

# 会 議 録

会 議 名	令和5年度 第1回丸亀城石垣復旧専門部会
開催日時	令和5年11月20日（月）9：00～12：00
開催場所	丸亀市立資料館2階ギャラリー
出 石 者	<p>○出席委員              山中稔委員 <u>鈴木功委員</u> 宮里学委員 <u>市川浩文委員</u>          （※下線付きは議事録署名委員）</p> <p>○欠席委員              西形達明委員</p> <p>○香川県教育委員会事務局生涯学習・文化財課              文化財専門員 渡邊誠氏</p> <p>○事務局出席者              教育部長 窪田徹也              文化財保存活用課長 東 信男                  〃          副課長（兼丸亀城管理室長） 大林隆之                  〃          主 査 乗岡 実          〃          主 任 眞鍋一生                  〃          主 任 中村良平          〃          副主任 高島雄基                  〃          副主任 森 真衣</p> <p>○その他の出席者              (株)鹿島建設</p>
議 題	<p>(1) 丸亀城石垣崩落復旧整備事業復旧方針について・・・・・・・・資料1</p> <p>(2) 復元図（平面図、断面図、立面図）について・・・・・・・・資料2</p> <p>(3) 石垣復旧断面構造（案）について・・・・・・・・資料3</p>
傍 聴 者	1名

発言者	発言要旨
-----	------

事務局	<p>それでは定刻が参りましたので、ただいまより、令和 5 年度第 1 回丸亀城石垣復旧専門部会を開会いたします。</p> <p>委員の皆様には、お忙しい中お集まりいただきまして、誠にありがとうございます。</p> <p>はじめに、教育部長より開会のごあいさつを申し上げます。</p>
部長	<p>【教育部長あいさつ】</p>
事務局	<p>ありがとうございました。次に山中部会長より、ごあいさつをお願いします。</p>
部会長	<p>【部会長あいさつ】</p>
事務局	<p>本日はオブザーバーとして、香川県教育委員会より渡邊文化財専門員にご出席いただいております。よろしくお願いいたします。</p> <p>議事に入る前に、会議の開催につきましては、委員の半数以上の出席を必要としておりますが、本日の出席委員は 4 名であり、委員の過半数を超えておりますので、本会が成立していることをご報告いたします。</p> <p>また、12 時を目途に終了したいと考えておりますので、ご協力のほどよろしくお願いいたします。</p> <p>この後の議事につきましては、丸亀城石垣復旧専門部会設置規約第 6 条の規定に、「会議は、部会長が議長となる」とありますので、部会長に議事の進行をお願いしたいと思います。</p> <p>それでは議長よろしく願います。</p>
議長	<p>はい。では議事を進めさせていただきます。</p> <p>まず本日の会議録の署名委員についてですが、市川委員と鈴木委員にお願いできればと思いますけれども、よろしいでしょうか。</p>
委員	<p>はい。</p>
議長	<p>ありがとうございます。よろしくお願いいたします。</p> <p>本日の会議の公開、非公開につきましては、内容から見まして、公開としたいと思いますけれども、いかがでしょうか。よろしければ、挙手をお願いいたします。</p> <p>はい。ありがとうございます。では、本日の会議は公開といたします。</p> <p>なお本日の傍聴人は 1 人となります。</p> <p>それでは議事に移ります。議事（1）「丸亀城石垣崩落復旧整備事業復旧方針」について、事務局から説明をお願いいたします。</p>

事務局	<p>それでは、お手元の資料 1 をご覧ください。あるいは、前のスライドに資料 1 をお示ししておりますので、そちらもご覧いただければと思います。ここでは、石垣復旧事業の整備の基本となります、復旧方針についてです。まず、整備の基本的な考え方をお示しして、全体の復旧方針、個別の復旧方針という形でまとめております。</p> <p>それでは、最初の「丸亀城石垣崩落復旧整備事業の基本的考え方」についてです。四角囲いの中を読み上げさせていただきます。</p> <p>「本事業においては、丸亀城が市民のシンボルであり、次世代へ引き継いでいくべき貴重な文化財であることから、石垣の本質的価値である「歴史の証拠」、及び「安定した構造体」を継承すべく、伝統工法による復旧を基本としつつ、長期的な石垣の安定性確保のため、文化財的価値への影響が最小限に留まるような現代工法についても検討しながら、早期復旧を目指すものである。」こちらは、本事業を始める際に策定した公募型プロポーザルの要求水準書より抜粋したものととなります。</p> <p>これを踏まえまして、全体の復旧方針として、3 点を挙げております。</p> <p>まず 1 点目ですが、「文化財の修復ならびに災害復旧事業であるため、「崩落前の姿」に復旧することを基本とする。」です。</p> <p>崩落前の姿といいますと、平成 27 年度に実施しました、既存の測量成果ならびに崩落石回収時の調査成果を根拠として、それらをもとに、孕み、ゆがみ等を是正したものとします。さらに勾配、石積みといった表面構造に限らず、栗石、盛土等の内部構造も含めるとしており、見た目だけではなくて、地中部などの石垣内部においても、元あった形で復旧することといたします。</p> <p>次に 2 点目ですが、「復旧方法については伝統工法による復旧を基本とし、遺構の保存及び長期的な石垣の安定性確保のため必要な場合は現代工法を採用する。」です。現代工法の採用にあたりましては、文化財的価値への影響が最小限に留まるよう十分配慮するとしておりますが、江戸時代に積まれている石垣でございますから、現在の土木の基準に照らし合わせて安定検討を行いまして、必要に応じて現代工法の採用を検討いたしますが、その際には必要最小限のものにすることといたします。</p> <p>最後に 3 点目ですが、「復旧する上で工法上安全が確保できない構造等の復旧は行わない。」です。こちらは、例えば地中部より不安定な形で発見された埋没石垣など、丸亀城石垣の重要な歴史的証拠であっても、戻すのに危険を伴うものは、協議を行い復旧は行わないということです。ただし、それらにつきましては、記録をして、報告書への記載や展示などにより皆様に広く周知することといたします。</p> <p>以上が全体の復旧方針となります。</p> <p>次に、2 ページ目をご覧ください。こちらでは、「復旧方針（個別）」といたしまして、石垣断面図（崩落前）と石垣の各部材 1.地中部、2.復旧勾配、3.石積み、4.栗石等、5.盛土・地山、6.排水体系、構造のそれぞれ 6 つについての復旧方針を記載しております。これらの説明につきましては、この石垣断面図にてご説明させていただきます。</p> <p>まず、この石垣断面図ですが、これは崩落石等の回収工事や、調査成果等に基づいて作成した、崩落前の石垣を表した標準断面図です。図の中に薄いグレーで着色している部分「旧</p>
-----	--

盛土」、「岩盤及び風化花崗岩」と書かれている箇所が、現在の現場の形状です。その上に着色されている部分が、崩落した部分となります。

崩落した各部材の説明とその復旧方針をご説明いたします。番号が順不同になりますが、図面を中心にご説明いたしますので、ご了承ください。

まず、下から水色のハッチの箇所、5.地山になります。この図でもわかりますように、亀山の固い地山も、今回の崩落で削り取られていたことがわかっております。この地山の復旧につきましては、現地で回収した土を使用し、同様の形状で復旧することとしておりますが、地山の強度は石垣の安定に大きく関係しますので、必要な強度が得られない場合には、現代工法の使用も検討することとしております。

次に、1.地中部についてですが、先ほどの地山を掘り込む形で確認された根切り溝と呼ばれる石垣の基礎となる溝。図中に緑色で着色されている部分です。こちらは、帯曲輪石垣、三の丸石垣双方で確認されております。

また、その根切り溝の中に敷かれていた胴木と呼ばれる丸太、その上に乗せられていた根石。これらを石垣の基礎構造と呼んでおり、これらの復旧については、極力同様の形で復旧することとしております。

また、三の丸石垣の根切り溝と根石の一部については、現地で動いていない現状で確認されております。このような遺構は、現地で保存し、それを利用しながら石垣の積み上げを行うこととしておりますが、難しい場合には、現代工法を検討し保存することとしております。

さらに、帯曲輪石垣と三の丸石垣との間、帯曲輪石垣の盛土内で確認されました「根固め石垣」や、三の丸の地中奥深く、地山や根切り溝まで伸びていた「三の丸地中部石垣」。これらの復旧については、石材を回収した位置などから元の位置を推測し、復旧することとしております。

以上が、地中部になります。

次に、水色で着色している部分、3.石積みです。これは、皆さんが普段目にしていない石垣の表面の部分になりますが、この復旧に関しましては、崩落前に測量を実施しており、その写真データがありますので、それを活用し、元あった位置に元あった石材を戻すこととしております。石材の損傷などにより、元あった位置に戻せない場合には、転用石として加工し、その他の位置に戻すこととしております。

また、損傷が激しく、石材としての使用が不可能なものに関しましては、新石材を使用するものとしております。

次に、2.復旧勾配ですが、こちらは赤の両矢印で表現しております。こちらも測量のデータがございますので、地上部においては、それに基づいた勾配で復旧することとしております。

また、測量データのない地中部に関しましては、崩落後の石垣解体に伴う測量や調査成果等により推定し、地上部の勾配や既存石垣の勾配に擦り付けることとしております。

また、江戸時代の修復に伴う勾配の変化点や、基礎部における勾配の変化点など、意図的につけられた勾配の折れについても復旧することとしております。

次に、4.栗石等についてですが、図中で白抜きになっている部分です。こちらは、石積みの裏側に存在していることがわかっており、主に石垣内における排水の役割を担っていたもの

	<p>と考えております。</p> <p>また、三の丸石垣の地上部分。ここは櫓台となっている石垣ですが、この内部はほとんどが栗石であったことがわかっております。</p> <p>これらの復旧に関しましては、調査成果に基づき、標準的な復旧幅を決定し、櫓内に関しましては、同じ形状で復旧することとしておりますが、所定の強度が得られない場合には、現代工法の使用も検討することとしております。</p> <p>次に、5.盛土です。こちらは、図中に茶色で着色している部分になります。こちらの復旧に関しましては、現場で回収された土を使用して復旧を行いますが、盛土の強度は地山同様、石垣の安定に大きく関係しておりますので、所定の強度が得られない場合には、現代工法の使用も検討することとしております。</p> <p>最後に、6.排水体系、構造についてですが、こちらは新たに整備を行うもので、図中に表記はございませんが、この石垣の崩落の大きな要因は雨水によるものと、メカニズム解析でもわかっております。</p> <p>この雨水などの浸透水がうまく排水できなかつたことや、水に浸かると強度低下を起こす盛土の性質など鑑み、極力石垣内部に雨水を入れさせない。また、侵入してきた雨水を適切に排水させる。そのような排水構造、また排水体系を新たに整備するものとしております。</p> <p>以上が資料1の丸亀城石垣崩落復旧整備事業復旧方針についての説明になります。</p>
議長	<p>ご説明ありがとうございました。</p> <p>資料1に基づきまして、丸亀城石垣崩落復旧整備事業復旧方針についてご説明をいただきましたが、委員の方々からご質問がありましたら、よろしく申し上げます。</p>
委員	<p>まず、全体的なとても重要な復旧方針で、すごく大枠な全体的なところから、だんだん各論に入っていった、非常に丁寧に書かれているなという印象を持ちました。</p> <p>その中で、まだ文章が直るということを前提に、追加あるいは補足でお伺いしておきたいのが、個別の復旧方針についてのところですが、2.復旧勾配で、表現としてわかりにくいのではないのかなと思うのが、下から4行目にある「擦り付ける勾配を作成する」という部分です。擦り付けるというのが、私なんかはよく分かるのですが、ちょっと幅が広すぎるので、この擦り付けるという意味を、もう少し解説していただけるといいかなというふうに思います。</p> <p>それから、4.栗石等のところなのですが、旧材を使用します、あるいは、総合的に検討した上で工法を確定しますというふうに読み取れ、これはいいと思います。</p> <p>しかし、「総合的に検討」がかかる言葉には、排水機能、強度、施工方法という3つが挙げられていますが、全体で見ると「材料」という言葉があまりないのではないのかなと。最後に、安山岩の角礫を使用するというのは書いてあるのですが、甲府のお城でもそうだったのですが、発生材だけだとやっぱり目減りして、8割くらいで、2割足りなくなってしまうのです。その補充する2割を何とか工夫して、栗石の強度を上げようとか、要するに粒度のバフをどう取ろうとか。それは、材料の話なのではないかなという思いがあって。</p> <p>もしかしたら、総合的に検討の直前にある施工方法とか、あるいは強度の中で読み込もう</p>

