

**令和 4 年度（2022 年度）第 1 回 熊本城文化財修復検討委員会
会議録 要旨**

日 時：令和 4 年(2022 年) 6 月 3 日（金）10 時～16 時

会 場：桜の馬場城彩苑多目的交流室

出席者：山尾委員長、伊東委員、北野委員、北原委員、西形委員 千田委員

文化庁：市原主任調査官、岩井調査官、西岡調査官、木村研修生

文化市民局：横田局長

熊本県文化課：能登原参事、木庭参事、永元指導主事

熊本城総合事務所：濱田副所長、岩佐副所長、渡辺技術主幹、田代主査、遠山主査、馬渡主査、
江淵技術参事、立石技術参事、藤本主任技師、上木主任技師、林野主任技師

熊本城調査研究センター：網田所長、増田主査、嘉村文化財保護主任主事、佐伯文化財保護主事

熊本市文化振興課：北野課長、西村文化財保護主事

その他：国土館大学橋本教授、扇精光コンサルタンツ株式会社、株式会社大林組、
株式会社文化財保存計画協会、公益財団法人文化財建造物保存技術協会

次第 1 開会	
事務局	事務説明

次第 2 文化市民局長挨拶

次第 3 審議 熊本城石垣耐震診断検証について 【資料 1】	
山尾委員長	「熊本城石垣耐震診断検証について」の説明を事務局から願います。
事務局	（「熊本城石垣耐震診断検証について」の説明）
山尾委員長	事務局からの説明について委員からご意見・ご質問を。
西形委員	栗石の γ が大きくなれば、 ϕ が大きくなるという関係性がある。実際の施工時にも資料 1-3 の γ ：16kN/m ³ を使用するのか
事務局	設計時に定めた値を目標として γ の密度管理を行いながら施工を行う予定である。
西形委員	密な方が良いのかルーズな方が良いのか、本来は分からないが、色々なお城を拝見すると密にした方が良いのではないかと印象を受ける。そのような状況の中で、相対密度の検討は行っているのか。相対密度の検討とは栗石を最も密にした状態を最大値 γ 、最もルーズにした状態を最小値 γ とした時に γ ：16kN/m ³ という値がどのあたりにあるかを相対的に検討することである。
事務局	今回の試験値としては相対密度の検討はしていない。解体の過程で得られる現場の試験値を整理している。
西形委員	使用する栗石によって、どの程度まで γ が大きくなるか違いがある。使用する栗石の最大値を把握し、目標値である 16kN/m ³ がどれくらいかを評価する必要がある。また、実際 16kN/m ³ とする場合には何らかの密度管理が必要となる。
事務局	現場で出てきた栗石でどの程度の γ が期待できるのか検証すべきという認識はあるが、これから解体してその栗石を再利用するのが前提であるため、その栗石の密度を設計に反映

	するのは困難である。設計と施工の兼ね合いについては慎重に検討していきたい。
西形委員	底面摩擦角 ϕ B を 35 度から 45 度に変えたことで滑動安全率がかなり変わったという認識でよいか。
事務局	参考資料 1-3-6 に記載のとおりです。
西形委員	石垣の勾配の影響を教えてください。
事務局	現段階でその程度は定量的に説明はできないが勾配の影響は大きいと考えている。具体的には資料 1-11 の結果一覧のうち H167-23、H167-40 は同じ高さで勾配が異なる断面であるが、一方は常時 OK となり、一方は常時 NG となっている。これは勾配が影響しているものである。
北野委員	参考資料 1-3-3 において、 γ が大きい方が安全率が小さいとなっているが、認識はあっているか。
事務局	γ が大きくなると背面の重量が重くなるので、計算上石垣は不安定になる。
北野委員	各地の修理で栗石を密に積むという方向になりつつある。相対密度の検討ができれば他のお城で参考になるのではないか。
北野委員	現状診断と在来工法での修理時の診断に用いる物性値の値を変えない理由を再度説明してほしい。
事務局	全て解体して積み直すわけではなく、例えば上半分だけを解体して修理するが、このとき石垣全体を評価するため、現状と修理の平均値を採用している。
西形委員	安全率の考え方について「C を考慮せず、やや安全側の設計となることから、現況の石垣を評価する場合では常時 1.0 以上、地震時 1.0 以上確保すればよい」という方針に賛成である。
山尾委員長	資料 1-7 の表中に常時 1.5 と書き、文章中に常時 1.0 以上、地震時 1.0 以上と書くならば、最初から 1.0 以上とすればよいのではないか。
橋本教授	常時安全率 1.5 はもともと地震時を考慮しない場合や雨の影響を考えて設定するものである。擁壁の高さ 5.0m を超える場合は大地震 ($kh=0.25$) を考慮する。常時安全率 1.5 というのはそれより低い 3.0m 等の擁壁に適用するもの。一般の人が聞いたときに常時で持たない（安全率を下回る）と言われると危ないのではないかと印象を与えてしまう。そのため、常時は書かず大地震で判断するとした方がよいのではないかと考えている。
山尾委員長	常時安全率 1.0 として、これですべて決めるわけではなく、地震時で総合的に検討すべきである。そのため、常時の安全率を上げる必要はないのではないか。（議事録作成者補足：常時の安全率を 1.0 から 1.5 に上げる必要はないではないか。）現実には壊れていないのであれば、安全率 1.0 以上あれば OK として良いのではないか。そうしなければ、安全率 1.2 や 1.3 があった場合に注釈をつけなければならなくなる。これはあくまで仕様である。せめて常時 1.0 を確保するものとしてほしい。
事務局	文章表現を再考します。
西岡調査官	参考資料 3 の「1. 本運用の位置づけ」において「なお、本運用で示す物性値は、石垣耐震診断にのみ適用し、現代工法を含めた補強などの検討においては、その各指針・マニュアル等に準拠するものとする。」と記載があるが、現代工法の検討でいきなり各指針・マニュアルに戻るのはいかがかと。診断の数値、或いは実測値や実勢に合わせた数値など、いくつか総合的に検討して判断していただきたい。
橋本教授	円弧すべりについて。地盤にクラックが入って地盤が動いているものは円弧すべりで評価

