決定後）	2
(7)	博物館としての役割	3
2	天守復元に係る根拠資料	4
(1)	直接的資料	4
(2)	間接的資料	5
(3)	類例資料	6
3	復元時代の設定	8
4	復元等の蓋然性の考証	9
(1)	天守の検討	9
(2)	古写真の解析による保存図の検討	63
(3)	東御廊下の検討	76
(4)	南御廊下の検討	85
(5)	東小天守の検討	90
(6)	南小天守の検討	114
(7)	復元図面一覧	119
5	現地予備調査	139
(1)	調査内容	139
(2)	調査状況	140
(3)	調査結果	142
(4)	3次元モデルの作成	158
(5)	遺構の非破壊調査	163
6	石垣の安定性及び基礎地盤解析における工学的考察	173
(1)	石垣安定性の簡易検討	173
(2)	基礎地盤解析（動的FEM解析による検討）と入力地震波検討	187
(3)	石垣安定性の詳細検討（DEM解析による）	198
(4)	現天守解体～天守群復元等に伴う天守台への影響	200
7	仮設計画（構台及びスロープ基礎と石垣の影響範囲）	203

8	基礎地盤液状化判定の見直し	204
	(1) 液状化判定の見直し	204
9	建築基準法、消防法、バリアフリー法等への対応に係る検討	214
	(1) 建築基準法	214
	(2) 消防法	218
	(3) バリアフリー法等	221
10	天守群の耐震・耐風性能の検討	240
	(1) 復元等の範囲と構造検討の方法	240
	(2) 天守の耐震性能検討	241
	(3) 解析結果	249
	(4) 建設地におけるサイト波	254
	(5) 天守の耐風性能	256
	(6) 東廊下の構造検討	257
11	仮設計画（木材の乾燥・保管・加工場所・運搬等を考慮した仮設計画）	261
	(1) 木材の乾燥	261
	(2) 木材の現地保管と加工場所	261
12	工程等の検討	262
13	伝統技能技術者の抽出	262

1 現天守の評価

(1) 広島復興大博覧会の開催決定

「開催趣意書」(昭和 32(1957)年 6 月 1 日)(抜粋)

時あたかも、市制施行七十年を迎えるにあたり、わが広島市の過去の歩みと力強い復興の姿とを広く内外に紹介するとともに内外の産業科学の粋を展示し、わが国の産業と文化の振興発展に寄与するため、ここに広島復興大博覧会を開催する運びとなりました。

『広島復興大博覧会誌』

(2) 県文化財専門委員会とのやりとり

当初、県文化財専門委員会は広島城天守の築造に否定的であった。

広島城跡の文化財としての価値は原爆で廃墟になったという歴史的事実を保存するところにあるので、天守閣を新築しても、もとのものは出来ないし、従って必ずしも文化財としての価値をプラスにするものではなく、むしろマイナスにするおそれが多分にある。

『広島復興大博覧会誌』

これに対し、市は築造の意義を熱弁し、ようやく復元が承認される。

広島市も現に人口四十万を突破するまでに復興し産業経済の発展もみるべきものがある折柄城跡に天守閣を復原して、後世永く昔の面影を偲ぶことが出来るようにするのは、必ずしも文化財的意義を喪失するものではない。由来鯉城は広島市の表徴的存在でもあり、復原によって、その観光的価値も倍加するのは、必然で、現状のまま放任することは、徒らに野犬の遊び場を保存するに等しい。

『広島復興大博覧会誌』

(3) 復元方法

鉄筋コンクリート造による外観復元であった。

広島市の内部では木造にするか鉄筋コンクリートにするかとの議論があったようである。これについては、(中略)「恒久施設」の造営という考えがあったことから、鉄筋コンクリートでの外観復元案が採用された(中略)鉄筋コンクリートが採用されたのは、昭和 30 年代前半が戦争による影響も色濃く残っていた時代であったため、「鉄筋コンクリート＝火災に強い・豪華」という神話があったことに起因している。また、従来の木造の建物よりもモダンな建築法でもある鉄筋コンクリートが優れているという当時の一般的な考え方も一因であろう。

『広島城の 50 年』

(4) 恒久施設(郷土館)としての築造

恒久施設として、内部は主に郷土館として使用された。

三五〇年前の昔のままに、広島城の天守閣を復原し、五層の美しい姿を、空高く聳えさせる。天守閣の最上階に立って、復興した広島市街や周辺の山河、海峡を眺め、広島の移り変りをしのぶとともに、今後の発展を想わせる。

この館は天守閣の各階を郷土文化の大博物館として、門外不出の貴重な資料を展示し、これらを通して、郷土広島の歴史と自然を如実に知らせる。

『広島復興大博覧会誌』

(5) 市民の思い（広島復興大博覧会の開催決定前）

広島町が目に見えて大きく美しく、そしてにぎやかになりつつあるのを、私たち広島に生れて育ったものはほんとうにうれしく思っている。（中略）しかし何かまだ町にゆとりがない。どうしてだろう。昔から伝わってきた生活のしきたり、物の考え方、そうした伝統のうえに生きている私たちをそとつづんでくれるものが広島にないからだと思う。

誰の心にも郷愁というものがあるが、広島私たちは一閃の原爆で郷愁のもってゆき場所を失ってしまった。荒れはてている広島城跡を見るとその感がひとしお深い。そこでぜひとも広島城跡を再建したいと思う。

広島市民の心の故郷の思い出として鯉城の再建を提案されたことはまことに至当と思ひ賛意を表します。

しかしいざ再建を考えてみますとき、（中略）市民全体の絶対的支持を得られるかどうかについてははなはだ疑問に思います。

たしかに城を再建することで美観も増し、広島への観光客も数倍に増えて観光費用が広島市をうるおすことになるでしょうが、この再建にはまた数千万円に上る費用が要ることを計算に入れねばなりません。私たちが昔日の広島城の面影を常に頭に浮かべ、また伝統を重んじることも非常に大切なことではありますが、それだけバク大な費用をねん出して得るものとすれば、まだ鯉城の再建以上に市民全体の福祉に役立つ悪路の改良とか、文化関係の仕事が山積していると思います。

広島復興博覧会を機会に広島城を復元するのは時宜をえており、必ず実現してもらいたいプランだ。（中略）

今日、私たちがみる城は、多くの労働力の結晶によって作られた民族文化のほとんど唯一の象徴としてである。（中略）平和都市広島建設は差し迫ったもの、新しいもののほうへと主力が注がれていた。広島城再建は、ようやくにして、平和都市建設の力が古きもの、失ったものへおよぶというひろがりを示す。年々に広島は美しい街になっていくだろう。明年花のおうころにはぜひとも天守閣を仰ぎたいと思う。

中国新聞 市民投書

（上段）昭和 32(1957)年 5月 22日

（中段）昭和 32(1957)年 5月 25日

（下段）昭和 32(1957)年 6月 1日

(6) 市民等の思い（広島復興大博覧会の開催決定後）

市民の多くから数多くの情報がよせられた。ある「万頭屋の御主人」から、鯉があるから見に来てくれとか、「これは城の中を散歩して拾ったもの」と言って提供していただいた。市民の関心は非常に強く、家に帰って休むのも気の引ける思いであった。

『広島県建築士会広島支部報 鯉城 No. 29 1986. 5』

「広島城再建の思い出(2)」 飯田 貫一（元広島市営繕課職員）

再建が計画されてからとかくの論議はあったが、ともかくりっぱに出来ている。（中略）

がんらい、城下町は城を中心に発展したのだから、戦災で城を焼かれた町では、なんとなく

大黒柱が失せたようなさびしさがある。広島市だけでなく、全国の各地で城の再建がはかられつつあるのもこんな理由からであろう。

中国新聞 昭和 33(1958)年 3 月 31 日

「広島市立郷土館 鯉城再建の意味について」 松崎 寿和 (元広島大学助教授)

広島城が昔の位置に築造されておるのをみて躍りあがる程うれしかった。広島城はその美観とともに、輝元以来の歴史を物語るものであって、いわば広島の象徴である。その内部が郷土館として利用されるのも大いに意義が深い。博覧会を機会に城が復原したのは、誰れが何んといっても素晴らしい。

『広島復興大博覧会誌』

広島城は、広島人の心に巣くうあこがれの塔です。原爆で一瞬のうちに灰となりましたが、このあこがれの塔のないさびしさが、とうとう鉄骨の広島城を再現させました。昭和三十三年四月に行われた博覧会をしておに、昔の姿そのままに建てられたのです。でも、広島城跡は文部省の史跡指定地ですから、城の再建はなかなかめんどろでした。それでも、ついに郷土館にするということで許可されました。広島には博物館がありませんから、せめて郷土館でもという市民のねがいは、かなり根強いものがありました。

中国新聞 昭和 35(1960)年 3 月 3 日

『文化財風土記広島編 35』

(7) 博物館としての役割

昭和三十三年（一九五八）六月一日、広島城天守閣は「広島城郷土館」という名称で博物館としての使命を持ち、新たなスタートを切った。展示資料は広島復興大博覧会で出展されたものを中心に構成されており、第一層では、人文系の資料を、第二層では、自然史系の資料を展示していた。正確な時期は不明であるが、第三層では、ほとんど武具が展示されるようになった。展示資料は、市の所有品もあったが、ほとんどは市民や県民が郷土の文化・教育のために寄贈や寄託したものだった。第四層は催し物会場、第五層は展望室兼休憩所で、絵葉書や土産物を売る売店も設置されていた。

『広島城の 50 年』

昭和五八年（一九八三）に広島市の既存の博物館及び今後の博物館の新設計画をまとめた「広島市博物館群構想」が打ち出され、そこで広島城郷土館は武家文化を中心に明治維新までの広島歴史を扱う博物館という位置づけがなされた。これを受け、毛利輝元による広島城の築城から四〇〇年目にあたる昭和六四年＝平成元年（一九八九）に向けて、天守閣の集中的な整備と展示の更新を図ろうということになった。

毛利輝元が広島城築城のための鍬初めを行なった日とされる天正一七年（一五八九）四月一五日からちょうど四〇〇年目にあたる平成元年四月一五日にリニューアルオープンした。

この展示替えて自然史系の資料が外され、広島の武家文化を中心とした歴史資料を専門に扱う博物館として生まれ変わり、同時に「広島城郷土館」の名称も廃止され、新たに「広島城」の名で呼ばれるようになった。

『広島城の 50 年』

2 天守復元に係る根拠資料

史跡広島城跡においては、国指定文化財である石垣の健全性を確保しつつ、蓋然性の高い木造復元に向けた技術検討を行うため、以下の3つの視点から整理した資料により課題の整理を行うものとする。また資料の蓋然性については、その特徴により以下に示す優先度で取り扱うこととする。

- (1) 直接的資料：広島城天守に関する内容が直接わかる実存する資料
- (2) 間接的資料：実存する資料であるが、対象が想定される絵図や古文献
- (3) 類例資料：現存する他の天守や遺構、同時代に建造された天守の資料

(1) 直接的資料

ア 遺構（現存石垣・礎石、発掘調査データ）

天守群周辺の遺構は、内堀の石垣のほか、天守台石垣（東廊下跡、東小天守跡、南廊下跡、南小天守跡も含む）が現存している。また、昭和33(1958)年の天守再建に際し検出された礎石の多くを天守台南東に展示しているが、一部は天守台に残置していると考えられる（『広島城天守台石垣現況調査業務 調査結果』（令和4(2022)年3月）、『広島城小天守台等石垣現況調査業務調査結果』（令和5(2023)年3月）参考）。

天守群周辺では、東御廊下天守台下（南側の一部）で発掘調査が実施されており、天守東廊下玄関跡の建物基礎、地下遺構が確認されている（『史跡広島城跡本丸遺構保存状況調査報告』平成16(2004)年）。また、令和6(2024)年には、天守台下北側の腰曲輪、令和7(2025)年には、天守台下南東隅部、東小天守台下北東隅部等の発掘調査が行われた。なお、天守台の発掘調査は行われていない。

イ 古写真

広島城天守の外観は、絵葉書を含め、明治から第二次世界大戦前まで各方角から多くの写真が確認されており、保存図が残存していない北西面が写るものも複数あるが、いずれの方角も低層階は周囲の樹木によって遮られており、詳細が不明な場合が多い。内部については、1階の写真は確認されていないものの、2階から5階までの一部を写した写真は残されており、これらの写真では後補（補強）とみられる柱も確認されている。また、原子爆弾によって倒壊した天守を写した写真も複数確認されており、散乱した部材は内部構造等を検討する参考となる。

東御廊下及び南御廊下については、内部の写真は確認されていないものの、明治初期の解体を免れた部分が写真に収められており、特に、切断面側（小天守側）は解体時の改修によって当初と形状が異なる可能性が高いと考えられる。

小天守については、『広島城旧城』（『大日本全国名所一覽—イタリヤ公使秘蔵の明治写真帖』平凡社）に明治5(1872)年以前に撮影された東小天守の北東面の一部が写る写真が1枚確認されるのみであり、この時点では東小天守が残されていたことがわかる。一方で、南小天守の写真は確認されていない。

この他、本丸の中御門・裏御門・北東隅二重櫓、二の丸の表御門・太鼓櫓・多聞櫓等の外観写真が確認されており、二の丸の太鼓櫓・多聞櫓は御廊下や小天守の復元を詳細検討する上で参考

になる（『広島城天守閣木造復元基礎調査業務 報告書』（令和3（2021）年3月）、広島城天守閣木造復元基礎調査追加業務 報告書』（令和3（2021）年3月）、『広島城天守木造復元資料集』（令和5（2023）年3月）参考）。

ウ 保存図（昭和実測図）

昭和6（1931）年の旧国宝指定後に文化財専門家によって調査作図されたもので、所在不明となっているものもあるが、現在、5枚の原本が奈良文化財研究所で保管されている。また、後年にこの保存図を模写した図面10枚が姫路市立城郭研究室で保管されている。これらは一部重複を含んでいるため、計11種類の図面が確認されている。

保存図は極めて精度の高い実測図であり、復元検討において参考になるものであるが、立面図は南面と東面の2面のみである。また、東廊下や南廊下は解体を免れた部分の記載があるが、当時すでに解体されてしまっていた廊下を含む東小天守と南小天守の記載はない。なお、保存図には補強柱等の後補部材をあえて描いていないと推測される箇所があり、古写真との相違点となっている。

・奈良文化財研究所所蔵（5枚） ※下線は重複を示す
天守南立面図、天守東立面図、天守東西断面図、天守南北断面図
南御廊下断面図及び南御廊下1階平面図・東御廊下断面図

・姫路市立城郭研究室所蔵（10枚）
天守南立面図、天守東立面図、天守東西断面図、天守南北断面図
南御廊下・東御廊下1階平面図、天守1階平面図及び南御廊下・東御廊下2階平面図、
天守2階平面図、天守3階平面図、天守4階平面図、天守5階平面図

(2) 間接的資料

ア 絵図資料

天守などの建物が表現されている絵図は、寛永年間前期頃の景観年代を描いた『寛永年間城下図』（広島城所蔵）から、万延元（1860）年～慶応3（1867）年の景観を描いた『御城下侍屋敷町新開絵図』まで数点が確認されている。

なかでも『安芸国広島城所絵図』（国立公文書館所蔵）は、正保元（1644）年に幕府が諸藩に命じて作成させた『正保城絵図』の一つで、広島藩では正保2（1645）年から編集が開始され、正保3（1646）年に幕府へ提出された信頼度の高い絵図であり、大天守、東小天守、南小天守、東御廊下が描かれている。また指図では、『広島城内之図』（広島市立図書館（浅野文庫）所蔵）に本丸と二の丸の姿が描かれている。この指図には、御殿について詳細な書き入れがあり、天守や小天守については外形線を記す程度の表記であるが、平面規模の概要が正しく描かれている。これらの江戸時代の絵図資料は、古写真や図面のない南小天守の情報を得られる数少ないものといえる。

なお、明治以降には、旧陸軍時代の管轄下で作成された図面等が確認されるが、天守等は描かれていない。

イ 文献等

古文書については、天正 20(1592)年の平塚瀧俊の記録に天守築造に関する記載があり、同年の毛利家文書からは、豊臣秀吉による広島訪問と建築についての記載があるが、いずれも天守の外観や意匠等の具体的な記述は見当たらない。

また、江戸時代以降の古文書には、広島城の修復記録が幾度も記載されており、承応 2 (1653)年の大風雨による天守台への被害(『玄徳公済美録』)や、享保 11(1726)年の天守や櫓の修理(『事績緒鑑』)に関する記述が確認できる。明治以降は、官報や個人の日記(植木氏日記)、新聞記事等で天守の修理の記録が確認できるが、具体的な修理箇所が分かる記録・図面等は確認されていない。

ウ その他

明治以降に広島城に関して行われた調査として、2点の資料が確認できる。

1点目は『日本城郭史資料』で、これは昭和 8 (1933)年から旧日本陸軍が城郭史の本を編纂する目的で日本各地の城郭跡を調査し集めた資料の控を、戦後にまとめたものである。広島城に関しては、広島城天守重要数量表、広島城門多聞櫓等の重要数量表、広島城本丸図、三の丸の石垣や土塁の断面図と天守の西面外観写真が掲載されている。広島城天守重要数量表では、各階の平面規模や窓、狭間の数や大きさなどが記されている。

2点目は大阪市役所建築課天主設計主任として大坂城天守の設計に関わり、城郭建築を含む古典建築研究の第一人者として知られる古川重春氏による調査(『日本城郭考』、昭和 11(1936)年)で、大天守の 2～4 階平面図や 2 階入側(武者走り)小屋梁の配置に関する状況等が記録されている。

(3) 類例資料

ア 現存する他の天守等の資料

資料が不足する広島城天守・小天守の構造形式や意匠について補完するため、類例建築物と比較検討するに当たり、現存する天守や櫓については、現地確認の結果や修理工事報告書、保存図等を参考にする。また、非現存の建築物については、発掘調査報告や失われる前に実施された調査図面等を参考とする。

表-資1 比較対象とする天守

現存		非現存（資料のみ。一部保存図及び地下遺構あり）	
慶長5（1600）年以前	慶長5（1600）～ 慶長20（1615）年	慶長5年（1600）以前	慶長5（1600）～ 慶長20（1615）年
<ul style="list-style-type: none"> ・熊本城宇土櫓 ・犬山城天守 ・松本城乾小天守 	<ul style="list-style-type: none"> ・松本城天守 ・彦根城天守 （伝大津城天守） ・松江城天守 ・名古屋城西北隅櫓 （伝清洲城天守） ・高知城天守 （慶長創建、 寛延2（1749）年に同 形式で再建） ・姫路城大小天守 ・福山城伏見櫓 （伝伏見城松ノ丸櫓） 	<ul style="list-style-type: none"> ・豊臣大坂城天守 ・名護屋城天守 ・岡山城天守 ・熊本城御裏五階櫓 ・米子城四階櫓 （吉川造営天守） 	<ul style="list-style-type: none"> ・熊本城大天守、小天守 ・名古屋城大天守、小天守 ・萩城天守

※ 福山城伏見櫓の創建年代については、慶長5（1600）年以前の可能性がある。

イ その他の建築物

復元検討において現存する城郭建築の範疇から細部意匠を類推することが難しい場合には、毛利家臣であった安国寺恵瓊が深く関与した不動院（広島市）の楼門など、創建の由来が毛利氏と関連し、広島城天守と地域的・年代的に近い建造物遺構を参考とした。

3 復元時代の設定

主要な根拠資料を基におおよそ4つの時代を設定し、資料の整理を行った。復元時代によって、根拠資料の種類やその量に違いがある。また、保存図や古写真の中には、後補と思われる改変が確認できるが、どの時期に行われた改変なのかは不明である。

表-資2 復元時代と主な根拠資料

区分	創建期	江戸期	幕末～明治初期	戦前
	天正 20(1592)年	慶長 5(1600)年 ～安政元(1854)年	安政元(1854)年 ～明治 5(1872)年	～昭和 20(1945)年
石垣		一部修理記録あり		一部修理記録あり
古写真			・広島城天守閣古写真 ・廣嶋旧城 天守・東小天守	・外部 ・内部
図面		・安芸国広島城所繪図 (正保繪図) ・御城指図(指図) 平面外形のみ ・広島城内之図		・保存図等(昭和実測図): 各階平面図 断面図(梁行・桁行) 立面図(当初・写し) ・古川重春調査図資料: 平面、立面の他、梁の記入 もあり
史料	・平塚瀧俊書状 ・毛利家文書	・広島独案内(享保頃) ・芸藩通志(近世中期)	・西備名区 文化元(1804)年 ・知新集 文化 5(1808)年	・日本城郭史資料: 広島城天守閣重要数量表

4 復元等の蓋然性の考証

(1) 天守の検討

広島城天守は、戦災で倒壊するまで現存していた建築物であり、その形状や構造については現存時の調査により作成された保存図によって詳細に記録されているほか、各種文献史料や古写真によって元の状態を把握することが可能である。一方で、これらの各史料に示される内容の正当性や妥当性については不明な点が多く資料の信頼性に差異が生じている。このため、広島城天守の本来の性質や形状を把握するためには、各史料の有する情報を見極め、検証する必要がある。以上のことから、本検討では、各史料が示す内容を比較・検証し、史料が示す本質的な意味の把握に努めるとともに、広島城天守の形状について具体的な検討を行った。

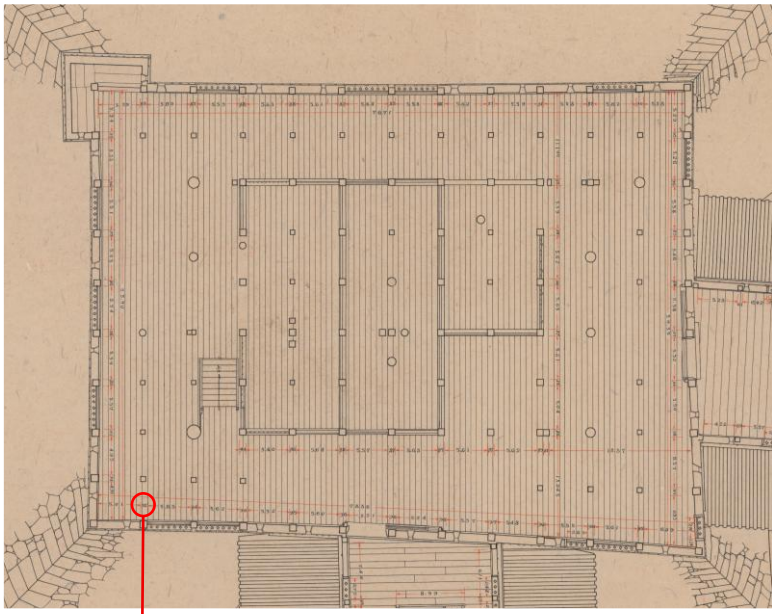
ア 保存図（昭和実測図）の平面図・断面図による検討

(ア) 平面寸法

各部平面寸法は、現地での実測をもとに、矛盾のないよう整理した寸法が記載されていると考えられる。1階及び2階では、側柱通り（外壁通り）の記載寸法は各面とも部分の合計寸法が記載されている。各部寸法と全長合計寸法は西面側柱通りの合計寸法で1分の誤差（部分寸法を積み上げて合算した寸法値よりも合計寸法として記載された寸法が1分長い）があるのみで、そのほかは部分寸法と合計値が一致する。

1階及び2階の側柱通りに記載されている各部の柱幅および柱内法寸法は全く同じであるが、入側柱通りの寸法は異なる。1階身舎南北延長と2階身舎東西延長の真々寸法は、基準柱間を6.50尺とした場合の整数倍に誤差なく一致する。ただし、各柱間個別での真々寸法はいずれも6.50尺とはならない。このことから、1階身舎の南北延長と2階身舎東西延長の寸法にあっては、保存図作成段階で実測値から計画寸法を検討し、身舎各部の柱と柱間の実測値を調整して全長寸法が計画寸法と齟齬のないように記載していると考えられる。1階身舎東西延長真々寸法と2階身舎南北延長真々寸法は基準柱間の整数倍と正確には一致しないが（1階は6分、2階は2分の寸法差がある）、これは、入側柱が1階及び2階では管柱となっている状況を踏まえたものであると考えられる。

柱寸法の平均値は、1階及び2階側柱について、北面平均が0.876尺、南・東・西面平均は0.930～0.948尺であり、北面側柱はやや小さい傾向がある。入側柱の寸法は、平均値で1階は0.882尺、2階は0.777尺で、1階入側柱と2階入側柱、および入側柱と側柱では有意な寸法差がある。



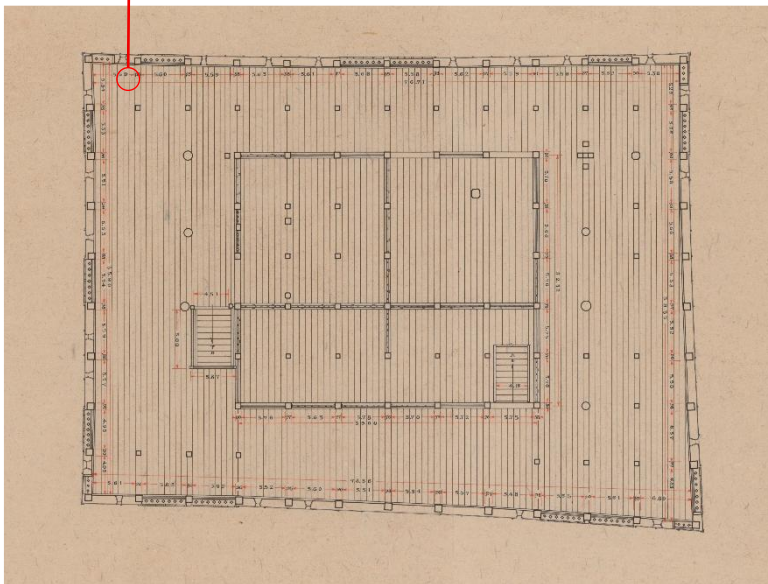
側柱通りの寸法は、1階と2階で全く同じ寸法を記載する



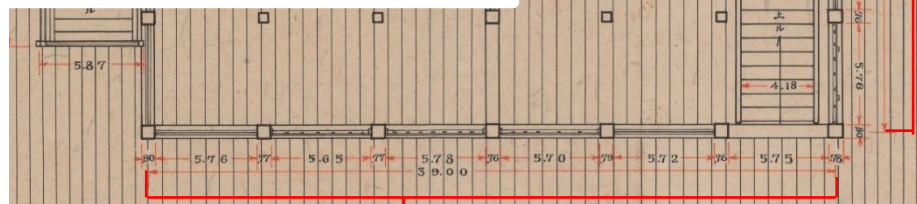
合計した柱間真々寸法は、6.50尺の整数倍に誤差なく一致する

図-資1 1階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室所蔵

合計した柱間真々寸法は、6.50尺の整数倍と6分の寸法差がある



記載する柱間真々寸法は、6.50尺の整数倍と2分の差がある



記載する柱間真々寸法は、6.50尺の整数倍に誤差なく一致する


図-資2 2階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室所蔵

表-資3 1階、2階 柱寸法表

場所			柱見附寸法 (単位: 尺)											左欄平均	左欄中央値	側/入側中央値
1階側柱	北面	(西より)	0.88	0.85	0.88	0.88	0.87	0.85	0.88	0.87	0.91	0.87	0.90	0.876	0.880	0.960
	南面	(西より)	0.92	0.84	0.96	0.95	0.90	0.98	0.98	0.97	0.98	0.90	0.85	0.930	0.950	
	西面	(北より)	0.93	0.96	0.99	0.88	0.98	0.88	0.97	0.99	-			0.948	0.965	
	東面	(北より)	0.95	0.96	0.89	0.88	0.97	0.96	0.98	0.97	-			0.945	0.960	
1階入側柱	南面	(西より)	-		0.94	0.86	0.88	0.87	0.87	0.87	0.89	-		0.883	0.870	0.880
	東面	(北より)	-	0.88	0.88	0.90	0.87	0.88	0.88	-			0.882	0.880		
場所			柱見附寸法 (単位: 尺)											左欄平均	側/入側中央値	
2階側柱	北面	(西より)	0.88	0.85	0.88	0.88	0.87	0.85	0.88	0.87	0.91	0.87	0.90	0.876	0.880	0.960
	南面	(西より)	0.92	0.84	0.96	0.95	0.90	0.98	0.98	0.97	0.98	0.90	0.85	0.930	0.950	
	西面	(北より)	0.93	0.96	0.99	0.88	0.98	0.88	0.97	0.99	-			0.948	0.965	
	東面	(北より)	0.95	0.96	0.89	0.88	0.97	0.96	0.98	0.97	-			0.945	0.960	
2階入側柱	南面	(西より)			0.80	0.77	0.77	0.76	0.79	0.76	0.78	-		0.776	0.780	0.780
	東面	(北より)		0.80	0.78	0.75	0.78	0.76	0.80	-			0.778	0.780		

※側柱は1階と同寸法(柱間寸法も同じ)

【凡例】

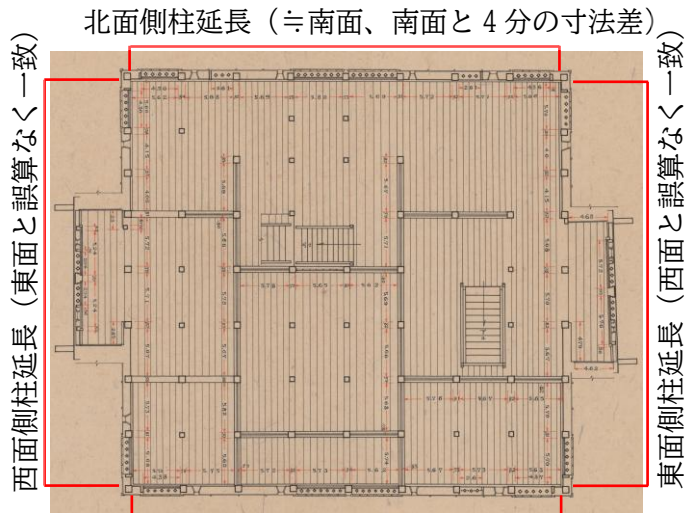
 : 身舎と入側の境界にあたる通りの柱を示す
(入側柱にあつては端部柱を示す)

3階平面寸法は、側柱の全周と入側柱筋の大半について寸法が記載されている。側柱通りの隅柱内法延長寸法を計算すると、北面と南面では4分の誤差で一致しない。一方で、東面と西面では異なる値の柱間・柱寸法を示すものの、延長合計の寸法は正確に一致する。また、側柱の東西真々寸法は6.50尺×8間(=52.0尺)、南北真々寸法は6.5尺×7.5間(=48.75尺)と考えられるが、各柱間の真々寸法を計算すると6.46~6.535尺になり、基準柱間6.50尺と完全に一致する箇所は稀である。東面・西面の隅柱内法延長(内法寸法で47.970尺)と2階身舎の東側隅柱内法延長(両端柱の内法寸法で31.720尺)を比較すると、寸法差は16.250尺となり、6.50尺の2間半に誤差なく一致する。北面と南面の側柱通り隅柱内法延長と2階身舎の隅柱内法延長を比較した寸法差では、想定2間(=13.0尺)に対して北面寸法差は12.89尺、南面寸法差は12.93尺となり、必ずしも基準柱間寸法の整数倍にならない。柱寸法の平均値は、側柱の平均値と入側柱の平均で差は認められず、側柱平均、入側柱平均ともに0.798尺である。

4階平面寸法も3階同様に基準柱間寸法6.50尺に近似する値で柱と柱間寸法を記載するが、両端の柱寸法を記載しないため、側柱通り全長の柱真々寸法を検討することができない。各部の柱間内法と両脇柱寸法から換算した柱間寸法では、1~3階と同様に6.50尺前後の値となっており、基準柱間6.50尺に完全に一致する柱間は稀である。

3階南面の側柱全長寸法(両端柱の内法寸法で51.14尺)と4階南面の側柱全長寸法(両端柱の内法寸法で38.14尺)の寸法差は13.00尺となり、6.50尺の2間に誤差なく一致する。また、3階西面の側柱全長寸法(両端柱の内法寸法で47.97尺)と4階西面の側柱全長寸法(両端柱の内法寸法で34.97尺)での寸法差も13.00尺となり、こちらも6.50尺の2間分に一致する。これらのことから、実測の制約上で側柱全長の柱間真々寸法の記載ができないものの、内法寸法を基に各重の遞減寸法について、基準柱間寸法を考慮しつつ検討した計画寸法が記載されているものと考えられる。4階の柱寸法は側柱平均で0.771尺、入側柱は平均で0.777尺とほとんど寸法差はない。

5階も下階と同様に内法寸法を記載する。全長は真々寸法で22.75尺(=3.5間)と考えられるが、柱寸法と柱内法寸法を積極的に整理せず値が記載され、5階を構成する重要部分である廻縁も幅寸法の記載がない。



南面側柱延長 (≒北面、北面と4分の寸法差)

図-資3 3階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室所蔵

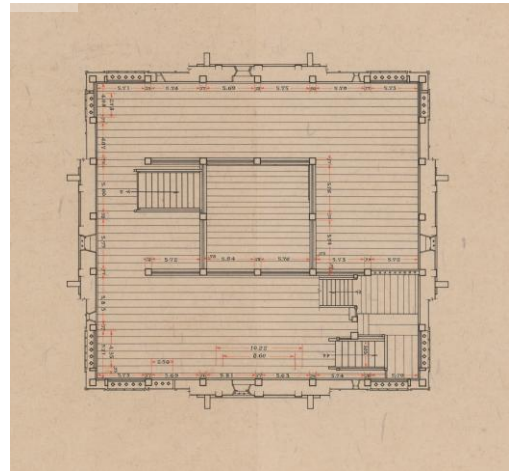
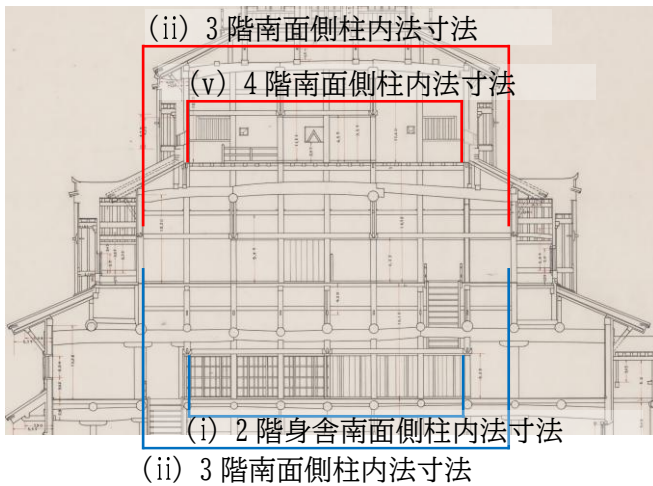
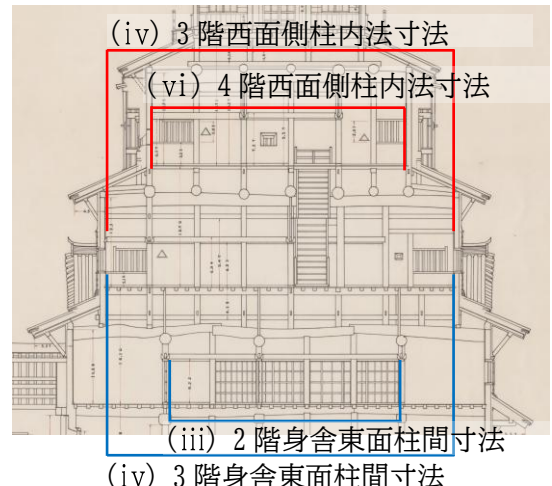


図-資4 4階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室所蔵



(ii) 3階南面側柱内法寸法

(v) 4階南面側柱内法寸法
図-資5 東西断面図(部分)
奈良文化財研究所所蔵



(iv) 3階西面側柱内法寸法

(vi) 4階西面側柱内法寸法
(iii) 2階身舎東面柱間寸法
図-資6 南北断面図(部分)
奈良文化財研究所所蔵

表-資4 2階身舎と3階の寸法差および3階~4階の逡減寸法

	東西断面	南北断面
2階身舎と3階の寸法差	(ii)-(i) 北面 12.89 尺 南面 12.93 尺	(iv)-(iii) 16.25 尺 (6.50 尺×2 間半)
3階~4階逡減寸法	(ii)-(v) 13.00 尺	(iv)-(vi) 13.00 尺

14 表-資5 3階、4階 柱寸法表

場所				柱見附寸法 (単位：尺)							左欄平均	側/入側平均	側/入側中央値
3階側柱	北面		(西より)	0.84	0.82	0.73	0.73	0.81	0.82	0.78	0.790	0.798	0.810
	南面		(西より)	0.78	0.79	0.81	0.80	0.83	0.73	0.82	0.794		
	西面		(北より)	0.79	0.81	0.81	0.79	0.82	0.76	0.81	0.799		
	東面		(北より)	0.80	0.82	0.82	0.78	0.82	0.82	0.81	0.810		
3階入側柱	南北方向	西より第2	(北より)	-	0.85	0.80	0.78	0.75	0.80	0.70	0.780	0.798	0.800
	南北方向	西より第5	(北より)	-	0.82	0.79	0.80	0.82	0.79	0.78	0.800		
	東西方向	北より第4	(西より)	-		0.79	0.80	-			0.795		
	東西方向	北より第6	(西より)	-					0.81	0.82	0.815		
場所				柱見附寸法 (単位：尺)							左欄平均	側/入側平均	側/入側中央値
4階側柱	北面		(西より)	0.79	0.77	0.78	0.76	0.77			0.774	0.771	0.770
	南面		(西より)	0.77	0.76	0.77	0.76	0.76			0.764		
	西面		(北より)	0.77	0.78	0.78	0.77	0.77			0.774		
4階入側柱	南北方向	西より第4	(北より)	-	0.77	0.79	0.77	-		0.777	0.777	0.780	
	東西方向	北より第4	(西より)	0.78	0.78	0.78	0.75	0.79			0.776		

【創建時の1尺寸法】

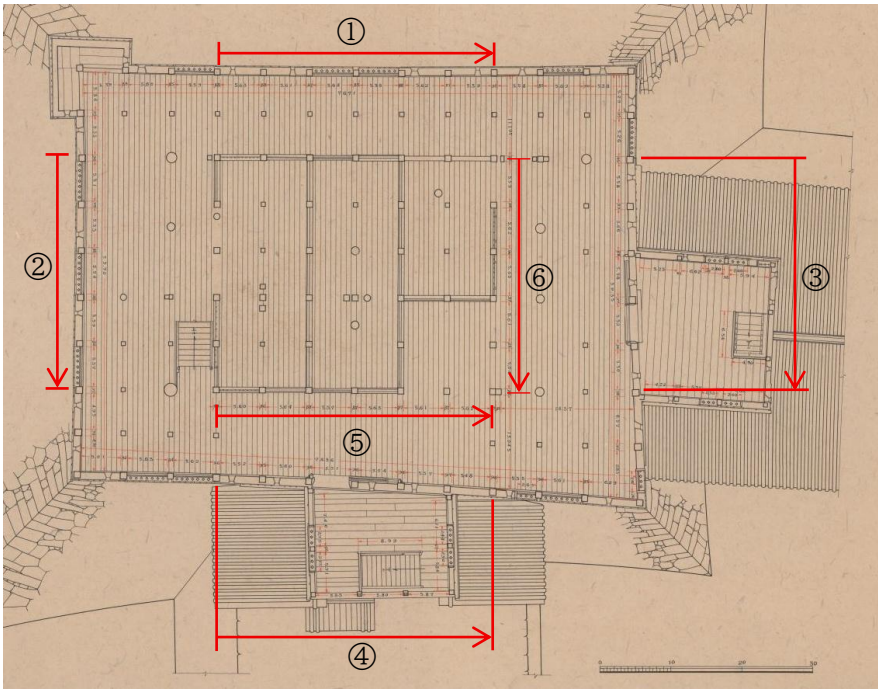
保存図の寸法は尺貫法で記載されており、これは度量衡法によって定められた1尺=10/33m(=0.30303m)であるが、大天守の創建時には異なる基準尺が用いられていた可能性が高い。保存図では、1階身舎の南北延長寸法と2階身舎東西延長寸法、および2階～4階までの通減寸法は、1尺を上記の寸法とした場合に柱真々寸法が1間=6.5尺の整数倍に当たる。ただし、寸法が一定しない各柱間寸法の多くは、保存図作成時に実測した値をそのまま記載している可能性が高く、各柱間寸法から創建時の1尺寸法について検討を行った。

近隣の事例からは僅かに延び(1尺が長めの値となる)の傾向が認められる。広島城天守について、保存図に記載された各間の内法寸法と柱見附寸法から柱間真々寸法を計算し、基準柱間寸法6.5尺と比較した。保存図の柱間1間から求めた1尺寸法の中央値と現尺の値の比較からは、特に2階と3階寸法において保存図中央値がやや長めの傾向を示すことを確認したが、有意性のある傾向は判断できなかった。

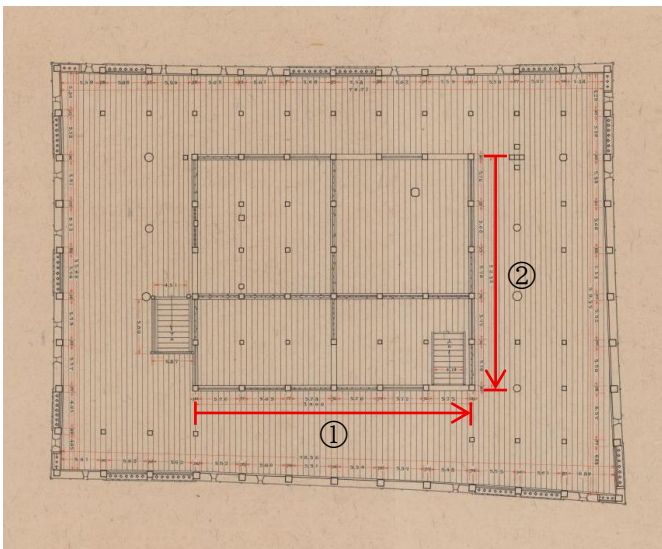
表-資6 近隣の建造物の建立時の基準尺（造営尺）

建造物名	所在地	創建年	修理報告書記述概要	造営尺 (現尺換算)	造営尺 (mm)	現尺 (1000/3.3mm) から伸び (mm)
常称寺本堂	尾道市西大久保	16世紀初頭	305.4545mm (301.5384 との比較結果)	1.008	305.4545	2.424
常称寺観音堂	尾道市西大久保	室町後期 (1467~1572)	0.5~1.3mmの伸び、実施では303.7272と判断	1.002	303.7272	0.697
厳島神社摂社大元神社本殿	廿日市市宮島町	大永3 (1523)年	16尺に対し4分~6分5厘長い	1.0025	303.7878788	0.758
				1.0041	304.2727273	1.242
磐台寺観音堂	福山市沼隈町	元亀年中 (1570~72)	柱間10尺と仮定した場合、10.298尺で約3%の相違	1.0298	312.0606061	9.030
竹林寺本堂	東広島市河内町	天文14 (1545)年	案1:6厘の伸び	1.006	304.8484848	1.818
			案2:1厘の伸び	1.001	303.3333333	0.303
厳島神社末社豊国神社本殿	廿日市市宮島町	天正15 (1587)年	造営尺に関する記載なし(昭和・平成の各報告書)			
吉原家住宅主屋	御調郡向島町	寛永12 (1635)年	0.1%程度の伸び	1.001	303.3333333	0.303
東照宮本地堂	広島市東区	慶安元 (1648)年	一枝寸法の裏目を基準とする			

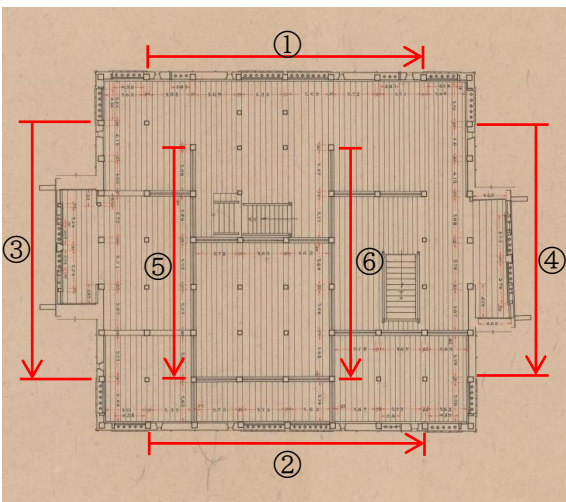
※厳島神社本殿(元亀2(1571))、廻廊(東廻廊)(永禄~慶長(1558~1615)、西廻廊)(永禄6~慶長7(1563~1602)年)、朝坐屋(安土桃山(1573~1614))、
摂社大国神社(室町後期)等は報告書に記載なし



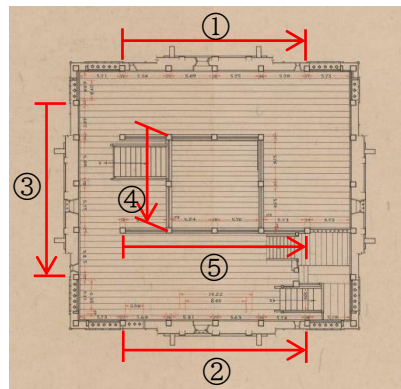
天守1階平面図



天守2階平面図



天守3階平面図



天守4階平面図

図-資7 検討箇所キープラン (いずれも姫路市立城郭研究室所蔵)

(イ) 断面寸法

各部の高さについては、東西断面を基準とし、南北断面は補足的な高さ寸法が部分的に記載されている。東西断面では1階土台下から各階床高と一部の板厚、棟瓦天端までの寸法などが記載されている。また、土台下から棟瓦天端までを合計した総高さの寸法も記載されており、各部高さの合計と一致している。南北断面でも部分的に階高や桁下端高さが記載されているが、東西断面と重複する寸法は大部分で一致しているものの、3階床板天端～4階床板下端までの寸法のみ8分の違いがある。これは、各部高さの合計と総高さ一致している東西断面が正しい寸法であり、南北断面の3階階高は16.78尺が本来記載すべき寸法と判断できる。建造物においては、経年変化による不陸や傾斜を生じていることが普通であるが、高さ寸法において2面の断面図の相違は少ない。これは作図過程で実測値を検証し、整理した数値が記載されているためと考えられる。また、各階の窓高に関しては、東西断面で1階～2階の窓高と3階破風間の窓高が、南北断面で3階～5階の窓高が記載され、各階の窓高がわかるようになっている。

保存図では床板上から長押下端までの高さが東西断面図に記載されている。長押のない1階は代わりに内法貫下端までの高さが記載されている。南北断面図では同様の寸法に加え、3階と4階では長押上端までの寸法も記載されている。

軒出は1階～4階は柱内面から塗籠垂木外下角までの寸法が記載されており、東西断面と南北断面でほぼ同じ寸法となっている。

表-資8 保存図断面図の高さ寸法一覧

種別	計測部	東西断面	南北断面	備考
総高さ	土台下から棟天端まで	88.37	-	
各部高さ1 階高	土台下～1階床板天端	3.0	-	南北 礎石天端～床板下：2.39
	1階床板天端～2階床板天端	10.08	10.08	
	2階床板天端～3階床板下端	16.10	16.10	
	3階床板厚	0.1	-	
	3階床板天端～4階床板下端	16.78	16.70	東西断面寸法が正と推定
	4階床板厚	0.1	-	
	4階床板天端～5階床板下端	18.71	18.71	
	5階床板厚	0.1	-	
	5階床板天端～桁下	10.6	10.6	
	桁下～棟木下端	9.4	-	
	棟木下端～棟瓦天端	3.4	-	
	上記の合計	88.37	-	東西断面各部高と総高さ一致
各部高さ2 桁高	2階桁高さ（床板上～桁下）	10.28	10.28	
	3階桁高さ（床板上～桁下）	12.30	12.30	
	4階桁高さ（床板上～桁下）	12.75	12.75	
	5階桁高さ（床板上～桁下）	10.60	10.60	
各部高さ3 窓高	1階窓高さ（床板上～窓敷居上）	1.81	-	
	1階窓高さ（窓内法高さ）	2.92	-	
	2階窓高さ（床板上～窓敷居上）	3.02	-	
	2階窓高さ（窓内法高さ）	2.94	-	
	3階西破風の間窓高（床～窓敷居上）	1.57	-	
	3階東破風の間窓高（床～窓敷居上）	1.99	-	
	3階窓高さ（床板上～窓敷居上）	-	2.12	
	4階窓高さ（床板上～窓敷居上）	-	3.23	
	4階窓高さ（窓内法高さ）	-	2.83	
	〃	-	2.91	
5階窓高さ（床板上～窓敷居下）	-	2.05		
各部の高さ4 内法高さ	1階床板上～貫下	4.8	4.8	
	2階床板上～長押下端	6.23	6.22	1分の記載誤差がある
	3階床板上～長押下端	6.23	6.23	
	〃 ～長押上端	-	6.94	
	4階床板上～長押下端	6.55	6.37	南北断面は長押ではない
	〃 ～長押上端	-	7.27	
5階床板上～長押下端	6.86	-		
各部の高さ5 長押上の貫高さ	3階床板上～長押上の貫下端	9.47	9.47	
	4階床板上～長押上の貫下端	9.57	9.57	
軒出寸法 (記載のまま)	1階	5.55	5.57	塗籠垂木外下角～側柱内面
	2階	5.37	5.37	〃
	3階	4.30	4.30	〃
	4階	4.06	-	〃
	5階	3.24	3.24	茅負外下角～側柱外面

※赤字：断面図間で相違する寸法
 ※-：寸法記載がない箇所を示す

(ウ) 平面の描写

断面図同様に任意の高さで切断したものであるため、窓・高窓・狭間など高さが異なるものも平面図上に描かれている。ただし、これらが上下で重複する場合は、一方のみが描かれている。柱間装置については、板壁、土壁、敷居、無目敷居が描き分けられている。板壁には武具掛けが描かれ、板は片面板張りで目板と胴縁を併記し、横胴縁の重なり方で板壁両面張りに見える箇所がある。突上戸の内側には敷居が描かれており、断面図の2本溝表記と併せ引違の明り障子があったと考えられる。大天守1階御廊下への出入口は裏白戸と大戸の2本建て、3階破風間の窓は片引板戸が描かれ、内側には明り障子があったと考えられる。高所に設けた高窓は木製の縦格子のものと、木製格子の間に鉄棒が設けられたものがある。

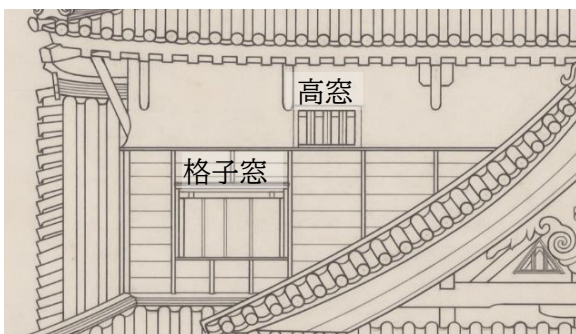


図-資8 南立面図(4階部分)
奈良文化財研究所蔵

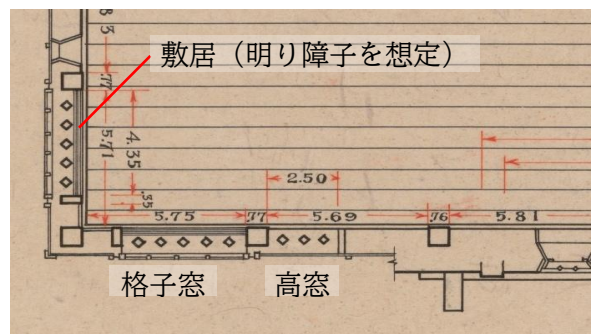


図-資9 4階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室蔵

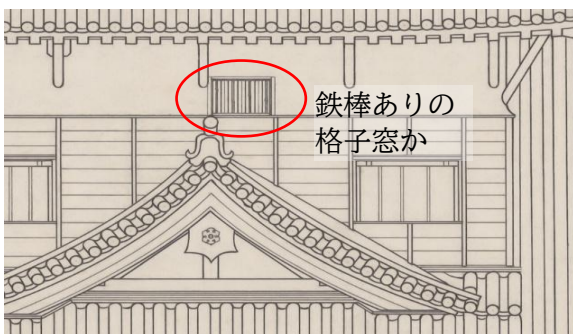


図-資10 南立面図(3階部分)
奈良文化財研究所蔵

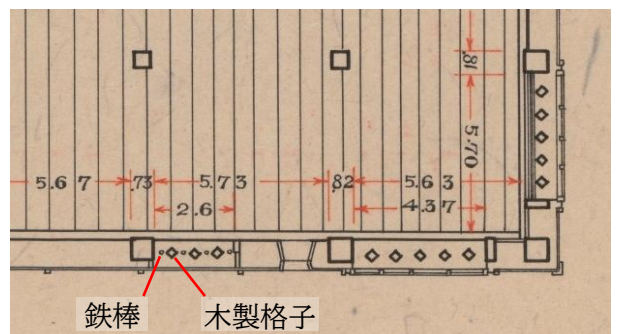


図-資11 3階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室蔵

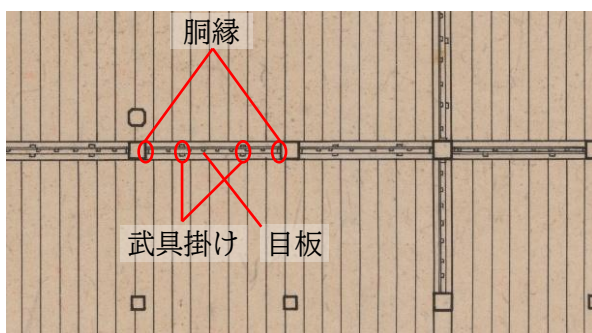


図-資12 2階平面図(部分)
姫路市立城郭研究室蔵

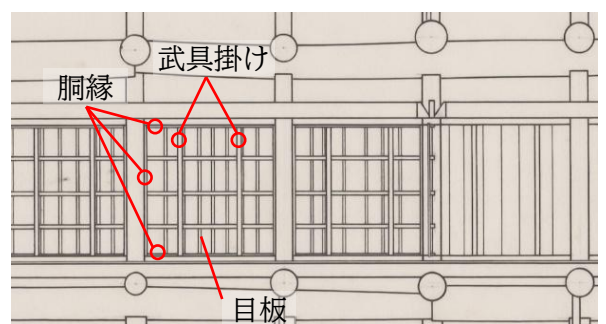


図-資13 東西断面図(2階部分)
奈良文化財研究所蔵

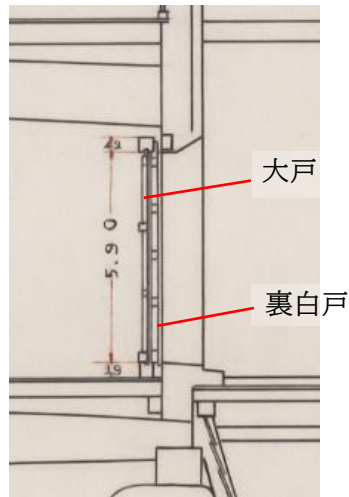


図-資 14 東西断面図（南玄関部分）
奈良文化財研究所所蔵

床板は、天守5階と南御廊下の1階及び2階、東御廊下の西端部室のみ床板短手の継ぎ目が描かれている。そのほかの範囲では長手方向の継ぎ目が描かれているが、古写真の状況とは異なる部分が多く、おおよその状況が描かれたものと考えられる。天守5階の床板は床組の根太の向きと板張の向きで矛盾している。ただし、板張りの継目は古写真の状況と良く一致すること、板の長手目地方向と天井竿縁方向は写真と保存図で矛盾しないことから、床板の向きの描写が必ずしも誤りであるとは言い切れない。また、大天守及び御廊下の階段では、いずれも根太の側面に向けて階段吹抜けを設けている。つまり、床板短手木口に向かって上がっているため、天守5階のみ階段と根太の向きが異なっているのは着目すべき点として挙げられる。その原因として、①古写真や保存図の床板は後補材で、下部に本来の床板がある、②保存図の根太の向きに誤りがある、の2つが考えられる。①の場合、5階に設けてあった筋交や付柱などの補強材と床材との取り合いが綺麗に加工されており、改変痕跡を整えるために施工された後補の床と考えることができる。ただし、保存図断面図では5階床板を厚1寸として記載して1層の床板が描かれているため、平面図と断面図で齟齬があると理解する必要がある。②の場合、床板短辺木口に必ず釘を打つ必要があるが、保存図の根太位置と板継目が一致しない部分があり、単に根太の向きを90度回転させただけでは図のような板張りの状況は再現できない。

以上のことから、古写真や保存図平面図の床板は後補材であり、底面に本来の床板が存在しているものと考えられる。

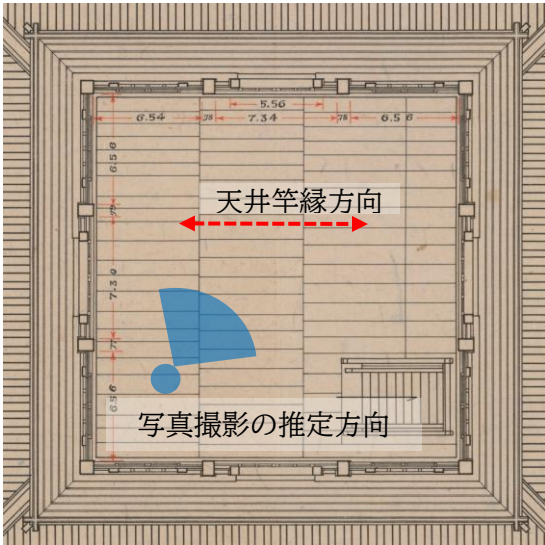


図-資 15 5階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵

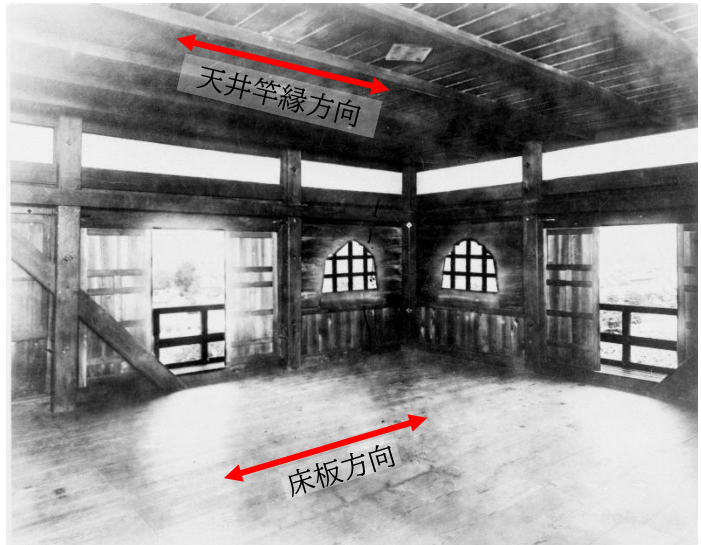


図-資 16 「天守閣第5層」
広島市公文書館所蔵

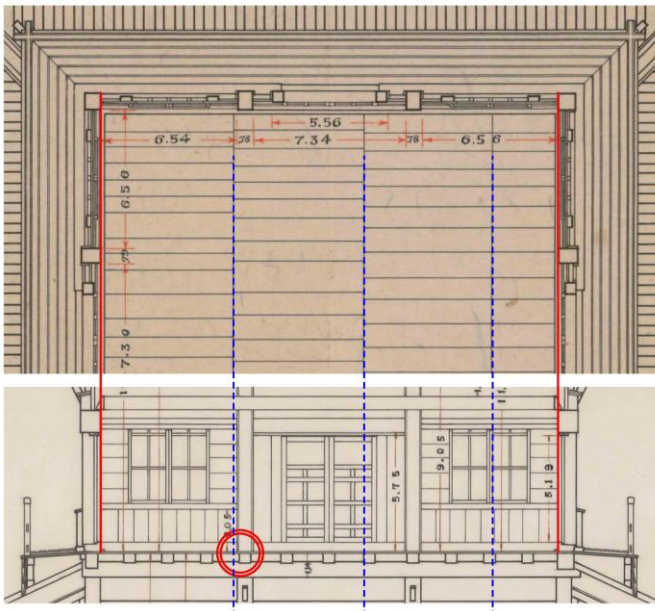


図-資 17 上：5階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵
下：南北断面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

※仮に根太の向きを 90° 回転した場合、板継目が根太に載らず、
施工できないため矛盾が生じる。

(I) 断面、立面及び平面の描写

断面図では、切断面の奥に見える壁面の見え掛りとして長押や鴨居が描かれている。3階東側の階段北東において、平面図では敷居が描かれていない。断面図では、長押と鴨居が描かれており、これらは3階内部を撮影した古写真で確認できる。保存図が作成された当時、既に相

応の改変や補修が行われていたはずで、前記のような現に存在する鴨居から敷居の存在が確定的に推定されるような場所であっても、保存図では敷居が描かれていない。保存図では、明らかに後世の補強部材と判断できる筋交いや柱について描かれていないが、こうした明らかに存在したことがわかるものについても、推定では描かれなかったものと考えられる。したがって、保存図では描かれていない部材であっても、本来の形式を示していない可能性があることに留意し、原形を個々に判断する必要がある。

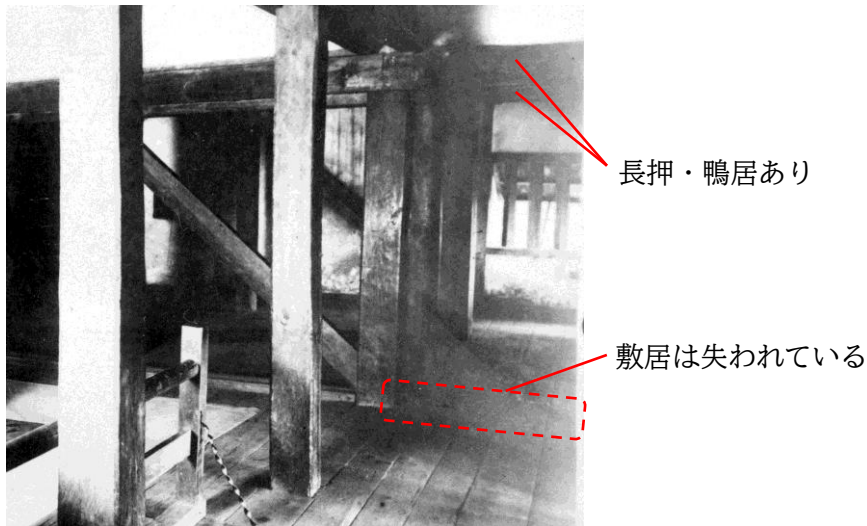


図-資 18 「天守閣第3層」(部分)
広島市公文書館所蔵

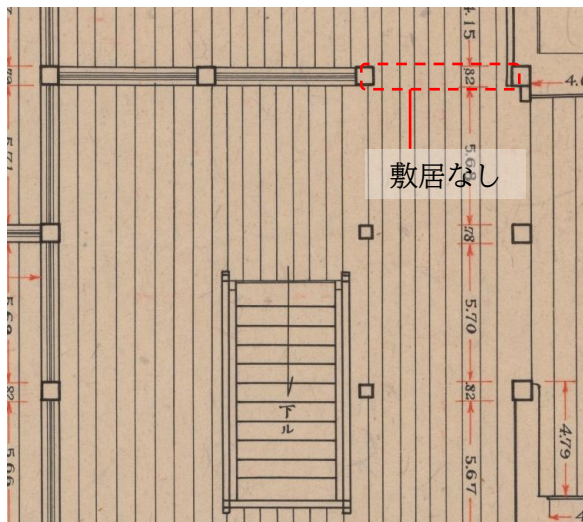


図-資 19 3階平面図 (部分)
姫路市立城郭研究室所蔵

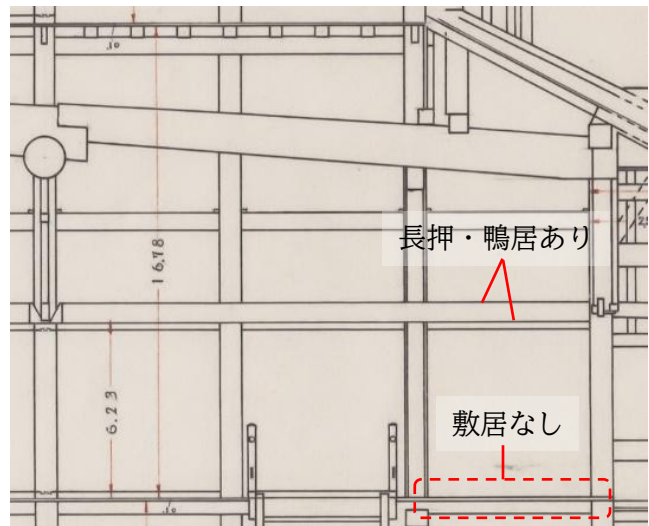


図-資 20 東西断面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

・ 4階の断面描写

南北断面図の4階では、長押風の横架材が描かれている。一見して長押と鴨居が一体化した横架材のようであるが、紙面をよく見ると、長押と鴨居の下端を描いた後に描き直されていることや周囲の寸法計算からこの部材成が9寸あり、長押寸法と異なることが確認できる（4階の長押成寸法は7寸2分）。したがって長押や鴨居を描いたものではなく、別の横架材である可能性が高く、4階南面の千鳥破風を支持する差し棟木に相当する部材が、室内に延びてきたものが描かれている可能性が考えられる。これは、天守5階の差し棟木と同形式のものと考えられ、特に当該千鳥破風は天守外部の千鳥破風の中で最も大型で、かつ南面懸魚では大型の三ツ花懸魚を採用していること、南面と北面は他の面と異なり扱首束と天守側柱の通りが一致していることなど、差し棟木であった可能性を裏付ける状況がある。

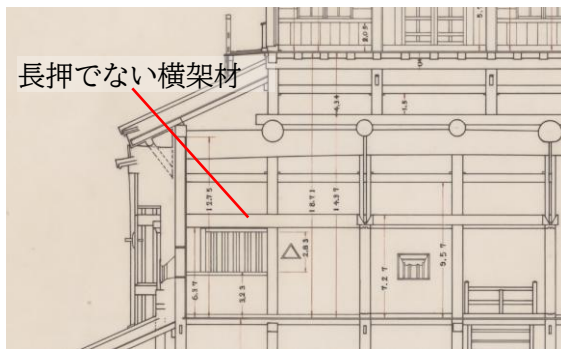


図-資 21 南北断面図（4階部分）
奈良文化財研究所蔵

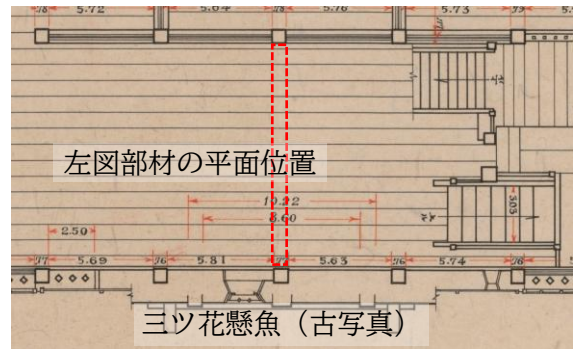


図-資 22 4階平面図（南面部分）
姫路市立城郭研究室蔵

・ 垂木の描写

断面図に描かれた垂木の状況について東西と南北断面を図上で計測して比較すると、軒出の寸法は一致していると判断できる。一方で、3階と4階の垂木の勾配については、西面・東面の方が北面・南面よりも約6分から9分程度の急勾配で描かれていることがわかる。

軒桁の高さは同一の階では同じで、かつ、軒出寸法も同じであることから、図の描写を再現すると、①軒先は西・東面の高さが南・北面よりも低く、②水上の垂木頂部の高さは西・東面が高く収められていたこととなる。①について、古写真では判断が難しいが、東面の軒先が北面よりも低いように見える。②について、熨斗瓦の状況から北面が低く、東面が高いため、熨斗瓦を斜めに設けて高さを調節しているような様子が確認できる。また、西面でも程度の差はあるが同様の熨斗の状況が確認できる。3階及び4階は寄棟で、特に3階から4階への遞減は各面で同寸法であるから、垂木の勾配を変えれば隅木の角度を調整する必要が生じるものの、断面図では水上ほど瓦の下地厚（主に葺土）を極力薄くして高さを調整している様子が確認できる。

以上のことから、天守三重の東面では、千鳥破風妻壁範囲と破風板尻付近まで相応の瓦下地厚を維持しつつ、破風尻から隅棟にかけて流れ方向の反りを考慮しつつ丸瓦天端を低く収めて（すなわち、瓦葺き土を薄くするなど下地も低く収める）いたものと考えられる。しか

し、これらが創建時から維持されてきた技巧によるものなのか、経年劣化によるものなのかについては、判断が難しい。垂木勾配は、当初の状態が基本的に維持されてきたものと考えられるが、瓦については、修繕や葺き替えが想定され、必ずしも当初の状態であるとは限らない。保存図では、天守三重の東面千鳥破風において北側破風尻の掛巴数が南側破風尻より多く描かれているが、修繕等に伴う意匠の改変がある場合は、不陸傾斜等の破損と判断したものを除き、実測調査の状況がありのままに描かれている可能性がある。

表-資9 各階の屋根勾配

種 別	計測部	東西断面	南北断面	備 考
垂木勾配 (図上計測値)	5階	5.21 寸	5.22 寸	入母屋妻面、桁付近勾配
	4階	5.24 寸	4.67 寸	5分7厘の差、瓦の勾配はほぼ同じ
	3階	5.34 寸	4.45 寸	8分9厘の差、東西面の軒先が低く壁際熨斗が高い
	2階	4.41 寸	4.34 寸	
	1階	6.53 寸	6.56 寸	

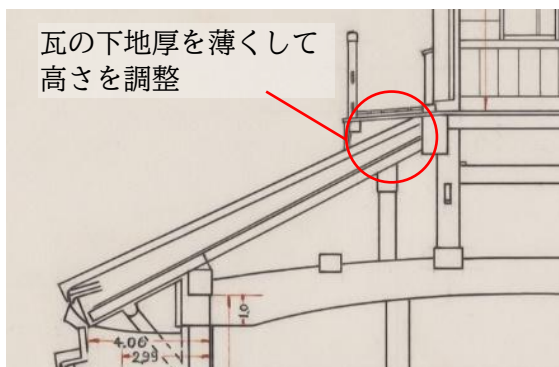


図-資23 東西断面図(4階部分)
奈良文化財研究所所蔵

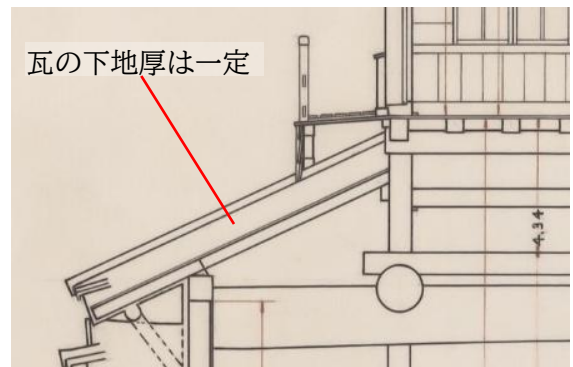


図-資24 南北断面図(4階部分)
奈良文化財研究所所蔵

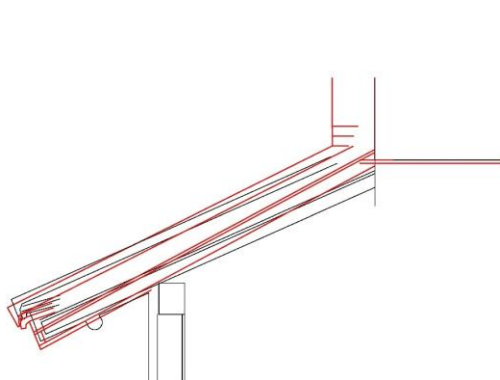


図-資25 3階屋根断面図
(保存図より図化)
赤：東西断面図(垂木：5.34寸勾配)
黒：南北断面図(垂木：4.45寸勾配)

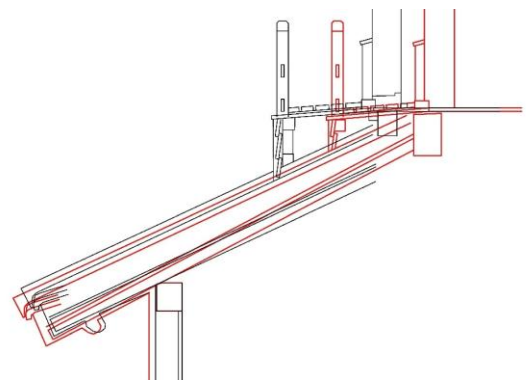
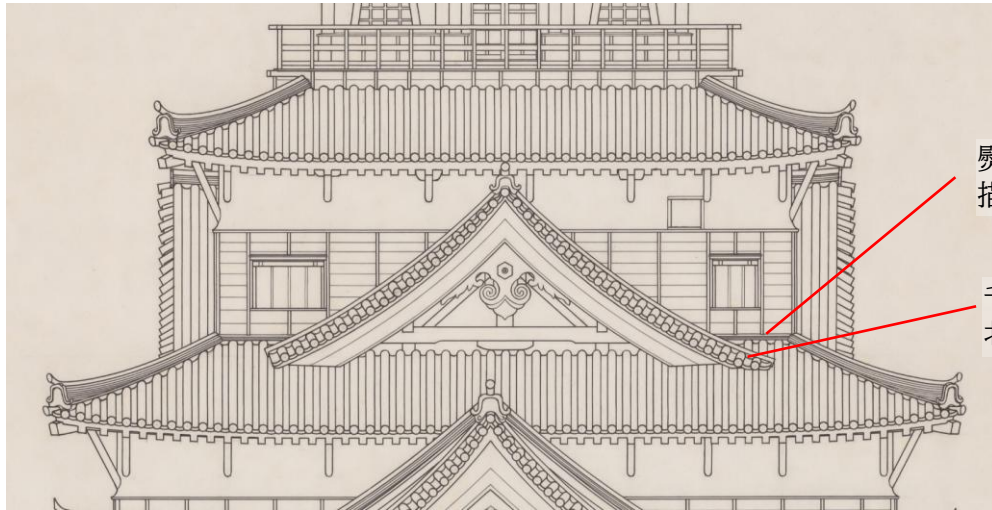


図-資26 4階屋根断面図
(保存図より図化、桁位置で合成)
赤：東西断面図(垂木：5.24寸勾配)
黒：南北断面図(垂木：4.67寸勾配)

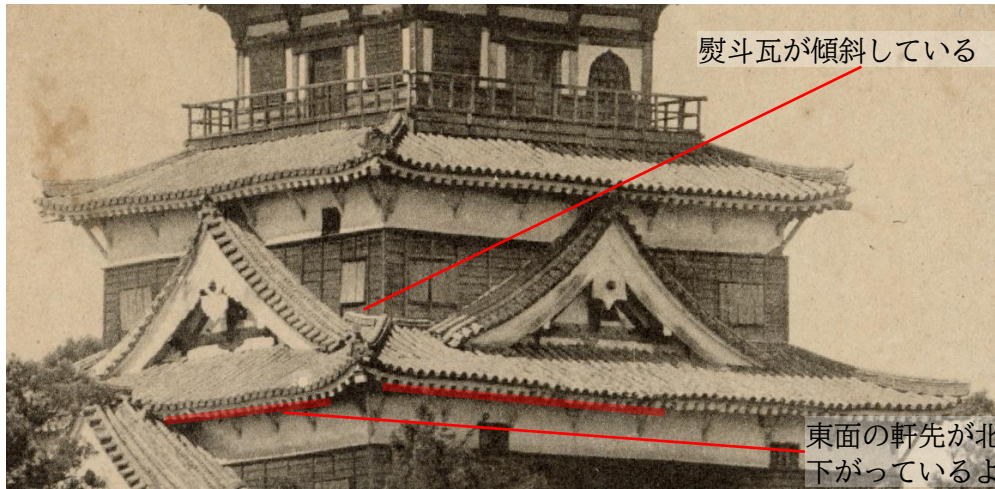


熨斗瓦の傾斜は描かれない

千鳥破風の北側掛巴数が多い

図-資 27 東立面図（4階部分）
奈良文化財研究所蔵

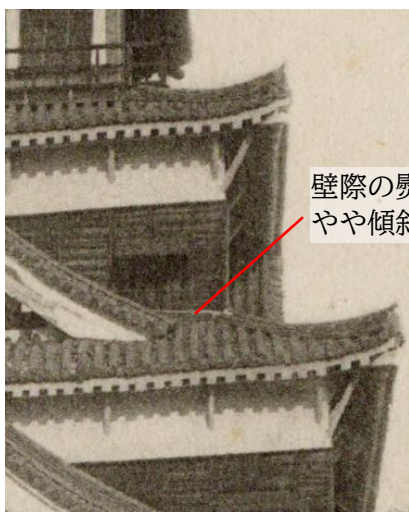
東面 北面



熨斗瓦が傾斜している

東面の軒先が北面より下がっているように見える

図-資 28 「広島城ノ雄姿」（東北面部分）
益田崇教氏所蔵



壁際の熨斗瓦はやや傾斜している

図-資 29 「(名所広島) 広島城」(西面部分)
益田崇教氏所蔵

・軒反り

天守の軒反りを検討するに当たって、保存図において軒反りがどの程度正確に描かれているか検討した。比較に適する古写真(天守を正対し、かつ軒の状況が詳細に確認できるもの)が見当たらなかったため、保存図と現天守の比較をした上で、現天守のオルソ画像と古写真を比較して検討を行った。

〈手順〉

① CAD化した保存図と現天守の正対したオルソ画像を重ね合わせる。

⇒軒反りの角度や起点はほぼ一致していた。高さに調整を加えるなどしているものの、現天守の軒反りは保存図にほぼ忠実に設計・施工されたと推察する。

② 古写真と現天守の3Dデータを比較する。

⇒両者を比較すると、4階屋根では古写真の方が、軒が直線的で屋根隅部の狭い範囲を反り上げているが、現天守は側柱内側付近から反り上がる形状となっており、反り元が古写真と異なる。5階屋根では古写真は側柱から1間ほど内側から隅に向かって大きく反り上がる形状であるが、現天守は軒の隅のみを反らせており軒反りの形状が異なる。3階屋根は古写真では北面軒反りは緩やかで東面屋根は反りがきつくなっているが、現天守では北面・東面とも同程度の軒反りとなっている。なお、3階屋根の東面と北面で軒反り形状が異なるのは屋根勾配が異なることに起因しており、保存図断面図では勾配が異なる様子が描かれている。(図上計測値：東西断面 5.34 寸勾配、南北断面 4.45 寸勾配)

以上の結果から、保存図の軒の描写は古写真とやや異なる可能性が高い。保存図では軒出寸法等の基本情報は実情を反映させているが、詳細な軒反りの曲線や反り元までは調整されていない可能性が高い。

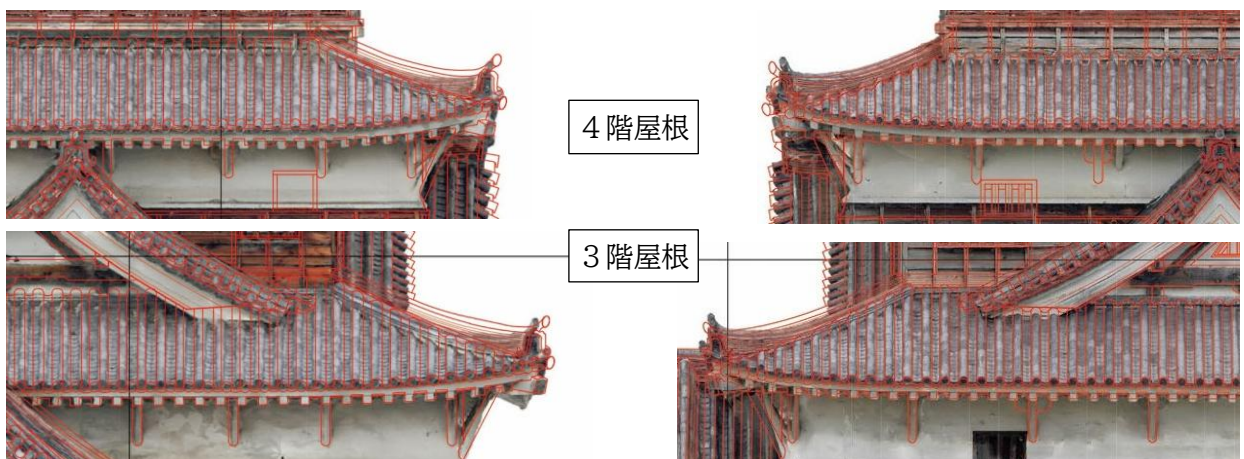


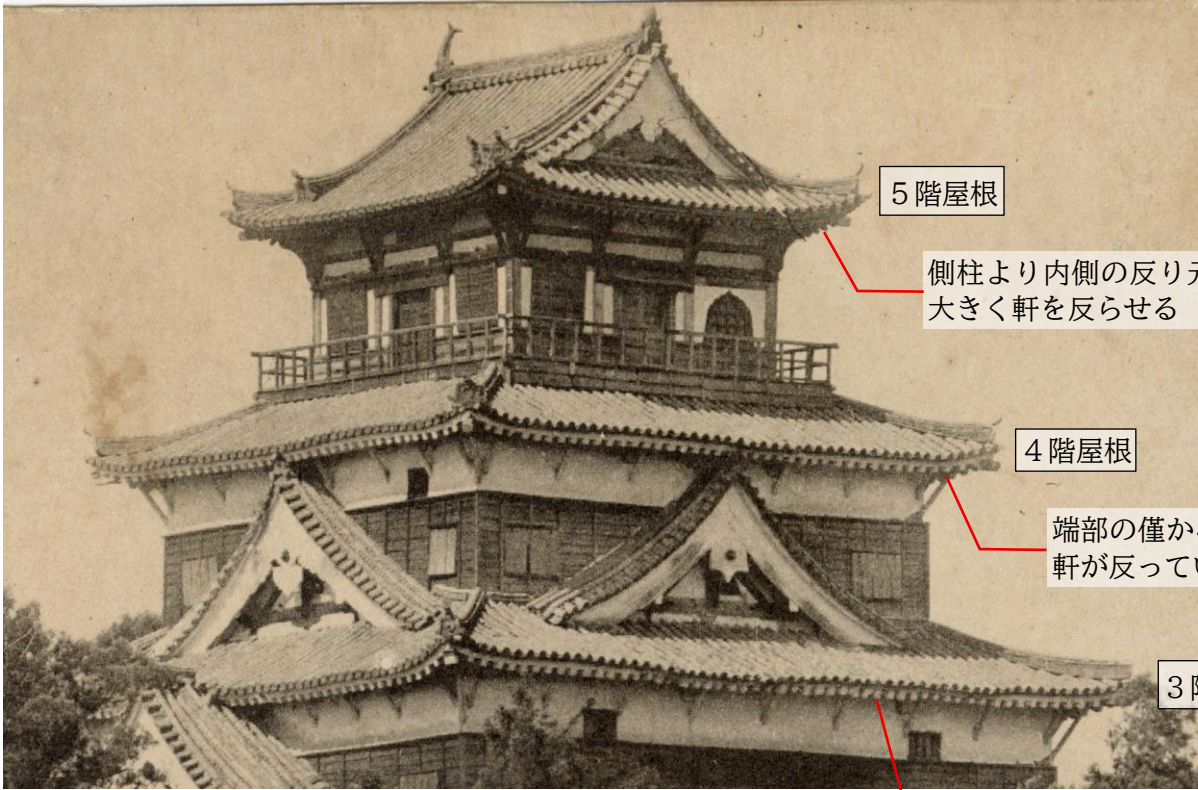
図-資 30 現天守と保存図の重ね合わせ (左：東面北側、右：北面東側)

・画像：現天守オルソ画像

・赤線：保存図 (CAD 化) ※保存図の立面図は東面と南面しかないため、北面は南面を代用

東面

北面



5階屋根

側柱より内側の反り元から大きく軒を反らせる

4階屋根

端部の僅かな長さで軒が反っている

3階屋根

図-資 31 「広島城ノ雄姿」(部分)
益田崇教氏所蔵

北面は隅部が緩やかな反りとなっているが、東面は反りがきつい



5階屋根

反りは隅のみで、古写真より緩やかに反る

4階屋根

反り元が側柱より内側にある

3階屋根

図-資 32 現天守3次元モデル画像

北面、東面とも同じ反りの形状となっている

・補強の丸柱

断面図及び平面図には、補強柱と思われる柱が一部描かれている。これらは主に1階及び2階にある丸柱で、柱頭に舟肘木に似た横架材を備えている。広島城内では、二の丸表御門の控え柱も同形式であったことが判明しており、こちらは構造上の観点から当初の形式であったと考えられる。広島城天守においても創建当初からの形式であった可能性があるが、柱が丸断面である点及び貫で接合されていない点が二の丸表御門の控え柱と異なるため、後補の補強部材である可能性も排除できない。復元案ではこれら丸柱については除いているが、今後必要に応じて検討することとする。

補強柱と考えられる柱

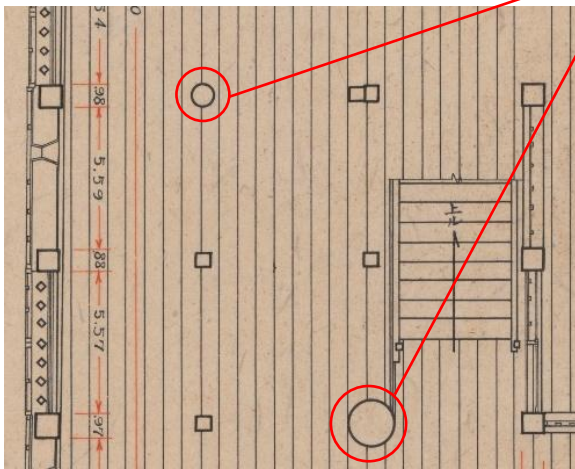


図-資 33 1階平面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

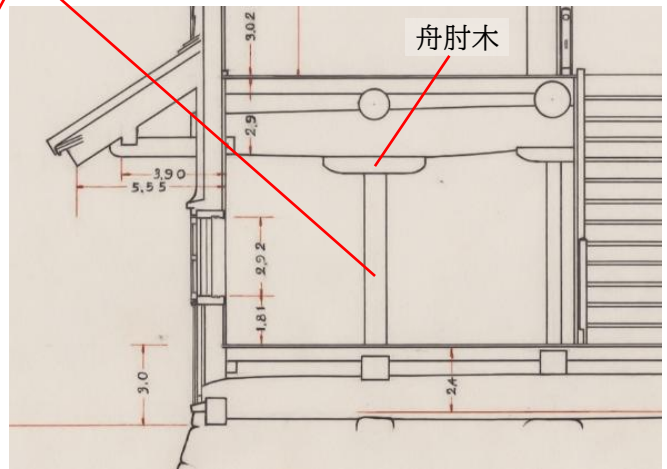
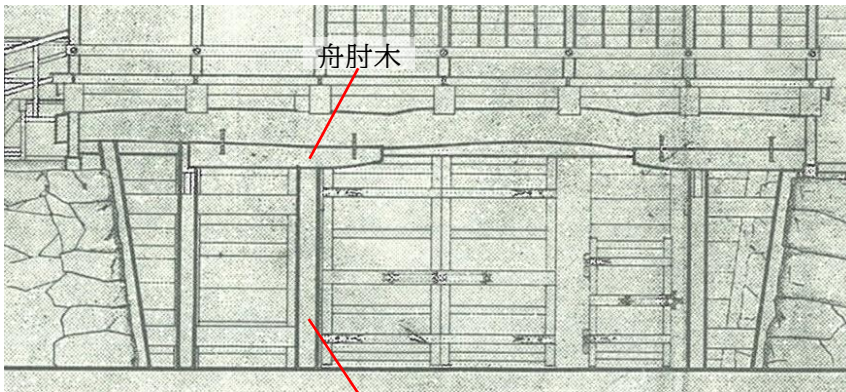


図-資 34 東西断面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵



柱頭に舟肘木を備えた控え柱
(貫で接続されている)

図-資 35 二の丸御門背面図（部分）
『史跡広島城基礎資料集成』より

昭和9年作成。広島県立広島工業高校建築科の学生が、陸軍第五師団經理部の協力を得て実測製図したもの。

イ 天守構造

保存図や古写真、文献史料等の各資料を用いて、構造的に不可欠な柱を特定し、築城当初からある柱と後補の柱についての区別を検討することで、天守本来の構造を検証した。

まず、保存図等の梁間・桁行断面図について、各階のどの断面を描いているか特定し、断面図に描いた各部材の場所を平面図上で特定した。次に保存図等と天守内観の古写真等を比較し、天守の各部がどのように図化されているか考察し、構造の検証を行った。

また、保存図等と古川重春氏（『日本城郭考』（昭和11(1936)年）著者、大阪市建築課天主設計主任として大坂城天守の設計に関わる）の実測図との比較を行い、上記を踏まえ、各階梁伏図を検討した。軸組の状況から、構造的に不可欠な柱と後補である可能性が高い柱を区別し、天守本来の構造を推定した。

(ア) 倒壊後古写真と1階床下断面図の比較

写真（図-資36）の一段高い石垣が、天守の石垣である。その上には、折れた天守の柱（青線①～⑤）が確認でき、柱の根本には大引の端部や土台が確認できる。同じ箇所を保存図で確認すると、柱の下部にある土台と大引の様子や、大引の上に設けた根太など、古写真から判明する床組の状況を、保存図でも漏れなく描写していることが確認できる。

また、写真の中央あたりには、直立した状態の柱と、その上部には角材と丸太材、右手前には三角形に組み込まれた部材や、奥には石垣に沿った羽目板がそれぞれ確認できる。保存図と照合すると、これらは軸組と入口庇の腕木や方杖であることがわかる。廊下1階の北面には石垣側面に沿って羽目板を張っており、羽目板端部には石垣の斜面に沿わせた寄せ掛け柱も保存図上で表現していることが確認できる。

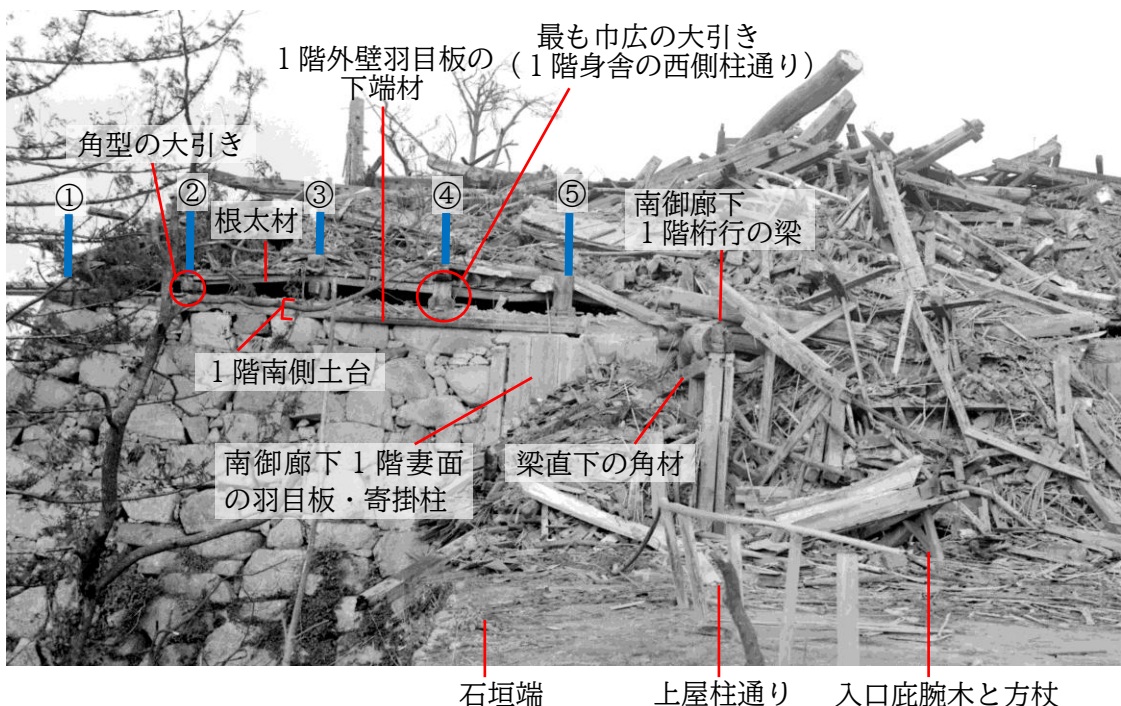


図-資36 被爆後の天守跡（南面）（部分）（いずれも近代後補）
米国戦略爆撃調査団撮影、米国国立公文書館所蔵、広島平和記念資料館提供

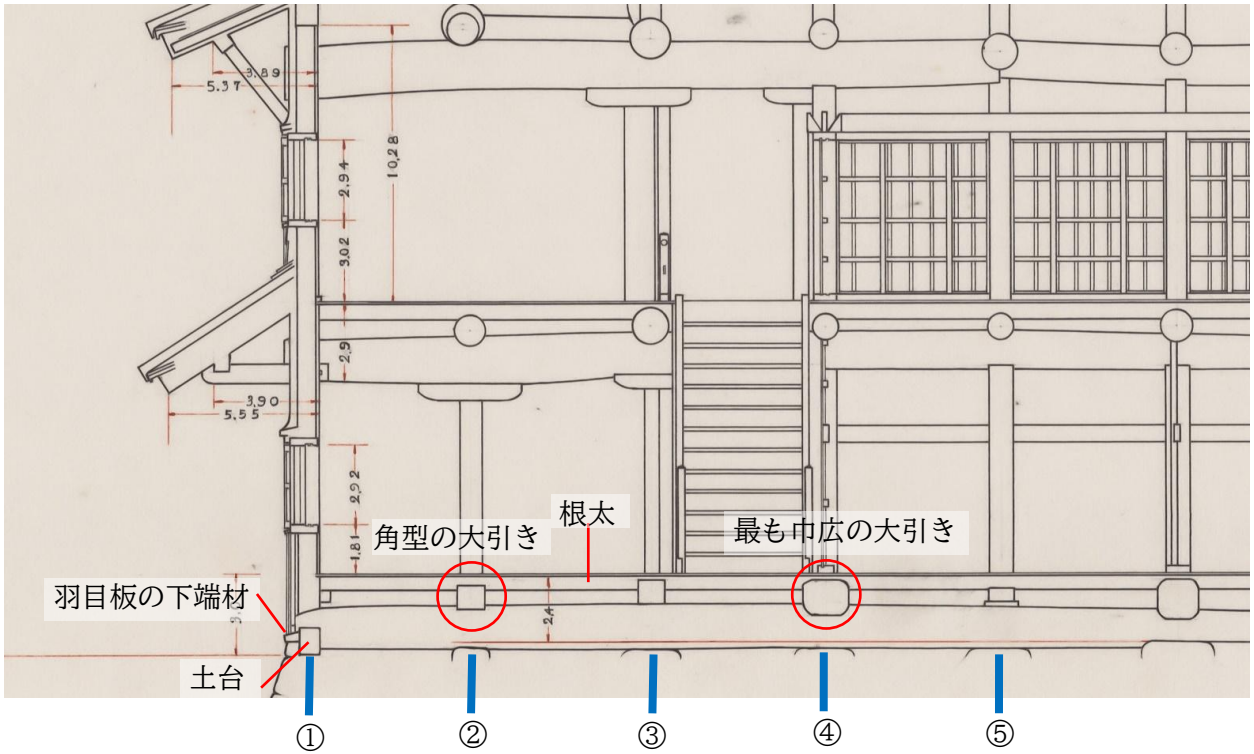


図-資 37 天守東西断面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

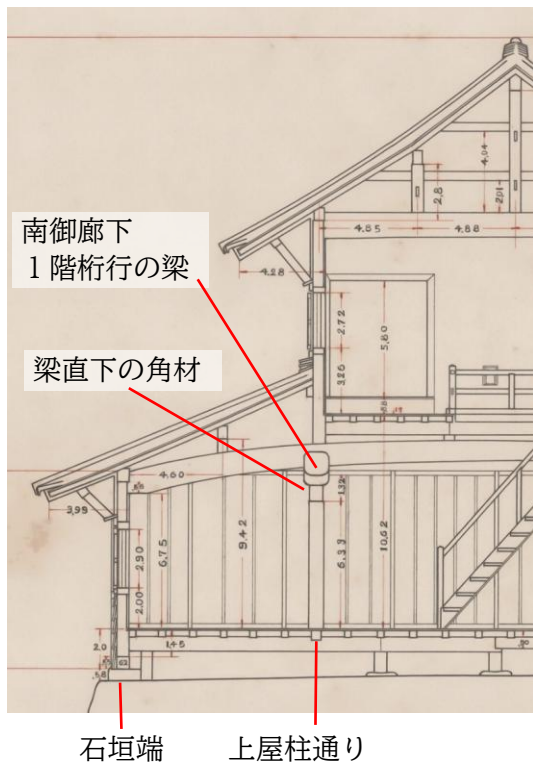


図-資 38 南御廊下東西断面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

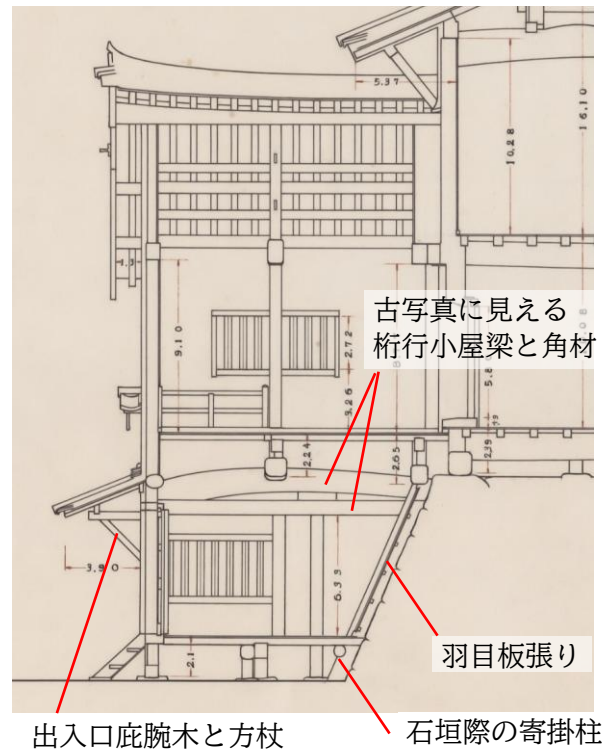


図-資 39 東御廊下南北断面 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

(イ) 柱間装置（壁・戸）の保存図等での描き方、古写真による後補とみられる柱の確認

壁や戸の保存図等での描き方及び古写真による後補とみられる柱について、天守の2階を撮影した3枚の古写真（写真AからC）と、保存図等の2階平面図を比較した。3枚の古写真の撮影方向は、2階平面図に記載したとおりで、いずれも同じ方向を撮影したものである。

写真Aは、小屋組の状況とともに、左側には羽目板張りや建具のない開口部が確認できる。保存図等では、羽目板壁と、建具がない敷居の2本の溝、そして溝がない無目敷居をそれぞれ描き分けている。

写真Bでは、中央のやや細い柱や、右側の壁面の斜材は、後世の補強材と考えられる。正面の右側は天守2階の窓であるが、その左側にあるのは展示棚だと推定される。これは、当時の錦絵に描かれたものと同類と考えられる。

写真Cでは、外壁通りの柱から1本内側に入った柱通りの隅柱上部に、大梁の継目と補強の鍔金物が確認できる。また、梁の継手は鎌継と考えられる。梁継手下の2本の柱のうち、手前側は補強で追加した柱と考えられ、保存図の平面図には描かれていない。

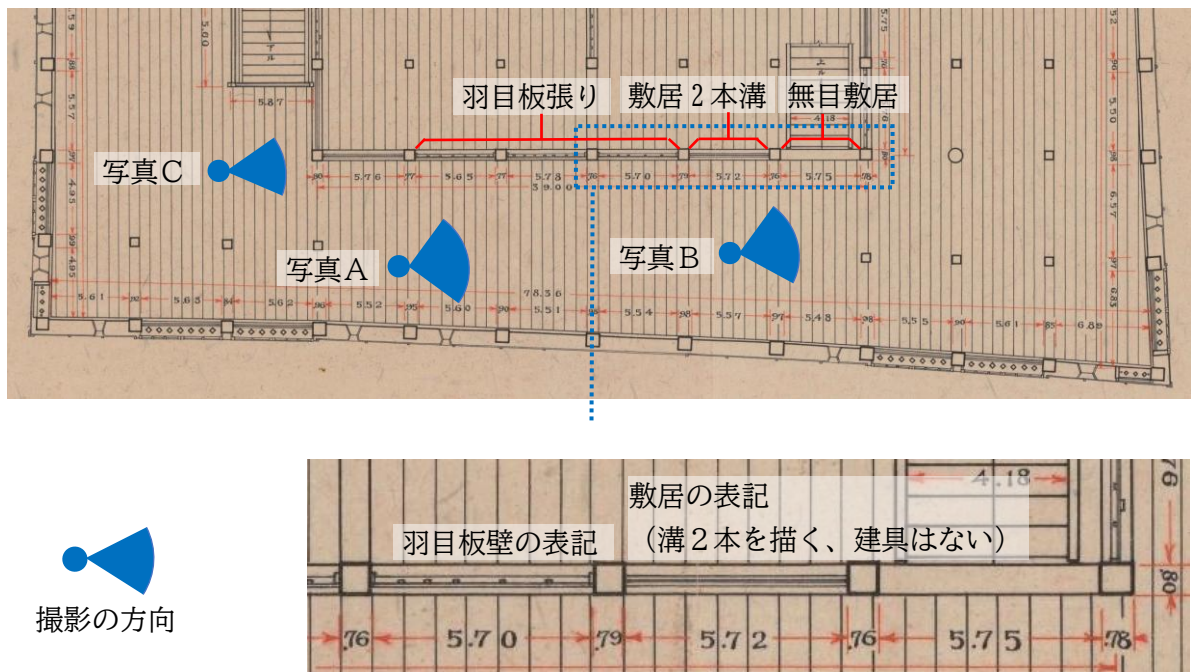


図-資 40 天守2階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵

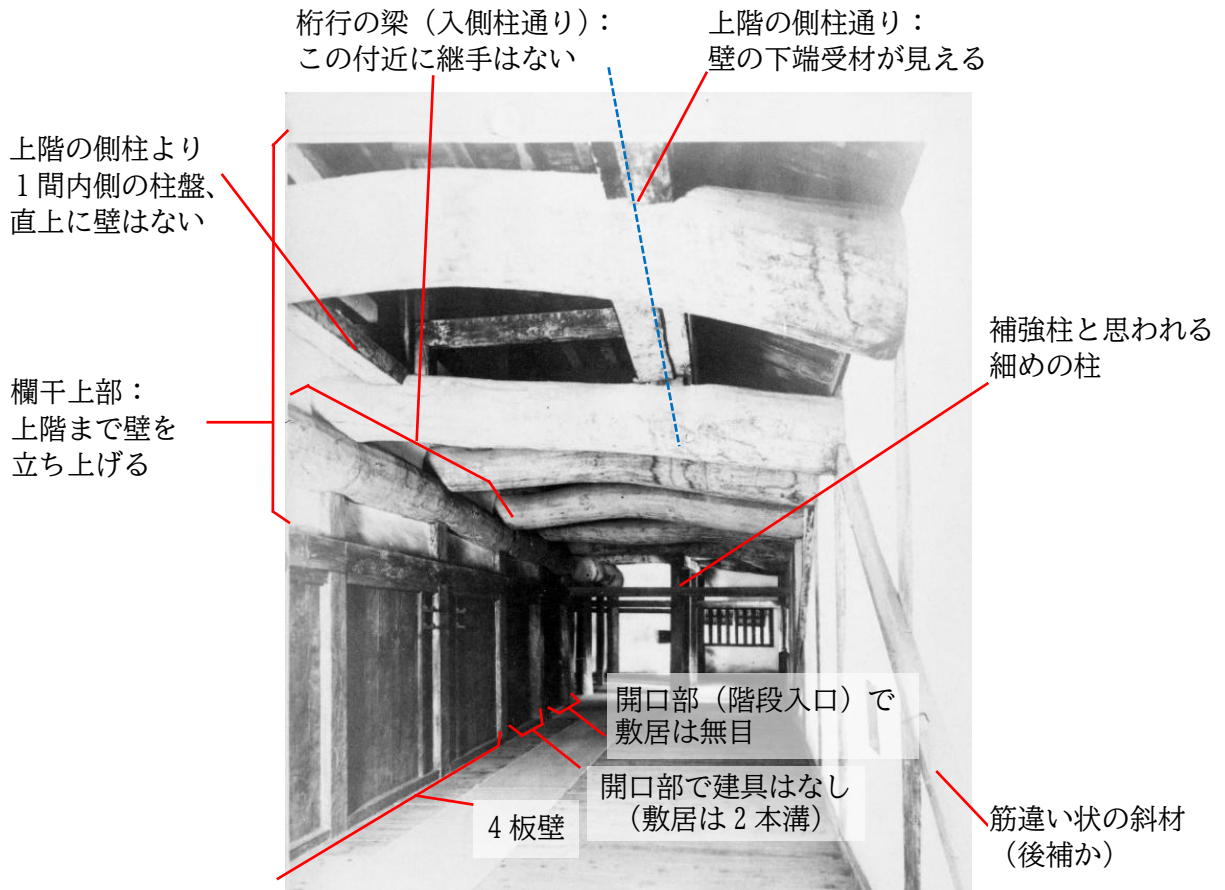


図-資 41 【写真A】「天守閣第2層」(部分)
広島市公文書館所蔵
撮影時期：一般公開の始まった昭和3(1928)年以降

補強柱と思われる細めの柱

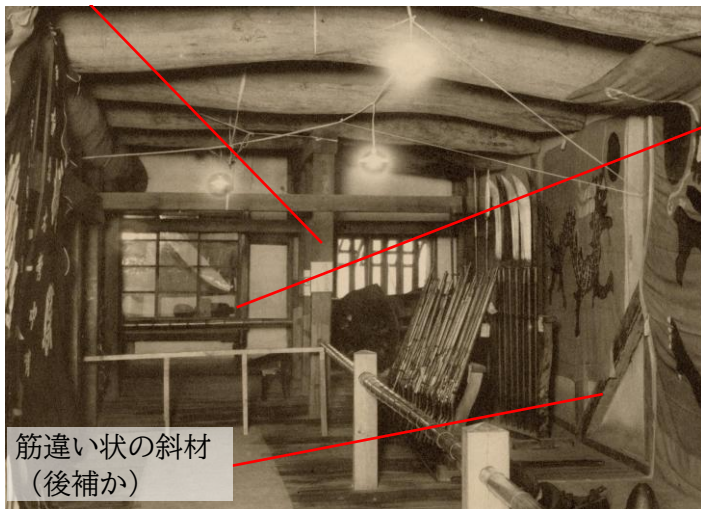
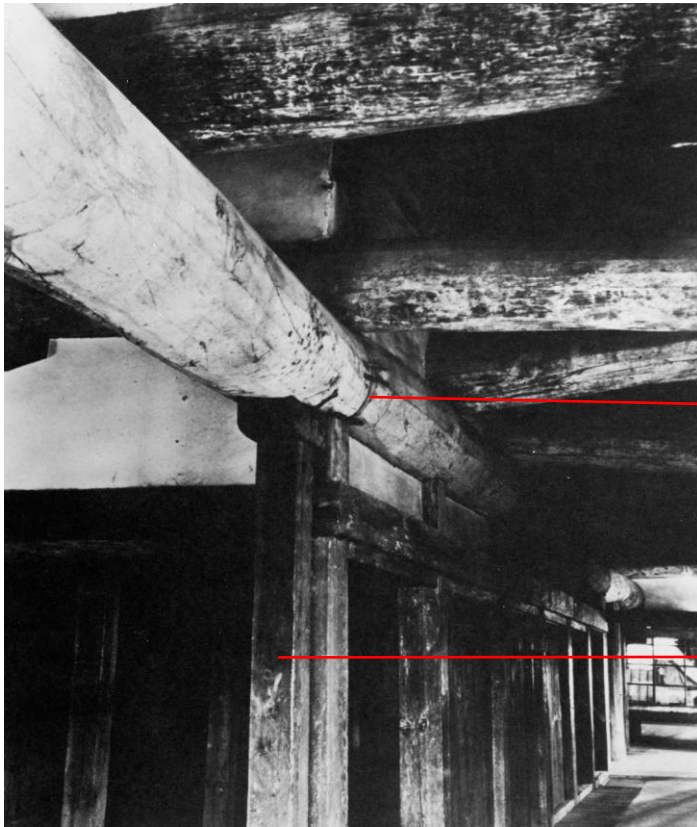