	とされているのかもしれませんが、「材料」という二文字が入っていたほうがいいのではないかなという気がします。以上2点です。
事務局	まず「擦り付ける」という表現について、わかりにくいということでありましたが、いわゆる石垣を取り外して修復した時に、その後の勾配によっては、直していないところと直したところで段差ができる場合があります。丸亀城の場合は、段差を出すのではなく、元あった勾配の方に合わせるという形での「擦り付ける」という表現にさせていただいております。
委員	丸亀城全体の石垣を見渡したときに、江戸時代だろうが近代だろうが、色々なところを修理していると思うのですが、城内全体だと、基本的には、擦り付けているような事例が多いのでしょうか。
事務局	そうですね。今まで見ているところだと、まず地中部においては、段差がついているところはなく、綺麗になっているので、修復を行ったところも、擦り付けているのではないかと考えております。
委員	承知しました。
事務局	4.栗石等のところのご質問について、「総合的に検討した上で」という表現なのですが、やはりここには、施工方法、強度、排水機能のほかに、もちろん材料も念頭に置いた上での表現となっております。以上です。
委員	わかりました。
議長	他に、ご質問いかがですか。
委員	今回の調査成果は、本当に城郭石垣の概説書に載せていいような、非常に多くの知見が盛り込まれている成果かなと思います。 特に、大坂城のような高石垣の基礎構造というのは、ほとんど調査がされておらず、断片的でした。当然、丸亀城でも一部分的な調査をされていたと思いますけれども、例えば、いわゆる根固め石垣があんなに下まであるなんて、誰も思っていなかったと思うのですよね。私なんかも、当然数石で終わるのだろうと思っていたので、そういう意味では非常にこの図は重要ですし、今後もずっといろいろ改良されながら使われていくだろうと考えております。良い調査をされたなというふうに思っています。 1点だけ確認です。3.石積みのところ、崩落前の位置がわからない石材についての判別の観点として、「石材回収時に得られた位置、上下左右の配列等の情報から」と書いていますけれども、石そのものを観察して、例えば天地とか、その辺が判断できるようなものも、結構ありましたか。

事務局	<p>石そのものを見て、上下を判断するというのは、少し難しいところがあるのかなど。その辺については、現場の石工さんと相談しながら上下を決めています。</p> <p>あとは、特に三の丸石垣については、滑って崩壊をしているので、上下左右、要は天地というものが、そのままの形で滑ってきているという部分が多分にありますので、崩落していても、上下を確認しながら回収することができました。以上です。</p>
委員	<p>ありがとうございます。</p> <p>そもそも外に露出している石垣であれば、苔の付き方等で判断している例というのは結構あるのですが、なかなか難しいなと思うところです。やはり、特に石工さんの目から見た石材の使い方の判断は、非常に重要かと思しますので、うまく連携を取りながら石の天地を検討するというような体制で、進めていかればいいのかと思います。以上でございます。</p>
委員	<p>内容的には、時間をかけてしっかりとした調査をされて、その結果に基づいて導き出された基本方針ということなので、非常にまとまった内容です。</p> <p>経験上の話で大変恐縮なのですが、これがやはり基本方針であり、今後いろんな作業を進めていく中でも必ず立ち戻るといのが、この方針です。やる内容が基本方針に合致しているのかどうなのかということ、常に絶えずフィードバックしながらやっていくということになるかと思えます。先ほど両委員からあったような部分の、若干の文言訂正等は、今後されるかと思えますけれども。</p> <p>あともう一つは、いずれ記録を残して調査報告書なり修復報告書なりを作成するという事になった際に、その工法がどういうプロセスを経て採用されたのか。例えば、セメント等の固化剤の添加等をされる場合に、いろんな試験データをもとに、どのくらいの割合で混ぜたのかとか。結果だけはよく知らされるのですが、そのプロセスでこれだけのいろんな実験をやったのだということも、その工法を選択した大事な記録になると思います。</p> <p>これまでは、発掘調査の記録というところに、非常に力を注がれたと思いますが、今後は、修復が完成に至るまでに、どれだけの目に見えない皆様方の努力があったのかということも記していられるように、逐一、いろんな細かい記録を、逃さずに採っていただければというふうに思います。</p>
議長	<p>私から1点だけ、確認を含めてですけれども。復旧方針(個別)の3.石積みのところで、「復旧方針については伝統工法による復旧を基本とし」という全体の復旧方針のもとで、石積みはどう復旧するかということを書いていただいています。復旧位置についても、築石、角石、間詰石それぞれを、元の場所に戻すということを書いていただいています。</p> <p>最後の行で、「伝統工法の範囲内で修正し施工する」と書いていますけれども、この「伝統工法」とは、いわゆる空石積みで行い、セメントは使わないという意味も含めて、「伝統工法の範囲内」という言葉が使われているのでしょうか。石積みのところには、セメント等を使ういわゆる練積みを行わないということも含めて、書かれているという理解でよろしいでし</p>

	<p>ようか。</p>
事務局	<p>部会長のおっしゃる通り、空石積みのような、古来の伝統工法で修復すると。コンクリートやセメント等は用いないということで、理解していただければと思います。</p>
議長	<p>わかりました。他にご質問は無いようですので、資料 1 につきましては、了承することよろしいでしょうか。</p>
委員	<p>はい。</p>
議長	<p>ありがとうございます。それでは、了承とさせていただきます。 次の議事に進みます。議事(2)「復元図(平面図、断面図、立面図)について」ということで、事務局から説明をお願いいたします。</p>
事務局	<p>今回の資料 2 の復元図ですが、これはそもそも何かと言いますと、これからどう直していくかということを考えていく上で、そもそも元の姿、元の断面というのはどういったものなのか、それをまとめたものです。いわゆるこれまでの工事、そして調査の成果というものを、まとめたものになります。</p> <p>まず、スライドの方にお示ししていますのは、平面図になります。ここには、大きく三の丸石垣C面D面と、帯曲輪石垣H面I面を、それぞれ示しております。</p> <p>まず、上側の三の丸石垣の方から言いますと、三の丸C面と書いている文字、そして三の丸D面と書いてある文字に挟まれるところにある青い枠組みと、茶色い四角が並んでおります。この青い枠組みが、三の丸の根石を入れるための根切りの溝の平面位置。そして、その中に入っている茶色の四角が、根石になります。根石の下に、2本の水色の線が走っていると思いますが、これが三の丸根石の下に敷設されていた胴木の位置となります。三の丸につきましては、基底部の情報というものが、実際に現位置で確認されたのは、ここしかないです。あとは、根石ごと全て崩落しているというような状況になります。</p> <p>一方で、その下側の帯曲輪H面、帯曲輪I面ですが、ここについては、もちろん原位置を留めているか、それとも当時のままの姿かと言うと、やはり崩落の影響でやや動いていた節も見られましたが、かなり基底部の情報を掴むことができました。</p> <p>まず、青い線で描かれているものにつきましては、帯曲輪石垣の段切りですね。斜面に石垣を築く上で、平坦面を作っている段切りの構造です。</p> <p>そして、緑色の線でお示ししているのは、帯曲輪基底部、根石の前面のラインをお示しております。</p> <p>赤い線でお示しているのは、帯曲輪石垣の根石の下で確認された胴木の場所ということになります。ですので、帯曲輪石垣については、基底部というものが、そこまで崩落の影響を受けないといった中で、これだけの情報を得ることができました。</p> <p>そして、やや小さくて分かりにくいかもしれませんが、ピンク色の点がいくつか落ちて</p>



いると思います。これは、この事業以前に行った簡易貫入試験の位置や、ラムサウンディングの試験位置を落としております。何がしたかったかと言いますと、帯曲輪石垣の外側において、地山がどの高さにあるかというのを確認したかったので、この調査成果をもとに、この後出てきますけれども、地山の高さというものを、まず検討いたしました。

次に、資料の 2 ページ目に移りたいと思います。先ほどお示したのは平面図でしたが、ここからは立面図のお話をさせていただきたいと思います。

まず、これは三の丸石垣のA面になります。赤色の輪郭と黒色の輪郭で、石材をお示しています。そもそもこれは何かと言うと、右上に書いてある通り、黒色の輪郭につきましては、回収ができて石材二次評価がA、B、C判定のもの。赤色の輪郭が、石材二次評価がD、E判定のもの。

このA、B、CそしてD、Eの判定につきましては、参考までに、皆様のお手元に石材調査票の様式をお配りしております。その中で、石材の再使用の評価について、A、B、C、D、Eという評価をしています。簡単に言いますと、A、B、C判定のものというのは、回収した位置や解体した位置、つまり元の位置で再び使えますよというものです。D、E判定のものは、石材が前後破断をしている、粉碎している、石材が当たっていたところが欠損しているなどの理由で、元の位置では使えないというものです。そういった判定をしていき、それが黒色の輪郭と赤色の輪郭に反映されているものと、ご理解ください。

そして三の丸のA面ですが、ここについては、ほとんどの石材が回収されています。図面の中にある緑色のラインが、崩落前の地表面となりますが、三の丸A面については、崩落範囲が、ほとんど地上部のみで留まっております。ですので、崩れたとはいえ、ある程度の情報というのは事前に掴めておりましたし、ほとんど元の通り回収して、石材の判定もできております。

次ページの三の丸B面ですが、こちらもA面と同様です。崩落の範囲が、地上部に留まっておりますので、石材も回収していて、元の姿がどうだったかということ、きちんと押さえることができます。

実際苦労したのは、ここからです。三の丸C面の立面図ですが、ここでお示したいのは、まず緑色のラインが崩落前の地表面になります。この緑色のラインより上側が地上部になりまして、ここについては、崩落前の測量図でオルソ写真という情報はあったのですが、この緑色のラインよりも下側の情報については、我々は一切持っていなかったところです。ですので、石垣がどのように組み立てられていたかや、どこまで伸びるかということが、全くわからない中でスタートしております。

ただ、先ほどもお話しした通り、三の丸につきましては滑り崩壊ということで、石垣の上下左右の位置は、ある程度の位置関係を保って崩れています。

それに加えて、現場の方でも、元に戻すための工夫といたしまして、崩れた石垣は当然土砂等に埋もれてはいるのですが、一つ回収するときのルールとかやり方として、まず 3 段を露出させます。3 段を露出させることによって、左右に加えて上下の位置関係が把握できます。それを確認した上で、一番上の段は外す。一番上の段を外したら、もう一段下を掘って、また 3 段を確認するというふうに、上下左右の位置関係を確認しながら、回収しており

