

特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 天守閣部会（第16回）

議事録

- 日時 平成31年2月14日（木）13:30～16:30
場所 名古屋城能楽堂 会議室
出席者 構成員
瀬口 哲夫 名古屋市立大学名誉教授 座長
小野 徹郎 名古屋工業大学名誉教授 副座長
川地 正数 川地建築設計室主宰
西形 達明 関西大学名誉教授
麓 和善 名古屋工業大学大学院教授
古阪 秀三 立命館大学客員教授
三浦 正幸 広島大学名誉教授
- オブザーバー
洲崎 和宏 愛知県教育委員会生涯学習課文化財保護室室長補佐
- 事務局
観光文化交流局名古屋城総合事務所
教育委員会生涯学習部文化財保護室
住宅都市局営繕部
- 株式会社竹中工務店
安井建築設計事務所
- 報告 現天守閣の解体について
- 議題
- ・第15回天守閣部会における主な指摘事項と対応状況について
 - ・構造実験について
 - ・橋台の剣堀について
- 配布資料 特別史跡名古屋城跡全体整備検討会議 天守閣部会（第16回）資料

事務局	<p>1 あいさつ</p> <p>2 開会</p> <p>3 構成員、オブザーバー、事務局の紹介</p> <p>4 本日の会議内容</p> <p>資料の確認をいたします。会議次第、A4が1枚。座席表、A4が1枚。会議資料として、現天守閣の解体について資料1、A4が1枚を含むA3が1冊。第15回天守閣部会における主な指摘事項と対応状況について資料2、A4が1枚。構造実験について、および橋台の剣堀について資料3・4併せてA3が1冊。以上です。</p> <p>議事に入る前に、事務局より1点ご報告をいたします。</p>
	<p>5 報告</p> <p>現天守閣の解体について</p>
事務局	<p>現在進めている天守閣整備事業の木造復元の現状変更許可については、もともとの計画では昨年10月の文化審議会で、11月に現状変更許可を取得する計画で進めてきました。ですが、11月の現状変更許可取得には至りませんでした。これまでの計画では、現天守閣の解体と木造天守閣の復元について、一度に現状変更許可をいただく予定で進めてきました。しかし、本市としては、現天守閣の耐震性が極めて低く危険であるため、速やかに解体したいと考えています。こうした耐震性の低さや建物の老朽化に対応するため、今年度5月の文化審議会で、現天守閣を早期に解体できるように、河村市長から文化庁へ申し入れを行いました。文化庁からは、現天守閣の解体にあたっては、石垣にダメージを与えないことが必要、その点について十分に説明する資料が提出されたら検討する、というコメントをいただきました。本市としては、5月に解体を認めていただいたうえで速やかに解体し、並行して復元の許可が得られるよう努めていきたいと考えています。解体に引き続いて、復元していけるよう努力していきますので、よろしく願いいたします。</p> <p>文化庁からのコメントにあった解体工事が石垣に与える影響については、これまでも検討してきました。これまでの検討状況についてご説明いたします。</p> <p>資料1からご説明いたします。現天守閣の解体を先行して行いたいということの計画です。まず1枚目の左上、水色で塗ってある部分について、1階までを先行して解体していくことを予定しています。それがステップ1です。ステップ2では、天守台の部分、跳ねだしという形で片持ちスラブ、あるいは梁が天守台にはのっていませんけれども、その部分の上部に位置する部分について撤去します。穴蔵部分については、石垣に接する部分もあるということで、その部分を残したかたちで今回は解体を進めていきたいと考えています。この絵の右下にある外部足場のイメージということで、当初、解体から復元に向けて一体で許可をとつ</p>

てということを予定していた中で、素屋根をかけて解体から復元まで行うことを予定していました。今回解体を先行して行うということで、解体用の足場を設置し、解体を進めていく予定です。解体の手順は以上です。

続いて次のページ、A4 縦 1 枚についてご説明いたします。それ以降、A3 が 5 枚ほどありますが、解体工事に伴う石垣への影響ということで、仮設物を設置することで、地場に荷重がかかりますので、それによる石垣への影響、現天守を解体することによって、かなり重量のある構造物を撤去するかたちになります。その部分を撤去することにより、地盤が持ち上がる、今まで荷重がかかっていたものがなくなるので、反対に持ち上がっていくことが想定されます。そのことによる石垣への影響、実際の工事のやり方、振動、通常の解体工事だと、かなり振動が出ることもあります。そういったところをどういうふうにするかということ、A3 の資料の中で検討をしています。この資料については、昨年 7 月に天守閣部会を開催しました時に、ご説明しました内容と同様のものです。今回は、解体工事をを行ううえでの石垣への影響ということで、A4 の 1 枚に概要をまとめました。その部分について、ご説明いたします。

まず 1 番として、仮設建築物による石垣への影響です。基本的に仮設建築物は、掘削を行わない布基礎、置き基礎で設置します。地盤への影響が、やはり荷重があるので、できるだけ分散させるような工法をとっていきたいということです。内堀については、その部分に仮設ののっかるということで、通常の地盤よりはかなり高さが高くなるので、荷重も重くなるということもあります。遺構および石垣への影響をできるだけ少なくするために、前回ご説明いたしました軽量盛土で埋めて、その上に仮設をのせることを考えています。それによって荷重が分散されて、できるだけ影響の少ない方法ということで、石垣への影響としては、仮設建築物の設置に伴う石垣の根入れ部分の沈下として、およそ 4.7mm、変形勾配は 1000 分の 0.6 で、石垣のはらみ出しの警戒値は高さ 10m あたり 60cm、100 分の 6 に対して、比較して、数値的にはかなり小さな結果が出ています。

続いて 2 番、解体による石垣への影響です。現天守閣を解体することによって、建物の荷重が 12,000ton、それが荷重がなくなる、除荷されることとなります。天守閣の下にケーソンが入っていますが、ケーソン部分においておよそ 7cm 持ち上がる。ケーソンの外部について 2cm くらい。さらに中心から離れるので、石垣の上端部分に付いて約 1mm のリバウンドで持ち上がるのが、結果として出ています。これについても、石垣への影響については小さい数値であるのではないかと考えています。

