

山 梨 県 防 災 新 館
石 垣 移 築 保 存 工 事 報 告 書
甲 府 城 跡 - 樂 屋 曲 輪 -

2013・3
山 梨 県

山 梨 県 防 災 新 館
石 壇 移 築 保 存 工 事 報 告 書
甲府城跡－楽屋曲輪－

2013・3
山 梨 県

山梨県防災新館石垣移築保存工事のあらまし

山梨県防災新館は、防災拠点としての役割を果たすため、旧庁舎を取り壊して建設されました。旧庁舎解体時に甲府城跡南西部に位置する石垣が発見されたことから発掘調査を行うと共に、記録保存後に石垣を解体して新しい庁舎の一部に移築することが決定し、地下1階に石垣展示室として整備されるに至りました。石垣の大部分は堀の水中に位置していたことから汚れが無く、表面の白い風化面を観察することができ、築城期の美しい石の姿と荒々しい野面積をご覧頂けるようになりました。国内でも最大規模の屋内展示となりました。

屋内ということで難しい工事でしたが、その様子の一部を紹介致します。





根石の設置状況



石積作業状況



主要石搬入作業状況



アンカーの設置状況



移築完了状況

破損・欠落した部材に転石の新補材を交換・補填・一部彩色を行い往時の姿が蘇りました。

序 文

山梨県では、平成21年3月に「県庁舎耐震化等整備基本計画」を策定し、既存庁舎の県民会館、県民情報プラザ、第一・第二南別館、東別館を集約建て替えし、大規模災害時の防災拠点となる防災新館を新たに整備することとしました。

防災新館は、平成23年11月に着工し、平成25年秋の供用開始を目指して整備工事が進められているところですが、これに先立ち、建設予定地の埋蔵文化財発掘調査が平成22年9月から平成23年3月まで実施されました。

この発掘調査は、防災新館建設予定地が周知の埋蔵文化財包蔵地である甲府城跡の一角にあたるために、文化財保護法の規定に基づき、県教育委員会により実施されたものですが、発掘調査の結果、甲府城跡南西部の内堀（一の堀）に面した石垣の一部が確認されるに至りました。この石垣は、甲府城が築城された16世紀末頃のものであり、残存規模は東西約27m、高さ4mほどありました。甲府城内城の南限である楽屋曲輪の位置や追手門の位置を示す重要な遺構であるとともに、甲府城築城期の石垣の築造技術を知る上でも大変貴重な遺構であり、極力、現地にそのままの状態で保存していくことが望ましいと考えました。

しかしながら、県民の生命・財産を守る砦となる防災新館の整備も県の重要な責務であることから、有識者の皆様の御意見も踏まえる中で、発見された甲府城石垣の適切な保存の検討を行い、その結果、発見された石垣については、将来的な復元ができる詳細な記録保存調査を行った上で解体し、石材のすべてを恒久的に保管するとともに、防災新館の設計を一部変更し、地下1階に新たに甲府城石垣展示室を設け、石垣の一部を展示・活用していくことを決定いたしました。

本報告書は、上記のような経緯をもって整備されることとなった防災新館の甲府城石垣展示室への石垣移築の過程記録であるとともに、石垣の積み方など整備的具体的な方法等をまとめたものであります。

石垣展示室には、発見された石垣のうち約13m分を移築展示とともに、同時に発見された胴木（石垣の沈下を防ぐ基礎木材）の実物展示、甲府城に関する解説パネル展示、石垣の発掘調査過程を記録した映像展示なども行い、甲府城跡や石垣の重要性を多くの皆様に再認識していただけるように整備していくこととしております。

本報告書を、石垣展示室の利用と併せ、文化財の理解と保護活用の推進のための資料として有効に活用していただければ幸いです。

末筆となりましたが、石垣の発掘調査から石垣展示室の整備に至るまでお世話になりました全ての皆様に御礼を申し上げます。

平成25年3月

山梨県知事

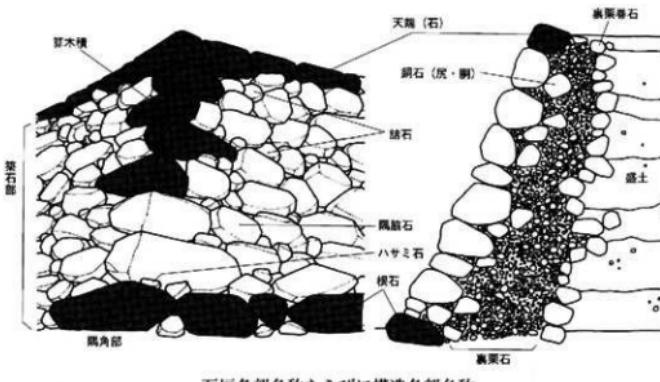
横内正明

例　　言

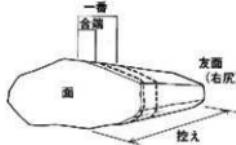
1. この報告書は、山梨県防災新館石垣移築工事についてまとめた報告書である。
2. 書籍名は「山梨県防災新館石垣移築保存工事報告書」（以下、「本書」という）であり、副題は「甲府城跡－楽屋曲輪－」である。
3. 本書掲載内容は、平成24年度に実施した山梨県防災新館石垣移築保存事業に伴い、山梨県（以下、「県」）が委託した事業者である山梨県防災新館PFI株式会社（以下、「PFI」という）が発注し、施工者である清水建設・国際建設共同企業体（以下、「JV」）が施工した移築工事（以下、「工事」）に伴い、山梨県埋蔵文化財センター（以下、「センター」という）が実施した事前調査・立会調査、並びに設計監理を行った株式会社バスコの測量・工事記録に関してまとめたものである。
4. 工事に関する発注は、県・PFIが実施し、施工をJV、設計監理を株式会社バスコが行った。
5. センターでは、工事に伴う石材の確認、測量、現地立会など必要な諸作業を行った。
6. 本工事の工事期間は平成24年6月1日から8月30日（当初計画）であったが、二度の計画変更に伴い、10月29日から12月22日（変更後）である。
7. 担当者は野代幸和・長田隆志である。
8. 本書刊行までの整理作業期間は、平成24年12月17日から平成25年3月29日である。本工事に関する現場調査期間は、平成24年10月29日から12月18日であり、センターで実施した。
9. 本書刊行以前に、同地点の発掘調査・石垣解体工事については、『甲府城跡－楽屋曲輪地点－』センター調査報告書第284集がある。
10. 移築対象となった石垣は、平成22年度の発掘調査で確認されたことを契機に、解体工事が進められ、平成23年度より石材の保管、整備、活用の計画が練られてきた経過がある。
11. 本書に掲載されている調査写真は、主にセンターと株式会社バスコが撮影したものを使用している。
12. 写真・記録類はセンターで保管している。
13. 本書の編集は、主査文化財主事野代幸和、非常勤嘱託長田隆志が行った。執筆分担は次のとおりである。あらまし、第1章第1節第1項・3項を野代幸和、第1章第1節第2項を八巻與志夫、同第2節、第4章第3節を長田隆志、第3章を株式会社バスコ藤川真司、その他の部分を株式会社バスコ伊藤雅乃が担当した。
14. 本書刊行に係る整理作業は山田静代がおこなった。
15. 石積工事　藤造園建設株式会社
16. 石材運搬、吊込工事　株式会社中部
17. 本書刊行にあたり、次の方々から指導・助言および協力を頼いた。記して謝意を表する。
清雲俊元、十菱駿武、谷口一夫、萩原三雄、株式会社富士グリーンテック、株式会社テクノブランディング

凡　例

1. 本書の掲載内容は、石垣移築保存工事事業の内容で構成している。
2. 本書の報告内容について、既刊行物と重複し名称や見解に変更が生じている場合があるが、その後の調査成果と検討に伴うものであることをご了承頂き、本書を優先させていただきたい。
3. 本文中に図版等の表記にある先頭の漢字表記は、図は図版、写は写真、表は図表を表し、各章・節ごとに1から始まる算用数字の通し番号で表している。
- (例) 図1-1-1 → 第1章第1節中の1番目の図版の意
4. 掲載した図面の縮尺は、原則として次のとおりである。
〔石垣復元図〕 1／100 その他は図版に示したとおりである。
5. 掲載されている図版などのスケール、方位の用例は必要に応じて図中に示した。
6. 工事対象の築石・詰石については、原則として段数（地点の名称は1段目を「1」、2段目を「2」、3段目を「3」で略記した。）ごとに通し番号で表記しているが、これは過去調査・整備時の名称と共に通しているものである。
7. 工事対象の築石・詰石については、既刊行物の整備番号と同様に表記し、1段目16番目の石材の場合「1-16」のように記してある。
8. 工事対象となった石垣部材については、図2-1-3に示したとおりである。基本的には既刊資料を基に構成しているが、詰石の交換・新補材についての内容は表3-1-1・図2-5-1に反映している。図2-7-1ではスクリントーンにより表現している。また、交換石材と新補材については図4-1-1・図4-1-2に示した。
9. 石垣の各部分名称等については、下図を参照していただきたい。



石垣各部名称ならびに構造各部名称



築石各部名称

目 次

あらまし

序文 例言・凡例 目次 挿図・表目次

第1章 工事の概要

第1節 移築工事に至る経過と目的	1
第2節 石材の管理体制	5
第3節 工事の基本方針	7
第4節 工事概要	9
第5節 工事業務フロー	9
第6節 工事数量	10
第7節 実施工程表	11
第8節 実施過程	12
第9節 施工体制	14
第10節 工事組織・関係者	14

第2章 石垣移築工事

第1節 勾配の検討	15
第2節 石材の搬出人工	16
第3節 交換石材	24
第4節 浦強工	26
第5節 石積み工	30
第6節 裏込工	35
第7節 詰石工	37
第8節 彩色調整	38

第3章 安全性の検討

第1節 保管石材の再調査	39
第2節 石材の補強について	40
第3節 石垣補強工事について	50

第4章 石垣移築工事を終えての考察と課題

第1節 移築前後の比較	60
第2節 オリジナル石材の転用と傾きの修正	61
第3節 移築部材以外の対応	62

挿図目次

図 1－2－1		
県庁構内石垣の石材点検報告書	5	
図 1－2－3	石材保管配置図	6
図 1－3－1	石垣移築位置図	7
図 1－3－2	石垣移築予定位質図	8
図 1－3－3	石垣移築完成予定図	8
図 1－5－1	工事業務フロー	8
図 1－9－1	施工体制	14
図 2－1－1	b 断面図	15
図 2－1－2	c 断面図	15
図 2－1－3		
移築前の石垣立面図と墨入れ図	15	
図 2－2－1	石垣搬入計画図	22
図 2－3－1	交換石材と新補材の位置図	24
図 2－4－1	補強工を行った石材位置図	26
図 2－5－1	移築後の石垣立面図	30
図 2－5－2	石垣断面図（1）	31
図 2－5－3	石垣断面図（2）	32
図 2－5－4	石垣横断図	32
図 2－7－1	新たに詰石を入れた図	37
図 2－8－1	彩色を行った石材位置図	38
図 3－2－2	断面概要図	42
図 4－1－1	新補材の位置図	60
図 4－2－1		
移築前と移築後の石垣立面図	61	
図 4－2－2		
オリジナルと異なる積み方をした石材	62	

表目次

表 1－2－2	石材点検報告一覧表	5
表 1－6－1	石材データ一覧表	10
表 1－7－1	石垣移築保存工事工程表	11
表 2－4－2	補強石材一覧表	27
表 3－1－3	補強対象石材一覧表	39
表 3－2－1	展示石垣対策工比較表	41
表 3－2－3	震度階級表	43
表 3－2－4	ワイヤーロープ材料データ	44
表 3－2－5	全ネジ丸棒データ	45
表 3－2－6	ケミカルアンカーデータ	45
表 3－2－7	構造計算結果一覧表	49
表 3－3－3	ワイヤーロープデータ	50
表 3－3－4		
使用ワイヤーロープ計算結果表	51	
表 3－3－5		
使用ケミカルアンカーデータ	51	
表 3－3－6		
使用ケミカルアンカーデータ	51	

第1章 工事の概要

第1節 移築工事に至る経過と目的

第1項 発掘調査の経過

山梨県では、県庁舎の老朽化、分散化といった現状を開拓するために、防災に重点をおいた新庁舎の建設を計画した。これに伴い、平成20年度に県庁内の調整協議の場として「県庁舎の耐震化に関する検討委員会」を設置し、県庁舎の在り方について意見集約を行った。その結果、防災拠点機能、行政的執務機能、県民の利便性、コスト面などから、新庁舎は現在の地において建て替えることに決定した。

山梨県庁は、甲府市丸の内一丁目6番地1号に所在し、現在の県庁は文禄・慶長年間に築城された甲府城築居曲輪と屋形曲輪の一部を利用したものであり、1900（明治33）年に建設された県立甲府中学校が1928（昭和3）年に移転後の、1931（昭和6）年に建設されたものである。甲府城は武田氏滅亡後の山梨県の中核にあった城である。また高石垣を持つ城としても知られ、東日本では最大規模を誇るものである。県庁が置かれた後も数回にわたって増改築が行われており、旧本館については平成21年に県指定有形文化財となっている。また、発掘調査地にあった南別館は旧県立図書館（山梨県教育会附属図書館）として昭和5年に、山梨県を代表する実業家である根津嘉一郎氏の寄付により建設された近代化を象徴する建物であり、解体前に学術調査を実施し報告書（山梨県教育委員会「旧山梨県立図書館（山梨県第一南別館）記録保存調査報告書」2010）も刊行されている。構内は現在までに相当な改変を受けているが、埋蔵文化財包蔵地としての価値は非常に高いものである。

以上の認識から、県学術文化財課としては、極力現状での保存を模索したが、打開策が無く、やむを得ず事前の試掘確認調査によって確認された大手門付近の石垣の保護を図ると共に、新庁舎の建設対象地については、事前に確認調査を実施すると共に、その状況に応じて発掘調査を実施することとなった。

新庁舎の建設は、総務部管財課内の庁舎整備担当が中心となって進められ、建設計画は、平成20年度に整備方針、平成21年度に基本計画、平成21・22年度に解体、平成22年度に発掘調査、平成22年度にPFI事業結局順で着手するというものである。学術文化財課では、管財課との協議の中で、庁舎の全体計画を確認し、発掘調査計画を立案すると共に、埋蔵文化財センターによる甲府城絵図との照合、平成27年度までに展開される県庁舎耐震化等整備事業に向けた県庁舎全域を対象とした地中レーダー探査を事前に実施し、地下の状況把握を試みた。レーダー探査は平成20年5月7日から8日まで実施し、古絵図と照合する中で堀や石垣、土壘、溝（暗渠）、ピット（穴）と推定される落ち込みや旧地形と推定される傾斜地などが確認され、深く開削された建物付近以外では遺構が現存している可能性が高いことが判明した。これを受けて現状では庁舎建物が無い部分で試掘確認調査を実施し、第一南別館東側の駐車場付近より大手門関連の石垣が確認されるに至った。