	して地盤改良なりの対策を。円弧すべり解析を全ての石垣でやるのではなく熊本地震で動いているものについては実施するよう文章として加えてほしい。
事務局	文章表現を再考します。
西形委員	橋本教授にお願いしたいことがある。滑動安全率が高い結果であるが、これは滑動安全率を水平力の釣り合いと考えた時に水平抵抗力が大きいと言える。この力を円弧すべりに入れることで石垣の抵抗力を大きくするようなことはできないか。
橋本教授	累積示力線解析において、擁壁の下にいくとすべり面が栗石層で収まらず、背面の盛土もしくは地山を通過することになる。この時粘着力が影響するが、これを現在の解析手法で考慮するのは難しい。事務局には提案はしている。
事務局	粘着力を考慮した解析は現段階ではどのようにすれば良いか分からないという状況であり、今後の課題としたい。
千田委員	石垣を判定していく基準ができたというのは非常に画期的であると思う。これまで各地で修理を行ってきたが、どんな修理方法が適切なのかよりどころがなかった。そのため、本指針を踏まえて修理を進めていけるのは大きな前進であると思う。一方で石垣はそれぞれ違い、石材のかみ合い方も異なるため、それぞれの箇所に合わせて総合的に判断していくと記載をされているが、これが運用する中で非常に大事なことだと思う。職人の方々の技術と現場ですりあわせ、ご理解いただきながら、一つ一つの修理を進めてほしい。

次第3 審議 東十八間櫓・北十八間櫓・五間櫓下石垣の復旧措置（案）について 【資料2】	
山尾委員長	「東十八間櫓・北十八間櫓・五間櫓下石垣の復旧措置（案）について」の説明を事務局から願う。
事務局	（「東十八間櫓・北十八間櫓・五間櫓下石垣の復旧措置（案）について」の説明）
山尾委員長	事務局からの説明について委員からご意見・ご質問を。
北野委員	資料2-1-1のフローの「⑥耐震診断」において在来工法のまま内部摩擦角を40度に上げれば安全率を満足するならば、そのような検討はできないのか。
事務局	単位体積重量が小さく内部摩擦角が大きな材料に置き換えれば、安全率は大きくなると考える。ただし、その材料は栗石ではなく、現代の材料なのではないかと思う。そのため、これについて、現代工法の検討の中で併せてご提示出来ればと考えている。
北野委員	粒度分布もしくは密度分布を管理することで在来工法の中で対策ができるのではないかと。現在の栗に摩擦角が大きくなるものを入れるようなイメージである。
事務局	現在あるものを再利用するという前提にたった上で、具体的手法は今後検討していきたいと考えている。
北野委員	参考資料2-2-1、2-2-2の飛散距離については最大飛散距離でデータが整理されているが、円弧滑りや転倒などの崩壊パターンによって崩壊した築石等の分布の仕方が違うと思う。基礎データとしてグラフの数値だけではなく上面からのオルソ写真など実現象の状況が確認できるものを提示していただきたい。
事務局	飛散距離のデータについてはまた集めなおして提示したい。 補足として前震で崩れた石垣が本震でさらに崩れた場合、既に落ちている石の上を転がるような現象も起きていると思うので、もっと詳細に検証したうえで報告したいと思う。
西形委員	飛散距離のデータから判断すると離隔距離は大まかに石垣高の1.0倍でよいのではないかと。例えば石垣高の1.0倍のところまで転がってくる石のエネルギーを検討した時に、その位