3 つ目は、工事の振動等による石垣への影響についてです。実際に工事を行う時に、通常の建物の解体で叩いて壊す方法なのか、やっているところでもあります。今回は石垣の上での解体工事ですので、解体材が落下して石垣や遺構を毀損しないようにするという事は、当然あります。それプラス石垣への影響を、振動をできるだけ抑える切断工法ですね、ダイヤモンドカットで切断して、切断したブロックを外へ出して、別の場所で細かく砕く方法をとります。通常のブレーカーを使った解体工法と比較して、石垣への影響ができるだけ小さい工法をとっていくことを考えています。

上記の 3 つについて検討したところ、石垣への影響は非常に小さいと

	<p>考えられますが、現在割れている築石やはらみ出し部分があり、石垣への影響はゼロではありません。そういったところを、石垣をモニタリング監視し、常時対応できるような体制を整えて、変状が発生した場合には必要な対応をとっていく、ということ常に行っていく必要があるのではないかと考えています。一番下にモニタリングと書いてありますが、モニタリングをどういうふうに行っていくかについても、有識者から意見を伺って具体的な計画をたてていきます。あわせて、石垣の変動、地質変動によって動きがあると思います。そういったバイオリズムを事前に把握することによって、実際に工事を行う時点において、変状の発生などに対する目安にしていきたいと考えています。また壊れている石、はらみ出し部分などがあり、心配しなければいけない所については継続対象を増やすなどして、影響を最も受けるものということで、特に注意して監視をしていきたいと考えています。</p> <p>今回、文化庁から石垣にダメージを与えない工法、計画ということで、資料を整えて文化庁へ提出していきます。考え方としては、今日お示した考え方で進めていきたいと思っています。今後さらに、引き続いて資料を整え、天守閣部会、石垣部会ともにお示し、ご意見を伺って、文化庁へ提出していきたいと考えています。</p> <p>ご質問などがあれば、お願いします。</p>
小野副座長	<p>解体イメージ図の右下の、足場のイメージですが、もともとは資料1にあるようなものを造って、ワイヤーをかけてやるという話で進んでいたと思います。この新たな足場が、石垣に直接もたせかけるような架構になっているのかな。ここにかかる重量は、そんなに大きくないのですか。</p>
事務局	<p>今挙げている足場というのは、実際に荷重は下へ、地盤のところで支えて、倒れる荷重を支えているので、石垣への影響は小さいと思います。</p> <p>現在、石垣調査で天守閣に足場をかけて、ほぼばれる状態にあります。現在まで足場をかけて、石垣の調査をしていました。それとほぼ同様のかたちで、ビディ足場をかけていきたいと考えています。</p>
小野副座長	<p>下までいくのか、少し疑問があるけども。この足場自体に、そんなに大きな荷重がかかるようなかたちにならないように、やってほしいです。</p> <p>それと解体に伴って、この図の中に大型のクレーンが描いてあります。これの下にも、何か板等される予定ですか。ある程度、反力をとる必要があるだろうなど。きちんと考慮してやっていただきたいなと思います。</p>
事務局	<p>特に地盤に対する影響は気をつけなければいけないところですので、場合によって鉄板を敷いて圧力を分散させる工法でやっていきます。</p>
西形構成員	<p>お聞きしたいです。この解析というのは、地盤全体のトータルとしての解析がされていますが、石垣が局所的に、非常に変形している、部分的に不安定であるということも考慮して、石垣構造物そのものの安定性の評価というのは、別途やる必要があると、常々思っています。それをぜひ。石垣そのものの安定性、全体的な評価は難しいですけども。</p>

	<p>いわゆる一次近似というかたちで、どのへんが一番危ない状態にあるのかという把握を、やっておくべきだろうと思います。その結果が出た時点で、この部分が安定性にかけるということになった時に、工事は例えば盛土する、モニタリングするというのは、全体的に一樣にやるという話だと思いますけども。危ないところには、何だかの特別な対応が必要になってくる。もちろんモニタリングで、やればいいのかもしれませんが、今の盛土をする。これを一樣に堀の高さまでというか、対岸の高さまでやることで、本当に危ないといっていたところが十分かどうか、ということが気になります。今天守台側はかなり露出しているわけですね、石垣が。この部分に変形している部分がある。その中で、工事はもちろん十分安全にやられると思いますけども。その部分も露出していますが、本当に大丈夫かという検討をやる必要があると思います。このへんの対策が、埋め戻し等だけで十分なのかどうかというところへんも少し検討していただきたいです。</p>
事務局	<p>先生からの一次検討ということに対して、我々のほうで今進めようと思っています。それを踏まえうえて、先生が言われた危険な部分があれば、その部分についての対策、工事中のモニタリングも箇所を増やして検討していきたいと思います。</p>
川地構成員	<p>2点、質問をいたします。ひとつは、解体に際する周辺環境への配慮の点。もうひとつは工程、素屋根と解体工事が逆転している中で工程がどうなるか、という2点を確認したいです。先ほどもお話がありましたように、解体工事は、当初は素屋根の中でやるということで、周辺に対する配慮は十分対応できると思っていました。しかし素屋根のない中で行われるので、本丸御殿の見学者も含めて、周辺にいっぱい人がいる中で、環境への配慮、音の問題、塵埃の問題等を含めて、どういう特殊な解体工事が行われるのか。例えば最近話題になっているのは、超高層ビルの解体技術で、解体する階のみを仮囲いして上階から一層ずつ「ダルマ落とし」の様に解体する方法があり、竹中さんも大阪でおやりになっているはずですが。そういうかたちで環境に配慮するということもあると思います。どうにかたちで、解体工事関係に対して配慮されたのかということ。もうひとつは、先ほど言いました素屋根と解体工事が反転していますよね。以前の工程を見ると、解体工事が終わると2か月くらいで、すぐ本体の着工。解体工事と本体工事がクリティカルになっているわけですが。そこに素屋根が、半年かそこらかかる中で、本体工事の中で吸収するということだと思いますけども。そのあたりのことを、ご説明をお願いします。</p>
事務局	<p>解体の工法については、先ほどご説明しましたように、1階より上の部分については切断工法で、ワイヤーソーイング工法というものを使っていきたいと思っています。極力音、振動、埃も出ないという工法を選択していきたいと考えています。ただ今後、穴蔵部分について、既設の構造体を解体するうえで、できるだけ切断工法をとっていききたいところではありますが、石垣と接している部分について、その工法がとれない部分があります。その部分については、破碎というかたちで、より丁寧なやっつけていかなければいけないと思います。そういった工法をとっていきます。ただ、先生がお話された、もともと素屋根を建てて解体から復元ま</p>