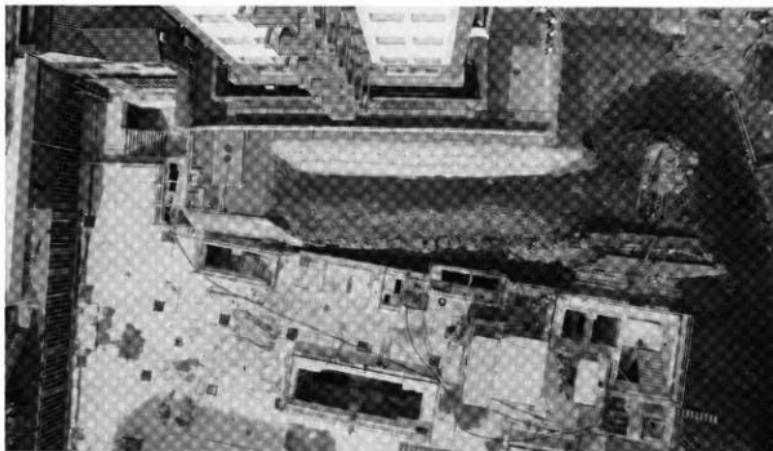


写1-1-1 一の堀（内堀）調査状況



写1-1-2 一の堀（内堀）発掘状況

以上の結果を受けて本調査に至り、新庁舎建設は県庁機能を維持したまま進められ、調査の工程も解体作業の進捗に併せての対応となり、協議と工程会議を実施しながら平成22年9月13日から12月27日まで実施した。調査の結果、築城期の一の堀（内堀）と石垣、大手門関連の石垣などの遺構が発見された。



写1-1-3 一の堀（内堀）全景確認状況

第2項 移築保存に至る経過

平成22年9月から県庁防災新館建設に伴う発掘調査によって、甲府城跡楽屋曲輪南西に内堀南面石垣が新たに発見された。直ちに、文化財の有識者・報道関係者に現地を公開すると共に、知事・教育長等による現地視察が行われ、石垣の重要性について理解を深めた。

この石垣の保存を進めるために総務部管財課と教育委員会学術文化財課では、全国事例の調査を行うと共に、具体的な保存方法の検討を始めたが、大きな設計変更と完成時期の大幅な遅れが懸念された。災害発生時に、県民の生命財産を守る活動の拠点となる施設である防災新館の供用開始を遅らせることなく、発見した石垣の保存という課題の両立をはかることとして、文化財の有識者の意見も交えて両課で、次の3点を中心に議論を進めた。

- 1 当該石垣根石の直下は深さ約10㍍の地下駐車場があるが、石垣を残したまま地中梁や上留め壁等の地下構造物を撤去することは、ほぼ不可能である。
- 2 石垣をいったん解体撤去して元位置に戻すと、防災新館の地下1Fと地上1Fの中央部分に位置するため、防災新館の大規模な機能低下と補強のための設計変更で、経費と時間が必要となる。
- 3 石垣技術と甲府城の歴史を的確に将来に伝えることは大切である。

その検討結果を踏まえ、知事は平成23年2月定例県議会において「防災新館の整備については、昨年10月にPFI事業者と契約を締結し、現在、基本設計を行っているところであります。本年秋の工事着手、平成25年10月の供用開始に向けて、事業が進められております。こうした中で、建設予定地の埋蔵文化財調査により出土した石垣については、甲府城築城期の姿を残す石垣として、貴重な文化財であることを踏まえ、有識者のご意見を伺いながら、適切な保存・活用策について検討を行い、石垣の一部を防災新館内の地下駐車場に保存することとしたところであります。」と県民に説明し、築城期の野面積石垣部分をほぼ元位置に移築保存することとした。

検出された石垣については、東日本大震災発生の翌々日の3月13日に、県民を対象にした見学会

を開催し、250名が訪れた。



写1-1-4 知事視察状況



写1-1-5 県文化財保護審議会委員視察状況

第3項 石垣解体工事の経過

甲府城楽屋曲輪の大手門付近の石垣については、石垣パークとしてゾーニングされ埋設保存を実施した。南西部に位置する一の堀（内堀）の石垣の一部（東西27m幅、最大高4m）については、防災新館の建設予定地に位置していることから、現位置での保存が不可能であるという結論になった。そのため今後の保存と活用策を有識者の意見を伺いながら、後世の復元に耐えうる記録保存を行うことを前提に石垣解体工事ならびに調査を実施することとなった。施工期間は平成23年2月14日から3月17日までである。

解体エリアの石垣については、標高269m付近下部までの文様・慶長年間の築城初期に形成された野面の石垣と、その上部に追加されて形成された切石による石垣に大別されるが、上部の石垣については残存状況が悪かったため記録後速やかに取り上げを行った。下部の築城期の石垣については、表



写1-1-6 保存石材搬入作業状況



写1-1-7 石垣盛土保存作業状況（大手）



写1-1-8 解体工事前学識経験者視察状況



写1-1-9 解体工事前記録調査状況

面的には残存状況が良好であることから、当初の段階で礎石の欠落、線刻の有無、礎石内の混入遺物などの記録調査と各段において平面実測を行ってきたが、工事が進捗するにつれて経年変化などに伴う破損なども観察できたため、ヒビや破断に伴う補修・補強の有無に関する検討も追加しながら解体工事を実施した。



写1-1-10 番付・墨打作業状況



写1-1-11 測量に伴う精査状況



写1-1-12 写真記録作業状況



写1-1-13 石材吊り出し状況



写1-1-14 解体作業状況



写1-1-15 石材保管状況

第4項 移築工事までの協議過程

平成23年度には発掘調査データをセンターから管財課に提供すると共に、PFI事業者による設計の準備が開始された。平成24年度より管財課、学術文化財課、センター、施工監理業者、施工業者、事業主体者による防災新館石垣移築復元工事に係る「石垣移築工事分科会」が設置され、具体的な作業手順や安全性、施工計画、課題について検討を開始した。工事着手後の過程については、第7節で触れるものとする。

第2節 石材の管理体制

平成22年度に防災新館跡地から出土した文化財（甲府城跡楽屋曲輪南西部出土の石垣石材）は、記録保存のえ解体調査を行ない、県指定史跡甲府城跡内の旧議員宿舎跡地に保管し、適切な管理を図るために、管財課長と学術文化財課長名で取り交わされた「防災新館建設用地から出土した文化財の管理に関する覚書」（平成23年3月25日付）に基づき、管理・点検作業を実施した。点検作業は、石材の保管状況が分かる図表及び写真が記されたシートを使用して、解体時に付した番付番号（墨書きとNo.テープ）を照らし合わせながら、現地にて目視・写真撮影による点検作業を行った。併せて風雨などで剥がれたNo.テープの補修と墨書き作業を実施した。また、石材保管場所に雑草が生い茂って、細かい石材の判別が困難になっている状況が確認されたため、除草作業を適宜実施し、石材点検結果を「県庁構内石垣の石材点検報告書」にまとめ、報告した。

平成23年10月14日付管第2869号管財課長名で、学術文化財課長に報告があった防災新館南東端部で確認された甲府城跡楽屋曲輪南西部出土の石垣石材についても、同様に前述の覚書に基づき点検作業を月1回のペースで実施した。このほかに新規石材搬入等により現状に変更が生じた場合には、管財課の立会確認を行なった。



図1-2-1
県庁構内石垣の石材点検報告書

石材点検に関わる文書

日 時	文 書
平成23年 3月25日	防災新館建設用地から出土した文化財の管理に関する覚書

石材点検報告書

点 検 日	点検範囲	点 検 結 果
平成23年	4月20日	14石が欠番もしくは墨書きにより、図の修正を実施
	5月20日	1石が墨書きにより、図の修正を実施
	6月20日	異常なし
	6月28日	異常なし
	7月20日	石垣復元用途外石材保管区域へ、議事堂南立会出土の石材を搬入
	8月17日	草刈り作業を実施
	8月25日	異常なし
	9月22日	石垣復元用途外石材へ搬・オイルタンク調査関連石材を搬入
	10月20日	異常なし
	11月22日	石垣復元用途外石材へ大手部石垣の石材を搬入
	12月20日	石垣点検報告書に大手部石垣の石材を追加 石材の周りを囲っているトラローブが切断、石材については異常なし →対応処置として、破損部分の補修と安全啓発看板の設置を実施
	1月19日	異常なし
平成24年	2月20日	異常なし
	3月19日	トラローブの結び目が樹木の伐採時に引っ張られて解けた状況が確認されたため、原状回復を実施。石材については異常なし
	4月20日	定期点検
	5月11日	定期点検
	6月21日	定期点検
	7月19日	定期点検
	8月17日	定期点検
	9月13日	定期点検

表1-2-2 石材点検報告一覧表

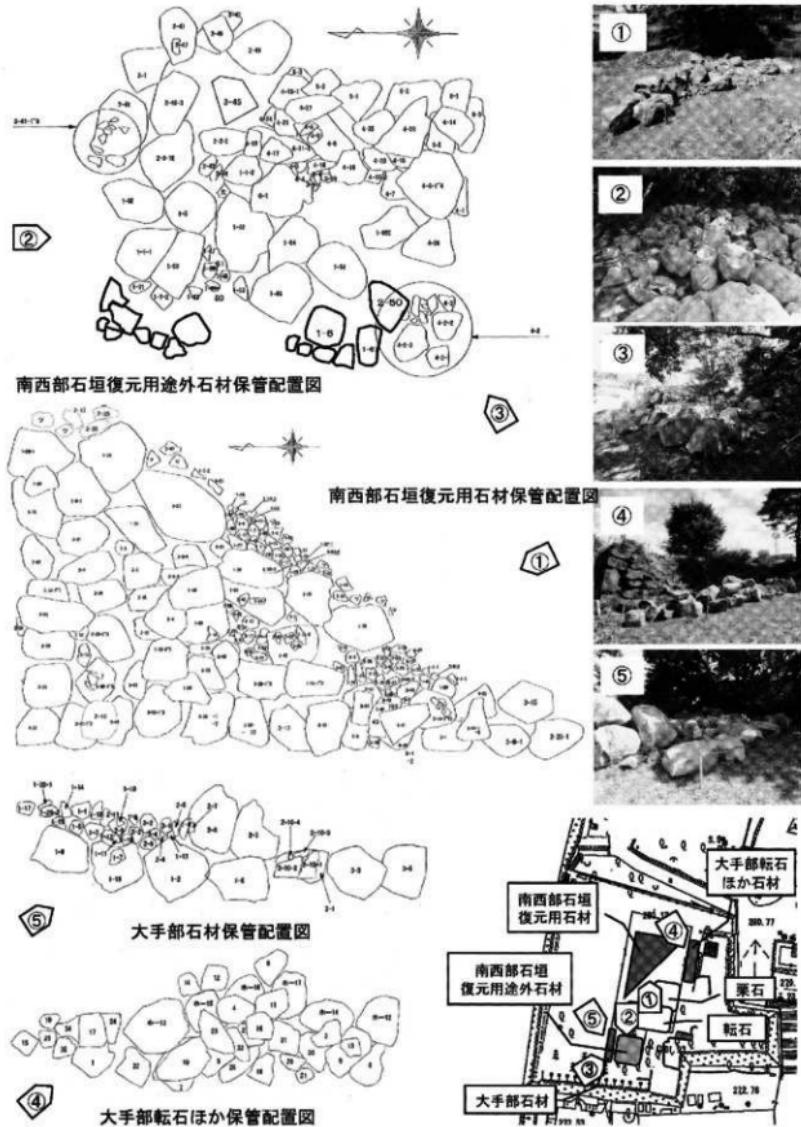


図 1-2-3 石材保管配置図

第3節 工事の基本方針

目的

今回の工事は、山梨県防災新館建設に伴い発見された楽屋曲輪の石垣を移築保存展示することを目的とする。

移築する際の留意点は、展示を目的とするために見学者の安全を確保し、歴史的建造物としてその価値が失われないように再現することに務める。そのため発見された記録・図面・写真等の資料を基に石垣を移築設置する。

石垣を移築する際に当時の積み方を再現するため、石垣移築のための監督員（株）バスコを設けて石垣の石材及び積み方について指導管理を行った。さらに、石垣の発掘及び石垣解体調査を行ったセンターが立会を行い、石垣移築の管理及び指導にあたった。

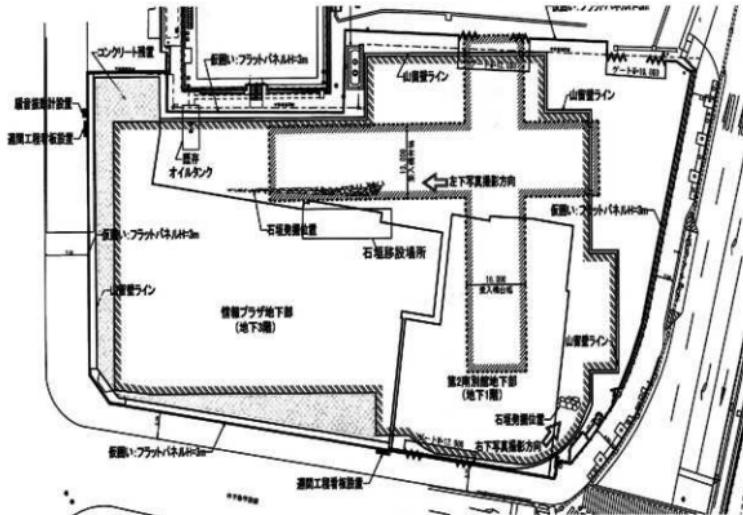


図1-3-1 石垣移築位置図

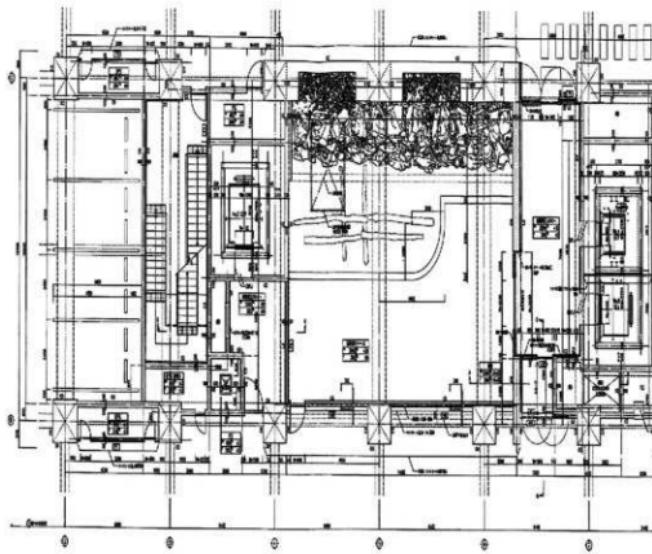


図1-3-2 石垣移築予定位置図

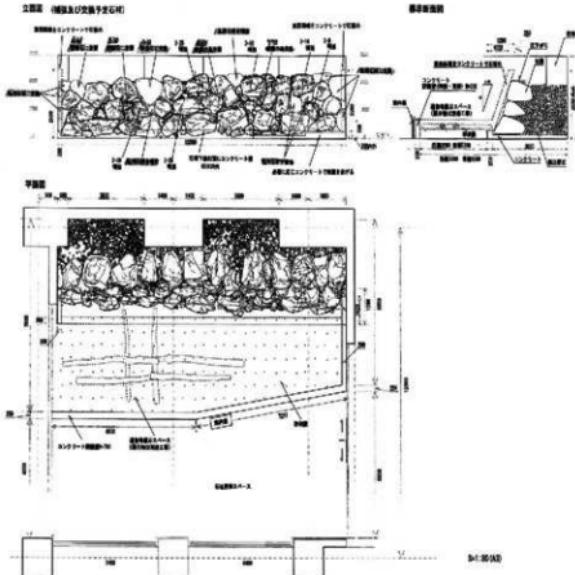


図1-3-3 石垣移築完成予定図

第4節 工事概要

石垣解体時に石材の再利用検査を行っているが、旧議員会館跡地の石材保管所（仮置き場）に石材が置かれ月日の経過で劣化が確認されたために再度、石材の使用可能かどうかの検査をおこなった。その上で補強及び石材の交換を決定し、石垣の石材として使用できる様にした。