ます。下の方の段では、崩落の影響でかなりぐちゃぐちゃになっていて、どうしてもわからないところはあるのですが、ほとんどの範囲で、石材の配列や組み方を確認することができました。

もう一つここで重要となるのが、一番下、基底部です。階段状になっているところが、段切りとなりますが、一番下をどうやって確定させたか。要は、根石がなぜ根石だと分かったかということです。いろんな参考資料で写真を載せておりますが、簡単に言いますと、丸亀城の今回崩落した石垣で特徴的なのは、地上部の石垣であるにもかかわらず、胴木がセットであるということです。胴木が敷かれていれば、それは根石で間違いありません。今回、三の丸石垣にしても、帯曲輪石垣にしても、ほとんどの位置で胴木が確認されています。胴木の下には当然石は無いので、胴木と根石がセットということで、胴木が出てきたレベルを落としていきますと、基底部の階段状のラインができ上がるということになります。

この立面図の上に、1 から 27 まで番号を振っていて、青色のラインが複数書かれておりますが、14 と書かれたところで、一度断面を検討しております。それが、5 ページ目の断面図になります。一番下の根石については、胴木とセットで確認された位置を落としております。そこに向けて、地上部から勾配が降りてきます。ちょうど標高 32 メートルのところ、おそらくここは江戸時代の修理の境だと思いますが、ここで勾配が変化します。勾配を変化させた上で、根石に向かって降りてくると、図のような勾配になると考えられております。

続きまして、三の丸D面の方に移りたいと思います。ここにつきましても、同じくいくつか空白はあるのですが、地中部においても、石材の配列等が確認できております。こちらの面についても同様で、胴木そして根石を確認した上で、基底部の状況、段切りの状況、レベルを確認しています。こちらについては、概ね 3 段の段切りがあるものと考えられております。ここで一番特徴的なのは、段切りの範囲⑩と書いてあるところで、地山を削らずに、盛土をしているというところです。ここについては、盛土の上に根石が乗るということを、現場で確認しております。

上に 11 と書いてあるところで断面図を作りますと、7 ページの断面図となります。C面とあまり変わらないかなと思いますが、上から降りてきた勾配が、標高 32 メートルの修復の境のところ、変化を持って根石に向かって降りていくというような勾配になることが、考えられております。

続きまして、下側の帯曲輪の方に移りたいと思います。8 ページは、帯曲輪H面の立面図になります。平面図の方でも少しお話させていただきましたが、帯曲輪石垣というのは、基底部においてもかなりの情報が得られています。ですので、立面図においても、三の丸以上に元の姿をかなり精緻に捉えられているかなと思います。

帯曲輪につきましても、緑色のライン、要は地表面より下が、概ね 4 メートル近く埋もれていたということが、確認されています。三の丸同様、根石の下には胴木が敷かれ、段切りが行われており、ここについては 4 段分、地山を削った段切りが綺麗に確認されています。

この図面で言うと、茶色いラインで地山のレベルを記入しておりますが、これについては 9 ページの断面図の方に反映されています。帯曲輪H面の 14、21、27 の断面を示しています。

この断面をお示ししたかった理由としましては、まず帯曲輪石垣は、根石の位置は概ね押

議長	<p>さえられております。崩れた形状を考えますと、帯曲輪石垣は転倒崩壊なので、おそらく足元はあまり動かなかったのかなと。</p> <p>一方で、その後ろから三の丸石垣が滑ってきて、押している可能性があります。この断面図の一番下に書いてあるのが根石の位置ですが、崩れた影響によって動くとする、前に、この図面で言うと右方向に動くのはよくわかります。これがキーポイントで、要は根石の位置がここだとすると、地上部からくる勾配は、どこかで変化点、折れ線を作ってやらないと、根石の位置に到達しないということです。</p> <p>崩れた影響によって、根石が内側に動いて折れ線ができるならば分かりますが、崩れた影響で内側に動く、要はこの図面で言うと左側に動くということは、まずあり得ません。崩れた影響で動くとする、右側に動くはずなのですが、動いたとしても、やはりどこかで折れ線を作ってやらないと、根石のところには到達しない。帯曲輪の勾配には、地上部、地中部のどちらか、その境くらいで変化点があるということが、わかりました。</p> <p>これは、10 ページの帯曲輪 I 面の方も同様です。帯曲輪 I 面の方も、地中部においても、かなりの情報が整ってきており、元の姿を確認できております。</p> <p>11 ページでは、帯曲輪の方でも同じく、14、21 というところで断面を切っています。</p> <p>南面 14 と南面 21 のいずれにしましても、地上部からの勾配を素直に降ろしてやると、根石の位置には到達しません。どこかで勾配に変化をつけてやらないと、根石のところにはたどり着かないということが、確認されております。ですので、やはり帯曲輪 H 面、I 面ともに、勾配にはどこかに変化点がある。勾配を追って、根石に到達する。要は、根石から積み上げた時に、どこかで勾配を変化させて、地上部を積み上げていたということが、確認されております。</p> <p>最後に 12 ページですが、三の丸石垣に戻ります。三の丸石垣の B 面、E 面です。ここについては、全て崩落しており、元の形状がわからない中で、E 面については、部分的ではありますが、石材の配列を確認しながら回収することができましたので、図面にお示したようなところまで復元することができました。</p> <p>一方で、B、E 面からなる城内側の勾配がどのような勾配だったかということは、確認することができません。</p> <p>ただ過去に三の丸見櫓、城内では東側南東部に位置する櫓なのですが、勾配が 1 : 0.16。この勾配を参考に元の断面図を作っていこうと考えておりますので、この櫓台につきましては、外側の勾配よりも内側の勾配の方がややきつくなるということを想定しております。過去の歴史資料などを見ても、三の丸見櫓ができる以前、ほぼ同時期にこの見櫓も作られていることが読み取れます。ですので、同じ施工の仕方をすれば、城内側の石垣の勾配の方がやや勾配としてはきつくなるのではないかとということで、ここについては、三の丸見櫓の隅部の勾配を参考に城内側の勾配を想定しております。</p> <p>資料 2 については以上となります。</p> <p>ご説明ありがとうございました。委員の皆様からご意見、ご質問をお願いいたします。</p>
----	--

委員	<p>ちょっと感性的な話で申し訳ないのですが、全体をざっと見させていただいて、すごく丹念に調査されているということはよくわかるのですが、やはりこれだけの大事業だと、相当事業費がかかると思うのです。過去の自分の経験から、石材の購入費は結構高いところもあると思います。</p> <p>イメージで申し訳ないのですが、D判定、E判定で現位置に再利用できないという評価の石材が、随分多いような気がします。これがみんな新材に変わっていくと、事業費自体も大変膨らんでいくのかなと思うのですが、現状分かる範囲で、全体が何石あって何割くらいがD、E判定になっているのかということをお教えください。</p> <p>また、使えない原因の一番は何か。例えば、単純に崩落の衝撃で割れてしまったから使えないのかとか、傷が多くて使えないのかとか。文化財の調査の成果として、使えない原因について傾向だけでも教えてもらえると、ありがたいです。</p>
事務局	<p>まず全体の石材数なのですが、回収した石材数が11,746石となります。その中でD、E判定となっているものについては、手元に資料がないので割合的にはわからないのですが、少なくはないです。</p> <p>ただその中で、すべて新材に置き換わるかどうかというところですが、我々にはできるだけここで回収した石材を使いたいという思いもありますので、例えば再加工を施すなどで転用石を使えるところは、どんどん用いていく。それでもどうしてもないところについて、新石材を入れていこうということで考えておりますので、今考えているD、E判定の割合からは、割合的には少し軽減できるのかなとは考えております。</p> <p>あとは破損の原因なのですが、一番わかりやすいのは、崩落によって前後破断をしているということが大きいです。</p> <p>当たりのところは、崩落の衝撃で欠損したということもありますが、長い間当たっているところで、その部分がひしゃげていたり、ひびが入っていたり、当然そういうものが衝撃によって飛んでしまうので、積み直す時に載せる場所がない。そのためやむなくD判定かなというような判定が、一番多いですかね。</p>
委員	<p>ありがとうございました。</p> <p>非常に嬉しいのは、何とかD、E判定でも工夫して使おうということを考えてくださっていて、非常にありがたいことです。この石垣全体が、そもそも本質的な価値を有する文化財と言いつつも、1個1個の材料も文化財ですので、こういう全国的にも厳しく希少な事例の中、この文化財修理の戦いの中でも、それでも再利用しようというのは、可能な限りそうしてもらった方がいいのではないかなと。事業費も安くなるかもしれませんし、そういう努力が必要かなと思います。</p> <p>あと、私はこういう災害復旧を経験はしたことはないのですが、石が本来だったら使えたかもしれないけれど、崩壊の衝撃で使えなくなってしまったというのも、すごく重要なところかなと思います。報告書の中でしっかり書くなどして、何でこんなに交換率が多いのかというところが、ちゃんと説明できるようにしておいてもらいたいかなと思います。</p>

	<p>それからもう一つ、例えば、資料 2 の A 面と B 面の、要は入角部のところ。今日配布していただいた資料の A 面の立面図を見ながら思ったことなのですが、今回の災害で崩れている中で、A 面 B 面の入角部の実測が常識的には取れない実測図のはずなのですが、何でこれが作られているのかを、ちょっと説明してもらっていいですか。</p>
事務局	<p>入角部、要はこの測量図の一番右端で、石材が飛び出ている箇所が何ヶ所かあるというところですね。</p>
委員	<p>そうですね。</p>
事務局	<p>ここについては入角ということで、算木積みになっているということはわかっていたのですが、当然石垣の中に隠れる石材は測量することができないので、こういった図面というのは、そもそもの測量図で書くことはできません。</p> <p>しかし崩落前の測量データがあったということと、崩落後回収した時にその石材と崩落前の写真を見比べることで、現位置を確定することができました。それでこの位置なので、使い方としては、長手方向だとか短い方向だとかいったことが確認されました。そういったことで、入角部の算木積みの石の使い方といったものを、測量図に反映することができています。</p>
委員	<p>本当に丹念な仕事で、つまりこれは 1 回の機械的な測量ではなく、さらにその次の段階で石材個々を観察する中で、繋がりやの姿形がわかって、それを付け足したということなのですよ。</p> <p>そうすると、非常に文化財的には大変な仕事なのだけれども、すごく重要な成果というか手法なのではないかなというふうに思います。ですのでこれも報告書に、単に測量しただけではありません、その後の石材調査の成果も反映させていますということを、しっかり書いてもらいたい。もう十分、各地の水準を満たしているのではないのかなというふうに思います。</p> <p>これを見ると、算木積みの構造であるということが目視ではわかるのですが、こういう測量図からも、やはり石垣の構造を証明することができるということ。また歴史的には、A、B 面は一体施工だったという、築城当時の工程もその中でわかってきます。</p> <p>A、B 面は修理の履歴はあるのでしたっけ。オリジナルの遺構なのですよ。</p>
事務局	<p>三の丸の中で出てきた「埋没石垣」と我々が呼んでいるものは、三の丸坤櫓のかつての櫓が、江戸時代において崩落して埋め殺しにされたところだと考えています。そう考えますと、A 面、B 面、C 面、D 面というのは、江戸時代において修理があってもおかしくないとは考えております。ですので江戸時代以来のオリジナルではありますが、江戸時代に築き始めた当初の姿ではないとは考えております。</p>