図-資 42 【写真B】「天守閣第2層」(部分)
『明治天皇行幸記念展覧会写真帖』広島市公文書館所蔵
撮影時期：昭和9(1934)年開催の明治天皇行幸記念展覧会

展示棚が設置されている。
(写真Aには見られない)
錦絵のような形状のものと推定される。



図-資 43 「大日本大勝利分捕品縦覧之図」(部分)
明治27(1894)年出版、大英図書館所蔵
日清戦争の戦利品を展示している



大梁は保存図と同様に
継目が通っており、
鎌継と考えられる。
補強の鋸が見える。

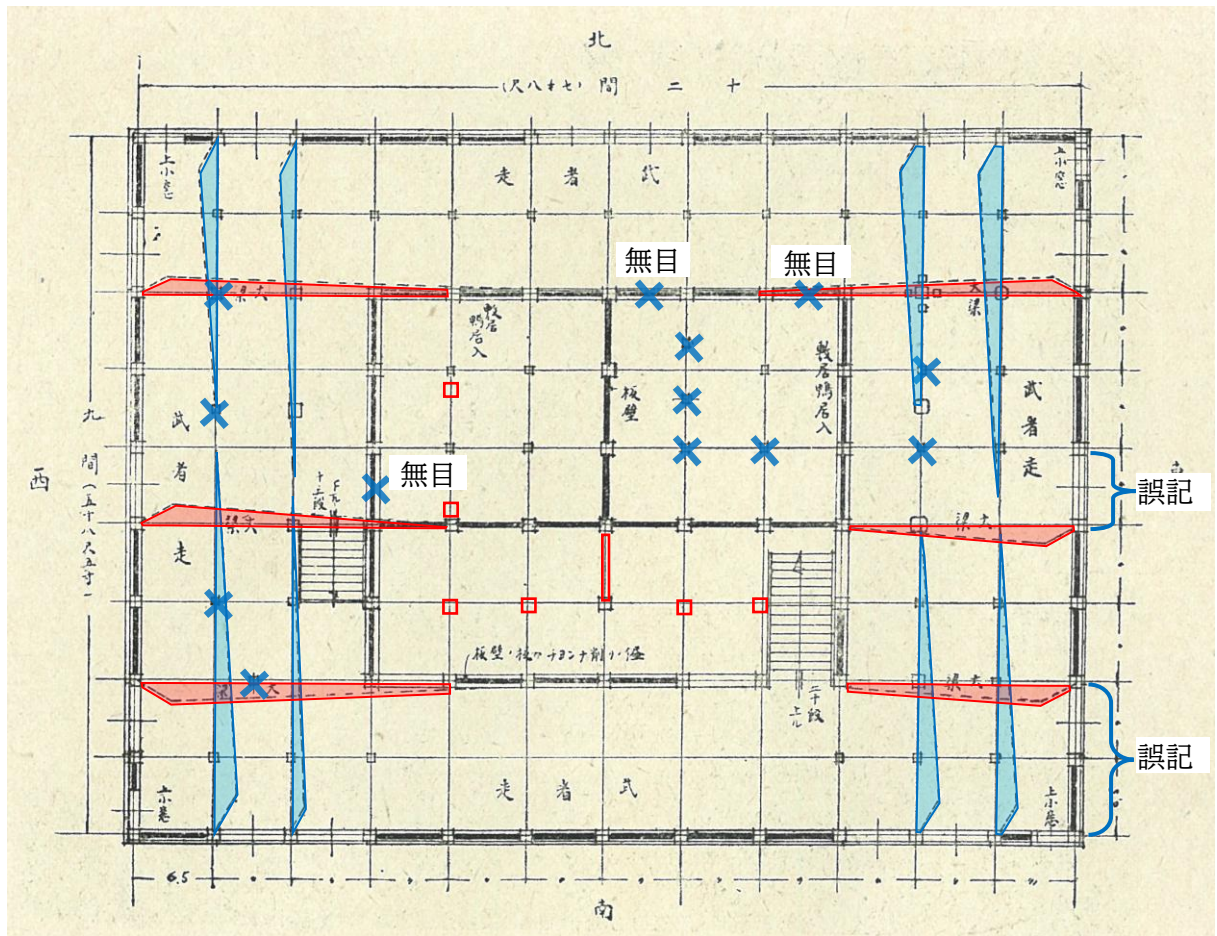
補強柱は図面に描かれていない

図-資 44 【写真C】「天守2階内部」(部分)
『日本名城古写真集』
撮影時期：昭和 17(1942)年頃

(ウ) 保存図等と古川重春氏の実測図の比較

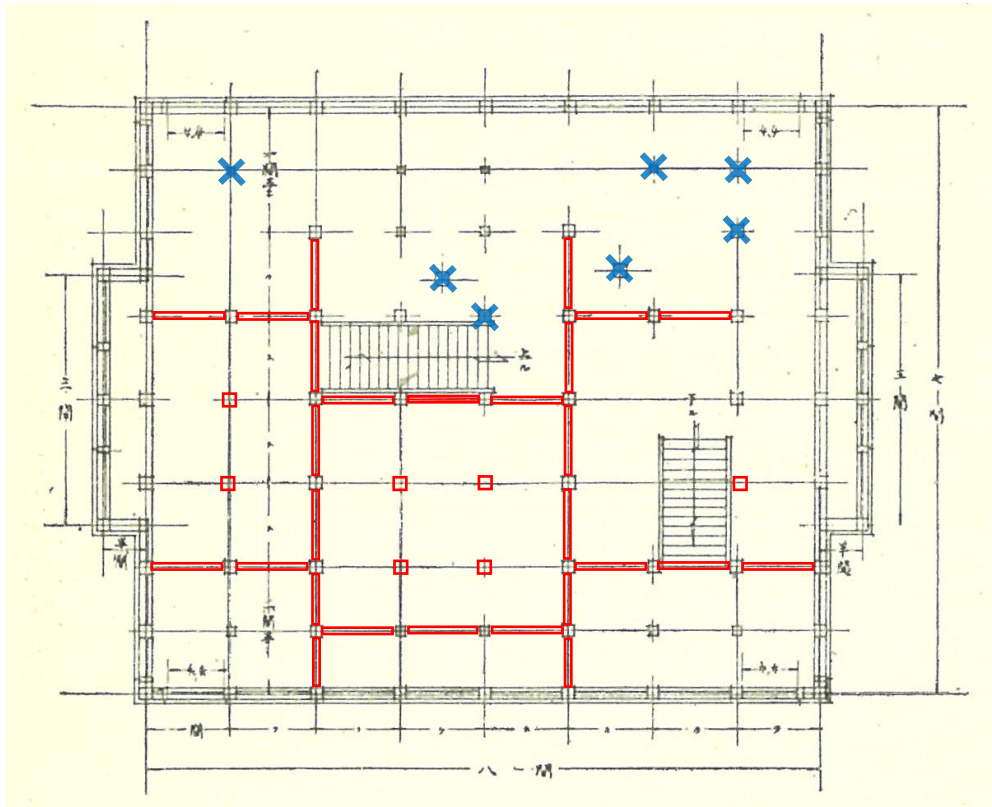
古川重春氏の実測平面図には多数の柱が描かれているが、次の図-資 45 から図-資 47 の×で示した柱は保存図には描かれていない。

このことから、保存図は、作成時点の調査で判明した明らかな後補柱は除外して図化している可能性があると考えられる。この点は、保存図において、各階の補強筋違や5階の補強添え柱の一切を描いていないことと共通していると考えられる。



- ✕ 保存図等がない柱、またはない柱間装置
- 保存図等に記載のある柱、壁
- 桁方方向の大梁（下段）
- 梁間方向の大梁（上段）

図-資 45 「天守二重平面図」 古川重春著『日本城郭考』



—— 保存図等には記載のある柱・敷居：この図では敷居は割愛している

図-資 46 「天守三重平面図」古川重春著『日本城郭考』

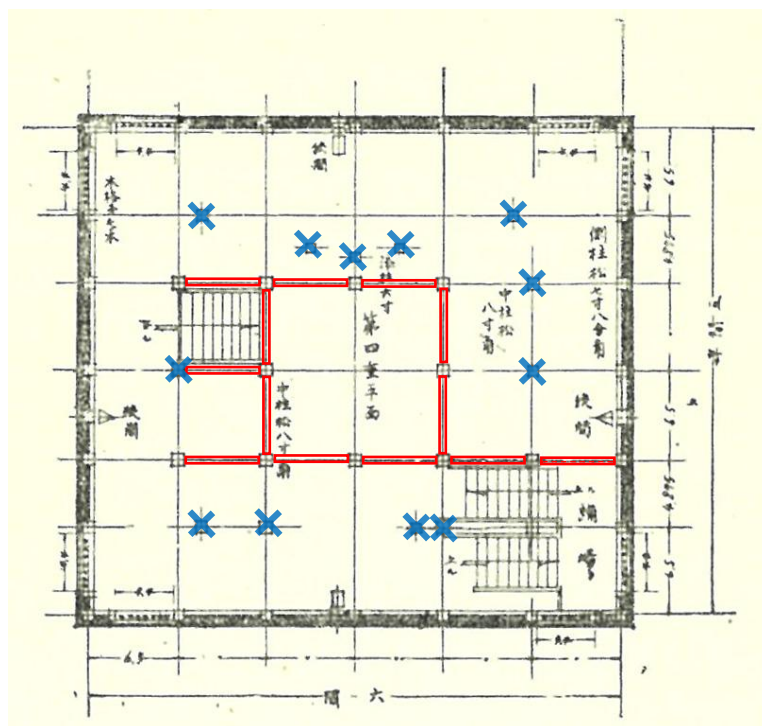


図-資 47 「天守四重平面図」古川重春著『日本城郭考』

(I) 後補柱の検討（梁伏図等の検討）

保存図等及び古写真の情報をもとに、各階の小屋組及び構成が複雑となる3階は床組みについてもあわせて検討し、軸組の形式から天守の当初の柱と後補柱の特定を行った。また、復元内容の検討を行う際、移設された礎石が、柱配置の検討材料になるかについても検証を行った。

なお、梁伏図の作成にあたり、保存図の断面図は作成者が任意の断面を表現していることから、図の断面線を特定して保存図が描いた箇所を特定した。床梁の継手位置などは保存図に則り、保存図に描かれていない部分は保存図に描かれた類似部分の情報をもとに類推した。

・ 1階梁

①保存図等から、桁行方向（東西方向）に3列の牛梁を設け、梁間方向は牛梁の上部に直交して1間ごとに2階床梁を架ける。②これら床梁は、1階外周の柱（側柱）と中央部の矩形に整列した入側柱のみで床梁を架けることが可能である。③保存図の表現から、間仕切りを伴わない柱のうち、貫が設けてある柱は当初の柱と考えられる。④一方で、後補柱には貫がなく、柱頭に横架材を付加しているか、小径の柱とし、梁の継手前後や上階の荷重を受ける部分など、構造的に脆弱な箇所に追加している傾向がみられる。

以上のことから、図に区分した柱においては後補柱と判断できる。

・ 2階梁

①1階と同様で、桁行方向（東西方向）は身舎の間仕切りに沿って3本の牛梁を設け、梁間方向は牛梁に直交させて1間ごとに梁を設ける。②梁間方向の3階床梁は、いずれも牛梁や柱が連なった間仕切り上部で継手を設けることが可能であることから、図に区分した柱は後補柱と判断できる。③2階と3階の柱位置は、上下階で梁間方向にずれを生じ、構造的な欠点となっている。

このように、1階と2階で後世に追加された柱の多くは3階の柱平面位置に合わせて配置されおり、床梁の補強として追加されたものとみられる。

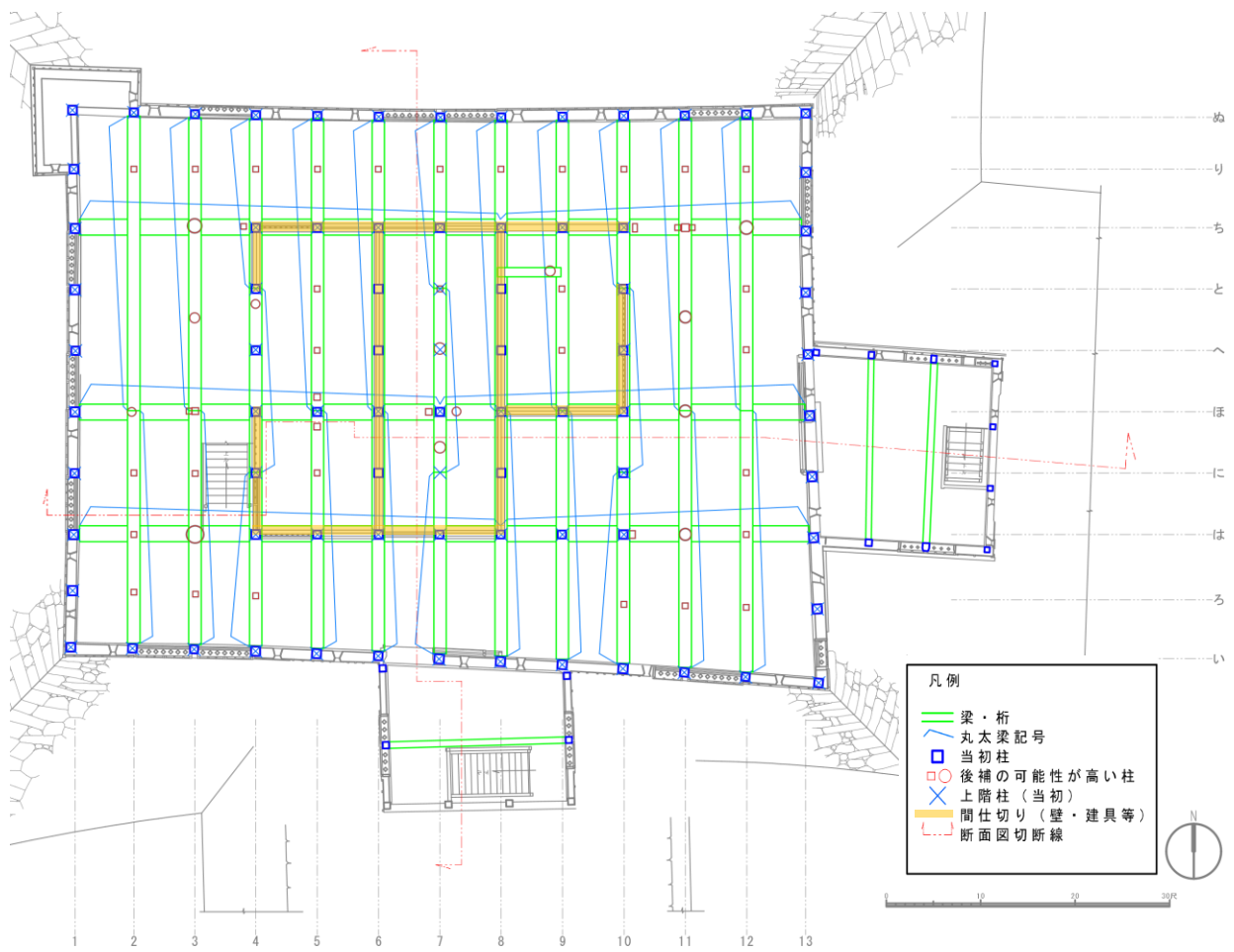
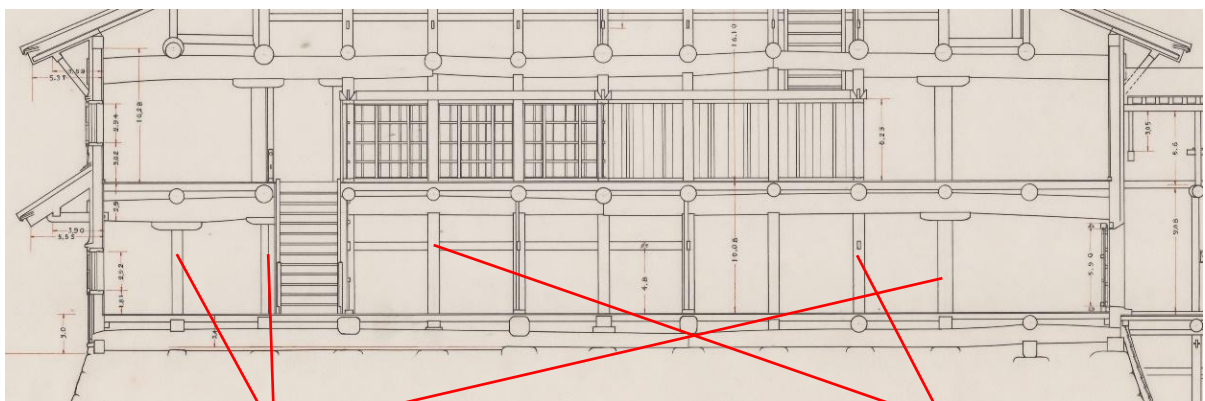


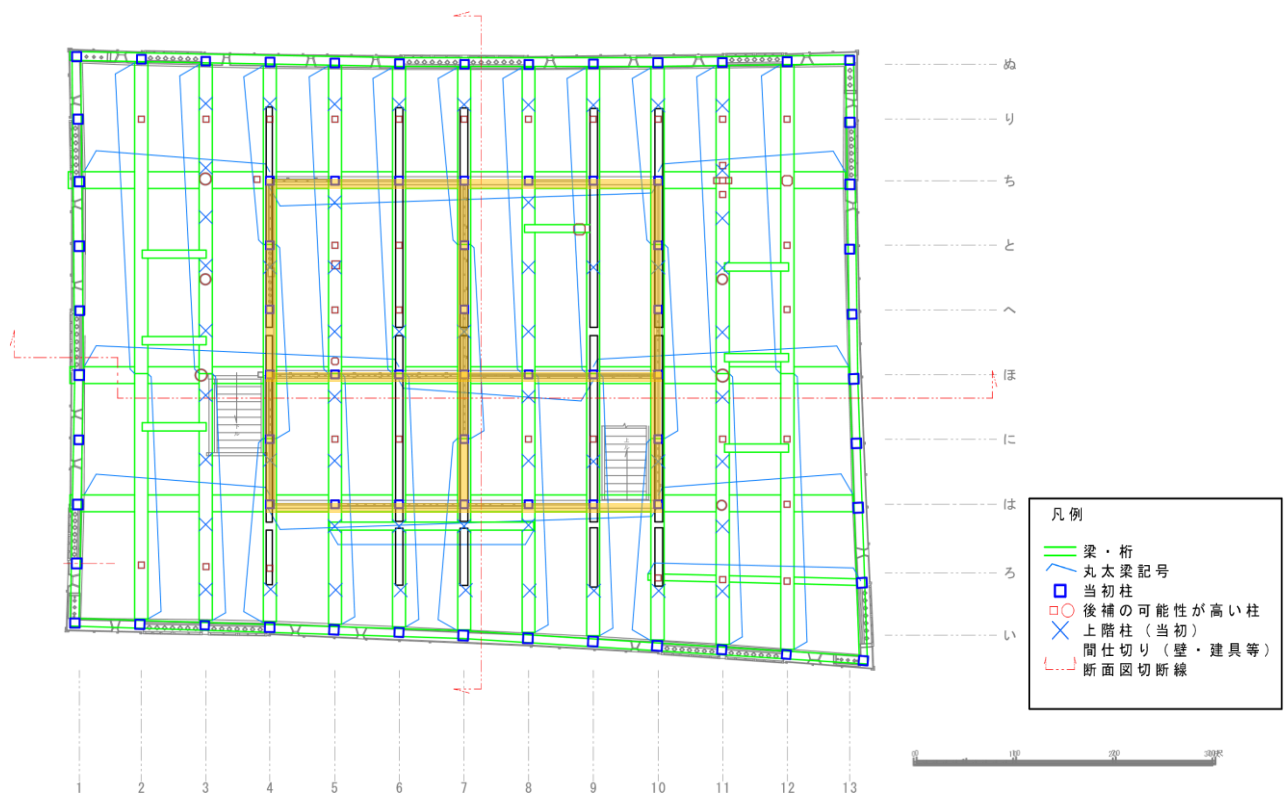
図-資 48 広島城天守 梁伏図 (1階)



柱には貫がなく、柱頭に横架材を付加しているので、後補の可能性が高い

柱には貫があり、当初柱と考えられる

図-資 49 天守東西断面図 (部分) (奈良文化財研究所所蔵)



図資50 広島城天守 梁伏図(2階)

・3階床組

広島城天守の軸組の特徴である重階一致を構成するため、梁の上に床を組む点特徴となる。特に3階が最も床組みが複雑になるため、床梁と床組みを分けて検討を行った。なお、保存図において表記間違いが疑われる部位に関しては、推定の上、復元図を作成した。

- ① 3階床組みは2階で説明したとおり、東西方向に3筋牛梁を置き、その上部直交(南北)方向1間ごとに床梁を重ねる。その上に床組みを構成し、3階床梁から柱および床束を建て足元を貫で固める。床束で大引きを支持し大引きの上に柱間を四つ割りにして根太を配る。
- ② 当初の柱はいずれも梁から建ち、貫で固める。
- ③ (保存図の表記間違いについて) 東西方向の保存図断面図では大引とそれを受ける床束の表記はみられるが、壁通りでは床下に部材表記がない。根太を2間飛ばして配置するとは考えづらく、壁通りは1間ごとに柱が建つことから、根太受けを兼ねた貫が通っていた可能性が高い。

このように、4階でも同位置に貫を通すことから、貫の表記漏れと考えられる。また、南北方向の実測図断面図には根太と天端を揃えた成の高い(約1尺1寸)小梁の記載があるが、東西断面図には当該部材は見当たらない。4階では渡り顎とする表記が確認できることから、3階でも同様に大引の天端ラインの記載漏れによる誤表記だと考えられる。

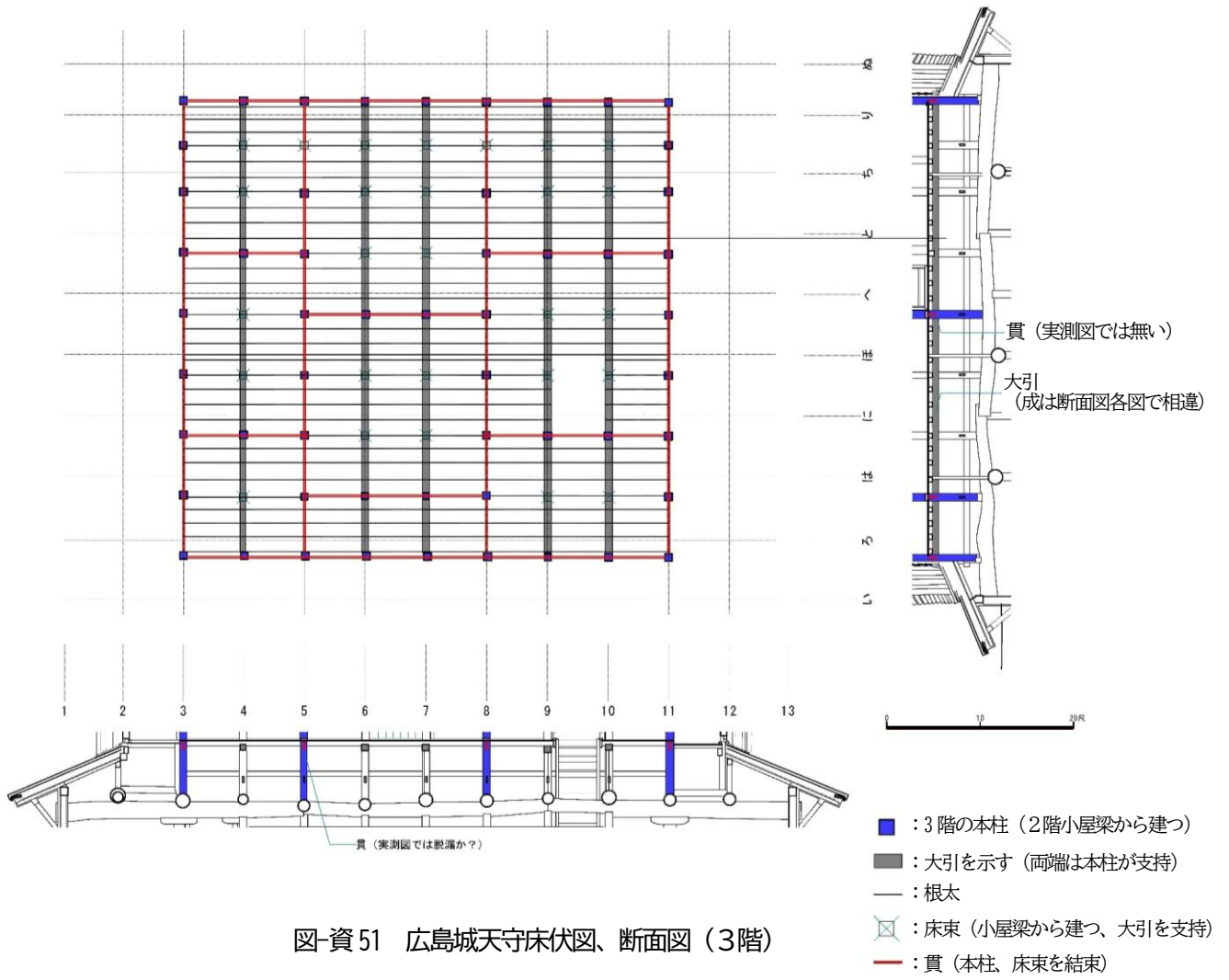


図-資51 広島城天守床伏図、断面図 (3階)

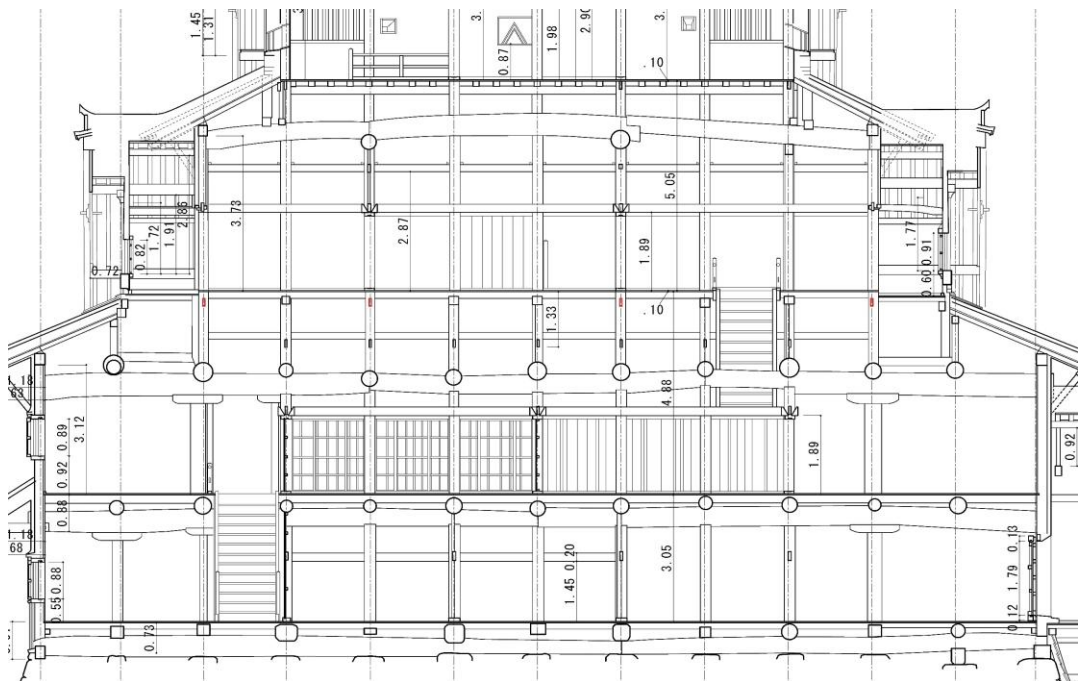


図-資52 広島城天守 東西断面図 (1-3階部分)
※ 貫の表記漏れがある

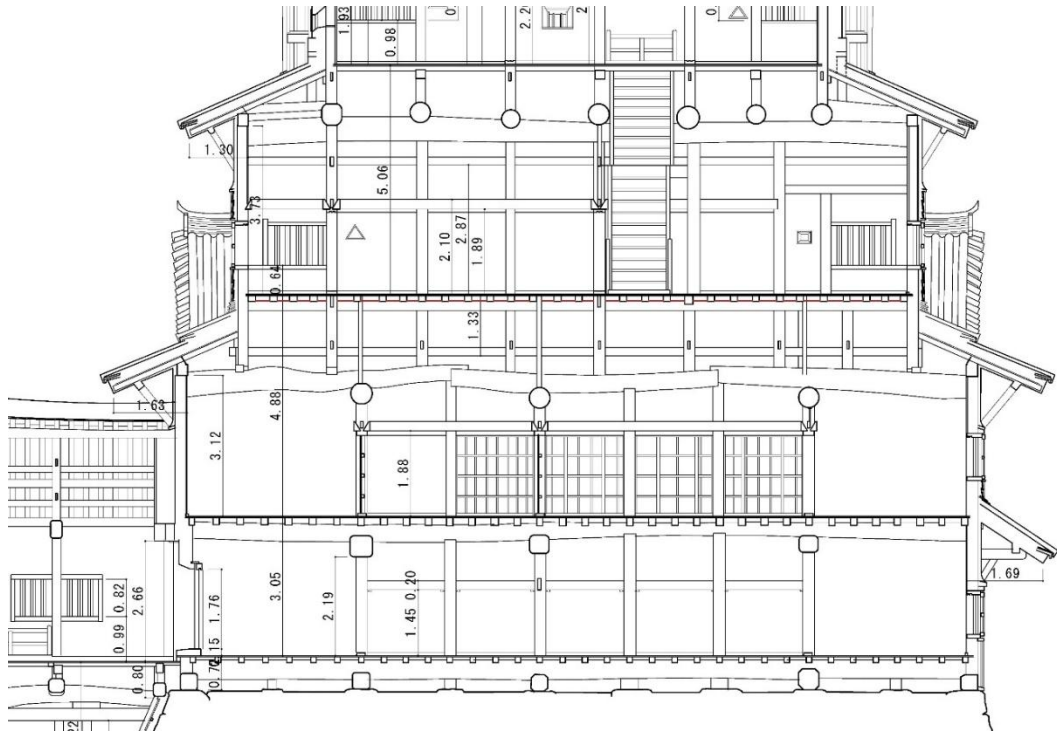


図-資 53 広島城天守 南北断面図（1 - 3階部分）

※ 大引天端ラインの表記漏れがある

・ 3階梁

- ① 南北方向に2本の牛梁を設け、東西方向に1間おきに4階床梁を架ける。
- ② 2階に下る階段の東側にある柱は、古写真では柱の内法高さを挟み梁で固定し、柱頭は南北方向の横架材を支持していることから、後世に追加された柱と判断した。
- ③ 同様に、北側の後補柱は南北に横架材を設けて上階を支持する床梁を補強していたものと判断できる。

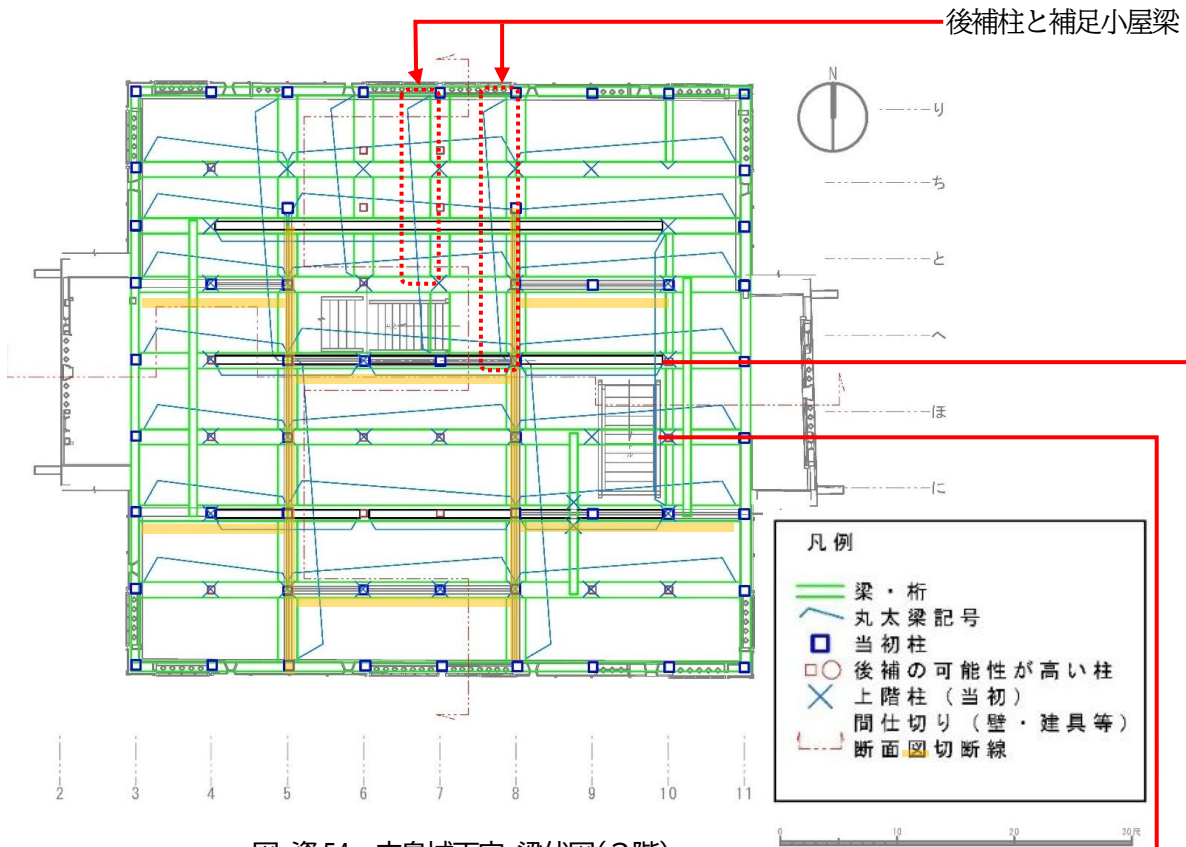


図-資54 広島城天守 梁伏図(3階)

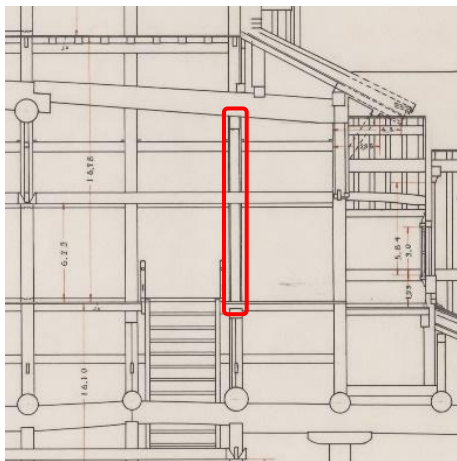


図-資55 天守東西断面図(部分)
奈良文化財研究所所蔵

保存図は前後関係を混同した描写と考えられる。

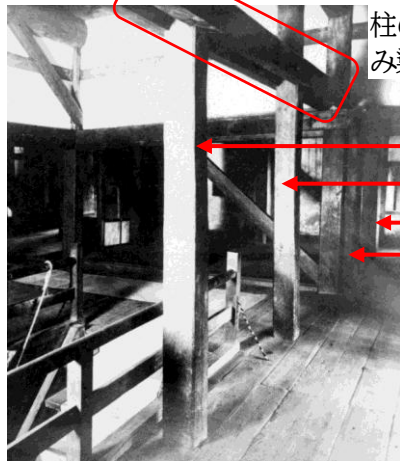


図-資56 天守閣第3層(部分)
広島市公文書館所蔵

写真右奥に保存図に描かれていない柱が2本写っており、この柱の配置は古川重春記録図面と一致する。保存図ではあきらかな後補の柱は図化の対象から除いていると判断される。

・4階梁

南北方向に2本の牛梁を設け、東西方向に5階床梁を渡して井桁状に5階柱を支持する柱盤を配置していたとみられる。実測図では、4階に後補の柱はないと判断できる。

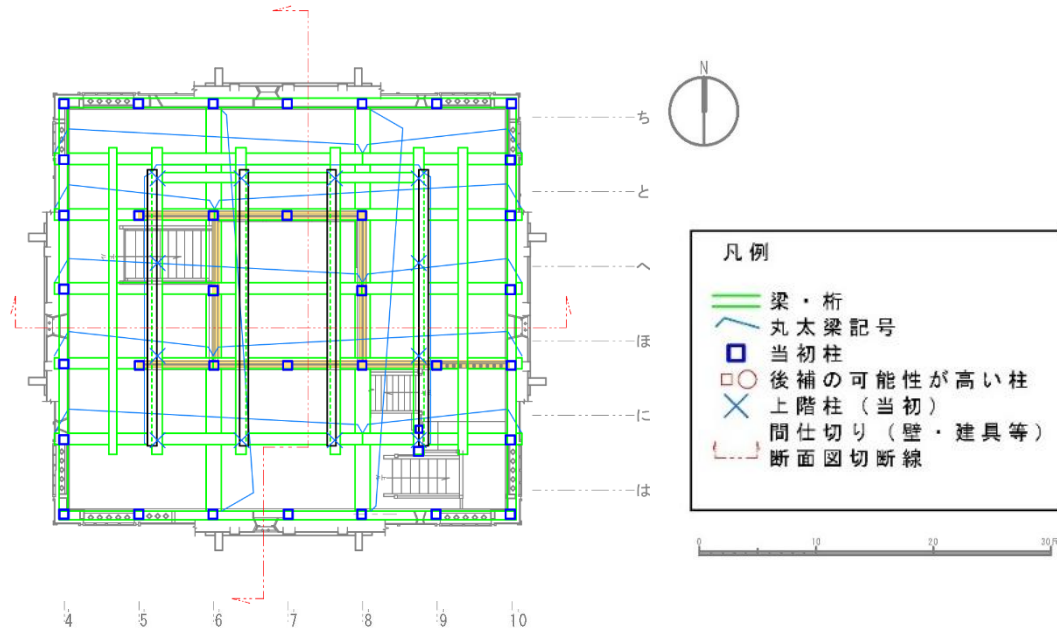


図-資 57 広島城天守 梁伏図(4階)

・5階梁

古写真からの判断では、隅柱を除く側柱には補強として付柱と横架材が付加され、部分的に筋違を設けている。

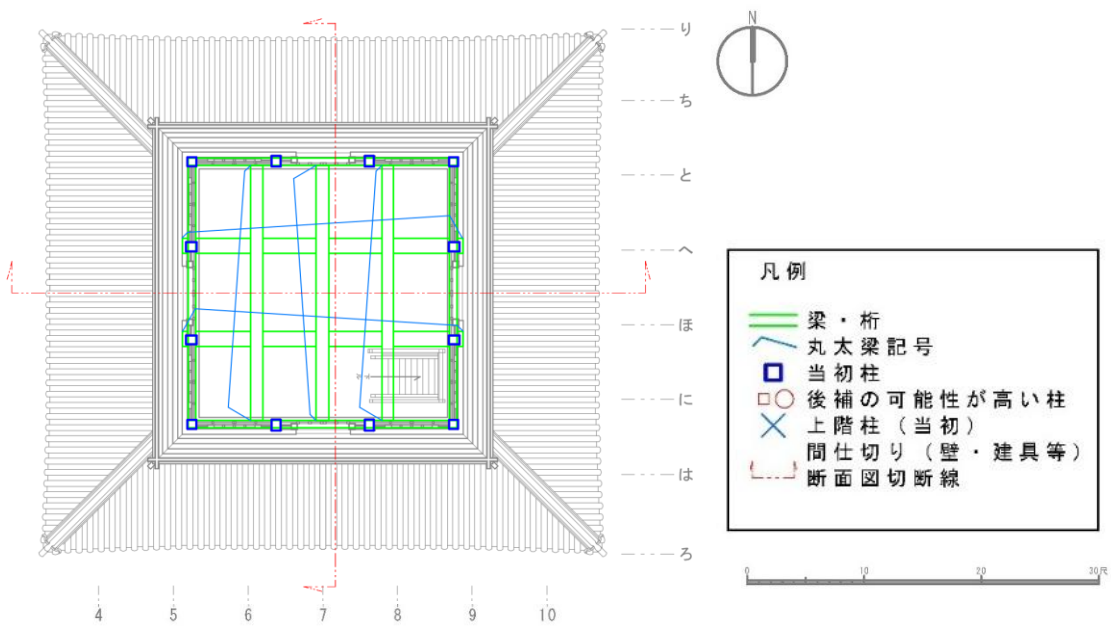


図-資 58 広島城天守 梁伏図(5階)

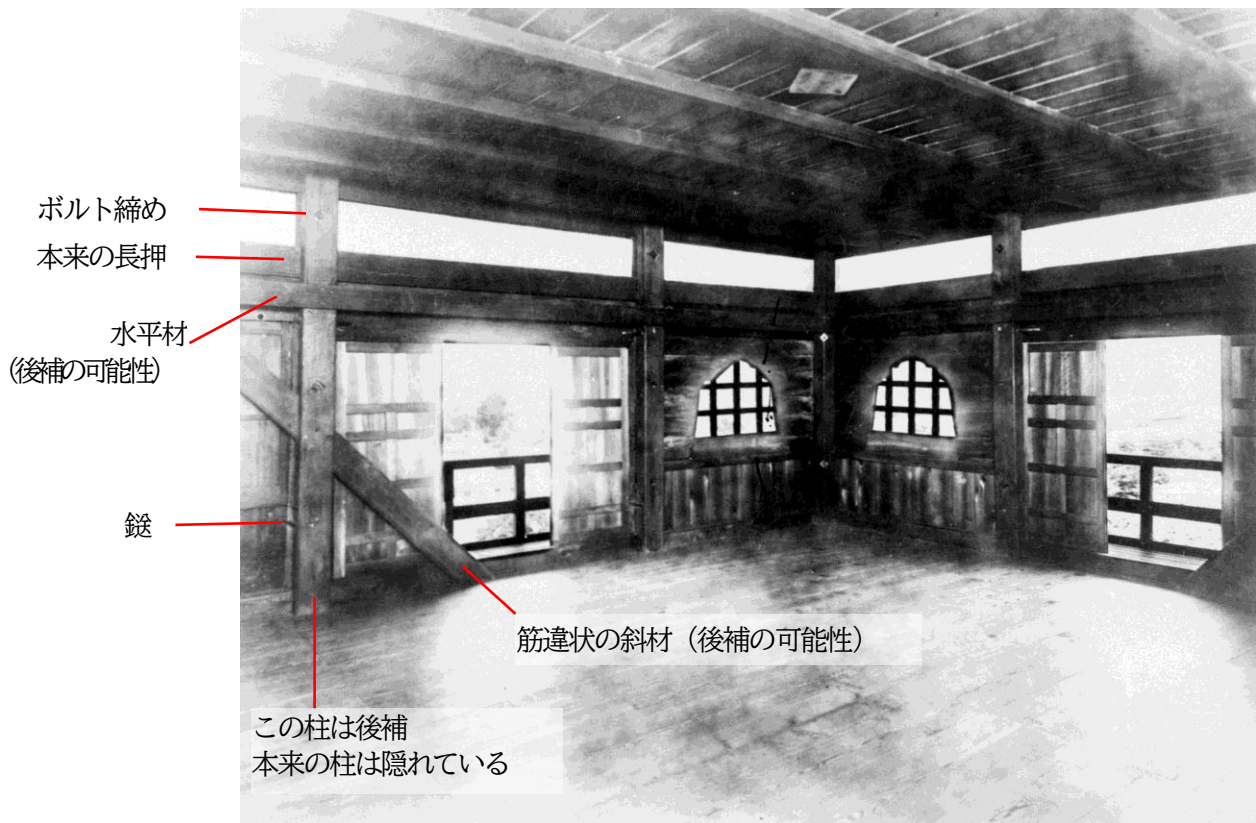


図-資 59 「天守閣第5層」 広島市公文書館所蔵

・移設された礎石

柱配置等を検討するに当たり、天守東南に移設して展示されている礎石について、復元検討の根拠資料としての有用性を検証した。

この礎石展示については、現天守再建時の工事関係者の回想録に記録がある。それによると、担当者が名古屋城を見学した際に、急遽礎石の取り扱いの重要性を認識し、その時点で広島城ではすでに一部の礎石は解体されていたが、残っていた大部分については調査を行い、記録をしたとのことである。それをもとに後年再現されたものが、現在の礎石展示であるが、現地の説明板によると、移設した礎石のほか、天守台に現物を残したものはイミテーションを使用し、天端の高さを変えることで違いを表している。

礎石に1階平面図を重ねると、①後補とみられる丸柱の直下には、ほぼ礎石がない、②後補とみられる細い柱や添柱には、礎石が据えられている、③束石などは1間ごとに入るのが望ましいが、柱のない位置は入れられていない、という特徴が挙げられる。

上記のことから、当初の礎石をすべて復元したとは考え難く、再現工事に当たり、記録のあった礎石についてはそれを参考として移設しながらも、不明な部分については平面図等の柱位置を参照するなど恣意的な判断があったのではないかと考えられる。このため、現時点では礎石の位置情報については復元根拠資料としての採用が難しいが、礎石自体は、今後、資料として十分に検討を行う必要がある。

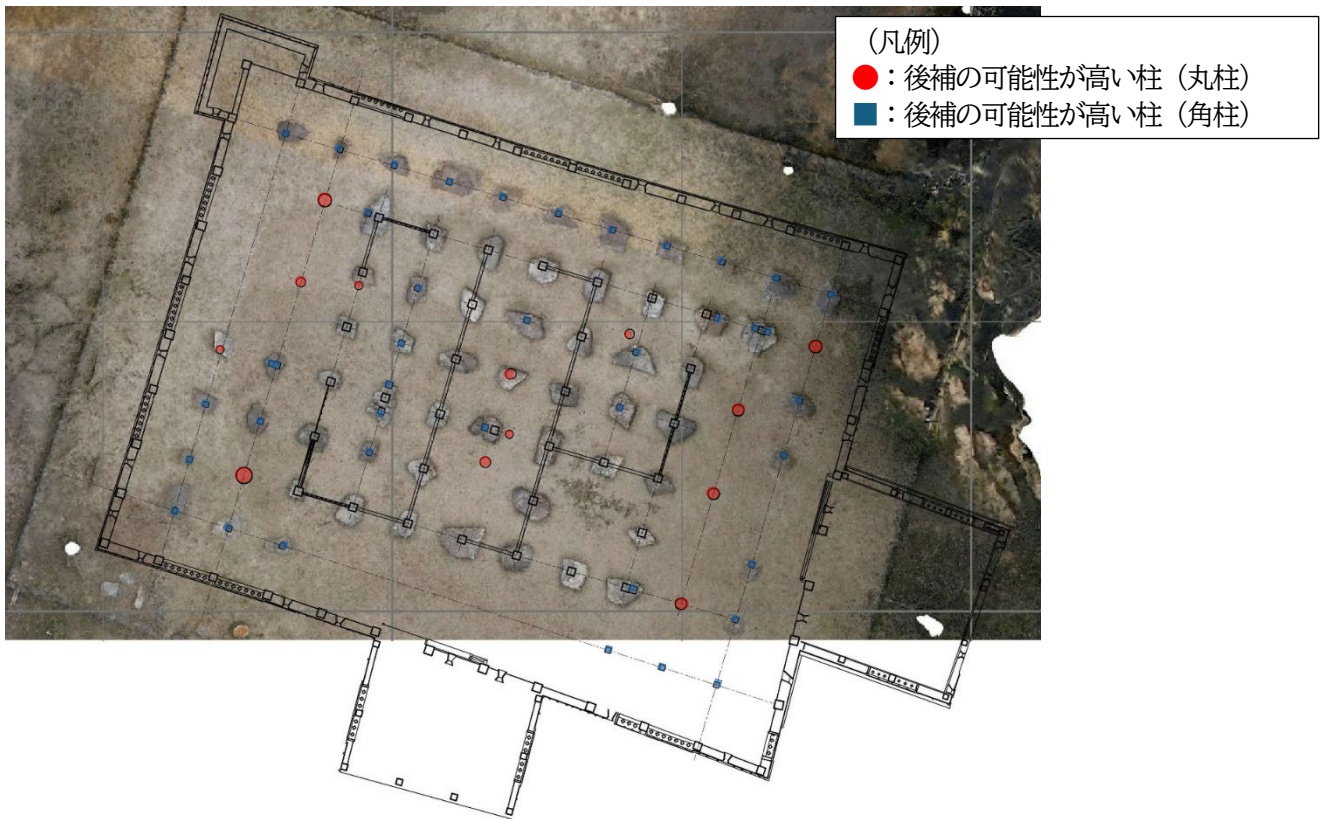


図-資 60 礎石写真に1階平面図を重ねた図



写真-資 1 天守礎石全景
(西側から東方向を眺める)



写真-資 2 表示用礎石
礎石の高さで移設した礎石 (奥) と
表示用礎石 (手前) の区別を示している

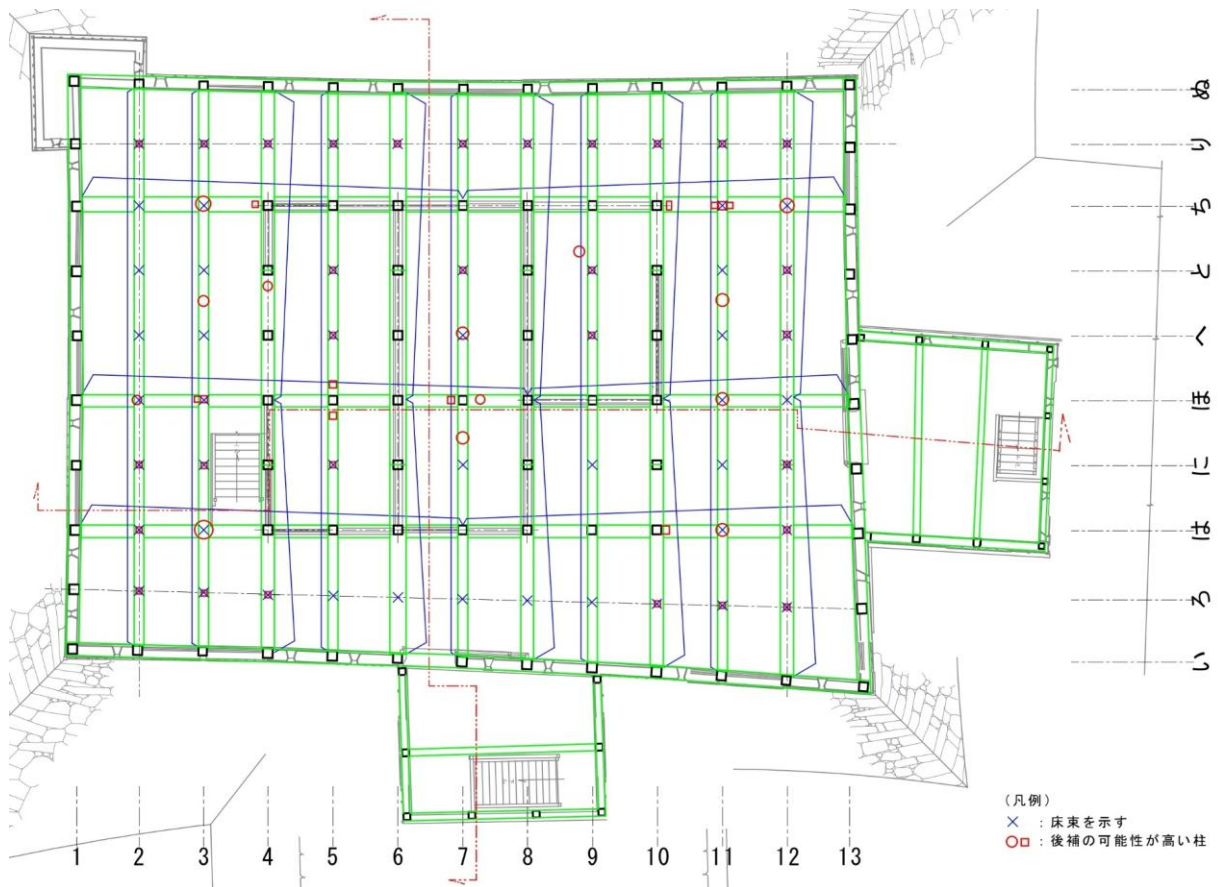


図-資 61 広島城天守 床伏図 (1階)

ウ 細部意匠の検討

天守の外壁、下見板、高窓（排煙窓）の戸締まり、天守5階の外部意匠及び狭間について、検討を行った。

(ア) 外壁

現存する古写真の多くは戦前に撮影されたものである。保存図では、平面図や断面図において狭間が描かれているが、古写真や保存図立面図を確認する限りでは2階以上の外壁には狭間らしきものがほとんど見当たらない。隠し狭間であったとする説もあるが、外部に下見板があり筋縁で押さえていることを考慮すると信憑性に乏しく、江戸期の仕様ではない可能性が高い。

古写真にみる天守の下見板は、東小天守が撤去された明治初期に整備されたと考えられる東御廊下妻面下見板と似ており、筋縁が疎らである。これは城内にあった旧陸軍施設の下見板仕様に類似しており、例えば、歩兵71連隊の背景に写る施設の下見板では、縦の筋縁（あるいは押縁）は古写真で確認できる城内櫓の下見板筋縁よりも間隔が疎らで、筋縁は開口部との取り合いは関係なく等間隔に配置し、板幅は狭く、窓枠の隅は縦枠と横枠の隅交差部を45度で組み合わせた留接ぎとなっている（図-資62参照）。これは、保存図の東御廊下妻面と同じ仕様であり、これに類似する天守2階以上の下見板も近代以降に張り替えた仕様であると判断できる。

下見板の形状については、明治初期に撮影された本丸東北隅の二重櫓の古写真（大阪公立大学都市科

学・防災研究センター所蔵)が参考にできる(図-資63参照)。この隅檜は下見板張りで入母屋妻壁には
 豕叔首と狭間を備えており、天守の意匠に共通している。檜古写真の下見板を確認すると、板幅は近代
 の下見板よりも広く、簷子は開口部(窓)の脇を通し、1間四つ割りを標準とする。半間であれば二つ
 割りとし、開口部で簷子の割付を決定しているため、簷子の間隔は厳密には等間隔となっていない。ま
 た、狭間は簷縁の通りでも構わず開口部を設けている箇所もあり、天守外壁下見板の復元はこれらの特
 徴を踏襲して行うことが想定される。



図-資62 「歩兵71連隊」(益田崇教氏所蔵)

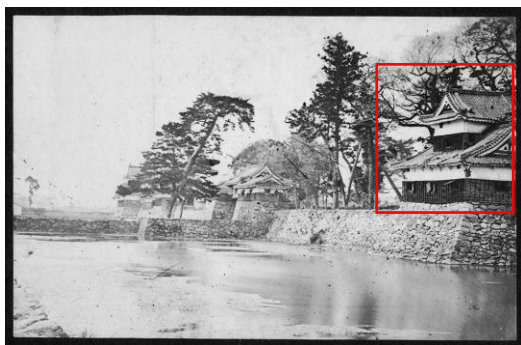
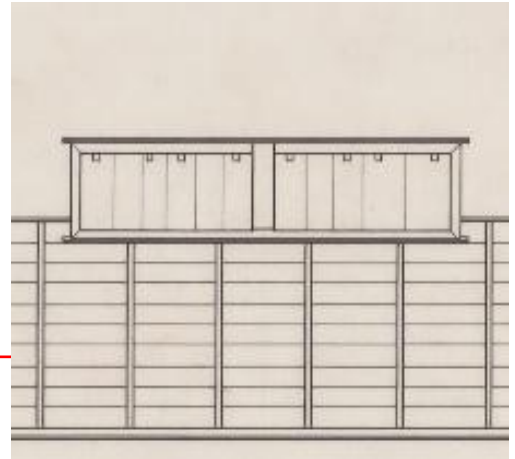
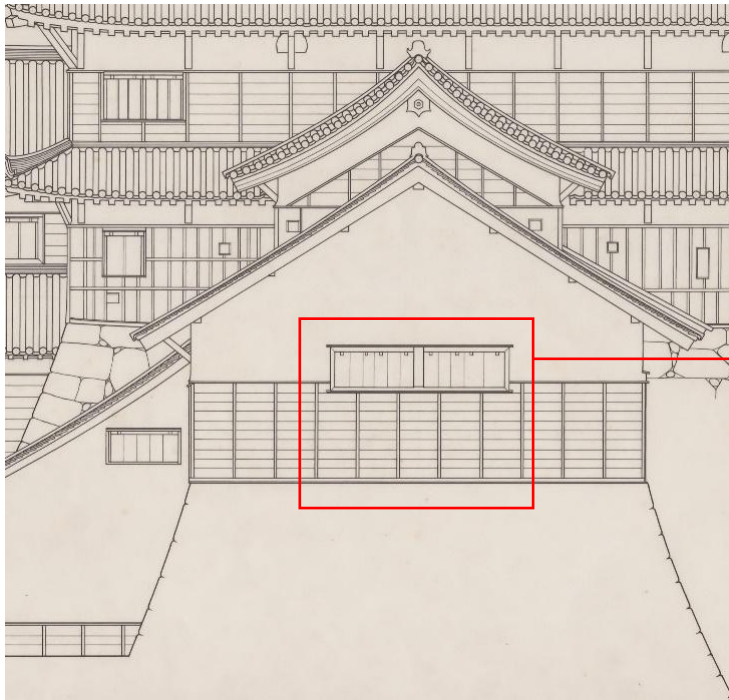


図-資63 「広島城裏御門周辺」
 大阪公立大学都市科学・
 防災研究センター所蔵
 (明治5(1872)年以前の撮影と思われる)





- ・窓枠を留接とする
- ・開口部に関係なく簷縁を配置

図-資 64 天守 東立面図（東御廊下部分）
奈良文化財研究所所蔵

(1) 下見板

4階平面について、北面と南面は千鳥破風を中心として、柱や窓の平面配置は左右対称になっている。一方で、簷縁の割付は、北面は左右非対称、南面は左右対称と相違がみられた。具体的な違いは以下のとおりである。

【北面の壁面の簷縁割付状況】

千鳥破風から東側の外壁（図-資 66 参照）

- ①窓上を2分割（窓下も同じ）
- ②窓の隣の柱間1間を2分割
- ③端部から千鳥破風までを6分割

千鳥破風から西側の外壁（図-資 67 参照）

- ①窓上を3分割（窓下も同じ）
- ②窓の隣の柱間1間を3分割
- ③端部から千鳥破風までを8分割

【南面の壁面の簷縁割付状況】

千鳥破風から片側（左右対称）（図-資 68 参照）

- ①窓上を2分割、①' 窓下は3分割
- ②窓の隣の柱間1間を2分割
- ③端部から千鳥破風までを6分割（窓下は7分割）

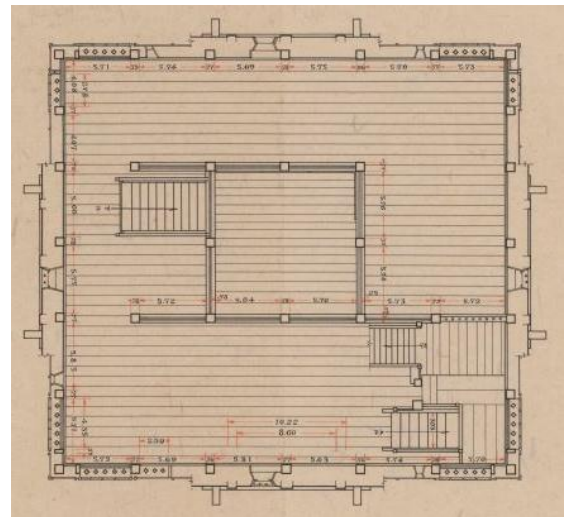


図-資 65 4階平面図
姫路市立城郭研究室所蔵

柱や窓の配置が同じ壁面であっても、上記のように3種のバリエーションがあり、これらは修繕に伴う形状の変更で生じた可能性が高いと考えられる。

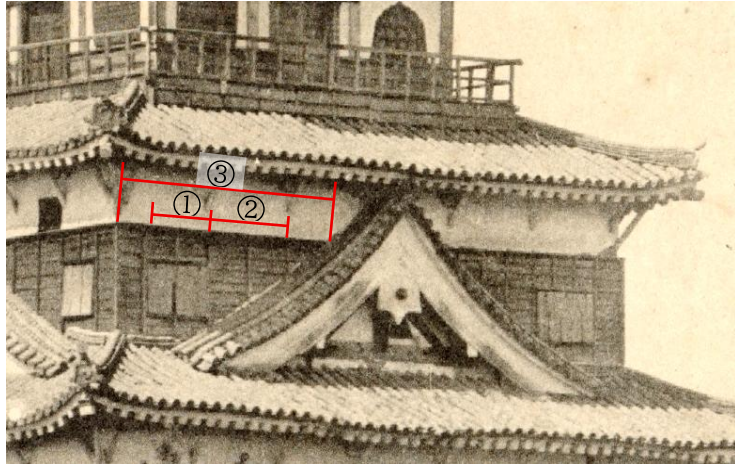


図-資 66 4階北面の東側の簷縁割付状況「広島城ノ雄姿」(部分)
益田崇教氏所蔵

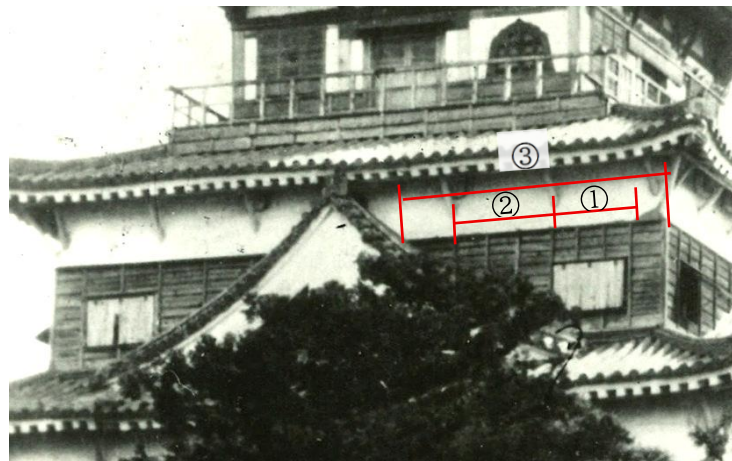


図-資 67 4階北面の西側の簷縁割付状況
天守北西面(ガラス乾板からの紙焼き写真)(部分) 広島城所蔵

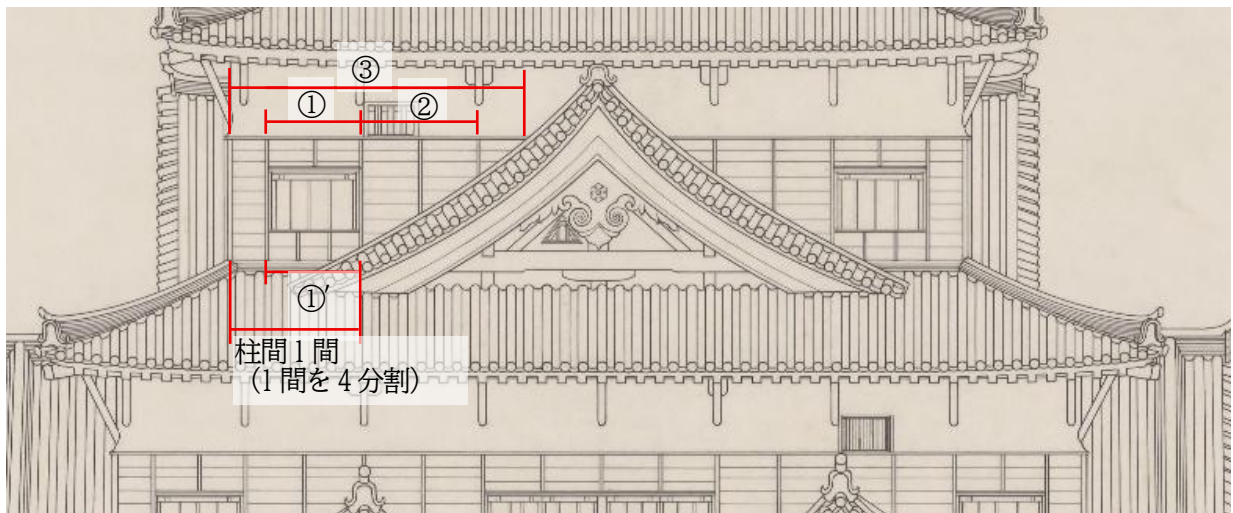


図-資 68 4階南面の東側の簷縁割付状況 天守南立面図(部分) 奈良文化財研究所所蔵

(ウ) 高窓（排煙窓）の戸締まり

保存図では、かつて存在したことが明らかな部分であっても、保存図作成時に存在しない場合は描かれていないものがある。これは、大天守3階の一部の鴨居は描かれているが、敷居は描かれていない柱間装置の描写から明らかである。また、柱間装置の表現で特徴的なものとして、かつて建具が存在し、保存図作成時に建具がなかったもので、敷居の溝がしっかり描かれているものがある。これは、間仕切り戸と窓戸を問わず例外なく描かれている。

大天守では断面図に高窓（排煙窓）が描かれていない。東廊下では描かれたものがあるが、引戸の敷居は描かれていない。大天守、東廊下の平面図には高窓に関連した敷居が描かれていない。

大天守2階南東の高窓は、立面図を見ると高窓にある格子の様子とは異なる縦線が2本描かれている。平面図を見ると、室内側に引戸を示す敷居が描かれていないが、屋外側に他の高窓平面の描写と異なり板戸が描かれている。このことから、保存図作成時にはこの箇所に突上戸の類の小型の扉が現存しており、それが描かれていると推測される。同様の描写は2階の南西隅高窓にも見られる。

また、大天守4階東立面図では格子がない高窓が描かれており、これも同様に扉が描かれている可能性がある（ただし、この高窓は平面図では書き漏れている。）。これ以外の場所の高窓では高窓の格子が描かれているので、本来はあったが、保存図作成時に存在しない扉は描かれず、保存図作成時の状態がそのまま描かれていると推測できることから、全ての高窓で小型の突上戸が存在していた可能性がある。

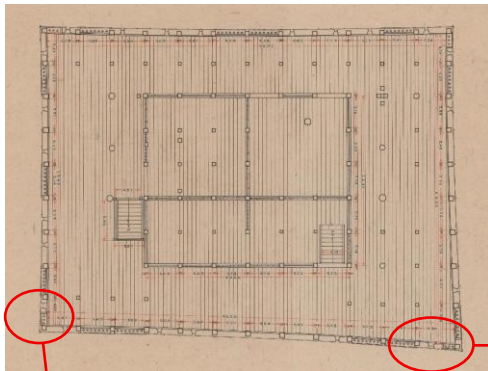


図-資 69 広島城 2階平面図
姫路市立城郭研究室所蔵

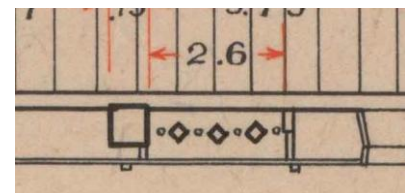
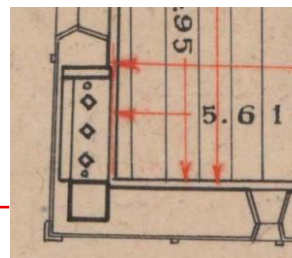
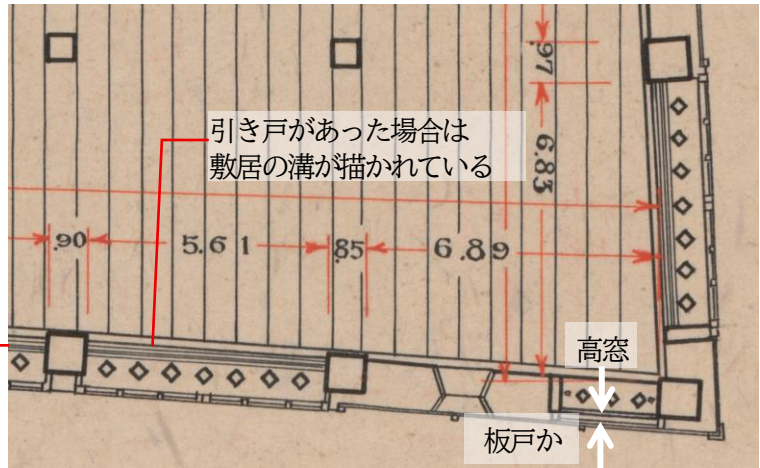


図-資 70 広島城 3階平面図
(部分)

3階南面の高窓の描写
(敷居も戸も描かれていない)
姫路市立城郭研究室所蔵



図-資 71 広島城 南立面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

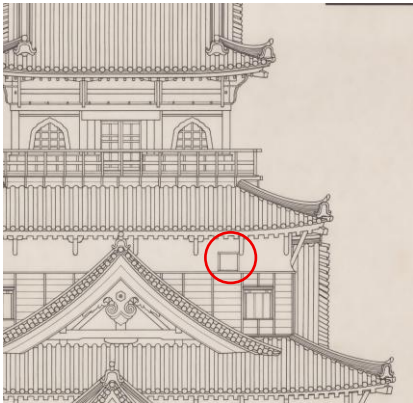


図-資 72 広島城 東立面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

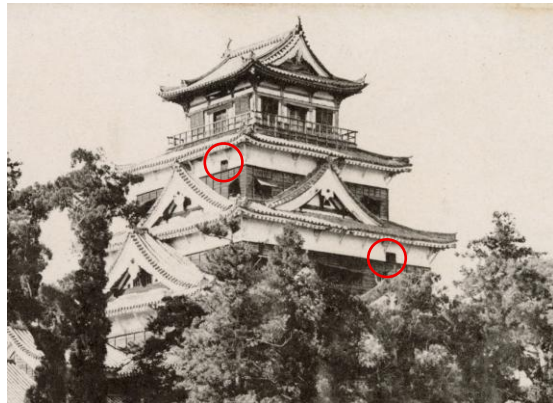


図-資 73 「広島鯉城趾天主閣」(北東面、部分)
益田崇教氏所蔵



図-資 74 「(広島名勝) 広島城」
(東面、部分) 益田崇教氏所蔵

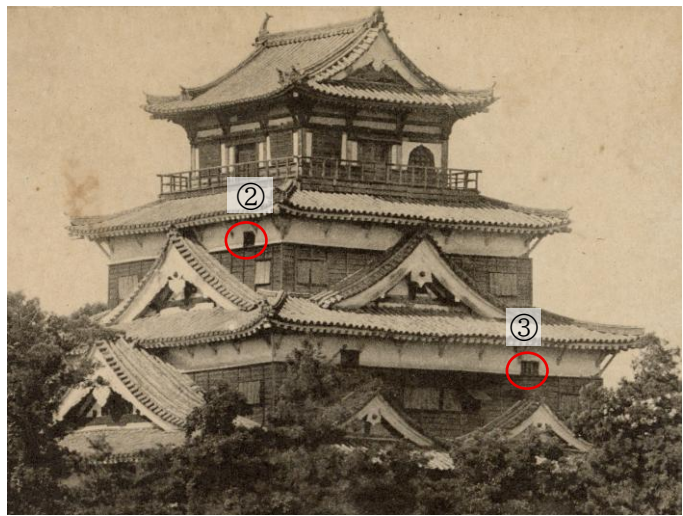


図-資 75 「広島城ノ雄姿」(北東面、部分)
益田崇教氏所蔵

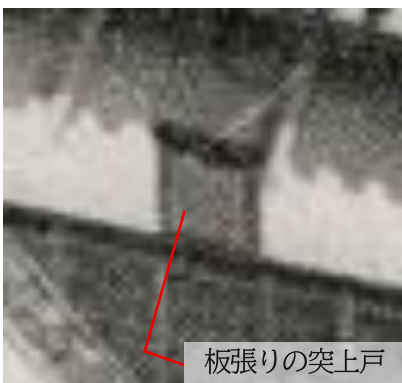


図-資 76 拡大写真①

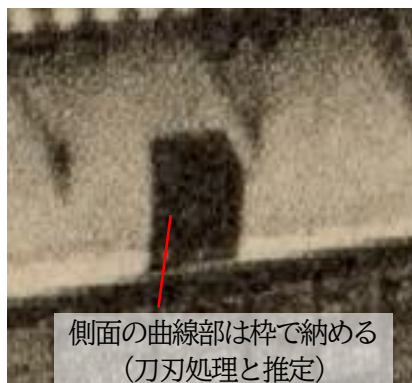


図-資 77 拡大写真②

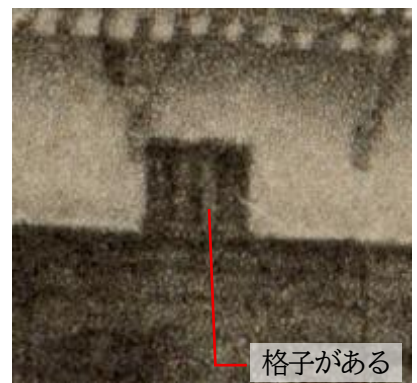


図-資 78 拡大写真③

(I) 天守5階の外部意匠

天守5階の外部の状況について明治初期と後年を比較すると、相違点として挙げられるものに、軒方杖と高欄形状がある。

・軒方杖

保存図では各柱に方杖が2段設けられているが、明治初期には下段の方杖がなく、上段の方杖のみであったことがわかる。また、5階の隅木を下部から支える持ち送り板はこの時期からあったことが確認できる。

なお、方杖の断面は、1階及び2階が角、3階及び4階が丸である。(出桁は、1階、2階、5階が角、3階及び4階が丸である。)

・高欄形状

高欄と廻縁について、保存図に図示された内容を確認すると、縁は樽縁(図上計測で厚1.4寸、以下寸法はいずれも図計測値)で、底面に厚6分程度の根太または板材を設け、さらに下地に水勾配を設けた厚1寸の板が設けられる。高欄は貫が2段設けられた形式で、高さ2.8尺、高欄から本柱までの内法を2.5尺とする。保存図に縁を支持する腕木は描かれず、縁葛に束を建て瓦上で木部を支え(束は南北方向断面図にのみ描く)、側面は下見板張で縁下が閉鎖されている。

明治初期の古写真(「広島旧城」『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』(平凡社)所収)を確認すると、縁下側面は下見板が張られず、高欄は端部に跳ね出しがある刃高欄と判断できる。束柱を確認すると、栴束は通栴と込栴が交互に配置されており、概ね全幅が等間に割り込まれているように見える。また、同じく明治初期の古写真である「芸州広島城」についても、高欄端部の様子から刃高欄であることが分かる。なお、天守の高欄に刃高欄を用いるのは、毛利氏が広島から転封された後に建てた萩城天守についても同様であり、萩城天守の刃高欄はすべての栴束が通栴となっている。

高欄を備えた天守や櫓の事例を確認すると、刃高欄の事例は多くなく、略式の高欄の事例が多い。また、架木の高さについては、広島城では2.8尺(図上での計測)であるが、ほかの現存例は1.6~2.7尺(単純平均:2.13尺)であり、やや高い印象を受ける。

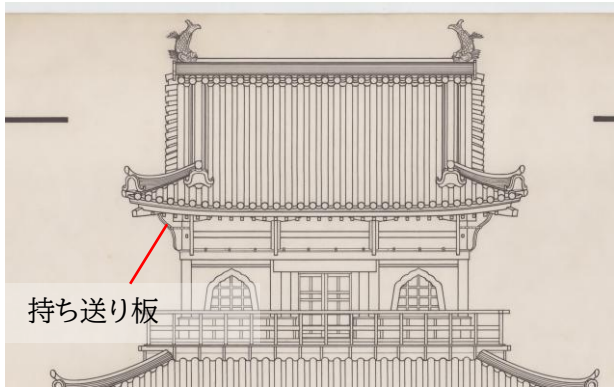
このため、検討に当たっては古写真の比率(長押上端:高欄高さ=441:147、長押上端高さ=2319mm)から高さを推定し、保存図の高欄よりもやや低い773mm程度(=2.55尺)であったと考え、高欄の部材の断面形状については、同時代の建築である不動院楼門(文禄3(1594)年)を参考に形状を整えた。

縁板は不明な部分があるが、現存事例では圧倒的に切目縁が多いこと、保存図は樽縁の下地が二重に描かれていることから、本来の形式ではない可能性が考えられる。本検討では、廻縁と下重屋根の納まりの悪さから、下地構造が簡易な切目縁であったと想定し、要所を腕木で支持する形式を想定した。

表-資 10 高欄のある現存天守・櫓一覧

建造物概要				比較項目					
城郭名称	所在地	建造物名称	創建年代	高欄研式			縁形式	架木高さ	室の区画と窓の概要
				高欄研式 (構成)	架木形状	端部研式			
松本城	長野県松本市	月見櫓	寛永 (1624~1634)	勿高欄	丸	跳ね	樽縁	1.60 尺	高欄廻りは縁板含め朱漆塗とする
彦根城	滋賀県彦根市	天守	慶長 (1596~1615)	略式	角材鎗付	跳ね	切目縁	1.75 尺	廻縁は窓に付属する飾り
丸岡城	福井県坂井市	天守	貞享 5 (1688) ※諸説あり	略式 (貫 2 段)	角材鎗付	跳ね	切目縁	2.71 尺	
犬山城	愛知県犬山市	天守	慶長元 (1596) 頃 ※諸説あり	略式	角材鎗付	跳ね	切目縁	2.43 尺	
松山城	愛媛県松山市	天守	嘉永 5 (1852)	略式	角材鎗付	角隅柱	切目縁	2.00 尺	廻縁は窓に付属する飾り (高さ寸法は保存図の計測による)
高知城	高知県高知市	天守	享和 4 (1747)	擬宝珠高欄	丸	擬宝珠柱	切目縁	2.25 尺	高欄廻りは縁板含め黒漆塗とする (高さは保存図の計測による)
大洲城	愛媛県大洲市	高欄櫓	文久元 (1861)	擬宝珠高欄	角材鎗付	擬宝珠柱	切目縁	2.04 尺	
熊本城	熊本県熊本市	宇土櫓	慶長 6~12 (1601~1607) ※	略式 (幕板付)	角材鎗付	十字組	切目縁	2.29 尺	高欄は中段貫から地覆まで幕板を張る ※創建年代を天正末~慶長 4 年とする説もある
							(高平均)	2.13 尺	
広島城	広島県広島市	天守	天正 20 (1592) 頃 (保存図の状況)	略式 (貫 2 段)	角材鎗付	十字組	樽縁	2.80 尺	高さは保存図の計測 (CAD 図)
		復元案		勿高欄	丸	跳ね	切目縁	2.55 尺	

略式=笠木+束+貫+地覆で構成する高欄



持ち送り板

図-資 79 天守東立面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

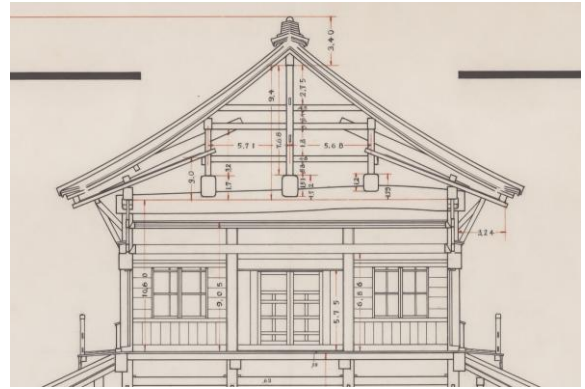


図-資 80 天守南北断面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

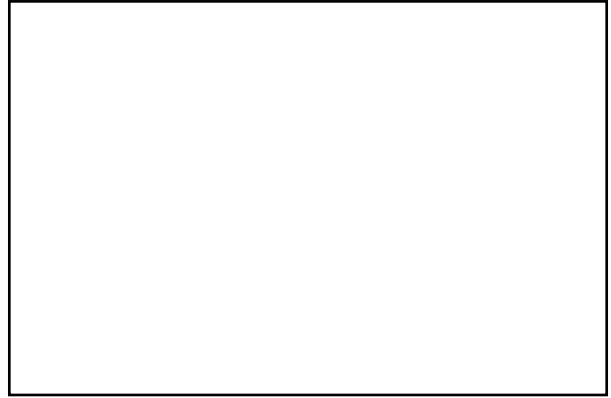
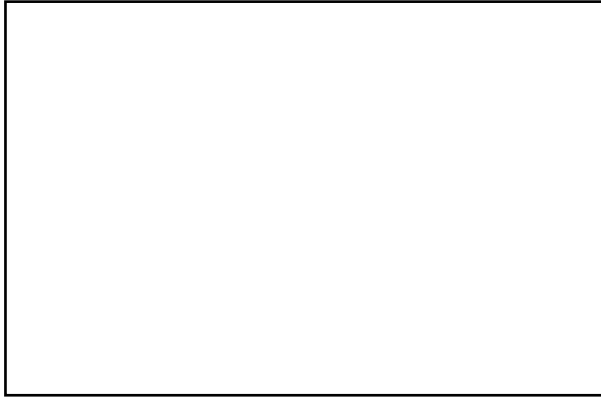


図-資 81 天守5階部分の拡大

「広島旧城」『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より
※右は高欄の位置を重ね合わせたもの、○は腕木または束

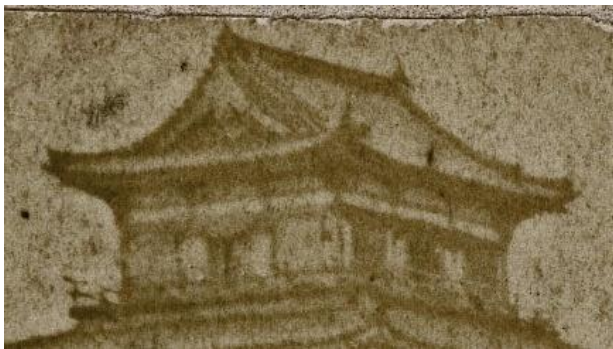


写真-資 3 鶏卵紙名刺判写真「芸州広島城」(部分)
広島城所蔵



写真-資 4 「(広島名勝) 天下の名城広島城の美観」
(部分) 益田崇教氏所蔵 (推定昭和初期)



写真-資5 「萩城五層楼写真」(部分)
山口県文書館所蔵

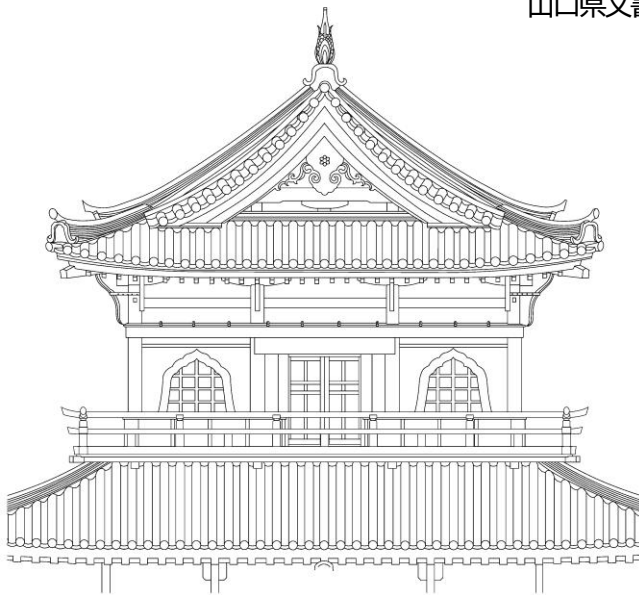


図-資82 高欄復元案

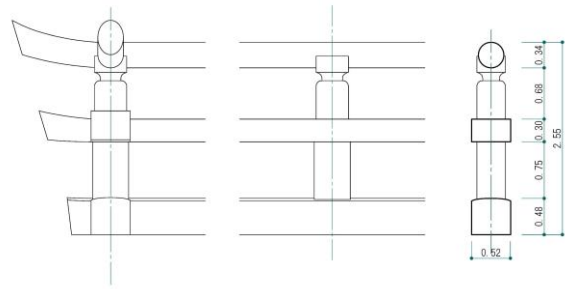


図-資83 勿高欄復元案

(オ) 狭間

天守の狭間の数量、形状・位置(床からの高さ)、寸法について、保存図をもとに古写真や『日本城郭史資料』等の資料により調査した。

【根拠資料の概要】

・保存図

平面図からは各面の狭間の数量、立面図及び断面図からは狭間の形状や位置(床からの高さ)が読み取れる。ただし、平面図上において格子窓と狭間が重なる位置にある場合(立面図から判断できる1階東面と南面を除く)、立面図が描かれていない西面や北面は形状や位置が不明な場合が多い。

・古写真

明治から戦前の古写真から狭間の情報を収集したが、屋根や破風、廊下等に隠れて確認できない部分も多かった。立面図が描かれていない西面や北面も、手前の大木によって外観が見えにくく、保存図以上の情報が分かるものは僅かである。

- ・『日本城郭史資料』「広島城天守閣重要数量表」（以下、「数量表」という。）

昭和8(1933)年から旧日本陸軍が城郭史の本を編纂する目的で日本各地の城郭跡を調査し集めた資料の控を、戦後にまとめたものである。広島城に関しては、広島城天守閣重要数量表、広島城門多間櫓等の重要数量表、広島城本丸図、三の丸の石垣や土塁の断面図と天守の西面外観写真が掲載されている。

「数量表」には各階の「銃眼数」、「銃眼の形状・大きさ」がわかる図が描かれている。

- ・『日本城郭考』（古川重春、昭和11(1936)年）

広島城についての記載があるが、狭間の大きさについては記されておらず、形状について「各階に四面共に四角、長方形、長錐三角形の矢狭間が多数に切り開いてある」と記すのみである。同書平面図及び南立面図において狭間が描かれず、数量は保存図や「数量表」と比較して極めて少ないため、今回の比較検討では参考にしなかった。

- ・『考古学講座 武家時代の城郭及び城址』（大類伸・鳥羽正雄、昭和3(1928)年頃刊行か）

城郭史の研究をしている大類伸・鳥羽正雄氏による城郭・城址に関する書籍の中で、鉄砲狭間、矢狭間の説明で広島城天守の狭間の寸法を一事例として挙げている。

【数量】

保存図で確認できる狭間を表資11に示した。「数量表」の銃眼数と比較したが、一部一致していないため、「数量表」と保存図の数が合わない箇所について、平面図上で検証した。

1階東面の最も南寄りの狭間は格子窓の直下に位置するため、平面図には記載されず、東立面図で確認できる。しかし、当該狭間は特殊な形状のため、「数量表」では数に加えなかったと考えられる。

2階について、北面は窓下に狭間があったと考えれば「数量表」と保存図は一致するが、保存図で確認できる箇所は1箇所少ない。また、大天守では窓下に狭間を配置する例は稀である。東面は東御廊下の位置を考慮し、そのほかは概ね西面と同様の配置であったと考えれば中央より北寄りにあった可能性も考えられる。

3階は、「数量表」では、東面は1つ、西面は2つと記載されることから、東西それぞれ破風内の2つを数えていない可能性（例えば、小型の窓として捉えた、など）があるとする、「数量表」と保存図の記載内容は矛盾しない。

4階東面中央の狭間は保存図立面図では描かれてない。古写真を見ると保存図平面図よりも北よりに位置していたことが確認でき、位置を錯誤している。

保存図平面図では4階西面北寄りの狭間が描かれていないが、保存図断面図には描かれている。「数量表」では西面の数が正確に記載されている。保存図平面図では東面の狭間数が少ないが、西面と同数で「数量表」が正しい可能性もある。

以上のことから、「数量表」の表記は必ずしも誤りとは言えない情報が含まれているほか、部分的には保存図の誤りを「数量表」が正確に表記している箇所もあり、保存図の内容を補完する資料であると判断できる。

表-資11 「広島城天守閣重要数量表」より銃眼数を抜粋

形状	東		西		南		北	
	銃眼	矢	銃眼	矢	銃眼	矢	銃眼	矢
5階	—	—	—	—	—	—	—	—
4階	小2 大1	—	小2 大1	—	小2 大1	—	小2 大1	—
3階	1	—	2	—	3	—	4	—
2階	4	—	5	—	5	—	7	弓2
1階	銃眼5	矢1	4	矢2	7	—	6	矢2

【凡例】
 ■ 保存図と狭間の数が一致
 ■ 保存図の方が狭間の数が少ない
 □ 保存図の方が狭間の数が多い

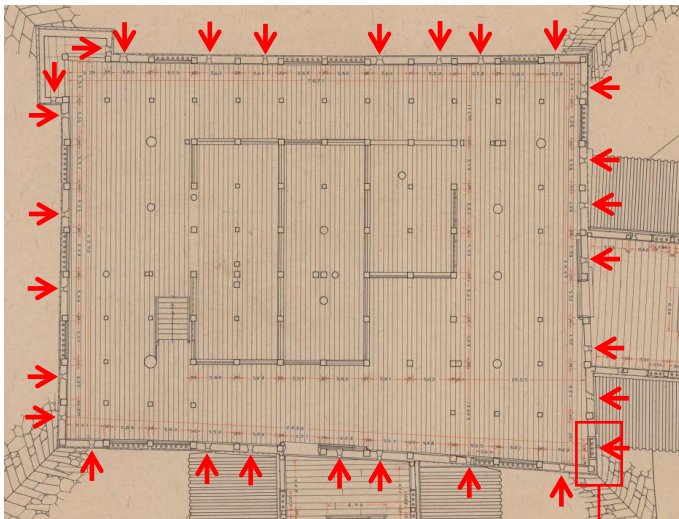
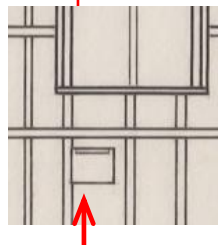
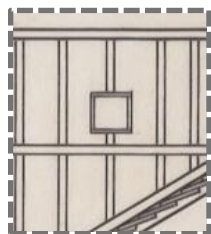


図-資84 1階平面図 (部分)
 姫路市立城郭研究室所蔵

【凡例】
 ← 保存図の平面図および立面図、断面図で狭間を確認



他の狭間より扁平
 (左図は標準的な狭間例)

図-資85 東立面図 (部分)
 奈良文化財研究所所蔵

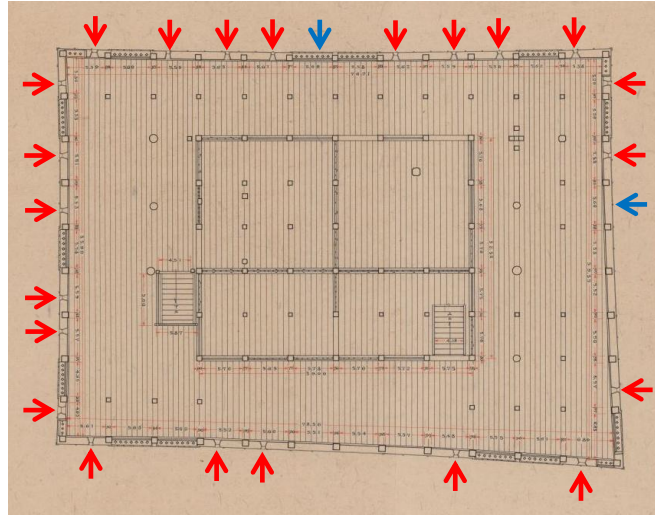


図-資 86 2階平面図 (部分) 姫路市立城郭研究所蔵

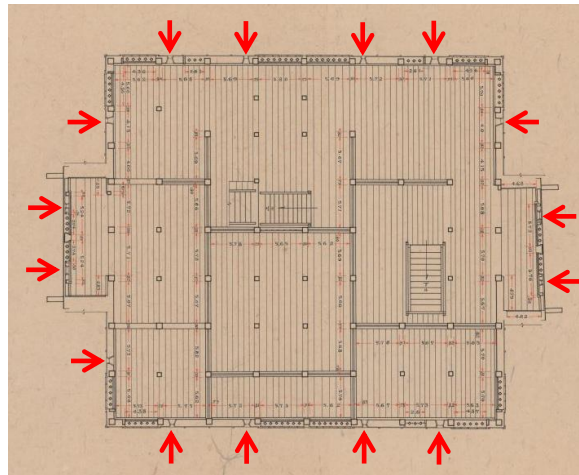


図-資 87 3階平面図 (部分) 姫路市立城郭研究所蔵

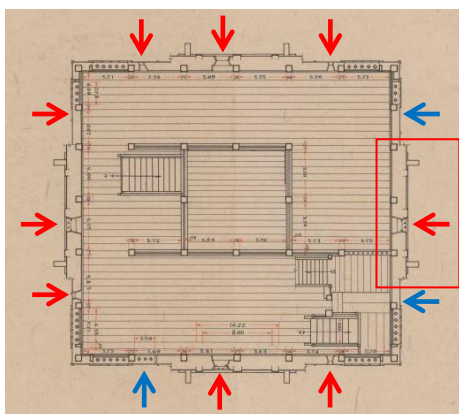


図-資 88 4階平面図 (部分)
姫路市立城郭研究所蔵



図-資 89 広島城 (部分)
益田崇教氏所蔵

破風内の狭間の位置は古写真と平面図で異なる。

【凡例】

- ← (Red arrow) : 保存図の平面図および立面図、断面図で狭間を確認
- ← (Blue arrow) : 保存図や写真では確認できないが、「広島城天守閣重要数量表」等を参考に推定

【形状・位置（高さ）】

狭間の形状は、保存図の立面図、断面図および古写真等から判断できるほか、「数量表」では、矢狭間の数、1階と4階の狭間の実測寸法が記録されている。

1階は、立面図のある東面と南面は狭間の形状や位置がおおよそ判明する。

1階西面は古写真から2か所ある矢狭間の位置が判明し、数量表と一致する。

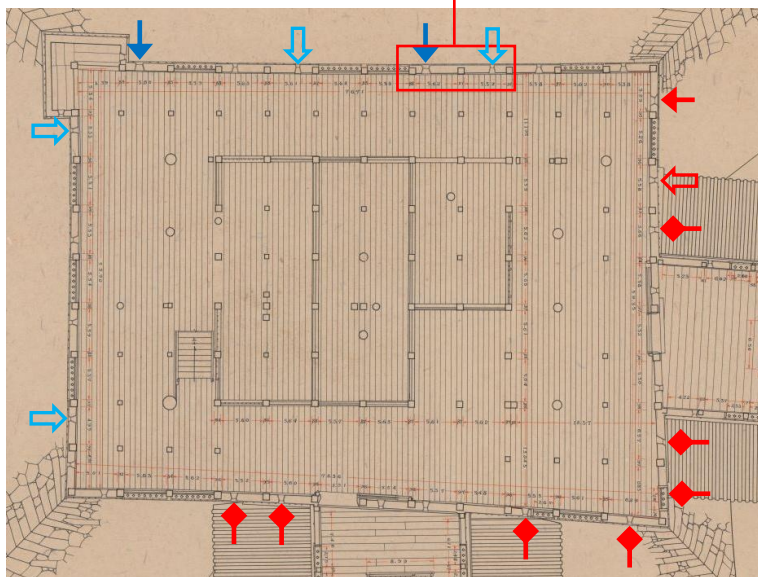
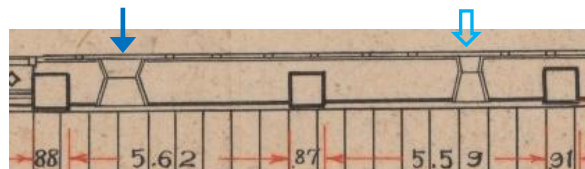
青い矢印が示す狭間は、横幅が比較的広めに描かれていることから、三角形の形状と推測できる。

1階及び2階の北面は、「数量表」には、矢狭間は各2か所の記述があるため、比較的横幅が狭く描かれたものを矢狭間と仮定した。

また、4階は各面3か所に狭間があるため、東面と南面はそれぞれ対面と同形状と仮定した。

4階北面中央の三角形の狭間の位置は、断面図に床からの高さが「2.87（尺）（87.0 cm）」と記載されているほか、4階北面西よりの狭間のように、狭間の方向について表現してあるものもある。

横幅が広いので
三角形と判断



【凡例】

〈狭間の形状〉

- ◆：正方形に近い形状
- ◀：三角形の形状
- ◁：長方形の形状（矢狭間）

〈根拠〉

- 赤色：立面図・断面図から狭間の形状と位置が判明
- 青色：平面図の狭間の幅が広いので三角形の形状と推定
- 水色：写真から形状と位置が判明
- 紫色：その他の理由で推定

図-資90 1階平面図（部分） 姫路市立城郭研究所蔵

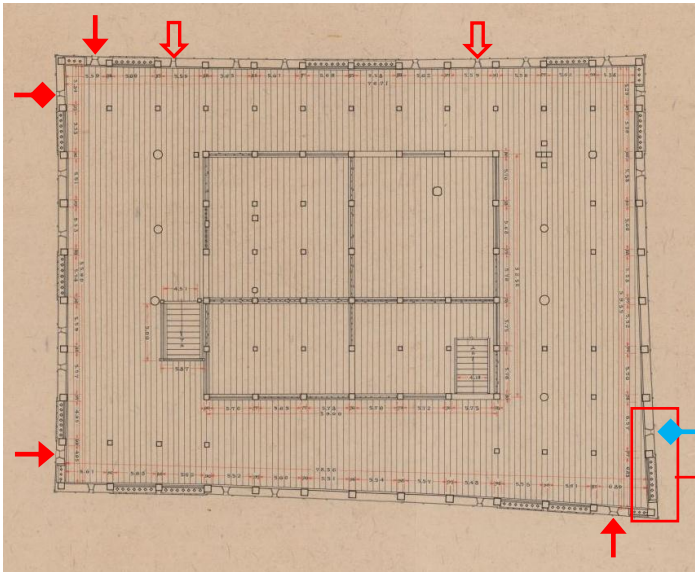


図-資 91 2階平面図 (部分) 姫路市立城郭研究所蔵

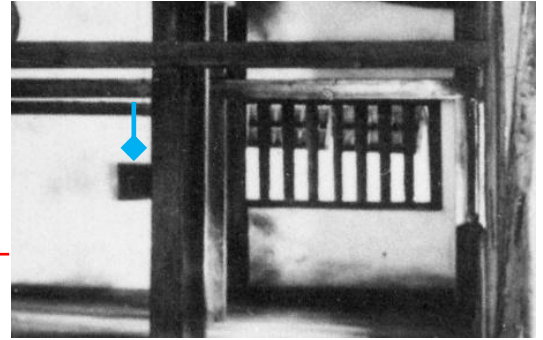


図-資 92 天主閣第2層 (部分) 広島市公文書館蔵

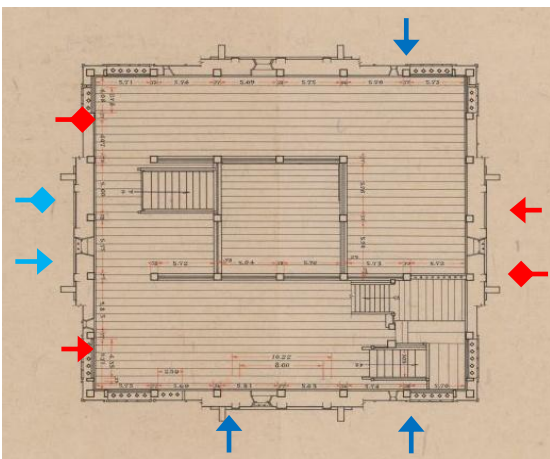


図-資 93 3階平面図 (部分) 姫路市立城郭研究所蔵

- 【凡例】
- 〈狹間の形状〉
- ◆ : 正方形に近い形状
 - ◀ : 三角形の形状
 - ⇨ : 長方形の形状 (矢狹間)
- 〈根拠〉
- 赤色 : 立面図・断面図から狹間の形状と位置が判明
 - 青色 : 平面図の狹間の幅が広いので三角形の形状と推定
 - 水色 : 写真から形状と位置が判明
 - 紫色 : その他の理由で推定

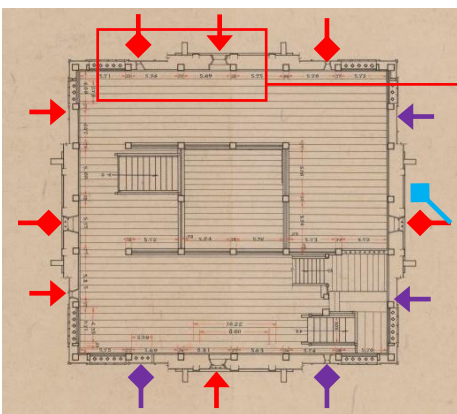


図-資 94 4階平面図 (部分) 姫路市立城郭研究所蔵

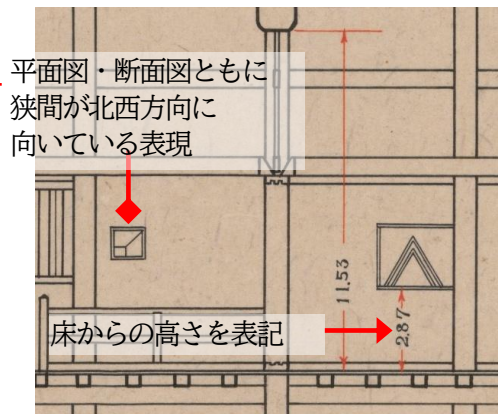


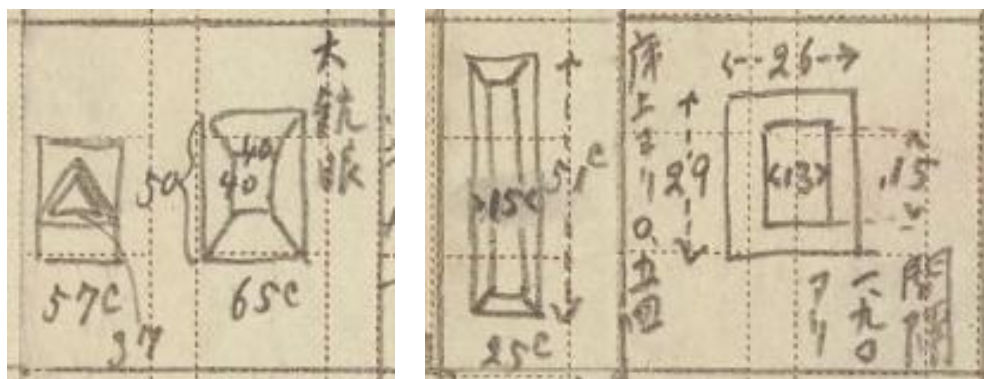
図-資 95 東西断面図 (部分) 奈良文化財研究所蔵

【寸法】

・「広島城天守閣重要数量表」に描かれた狭間

記載図（図-資 96 参照）より寸法等を読み取ると、下表のとおりである。

4階は各面の銃眼数を「大1、小2」と記載している。狭間の横幅を平面図上で比較すると、各面とも中央の狭間の幅が大きくなっており、中央の狭間が「大」銃眼と考えられる。また、立面図や断面図、古写真等から中央の狭間は、東面と西面が四角形、南面と北面が三角形と判明しているので、「数量表」で描かれた上図の4階の「大銃眼」がどの面かわかる。



4階の区分に描かれる狭間

1階の区分に描かれる狭間

図-資 96 「広島城天守閣重要数量表」(寸法関係部分)
『日本城郭史資料』より

表-資 12 「広島城天守閣重要数量表」(寸法関係部分) 『日本城郭史資料』より作成

		内側		狭小部		その他
		縦	横	縦	横	
4階	大銃眼(四角形)	50 cm	65 cm	40 cm	40 cm	
4階	大銃眼(三角形)	一辺 57 cm		一辺 37 cm		
2階	(図なし)	—	—	—	—	床上より 88cm 又は 45cm
1階	銃眼	29 cm	26 cm	15 cm	13 cm	間口 1.90m あり、床上より 54cm
1階	矢狭間	51 cm	25 cm	—	15 cm	矢ノ狭間にして蓋を有す

・『考古学講座 武家時代の城郭及び城址』に記載された広島城天守の狭間

矢狭間は、内側で幅8寸5分(25.8 cm)、外側で約4寸5分(13.6 cm)、縦1尺7寸程(51.5 cm)、床面から下の辺まで1尺6寸余(48.5 cm)であり、これは、「数量表」の1階の矢狭間と寸法がおおよそ一致している。

また、鉄砲狭間の一例として、内側で底辺1尺2寸(36.4 cm)、他の二辺各々9寸5分(28.7 cm)、床面から底辺まで1尺6寸余(48.5 cm)の記載が確認できる他、「広島城天守や多間には三角、正方形、長方形を交互に用いてある」との記載がある。

(2) 古写真の解析による保存図の検討

ア 解析方法

CAD化した保存図等と遺構(石垣)平面測量図を用いて古写真解析を行い、解析の妥当性を確認した。これにより、解析に一定の信頼性が確認できることを確認し、解析寸法と保存図等寸法の比較から保存図等の寸法や描写精度の傾向を検証した。

(ア) 解析箇所の設定

石垣天端平面がほぼ矩形となっている天守1階北西付近を先行して解析を行い、台形平面となっている東側の状況を検討した。また、天守東側台形平面部について、保存図等での立面図表記方法を確認した。

(イ) 天守下層と上層の位置関係の検証

保存図等の梁間断面図では天守の1階及び2階軸組みと、それより上層の3階から5階までの軸組み通り芯の位置関係が寸法で明示されていないため、これら下層と上層の位置関係について解析を試みた。

(ウ) 保存図等寸法と写真解析値の比較検証

上記の(ア)と(イ)を通して石垣天端と1階・2階の位置関係、1階・2階と3階以上の位置関係について確認を行った上で、保存図等寸法と写真解析値を比較して保存図等の寸法精度を確認した。

表-資 13 古写真解析検討箇所

番号	確認箇所	参考測定位置	備 考
1	北西面隅部の平面座標	石垣、2階～5階の外壁隅	建物平面の上層下層の位置関係を検討
2	南西隅部の平面座標	1階の外壁隅、石垣天端隅	位置を特定し、石垣天端と建物平面の位置関係を検討
3	各階各隅の平面座標		//
4	各階下見板の高さ		解析値の水平程度確認を踏まえ、石垣上の天守平面配置の妥当性確認
5	西面 二重目入母屋の棟真平面座標	拝み巴、鬼瓦の中心	棟真は3階西面壁に対してほぼ中心に位置する可能性が高い
6	西面 三重目千鳥破風の棟真平面座標	//	棟真は3階西面壁中心になっている可能性が高い
7	東面 二重目入母屋の棟真平面座標	拝み巴、鬼瓦の中心	棟は建物3階東面壁に対して斜め、かつ中心からずれている可能性が高い
8	東面 三重目千鳥破風の棟真平面座標	//	棟真は3階の東面壁の中心になっている可能性が高い
9	5階棟高（全高）等		実測図記載寸法との対比から保存寸法の精度検証

解析に使用する古写真の選定（一例）



写真-資6 「広島城」 益田崇教氏所蔵



写真-資7 「広島名勝鯉城（天守閣）」
益田崇教氏所蔵



写真-資8 「広島城」 益田崇教氏所蔵



写真-資9 「広島城天守」
『国際写真タイムズ』第2巻第2号
益田崇教氏所蔵

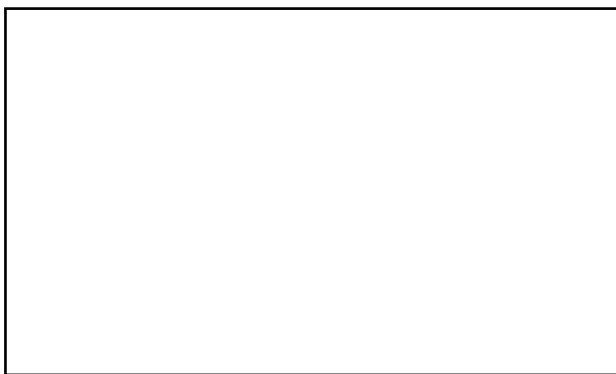


写真-資10 「広島旧城」

『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊

※唯一、東小天守が写っている古写真



写真-資11 「広島 鯉城址 天守閣」
益田崇教氏所蔵

イ 現存石垣の確認

古写真解析を行う上で、標定点として、天守台石垣及び内堀石垣を使用することが望ましい。その際、古写真撮影時と現在で、それらが同じ位置且つ同じ形状であることが前提となるため、古写真と現状の石垣の比較を行った。

古写真解析

古写真内にある撮影当時から不動と推測される箇所（石垣など）6点以上の「標定点」を設定し、現況3次元データからそれらの座標値を入力することで、古写真の撮影位置・カメラ軸を推定し、任意点（評価する各点、すなわち評価点）の座標値を推測する。

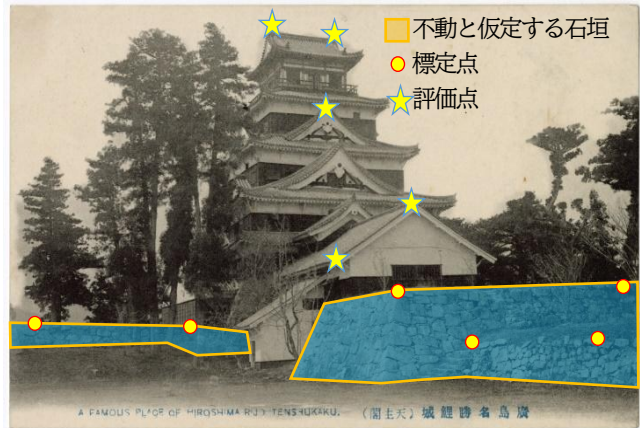


図-資 97 「広島名勝鯉城（天守閣）」 益田崇教氏所蔵

(例1) 北西



写真-資 12 「広島城」 益田崇教氏所蔵



図-資 98 現状3次元モデル



図-資 99 比較位置

- ・天守石垣北西部（A）⇒同じ状況と思われる／標定として利用可



写真-資13 「広島城」(部分)
益田崇教氏所蔵



図-資100 現状3次元モデル

- ・天守石垣北東部（B）⇒同じ状況と思われる／標定として利用可



図-資101 「広島城」(部分)
益田崇教氏所蔵



図-資102 現状3次元モデル

- ・内堀石垣北西部（C）⇒積み方が異なる／標定として利用不可



写真-資14 「広島城」(部分)
益田崇教氏所蔵



図-資103 現状3次元モデル

ウ 天守北西側の古写真解析方法（一例）

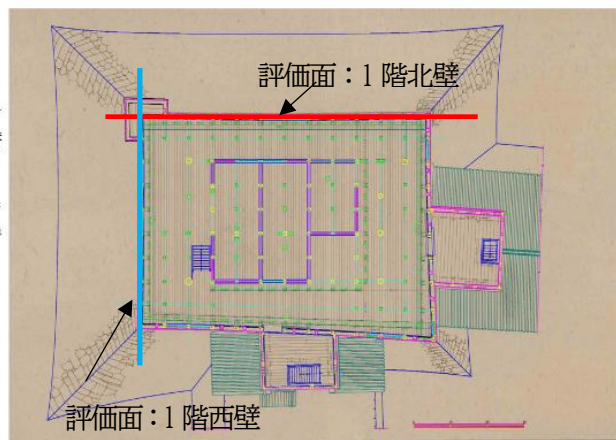
建物平面の上層下層の位置関係を検討するため、各階の外壁隅の座標を推定した。なお、隅が見えていない場合には、可能な範囲での推定を行った。

(ア) 標定点

古写真に写っており、かつ現在も残っている不動の6つの座標点を、既知の点として選定し、この座標値を3次元レーザ計測により得た現状の石垣点群データから取得することにより古写真のカメラ位置を推定した。

(イ) 評価面

保存図等を基に、評価する点が位置する平面を想定し、それを評価面として設定する。



公共座標（3次元点群と同様の座標系）に保存図等を配置し図面の壁面位置などを参考に評価面を設定する。

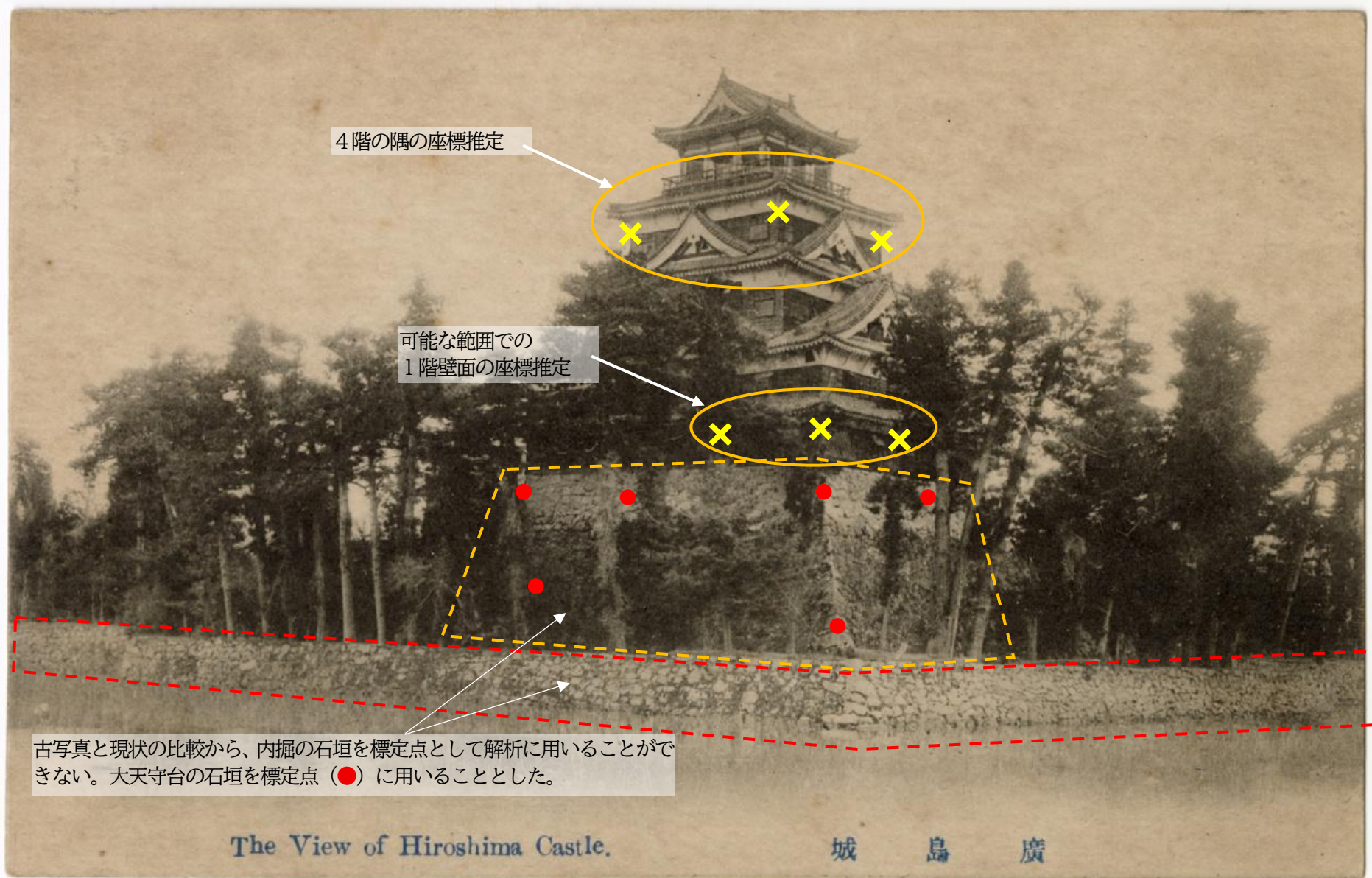
図-資 104 天守1階平面図
(奈良文化財研究所所蔵)をベースに作成
評価面の設定例（イメージ）

(ウ) 評価点

上述した評価面を指定することで座標値を推定することができる。まずは各階の隅または見えている範囲の壁面端を参照し座標値を取得する。次の図に評価点の一例を示す。

その他、部材の高さなど必要に応じて評価点を設置する。

推定した座標値と復元図を比較し、状況によっては評価面の修正などにより再度検討を行う。



4階の隅の座標推定

可能な範囲での
1階壁面の座標推定

古写真と現状の比較から、内掘の石垣を標定点として解析に用いることができない。大天守台の石垣を標定点(●)に用いることとした。

The View of Hiroshima Castle.