	<p>でやっていくということで、素屋根を建てることで解体の音や埃などが防げるということも、当然あったと思います。今回、足場を設置して解体するということですが、イメージ的にはよく街中で解体する時に、足場に防音パネルを設置して解体していくことで、音を防ぐ。埃などもできるだけ出ない方法でやっていきたいと思っています。これも同じような方法で進められれば。そのあたりは、竹中工務店さんとできるだけ影響のない、観光客の方もいらっしゃると思いますので、そういったところにも影響がないという前提で工事を進めなければいけないと思っています。</p> <p>今、工程の話がありました。当初、素屋根を建てて、解体をして、その後石垣、穴蔵部分の調査をして復元工事を行っていく工程でした。今回、耐震性がないということで、できるだけ早く解体をしたいという考えを持っていますので、まず、1階より上の部分だけを解体していきます。穴蔵部分については、解体にあわせて石垣を調査しなければいけないということが、おそらく発生してきます。それについてはより慎重に、石垣に影響を与えない解体と調査を並行していくことを考えていかなければいけないということがあります。その部分についての工程は、もともとの想定とはやりくりが必要かと思っています。慎重に、竹中工務店さんと工程の話を詰めながら進めていきたいと思っています。</p>
事務局	<p>そのほかはありませんでしょうか。</p> <p>それでは議事に移りたいと思います。本日の会議の内容ですが、第15回天守閣部会における主な指摘事項と対応状況について、をはじめ3件についてご意見をいただきたいと考えています。ここからの進行については、瀬口座長に一任いたします。よろしくをお願いします。</p>
	<p>6 議事</p> <p>(1) 第15回天守閣部会における主な指摘事項と対応状況について</p>
瀬口座長	<p>最初に、第15回天守閣部会における主な指摘事項と対応状況についてです。説明をお願いします。</p>
事務局	<p>資料2をご覧ください。1番上の段です。前回の部会で、全体工程を考えると、石垣の安定性の評価や地震時の安全性等の工学的な内容については、天守本体の復元の検討や石垣の調査と並行して、天守閣部会として検討を進めたほうがいいのか、というご意見をいただきました。先ほども西形先生からご指摘がありましたが、安全性等の評価で工学的な調査の必要性は、強く認識しています。そういった検討を、どういった体制で進めていくか。石垣部会で行うのか、あるいは天守閣部会で行うのか。体制の問題については、前回の天守閣部会でご意見をいただき、石垣部会にもご相談をさせていただく必要があるかと思っています。ご相談させていただいたうえで、今回ではなくて、機会を改めてご報告させていただきたいと考えています。</p>
竹中工務店	<p>2つ目以降をご説明いたします。金鯱についてです。2段目は、金鯱の復元原案について、三浦先生からのご指摘です。金鯱を復元するのであれば、金の品位は天守の復元年代として設定した宝暦以後にあわせる</p>

	<p>べき。また創建時も慶長小判ではなく、慶長大判から作られたという記録にあわせて16金とするべきで、宝暦以後なら改鑄後であるので、16金からさらに品位を落としたものとするべき。極力史実にあわせて解釈をしてほしい、ということでした。今後、復元原案として、再度検証した資料を提示する予定です。</p> <p>3段目は、金鯨の復元案についてです。前回の部会では復元案として、新たに木の下地で作るA案、青銅として復元を作るB案の2つの案を提示しました。これに対して、現天守の屋根にある金鯨を再利用したほうが良いというご意見がありました。再利用と新たに作る場合、両方について先生方からいろいろなご意見をいただきました。それを指摘事項の欄に、先生方のお名前ごとに記載しています。最後の3行の瀬口先生のまとめのコメントを読み上げます。金鯨については、新規に復元するのではなく、現天守閣の青銅製の鯨の再利用をまず検討してほしい。その可否の検討とは別に、復元案を再度部会で検討したい、ということでした。復元案として、今後、現天守閣の金鯨を利用するのか、復元するのか、慎重に方針を検討していきます。</p>
瀬口座長	<p>私の発言はまとめであって、私個人の意見ではないです。そのところは、まず検討してほしいという意見が多かった、というふうにまとめたんですね。私がそうだということではないので、どういうふうに書いたらいいのでしょうか。今、まとめとして、と言われたので、いいと思いますけども。この文章だと、私の主張みたいに思われるので。態度を表明していませんので。</p> <p>以上、報告がありましたけど、どうでしょうか。特になければ、次にいきましょうか。それでは次の資料3、構造実験について、説明をお願いします。</p>
	(2) 構造実験について
竹中工務店	<p>1年前に開催いたしました第8回天守閣部会でご説明しました実験計画に基づき、構造実験を実施しました。画面の右側の表は、継手・仕口について、第8回天守閣部会で実験対象とした主な箇所については、この形式をご確認していただいた内容の一部になります。構造実験は、木造復元天守の主な構造要素の強度、変形性能等の構造性能を把握するため、実大サイズの試験体を製作して実施しました。すべての実験は、千葉県印西市にある弊社の技術研究所で実施しました。実験結果については、今後も詳細な分析をさらに進め、その結果を反映した構造計算により詳細設計を進めていく予定です。本日のご報告は、一通り完了した構造実験の概要のご説明、第12回天守閣部会でお示した天守の目標とする構造性能、これに対応する層間変形角、1次設計での120分の1、2次設計での30分の1に達した際の、仕口や土壁の状況を確認し、基本設定時に想定した状況との対応について確認した内容をご説明いたします。復元案、木造復元天守全体での構造補強等の詳細については、今後の実験結果の分析をふまえた詳細設計の結果に基づき、仕様を検討していきます。</p> <p>構造実験を行った主な構造要素は、大きく3項目です。まず継手・仕口、2点目として壁、3点目として床となります。昨年4月に仕口、昨年5月の末に土壁の実験を公開し、一部、先生方にもご確認していただ</p>