	置に必要な構造物はそれほど大規模なものにならないのではないかと考えるが、そのような検証は出来ないか。
事務局	計算手法の検討も必要になり可能かどうか分からないが、落石エネルギーの検討については崩壊箇所に近い位置での検討を行っていたが、離隔をとった位置での検討は行っておらず、必要な検討だと思うので参考にしたい。
橋本教授	飛散距離については石塁・非石塁の場合、上部だけの崩壊など崩壊量やパターンなどによってもエネルギー量が違うと思うので、細かく分けると離隔距離が 1.1 倍くらいで済む場合もあると思う。
山尾委員	前震で緩んで本震で崩れた場合は壊れ方が変わってくる。そのような場合を含めてどういう壊れ方をしたのかは検討していただきたい。

次第 3 審議 宇土櫓続櫓下石垣の復旧措置（案）について 【資料 3】	
山尾委員長	「宇土櫓続櫓下石垣の復旧措置（案）について」について事務局から説明をお願いする。
事務局	（「宇土櫓続櫓下石垣の復旧措置（案）について」についての説明）
山尾委員長	事務局からの説明について委員からご意見・ご質問を。
千田委員	石垣履歴把握において期間を裏付ける文字の資料はあるのか。
事務局	はっきりした文字の資料は多くはない。しかし、瓦の銘や木部材の墨書から木部材を動かすような解体修理を想定できるのでこれが石垣の修理に反映されてきてもおかしくないのではないかと考えている。
千田委員	石垣の修理をするのであれば、幕府に届け出ているのではないかと考えている。このやりとりは全てが残っているという訳ではなく、まれに残っている程度だとは思う。しかし、石垣の積み方の違いを全て時期差として良いか疑問が残る。工区を分担している場合もいくつかの城郭特に天下普請の城郭で事例が見られる。 それぞれのところでそういった積み方の違いに傾向があるということは言えると思う。またそれを時期差であるとするのは仮説としては良いと思うが、これを全部の前提にしてよいとまでは言えないと思う。線の引き方も相対的なもののように思える。
事務局	文献資料としては確実にこの石垣と特定できるものはないという状況であるが、例えば本丸の北側とか北東部とかそのような書き方がされている記録があり、それがどこに該当するか絞り込めていないものもたくさんある。文献の調査研究を進めていきたい。
北野委員	安全対策の検討対象ではないという表現は誤解を生むと思う。天端石が飛び出すという現象は示力線の検討に関わらず起こり得る現象であるので、離隔を取って動線を確保するような検討が別途必要であると考え。安全対策（落石防護工）の検討を行わないという言葉が一人歩きしないようにしてほしい。
事務局	まったく安全対策を行わないというわけではなく、修理の検討段階では安全対策（落石防護）の検討は行わないが、修理完了後に総合的に鑑みて動線の検討を行っていく。表現については誤解のない表現を再考したい。
山尾委員長	石垣を修理するのであれば、雨や地震などの事象があったはずであり、その記録は文献に残っているはずである。それとの突き合わせは必要ないか。
事務局	文献に残っている雨や地震の記録と、それに伴う修理は分かる範囲で把握している。地震の被害が多くなるのは江戸の後期あたりであるが、そういう時期に木部の部分修理の可能性がありそうな墨書が見つかっている。

山尾委員長	石垣を修理するためには櫓を解体しなければならないというのは分かるが、櫓解体の履歴は分かるのか。
事務局	瓦の銘や木部材の墨書から解体の履歴を検討している。
北野委員	この履歴は石垣を観察して設定した線である。委員の先生方から指摘があったように文献をあたっていくという手続きは必要である。しかし、熊本城の平櫓台石垣を解体した際に見つかった修理履歴のように記録にないものもある。まだ解体していない今回の石垣においては外形からみて判断する確率の高い仮説としては一定の妥当性があるものと考えている。安定性の検証をする際に、修理によって背面が改変され全体のバランスに影響を生じている可能性等を参考にしながら今後進めていけば良いのではないかと。
千田委員	一つの作業仮説であり、いけないと言っている訳ではない。一方で、これが一人歩きすると、実際の解体の際にこの結果に引っ張られてしまう可能性があり、良い面と悪い面があると思う。資料 3-2-4 において H443 石垣の上部が熊本城石垣 6 期となっており、細川氏が入って以降の石垣だということになる。加藤清正が構築した石垣ではなく、細川氏が構築した石垣であるということになり、熊本城に対しての基本的理解が大きく変化すると言える。
橋本教授	資料 3-2-4 において、変形（膨らみ・緩み）の上に凹みはないか。また、左側は修理履歴の影響があって変形が生じていると考えられるのか、右側はそのようなことはないのか。
事務局	地震前と地震後に三次元のレーザー測量を実施しているが変形の上に凹みは確認できない。

次第 4 次回日程等	
事務局	次回の日程は令和 4 年 9 月 22 日とさせていただきたい。

現地視察	宇土櫓下空堀発掘調査現場視察
------	----------------

次第 5 閉会