城 島 廣

図-資 105 「広島城」 益田崇教氏所蔵

Ⅱ 古写真解析

(ア) 標定点の設定

4方向の古写真において、現存の石垣面等撮影時から不動の点と考えられる座標を標定点（古写真上に赤い×で示した座標位置）として、3次元データを参照しつつ各6点設定し、撮影ポジションの推定を行った。

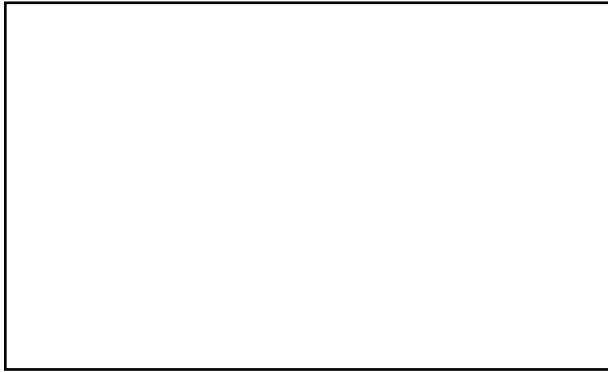


図-資 106 北東：「広島旧城」『大日本全国名所一覧—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より

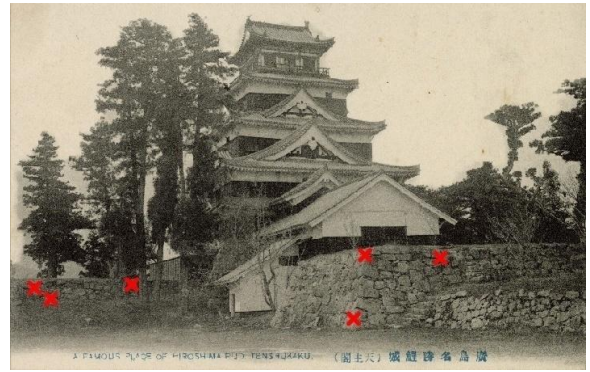


図-資 107 南東：「広島名勝鯉城（天守閣）」益田崇教氏所蔵



図-資 108 南西：「広島城」 益田崇教氏所蔵

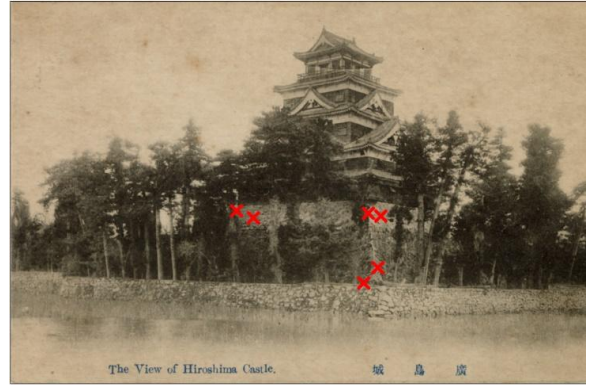


図-資 109 北西：「広島城」 益田崇教氏所蔵

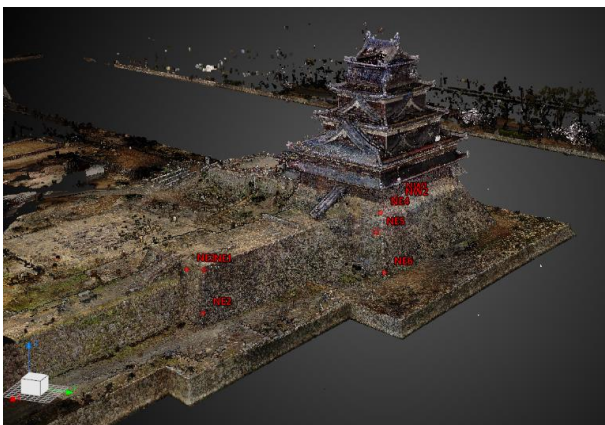


図-資 110 現状3次元点群データ

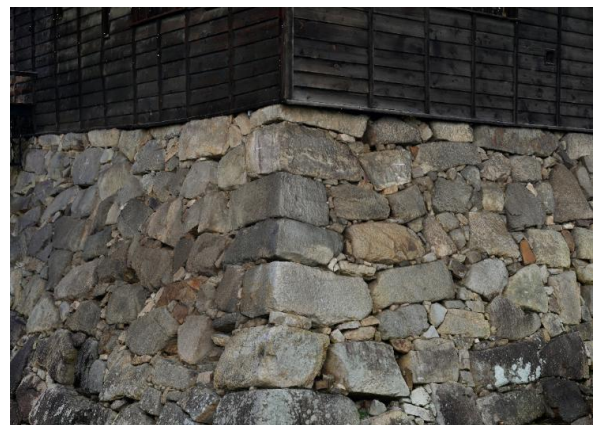


図-資 111 現状写真解析モデル

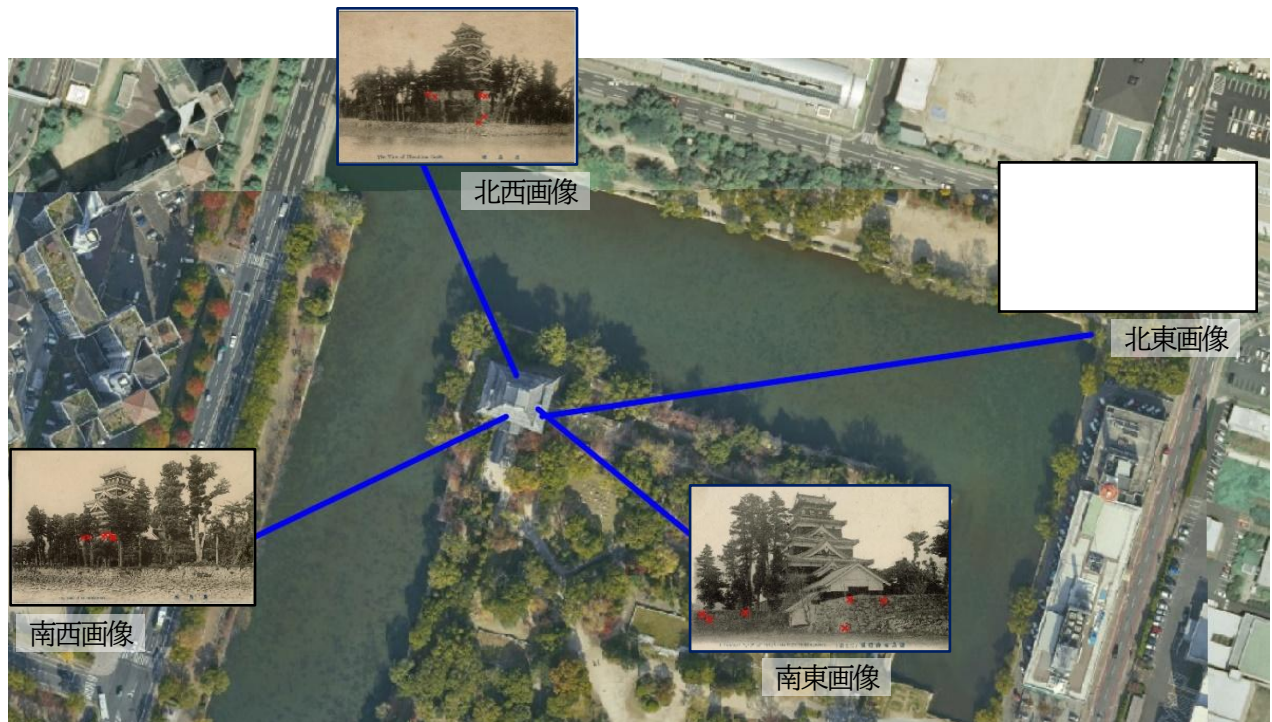


図-資 112 推定撮影ポジション

(1) 評価面の設定

解析する座標点が存在する線形と保存図、現況地形から、天守の保存図にある平面図を公共座標系に配置し、評価面を設定した。

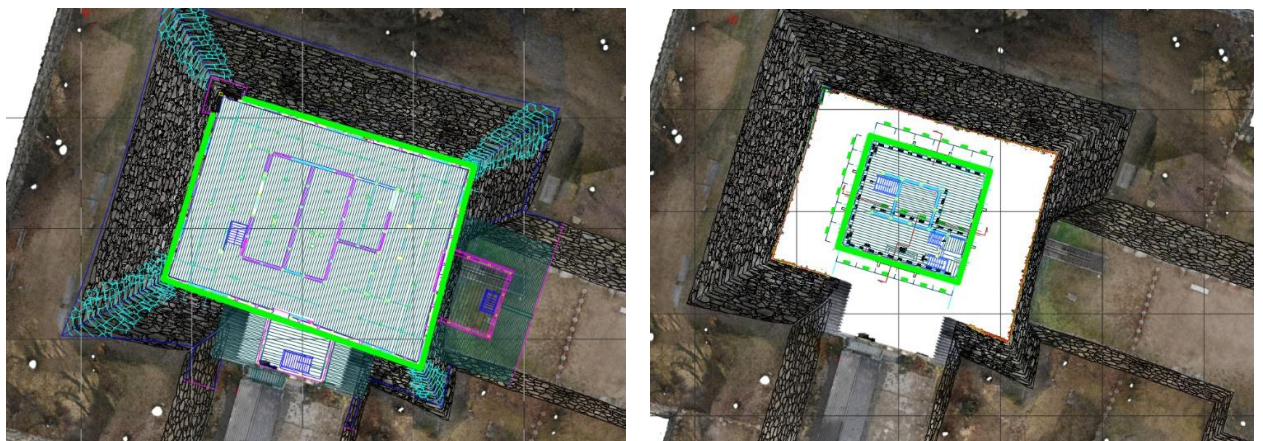


図-資 113 評価面の設定

(ウ) 評価点の解析

推定撮影位置と評価面から、評価点とする各層の高さ（天守棟高さ、5階梁高さ、1階から4階の下見板の高さ）について位置を解析するとともに、現存の石垣なども評価点に含め、解析の妥当性を確認した。

・南東写真解析

現況地形と古写真を比較し、古写真解析の妥当性を検討した結果、現存の石垣の数値及び天守東面の各層の高さ等が保存図と概ね一致した。一方、南面については、高さの誤差が大きくなった。

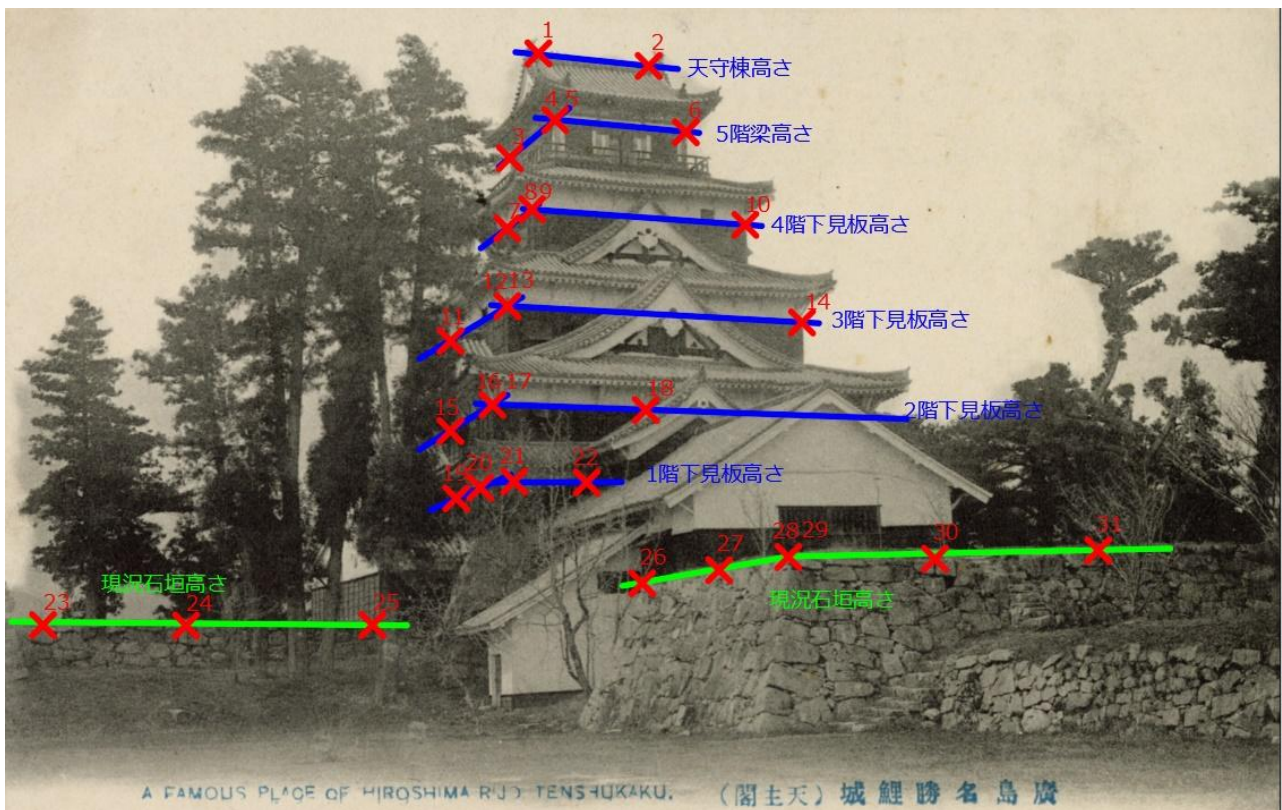


図-資 114 「広島名勝鯉城（天守閣）」 益田崇教氏所蔵

1～22：天守の解析高さの解析値
23～31：現在も残る石垣の高さの解析値
(比較して解析の妥当性を検討)

表-資14 解析評価点一覧

	No.	解析値 (単位 m, Zは標高値)			保存図面や現況の高さ	差分 (誤差)
		X	Y	Z	図面高さ (標高(m))	Z - 図面高さ
天守棟高さ	1	80.634	-152.365	41.693	41.759	-0.066
	2	82.398	-146.37	41.665	41.759	-0.094
5階梁高さ (南面)	3	77.755	-152.312	36.773	36.96	-0.187
	4	84.594	-154.335	36.665	36.96	-0.295
5階梁高さ (東面)	5	83.922	-153.835	36.935	36.96	-0.025
	6	85.939	-146.983	36.942	36.96	-0.018
4階下見板高さ (南面)	7	82.467	-155.886	31.418	31.473	-0.055
	8	86.07	-156.947	31.412	31.473	-0.061
4階下見板高さ (東面)	9	85.826	-156.771	31.493	31.473	0.02
	10	88.984	-145.916	31.512	31.473	0.039
3階下見板高さ (南面)	11	78.558	-156.779	26.336	26.249	0.087
	12	87.44	-159.452	26.194	26.249	-0.055
3階下見板高さ (東面)	13	87.043	-159.175	26.298	26.249	0.049
	14	91.326	-144.571	26.248	26.249	-0.001
2階下見板高さ (南面)	15	83.546	-160.131	20.896	20.998	-0.102
	16	90.624	-162.584	20.942	20.998	-0.056
2階下見板高さ (東面)	17	90.627	-162.586	20.941	20.998	-0.057
	18	92.482	-155.626	20.952	20.998	-0.046
1階下見板高さ (南面)	19	84.254	-160.339	17.659	17.582	0.077
	20	88.287	-161.723	17.669	17.582	0.087
1階下見板高さ (東面)	21	90.867	-161.712	17.66	17.582	0.078
	22	91.725	-158.47	17.672	17.582	0.09
	No.	X	Y	Z	現況地形高さ (標高(m))	Z-現況地形高さ
南石垣東側高さ	23	81.073	-178.362	12.101	12.101	0
南石垣東側高さ	24	82.592	-172.841	11.984	11.965	0.019
南石垣東側高さ	25	84.72	-165.11	11.872	11.878	-0.006
小天守石垣高さ	26	111.619	-171.668	11.864	11.836	0.028
小天守石垣高さ	27	117.241	-173.531	11.832	11.806	0.026
小天守石垣高さ	28	121.416	-174.915	11.84	11.841	-0.001
小天守石垣高さ	29	121.482	-174.978	11.834	11.841	-0.007
小天守石垣高さ	30	122.799	-171.083	11.762	11.719	0.043
小天守石垣高さ	31	124.375	-166.424	11.953	11.867	0.086

: 差分値 0.1m以上
 : 差分値-0.1m以下

表-資 15 解析値と保存図の長さの比較

	No.	解析長さ	図面長さ	差分
5階梁長さ (南面)	3~4	7.132	7.139	-0.007
5階梁長さ (東面)	5~6	7.143	7.155	-0.012
4階下見板長さ (東面)	9~10	11.305	11.340	-0.035
3階下見板長さ (東面)	13~14	15.219	15.255	-0.036

(I) 破風の位置の推定

破風の位置 (点 32・33) について天守の水平方向の中心から横方向のバランスを確認した結果、三重目の千鳥破風は、壁面のほぼ中心に位置しているが、二重目の入母屋破風は、壁面の中心から約 30 cm 程度南にずれていることがわかった。なお、誤差はあるものの、保存図においても同様の傾向を確認した。

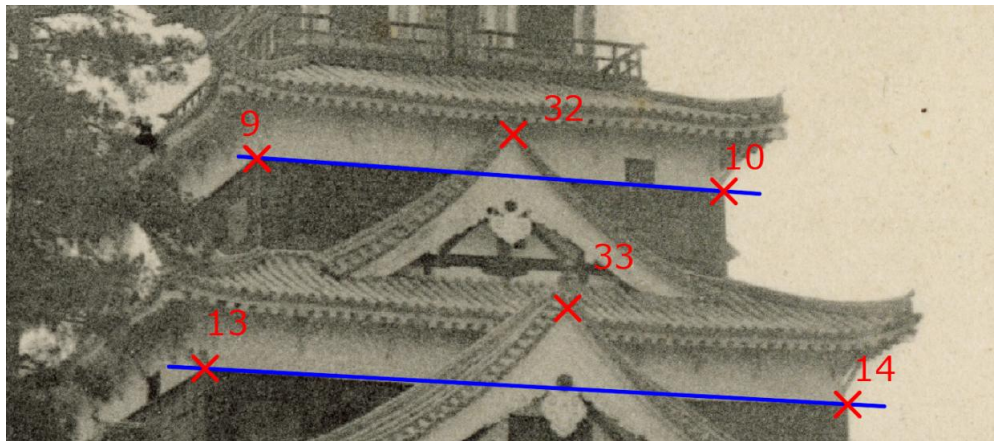


図-資 115 「広島名勝鯉城 (天守閣)」 (部分) 益田崇教氏所蔵

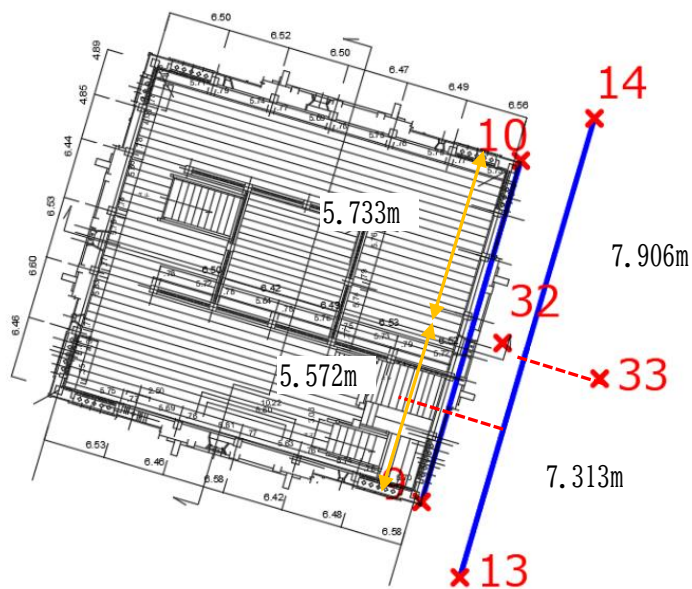


図-資 116 解析点の平面座標と4階平面 (保存図) 重ね合わせ

表-資 16 天守東面解析値一覧

※単位はm

	No.	X	Y	Z
4階下見板高さ (東面)	9	85.826	-156.771	31.493
	10	88.984	-145.916	31.512
3階下見板高さ (東面)	13	87.043	-159.175	26.298
	14	91.326	-144.571	26.248
破風棟位置	32	88.403	-151.718	32.027
破風棟位置	33	91.492	-152.853	27.564

破風の位置 下見板上での距離	壁の長さ		中心とのズレ
	中心から南側	中心から北側	
4階：9、10、32	5.572	5.733	0.08
3階：13、33、14	7.313	7.906	0.296

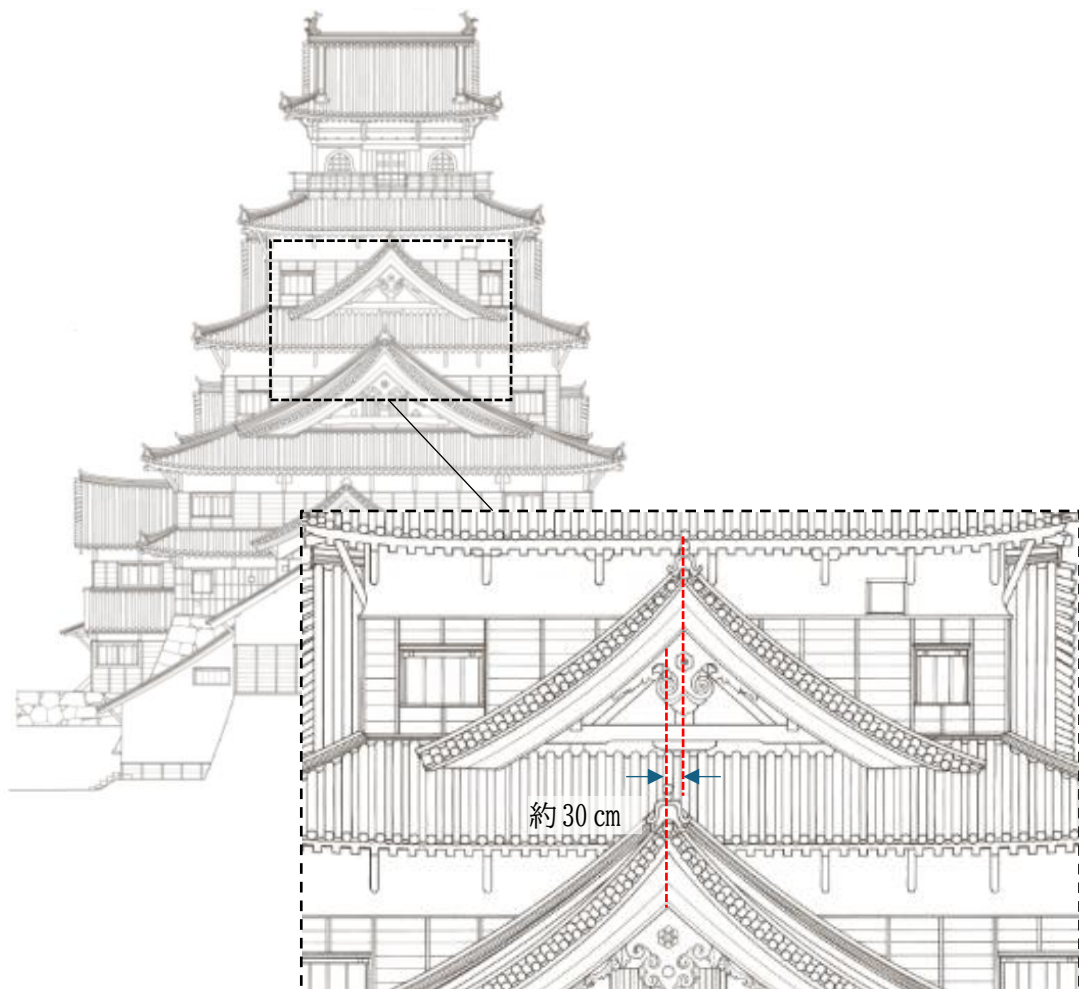


図-資 117 天守東立面図 姫路市立城郭研究所蔵を色加工

(3) 東御廊下の検討

ア 遺構の状況

東御廊下に関連した遺構として、石垣と玄関（廊下への上り口）がある。

石垣は東小天守と一体となっており、東小天守部分を除いた東西方向の城内側桁行延長は約21.3m（11間弱）、梁間長さは約10.1m（5間余り）である。現在まで東小天守については発掘調査が行われていないため、石垣天端面の正確な礎石（布基礎）配置は不明であるものの、地中レーダ探査では東小天守周辺で一定間隔の反応を確認しており、礎石または採取痕らしきものが現存していると考えられる。また、過去の発掘調査報告『史跡広島城跡本丸遺構保存状況調査報告』では、以下の場所で礎石と考えられる石列や礎石の基礎に用いられる根固め石が出土している。

- ・裏御門跡北袖石垣上面遺構
- ・北多間櫓上面遺構
- ・北東隅二重櫓上面遺構
- ・南西隅二重櫓上面遺構

これらの遺構の確認状況から、地中レーダ探査の結果もこれに準じた礎石や地業痕跡を示していると考えられる。なお、石垣は東端に上り口が整備されている以外幕末から特に改変されていない。

玄関の上り口は、上記の発掘調査報告書にも記載されているとおり、平成8（1996）年から14（2002）年の発掘調査によって遺構の一部が確認されている。同調査では、石垣の南約4.34mの玄関南端に相当する位置に南面に化粧面を向けた礎石（布基礎）と、背面の栗石（報告書では裏込とする）と土間の築造痕跡の可能性のある赤褐色粘質土が確認されている。

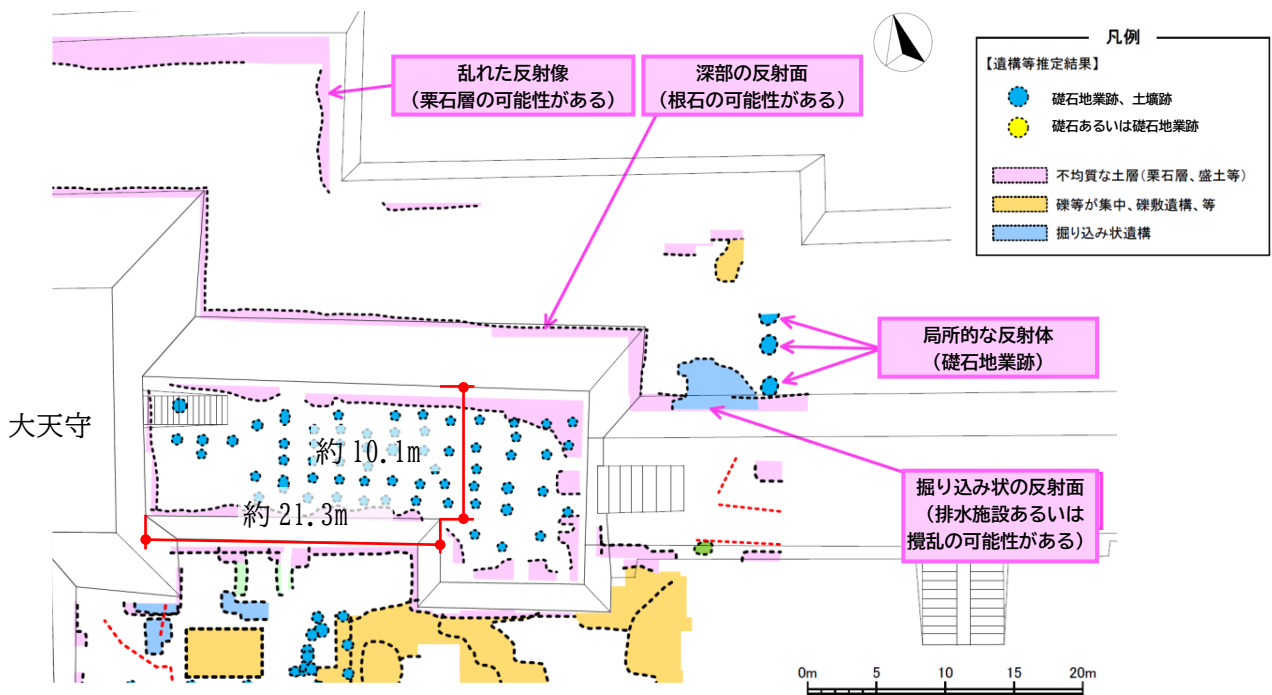


図-資 118 レーダ探査結果

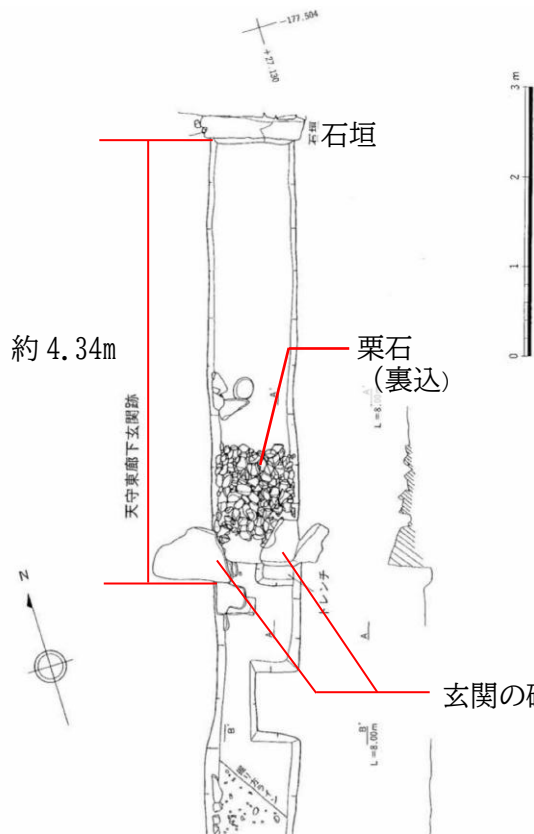


図-資 119 天守東御廊下玄関跡 実測図
『史跡広島城跡本丸遺構保存状況調査報告』

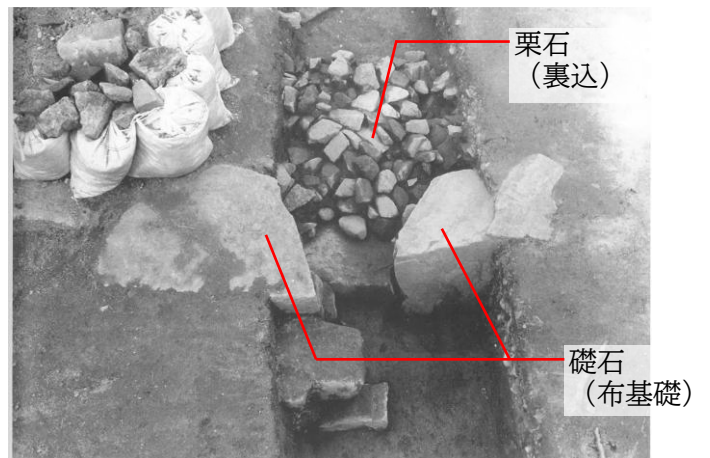


図-資 120 天守東御廊下玄関跡 建物基礎
『史跡広島城跡本丸遺構保存状況調査報告』

天守台東面石垣については、東御廊下との隣接部にあたる石垣側面には仕上げ面のノミ跡が残されており、ノミ跡を追っていくと東小天守台の北側石垣のへり外側だけにノミ跡が付けられている。東小天守の建物の内側に隠れる石垣にはノミ跡はないことから、ノミ跡の有無で建物内外の境界付近がわかると考えられる。

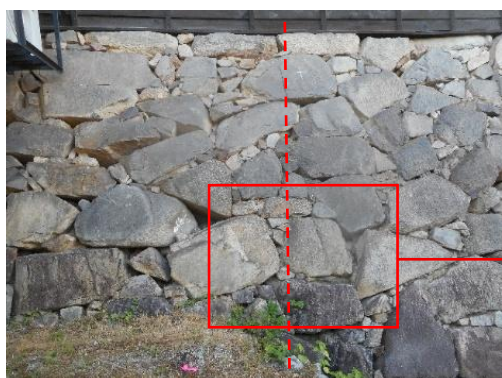


図-資 121 大天守石垣東面



ノミ跡の境界詳細

イ 保存図

東御廊下に関する保存図は、1階及び2階の平面図、断面図（2面）、立面図（南及び東）がある。

(ア) 保存図の表現

- ・ 梁間の中央2間半は南北に敷居を設けて桁行を3通りに区分し、側柱通りは入側のような廊下状の室に区分されている。
- ・ 廊下西端から約2間の位置の梁間方向に大壁を設け、壁面には狭間が設けられている。
- ・ 平面図に描かれている、1階城外側の東より第2間目と城内側の西より第2間目の半間の格子窓と、2階城外側の東より第1間目の格子窓は、断面図の描写から高窓と考えた。
- ・ 東端の妻壁は東小天守撤去時に整備したもので、妻壁の中央柱は小径で、小屋貫が一通り追加されており、窓は梁間中央となるように配置され、窓高さは下見板高さに一致させている。
- ・ 東西断面図には東より第3間目の梁間方向に平面図では確認できない垂壁と間仕切りが描かれている。
- ・ 南北断面図より、城内側は下見板張、場外側は天守1階と同様に豎羽目板張（豎板張り）であることがわかる。
- ・ 天守石垣側面（東面）の室内壁は横板で、断面図から下見板張と考えられる。
- ・ 大天守では1階床下にも大径材を用いた床梁があり、各柱は床梁から立ち上げていたが、東御廊下に床梁はなく、大引と根太で床組が構成されている。また、内部柱は大天守と異なり礎石建ちで描かれている。

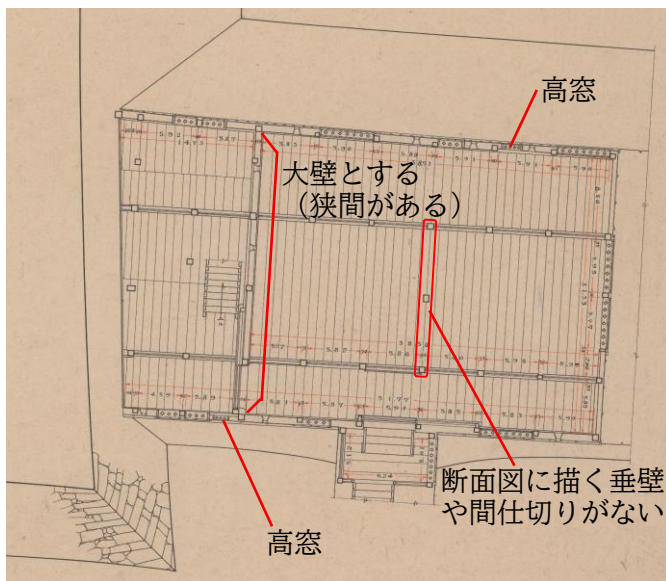


図-資 122 東御廊下1階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵

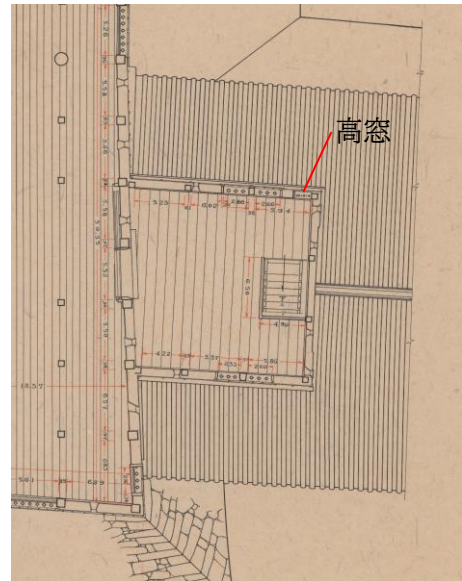


図-資 123 東御廊下2階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵

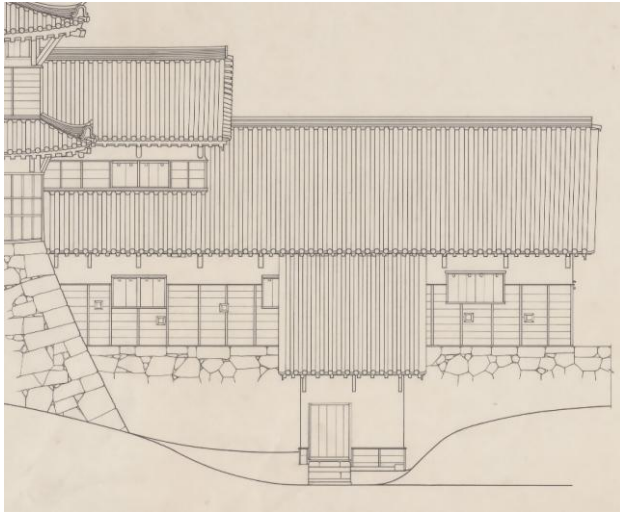
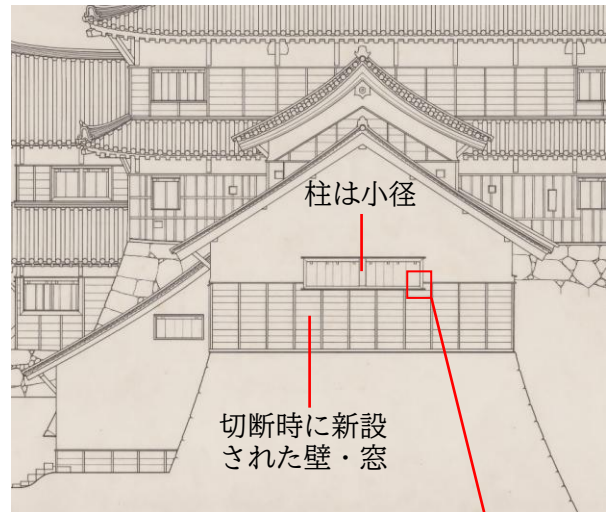


図-資 124 天守南立面図（東御廊下部分）
奈良文化財研究所所蔵



柱は小径
切断時に新設
された壁・窓

枿は留の仕口とする



図-資 125 天守東立面図（東御廊下部分）
奈良文化財研究所所蔵

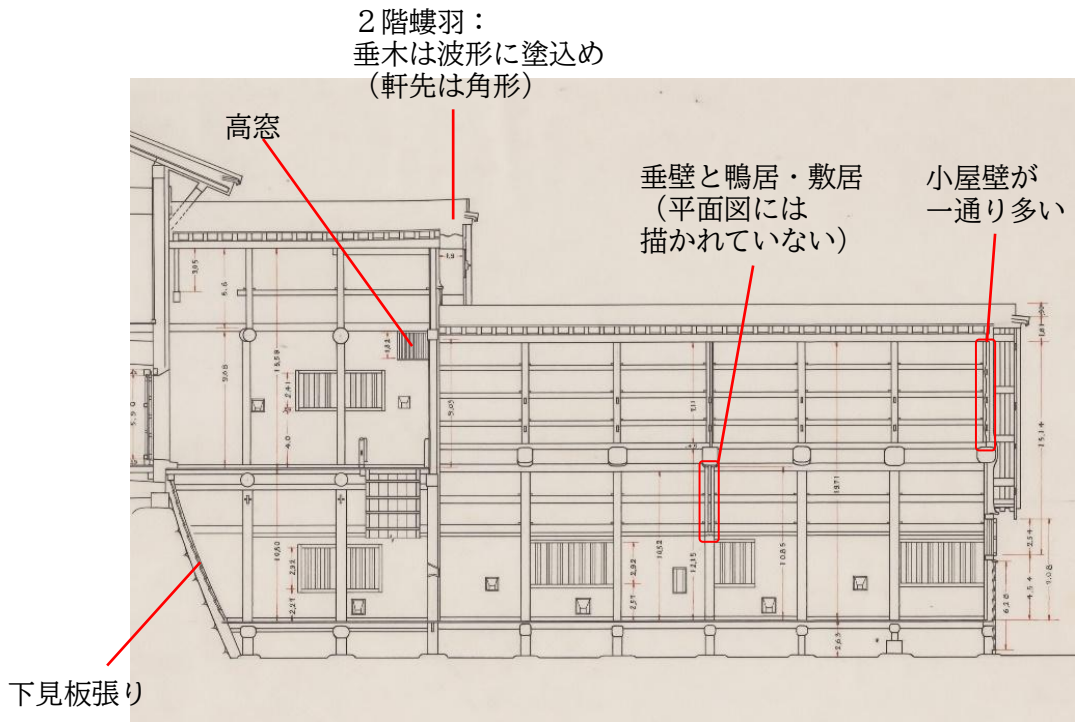


図-資 126 天守 東西断面図（東御廊下部分）
奈良文化財研究所所蔵

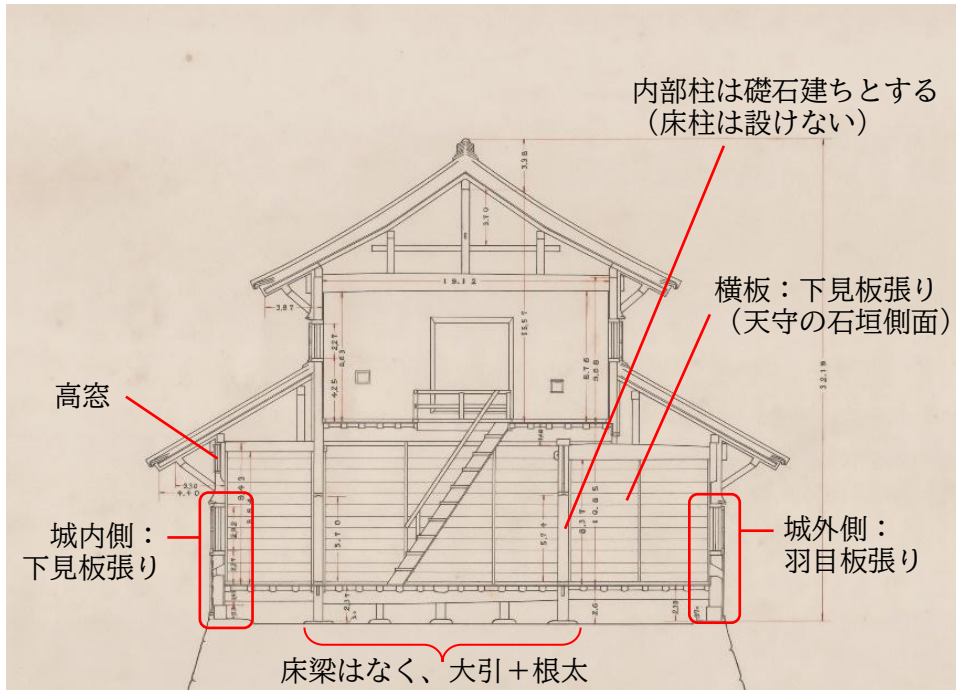


図-資 127 東御廊下 南北断面図 (部分)
奈良文化財研究所所蔵

(イ) 高窓

古写真では東廊下玄関の片流れ屋根水上にある方杖付近に陰影があり高窓のように見えるが、方杖の鉛直線上には必ず柱があるため、仮に高窓があれば方杖付根の柱で強いコントラストが生じることとなる。しかし、古写真からその状況は確認できないため、この陰影部分に高窓がある可能性は低い。

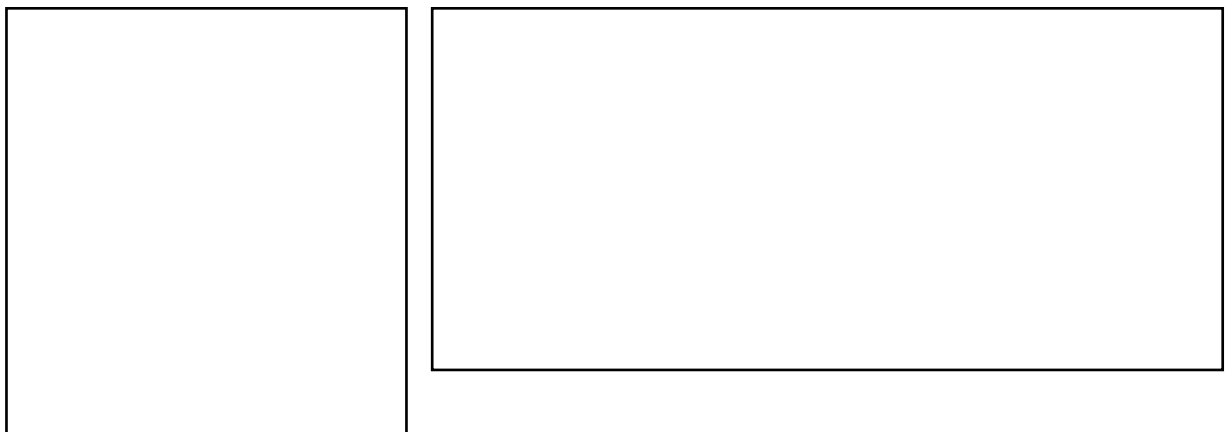


図-資 128 天守東南面 (部分) 鈴木喜正氏所蔵

(ウ) 破風の桁隠し等

東廊下の保存図断面図と大天守東立面図に含まれる廊下東妻立面図を比較すると、母屋の桁鼻の木口は全て破風幅内に隠れる。古写真ではその様子が確認できるが、破風下に板を下げた簡素な形状の板隠しとなっている。これは、近代に廊下が切断された際に整えられた破風板と同時期に整備された造作であると考えられる。

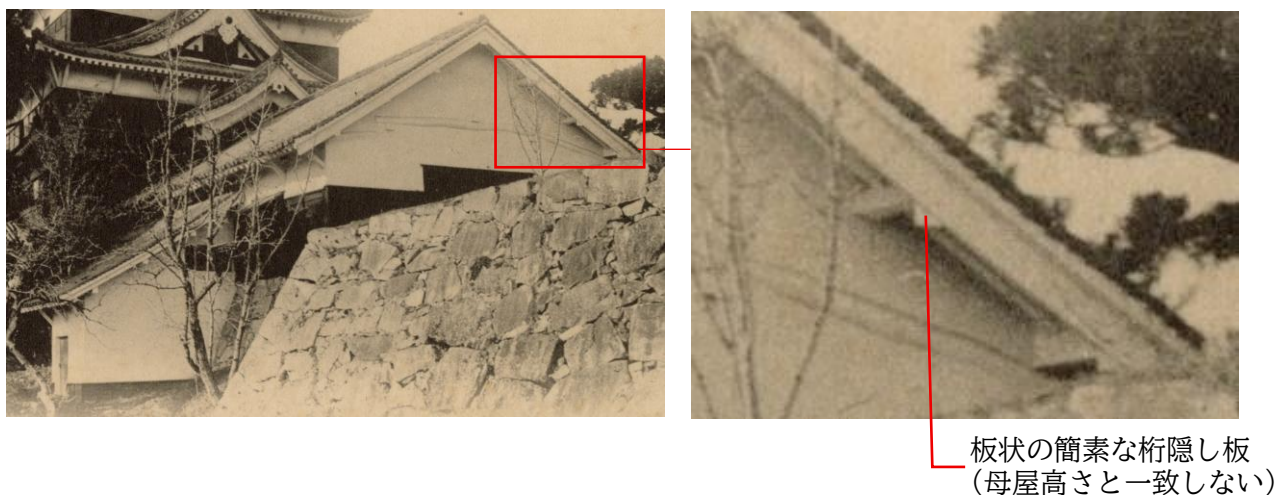


図-資 129 「廣島名所図絵 廣島城」(東面、部分) 益田崇教氏所蔵

(I) 玄関の壁及び床

倒壊後の古写真には東廊下玄関内部石垣面に板張りの形跡がなく、東廊下玄関の仕様が 大天守入口と同様であったことも確認できないことから、石垣面の板張りはないものとした。

また、土間については、床高が低く転ばし根太を用いる浜床であっても、土間床面を叩き仕上げとする場合があるため、真砂土による築造層の存在で床の有無を判断することは難しい。遺構調査(『史跡広島城跡本丸遺構保存状況調査報告』平成16(2004)年)では、玄関入口付近石列背面の栗石敷は幅1m程度の範囲にとどまることから、床形式が一様でなかった可能性がある。また、土間床に木製階段を設置しているものと仮定した場合、簷桁を受ける礎石か布石が検出されることが考えられるが、調査範囲が狭く、簷桁設置に伴う遺構に関する報告は確認できていない。さらに、石垣側面の寄掛柱の柱間装置には板張りがなかった可能性が高いことから、床も土間であったと仮定した。



図-資 130 倒壊後の写真(部分) 林重男氏撮影
広島平和記念資料館提供



図-資 131 倒壊後の写真林重男氏撮影
広島平和記念資料館提供

(オ) 小屋組

東廊下の小屋組は、東面の古写真で確認できる梁塗籠の形状や倒壊時の古写真が示す状況からわかる。小屋組は上屋となる入側上部に梁を架け、入側柱から側柱方向に突出した梁小口に母屋束を輪薙ぎ込んで収め、入側は繋ぎ梁を架けている。

通常の書院造であれば梁間方向の小屋裏全体に梁を架ける場合が通例であり、この場合は、小屋組を構成する小屋束は居室平面の区分を無視して屋根の梁間全体で割付を行う場合と、居室の柱位置を考慮しながら配置するものがある。一方で、平面の上屋・下屋区分を直接的に継承して上屋と下屋で分けて小屋梁を架ける場合にも小屋束の割付は居室の区分に関係なく配置する事例と、柱位置を考慮しながら配置する事例がある。

東廊下では、居室平面に近い区分で小屋梁を設けるが、小屋束は屋根全巾を等分して割付けており、築城より約 100 年前に築造された大仙院本堂(永正 10(1513) 年、京都)の母屋割が類似する(図-資 135 参照)。

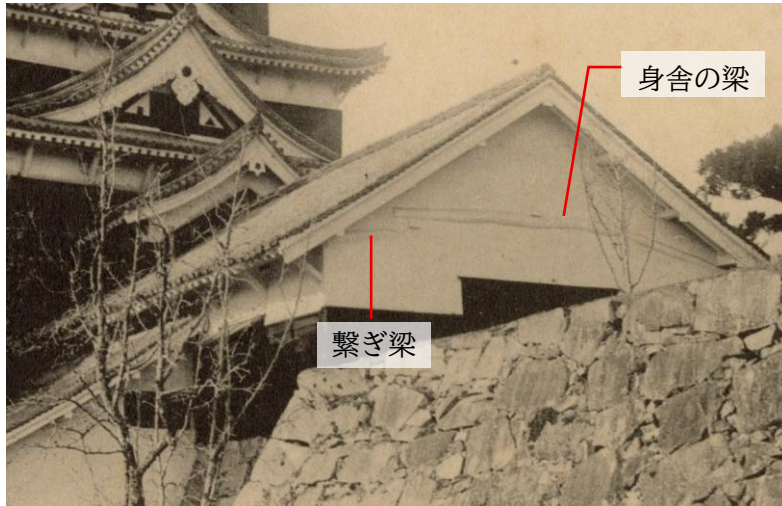


図-資 132 「廣島名所図絵 廣島城」(東面、部分)
益田崇教氏所蔵



図-資 133 倒壊後の写真(部分) 林重男氏撮影
広島平和記念資料館提供

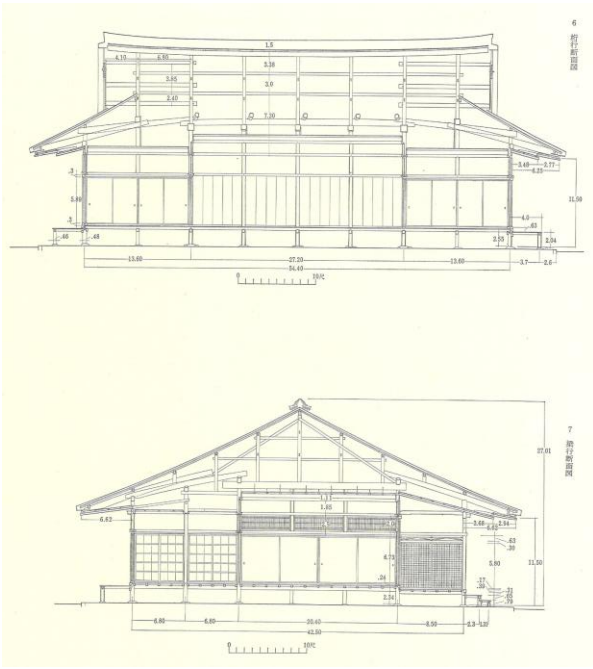


図-資 134 龍吟庵方丈 桁行、梁間断面図
 (嘉慶元(1387)年、京都)
 『日本建築史基礎資料集成』

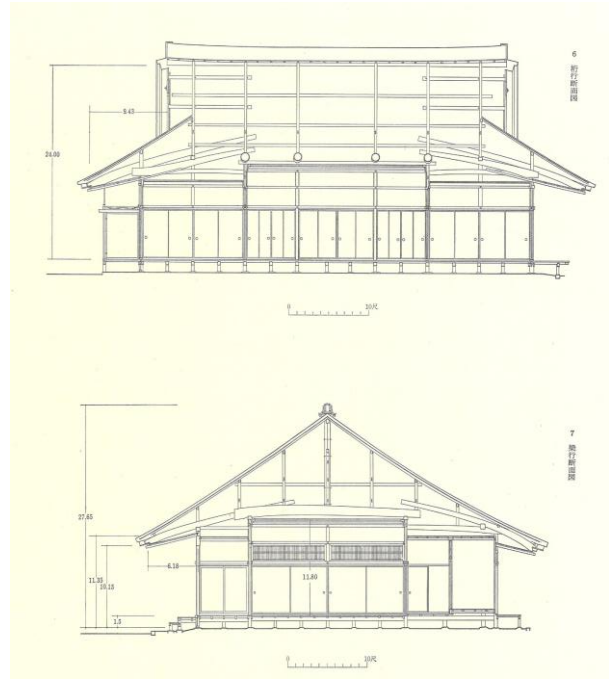


図-資 135 大仙院本堂 桁行、梁間断面図
 (永正 10(1513)年、京都)
 『日本建築史基礎資料集成』

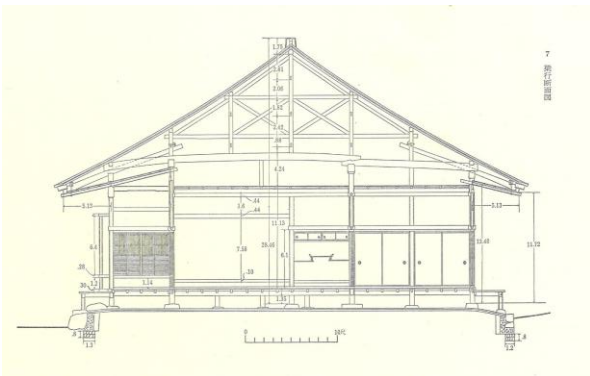


図-資 136 光浄院客殿 梁間断面図
 (慶長 5(1600)年、滋賀)
 『日本建築史基礎資料集成』

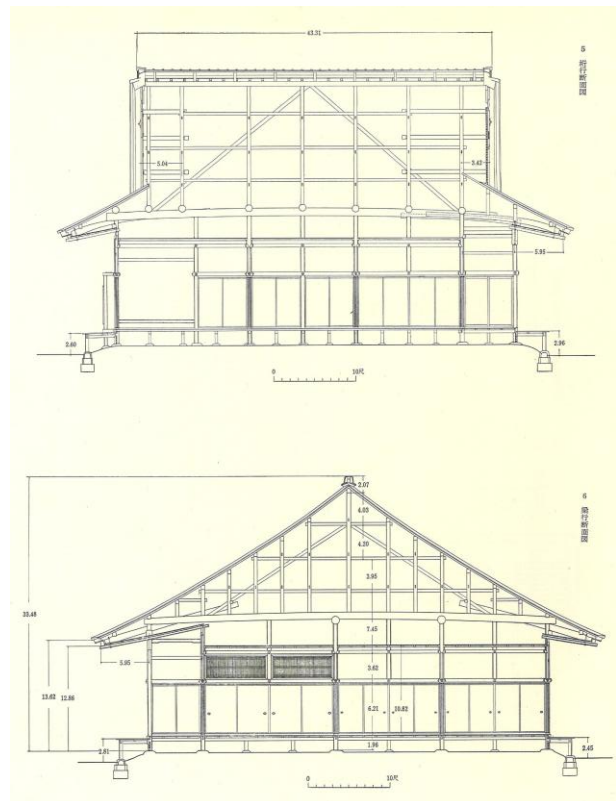


図-資 137 勸学院客殿 桁行、梁間断面図
 (慶長 6(1601)年、滋賀)
 『日本建築史基礎資料集成』

(4) 南御廊下の検討

ア 遺構の状況

現天守への入口として利用されており、安全確保のために整備された東屋によって、現在は、南御廊下の遺構の確認は困難である。南御廊下部分の石垣天端の大きさは、南北約18.3m（9間余り）、東西約12.3m（6間余り）となっている。地中レーダ探査では、一部に一定間隔の反応を確認している。

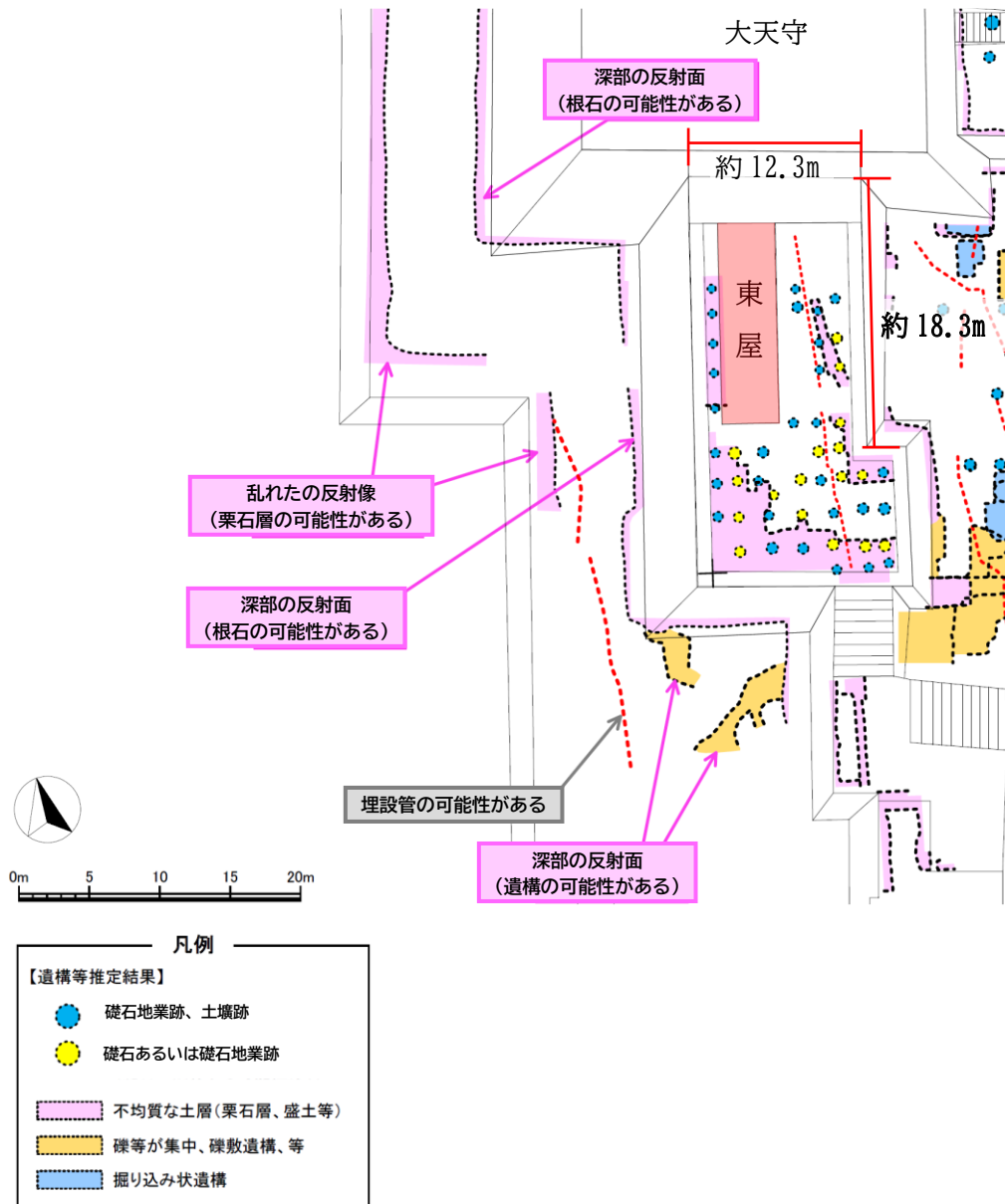


図-資 138 レーダ探査結果

イ 保存図

南御廊下に関する保存図には、1階及び2階の平面図、断面図（2面）、立面図（南及び東）がある。

(ア) 保存図の表現

- ・平面図において、南御廊下では長さ1間程度の短い床板が描かれている。床板の長手方向の継ぎ目を描くのは、当保存図では天守5階床板と東廊下の西端、南御廊下のみである。
- ・1階床から2階床までの階高は東御廊下とほぼ同じ高さであるが、階段は南御廊下の方が緩勾配で、階段の吹抜けを大きく設けている。
- ・東西断面図より、桁行の外壁は城内側、城外側とも下見板張である。2階南妻面は、東御廊下では屋根勾配に併せた下見板とするが、南御廊下では全面を塗籠とする。また、下見板を柱側面に直接張っており、不自然な形状となっていることから、保存図の2階南壁面は廊下を撤去した際に整えた状態である可能性が高い。
- ・突き上げ戸の窓枠が45度で突き付ける留は、東御廊下の東妻切断面に設けた窓と同じ納まりである。また、軒の方杖の付け根は水切り状の部材が受けており、天守等と納まりが異なる。これらのことから、廊下南半撤去時に外壁壁厚を調整し、窓は突き上げ戸を残したまま周囲の納まりを整えた結果であると考えられる。
- ・1階の南妻外壁は厚い大壁に下見板を張っている。東御廊下の階段東通りの壁は室内壁ながら厚い大壁としていることから、南御廊下も当初の内壁・大壁であったものを、南側撤去時にそのまま外壁として転用している可能性がある。

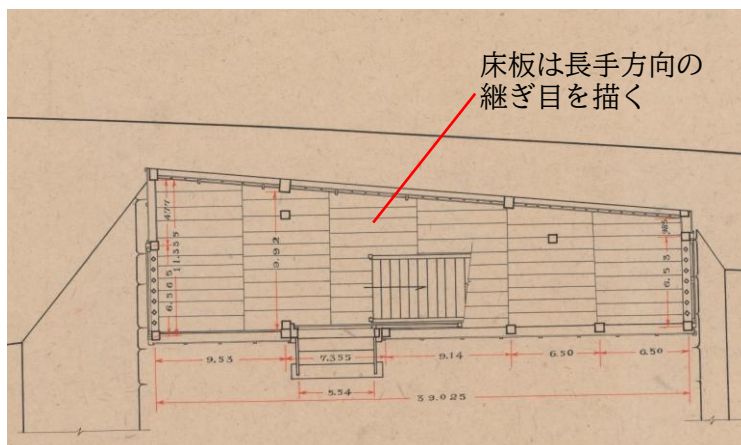


図-資 139 南御廊下 1階平面図（部分）
姫路市立城郭研究室所蔵

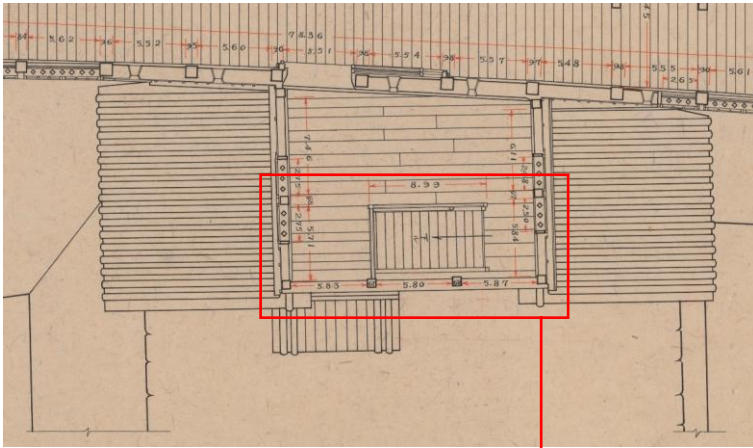
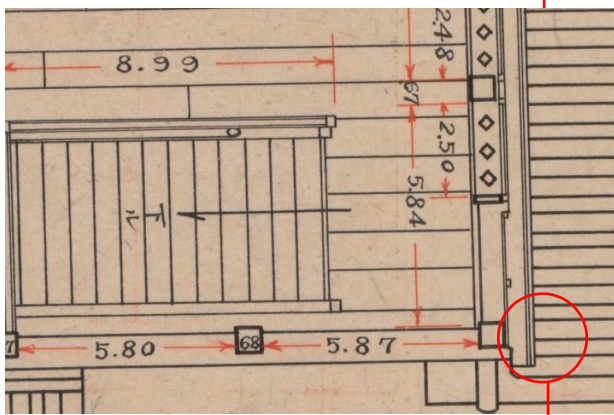
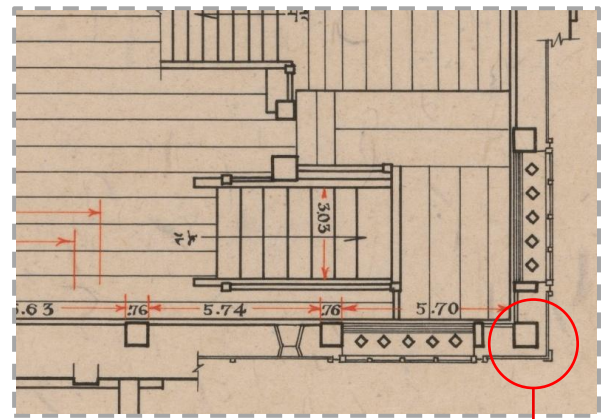


図-資 140 南御廊下 2階平面図 (部分)
姫路市立城郭研究室所蔵



下見板を柱側面に直接張る



下見板を土壁の外面に張る

図-資 141 天守 4階平面図 (南東部分)
姫路市立城郭研究室所蔵

東御廊下では下見板張りとするが、南御廊下はない

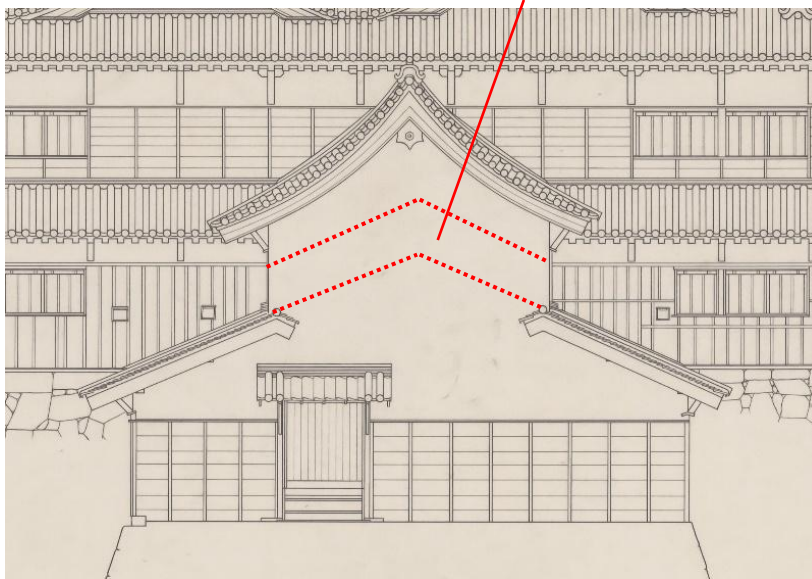
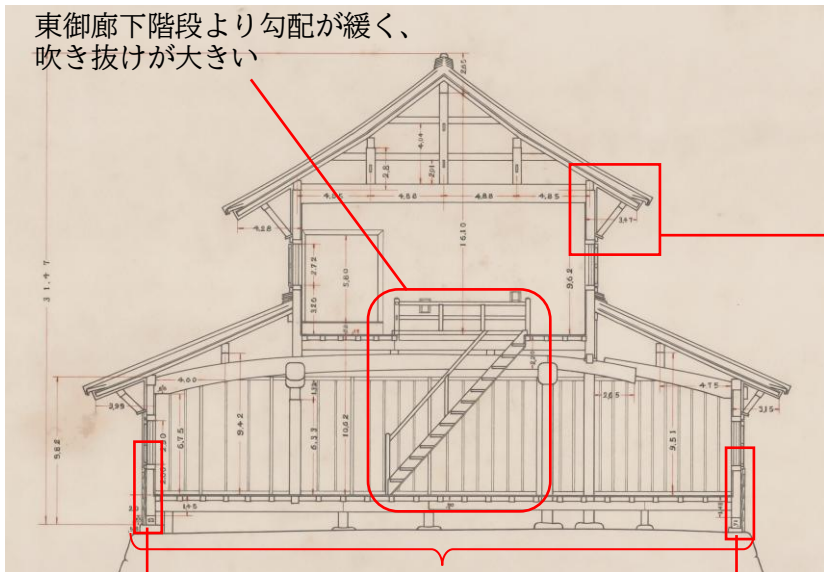


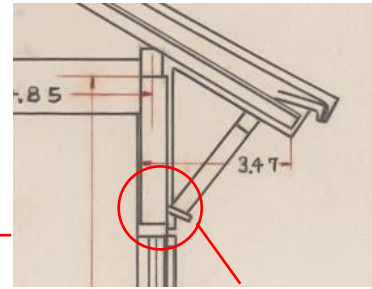
図-資 142 天守 南立面図 (南御廊下部分)
奈良文化財研究所所蔵



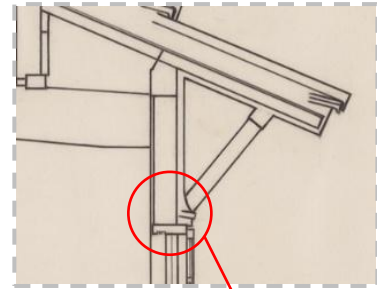
東御廊下階段より勾配が緩く、
吹き抜けが大きい

床組：大引・根太で構成し、床梁
を設けず、柱は礎石建ちとする

図-資 143 南御廊下 東西断面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

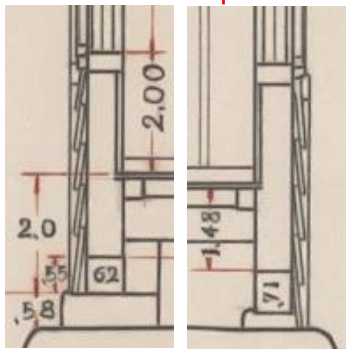


方杖端部の納まりが天守と異なる
(端部を水切り状の部材で受けている)

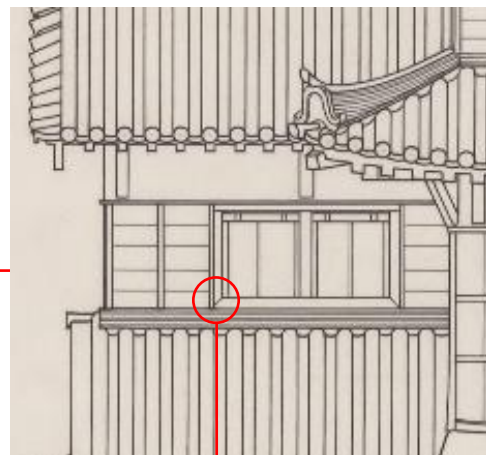
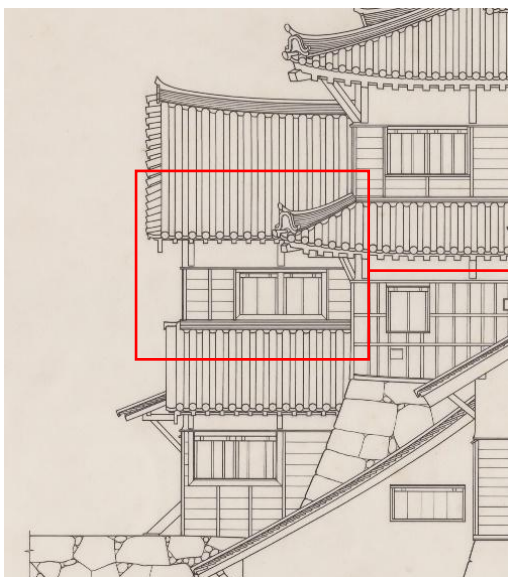


方杖端部の納まり

図-資 144 天守 南北断面図
(4階北面部分)
奈良文化財研究所所蔵



下見板張り



突上戸の枿を留とする
(大天守と異なり、東御廊下東妻と同意)

図-資 145 天守 東立面図（南御廊下部分）
奈良文化財研究所所蔵

室内見え掛かりの垂木を描く
(東御廊下では割愛している)

蟻羽：角形塗込として描く

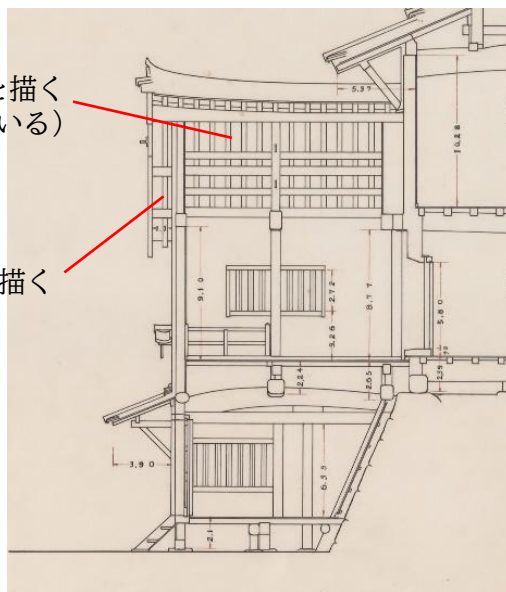


図-資 146 天守 南北断面図 (南御廊下部分)
奈良文化財研究所所蔵

(1) 屋根

CAD化した保存図から、梁間断面図各部の寸法の傾向として以下の4点が挙げられる。

- ・ 1階梁間中心と2階梁間中心は一致するので、2階の棟真は1階梁間中心と一致する。
- ・ 2階について、東西の軒出は異なり、軒先の高さは東が約200mm高い。桁高は東西とも同寸法を意図して描かれている。
- ・ 1階屋根について、西面の垂木勾配は4寸7厘、東面の垂木勾配は4寸4分6厘で、双方とも若干の撓みがある。瓦天端は直線勾配で、西面屋根勾配は4寸1分3厘、東面屋根勾配は4寸4分4厘であり、勾配差は3分1厘(=1.776°)となっている。桁高は東西で有意に異なり、西が東よりも66mm程度高い。
- ・ 1階の瓦面の屋根勾配を中心まで延長させると、交点は中心より西へ172mm(1/60の作図上の実寸で2.8mm)ずれた位置で交差する。なお、東廊下梁間断面図で同様の手法で1階東西屋根面の交点を求めると、交点は中心より南へ71mm(同:1.2mm)ずれる。

以上のように、南廊下では特に2階屋根で東西の寸法差が顕著な状態である。保存図作成時点では南廊下は2階部分の南壁面直下で切断されており、本来あった1階の屋根の棟木が失われている状態である。保存図作成に当たり、復元的考察を踏まえた作図まで行われているとは考えにくく、1階東西の屋根面が本来は同じ棟木に収まっていたことが厳密に考慮されていない可能性が高い。また、垂木には若干の撓みがあり、東西の桁高や軒出は微妙に寸法が異なること、加えて経年劣化による軸部の不陸傾斜を生じた状態での実測

であったこと、そもそも2階を挟んだ1階東西の屋根に対してそこまで高い精度で屋根勾配が施工されていない可能性などを考慮すると、東西の屋根勾配には実測上・作図上・施工上の僅かな誤差が含まれている影響を考慮すべきと考えられる。

以上を踏まえると、垂木が交差する棟木が現存していた状態で上記誤差が発生していれば看過できないが、保存図を復元的な視点から検討すると南廊下の1階屋根面の延長線は概ね梁間中央で交差することから、撤去された平屋部分の棟においても梁間中央に位置していたと想定して差し支えないと考える。

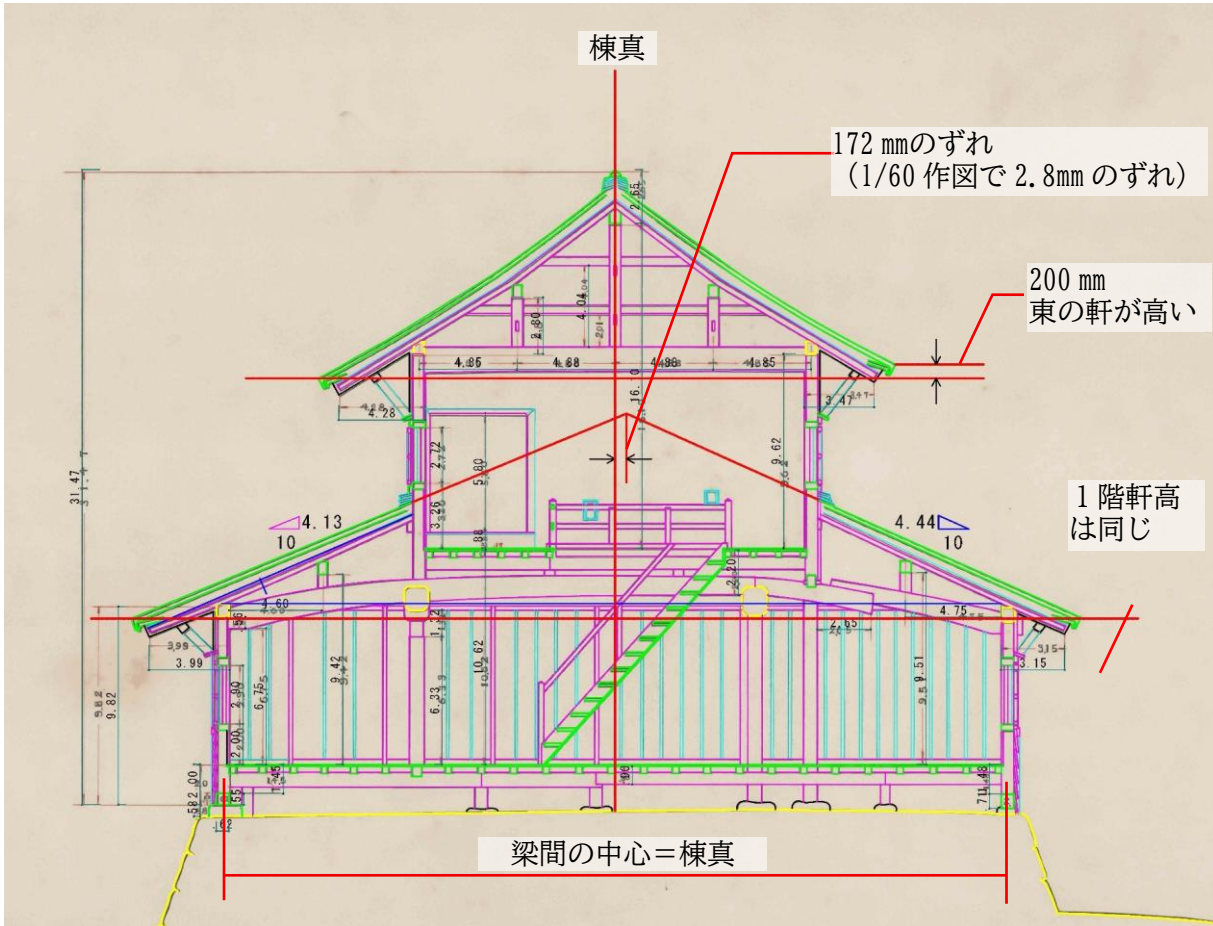


図-資 147 検証図
(保存図(南廊下断面図、奈良文化財研究所所蔵)と復元断面図の重ね合わせ)

(5) 東小天守の検討

ア 遺構と平面形式の検討

東小天守付近のレーダ探査結果からは、南北に延びる3列の柱通りがあり、これらの幅は2間半で、東廊下の身舎と類似した平面形式であった可能性がある。また、東廊下の東小天守の折れ曲がり付近までは一律で比較的規則的な礎石配置であるが、折れ曲がり付近から礎石の配置が不規則になり、その連続性が希薄になっている状況が確認できる。これら礎石と思われる痕跡について、柱に対応するものと床組の東石に対応したものに区別した上で平面形式を検討する必要があるが、現時点では判断できる根拠がないため発掘調査によって検討を継続する必要がある。

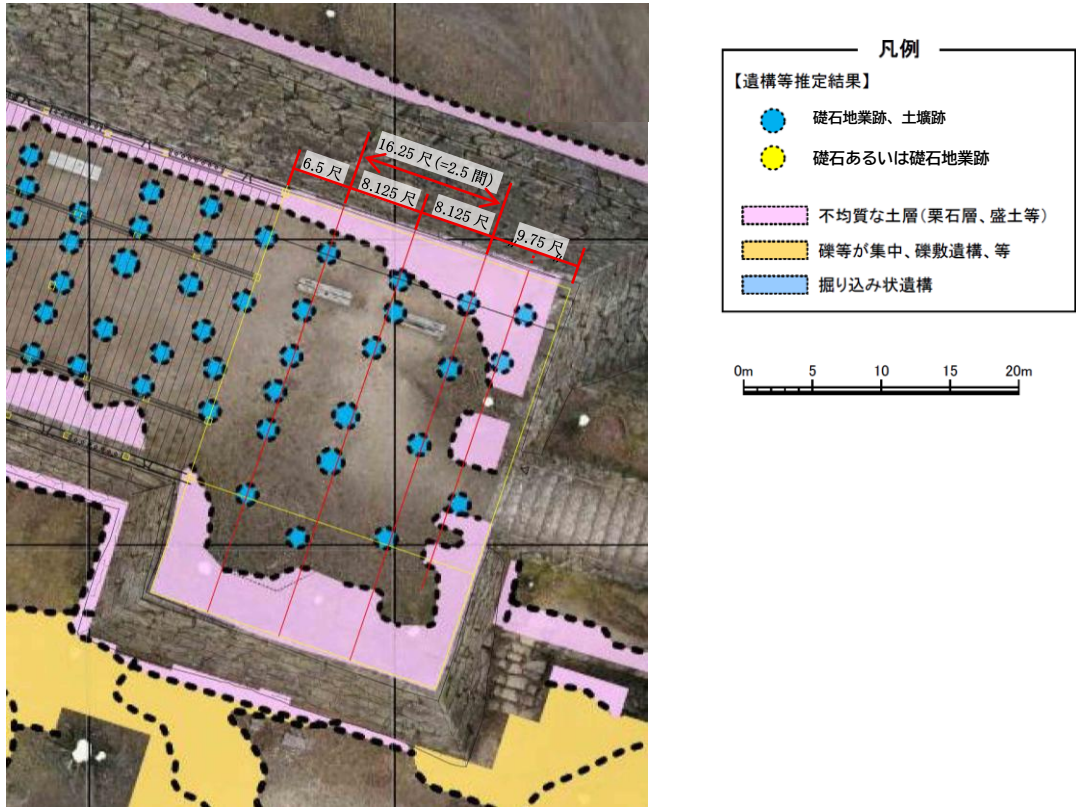


図-資 148 レーダ探査結果

イ 指図及び絵図

(ア) 平面

「御城指図」（『史跡広島城跡資料集成 第1巻』所収）では、東小天守は大天守から東に接続した石垣の東端の東西5間、南北7間の一面に位置し、指図では東廊下と区画して範囲が示されている。また、南廊下と南小天守の東西幅が同寸法であったこと、折れ曲がり箇所でない部分が南小天守と廊下の区画であったことが描かれており、建築構造上の区分や内部利用の区分などに基づいた区画として描かれているものと考えられる。また、東小天守の四隅の柱位置が描かれているが、これは模式的な表記であると考えられる。

東小天守について、古写真の観察や解析の状況から、二重目以上は指図で示された範囲よりも西側に及んでいた可能性がある。指図が示す東小天守の区画は、建築的な構造による区画ではなく、内部利用上の区画として示された可能性が高い。

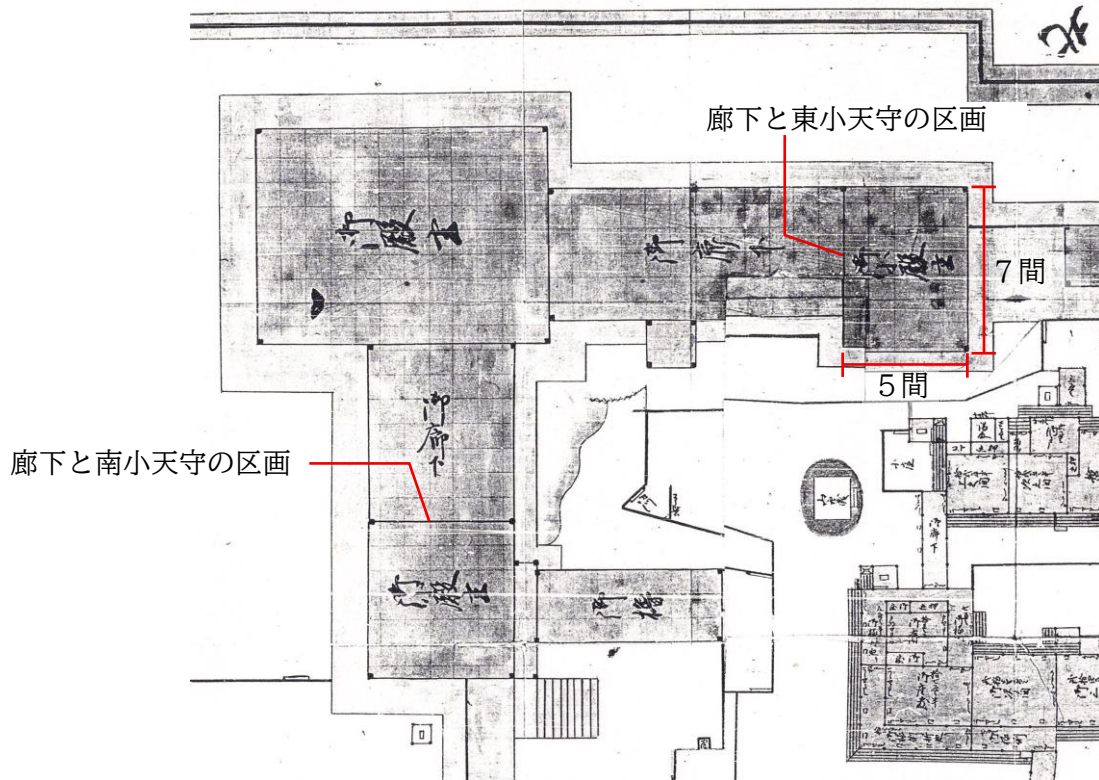


図-資 149 「御城指図」(部分)『史跡広島城跡資料集成 第1巻』より

(イ) 立面

「正保広島城所絵図」(国会図書館所蔵)から、以下の点が読み取れる。

各重の壁について、腰を板張りとする点は実態に沿ったものと考えられる。絵図では一部の特殊階・建物(天守最上階、太鼓櫓2階など)を除き、壁面の開口部(窓)が描かれておらず、絵図から窓の有無はわからない。最上階に廻縁(例:大天守・太鼓櫓)があれば描かれているが、東小天守の最上階には廻縁が描かれておらず、縁の類はなかったものと考えられる。また、絵図では、真壁と大壁が描き分けられており(例:大天守5階、各櫓門、太鼓櫓2階が真壁に該当)、東小天守に真壁はなかったものと考えられる。

大天守の破風配置は概ね実態に沿って描かれているが、本丸北東二重櫓など千鳥破風の有無が適切に描かれていないものもあり、描かれた櫓等を個別に検討する必要がある。東小天守北面では二重目屋根にも破風が描かれており、古写真では東小天守二重目屋根北面に千鳥破風が確認できないことから、絵図描写の誤りであると考えられる。

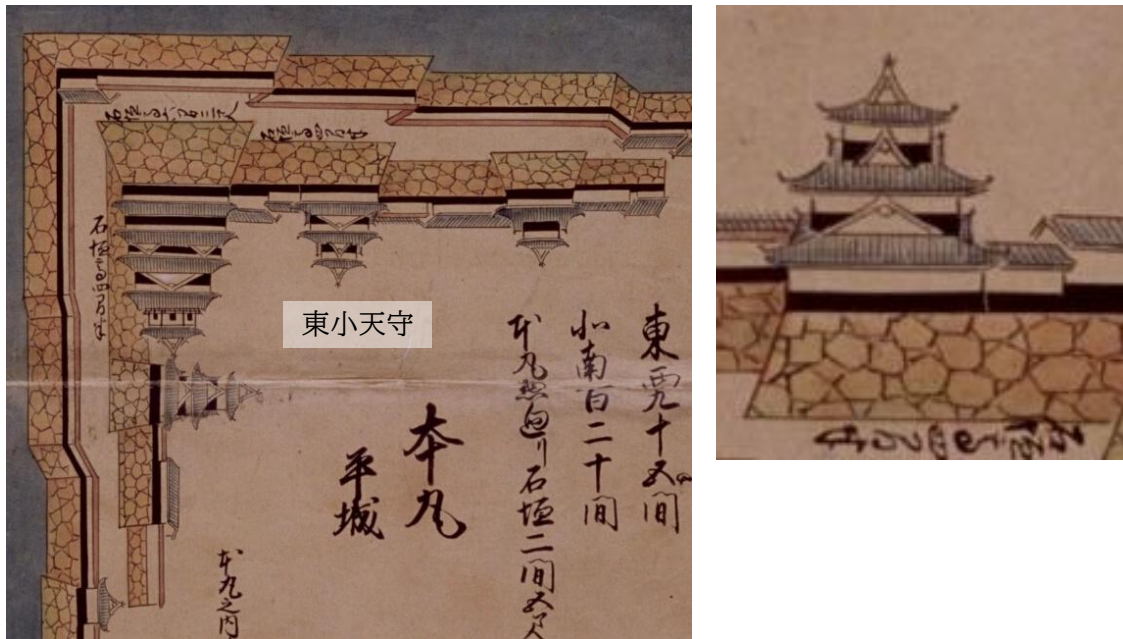


図-資 150 「正保広島城所絵図」(部分) ※上が北
 国立公文書館所蔵、デジタルアーカイブ

ウ 古写真解析を含む東小天守の復元検討

古写真に写る東小天守は全体が樹木の陰に部分的に覆われており、全体の概形を把握することは難しい。そのため、検討に際しては、比較的鮮明に確認できる三重目の大棟について平面上の通り芯を特定し、その後に各階平面規模を想定しながら軒高さの解析を行い、東小天守の立面を検討することとした。

(ア) 大棟の通り芯の検討 (図-資 152 参照)

古写真の観察から二重と三重は東面唐破風の中心に位置すると考えられる。三重大棟の通り芯は古写真からは判断が難しいため、まず東廊下の東端に築造された東小天守石垣(東西5間、南北7間)の東西幅中心(東西5間の中央)に位置する配置について検討を行った。三重大棟で各重遞減する檜等の事例を確認すると、通常は最小のものでも桁行長さは3間以上であることから、この桁行長さを仮の値として検討を行った。古写真解析では評価面(東小天守の桁行方向を軸線とする任意の面)から求めた三重大棟の両端部を平面座標の目安としてプロットし、三重大棟の中間付近が唐破風中心と一致する古写真の状況と比較して検討を行ったが、三重大棟の通り芯が東小天守石垣の東西幅中心に位置する可能性は低いことが判明した。

同様の方法で少しずつ三重大棟の通り芯の位置を変化させ、複数案を古写真解析により検証した結果、東小天守の三重大棟の通り芯が当初の想定より西側に位置すれば整合性が取れることが確認でき、案5の図の位置に三重大棟の通り芯があったと判断した。これは、東小天守古写真の初重北面千鳥破風の棟真に一致する配置となった。

表-資 17 各重遞減する三重櫓等のうち、三重目が小型の現存事例

城郭名	所在地	建造物名称	創建年	三重目 梁間寸法	三重目 桁行寸法	概算長さ・間 (梁間×桁行)	備 考
				(単位は出典図面単位による)			
弘前城	青森県 弘前市	天守	文化 7(1810)年	19.5 尺	26.0 尺	3 間×4 間	
松本城	長野県 松本市	乾小天守	文禄元(1592)年 ※諸説有	15.03 尺	18.06 尺	2.5 間×3 間	
彦根城	滋賀県 彦根市	西の丸三重櫓	慶長(1596~1614)頃	15.5 尺	22.0 尺	2.5 間×約 3 間半	
明石城	兵庫県 明石市	坤櫓	江戸前期(1615~1660)	5.227m	7.016m	3 間×4 間	柱間は梁間と桁行で変則
		巽櫓	江戸前期(1615~1660)	14.5 尺	18.5 尺	2.4 間×3 間	柱間変則の 3 間×3 間
高松城	香川県 高松市	旧東之丸良櫓	延宝 5(1677)年	5.742m	5.742m	3 間×3 間	
		北之丸月見櫓	延宝 4(1676)年	3.24 尺×6 間	3.24 尺×6 間	3 間×3 間	
丸亀城	香川県 丸亀市	天守	寛永 20 年~万治 3 年 (1643~1660)	20.82 尺	13.78 尺	3.3 間×2.2 間	桁行が短い特殊形
宇和島城	愛媛県 宇和島市	天守	寛文 4~5 年 (1664~1665)	7.31m	7.31m	3.7 間×3.7 間	1 間=1970mm=6.5 尺
姫路城	兵庫県 姫路市	乾小天守	慶長 14(1609)年	19.5 尺	19.5 尺	3 間×3 間	1・2 重が構造的に同規模
		東小天守	慶長 14(1609)年頃	16.25 尺	19.5 尺	2.5 間×3 間	//
		西小天守	慶長 14(1609)年	16.25 尺	19.5 尺	2.5 間×3 間	//

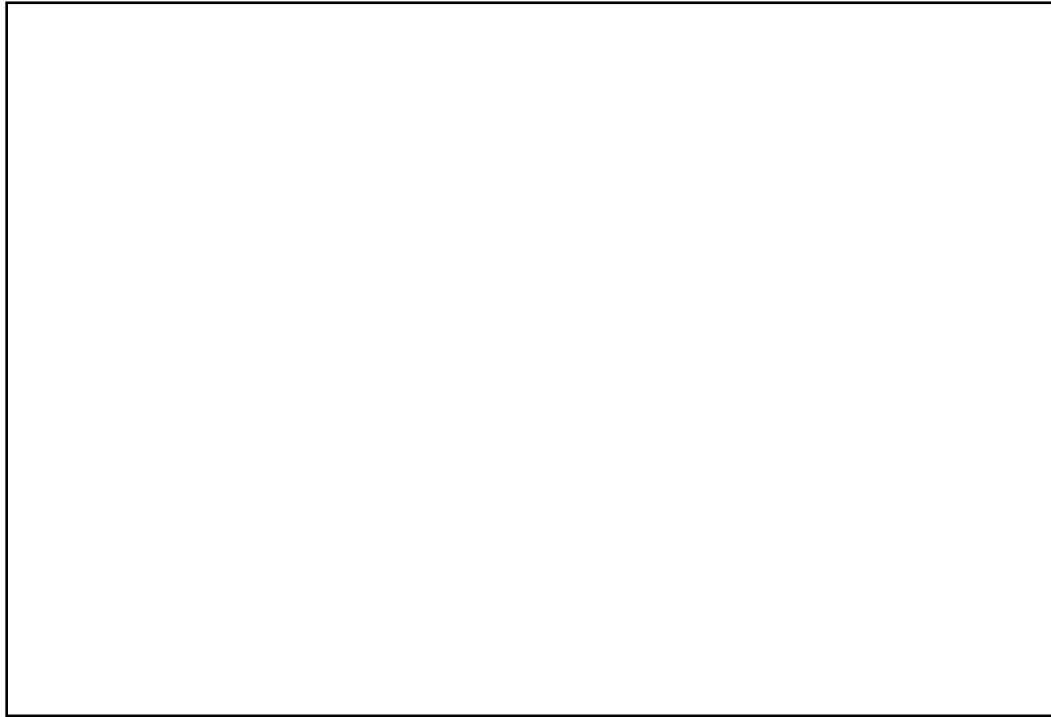
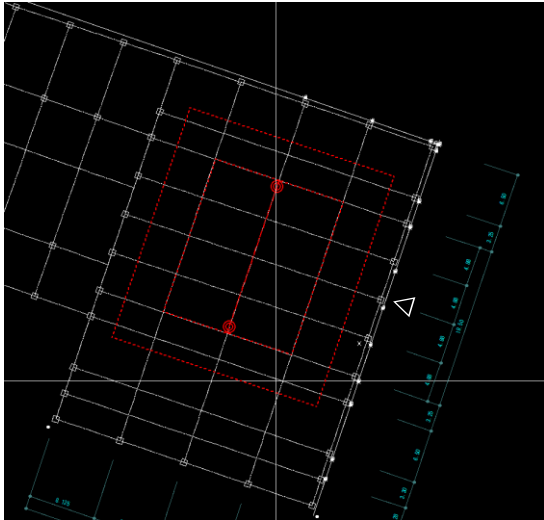
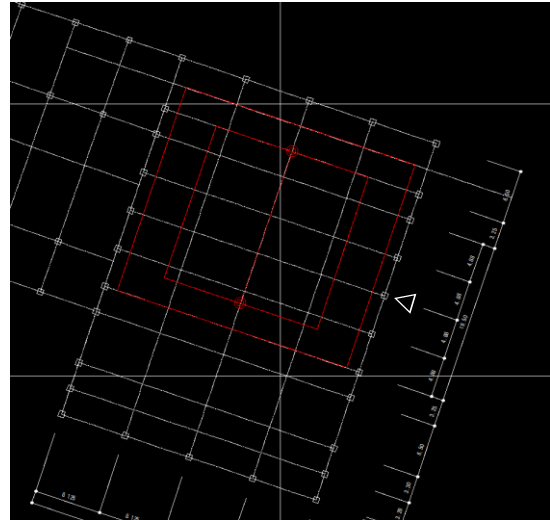


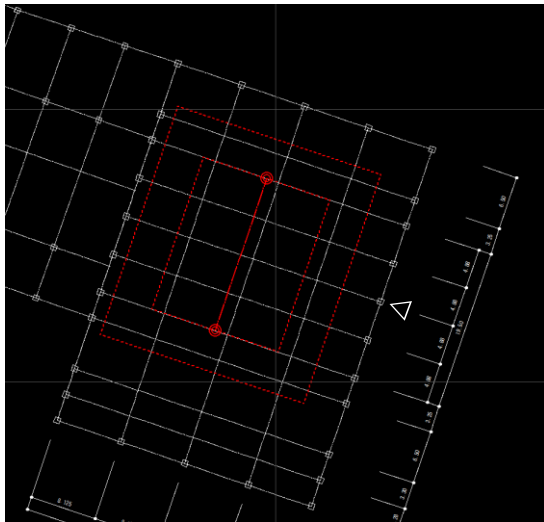
図-資 151 「広島旧城」(部分)
『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より



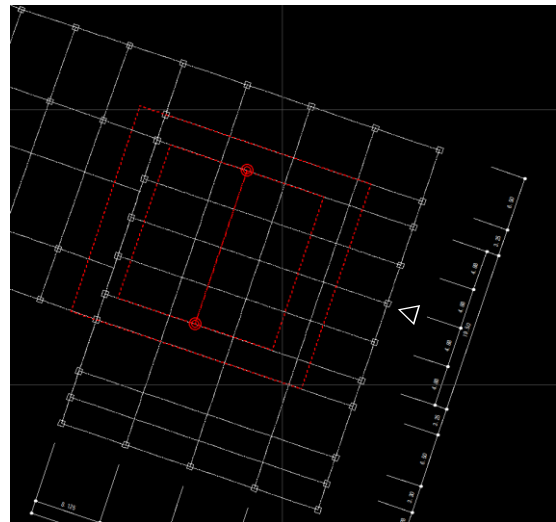
案1：石垣東西幅中心と三重大棟の通り芯が一致



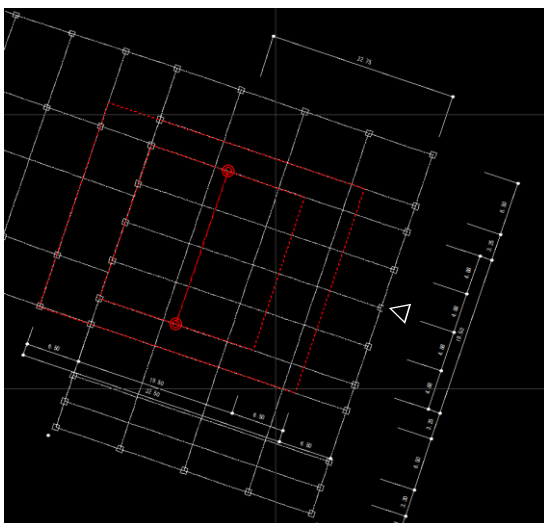
案2：北寄せ、石垣隅部で上層を形成する棟位置



案3：石垣東西幅中心と三重大棟の通り芯が一致せず、指図の範囲に上層を納める



案4：石垣東西幅中心と三重大棟の通り芯が一致せず、さらに西寄りに大棟通り芯を配置



案5：解析と古写真の見え方に整合

凡例

- ◁：東面唐破風の中心
-：2階、3階の仮定平面
- ◎：3階大棟の両端部想定位置

図-資 152 大棟通り芯の検討

(イ) 軒の出の検討

古写真の観察から、東小天守の初重北面屋根は西側に接続する東廊下の屋根と似通った寸法体系であると考えられる。東廊下の保存図断面をモデル化して古写真解析を行った結果、解析値と保存図断面の軒先高さが一致するとともに、古写真に写る東小天守1階の腰板高さは、東廊下保存図断面図の窓上高さとも一致することを確認した。

このことから、東小天守の1階北面軒出は東廊下保存図に記載された寸法である4.4尺（ただし、柱の室内側の面から垂木塗籠外下角まで）であったことがわかる。東廊下基準柱間寸法は6.5尺で、垂木は6枝（1枝=1.08333…尺）より、軒出は4枝の4.333尺（ただし、柱真から茅負外下角迄）であった可能性が高い。

また、大天守三重目及び四重目屋根ではいずれも軒出を4尺程度としていることから、東小天守でもこれに倣い二重目と三重目の軒出寸法は初重軒出と大差ない寸法であったと推定し、それぞれ4.333尺であったと仮定する。

また、大天守五重目の軒出は下重と枝割を変えて軒出が抑えられている。塗籠となっていないためとも考えられるが、意匠上の措置として軒出が抑えられた可能性もあることから、東小天守の三重でもこの比率に倣い軒出寸法を仮定した。

表-資 18 大天守および東小天守の軒出寸法

大天守	保存図	枝割	1枝寸法	推定軒出計画寸法 (柱真～茅負外下角)
5階	3.24尺 (柱外面～茅負外下角)	22.75尺=25枝	0.91尺	3.640尺(4枝)
4階	4.06尺(柱内面～垂木塗籠下角)	6.5尺=6枝	1.08333尺	4.333尺(4枝)
3階	4.30尺(柱内面～垂木塗籠下角)	6.5尺=6枝	1.08333尺	4.333尺(4枝)か
2階	5.37尺(柱内面～垂木塗籠下角)	6.5尺=6枝	1.08333尺	5.417尺(5枝)
1階	5.55尺(柱内面～垂木塗籠下角)	6.5尺=6枝	1.08333尺	5.417尺(5枝)か

東小天守	推定軒出計画寸法 (柱真～茅負外下角)	枝割	1枝寸法	備考
3階	3.792尺(3.5枝)	6.5尺=6枝	1.08333尺	天守での最上階と下階の比率に倣う
2階	4.333尺(4枝)	6.5尺=6枝	1.08333尺	大天守同様に下階と同寸法と判断
1階	4.333尺(4枝)	6.5尺=6枝	1.08333尺	東廊下1階と同一寸法と判断

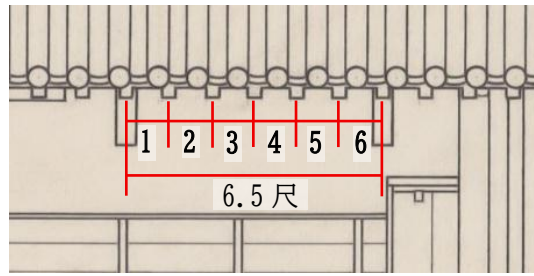


図-資 153 東廊下の軒枝割
 (広島城天守 南立面図(部分))
 奈良文化財研究所所蔵

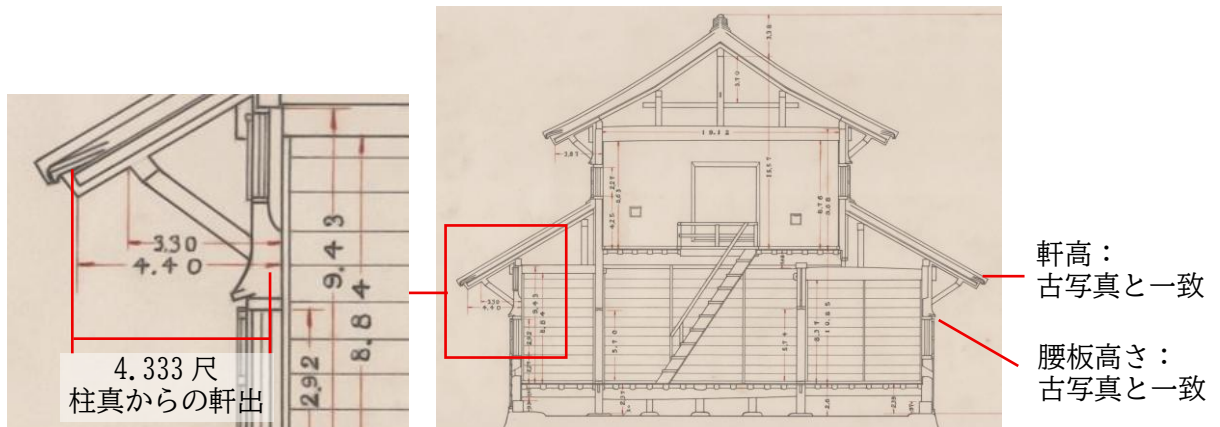


図-資 154 広島城東・南御廊下断面図(部分)
 奈良文化財研究所所蔵

(ウ) 二重目及び三重目の平面規模の検討

想定した軒出寸法を用い、古写真解析により軒高さを検討した。現存する三重檜について各階が逐次遞減する三重檜を中心に三重目の梁間寸法を確認すると、最小級のものは2間半～3間である(表-資 17 参照)。仮に東小天守の三重目梁間寸法(東西の長さ)が2間半(=16.25 尺)であった場合、解析した棟標高をもとに古写真の軒高との整合を取ると、屋根勾配は8.0 寸必要となり、比較的緩勾配の広島城建造物群の中にあって違和感のある屋根勾配となる(最も急勾配であったと考えられる広島城二の丸表門でも、戦前実測図によれば7寸2分程度の勾配である。)。梁間寸法を3間とした場合には屋根勾配は7.0 寸となり、大天守五重目屋根勾配(=6寸5分勾配)と大差ない結果となることから、東小天守三重目の梁間寸法は3間(19.5 尺)が妥当であると考えた。また、一般的に、桁行寸法は梁間寸法と同寸かそれ以上であることから、3間と仮定して検討を進めた。

三重檜の場合、一般に最上重の平面はその下重の中心に位置する。古写真の観察から、二重目東面妻破風の大棟は三重目の中心付近に位置するように見えるため、東小天守でも三重目平面は二重目の中心に配置されていた可能性が高い。三重目の北壁面は二重目北壁面よりも少なくとも半間以上後退していることが古写真から観察できるため、二重目平面

の梁間寸法（南北方向長さ）は4間以上と想定される。古写真の観察から、二重目梁間の中心にある妻破風大棟は初重の唐破風と千鳥破風の大棟と中心を揃えて意匠を整えているように見える。

この場合、初重の唐破風中心位置は古写真解析で判明した位置関係から、東廊下の南面壁面から北に2間の位置となる。これが二重目梁間の中心に位置し、これ以上二重目の梁間幅を長くすると廊下の南面壁を越えてしまうことから、二重目の梁間寸法は4間であったと考えた。

二重目の桁行寸法は、少なくとも梁間寸法4間と同じかそれ以上に長いこと、初重東面の壁面との関係から1間程度は後退していると考えられること、既に古写真解析で求めた三重目の棟真通りの位置関係から二重目桁行は三重目棟の中央に位置する可能性が高いことから、二重目の桁行寸法は5間であったと推測した。

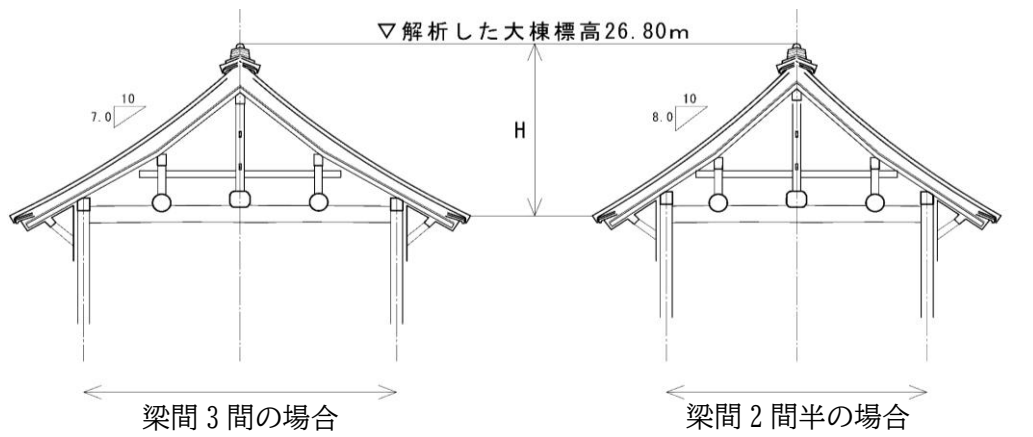


図-資 155 東小天守三重目：梁間寸法による屋根勾配の差

※高さ H は同じだが、勾配が異なる

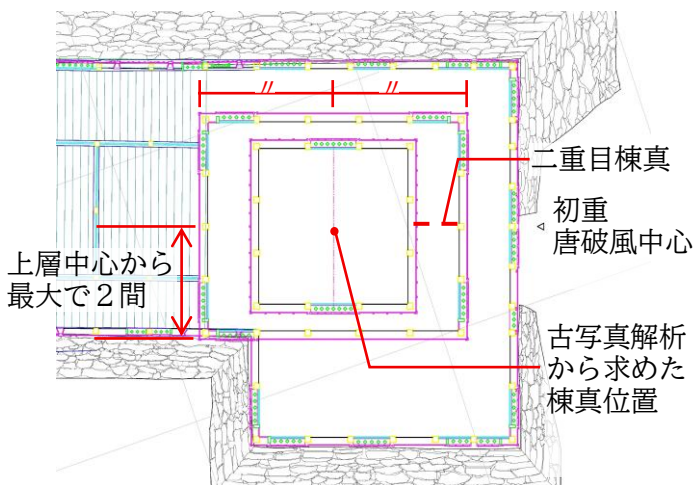


図-資 156 東小天守平面模式図



図-資 157 「広島旧城」(部分)