補強方法は大きく3種類の方法で行った。1つ目がケミカルアンカーを用いた方法。2つ目が接着剤による接合。3つ目が、パラロイドを用いた補強である。結果、当初予定よりもケミカルアンカーによる補強を6石分多く行うこととなった。特にケミカルアンカーの補強が必要になった石材は、根石部分の石材で、当初補強予定が3石だったのに対して9石と、ほとんどの石材に補強が必要となつた。

補強が終了した石材は、2.9t以上の大石材はクレーン、2.9t未満の石材はリフト付きのパワーシャベルで吊下げられ、トラックで防災新館の展示スペースに運ばれた。運ばれた石材は、いったん展示室の仮置き場に保管され、フォークリフトで1石ごと展示室に運ばれて行った。展示室内ではフォークリフトからチェーンブロックに積み替えられ目的の位置まで運んで行く。

運ばれた石材は、解体時の図面や写真や石垣解体時に50cmごとに付けた墨付けラインをもとに積み上げていった。積み上げる際、見学者の安全を考慮し、石を奥に据えたり、石の面の角度を上向きにして石が前に転がらないように一部変更した築石が6石ある。

また今回は、安全性に考慮し1石ごとに石材の尻にケミカルアンカーで後ろの壁とワイヤーで固定し、地震が来ても石垣の石が前に飛び出さないようにした。この作業を1段ごとに築石にワイヤーを取り付けていった。ワイヤーを取り付けた後に裏栗石を詰めていく。

詰石と裏栗石は、築石に直接接する詰石は人頭大の大きさの石を用い、それ以外のところでは握り拳かそれよりも細かな石を用いた。当初裏栗石はモックを用いたトラックに積んで運んでいたが、後半展示室に小型のパワーシャベルを入れ、直接パケットで裏栗石を入れていった。入れられた裏栗石は、タンバーで転圧をかけ1段ごとに縮め固めていった。3段目を積むにあたっては、2段目までの石積みの高さがあるために安全を考慮して足場を組んで、足場板の上で作業を行った。3段目の積み上げが完了後足場を撤去し、最後に胴木の展示のために石垣の前に砂利を敷き、石積みの作業は終了した。

積み上げが終了した石材は表面に貼った石の番号を示したガムテープを外し、写真測量を行い、新たに積まれた石垣の図面の作成を行った。新補材・交換石材で新たに築石を加工した石材は削った部分に彩色を施した。

第5節 工事業務フロー

石垣移築工事の流れを図に示すと、右のようになる。



図1-5-1 工事業務フロー

第6節 工事数量

移築作業面積

地下1階展示室面積 : 166.12m²

石積み面積 : 30.7m²

移築する石材数

築石 : 45石

詰石 : 26石

交換石材 : 11石

新補材 : 6石

合計 : 88石

石材番号	配置位置	横	縦	块え	重量 (kg)	再利用
1段目						
1-16	築石	30	50	65	97	交換
1-18	築石	140	54	110	1154	
1-19	築石	138	87	76	1928	
1-20	築石	81	40	65	185	
1-21	築石	127	72	218	4664	
1-22	詰石	45	33	18	37	
1-23	詰石	31	11	19	6	
1-24	詰石	46	16	26	32	
1-25	築石	46	37	45	178	
1-26	築石	146	88	122	2556	
1-31	築石	101	73	185	3672	
1-33	築石	93	71	150	1843	
1-34	詰石	43	28	22	25	
1-35	築石	140	82	130	2228	
1-36	築石	60	55	150	2133	
1-37	詰石	27	13	37	15	
1-38	詰石	33	25	34	35	
1-39	築石	144	64	180	2478	
1-42	築石	108	46	130	1661	
2段目						
2-7	築石	90	75	140	1278	
2-8	詰石	30	25	18	21	
2-9	築石	62	55	170	2274	
2-11	築石	82	52	153	2202	
2-12	築石	72	54	121	842	
2-13	築石	30	30	60	54	交換
2-14	詰石	35	20	36	24	
2-15	築石	69	45	134	680	
2-16	詰石	32	22	42	33	
2-17	詰石	53	24	43	45	
2-18	築石	96	84	142	1687	
2-19	詰石	32	10	33	16	
2-21	築石	70	100	100	700	交換
2-22	詰石	40	19	39	45	
2-24	詰石	34	28	25	32	
2-25	築石	155	67	80	1634	
2-26	詰石	23	14	26	11	
2-27	築石	80	73	101	1236	
2-28	築石	73	56	103	964	
2-29	築石	46	36	122	307	
2-30	築石	50	29	72	104	
2-31	築石	87	76	105	1421	
2-32	詰石	15	13	36	18	
2-33	詰石	45	29	19	24	

石材番号	配置位置	横	縦	块え	重量 (kg)	再利用
2段目						
2-34	築石	42	24	103	303	
2-35	詰石	19	13	19	6	
2-36	築石	94	73	143	1490	
2-37	築石	48	30	53	107	
2-38	詰石	31	19	35	32	
2-39	築石	45	90	90	365	交換
3段目						
3-12	築石	55	20	55	61	交換
3-13	築石	78	49	148	1262	
3-14	築石	90	105	60	567	交換
3-15	築石	90	78	114	1579	
3-17	詰石	26	17	21	13	
3-18	詰石	32	28	35	25	
3-19	詰石	27	16	27	11	
3-20	築石	115	80	125	2353	
3-21	築石	25	19	54	70	
3-22	築石	100	75	110	1235	
3-23	詰石	25	15	45	17	
3-25	築石	115	80	120	2293	
3-26	詰石	40	20	35	31	
3-27	築石	40	15	18	20	
3-28	築石	34	17	25	21	
3-29	築石	95	90	140	2286	
3-30	詰石	25	20	25	19	
3-31	築石	75	120	100	900	交換
3-32	築石	130	84	125	2003	
3-33	築石	119	95	104	2218	
3-34	築石	98	74	121	1182	
3-35	詰石	30	21	32	12	
3-36	築石	63	18	30	34	交換
4段目						
4-10	築石	76	67	120	760	
4-11	築石	40	55	90	198	交換
4-16	築石	55	50	85	234	交換
4-17	詰石	66	25	34	58	
4-18	築石	50	70	100	350	交換
4-19	詰石	57	18	14	18	
新補材						
新補材1	詰石	52	30	45	70	新補材
新補材2	築石	50	45	80	180	新補材
新補材3	築石	35	45	45	71	新補材
新補材4	築石	50	70	110	385	新補材
新補材5	築石	30	50	70	105	新補材
新補材6	築石	30	20	80	48	新補材

表1-6-1 石材データー覽表

第7節 実施工工程表

項 目	10月		11月		12月		備考
	上旬	中旬	上旬	中旬	上旬	中旬	
石垣移築工事							
搬入出人							
玄関石材搬工							
鉛石・鶴石材搬工							
錐形石材搬工							
石材搬入							
片付け							
搬入前(仮置場一覧表示)							
養生措置							
養生除去							
運搬							
防災断面地下1階(展示室)							
場査測設置							
場査測撤去							
石材搬下							
クーン搬運							
石材工							
リヤ-固定							
搬入の 搬出場(設置・撤去)							
錐形砂利敷							
片付け							

11月22日～11月26日主な公休日休止

表1-7-1 石垣移築保存工事工程表

第8節 実施過程

- 10月29日（月） 移築する石材が揃っているかどうか、仮置き場での石材の数の確認を行う。予定されている交換石材を仮置き場から探す。
- 10月30日（火） 仮置き場での石材の数量確認を行い、全ての石の確認を終了する。予定されている交換石材を仮置き場から探す。
- 10月31日（水） 1段目・2段目の石材の再利用検査を行う。補強が必要な石材には石に直接補強内容とその位置をガムテープで貼っておく。
- 11月1日（木） 3段目の石材の補強が必要かどうかの再利用検査を行う。補強作業を行うために石材を移動し作業スペースの確保を行う。午後より第5回石垣移築工事部会議を行う。
- 11月2日（金） 石材1-19、20、25、26、33、36、39の補強を行う。
- 11月5日（月） 石材1-21、42、2-9、28、3-20、22、25の補強を行う。
- 11月6日（火） 石材2-9の破断した石材の接着剤による接合を行う。交換石材の石材を探す。
- 11月7日（水） 石材1-20、26、31、33、36、2-9、3-20の補強を行う。石材1-21はパラロイドで補強を行う。
- 11月8日（木） 3-14、4-11の交換石材を探し、型紙に合わせて加工を行う。2-13、3-31、4-11、16の交換石材を確保する。
- 11月9日（金） 交換石材を2-21、3-31の型紙に合わせて加工を行う。新補材の2~7までと交換石材の2-21、3-14、4-18の石材を確保する。
- 11月12日（月） 新補材1~4の加工を行う。石材1-36が新たに破断したため、接着剤による接合を行う。午後より石垣移築工事部会議が現地にて作業状況の確認を行う。
- 11月13日（火） 石材1-31の接合を行う。新補材と交換石材について石材カードを作成する。搬出しやすいように石材番号順に石材の並び替えを行う。
- 11月14日（水） 石材1-18、19、35、36、39、42の搬出を行う。展示施設で運び込んだ石材の仮置きを行う。
- 11月15日（木） 石材1-21、26、31、33の搬出を行う。運び入れた石材を、展示施設に左側より順に仮置きしていく。
- 11月16日（金） 石材1-20、25、2-7、11、12の搬出を行う。石材1-26の墨付けラインを基準に各石材を積んでいく。
- 11月17日（土） 1段目の中心部分の石材1-12の地点で、本来の位置より40cmの隙間が空き、再度左側より石を積み直す。1段目の石材をほぼ積み終える。
- 11月19日（月） 1段目が積み終えたところから1-21、25、26、31、33、35、36、39、42にワイヤーを取り付ける。
- 11月20日（火） 石材1-18、19、21にワイヤーを取り付ける。1段目のワイヤー取り付け作業が終了したため、詰石・裏栗石をモッコ用いて石垣の裏に運び入れ、積む。
- 11月21日（水） 石材1-29にワイヤーを取り付ける。石材2-13、15、18、30、31、34、36、39の搬入を行う。午後より有識者による移築作業の見学会を行う。
- 11月22日（木） モッコにて石垣の裏に裏栗石を運び入れる。入れた裏栗石はタンパーにて転圧をかける。1段目の詰石を設置し、新たに新補材1を設置しワイヤーを取り付ける。
- 11月23日（金） モッコにて石垣の裏に裏栗石を運び入れ、タンパーにて転圧をかける。
- 11月26日（月） 石材1-16、2-21、新補材2・3・4・5の搬入を行う。1段目の石垣移設が完了したため、平面の写真測量を行う。
- 11月27日（火） 石材2-27~31、36、39の石を積む。すでに設置してある1-18、19の2石については、2段目を積んでいく際に後ろに下げないと倒んだ様に見えるため、再度積

- み替え作業を行った。2段目の2-27、28についても、下の1-35、36の石尻を10cm下げる影響で、同じく10cm石尻が下がる結果となる。
- 11月28日（水）石材2-27~31、36、2-38にワイヤーを設置する。ダンプで裏栗石を搬入し、パワーシャベルで裏栗石を入れていく。交換石材2-21の据えが悪いため再度加工を行う。石材番号1-18、19を後ろに下げた影響で石材番号2-25がそのまま積むと孕んだように見えるために12cm尻を上げて設置した。
- 11月29日（木）石材2-9の搬入を行う。2-18、21、25にワイヤーを設置する。ほぼ2段目の石積みが完了し、裏栗石をパワーシャベルのバケットで直接石垣の裏に入れる。入れられた裏栗石はタンバーで転圧をかける。
- 11月30日（金）石材2-11、15のワイヤーを設置する。2段目の裏栗石の搬入とタンバーで転圧をかける。
- 12月3日（月）石材2-9の位置の調整を再度行い、ほぼ2段目の石材の積みは完了する。石材3-15、16、20、22、25、29、31、32、34、新補材1・6の石材の搬入を行う。
- 12月4日（火）石材2-7、9、12、13、新補材4のワイヤーの設置を行う。詰石・裏栗石の搬入を行う。
- 12月5日（水）2段目の石が積み上がったため上からの写真撮影を行う。3-32、33、交換石材4-16、18の石積みを行う。石材3-31の石の据わりがよくないために再度加工を行う。
- 12月6日（木）石材3-29、31まで石を積むが3段目の石の勾配が足らず、再度左側から3段日の石材を外し組み直す。
- 12月7日（金）石材3-22、25、29、31の石材の設置を行う。同様にワイヤーの取り付けを行う。ダンプで詰石・裏栗石を搬入し、パワーシャベルのバケットで直接石垣の裏に裏栗石を入れていく。
- 12月8日（土）石材3-13、14、16、4-11、新補材4の搬入を行う。石材3-15、20のワイヤー設置を行う。
- 12月10日（月）石材4-11のワイヤーの設置を行う。ダンプで裏栗石を搬入しパワーシャベルのバケットで直接石垣の裏に裏栗石を入れていく。
- 12月11日（火）3段目の石積みが午前中に完了し、午後より足場の撤去を行う。
- 12月12日（水）3段の石積みが完了し、胴木展示施設に砂利を搬入する。石材についているガムテープを外し、加工した部分が目立つ場所に彩色を施す。
- 12月13日（木）完成した石垣の全景の撮影と写真測量を行う。加工し、目立つ部分が残っているために再度彩色を施し完了する。