きました。実験全体としては、昨年の末まで引き続き実施してきました。それぞれの実験について、順にご説明いたします。

まず継手・仕口実験です。前回の天守閣部会、一部繰り返しになりますけども、実験対象は、竿車知継、柄差鼻栓打ち、短柄差、目違いのある鎌継、貫接合部です。試験体の部材寸法は、天守の中でも個所数の多い寸法を中心に設定しています。試験体には、基準強度が低い樹種ということでベイヒバ、ヒノキを使用しました。試験体を加工する前に、使用する部材すべてについて材料のヤング係数を非破壊試験をして測定しています。使用した材料の物性と実験で得られた結果を関連づけて、実験結果を詳細に分析していく予定です。実験方法は、竿車知継、貫接合部、こちら十字型の試験体として、梁の両端部および、柱の下端をピンで支持し、柱の上端を水平方向へ加力する方法をとっています。柄差鼻栓打ちは、梁を縦、柱を横に寝かしており、短柄差は柱をそのまま縦方向に設置しています。縦方向に設置した部材の上端を水平方向へ加力しました。短柄差については、PC 鋼棒を用いて柱に軸力を作用させ、柱へのP-Δ効果や傾斜復元力を再現しました。目違いのある鎌継では、継手部分を中央に配置し、鉛直方向へ加力しました。目標とする構造性能は、先ほどお示した2次設計時で層間変形角30分の1を設定していますが、実験ではそれをさらに上回る10分の1に達するまで加力を行い、試験体がどう壊れるかというところの確認まで行いました。

継手・仕口の実験結果の概要のご説明に移ります。3ページになります。代表的な実験結果の1例として、竿車知継の実験結果です。ほかの形状もあわせて確認された実験結果の大きな傾向として、1次設計で想定している層間変形角120分の1では、木材のめり込み降伏による剛性の低下は見られませんでした。次に2次設計時に想定した層間変形角30分の1までいくと、一部の試験体で木材のめり込み降伏により剛性が低下することが確認されましたが、耐力の低下は見られず、伝統木造の仕口特有の粘り強い性状が確認できました。しかし、それをさらに上回る層間変形角10分の1までいくと、一部の試験体で割れや、鼻栓が折れたり、そういったところで耐力が低下する状況も一部で見られました。これらのことから、1次設計、2次設計で必要とされる安全性に対し、設定した層間変形角と仕口の損傷状況の対応に問題ないことが確認できました。画面には柄差鼻栓打ち、貫接合部の実験結果の一例を示しています。実験結果の大まかな傾向としては、先ほどの説明と大きな違いはありませんでしたが、基本設計時では、それぞれの継手・仕口に対して類似する既往の研究から、その性能をグラフ中に点線で示していますが、想定して基本設計時の構造解析は行ってきました。一部の試験体、例えば下に示している貫接合部のように、既往の研究による想定と少し異なる結果も、実験で得られています。そのため基本設計時に想定した構造解析、構造計画は、今後の詳細設計で見直す可能性があります。こちらは今後、検討していきます。

4ページをご覧ください。続いて壁の実験について、ご説明いたします。第6回の天守閣部会でお示したように外周通りの外壁については、一番外周に土壁、その内側が中込厚板で構成されています。入側通りの壁には縦羽目板壁が、和釘で留付けられています。壁実験の対象は、この3種類としています。中込厚板にはケヤキを、縦羽目板壁にはヒノキを用い、1間分を取り出した試験体をしています。それぞれの壁のみの構造性能を検証するため、柱、梁、貫の寸法をまったく同じにし、壁

のない構成の軸組のみの比較実験を、別途実施しています。試験体は、それぞれの壁に対して最も階高の高い3階を対象としています。中込厚板、縦羽目板壁の試験体については、それぞれ階高の低い1階と5階を実験の対象としています。ただし中込厚板については、耐震壁として評価するにあたり、例えば第12回の天守閣部会でご報告しましたように、厚板間にダボピンを挿入して連結し、厚板同士のずれを抑制するような方法、そういったもの有無や、仕様を比較するための復元案を検討するための実験と位置付けています。土壁の試験体については、第6回の天守閣部会、公開実験の際にもご説明したとおり、現存する名古屋城の隅櫓の仕様を参考にした復元原案として製作しました。土壁全体の厚さは255mmとし、荒壁には夏季を含む約4か月間、屋外で寝かせた愛知県産、岐阜県産の土を混合させた土を使用しました。乾燥期間も含めた、土壁の塗り重ねの期間は、概ね半年で行いました。資料に示している写真は、試験体の製作状況の一部です。実験方法は、試験体の下の梁を床に固定し、上の梁を水平方向に加力します。柱にはPC鋼棒を用いて軸力を作用させ、先ほどの短柄差の実験と同様、柱へのP- Δ 効果や傾斜復元力を再現しています。仕口の実験と同様に、2次設計時で想定している層間変形角30分の1をさらに上回る10分の1まで実験を行い、試験体の壊れ方の確認をしました。