『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より

(I) 東小天守の屋根形式の検討

三重目屋根は北面に破風が見えることから入母屋と考えられる。二重目屋根は東面の妻破風が急峻に見え、狭く見える破風幅と相まって切妻にも見えるが、その形状は「広島城裏御門周辺」（大阪公立大学都市科学・防災研究センター所蔵）古写真に写る裏御門（櫓門、入母屋）の破風形状に酷似する。また、妻飾りの梅鉢懸魚の背面には縦に延びる影が見えるが、これは大天守遠景の4階東面千鳥破風の懸魚背面の間斗束と同じ見え方で、手前の樹影と判別が付きにくいものの、懸魚直下の虹梁と思われる影も確認できる。明確に確認できないものの、これらを考慮し、二重目の屋根は入母屋である可能性が高いと考えた。また、二重目屋根北面の三重目北壁面下方付近には円形が連続するような模様が見えるが、これは壁際に雨落瓦を葺き、周囲を漆喰で塗籠めたものか、下見板の筋縁下部であると考えられる。

初重の屋根は北面が西の東廊下から連続した屋根が北東隅において寄棟で収められ、南面は相応に棟高がある入母屋であったと考えられる。初重北面の千鳥破風の奥行は大天守の千鳥破風の奥行と同様に丸瓦3本分程度に見える。東面は唐破風の上に密接した緩勾配の千鳥破風を設け、唐破風は腰壁との比率から2.5尺ほどの落差であったと考える。

また、軒の方杖は古写真では初重の軒裏にのみ確認できるが、大天守と同様に各重軒裏にあったものと推測する。

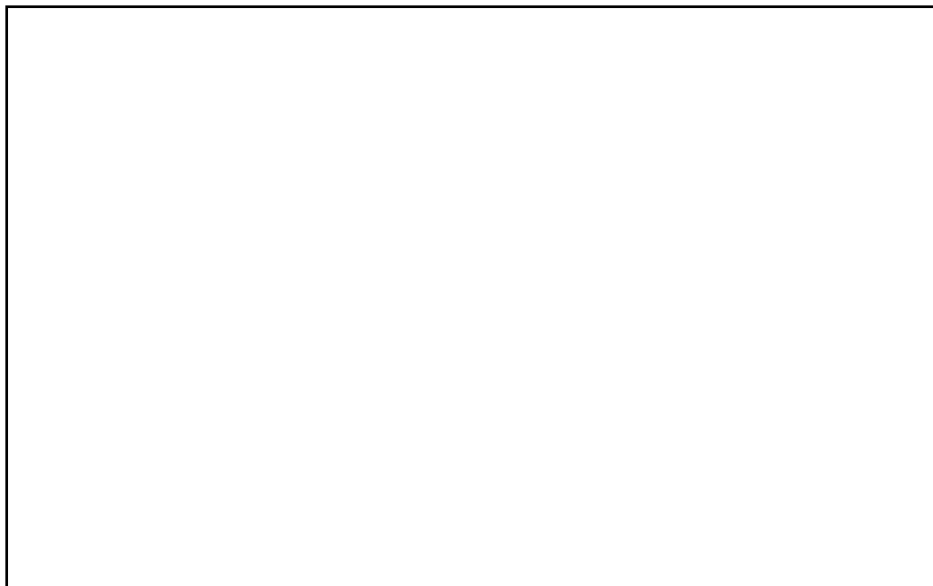
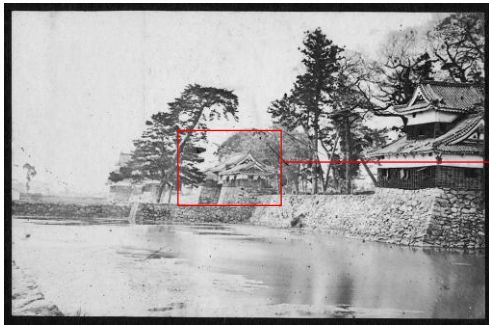


図-資 158 「広島旧城」(部分)

『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より



図-資 159 拡大写真①
初重目千鳥破風



裏御門櫓門（写真を左右反転） 破風は入母屋

図-資 160 「広島城裏御門周辺」
大阪公立大学都市科学・防災研究センター所蔵

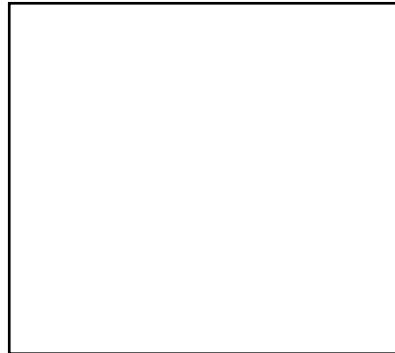
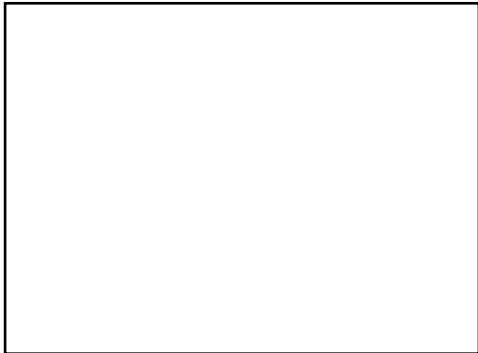


図-資 162 拡大写真③
大天守4階東面千鳥破風



図-資 161 拡大写真②
二重目破風（裏御門櫓門に酷似）

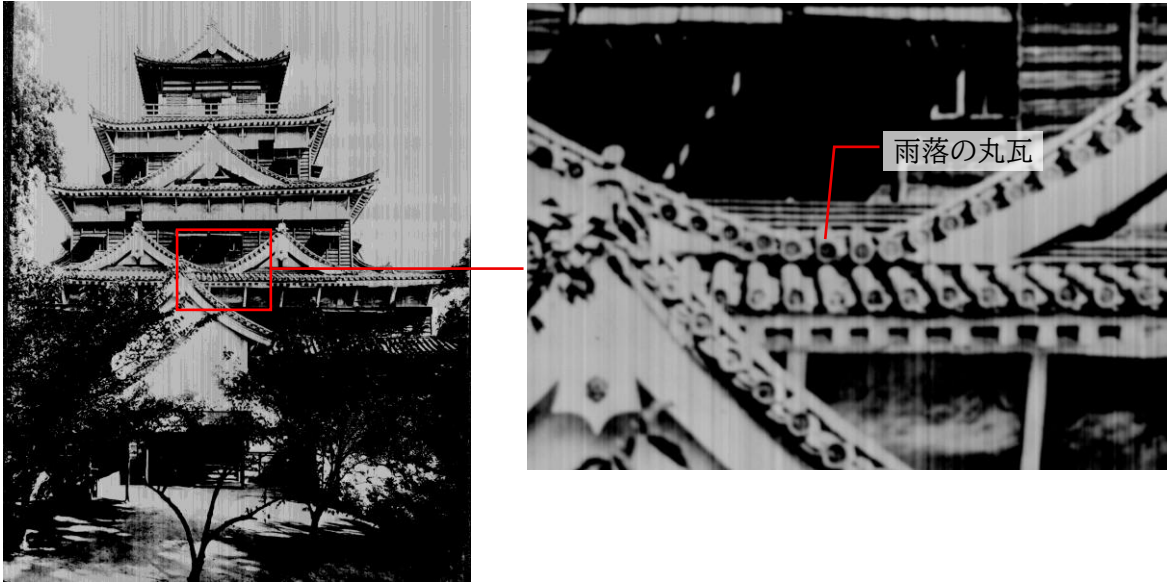


図-資 163 天守南面写真『史跡広島城資料集成 第1巻』より

(オ) 1階東面柱配置の解析（東小天守（南北方向の桁行）の柱間寸法の検討）

古写真解析により東小天守の柱配置を推定した。東小天守の古写真の観察から方杖や窓位置により構造上柱が存在する可能性が高い箇所を古写真上にプロットし、この座標を解析して平面図上にプロットした。さらにプロットした平面座標から、基準柱間寸法である6.5尺の倍数、あるいは6.5尺の倍数を整数で除した柱間寸法を想定し、東小天守の1階柱間寸法の概要を推定した。

a 解析状況の概要

平面上に評価点をプロットした結果、東小天守1階の軒唐破風中心は、東御廊下の梁間中心線（=棟真）からやや南に軸線がずれる結果が得られた。軒唐破風中心からやや北に位置する評価点37は、現存する石垣の形状からもおよそその位置を推定することができる評価点であり、解析値は妥当であると考えられる。

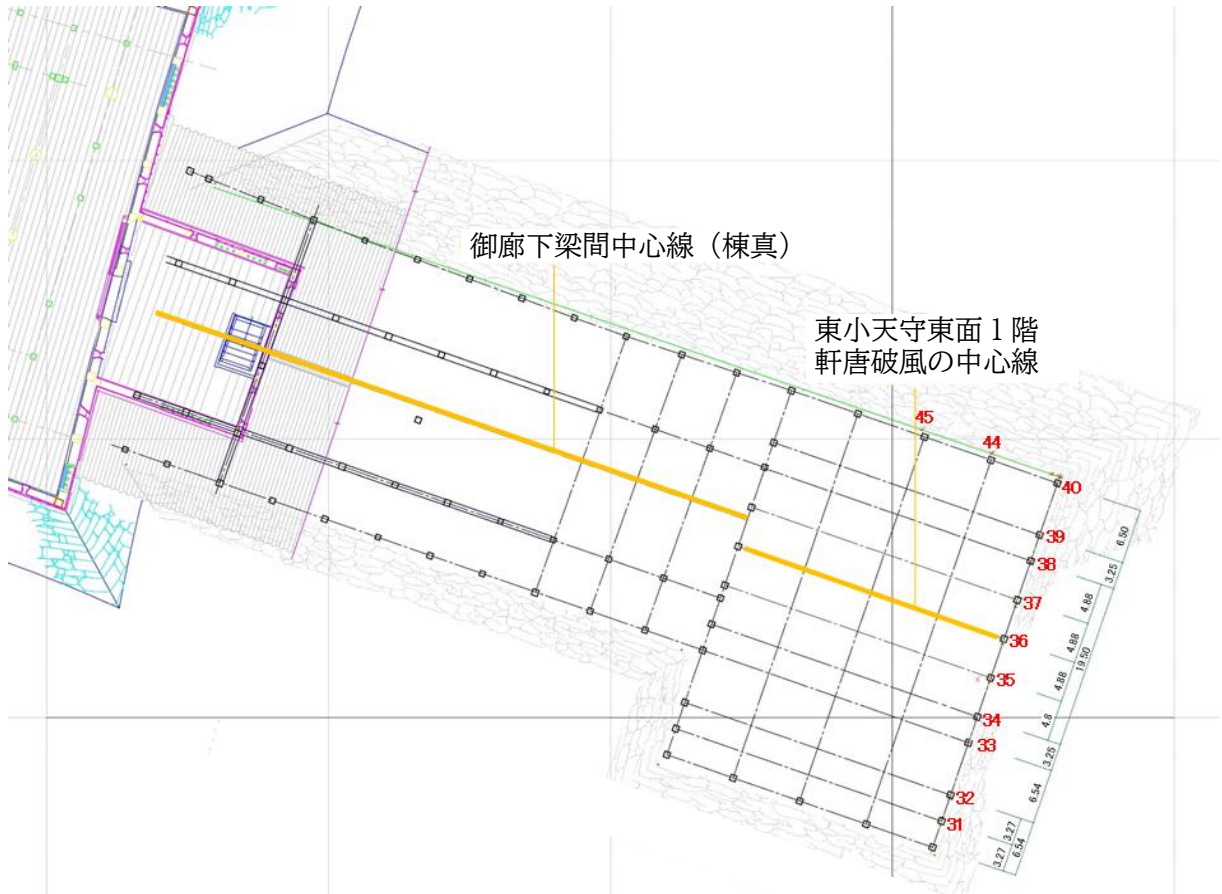


図-資 164 広島城東小天守 1階柱間寸法推定図 (単位:尺)

計測でプロットした平面座標から、基準柱間寸法である6.5尺の倍数、あるいは6.5尺の倍数を整数で除した柱間寸法を想定し、東小天守の1階柱間寸法の概要を推定した。

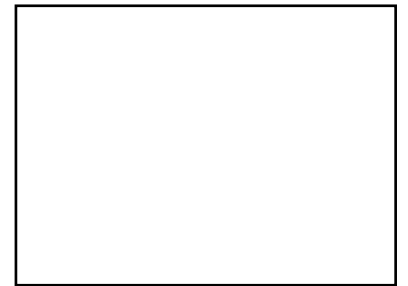
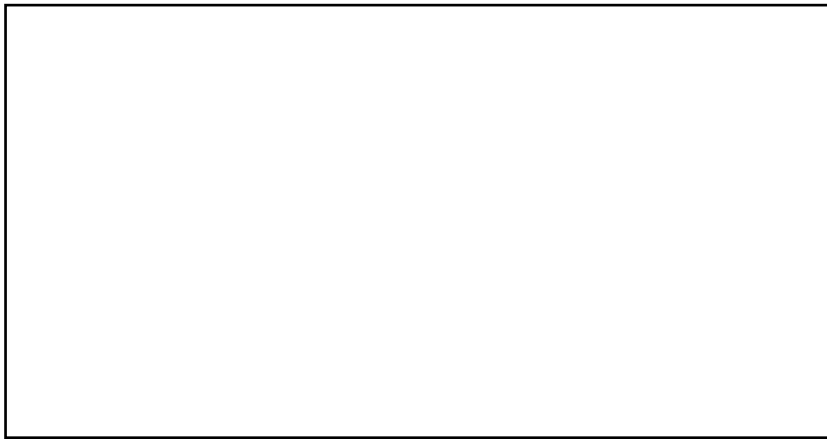


図-資 165 東小天守1階付近の拡大 「広島旧城」(部分)
『大日本全国名所一覧—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』
平凡社刊より

既存の石垣の位置関係と
ほぼ一致している。

※31は樹木の枝である可能性がある



図-資 166 現在の石垣

解析した評価点の位置は、現状も残っている、評価点下部の石垣の形状からもおよその位置を推定することができ、解析値は妥当であることが考えられる。

b 東小天守の古写真の検討

古写真に写る東小天守の東面について、柱位置を特定するものとして、柱から斜め上方に延びる方杖と小屋梁端部を塗籠めたと思われるもの、窓際に存在する柱がある。31 は手前樹木の葉にも見えるが、33～34 のように半間程度で高窓の両脇を方杖で挟む箇所もあり、31 も同様に方杖の可能性が考えられる。36 は軒唐破風の中心棟木に相当する菖蒲棟を支持する方杖に見え、37 はその脇の菖蒲桁を支持する方杖、35 はその反転位置にある方杖で、手前樹木枝の奥に方杖の先端が見える。なお、姫路城小天守の2階北面唐破風のように隣棟間隔の都合上から破風が左右非対称となる場合もあるが、その場合であっても基準柱間は等間寸法としている。38 は上部に塗籠めた小屋梁端部らしきものが見える。大天守の梁端部は方杖背面の高さに納まっているため、小屋梁高さの妥当性については断面的に検証が必要である。39 は窓脇の柱が想定される位置である。

c 現状の東小天守石垣による検討

古写真に写る東小天守の東面桁行について、現存する石垣天端の長さは14.3mであり、これは47.2尺に相当する。(表-資19の(a))

広島城天守では、実測図から推測すると6.5尺を基準柱間寸法としており、東小天守の桁行が基準柱間の7間相当(=真々寸法で45.5尺)であると仮定すると、石垣の余地は1.7尺であり、柱真～石垣端部の片側の余地は0.85尺となる(表-資19の(b))。これは、大天守の3階壁厚(柱真～外壁面まで)が0.75尺であることから、矛盾なく石垣天端に収まる寸法であり、東小天守の桁行は概ね7間であったと考えられる。

d 解析値の検証

古写真では石垣南端の隅柱位置が確認できず、解析が行えないため、確認できない南端を除き、古写真から想定した柱位置について古写真解析を行い、平面座標にプロットした(図-資 167 柱位置 31~40)。次に各座標間の延長距離(表-資 19 の(c))(mm)を算出し、これを尺単位(表-資 19 の(d)) (尺) に換算した。

北(表-資 19 の右欄)から区間ごとの長さを確認すると(表-資 19 の(f))、38~40の解析値は概ね1間半(=9.75尺)に近い距離となっており、38が御廊下の入側境の柱筋に位置する可能性が高い。次に、33~38の解析値は70mm程度の誤差を含むものの、概ね3間半(22.75尺)に相当する可能性が高く、33は東廊下と東小天守が接続する入隅の位置に相当する可能性がある。東小天守の南端は解析できないものの、石垣天端遺構の寸法と、上記の古写真の検討をもとに廊下から南方へ2間相当(13.0尺)の位置に隅柱があると推測できる。

e 遺構との整合性

古写真解析では、建物外観からおおよその柱位置を推定しているものの、壁内(大壁)に柱があることや柱幅は7~8寸程度(212~242mm程度)の太さが想定されることから、柱真への換算が難しく、全長の把握から一定区間のまとまった寸法による柱配置の検討を優先的に行った。また、古写真解析自体も100mm程度の誤差を含む場合があるため、今後の発掘調査結果から柱位置を改めて検討し、これらの状況を踏まえた復元平面図を作成する必要がある。今回、古写真では36~37に比べて37~38が長く見えるが、軒唐破風直下の柱間は通常は等間とされていることから、図-資 167 に示す柱配置とした。

【参考】

・ 柱割りの事例

望楼式の場合、従来の書院造建築の方式を踏襲し、基準柱間のなかで平面寸法を決定する事例が多く、石垣上部に立地する場合で、石垣延長に端数が含まれる場合でも、端部で端数を含む柱間を設け、その他は基準柱間を踏襲して柱を配置する事例が多い。

例1：姫路城西小天守の1階及び2階寸法は、梁間：6.5尺×4間、桁行：6.5尺×3間+8.56尺(ただし、側柱は全体を均等割りに柱配置とする)であり、姫路城乾小天守も同様に基準柱間の整数倍+端数柱間の手法としている。姫路城東小天守は桁行・梁間ともに基準柱間6.5尺の倍数としている。

例2：犬山城天守のように、石垣が顕著な台形平面の場合は、中間に基準柱間とはかけ離れた柱間寸法とする場合があるが、それ以外は例1を基調とした柱間寸法としている。

例3：石垣が著しい台形平面である岡山城天守であっても、側柱筋の矩形部分や

身舎部分にあつては、例1と同様の手法で柱を配置している。

・ 軒唐破風の直下の柱割り事例

基本的に左右対称とするため、直下の柱割りは等間割とした。

主な事例として（出窓に付属し単体で唐破風を形成するような場合を除く）、姫路城西小天守2階南は28.06尺を等間で割り、4.01尺×7としている。

姫路城乾小天守1階西面、姫路城大天守1階東西面・2階南面・5階南北面・6階南北面、姫路城ヨの渡櫓北面、ホの櫓、彦根城天守2階の西・東面軒唐破風など、多数の事例で柱割りを等間としている。

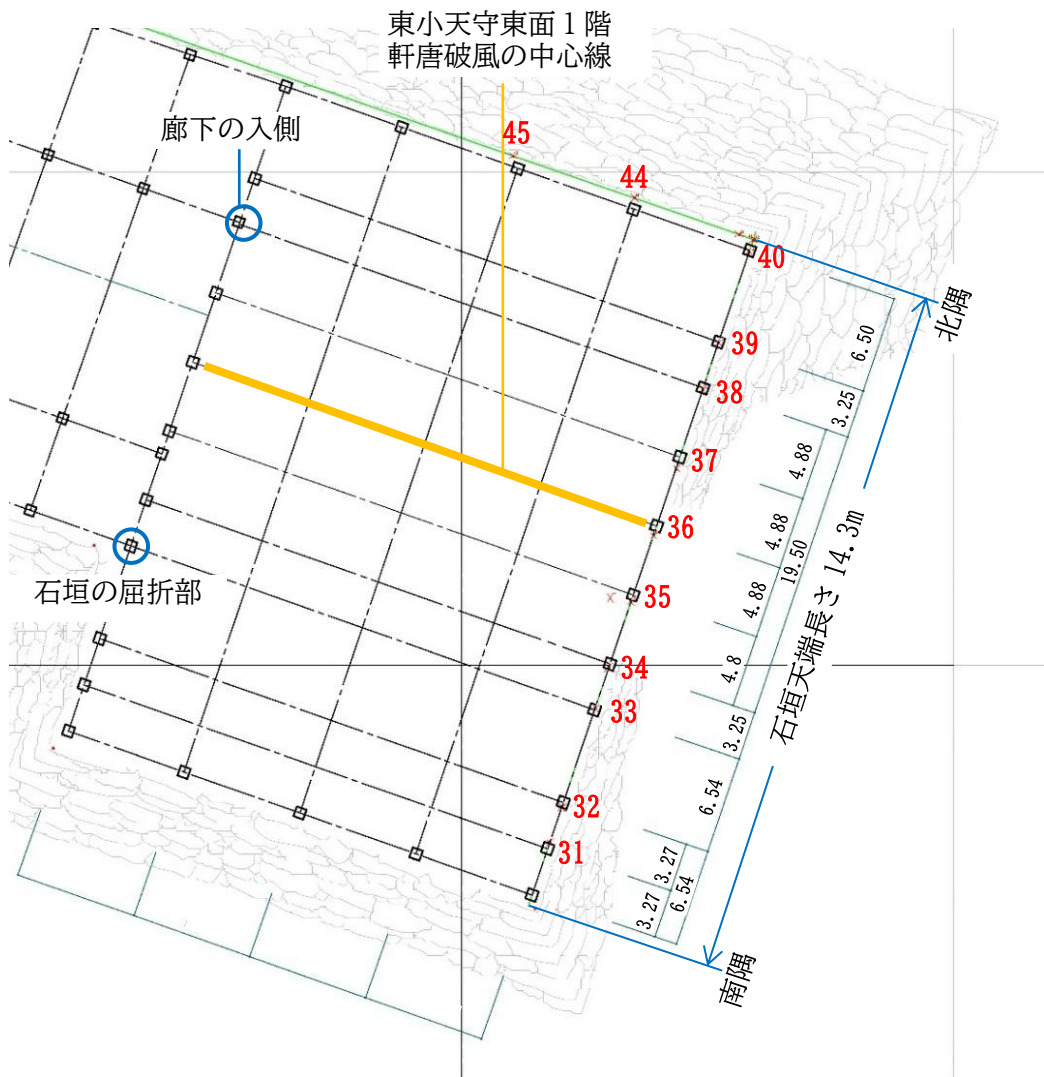


図-資 167 東小天守の解析点と検討平面図

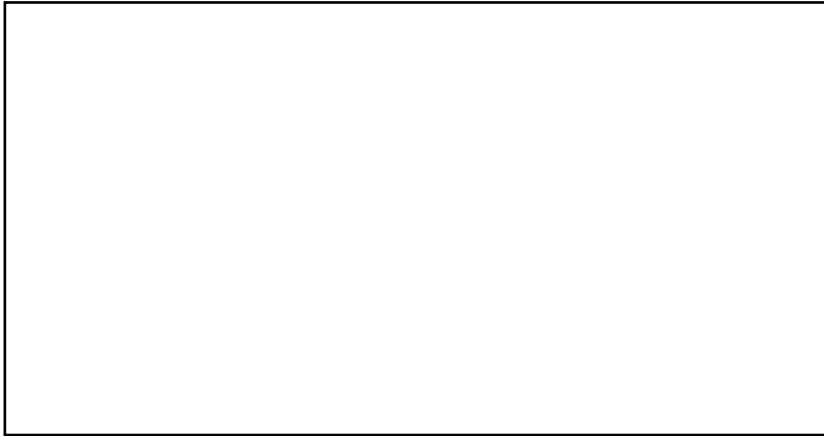


図-資 168 東小天守1階付近の拡大 「広島旧城」(部分)
『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より
※31 は樹木の枝である可能性がある

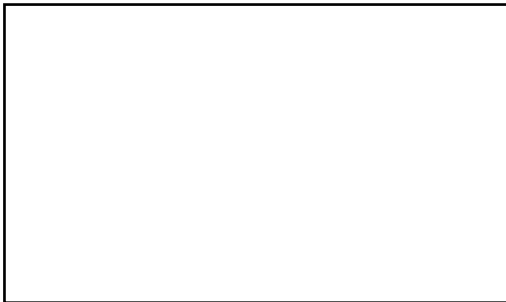


図-資 169 東小天守1階付近の拡大 「広島旧城」(部分)
『大日本全国名所一覽—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より

表-資 19 解析点による寸法参考表

解析区間名称	石垣南端	南隅～31	31～32	32～33	33～34	34～35	35～36	36～37	37～38	38～39	39～40 (北隅)	40～ 石垣北 隅	備 考
(a)石垣の 南北全長	14.3m (≒47.2 尺)												
(b)全体 想定値	0.85 尺	7 間 = 基準柱間 6.5 尺 × 7 間 = 45.5 尺										0.85 尺	参考： 天守 3 階壁厚：約 7.5 寸
(c)解析座 標間寸法 (mm)	-	解析 できない	754	2119	879	1407	1416	1407	1715	1001	1940	-	
(d)上記の 尺換算 (尺)	-	想定： 半間程度	2.49	6.99	2.90	4.64	4.67	4.64	5.66	3.30	6.40	-	
(e)31～40 の 延長 (尺)	-	想定： 半間程度	41.71									-	南隅～31： 45.5-41.71=3.79 尺
(f)区間ごとの 長さ (尺)	-	想定： 半間程度	9.48			22.52				9.71			-
	-		2.90			19.62							-
考 察	-	想定： 半間程度	1 間半=9.75 尺 に近似？ (想定値と解析値 との差 82mm)	【33～38】=3 間半=22.75 尺 に近似 【34～38】=3 間 = 19.5 尺 に近似 (想定値と解析値との差 【33～38】 70mm、【34～38】 36mm)					1 間半=9.75 尺 に近似 (想定と解析との差 12mm)				-
			この区間は 2 間で大きな矛盾は 無い？ (=13.0 尺)	概ね解析値と想定値が近似している									

▲石垣の屈折部
(廊下と東小天守の入隅)

▲廊下の入側の境

(カ) 1階北面窓配置の検討

古写真から窓開口部の位置を解析した場合、概ね等間隔に配置されており、窓間隔は1階の梁間5間(=32.5尺)を概ね4等分(8.125尺)する位置であることが解析できる。

東天守と廊下の保存図では、突き上げ戸には幅1間の内法を2枚の突き上げ戸に分割する形式のものや、柱を挟んで半間の窓を2つ並べるものがある。古写真によると、東小天守台の東西幅5間のうち3か所の突き上げ戸が開かれており、残りの壁面は少なくとも開かれた窓の延長よりも長い。このことから、開いている突き上げ戸の各幅は1間ではなく半間であり、古写真解析の結果に近似する側柱と窓配置を想定した。

(キ) 1階腰壁の検討

東廊下の梁間断面を用いて東小天守1階北面・東面と古写真解析により照合した結果、東小天守の腰板と軒瓦の高さは東廊下の窓上水切り寸法の高さと軒瓦高さにほぼ一致すること、また、東小天守の北面と東面は西から続く廊下の断面寸法と共通している可能性が高いことを確認した。

東廊下では北面の立面図がない。水切りと窓の高さの相関関係を整理すると、東廊下の保存図の梁間断面図(これは2階建部分の1階窓断面が描かれている)に描かれている北面の窓上水切り(図Aの①)は、東立面図に描かれた水切りの端部小口(図Bの①)と同じ高さであり、東廊下東面切断部の下見板上端部の水切り(図Bの②及び図Dの②)よりもやや高い。東廊下南面下見板の上端部(図Dの④及び図Bの④)は東廊下東面の下見板上端部(前述図Bの②及び図Dの②)よりも低く、同面にある窓下端の水切り(図Bの③及び図Dの③=保存図寸法より高さ6.28尺)よりも高い。これらの高さ関係から④の水切り高さは7尺には満たない高さであると推測できる。東廊下梁間断面に描かれた窓上水切り(図Aの①)の高さは、図上の計測では7.84尺で、④の水切りより明らかに高く、東小天守の腰壁高さは古写真解析上で①の水切り高さに近似している。

これらのことから、東廊下の腰壁高さと東小天守の腰壁高さはほぼ同じで、腰壁の上端と窓の上端高さが一致していると考えた。

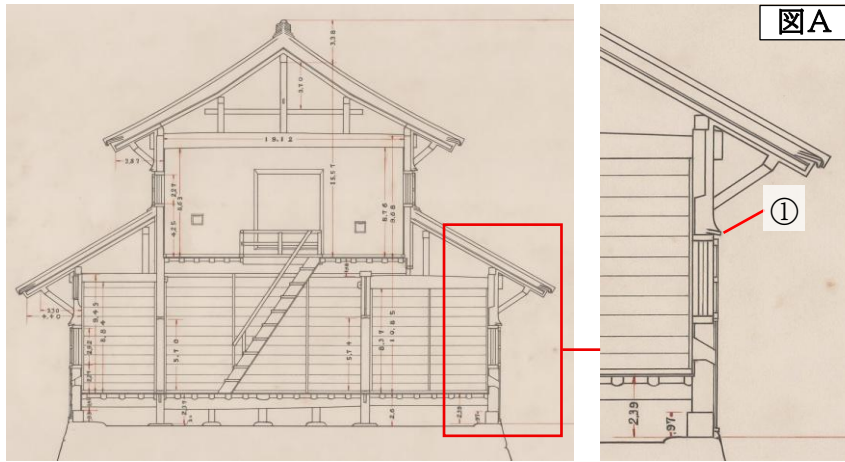


図-資 170 広島城東・南廊下断面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

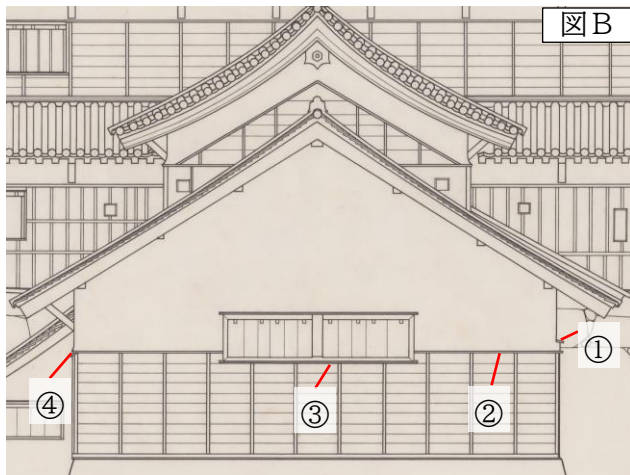


図-資 171 広島城 東立面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

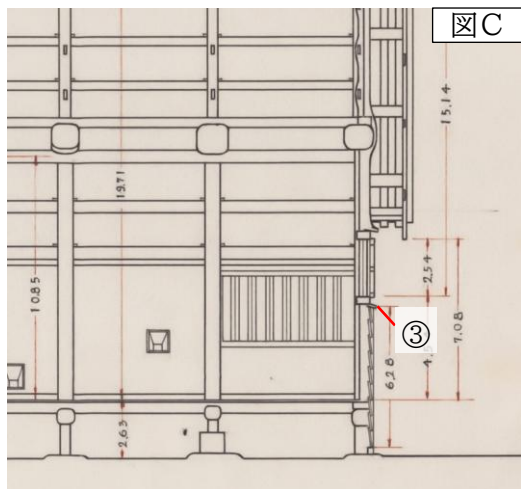


図-資 172 広島城 東西断面図
（部分）奈良文化財研究所所蔵

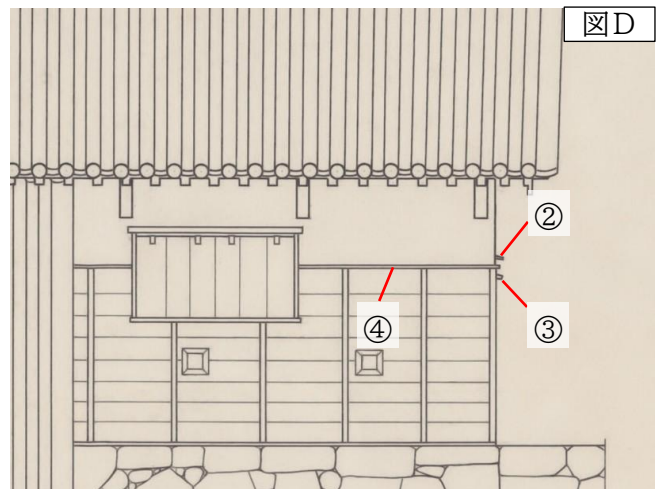


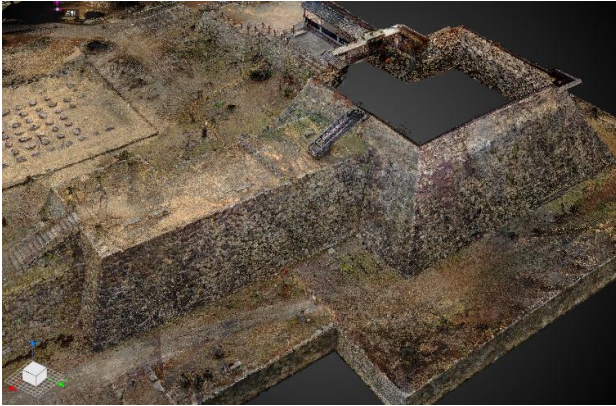
図-資 173 広島城 南立面図（部分）
奈良文化財研究所所蔵

(ク) 窓と狭間の配置の推定

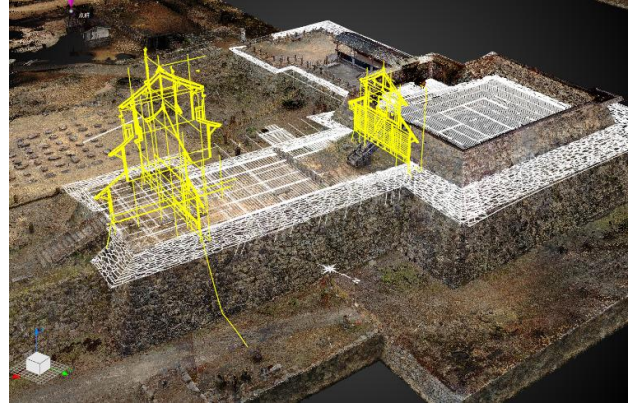
窓の配置については、矩形平面となっている大天守の3階及び4階を参考として、各階平面の四隅には窓の配置を避け、隅に窓を配置する場合には窓幅を縮小して壁の余地がある配置とした。また、狭間の配置については、大天守と東廊下、各櫓の古写真を参考とし、大天守の窓下には基本的に狭間は設けられていないが、東廊下や古写真の櫓には窓下に狭間が設けられる事例がみられることから、これを参考に狭間を配置した。

(ケ) 軒高さの検討

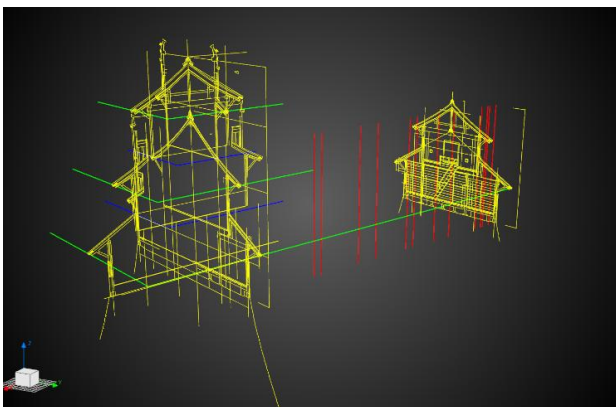
軒出寸法や平面寸法の検討を踏まえ、検討図面と3次元データを重ね合わせて、古写真と同じ視点から東小天守の見え方を検証した。平面位置を定めた三重大棟は、古写真と同様に見えるように断面図で棟高を調整し、三重目軒高さは先の検討断面（軒出および屋根勾配）で古写真と同様に見えることを確認した。また、二重目屋根も古写真と同様に見えるように屋根勾配と階高の断面寸法を調整し、二重目妻破風の大棟は古写真上で矛盾のない位置での見え方になることを確認した。



① 3次元点群データ



② 3次元点群データと検討図面：
検討図面を3次元データと重ね合わせ



③ 部材の位置の図化：
配置した図面から軒、窓の位置を図化



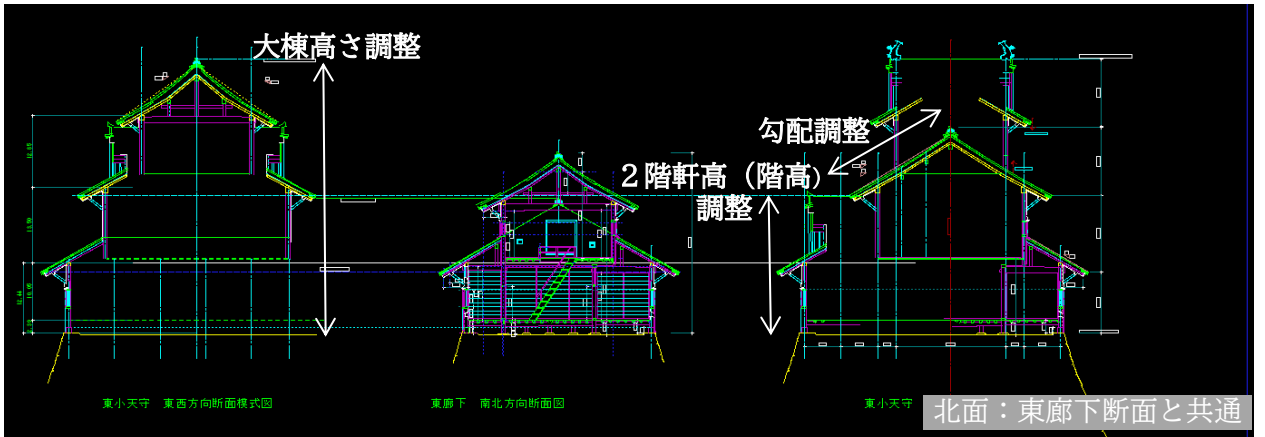
④ 古写真の撮影位置から見た3次元データ：
図化したラインも含めて古写真撮影位置から
3次元データを見る



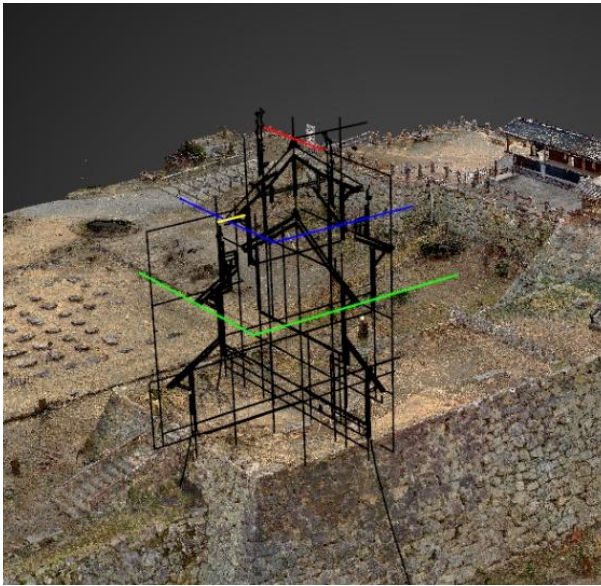
東御廊下拡大（●：窓位置、●：復元窓）
東御廊下窓復元位置には樹木があり、
存在の有無は判断できない。

⑤ 古写真と3次元データの重ね合わせ
検討図面を3次元配置させ、古写真と同じ撮影位置から見た画像と古写真を重ね合わせた。
図化したラインがどのように見えるか確認し、現在の検討値が妥当かどうかを判断した。
※古写真解析上の誤差も含まれるため、おおよその位置把握にとどめるものとする。
「広島旧城」（部分）『大日本全国名所一覧—イタリア公使秘蔵の明治写真帖』平凡社刊より

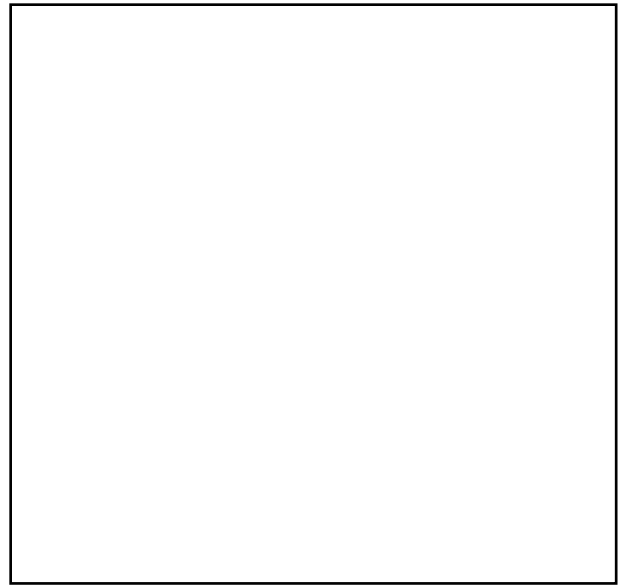
図-資 174 東小天守古写真解析手順（①～⑤）



⑥検証した古写真上の見え方を踏まえ、検討図面で各部高さの調整を実施



⑦調整した検討図を再度3次元データと重ね合わせ



⑧左データを古写真上に配置
(これまでの流れを複数回繰り返し)



⑨調整完了後の状況、これを復元図に反映

- | | |
|-----------|-----------|
| — : 三重目棟 | — : 二重目軒先 |
| — : 三重目軒先 | — : 二重目大棟 |

図-資 175 東小天守古写真解析手順 (⑥~⑨)

(6) 南小天守の検討

ア 遺構

南小天守の石垣は、廊下梁間に接続する東西幅は約 12.3m（柱真々寸法で 39 尺、1 間 6.5 尺として 6 間相当）で、西辺は折れ曲がり箇所から南端までが約 9.5m（柱真々寸法で 29.25 尺、同じく 4 間半相当）となっている。石垣天端の南辺は南東方向に伸びているため大天守 1 階及び 2 階平面同様に台形平面となるが、石垣の南東隅は隅石周辺の間詰めが抜け、やや緩んでいるため、天端平面にも影響が及んでいると考えられる。また、南小天守東側の突出した部分（指図に下屋的な一面と注記した範囲）は、現存する石垣積石の状況から積足した部分であるとする説がある。

天端平面のレーダ探査では、東西方向に幅 2 間半程度で並列する礎石列に伴う痕跡と考えられるものが確認されている。これは、東廊下身舎の幅 2 間半と共通している。南廊下の保存図から、南廊下にも南北方向を軸とする幅 2 間半の身舎があったと考えられるが、南端石垣にも東西方向を軸とする幅 2 間半の身舎に相当する柱通りがあった可能性がある。

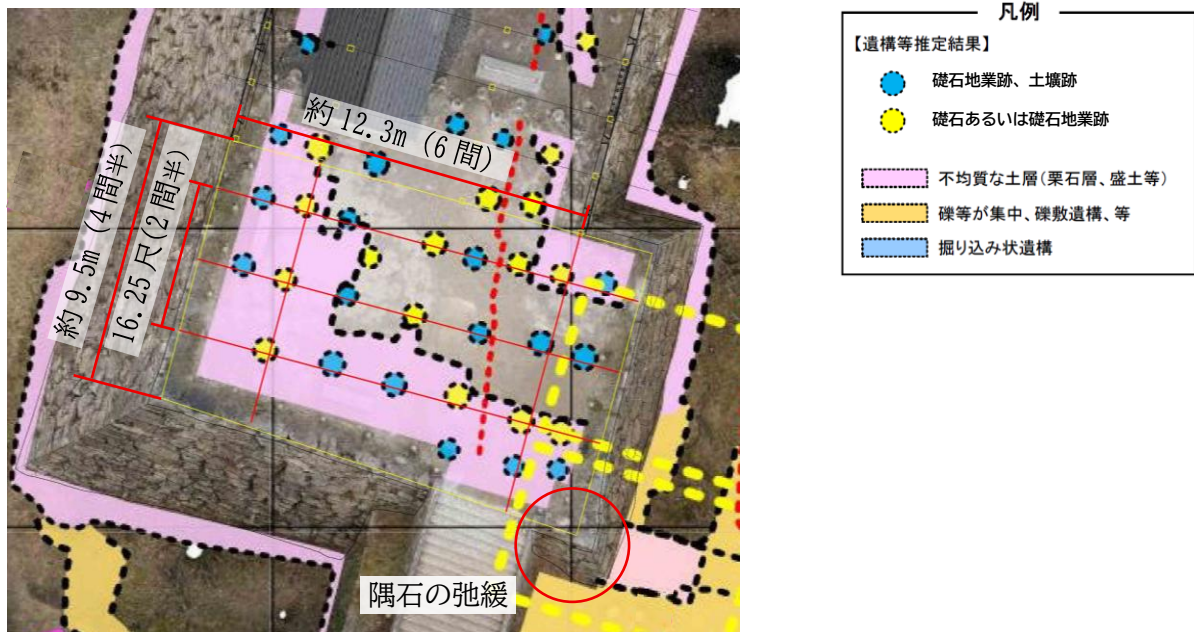


図-資 176 レーダ探査結果

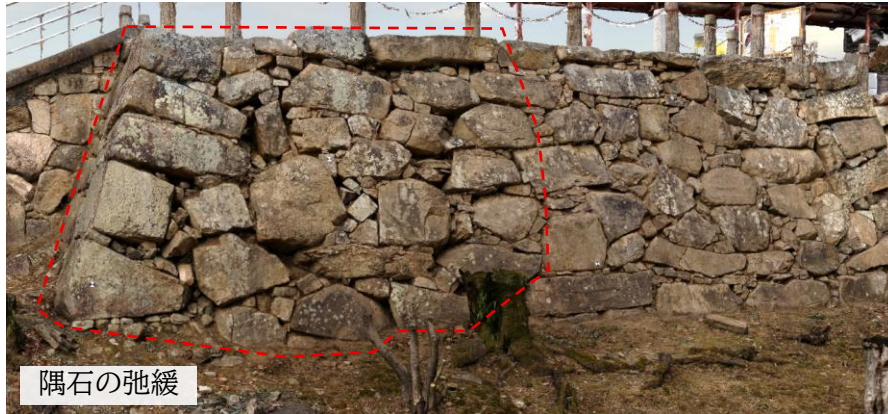


図-資 177 南小天守石垣の東面、南東隅石周辺の状況

イ 指図及び絵図

(ア) 平面

「御城指図」（『史跡広島城跡資料集成 第1巻』所収）に描かれた南小天守は南北に延びる南廊下の南端に梁間幅が同寸で接続される様子が描かれている。東小天守と同じく廊下と小天守の境界を明記しているが、建築物の構造的区分か室内用途の区分であるのかは不明である。また、南小天守の東側には幅1間、南北4間半余りの下屋的な一画が接続されていたことが描かれている。さらに、その東には「御櫓」と称する梁間3間の櫓が接続される様子が描かれている。

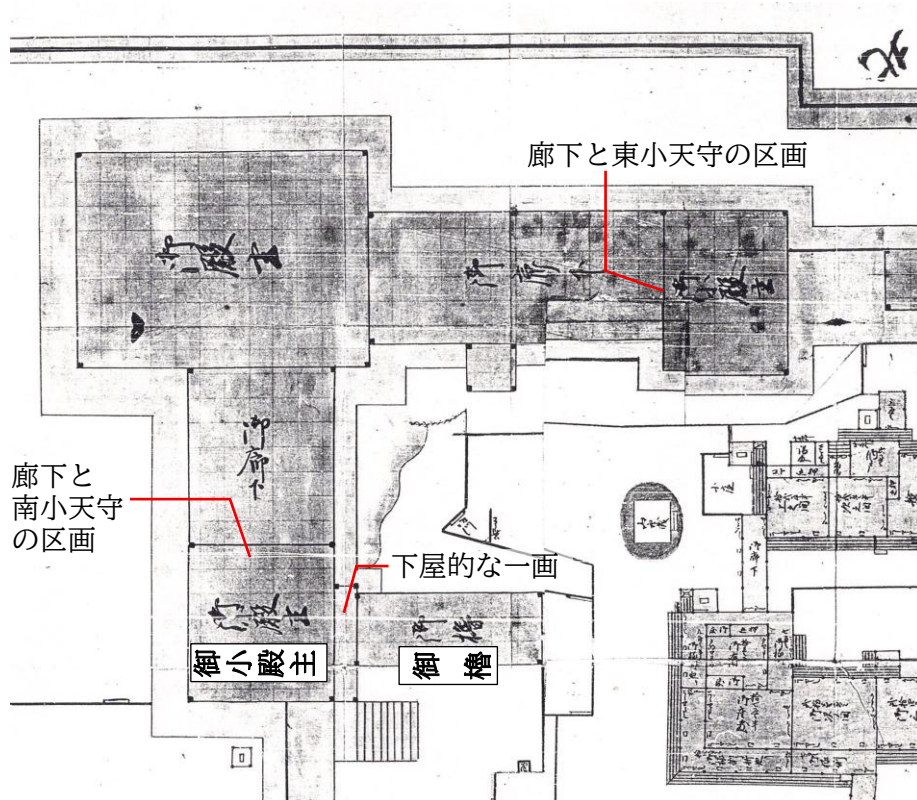
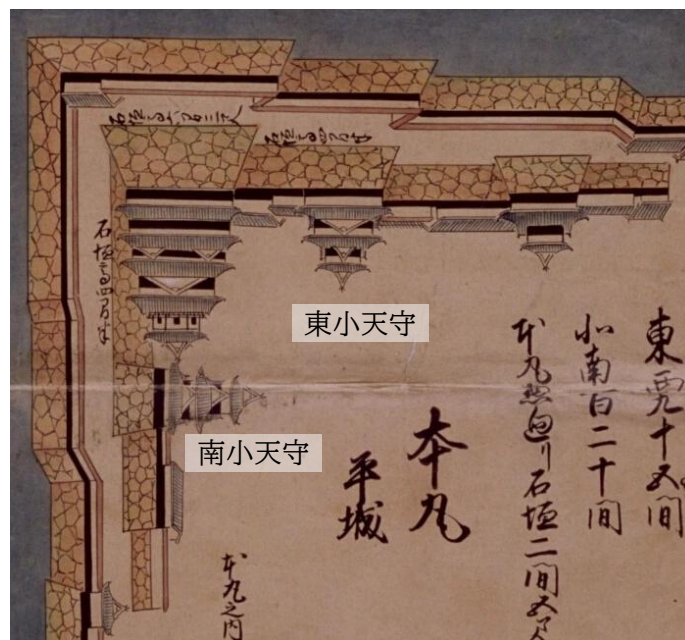


図-資 178 「御城指図」（部分）『史跡広島城跡資料集成 第1巻』より

(イ) 立面

「正保広島城所絵図」（国立公文書館所蔵）では、描法上の都合で南小天守と大天守の間にある南廊下が描かれていない。また、東小天守では軒の各隅にある鳥衾が丁寧に描かれているが、南小天守では三重目軒に描かれるのみで、筆致に精緻さを欠いている。さらに、南小天守の立面では破風が三重に連なる様子が描かれているが、東小天守との大きな差は、東小天守では二重目屋根を明らかな千鳥破風として描かれているが、南小天守の二重目屋根は入母屋風に描かれている点にある。ただし、初重から三重目まで同じように描かれているため、単に定型化して描かれている可能性がある。



南小天守



東小天守

図-資 179 「正保広島城所絵図」（部分）※上が北
国立公文書館所蔵、デジタルアーカイブ

ウ 南小天守の復元考察

(ア) 復元形状の推定方針

南小天守は復元根拠が乏しいため、検討内容の大半は推定となる。

石垣の平面形状を見ると、廊下を介して接続する小天守台は東小天守と南小天守のいずれも御殿のある本丸側に折れ曲がる。大天守の南東隅から南東方向に軸線を考えたとき、東小天守と南小天守の構成は線対称の位置関係にある。また、南廊下と東廊下の保存図に記載された各部寸法を検討すると、高さ方向の断面寸法や身舎の両側に入側が想定される平面構成、城外側の入側幅など各部の基幹寸法は両者で類似し、それぞれ一定の規格に基づく類似性を備えていた可能性があることから、東と南の小天守についても同様の性質であったと想定した。

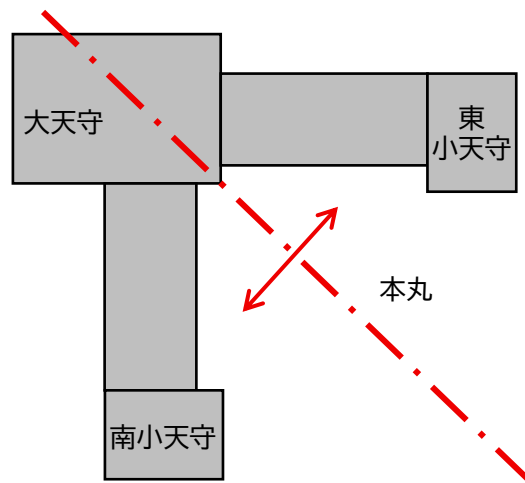


図-資 180 天守群模式図 (案)

(イ) 平面形式

遺構の傾向から、南小天守の1階梁間中央部分には幅2間半の身舎があり、そのまま北に折れ、東廊下の相関関係から想定される南廊下の身舎に接続していたものと考えられる。

指図では南小天守の東側に梁間3間の「御櫓」が接続するが、接続位置を身舎幅に対応する位置で想定すると、指図の位置関係と類似することがわかる。

指図に描かれた1階東面の1間×約4間半の区画は御櫓からの上り口であることを考慮し、土間を想定する。

また、絵図に描かれた南廊下と南小天守の境界線には、東廊下西端の大天守登り口との区画に用いられているような大壁の区画があったと想定した。

(ウ) 屋根・壁の形式

東小天守と東廊下の接続では、城外側となる北面の屋根を連続させていると考えられることから、南小天守の城外側となる西側においても南廊下と同じ軒先高さと屋根勾配で連続させていたものと想定した。南廊下の西面屋根勾配は保存図では約4寸1分とされており、大天守の二重目大入母屋の瓦面の勾配は妻側が4寸2分6厘、平側が4寸6厘（い

れも保存図の図上計測による)であり、これらと大差ない寸法となっている。東小天守同様に初重の屋根形式を入母屋と想定すると、大天守の入母屋形状に類似していた可能性がある。軒出は南廊下の西面屋根軒出が3.99尺(柱内面~塗籠垂木下端まで)で、南小天守1階西面の軒出は6.5尺/6枝×3.5÷3.79尺(柱真~茅負外下角迄)と想定した。

二重目及び三重目は初重からの遞減寸法を考慮しつつ、東小天守と同形式の平面を想定した。初重の屋根南面は台形平面のため大天守南面二重目屋根と同じような納まりとなるため、千鳥破風を設けて高さ調整を行うことを想定した。

また、西面は東小天守の北面に合わせて、大型の千鳥破風を1基設けた。

さらに、壁は東小天守と同形式を想定し、初重は前面を羽目板張り、二重目及び三重目は下見板張りとした。

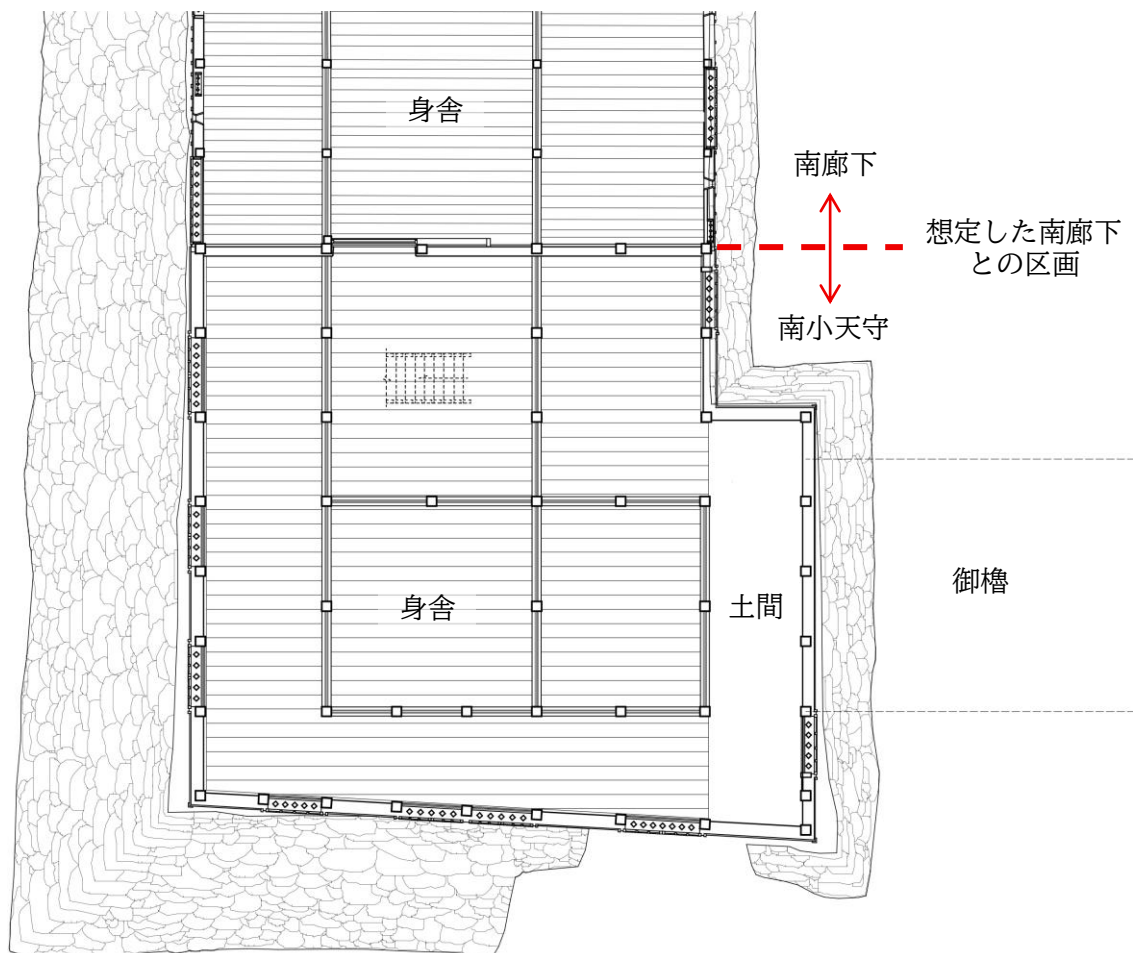


図-資 181 南小天守 復元平面図

(7) 復元図面一覧

1 保存図範囲復元案	
1 大天守 1 階復元平面図	図-資 182
2 大天守 2 階復元平面図	図-資 183
3 大天守 3～5 階復元平面図	図-資 184
4 大天守南面復元立面図	図-資 185
5 大天守東面復元立面図	図-資 186
6 大天守東西方向復元断面図	図-資 187
7 大天守南北方向復元断面図	図-資 188
2 大天守及び廊下復元案	
8 東廊下・南廊下 1 階復元平面図	図-資 189
9 大天守・廊下南面復元立面図	図-資 190
10 大天守・廊下東面復元立面図	図-資 191
11 大天守・廊下北面復元立面図	図-資 192
12 大天守・廊下西面復元立面図	図-資 193
3 天守群復元案	
13 東廊下・東小天守復元平面図	図-資 194
14 東廊下・東小天守復元断面図	図-資 195
15 南廊下・南小天守復元平面図	図-資 196
16 天守群南面復元立面図	図-資 197
17 天守群東面復元立面図	図-資 198
18 天守群北面復元立面図	図-資 199
19 天守群西面復元立面図	図-資 200

※ この復元図は検討会議におけるこれまでの議論を踏まえて作成したものであり、今後詳細検討を進めた上で改めて作成する。

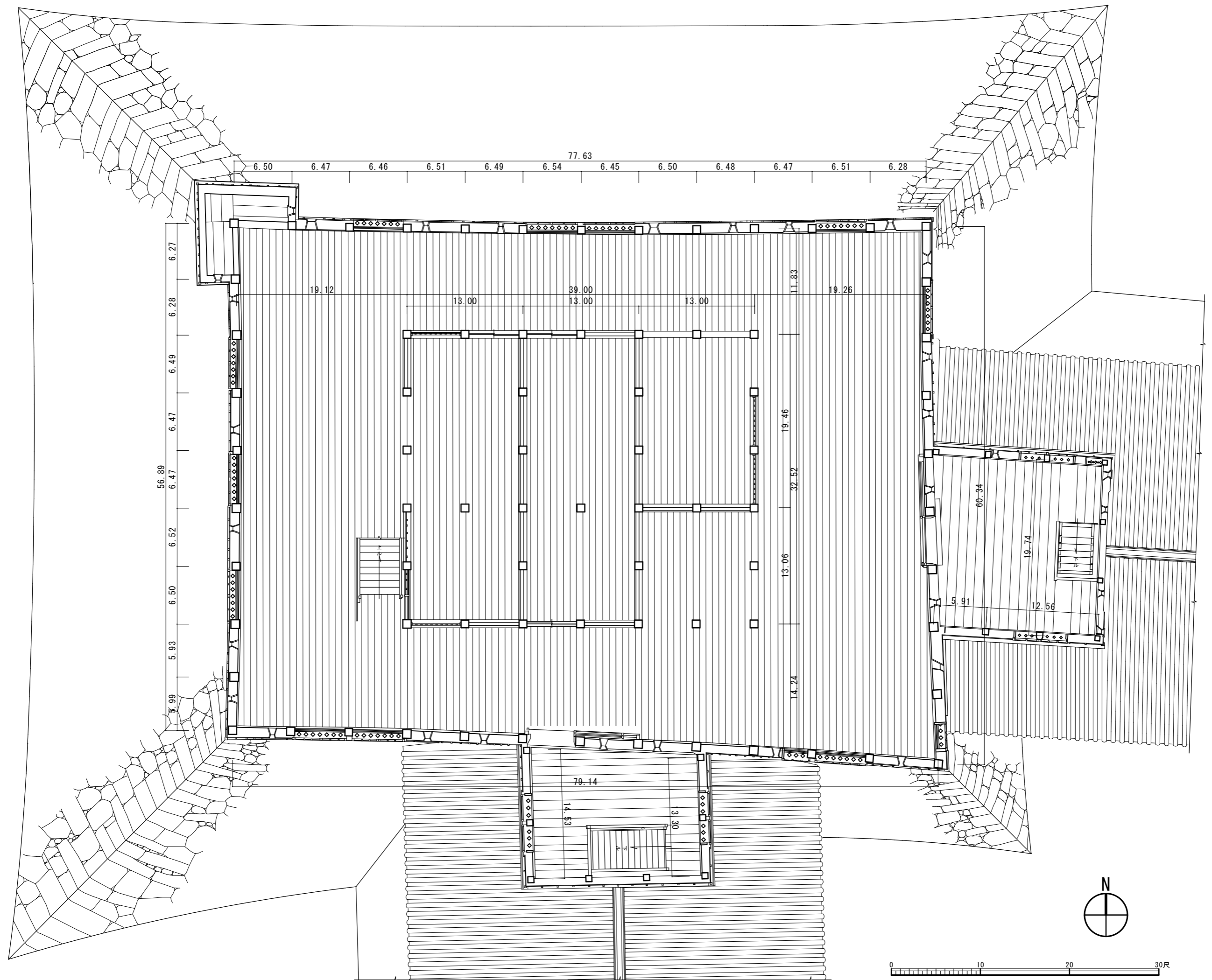


圖-資182 大天守1階復元平面圖

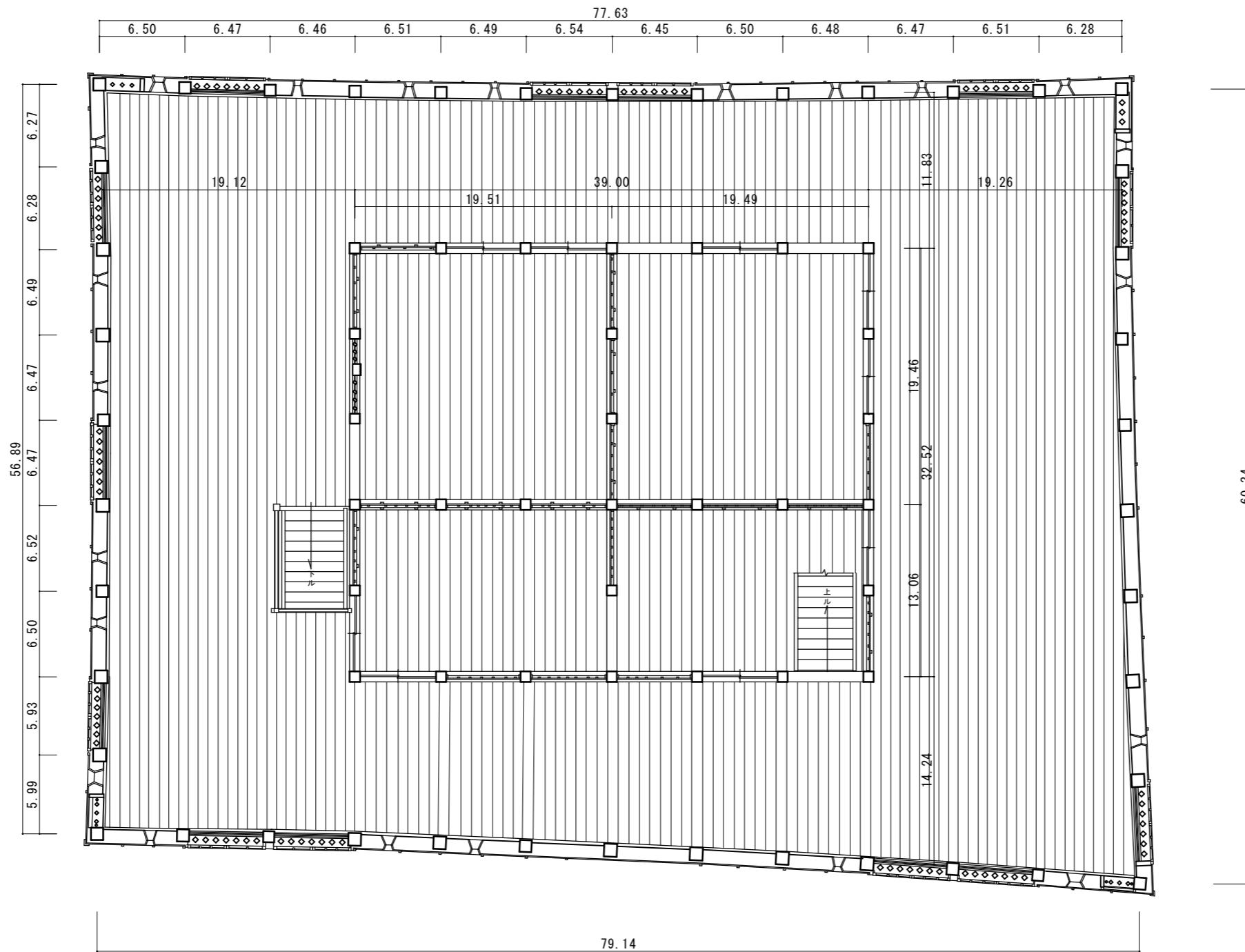
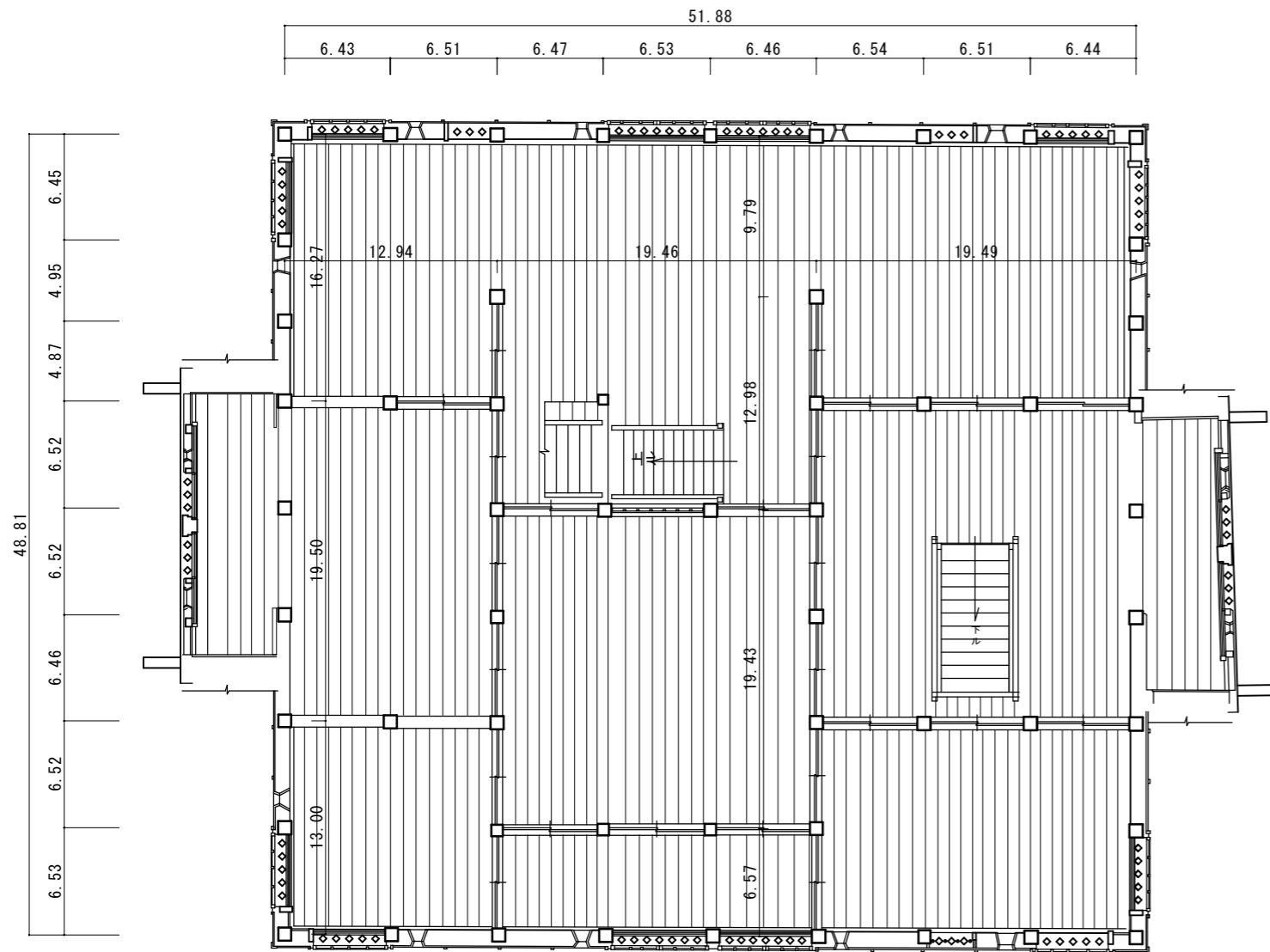
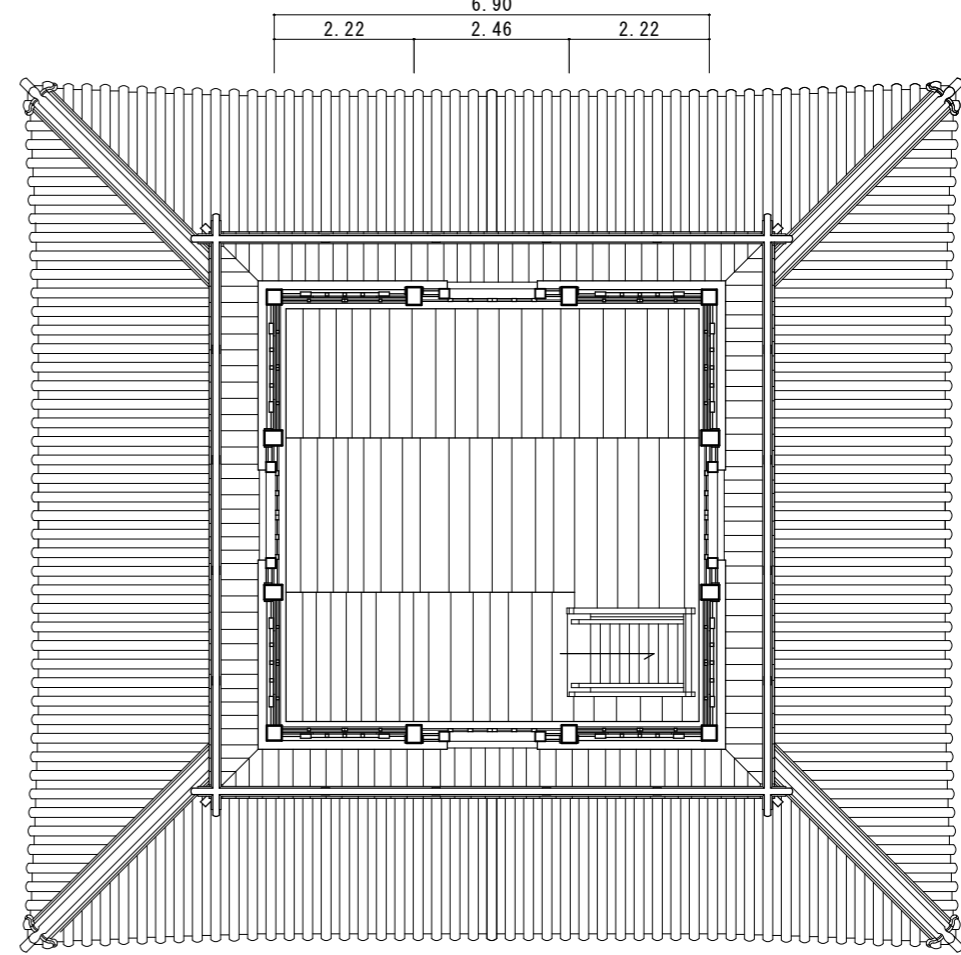
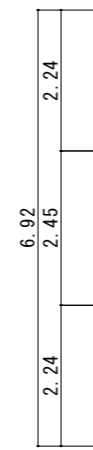


図-資183 大天守2階復元平面図

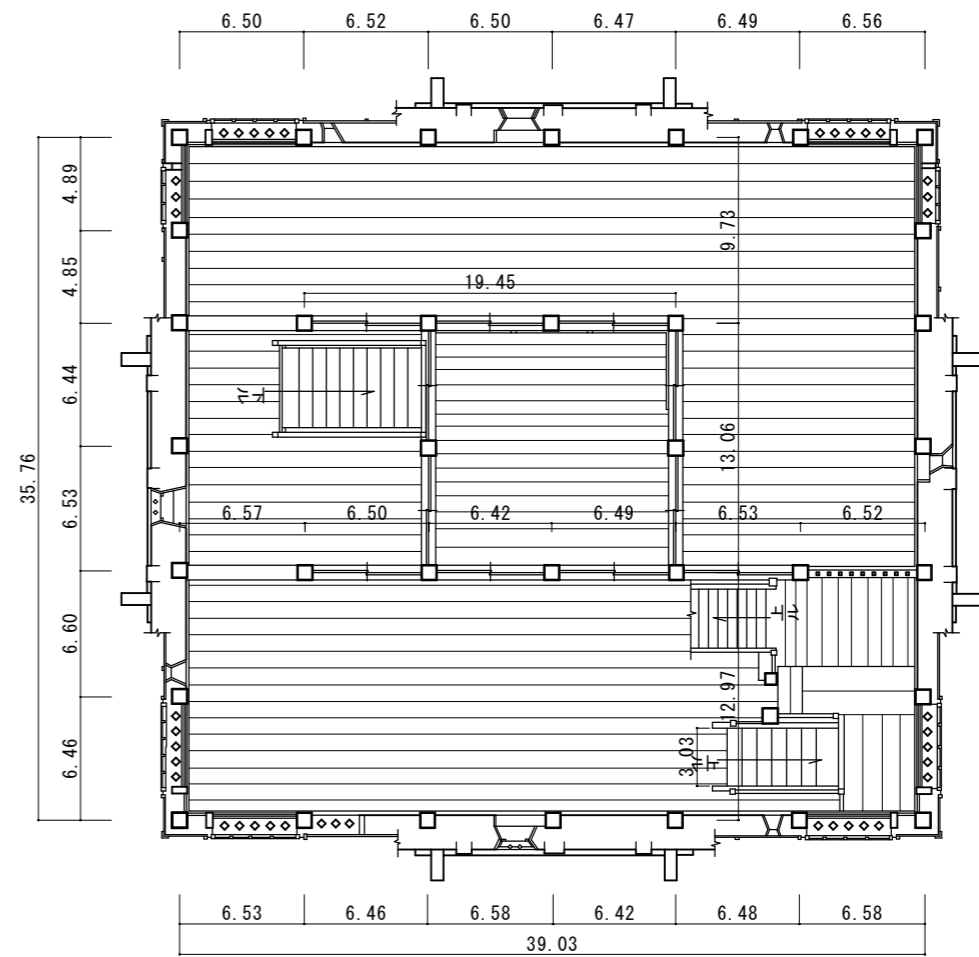




大天守3階復元平面図



大天守5階復元平面図



大天守4階復元平面図



図-資184 大天守3～5階復元平面図

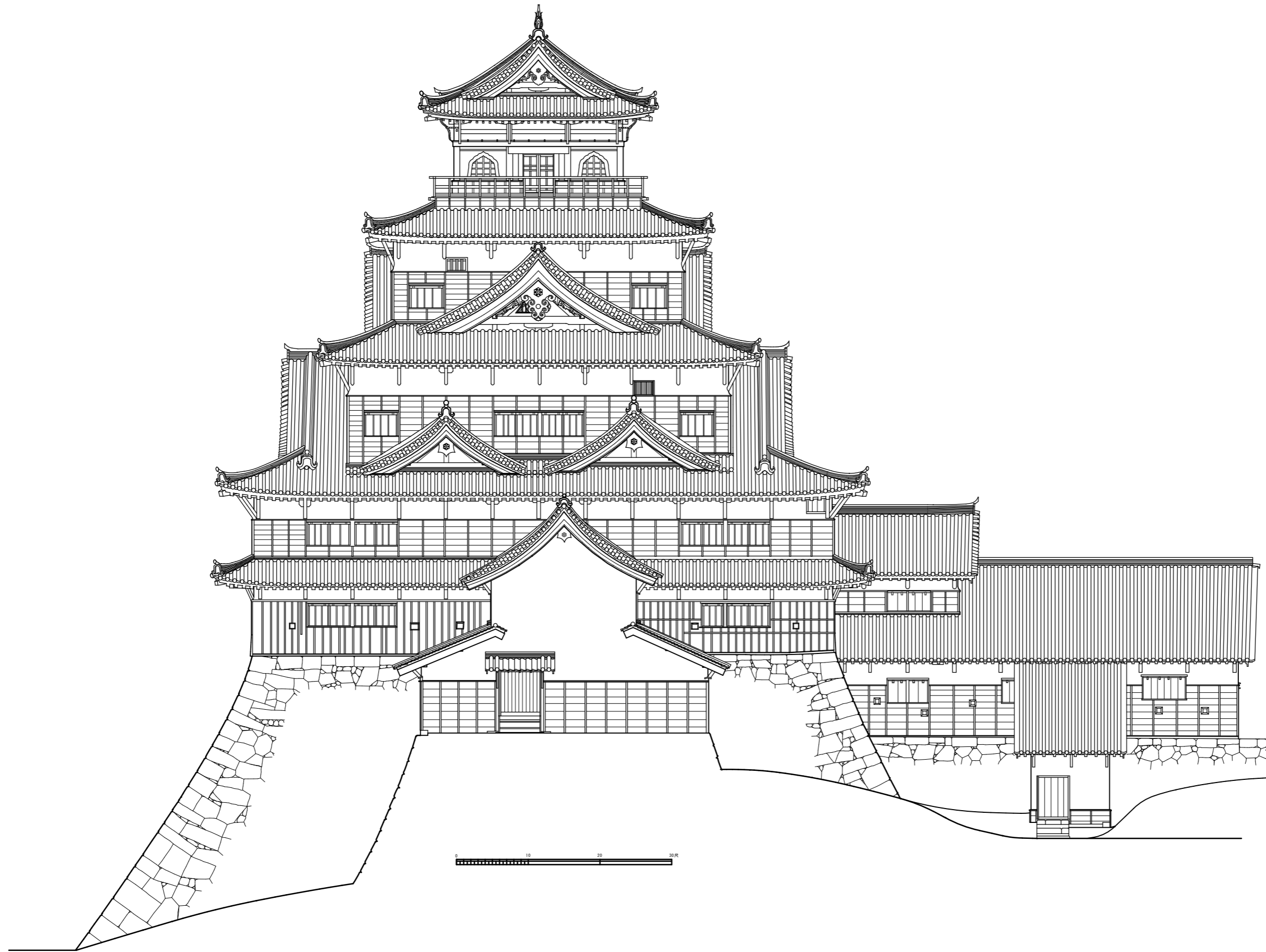


圖-資185 大天守南面復元立面圖

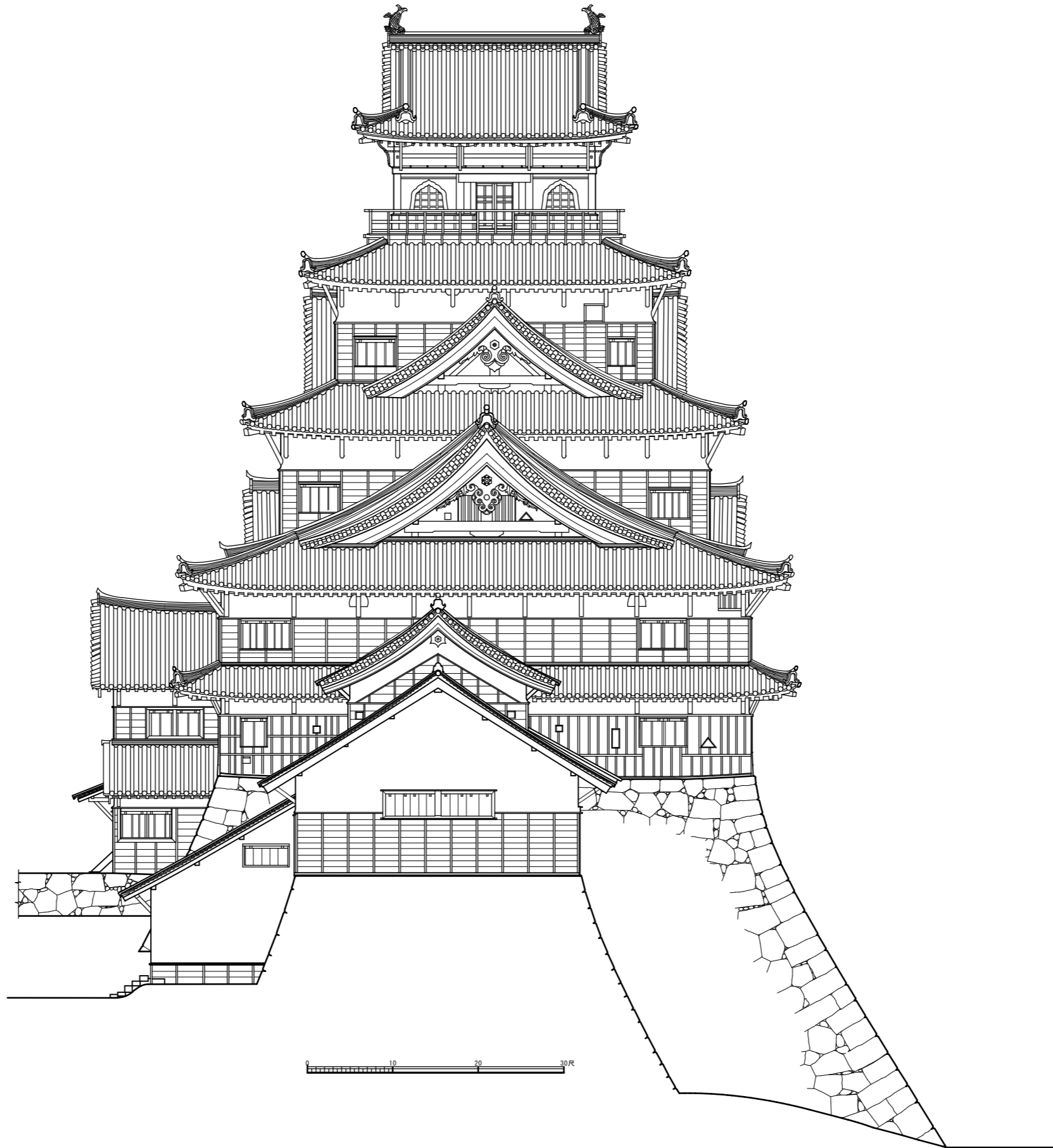


圖-資186 大天守東面復元立面圖

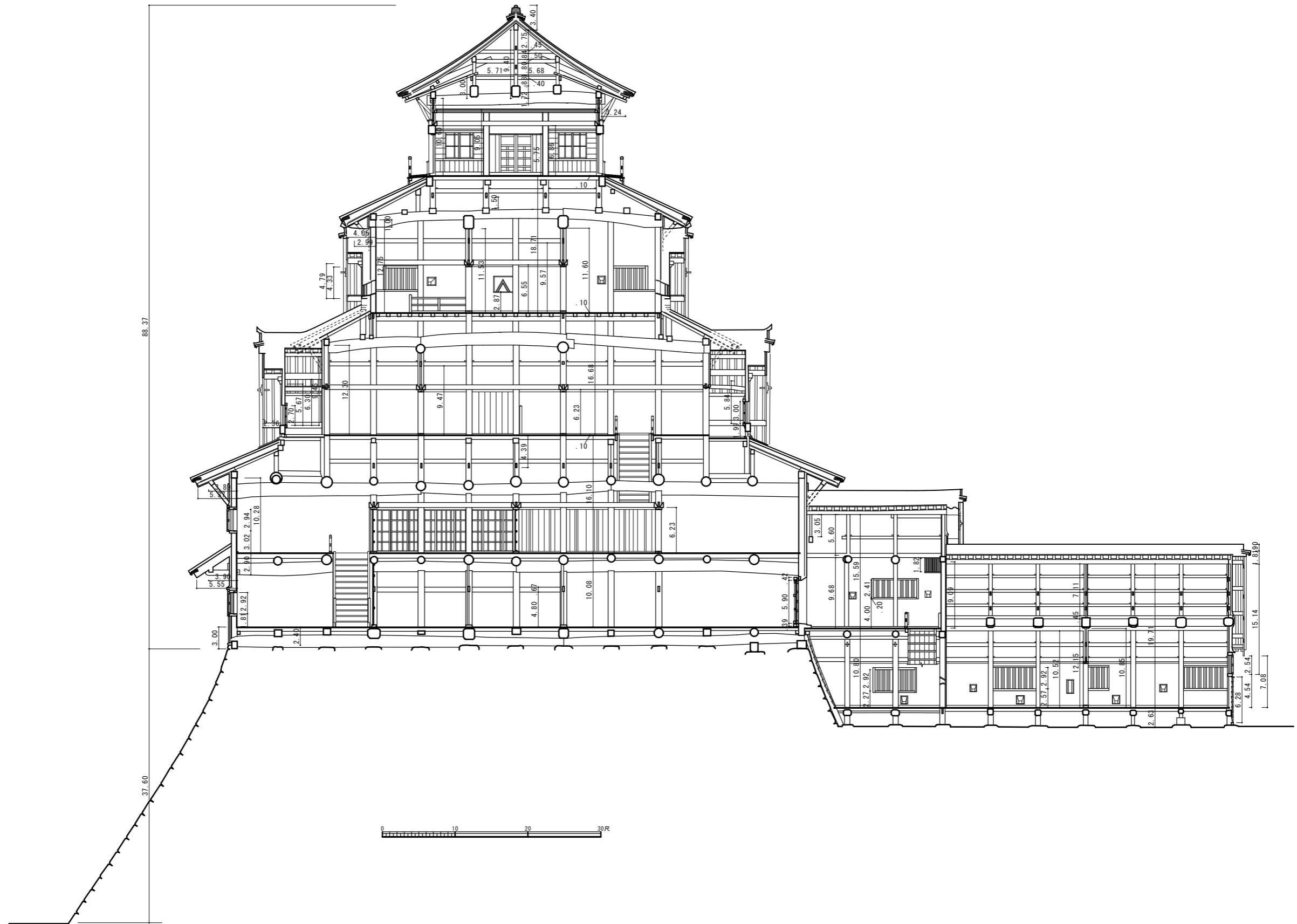


圖-資187 大天守東西方向復元断面図

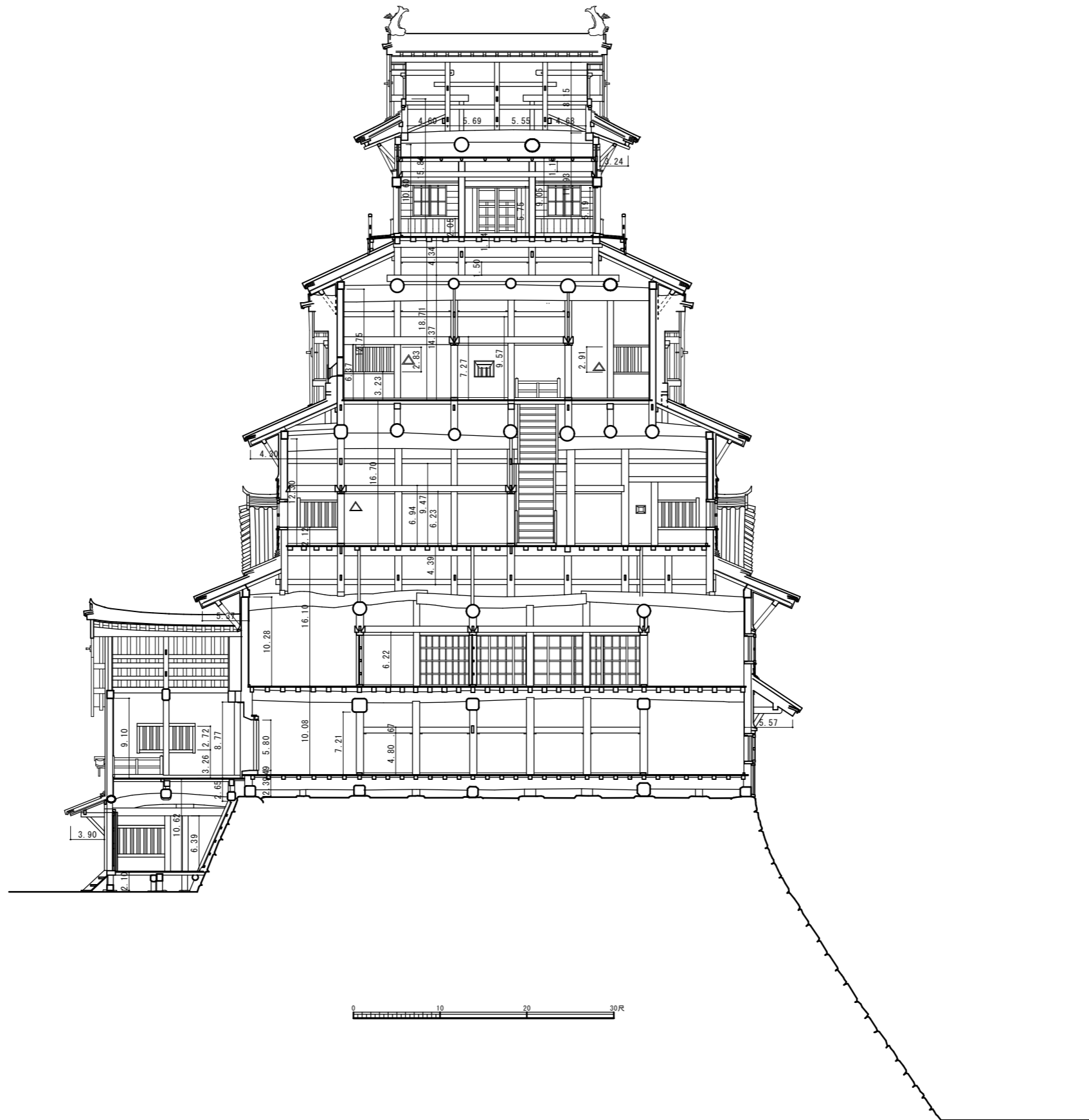


圖-資188 大天守南北方向復元断面図

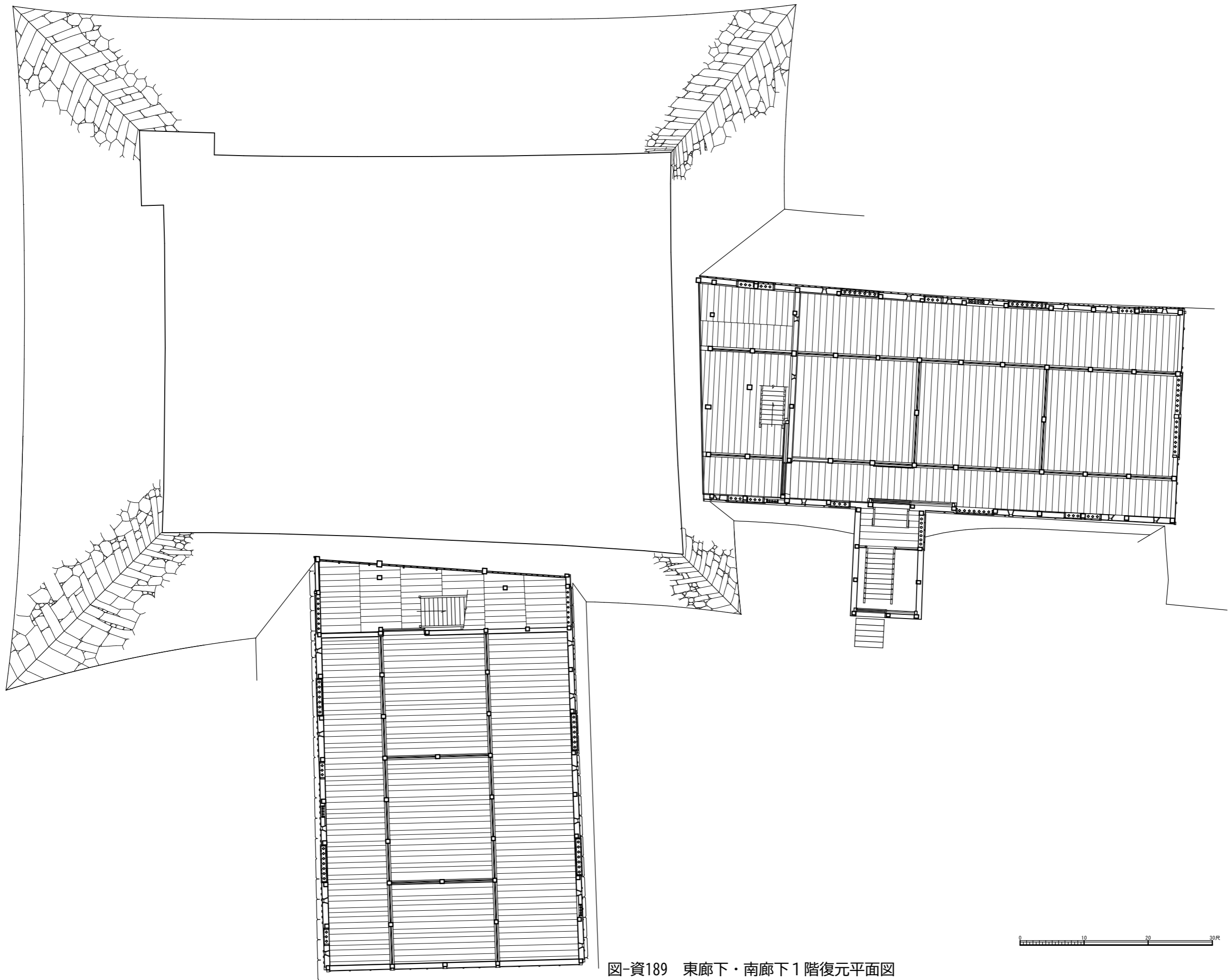


圖-資189 東廊下・南廊下1階復元平面圖

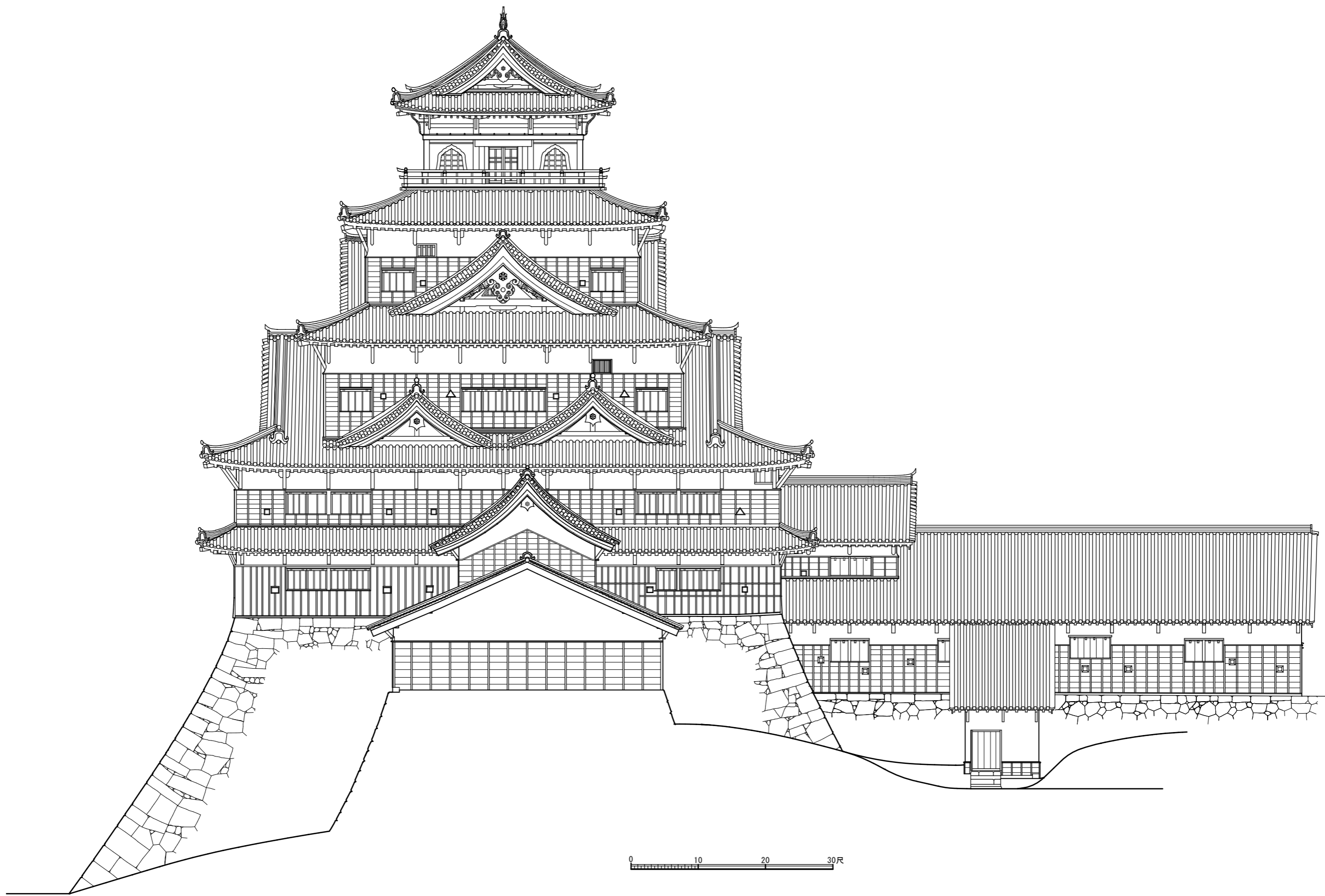


圖-資190 大天守・廊下南面復元立面圖

▽標高41.759

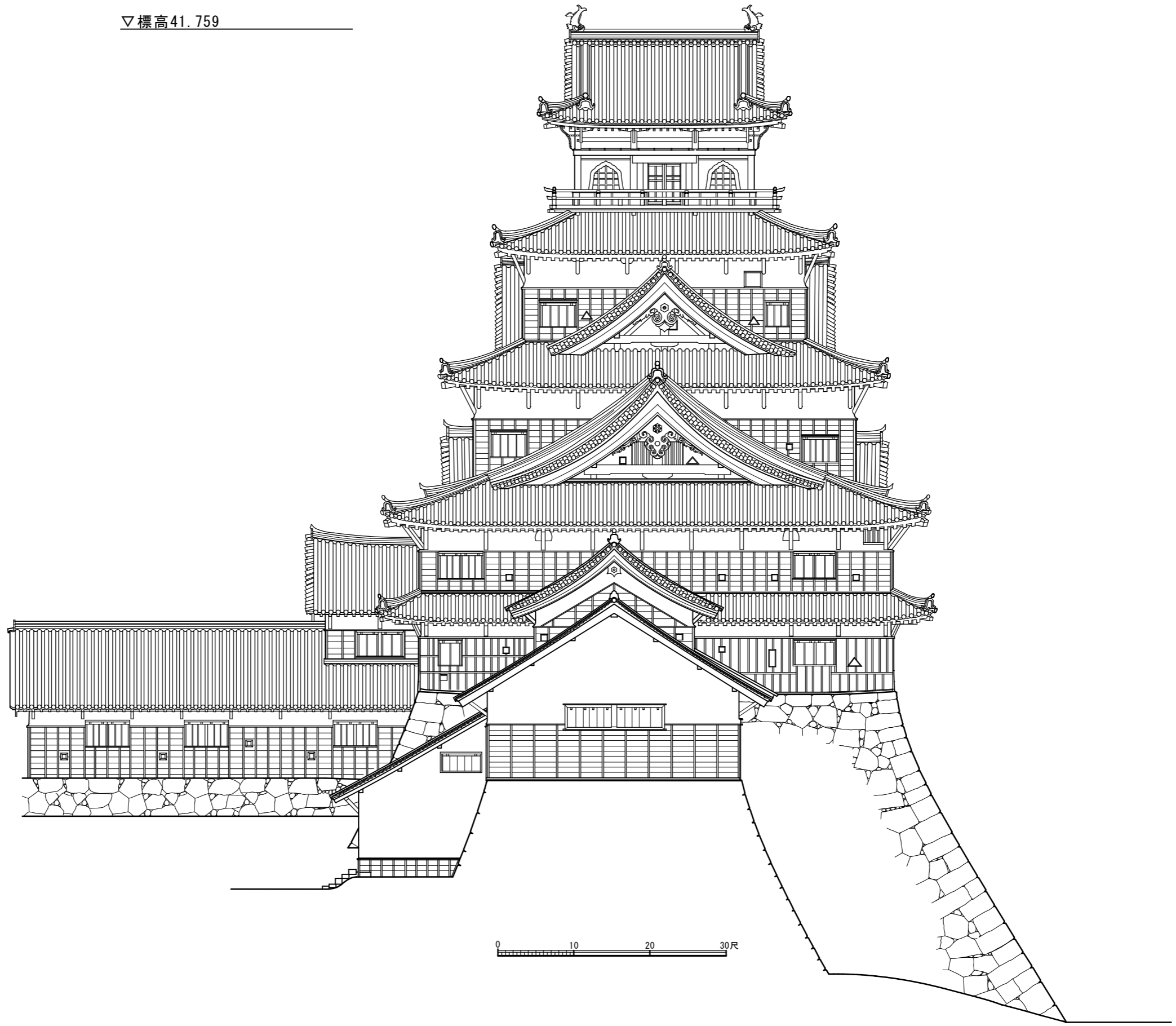


図-資191 大天守・廊下東面復元立面図

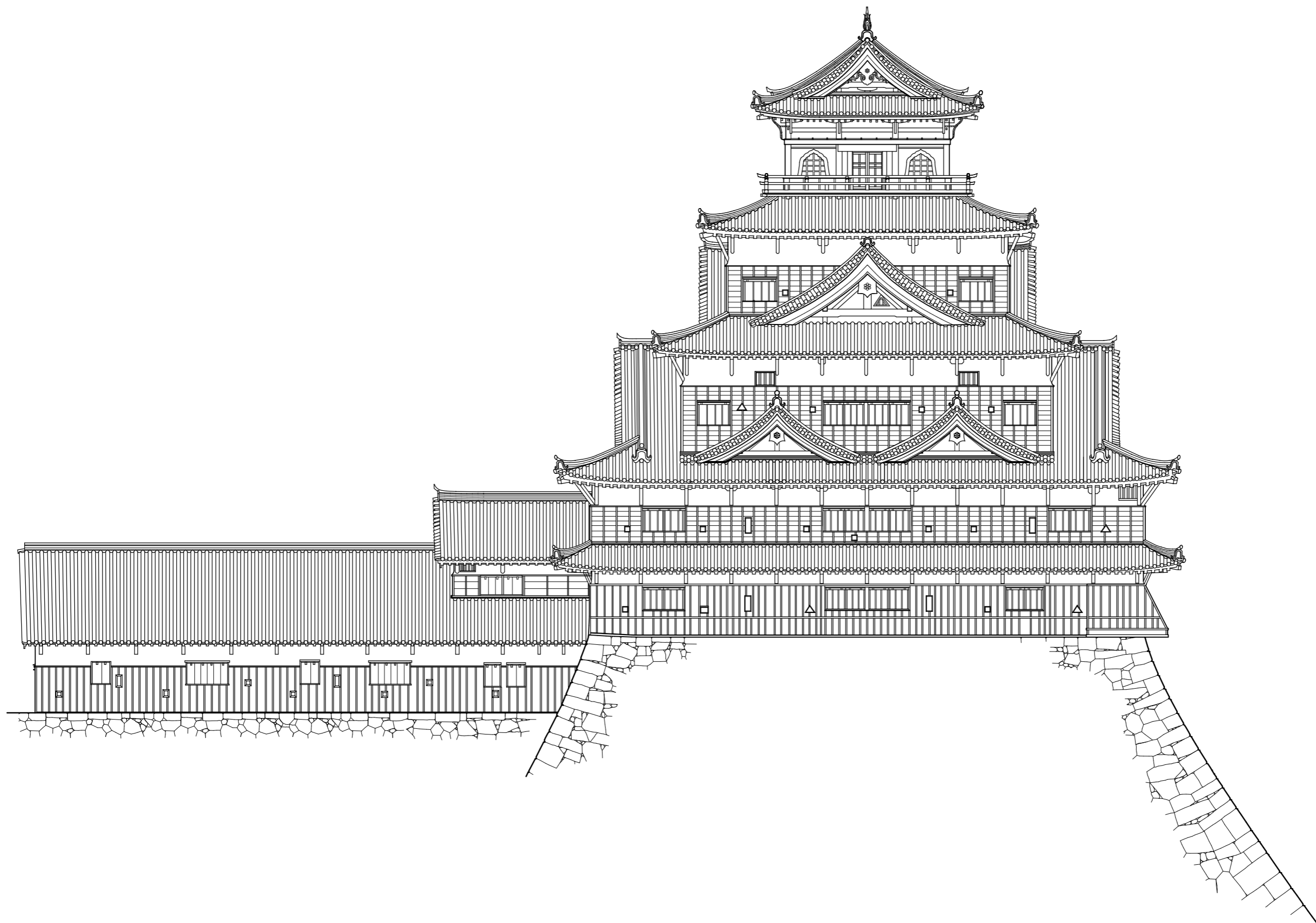
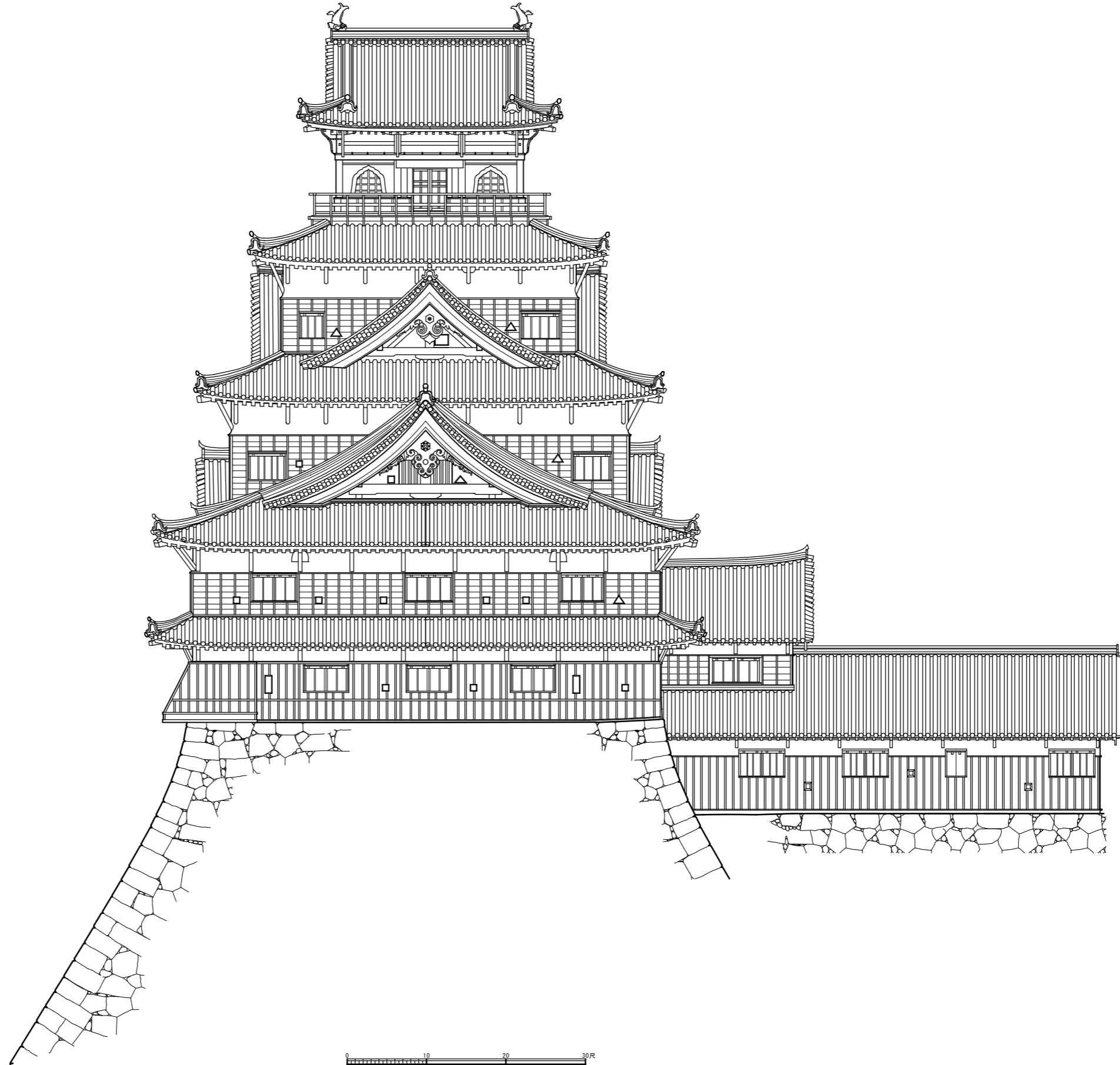