写1-8-1 ミーティング状況



写1-8-2 段階確認状況

第9節 施工体制

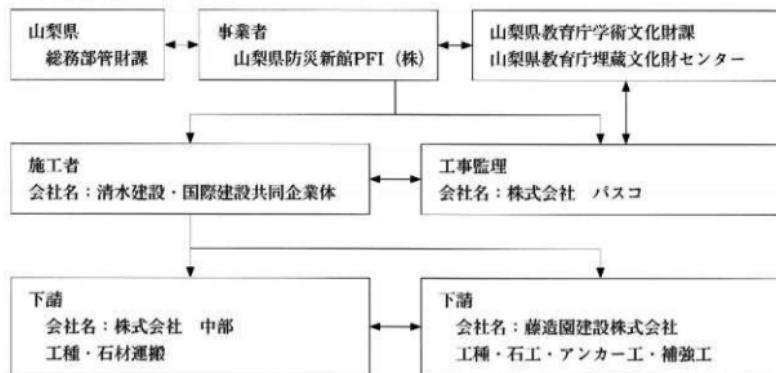


図 1-9-1 施工体制

第10節 工事組織・関係者

管財課	平井 敏男（課長） 鈴木 勇次（総務部主幹） 横森 充（総括課長補佐）	埋蔵文化財センター	八巻与志夫（所長） 福島 一雄（次長）
庁舎整備担当	花形 俊彦（課長補佐） 安藤 明範（副主幹） 青柳 昌宏（副主査） 河野 明（副主査）	調査研究課	米田 明訓（課長） 野代 幸和（主査・文化財主事） 長田 隆志（非常勤嘱託）
学術文化財課	高橋 一郎（課長） 三井 薫（総括課長補佐） 出月 洋文（文化財指導監）		
埋蔵文化財担当	森原 明廣（副主幹・文化財主事） 武井 善史（主任） 正木季洋（主任・文化財主事）		

[施工業者]

山梨県防災新館PFI(株)	工事監督	伊藤 雅乃（株式会社バスコ） 藤川 真司（株式会社バスコ）
田中 博文（清水建設株式会社） 小河原浩司（清水建設株式会社）		
石工	石材搬入工	長田 覚（株式会社中部） 平賀 正治（株式会社中部） 井上 华人（株式会社中部）
荏本 久（藤造園株式会社） 後藤 慶太（藤造園株式会社） 五味 博（有五味石材工業） 瀧澤 晴永（有五味石材工業） 高畑 好二（有五味石材工業）		

第2章 石垣移築工事

第1節 勾配の検討

移築する石垣については、オリジナルと同じ勾配で石垣を積むことを基本とした。そのため、石垣解体時に4本の断面図が作成されており、そのうち今回移築に際し関連する断面図b・cについて角度を求めた。その結果b断面は68°、c断面は72°となった。展示室の左側がb断面、右側がc断面にあたるためそれぞれの展示室の左右の勾配をこの角度とした。

このため、この間の石垣の勾配については、石垣が孕まないよう、それぞれの角度に沿ったかたちで石垣を積むこととなった。石垣が孕まないように水平ラインは各墨付けラインに合わせて水糸を張り、石の凹凸同時に、各石の勾配についても確認しながら勾配を決定していった。



図2-1-1 b断面図

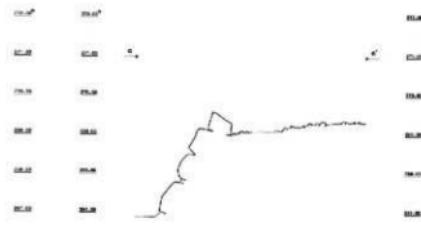


図2-1-2 c断面図

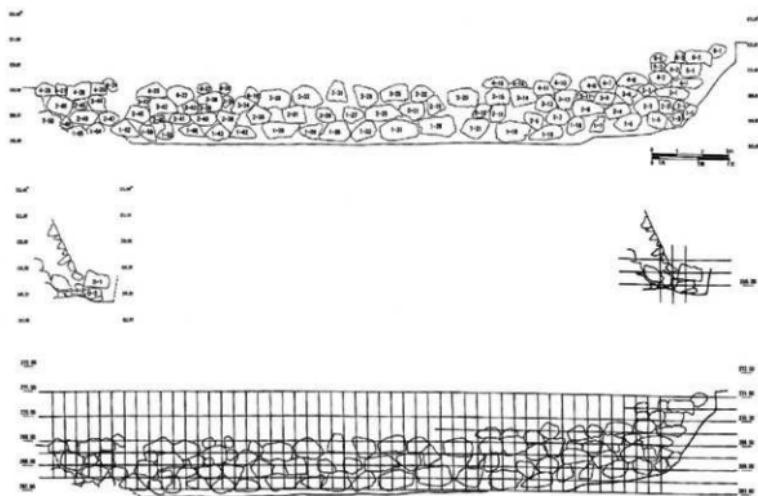


図2-1-3 移築前の石垣立面図と墨入れ図

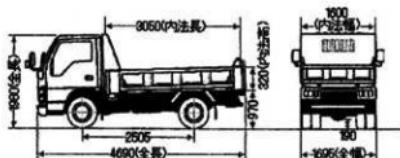
第2節 石材の搬出入工

石材の搬入出は、仮置き場から展示室までの運搬と展示室に石材を積む際の積み込み作業をさす。仮置き場では、石材の再利用検査時に石を吊り上げて検査を行ったが、この際2.9t以上の石を吊り下げる場合は16tのラフタークレーンを用い、2.9t未満の石を吊り上げる場合は、0.45クレーン付きバックホウを用いた。16tのラフタークレーンを使用する場合は、アウトリガー設置部には敷鉄板等で養生を行った。3t以上の石については、10tトラックにて運搬を行い、3t未満の石は、3t低床ダンプで直接展示室の仮置き場に搬入した。仮置きされた石材は、5tチェーンブロック及び3.5tフォークリフトにて石の仮置きを行った。展示室内では、5t手動チェーンブロック及び2.5t電動チェーンブロックにて石の移動を行い石積みを行った。

裏栗石や詰石については、モッコで仮置き場から展示室まで運び入れていたが、後半トラックの荷台に直接裏栗石をバックホウで積み、展示室の前に下し、小型のバックホウのバケットで直接石垣の裏に裏栗石を運び入れた。同様に耐木展示スペースにも砂利を入れて作業は完了した。

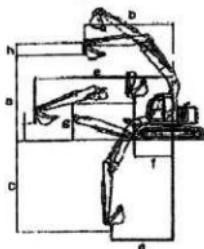
機械名	規格	台数	摘要
16tラフタークレーン		1	別紙図参照
MLクレーン掘削機	0.45m ³ 排ガス対策型(クレーン仕様)	1	別紙図参照
3tダンプ	低床	2	別紙図参照
フォークリフト	3.5t	1	別紙図参照
チェーンブロック	5t吊・2.5t吊	各2	別紙図参照

3Tダンプ



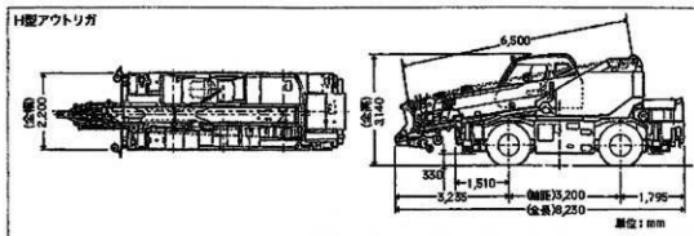
PB-MK081AD

MLクレーン付掘削機



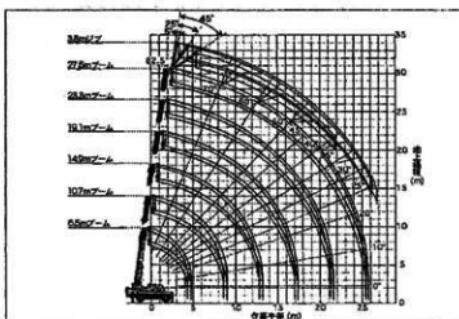
呼称 (積量)m3		0.14	0.25	0.28	0.45	0.60	0.8
メーカー	北越	コベルコ	CAT	CAT	CAT	CAT	
型式	AX40u-3	SK60SR	308CCLR	311CU	320CU	320C	
全体寸法	全長 A	5300	5770	5830	6860	8730	9400
	全幅 B	1950	2320	2320	2490	2800	2800
	全高 C	2670	2600	2610	2825	3010	3010
バケット容量/m3	0.14	0.28	0.28	0.45	0.60	0.60	0.60
最大掘削半径 D(mm)		6310	6240	7370	9770	9770	9770
最大掘削深さ E(mm)	3400	4100	4130	5040	6640	6640	6640
最大掘削高さ F(mm)	5560	7180	7410	7805	9400	9400	9400
最大掘ダンプ高さ G(mm)	4000	5120	5270	5450	6580	6580	6580
燃料/タンク容量(L)	軽油/50	軽油/85	135	195	284	284	284
機械重量(tg)/参考	3980	7100	7520	11720	22600	20200	
吊り上げ能力	最大 ton×m	0.9×2.5	1.8×2.0	1.7×3.5	2.9×2.8	2.9×6.7	2.9×6.7
	最小作業半径 ton×m		1.8×1.37	1.7×1.64	2.9×2.53	2.9×2.48	2.9×2.48
	最小作業半径 ton×m		0.5×5.5	0.8×5.46	1.1×6.68	1.9×8.68	1.9×8.68
最大吊り高さ a(mm)	3000	3830	4580	4670	5760	5760	
同上時作業半径 b(mm)	3480	2540	3350	5100	6800	6800	
最大吊り深さ c(mm)	2330	3600	3550	4400	5840	5840	
同上時作業半径 d(mm)	3000	2450	2550	3210	4200	4200	
最大作業半径 e(mm)	4930	5430	5460	6680	8880	8880	
最小作業半径 f(mm)	2030	1370	1640	2530	2480	2480	
同上時吊り高さ g(mm)	1930	2800	2640	2150	2880	2680	
フック長さ h(mm)		330	253	306	320	320	

16tラフタークレーン

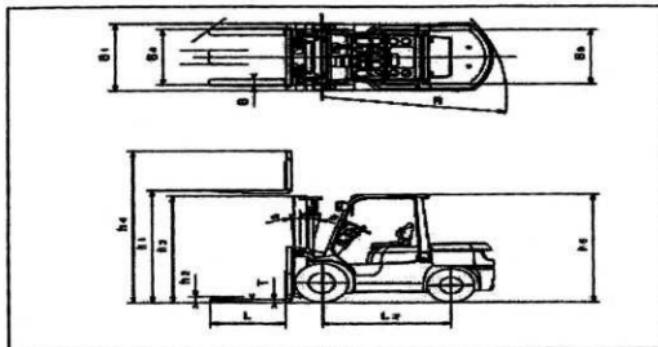


■ 走行荷重表(1) 6.5m~27.5mブーム (単位:ton)

作業半径 (m)	5.2m					
	アウトリガ最大張出(全周)					
	6.5m ブーム	10.7m ブーム	14.9m ブーム	19.1m ブーム	23.3m ブーム	27.5m ブーム
2.5	16	12	9	7		
3	16	12	9	7		
3.5	14	12	9	7	5	3.5
4	12.5	12	9	7	5	3.5
4.5	11.7	11.1	9	7	5	3.5
(4.4m)						
5		10.25	8.0	7	5	3.5
5.5		9.4	8.2	7	5	3.5
6		8.8	7.6	6.6	5	3.5
7		6.75	6.4	5.5	4.7	3.5
8		5.5	5.2	5.2	4.15	3.4
9		4.6	4	4.3	3.7	3.1
		(8.6m)				
A(角度)	0~82.5					
標準フック	16t フック					
フック重量	160kg					

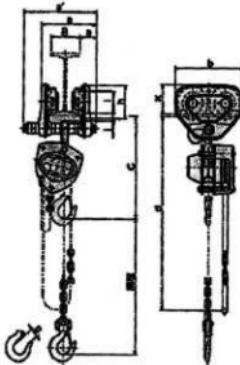


フォークリフト



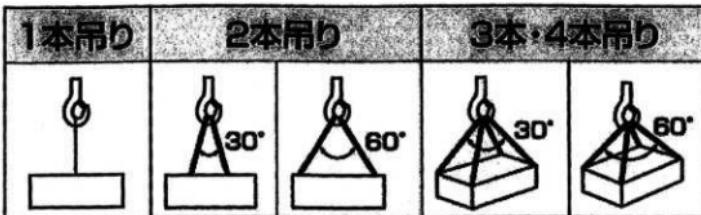
	フォーク3.5t トヨタ L&F	フォーク 3.5tA 三菱	フォーク 3.5tA/S トヨタL&F	フォーク 3.5tS 日産		トヨタ L&F	フォーク3.5t配 日産	トヨタ 三菱
ディーゼル								
105	66	105	105	69	105	65	69	66
3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
600	500	600	600	500	600	500	500	500
3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
標準3m								
110	150	110	110	155	110	140	155	150
4,145	4,010	4,145	4,215	4,065	4,215	4,035	4,065	4,010
1,350	1,290	1,350	1,350	1,280	1,350	1,290	1,280	1,290
2,140	2,180	2,140	2,150	2,155	2,150	2,130	2,155	2,180
1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
5,690	4,830	5,780	5,980	4,860	5,890	4,830	4,860	4,830
		トルコン	サイドシフト付 トルコン		サイドシフト付 トルコン			

トロリー付チェーンブロック



種類 (t) (T)	品名	標準 荷重 (kg)	標準 起吊 高度 (mm)	標準 吊索 長さ (mm)	標準 吊索 幅 (mm)	標準 吊索 厚 (mm)	標準 吊索 重量 (kg)	標準 吊索 横幅 (mm)	標準 吊索 横幅 (mm)	標準 吊索 横幅 (mm)
0.5	CBSPO 05	0.5	2.5	2.5	50・75・100	1100	5.0×1	0.7 5	15	1.5
1	CBSPO 10	1	2.5	2.5	75・100・ 125	1300	6.3×1	1.5	19	1.8
1.5	CBSPO 15	1.6	2.5	2.5	100・125・ 150	1500	7.1×1	2.4	28	2.1
2	CBSPO 20	2	3.0	3.0	100・125・ 150	1500	8.0×1	3	33	2.3
2.5	CBSPO 25	2.5	3.0	3.0	100・125・ 150	1700	9.0×1	3.8	48	2.7
3	CBSPO 30	3.2	3.0	3.0	100・125・ 150	1700	7.1×2	4.8	44	3.2
5	CBSPO 50	5	3.0	3.5	125・150・ 175	2300	9.0×2	7.5	87	4.4