次に5ページの実験結果の概要をご報告いたします。土壁の実験の結果について、1次設計時に想定している層間変形角の120分の1、ちょうどこの変形角は公開実験で、先生方にご確認いただいた状況になります。上塗り面において開口角部から斜めにひび割れが発生した状況がみられました。2次設計時に設定している層間変形角30分の1では、ひび割れはさらに進展して、これ以上荷重が上昇しない状況にはなっていませんけれども、土壁の落下は見られませんでした。さらに上回る変形まで加力を進めた際には、20分の1を超えた付近から土壁の損傷は、だんだん進展し、まず裏返し面の土壁の落下が始まりました。変形を10分の1まで進めた際の、繰り返し載荷2回目で、資料の写真で示しているように、上塗り側がまとまって落下するという状況が確認されました。先ほど示した目標とする構造性能として、2次設計時においては土壁は大きな亀裂に留めるというところに行っています。この土壁に関しても、設定した層間変形角の対応に問題ないことが確認できました。全体の壁厚のうち、柱構面内は100mmですけれども、100mmは構造上有効な壁厚と想定して基本設計を進めてきましたが、初期剛性が想定より少し高く、変形が小さい領域については、さらに壁厚を評価することができる、可能性としては示されましたが、変形が大きくなるにつれ、想定した100mm分の耐力にだんだん近づいていくことが、実験結果から確認できました。ダボを挿入した中込厚板については、概ね想定していたような効果が確認できています。復元案でどのようにするかということで、復元案の仕様については、今後の詳細設計で検討していきたいと考えています。縦羽目板壁については、和釘で打ち付けていますが、和釘の変形によりせん断耐力の向上効果は、ほかの壁に比べると非常に小さいことが確認されました。

最後に、床の実験についてご説明いたします。木造復元天守全体の詳細な構造設計を行うにあたり、実状に応じた床面の硬さを構造計算で反映する必要があります。そこで構造計算に対するデータの収集のため、床の実験を行っています。大天守の一般的な部位を対象としており、試

	<p>験体の床板と根太の接合には、写真で示している和釘を使用しています。構造解析のモデルとしては、昭和実測図で示しているような、梁で囲まれた範囲を床構面の一要素として扱うこととなります。その寸法は、根太方向は1間であるのに対し、梁方向は1間から3間と箇所によって異なります。試験体は、梁方向を1間から3間とした3種類として設定しました。画面に示しているのは、実施した3体の試験体です。実験方法としては、まず一方の梁を床にしっかり固定し、もう一方の梁を水平方向に加力することで、床面をせん断変形させるような実験方法としています。実験は、せん断変形角が10分の1に達するまで行っています。代表的な実験結果として、梁方向を1間とした実験結果を資料では示しています。せん断変形角が200分の1前後で、せん断剛性がいったん低下するところが確認されましたが、その後の大変形に達するまでせん断力は上昇し続けることが確認できました。せん断変形が大きくなるにしたがって、和釘の変形が大きくなり、床板のずれ変形がだんだん進展していくところが確認されましたが、耐力の低下を伴うような破壊はないことが確認できました。今後は床実験、床実験と並行して実施していた和釘単体の要素実験の結果を関連付けて、実験結果を分析し、その結果を詳細設計に反映していく予定です。</p>
<p>瀬口座長</p>	<p>構造実験に関して説明をいただきました。ご質問、ご意見をお願いします。</p>
<p>小野副座長</p>	<p>大変丁寧な実験をされていて、それぞれの特性が把握できたと思っています。説明の中で言葉ではありましたが、こうして得られた結果を全体解析の中に、どうモデル化して、どう取り込んでいくかということが大切なので、そのへんを今後、十分注意して検討していただきたいと思っています。</p>
<p>古阪構成員</p>	<p>地震の強度ですが、1次設計で震度5強、2次設計で震度6強。これだけの関西の地震、例えば震度5強、1ページ目によると、そこは震度6強ですね。その程度のこと、ある意味では、東南海・南海沖地震が起こった時はどうなるかということ、何度もお話ししましたが、直下型が横や縦に揺れるということをやると、この部分的な検証ももう少しやらないといけないのではないかなど。江戸時代に建てた時と同じような考え方でやっては、いけないのではないかと。明らかに今年、昨年6月の地震では、私の家はまったく直下型の横揺れしない地震で震度5強、震度は強いけども湯飲みからお茶がこぼれる程度だった。一方で、茨城の立命館大学のほうは震度6弱で横揺れが激しくて、部屋がぐちゃぐちゃになったんですね。そういうようなことからいうと、この実験の仕方というのは、これからかもしれないけど、もう少し多様なことがあってもいいのではないかと。素人考えのことですけども、そのへんはどうですか</p>
<p>小野副座長</p>	<p>私が答えるのではなく、議論としてなんですけども。実験そのものが云々ではなくて、設計のクライテリアをどう設定するかという話ですから。実験というよりは得られた結果で、全体の安全性というのを、どういうクライテリアで。そのことは、一番最初の頃に1.0だったのを、割り増しのほうでやってください、と私が言いまして1.25になっている</p>