図-資192 大天守・廊下北面復元立面図

▽大天守棟高 標高 +41.733

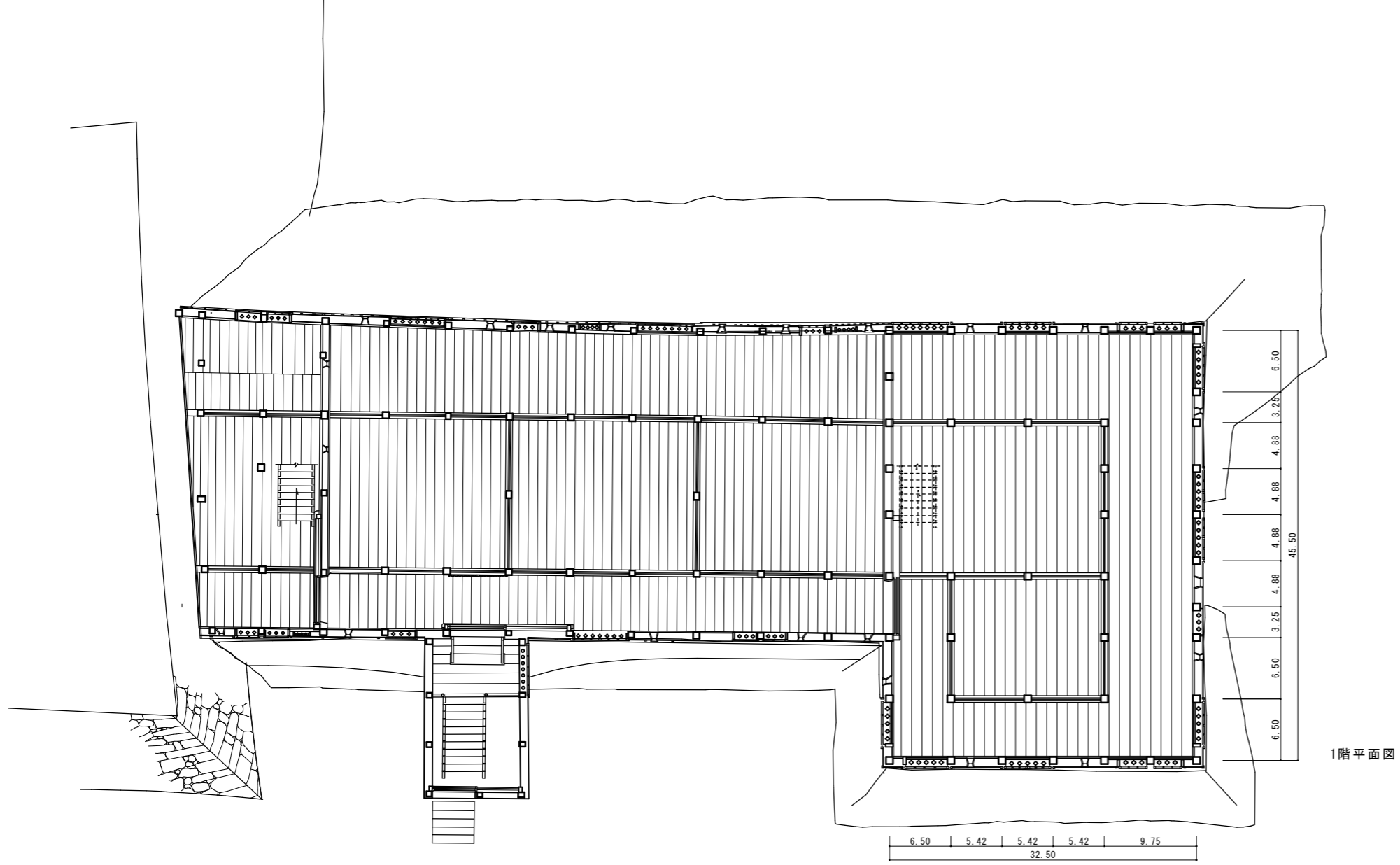


▽大天守石垣天端 +15.210

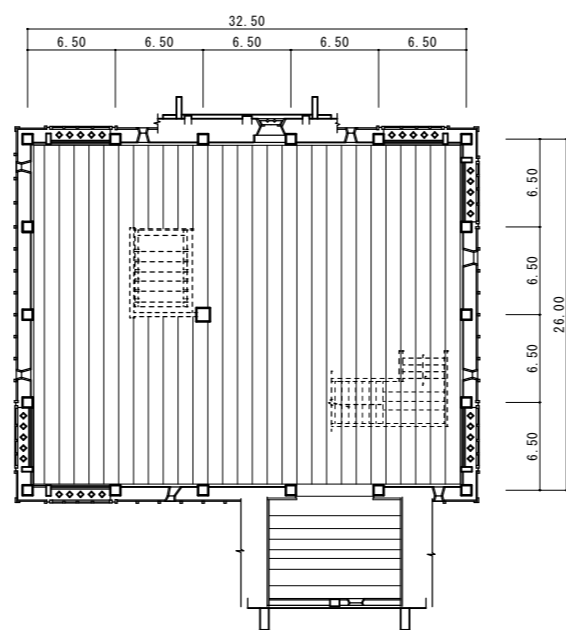
▽南小天守石垣天端 +12.030
△東小天守石垣天端 +11.930

0 10 20 30尺

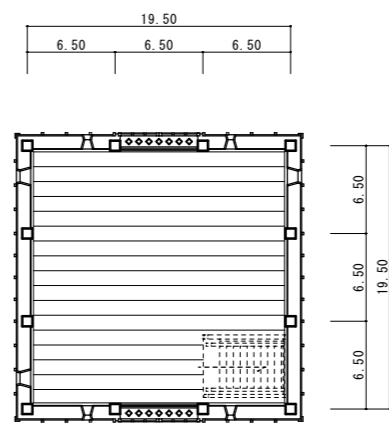
図-資193 大天守・廊下西面復元立面図



1階平面図



2階平面図



3階平面図



圖-資194 東廊下・東小天守復元平面図

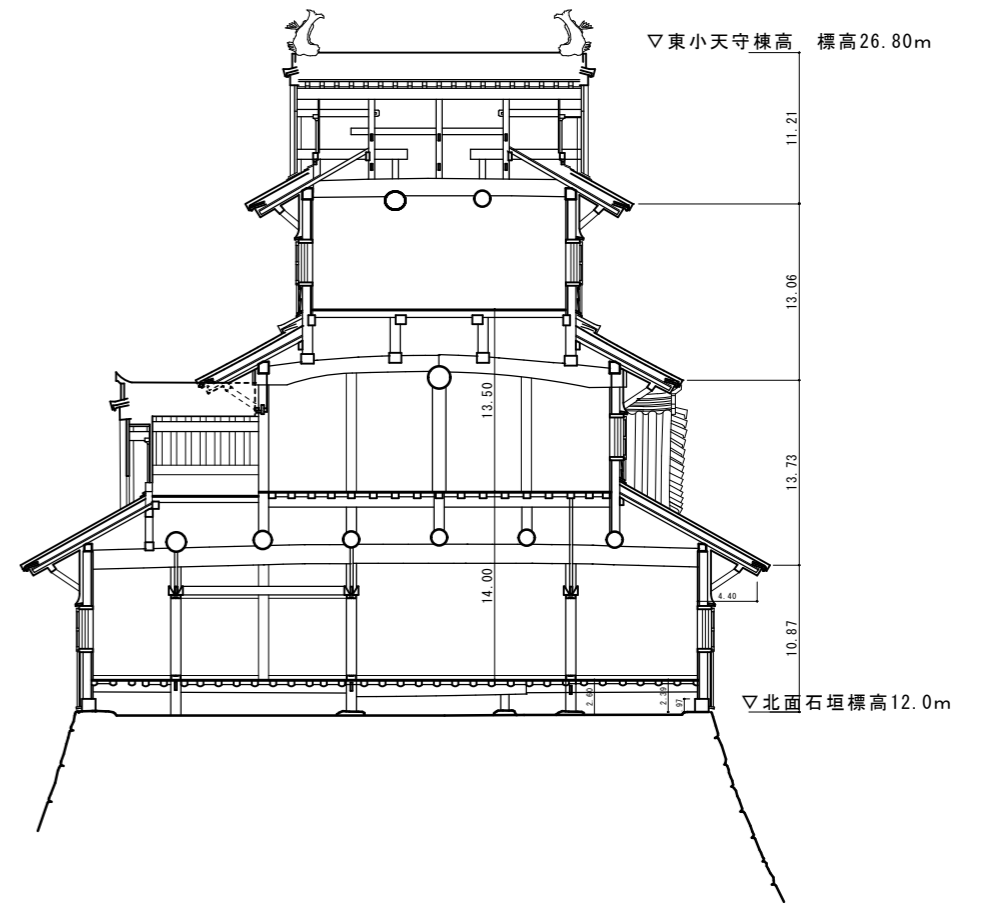
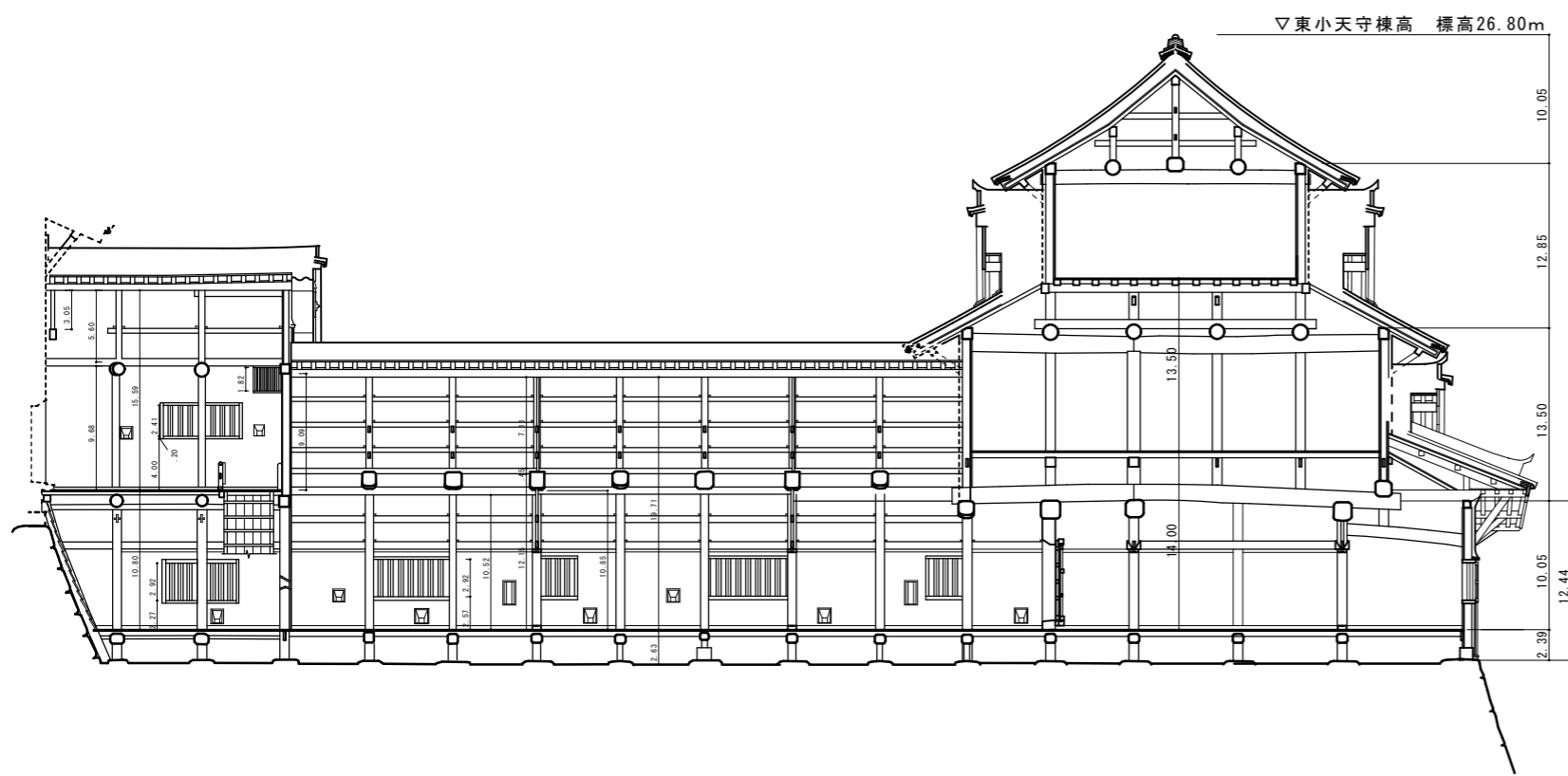
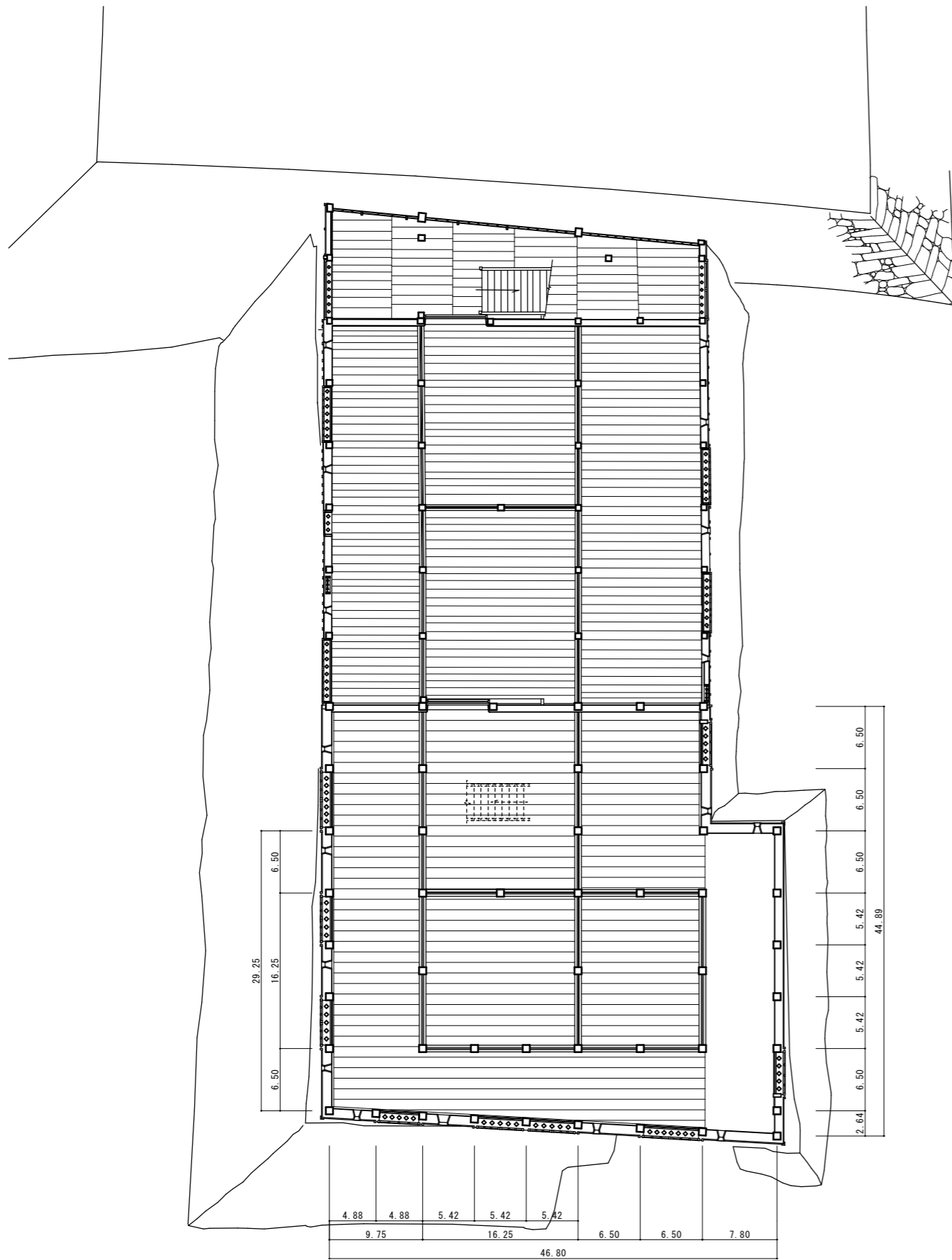
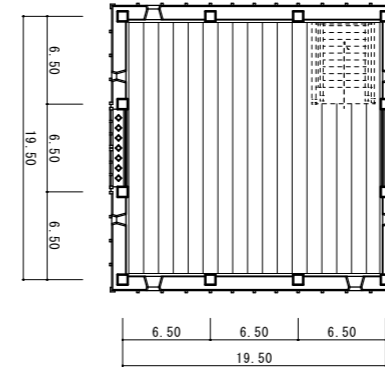


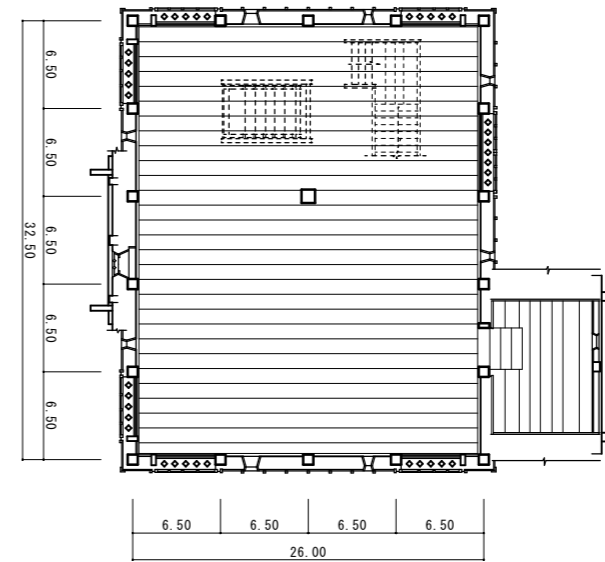
図-資195 東廊下・東小天守復元断面図



1階平面図



3階平面図



2階平面図



図-資196 南廊下・南小天守復元平面図

▽大天守棟高 標高 +41.733

▽南小天守棟高 +26.830

▽東小天守棟高 +26.800

▽大天守石垣天端 +15.210

▽南小天守石垣天端 +12.030

△東小天守石垣天端 +11.930

0 10 20 30尺

圖-資197 天守群南面復元立面圖

▽大天守棟高 標高 +41.733

▽南小天守棟高 +26.830

▽東小天守棟高 +26.800

▽大天守石垣天端 +15.210

▽南小天守石垣天端 +12.030
△東小天守石垣天端 +11.930

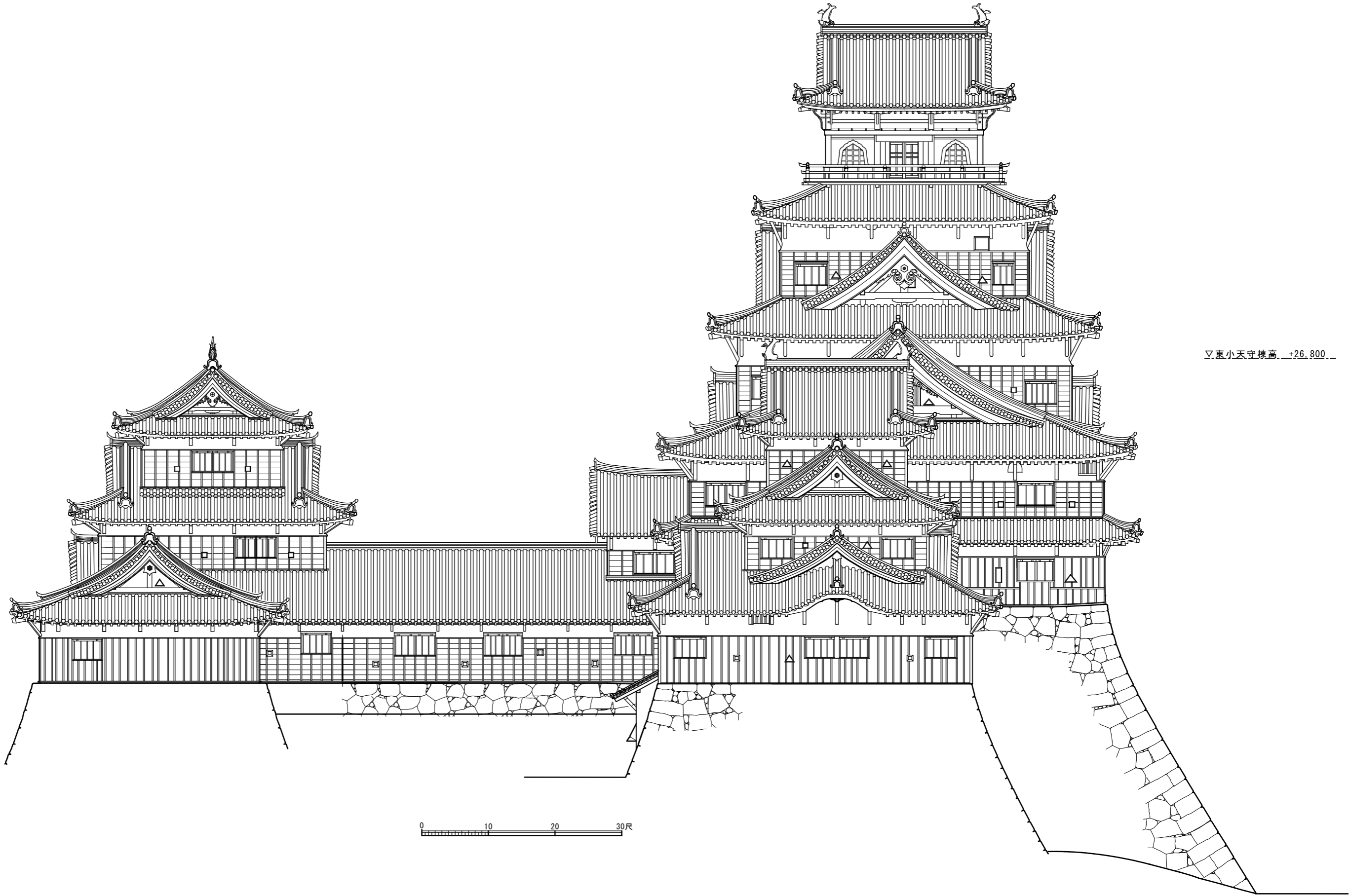
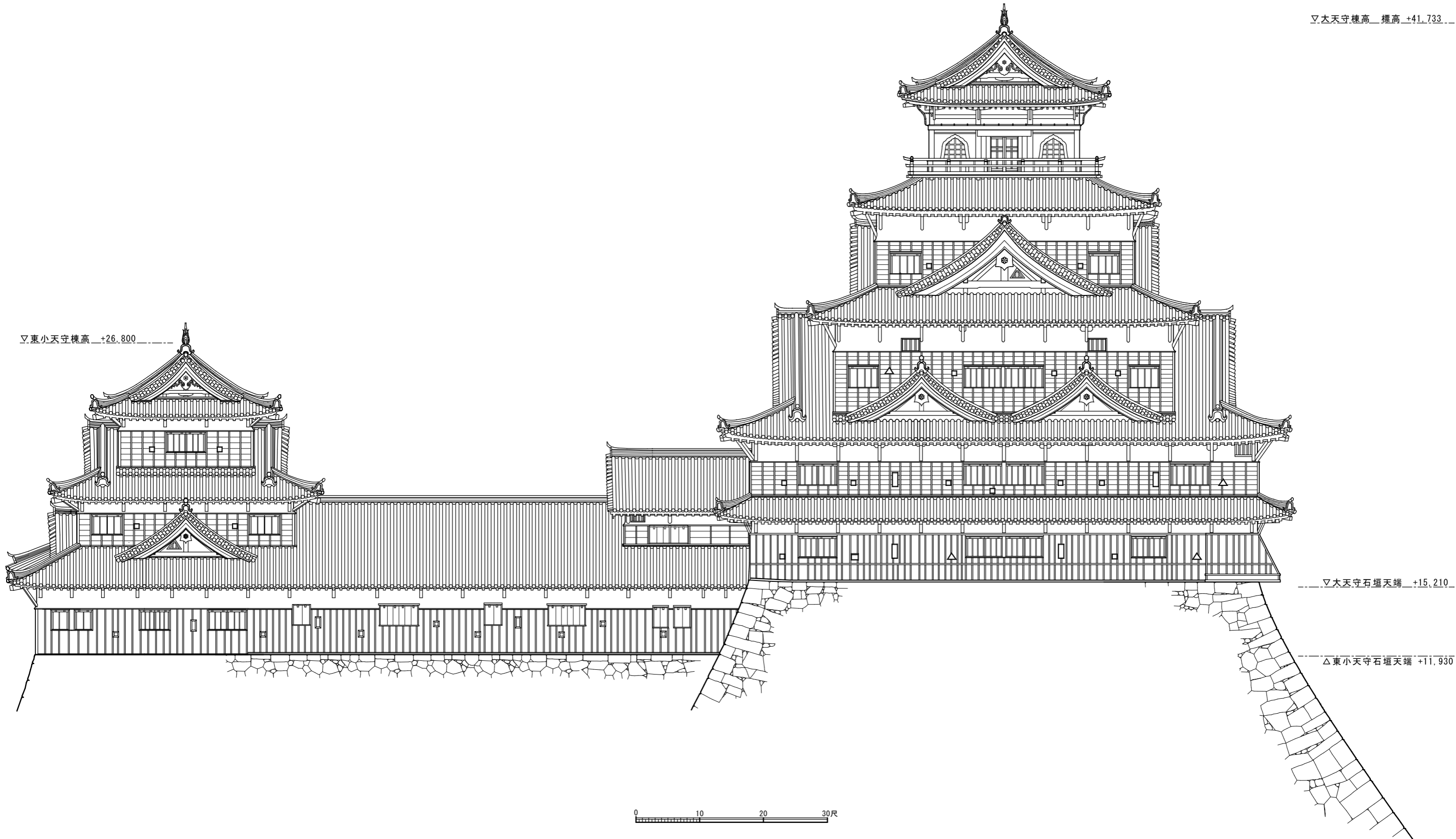


図-資198 天守群東面復元立面図



▽東小天守棟高 +26.800

▽大天守棟高 標高 +41.733

▽大天守石垣天端 +15.210

△東小天守石垣天端 +11.930

0 10 20 30尺

図-資199 天守群北面復元立面図

▽大天守棟高 標高 +41.733

▽南小天守石垣天端 +12.030
△東小天守石垣天端 +11.930

▽南小天守棟高 +26.830

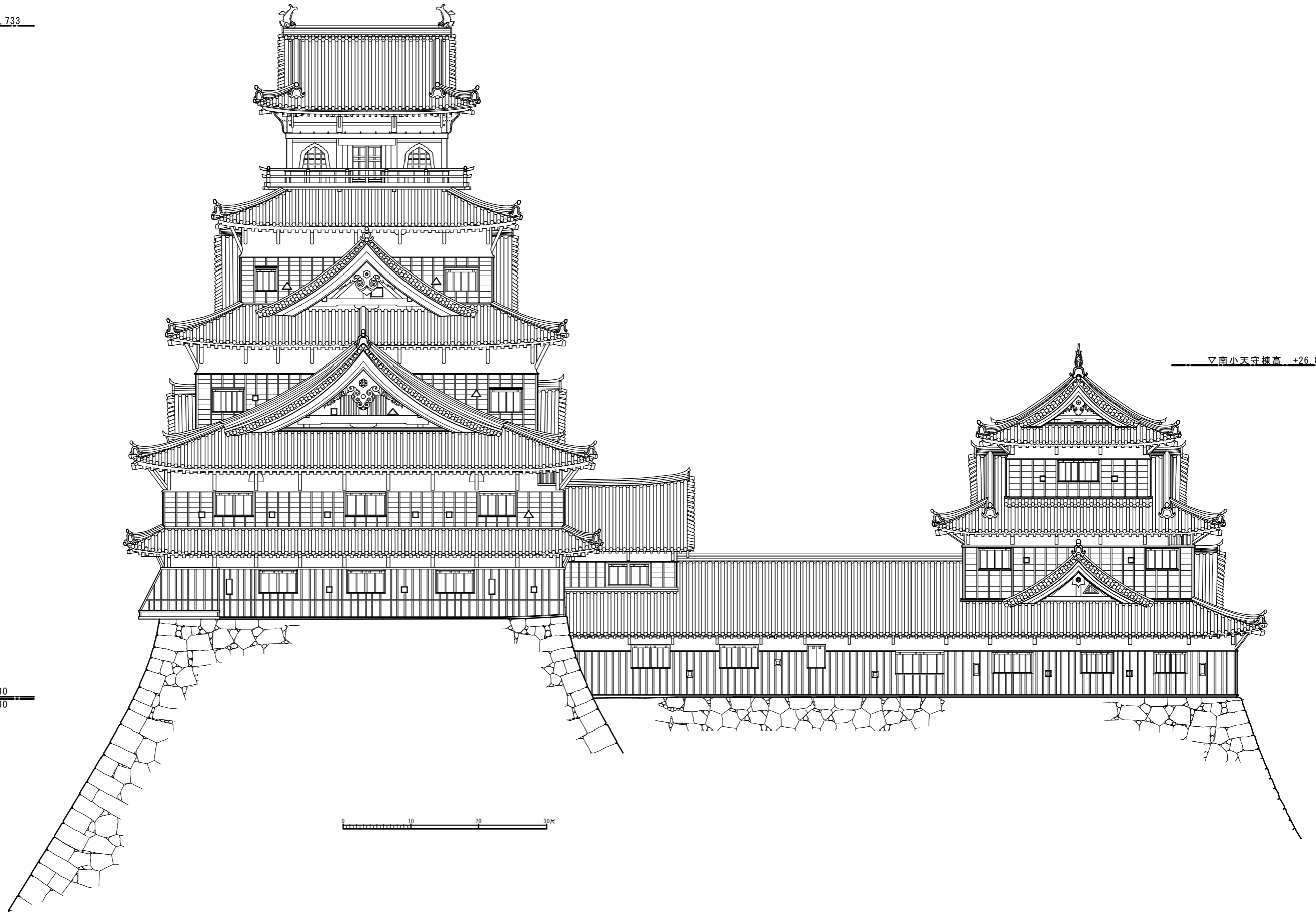


図-資200 天守群西面復元立面図

5 現地予備調査

(1) 調査内容

過去に実施された以下の調査結果を踏まえ、下表のとおり調査目的等を整理し、現地予備調査及び補足調査を実施した（表-資 20 及び表-資 21）。

- ・ 広島城天守台石垣現況調査業務 調査結果（令和 4（2022）年 3 月）
- ・ 広島城小天守台石垣現況調査業務 調査結果（令和 5（2023）年 3 月）

表-資 20 現地予備調査項目・目的・手法

調査項目	調査目的	調査手法
A) 周辺状況調査	周辺状況の把握	目視踏査・3次元レーザ測量
B) 石垣現況補足調査	石垣の変形状況、築石状況等の現状把握	石垣目視調査
C) 3次元補完測量	周辺地形、建造物等の3次元モデル作成	空中写真測量(ドローン) 3次元レーザ測量(内堀石垣)
D) 石垣断面構造の補足調査 (下図検討断面①～④)	石垣断面構造を調査し解析断面モデルを作成 石垣の安定性を技術検討	石垣面の地中レーダ探査 築石の衝撃弾性波探査 ファイバースコープによる裏込状況調査

3次元補完測量(3次元モデル作成範囲)

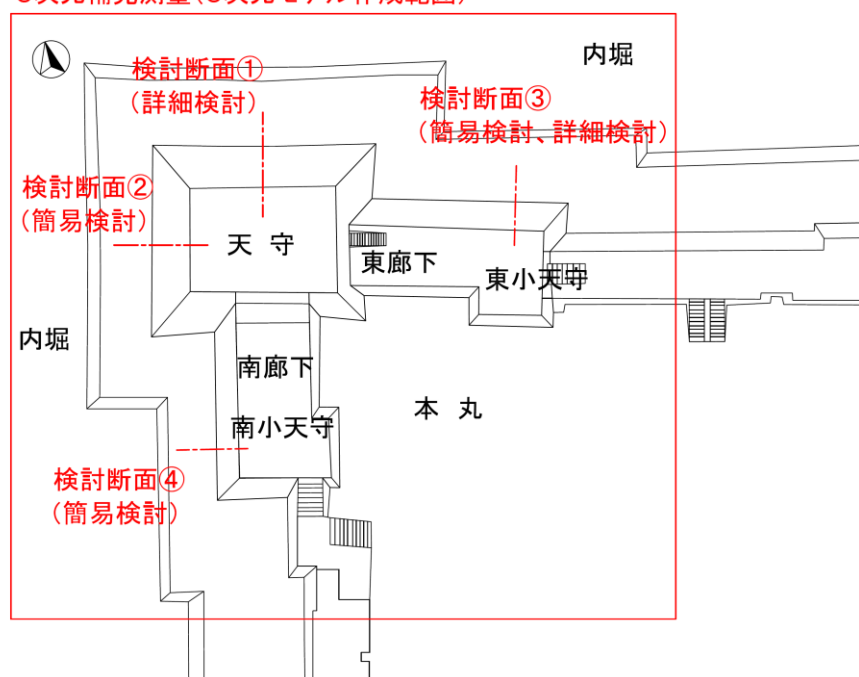


図-資 201 補足調査位置

表-資 21 補足調査内容

調査項目	調査内容	
	今回実施	既存資料あり
A)周辺状況調査	全体状況現地確認	各種報告書・文献
B)石垣現況補足調査	大天守東、西、南面	大天守北面
C)3次元補完測量	空中写真測量(ドローン)	3次元レーザ点群データ 石垣写真測量データ
D)石垣断面構造の 補足調査	大天守西面(検討断面②) 地中レーダ探査 衝撃弾性波探査 東小天守北面、南小天守西面 (検討断面③,④) 衝撃弾性波探査	大天守北面(検討断面②) 地中レーダ探査 衝撃弾性波探査 東小天守北面、南小天守西面 (検討断面③,④) 地中レーダ探査

(2) 調査状況

調査状況は以下のとおりである。

周辺状況調査(モバイル3次元レーザスキャナ)



石垣現況補足調査状況



3次元補完測量(空中写真測量:ドローン)



写真-資 15 調査状況- 1

3次元補完測量（3次元レーザ測量）



石垣断面構造の補足調査状況（地中レーダ探査）



石垣断面構造の補足調査状況（衝撃弾性波探査）



石垣断面構造の補足調査状況（ファイバースコープ）



写真-資 16 調査状況-2

(3) 調査結果

ア 周辺状況調査

現天守解体、天守群の復元の施工計画を念頭において、動線となる範囲の目視調査と可搬式のモバイルスキャナによる3次元レーザ測量を実施し計画時の基礎資料とした。

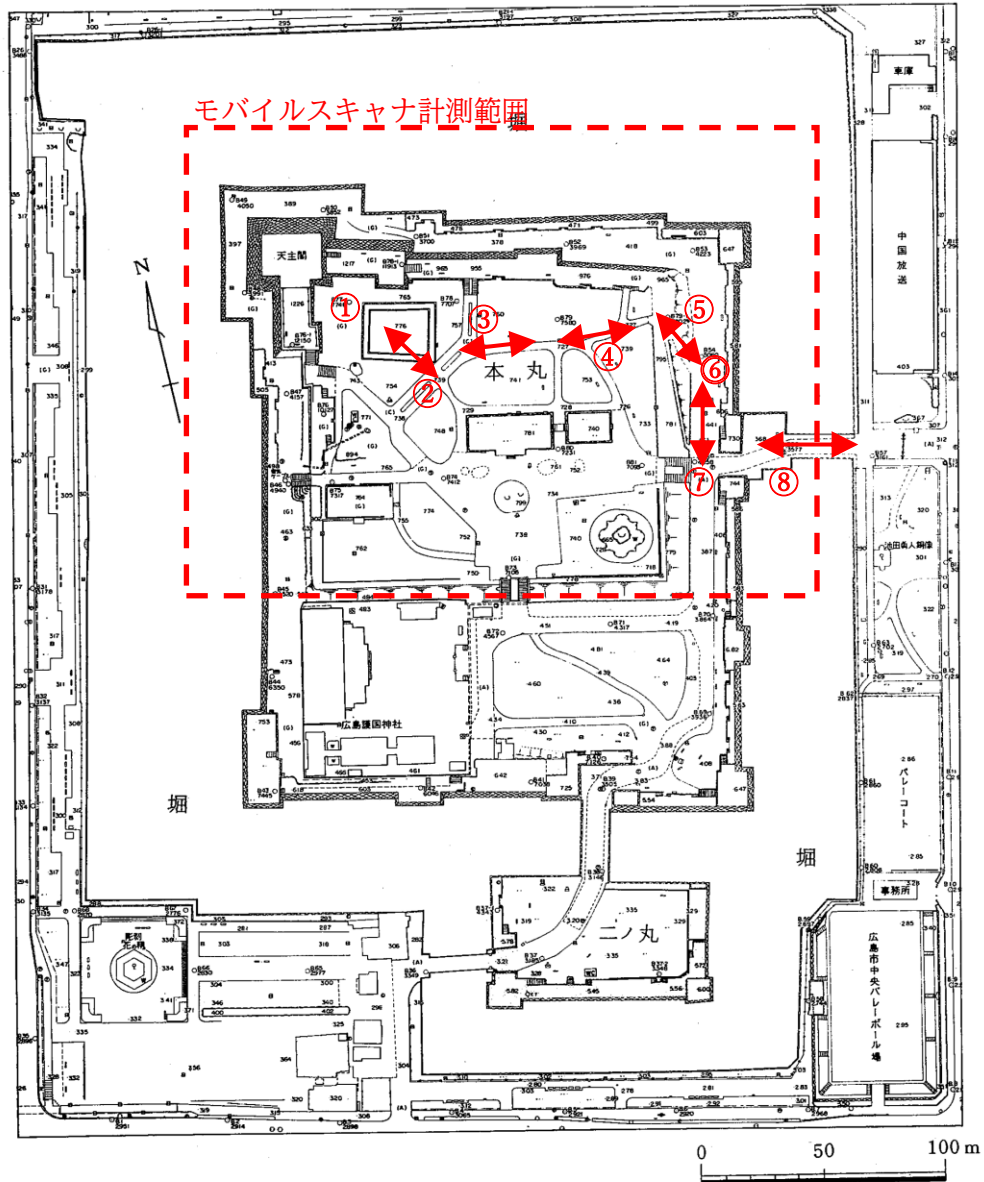


図-資 202 周辺状況調査範囲



写真-資 17 現地状況

調査に使用したモバイルスキャナは、地上型3次元レーザスキャナより精度は劣るが、可搬式であり容易に広範囲の計測が可能である（仕様は図-資 203 のとおり）。



機械性能	
測定距離	0.5~120m
測定範囲	V : 270° / H : 360°
レーザクラス	1
計測速度	320,000 点/秒
相対精度	<6mm
内蔵カメラ	3 台 (5MP、計 15MP)

図-資 203 モバイルスキャナ（機械名：STONEX X120G0）

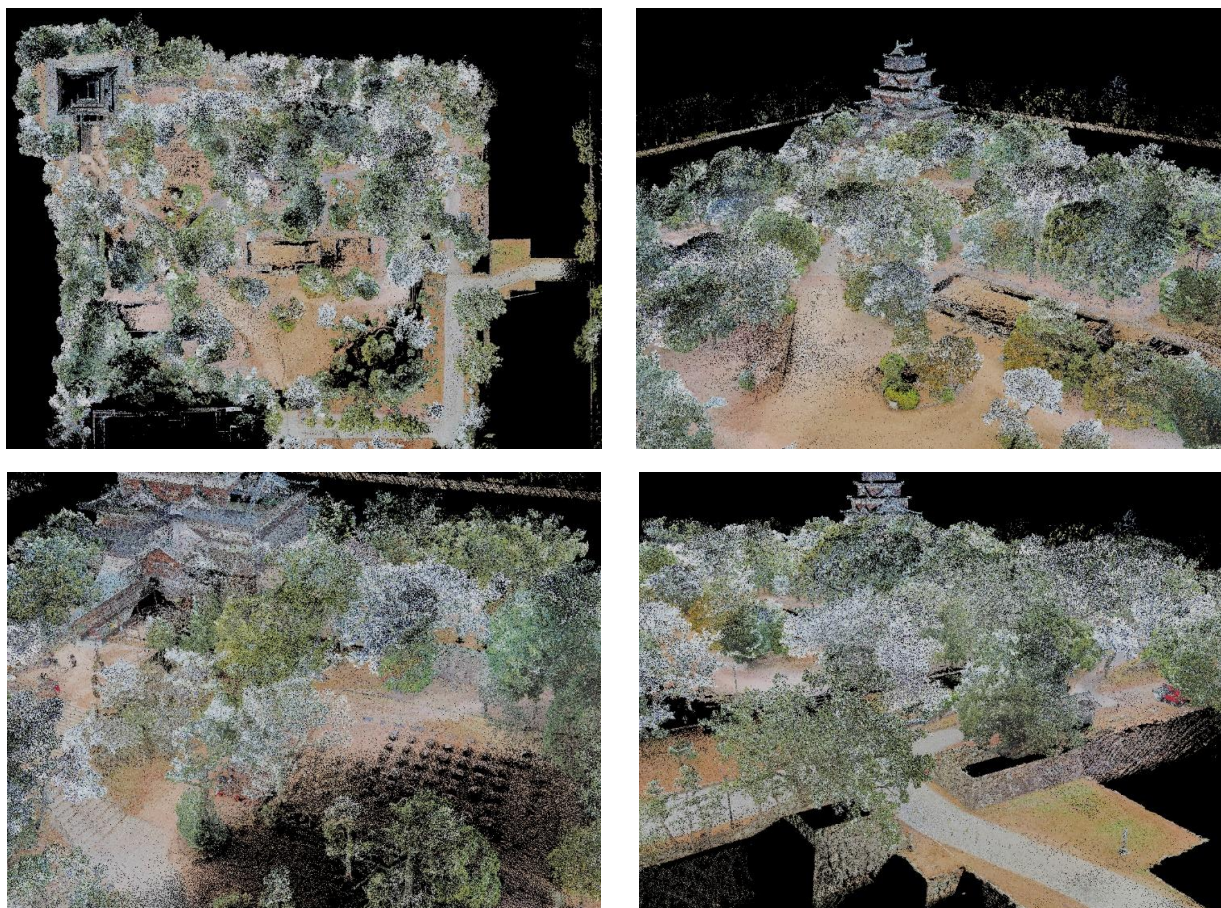


図-資 204 広島城内3次元画像例

イ 石垣現況補足調査

広島城天守～廊下～小天守台石垣の工学的所見について、次のとおり取りまとめた。

(ア) 築石状況

- ・ 自然石が主に用いられ、石目の発達した築石が多い（割れの発生）。



- ・ 劣化（風化）を起こしている石材が散見される。



(イ) 石垣状況

- ・ 石垣に顕著な変形（はらみ出し等）は発生していない。
- ・ 間詰石が抜けている箇所がみられる



・小型の築石を用いて積まれた箇所がある。



・面の小さい石材を横使いし、間詰石を多用することで、同一面で異なった印象を持つ箇所が見られる



・不完全な算木積みが見られる。



・樹根は一部で見られるが、現時点での影響は小さい。

(ウ) 石垣線形状況

・石垣の勾配

天守台石垣の勾配は比較的緩勾配で安定性は高い。

石垣高さの高い内堀側（外郭側）は内郭側より石垣の勾配が緩くなっている。

天守台に比べ小天守台（廊下）は石垣の勾配が急になっている。

表-資 22 石垣の勾配

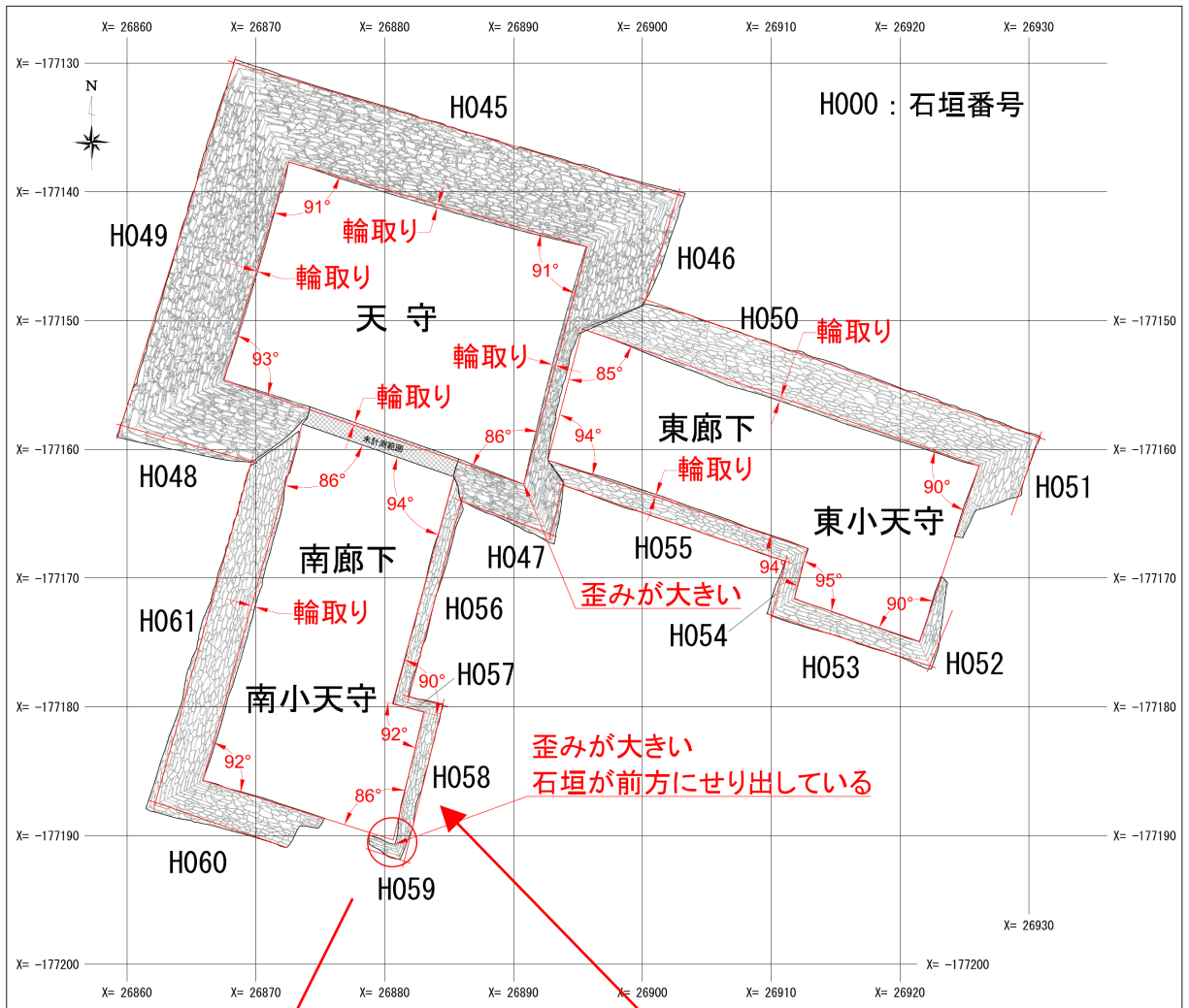
位 置	内堀側（外郭側）	内郭側
天守台石垣	56° ~59°	62° ~65°
小天守台（廊下）石垣	60° ~66°	66° ~72°

・平面線形

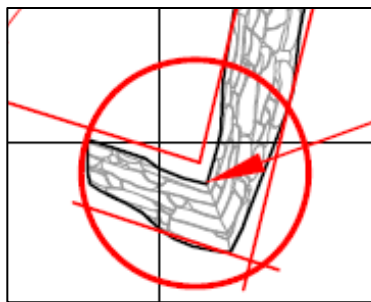
表-資 23 平面線形状況

位 置	輪取り (石垣番号)	平面形状
天守台石垣	あり	南東にかけての歪みが大きい
東小天守(廊下)台石垣	あり (H050, H055)	歪みは小さい
南小天守(廊下)台石垣	あり (H061)	小天守台南東にかけての歪みが大きく、 石垣が前方にせり出している ⇒石垣の築石間の隙間が大きい (図-資 205 参照)

広島城天守台石垣 平面図



拡大



築石間の隙間が大きい



図-資 205 石垣平面状況

ウ 石垣断面の補足調査

石垣の解析断面の作成を目的に石垣断面構造の調査を行った（調査結果：図-資 209～図-資 212）。なお、調査に当たっては、既往調査より得られた情報を補足する形で以下のとおり行った。

【既往調査】

- ・ 広島城天守台石垣現況調査業務（令和 4（2022）年 3 月）
- ・ 広島城小天守台石垣現況調査業務（令和 5（2023）年 3 月）

【今回行った補足調査方法】

- ・ 地中レーダ探査（調査場所：天守台西面）
築石の控長把握が探査目的であるため深度約 1.5m までを比較的精度よく探査できる 400MHz アンテナを主に使用した。
- ・ 衝撃弾性波探査（調査場所：天守台西面、東小天守台北面、南小天守台西面）
- ・ 裏込状況のファイバースコープ調査（調査場所：天守台西面）

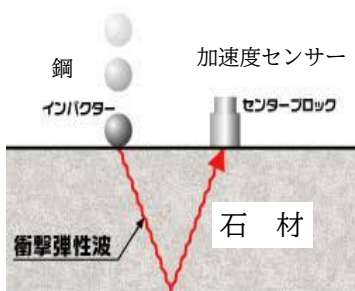
【補足調査に使用した機器】

- ・ 仕様等については、以下のとおり（図-資 206 から図-資 208 参照）



名 称		型 式	メーカ-
地中探査レーダ SIR-3000	データロガー	DC3000/2100	GSSI
	アンテナ	50400S	GSSI
		50270S	GSSI

図-資 206 地中レーダ探査 使用機器



機能	コンクリート表面の弾性波速度測定	
	表面に開口したひび割れ深さの測定	
	コンクリート板の厚さの測定	ポイントモード
	あるいは内部欠陥の検知	掃引測定モード
装置の構成	本体部	アンプ, AD 変換, 電源
	PC	測定制御(PC 仕様書参照)
	センサー	1~20kHz
	インパクト	φ30mm 鋼球, 350g ハンマ
	充電用電源	AC100V 入力, DC16V 出力(PC 用)
	収納ケース	アルミニウム合金製
測定範囲	弾性波速度	2000m/s から 6000m/s
	ひび割れ深さ	最小 20mm, 最大 200mm 以上
	厚さ測定	最小 100mm, 最大 1500mm 以上
測定データ数	PC 側 HDD の空き容量に依存 20,000 データ/1GBite	
寸法	本体 260mm×190mm×70mm(突起を含まず)	
質量	約 2.8kg	

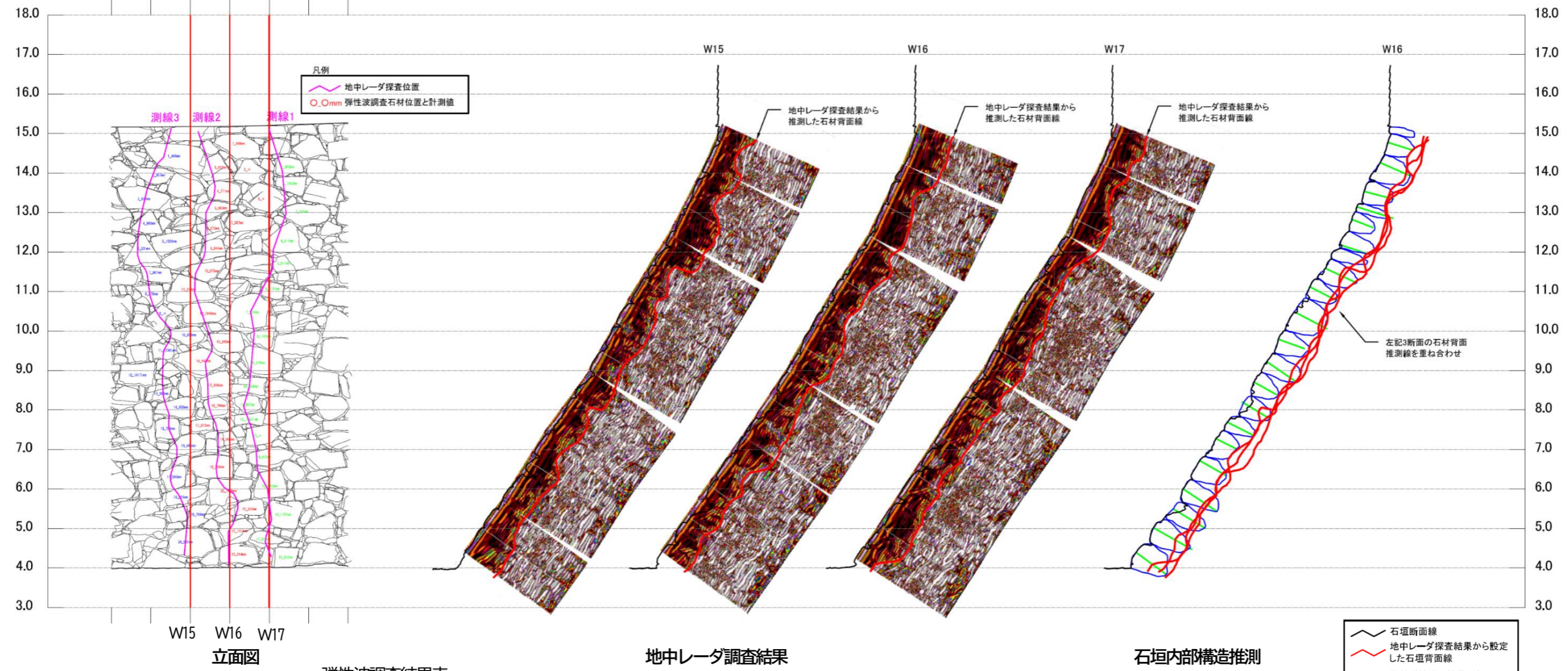
図-資 207 衝撃弾性波調査 使用機器 iTECKS-6



	機械性能
動画解像度	1280×720
カメラ直径	8.2mm
ホース直径	7.6mm
視野角	60度
補助照明	LED6 灯

図-資 208 裏込状況のファイバースコープ調査 使用機器 TESLONG NTS200

天守台西面石垣調査結果（今回の調査結果から作成）



弾性波調査結果表

測線3	測定厚さ (mm)	備考	測線2	測定厚さ (mm)	備考	測線1	測定厚さ (mm)	備考
1	486		1	666		1	852	
2	957		2	-	浮きのため測定不可	2	1062	
3	632		3	822		3	535	
4	685		4	771		4	911	
5	1026		5	962		5	817	
6	631		6	824		6	1111	
7	867		7	567		7	924	
8	578		8	573		8	1195	
9	-	浮きのため測定不可	9	845		9	578	
10	859		10	875		10	629	
11	(739)	浮きのため参考値	11	819		11	867	
12	(417)	浮きのため参考値	12	1040		12	(763)	割れのため参考値
13	686		13	689		13	-	浮きのため測定不可
14	838		14	949		14	835	
15	784		15	648		15	1050	
16	666		16	799		16	1191	
17	955		17	673		17	917	
18	925		18	564		18	952	
19	798		19	756				
20	981		20	1029				
			21	953				
			22	1115				
			23	914				

石垣内部構造推測
石垣内部構造は地中レーダ調査結果及び
衝撃弾性波調査結果から総合的に判断して推測した。

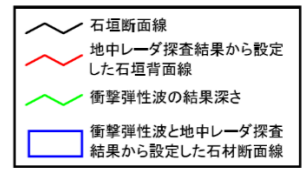
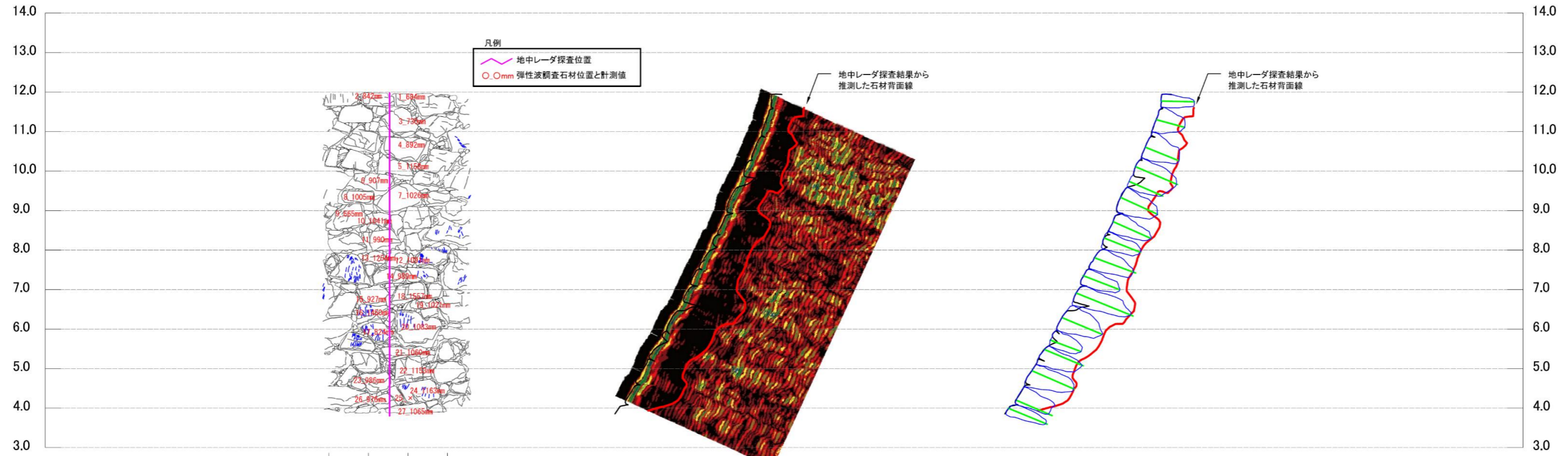


図-資 209 石垣内部調査結果（天守台西面）

東小天守台北面石垣調査結果（既往調査及び今回調査結果から作成）



立面図

地中レーダ調査結果

石垣内部構造推測

弾性波調査結果表

測定箇所	測定厚さ (mm)	備考
1	684	
2	842	
3	730	
4	892	
5	1158	
6	907	
7	1026	
8	1105	
9	665	
10	1041	
11	990	
12	1091	
13	1254	
14	989	
15	927	
16	1450	
17	824	
18	1557	
19	1021	
20	1083	
21	1060	
22	1153	
23	986	
24	1163	
25	-	小さすぎて測定不可
26	976	
27	1065	

レーダ探査石垣個別測定結果表

測定箇所	測定厚さ (mm)
1	830
2	920
3	590
4	980
5	1170
6	1030
7	990
8	1220
9	730
10	1230
11	1020
12	1070
13	1130
14	1040
15	930
16	1570
17	970
18	1510
19	1120
20	1200
21	1080
22	1260
23	1080
24	1250
25	130(間詰石)
26	1010
27	1140

石垣内部構造は地中レーダ調査結果及び
衝撃弾性波調査結果から総合的に判断して推測した。

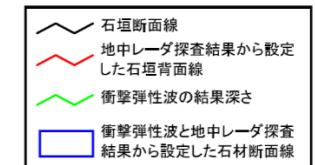
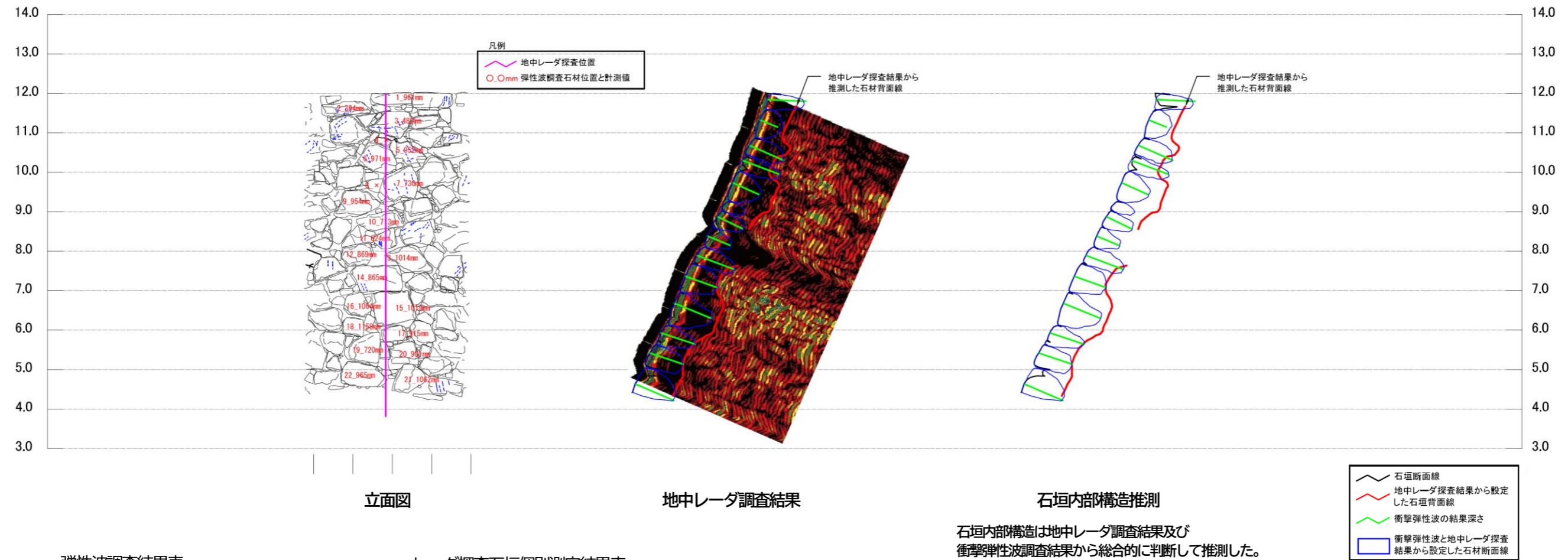


図-資 210 石垣内部調査結果（東小天守台北面）

南小天守台西面石垣内部調査結果（既往調査及び今回調査結果から作成）



弾性波調査結果表

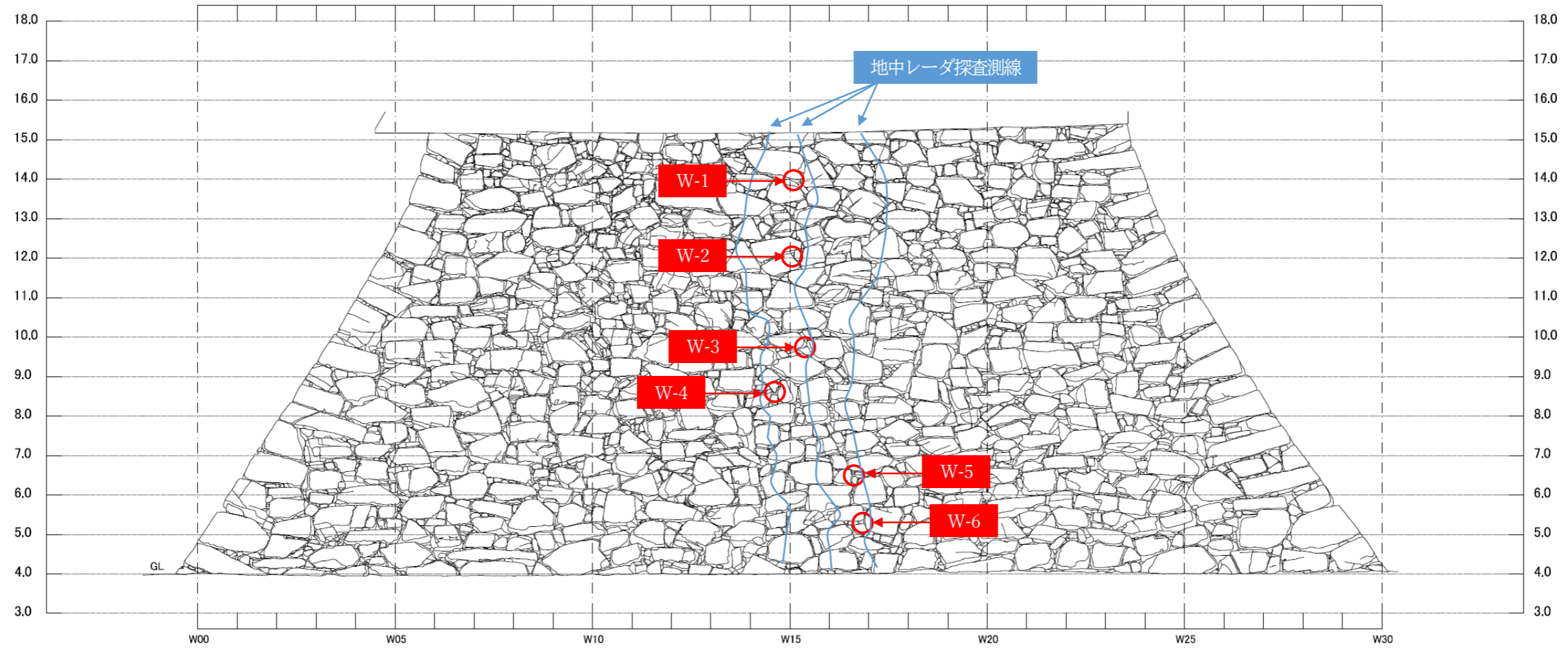
測定箇所	測定厚さ (mm)	備考
1	961	
2	394	
3	483	
4	-	
5	952	
6	971	
7	730	
8	-	小さすぎて測定不可
9	954	
10	713	
11	624	
12	869	
13	1014	
14	865	
15	1019	
16	1064	
17	915	
18	1158	
19	720	
20	901	
21	1062	
22	965	

レーダ探査石垣個別測定結果表

測定箇所	測定厚さ (mm)
1	910
2	410
3	630
4	540
5	990
6	960
7	800
8	470 (間詰石)
9	760
10	960
11	620
12	830
13	960
14	850
15	920
16	1060
17	910
18	1170
19	710
20	890
21	1110
22	840

図-資 211 石垣内部調査結果（南小天守台西面）

天守台西面石垣裏込状況のファイバースコープ調査



W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6
石垣面から約50cmの深さから栗石があり、多少の土砂と植物の根と思われるものがある。約1m奥に、角ばった栗石が見られる。	石垣面から約30cm奥に根、約50cm奥に多少の土砂と、樹根が確認された。約90cmより奥には栗石が密にある状況が見られる。	石垣面に草が多くある。石垣面から約50cm奥から小さめの栗石があり土砂も多くみられる。80cm奥以降は根のようなものが見られる。	石垣面に草が多くあり、控えが短く細かな築石が密集している。石垣面から約60cm奥まで根が確認され、土砂の混入が多く見られる。	石垣面に小さな築石が密集している。石垣面から約30cm～50cm奥に根が確認され、土砂の混入が見られる。	石垣面には落葉がたまり、草がある。石垣面から約30cm奥から栗石がある。約1.2m奥まで築石が確認され、栗石もある。

図資212 ファイバースコープ調査結果(天守台西面)

エ 3次元補完測量

(ア) 空中写真測量 (ドローン)

以下の飛行ルートのとおりドローンを用いて測量を行い、新規に取得した画像を用いて、
図-資 214 のとおり3次元写真測量画像を作成した。なお、ドローンについては、図-資 215
に示す機械を使用した。

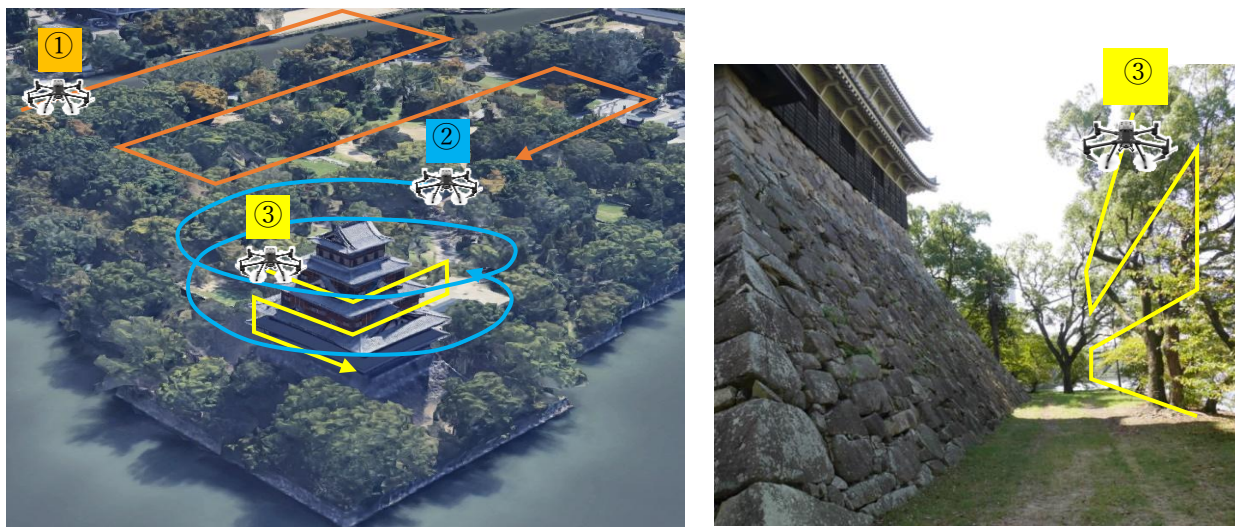


図-資 213 ドローン飛行イメージ

(令和3年度成果画像 + 令和4年度成果画像 + 今回新規取得画像)



図-資 214 3次元写真測量画像

【上空からの俯瞰計測（図-資 213 の①及び②）】

ドローン DJI MATRICE300



項目	仕様
重量	6.3 kg(カメラ、電源搭載時)
最大離陸重量	9 kg
サイズ	810×670×430 mm
最大風圧抵抗	15m/s
最大飛行時間	約 55 分(最大パイロード時)
衝突検知	前後・左右・上下ビジョンシステム

ドローン搭載カメラ
DJI zenmuseP1



項目	仕様
タイプ	ミラーレス一眼
重量	800g
サイズ	198(W)×166(H)×129(D)mm
画素数	4500 万画素 8192×5460
撮像素子	フルサイズ 35.9 mm×24 mm CMOS

【天守近接計測（図-資 213 の③）】

Skydio 2



項目	仕様
重量	775g
サイズ	223×273×74 mm
最大風圧抵抗	約 10m/s
飛行時間	23 分
衝突検知	全方向
搭載カメラ画素数	1200 万画素
搭載カメラ撮像素子	1/2.3 型 CMOS
レンズ焦点距離	20mm (35mm 換算)

図-資 215 使用機械

(イ) 3次元レーザ測量

3次元モデル作成及び古写真解析に必要な内堀石垣の3次元レーザ測量を、補完測量として追加で実施した。



	機械性能
測定距離	0.5~350m
測定範囲	V : 300° / H : 360°
レーザクラス	1
距離精度	±1mm

図-資 216 機械名 FARO Focus Premium

(令和4年度成果点群 + 今回新規取得点群)

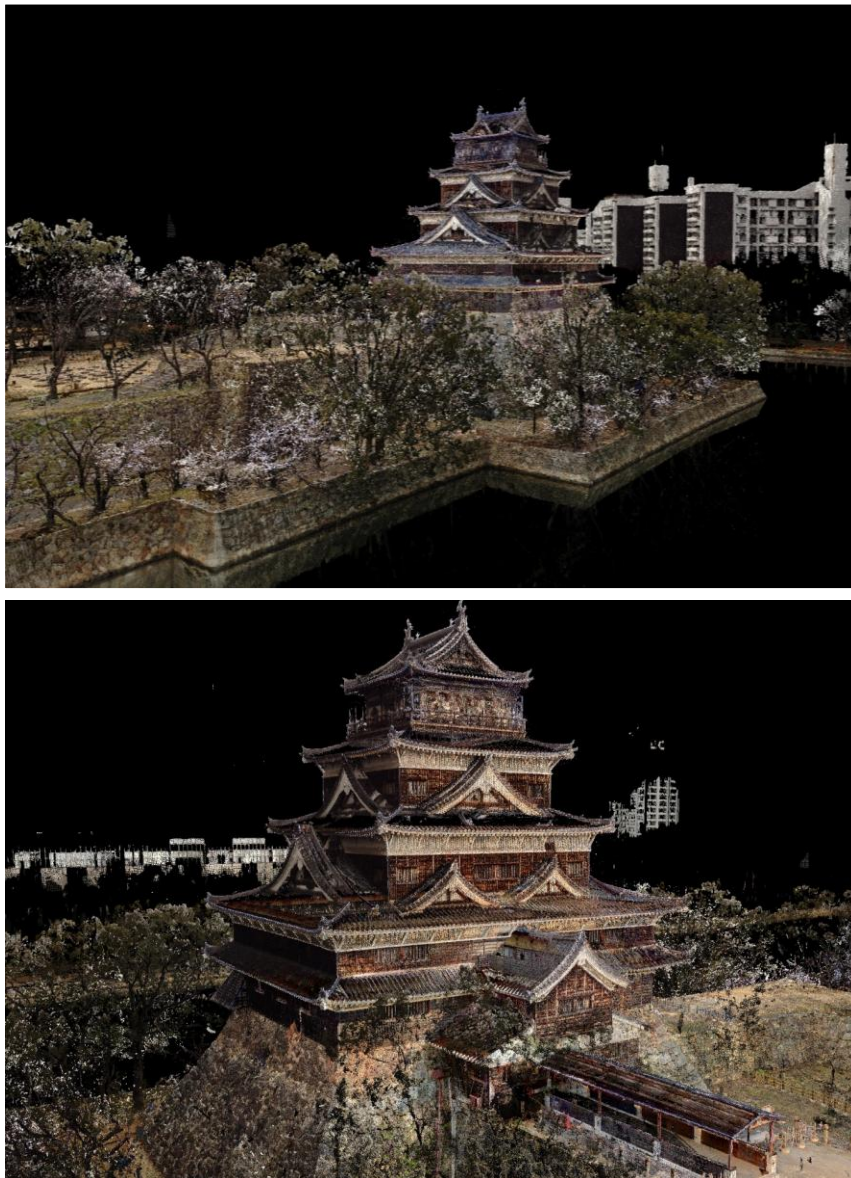


図-資 217 3次元レーザ測量

(4) 3次元モデルの作成

広島城天守群の復元等に当たり、地形等が把握できる図面を作成するための基本データとして3次元モデル（CIMモデル）の作成を行った。

3次元モデルは、既存の3次元点群データ、令和年度予備調査で実施した3次元補完測量（空中写真測量）のデータ及び内堀石垣を対象に追加実施した3次元レーザ計測により得られた点群データから、図-資 218 に示す範囲を対象として作成した。

3次元モデル作成範囲

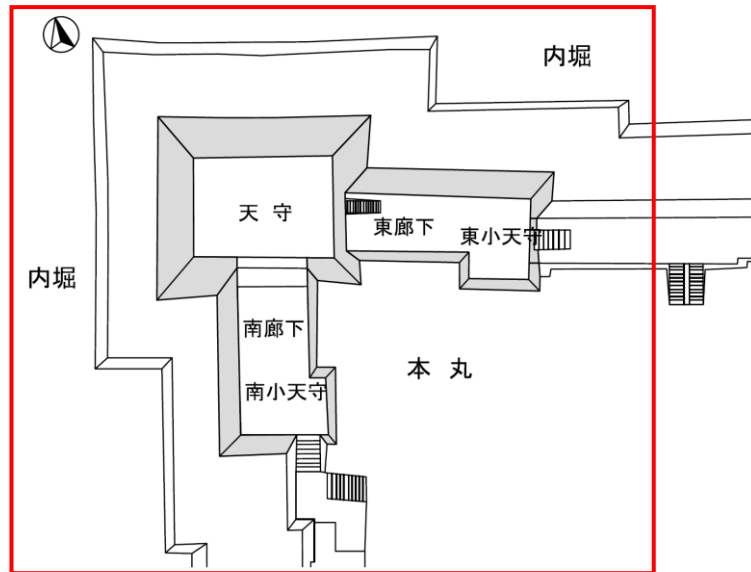


図-資 218 3次元モデル作成範囲

ア データ作成の流れ

・ 3次元点群データの合成と不要物の除去

「広島城天守台石垣現況調査業務」(R4.3)、「広島城小天守台等石垣現況調査業務」(R5.3) および令和5(2023)年度の予備調査時に取得した各点群データを合成し、モデル作成対象範囲を抽出するため樹木等の不要情報を除去する(図-資 219 参照)。

・ 空中写真測量により作成したデータの不要物除去

「広島城天守台石垣現況調査業務」(R4.3)、「広島城小天守台等石垣現況調査業務」(R5.3) および令和5(2023)年度の予備調査時に取得した画像からテクスチャ付きの3次元モデルを作成し、モデル作成範囲を抽出するため、樹木等の不要情報を除去する(図-資 220 参照)。



大天守台を対象として計測された点群データ
(広島城天守台石垣現況調査業務 R4.3)



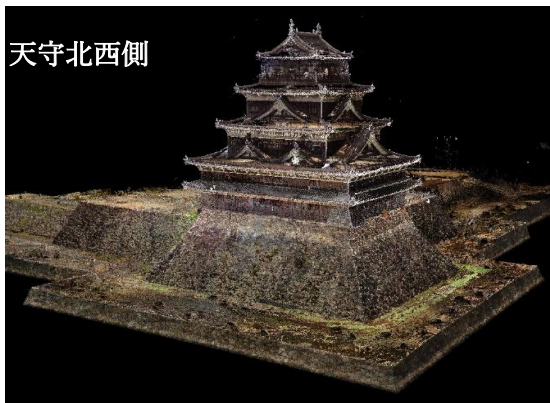
東・南小天守台を対象として計測された点群データ
(広島城小天守台等石垣現況調査業務 R5.3)



内堀石垣を対象として計測された点群データ (令和5年度現地予備調査)



3時期のデータを合成し、不要情報を除去



天守北西側



天守南東側

図-資 219 点群データの処理の流れ

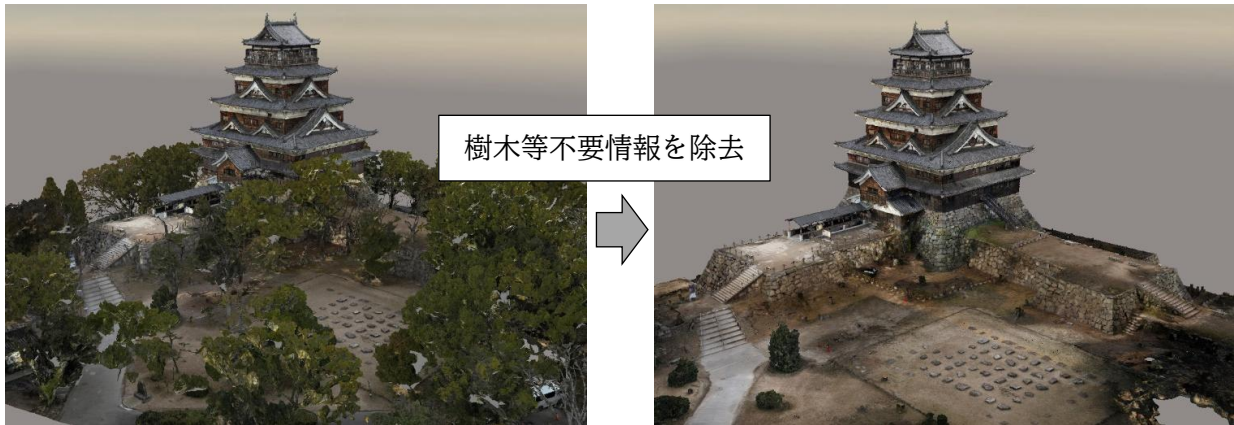


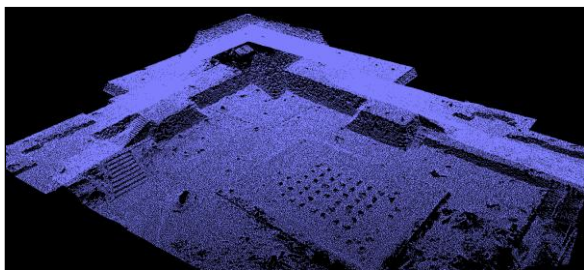
図-資 220 テクスチャ付き3次元モデルの処理の流れ

イ CIMモデルの作成

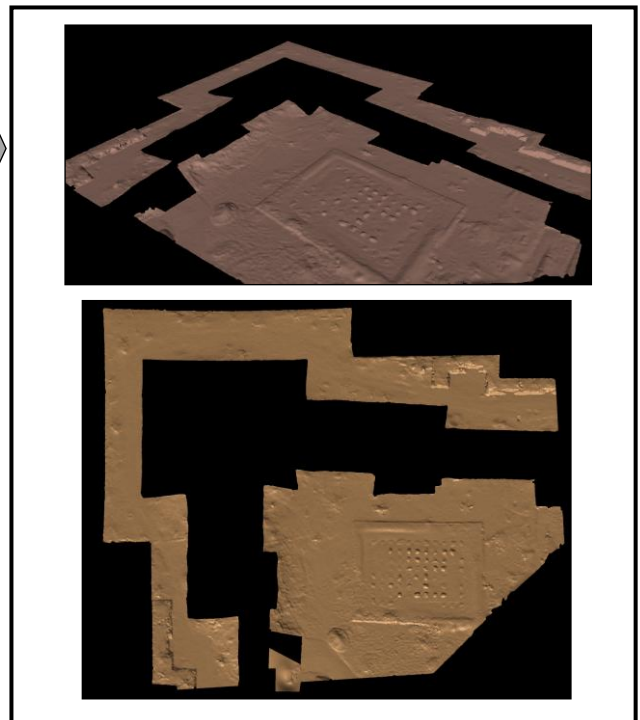
測量精度の高い3次元レーザ測量で得られた点群データから現況地表面および石垣を対象として、CIMモデルを作成した。また、現天守基礎部については基礎構造図を参照し、モデル化した。

・現況地表面の作成

樹木等の不要物を除去した3次元点群データから地表面のみ（石垣を除外）を抽出し、地表面のモデルを作成。点群データを用いることで、地表面の凹凸を正確に再現した。



不要物を除去した3次元点群データ

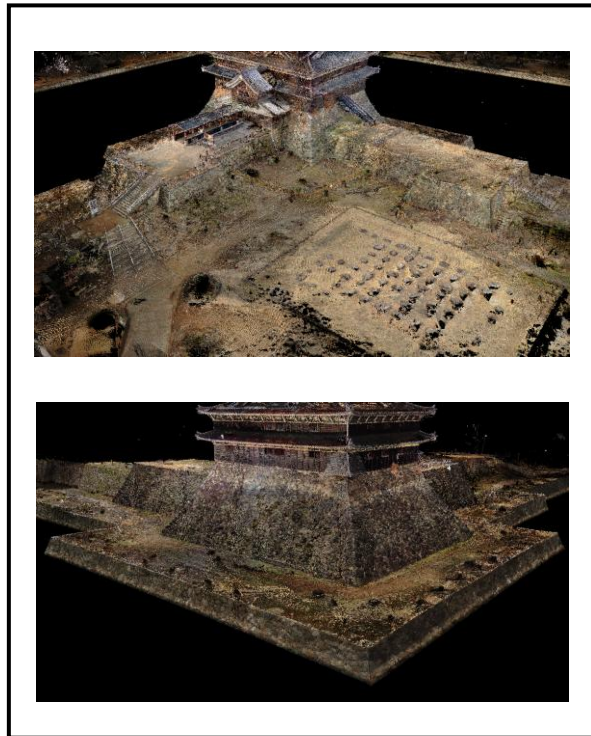


作成した地表面モデル（石垣以外）

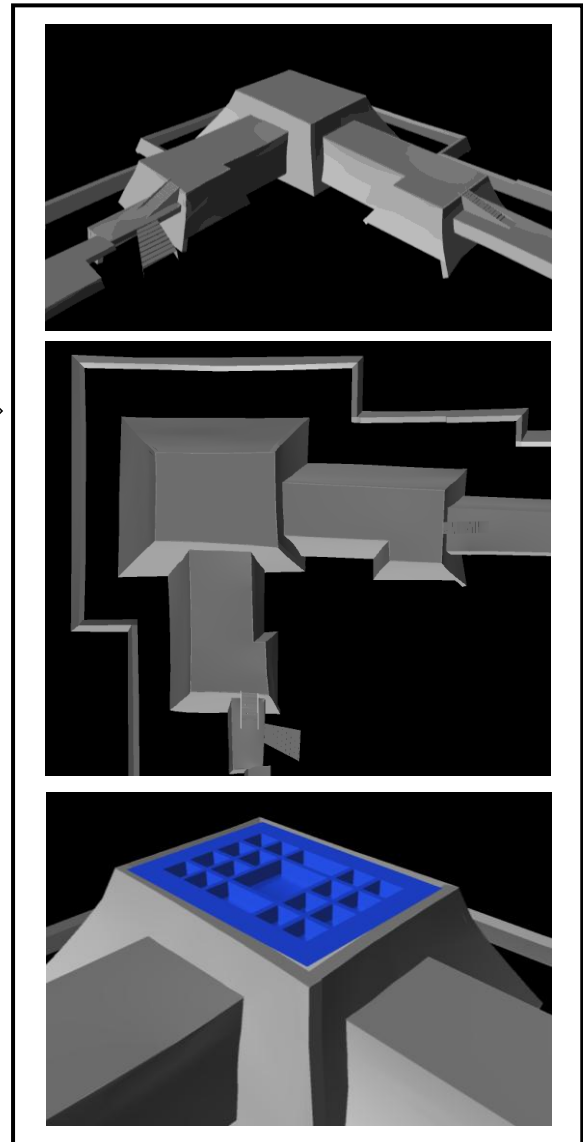
図-資 221 現況地表面の作成

・石垣の作成

3次元点群データから大天守台・小天守台・内堀石垣の天端・地際および隅角部の稜線等の座標値を抽出し、それらのデータから石垣のモデルを作成した。天守内部の現天守基礎部については、基礎構造図からモデル化した。



3次元点群データ



作成した石垣モデル

図-資 222 石垣モデルの作成

・地盤モデルの作成

GL以下の地盤モデルについては、「基礎地盤検討モデル」から作成した。

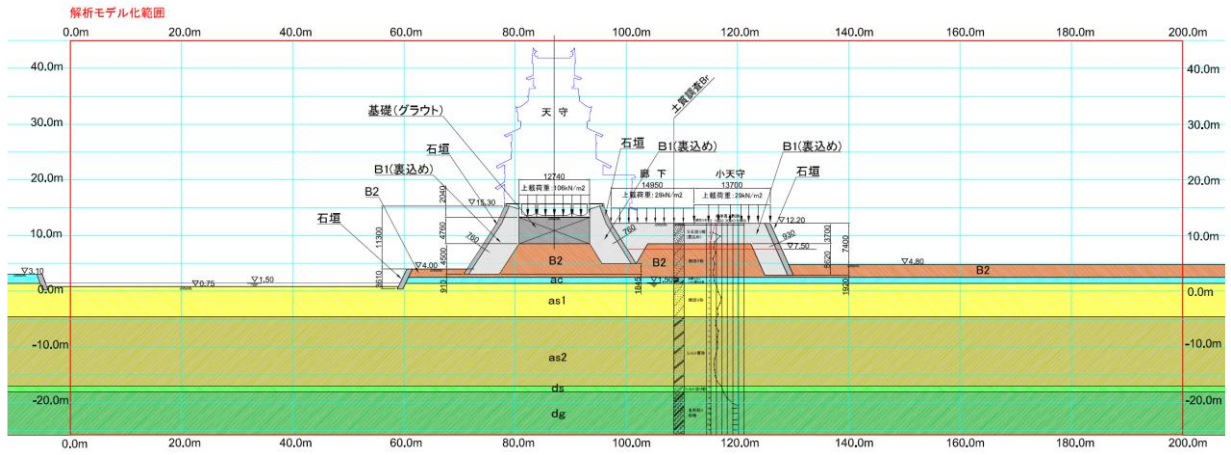


図-資 223 地盤検討モデル

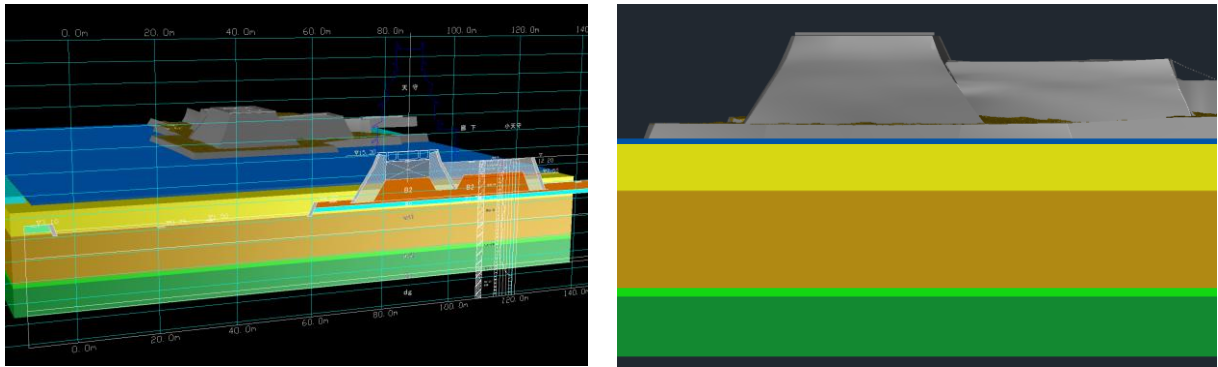


図-資 224 地盤モデルの作成

・モデルの統合

公開座標で管理された点群データを基に、地表面・石垣・基礎地盤を重ね合わせて統合モデルを作成した。

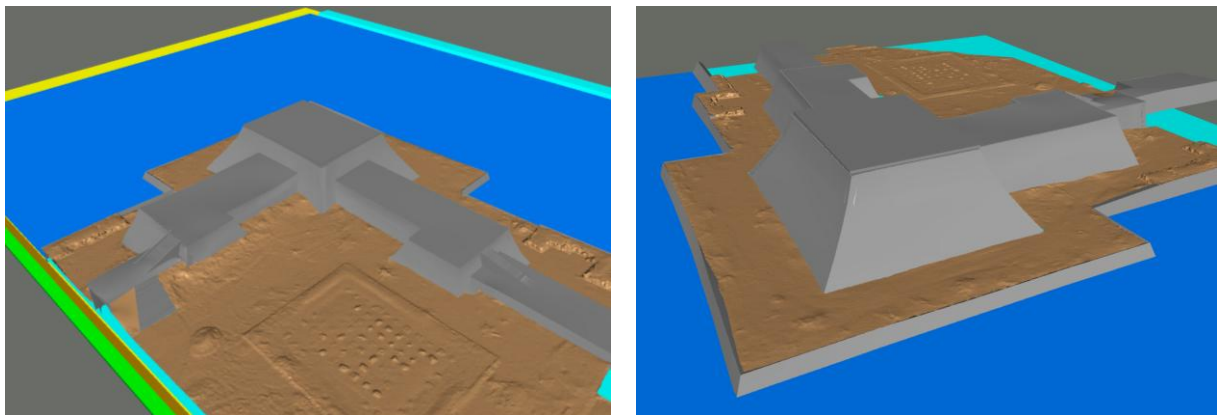


図-資 225 統合モデルの作成

(5) 遺構の非破壊調査

ア 調査の目的

広島城天守の復元等に当たっては、その蓋然性の考証が不可欠である。そのためには、遺構の発掘調査が必要となる。効果的且つ効率的な発掘調査を行うために、事前に非破壊調査により把握を行った。

【蓋然性の考証に係る手順】

〈ステップ1：文献資料の調査・検討〉

文献資料を基に調査・検討を行う必要がある。なお、既存の文献資料に係る確認状況は、次のとおりである。

- ・天守～廊下の一部は保存図と各面の古写真が複数枚確認されている。
- ・小天守～廊下の古写真は東小天守～東廊下～天守を撮影した1枚のみであり、建造物の前面には樹木があり全体像の把握は難しい。南小天守～廊下の古写真は確認されていない。
- ・絵図及び指図においては、天守と東小天守～東廊下、南小天守～南廊下がかつて存在したこと、階数、破風等の概要は把握できるが、建造物の規模や仕様等について情報を得ることは難しい。

なお、現在、天守と廊下の一部については蓋然性の考証が可能な文献資料が確認されているが、東小天守～東廊下については、古写真1枚と乏しい状況である。南小天守～南廊下についてはこれまで資料が確認されていない。

〈ステップ2：遺構の調査〉

広島城天守の復元等に当たっては、遺構の発掘調査により建造物の規模、構造等の考証を行う必要がある。発掘調査は事前に位置や範囲等の調査計画を作成し、国指定史跡の場合は文化庁との協議及び許可が必要となる。効果的且つ効率的な発掘調査を行うためには、非破壊調査による地中遺構の大まかな把握が有効であり、今回、地中レーダ探査を実施した。

なお、レーダ探査は「地中に何かあるかもしれない」程度の計測レベルであり、蓋然性の考証に当たっては、今後、発掘調査が不可欠となる。

イ 調査手法

地中レーダ探査により、天守台とその周辺の関連遺構の探査を行った。地中レーダ探査は、地中に電磁波を発信し、地中に存在する反射物（地層境界、遺構、空洞など）からの反射を捉えることで、地下の状況を非破壊で調査する手法である。なお、調査に当たっては、文化財調査で一般的に使用される周波数 400MHz のアンテナを使用した。

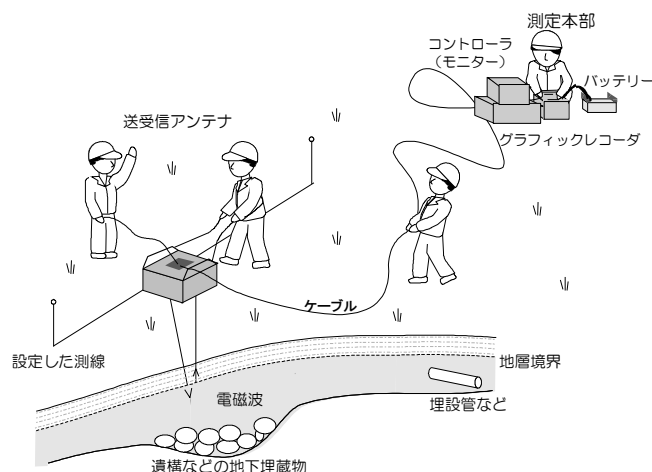


図-資 226 地中レーダ探査 測定模式図

表-資 24 地中レーダ探査装置の仕様

名 称	仕 様
探査装置 SIR-3000 (米国・GSSI 社製)	プロセッサ : 32ビット チャンネル : 1ch 送受信 時間レンジ : 0~80,000ns スキャンレート : 150 スキャン/秒 A/D 分解能 : 8ビット/16ビット データ保存 : 内蔵ハードディスク モニター : 8.4インチTFT800×600カラーディスプレイ 電源 : 内蔵DC10.8Vバッテリー 外形寸法 : 31.5×22.0×10.5cm 重量 : 4.1kg(バッテリー含む)
アンテナ Model 5103 (米国・GSSI 社製)	中心周波数 : 400MHz 外形寸法 : 30×30×17cm 重量 : 約5.0kg

ウ 調査範囲

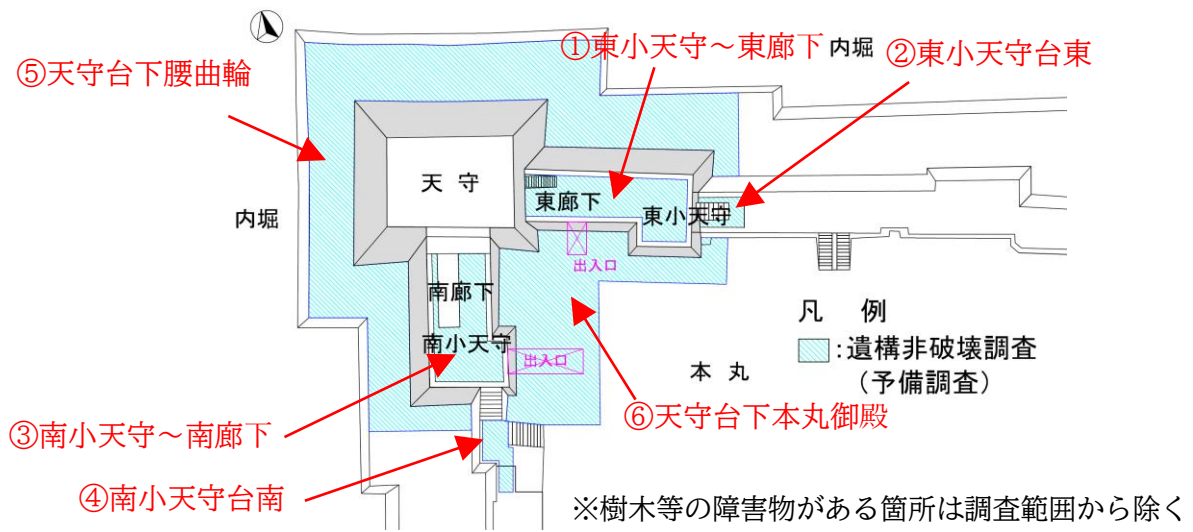


図-資 227 調査範囲



写真-資 18 作業状況

エ 計測データ

実施した地中レーダ探査は、地盤面に電磁波を発信しその反射波を捉えることで、地中の反射物（地層境界、遺構、空洞など）を捉える技術である。その計測データは図-資 228 に示すような深度方向の断面データとなるため、その断面データを平面データに変換し、深度毎の平面図となる深度スライス画像(図-資 229)を作成した。また、各調査箇所毎の深度スライス画像と検出結果平面図を図-資 230～図-資 233 に示す。

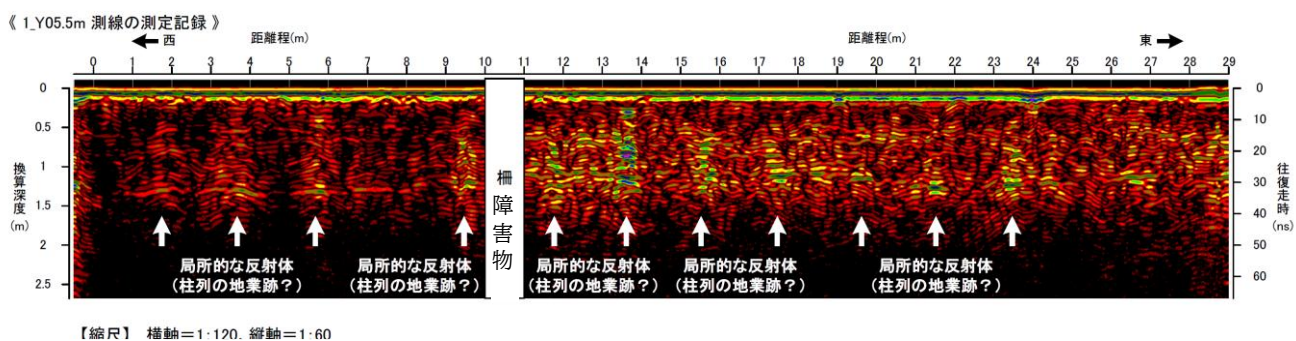


図-資 228 レーダ探査成果（断面データ）

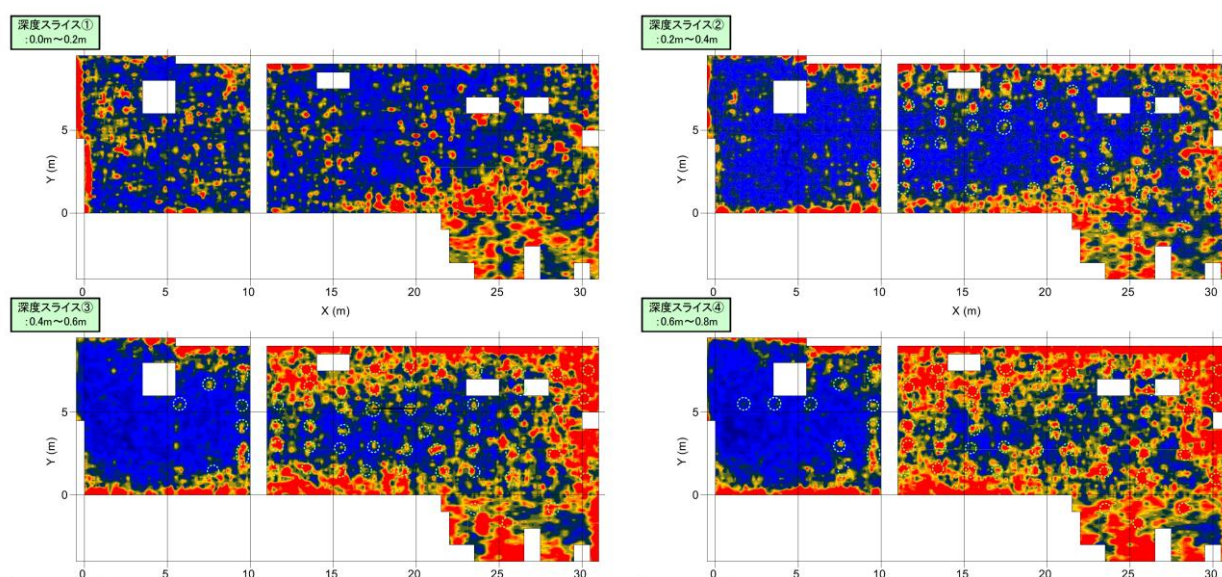


図-資 229 レーダ探査成果（深度スライス画像（平面図））

③南小天守～南廊下 ④南小天守台南

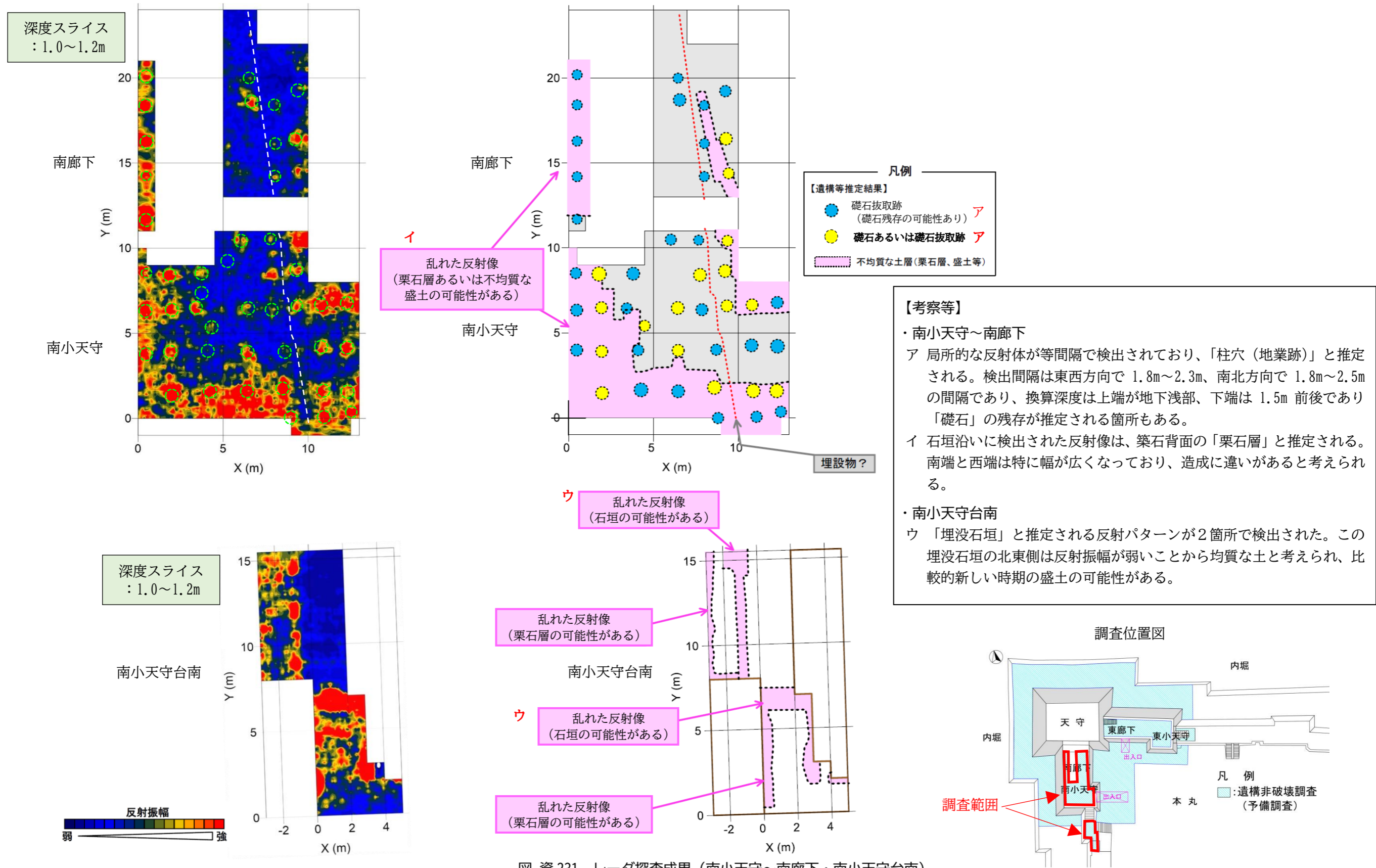
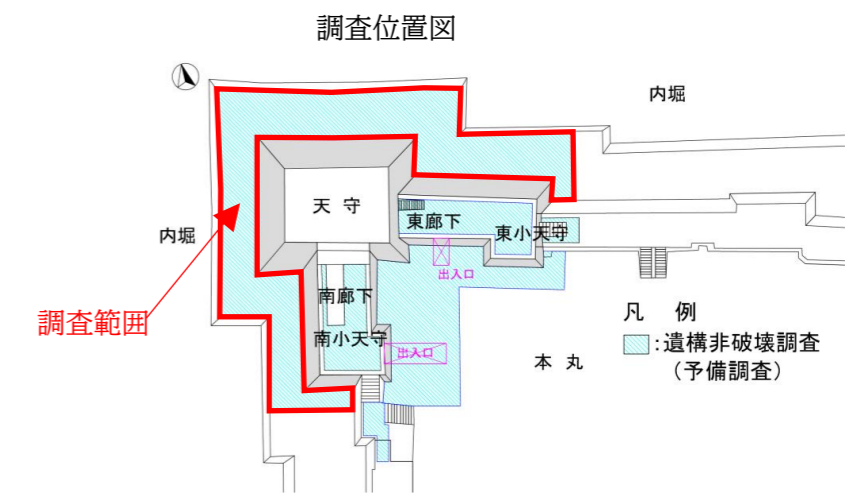
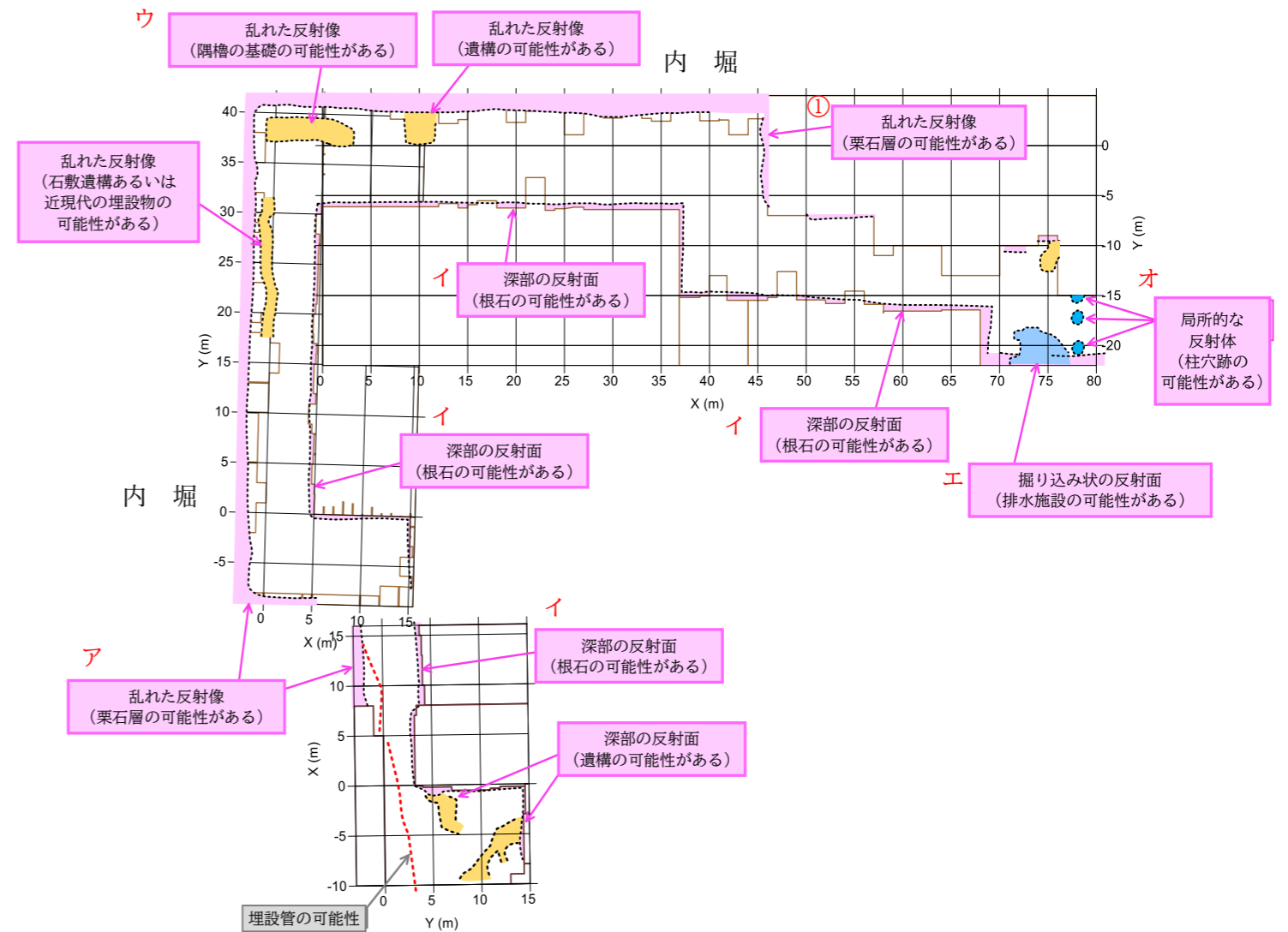
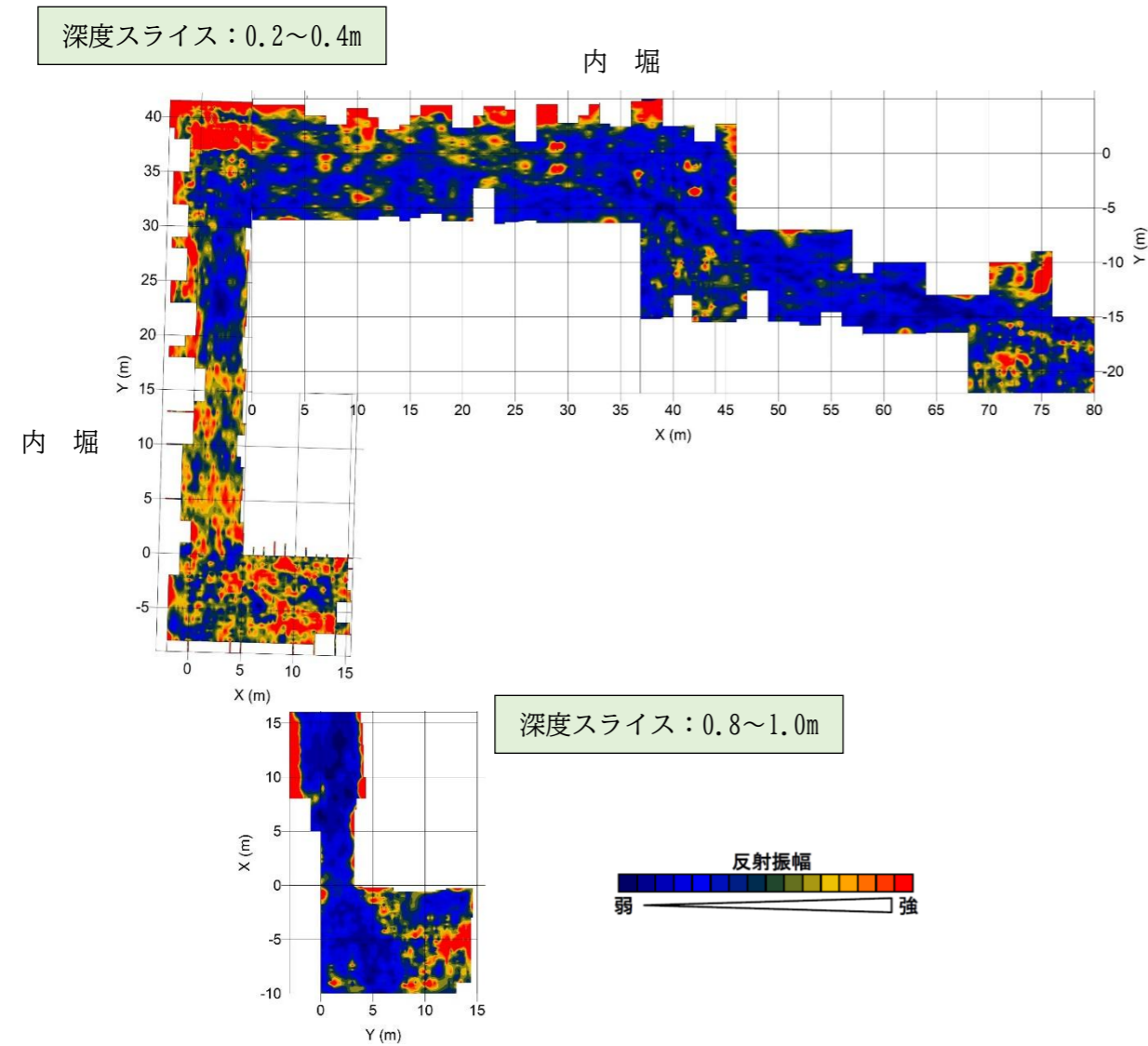