※アルミ素管プレス加工効率95%



JIS G3525 6x24% A種 安全率6

寸法図

ロープ径 (mm)	破断荷重 kN(tf)	1本吊り	2本吊り		3本・4本吊り	
			30°	60°	30°	60°
8	31.6 (3.2)	4.9 (0.4)	9.5 (0.9)	8.5 (0.8)	15.6 (1.6)	12.9 (1.3)
9	39.9 (4.0)	6.2 (0.5)	12.0 (1.2)	10.8 (1.0)	19.7 (2.0)	16.3 (1.6)
10	49.3 (5.0)	7.7 (0.7)	15.0 (1.5)	13.3 (1.3)	24.4 (2.5)	20.2 (2.0)
12	71.0 (7.2)	11.2 (1.1)	21.5 (2.1)	19.3 (1.9)	35.1 (3.6)	29.1 (2.9)
14	96.6 (9.8)	15.2 (1.5)	29.3 (2.9)	26.3 (2.6)	47.7 (4.8)	39.6 (4.0)
16	126.0 (12.9)	19.9 (1.9)	38.2 (3.8)	34.3 (3.5)	62.2 (6.4)	51.6 (5.3)
18	160.0 (16.3)	25.2 (2.5)	48.6 (4.9)	43.6 (4.3)	79.0 (8.1)	65.5 (6.7)
20	197.0 (20.1)	31.1 (3.1)	59.9 (6.0)	53.7 (5.4)	97.3 (9.9)	80.7 (8.2)
22	239.0 (24.4)	37.8 (3.8)	72.7 (7.4)	65.1 (6.6)	118.1 (12.1)	97.9 (10.0)
24	284.0 (29.0)	44.9 (4.5)	86.4 (8.7)	77.5 (7.8)	140.3 (14.3)	116.3 (11.9)
26	333.0 (34.0)	52.7 (5.3)	101.3 (10.3)	90.8 (9.2)	164.5 (16.8)	136.4 (13.9)
28	387.0 (39.4)	61.2 (6.1)	117.8 (11.9)	105.6 (10.7)	191.2 (19.5)	158.5 (16.1)

ワイヤーの検討

2,500kg～4,660kgの石については

表寸法図より

20mmワイヤロープ 2本吊りで角度が60° の場合

5.4tfですので

MAX石 4.66tf < 5.4tfなのでワイヤーロープはOK

26mmワイヤロープ 1本吊りでの場合

5.3tfですので

MAX石 4.66tf < 5.3tfなのでワイヤーロープはOK

山梨県防災新館石垣搬入計画（立面図）

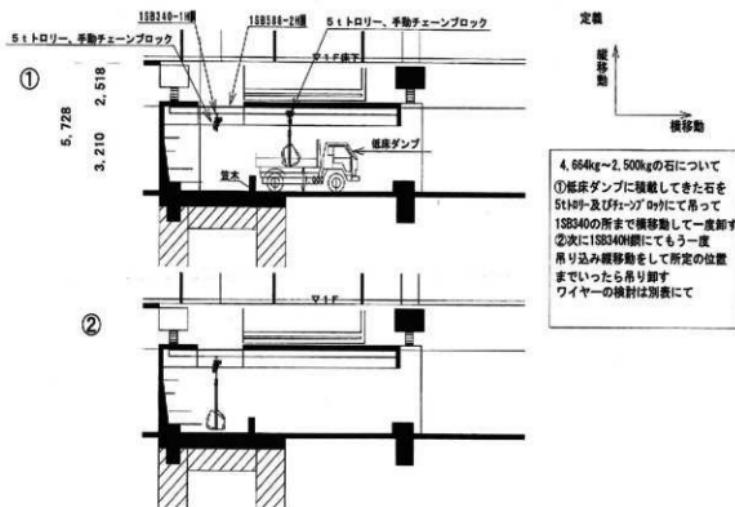


図 2-2-1 石垣搬入計画図



写 2-2-2 石垣移設前の展示室



写 2-2-3 展示室石材の搬入口



写 2-2-4 チェーンブロックの梁



写 2-2-5 クレーンによる石材の搬出



写2-2-6 トラックによる石材搬出



写2-2-7 フォークリフトによる石材運搬



写2-2-8 チエーンブロックでの石材運搬



写2-2-9 石材仮置き場での石材の設置



写2-2-10 仮置き場での石材の状況



写2-2-11 トラックでの石材の搬入



写2-2-12 桧木展示室での砂利敷き



写2-2-13 石材搬出完了状況

第3節 交換石材

交換石材については、「甲府城跡－楽屋曲輪地点－」(2012年発行)の「Ⅱ石垣解体工事と調査」(以下、甲府城跡－楽屋曲輪－)というで、すでに石垣解体時に石材が再利用可能かどうかの検査を行い、示されている。しかし、仮置き場に置かれている間に自然に破断した石材や、新たにクラックの入った石材があったために、再度検査を行うこととし、石材の補強の場合と同様に肉眼観察とショットハンマーによる打音検査を行った。また、移築する石垣の両端部分は、展示場所に合わせ、両端を切断する必要が生じた。オリジナルの石材の切断を避けるために、交換石材を用いることとした。その結果、当初予定されていた交換石材は9石であったものが11石となった。新たに交換が必要となった石材は、型紙を取り、型紙に合った石材を選出することとなった。

オリジナルの石垣の場合、築石の間に多くの詰石が入れられた個所が多くあったが、この場合は基本的に新補石材を詰石の交換石材として用い、石垣の安全性を確保した。このような個所が今回6か所あった。

交換石材や新補材の確保については、過去に甲府城で使用され、現在石垣の石材として用いられなくなった石材を石材保管場所から選び出してきた。交換石材を選別する際は、オリジナルの石材から取った型紙に近い大きさの石材を選び出し、型紙に合わせて加工して交換石材とした。新補材は、図面から新補材の大きさを測り出し、その大きさに近い石材を選び出した。

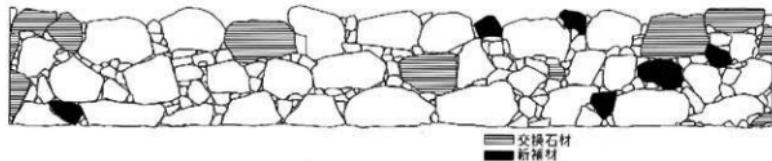


図2-3-1 交換石材と新補材の位置図



写2-3-2 新補材・交換石材置き場



写2-3-3 新補材・交換石材の選出



写2-3-4 型紙による新補材・交換石材の選定



写2-3-5 図面による新補材の選定



写2-3-6 交換石材を準備するための型紙取り



写2-3-7 型紙から交換石材の加工のライン設定



写2-3-8 交換石材の加工状況（1）



写2-3-9 交換石材の加工状況（2）



写2-3-10 交換石材の加工状況（3）



写2-3-11 交換石材の加工後

第4節 捕強工

補強については、交換石材同様にセンター報告書「甲府城跡－楽屋曲輪地点－」で触れているおり、石垣解体の時点で石材の再利用検査を行っているが、仮置き場に置かれ時間の経過を受け、新たにクラックが入ったり、破断した石材が発見されたことで、再度石材利用検査を行うこととした。検査内容は石材をクレーンで吊上げ石材の全周を肉眼観察による検査と、シュミットハンマーによる打音検査である。補強が必要と判断された石材は、その方法と位置をマジックでガムテープに書き入れ補強場所に貼っていった。

補強方法は3種類あり、1つがケミカルアンカーを用いる方法、2つが接着剤を使用する方法、3つがパラロイドを用いる方法である。これらは文化財の修復等で使用実績のあるものを用いた。

・ケミカルアンカーを用いた方法

この方法は、クラックの入った石材のクラックの拡大を防ぐために穴をあけ、健全な部分どうしをケミカルアンカーを用い、アイボルトで繋ぎ固定させようという方法である。クラックの入っている方向に直交するように最低2本の穴をドリルで開けるが、クラックの入り方に応じて使用するケミカルアンカーの種類とアイボルトの深さを決めていった。アイボルトと石を接着剤で付きやすくするために開けられた穴は掃除を行った。開けられた穴にケミカルアンカーを差し入れる。今回使用したケミカルアンカーの種類はD10・12である。次に穴の深さより1cm短く切断されたアイボルトに接着剤を塗りハンマーで叩き、先に入れたケミカルアンカーを穴の中で割り、中の溶剤を穴の中で浸透させた。入れられたアイボルトは入り口部分を接着剤で蓋をして、表面に彩色を施しアイボルトの差し込んだ位置が分らないようにした。アンカーの挿入位置を決める際に注意をした点は、石垣の展示を考慮して石垣の表面（面）にあたる部分についてはアンカーを差し込まないようにした。必要に応じて日地処理にエボキシ樹脂モルタル（ボンドE380）を用いた。

・接着剤（ボンドE209等）を用いた場合

この方法は、石材が完全に破壊した場合に用いた。やり方は破壊した面をきれいに水洗し、その後から2種類の主剤を混合させた接着剤を、破壊した面に接着しづなぎさせる。接合面には溶剤が残るためにヘラ等で成形しその上に彩色をする。今回2,200kgを超える石材が前後で破壊していたため、接着剤で接合した後に、6本の穴を破壊した前後の石材の接合面近くに開け、アイボルトを差し込み、ケミカルアンカーを使用し、さらに補強を行った。

・パラロイドB72アセトン溶液を用いた場合

この方法は、石材の表面がタマネギ状剥離をしている場合に行なった補強である。タマネギ状剥離をしている根元にパラロイド溶液を浸透させ固めてしまうことで、剥離を抑える効果がある。溶液自体は乾燥すると表面に光沢を持つために、これを隠す意味で表面に彩色を施し目立たないようにした。今回1-21の石材はタマネギ状剥離が激しくパラロイドの他に直径4mmのアイボルトをタマネギ状剥離の近くに穴を開け、アイボルトに接着剤を塗り差し入れることでさらに補強を行った。この場合は、ケミカルアンカーは用いていない。

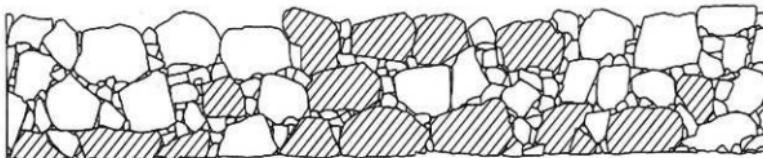


図2-4-1 補強工を行った石材位置図

石材 番号	補強ヶ所	アンカーの種類	ケミカル アンカー 使用本数	深さ	ボンドに よる接合	バラロイ ド使用
1 1-19	左側	直径12mm 2本	2本	手前45cm、奥52cm 10cm	無し	無し
2 1-20	天土部	直径4mm 6本	無し		天土部	天土部
3 1-21	天土部	直径4mm 10本	無し		天土部	天土部
4 1-26	右側	直径12mm 2本	2本	手前38cm、奥33cm 手前40cm、奥40cm	無し	無し
5 1-31	右側	直径12mm 4本	4本	後85cm、前左下37.5cm、前左下25cm、前右上64cm 後77.5cm、前左下32cm、前左下39cm、前右上53cm	無し	無し
6 1-33	天土部	無し	無し		天土部	無し
7 1-36	正面	直径10mm 2本	2本	上15cm、下19cm 上52cm、下53cm	正面	無し
	右側	直径12mm 2本	2本			
8 1-39	右側	直径12mm 2本	2本	手前20cm、奥25cm	無し	無し
9 1-42	右側	直径4mm 2本	無し	10cm	無し	無し
	左側	直径4mm 2本	無し	10cm	無し	無し
10 2-9	天土部	直径12mm 1本	1本	37cm		
	右側	直径12mm 2本	2本	上45.5cm、下48cm	前後横断 を接合	無し
	左側	直径12mm 2本	2本	上46cm、下47cm		
11 2-25	天土部	直径12mm 2本	2本	手前21cm、奥25cm		
	左側	直径12mm 2本	2本	上69cm、下53cm	無し	無し
12 2-28	右側	直径10・12mm 3本	3本	手前40cm (10)、中39.5cm (12)、奥34cm (12)		
	左側	直径12mm 2本	2本	手前34.5cm (10)、奥33cm (12)	無し	無し
13 3-20	右側	直径12mm 2本	2本	手前53cm、奥48cm		
	左側	直径12mm 2本	2本	手前44cm、奥45.5cm	無し	無し
14 3-22	右側	直径10・12mm 2本	2本	手前32cm (12)、奥18cm (10)		
	左側	直径12mm 2本	2本	手前34.5cm、奥44.5cm	無し	無し
15 3-25	右側	直径12mm 2本	2本	手前41cm、奥39cm		
16 3-29	左側	直径12mm 2本	2本	手前53cm、奥40cm	無し	無し

表2-4-2 補強石材一覧表



写2-4-3 石材の再利用検査



写2-4-4 ドリルによるアンカーの穴あけ



写2-4-5 開けたアンカーの穴の清掃



写2-4-6 使用する補強工の材料



写2-4-7 アンカーに使用する接着剤の計量



写2-4-8 全ネジ丸棒に接着剤を塗る作業



写2-4-9 ケミカルアンカーを挿入



写2-4-10 全ネジ丸棒をハンマーで叩き入れる状況



写2-4-11 接着剤で穴に蓋をする



写2-4-12 補強完了



写2-4-13 石材の破断した状況



写2-4-14 破断した面の清掃



写2-4-15 使用する2種類の接着剤



写2-4-16 接着剤の混合



写2-4-17 破断した部分に接着剤を塗る



写2-4-18 石材を接合した状態



写2-4-19 接着部分に化粧を施す



写2-4-20 接合の完成状況



写2-4-21 バラロイド溶液を浸透させている状況



写2-4-22 バラロイドによる補強完成状況

第5節 石積み工

石垣を積む際に使用した資料は、石垣発見時の石垣立面図・断面図、段ごとの石垣平面図・墨付けの図、石垣解体時に撮影された各石材の写真・石材カードである。石垣解体時に付けられた50cmごとの墨付けは、現状でかなり墨が落ちて消えかかっていたため、石材の再利用検査時に解体時に撮影された各石材の写真を見ながら墨の付いていた位置を復元していった。

石垣は、展示室の左側より石材を積んでいった。当初墨付けの図と墨付けのラインを頼りに石材を積んでいったが、石垣の1段目のほぼ中心の位置まで積んだ時点で、隣の石と40cmの隙間があくことが判明した。その理由は、復元した墨付けのラインが誤差を持っていたからである。その結果、墨付けラインのみをもとに石垣を積んでいくには問題があることが判明した。

そのため、石材を積むために1m間隔で墨付けの図面と同じラインを展示室に再現した。水平ラインは水糸を張り、垂直ラインは床にガムテープを貼りそれぞれの位置を示した。各1mの空間の中に石がどのように配置されるか図面と実際の石を積みながら検証していった。