	<p>わけです。作られたほうも、震度というので書いてあって、実はこれと言うと、一般の人は震度いくつというのがすぐ出るのだけれども。むしろどれくらいのクライテリアに対して、どのくらいの入力で考えるかということで、なかなか震度とダイレクトに直結できる話では、細かく言うとなところはあのような気がします。いずれにしても、先ほどお話したように、この結果をどう全体の安全性の中に組み込むかということと、組み込んだ時にクライテリアをどうするかということが、今先生が言われたことにも関わってくるだろうと思っています。</p>
古阪構成員	<p>部分的実験ですけども、結果的には、東南海などが起こった時に起こりうる部分的な強さではないですか。震度というのは、相当あいまいだというのは、よくわかっていますけども。このレベルで検討するだけで後は全体の検討にゆだねるということではなく、東南海・南海沖地震がどの程度かということによって、この実験をしておかないといけなのではないか、という意味ですけど。それは、いいんですか。</p>
瀬口座長	<p>竹中さんに答えていただけますでしょうか。</p>
竹中工務店	<p>まずは小野先生からもご説明がありましたが、目標とする構造性能は、確かに震度5強程度、6強程度と記載はしてありますが、あくまで目安です。1次設計、2次設計と震度というのは、ダイレクトに対応するものではないです。</p> <p>また構造設計の方針としては、建物全体の構造解析モデルに、模擬地震を、こちらの地域でどういった地震が起こり得るのかという想定した模擬地震を実際の建物に、コンピュータ上でシミュレーションで入力をして構造解析を行い、天守全体の耐震性能を評価します。そういった評価をするうえで、今回の伝統木造、仕口、継手、今お示した壁などは、現在の設計体系の中に、設計法や既往の研究が十分ではないので、こういった資料を収集するための実験を行ったということです。</p> <p>今後については、小野先生からもお話がありましたように、ここで得られた結果に、構造計算に反映して、最終的な案を、地震に対する建物の安全性を、構造計算で確認をしていくという手順になります。あくまでこの実験で、震度いくつまでもつという判定をする実験ではなく、計算するためのデータ収集のための実験という位置づけで行って来ました。</p>
古阪構成員	<p>専門化すると、だんだんわからなくなる。</p>
川地構成員	<p>素人の質問になりますけども、かなり詳細な実験をされたとのこと説明を戴きました。昨年の7月に、既往の文献データをベースに解析をされて、その結果として、従来の構造では少しもたないと。その為可逆的な方法で、補強をしないといけない。具体的方法として粘性のダンパーを、かなりの部分に組み込むということだったと、私は理解しています。素人は、どうしても結論を急ぎがちですが、この実験の結果により、これから検討をされるということですが、おおよそ実験の結果が、上にぶれたのか、下にぶれたのか。一つひとつの項目で違いがあると思いますが、トータルとしてどんな感じなのか、お答えいただけるのならばお願いします。</p>

竹中工務店	今、言われたとおり、詳細な検討は行っている最中です。部分的なものに対しては、もともと想定していたものよりも高いもの、低いもの、両方ありました。かなり箇所数を占めるものに関して、少し低めの結果も得られています。今後の結果については、ダンパーの配置の仕方をもう一度検討し直す必要があるのではないかと、今の段階では考えています。
瀬口座長	ほかにはどうですか。
三浦構成員	実験はよくわかりました。よくがんばっていらっしゃいます。素朴なことをお聞きしたいのが、3-5ページの一番上のところです。今回はただの土壁というのは、実際の建築で想定されることは少ないと思いますけれども。文字の説明では、裏返し側のほうからの写真になっていますよね。この写真を見てみると、大壁の漆喰なので外壁の外側が見えています。一番右上の写真を見てみると、白壁が落ちて竹小舞が見えています。今見えているほうが裏返し側なんですか。
竹中工務店	見えているほうではない、この写真でいうと後ろ側が、裏返し側になります。
三浦構成員	普通はそうですね。打ち付けるほうは、外から打ち付けるので。右の上の写真を見ると、裏返し側のほうから当然落ちるに決まっています。今、建具が見えていますから、右上の写真の時は、土壁は全崩壊ということですか。
竹中工務店	そうですね。外壁側が、今崩壊しているという写真です。
三浦構成員	裏返し側はもっと早くから落ちているということは、裏返し側は崩壊しているので全滅ということですか。
竹中工務店	実験結果としては、今の設計のクライテリアとしては30分の1で設定しています。この30分の1を超えた、
三浦構成員	それはわかっているけれども、説明と写真が一致していないようなので。裏返し側が落ちるのは当たり前なんですよね。打ち付けた側が残るのは当たり前だけど、打ち付けた側のほうが落ちたとする。なぜ竹小舞に土が残っているのか、説明と逆なので、なんか変だなと思っただけです。強度について問題はなくて、実験の方法について問題はないと思いますけども。
竹中工務店	資料の3-4の右上に、断面の構成を示しています。まず、最初に生じた現象は、柱構面内の裏返し60と、下のほうに書いてあります。柱構面内が力を一番負担していますので、こちらが最初にひび割れなどが生じて、部屋の内側に落下すると。まず最初の事象として現れました。最終的には、この外側がどさっと落ちたと。

三浦構成員	打ち付けたほうですね。打ち付けたほうが、小舞が、横渡しの小舞が見ているから、横渡しの小舞のところから外が全部落ちたと。
竹中工務店	そうです。
三浦構成員	わかりました。
瀬口座長	さっき和釘の話があったけれども、どれくらいの長さの、どのくらいの太さのものを。標準っていうかもしれないけれども、使って、長くしたり、太くしたりすると影響が出るかもしれないですよね。
竹中工務店	そうですね。
瀬口座長	それを今後検討するということですね。
竹中工務店	今回については、あくまでも標準的な和釘というところで、実際に打ち付ける板の3倍程度の長さを目安とした和釘、こちらが一般的な長さとなってきますけども、こちらを使った試験体を作成しました。この和釘単体の実験、こちらの要素試験も別に行っています。そちらも関連付けて評価をするということを、今後は行っていきます。和釘を長くしたり、太くしたりというのは、実験結果で変わってくる可能性はあるかと思いますが、現状としては一般的な和釘の仕様を復元案としていくべきかと考えています。
瀬口座長	一般的なのというのが、よくわからないですけど。
竹中工務店	床板や壁板というのは、板厚は昭和実測図などから判明はいたします。実際に和釘を使う場合、板の厚さに対して釘というのが、だいたい決まってきます。こういった板厚なら、これくらい長さの釘というのが、定まってくるといいますか。それが一般的に使われるサイズになりますので、今回の実験についても、そういったサイズを使いました。具体的には、今回の床板は24mmあり、和釘の長さは75mmという設定をしています。
瀬口座長	名古屋城は大きいから、ほかのところと違うわけですよね。焼けたものが遺っているということは、ないのですか。それがだいたい、そんなものなのですか。焼損和釘はないのですか。
竹中工務店	焼損和釘は存在しますが、それが今この釘かというのが、特定しづらいものであります。成分分析などには活用する予定ですが、和釘の長さそのものどれ、という特定までは至らないと思っています。
瀬口座長	たいして長いものは、ないということですね。
竹中工務店	長いのはむしろ、瓦を留めるようなものが遺っています。それは逆に木を留めるよりもっと長いものが、焼損としては遺っています。