図-資 231 レーダ探査成果(南小天守～南廊下・南小天守台南)

⑤天守台下腰曲輪



【考察等】

ア 石垣沿いに検出された反射像は、築石背面の「栗石層」と推定される。栗石層の幅は比較的均一とみられる。

イ 天守台石垣下~小天守石垣下において検出された反射パターンは、石垣の「根石」の可能性はある。検出した換算深度は上端が地下浅部、下端は1.5m前後である。

ウ 北西隅で検出された反射パターンの分布形状は長軸9m・短軸2.5mの長方形である。検出位置から勘案すると「隅櫓の基礎部」の可能性はある。櫓としては短軸が短いと考えられるが、正保城絵図等によると本丸四隅の隅櫓のうち北西隅だけ小さく描かれており、小規模な櫓だった可能性もある。

エ 腰曲輪の東側において検出された掘り込み状の反射面が検出され、当該箇所来接する東廊下石垣面には“排水口”があることから、「水落とし」などの排水施設とも考えられる。

オ 腰曲輪の東端において「柱穴跡」の可能性のある反射パターンが検出され、腰曲輪を区画する構造が存在していた可能性もある。

図-資 232 レーダ探査成果 (天守台下腰曲輪)

⑥天守台下本丸御殿

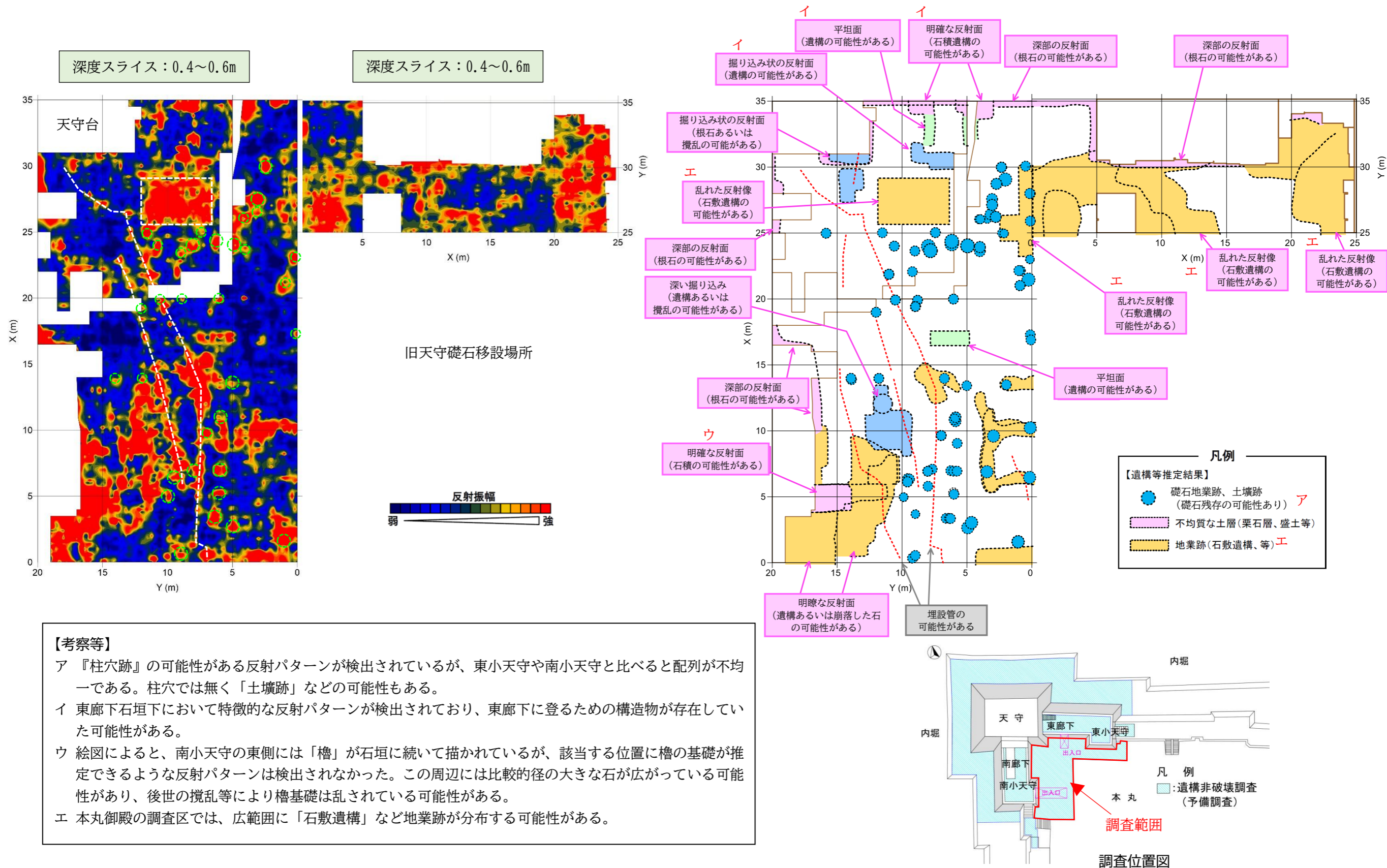


図-資 233 レーダ探査成果 (天守台下本丸御殿)

オ 調査結果 (まとめ)

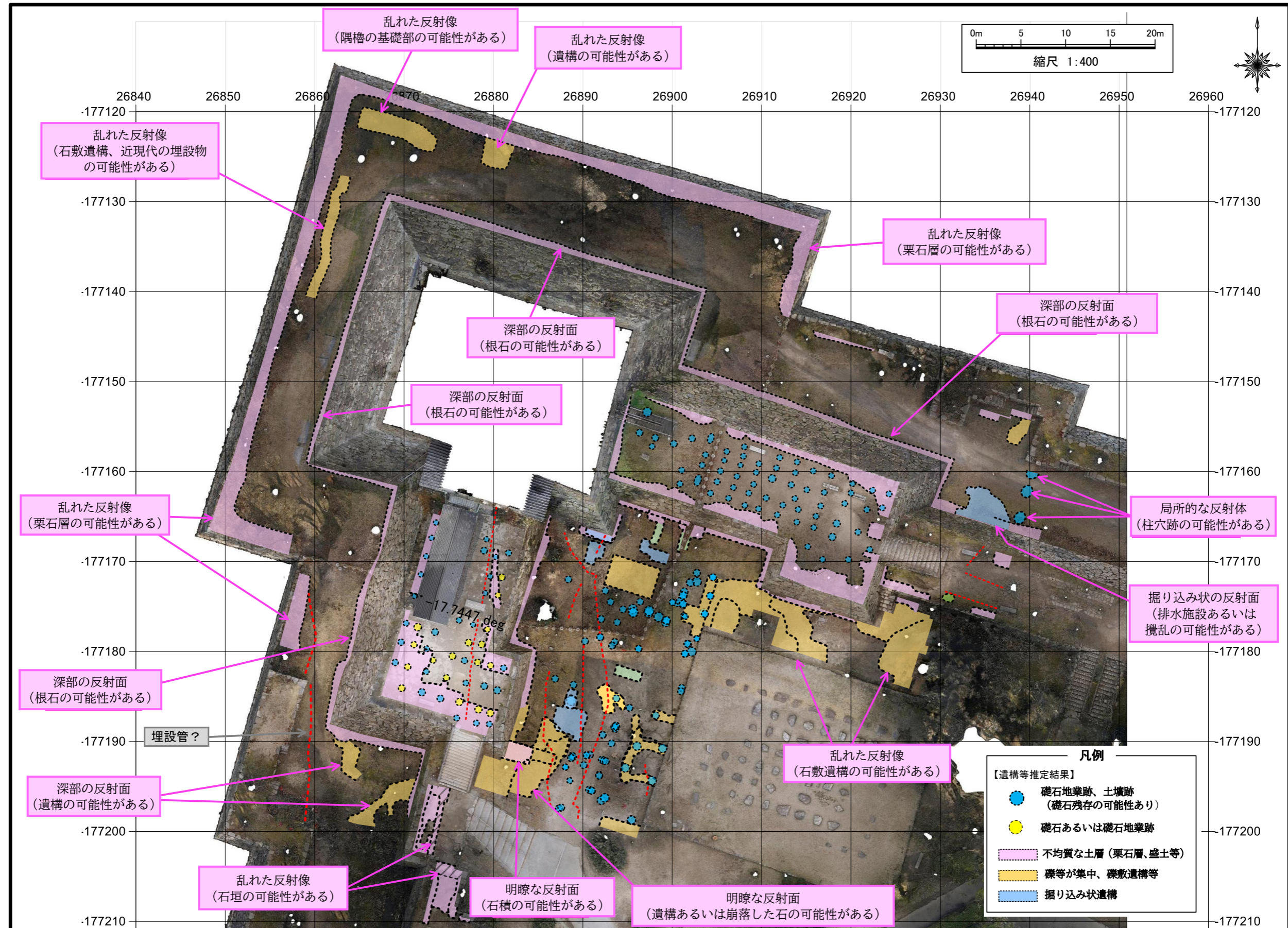


図-資 234 レーダ探査結果 (全体図)

6 石垣の安定性及び基礎地盤解析における工学的考察

(1) 石垣安定性の簡易検討

ア 石垣検討条件の設定

(ア) 準拠資料

検討に際しては、『道路土工 擁壁工指針（平成 24 年度版）平成 24 年 7 月 社団法人 日本道路協会』の基準に準拠する。また、検討条件の設定は、『広島城天守閣地質調査業務 報告書』（平成 31(2019)年 3 月）より設定した。

(イ) 設計水平震度

設計水平震度は『道路土工 擁壁工指針（平成 24 年度版）平成 24 年 7 月 社団法人日本道路協会』より設定する。

表-資 25 地盤種別と地盤の特性値

地盤種別	地盤の特性値 TG (S)
I 種	$TG < 0.2$
II 種	$0.2 \leq TG < 0.6$
III 種	$0.6 \leq TG$

設計水平震度設定に必要な地盤の特性値（地盤種別）については、『広島城天守閣地質調査業務 報告書』（平成 31(2019)年 3 月）より石垣基礎地盤を砂質シルト層（ac）と考え、下表のとおり設定した。

表-資 26 地盤の特性値の計算

土 層		層厚：H	平均N値	土質区分	せん断弾性波速度：Vsi	TG (H/Vsi)	備 考
ac	砂質シルト	1.1	6	粘性	170	0.00646	
as1	礫混り砂	6.0	13	砂質	217	0.02764	
as2	シルト質砂	12.4	9	砂質	193	0.06412	
ds	シルト混り砂	1.1	21	砂質	252	0.00436	
dg	砂 礫	基盤層	50 以上	砂質			
地盤の特性値：TG = 4 × Σ (H/Vsi) =						0.41035	→ II 種地盤

表-資27 設計水平震度

	地盤種別		
	I 種	II 種	III 種
レベル1地震動	0.12	0.15	0.18
レベル2地震動	0.16	0.20	0.24

設計水平震度 $kh = C_z \cdot kh_0$

地域別補正係数 $C_z = 0.85$ (広島県)

※ 地域別補正係数については、近年の地震発生状況、『熊本城石垣基礎診断実施要領』等を考慮し、地域別補正係数による水平震度の低減は行なわないものとする。

(参考：熊本市の地域別補正係数： $C_z = 0.85$)

以上より $C_z = 1.0$ と考え、設計水平震度は、次のとおりとする。

レベル1地震動 (中規模地震) : $kh_0 = 0.15$ $kh = 1.0 \times 0.15 = \underline{0.15}$

レベル2地震動 (大規模地震) : $kh_0 = 0.20$ $kh = 1.0 \times 0.20 = \underline{0.20}$

(ウ) 上載荷重

広島城天守は基礎躯体で全荷重を受け、石垣に荷重が作用しない構造となっている。したがって上載荷重 (天守荷重) と地震時慣性力は石垣に作用しないものとする。

(I) 材料定数

石材及び裏込の材料定数の設定に際しては、過去の経験と実績を考慮し設定した。

表-資 28 石垣安定性検討に用いる材料定数

項 目	単 位	数 値
裏込 (栗石) の単位体積重量	kN/m ³	20
裏込 (栗石) の内部摩擦角	deg	40
裏込 (栗石) の粘着力	kN/m ²	0
築石の単位体積重量 (花崗岩)	kN/m ³	26.5
築石の底面摩擦角	deg	30
築石の壁面摩擦角 (地震時： $\phi/2$)	deg	20

広島城天守台石垣検討断面図（北面） S=1/100
 検討断面図①

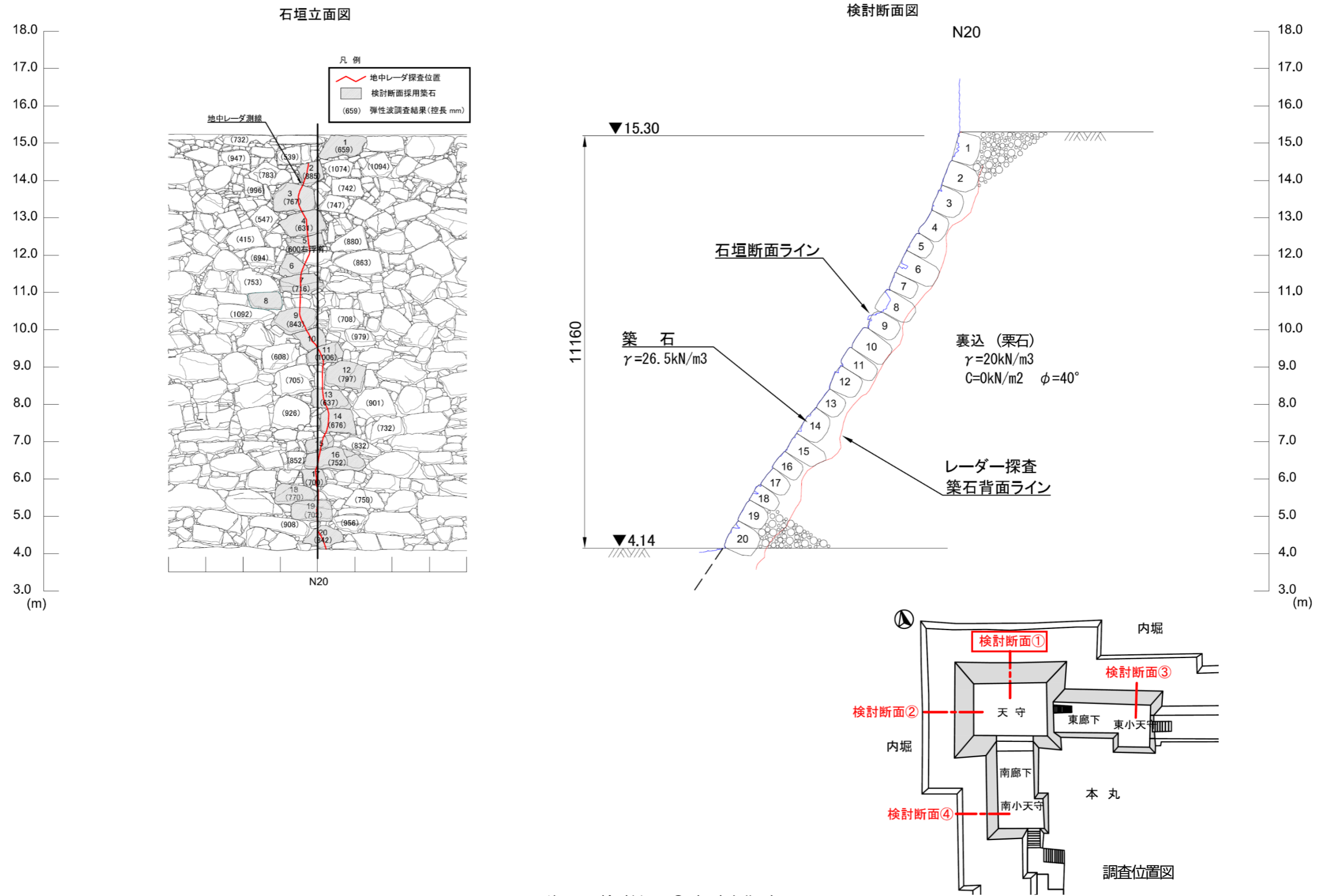


図-資 235 検討断面図① (天守台北面)

広島城天守台石垣検討断面図（西面） S=1/100

検討断面図②

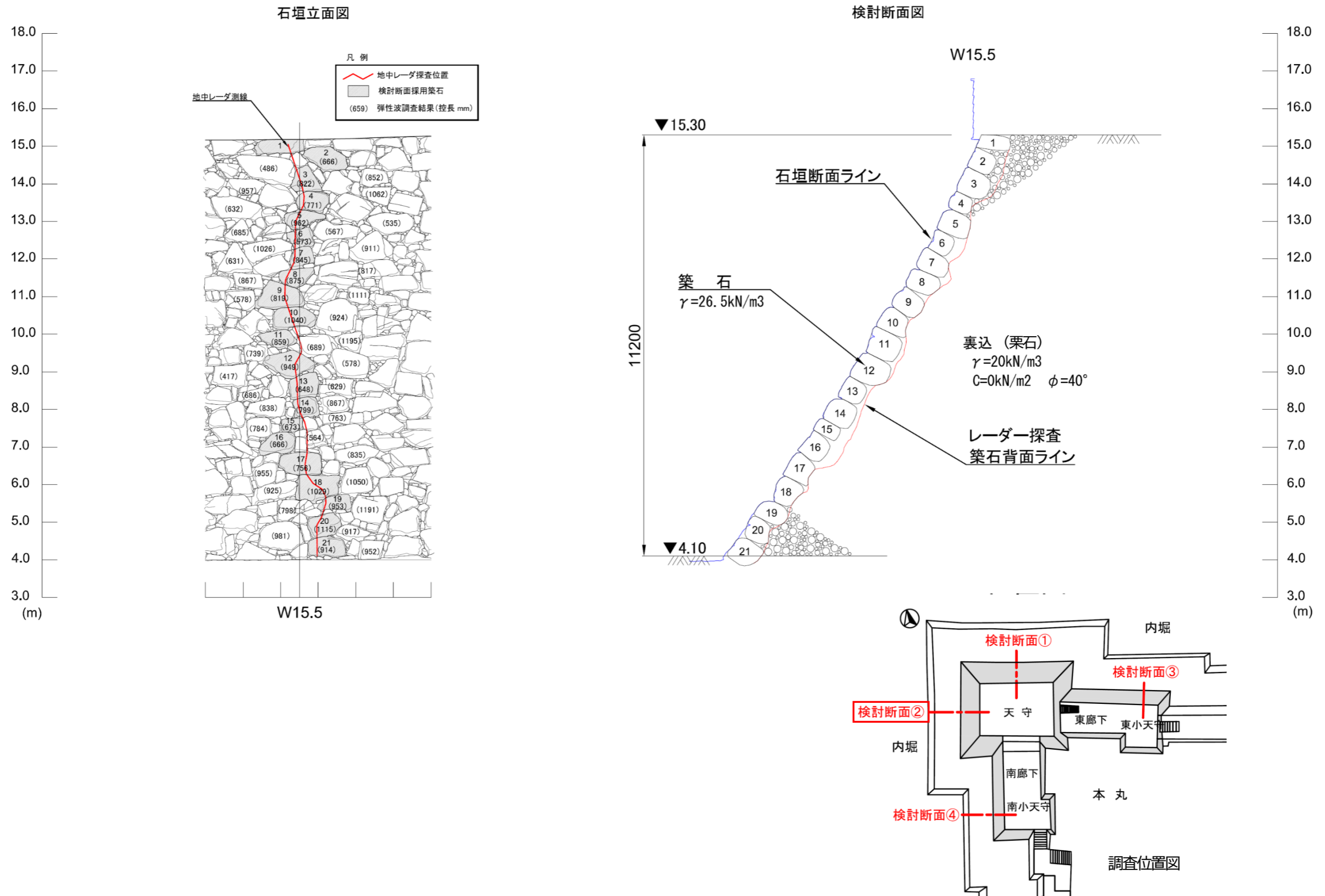


図-資 236 検討断面図② (天守台西面)

東小天守北面
検討断面図③

南小天守西面
検討断面図④

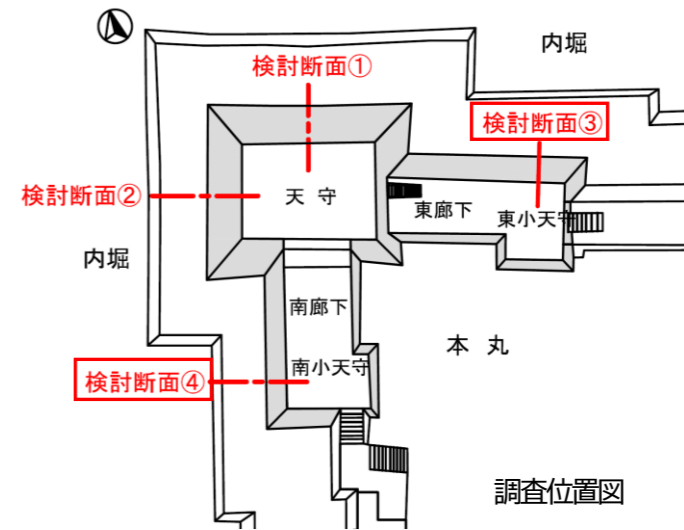
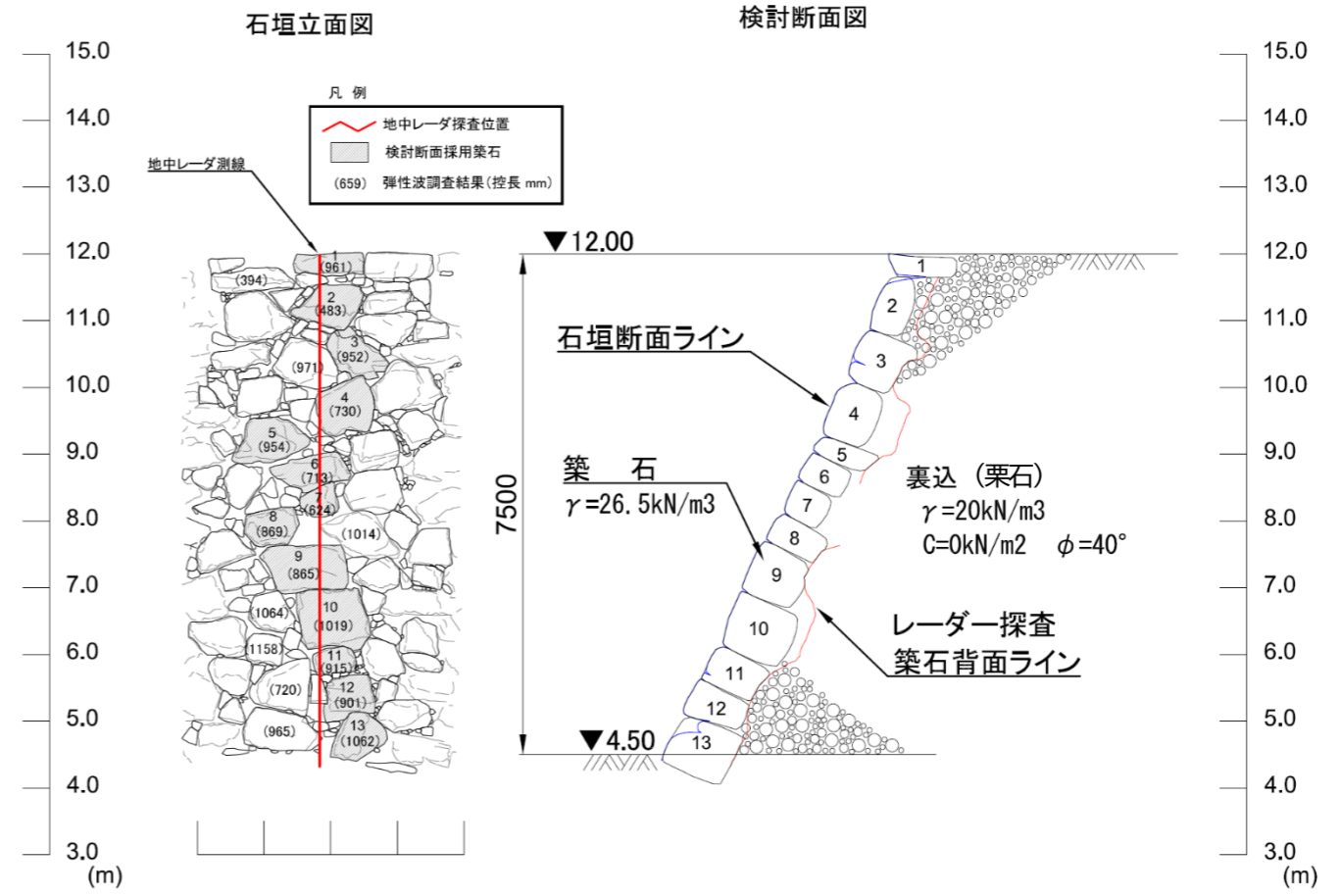
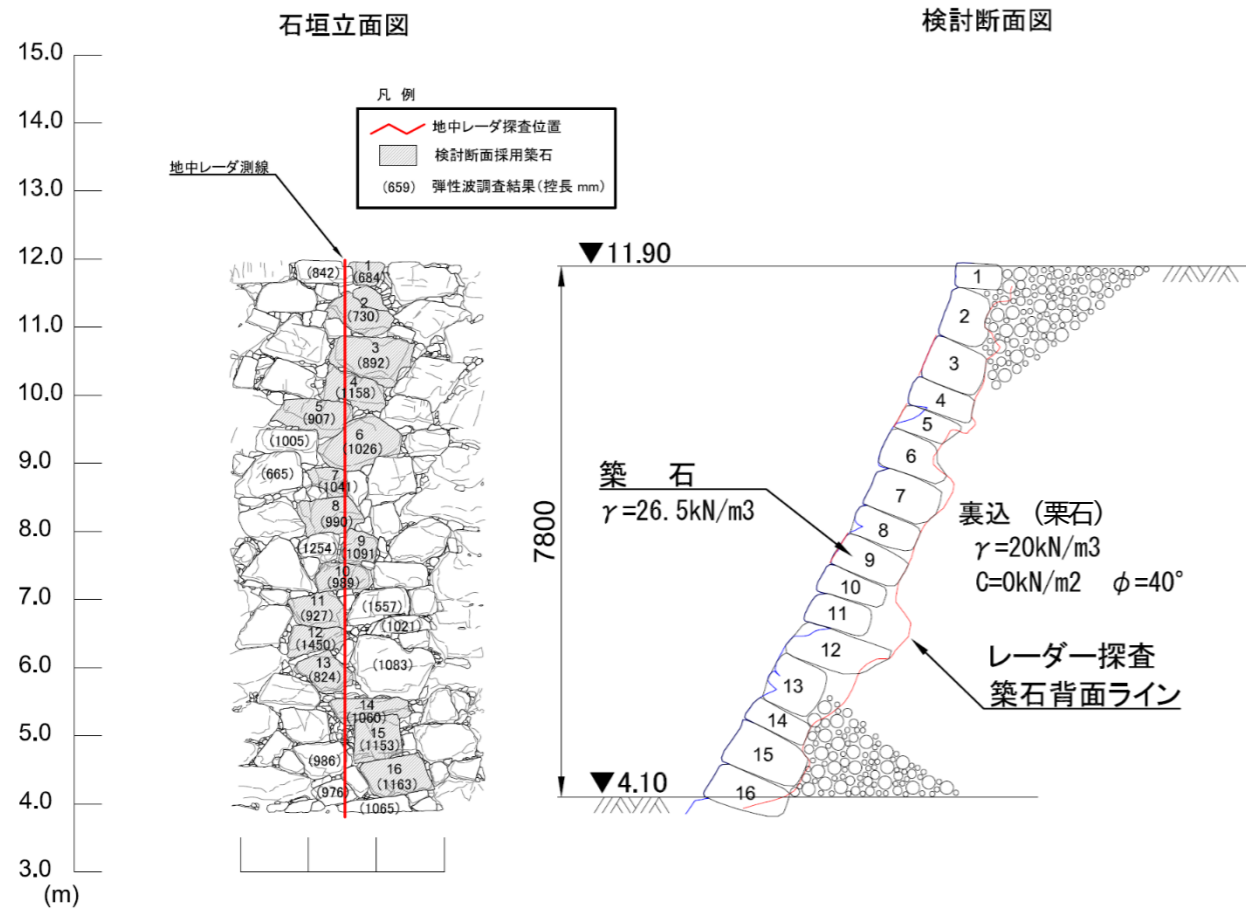


図-資 237 検討断面図③④ (小天守台)

ウ 検討結果

累積示力線法による天守台、小天守台石垣の地震時安定性検討結果を表-資 29 に示す。検討の結果、裏込の内部摩擦角を 40 度とした場合、検討断面①②において安全率 1 をわずかに下回るケースが発生したため、裏込の内部摩擦角を 42 度と条件変更して追加検討を行った。結果、いずれの断面においても安全率 1 以上となる検討結果となった。

ケース 1 裏込の内部摩擦角：40 度 築石の壁面摩擦角：20 度（当初設定条件）
（図-資 239、図-資 240、図-資 241、図-資 242）

ケース 2 裏込の内部摩擦角：42 度 築石の壁面摩擦角：21 度（追加検討条件）
（図-資 243、図-資 244）

表-資 29 累積示力線法検討結果一覧表

検討ケース	検討断面①	検討断面②	検討断面③	検討断面④
	天守台北面石垣	天守台西面石垣	東小天守北面	南小天守西面
ケース 1 裏込の内部摩擦角：40 度				
最小転倒安全率				
常時	3.908	4.715	4.653	4.205
レベル 1(中規模地震)	1.237	1.379	1.496	1.384
レベル 2(大規模地震)	0.956	1.048	1.176	1.086
最小すべり安全率				
常時	3.452	3.958	4.383	3.986
レベル 1(中規模地震)	1.207	1.278	1.613	1.487
レベル 2(大規模地震)	0.933	0.970	1.278	1.175
検討結果	図-資 239	図-資 240	図-資 241	図-資 242
ケース 2 裏込の内部摩擦角：42 度				
最小転倒安全率				
常時	4.969	6.112	—	—
レベル 1(中規模地震)	1.406	1.571	—	—
レベル 2(大規模地震)	1.075	1.189	—	—
最小すべり安全率				
常時	4.399	5.115	—	—
レベル 1(中規模地震)	1.396	1.484	—	—
レベル 2(大規模地震)	1.069	1.123	—	—
検討結果	図-資 243	図-資 244		

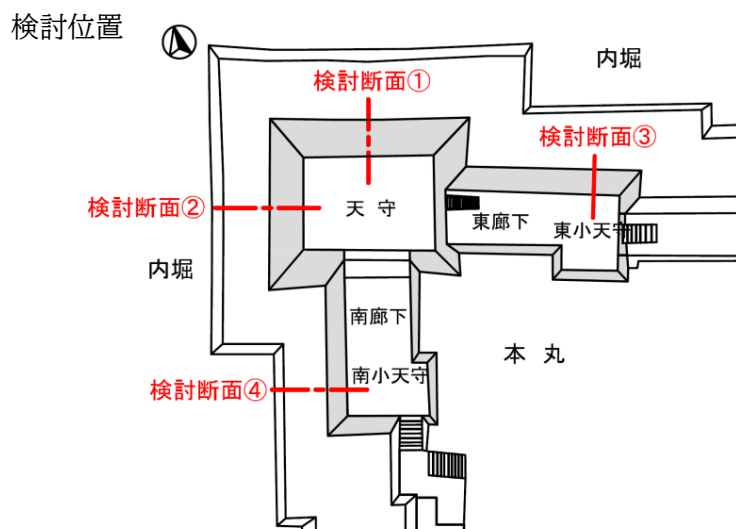


図-資 238 検討断面位置

工 考察

累積示力線法による地震時安定性に係る検討の結果、石垣は今回設定した条件において中規模地震動～大規模地震動に対して安定していると考えられる。なお、天守台と小天守台石垣の高さ、勾配等は表-資 30 のとおりである。

表-資 30 天守台・小天守台の比較

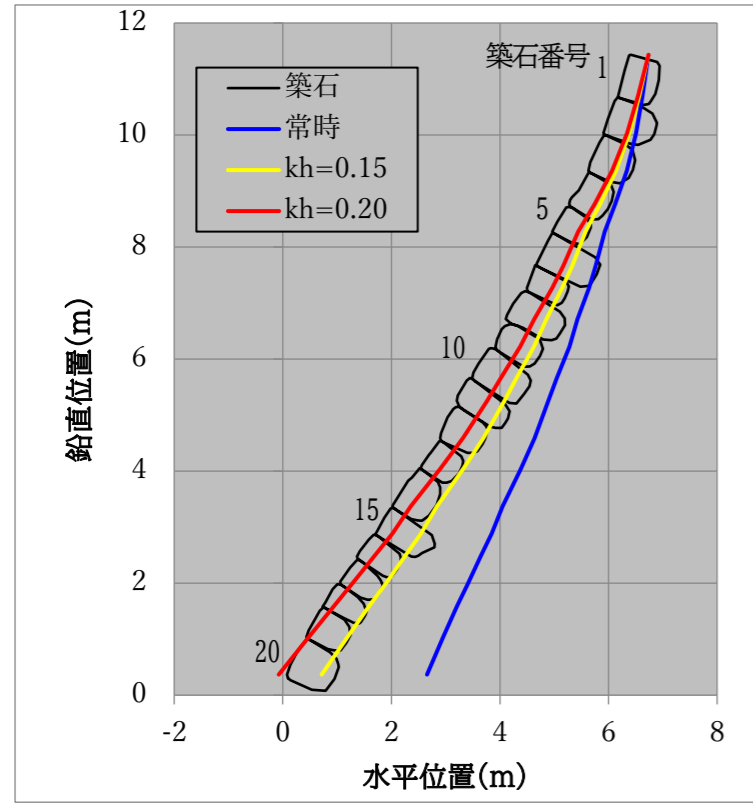
比較項目	天守台（北面、西面）	小天守台 （東小天守北面、南小天守西面）
石垣の高さ	11.2m	7.7m
石垣の勾配	57度 （天端付近の反りは未考慮）	62度 （天端付近の反りは未考慮）
築石控長(平均)	799mm（弾性波探査）	956mm（弾性波探査）

天守台石垣と小天守台石垣を比較すると、天守台石垣の高さは高いが勾配は緩く、小天守台石垣の高さは低い勾配は急となる。築石控長に関しては、天守台石垣では横使いの築石が散見されることより小天守台石垣の方が大きい状況となっている。

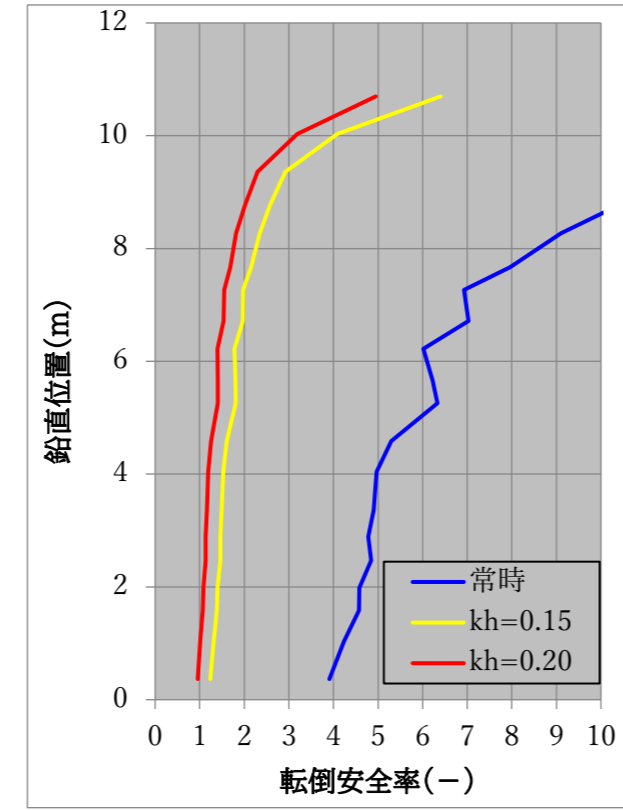
石垣の安定性は高さが低く、勾配が緩く、築石の控長が大きい方が有利となる。天守台、小天守台石垣共に長短があるが、石垣の線形、築石の控長共に全体的にバランスの取れた状況であると考えられる。

【天守台北面 ケース1 裏面の内部摩擦角：40度】

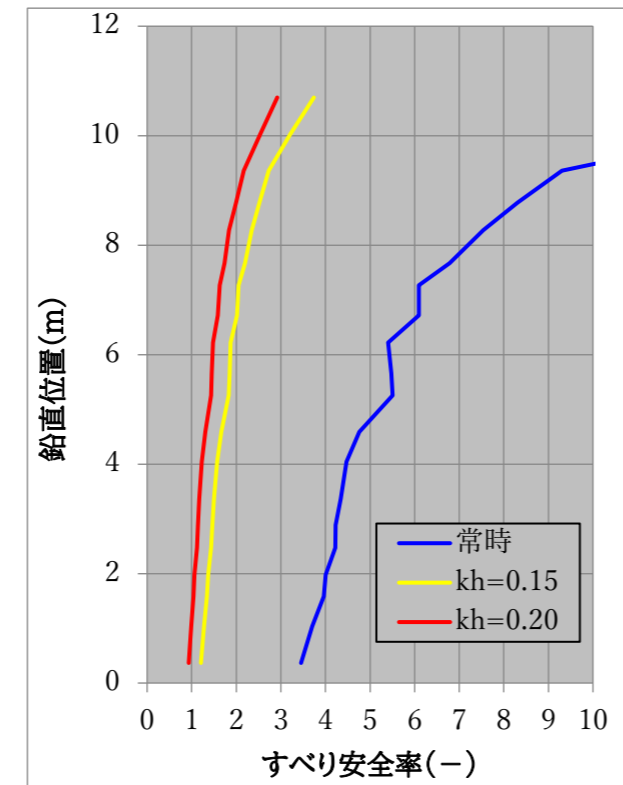
示力線



転倒安全率



すべり安全率



累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ(m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.7346	50.7681	6.4039	4.9484	22.0888	3.7401	2.9189
2	1.4002	21.6648	4.0833	3.1831	13.2317	3.2181	2.5376
3	2.0697	12.4246	2.9214	2.2962	9.3037	2.7240	2.1670
4	2.6595	10.4051	2.5749	2.0168	8.3056	2.5195	1.9952
5	3.1593	9.1050	2.3457	1.8160	7.5392	2.3480	1.8368
6	3.7635	7.9634	2.1529	1.6846	6.7833	2.1950	1.7345
7	4.1647	6.9255	1.9714	1.5464	6.0957	2.0555	1.6281
8	4.7179	7.0268	1.9652	1.5338	6.0966	2.0134	1.5851
9	5.2097	6.0148	1.7814	1.3958	5.4068	1.8705	1.4784
10	5.7751	6.2253	1.8020	1.4034	5.4743	1.8476	1.4498
11	6.1746	6.3331	1.8084	1.4053	5.5052	1.8304	1.4325
12	6.8447	5.2943	1.6081	1.2531	4.7601	1.6614	1.3032
13	7.3903	4.9666	1.5280	1.1892	4.4730	1.5696	1.2288
14	8.0643	4.9020	1.4945	1.1586	4.3428	1.5013	1.1693
15	8.5451	4.7822	1.4639	1.1339	4.2305	1.4637	1.1385
16	8.9616	4.8426	1.4623	1.1305	4.2237	1.4381	1.1157
17	9.4499	4.5779	1.3999	1.0820	4.0051	1.3731	1.0644
18	9.8496	4.5745	1.3867	1.0707	3.9649	1.3437	1.0400
19	10.3969	4.2376	1.3118	1.0130	3.7055	1.2745	0.9860
20	11.0659	3.9082	1.2371	0.9556	3.4523	1.2068	0.9333

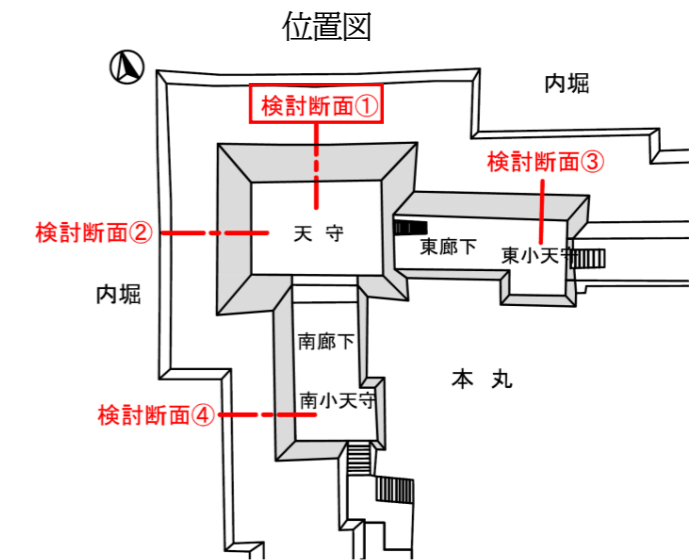
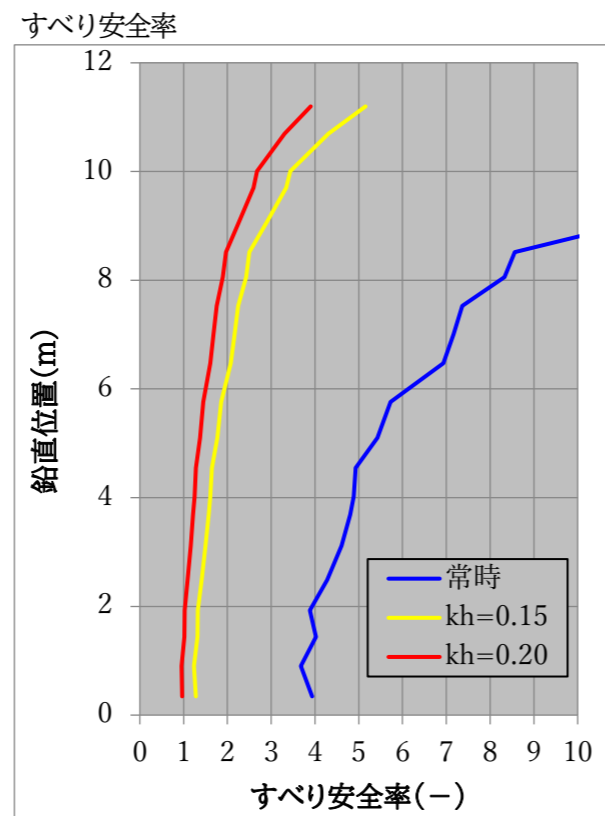
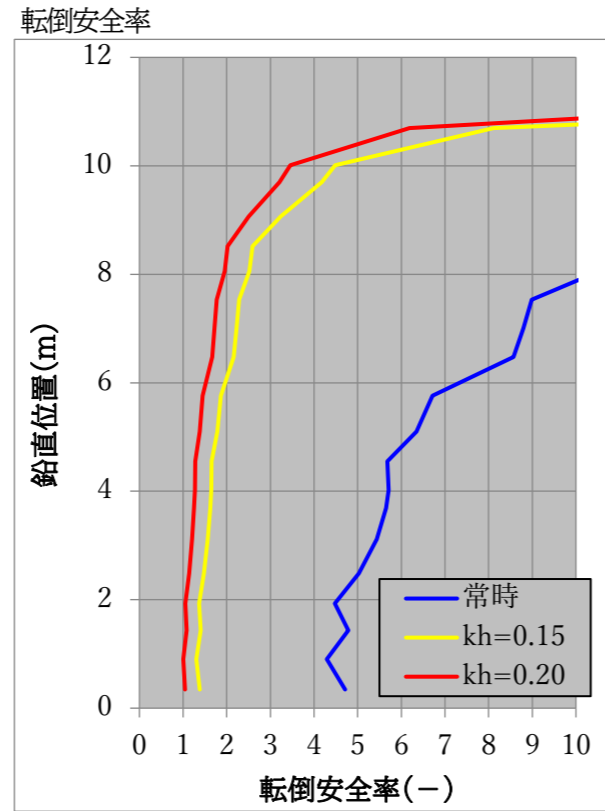
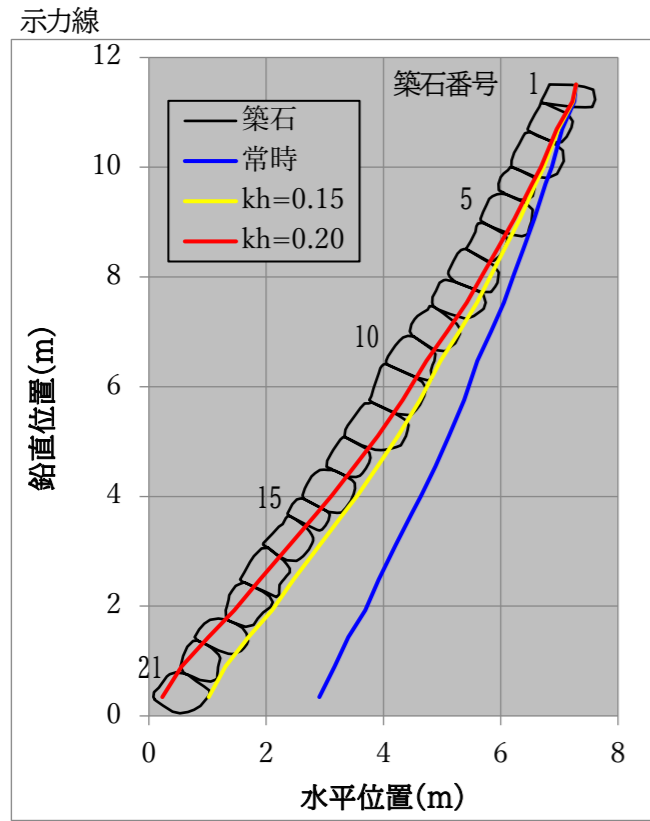


図-資 239 検討結果 検討断面① (天守台北面 ケース1)

【天守台西面 ケース1 裏面の内部摩擦角：40度】



累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ(m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.3094	676.0667	22.8471	17.2411	104.9326	5.1550	3.9025
2	0.8106	86.9415	8.1137	6.1852	33.4551	4.3102	3.3095
3	1.4989	27.3008	4.4824	3.4575	16.0277	3.4369	2.6770
4	1.8076	25.0866	4.1726	3.2079	15.5047	3.3447	2.5947
5	2.4438	15.9527	3.2394	2.5036	11.3316	2.8947	2.2587
6	2.9928	10.8694	2.5956	2.0185	8.5642	2.5031	1.9657
7	3.4503	10.5345	2.5212	1.9533	8.3318	2.4273	1.8974
8	3.9774	8.9894	2.2851	1.7728	7.3627	2.2489	1.7597
9	4.4993	8.7950	2.2233	1.7197	7.1663	2.1631	1.6862
10	5.0353	8.5665	2.1629	1.6679	6.9315	2.0763	1.6120
11	5.7459	6.7110	1.8638	1.4444	5.7266	1.8553	1.4475
12	6.4096	6.3473	1.7866	1.3828	5.4232	1.7686	1.3771
13	6.9603	5.6816	1.6558	1.2822	4.9287	1.6483	1.2833
14	7.4864	5.7114	1.6448	1.2709	4.8872	1.6098	1.2497
15	7.8204	5.6489	1.6206	1.2513	4.8037	1.5711	1.2182
16	8.3923	5.4397	1.5640	1.2067	4.6049	1.5002	1.1615
17	9.0230	5.0266	1.4746	1.1375	4.2780	1.4111	1.0914
18	9.5809	4.4736	1.3644	1.0535	3.8871	1.3229	1.0238
19	10.0725	4.7815	1.4041	1.0813	4.0232	1.3167	1.0153
20	10.6081	4.2928	1.3039	1.0048	3.6777	1.2361	0.9533
21	10.8556	4.7149	1.3788	1.0476	3.9358	1.2778	0.9697

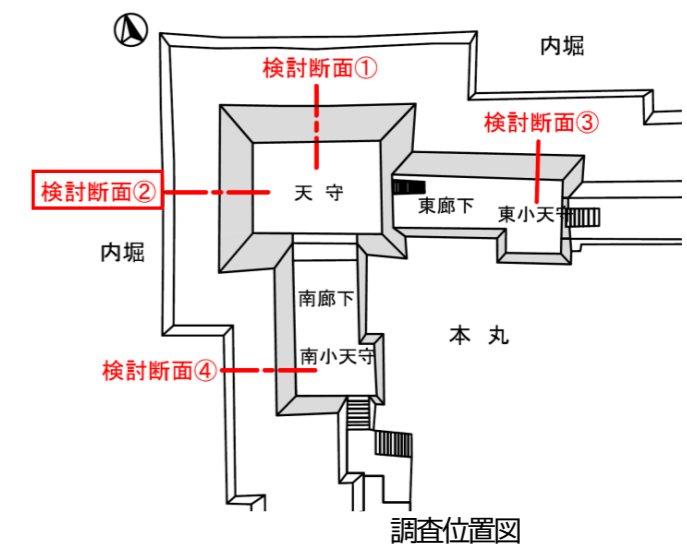
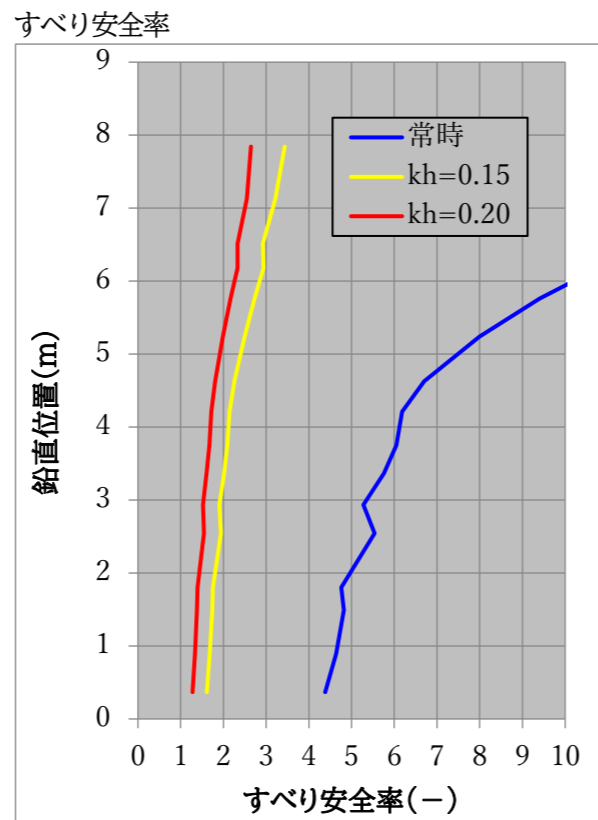
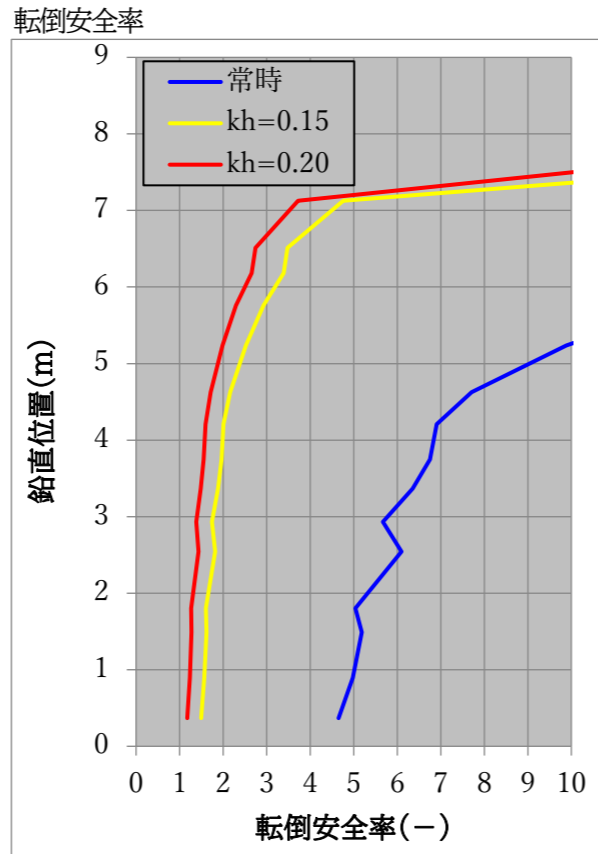
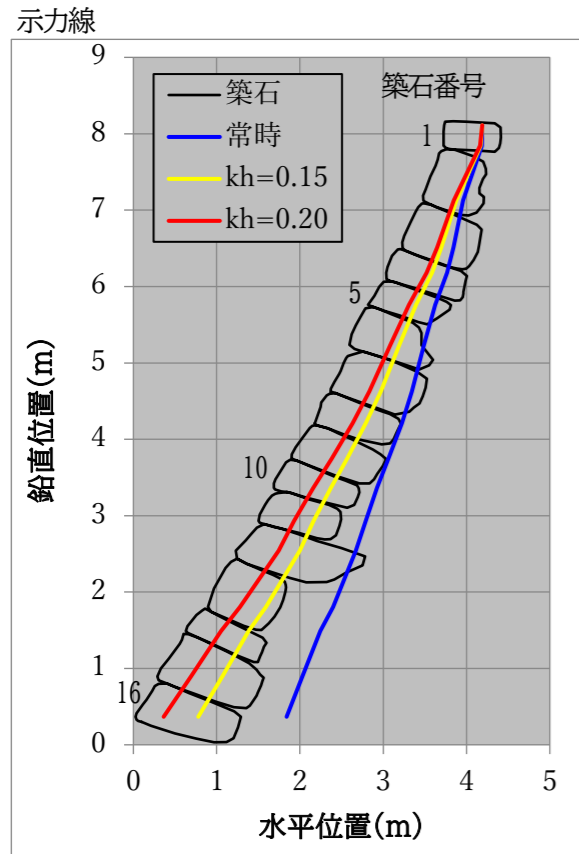


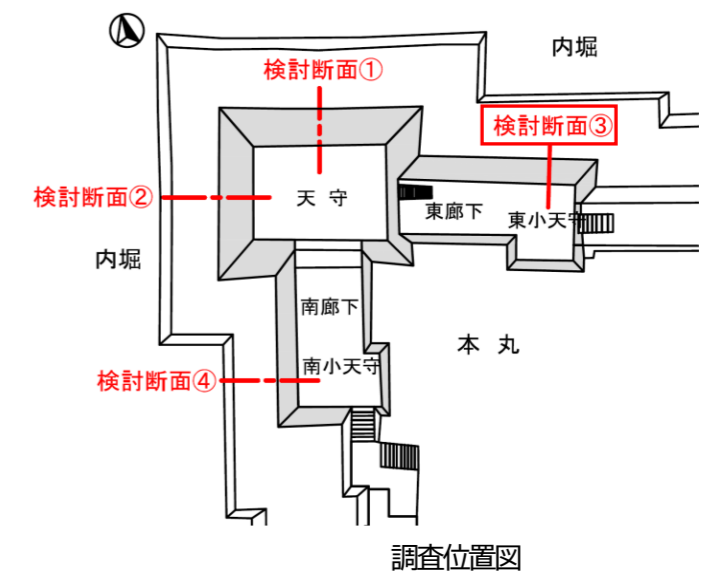
図-資240 検討結果 検討断面図② (天守台西面 ケース1)

【東小天守北面 ケース1 裏込の内部摩擦角：40度】



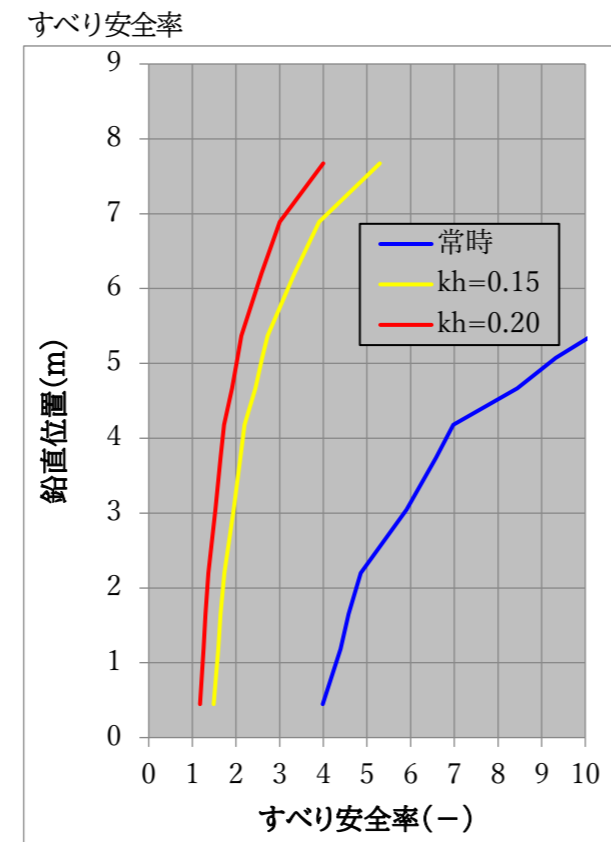
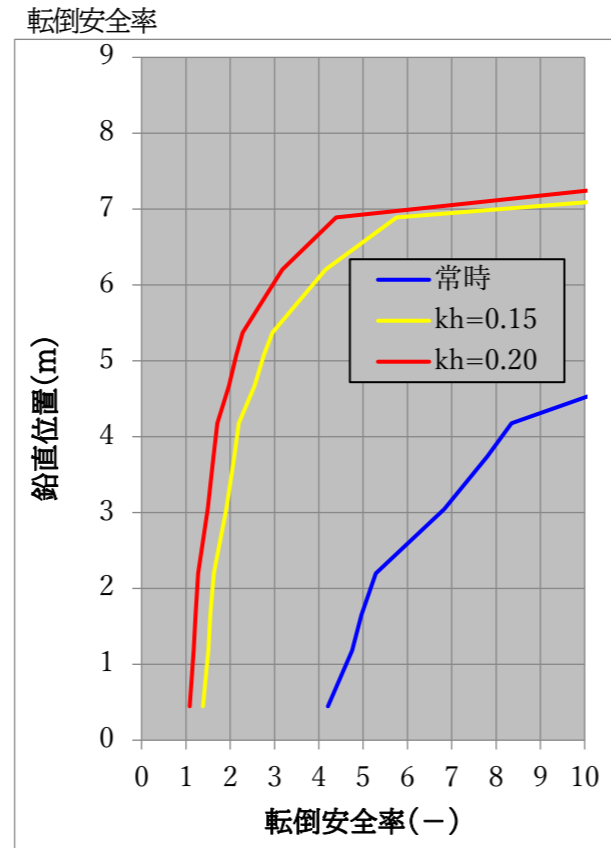
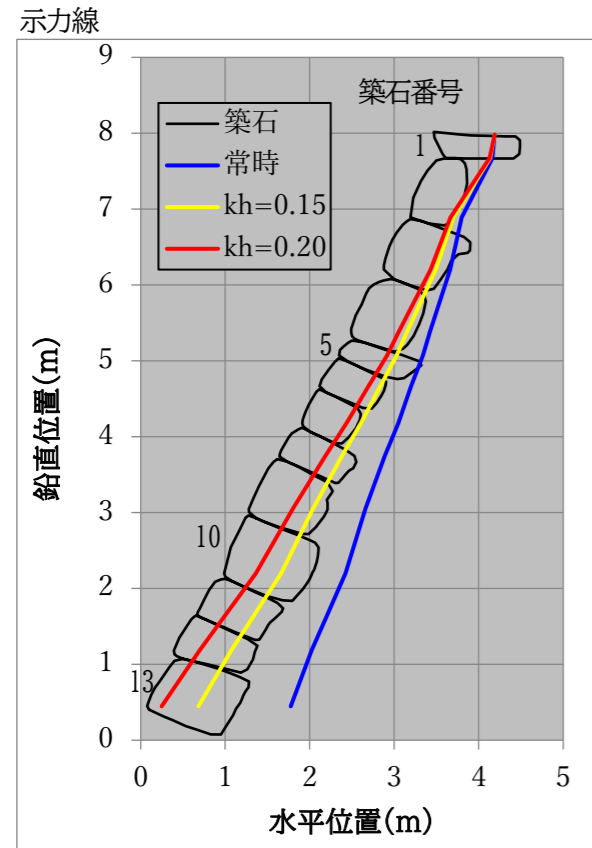
累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ(m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.2687	348.2675	20.6989	15.8373	40.8817	3.4358	2.6456
2	0.9855	25.4736	4.7572	3.7237	13.2163	3.2159	2.5468
3	1.5989	15.9121	3.4777	2.7432	10.5488	2.9214	2.3349
4	1.9302	15.7473	3.3908	2.6590	10.7910	2.9404	2.3339
5	2.3505	12.5501	2.9258	2.2959	9.4019	2.7295	2.1673
6	2.8740	9.8831	2.5234	1.9871	7.9874	2.4971	1.9897
7	3.4863	7.7101	2.1612	1.7115	6.6975	2.2590	1.8102
8	3.9029	6.9085	2.0105	1.5938	6.1806	2.1461	1.7211
9	4.3620	6.7495	1.9663	1.5538	6.0488	2.0939	1.6728
10	4.7461	6.3521	1.8819	1.4859	5.7602	2.0158	1.6084
11	5.1792	5.6720	1.7464	1.3818	5.2798	1.9041	1.5222
12	5.5679	6.0950	1.8204	1.4333	5.5404	1.9440	1.5456
13	6.3085	5.0365	1.6013	1.2645	4.7628	1.7532	1.3974
14	6.6223	5.1835	1.6198	1.2746	4.8210	1.7426	1.3832
15	7.2160	4.9805	1.5691	1.2331	4.6413	1.6835	1.3339
16	7.7442	4.6526	1.4955	1.1759	4.3828	1.6130	1.2783



図資 241 検討結果 検討断面図③ (東小天守台 ケース1)

【南小天守西面 ケース1 裏込の内部摩擦角：40度】



累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ (m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.3097	828.0457	22.4758	16.9366	133.7304	5.2943	3.9977
2	1.0904	50.1833	5.7586	4.3932	25.3176	3.9070	3.0040
3	1.7785	25.4983	4.1490	3.1797	15.8335	3.3398	2.5811
4	2.6119	13.6823	2.9519	2.2823	10.1452	2.7202	2.1228
5	2.9089	12.2048	2.7608	2.1377	9.3225	2.5985	2.0308
6	3.3144	10.7229	2.5470	1.9724	8.4430	2.4441	1.9096
7	3.8039	8.3487	2.1922	1.7064	6.9793	2.1931	1.7224
8	4.2442	7.8006	2.0904	1.6245	6.5828	2.0958	1.6424
9	4.9343	6.8287	1.9152	1.4899	5.9039	1.9450	1.5251
10	5.7822	5.2878	1.6301	1.2784	4.8589	1.7309	1.3686
11	6.3310	4.9595	1.5543	1.2174	4.5796	1.6476	1.3002
12	6.7980	4.7529	1.5046	1.1772	4.3975	1.5909	1.2533
13	7.5353	4.2051	1.3839	1.0860	3.9863	1.4867	1.1746

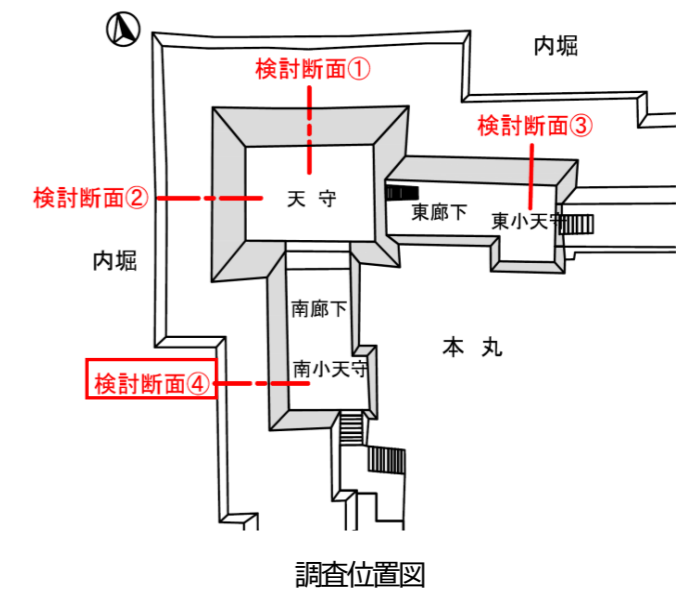
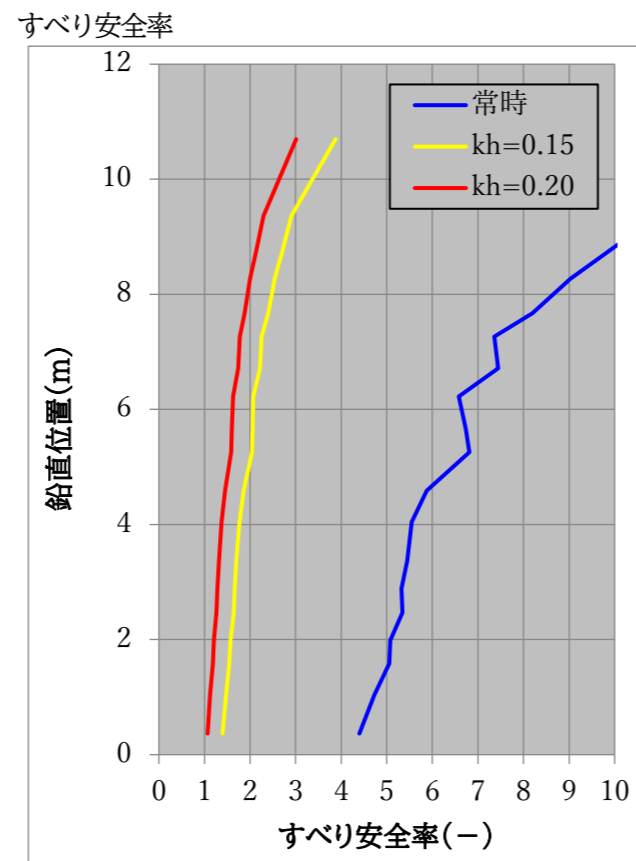
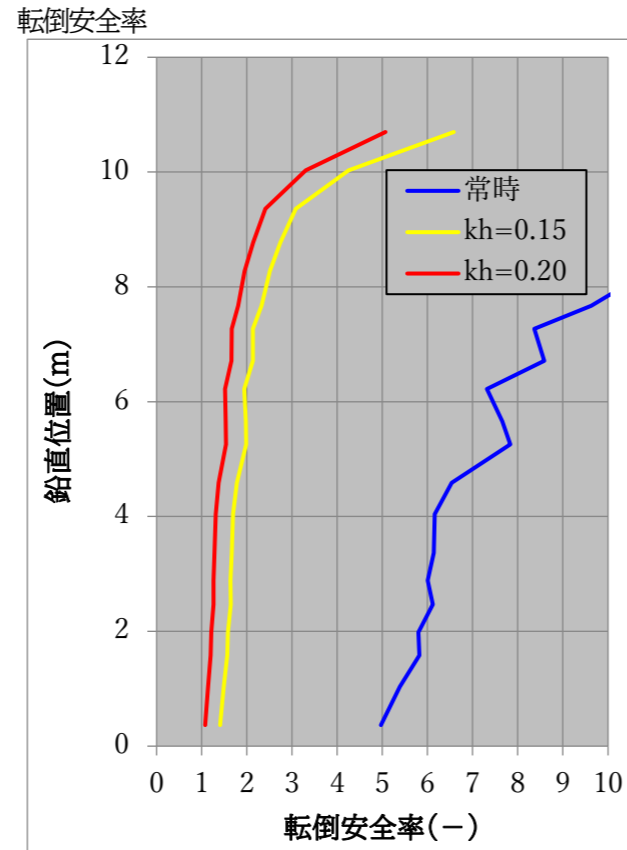
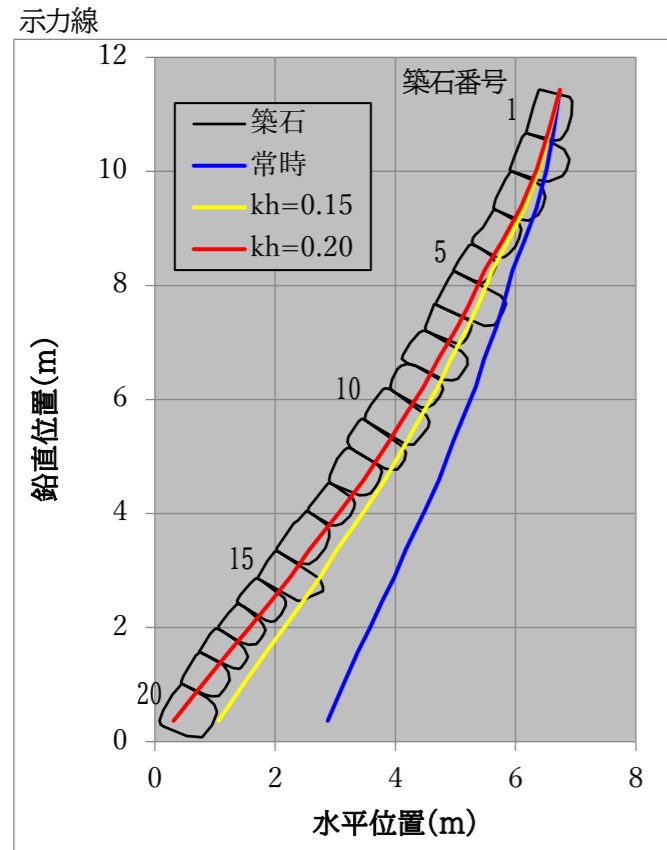


図-資 242 検討結果 検討断面図④ (東小天守台 ケース1)

【天守台北面 ケース2 裏面の内部摩擦角：42度】



累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ(m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.7346	63.7899	6.5827	5.0686	27.7503	3.8780	3.0124
2	1.4002	25.3641	4.2542	3.3007	15.4843	3.3888	2.6565
3	2.0697	14.6061	3.0794	2.4090	10.9319	2.9047	2.2980
4	2.6595	12.4171	2.7408	2.1366	9.9069	2.7157	2.1387
5	3.1593	10.9104	2.5070	1.9490	9.0334	2.5423	1.9983
6	3.7635	9.6253	2.3206	1.8063	8.1965	2.3980	1.8835
7	4.1647	8.3650	2.1325	1.6643	7.3612	2.2534	1.7746
8	4.7179	8.5834	2.1358	1.6592	7.4465	2.2191	1.7380
9	5.2097	7.3162	1.9429	1.5149	6.5767	2.0685	1.6261
10	5.7751	7.6559	1.9732	1.5294	6.7336	2.0527	1.6025
11	6.1746	7.8314	1.9865	1.5349	6.8096	2.0412	1.5875
12	6.8447	6.5337	1.7751	1.3758	5.8774	1.8613	1.4517
13	7.3903	6.1574	1.6952	1.3120	5.5495	1.7679	1.3760
14	8.0643	6.1423	1.6669	1.2847	5.4474	1.7013	1.3170
15	8.5451	6.0059	1.6364	1.2595	5.3195	1.6627	1.2849
16	8.9616	6.1195	1.6410	1.2579	5.3449	1.6411	1.2619
17	9.4499	5.7963	1.5768	1.2076	5.0794	1.5732	1.2079
18	9.8496	5.8206	1.5666	1.1971	5.0540	1.5448	1.1827
19	10.3969	5.3912	1.4866	1.1362	4.7238	1.4700	1.1252
20	11.0659	4.9686	1.4060	1.0752	4.3989	1.3960	1.0686

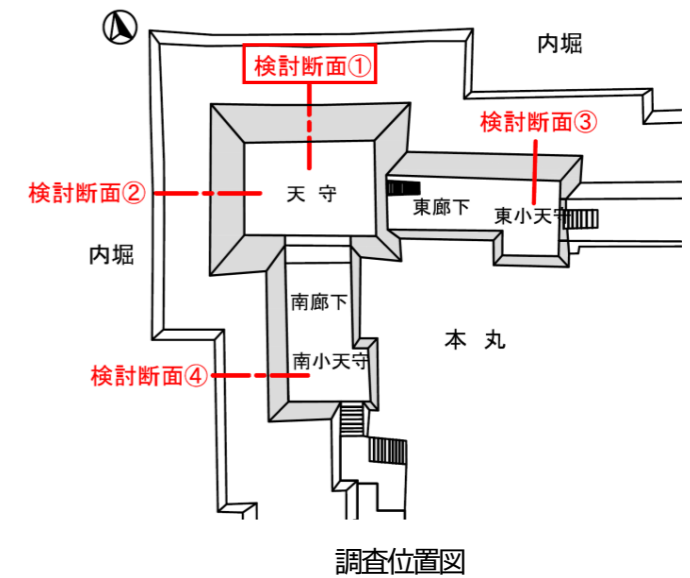
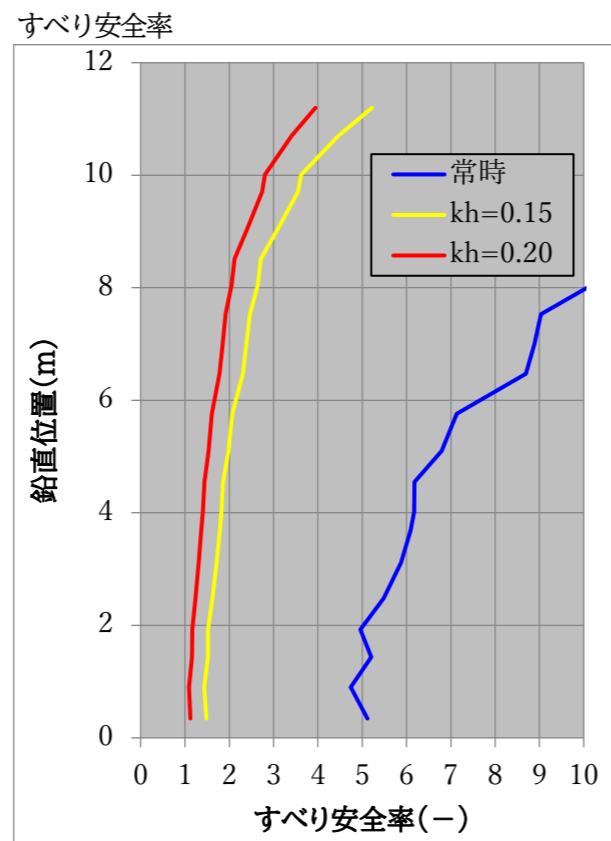
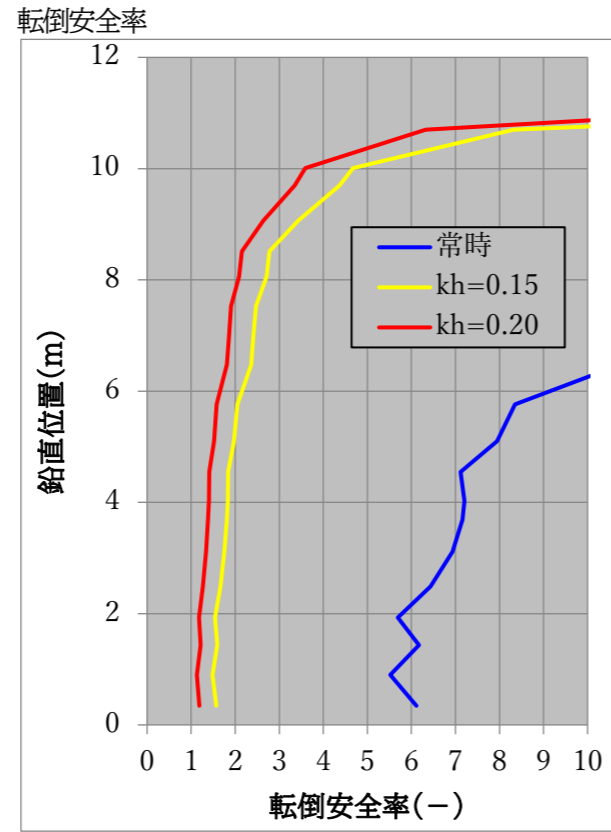
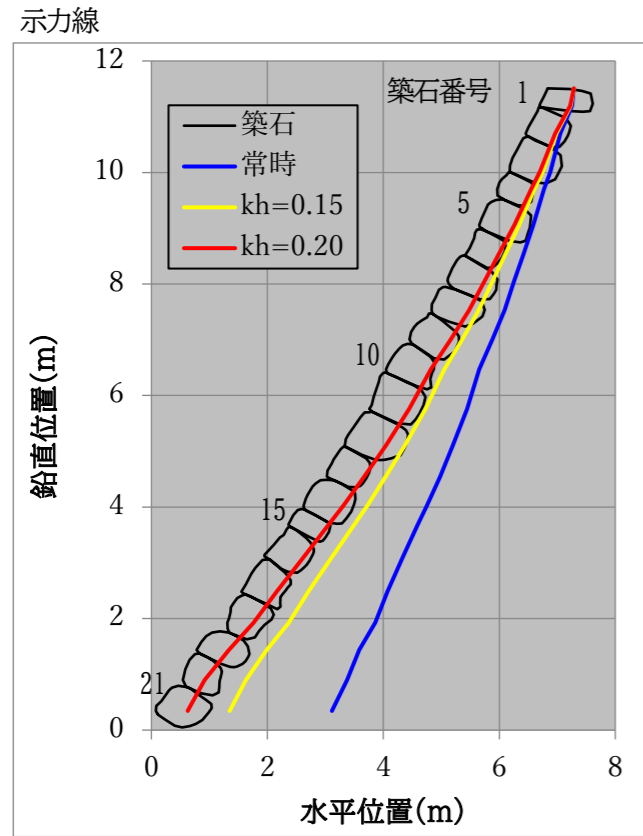


図-資 243 検討結果 検討断面図① (天守台北面 ケース2)

【天守台西面 ケース2 裏面の内部摩擦角：42度】



累積示力線法解析結果一覧表

築石番号	石垣天端からの高さ(m)	転倒安全率			すべり安全率		
		常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20	常時	中規模地震 kh=0.15	大規模地震 kh=0.20
1	0.3094	852.9859	23.0570	17.3794	132.3659	5.2207	3.9453
2	0.8106	104.7178	8.3218	6.3251	40.2781	4.4573	3.4082
3	1.4989	32.6058	4.6712	3.5902	19.1322	3.6213	2.8075
4	1.8076	30.4315	4.3724	3.3490	18.7978	3.5473	2.7386
5	2.4438	19.3764	3.4323	2.6417	13.7566	3.1077	2.4123
6	2.9928	13.1799	2.7773	2.1492	10.3804	2.7150	2.1196
7	3.4503	12.9051	2.7093	2.0899	10.2036	2.6455	2.0573
8	3.9774	11.0296	2.4691	1.9071	9.0320	2.4652	1.9191
9	4.4993	10.9055	2.4174	1.8599	8.8857	2.3881	1.8500
10	5.0353	10.7448	2.3641	1.8116	8.6957	2.3060	1.7774
11	5.7459	8.3553	2.0486	1.5790	7.1322	2.0711	1.6062
12	6.4096	7.9435	1.9723	1.5174	6.7907	1.9836	1.5345
13	6.9603	7.1182	1.8364	1.4135	6.1797	1.8575	1.4369
14	7.4864	7.2063	1.8321	1.4041	6.1724	1.8232	1.4029
15	7.8204	7.1594	1.8115	1.3851	6.0952	1.7864	1.3705
16	8.3923	6.9342	1.7559	1.3402	5.8783	1.7140	1.3116
17	9.0230	6.4315	1.6628	1.2684	5.4831	1.6197	1.2379
18	9.5809	5.6923	1.5429	1.1790	4.9553	1.5225	1.1655
19	10.0725	6.1690	1.5941	1.2118	5.2020	1.5230	1.1583
20	10.6081	5.5206	1.4845	1.1301	4.7410	1.4335	1.0916
21	10.8556	6.1124	1.5706	1.1894	5.1148	1.4837	1.1230

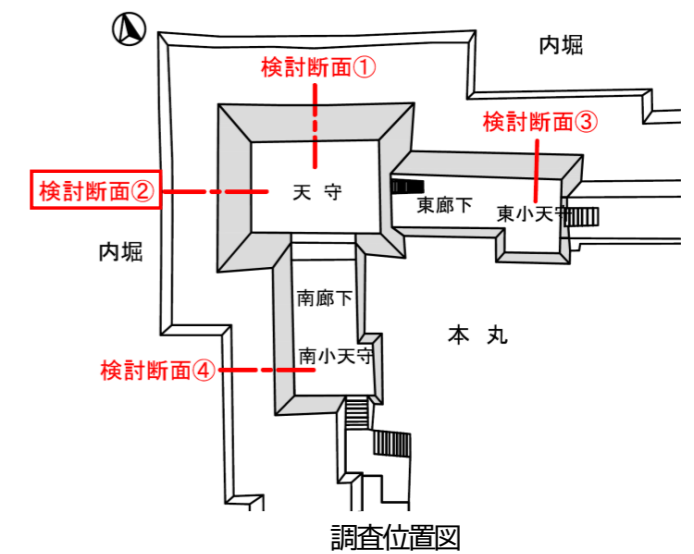


図-資244 検討結果 検討断面図② (天守台西面 ケース2)

(2) 基礎地盤解析（動的FEM解析による検討）と入力地震波検討

ア 基礎地盤検討条件の設定

(ア) 地盤条件

地盤条件は、『広島城天守閣地質調査業務 報告書』（平成31(2019)年3月）等を基に図-資248のとおり設定した。

(イ) 入力地震動

下表に示す検討ステップで入力地震動を設定する。

表-資31 基礎地盤解析入力地震波

検討ステップ	解析モデル	地震動
1	1次元モデル (棒モデル) (図-資249)	告示波A 近距離地震 【平成8(1995)年 兵庫県南部地震神戸気象台観測波】 告示波B 遠距離地震 【大正12(1923)年 関東地震東京管区気象台(大手町)】 告示波C 一様乱数
2	2次元モデル (図-資248)	告示波A、B、C (L2波) のうちステップ1で最大変位の発生する地震動を用い解析

表-資32 入力地震波一覧（解放工学的基盤）

地震動	L1 地震動		L2 地震動		継続時間 (sec)
	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	
告示波A	76.3	10.5	381.7	52.5	81.92
告示波B	62.6	7.63	311.5	38.0	200.02
告示波C	78.2	7.16	390.8	35.8	72.04

※ 図-資245 入力地震波（レベル2告示波）参照

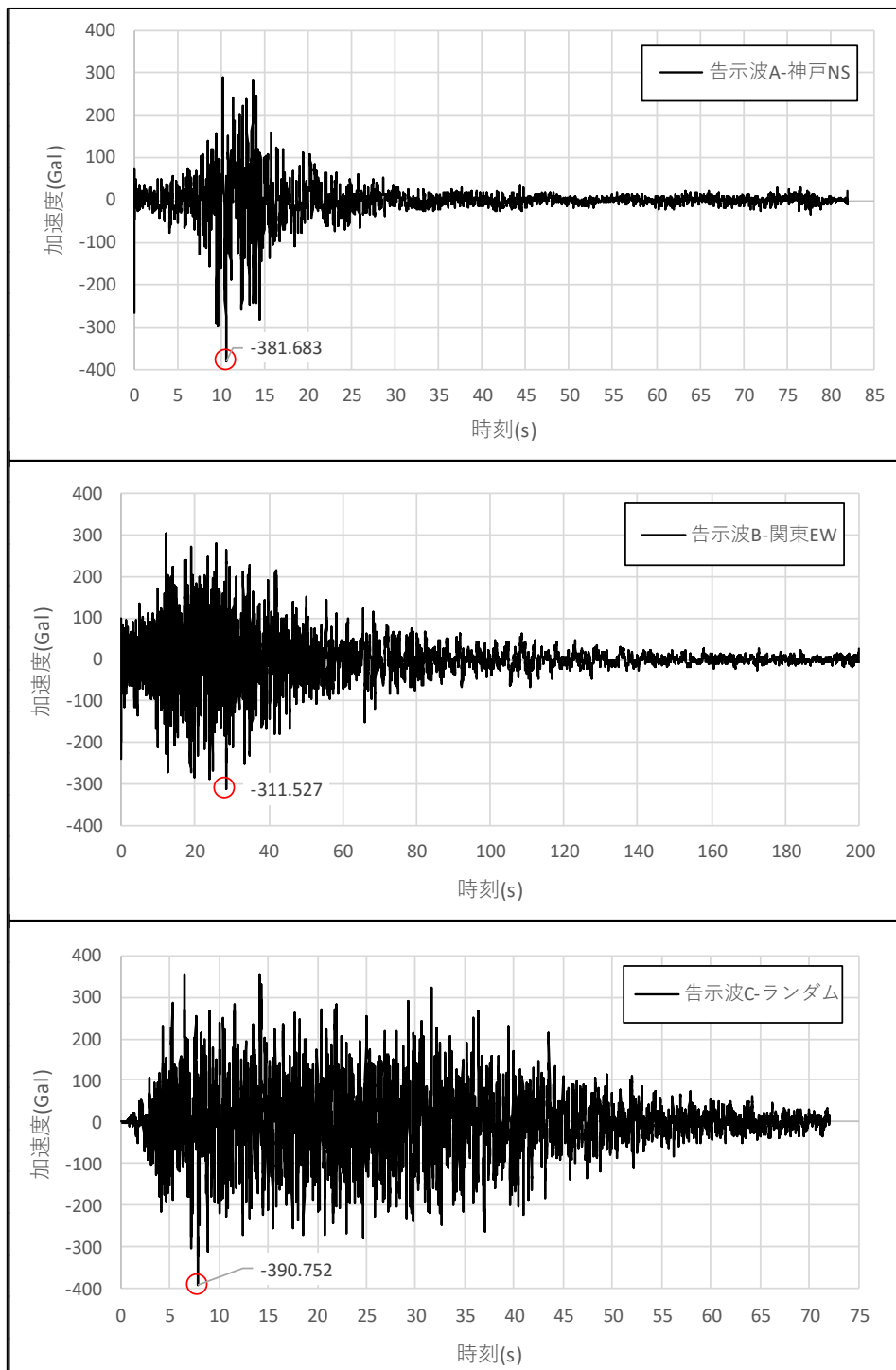


図-資 245 入力地震波（レベル 2 告示波）

(ウ) 天守荷重

天守荷重は木造天守を想定し、次のとおり設定した。

表-資 33 広島城天守建築物延べ面積と想定重量

建 物	天 守	南廊下	南小天守
延べ面積 (m ²)			
5 階	89.4		
4 階	127.8		
3 階	253.0		34.9
2 階	410.1	27.8	62.1
1 階	415.4	182.8	192.1
計	1295.7	210.6	289.1
建物想定重量 (kN)	18,500	3,680	4,190
基礎想定重量 (kN)	7,600	1,340	1,410
想定重量合計 (kN)	26,100	5,020	5,600
基礎設定面積 (m ²)	247	183	192
単位重量(kN/m ²)	106	27	29

※ 設定条件

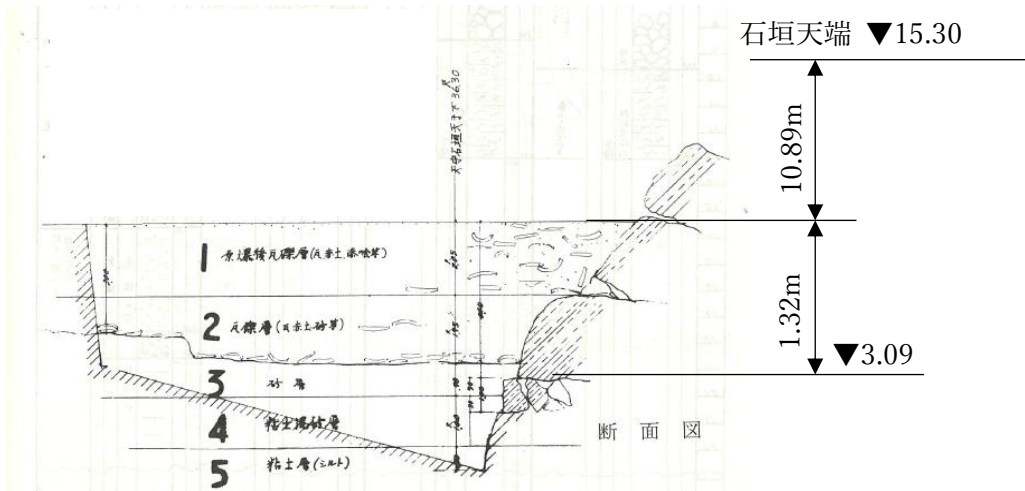
- ・延べ面積は『広島城天守閣木造復元基礎調査追加業務 報告書』（令和3(2021)年3月）添付資料1より設定した。
- ・面積当たりの荷重は、過去の事例より《最上層部：18(kN/m²) その他：14(kN/m²)》とした。
- ・基礎想定重量については、天守は現在の基礎概算重量、南廊下・南小天守は t=300mm の耐圧盤で想定した。
- ・基礎設定面積は、天守についてはRC基礎換算面積、廊下・小天守については1階床面積とした。

イ 基礎地盤検討モデル

(ア) 石垣モデルの設定

築石の控長は現地調査（弾性波探査）結果より平均値を求め設定した。また、天守台石垣及び内堀石垣の根入れ深さについては、『支部報 鯉城 NO.5 1975』（広島県建築士会 広島地区支部）及び『史跡広島城跡 保存修理工事報告書』（昭和46(1971)年、広島市教育委員会）等を参考に設定した。

・『支部報 鯉城 N0.5 1975』(広島県建築士会 広島地区支部)より



天守台石垣高さ：36.3尺=10.89m 標高 15.30 とし、
天守台石垣根入れ深さ：4.4尺=1.32m より、石垣下端部標高を《3.09》で設定

図-資 246 天守台根入部調査断面図

・『史跡広島城跡 保存修理工事報告書』より

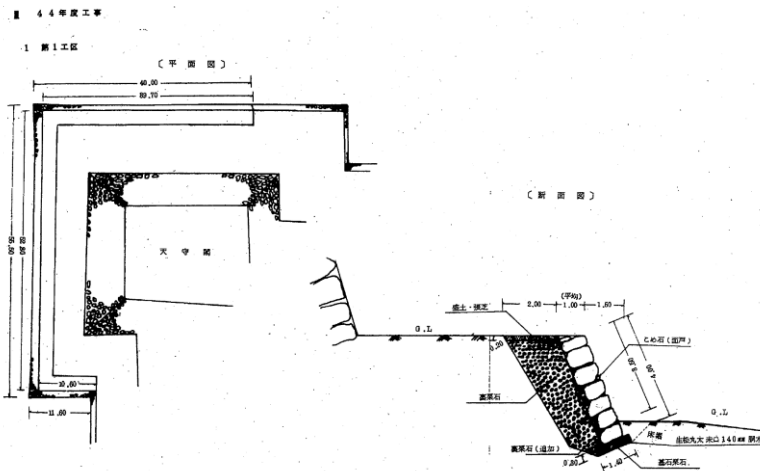


図-資 247 内堀石垣構造断面図

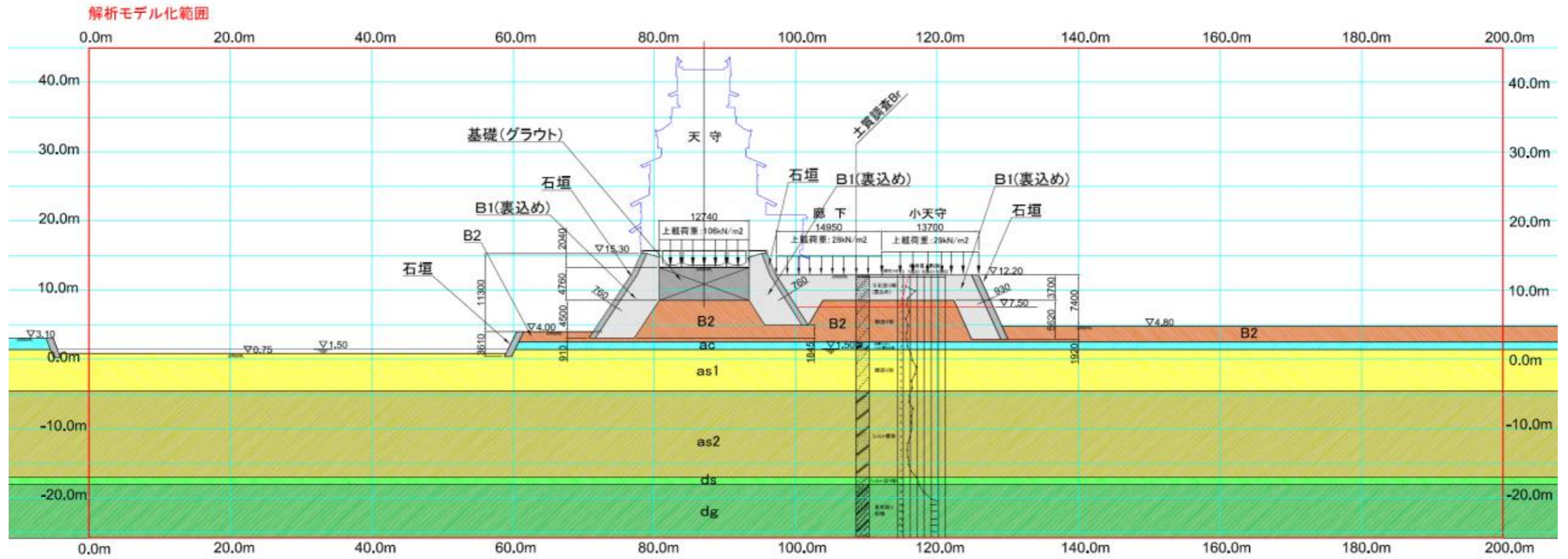
(イ) 天守台内部構造の設定

天守台の内部構造については、現地調査等が実施されておらず不明であるため、下記資料を参考に推察し設定した。

- ・『支部報 鯉城 N0.5 1975』(広島県建築士会 広島地区支部)
- ・『会報ひろしま N0.40 '71 10』((社法)広島県建築士会)
- ・『基礎グラウト図』(広島城所蔵)

なお、基礎グラウト高さについては、裏込層(B1)は空隙があることより、礫混じり砂層(B2)から上の裏込層(B1)全体が充填されていると推定した。

(ウ) 基礎地盤解析モデル



基礎地盤条件

記号	土層・地質	層厚 (m)	区分	平均 N 値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	せん断波速度 V_s (m/s)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	ヤング係数 E_0 (kN/m ²)	基準ひずみ $\gamma_{0.5}$	最大減衰定数 h_{max}	備考
石垣	築石	—	花崗岩	—	26.5	314	0.333	266,612	710,787	—	—	線形
基礎	基礎グラウト	4.76	無筋 con	—	23.0	1,976	0.2	9,166,667	22,000,000	—	—	線形 f'_c $k=18$ (N/mm ²)
B1	玉石混り礫(裏込)	3.7	砂質土	42(換算値)	20.0	314	0.333	200,793	535,313	0.000207	0.22	非線形
B2	礫混り砂	6.0	砂質土	5	19.0	161	0.333	50,122	133,624	0.000478	0.27	非線形
ac	砂質シルト	1.1	粘性土	6	14.7	170	0.333	43,482	115,924	0.001159	0.22	非線形
as1	礫混り砂	6.0	砂質土	13	17.6	217	0.333	84,603	225,552	0.000622	0.27	非線形
as2	シルト質砂	12.4	砂質土	9	17.6	193	0.333	67,157	179,042	0.000710	0.27	非線形
ds	シルト混り砂	1.1	砂質土	21	18.6	252	0.333	120,833	322,140	0.000768	0.24	非線形
dg	砂礫	基盤層	砂質土	79	20.0	400	0.333	326,531	870,531	—	—	線形

上表において せん断波速度： $V_s=97N^{0.314}$ せん断弾性係数： $G=\rho V_s^2$ ヤング係数： $E=2(1+\nu)G$

図-資 248 広島城天守台基礎地盤解析モデル

ウ 基礎地盤解析結果

(ア) 2次元モデル入力地震波の選定（1次元解析）

単位幅（1 m）で1次元モデルを作成し2次元モデルで採用する入力地震波の選定と入力時間の設定を行う。また、同時に地盤性状の傾向の把握（液状化の有無）を行った。1次元解析結果を図-資 249に、地表面の加速度波形を図-資 250に示す。

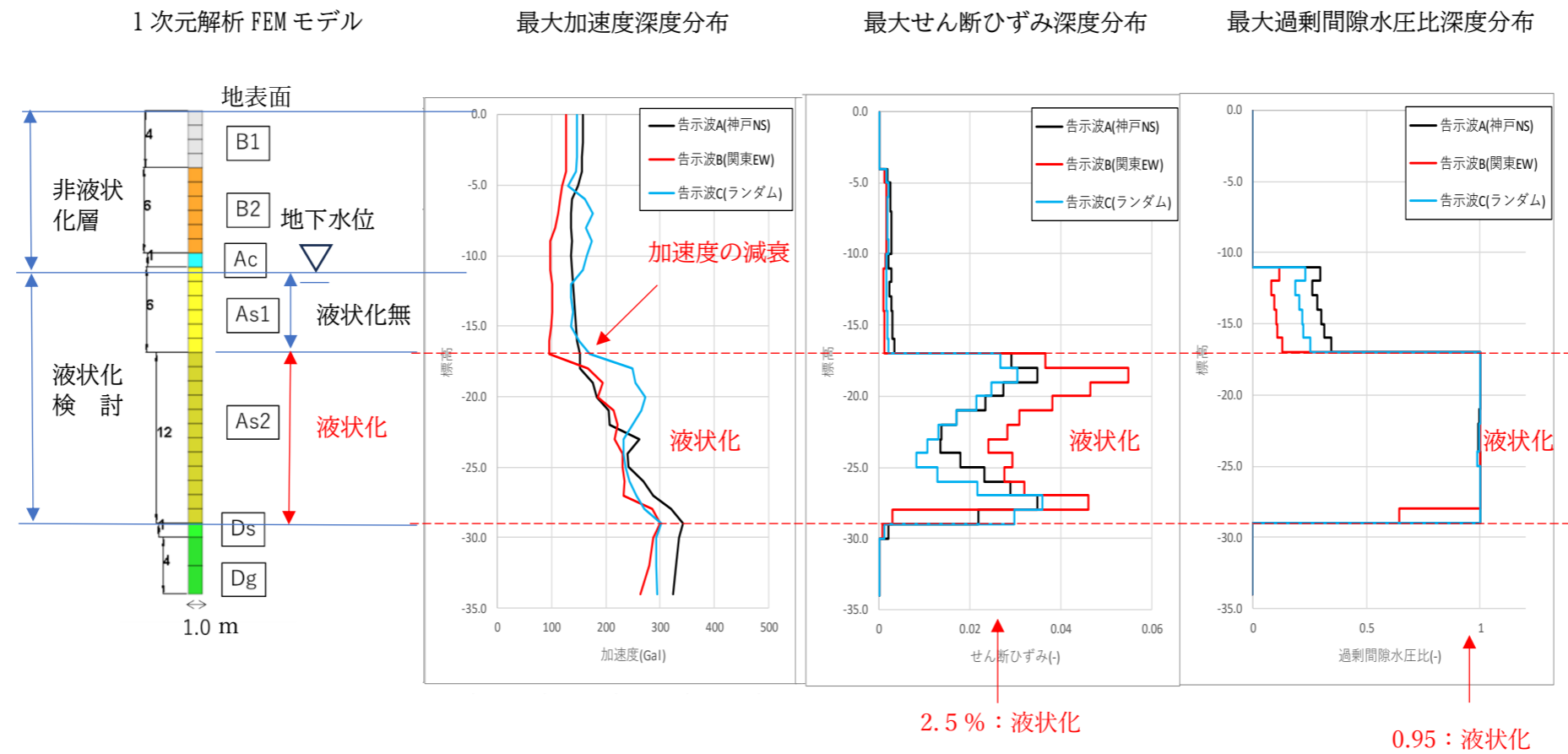
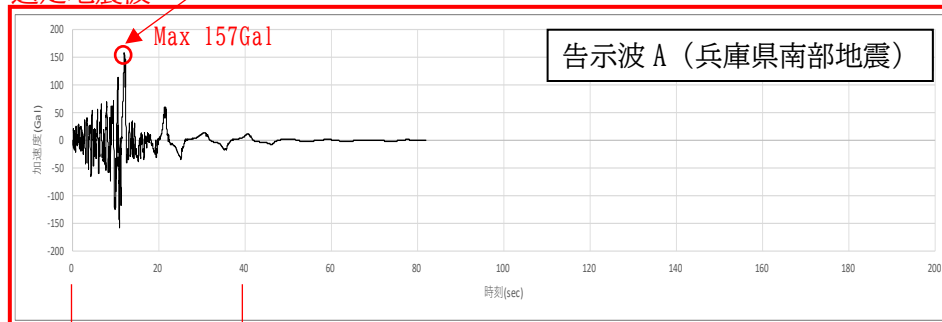


図-資 249 1次元解析結果

最大地表面加速度（液状化による減衰あり）

選定地震波



入力時間：40 秒

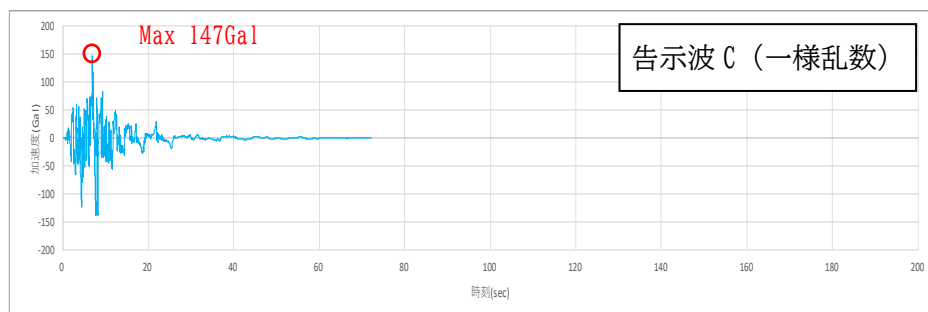
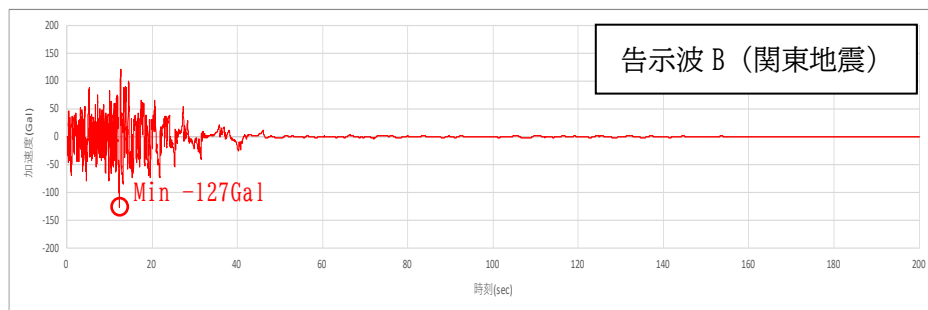


図-資 250 地表面加速度波形

図-資 250 において地表面加速度が最も大きいのは告示波 A（兵庫県南部地震）における 157Gal となるため、2次元解析で使用する地震波形は告示波 A（兵庫県南部地震）とする。また、地震動の入力時間は、同告示波で振幅が収束する 40 秒とする。

1次解析の結果（図-資 249）で as2 層（シルト質砂）の過剰間隙水圧比は 0.95 を超え、せん断ひずみも 2.5% を超えていることより、液状化に至っていることが分かる。一方、その上層となる as1 層（礫混り砂）は液状化に至っていない。また地表面加速度は液状化層で減衰（液状化による地震免震効果）していることが分かる。非液状化層の層厚は概ね 11m 程度であるため現時点で得られる資料による解析では、液状化による地盤変状の影響は小さいと推察される。

(イ) 2次元解析

基礎地盤の性状の概要把握と石垣と建造物解析時に使用する入力地震波の時刻歴波形を求めため、1次元解析で選定した告示波A（兵庫県南部地震）を2次元FEMモデル（図-資251）に入力した。なお、時刻歴波形の出力位置は図-資252のとおり。

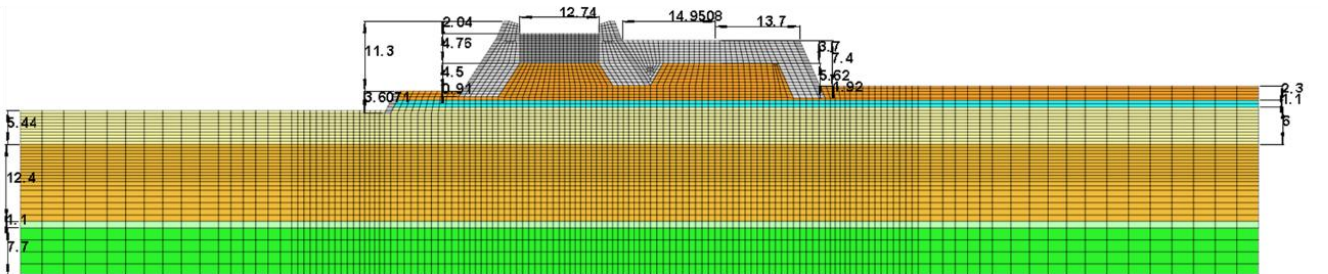
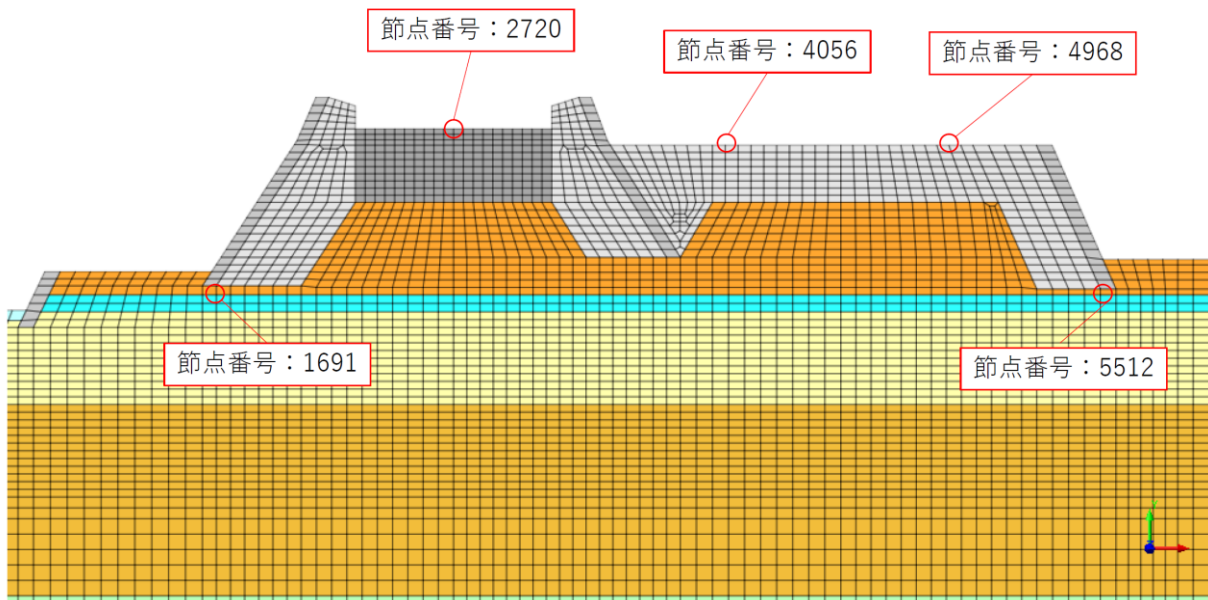


図-資 251 2次元FEMモデル



石垣解析

天守台石垣解析

小天守台石垣解析

節点番号 1691

節点番号 5512

建造物構造解析

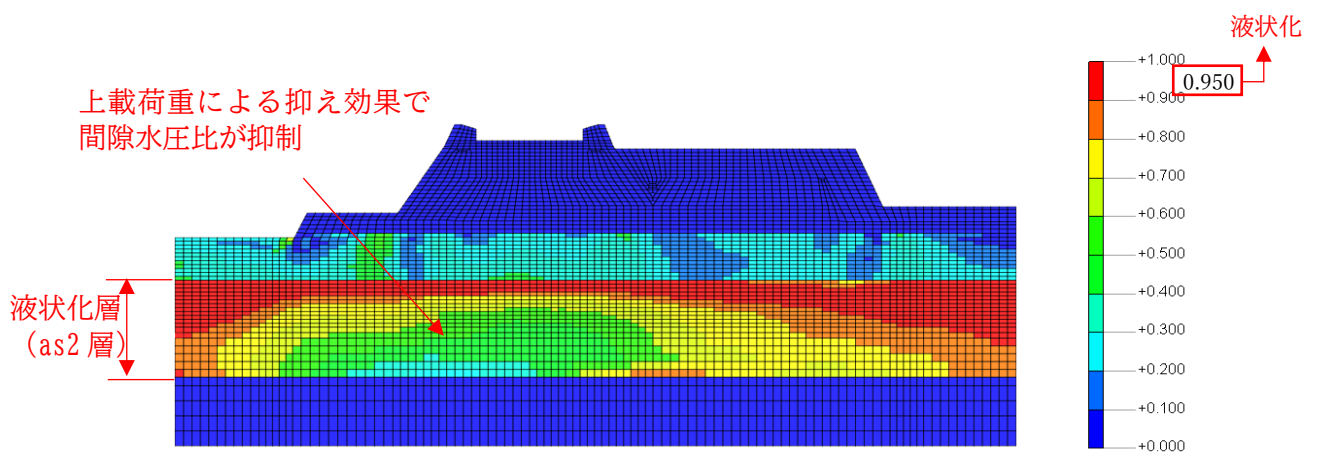
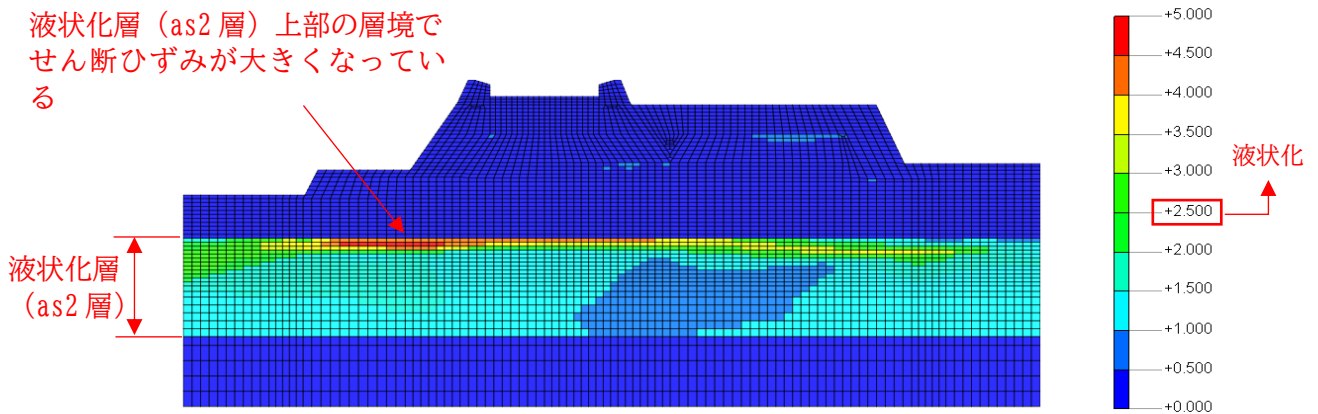
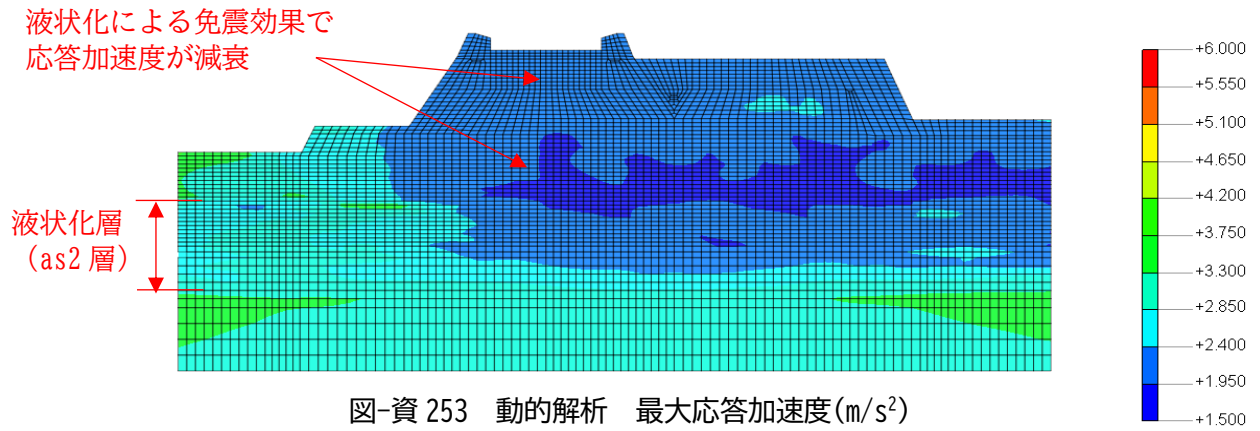
天守 節点番号 2720