石は最初1段目の展示室の左側より順に図面と実際の石とを見比べながら積んでいくが、その際解体時に撮影された各石材の正面の写真も参考にしながら行なった。石の傾きについては、段ごとの石垣平面図のレベルの値を使用した。1段目を設置した段階で1段目の石で高さの最も高い石のレベルを0mとし各石がmの値より何センチ低いのか平面図から読み取った。出てきた値を実際の石垣にあてはめて、レベルを用いて同じ値になるように石の調整を行った。これで各石がオリジナルと同じ傾きになるようにならなかった。2段目・3段目も同じように石垣を積んでいった。2段目以上になると石の勾配が問題になる。石垣の勾配は、石垣発見時の立面図に4本の断面図が作成されており、このうち今回移築する部分の2本の断面を用いることとした。しかもその2本の断面は、今回移築する左右の端にあたり、右側の断面の勾配は 72° 、左側の断面の勾配は 68° と算出されている。そこで、左側の勾配 68° から右の勾配 72° に次第に勾配がきつくなるように各石材の勾配を計測しながら積んでいった。その際幾つかの石材については、石垣の安全性からオリジナル通りには積まず、ずらして積み上げた石材もあったが、これで石垣の移築は終了した。移築が終了した石垣は、各石に貼ってある石の番号を示すガムテープを外し、写真測量を行い移築後の図面を作成し石積み工は終了した。

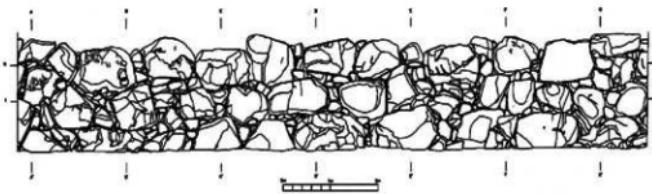
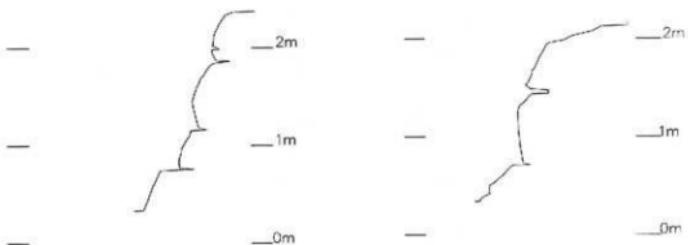
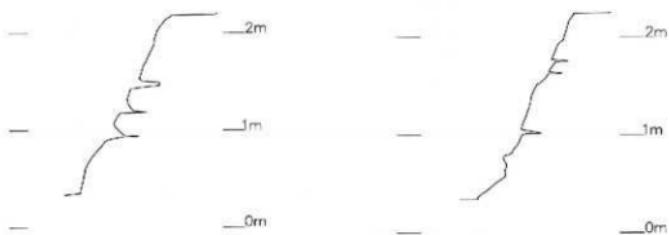


図2-5-1 移築後の石垣立面図



A断面図

B断面図



C断面図

D断面図



E断面図

F断面図

图 2-5-2 石垣断面図 (1)

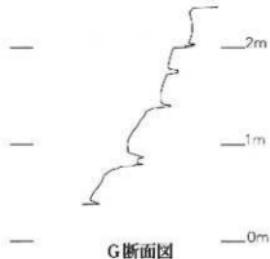
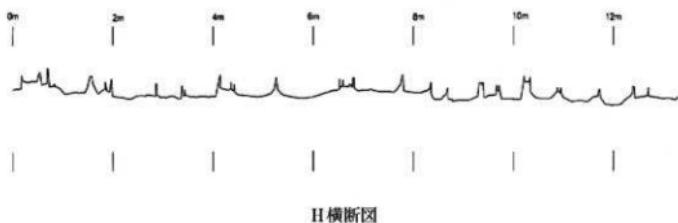


図 2-5-3 石垣断面図(2)



H 横断図



I 横断図

図 2-5-4 石垣横断図



写 2-5-5 写真と比較して石材の位置を確認



写 2-5-6 石材を積む位置を計測



写2-5-7 据えた石の傾きをレベルで計測



写2-5-8 水糸を張り石材の位置を確認



写2-5-9 再度スタッフを置き石の傾きを検査



写2-5-10 1段目を設置した状況



写2-5-11 2段目の石材を積んでいく状況



写2-5-12 2段目の石材の調整



写2-5-13 2段目の石材の勾配の調整



写2-5-14 2段目の石材を据える位置の調整



写 2-5-15 2段目の石材の設置状況



写 2-5-16 3段目設置のための足場取り付け



写 2-5-17 3段目の石材の勾配調整



写 2-5-18 石材についていたラベルの除去作業



写 2-5-19 石積み完成後の写真測量作業



写 2-5-20 石積み作業完成

第6節 裏込工

石垣の裏に詰める裏栗石は基本的に石垣解体時に出土したオリジナルの裏栗石を用いることとした。しかし、細かな裏栗石は、オリジナルの裏栗石では月日の経過のため抜け落ち、現状では握り拳から人頭大のぐらいの大きさの石がほとんどであった。そのため、新たに採石を加えることとした。その比率はオリジナルの裏栗石7割：採石2割：細採石1割の比率で混ぜ合わせて用いることとした。裏栗石の混ぜ合わせは仮置き場でパワーシャベルを用いて行なった。

裏栗石は、石材と同じ仮置き場に置かれているため、当初パワーシャベルでモッコに詰めトラックで展示室に運び入れた。この方法だと1回に運び入れられる裏栗石の量が限られるために、後半モッコを用いず直接トラックの荷台に裏栗石を積み、展示室に運び入れた。展示室の前に小型のパワーシャベルを備えさせ、トラックで運び入れた裏栗石をバケットで直接石垣の裏に入れていった。裏栗石が築石の上面まで入ると詰められた裏栗石は、タンバーで軽圧をかけて裏栗石を締めていった。この工程を石段ごとに3回繰り返し行った。



写2-6-1 出土した裏栗石



写2-6-2 混合した採石



写2-6-3 トラックによる裏栗石搬入状況



写2-6-4 モッコによる裏栗石搬入状況



写2-6-5 トラックによる裏栗石の搬入



写2-6-6 パワーシャベルで裏栗石の投入



写2-6-7 裏込め工



写2-6-8 タンバーによる裏栗石の転圧



写2-6-9 2段目の裏栗石を詰めた状況

第7節 詰石工

詰石は、基本的に石垣解体時に出土したものを用いている。仮置き場に置かれていた詰石はモッコで展示室まで運ばれ使用されるが、解体時に番号の付けられた詰石は築石同様に使用される石の数を確認した。すでに交換が必要な石についてはセンター報告書『甲府城跡－楽屋曲輪地點一』に提示されているが、築石同様に仮置き場に置かれている間に割れたりクラックの入ったものもあったため再度利用検査を行った。その結果、新たに数個の交換する詰石が必要となり、新補材・交換石材同様に仮置き場に置かれ、かつて石垣に使用されたであろう転石から選び出した。

展示室に運ばれた詰石は、築石と同じように墨付け面を見ながら積んでいった。基本的に築石を最初に積んでいき、その間を埋めるように詰石を設置していく。各築石を積むにあたり、勾配の調整のために用いる詰石は、人頭大の詰石を用い、その回りに細かい裏聚石を詰めていった。また、詰石を多用している個所がいくつもあり、その部分には安全性のために交換石材を代わりに積んだ。そのためオリジナルと多少見た目に石垣の様子が変わっている個所がある。特にオリジナルでは詰石が落ちている部分もあり、この個所にも安全性も考慮してあらためて詰石を今回詰めているため、石垣の印象が多少変化しているところがある。新たに詰石を入れた部分は、築石と築石の間に詰石を入れるために詰石を加工している個所がある。加工した部分は野面面でないため彩色を施し目立たないようにしてある。

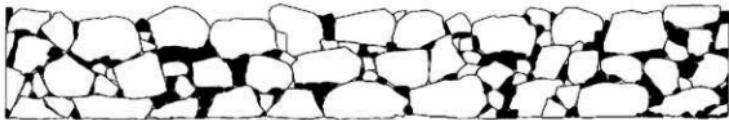


図2-7-1 新たに詰石を入れた図



写2-7-2 詰石の仮置状況



写2-7-3 詰石の清掃



写2-7-4 モッコによる詰石の搬出



写2-7-5 フォークリフトでの搬入



写2-7-6 築石の回りに結石を設置



写2-7-7 図面から結石の設置状況



写2-7-8 結石の設置状況



写2-7-9 結石の設置作業状況

第8節 彩色調整

交換石材や新補材として用いた石材のほとんどが型紙から形を成形しているために石材の加工を行っている。加工した石材の加工面は本来の石垣の野面と異なり、見た目ですぐに加工したことが分かってしまう。またオリジナルの石材でも作業中に一部欠けてしまったものや、パラロイド溶液がはみ出しちゃったもの、接着剤で接合した面などは野面とは異なる色や質感をしている。そういう部分の違和感をなくすために彩色を施した。

彩色の溶剤はアクリル絵の具を用いて野面面と同じような色になるように絵具を混ぜ合わせた。薄め溶剤として水を用いた。一度塗られた場所もアクリル絵の具であるため、水洗することで色を落とすことが可能である。また、彩色した後に溶剤を塗り色を固定していないため、いつでも元の状態に戻すことができる。彩色の仕方は、野面と同じ様な色を混ぜ合わせて作り、これを薄めに水に溶いて加工面に塗っていった。色が薄いため加工面が回りの色と同じようにするために、幾度も重ね塗りを行い色の濃さの調整を行った。

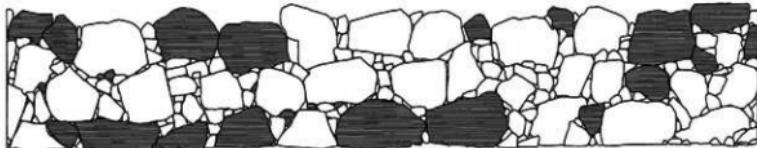


図2-8-1 彩色を行った石材位置図

第3章 安全性の検討

本展示石垣は山梨県防災新館の地下1階に位置し、近傍で石垣を観覧することができる。観覧可能時間帯に地震の振動の影響により、石材が観覧者側へ崩壊し、観覧者が被災しないよう安全対策が必要である。当該石垣は人力では移動不可能な巨大な築石もあり、被災の場合は大きな負傷を考えられる。

したがって、観覧者に対しての安全対策が必要であり、その方法について当該工事にて実施した内容を以下より記載する。

第1節 保管石材の再調査

当該石材については発掘に際して損傷が確認されている。石材については出来る限り現地発生材を使用することを前提としていることから、損傷が見られた石材については、補強あるいは補修を行い、再利用を考えるために再調査を施工前に実施した。



写3-1-1 石材確認状況(1)



写3-1-2 石材確認状況(2)

補強対象石材番号	枚数	横(cm) × 縦(cm) × 岩突(cm)	重さ(kg)
4-11	4	40 55 80	188
4-15	4	80 44 75	514
4-16	4	55 50 85	234
4-18	4	50 75 100	388
4月目_4			1,298
9-12	3	50 25 35	61
9-13	3	78 48 148	1,282
9-14	3	90 105 60	561
9-15	3	80 78 114	1,578
9-16	3	27 31 78	163
9-20	3	115 85 125	2,353
9-22	3	100 78 110	1,226
9-25	3	80 115 120	2,293
9-29	3	95 90 140	2,286
9-31	3	75 120 100	900
9-32	3	130 84 125	2,003
9-33	3	119 95 104	2,218
9-34	3	80 74 121	1,182
3月目_13			18,102
2-7	2	90 75 140	1,278
2-9	2	62 55 170	2,274
2-10	2	25 35 95	227
2-11	2	82 52 153	2,202
2-12	2	72 54 121	942
2-13	2	30 30 80	54
2-15	2	69 45 134	680
2-16	2	98 84 142	1,687
2-21	2	70 100 100	700
2-25	2	155 67 80	1,634
2-27	2	80 73 101	1,236
2-26	2	73 58 103	964
2-29	2	46 38 122	307
2-30	2	50 29 72	104
2-31	2	87 78 105	1,421
2-34	2	42 24 103	303
2-35	2	19 13 19	6
2-36	2	94 73 143	1,480
2-37	2	48 30 53	107
2月目_19			17,516
1-16	1	30 50 85	97
1-18	1	140 54 110	1,154
1-19	1	138 87 76	1,928
1-20	1	81 40 85	185
1-21	1	127 72 218	4,664
1-25	1	46 37 45	178
1-26	1	146 88 122	2,556
1-31	1	101 73 185	3,672
1-33	1	93 17 150	1,843
1-35	1	140 87 130	2,228
1-36	1	60 55 150	2,133
1-39	1	144 54 160	2,476
1-42	1	46 108 150	1,667
1月目_13			24,777
新1		52 30 45	70
新2		50 45 80	180
新3		35 45 45	45
新4		50 70 110	367
新5		30 50 70	165
新6		30 20 80	46
新7			83
合計	56		62,524

表3-1-3 補強対象石材一覧表

第2節 石材の補強について

1. 安全対策の比較検討

観覧者の安全対策としては様々な対策工法が考えられる。当該箇所で対応が可能な対策工法について検討を行い、協議を行った。工法としては築石自体を固定する方法と、築石には手を入れず、背面の土圧の低減や、崩壊発生時に築石が前面に飛散しないような防護対策を行う方法等が考えられた。

検討を行った対策工法は以下の工法である。比較検討における評価項目としては、安全性の確保が目的であることから、安全性の評価に加え、経済性についても評価を行っている。

第1案 ワイヤー敷設工法

石材にアンカーまたはワイヤーを取り付け建築壁に固定させ地震時に石材の飛び出しが発生しないようにする。アンカーまたはワイヤーは、各築石に設置し、地震時水平力に耐える形状とする。鉄筋アンカーの場合建築物との揺れに対して同様に変状することから、ワイヤーにて裏込材内で延長方向に余裕を持たせて、石材の飛び出しの際に働く構造と考える。

第2案 ジオテキスタイル設置工法

石材背面の裏込め材部分にジオテキスタイルを敷設する。裏込部分は擬似的に擁壁構造になり、独立した構造物と考える。この疑似擁壁の前面に築石を復元させる。接続物等を石材に設置することは無い。また、石材の鉛直力により摩擦抵抗で安定させる。

第3案 アクリル板設置工法

石材前面に透明アクリル板を設置し、石材の飛び出しを防護する。アクリル板と石材前面との間は清掃等の維持管理用の空間を少々設ける。水槽や防潮堤などにも使用例があり、強度的には重ね合わせにより厚みを増すことで対応可能である。破損した場合には飛散はない。現場への搬入の関係で分割が必要であり、材料は高価である。