瀬口座長	<p>ほかにはよろしいですか。 では、次の3番目の橋台の劔塀について、説明をお願いします。</p>
	(3) 橋台の劔塀について
竹中工務店	<p>資料4-1ページをご覧ください。大天守と小天守をつなぐ橋台に設置される劔塀についてです。今回の内容は、劔塀の見え掛り部分、地上に現れている部分です。復元原案について、根拠資料の概要を資料4-1にリストとして挙げました。リストの最初に遺物として挙げたのが、劔塀の劔です。これは戦後、焼け跡から拾い上げられて、名古屋城内で保管されてきたものになりますが、橋台の塀に付けられていたものなのか、大天守の北東に接する不明門の塀に付けられていたものかは不明です。ただ、先ほどの釘と同じように寸法や成分分析等を行って、仕様設定に反映していきたいと思っています。次に古写真です。今までのさまざまな検証では、ほとんどがガラス乾板写真を用いて行ってきました。橋台の塀については、特に内側についてわかるガラス乾板写真がありません。昭和8年頃に一般書籍として刊行された写真集等に、柱の内側の様子等がわかる古写真が数点あります。そういうものを用いて、検証を行いました。以下、文献資料、建築図については、従来の検証と同じように昭和実測図、野帳、文献資料として金城温古録、宝暦修理の関連資料に、劔塀、橋台の塀についての記述がありますので、それを用いて検証を進めてきました。</p> <p>次のページに移ります。今の最初のページに挙げたさまざまな史資料、史実のうち、昭和実測図、ガラス乾板写真ではわからなかった点についてご説明いたします。まずひとつ目です。橋台の上の塀は、東側と西側にあります。その東西の塀で仕様の異なるところがあります。金城温古録の劔塀に、東側、つまり本丸側には檜はなく、隠狭間もないとあります。その反対に西側、堀側はその軒先には、忍び返しとして長さ1尺あまりの檜が取り付けられ、隠狭間があるというふうにあります。実際に金城温古録にあるいくつかの平面図では、いずれも外側の塀にのみ劔塀と記載されています。内側の塀は、何の記述もなしに、ただ塀と書かれています。この塀の内側について、挿絵が金城温古録にあります。そこには外壁の裏板として、カシやケヤキの類の板を羽重ねにして、そこに三角形の隠狭間をあけて、その上から囲い板を打ったという絵になっています。堅木の厚板を羽重ねにして取り付け、外側は漆喰塗の土壁、内側は化粧縦板張りとしていたことがわかります。ただしこの挿絵は、隠狭間が描かれていることから、少なくとも西側の塀についての挿絵と判断できますが、東側がどうであったかということを確認できる記述は見当たりませんでした。2番目です。その東側については、古写真と昭和実測図の野帳より、内側について確認することができます。古い古写真に、東側の内側が写っています。内側については、西側の劔塀と同じように縦板張りであったことがわかります。野帳にも羽目という言葉遺されています。これによって、東西ともに内側は、化粧の縦板張りであったことがわかります。次に、昭和実測図の野帳に書かれていた実測の寸法から、東西の塀で壁の厚さが異なっていたと考えられます。野帳では、塀の内側の実測寸法しかありませんが、その中で内側の先ほどの縦板張りとは柱面とのチリ寸法が、東側は1寸5分5厘。野帳の中では左という表現になっていますが、すなわち西側は5分となっ</p>

ており、1寸以上の差があります。昭和実測図の中でも寸法は記されていませんけども、東西でこの部分の寸法を変えてあることが読み取れました。東西で壁の厚さが異なるのではないかと考えられます。

次に4-3をご覧ください。内側の軒裏から軒先の仕上げについてです。古写真より、腕木から桁、瓦座までが漆喰塗であったと思われます。腕木については、古写真でなかなか判断しかねるところでもあります。写真2にあるように周囲の縦板の木部に比べて、影でありながらその部分が白く写っていること。また写真3にある類例としての不明門の内側では、同じように化粧縦板張りですけども、腕木からは漆喰塗になっていることが読み取れます。このことから腕木、桁から瓦座までは漆喰塗と判断できると思います。写真2にあるように、塀の内側に建つ控柱の頂部にのっている笠木は、木の素地であったことがわかります。類例として現在も現存している表二之門の内側の控柱の笠木も、木の素地となっています。現在建っている現天守閣では、この部分に銅板が葺かれています。

次に、先ほど写真ではなかなかわかりにくかったという、内側の腕木についてです。昭和実測図の野帳を見ると、腕木の中央部分の上端に線形状の加工がされていたことが読み取れます。この部分も先ほどと同じように、古写真では暗いため、直接的な形状の確認はできていません。昭和実測図や、現在の天守閣ではこのような加工はされていません。ですが2つ遺っている野帳の絵には、2つとも上部が線状に加工されており、詳細な寸法として5分、その部分が面落ちしていることが記載されています。このページの最後になりますけども、軒裏の垂木の漆喰塗の形状が、途中で変更されていたことが古写真からわかります。古写真、あるいはガラス乾板写真の中景や近景の写真を拡大していくと、写真4、写真5に見られる内側の塀の軒先は波型の形状になっていますが、写真6で見られる原案のガラス乾板写真では、同じ部分が直線状のかたちになっていることがわかります。写真4、写真5は全景の写真の部分を見てもわかるように、金鯱がのっていません。明治4年に金鯱が名古屋城から降ろされて、宮内庁に献納され、明治12年にまた名古屋城に金鯱が戻っています。少なくともこの頃までは、軒裏の形が波型であったことが判断できるかと思えます。その後明治42年に起こった濃尾地震の修理で、ガラス乾板写真に写っているような直線に変わったかもしれませぬけれども、濃尾地震後の修理過程を撮影している写真でも、このあたりの部分は解像度のこともあり、形状まで判別することはできませんでした。