委員	<p>わかりました。どの時期に構築された遺構なのかという問題は、当然学問的にはあると思いますが、土木構造物で見ればA面B面は一体の構造物であるということは、とても重要なところだと思います。ですから私なんかも仕事が雑なものなので、一見測量すればいいのではないかと思いがちなのですが、そのあたりの成果、石材調査の後もこうやって図面に戻していくという作業は、全国的にも丸亀城から発信してもらいたいなというふうに思います。報告書作りとか、あるいは今後ことある毎の公開の場とかで、またそういう成果をちゃんと説明してもらえればと思います。以上です。</p>
委員	<p>新材に置き換える際の新材の加工の方針というカルールは、定められていますか。今の段階でいいのですけれども。</p>
事務局	<p>新材のルールとして、仕様書の中に書き込んでおります。基本的なこととして、旧材の表面に合わせる、馴染ませるということを目指しております。</p>
委員	<p>要は表面の部分の大きさは、旧材のカルテでわかった大きさをきちっと踏襲するというのと、加工の仕方は、周りの意匠と馴染むような加工の仕方をするということですか。それとも、その辺をどこまでこだわりと言ったらあれなのですけど。</p>
事務局	<p>新石材だとわかるような加工をするのか、周りと同じ馴染ませるのかということですね。そこに関しては周りと同じ馴染ませるというよりは、旧材の表面を踏襲することにしておりますので、結果としては周りと同じ馴染むと考えております。</p>
委員	<p>基本方針は資料 1 として、その枝葉の部分で、今申し上げたように石材を置き換える。そして置き換えた石材は、どういう加工を施してどのような目的でその方法を採用したのかということも、重要な情報になろうかと思っておりますので、そういう意味でお聞きしました。</p>
委員	<p>勾配の話ですけれども、5 ページの三の丸C面断面図 3-14 のところで、32メートルのところに丸 1 点がついていまして、ここから上はもう勾配（反り）を割り付けていて、その下は直線だという見方でいいのですよね。</p> <p>要するに勾配に興味を持っている者としては、どこから勾配を割り付けていったかという情報ということ、非常に知りたかったのですけれど。そこがわかったというのは、多分全国的にも数少ない例だと。</p> <p>だから実際にこれから詳細設計をしていくと思うのですけれども、そういった観点から、割り付け方、標準の勾配といったものは、ぜひ設計とは別に調査研究テーマとしてやっていただきたいなと思っております。秘伝書、全国に勾配が 3 つありますけれども、そういったものと比較して、また面白い成果が得られるのではないかなと思っておりますので、ぜひその辺よろしくお願ひしたいと思います。以上です。</p>

議長	<p>他にご意見ございますか。</p>
委員	<p>しつこいようですがちゃんと聞いておきたいところで、資料 2、4 ページの C 面についてですが、これは崩壊前の地表面というのが C 面立面図の真ん中に入っています。感覚的な話で悪いのですが、石材の破損率が埋もれている部分はほぼ真っ赤で、上の方には若干黒いものがあります。何か傾向とか原因とかというのは。現状の現位置を取得したばかりで、これから分析とか解析とかが必要だと思うのですが、何か感覚的に気になってしまったので。何か調査所見等があったら、お伺いしたいなと思います。</p>
事務局	<p>少しざっくりとした感想のようなものになってしまうのですが、三の丸地中部、特に下（基底部分）に近づけば近づくほど、破損の仕方というのがかなり厳しい破損、粉碎に近いものであったり、バラバラになっていたりというような印象を受けています。</p> <p>これが何の原因でそうなるかというのは、ちょっとまだわからないのですが、単純に下の方ほどかなりの重量を受けて、その上で滑ってしまったといったところが大きいのではないかという印象は持っています。以上です。</p>
議長	<p>そうすると元の場所に戻すという基本方針ですが、その破損の原因等も勘案しながら、積み石の大きさを考えるとどうですか、伝統工法の範囲の中で使う石材を判断して使っていくということになっていくのでしょうか。</p>
事務局	<p>ここにつきましては、石材が理由で崩壊に至ったわけではありません。新石材の候補地なども考えておりますが、石材については旧石材と同様の形状で作ってやって元に戻すことで、特にそれがこの先の崩壊の原因になるわけでもないと考えておりますので、そこについては元の積み方通りに積んでいく。これはいわゆる伝統工法にはなりますが、そういった積み方で直すということで問題ないかなと考えております。</p>
議長	<p>ご意見ございますか。</p> <p>では無いようですので、議題（2）復元図につきましては了承するというところでよろしいでしょうか。</p> <p>ありがとうございます。了承するとさせていただきます。</p> <p>次に議題の 3 つ目です。「石垣復旧断面構造（案）」について事務局から説明をお願いします。</p>
事務局	<p>お手元の資料 3 をご覧ください。A3 版のものが 1 枚と、後ろに A4 のものを参考資料として載せております。</p> <p>ここでは「石垣復旧断面構造（案）」といたしまして、現代工法を採用しての検討ということを行っております。ここに載せてある断面は、崩落前の断面での検討結果を踏まえ、できる限り崩落前の姿での復旧を目指し、かつ地震時や崩落水位時においても安定した構造体とするために必要最小限の現代工法を採用し、さらに崩落の要因である雨水などの浸透水に対</p>

する排水についても検討したもので、この断面を本石垣復旧事業における復旧断面構造案として考えております。

下の図面は、いろいろ現代工法等を交えた断面になっております。この断面を検討した段階のものを、パワーポイントにまとめておりますので、そちらを説明させていただきたいと思っております。委員の皆様には、同様のものをお手元にお配りしております。

その資料は検討段階のものなので、この会の終了時には申し訳ありませんが回収させていただくということで、ご了承願えたらと思っております。

では、パワーポイントに沿ってお話していきたいと思っております。

まず断面構造についてということで、大きくは勾配、そして栗石の幅がどのようなものなのか、そして根固め石垣の位置はどこにあるのかということについて文化財調査成果をまとめまして、ここに図面をお示ししております。

まず勾配についてですが、勾配の変化点として、A B C D E というふうに書いております。三の丸についてはA B C、帯曲輪についてはE F です。

先ほど資料 2 の方でもお話したのですが、三の丸の方で大事になってくるのは、B点とC点とD点になります。

B点は何があったかということ、これは標高 32 メートルのところなんです。その右側にお示しているC面 32 段目に施された切り込み加工というところで、ここで1度わざわざ石材に切り込みをして、胴木を敷いて積み替えています。ここが江戸時代における修理の境目だと考えておりますが、ここで1度勾配が変化します。

その次に基底部の方にずっと下がってきまして、C点とD点となります。ここで勾配が変化する理由としては、基底部の構造である根切り溝の影響かなと思っております。

まずC点が根切り溝の上端部分。そしてD点が根石の前面ラインです。三の丸石垣C面の残存部で確認したところ、この根切り溝の深さは概ね約 2 メートルでした。溝の中はほぼ垂直に近い形で積まれて、溝の外から勾配をつけて積み上げるというようなものを確認しておりますので、三の丸につきましては、特にB点・C点・D点は、勾配の変化点として重要なところになります。

また帯曲輪石垣のE点とF点ですが、先ほど資料 2 の方でもお伝えしましたように、帯曲輪石垣の上からの勾配を素直に伸ばしていても、根石には到達しない。根石に到達させるには、どこかで変化点を用いてやらないと根石には届かないということをお伝えしたと思っております。ここに載せている先ほどの断面と同じです。帯曲輪H面との 14、21、27 の断面図となっております。ここについては根石の位置が押さえられておりますので、そこに向けて勾配を伸ばし変化点を作ってやることで、根石に到達する。これは感覚的な話になりますが、地中部にやや入ったところあたりで、やはり変化点があるのではないかというような感想を抱いております。

次に 2 ページ目の右側です。三の丸石垣地中部の前面に築かれている根固め石垣の立面図と、解体後の平面写真を載せております。

ここでは、三の丸石垣から根固め石垣の前面までどのくらいの距離があるのかということ



をお示ししております。根固め石垣の 2 段目解体時、7 段目解体時、11 段目解体時、要は上中下の解体時の写真を載せております。2 段目については、三の丸石垣前面から根固め石垣までの距離が 2.13 メートル。根固め石垣 7 段目では 2 メートル。根固め石垣 11 段目では 1.90 メートルということで、どこを見ても三の丸地中部の前面から根固め石垣の前面までは、概ね 2 メートルの距離を取って築かれているということが確認できました。

続きまして栗石幅の設定についてです。栗石幅は一体どのぐらいの幅があるのかということで、ここでお示ししているのは三の丸西石垣、要は三の丸A面解体時の断面のオルソ写真となります。ここでは、築石の後ろから約 1.2 メートルの栗幅が設けられていることが確認されております。

一方で帯曲輪の方はどうかと言いますと、帯曲輪石垣はこれまでも過去に修理をしております。

まずその際の修理の報告書から読み込むと、ここでは帯曲輪南石垣、今回の事業でいうとK面辺りの石垣修復工事の土層なり写真なりをお示ししていますが、ここでいうと帯曲輪石垣の栗幅は、概ね 1.5 メートルであるということが確認されています。

その下側の写真は帯曲輪H面ですが、この栗幅はどうか。オルソ写真で測ってみますと約 1.5 メートルですので、帯曲輪石垣について言えば、栗幅は概ね 1.5 メートルで積み上げられているということが確認できました。

次に栗幅といえば栗幅なのですが、特徴的なところで三の丸のC面の立面図になります。

ここは、そもそも三の丸坤櫓と櫓台の石垣になります。この櫓台の石垣は、内側がほとんど総栗で作られているということが特徴的です。

ここでは、栗石がどこまで総栗で作られているのかということを確認しております。

まず右側にお示ししているのは、過去の三の丸坤櫓の天端発掘調査時の資料です。そこから、だんだん崩落時の回収写真をお示ししております。

先ほどもお伝えした通り、三の丸につきましては滑り崩壊をしておりますので、これは何段目の石かということは、概ね確認できております。それを測量図に戻せば、標高いくらだったかということが推定できます。当然その背後も同じですので、その段数の背後、要は櫓台の内側の栗石の状況がどうだったのかということ、写真でお示ししております。

これでいくと、まず①天端から始まりまして、標高 36 メートルあたりまでは、櫓台の内側が総栗、栗石が広がっているというような状況を確認することができました。

一方でそれから下につきましては、中から盛土や土が検出されておりますことから、少なくとも 36 メートルより上については総栗で築かれていたということを、この解体調査時の資料で確認することができました。

続きまして、暫定検討断面であります。今ご紹介いたしました文化財の調査成果を、断面図に落としております。この断面図をモデル断面として、構造体の安定性確認を行って復旧断面の検討を行っております。ですのでここにお示ししてありますように、三の丸の地上部に関しましては総栗で、三の丸の栗幅に関しては 1.2 メートル、帯曲輪の栗幅に関しては 1.5 メートルというようなモデル図を作っております。もちろんこの勾配、折れ点のところ

も、モデル化して安定検討の計算を行っているというところです。

なおここに根固め石垣がございませんが、これは検討結果の影響に根固め石垣のある無はあまり大きな影響はございませんので、この検討断面からは外しているというような形になっております。

右の 2 つの断面ですが、ここに書いてありますように復旧断面図、案 1 と案 2 というふうになっております。こちらは現代工法を採用した検討結果を示しております。

案 1 と案 2 は何が違うかと言いますと、案 1 の方は帯曲輪石垣の盛土をセメント改良して固めたもの、案 2 は帯曲輪石垣だけではなく、三の丸地中部の盛土も広い範囲でセメント改良したものです。大きな違いというのは、セメント改良を与えた範囲の違いと、帯曲輪石垣には強度、 $260 \text{ k N/m}^2$  というような粘着力を与えております。下の方は、帯曲輪石垣と三の丸石垣の地中部の強度が  $175 \text{ k N/m}^2$ 。強度の違いが上と下であります。今からこれも説明しますが、ジオテキスタイル工法を三の丸の檜台のところに採用しているというような、他の違いはございません。