廊下 節点番号 4056

小天守 節点番号 4968

図-資 252 時刻歴波形の出力位置

図-資 253～図-資 255 に解析結果を示す。図において青→緑→赤にかけて、数値が大きくなると共に、振動の影響が大きくなることを表している。



(ウ) 解析結果

- ・最大応答加速度（図-資 253）を見ると1次元解析同様、as2層（シルト質砂）の液状化による免震効果によって応答が減衰している。
- ・最大せん断ひずみ（図-資 254）はas2層（シルト質砂）の上部層境で大きく3~5%程度の値となっている。
- ・最大過剰間隙水圧比（図-資 255）はas2層（シルト質砂）で大きくなっているが、天守盛土下では盛土や構造物荷重による抑え効果により間隙水圧比は抑制されている。

エ 入力地震波（時刻歴速度波形）

石垣、建造物解析に使用する入力地震波（時刻歴速度波形）を図-資 256 から図-資 260 に示す。石垣に対しては詳細検討として2次元DEM解析による安定性検討を行った。建造物については、立体骨組解析モデルによる時刻歴応答解析を行った。

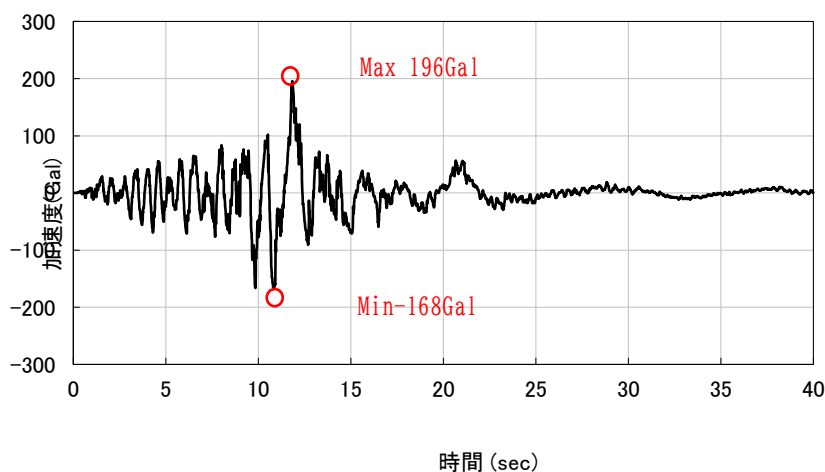


図-資 256 時刻歴加速度 天守台石垣（節点番号 1691）

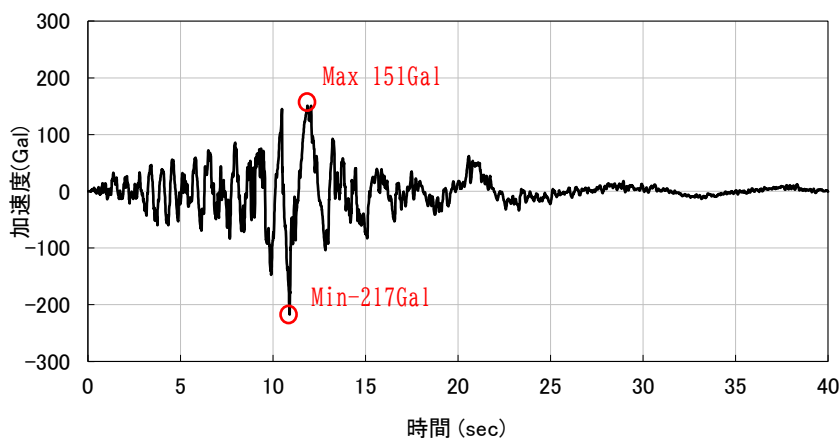


図-資 257 時刻歴加速度 小天守台石垣（節点番号 5512）

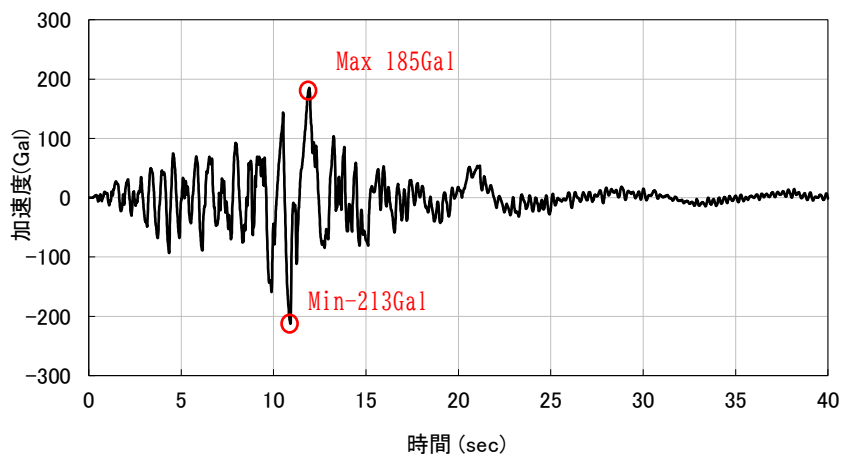


図-資 258 時刻歴加速度 天守中央 (節点番号 2720)

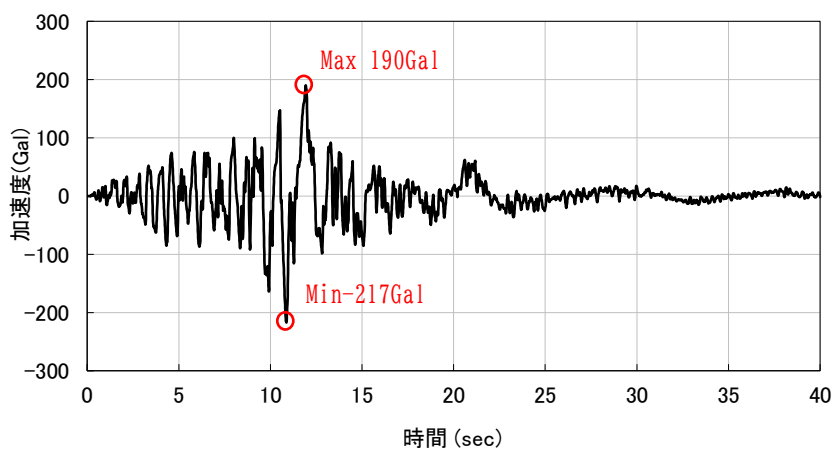


図-資 259 時刻歴加速度 廊下中央 (節点番号 4056)

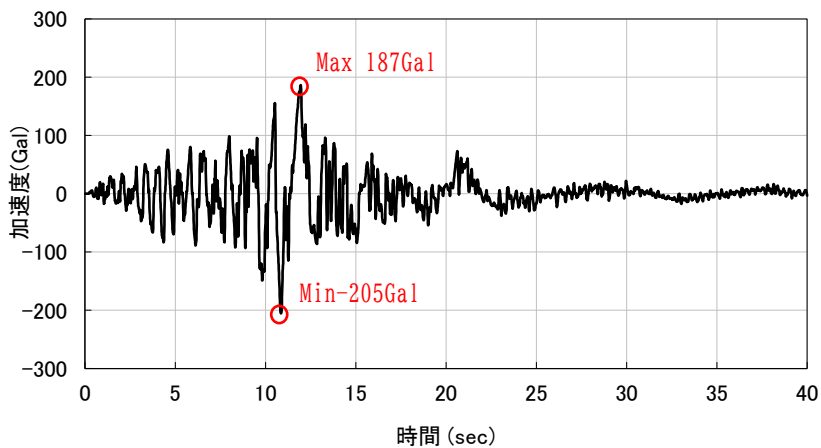


図-資 260 時刻歴加速度 小天守中央 (節点番号 4968)

(3) 石垣安定性の詳細検討（DEM解析による）

基礎地盤解析で得られた、時刻歴加速度（図-資 256 及び図-資 257）を天守台石垣、小天守台石垣のモデルに入力し石垣の挙動を、2次元DEM解析を用いて検討した。

ア 天守台石垣

解析の結果、天守台石垣において石垣の変形量は最大 17mm と小さく、崩壊には至らなかった。最大変位発生箇所は石垣頂部より 5 石目で発生しており、この時点では、石垣の変形形状は上部から倒れるように変形する転倒モードである。

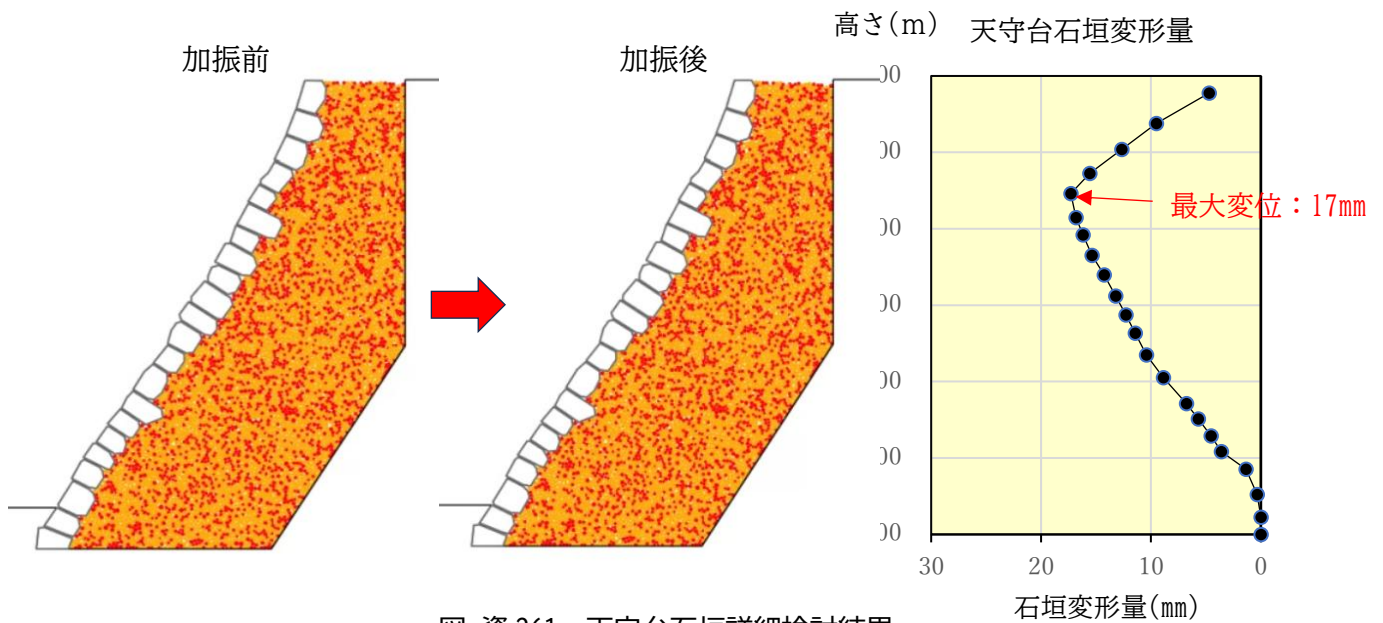


図-資 261 天守台石垣詳細検討結果

イ 小天守台石垣

小天守台石垣において、石垣の変位量は上載荷重のない場合 40mm、上載荷重のある場合 82mm となり、いずれの場合も崩壊には至らなかった。最大変位量は石垣上部より 2 石目で発生している。この時点では石垣の変形形状は上部から倒れるように変形する転倒モードである。

(ア) 上載荷重なし

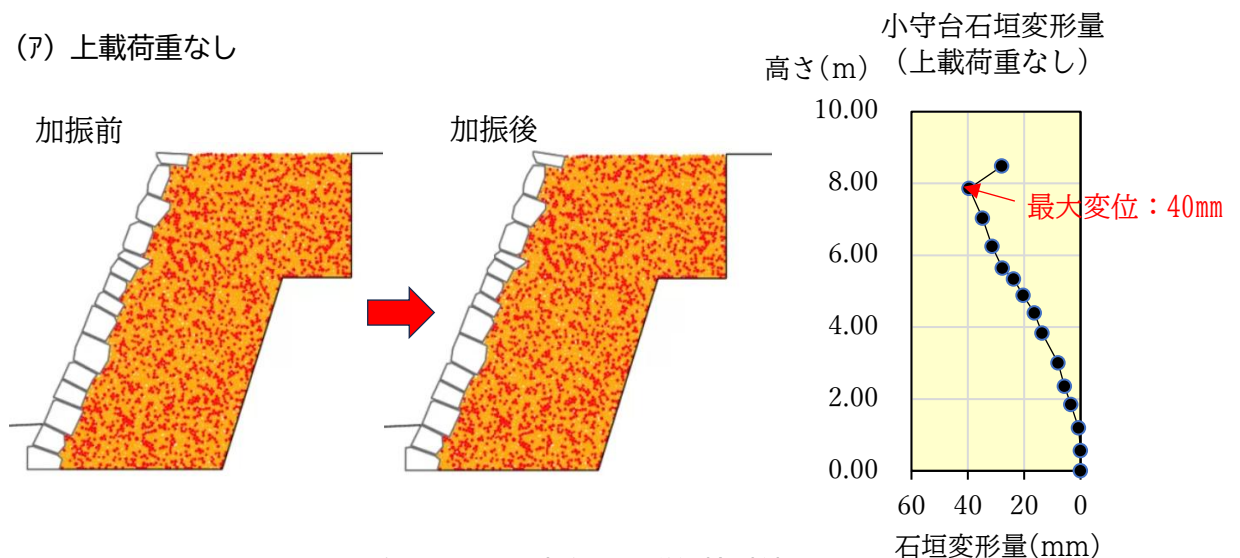


図-資 262 小天守台石垣詳細検討結果

(イ) 上載荷重あり

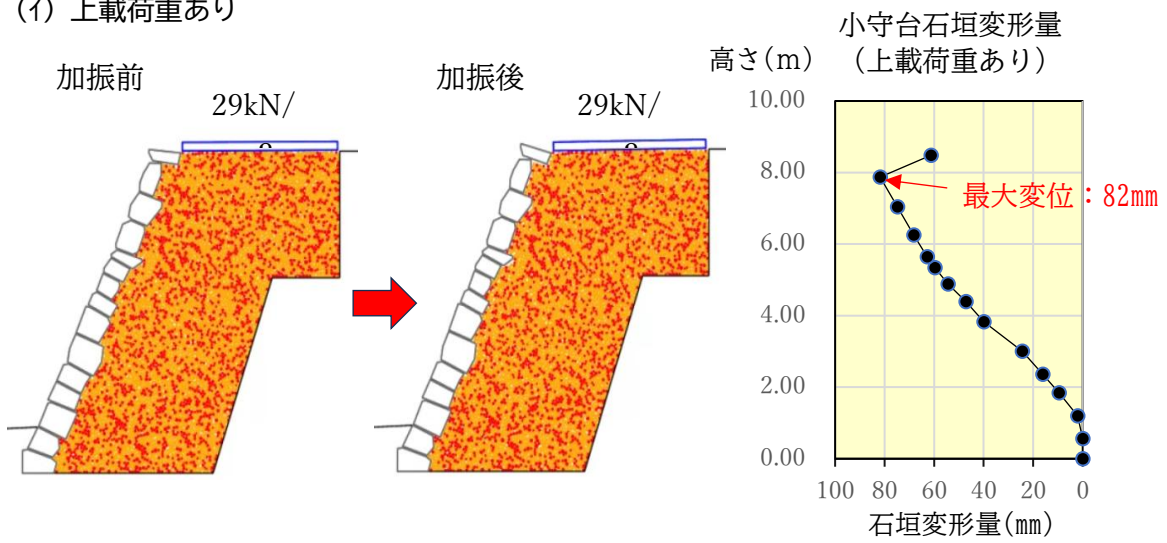
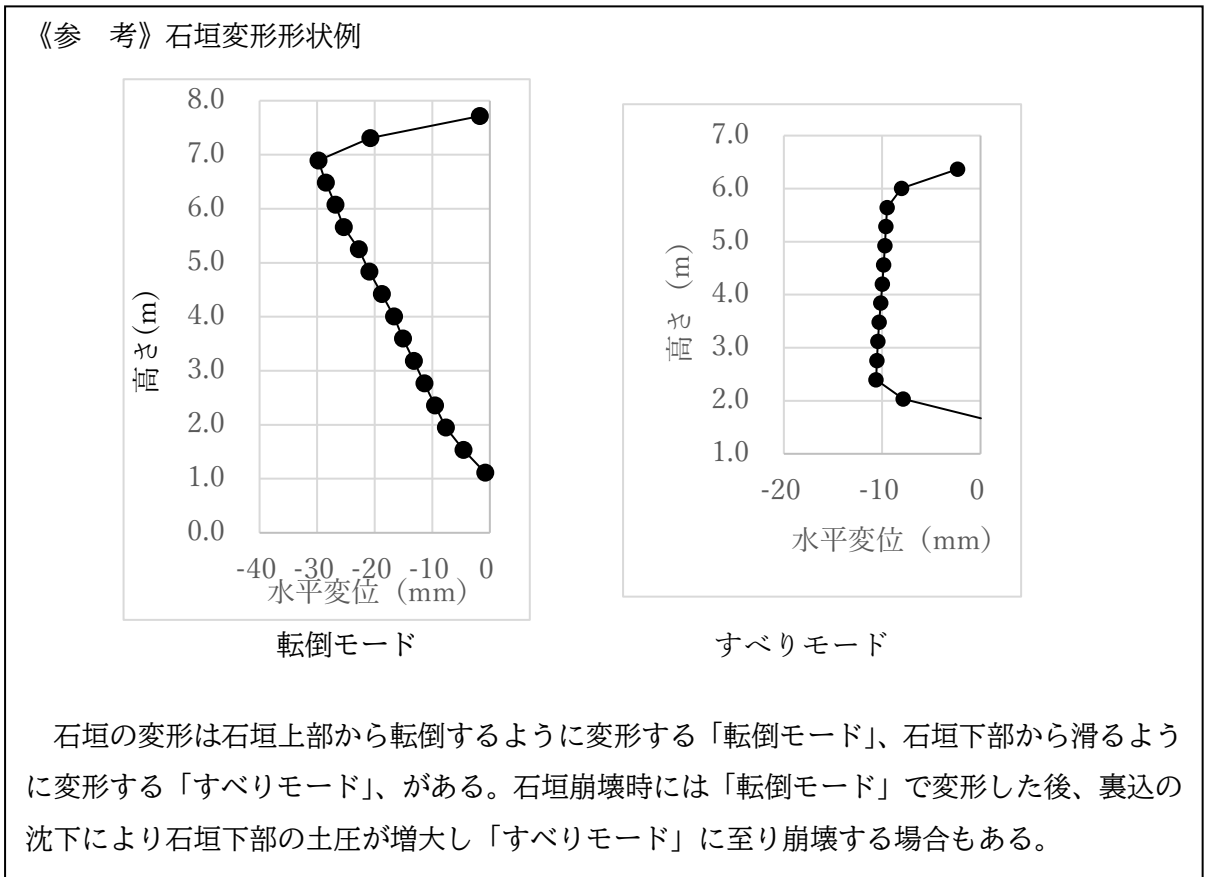


図-資 263 小天守台石垣詳細検討結果



(4) 現天守解体～天守群復元等に伴う天守台への影響

現天守解体～天守群復元等に際しては、天守台（基礎地盤）に作用する荷重が、現天守の解体により減少し、復元によって再び載荷されることとなるが、現天守は鉄筋コンクリート造であるため、木造復元された天守の方が荷重は小さくなる。これらの点を踏まえ、荷重の除去から再載荷に伴う天守台に与える影響について考察を行った。

ア 現天守建設に関する記録

現天守建設による地盤沈下についての記録として、以下のようなものがある。

『支部報 鯉城 No.5 1975』（広島県建築士会 広島地区支部）

今にして思えば空げきが大きく、周囲も巨石の空積の内部にセメント乳の注入など実に滑稽なことをしたもので、現在であればコンクリートポンプもあり、等間隔に穿孔し軟練モルタル注入による確実な方法で施工することも可能なのである。

しかし結果的には 15 センチの沈下を想定していたのであるが、想定に反して沈下は生じていないといってもよい状態である。

『支部報 鯉城 No.6 1975』（広島県建築士会 広島地区支部）

3. 天守の沈下量

名古屋城見学の節、上部建物構造体 8000 t を支持するため、8.26m×6.17mのケーソン 4 基を設置するものの、将来の沈下を見込み石垣への影響をさけるため、石垣と構造体との空間を 50cm 余を見込んでいるとの工事事務所長さんの説明に、浅学非才な私は少し多過ぎるのではないかと反問したところ、とんでもないと否定され大阪城の天守は 45cm (?) の間隙をとっていたものが、周辺持出梁が、今では予想以上の沈下で石垣に、逆に突き上げられるような状態になり、下端に亀裂が発生している結果よりすれば、決して大きくはない、と説明され、広島城の場合は沈下をどの程度想定しているかと反問され、私は 5cm 程度を見込んでいると話したところ、とんでもない、永年月先の沈下量についてその限界を確信を持って何 cm と確定できるものではなく、あくまでも予測であり将来の石垣の保全を考えた場合、余裕をもったものに絶対すべきだと注意され大変有難く大いに感謝したものであった。

帰広後早速計画を変更して 15cm の空間距離としたものであるが、先日石垣に接する一層下端の下見板を見たのであるが、完成後 20 年近い現在において沈下による異常は特に見受けられず、石本建築事務所の基礎構造計画の成功であったと思う。

記録によると、

・「15cm の沈下を想定していたのであるが、想定に反して沈下は生じていないといってもよい状態である。」

・「完成後 20 年近い現在において沈下による異常は特に見受けられず」

との記載があり、天守台（石垣）に対し天守は相対的な沈下を起こしていないことがわかる。

また、地盤の沈下は、年月と共に収束するため、現天守完成後 68 年を経過した現在においても沈下は発生していないと考えられる。

イ 現天守解体に伴う地盤の浮き上がり（リバウンド）

地盤の変形は弾性変形では無く塑性的であり不可逆な変化となる。地盤の反力係数や極限支持力等を求める際に用いられる平板載荷試験時の載荷圧力と、沈下曲線の事例を図-資 264 に示す。これによると、載荷による沈下量に比べ除荷による浮き上がり（リバウンド）はかなり小さいことがわかる。

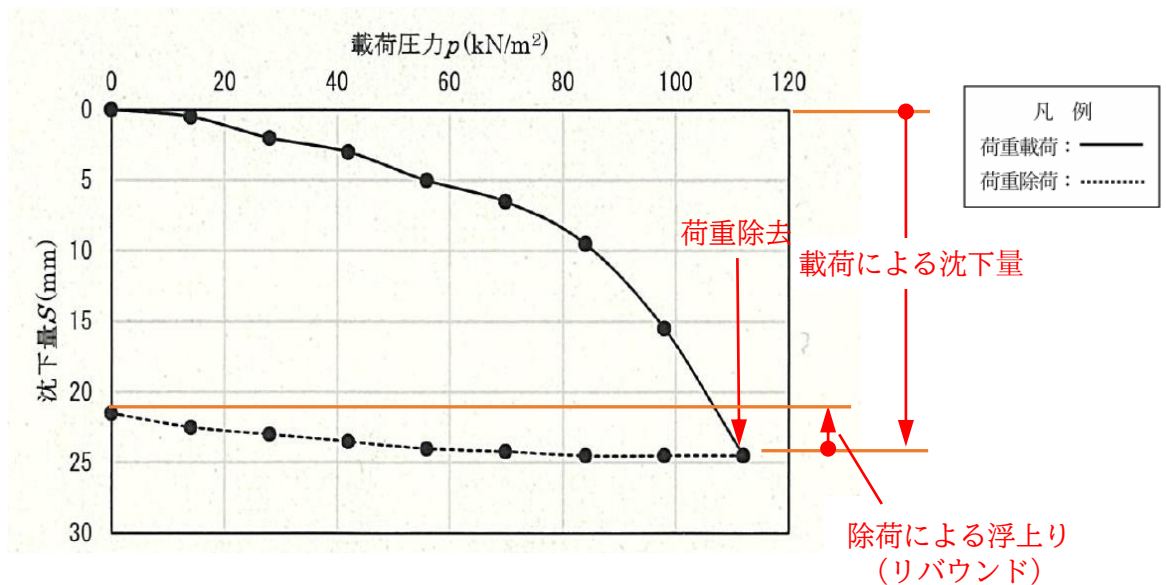


図-資 264 平板載荷試験時の載荷圧力と沈下曲線

ウ 天守群復元等に伴う沈下

天守群復元等の際には天守台に再度載荷されることとなる。図-資 265 にプレローディング工法（盛土載荷による軟弱地盤の強度増加、残留沈下抑制工法）における載荷と地盤沈下の模式図を示す。

図-資 265 のとおり、プレロード（盛土等による載荷）による沈下が発生し、荷重（盛土等）を除去することにより若干の浮き上がりが発生し、その後、建造物等を建設することで再度載荷されることにより若干の沈下が発生するが、一旦、沈下した地盤の荷重を除去しても、その浮き上がり量（リバウンド）は小さく、再度載荷した場合の沈下量も小さいことがわかる。

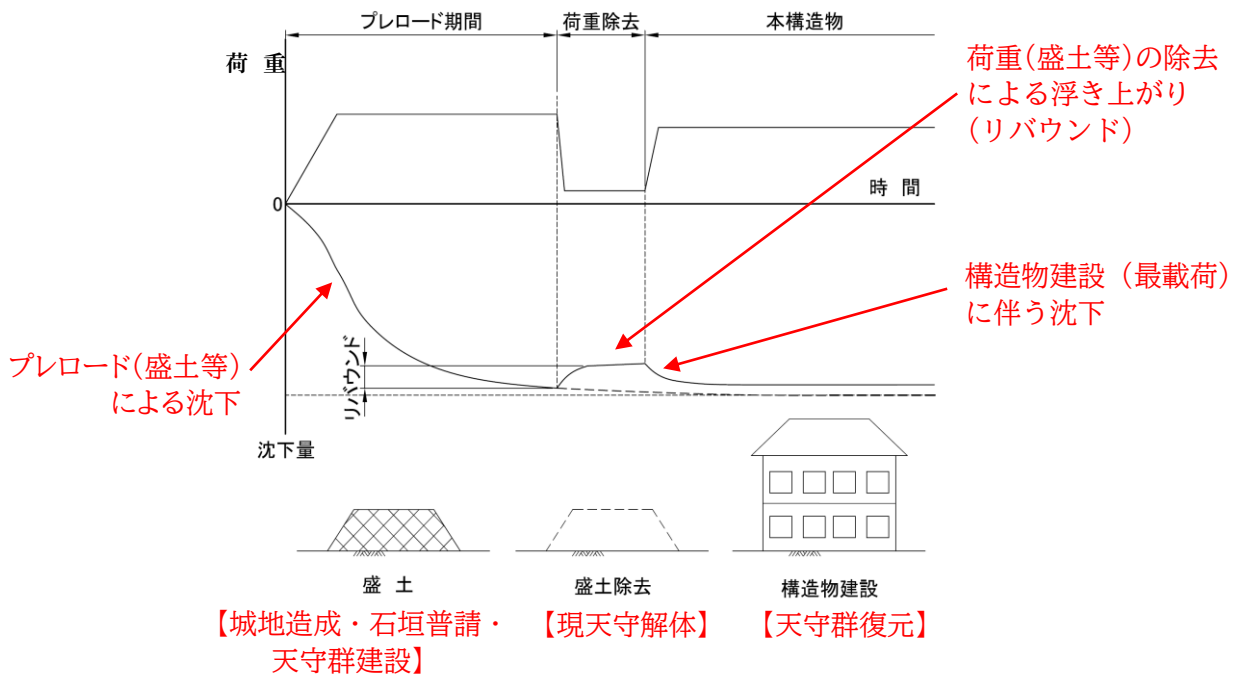


図-資 265 プレローディング工法の模式図

エ 結果の整理

地盤は、荷重の载荷によって押しつぶされることにより、土粒子の並列が変化し、排水を伴いながらより密な構造となる。したがって、地盤の沈下は弾性変形ではなく、塑性的で不可逆な変形となる。特に広島城基礎地盤となる沖積地盤では、その現象が顕著となる。

広島城基礎地盤における载荷の時刻歴は、天正 18(1590)年頃の城地造成(盛土)から天守台(石垣)普請、天守の建設によって载荷され、昭和 20(1945)年の原爆投下により倒壊し荷重が除去された。その後、仮設天守の再建を経て、昭和 33(1958)年に現在の鉄筋コンクリート造の天守が再建された。こうした点を踏まえ、次のとおり考察した。

【考察結果】

- ・現RC造天守建設時の記録より、天守台(石垣)に対し天守は相対的な沈下を起こしていない。
- ・城地造成から約 430 年以上経過しており、基礎地盤の圧縮沈下は期間をかけ、十分に促進され収束した状況であり、荷重除去による基礎地盤の浮き上がり(リバウンド)、再度の载荷による沈下は発生しにくい状況にある。
- ・木造天守は鉄筋コンクリート造天守より荷重が小さいため基礎地盤に与える影響は小さい。
- ・基礎地盤に関する情報は、土質調査ボーリング 1 本のみと限られている。また天守台内部の基礎グラウトの物性値及び範囲は不明である。
- ・現時点では、現RC天守の撤去に伴う基礎地盤の浮き上がり(リバウンド)や、木造天守復元に伴う沈下を適切に検討することは困難である。そのため、今後、天守台内部及び基礎地盤の詳細な調査・試験を行い、その結果に基づいた検討が必要である。

7 仮設計画（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の設置に当たり、次の表により、石垣前面から 44 度のすべり勾配の範囲外であれば、石垣に対する上載荷重の影響は生じないと判断できる。

表-資 34 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した。

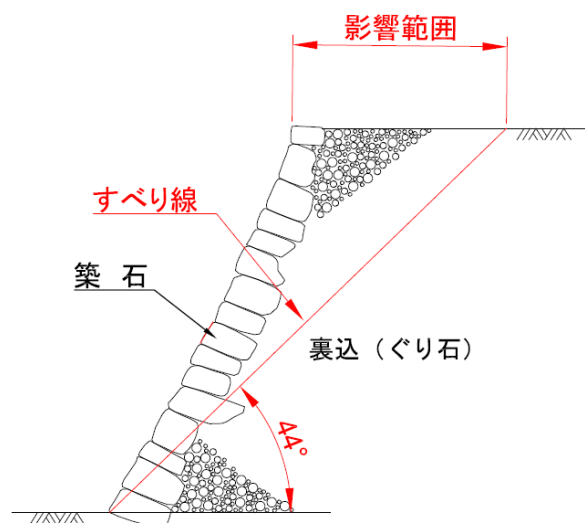


図-資 266 石垣影響範囲

8 基礎地盤液状化判定の見直し

(1) 液状化判定の見直し

ア 検討条件

平成 31(2019)年 3 月に実施した広島市天守閣地質調査業務において、液状化判定を行っているが、この度の検討において、『日本建築学会 建築基礎構造設計指針 (平成 31 年版)』を基準に、過年度に土質調査ボーリングを行った廊下部 (検討断面 A) に加え、腰曲輪部 (検討断面 B) について、検討を行った (図-資 267)。なお、腰曲輪部 (検討断面 B) の土層構成については、廊下部 (検討断面 A) と同様であるものと仮定した。

標高は、3次元レーザ測量結果より、南廊下：TP+12.2、腰曲輪部：TP+4.0 と設定した。土層構成は『広島城天守閣地質調査業務』(平成 31(2019)年 3 月)において、孔口標高を南廊下の標高と同じ TP+12.20 とした。地下水位は、内堀水位と地下水位は同等と考え TP+1.5 とした。

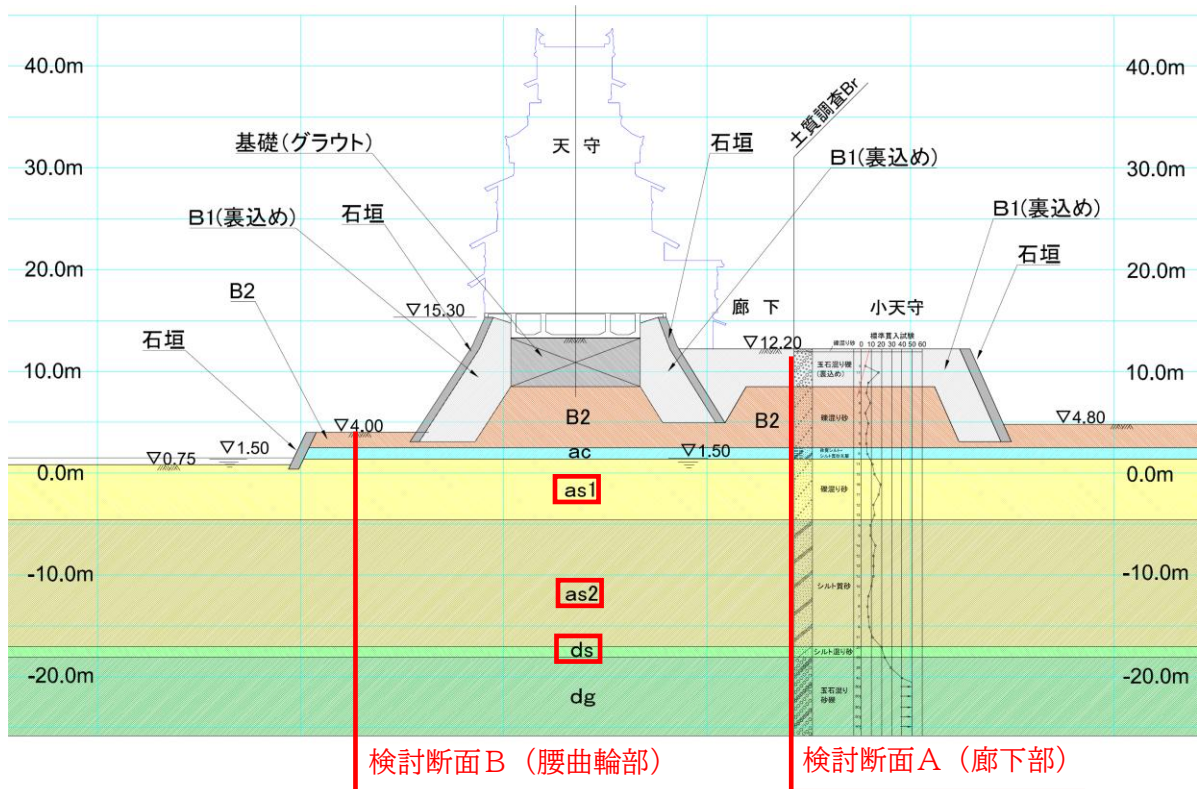


図-資 267 液状化判定断面

表-資 35 液状化判定に使用する地盤構成と採用値 (『広島市天守閣地質調査業務報告書』(平成 31(2019)年 3 月)より)

土 層	層厚 (m)	深度 (GL-m) GL=TP+12.2	N 値	単位体積 重量 (kN/m ³)	粒 度						塑性指数 Ip	備 考	
					礫(%)	砂(%)	シルト(%)	粘土(%)	細粒分含有率 Fc (%)				
									試験値	採用値			
玉石混り礫 (裏込)	B1	3.7	1.65	42 (換算値)	20.0								
			2.30										
			3.45										
礫混り砂	B2	6.0	4.30	5	19.0								
			5.30	9		6.3	71.0	22.7	22.7				
			6.30	4									
			7.30	7									
			8.30	5		3.1	67.0	29.9	29.9				
			9.30	5									
砂質シルト	ac	1.1	10.30	6	14.7	0.3	43.8	38.1	17.8	55.9		22.7	地下水位 GL-10.7m(TP+1.5)
礫混り砂 (検討対象)	as1	6.0	11.30	11	17.6						14.3		深度 12.30 の Fc を採用
			12.30	13		4.0	81.7	14.3	14.3	14.3			
			13.30	19						6.6	深度 14.30 の Fc を採用		
			14.30	17		7.1	86.3	6.6	6.6	6.6			
			15.30	12						14.3	N 値より深度 12.3m の Fc を採用		
			16.30	13						14.3	N 値より深度 12.3m の Fc を採用		
シルト質砂 (検討対象)	as2	12.4	17.30	9	17.6						35.9		深度 18.30 の Fc を採用
			18.30	9		0	64.1	25.8	10.1	35.9	35.9		
			19.30	14						42.5	深度 21.30 の Fc を採用		
			20.30	12						42.5	深度 21.30 の Fc を採用		
			21.30	12		0	57.5	28.1	14.4	42.5	42.5		
			22.30	12						42.5	深度 21.30 の Fc を採用		
			23.30	10						39.1	深度 24.30 の Fc を採用		
			24.30	7		0	60.9	26.5	12.6	39.1	39.1		
			25.30	6						39.1	深度 24.30 の Fc を採用		
			26.30	7						34.3	深度 27.30 の Fc を採用		
			27.30	8		0	65.7	24.6	9.7	34.3	34.3		
			28.30	11						34.3	深度 27.30 の Fc を採用		
			シルト混り砂 (検討対象)	ds		1.1	29.30	20	18.6	1.2	78.2	20.6	20.6
30.30	23												
玉石混り砂礫	dg	-	31.30	29	20.0								
			32.30	40									
			33.30	78									

(ア) 地盤生成年代による安全率：FL値の補正

『宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針（案）国土交通省 平成 25 年』では、次のとおり記述がある。

(iii) 液状化に対する安全率（FL値）

液状化に対する安全率（FL値）は、(ii) の判定対象層について、「建築基礎構造設計指針」又は、「道路橋示方書・同解説 V.耐震設計編」を基本とし、算定する。

ただし、沖積層で圧密時間が400～500年以上経過していることが明らかな場合には、地盤生成年代効果を考慮することができるものとする。

液状化に対する安全率（FL値）に乗ずる地盤生成年代による補正係数は1.4を上限とする。

広島城は、築城から 430 年以上が経過しており、基礎地盤の圧密時間も同年数経過していると考えられる。したがって、安全率FLに地盤生成年代による補正係数 1.4 を乗じた値の検討もあわせて行う。

(イ) 上載荷重

検討断面A（廊下部） 木造復元された場合の廊下荷重（想定値）：28（kN/m²）

検討断面B（腰曲輪部） 上載荷重なし

(ウ) 地震動

大規模地震（レベル2）において

地震のマグニチュード：7.5（通常値）

地表面における設計用水平加速度（基礎地盤解析結果より）

検討断面A（廊下部） 2.17（m/s²） 《節点番号 1472》

検討断面B（腰曲輪部） 2.46（m/s²） 《節点番号 4056》

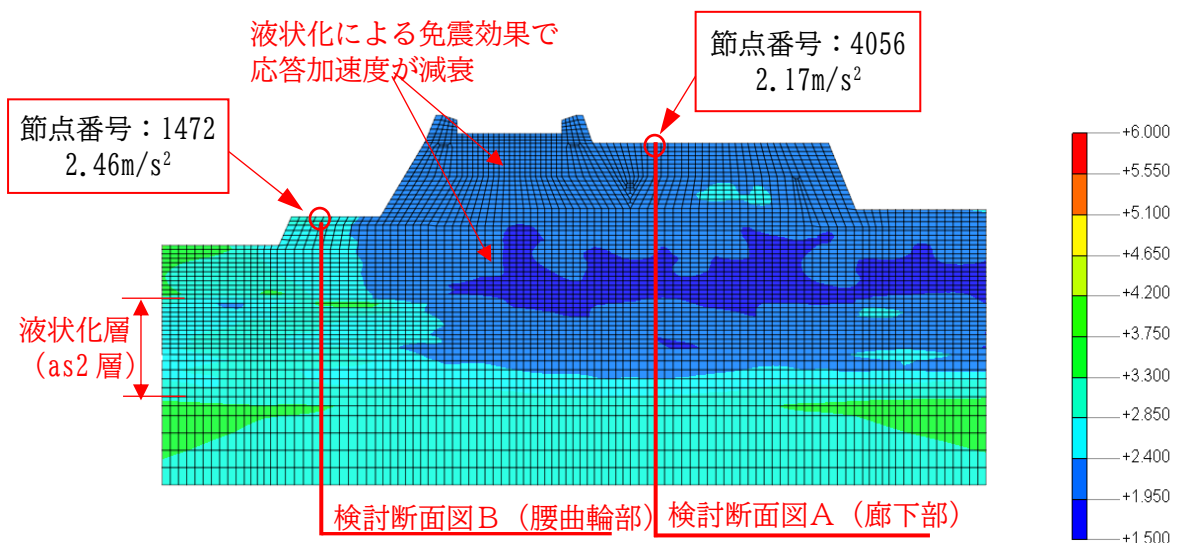


図-資 268 時刻歴加速度出力位置

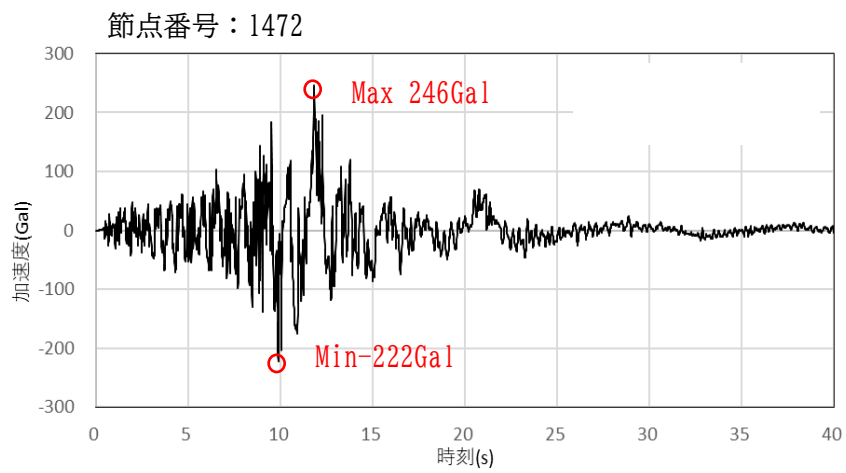
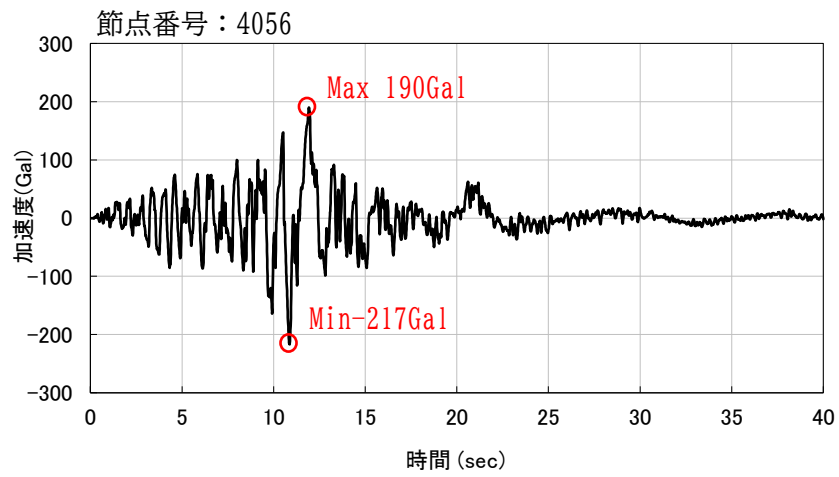


図-資 269 動的解析 最大応答加速度

イ 液状化検討

各断面の液状化について次のように検討した。

表-資 36 液状化検討 (検討断面A (廊下部))

地表面からの深度 (m)	地下水位以下の深度 (m)	土層		区分	層厚(m)	N値	単位体積重量 (kN/m ³)	水中単位体積重量 (kN/m ³)	上載荷重 : σ_z (kN/m ²)	有効上載荷重 : σ'_z (kN/m ²)	繰り返しせん断応力比		液状化抵抗比: R					判定 (補正なし)		判定 (年代補正あり)				
											γ_d	τ_d/σ'_z	拘束圧換算係数: CN	換算N値: Nl	細粒分含有率 Fc (%)	細粒分含有率 Fc 補正N値: ΔN_f	補正N値: Na	液状化抵抗比: $R = \tau_d/\sigma'_z$	安全率: $FL = (\tau_d/\sigma'_z) / ((\tau_d/\sigma'_z) / (1.297))$	液状化判定	地盤生成年代補正係数 Ch	安全率 (補正) FL	液状化判定 (補正)	
									28.00	28.00														
		建物荷重							74.00	74.00														
		玉石混り礫 (裏込)	B1	礫	3.70	42(換算)	20.0		114.00	114.00														
		礫混り砂	B2	砂質土	6.00	5	19.0		14.70	14.70														
		砂質シルト	ac	粘性土	1.00	6	14.7		230.70	230.70														
		計			10.70																			
		※地下水位以下の土層構成																						
10.80	0.1	砂質シルト	ac	粘性土	0.10	6	14.7	4.7	232.17	231.17										対象外			対象外	
11.30	0.6	礫混り砂	as1	砂質土	6.00	11	17.6	7.6	240.97	234.97	0.831	0.123	0.652	7.176	14.30	6.860	14.036	0.159	1.297	OK	1.4	1.816	OK	
12.30	1.6								258.57	242.57	0.816	0.125	0.642	8.347	14.30	6.860	15.207	0.172	1.375	OK	1.4	1.925	OK	
13.30	2.6								276.17	250.17	0.801	0.127	0.632	12.013	6.60	1.920	13.933	0.158	1.242	OK	1.4	1.739	OK	
14.30	3.6								293.77	257.77	0.786	0.129	0.623	10.588	6.60	1.920	12.508	0.145	1.125	OK	1.4	1.576	OK	
15.30	4.6								311.37	265.37	0.771	0.130	0.614	7.366	14.30	6.860	14.226	0.161	1.237	OK	1.4	1.732	OK	
16.30	5.6								328.97	272.97	0.756	0.131	0.605	7.868	14.30	6.860	14.728	0.166	1.267	OK	1.4	1.773	OK	
17.30	6.6	シルト質砂	as2	砂質土	12.40	9	17.6	7.6	346.57	280.57	0.741	0.132	0.597	5.373	35.90	9.590	14.963	0.168	1.276	OK	1.4	1.787	OK	
18.30	7.6					364.17			288.17	0.726	0.132	0.589	5.302	35.90	9.590	14.892	0.167	1.266	OK	1.4	1.772	OK		
19.30	8.6					381.77			295.77	0.711	0.132	0.581	8.140	35.90	9.590	17.730	0.205	1.553	OK	1.4	2.174	OK		
20.30	9.6					399.37			303.37	0.696	0.132	0.574	6.890	42.50	10.250	17.140	0.196	1.487	OK	1.4	2.082	OK		
21.30	10.6					416.97			310.97	0.681	0.131	0.567	6.805	42.50	10.250	17.055	0.195	1.485	OK	1.4	2.079	OK		
22.30	11.6					434.57			318.57	0.666	0.131	0.560	6.723	42.50	10.250	16.973	0.193	1.477	OK	1.4	2.068	OK		
23.30	12.6					452.17			326.17	0.651	0.130	0.554	5.537	39.10	9.910	15.447	0.174	1.341	OK	1.4	1.877	OK		
24.30	13.6					469.77			333.77	0.636	0.129	0.547	3.832	39.10	9.910	13.742	0.156	1.212	OK	1.4	1.696	OK		
25.30	14.6					487.37			341.37	0.621	0.128	0.541	3.247	39.10	9.910	13.157	0.151	1.184	OK	1.4	1.658	OK		
26.30	15.6					504.97			348.97	0.606	0.126	0.535	3.747	34.30	9.430	13.177	0.151	1.197	OK	1.4	1.676	OK		
27.30	16.6					522.57			356.57	0.591	0.125	0.530	4.237	34.30	9.430	13.667	0.155	1.244	OK	1.4	1.742	OK		
28.30	17.6					540.17			364.17	0.576	0.123	0.524	5.764	34.30	9.430	15.194	0.158	1.286	OK	1.4	1.800	OK		
29.30	18.6	シルト質砂混り砂	ds	砂質土	1.10	20	18.6	8.6	557.87	371.87	0.561	0.121	0.519	10.371	20.60	8.060	18.431	0.225	1.859	OK	1.4	2.603	OK	

判定基準: 建築基礎構造設計指針 日本建築学会 2019年
 地表面高: $G L = TP + 12.2m$
 地下水位面高: $WL = TP + 1.5m$ (内堀水位)
 地震のマグニチュード 7.5
 等価な繰返し回数補正係数: γ_n 0.65
 地表面における設計水平加速度: α_{max} 2.17 m/s²

表資 37 液状化検討 (検討断面B (腰曲輪部))

地表面からの深度 (m)	地下水位以下の深度 (m)	土層	区分	層厚(m)	N値	単位体積重量 (kN/m ³)	水中単位体積重量 (kN/m ³)	上載荷重 : σ_z (kN/m ²)	有効上載荷重 : σ'_z (kN/m ²)	繰返しせん断応力比		液状化抵抗比 : R						判定 (補正なし)		判定 (年代補正あり)			
										γ_d	τ_d/σ'_z	拘束圧換算係数 : CN	換算N値 : Nl	細粒分含有率 Fc (%)	細粒分含有率 Fc 補正N値 : ΔN_f	補正N値 : Na	液状化抵抗比 : $R = \tau_L/\sigma'_z$	安全率 : $FL = (\tau_L/\sigma'_z) / (\tau_d/\sigma'_z)$	液状化判定	地盤生成年代補正係数 Ch	安全率 (補正) FL	液状化判定 (補正)	
		建物荷重						0.00	0.00														
		礫混り砂	B2	砂質土	1.50	19.0		28.50	28.50														
		砂質シルト	ac	粘性土	1.00	14.7		14.70	14.70														
		計			2.50			43.20	43.20														
		※地下水位以下の土層構成																					
2.60	0.1	砂質シルト	ac	粘性土	0.10	14.7	4.7	44.67	43.67														対象外
3.10	0.6	礫混り砂	as1	砂質土	6.00	17.6	7.6	53.47	47.47	0.954	0.175	1.451	15.966	14.30	6.860	22.826	0.325	1.855	OK	1.4	2.596	OK	
4.10	1.6							71.07	55.07	0.939	0.198	1.348	17.518	14.30	6.860	24.378	0.392	1.984	OK	1.4	2.777	OK	
5.10	2.6							88.67	62.67	0.924	0.213	1.263	24.001	6.60	1.920	25.921	0.500	2.345	OK	1.4	3.283	OK	
6.10	3.6							106.27	70.27	0.909	0.224	1.193	20.280	6.60	1.920	22.200	0.533	2.378	OK	1.4	3.329	OK	
7.10	4.6							123.87	77.87	0.894	0.232	1.133	13.599	14.30	6.860	20.459	0.257	1.108	OK	1.4	1.551	OK	
8.10	5.6							141.47	85.47	0.879	0.237	1.082	14.062	14.30	6.860	20.922	0.268	1.130	OK	1.4	1.581	OK	
9.10	6.6	シルト質砂	as2	砂質土	12.40	17.6	7.6	159.07	93.07	0.864	0.241	1.037	9.329	35.90	9.590	18.919	0.247	1.026	OK	1.4	1.436	OK	
10.10	7.6							176.67	100.67	0.849	0.243	0.997	8.970	35.90	9.590	18.560	0.249	1.025	OK	1.4	1.435	OK	
11.10	8.6							194.27	108.27	0.834	0.244	0.961	13.455	35.90	9.590	23.045	0.333	1.365	OK	1.4	1.910	OK	
12.10	9.6							211.87	115.87	0.819	0.244	0.929	11.148	42.50	10.250	21.398	0.281	1.151	OK	1.4	1.611	OK	
13.10	10.6							229.47	123.47	0.804	0.244	0.900	10.799	42.50	10.250	21.049	0.272	1.116	OK	1.4	1.563	OK	
14.10	11.6							247.07	131.07	0.789	0.243	0.873	10.482	42.50	10.250	20.732	0.263	1.084	OK	1.4	1.518	OK	
15.10	12.6							264.67	138.67	0.774	0.241	0.849	8.492	39.10	9.910	18.402	0.216	0.897	OUT	1.4	1.255	OK	
16.10	13.6							282.27	146.27	0.759	0.239	0.827	5.788	39.10	9.910	15.698	0.176	0.737	OUT	1.4	1.032	OK	
17.10	14.6							299.87	153.87	0.744	0.236	0.806	4.837	39.10	9.910	14.747	0.166	0.702	OUT	1.4	0.983	OUT	
18.10	15.6							317.47	161.47	0.729	0.234	0.787	5.509	34.30	9.430	14.939	0.168	0.719	OUT	1.4	1.006	OK	
19.10	16.6							335.07	169.07	0.714	0.231	0.769	6.153	34.30	9.430	15.583	0.174	0.754	OUT	1.4	1.056	OK	
20.10	17.6	352.67	176.67	0.699	0.228	0.752	8.276	34.30	9.430	17.706	0.204	0.897	OUT	1.4	1.255	OK							
21.10	18.6	シルト質砂混り砂	ds	砂質土	1.10	18.6	8.6	370.37	184.37	0.684	0.224	0.736	14.729	20.60	8.060	22.789	0.323	1.442	OK	1.4	2.018	OK	

判定基準：建築基礎構造設計指針 2019年 日本建築学会
 地表面高：GL=TP+4.0m
 地下水位面高：WL=TP+1.5m (内堀水位)
 地震のマグニチュード 7.5
 等価な繰返し回数補正係数: γ_n 0.65
 地表面における設計水平加速度: α_{max} 2.46 m/s²

ウ 液状化判定

各断面の液状化検討を行い、次のとおりの判定結果となった。

表-資 38 液状化判定：検討断面A（廊下部）

土 層	深 度	今回検討（大規模地震時）		広島市天守閣地質調査業務 平成 31(2019)年 3 月 （大規模地震時） 表-資 40 参照	
		補正なし	年代補正あり	補正なし	年代補正あり
礫混り砂 (as1)	GL- 10.8m~16.8m	液状化しない	液状化しない	液状化する	液状化する
シルト質砂 (as2)	GL- 16.8m~29.2m	液状化しない	液状化しない	液状化する	液状化する
シルト混り砂 (ds)	GL- 29.2m~30.3m	液状化しない	液状化しない	液状化する	液状化しない

表-資 39 液状化判定：検討断面B（腰曲輪）

土 層	深 度	今回検討（大規模地震時）		広島市天守閣地質調査業務 平成 31(2019)年 3 月 （大規模地震時）
		補正なし	年代補正あり	
礫混り砂 (as1)	GL- 2.6m~8.6m	液状化しない	液状化しない	—
シルト質砂 (as2)	GL- 8.6m~21.0m	液状化する	液状化する ^{注1)}	—
シルト混り砂 (ds)	GL- 21.0m~22.1m	液状化しない	液状化しない	—

注1) シルト質砂層（as2）における 12 か所の検討箇所のうち 1 か所のみで安全率が 1.0 を下回り「液状化する」との判定になった。

本検討で入力条件を見直し液状化判定を見直したところ、廊下部では、大規模地震時に「液状化しない」との結果が変わった。これは、『広島城天守閣地質調査業務報告書』（平成 31(2019)年 3 月）において、地表面加速度を、設計指針に基づき、350Gal と大きく設定したことに起因するものと考えられる。

腰曲輪部では、年代補正の有無に関わらず、大規模地震時にシルト質砂層（as2）において「液状化する」との結果となった、年代補正を行った場合は同土層の検討箇所 12 か所のうち 1 か所

のみ「液状化する」との結果となるが、GL-17mと深く、上層部は液状化せず、その抑え効果があることから影響は小さいと考えられる。

『広島城天守閣地質調査業務』（平成 31(2019)年 3 月）における液状化判定の検討条件及び判定結果を次に示す。

・検討条件

判定基準：建築基礎構造設計指針 日本建築学会 平成 13(2001)年

地表面高：GL=12.2m

地下水位高：WL=0.48m (GL-11.72m)

地震のマグニチュード：7.4

等価な繰返し回数補正係数： $\gamma_n=0.64$

地表面における設計水平加速度 中規模地震時： $\alpha_{\max}=200\text{Gal}$ (2.0cm/s²)

大規模地震時： $\alpha_{\max}=350\text{Gal}$ (3.5cm/s²)

表-資 40 液状化判定：検討断面 A（廊下部）

地表面からの深度 (GL-m)	地質区分	土層	中規模地震時（参考）設計水平加速度：200Gal					大規模地震時 設計水平加速度：350Gal				
			判定(補正なし)		判定(年代補正あり)			判定(補正なし)		判定(年代補正あり)		
			安全率 FL	液状化判定	地盤生成年代補正係数	安全率 FL	液状化判定	安全率 FL	液状化判定	地盤生成年代補正係数	安全率 FL	液状化判定
10.30	ac	粘土		対象外			対象外		対象外			対象外
11.30	as1	砂	1.246	OK	1.4	1.744	OK	0.712	OUT	1.4	0.997	OUT
12.30			1.302	OK	1.4	1.823	OK	0.744	OUT	1.4	1.042	OK
13.30			1.204	OK	1.4	1.686	OK	0.688	OUT	1.4	0.963	OUT
14.30			1.100	OK	1.4	1.540	OK	0.628	OUT	1.4	0.879	OUT
15.30			0.920	OUT	1.4	1.288	OK	0.526	OUT	1.4	0.736	OUT
16.30			0.932	OUT	1.4	1.305	OK	0.533	OUT	1.4	0.746	OUT
17.30	as2	砂	1.172	OK	1.4	1.641	OK	0.670	OUT	1.4	0.938	OUT
18.30			1.163	OK	1.4	1.628	OK	0.664	OUT	1.4	0.930	OUT
19.30			1.355	OK	1.4	1.897	OK	0.775	OUT	1.4	1.085	OK
20.30			1.254	OK	1.4	1.756	OK	0.717	OUT	1.4	1.004	OK
21.30			1.297	OK	1.4	1.816	OK	0.741	OUT	1.4	1.037	OK
22.30			1.289	OK	1.4	1.805	OK	0.737	OUT	1.4	1.032	OK
23.30			1.206	OK	1.4	1.688	OK	0.689	OUT	1.4	0.965	OUT
24.30			1.090	OK	1.4	1.526	OK	0.623	OUT	1.4	0.872	OUT
25.30			1.065	OK	1.4	1.491	OK	0.608	OUT	1.4	0.851	OUT
26.30			1.071	OK	1.4	1.499	OK	0.612	OUT	1.4	0.857	OUT
27.30			1.103	OK	1.4	1.544	OK	0.630	OUT	1.4	0.882	OUT
28.30			1.201	OK	1.4	1.681	OK	0.687	OUT	1.4	0.962	OUT
29.30	ds	砂	1.471	OK	1.4	2.059	OK	0.840	OUT	1.4	1.176	OK

過去の液状化判定『広島城天守閣地質調査業務報告書』（平成 31(2019)年 3月）

※今回、判定（年代補正あり）については、比較を行うために『広島城天守閣地質調査業務報告書』（平成 31(2019)年 3月）の液状化判定の安全率 FL に地盤生成年代補正係数 1.4 を乗じた値を設定した。

工 考 察

広島城天守台周辺の基礎地盤の液状化検討の結果、as2層（シルト質砂）の一部で液状化する可能性があるが、その上層のas1層（礫混じり砂）の液状化は見られなかった。また、天守～小天守台部は、盛土等の上載荷重による抑え効果により最大過剰間隙水圧比が抑制されており、今回の検討条件においては、基礎地盤の液状化による影響は小さいと考えられる。

今回の液状化検討は限定された条件での結果であり、今後詳細な土質調査を行い検討する必要がある。その際、表-資41に示す項目の調査が必要になる。

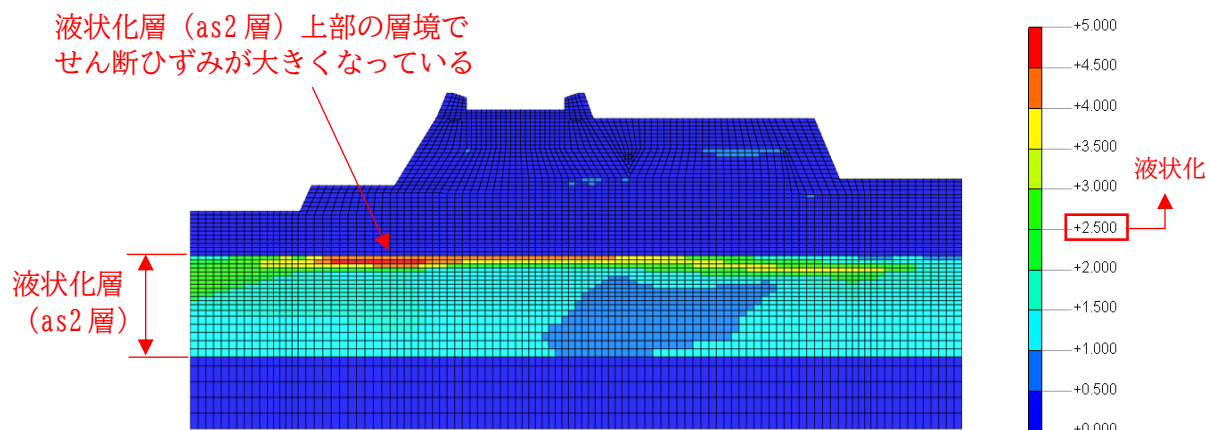


図-資 270 動的解析 最大せん断ひずみ (%)

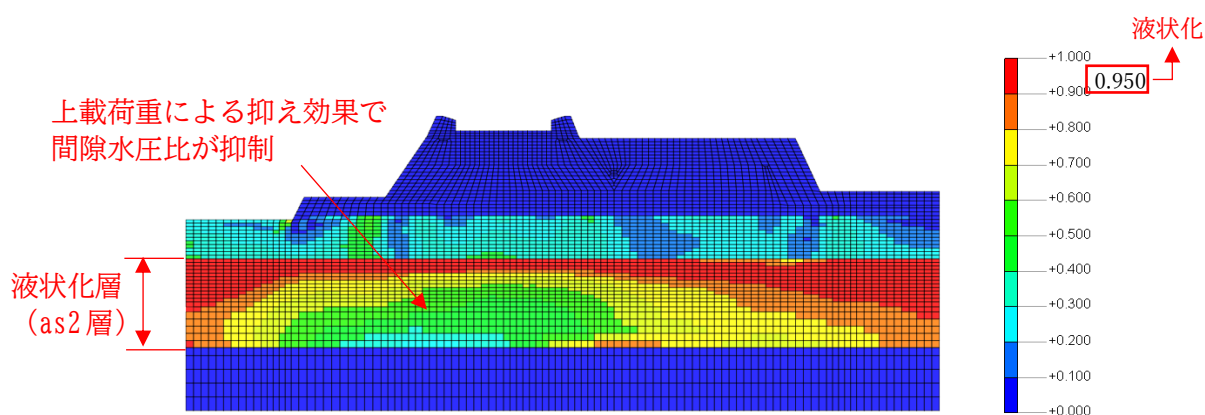


図-資 271 動的解析 最大過剰間隙水圧比

表-資 41 基礎地盤液状化検討に必要な調査項目

部 材	調査項目	試験方法等
基礎地盤	物性値	ボーリング調査と各種土質試験 《N値、単位体積重量、粒度試験、塑性指数（粘性土）、要素試験他》
	土層分布 傾斜	ボーリング調査 地下水位測定

9 建築基準法、消防法、バリアフリー法等への対応に係る検討

天守群の復元等において、その意匠や構造、機能等の検討に欠かせない建築基準法、消防法、バリアフリー法等への対応に係る検討を行った。

(1) 建築基準法

ア 基本方針等

天守群の復元等に当たっては、建築基準法上の構造や避難等に関する規定に抵触することが考えられるが、史実に基づいた復元等を行うため、これらの規定に適合させることが困難となる場合は、建築物の安全性が確保できる範囲で、建築基準法第三条第1項第四号に該当する建築物とすることを基本とする。

建築基準法 第三条（適用の除外）（抜粋）

この法律並びにこれに基づく命令及び条例の規定は、次の各号のいずれかに該当する建築物については、適用しない。

一 文化財保護法（昭和二十五年法律第二百十四号）の規定によつて国宝、重要文化財、重要有形民俗文化財、特別史跡名勝天然記念物又は史跡名勝天然記念物として指定され、又は仮指定された建築物

二 旧重要美術品等の保存に関する法律（昭和八年法律第四十三号）の規定によつて重要美術品等として認定された建築物

三 文化財保護法第百八十二条第二項の条例その他の条例の定めるところにより現状変更の規制及び保存のための措置が講じられている建築物（次号において「保存建築物」という。）であつて、特定行政庁が建築審査会の同意を得て指定したもの

四 第一号若しくは第二号に掲げる建築物又は保存建築物であつたものの原形を再現する建築物で、特定行政庁が建築審査会の同意を得てその原形の再現がやむを得ないと認めたもの

イ 建築基準法上の用途の設定

復元天守について、内部の構造や機能など復元した建物そのものを空間体験できる展示物として見学し、史跡への理解を深める場とすることを想定し、建築基準法上の用途を「博物館」として検討を行った。

ウ 建築基準法各条項への適合状況

復元原案に対する建築基準法各条項への適合状況を整理した（主な不適合条項は次のとおり）。

法 20 条（構造耐力）

使用が考えられる土壁の材料強度と木軸部材の接合部（継手・仕口）の仕様が規定に適合しない。

法 26 条（防火壁）

延べ面積 1,000 m²毎に区画する防火壁が設置されていない。

法 27 条（耐火建築物等としなければならない特殊建築物）

3 階以上の階を「博物館」の用途に供するため、耐火建築物としなければならないが、耐火建築物ではない。

法 28 条 2 項（居室の換気）

換気のために有効な開口部及び換気設備が設置されていない。

令 23 条（階段及びその踊場の幅並びに階段の蹴上げ及び踏面の寸法）

基準を満たす階段が設置されていない。

令 112 条（防火区画）

面積区画（耐火建築物で通常 1,500 m²毎）、竪穴区画（3 階以上に居室がある場合）が形成されていない。

令 113 条（木造等の建築物の防火壁及び防火床）

延べ面積 1,000 m²毎に区画する防火壁又は防火床が設置されていない。

令 114 条（建築物の界壁、間仕切壁及び隔壁）

桁行間隔 12m 以内ごとの小屋裏隔壁、又は小屋裏直下の強化天井の設置がされていない。

令 120 条（直通階段の設置）

基準を満たす直通階段が設置されていない。

令 121 条（2 以上の直通階段を設ける場合）

基準を満たす 2 以上の直通階段が設置されていない。

令 122 条（避難階段の設置）

基準を満たす避難階段が設置されていない。

令 126 条の 2（排煙設備の設置）

排煙のために有効な開口部及び排煙設備が設置されていない。

令 126 条の 4（非常用の照明装置の設置）

居室、廊下、階段などに必要な非常用の照明装置が設置されていない。

令 126 条の 6（非常用の進入口の設置）

3 階以上の階に必要な非常用の進入口が設置されていない。

令 128 条の 5（特殊建築物等の内装）

居室、廊下、階段などの壁及び天井の室内の仕上げに燃えにくくなる材料を使用するなど
の制限を受けるが、適合していない。

エ 不適合条項への対応

不適合条項のうち、一部の条項については、復元天守の構造上の安全性の担保や運用の観点から、これに適合するよう復元原案を改変するなどの対応が考えられる。

法 20 条（構造耐力）

復元原案を基に、構造設計を行い、時刻歴応答解析による構造性能評価を取得する。

令 23 条（階段及びその踊場の幅並びに階段の蹴上げ及び踏面の寸法）及び令 120 条（直通階段の設置）

復元原案を基に、建物内の動線とともに木軸構造部材を考慮した上で、規定の寸法を満たす直通階段を計画する。

令 126 条の 4（非常用の照明装置の設置）

復元原案を基に、非常用照明設備の構造基準を満たす照明装置を設置する。

そのほかの不適合条項については、天守群の復元等に当たって、適合させることが難しいため、建築基準法の適用除外を受ける必要がある。

オ 建築基準法の適用除外を受ける場合における必要な安全性の確保

建築基準法の適用除外を受ける場合であっても、復元天守が社会的な存在である以上は社会に与える影響を考え、安全上、防火上及び衛生上支障がない構造にする必要がある。それぞれの考え方と復元天守における対応案について検討を行った。

(ア) 安全上支障がない構造

a 構造安全性

【考え方】

復元天守の構造安全性の検討に当たっては、構法、利用形態、維持管理条件、周辺環境等に応じて適切な構造安全性の判断基準を設定し、構造計算又は実験によってその基準を満たすことを確認する。

【対応案】

- ・復元天守の材料、構法について、建築基準法の適合性を確認する。
- ・不適合の材料について、実験により性能を確認する。
- ・不適合の構法について、実験または構造計算により性能を確認する。
- ・材料及び構法の妥当性について、第三者の評価を受ける。

b 避難安全の確保

【考え方】

外部への開放性の度合いにより、屋外への避難が容易であることを評価した上で、その用途、規模等に応じて避難安全性が確保されていることを確認する。

【対応案】

- ・迅速に避難できるように、2方向以上の避難経路を確保する。
- ・内部の見学のための順路を設定する場合、その順路から緊急時に避難できる経路を適切に設定するとともに、避難経路を分かりやすく標示する。
- ・建物の管理者により一定数以上の見学者の入場制限を行う。

c その他工事中の安全対策

工事エリアと一般エリアは仮囲いで明確に区分し、一般エリアの安全を確実に確保する。

(イ) 防火上支障がない構造

a 出火防止

【考え方】

復元天守の敷地内及び建物内では、出火原因となる行為等を極力制限するとともに、出火原因となる行為等が行われる場合においては、極力出火の可能性を低くするとともに、出火の想定される場所では火災拡大を防止する措置が講じられていることを確認する。

【対応案】

- ・敷地内・建物内において、原則、裸火の使用を禁止する。
- ・建物内を禁煙にするとともに、建物周辺の禁煙エリアを指定する。
- ・放火防止のため、人感センサーや炎感知器による機械警備や人的な巡回警備体制の整備を行う。
- ・消防法で設置が義務付けられた消防用設備に加え、スプリンクラー等を任意で設置する。

b 近隣への延焼防止

【考え方】

復元天守が火災になった場合を想定し、近隣建築物への延焼を防止する措置を講ずる必要がある。その際、屋根、外壁等の防火性能を向上させる、隣接建築物との距離を保つ、消火設備を活用する等により必要な延焼防止性能が確保されていることを確認する。

【対応案】

- ・近隣建築物とは十分な距離があるため、近隣建築物への延焼のおそれは少ないと考える。
- ・適切な消火設備を設置し、それらを使用して有効に消火することにより、一定規模以上の火災とならないようにする。

c 消防活動の確保

【考え方】

復元天守が立地している街区全体の状況も考慮して、十分な消防活動が確保されていることを確認する。

【対応案】

所轄の消防署と協議を行い、消防活動内容の確認を行う。必要に応じて管理者が消防計画の作成・更新を行うようにする。

(ウ) 衛生上支障がない構造

a 通風・採光の確保

【考え方】

快適で健康的な建物内環境とするため、その用途、規模等に応じて通風・採光が確保されていることを確認する。

【対応案】

各階にある外部開口部について、通風と採光が確保できるような構造で計画する。

カ 今後の課題等

今後、復元天守の活用方法等を確定した上で、基本設計・実施設計時等において、上記観点を踏まえた具体的な復元計画案を作成する必要がある。

(2) 消防法

ア 基本方針等

消防法には、建築基準法のように適用を除外する規定がなく、各規定に基づく建築物とする必要がある。

イ 消防法上の用途の設定

建築基準法上の用途同様、「博物館」として検討を行った。

ウ 必要な消防用設備等

復元天守の防火対象物としての用途や規模から、消防法及び広島市火災予防条例において設置が義務付けられる主な消防用設備等は次のとおり。

- ・ 消火器具
- ・ 屋内消火栓設備
- ・ 自動火災報知設備（スプリンクラー等の一定の設備がある部分は設置免除）
- ・ 消防機関へ通報する火災報知設備（電話設備があれば免除）
- ・ 避難器具
- ・ 避難口誘導灯、通路誘導灯（消防法上の無窓階に設置）

なお、スプリンクラー設備については、広島市火災予防条例より地階又は無窓階で主たる用途に供する部分の床面積が2,000㎡以上の場合、設置義務が生じる。今回復元原案では床面積は約1,772㎡のため、設置義務はない。

エ 復元原案における消防用設備等の設置案

図-資 272～図-資 277 に消防用設備等の設置案を示す。この設置案は復元原案を基に検討している案であり、今後、具体的な復元計画案の策定段階で、水源の確保なども含め、調整する必要がある。なお、前述の設置が義務付けられている主な消防用設備等は次のとおり。

- ・ 消火器具：それぞれ1の消火器具に至る歩行距離が20m以下となるように配置
- ・ 屋内消火栓設備：階の各部分への水平距離が25m以内となるように配置
- ・ 自動火災報知設備（地区音響装置）：階の各部分から1の地区音響装置までの水平距離が25m以下となるように配置
- ・ 自動火災報知設備（発信機）：階の各部分から1の発信機までの歩行距離が50m以下となるように配置
- ・ 消防機関へ通報する火災報知設備（電話設備があれば免除）：電話設備の設置を前提とし免除
- ・ 避難器具：避難はしごを配置
- ・ 避難口誘導灯、通路誘導灯（消防法上の無窓階に設置）：各階を消防法上の無窓階として配置

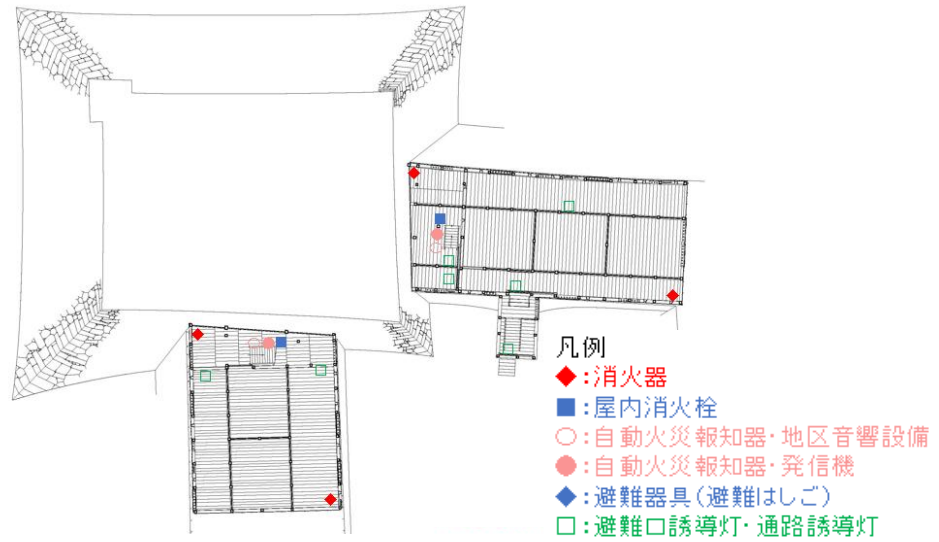


図-資 272 東廊下・南廊下1階平面図（復元原案）

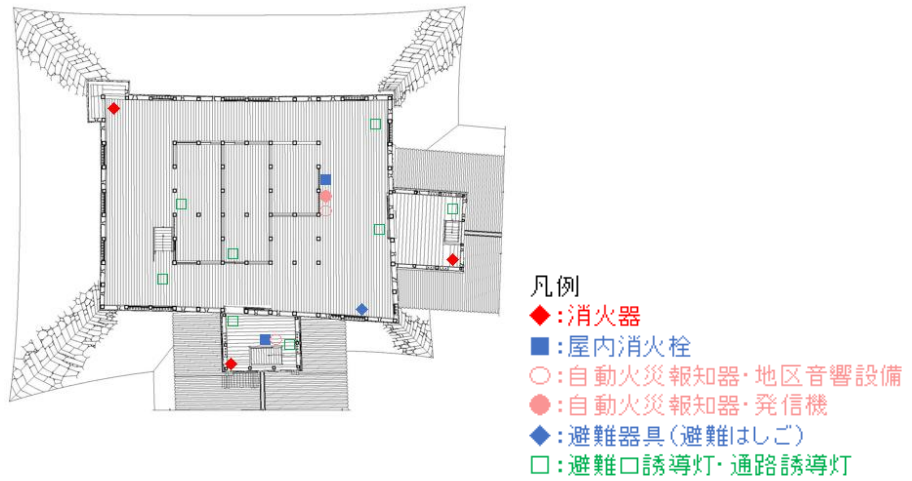
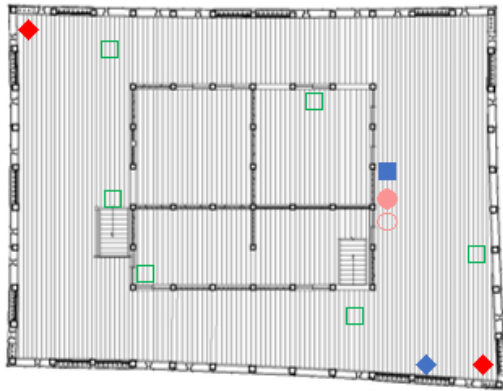
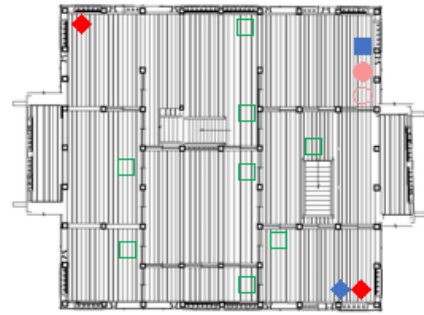


図-資 273 天守1階平面図及び東廊下・南廊下2階平面図（復元原案）



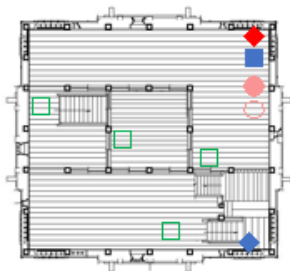
- 凡例
- ◆: 消火器
 - : 屋内消火栓
 - : 自動火災報知器・地区音響設備
 - : 自動火災報知器・発信機
 - ◆: 避難器具(避難ましご)
 - : 避難口誘導灯・通路誘導灯

図-資 274 天守2階平面図(復元原案)



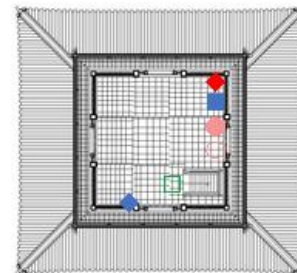
- 凡例
- ◆: 消火器
 - : 屋内消火栓
 - : 自動火災報知器・地区音響設備
 - : 自動火災報知器・発信機
 - ◆: 避難器具(避難ましご)
 - : 避難口誘導灯・通路誘導灯

図-資 275 天守3階平面図(復元原案)



- 凡例
- ◆: 消火器
 - : 屋内消火栓
 - : 自動火災報知器・地区音響設備
 - : 自動火災報知器・発信機
 - ◆: 避難器具(避難ましご)
 - : 避難口誘導灯・通路誘導灯

図-資 276 天守2階平面図(復元原案)



- 凡例
- ◆: 消火器
 - : 屋内消火栓
 - : 自動火災報知器・地区音響設備
 - : 自動火災報知器・発信機
 - ◆: 避難器具(避難ましご)
 - : 避難口誘導灯・通路誘導灯

図-資 277 天守2階平面図(復元原案)

オ 今後の課題等

建築基準法同様、今後、復元天守の活用の方法等を整理した上で、基本設計・実施設計等において、必要な消防用設備等や消防活動上の配慮事項を付加した具体的な復元計画案を作成する必要がある。

(3) バリアフリー法等

ア 基本方針等

広島城天守の復元等に当たっては、建築物としての構造安全性の確保を第一に、高い蓋然性を保ちつつ、多くの市民等に史跡広島城跡の本質的価値を感じ取ってもらえるよう、可能な限りバリアフリーに対応したものを基本とする。

本市が設置する公共施設として必要な基準を定めた「広島市公共施設福祉環境整備要綱」（以下、「整備要綱」という。）に適合した広島城天守の復元等を目指す。

イ 史跡広島城跡及び復元原案における整備要綱への適合状況の整理及びバリアフリー対応の検討

史跡広島城跡及び復元原案における整備要綱への適合状況を整理するとともに、不適合箇所については、可能なバリアフリー対応等の検討を行った。なお、整理・検討は以下のエリアに区分して行った。

- (ア) 史跡入口から小天守台下まで
- (イ) 小天守台下から小天守台上まで
- (ウ) 小天守台上から天守台上（天守）まで
- (エ) 天守内部

(ア) 史跡入口から小天守台下まで

a 整備要綱への適合状況

現在の史跡広島城跡の整備状況から、障害者や高齢者などが史跡入口から小天守台下まで行くためのルートは、図-資 278 配置図の水色着色部分が考えられる。当該ルートにおける主な設備の適合状況は次のとおり。

【敷地内通路】

- ・スロープ部など、幅員 200cm 以上有しない箇所がある。
- ・踊場が設置されていないなど、整備要綱に適合しないスロープがある。

【トイレ】

- ・裏御門跡付近及び南小天守台付近の 2 箇所にトイレが整備されているが、いずれもバリアフリー機能はない（三の丸エリアにおいては、バリアフリースイートイレあり）。

【駐車場】

- ・史跡内に現天守来場者用の駐車場が整備されていない（三の丸エリアにおいては、車椅子使用者用駐車区画を有する駐車場あり）。

b バリアフリー対応の検討

現在、史跡広島城跡全体の整備計画である「史跡広島城跡整備基本計画」の改定作業が進められている。今後、当該計画を踏まえ、バリアフリーに配慮した園路の再整備の検討が必要である。

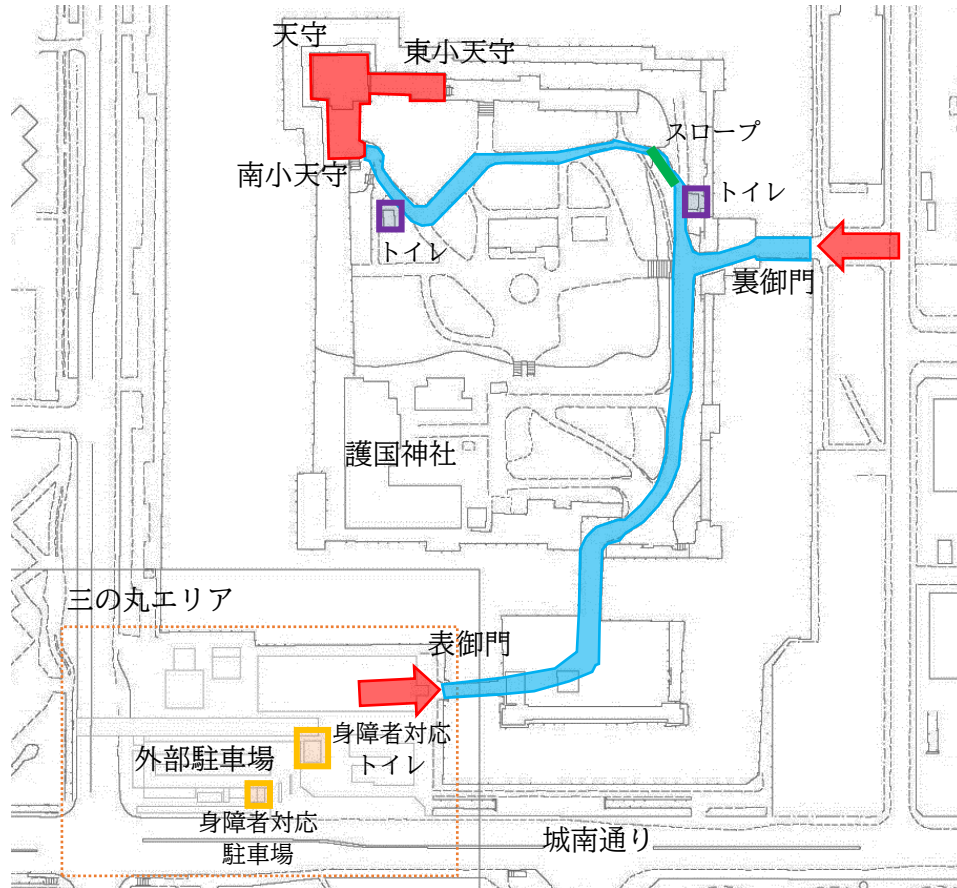


図-資 278 配置図（史跡及び周辺）



トイレ（史跡内）



トイレ（三の丸エリア内）



身障者対応（2台）
駐車場（三の丸エリア内）



スロープ
写真-資 19 史跡状況(1)

(イ) 小天守台下から小天守台上まで

a 整備要綱への適合状況

主な設備の適合状況は次のとおり。

【敷地内通路】

- ・ 小天守台下（本丸上段）及び東・南小天守台との高低差は約4 m（図-資 279）。
- ・ 南小天守台へは、南小天守台南側に整備された階段から、東小天守台へは、東小天守台東側に整備された階段から上がることができ、これらは戦後に整備されたものである。
- ・ 階段のほか、スロープ等による高低差の解消は図られておらず、車椅子利用者等が小天守台上まで上がることは難しい。

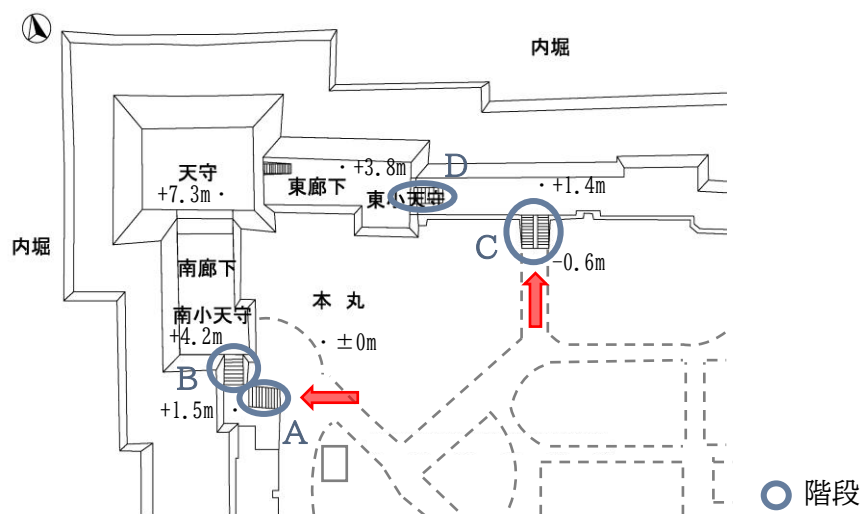


図-資 279 配置図（天守・小天守台周辺）



南小天守台側階段A



南小天守台側階段B



東小天守台側階段C



東小天守台側階段D

写真-資 20 史跡状況(2)

b バリアフリー対応の検討

小天守台下（本丸上段）及び東・南小天守台との高低差解消の方法として、次の3方法を検討した。

方法① 小天守等の復元的整備によるエレベーター等の設置

方法② 外付けエレベーターの設置

方法③ 外付けスロープの設置

【方法① 小天守等の復元的整備によるエレベーター等の設置】

- ・往時の広島城天守では、南小天守に付属する御櫓や東廊下に付属する玄関が内部への出入口として利用されていたと考えられる（写真-資 21、図-資 280 参照）。
- ・東廊下に付属する玄関は、保存図等から平面・立面の構成が分かっているが、その規模を考慮すると、内部にエレベーターや段差解消機といった設備を設置することは難しい。
- ・御櫓については、保存図等が残されておらず、形状等不明であるが、指図から、比較的規模が大きかったことが分かっており、内部にエレベーター等を設置出来る可能性がある。また、その規模から主要な出入口であったと考えられ、バリアフリー対応によって、御櫓から南小天守、南廊下を通過して天守へと上がれるようにすることが望ましい。今後、発掘調査結果等に基づく復元検討と併せてエレベーター等の設置について検討する必要がある。



写真-資 21 広島城大小天守模型（島充氏作）

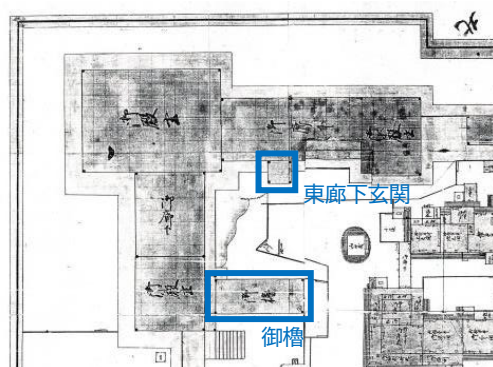


図-資 280 「御城指図」
『史跡広島城跡資料集成 第一巻』より



図-資 281 東廊下復元原案（平面図）

【方法② 外付けエレベーターの設置】

図-資 282 及び図-資 283 に外付けエレベーターの設置案を示す。

- ・往時になかった現代設備を外部に設けることから、外壁を石垣や漆喰外壁の色合いに合わせるか、透明ガラスとするなど史跡の景観に対する配慮が必要である。
- ・設置位置を確定するためには、地下遺構の状況を確認するための発掘調査を行い、エレベーター設置による地下遺構の損傷がないことを確認する必要がある。
- ・文化財保護の観点から、小天守台の石垣に対して、過度な荷重としない構造とする必要がある。

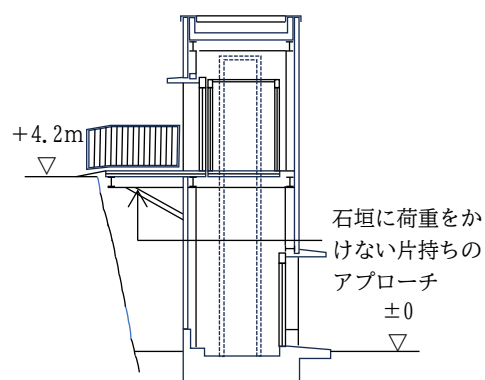
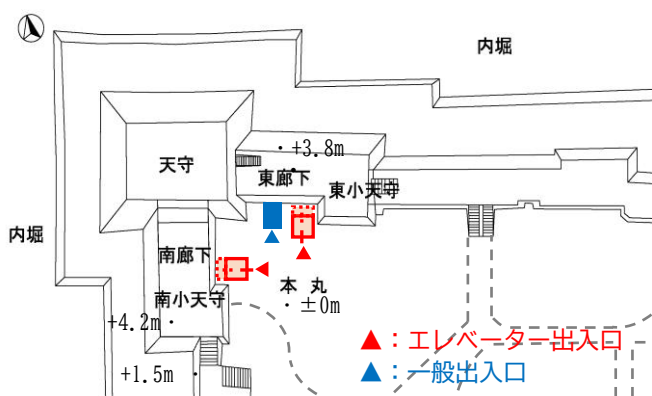


図-資 282 エレベーター設置位置

図-資 283 エレベーター想定断面図

【方法③ 外付けスロープの設置】

図-資 284 及び図-資 285 に外付けスロープの設置案を示す。

- ・整備要綱に適合したスロープとするためには、東小天守側で 66m、南小天守側で 72m の長さが必要となる。

$$\begin{aligned} \text{東小天守 高低差：} 3.8\text{m} &\rightarrow 1/15 \text{ 勾配} + 0.75\text{m 毎に踏幅 } 1.5\text{m の踊り場設置} \\ &= 66.0\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{南小天守 高低差：} 4.2\text{m} &\rightarrow 1/15 \text{ 勾配} + 0.75\text{m 毎に踏幅 } 1.5\text{m の踊り場設置} \\ &= 72.0\text{m} \end{aligned}$$

- ・スロープは史跡の景観に配慮し、木を使い調和を図ることなどが考えられる。
- ・文化財保護の観点から、仮設（取り外し可能）とすることや地盤掘削のない置基礎タイプのべた基礎とし、荷重の分散を図ることなどが考えられる。

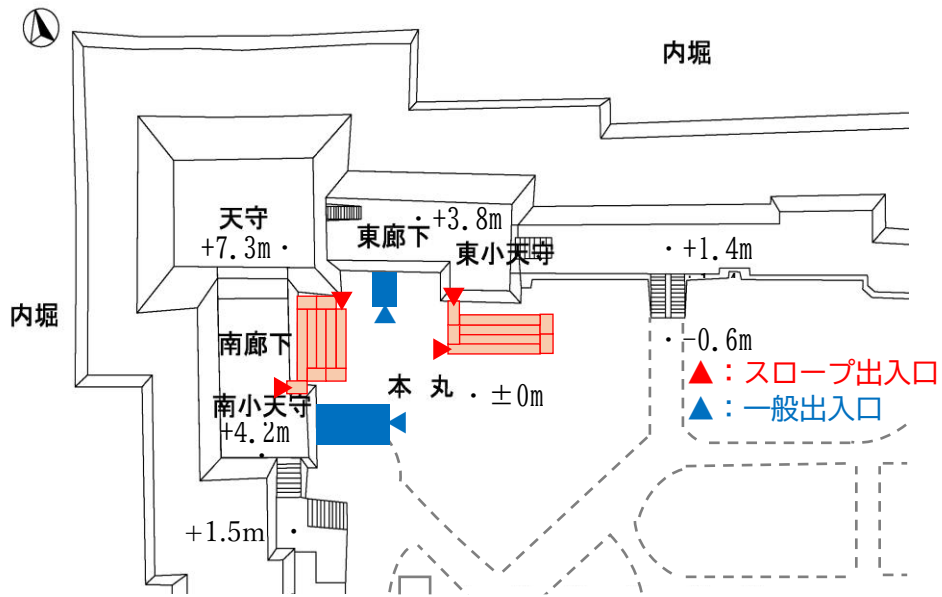


図-資 284 スロープ設置位置

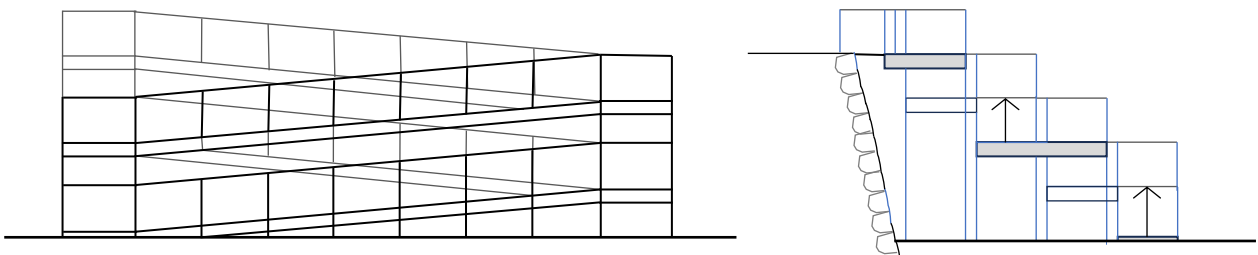


図-資 285 スロープ想定立面図



福山城



金沢城

写真-資 22 スロープ事例

(7) 小天守台上から天守台上（天守）まで

a 整備要綱への適合状況

主な設備の適合状況は次のとおり。

【屋内通路・廊下】

東廊下及び南廊下の屋内通路の幅員は基準の 180cm 以上となっていない部分があるが、ただし書き（末端の付近及び区間 50m以内ごとの位置に 2 人の車椅子使用者がすれ違うことが可能なスペースを設けた場合、内法 140 cm 以上とすることができる）の基準は満たしている。

また、2 cm を超える高低差がある（部屋境に高さ 75mm 程度の敷居又は無目敷居あり）。

【階段】

天守に上がる階段は東廊下、南廊下共に 1 箇所あるが、幅員が狭く、急であり、整備要綱の基準を満たしていない。

【エレベーター】

整備要綱では、エレベーターは、原則として、不特定かつ多数の者が利用する建築物で、床面積の合計がおおむね 500 m² 以上のものに設けることとしている。

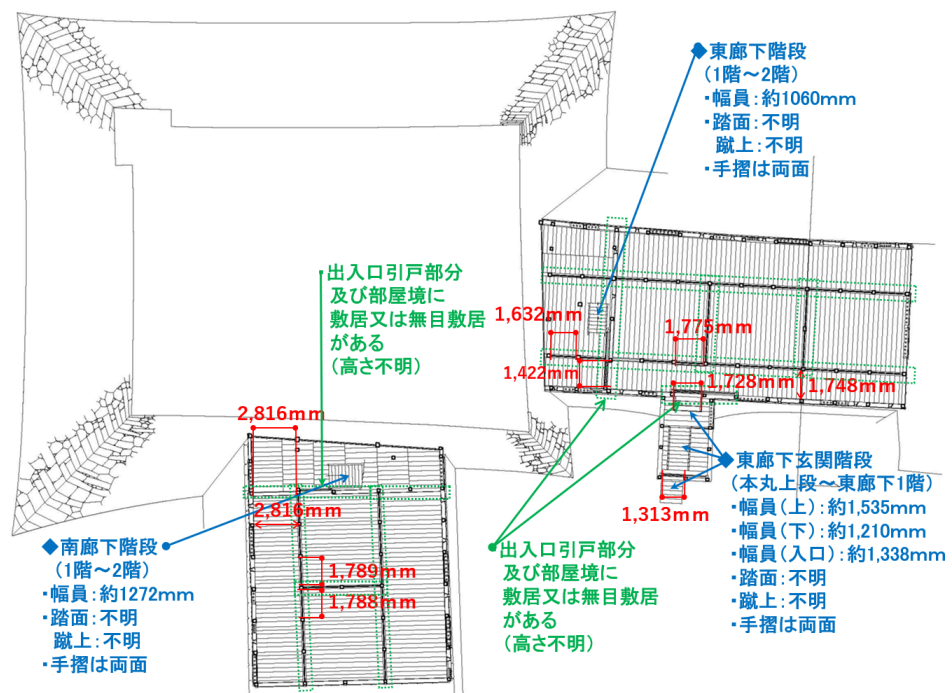


図-資 286 東廊下・南廊下1階平面図（復元原案）

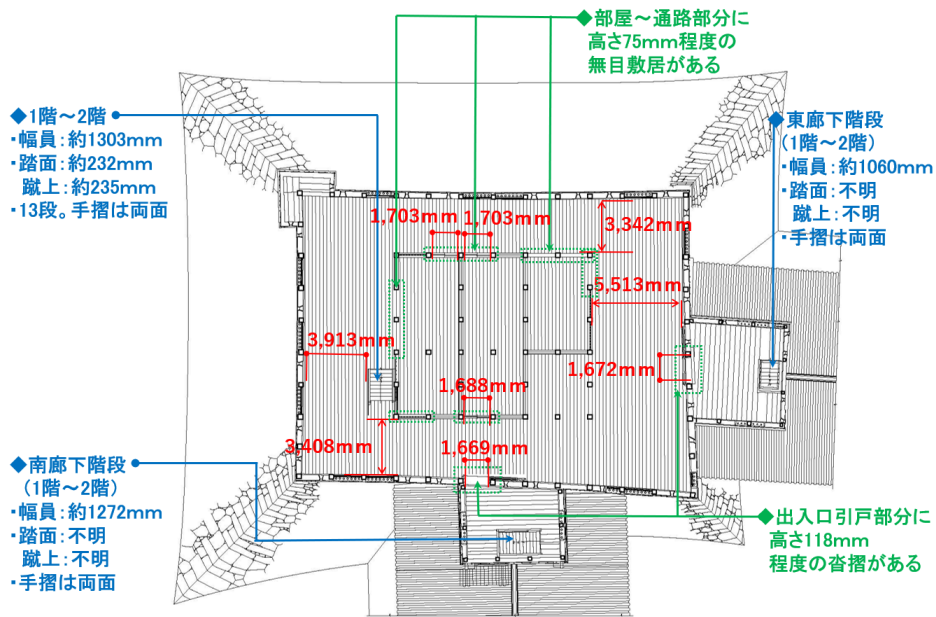


図-資 287 天守1階平面図及び東廊下・南廊下2階平面図（復元原案）

b バリアフリー対応の検討

【屋内通路・廊下】

敷居による高低差について、スロープ又は置床を設置することが考えられる。



写真-資 23 スロープ設置例（熊本城本丸御殿）

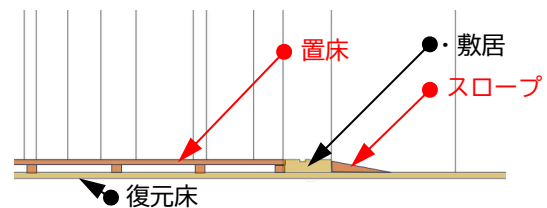


図-資 288 置床・スロープ想定図

【階段】

復元階段とは別に、整備要綱の基準を満たす階段を新設することが考えられるが、東廊下、南廊下共に新たに階段を設置するスペースは無い。当該部分に整備要綱に適合する新たな階段を設置するためには、スペース確保のため史実と異なる姿になる。

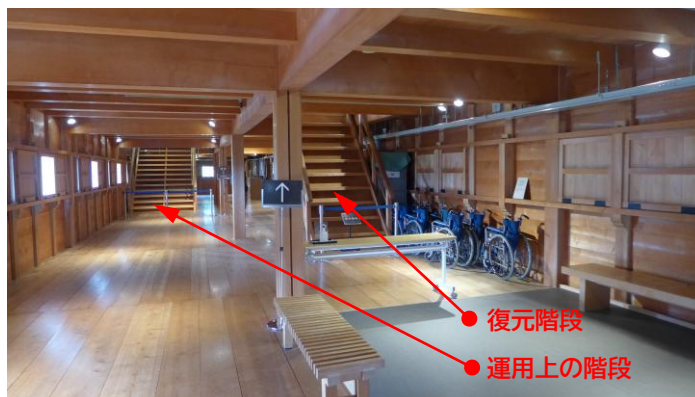


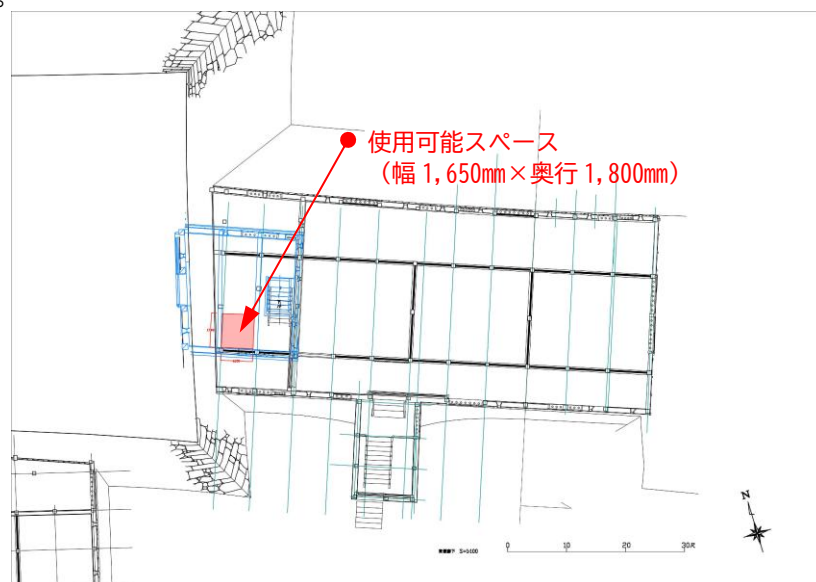
写真-資 24 復元階段とは別に運用上の階段を設置した例（金沢城五十間長屋）

【エレベーター】

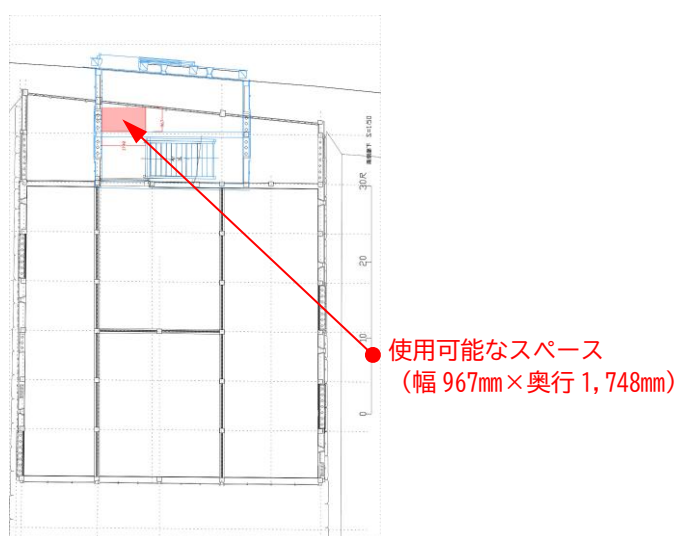
(a) 整備要綱上のエレベーターの設置に関する検討

東廊下、南廊下の構造安全性を確保しつつ（主要構造部を欠損せずに）整備要綱の基準を満たすエレベーターを設置することが可能か検討した。

- ・東廊下については、梁と梁の間の有効寸法が、1,650mm である。一般の動線を考慮するとエレベーターの設置に使用可能なスペースは幅 1,650mm×奥行 1,800mm である。一方、整備要綱の基準に適合している 11 人乗りエレベーターの最小昇降路内法寸法は幅 1,800mm×奥行 2,000mm であり、設置可能スペース内には設置することができない。
- ・南廊下については、幅 1,000mm×奥行 1,800mm 程度と使用可能なスペースが更に狭い。



図資 289 東廊下1階・2階重ね合わせ図（復元原案）



図資 290 南廊下1階・2階重ね合わせ図（復元原案）

(b) 整備要綱上のエレベーターの設置に関する検討

整備要綱上のエレベーターに代わるバリアフリー対応として、特殊な構造又は形態のエレベーター（鉛直型段差解消機）の設置を検討した。

【鉛直型段差解消機に関する規定】

旧建設省告示において、構造方法が定められている（主な内容は次のとおり）。

- ・かごの定格速度 15m/min 以下
- ・かごの床面積 2.25 m²以内
- ・昇降行程 4m 以下

【今回検討対象とする鉛直型段差解消機の特徴等】

- ・かご下部にある特殊なチェーンが下からかごを突き上げることで昇降する機構。
- ・荷重全てが下部にかかることから、独立した耐震構造を実現することが可能。
- ・昇降速度 6m/min
- ・かごの床面積 1.2～2.25 m²
- ・最大積載荷重 300kg
- ・最大定員は車椅子使用者 1 名とその介添者 1 名の計 2 名

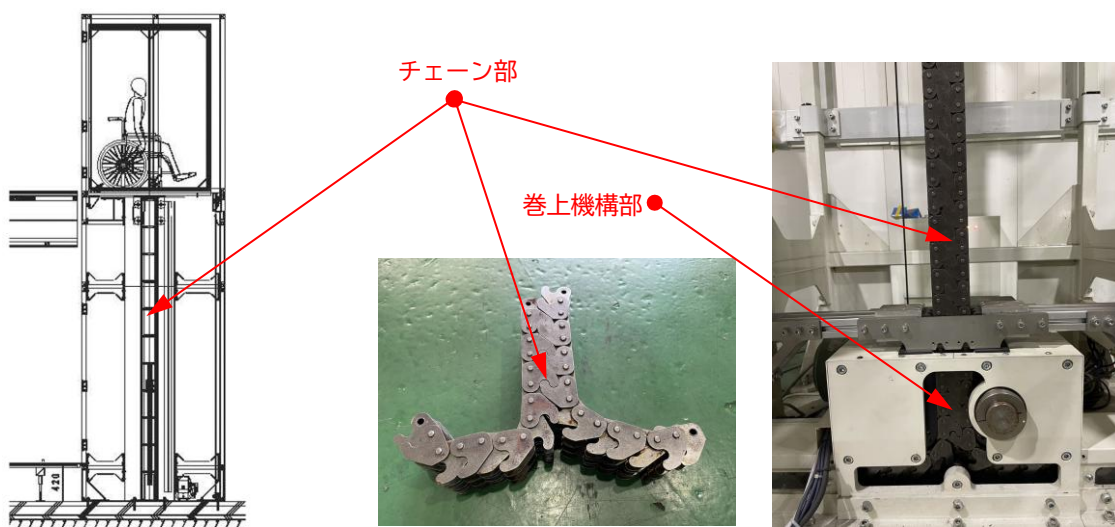


図-資 291 鉛直型段差解消機断面図

写真-資 26 鉛直型段差解消機チェーン部及び巻上機構部

【東廊下及び南廊下における設置箇所等の検討】

図-資 292～図-資 296 に鉛直型段差解消機の設置案を示す。東廊下について、架構を踏まえ、梁等の主要構造部を欠損させない計画とするため、鉛直型段差解消機の設置に必要なスペースを幅 1,390mm×奥行 1,660mm で想定した。この場合、かごの寸法は幅 900mm×奥行 1,300mm となり、大型車椅子 1 台が乗ることができる。

また、南廊下については、復元原案において鉛直型段差解消機の設置に必要なスペース（幅 1,390mm×奥行 1,660mm）を確保することが難しいため、設置に当たって床の範囲、階段の形状、梁および壁の位置を変更し、便益施設として整備することが考えられる。