4-4をご覧ください。以上のことを反映させた概略図を、復元原案として挙げています。左が西側の、右が東側の原案になります。今回復元原案として、中の厚板を外側の隠狭間のある内側の塀にのみ設定し、東側は厚板のない設定としています。軒裏については、東西ともに波型の漆喰塗と考えています。東側の厚板については、先にお話しましたように、金城温古録にある挿絵が東側も含めて描かれたものかどうか判断できない中で、野帳にあった裏板の面と柱とのチリ寸法に1寸以上の差があったことが、中の厚板の部分で反映した結果ではないかと判断し、この案を一旦設定しました。東西ともに厚板があったということも考えられるので、このあたりについてはご意見、ご判断をいただければと思います。復元案については、復元原案からそのまま復元案として考えています。これからの詳細設計の中で、瓦の詳細や軒裏の波型の寸法、

	また控柱や笠木ともに直接的に雨にさらされるので、そのあたりの対策について検証を進めていきたいと考えています。
瀬口座長	細かい調査でした。ご意見、ご質問をお願いします。
川地構成員	<p>今のご説明で、少し感じたところがあります。東側と西側のチリの寸法が、野帳にしかない、昭和実測図にないというお話でしたが、昭和実測図にあります。御口御門の図面が2枚あると思いますが、その中に詳細な平面があります。チリそのものは寸法を押さえていませんけども、先端から柱の面、縦羽目板の面、東西両方で押さえています。ちなみに、東側は5寸というのと、3寸4分というのがあります。これで行くと、柱と羽目板の間、チリは1寸6分あるということです。もう一方の西側は、5分。これは詳細寸法、入っています。</p> <p>それと腕木の繰形の話ですが、私は腕木の繰形はやっていないだろうと判断します。というのは、腕木は柱との間、通すにしても、あるいは下げ鎌継手にするにしても、上から楔を打ちます。楔をばちの楔ではなくてフラットに近い楔を打って、腕木は漆喰で塗り込んでいますよね。一見、柱側は繰形に見えますけども、野帳の記載されている図面を見ても繰形は無いように見えます。腕木は漆喰で塗り込んでいる関係で、あたかも柱側はちょっと繰形になっているように見えますが、繰形は、私はないと思います。下にやるのだったらわかりますが、上が繰形というのはまずないと思います。</p> <p>最後の図面ですが、私なりに原寸でスケッチしてみました。この寸法をベースに。そうすると西側はチリが15mmなので、空間が120mmあります。この貫はないにしても、おそらくケヤキにしろ、カシにしろ、2寸位の板が使える感じですね。そういう意味では天守の4寸の半分くらいになります。一方で東側は40ではなくて、昭和実測図そのまま1寸6分というのをベースにすれば48mmですから、空間がありません。そういうことからするとふきかけ張りになっているということはないのかと、判断できるのではないかと思います。</p> <p>あとひとつだけ。これは昭和実測図にもないですが、控柱との繋ぎですが、控柱、これ楔が両方から打っていますよね。真ん中固定のところは、込み栓のつもりでしょうか。古い標準図というか、こういうものの標準図を見ると、繋の柱と接する部分はおそらく下げ鎌にして、頭を楔で押さえるというかたち、多分そうだと思います。だから普通はここに、楔があるのか。その分、込み栓でやっておられるのですが。確かに昭和実測図にも、楔はないですが。普通のスタイルだと、楔でいくのかなという感じもしています。</p>
竹中工務店	特に見た目の形状自体が変る、繰形の件については、一旦資料をそのまま挙げたところですので、今のご意見を詰めながら、再度復元原案、復元案の設定に反映させていきたいと思っています。
瀬口座長	ほかにどうでしょうか。
三浦構成員	川地さんの言われたとおりです。4-2の右上のところにある昭和実測図の御口御門のところ。ちょうど劔堀の上段の堀の断面図があります。これを見てみると、腕木に関して、内側の腕木だけ上側に楔が入

	<p>っています。成果段階をいうと、楔の弾力になって、楔として判断しますね。控柱も、同じページの右の2段目の写真を見てみると、込み栓だけではなくて、非常に立派な楔が打ち込んであります。それが見えますので、川地さんの言われるとおりになるのではないかと思います。</p>
麓構成員	<p>今説明された以外の話になりますが、主柱と控柱の間に貫が上下2段に通って、その間に筋違が入っていますよね。この筋違がいつ入ったものか、わからないですよね。少なくとも当初にはなかったと思うし、宝暦で、宝暦も大天守のことは書いてありますけれど、こういうことはわかりませんが。もっと後のような気もするんですよね。宝暦の年代設定をした時に、この筋違を入れるかどうか、検討したほうがいいと思います。もちろん耐震診断もしたうえで、この筋違があったほうが有効なのか、なくても構わないのかということもあると思いますけども。昭和の写真にも、実測図にもあるから、それをそのまま、筋違をつけますというのは、少し考えものかなという気がします。</p>
竹中工務店	<p>確かに金城温古録の中に類例というか、不明門の裏側の控柱、本丸ではありませんけれども、西之丸と御深井丸の境目のところにある堀については、内側の厚板羽重の絵と、控柱の絵がありますが、そこには筋違は記述されていません。そのことも含めて、もう一度復元原案の見直しを図りたいと思います。</p>
三浦構成員	<p>今麓先生が言われたことは、当たり前のことです。日本のほかの城郭を見てみると、貫が上下2段になっている、例えば高麗門の控柱もそうですが、当時は筋違が入っていなかったですが、後世になってから筋違を入れますから。現状で筋違の入っている高麗門の控柱を見ると、筋違だけ全部材が新しいんですね。一般的に考えてみると、一番最後の幕末より絶対新しいです。せいぜい1850年代以降、明治に入れたのではないかと思いますのが一般的ですね。私も麓先生の意見に賛成いたします。</p>
瀬口座長	<p>ほかにはどうでしょうか。特になければ、これで終わりということになります。あとは事務局でお願いします。</p>
事務局	<p>瀬口座長、構成員の皆様ありがとうございました。本日いただいた意見をもとに、名古屋城天守閣整備を進めていきたいと思っています。今後とも、ご指導、ご助言いただきますよう、お願いいたします。以上で本日の会議を終了いたします。長時間にわたり、ありがとうございました。</p>