次にいきます。ここでは解析用の物性ということで、石材、栗石、復旧盛土、旧盛土というような各素材の材料の物性値。湿潤密度とか、粘着力とか、内部摩擦角とかいうようなものを、どういった数値を与えてこの構造計算に反映させるかということを書いております。

まず石材でございます。2.1.1 の石材の湿潤密度になります。こちらは 18 個の石材に対して試験しております。その試験結果の平均値として、 $25.2 \text{ k N/m}^3$  という値を採用しております。

次に粘着力としてはゼロです。内部摩擦角として  $32.2^\circ$  というものを採用しておりますが、これは石材というよりは、石積みをしていくときに築石と築石の間に栗石をかますということになりますので、大きくは栗石の摩擦抵抗というものが作用してくるのかなという考えで、栗石の一面せん断試験を行っております。その試験値（実験値）を採用しております、 $32.2^\circ$  というものを使っております。

栗石の方も、一面せん断試験の結果を採用しております。単位体積上、湿潤密度に関しましては  $18.3 \text{ k N/m}^3$  という値を採用しております。これも実験値です。

内部摩擦角と粘着力に関しましては、この実験値の最弱値  $10.1 \text{ k N/m}^2$  と、内部摩擦角  $33.8^\circ$  というものを使っております。

復旧盛土については、三軸圧縮試験を行った試験結果を採用しております、密度が  $18.3 \text{ k N/m}^3$ 、内部摩擦角が  $35.1^\circ$ 、粘着力が  $0.8 \text{ k N/m}^2$  というような数値を与えております。その下の旧盛土の方に関しましても、同じく実験値（試験値）を与えております。体積重量が  $18.5 \text{ k N/m}^3$ 、内部摩擦角  $24^\circ$ 、粘着力  $11.6 \text{ k N/m}^2$  というような値を使っております。

2.2 のところで準拠基準ということで、①大型ブロック積み擁壁設計施工マニュアルだとか、②道路土工擁壁工指針だとかいうような、各専門的な指針を参考に安定検討を行っているということをここでは書いております。

その下の 2.3 許容安全率では、どういった検討をするかと言いますと、まず転倒に対する安定計算、滑動に対する安定計算です。全体安定、これは滑りの方ですね。それぞれの検討項目に対して、常時・地震時・崩落水位時の安全率というものがございまして、この所定の安全

率をすべてクリアするような断面構造を目指していくような基準値を、ここで定めております。

次に 2.4 設計水平震度、地震の値ですね。ここでは設計水平地震度 0.13 というものを、基準の通り与えるということにしております。

2.5 荷重ですが、これは石垣の天端に群集荷重  $3.5 \text{ k N/m}^2$  を採用させて計算しているということです。

3.設計方法については、詳しくは割愛させていただくのですが、石垣の転倒と滑動に対する安定計算。それと石材、栗石、盛土を含めた石垣全体構造に関する安定計算。こちらは円弧滑りの検討になりますが、そういったことをそれぞれ検討しているということを書いております。

3.2 では、耐震用補強ネットの検討方法というものを記しておりますが、これはジオテキスタイル工法のことを書いております。ジオテキスタイル工法の土圧が低減される際に有効となる範囲とは、敷設面より上部 50 センチずつ、合わせて 1 メートルとするということです。低減される土圧の下限値は土圧の水平分力の  $\frac{3}{2}$ 、地震時は  $\frac{2}{1}$  を使うというようなことを書いております。

3.4 では検討フローということで、安定検討をどのような順番で行っていったかということフロー図で表しております。このフロー図左側の帯曲輪石垣単体、そして三の丸石垣地上部単体、最後にそれらを合わせた全体というふうに、順を追って検討していております。

まず先ほど説明したような設計条件を与えまして、帯曲輪単体の方で崩落前の姿の仕様と言いますか、従来工法のみで行った断面に対して、外的安定というのは何かといいますと、滑動と転倒のことですね。その安定検討を行います。それが OK であれば、次の滑り検討というところに行きますが、これが NG でありますと、何らかの対策工をしなければならないということで、例えば盛土の補強とかジオテキスタイルとかというような、現代工法を採用しての対策工法を行います。それが OK になれば、今度は滑り検討をします。同様の作業を三の丸地上部においても行います。この両方がすべて OK になったところで、全体を合わせたの全体滑りの対策検討を行います。ここで NG が出れば対策工法の見直しを行い、OK が出るまでこれを繰り返します。OK が出れば、そこでこの対策工法は OK ですよということになります。

次ページでは、先ほどのフローに則って帯曲輪石垣の検討をしております。伝統工法のみで安定計算を行った時の結果というものを、グラフでお示ししております。

このグラフの見方ですけれども、横軸が安全率、縦軸が帯曲輪石垣の高さを示しております。天端が 0 ですので、11 メートルの高さがあるところを示しております。グラフの中に赤のラインと青のラインがありますが、赤のラインが常時の安全率 1.5 を示しております。青のラインが地震時の安全率 1.2 を示しております。このグラフは、この線を超えればアウトですよというようなものになっております。

左のグラフは、滑動に対する安全検討です。プロットしているものが二つありますが、下側の赤のプロットは常時の検討結果ですので、常時については問題ないという検討結果になっております。青のプロットは地震時です。地震時で 7 メートル、8 メートルを超える辺りか

らも、安全率が確保できないというようなことを表しているグラフです。

同様に右側は転倒に対する安全検討です。同じく常時については何の問題もありませんが、やはり地震時においては、所定の安全率を得られないというような結果になっております。

ですので、地震時における対策工法が必要になります。

まず何を考えたかという、ジオテキスタイル工法です。これを対策方法の一つとして考えております。

ですがジオテキスタイルという対策工法は、土圧定義の横幅が 1メートルであることを踏まえて、最大敷設できる 11 段を検討しましたが、11 段敷設しても転倒に対する検討で不成立というような結果になっております。

不成立になったので次は何を考えたかという、帯曲輪の盛土部分をセメントなどの改良材で固めた検討をしております。その検討結果は、ここに載っております。先ほどのグラフと見方は同じです。グラフを見ていただくと赤色の常時の安全率は 4 以上と、かなりあります。地震時においても、所定の安全率を確保するということがわかっております。

盛土の部分をセメント改良した結果、安全安定が確保できるということで、次に滑り安定検討を行っております。

4.2.1 では、従来工法のみでの滑りの検討をした結果、常時においても地震時においても NG という結果になっております。

4.2.2 では、対策工法を交えての滑り検討を行っております。ジオテキスタイル工法を帯曲輪の盛土内に敷設した時の滑り抵抗に関しては、常時でも地震時でも崩落水位時でも OK という数字が出ております。

しかし先ほどの滑動に対する検討のところで NG という結果が出ておりますので、このジオテキスタイル工法は、ここでは採用できないということです。

下は先ほど言ったような盛土をセメントなどで改良した場合です。こちらは、粘着力  $110 \text{ k N/m}^2$  で改良したら、常時、地震時、崩壊水位時すべてにおいて所定の安全率を確保できるというような検討結果となっております。

右の表は、それをまとめたものとなっております。

以上が、帯曲輪石垣の検討結果になります。

次にフロー図で言うと右側、三の丸石垣の地上部のみの検討結果を、ここで載せております。グラフの見方は同じです。

伝統工法のみで検討しますと、常時の方は安全率を十分確保できます。しかし地震時の方ではやはり安全率が確保できないため、何らかの対策工法を施さなければならないということで、まず先ほど帯曲輪石垣のところと同様に、ジオテキスタイル工法を用いての検討を行いました。その結果転倒においても滑動においても、所定の安全率はクリアできるというような結果になっております。

滑動と転倒がジオテキスタイルで確保できるということで、次に帯曲輪同様、全体の滑りの検討を行っております。滑りの検討で、従来工法のみでの栗石だけに戻した時の円弧滑りの検討を行ったら、やはり常時においても地震時においても所定の安全率は確保できないという結果でした。

それに対してジオテキスタイル工法を敷設しての検討結果は、常時、地震時、崩落水位時すべてにおいて、所定の安全率を確保できるというような検討結果となっております。

帯曲輪石垣、三の丸地上部の石垣それぞれの対策工法は、このようにしたら所定の安全率を確保できるということがわかったので、それを合わせまして、構造体全体としての滑り検討というものを次に行っております。帯曲輪石垣の盛土は、セメント改良を行っております。三の丸地上部の方は、ジオテキスタイルの工法を施しています。こういった工法を施しておりますが、常時においても地震時においても崩落水位時においても、所定の安全率は確保できないというような結果となっております。

やはり対策工法を見直さなければいけないということになりまして、何をしたかという次のページです。対策工法 1 に関しましては、帯曲輪の改良の強度を 110 から 260 に上げております。それを行いますと、所定の安全率が得られるということがわかっております。

もう一方の対策工法 2 というのは、改良の強度は 175 と、そんなには強度を上げません。その代わり改良の範囲を帯曲輪盛土だけではなく、三の丸地中部の方にも広げたということです。

その結果、対策工法 1、対策工法 2 どちらの工法においても、所定の安全率は確保できていて、安定性は確保できているというような結果となっております。

ここでは、それぞれの工法を評価しております。

まず伝統工法のみで断面を検討を行っております。評価の上の段は、採用する現代工法を書いております。伝統工法については伝統工法のみなので、採用する現代工法はありません。

上の段の対策工法 1 の方は、伝統工法による復旧を基本とし、長期的な石垣の安定性確保のために一部で現代工法を採用します。何かというと、帯曲輪の改良盛土 260 k N/m<sup>2</sup>でのセメントです。あとは三の丸地上部のジオテキスタイルを、11 段設置しているということです。

一方対策工法 2 の方は、同様に伝統工法による復旧を基本としておりますが、一部で現代工法を採用しています。何かというと先ほども説明いたしましたように、帯曲輪、三の丸地中部を改良盛土しております。ただし強度に関しましては、175 k N/m<sup>2</sup>というような強度にしております。同様に三の丸地上部に関しましても、ジオテキスタイルを採用しております。

摘要のところですが、伝統工法のみの場合には、崩落前の構造に最も近いが構造体の長期安定性の確保ができない。

対策工法 1 の場合は、構造体としての長期的な安定性は確保できる。構造体の安定性確保のための盛土に採用する現代工法について、セメントの添加量が多いが適用する範囲が最小限となる。

対策工法 2 の場合は、構造体としての長期安定性は確保できます。構造体の安定性確保のために盛土を採用する現代工法について、セメントの添加量は少ないですが、適用する範囲が地中部すべてとなるというような評価をしております。

下の評価ですが、優先順位を 1 安定性、2 文化財への配慮、3 施工性、4 経済性としまして、それぞれの点数をつけております。

伝統工法のみの場合には、当然安定性については 0 点ということです。文化財への配慮につ

いては満点 5 点ということにしております。施工性については、ここの盛土が水に触れると強度低下を起こすというような性質があります。施工時の雨水対策というような視点で考えており、施工時に雨水対策が必要になってくるというところで、施工性は 0 点にしております。経済性については、やはり伝統工法を用いるのが一番経済的であるというような評価にしております、3 点です。合計が 8 点ということです。