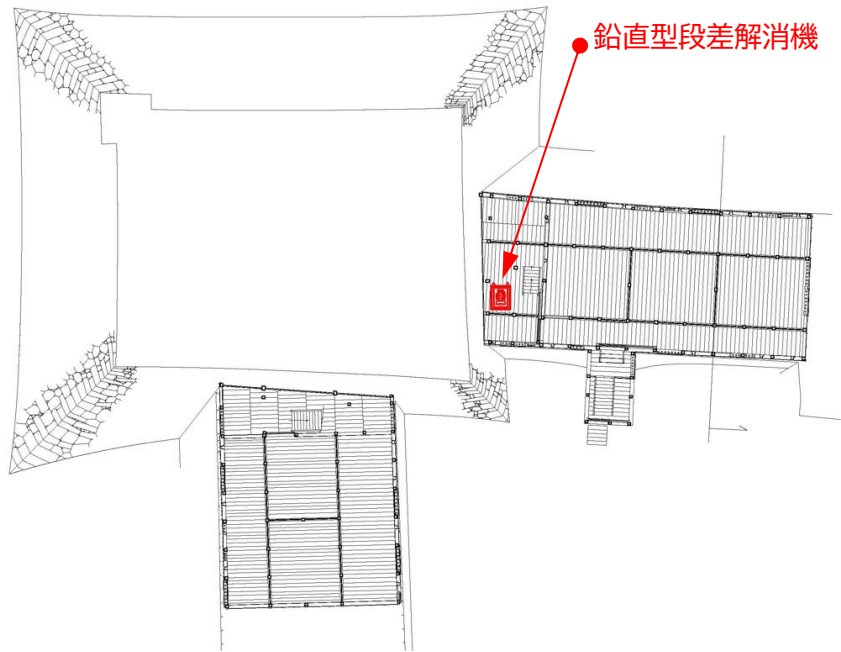


図-資 292 東廊下・南廊下1階平面図（復元原案）

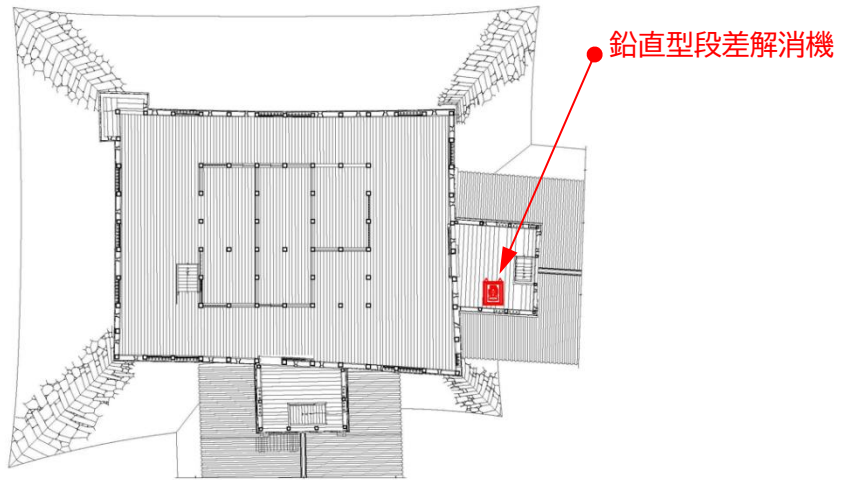


図-資 293 天守1階平面図及び東廊下・南廊下2階平面図

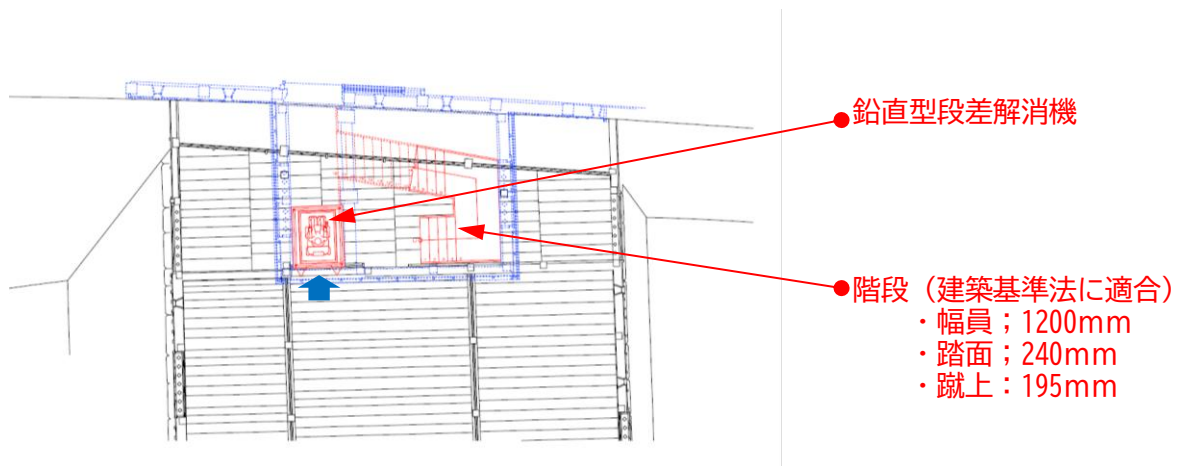


図-資 294 南廊下1階平面図 (南廊下便益施設案)

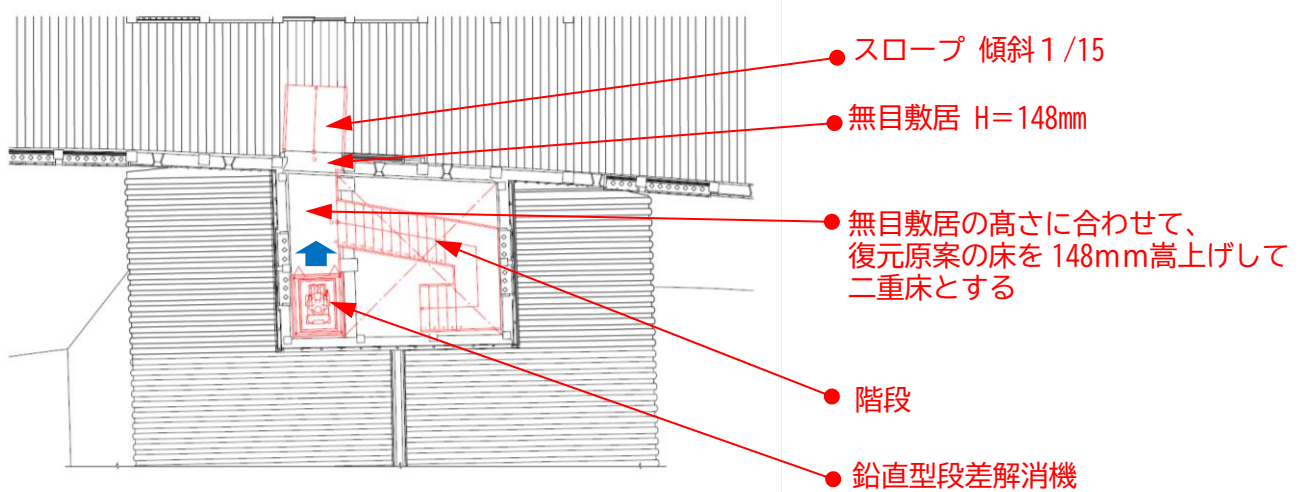


図-資 295 南廊下2階平面図 (南廊下便益施設案)

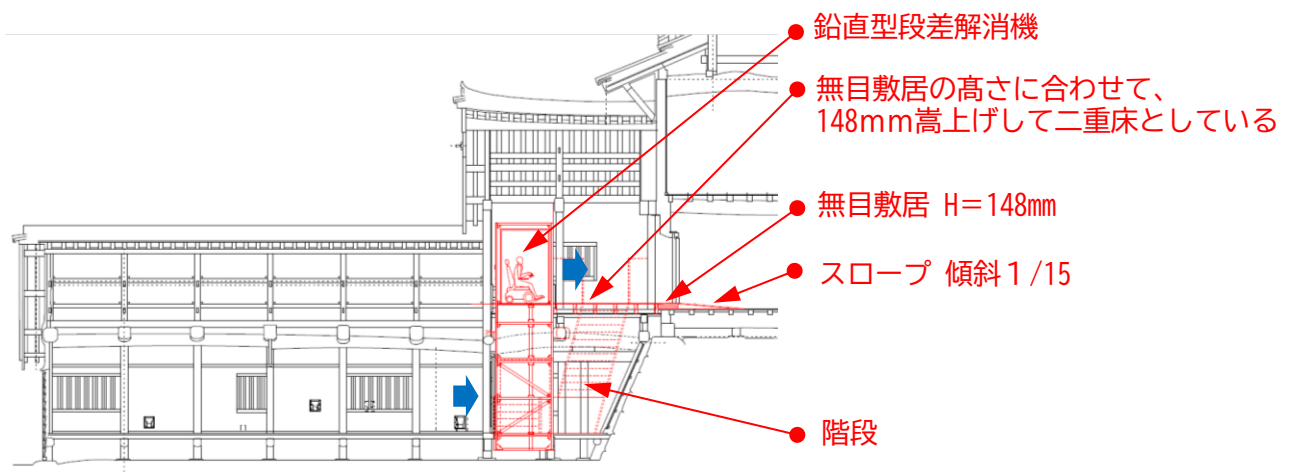


図-資 296 南廊下断面図 (南廊下便益施設案)

(I) 天守内部

a 整備要綱への適合状況

主な設備の適合状況は次のとおり。

【屋内通路・廊下】

天守の屋内通路の幅員は基準の180cm以上となっていない部分があるが、ただし書き（末端の付近及び区間50m以内ごとの位置に2人の車椅子使用者がすれ違えることが可能なスペースを設けた場合、内法140cm以上とすることができる）の基準は満たしている。

また、2cmを超える高低差がある（部屋境に高さ75mm程度の敷居あり）。

【階段】

各階に上がる階段は幅員が狭く、急であり、整備要綱の基準を満たしていない。

【エレベーター】

整備要綱では、エレベーターは、原則として、不特定かつ多数の者が利用する建築物で、床面積の合計がおおむね500㎡以上のものに設けることとしている。

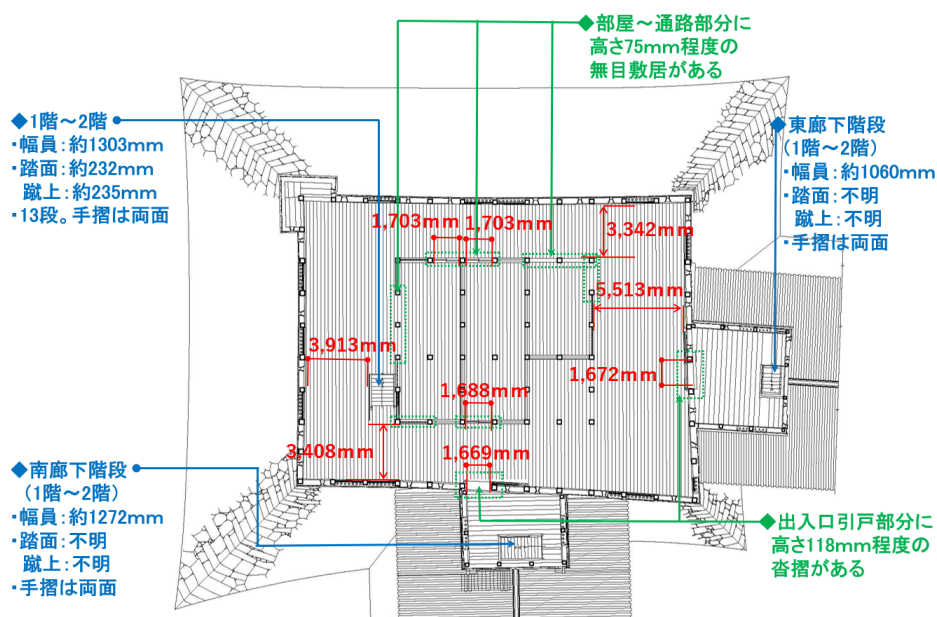


図-資 297 天守1階平面図及び東廊下・南廊下2階平面図（復元原案）

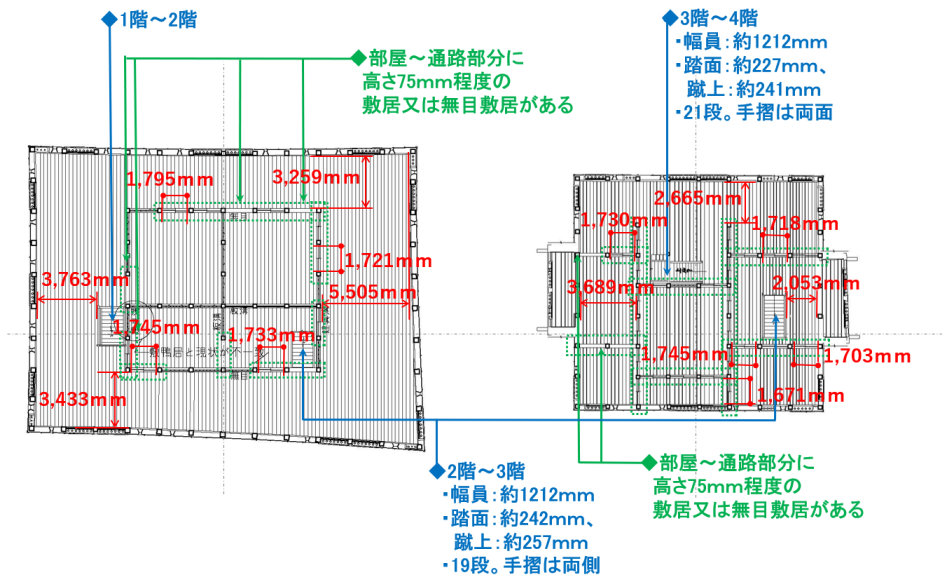


図-資 298 天守2階平面図及び天守3階平面図（復元原案）

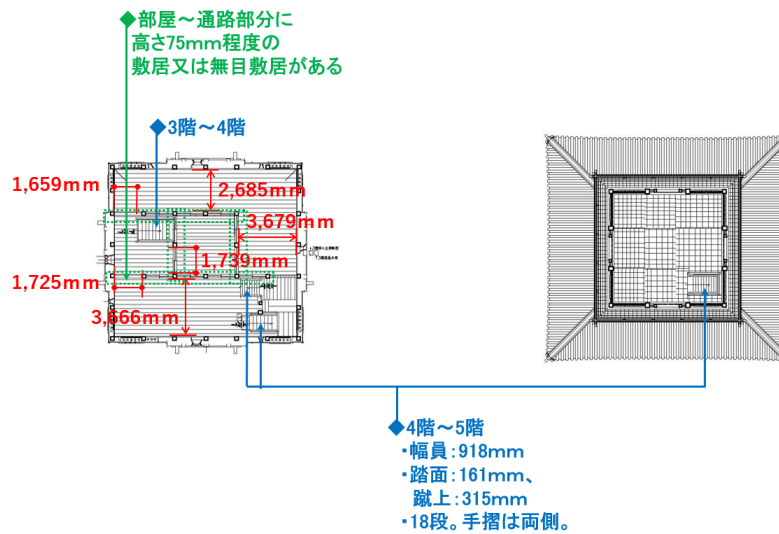


図-資 299 天守4階平面図及び天守5階平面図（復元原案）（復元原案）

b バリアフリー対応の検討

【屋内通路・廊下】

敷居による高低差について、東廊下、南廊下と同様にスロープまたは置床を設置することが考えられる。

【階段】

東廊下、南廊下と同様に復元階段とは別に、整備要綱の基準を満たす階段を新設することが考えられ、今後、その位置等について検討する必要がある。

【エレベーター】

(a) 整備要綱上のエレベーターの設置に関する検討

天守の構造安全性を確保しつつ（主要構造部を欠損せずに）整備要綱の基準を満たすエレベーターを設置することが可能か検討した。

- ・復元原案の1階梁伏図から3階梁伏図の重ね合わせ図にてエレベーター設置場所を探った。
- ・1階から3階の梁に囲まれた部分の有効面積は、大きいところで約1,500mm×1,500mmであり、整備要綱の基準に適合している11人乗りエレベーター（最小昇降路内法寸法 幅1,800mm×奥行2,000mm）を設置することができない。

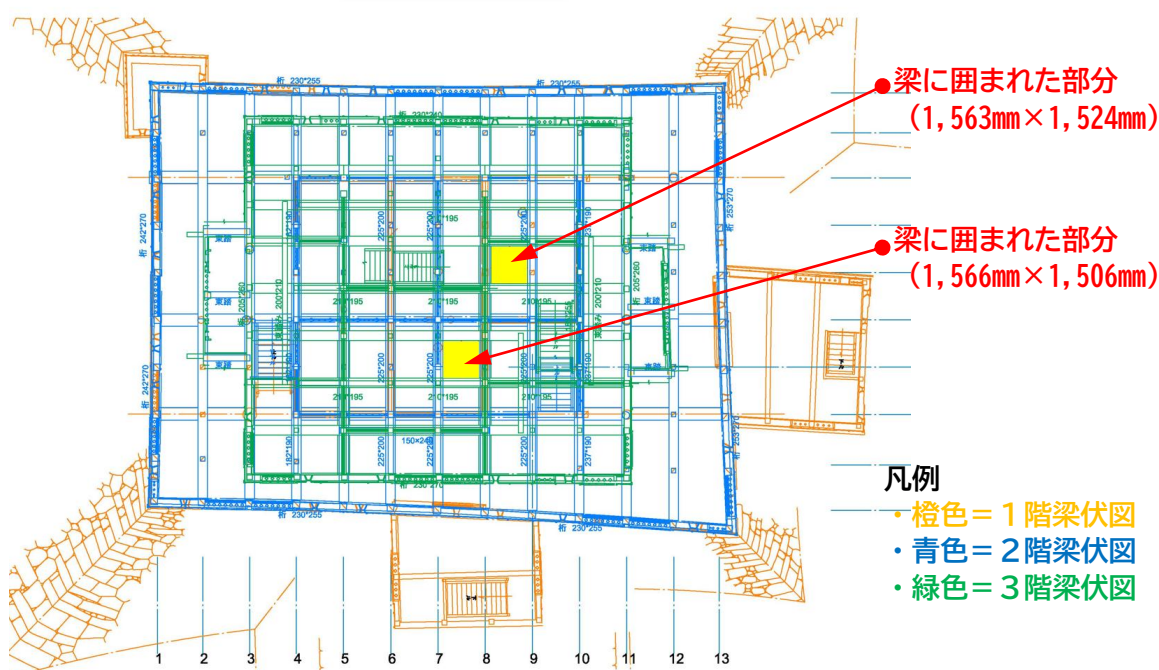


図-資 300 重ね合わせ図（1階～3階梁伏図）

(b) 鉛直型段差解消機の設置に関する検討

整備要綱上のエレベーターに代わるバリアフリー対応として、東廊下、南廊下と同様に鉛直型段差解消機の設置を検討した。

【天守における設置箇所等の検討】

- ・ 図-資 301～図-資 307 に鉛直型段差解消機の設置案を示す。
- ・ 天守の架構を踏まえ、梁等の主要構造部を欠損させない計画とするため、東廊下と同様に鉛直型段差解消機の設置に必要なスペースを幅 1,390mm×奥行 1,660mm（かごの寸法は幅 900×奥行 1,300mm。大型車椅子 1 台が乗れる広さ）で想定する。
- ・ 階高が 4 m を超える、2 階～5 階については、上階床から 4 m 下がった位置に乗り換えステージを設け、2 台で乗り継いで昇降することが考えられる。

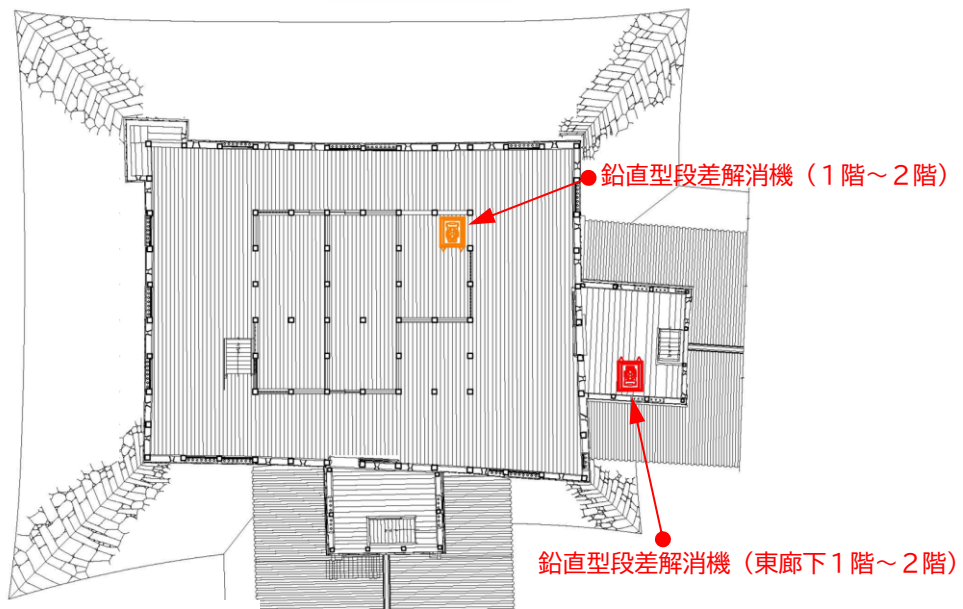


図-資 301 天守1階平面図及び東廊下・南廊下2階平面図（復元原案）

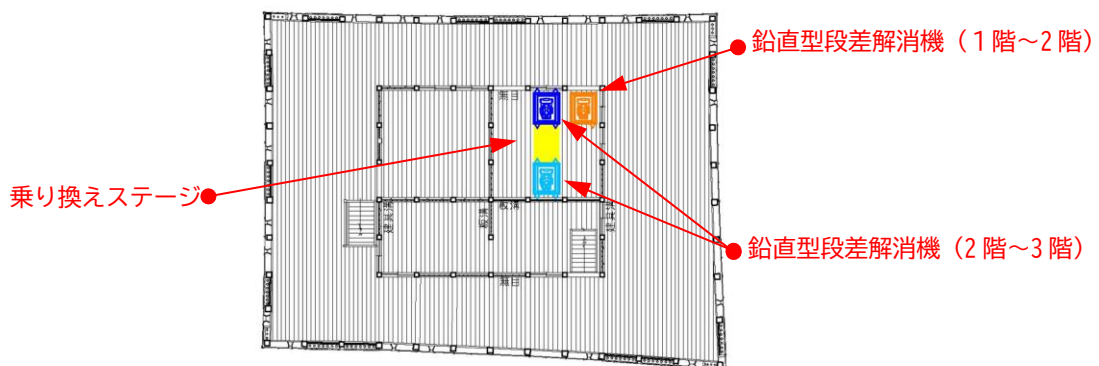


図-資 302 天守2階平面図（復元原案）

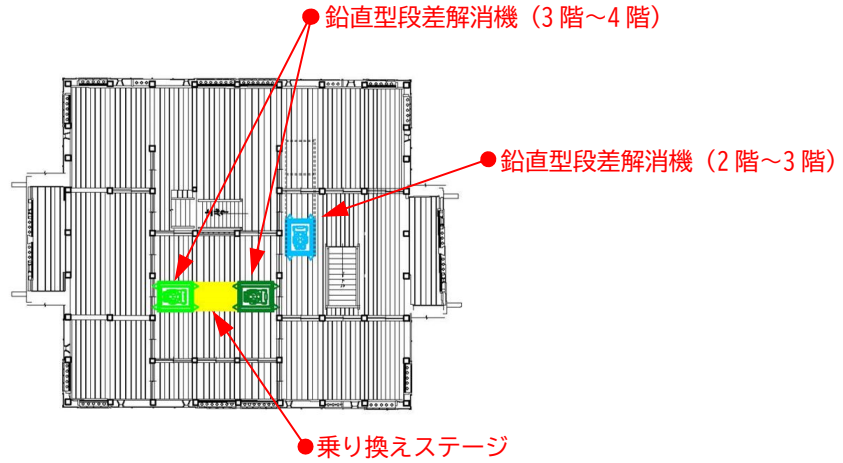


図-資 303 天守3階平面図 (復元原案)

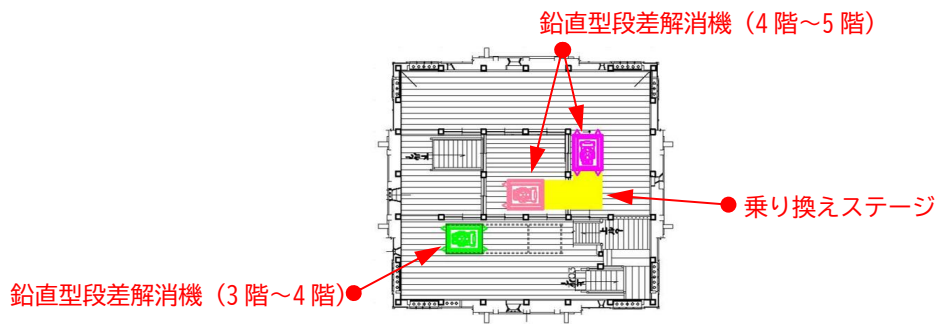


図-資 304 天守4階平面図 (復元原案)

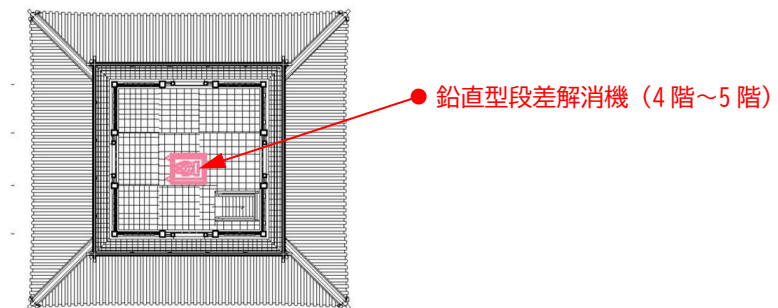


図-資 305 天守5階平面図 (復元原案)

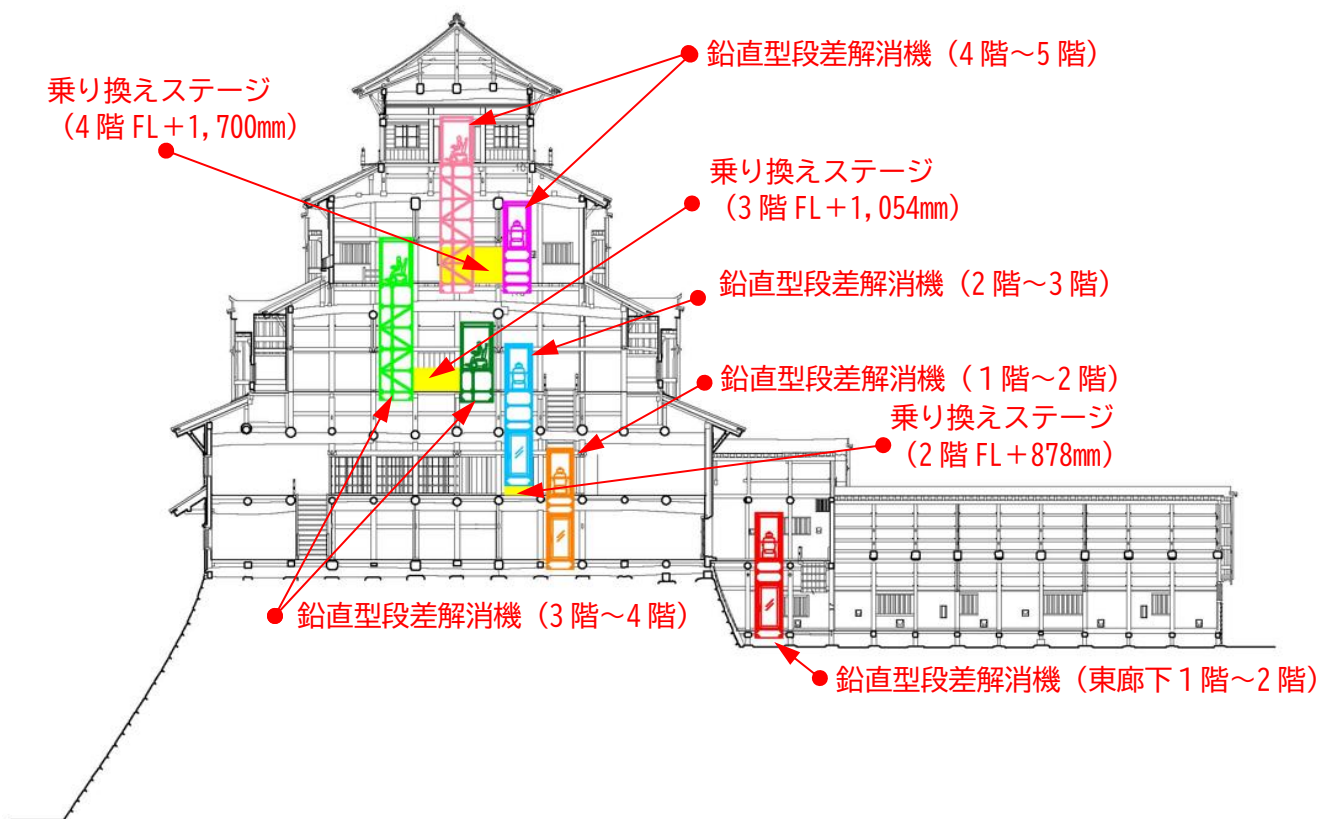


図-資 306 東西断面図 (復元原案)

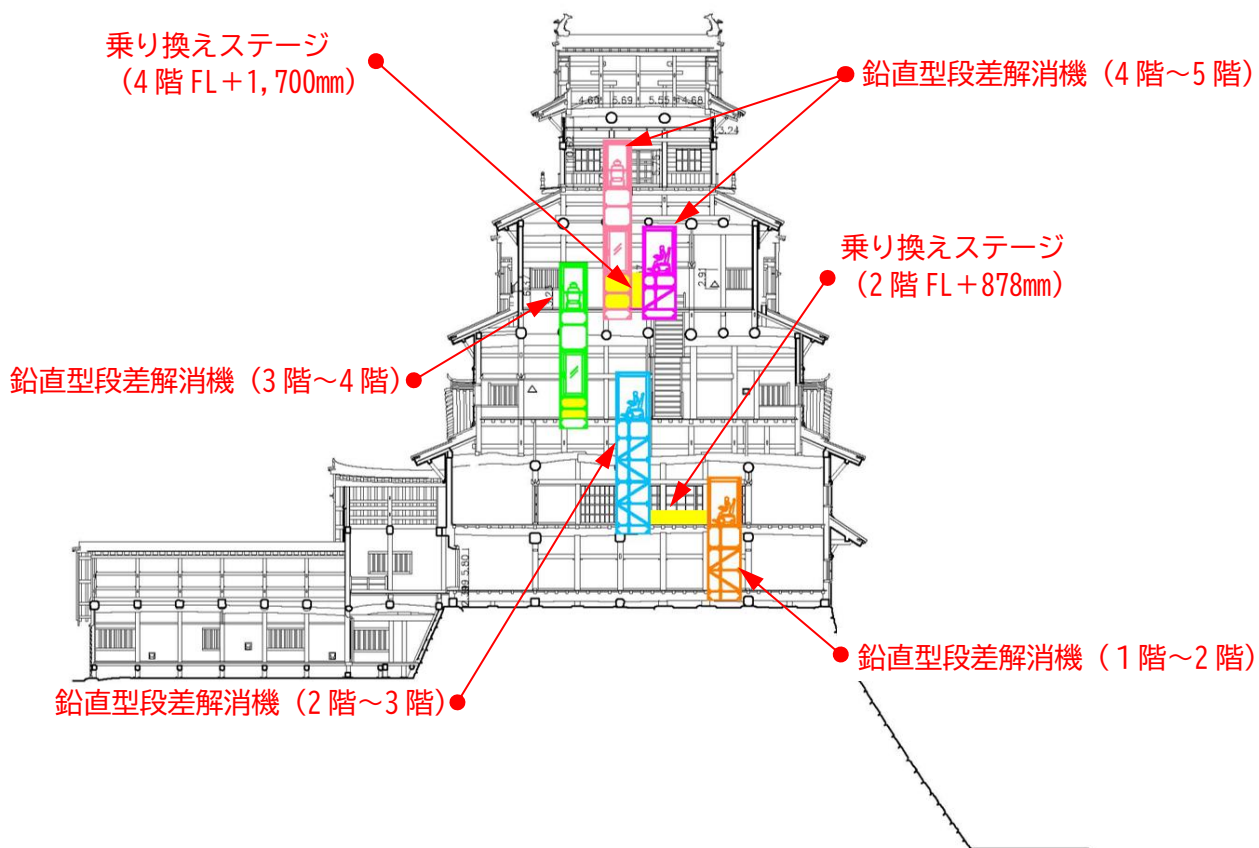


図-資 307 南北断面図 (復元原案)

(c) 今後の課題等

広島城天守の復元等に当たって、多くの市民等に史跡広島城跡の本質的価値を感じ取ってもらえるよう、今後も引き続き、昇降機に関する検討を行う必要がある。

建築物としての構造安全性の確保等を図るべく「広島市公共施設福祉環境整備要綱」等に適合するエレベーターの設置が困難な箇所について、エレベーターに代わる昇降設備として鉛直型段差解消機が考えられるが、復元天守への設置に当たっては、実機を使った静的加力試験や加振試験等による性能検証を行うとともに、以下について検討する必要がある。

- ① 木造建築物の層間変形および揚程に対応する安全性
- ② 支持架構と建物とを接続して建物の層間変形に追従できる仕組み
- ③ 鉛直型段差解消機のフレームと木造軸組との衝突を避けるためのダンパー機構
- ④ 鉛直型段差解消機の荷重の受け方と設置方法

10 天守群の耐震・耐風性能の検討

復元原案に基づき、想定される建物の構造性能（耐震性能・耐風性能）について、構造計算・構造解析による検討を行った。今後の構造計画に役立てるため、検討の前提となる耐力要素の性能設定や架構のモデル化条件、検討用入力地震動の考え方などを整理した。また、耐力壁を部分的に付加した場合の補強効果についても、検討を行った。

(1) 復元等の範囲と構造検討の方法

天守群の復元エリアに関する構造検討方法を図-資 309 に示す。

復元原案における構造に関係した情報の量に応じて区分けをしている。天守については構造軸組の特徴を反映した詳細な立体骨組モデルを構築し、天守台の基礎地盤解析により得られている天守台上面の加速度波形を入力地震動として木造天守骨組の時刻歴応答解析を行った。なお、天守は東廊下・南廊下と建築的に接続しているため、荷重・耐力への影響を考慮し、それぞれの建物の一部（2階範囲）を解析モデルに含めた。

東廊下については、当該範囲の主要な軸組を構成する耐力要素（柱・貫・土壁等）を抽出・加算して建物の保有耐力を推定、建物重量と伝統構法の一般的な変形特性とを考慮して必要保有水平耐力を算定し、それらを比較検証した。

なお、東小天守と南廊下・南小天守については、復元原案の情報が一定範囲に留まるため、今回の構造検討の対象とはしていない。

対象とするエリア	復元原案の資料イメージ	検討方法	備考
① 天守	平面図・断面図等	時刻歴応答解析	立体骨組モデル (東・南廊下二階を含める)
② 東廊下	平面図・断面図等	構造計算	主要な軸組の保有耐力 (一階範囲を対象とする)
③ 東小天守	外観図等	考察	資料から読み取れる範囲で 検討を行う
④ 南廊下・南小天守	②③に基づく検討資料	考察	資料から読み取れる範囲で 検討を行う

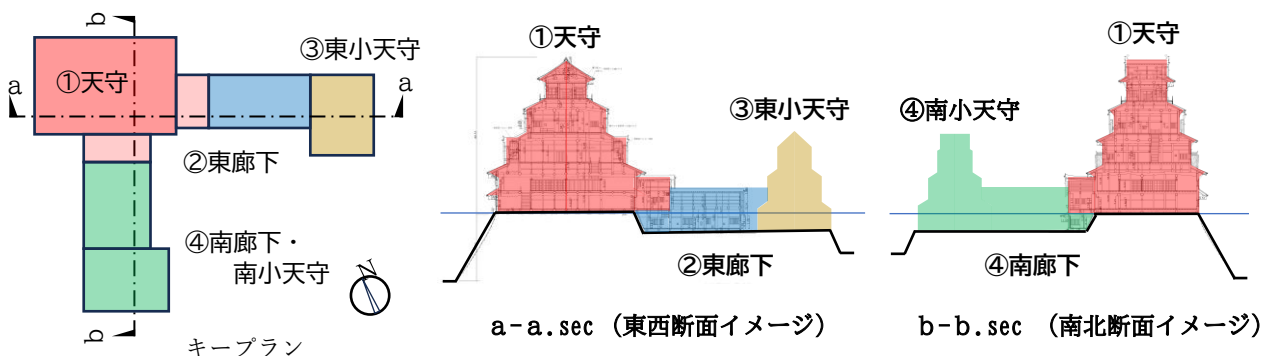


図-資 308 天守群の復元エリアと構造検討方法

(2) 天守の耐震性能検討

ア 基本検討方針

(ア) 構造概要

広島城天守は平面規模が1階で長辺12間、短辺9間（6尺5寸間）、高さが土台から5階の梁組までで約22.6mという規模を有する。構造型式は二重2階の入母屋造基部の屋根上に、三重3階を上げる五重5階の望楼型である。

軸組架構の特徴を断面図(図-資 309)に、また、各階軸組の俯瞰図を図-資 310 に示す。各重の梁が入側と身舎とで段違いになることなく同じ高さで組まれていることで層ごとの平面的な一体性が高く、また、望楼部の3階、4階及び5階で床組が設けられている点も特徴の一つである。3階及び5階の床組は階高の約1/3の高さにあり、柱や床束が貫等で固められた構成となっている。

主要な構成部材の断面寸法は表-資 42 に示すとおりで、水平力に対しては、太径の柱の剛体回転により生じる柱傾斜復元力、貫等横架材の柱仕口部でのめり込み抵抗及び土壁のせん断抵抗が主な耐力要素となっている。土壁は、外周の塗籠壁と内部に主に垂れ壁（真壁）がある。5階は外周のみの垂れ壁（真壁）架構となっている。樹種については、軸組はヒノキまたはツガ、野物はマツ材を想定した。

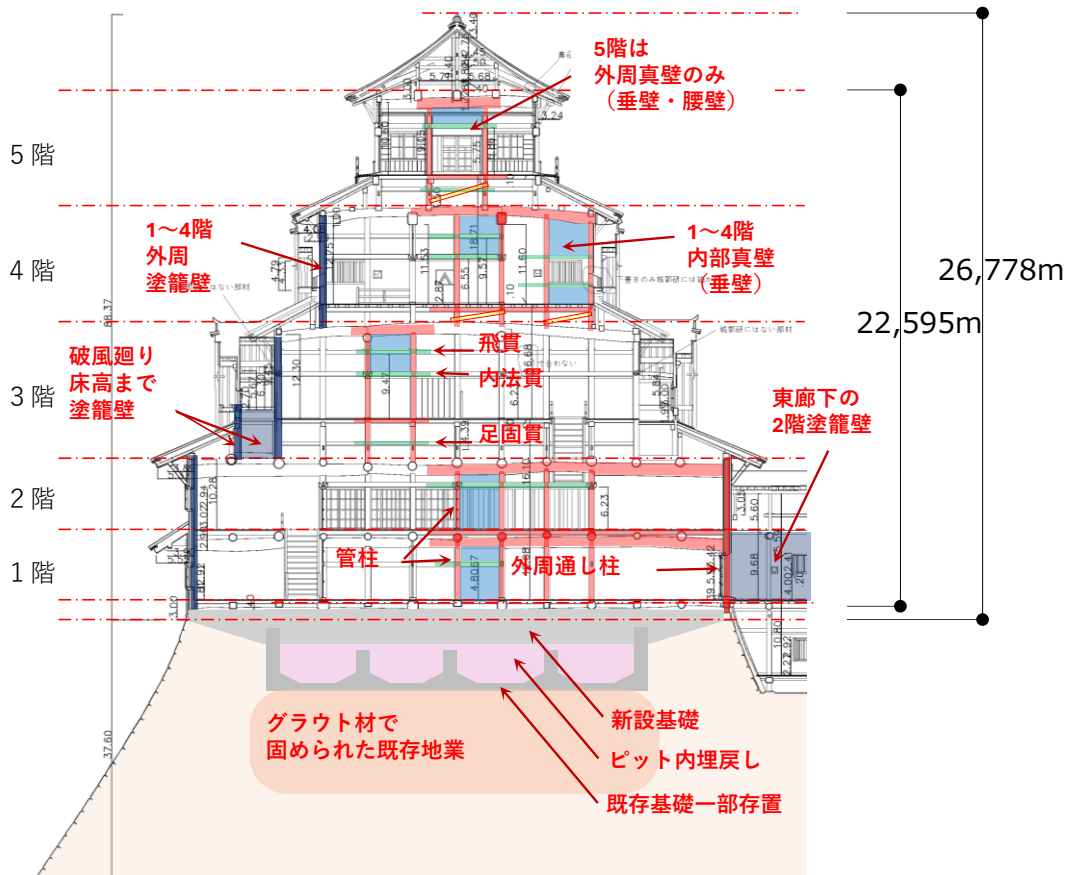


図-資 309 軸組架構の特徴

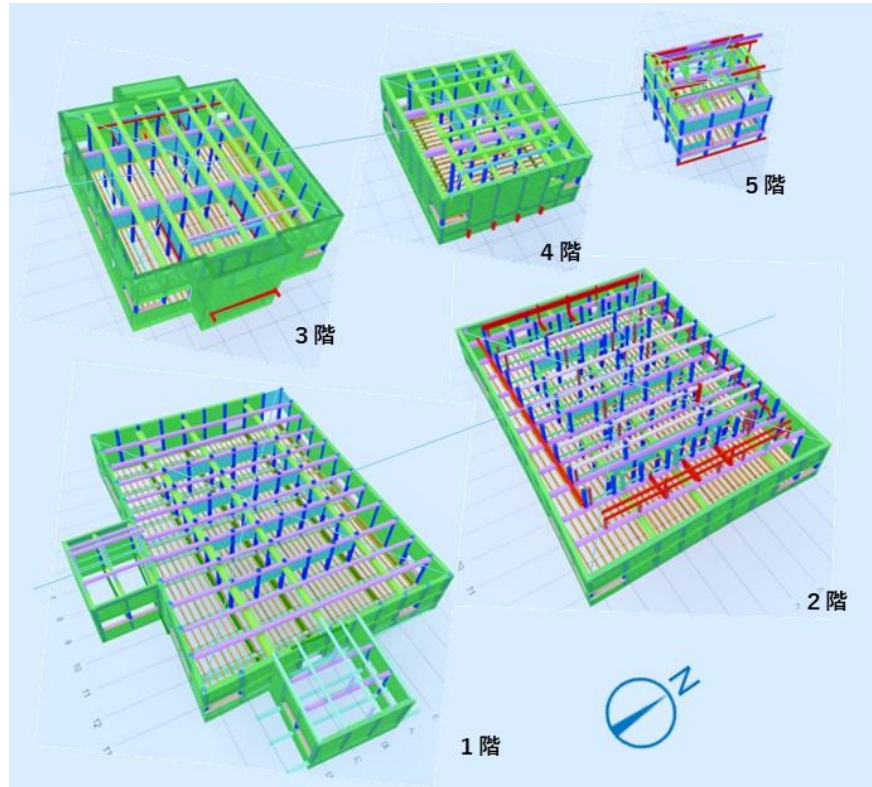


図-資 310 各階の軸組(俯瞰図)

表-資 42 部材断面

(単位mm)

階	柱	梁	貫	壁厚
5	252	410×410、420×320、200×280、 200×260	80×175、65×165、60×190	105
4	235	410×530、370×370、330×255、 250×255、230×255	60×270、60×205、50×180 60×180	315、105
3	240	405×405、355×355、230×270、 230×240、205×260	80×215、80×170、70×165 60×195、50×185、50×175	315、105
2	280、267	410×410、355×355、250×270、 240×270、230×255	60×210、55×215	315、105
1	280、267、 188	430×430、310×310、250×320	75×205	315、270 175、105
土台	—	400×400、365×365、335×335、 305×320	—	—

(イ) 構造性能の確認方法

伝統木造架構は、仕口のめり込み抵抗に代表される変形性能の高さが特徴の一つである。しかし、広島城天守の架構は、外周部の厚い土壁（塗籠壁 厚さ 300mm 程度）と内部の小壁ラーメン（真壁 厚さ 100mm 程度）がせん断力の多くを負担する仕組みとなっている。土壁の構造性能が建物の構造特性に与える影響は大きいですが、厚い土壁と軸組とからなる架構については、今後詳細に仕様を定めた上で架構実験等を行い、性能を検証する必要がある。現段階では、標準的

な土壁の性能¹を外周の塗籠壁にも適用し、その有効壁厚を 300mm・150mm とした場合及び比較のために塗籠壁を考慮しなかった場合の 3 ケースを解析し、比較考察を行った。

また、復元原案のままでは所要の耐震性能が得られない可能性があったため、見え掛かりへの影響が少ない部位を補強する案（広島城天守の特徴である床下に耐力壁を追加）について補強効果の評価を行った。

これらを適切に評価できる解析モデルとして、立体骨組モデルを採用した。個々の柱・梁や貫等の横架材・壁を線材（ブレース置換）で模擬し、接合部の性能も部材端ばねとしモデル化したものとなる。なお、地震力については、立地条件（河口のデルタ地帯の地盤）や天守台の影響を考慮した 2 次元 F E M 解析の結果（天守上面中央の時刻歴波形）を用いた。

(ウ) 構造目標性能

上記解析モデルと地震力を用いて天守骨組の時刻歴応答解析を行い、表-資 43 に示す項目に着目して構造性能を評価する。天守は伝統構法木造の一般的な構造特性を反映して初期の剛性は低いが、大変形時まで耐力を維持するという性能を保有する。表中の目標性能は、大地震時（極めて稀に発生する数百年に一度程度の地震動で震度 6 強程度）に、人命に被害を及ぼすような倒壊を防ぐための目標値の一案である。今後の設計段階において、第三者の性能評価における協議内容も踏まえ、その妥当性を判断する必要がある。

表-資 43 評価項目

評価項目	各項目の説明	目標性能（例）
層せん断力係数	最大層せん断力を当該層の支持する上部建物重量で除した高さ方向の外力分布	—
最大層間変形角	最大変位を階高で除した値	1/30 以下
柱の倒れ	最大倒れ量を柱径で除した値	2/3 以下 ^{※1}
土壁のせん断応力	土壁のせん断破壊	終局強度程度(亀裂を生じるが大きく崩落しない)
木部材応力	通し柱、または垂壁付柱の曲げ破壊	終局強度以下

※1 設計者判断にて安全率 1.5 を考慮する場合を想定。柱径までは復元力は保持される。

イ 天守軸組の特徴を捉えた構造解析モデル

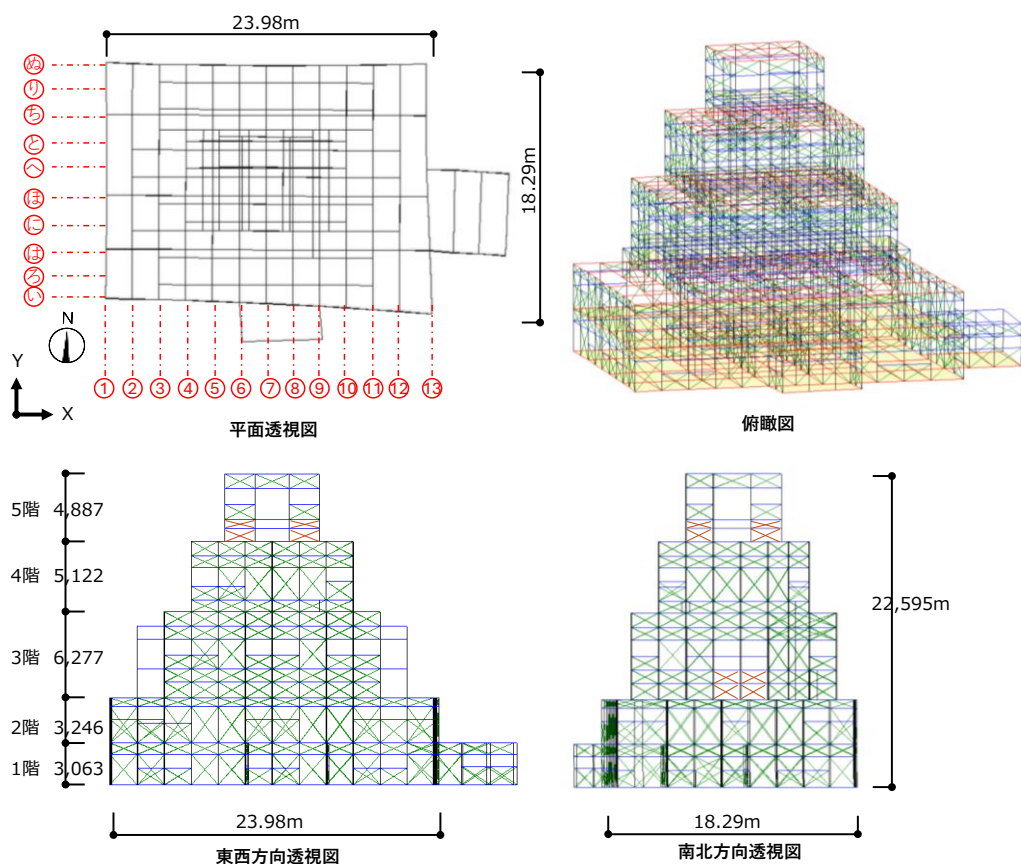
(ア) 架構モデルの形状と耐力要素の配置

図-資 311 に解析モデル図を示す。平面透視図に示すように、基部は天守台の形を反映してやや歪んだ平面形をそのままモデル化した。また、立面透視図に示すように、各階高を 3～6 分割して横架材を配置し、柱と横架材で囲まれる矩形のエリアを開口部や土壁（ブレース置換）としてモデル化した。なお、上下階で平面位置の異なる陸立ち柱は南北方向架構に多く認めら

¹ 参考文献 1：重要文化財（建造物）耐震基礎診断実施要領 H24.06.12 改正

れる。構造解析モデルの作成に当たっては前述の図-資 310 俯瞰図に示す3次元モデルを作成して節点座標を決めるとともに、復元原案との整合性を確認しつつ部材を配置した。以下に、工学的な判断に基づいて設定したモデル化上の事項を付記する。

- ・外周塗籠壁の壁脚は壁重量の支持、地震力の伝達を考慮し下階の梁組までとした。
- ・5階外壁（腰壁）の壁脚は地震力の伝達を考慮し下階の梁組までとした（図-資 311 中の赤色）。
- ・狭間は小面積のため壁の剛性耐力への影響は考慮せず、煙抜き開口のある壁は壁なしとした。
- ・梁組レベルを剛床とした。天守骨組の基本的な構造性能を把握するための仮定だが、セットバックする外壁の負担せん断力を下層の壁に円滑に伝達するために構造計画において何らかの水平構面への措置が必要である。
- ・解析モデルに含めた東廊下及び南廊下の2階範囲のそれぞれ妻部分の塗籠壁は、天守地震力負担には寄与しないため剛性耐力から除外した。
- ・3階の東西外周軸組の中央間（破風前）の床下範囲に、地震力の伝達を考慮し塗籠壁を設けた（図-資 311 中の赤色）。
- ・梁組は方向によりレベル差があるが、水平方向の解析に与える影響は小さいので簡略化し、モデル上は同一レベルとした。



解析ソフト：SNAP ver.8
 節点数：1334
 部材数：4001（柱964+横架材1783+壁置換ブレース1294）

図-資 311 解析モデル図

(イ) 荷重設定

建物の想定総重量は約 1,748t (17,124kN) で、これを 1 階の床面積で除すと 3.65t/m² (35.7kN/m²) となる。これには展示施設を想定した積載荷重 240 kg/m² (2.4kN/m²、建築基準法施行令 85 条の店舗売り場相当) を含む。また、地震時の上屋想定重量は 1,478t (14,481kN) で、総床面積で均すと 1.00t/m² (9.8kN/m²) となる。これには上記同様に地震用の積載荷重 130 kg/m² (1.3kN/m²) を含む。固定荷重の内訳については表-資 44 の要素小計に示すとおり、壁自重 51.0%、屋根 25.5%、その他軸組等 23.5%の割合となり、土壁の総重量に占める割合が大きい。

表-資 44 建物重量 (構造解析用)

固定荷重 Wi	1	2	3	4	5	R	要素小計 Wi (kN)	
	基礎 レベル	1 階	2 階	3 階	4 階	5 階	総重量比%	
床面積 Ai (m ²)	479.4	479.4	421.8	250.6	128.0	76.7	1356.5 (1~5 階)	
屋根		611	1,135	683	449	369	3,248	25.5
壁	801	1,354	1,635	1,728	807	161	6,486	51.0
床自重	153	153	102	49	17		474	3.7
柱自重	43	83	95	79	33	9	341	2.7
梁自重	252	255	302	169	124	46	1,147	9.0
その他 (廻り縁、破風等)			649	360	12		1,021	8.0
層小計 Wi (kN)	1,249	2,455	3,918	3,069	1,442	585	12,717	100.0
総重量比%	9.8	19.3	30.8	24.1	11.3	4.6	100.0	-

軸組等小計
1962kN
15.4%

1~5 階床面積均し (kN /m²)

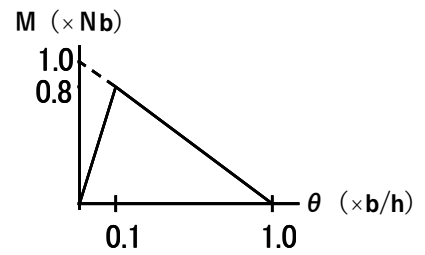
重量合計 (kN)	固定荷重 (1~5 階)	12,717	9.4
	地震用 (1~5 階)	14,481 床積載荷重 1.3kN/m ² 考慮	10.7
	架構用 (GL レベル含)	17,124 床積載荷重 2.4kN/m ² 考慮 35.7 kN /m ² (1 階床面積均し)	12.6

(ウ) 耐力要素のモデル化

主要な耐力要素のモデル化は次のとおりとした。

a 太径の柱の剛体回転により生じる柱傾斜復元力

傾斜復元力は図-資 312 に示すように、第2勾配が負となるバイリニア型復元力特性により模擬した²。柱の倒れ量が柱径の約 1/10 で最大となり、その後は負勾配となって柱径に達すると復元力を失う、エネルギー吸収のない弾性非線形の履歴でモデル化した。地震時の柱個々の復元力は柱径と軸力に応じて定まるため変動するが、階全体としては圧縮側、引張側の軸力変動分が相殺するため、柱径ごとの長期軸力の平均値に応じて柱脚回転バネとして設定した。なお、1～2階外周柱は通し柱であるため回転バネは1階柱脚にのみ設定した。



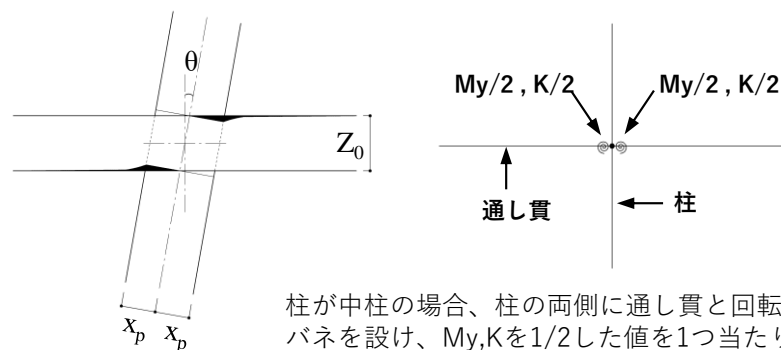
柱脚回転バネM-θ特性において、最大耐力時 $M_y=0.8Nb$ 、同 $\theta_y=0.1b/h$ 、抵抗力喪失時 $\theta_u=b/h$ 、ここに、N：軸力、b：柱幅、h：柱高さ

図-資 312

柱傾斜復元力 荷重-変形関係

b 貫等横架材の柱仕口のめり込み抵抗

貫は通し貫を基本に外端は片側貫（柱径の半分まで）として稲山式を適用し、めり込み抵抗を算出した（図-資 313 参照）³。なお、横架材3間ごとに柱内継手があるものと仮定して仕口の剛性・耐力を0.9掛けに低減した（継手1か所辺りの低減率を0.7とし継手箇所総数/仕口箇所数で重みづけして各所一律に設定する）。3階及び5階の床束と足固貫の仕口も同様に考慮する。1階及び2階の梁外端（柱勝ちとなる）柄差し（幅0.25D×梁成×深D、Dは柱径）も片側貫として考慮した。



柱が中柱の場合、柱の両側に通し貫と回転バネを設け、 M_y, K を1/2した値を1つ当たりの回転バネの特性とする。

図-資 313 貫端部回転バネ

² 参考文献 2：日本建築学会大会梗概集 1993, P1021～P1022 河合他、日本建築学会大会梗概集 1998, P269～P270 軽部他

³ 参考文献 3：木質構造接合部設計マニュアル 2009, P252～、木質構造基礎理論 2010, P101～

c 柱頭柱脚部柄の梁仕口のめり込み抵抗

柱頭柱脚の柄形状寸法を想定（幅 $0.25D \times$ 成 $0.8D \times$ 深 200mm 、 D は柱径）し、片側貫としてモデル化する。柄短辺方向はピン接合とした。

d 土壁のせん断抵抗

土壁の構造特性は文化庁手引きに準拠して設定した（図-資 314 参照）。塗籠壁の構造実験事例⁴によれば、既往式は、初期剛性については壁全体厚さから漆喰・砂漆喰分を除いた厚さを有効厚さとした場合に近似し、最大せん断力については裏返し面から柱に直接留めている竹小舞までの厚さを有効厚さとすることで、繰返し加力時のせん断低下も含めて、実験結果を安全側に評価できるとされている（図-資 315 参照）。今回検討では、前述のとおり有効壁厚を $150\text{mm} \cdot 300\text{mm}$ とした場合の結果を示し、ある幅をもって結果を評価した。なお、履歴特性は大変形時の土壁の損傷によるエネルギー吸収を考慮しない安全側の設定（弾性非線形）とした。

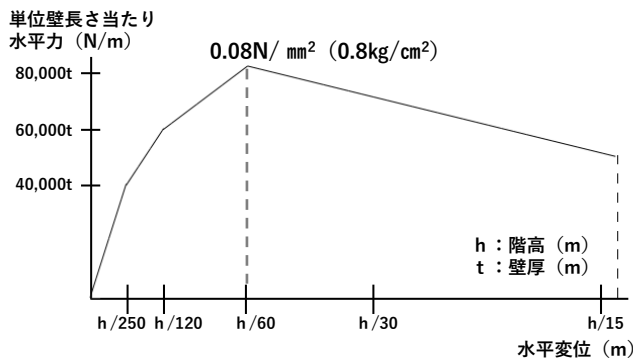


図-資 314 土壁のせん断耐力 荷重-変形関係（参考文献 3）

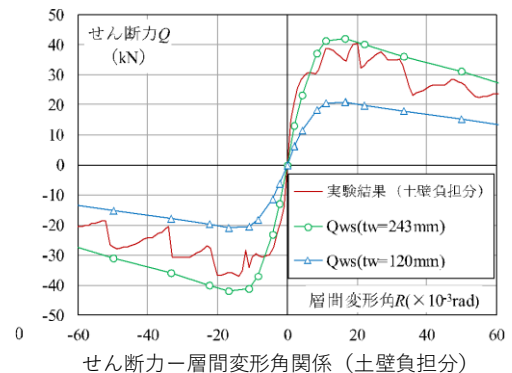


図-資 315 塗籠壁構造実験結果事例（参考文献 4）

(I) その他条件設定

減衰定数は 5% 粘性減衰（瞬間剛性比例型）とした。構伝統構法骨組の一般的な設定値よりもやや大きめの値だが、土壁の履歴特性を弾性非線形としていることを勘案し設定した。

床面は、水平構面としての性能に応じて、柱脚の固定度を高める効果が期待されるが、復元仕様が厚 1 寸、幅 8 寸～1 尺、長さ 2 間の板を和釘 4 本で大引に留め付ける程度とされるため、その効果は薄いと判断し非剛床とした。

ウ 入力地震動

入力地震動については、工学的基盤面の地震波（以降、基盤波）を告示波レベル 2（神戸位相：兵庫県南部地震 1995 神戸気象台記録）とし、立地条件（河口のデルタ地帯の地盤）や天守台の影響を考慮した 2 次元 FEM 解析から得られた天守上面中央の時刻歴加速度波形（以下、「立ち上

⁴ 参考文献 4：日本建築学会大会梗概集 2020, P578～P579 上角他、大規模伝統木造建築における構造要素の性能評価に関する研究 その 5 土壁試験体の施工及び実験結果

げ波」という。)を用いる⁵。なお、図-資 316 に示す天守台基礎地盤モデルは、石垣・基礎地盤の工学的傾向を把握することを目的に、限られた条件（予備調査の土質調査ボーリング1本）で作成されたもので、今後の詳細調査により見直しを図る必要がある。

図-資 317 に当該モデルによる地震動の加速度波形を示す。立ち上げ波は as2 砂質土層の液状化による免震効果の影響による減衰が認められ、加速度は基盤波より低減される。一方、図-資 318（左図）の加速度応答スペクトルに示すとおり、卓越振動周期は 1.3 秒前後となっており、木造にとって影響の大きい 1 秒を超える周期特性を有する。

今回の検討では、天守骨組の基本的な構造特性の把握を目的として、標準的な基盤波について表層地盤および天守台の振動特性の影響を考慮した立ち上げ波を入力地震動として採用した。今後、観測波（図-資 318 の右図）の他、後述するように建設地における想定地震動（以降、サイト波）を作成し、複数ケースについて検討を行う必要がある。

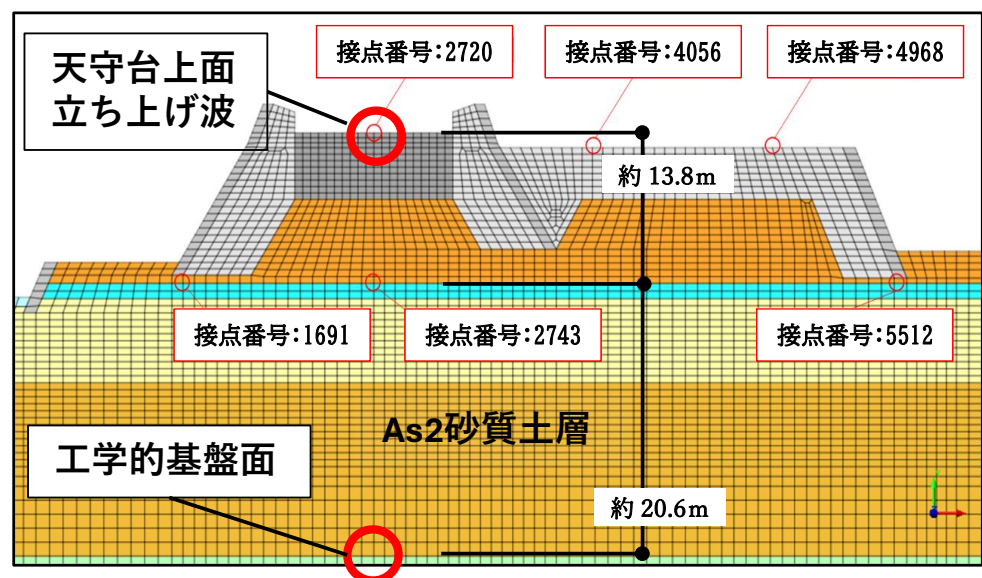


図-資 316 天守台基礎地盤モデル

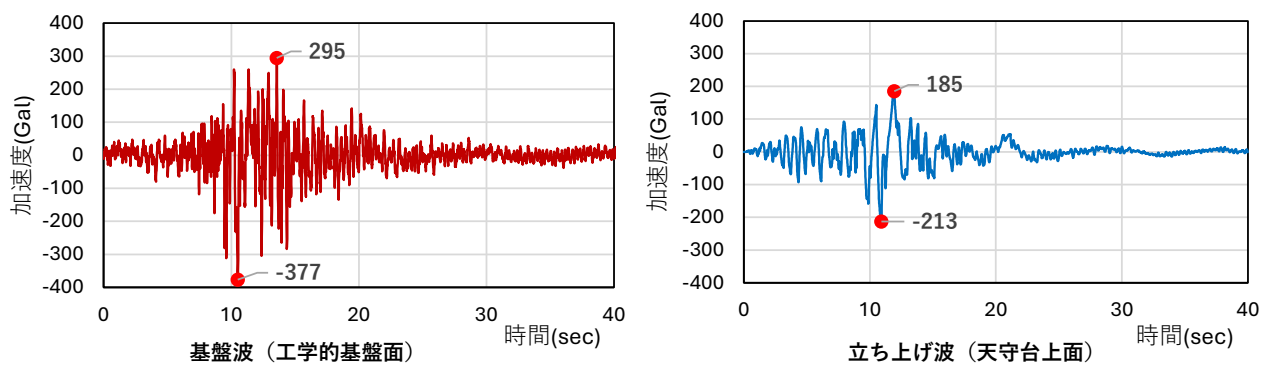


図-資 317 地震動波形（加速度）

⁵ 参考文献 5：石垣・基礎地盤解析等について（令和 6 年度第 4 回広島城天守の復元等に関する検討会議 資料 3 令和 7 年 2 月 6 日）

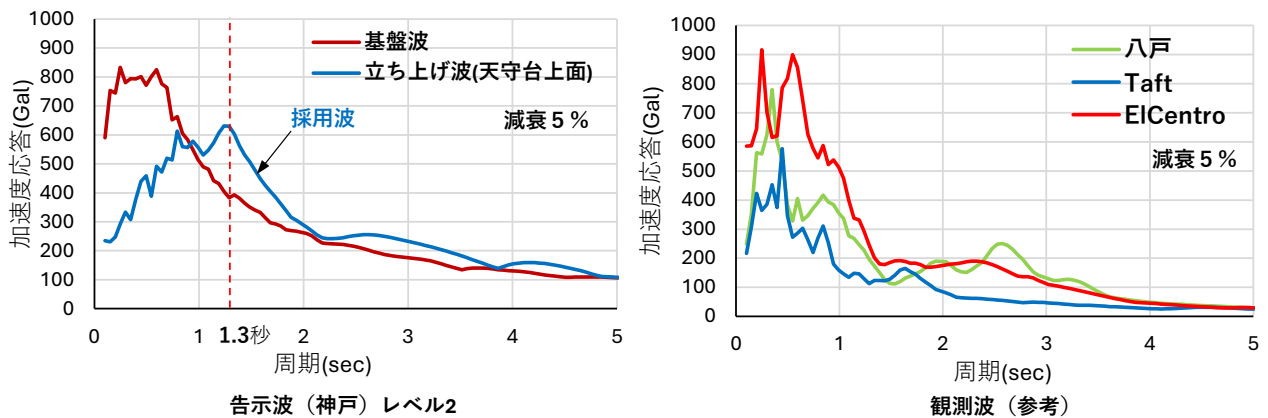


図-資 318 加速度応答スペクトル

(3) 解析結果

ア 周期特性と応答層せん断力係数

(ア) 周期特性

天守骨組の固有値解析の結果を表-資 45 及び図-資 319 に示す。また、前述の加速度応答スペクトルに天守骨組の1次及び2次固有周期を記入したものを図-資 320 に示す。1次固有周期は1.8~2.1秒程度、2次固有周期は0.8~0.9秒程度の範囲にあると想定される。液状化の影響も含めた天守台・地盤の周期特性に対して、高次モードの振動が励起される可能性があると考えられる。なお、大地震時には土壁の損壊により建物の周期が伸びることが想定されるが、1次モードで振動が増幅する可能性は低い。

(イ) 応答層せん断力係数

最大応答層せん断力係数を図-資 321 に示す。1階における地震力の大きさ（ベースシア係数）と、作用する地震力の高さ方向の分布を示す。ベースシアは0.12~0.14程度で、耐震規定の1次設計時の設計用標準せん断力係数0.2を下回り免震構造に近い値となった。層せん断力係数は上部ほど大きくなるが、5階では0.36~0.51となり、グラフ中に黒点線で示すAi分布（耐震規定）に準拠した値と比較して、上部で1.0~1.4倍程度大きくなる。剛性との兼ね合いもあるが、天守の重量分布が通常の建物と異なり上部に向かって漸減する影響と考えられる。

表-資 45 固有周期

次数	周期(s)		
	t300	t150	t000
1	1.771	2.109	4.155
2	1.746	2.076	3.820
3	1.085	1.389	3.479
4	0.797	0.926	1.751
5	0.779	0.880	1.734

- ・ t**は外周の塗籠壁厚 (mm) を示す。
- ・ 背景色は卓越する振動モードの別を示す。
(青: X方向(東西)、赤: Y方向(南北)、緑: 捻れ)

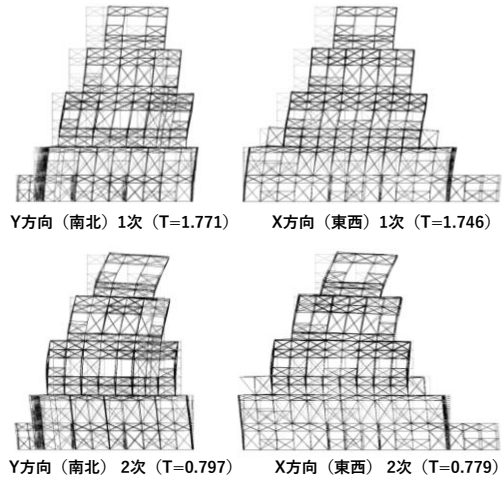


図-資 319 有効壁厚 300mm モデルの固有モード

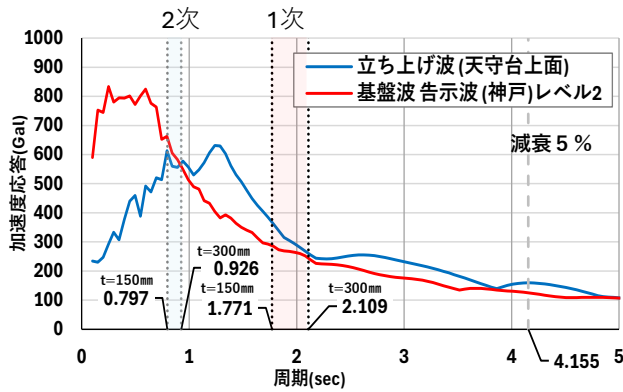


図-資 320 応答スペクトルと天守の固有周期

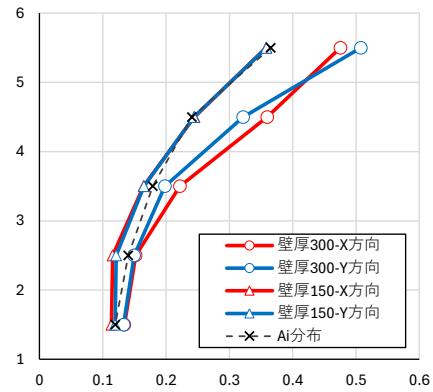


図-資 321 最大応答層せん断力係数
【復元原案】

イ 変形

(ア) 層間変形角

最大応答層間変形角を図-資 322 に示す。有効壁厚 300mm では各方向各階とも概ね目安とする 1/30 程度以内となっているが、有効壁厚 150mm では階高の高い3階及び4階で倒壊限界変形と言われる 1/15 を上回り、倒壊に至るオーダーとなった。

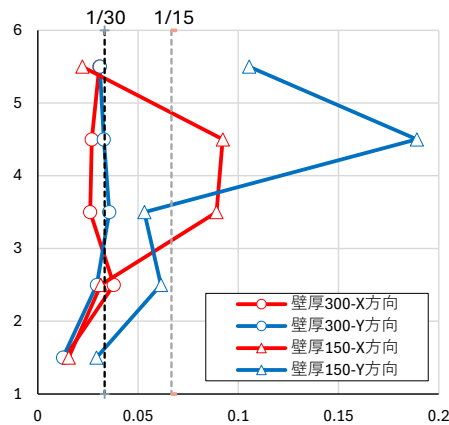


図-資 322 最大応答層間変形角【復元原案】

(イ) 柱の傾斜

柱の最大応答傾斜を図-資 323 に示す。横軸は柱の倒れ量を柱径で基準化した値、色違いの線は軸力に応じて異なる各階外柱の傾斜復元力を示す。線上の丸印は最大応答変形時をプロットしたものである。有効壁厚 300mm ではY方向（南北方向）の3階を除き各方向各階とも概ね目安とする柱径の 2/3 程度以内となっているが、有効壁厚 150mm では概ね柱径を超える倒れ量が生じており、鉛直荷重支持能力を失うオーダーとなった。

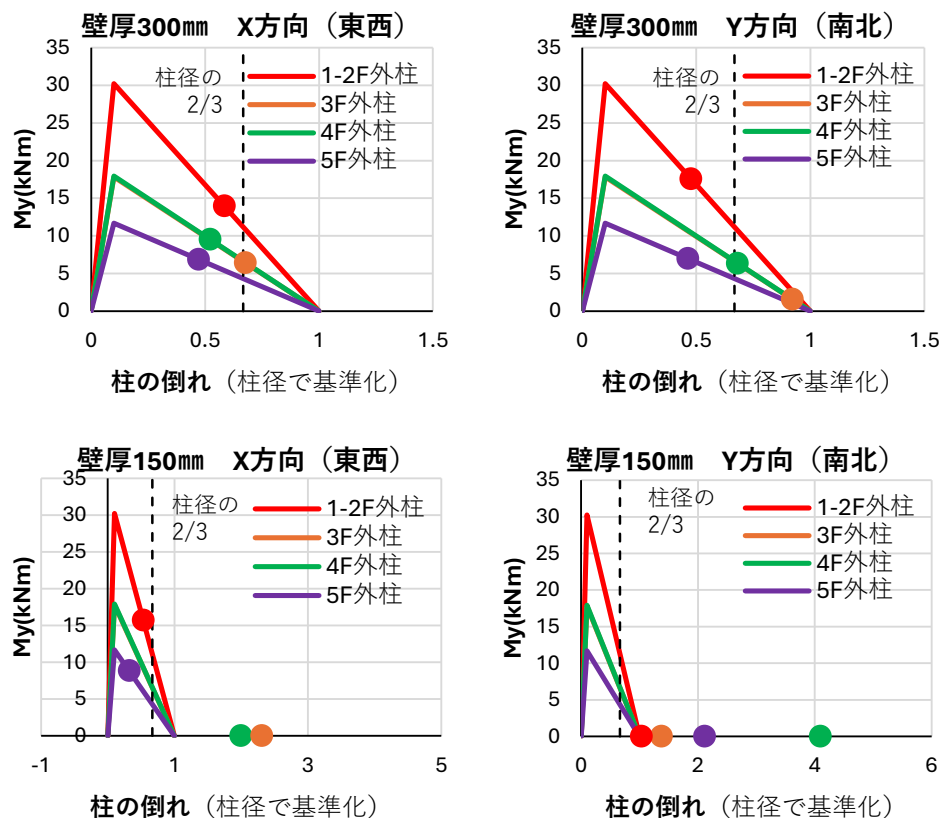


図-資 323 柱の最大応答傾斜【復元原案】
(柱径で基準化した傾斜復元力上に丸印でプロット) (rad)期

ウ 応力

(ア) 土壁のせん断力

有効壁厚 300mm のケースについて、1階、3階及び5階で最大応答せん断力の生じる壁を選び（1階は内部小壁、3階は塗籠壁、5階は真壁の外周小壁）、せん断応力度の時刻歴応答を図-資 324 に示す。各方向各階とも想定する終局強度（ $0.08\text{N}/\text{mm}^2$ ）を一部超過するものの（赤色で示す部分）前述のとおり層間変形角が 1/30 程度となった。有効壁厚 300mm のケースでは、崩落に至るような土壁のせん断破壊は生じないものと考えられる。

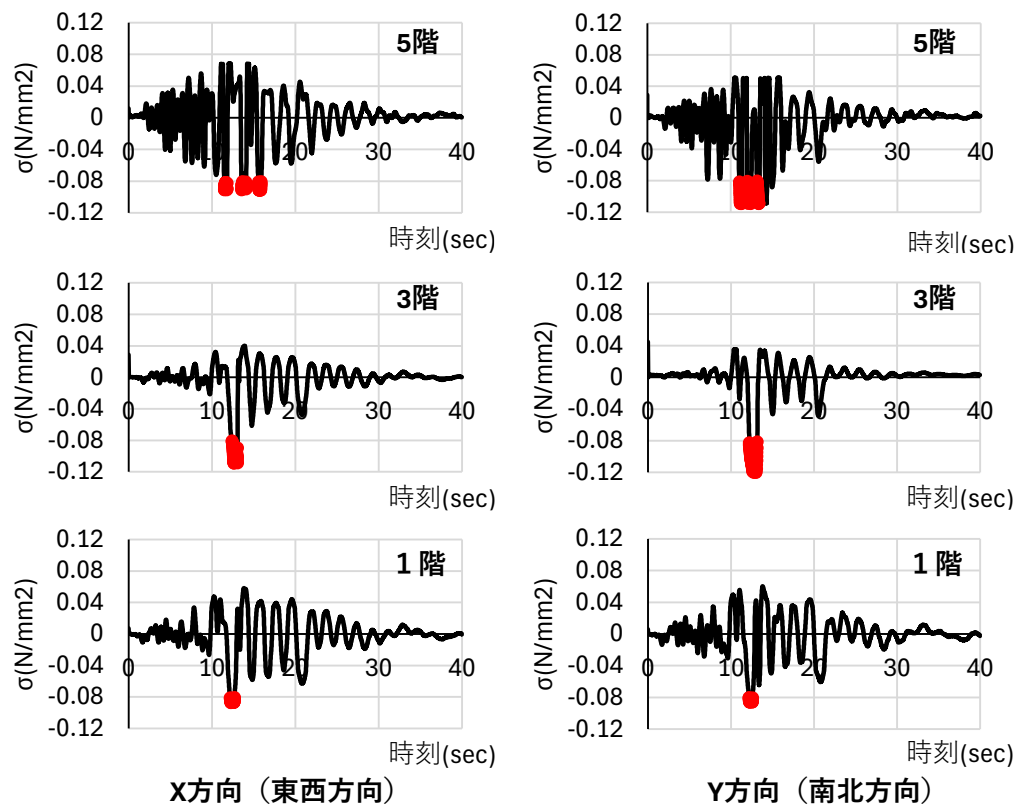


図-資 324 土壁せん断応力度の時刻歴応答（有効壁厚 300mm の場合）
終局強度（ $\sigma_u=0.08\text{N/mm}^2$ ）超の応答値に着色

(イ) 柱の曲げモーメント

有効壁厚 300mm のケースについて、1 階、3 階及び 5 階の南西隅柱の最大応答曲げ応力度の時刻歴応答を図-資 325 に示す。各方向各階とも想定する終局強度（ $25.2\text{N/mm}^2 \times 0.75$ ：ツガ材の曲げ基準強度 × 貫仕口の断面欠損率）の概ね範囲内となった。有効壁厚 300mm のケースでは、通し柱または小壁ラーメンを構成する柱の曲げ破壊は生じないものと考えられる。

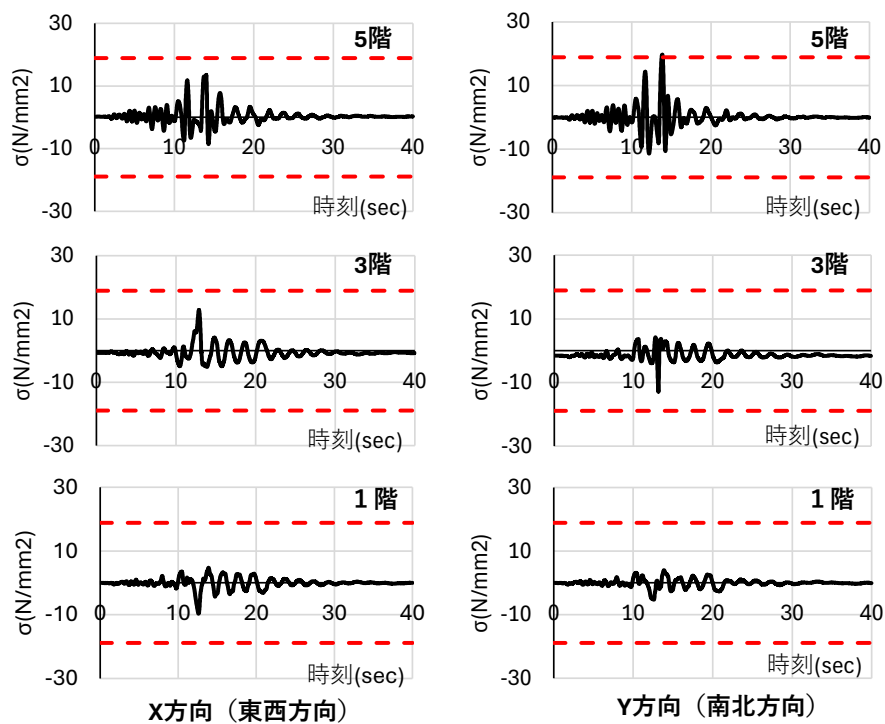


図-資 325 隅柱曲げ応力度の時刻歴応答（有効壁厚 300mm の場合）
柱の終局曲げ強度（ $\sigma_b=25.2\text{N/mm}^2 \times 0.75$ ）を図中の赤破線で示す

工 考察結果及び補強の効果

(ア) 考察結果

以上のとおり、広島城天守骨組の構造特性に影響の大きい土壁のせん断耐力に着目し、有効壁厚としてある幅を持たせた検討を行った。解析の結果は、実際の壁厚さ相当をそのまま考慮した有効壁厚 300mm のケースについては、変形、応力とも概ね目安とするオーダーに収まることが確認できた。しかし有効壁厚 150mm のケースについては、3階から5階において柱の鉛直荷重支持能力が失われ、土壁の崩壊も想定されるレベルの過大な変形量となることが認められた。

塗籠壁は土壁の厚さのなかに木造軸組がくい込み、大壁と真壁との中間的な構成となっている。その構造性能は壁厚と柱との重なり代に応じて有効壁厚 300~150mm の範囲にあるものと推定される。所要の構造性能を確保するために、復元原案に対して耐力要素を付加する等の対応が必要であることが想定される結果となった。土壁の復元仕様・構成を詳細に定めた上で、土壁と軸組とからなる架構実験を行い、その結果を反映する必要があると考えられる。

(イ) 補強の効果

構造性能を向上させるために付加すべき耐力要素の方法や数量の検討は、復元原案の性能評価の精度向上と合わせて行う必要がある。

今後の構造計画検討のため、ここでは広島城天守架構の特徴である床下（見え掛かりへの影響が少ない）に、耐力壁を仮に追加した場合の補強効果を示す。

補強壁は、5階の外周中央間床下と、3階及び4階の垂れ壁を有する内部軸組の柱間の床下にそれぞれ配置する。補強壁の仕様は有効壁厚 300mm の土壁と同等の性能を有すると仮定した。

図-資 326 に最大応答層間変形角を示す。比較

のため有効壁厚 150mm の補強前の値を破線で示す。有効壁厚 150mm の結果は、最大値は4階Y方向（南北方向）の 0.123 (1/8.1)、それ以外は 0.080 (1/12.5) 以内となった。

図-資 327 に柱の最大応答傾斜を示す。有効壁厚 300mm では概ね柱径の 2/3 程度以内の値となるが、有効壁厚 150mm では補強のない場合に比べて値は小さくなるものの、3階から5階で柱径を超える結果となった。なお、補強案は剛性への影響が僅かであるため応答せん断力はあまり変化せず、壁や柱応力の変化も若干であることを別途確認している。

変形の大きな3階、4階及び5階の床下の一部に耐力壁を追加した場合の試案について補強効果を検討したが、柱脚の固定度を上げる等の補強措置の必要性、または地震力を低減するための制震構造の検討などが示唆される結果となった。

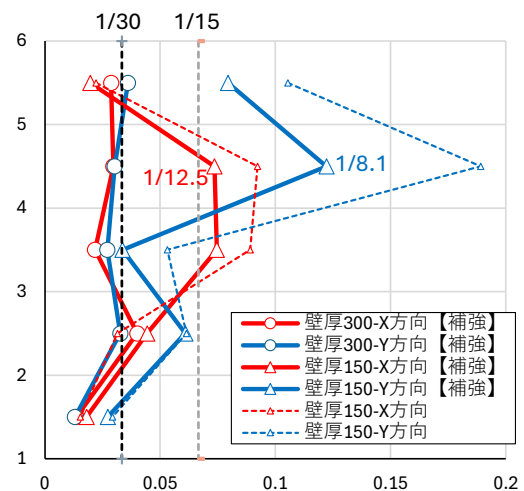


図-資 326 最大応答層間変形角
【床下補強】 (rad)

なお、前述したとおり、復元原案の固定荷重に占める土壁重量は建物全体の過半を占めており、構造計画における壁の取り扱いが耐震性能に大きく影響する。土壁を、現代の構造技術を適用して乾式仕上の土塗壁と組み合わせた高強度の耐力壁として構築することも、検討する必要があると考えられる。

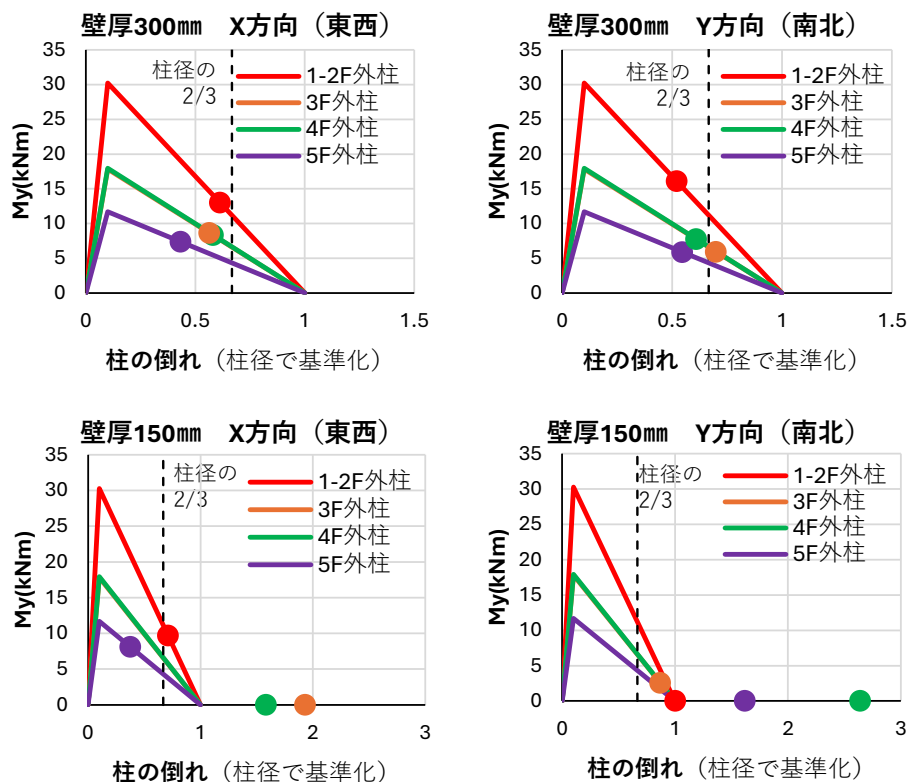


図-資 327 柱の最大応答傾斜【床下補強】
(柱径で基準化した傾斜復元力上に丸印でプロット)

(4) 建設地におけるサイト波

今回の検討においては、天守骨組の基本的な構造特性を把握することを目的に標準的な基盤波（告示波レベル2）を検討用入力地震動とした。今後の設計段階においてはサイト波を含む複数ケースについて検討を行う必要がある。サイト波として想定する地震の選定においては、周辺の地震環境、確率論的なハザード解析結果、特定行政庁の地震被害想定等を考慮して選定する必要がある。ここでは、地震・地震動ハザード評価の結果概要を参考に示した。

図-資 328 は地震・地震動ハザード評価結果（J-SHIS 2024 年版）より、想定される海溝型地震と活断層などの浅い地震の影響度を、工学的基盤上の最大速度との関係で示すものである。影響度とは、ある地点である値を超える地震動が生じる場合に、それがどこで発生した地震によってもたらされたものである可能性が高いかを示す指標で、影響度が大きい地震ほど重視すべき地震といえる。

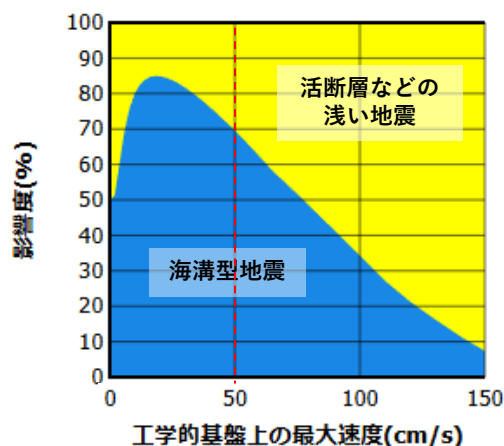


図-資 328 地震・ハザード評価
J-SHIS 2024 年版より

広島城の立地で想定される影響度の大きい地震を表-資 46 に示す。最大速度が 50cm/s（告示波レベル 2 程度）の場合、その地震は海溝型地震による可能性が高く、海溝型地震の中では震源を予め特定しにくいフィリピン海プレートの地震である可能性が高い。それに次いで南海トラフ地震である可能性が高い。活断層沿いの地震の中では、岩国-五日市断層帯の地震である可能性が高い。告示波レベル 2 を超えるような地震動レベルにおいては海溝型地震よりも活断層沿いの地震による可能性が高いという結果となった。

表-資 46 震度に応じた影響度の大きい地震

地震分類	順位	震度 6 弱以上		震度 6 強以上	
		地震グループ	影響度	地震グループ	影響度
海溝型地震	1	南海トラフ沿いで発生する地震	49.2%	フィリピン海プレートのプレート間およびプレート内の震源を予め特定しにくい地震	38.8%
	2	フィリピン海プレートのプレート間およびプレート内の震源を予め特定しにくい地震	29.9%	南海トラフ沿いで発生する大地震	21.3%
	3	日向灘のプレート間地震	0.0%	—	0.0%
活断層などの浅い地震	1	陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震	6.6%	岩国-五日市断層帯に発生する地震	22.8%
	2	岩国-五日市断層帯に発生する地震	6.2%	陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震	6.3%
	3	安芸灘断層帯に発生する地震	3.2%	広島湾-岩国沖断層帯に発生する地震	6.0%

(5) 天守の耐風性能

ア 風荷重の算定条件

暴風時に天守に作用する外力を建築基準法に準拠して算定した。検討用の基準風速を 1.25 倍に割り増し、極めて稀に発生する（再現期間 500 年相当）地震外力と比較した。表-資 47 に風圧力の算定条件を示す。検討高さHは、天守台高さを含め、堀底（水面-0.75m）から天守 5 階勾配屋根の平均高さまでの約 40m とした。検討用風圧力を算定する際の地表面粗度区分（建物の立地に関して都市化や周辺の障害物の程度によってその影響を考慮）はⅢとした（表-資 48 参照）。

表-資 47 風荷重の算定条件

H(m)	39.54	α	0.20
粗度区分	Ⅲ	Gf	2.11
V0(m/s)	32	Er	1.05
Zb(m)	5	q(N/m ²)	2209
ZG(m)	450	風速割増	1.25

表-資 48 地表面粗度区分

地表面粗度区分（告示 平 12 建告第 1454 号 第 1 の 2 項の表）	
I	極めて平坦で障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域
II	地表面粗度区分 I 若しくは地表面粗度区分 IV の区域以外の区域のうち、海岸線若しくは湖岸線 ^{※1} までの距離が 500 メートル以内の地域 ^{※2} 又は当該地域以外の区域のうち、極めて平坦で障害物が散在しているものとして特定行政庁が規則で定める区域
III	地表面粗度区分 I, II 又はIV以外の区域
IV	都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域

※1 対岸までの距離が 1,500 メートル以上のものに限る。以下同じ。

※2 建築物の高さが 13 メートル以下である場合又は当該海岸線もしくは湖岸線からの距離が 200 メートルを超え、且つ、建築物の高さが 31 メートル以下である場合を除く。

イ 地震力との比較

算定した風荷重と地震力との比較を図-資 329 に示す。図中の破線は地震時の時刻歴応答解析結果（有効壁厚 300mm のケース）の最大応答層せん断力を示すものである。算定した風荷重は地震力の約 0.7~0.9 倍で、天守に作用する水平力は地震力がやや優勢となった。

ただし、同規定に「局地的な地形や地物の影響により平均風速が割り増されるおそれのある場合においては、その影響を考慮しなければならない」とあるように、天守の立地が市街地とはいえ堀に囲まれ周辺建物まで距離がある点や、天守台を含めた特徴的な形態の影響について検討が必要と考えられる。天守と天守台及び周辺地形の模型を用いた風洞実験を行い、風力分布を時刻歴で把握し天守骨組の構造解析に反映する等が検討手法の 1 つとして挙げられる。

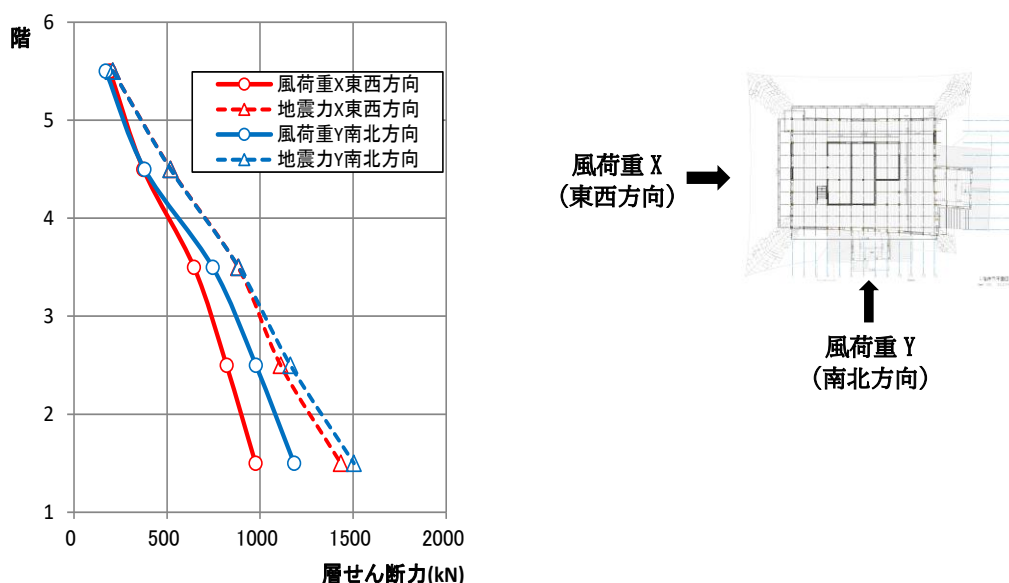


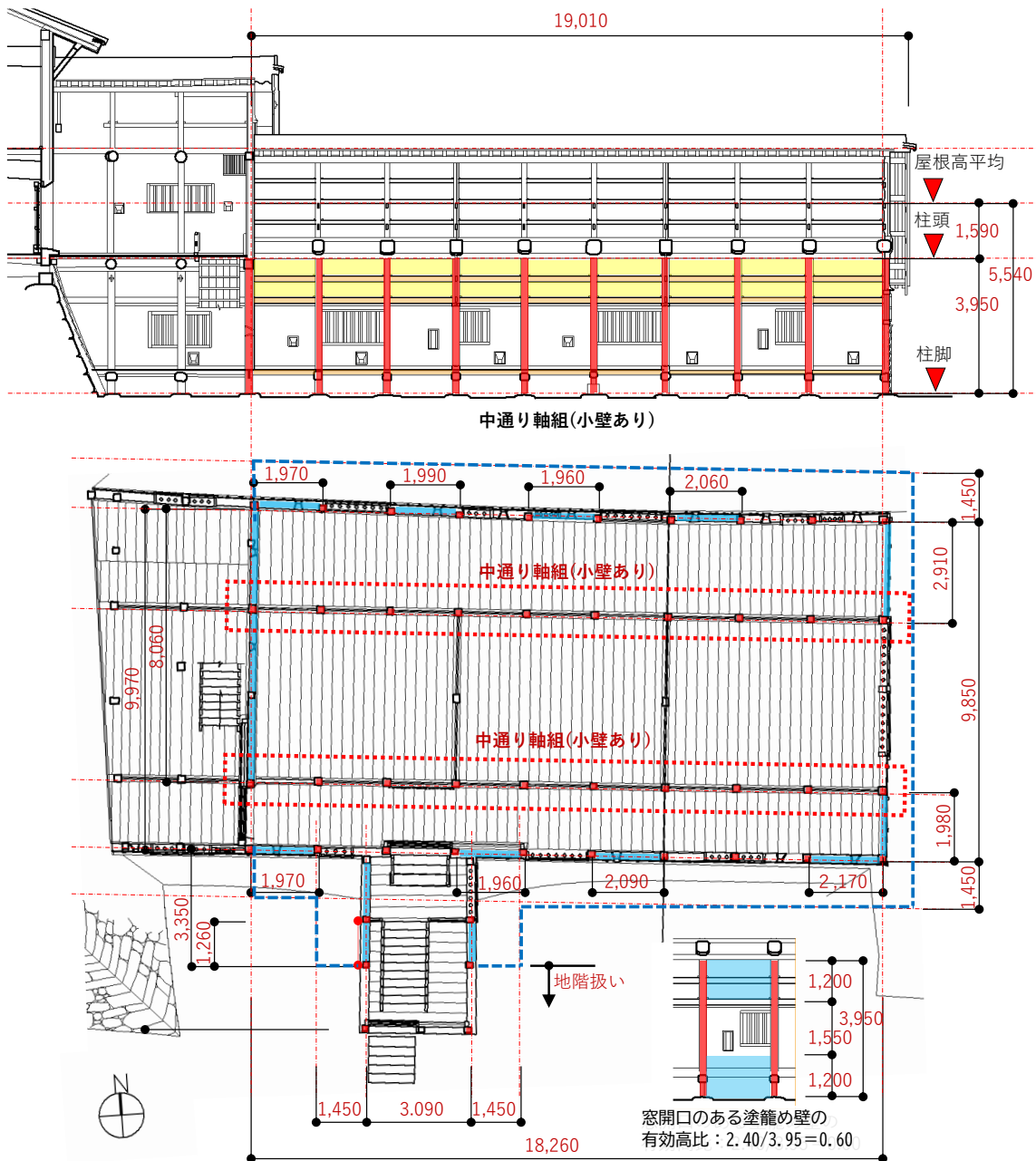
図-資 329 風荷重と地震力の比較

(6) 東廊下の構造検討

ア 耐力要素と保有水平耐力

東廊下は天守・東小天守と建築的に接続しているが、ここでは東廊下の 1 階範囲を独立した構造と仮定した場合の検討を行った。検討は軸組を構成する耐力要素（柱、貫、土壁、土小壁付き軸組等）を抽出し、地震力に対する保有水平耐力の確認を行う方法による。図-資 330 に東廊下の構造概要（規模・耐力要素配置）を示す。水平力に対し、柱の剛体回転により生じる柱傾斜復元力、土壁のせん断抵抗、及び桁行方向中通りの軸組については貫-柱仕口部でのめり込み抵抗を考慮した。開口のある塗籠壁についても、開口部を除く壁高さ比で全面壁耐力を低減し加算した。中通りの垂れ壁は板壁の可能性もあるが、ここでは厚 100mm の土壁と想定した。

主要な耐力要素である土壁の耐力は、図-資 331 に示すように天守の検討と同様の荷重変形関係を用い、図中赤線のバイリニア型に置換して適用した（有効壁厚 200mm の壁倍率が 7.5 倍相当）。



部材凡例

- : 中通り柱 (平均) : □205 mm × 205 mm
- : 中通り貫 : 50 mm × 150 mm (飛貫) 、 50 mm × 180 mm (内法貫、足固貫)
- : 中通り小壁 (壁厚 t = 100 mm)
- : 塗籠壁 (有効壁厚 t = 200 mm : 柱幅程度)

注記：記載寸法 (赤字) は図面資料からの読み取り値を 10 mm 単位で丸めたもので、構造検討上の概数値。

---印は屋根先端を示す。
(軒寸法は各所共通とした)

- ・床面積 : $A_f = (9.97 + 9.85) / 2 \times 18.26 + 3.09 \times 3.35 = 191.4 \text{ m}^2$ (外周塗籠壁範囲)
- ・屋根面積 : $A_r = (12.75 + 12.87) / 2 \times 19.01 + 5.78 \times 3.35 = 262.9 \text{ m}^2$
- ・塗籠壁長さ : $L_1 = 18.26 \times 2 + 9.97 + 9.85 + 3.35 \times 2 = 63.04 \text{ m}$
(うち全面壁長 X (東西) 方向 $L_x = 16.17 \text{ m}$ / Y (南北) 方向 $L_y = 17.56 \text{ m}$)
(うち腰垂壁長 $L_x' = 28.35 \text{ m}$ / $L_y' = 7.05 \text{ m}$)
- ・桁行中通り小壁長さ : $L_2 = 18.26 \times 2 = 36.52 \text{ m}$

図-資 330 東廊下の構造概要 (規模・耐力要素の配置)

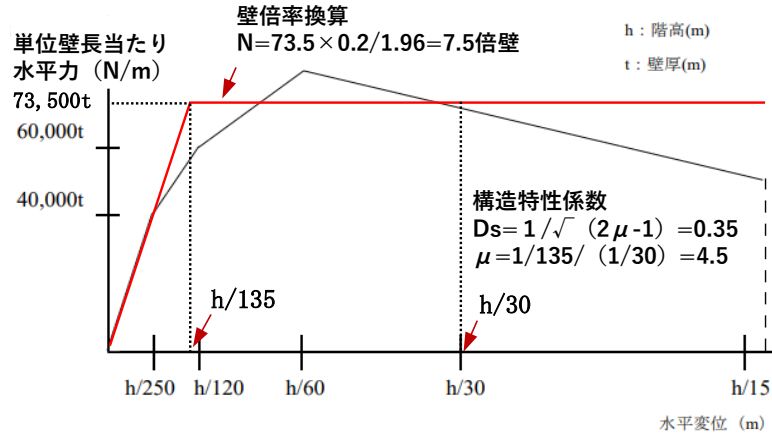


図-資 331 土壁のモデル化

以上より算定した保有水平耐力は、図-資 331 の層間変形角 1/30 時の値を採用した結果、次のとおりとなった。

- ・ 桁行方向： $Q_{ux} = 337\text{kN}$
- ・ 梁間方向： $Q_{uy} = 192\text{kN}$

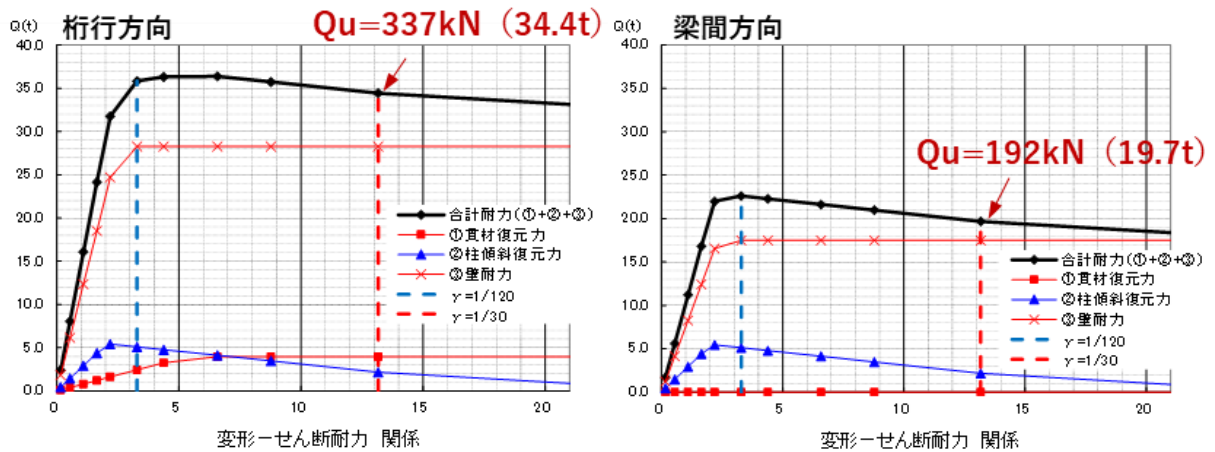


図-資 332 保有水平耐力（耐力要素の荷重-変形関係）

イ 地震力に対する保有水平耐力の確認

必要保有水平耐力は、建物重量、塑性率などから下記のとおり算定される。

$$Q_{un} = D_s \times F_{es} \times Q_{ud} = 0.35 \times 1.0 \times 1172 = 410\text{kN}$$

D_s ：架構の粘り強さに関係

図-資 332 に示すように塑性率 μ より 0.35 とした。（耐震規定では木造は 0.25～0.55 の範囲とされる）

F_{es} ：形状係数。整形につき 1.0

$$Q_{ud} = W \times Z \times R_t \times C_0 \text{ (平屋の場合)}$$

$$= 1302 \times 0.9 \times 1.0 \times 1.0 = 1172 \text{ kN}$$

W : 建物重量 (図-資 333 参照)

Z : 広島地域係数

R_t : 振動特性係数

C₀ : 標準せん断力係数

以上より、必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比は次のとおりとなった。

・ 桁行方向 : $Q_u / Q_{un} = 337 / 410 = 0.82 < 1.0$

・ 梁間方向 : $Q_u / Q_{un} = 192 / 410 = 0.46 < 1.0$

各方向とも、主要な耐力要素である土壁の有効壁厚を $t=200 \text{ mm}$ と想定した場合には耐力が不足し、屋根・壁の軽量化や構造要素を付加する等の対応が必要になると考えられる結果となった。

単位重量

- ・ 屋根 = 2.0 kN/m^2
(瓦, 葺土, 野地板, 垂木の屋根水平投影面積均)
 - ・ 小屋梁・軸組等 1.0 kN/m^2 (床面積均)
 - ・ 塗籠壁自重 = 8.0 kN/m
 18.0 (比重) $\times 0.25$ (厚) $\times 3.95$ (壁高) $\times 0.45$ (上半)
 - ・ 小壁自重 = 2.2 kN/m
 18 (比重) $\times 0.10$ (厚) $\times 1.2$
- 合計 W_e (地震時重量) = 1302 kN
 $= 2.0 \times 262.9 + 1.0 \times 191.4 + 8.0 \times 63.04 + 2.2 \times 36.52$
 床面積均し $w = 6.80 \text{ kN/m}^2$ (W_e / A_f)
 柱平均軸力 $N = 29.6 \text{ kN}$ ($W_e / 44$ 本)

図-資 333 建物重量の算定

11 仮設計画（木材の乾燥・保管・加工場所・運搬等を考慮した仮設計画）

(1) 木材の乾燥

城郭建築に用いる木材は基本的に立木を伐採した直後の丸太を製材して調達するため、含水率が高く、そのままでは使うことができない。特に大径木となる軸部材の調達を早期に行い、できるだけ木材に負担の少ない自然乾燥で含水率を下げる必要がある。期間内に含水率が下がらない木材については、低温乾燥機による機械乾燥を併用する。

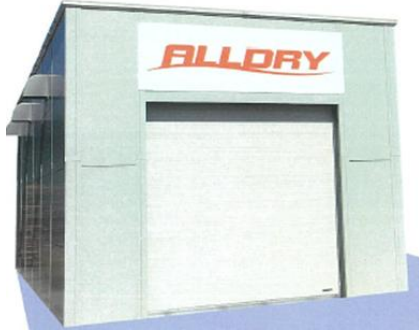


写真-資 27 低温乾燥機の例

(2) 木材の現地保管と加工場所

加工までの間、木材を平衡含水率まで下げるための保管庫が現場に必要である。天守群全てを木造復元する場合、約 1,400 m³の木材が必要であることを考慮すると、組立手順や工期にもよるが、概ね 2,800 m³の木材保管庫と 1,400 m³の木材加工場が必要である。文化財保存やスペース上の問題を考慮すると、配置場所としては、周辺の北外郭や堀底が考えられる。

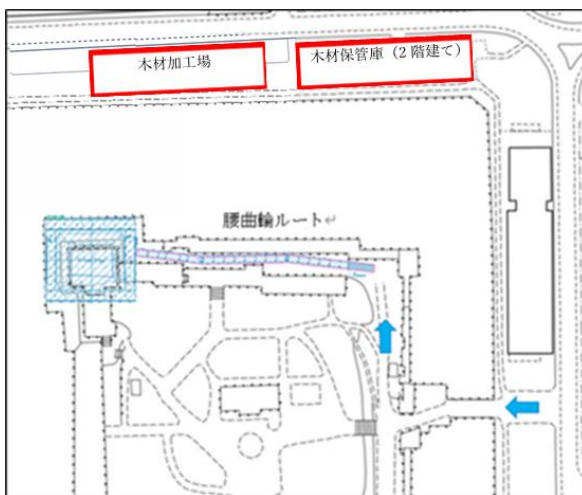


図-資 334 腰曲輪ルートにおける配置案

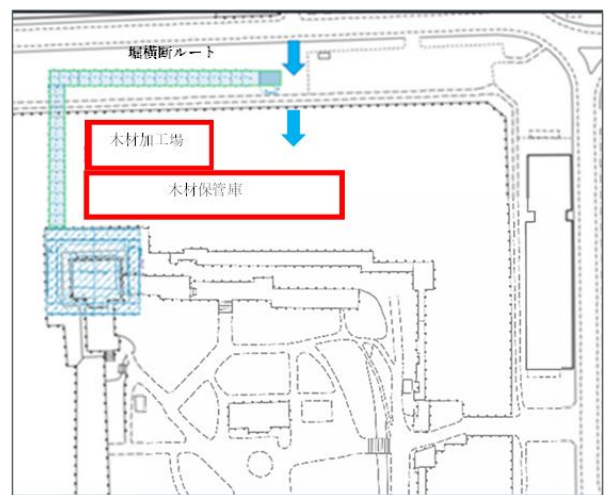


図-資 335 堀横断ルートにおける配置



写真-資 28 木材保管庫のイメージ

12 工程等の検討

工程等の検討は、効率化を計るため搬入可能な揚重機により検討した。各ルートによる揚重機の大きさは次のとおりで、ここではより大きい揚重機のサイズを示した。

- ・腰曲輪ルート：60t ラフタークレーンを使用。本編図 21 参照
- ・堀横断ルート：120t クローラークレーンを使用。図-資 337 参照

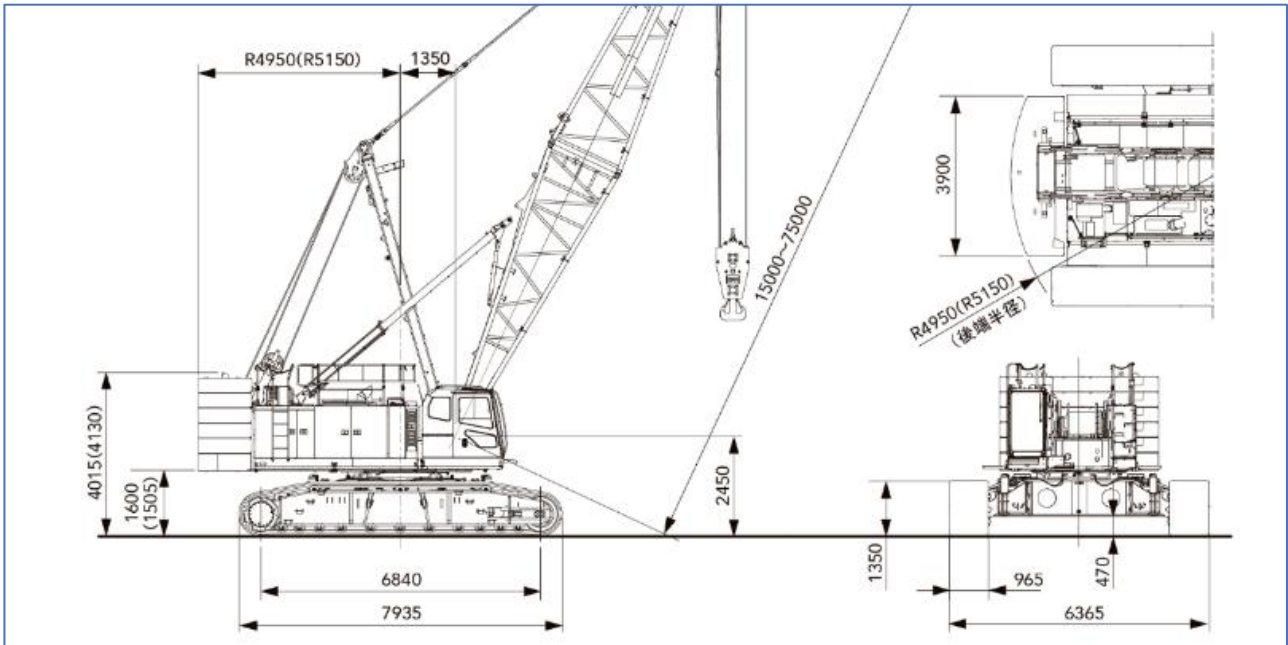


図-資 336 120t クローラークレーンの大きさ (mm)

13 伝統技能技術者の抽出

天守群の復元に当たっては、伝統工法の施工技術や技能が必要であるため、必要な職種等を抽出した。

文化財保護法では、伝統的な文化財の保存技術のうち、保存の措置を講ずる必要のあるものを「選定保存技術」として選定し、その保持者や保存団体を認定する制度を設けている。建造物分野では、建造物木工、屋根葺、鋳金具、漆・彩色、屋根本瓦葺、左官（日本壁）等が選定されており、各技術の保存団体や天守群復元での対象工事は次のとおりである。

表-資 49 選定保存技術

職 種	選定技術保存団体	対象工事
建造物木工	(一社) 日本伝統建築技術保存会	木工事
屋根葺	(公社) 全国社寺等屋根工事技術保存会	土居葺
左官	(一社) 全国文化財壁技術保存会	土壁 漆喰壁
屋根瓦葺	(一社) 全国文化財壁技術保存会	本瓦葺
建造物装飾	(一社) 社寺建造物美術保存技術協会	鋳金具 鉄金具 塗装