第4案 強化合わせガラス設置工法

石垣自体には特に何も施さない。地震時における滑動力で鑑賞スペースへ進入する際に防護する役割として強化合わせガラスを設置する。ガラスは、強化ガラスの中間に特殊フィルムを設置し、強化させる。石材が衝突した際に、ガラス自体は破損するが、割れたガラスは散乱しない。特殊ガラスであるため、サイズの制限があり、2.4mピッチに固定具が必要となる。

第5案 無処理工法

構築当時のまま対策工を実施しないで復元を展示場内で行う。

次頁に示すように工法についての比較検討を行い、当該地点における最適工法について検討を行い、協議した結果、第1案ワイヤー敷設工法に決定した。

当該工法は石材（築石）にアンカーにて金具を設置、また、石材の背面の建物壁面にもアンカーにて金具を取り付けいることから石材の抜け出しが予防でき、観覧者の安全確保ができる。また、ワイヤーは背面裏込材の中となり、観覧者からは石垣の検出当初通りの形状で復元されたように見える。

表 3-2-1 展示石垣对策工比較表

	高さ: ワイヤ板垣 面積: シオチャタルイ板垣	実測: アクリル板垣 面積: 塗りかわせガラス面積	高さ: 石垣塗装面積 面積: 塗りかわせガラス面積	高さ: 石垣塗装面積 面積: 塗りかわせガラス面積
面積				
面積	石垣は壁面物で割られる。 	石垣は壁面物で割れない。 	石垣は塗装面積で割れない。 	石垣は塗装面積で割れない。
面積				
コスト比較 実費を100% とし、値段	1石にワイヤー2本計算 1石2本2m 1石2本2m	3石測定 2石×2m×2 27m ²	L=1.2m×H=2.5m, t=1cm 27m ²	L=1.2m×H=2.5m, t=1cm 27m ²
安全性	各部が接着されており、繋ぎ部への引張りや剪断力を吸収する構造で、構造的安全性がある。 また、各部が接着されているので、構造的安全性がある。	各部が接着されており、繋ぎ部への引張りや剪断力を吸収する構造で、構造的安全性がある。 また、各部が接着されているので、構造的安全性がある。	各部が接着されており、繋ぎ部への引張りや剪断力を吸収する構造で、構造的安全性がある。 また、各部が接着されているので、構造的安全性がある。	各部が接着されており、繋ぎ部への引張りや剪断力を吸収する構造で、構造的安全性がある。 また、各部が接着されているので、構造的安全性がある。
評価	△ (経験的知識として)	○ ○ ○	△ △ △	△ △ △

2. 安全対策工の概要

設置する石材と建物壁の間にワイヤーを設置し、地震時における飛び出しを防止する。材料は石材部及び建物壁付近にはネジ山を加工した鉄筋を使用し、ターンバックルで中間部のワイヤーと接続する。ワイヤー部は若干の自由長を持たせる。(常に緊張状態では無い) 1石に付き、1本のワイヤーを設置する。

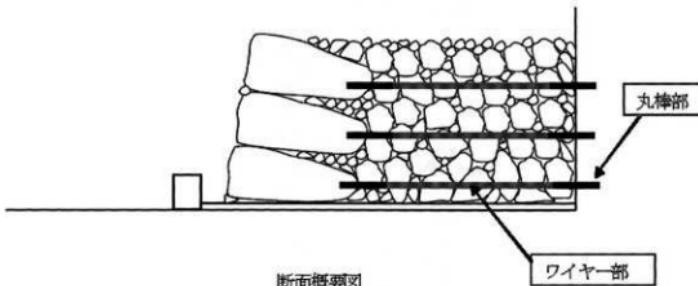


図 3-2-2 断面概要図

3. 対策工の設計

石材に設置される安全対策工であるアンカー及びワイヤーについて設計計算を行う。ここで計算する石材は当該復元範囲における最大重量の石材(石材番号2-21)について代表石材として設計計算を行う。他の石材については同様の計算であり、計算結果のみを表にまとめる。

使用する材料は、裏込め材内に埋まり、今後補修等が困難であることから、腐食の少ないステンレス材を用いることとした。

設計計算では、地震時水平力を算出し、この水平力に耐える部材を用いることとする。地震時水平力の算出においては、防災新館の設計において算出された地下1階の最大応答加速度より求めている。この加速度の算出根拠については防災新館の構造計算書を参照されたい。

1) 設計条件

(1) 設計水平震度の設定

当該設計計算における水平荷重の算出においては以下の設計水平震度により求める。

防災新館は地震応答解析を行っており、B1階床レベルの最大応答加速度は650gal程度の解析結果が算出されている。

日本の気象庁で用いられている震度階級

震度階級	名称	説明	対応する地動の加速度
0 無感	人体に痕跡ないで地震計に記録される程度		0.8以下
I 微震	静止している人や、とくに夜間に注意深いだけに感する程度の地震		0.8~2.5
II 軽震	大半の人に感する程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるくらいの地震		2.5~8.0
III 弱震	家庭に流れ、戸障子がカタカタと鳴動し、電灯のようなつり下げ物は相当ゆれ、室内の水面の動きがわかる程度の地震		8.0~25.0
IV 中震	家庭の動植物が驚く、すわりの悪い花びらなどは倒れ器内の水はあふれ出る。また歩いている人にも感じられ多くの人々は戸外もこび出す程度の地震		25.0~80.0
V 強震	壁に窓や目が入り、基石、石どうろうが倒れたり、窓枠、石垣などが破損する程度の地震		80.0~250
VI 烈震	家庭の倒壊は30%以下で山くずれがおき、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震		250~400
VII 激震	家庭の倒壊が90%以上に及び、山くずれ、地割れ、断層などを生ずる		400以上

表3-2-3 震度階級表

上表に示す気象庁で用いられる震度階級から650galは震度階級「激震」に対応となる。設計水平震度は650gal=0.65g=0.65となり、設計水平震度を0.65として計算を行う。

それぞれの石材について上記より水平力を算出した表を次頁に添付する。

(2) 使用材料の設定

使用材料の設定においては、ステンレス製の材料を用いる。設計においては以下の材料について設定し、設計を行った。また、アンカー設置

○ワイヤー 構造用ステンレス鋼ワイヤーロープ (J I S G 3550)

石材とアンカーを繋ぎ、引張り力に耐えられるワイヤーロープ

○丸棒 (S U S 304) ネジ山有り

石材、及び建築物側に埋め込み引き抜きに耐えられる丸棒。

○ケミカルアンカー ARケミカルセッター APタイプ

アンカーを石材及び建築物に定着させる。

次頁に計算における材料の諸元を添付する。

○ワイヤー（ステンレス製）

必要ロープ径 $\phi=14\text{mm}$

材料は類似品でも良いが、地震時の引張力に対する強度計算が必要であり、設計の段階での計算は以下の表に示す破断荷重を参考に計算を実施する。

構造用ステンレス鋼ワイヤロープ(JIS G 3550)

呼称：共心形ストランドロープ

断面と構成記号	ロープ径 mm	最外層の索線径 mm	標準断面積 mm^2	破断荷重kN(下限値)		単位質量(参考) kg/m
				A種	B種	
 7×7	6.3	0.69	19.3	23.1	26.8	0.160
	8	0.88	31.2	37.2	43.2	0.258
	9	0.99	39.4	47.1	54.7	0.326
	10	1.10	48.7	55.1	63.9	0.403
	11.2	1.23	61.1	69.1	80.2	0.505
	12.5	1.38	76.1	86.1	100	0.630
	14	1.54	95.5	104	118	0.790
	16	1.76	125	136	154	1.03
	18	1.98	158	172	195	1.31
	20	2.20	195	201	226	1.53
 7×19	8	0.53	30.5	35.7	41.7	0.260
	9	0.60	38.6	45.1	52.7	0.329
	10	0.67	47.7	53.3	61.8	0.406
	11.2	0.75	59.8	66.8	77.5	0.594
	12.5	0.84	74.5	83.2	96.5	0.634
	14	0.94	93.5	104	121	0.796
	16	1.07	122	129	150	1.04
	18	1.20	155	164	189	1.32
	20	1.34	191	202	234	1.63

表3-2-4 ワイヤーロープ材料データ

○丸棒 (SUS304) D19

ネジ山を設置し、一方はターンバッフルを設置、一方はケミカルアンカーで石材、壁面に設置。

サイズ(径) (mm)	長さ (mm)	(寸法公差 H9)
304		
3.0	2,000	○
4.0	+	○
5.0	+	○
6.0	+	○
6.0	4,000	○
7.0	+	○
8.0	+	○
9.0	+	○
10.0	+	○
11.0	+	○
12.0	+	○
13.0	+	○
14.0	+	○
15.0	+	○
16.0	+	○
18.0	+	○
19.0	+	○
20.0	+	○
22.0	+	○
25.0	+	○

表3-2-5 全ネジ丸棒データ

○ケミカルアンカー

計算に際してのケミカルアンカーは以下を想定。石材、建物への影響を考慮し、根入れ長の短い材料を想定。

<標準サイズ>

全ねじ46種ボルトの破断強度以上に設計。要求される性別のほとんどをカバーします。

品番	カプセル 径 (mm)	カプセル 長 (mm)	容量 kg/m ³	使用ボルト 規格 等級	穿孔径 (mm)	穿孔長 (mm)	最大 引張荷重 kN ^a ×D ^b ×1	長期許容 引張荷重 kN ^a ×D ^b ×2	短期許容 引張荷重 kN ^a ×D ^b ×2
AP-8	8	70	2.7	M8,W6/16 D6	9	70	95.0 0.370	7.2 0.240	10.9 0.110
AP-10	10.5	90	6.3	M10,W3/8 D10	12	90	48.6 0.250	12.0 0.220	18.6 0.830
AP-12	13	95	9.5	M12,W1/2 D12	14.5	100	62.0 0.320	14.9 0.520	22.4 0.230
AP-16	17	125	21.5	M16,W5/8 D16	19	130	188.4 0.240	25.4 0.690	38.1 0.880
<hr/>									
AP-20	20	190	47	W9/4 D19	24 25	200	193.0 0.560	54.4 0.650	81.7 0.330
AP-22	24	245	60	M22,W7/8 D22	29 30	250	282.0 0.770	72.5 0.390	106.7 0.1000
AP-24	28	290	148	M24,W1 D25	32 34	300	365.3 0.7270	93.1 0.600	139.6 0.4240
AP-30	36	330	276	M30,W11/4 D28	40 42	350	505.3 0.560	117.8 0.2020	176.7 0.6030
AP-36	46	400	447	M36,W11/2 D36	43 50	400	572.7 0.4490	145.8 0.4820	218.0 0.2240

表3-2-6 ケミカルアンカーデータ

2) 各部材計算

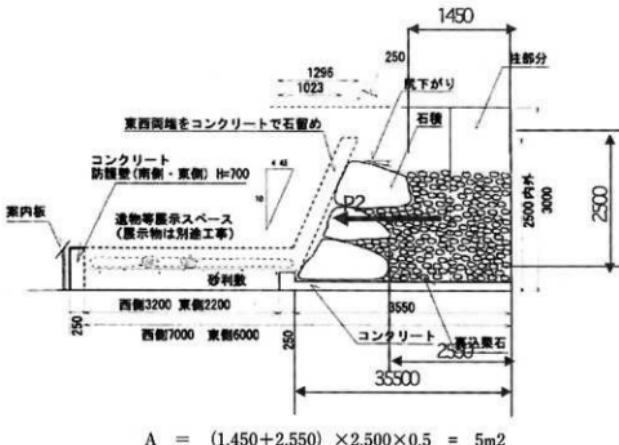
石材 2-21 を代表として設計計算を以下に示す。

最大設計水平力は

$$\text{石材} \quad P_{1\max} = 30.316 \text{ KN}$$

$$\text{及び地震時土圧} \quad P_{2\max} = 21.667 \text{ KN} \text{ (下記参照)}$$

地震時水平力 H は、 $H = P_1 + P_2 = 51.983 \text{ KN}$ として計算を行う。(短期荷重)



$$A = (1.450+2.550) \times 2.500 \times 0.5 = 5m^2$$

裏込石の単位重量は $\gamma=20kN/m^3$ と考え、奥行 1 m当たりの重量は $5 \times 20 \times 1$ で $100kN$ となる。

設計水平震度 0.65 を乗じると水平力は $65kN$ となる。石材は個々に形状にバラツキがあり、個々の土圧を求めるのは困難であるため、簡易的に土圧力を求めると、石は 3 段積みであるから $P_2=65/3=21.667kN$ の水平力が生じる。

(1) ワイヤーロープ

ワイヤーロープの安全率は以下に示すように 2 とする。

(下表の切断荷重はロープの種類によって異なる。今回は前述したロープにて計算)

・ ワイヤーロープの切断荷重および安全率

繩ロープおよび横ロープに使用するワイヤーロープの径、および切断荷重は表2.1.2のように定め
る。又、計算に当たっての安全率は切断荷重に対する2以上とする。

表2.1.2

ロープ径(mm)	切 断 荷 重(kN)
12	69
14	108
16	118
18	157

$$104.000kN / 2 = 52.000kN > 51.983 \text{ kN} \text{ でワイヤーロープはOK}$$

(2) ケミカルアンカー

使用する丸棒及びケミカルアンカータイプを計算する。

計算結果は、ケミカルアンカー製品はAP-20を使用し、丸棒（SUS304）はD19を使用するもとする。

設計条件：接着系アンカー

ボルト仕様	材質	SUS304	サイズ	D19
	ボルト先端形状		両面カット	
施工仕様	穿孔径 φ	25	埋込み深さ	200
	ハンマードリル施工			DL

本計算書は(財)日本建築防災協会発行の「既存鉄筋コンクリート造建物の耐震改修設計指針 同解説」の第3章9項あと施工アンカーの設計に基づいて、以下に算定を実施する。(SI 単位)

- (Ta)_a 接着系アンカー1本当りの許容引張耐力
- (Ta)_b アンカーブルの限界により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力
- (Ta2)_c 定着したコンクリート軸体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力
- (Ta2)_d 接着系アンカーの付着力により決まる場合のアンカー1本当りの許容引張耐力
- Ta1: 鋼材の耐力(降伏)により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)
- Ta2: 定着したコンクリート軸体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)
- Ta3: 接着系アンカーの付着力により決まる場合のアンカー1本当りの引張耐力 (N)

$$\begin{aligned} Ta &= \min[Ta1, Ta2, Ta3] \\ Ta1 &= \alpha_y \cdot s_{ae} & (N) & \quad (Ta)_a = \min[(Ta1)_a, (Ta2)_a, (Ta3)_a] \\ Ta2 &= 0.23 \cdot \sqrt{\sigma_y} \cdot A_c & (N) & \quad (Ta1)_a = \varphi_1 \cdot (Ta1) \\ Ta3 &= \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e & (N) & \quad (Ta2)_a = \varphi_2 \cdot (Ta2) \\ A_c &= \pi \cdot l_e \cdot (d_a + d_s) & (\text{mm}^2) & \quad (Ta3)_a = \varphi_3 \cdot (Ta3) \\ r_a &= 10 \cdot \sqrt{(\sigma_y / 2)} & (N) \end{aligned}$$