対策工法案 1 の場合は、安定性についてはもう確保できておりますので 5 点。文化財への配慮については、形はやはり伝統工法というところで、元あった姿を目指しております。その上で必要最小限の現代工法ですね、帯曲輪石垣のみの盛土の改良、ジオテキスタイル。ここは従来工法で戻すというようなところで、文化財への配慮をしているということで、評価は 4 点です。施工性は、セメントを混ぜない部分に施工時に何らかの対策が必要ということで、1 点ということとなっております。経済性は、セメントが 1 ヶ所だけで済むので 3 点ということにしております、合計 13 点にしております。

対策工法案 2 の場合は、改良の材料としてにがりというものもちょっと出てくるのですが、セメントとにがりで比較しております。安定性については当然 5 点になります。文化財への配慮は現代工法を使う範囲が広いので、やはり対策工法案 1 よりは落ちるだろうというような配点の仕方しております。施工性はセメント改良とかにがりとかを混ぜるので、施工時の雨水の対応というのは容易であるかということで、他の案よりも評価をいいようにしています。経済性は、にがりがセメントより非常に高いので経済的ではない、混ぜる量も非常に多くなる、単価も高いということで、評価は低くしております。セメントに関しましては混ぜる範囲が広いので、案 1 よりはたくさんの量が必要になるということで、経済性は点を落としていきます。にがりが合計 11 点、セメントが合計 12 点ということで、対策工法案 1 が一番いいのではないかとこのように評価しております。

次にセメントの材料の改良強度を示しております。対策工法 1 と対策工法 2 のところですが、石灰を混ぜるとどれも必要強度には達しません。

セメント（高炉）BB という材料を使いますと、対策工法 1 では  $\text{m}^3$  当たり 100 キロぐらい混ぜればいけますよと、対策工法 2 は 70 キロぐらいですよと。

次にセメント系（Cr<sup>+</sup> 低減型）の六価クロムが出にくいタイプのものですね。これは 90 キロと 60 キロです。

次に酸化マグネシウム、これがにがりですね。にがりは対策工法 1 で使用しようとする強度不足となりますので、使用できないということを書いております。対策工法 2 で使用するには、 $105\text{kg}/\text{m}^3$  ぐらいを混ぜれば強度を達するということを書いております。

続きまして 7.排水構造及び排水体系についてというところです。やはり石垣の崩落の大きな要因である排水の検討というのは非常に大事になってきますので、ここで検討しております。

まず検討の方法として、計画流量 Q というものを算出しております。計画流量というのは、石垣に入ってくる雨水の量をまず求めております。それに対して、設計流量 Q<sub>a</sub> というものを求めます。これは排水する管渠や側溝の排水能力を求めております。入ってくる量の 1.2 倍以上の能力を持つようなものにしようということを書いております。

次に書いてあるのは計画流量です。石垣に入ってくる水の量を求めるためのパラメーターというものを与えております。非常に専門的になりますが、流出係数は0.3を採用しております。

降雨強度は、道路土工指針に則って香川県の3年降雨強度である1時間あたり84.5ミリ、もしくは石垣が崩落した時の降雨強度である1時間あたり28.5ミリの2パターンの考えがありますが、大きい方の1時間あたり84.5ミリという降雨を想定しております。

集水面積に関しましてはこの地形を考慮して、等高線などから導き出した集水面積をここに書いております。これが2,200㎡になります。

また崩落メカニズムの解析を行った時に、浸透流解析というものを行っております。浸透流解析の結果、城内の全流域の19.6%が崩落した南西角部に水が集まってくるという結論になっておりますので、集水面積が6,860㎡と広い方を採用しております。

次は、入ってくる水の量に対してどれくらいの断面の排水施設を設ければいいかということを検討しております。ここに3つの管の案を出しております。1つはメタルのコルゲート管、もう1つはポリエチレン製のコルゲート管、もう1つはコンクリート製のヒューム管です。ここで粗度係数というものを示していますが、これは管の材質とか形状とかによって、どれくらい水が流れにくいかということをお示ししています。数値が大きい方が、水が流れにくいということです。

それぞれの管の仕様表については、割愛させていただきます。

次に流路勾配ということで、管をどの勾配で設定するかということを書いております。今回一番水が集まってくる帯曲輪南西角から、排水管を一番直近の既存にある集水枡へ持ってくるとすれば勾配が27.8%となり、かなり急な勾配になります。

その次に検討したのが、帯曲輪南西角からその次に近い既存の集水枡まで持っていくとすれば、どれくらいの勾配になるかということを示しております。勾配は先ほどよりはかなり緩くなり、2.9%の勾配です。ただし100メートル以上管を敷設延長しなければ、これには到達しないということを書いてあります。

次に示しているのが、計画流量です。石垣に入ってくる水の量の計算結果を書いております。計画流量は表の下から2段目で、 $4.83 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ という結果になっております。その1.2倍の量を掃けるだけの断面が必要だということで、設計に用いる計画流量としては、1.2倍の5.8㎡の施工という値を採用いたします。

次のページでは、左は流路勾配が27.8%のところ、一番直近の集水枡に導いた時の場合のコルゲート管とヒューム管それぞれの流速と設計流量を書いてあります。

一つ前に戻っていただけますか。お伝えするのを忘れたのですが、ここで管の平均流速の評価というものがあります。管内の流速というのは、あまり早過ぎても管を痛める恐れがあり、遅過ぎても砂などが溜まるというような現象が起きますので、ここでは決まりとして、概ね0.8から3メートルくらいの流速に収めましょうというようなことを基準で書かれております。

それを鑑みましてこの流速を見てみますと、やはり勾配がきついところは、3.1、4.18、4.89というふうに流速が基準よりはオーバーしています。これは勾配がきついということが

一つの大きな要因だと思います。

一方設計流量としては 5.83、5.85、5.81 と、それぞれクリアしていることが分かります。

また 2.8%長い距離を敷設する 2.9%の勾配に関しましては、流速は 1.34、1.83、2.14 と、それぞれ基準値内に収まっております。

しかしこの遺構面を 100 メートルも掘って、しかも敷設するというのは、やはりちょっと現実的ではありません。維持管理の面においても、管渠を 100 メートルも掘ってずっと敷設するのはやはり現実的ではないというような判断で、次の検討を行いました。

次はどういった検討を行ったかといいますと、既存の一番近いところの集水枡へ導くのですが、途中でマンホールを設けて勾配を緩くしてやろうということを行っております。管内の流速が 3.00 になるように勾配を設定しております。

しかしマンホールが 4 メートルとか 5 メートルとかの、かなり深いものを入れなければならないというような検討結果になっております。これは地山を掘り込むような行為にもなりますし、こちらの維持管理も容易ではないということで、次の検討を行いました。

次の検討は何を行ったかというのと、先ほどの勾配に対して集水枡を設けて、そこから先は地表面に道路側溝を設けて水を流そうというような考えを行っております。これはなぜかと言いますと、道路側溝というのは地表面にありますし、開渠に蓋をしたとしても非常に維持管理がしやすいのです。壊れてもすぐ直せるというようなものになりますので、多少勾配がきつくて流速が早くても維持管理が容易であるのであれば、この道路側溝は使ってもいいですよというようなことを書いております。管渠と集水枡、そして道路側溝で、既存の集水枡へ導くというようなことを行っております。

こちらは平面的な話ですね。帯曲輪の角から出して、ここの既存側溝へ持っていく。この系統が 1 系統だけでは、目詰まりとかもしもの時とかに心もとないところもあります。ですのでC面の深いところやH面の深いところからも、複数系統の排水というものを検討しようということで、ここに平面図を載せさせていただいております。

ここからは、盛土内の排水について考える上で、そもそも丸亀城では崩落したところを含め、どのような排水溝の実態があるかということをもとめております。

まず (1) 表面排水遺構というところで、表面排水としてどのようなものがあるかということです。位置図の赤枠で囲んだところが今回お示しするエリアで、ここから下に戻ってくると崩落エリアになります。ここには我々が石樋と呼んでいる吐水口があります。ここに向けて凝灰岩製の排水路が敷設されています。今のU字溝みたいな形です。

上からの写真がこちらになります。排水の起点はどうかということですが、ここにはかつて乾槽という槽が乗っておりました。おそらく建物の雨落ちをここで受けて、そのままこの写真で言うと左へ凝灰岩製の排水を敷設する。

ここに集水枡が 2 つあるように見えますが、これは修理を行っております。本来は後ろ側の集水枡がオリジナルで、ここから水のレベルを下に落として、暗渠排水となって最終的に吐水口に繋がるというような表面排水構造があります。

この際のトレンチの土層観察を行ってみますと、ここに石垣（築石）がありまして、ここ



に凝灰岩製の排水路があります。ここに向けて、盛土をわずかに傾斜づけるような敷設の仕方をしていました。ですので必然的に乾槽からの雨を外に流す構造にはなっていますが、盛土も斜めに敷設することによって、曲輪部分の表面排水も行っているということが確認できました。

次に(2)盛土内の排水遺溝ということで、ここでご紹介しているものは、平成7年度から8年度にかけて行った帯曲輪西石垣の修理工事に伴う報告書から持ってきております。

帯曲輪西石垣というのは、図の赤い四角で囲っているところです。ここでは栗石、安山岩を使った排水遺構が見つかっていて、延長約3メートル、幅が0.3メートル、高さ1メートルで、最終的には帯曲輪石垣の栗石層にぶつけるというような構造になっているものです。

ここでお示ししているのは、帯曲輪西石垣を修理した時のボーリング位置図です。I、I'、II、II'、A、A'、B、B'とありますが、ここで重要になってくるのはI、I'。ボーリング調査から考えられたこの断面図というのは、後で出てきます。

それと黄色でお示ししているのが、この石垣修理を行った時の土層を記したところですが、ほとんど同じ位置なのですよね。これに対して青色で示しているところが、今回ご紹介する排水遺構の位置となります。この1、1'と土層を書いた場所は、ほぼ同じ位置だということが重要になってきます。

まずI、I'断面ですが、ここにボーリング位置があります。ここから想定された断面図だと、こういったふうに地山があるんだろうと想定されていました。排水路は概ねその一番高いレベルのところにあると。断面図的に見ても、この色をつけたところに排水遺構があり、これは地質調査の断面図に一応落とししたものです。

一方で土層を観察してみますと、この水色で示したところが排水遺構です。非常に中途半端な場所にあるなというような印象をなんとなく受けたのですが、よくよく見るとこの下側が、地質断面図でいうと山なりと想定されていたところ。実際に土層を見てみると、ここに岩盤があってここに地山、ここは非常に谷地形になっています。ここはどうも盛土で埋めているようなのですが、こういったことから考えて、おそらく水が地形的に集まりやすいところだったのかなと。そういったところに安山岩で排水路を設けて、最終的には帯曲輪石垣の栗石にぶつけて排水するといった考えのもとに作られた構造ではないかなというふうに考えております。

同じくここは割と面的といいますか、広い範囲での栗石層が敷かれているところです。この張出石垣と呼んでいるところです。南北土層が①、④、⑥とありますが、このレベルで合わせると下の図のようになります。南から北へ傾斜をつけて、栗石層が敷かれたということが確認されました。これはお城では裾に近いところなので、地形が反映されて斜めになっているのかなというふうにも考えたのですが、この下の盛土が水平ではなくて、わざと斜めに盛土を盛っていつていることから、そもそも斜面地を作ろうとした傾斜じゃないのかなというふうに考えています。

この栗石層は最終的にはここで向きを変えて、栗石層にぶつけて排水する。要はこの張出石垣の城内側で、こういうふうに水が流れて、最終的には帯曲輪で抜く。この排水層、栗石層のレベルというのは、この張出石垣の根石よりもわずかに高い場所に設定されています。

わずかなのですが、考えようによっては石垣の一番下から排水するのではなく、根石よりもやや高いところで水を抜きたかったというようなことも、評価として言ってもいいのではないかなというふうに考えております。

次に帯曲輪南石垣、今回の事業でいうとK面と呼んでいるところです。ここにその時に出た埋没石垣がありますが、特徴的なのは、この埋没石垣から右を見ていただくと、かなりの量の栗石層が土層観察の中で確認されています。この栗石層ですが、土層を読み解いてみると真ん中に栗石層、右側に岩盤がありますので、おそらくこの岩盤のせいでここには水がそもそも集まりやすかった。

一方で左側は盛土になりますが、盛土も水平堆積ではなくて斜めに盛っていつていまして、この栗石層に向けて水が入ってくるような構造をここで作っています。ここについて言えば、そもそも水が集まってくる場所に栗石を据えて、そこに向けて盛土内の排水を集めて、最終的には帯曲輪石垣の栗石層にぶつけて抜いてやるというような排水構造というのが確認できます。

実際に崩落した南西部石垣ではどのような構造があるかということですが、まず冒頭にお話した表面排水構造というのは、実はこの三の丸坤櫓、三の丸石垣の天端では見つかりません。南西部石垣で見つかった構造としては、基本的には築石背後の栗石層。そして三の丸坤櫓内の総栗も、排水遺構ということは言えると思います。

一方で盛土内の排水にはなりますが、場所としては今回崩落した三の丸斜面、主に西半分を確認することができました。厚さ10センチくらいの砂利層が敷設されているということを確認しています。

下側が斜面に対してのオルソ写真になりますが、よく観察するとこの砂利層は水平堆積ではなくて、わずかですが斜面の奥から手前に向かって傾斜をつけているということが確認できます。この傾斜というのは、恐らくは各石垣面の栗石層にぶつかるものだと考えております。これが水平堆積ならば、例えば仮設の地盤を良くするためのものということなども調査時には考えたのですが、写真を改めて見て傾斜がついているということは、やはり少なくとも水の流れというものを意識したものではないかなということも考えて、これは水平排水材の指導のもとになっているのですが、面的な排水層として今は評価しています。

次ページが南西部石垣の遺構実態から見る排水状況というところです。資料2等でお示したように三の丸石垣、そして帯曲輪石垣は、根切り溝があって段切りがあるというのが特徴です。

この構造を考えてみると、それぞれの石垣の築石背後の栗石層から、水は当然下へ流れていきます。その水はどうなるかという段切りがありますので、帯曲輪石垣の高い方から低い方へ、段切りに沿って下へと流れていくはずですが、ですのどこに一番水が溜まるかというと、三の丸ではここで帯曲輪ではここ。要は角のところに一番水が溜まるだろうということです。

角のところに何があったかと言うと、角石が残存していてその下に胴木が確認されました。しかも非常に良い残り方というところが、一番重要なポイントになると考えています。

胴木が非常によく残っていたというのも一つ調査成果にはなりますが、調べてみますと木

は水の中にあることで、朽ちずにずっと長い間その形を保っていられたということでした。乾いたり水に浸かったりということを繰り返すことで、どんどん朽ちるというふうなことが書かれていました。

裏を返せば非常に胴木の残りがよかったところは、常に水の中にあっただということが言えます。ですのでこの角部というのは、常に水が抜けることなく溜まっていたということが言えるかもしれません。

過去の歴史資料を見ると、堀が局所的に帯曲輪H面、I面の方にグッと入り込んだり、これは丸亀市の木図ですが、木図でも堀がグッと中の方まで入り込んだりしていて、ここだけですごく特徴的な堀の構造が見られます。そう考えると帯曲輪の突端からこの堀が入り込んだところに向けて、石垣に溜まった水を排水していたのではないかと推測されるのですが、胴木の残り状況から見ると、すでにその機能というのは失われていたのではないかと考えられます。

このような遺構の実態と調査成果からみる排水体系というものを考えますと、まず排水がなされていなかった三の丸の根石と帯曲輪の根石のところ、ちょうど隅部には適切に排水するような構造が必要であろうということが言えます。

2つ目として、三の丸のまずたくさん水が集まってくるところの水を少しでも軽減するために、それよりも上部に何か排水構造を設けることが必要ではないかと考えます。

最後に、そもそも南西部石垣に水が入らないように表面排水構造を設けることが必要と考えています。

なぜこれらが必要になるかという、今回丸亀城では三の丸地中部、帯曲輪地中部においても、調査成果に基づいて根切り溝・段切り等を復旧しようと考えております。基本的には水の流れ方は江戸時代と変わらないため、そのままにしておくと隅部に水が溜まってくるという構造は変わりません。それに対する対策として、ここに挙げた3つの観点から排水構造が必要だというふうに考えております。

先ほどまでは今までの調査成果と言いますか、丸亀城の排水構造というものを文化財調査に基づいて検証したものでした。ここからは現代工法、現代の基準に照らし合わせて、盛土内の排水がどうなっているかということの説明させていただきます。

ここに載せているのが、道路土工の盛土工指針の中の盛土内の排水の考え方を載せております。これを見ますとやはり水平排水層を設けなければいけないので、このように設けております。どのように設けているかという、厚さ30センチの水平排水層を設けなさい、勾配は4から5%程度を設けなさい、高さに関しては5メートルから7メートルの間隔で設けなさいということが書かれています。

一方、NEXCO（高速道路）の盛土の中の排水の考え方というのもよく似ておまして、やはり盛土各層ごとに排水層を設けなさいというような。しかも厚さは30センチ程度ですよという考え方で、現在も盛土内の排水を行っているということが、書かれております。

そういったことを勘案いたしまして、この排水構造を断面図の中に盛り込んでおります。まず排水材は、旧盛土とこれからする盛土の境に排水材というものを施工します。

盛土内は、水平排水材というものを帯曲輪石垣にも三の丸石垣にも設置します。水平排水材とはどういったものかというのは下に簡単に書いてありますが、30センチの栗石に10センチの砕石を載せたもの。排水材というのは、10センチの砕石の間に20センチの栗石を挟んだもので、それぞれ石垣の中に設置して排水を行うということを書いております。

こちらはちょっと詳細設計の部分にはなりますが、根固め石垣からの排水も行わなければならないというところで、根固め石垣からの排水の形態というものを書いております。

資料3の方に戻っていただけますか。今までの検討内容をまとめております。右の表と左の断面図に番号を振っております。それが相互しておりますのでご説明します。

① 石積み 現在工法の採用はありません。伝統工法による石の積み方を行うこととしておまして、石材は回収したものを使用し元の位置に復旧します。破損していたり位置が不明だったりするものについては、転用石や新石材で復旧するというようにしております。

石積みの勾配は、測量成果ならびに調査成果に基づき作成した勾配で復旧し、残置している石垣へ取り合わすということにしております。

② 栗石 こちらも現代工法の採用はありません。栗石材は回収したものを使用します。復旧する幅は、調査成果に基づいて検討した幅で復旧するというようにしております。

③ 根固め石垣 根固め石垣も①石積みと同様に、回収したものを使用し、極力元の位置に復旧するというようにしております。

④ 盛土・地山 こちらについては、現代工法の採用はあります。というのは先ほども説明した通り、構造体の強度不足を補うため、セメントを混合し復旧することで構造体の安定を図ろうとしております。

材料に関しましては、回収したものを使用するというようにしております。

⑤ 根切り溝 こちらも現代工法の採用は有りとしております。セメント混合した地山を掘り込み形状を復旧し、その位置、大きさについて、調査成果に基づくものとして復旧することとしております

胴木に関しましては、腐食による不等沈下など石垣への悪影響が懸念されるため、復旧はしないということにしております。

以上が帯曲輪石垣に関するものです。

次は三の丸石垣の地中部に関するものです。

⑦ 石積み、⑧の栗石 これらは帯曲輪石垣と同様になります。

⑧ 盛土・地山 盛土に関しましては、現代工法の採用はありません。

地山に関しましてはセメント混合を行いますので、現代工法の採用は有りということにしております。

材料に関しましては、回収したものを使用します。

盛土については、先ほど言った通りそのままのものを使用し転圧していきます。

地山に関しては、セメント混合したもので復旧して構造体の安定を図ることとしております。

⑩ 根切り溝 こちらも同様にセメント混合した地山を掘り込み形状を復旧し、その位置、大きさについては調査成果に基づくものとするとしております。

議長	<p>ただ一部では、地盤の支持強度を確保するため最下段に⑪の置換石材を使用するということにしております。</p> <p>胴木に関しましては、帯曲輪石垣と同様です。腐食による不等沈下などの悪影響が懸念されるため、復旧はいたしません。</p> <p>次に三の丸石垣の地上部です。</p> <p>⑫ 石積み こちらは①と同じです。伝統工法により復旧を行います。</p> <p>⑬ 栗石 三の丸地上部の栗石は、総栗状態になっております。栗石材は回収したものを使用して復旧いたします。</p> <p>調査成果に基づき天端、標高 50 メートルから 36 メートルの間は、すべて栗石で復旧することとしております。</p> <p>構造体の強度不足を補うため、⑮ジオテキスタイル工法、図面には赤で線を引いておりますが、これを施すこととしております。</p> <p>参考に、ジオテキスタイル工法について簡単に書いたものを次のページに載せております。こちらは通常は盛土の補強で使用するものでございますが、今回は栗石のところで使用すると、ジオテキスタイル工法というのは下の写真にあるように、網目状のポリエステル製のものです。網目状のシートを栗石と栗石の間に敷設することで、栗石が滑ろうとする力に対して抵抗力を発揮し、栗石の安定性を保つものです。こういったものを採用して、安定を確保することとしております。</p> <p>⑭ 盛土 盛土材は、同様に回収したものを使用することとしております。</p> <p>盛土のジオに関しましては、上からの雨水が盛土内に侵入するのを防ぐために、一部遮水層を設けることとしております。これはセメント改良したものを使用することとしておりますので、現代工法は有りということにしております。</p> <p>続いて排水構造についてです。排水構造は先ほど説明しました通り、排水材を施工境に設置する。盛土内に水平排水材を設置する。これにより石垣内の雨水などの排水を促進させる。そこから栗石を伝って下の根切り溝の中に入ってきた水は、三の丸の根切り溝から帯曲輪の石垣へ 300 ミリの管で導く。</p> <p>さらに帯曲輪の地中奥深くの根切り溝に入った水は、同様に管で導いて、新たに設置する集水枡へもってくる。その先は道路側溝を使用し、既存の枡へ導くというような排水体系を考えております。</p> <p>また三の丸石垣と帯曲輪石垣の天端に関しましては、上からの降雨の水を極力石垣内へ入れないというような考えのもと、自然色アスファルト舗装という、土に近い色のアスファルト舗装をそれぞれ施すこととしております。</p> <p>以上が石垣復旧断面構造案ということで、お示しさせていただいております。どうぞご議論の方よろしく願いいたします。</p> <p>詳細な説明をありがとうございました。案として示されています石垣復旧断面構造。この構造に至るまでの各種の詳細検討結果、また文化財的な知見から導かれることとして、ご説明をいただきました。</p>
----	---

	委員の方々からのご意見ご質問、よろしく申し上げます。
委員	質問と言いますか、栗石と盛土は回収したものを使用するという事で、量的には発生材で間に合うということ、現地にあるものすべて補えるという認識でよろしいですか。
事務局	<p>量に関しましては、今いろいろ精査しているところもあります。</p> <p>もし不足が生じる様であれば栗石に関しましては、基本方針の個別の方に書かせていただいているように、安山岩の角礫を使用すると。</p> <p>また盛土に関しましては、花崗土を使用すると。こちらは購入になります、足りない場合はそういう考えでやっていこうかなと考えております。</p>
委員	あと、これは基本的な考えなので細かいことになってしまいますが。この案の想定というところで、栗石は全部手詰めでやっていくというような方針なのですか。栗の施工方法は、丁寧に手詰めで細かくやっていこうとするのか。その辺もっと丁寧にと言ったらあれですけども、そこで量的な問題も関わってくるということもあるのかなと思ったものですから。栗の施工について、一応現段階でどのようにお考えなのかということをお教えください。
事務局	栗石に関しましては、従前に一面せん断試験というものを行っております。その試験の中で、機械で栗石を敷いた時と手詰めで敷いた時の密度を出しております。これがさほど変わらないというような結果が出ておりますので、現段階ではその実験結果に基づいて、機械の方を使用するように考えております。
議長	<p>途中のスライドで、構造比較表というものがあったかと思えます。○×でつけているもの。伝統工法のみ対策案1、対策案2とあります。現代工法を適用する必要性、適用のさせ方ということを見ると、従来の構造体（伝統工法で作られている構造体）を、伝統工法で修復した場合に、その機能が十分に発揮できない（その機能だけでは外力に対して不足する場合）に伝統工法の機能を補足してあげるという観点で、伝統工法を設けるという考え方にすべきだというふうに、私は考えています。</p> <p>そういう意味では、現在対策案1で考えていますけれども、この方法でいいのかなと思っています。というのは、帯曲輪の役割というのは極めて高い高石垣の三の丸の石垣を積み上げるときに、三の丸石垣がやはり変形を起こす、崩壊を起こしそうだということで、当時おそらく根固め石垣を設けた。根固め石垣だけではまだ不足するというので、三の丸石垣も置いた。帯曲輪石垣が三の丸石垣を抑える役割はしているので、修復する時にも帯曲輪の機能を補強してあげるというふうな、現代工法の選択であるべきだと思っています。</p> <p>そういう意味で、対策案1の方が対策案2よりもより好ましいのかなと考えます。</p> <p>ですから優先順位をつける時の○×△の所には、文化財の配慮という点もありますが、現在のこの文化財の配慮というのは文化財、遺構を壊すかどうかという観点での点数づけだと思うのですね。</p>

	<p>さらにここで付け加えるとすると、当初の構造体の機能の排土ということから考えると、対策案 1 と対策案 2 を比較すると、対策案 1 の方が優位性は高いのかなど。順番では対策案 1 が計 13 点◎となっています。それに変わりはないのですが、構造体の機能としても補強をした上で現代工法の適用という意味で、対策案 1 の方が望ましいのかなというのが私の考え方になります。以上です。</p>
事務局	<p>今おっしゃっていただいた通り、やはり崩落メカニズムでも、帯曲輪石垣が滑ったその後に三の丸石垣が崩れたということも示されております。ですので我々もその点、それぞれの石垣の役割というものも考慮して、まず帯曲輪石垣を動かさない、かっちり三の丸石垣を抑える役割ということを考えて、その役割を果たせるような形で、ここに集中的に現代工法を採用するというような考えです。そこに文化的な評価というのも入っているというふうに考えております。以上です。</p>
議長	<p>もう 1 点、今回の崩壊の原因が大雨の時に崩れたということでした。その対策に関しても、今回のご提案に関しては、背面から土の中に入った雨水は早期に抜くということ、また表面からの侵入も防ぐということと、根切り溝のところ集中して集まってくる水に対しても、計算をして適切に排水計画をされている。</p> <p>またその排水のルート等も、文化的な工学的な地形も含めて行っているということ、そういうことでは非常に評価できるものかなと思いました。</p>
委員	<p>基本的によくわかりました。この考え方ということは、賛同します。</p> <p>ただちょっと聞いていて、例えば (1) の時点でどこまで調査されるかはよくわかりませんが、胴木は今回復元しないわけじゃないですか。それはそれで納得していますが。胴木は文化財としては通常全国的に復元するものですか、しないものですか。</p>
事務局	<p>その事例については、もう少し調査しているところで。</p>
委員	<p>つまり、やはり文化財の復旧事業なので。今の話は土木の説明としては分かったのですが、何かもうちょっと文化財としての話が。</p> <p>つまり胴木であれば、先ほどの説明でいくと水が溜まってついてくるから、そこに当時のエンジニアの人達が胴木を入れても、構造的に機能を発揮するからと。でもそれが枯れてしまうと当然腐食してしまうという話の中で、将来的な不安があるからと言いながら、でも水はここに集まる構造になっているわけじゃないですか。</p> <p>つまり文化財として胴木が入れない理由というのが、もうちょっと説明があってもいいのかなという感想を、個人的に持ちました。文化財としてどうなのかということが。</p> <p>例えば水平排水材を入れるというところ。その通りだし、やはりここまで証明できたことはあまりないと、私は逆にそういう考古学的調査、過去の成果が今回ここでフィードバックされていていいと思います。しかし、そこら辺もちょっと推してもいいのではないのかなという</p>

	<p>ことで、今日随分丁寧に説明して下さったと思うのですが、このA3の概要版の中に、もうちょっと何か文化財としては本来こうなんだけどという部分があった方が。先々文化財修理として説明をするときに、文化財的には本来こうなんだけどこういう理由でという、もう少し何か説明があるといいのかなという感想を持ちました。</p> <p>ですから議長のお考えに少し近いところもあって、ちょっと気になりました。内容に対して別に反対するものではないので、今後の説明としては、もう少し文化財事業であるということが出てもいいのかなと思いました。</p>
委員	<p>洞木の点で言えば、低平地の修理では結構使っていると思うんですね。佐賀城でも、修理の時には土木の方々も一般的にも使っていますね。近世の場合はあまり建具を入れないのですが、建具を3メートル近く打ち込んでそれに結束するようなことでされているので、修理の中では結構使っているのかなと思います。</p> <p>同じく洞木の話でちょっと確認したかったのは、C面32段目で例を出された、切り込み加工があって洞木があったということですね。解体のときの所見として、洞木自体ほとんど木が無くなっていると思いますが、洞木を挟んだ下の石と上の石の付き具合はどんな感じだったのですか。ぴったりくっついていましたか、それとも間に栗石が結構集まって、要するに当たっていないような状態でしたか。</p>
事務局	<p>C面、要は32段目と31段目の当たり具合ということですかね。石と石が接地するような形で、おそらく洞木を入れていても効いていなかったのだろうなというような印象を受けます。</p> <p>あとは栗石を敷いて、本当に洞木は無くてもよかったのではないかなというような印象さえちょっと受けています。</p>
委員	<p>洞木が何のためにあそこに置かれたかということを考えたときに、一番下の洞木は通常の洞木の使い方かなと思うのですが、ここでは勾配の変化が変わっていますよね。ということは、次に置く石の面を寝かせますよね、ということは顎を上げないといけない。</p> <p>だから洞木を据えて、洞木には期待はしてなくて、その隙間のところに栗石を入れたりして、勾配を調整していったというようなことは考えられないのかなと思ったんですね。</p> <p>だから実際に積み直す時にも、もう洞木無しできっちり上と下の石を当てて積み直すことは可能ですよという見通しがつくのか。そこまではちょっとわからないということであれば、勾配を取れないのだったら、何らかのことをしないといけないと思うんですね。そのときにもしかしたら洞木の復活があるかもしれないなと思ったりして。</p> <p>だからそこは今のうちにもう1回調査記録を確認して、こんなふうに勾配を変えても積み直していけるかどうかということ、確認された方がいいのかなと思いました。以上です。</p>
事務局	<p>改めて調査記録を確認しておきたいと思います。</p>



議長	<p>私が先ほど言ったことに対しての補足なのですが、文化財石垣の修理の考え方とすると、可逆性ということも考えないといけないと思っています。そして現代工法を入れるときに、将来この工法を上回る工法がある場合には、取り外すことができるかとかいうこともあります。</p> <p>今回ジオテキスタイルでいうとジオテキスタイルを採用した考え方。可逆性であり、また当時はもちろんこの材料のようなものは無いわけですが、このジオテキスタイルと力学的な考えをもとに同じような機能を果たすような敷き粗朶工法があるとかいうことがあって。現代版の敷き粗朶工法であるジオテキスタイルを用いることは、文化財石垣の修復に関しても許容されるというような、この工法を使うことの妥当性ということも今回この資料に加えてくださいということ。</p> <p>今後報告書等を作られる時にその点も書き加えていただくと、あとでなぜこの工法を使ったのか。力学的、土木的なことだけではなくて、文化財的なことを最優先してこの工法を適用した考え方とすると、各構造体としての機能をより補強するためにこれを使用しましたという観点で、今後の報告書等の文章に書き加えていただければと思います。よろしくお願いします。</p>
事務局	<p>現代工法を導入するそもそもの原因といいますか、導入した理由があつて、いろんな現代工法がある中でそれを選択するに至った経緯を書いて、これを選択しましたというような内容で。単に入れてだけでなく、「こういう経緯のもと、文化財的にも配慮してこれを導入した」というような書き方で、報告書を書く際にはまとめたいと思います。</p>
委員	<p>今日はいいですけど、丸亀城では歴史的にこういうことがあつてという説明をしてもらった方が良いという意味です。</p>
議長	<p>ご意見よろしいでしょうか。</p> <p>無いようですので、今回議題として提案されご説明いただいた資料 3 の石垣復旧断面構造案については、承諾するという事によろしいでしょうか。</p>
委員	<p>はい。</p>
議長	<p>ありがとうございます。承諾させていただきます。以上で用意されている議題 3 つが終わりました。</p> <p>その他として何かございますか。委員の先生方、または事務局の方からその他としてございましたらお願いします。</p>
事務局	<p>今日はどうもありがとうございました。今日ご審議いただきました断面構造案に基づいて、今後事務局の方では詳細設計をどんどん進めていきたい。積み上げの実現を来年度と考えておりますが、そこに向けて頑張っていきたいと考えております。以上です。</p>

議長	<p>それでは本日用意した議事はすべて終了いたしました。事務局に司会を戻します。</p>
事務局	<p>委員の皆様には長時間のご審議お疲れ様でした。最後に課長の東よりご挨拶を申し上げます。</p>
東	<p>本日は長時間にわたりご審議いただきありがとうございました。</p> <p>新石材の質問については、いろいろと再利用を検討しておりますので、できる限り減らしていけるような努力を続けていきたいと思っております。</p> <p>また調査成果のまとめは今後行っていきたく思いますし、市民説明会や報告といったものも、当課としましても子供たちへの文化財説明というメニューも計画しておりますので、今後そういう見学会にも努めて、文化財修復を周知できればと思っております。</p> <p>本日の専門部会に関しましては、今後の復旧工事の工程を左右する非常に重要な会でありました。委員の皆様には議事の内容をご承認いただいたということでもありますので、お礼を申し上げます。</p> <p>今後は方針、石垣の復旧断面をもとに、詳細設計を進めて文化庁への現状変更申請を行い許可をいただいて、来年度には積み直しを進めていきたいと思っておりますので、また今後ともご指導よろしく願いいたします。</p>
事務局	<p>以上をもちまして、令和 5 年度第 1 回丸亀城石垣復旧専門部会を閉会いたします。ありがとうございました。</p> <p style="text-align: center;">【午前 11 時 40 分 閉会】</p>