記号：

σ _{ae} : 鋼材(アンカーブル)の有効断面積 (又は、公称断面積)	288.5(mm ²)
φ ₁ : アンカーブルの規格降伏点強度 (又は、0.2%耐力)	205(N/mm ²)
σ _y : 既存コンクリートの設計基準強度	50(N/mm ²)
τ _a : 接着系アンカーの付着強度	15.5(N/mm ²)
d _a : アンカーブルの径	19(mm)
l : 穿孔深さ	200(mm)
l _e : 有効埋込み長さ	181(mm)
A _c : コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積 アンカーピッチ及びへりあきの影響有り	113888(mm ²) (mm ²)

φ_n 低減係数：

荷重種別	φ1	φ2	φ3
長期荷重用	2/3	0.4	0.4
短期荷重用	1.0	0.8	0.6

終局引張耐力

Ta1 =	58732 (N)	以上より、終局引張耐力は、
Ta2 =	184863 (N)	(Ta) = min[(Ta1), (Ta2), (Ta3)]
Ta3 =	166296 (N)	= 58732 (N) = 58.73 (kN)

長期荷重用 許容引張耐力

(Ta1)a =	39154 (N)
(Ta2)a =	73945 (N)
(Ta3)a =	68518 (N)

以上より、長期許容引張耐力は、

$$(Ta)a = \min[(Ta1)a, (Ta2)a, (Ta3)a] \\ = 39154 (N) \\ = 39.15 (\text{kN})$$

短期荷重用 訸容引張耐力

(Ta1)a =	58732 (N)
(Ta2)a =	110917 (N)
(Ta3)a =	99777 (N)

以上より、短期許容引張耐力は、

$$(Ta)a = \min[(Ta1)a, (Ta2)a, (Ta3)a] \\ = 58732 (N) \\ = 58.73 (\text{kN}) > 51.983 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

施工確認試験荷重「建築改修工事管理指針 平成14年度版：国土交通大臣官房官房監修部監修」
り

$$P = (Ta)a \cdot 2/3 = 39.15 \quad (\text{kN})$$

※1Kn/9.8 = 0.102t

留意事項： アンカーピッチ及びヘリあき寸法による低減は、別途検討を要する。

次頁に他の石材を含めて築石に関する計算を全て実施した。その計算結果について添付する。

復元対象 番号	段数	重さ (kg)	諸条件												アンカーの計算						ステンレスワイヤの計算				備考	
			設計 水頭 高さ 位置	地盤強 度(標準 地盤を 想定) (21.6kN)	アーチ 押付 方法 (ボルト 留置場 所)	石柱 形状 寸法			アーチ 形状 寸法			斜孔 形状 寸法			有効 壁厚 込み長			灌漿 量			グ ラ ブ 材 質		ダ ラ イ ア ブ			
						D	W	C	d	l	h	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
4-11	4	40	55	90	196	0.61	0.13	0.00	0.79	205	70	12	380	87	16	OK	D18	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-15	4	86	44	75	514	3.341	25.005	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-16	4	56	56	85	234	1.321	23.145	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-19	4	50	70	100	250	2.275	23.942	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4段目 4					1296																					
4-12	3	55	20	55	61	0.387	22.004	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D18	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-13	3	78	45	145	1262	0.293	29.879	0.14	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-14	3	90	105	125	661	3.686	28.353	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-15	3	90	78	114	1570	10.264	31.931	0.14	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
4-16	3	27	31	78	180	1.086	22.727	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
4-20	3	115	80	125	2530	15.295	36.952	0.16	1.016	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-22	3	100	78	115	1230	8.606	28.695	0.14	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-25	3	90	115	125	2299	14.905	26.572	0.14	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-29	3	90	90	140	2296	14.889	36.826	0.14	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-31	3	75	120	100	900	3.896	27.517	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
4-32	3	130	84	125	2000	11.029	34.607	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-33	3	119	85	104	2712	14.417	38.004	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4-34	3	90	74	121	1181	7.683	29.255	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
4段目 13					1810																					
2-7	2	90	75	140	1276	3.307	28.974	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-9	2	62	55	130	2275	14.781	36.465	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
2-10	2	25	35	95	227	1.476	23.343	0.13	1.263	205	70	13	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-11	2	82	52	155	2208	14.512	35.669	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
2-12	2	72	54	121	647	5.473	27.349	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-13	2	30	30	60	60	0.381	22.015	0.13	1.263	205	70	13	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-15	2	69	45	134	680	4.426	26.687	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-18	2	95	84	142	1682	10.096	32.620	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
2-21	2	70	105	105	70	4.856	28.217	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-23	2	152	67	80	1834	10.021	32.280	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
2-25	2	90	72	101	900	5.034	28.769	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-28	2	73	56	103	994	5.236	27.853	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-29	2	45	26	122	207	1.596	23.665	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-30	2	95	29	72	101	0.816	25.245	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-31	2	87	76	105	1421	2.327	30.964	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-34	2	42	24	100	1023	1.930	23.630	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-35	2	19	19	13	6	0.009	21.760	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2-36	2	94	72	143	1490	6.696	21.252	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2-37	2	45	30	55	107	0.004	22.395	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2段目 19					17510																					
1-16	1	30	50	60	140	0.001	22.295	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
1-18	1	140	54	110	1154	1.781	29.963	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
1-19	1	136	87	70	1920	12.082	34.369	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-20	1	81	46	65	185	1.262	23.686	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
1-21	1	127	37	72	218	30.314	31.883	0.16	1.004	205	70	16	320	181	20	OK	D16	OK	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	
1-25	1	46	122	122	1263	1.157	22.824	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
1-26	1	146	88	122	2556	16.614	38.280	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-27	1	191	72	185	3672	23.686	45.525	0.13	1.263	205	70	16	320	181	25	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-33	1	95	17	195	1944	1.176	23.687	0.13	1.263	205	70	12	380	87	16	OK	D13	OK	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
1-35	1	144	82	130	2226	14.482	36.149	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-36	1	90	55	150	2133	13.865	36.523	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-39	1	144	64	180	2479	16.187	37.775	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
1-42	1	46	108	130	1661	10.797	32.464	0.16	1.004	205	70	16	320	114	20	OK	D16	OK	12.0							

第3節 石垣補強工事について

工事は設計計算結果に基づき、現地で施工を実施した。実施状況は以下である。



写3-3-1 アンカー設置状況1



写3-3-2 アンカー設置状況2

現地にて使用された材料は設計で行った製品とほぼ同等以上の材料を使っている。

○ワイヤーロープ

ワイヤーロープにおいては設計上求められた材料の切断荷重は104kNであった。当該工事で使用したワイヤーロープは、切断荷重が124kNであり、同等以上の製品が使用されている。

材料はカタログ値では以下となっている。

規格表			
構成	ロープの径 mm	切断荷重 N/kN	参考重量 kg/200m
7×19	1.0	784 N	0.79
	1.2	1080 N	1.15
	1.5	1670 N	1.83
	2.0	2.75 kN	3.36
	2.5	4.27 kN	5.26
	3.0	6.13 kN	7.56
	3.5	8.19 kN	10.56
	4.0	10.7 kN	13.4
	5.0	16.7 kN	21
	6.0	24.1 kN	30.4
SUS304	7.0	30.4 kN	42
	8.0	46.1 kN	54.8
	9.0	58.4 kN	69.4
	10.0	68.4 kN	85.6
	12.0	98.5 kN	123.4
SB種	14.0	134 kN	168
	16.0	166 kN	220
	18.0	210 kN	278
	20.0	259 kN	342

表3-3-3 ワイヤーロープデータ

設計時と工事時に使用した材料の比較を行うと以下のようになる。
工事に際して使用した材料が設計時の数値を満足しており使用に問題は無いと判断し、当該材料を使用した。

ロープ径	設計時		工事時		判定
	破断荷重 (kN)	破断荷重 (kN)	試験結果 (kN)		
9	45.1	58.4	59.3		OK
10	53.3	68.4	70.2		OK
12	83.2	98.5	100.5		OK
14	104	134	138.7		OK

表3-3-4 使用ワイヤーロープ計算結果表

○ケミカルアンカー

ケミカルアンカーにおいても設計時の製品と異なる製品を使用しているが、同等製品以上のものであり、計算上の問題は無い。

品番	カプセル			標準施工条件	最大引張荷重 $F_c=21\text{N/mm}^2$ ($F_c=210\text{kg/cm}^2$)	長期許容 引張荷重 kN (kgf)	短期許容 引張荷重 kN (kgf)
	外径 (mm)	全長 (mm)	容量 (cm ³)				
MU-8	8.0	70	2.9	MB,W5/16	9.5	70	27.4 (2,600) 6.3 (640) 9.5 (960)
MU-10	10.5	90	6.0	M10,W3/8 D10	12 12.5	90	44.1 (4,500) 10.1 (1,030) 15.2 (1,550)
MU-12	13.0	110	11.0	M12,W1/2 D13	15 16	110	54.8 (5,590) 16.1 (1,640) 24.2 (2,460)
MU-16	16.5	120	23.0	M16,W5/8 D16	19 20	140	92.9 (9,490) 25.3 (2,580) 36.0 (3,670)
MU-20	18.0	170	35.0	M20 W3/4 D19	23 22 23	170	150.0 (15,310) 36.5 (3,720) 54.7 (5,580)

表3-3-5 使用ケミカルアンカーデータ

径	設計時		工事時		判定
	カプセル規格	最大引張荷重 (kN)	カプセル規格	最大引張荷重 (kN)	
D12	AP12	62	MU12	84.8	設計値以下
D16	AP16	100.4	MU16	92.9	設計値以下
D19	AP20	193.3	MU20	150	設計値以下

表3-3-6 使用ケミカルアンカーパラメータ

今回使用した材料は設計値以下の最大引張荷重である。したがって、計算を実施し、検証を行った。

ケミカルセッター品番	MU-20	母材圧縮強度(N/mm ²)	50.00
ボルトサイズ	D19	施工状況	乾孔
ボルト材質	SUS304	zB(付着強度)(N/mm ²)	15.71
穿孔径(mm)	23.0	基準AC(mm ²)	100.939.37
穿孔長(mm)	170	計算本数(本)	1

許容引張荷重

	ボルト破断	母材破壊	付着破壊
最大荷重(kN)	148.97	187.74	159.41
短期許容荷重(kN)	58.73	84.48	71.73
長期許容荷重(kN)	39.15	56.32	47.82

よって、許容引張荷重は以下の通りである。

破壊形態(短期): ボルト破断

破壊形態(長期): ボルト破断

短期(kN)	58.73
長期(kN)	39.15

計算をMU-20に関して実施したが、結果的にボルトの破断で決まっている。数値は設計時と変わらない。母材の破壊や付着破壊での決定では無いことから、問題無いと判断した。

次頁より製品の品質保証書を添付する。

ワイヤーロープ試験成績証明書

Certificate of Test and Examination of Wire Rope

NOV.12.2012

綱種 Material	SUS 304 (SB)	構成 Const	7x19
----------------	--------------	-------------	------

公称ロープ径 Nom.Dia.of Rope	14 m/m	実際 Actual Dia.of.Rope	14.39 m/m
---------------------------	--------	--------------------------	-----------

ロープ長さと数量 Length	6 m	正味重量 Net Weight	4.74 kg
--------------------	-----	--------------------	---------

規格切断荷重 Spec B.S.	124 kN	実際切断荷重 Actual B.S.	138.7 kN
---------------------	--------	-----------------------	----------

より方向 Lay	Z	製造番号 Manufacture	991405J1
-------------	---	---------------------	----------

化学成分 Chemical Composition		Charge No.		(%)			
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.038	0.40	1.13	0.038	0.001	8.12	18.41	

上記の通り試験結果を報告申し上げます。

松田製綱株式会社
MATSUDA WIRE ROPE CO., LTD..

大阪府泉佐野市下瓦屋5丁目12-21
Shimokawaraya,Izumisano,Osaka,Japan

TEL (072) 469-7887
FAX (072) 469-5820



ワイヤーロープ試験成績証明書

Certificate of Test and Examination of Wire Rope

NOV.12.2012

綱種 Material	SUS 304 (SB)	構成 Const	7×19
----------------	--------------	-------------	------

公称ロープ径 Nom.Dia.of Rope	9 m/m	実際 Actual Dia.of.Rope	9.36 m/m
---------------------------	-------	--------------------------	----------

ロープ長さと数量 Length	27 m	正味重量 Net Weight	8.9 kg
--------------------	------	--------------------	--------

規格切断荷重 Spec B.S.	58.4 kN	実際切断荷重 Actual B.S.	59.3 kN
---------------------	---------	-----------------------	---------

より方向 Lay	Z	製造番号 Manufacture	1000946
-------------	---	---------------------	---------

化学成分 Chemical Composition		Charge No.		(%)			
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.033	0.40	1.25	0.042	0.001	8.13	18.27	

上記の通り試験結果を報告申し上げます。

松田製綱株式会社
MATSUDA WIRE ROPE CO., LTD..

大阪府泉佐野市下瓦屋5丁目12-21
Shimokawaraya, Izumi-shi no, Osaka, Japan

TEL (072) 463-1887
FAX (072) 469-5820



ワイヤーロープ試験成績証明書

Certificate of Test and Examination of Wire Rope

第3章

NOV.12.2012

綱種
Material SUS 304 (SB) 構成
Const 7x19

公称ロープ径
Nom.Dia.of Rope 10 m/m 實際
Actual Dia.of.Rope 10.24 m/m

ロープ長さと数量
Length 51 m 正味重量
Net Weight 20.75 kg

規格切断荷重
Spec B.S. 68.4 kN 實際切断荷重
Actual B.S. 70.2 kN

より方向
Lay Z 製造番号
Manufacture 1010386E6

化学成分							
Chemical Composition				Charge No.		(%)	
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.042	0.38	1.89	0.030	0.003	8.08	18.23	

上記の通り試験結果を報告申し上げます。

松田製鋼株式会社
MAT SUDA WIRE ROPE CO., LTD..

大阪府泉佐野市下瓦屋5丁目12-21
Shimokawaraya, Sumiyano, Osaka, Japan

TEL (072) 468-1887
FAX (072) 469-5820



ワイヤーロープ試験成績証明書
 Certificate of Test and Examination of Wire Rope

NOV.09.2012

綱種 Material	SUS 304 (SB)	構成 Const	7×19
----------------	--------------	-------------	------

公称ロープ径 Nom.Dia.of Rope	12 m/m	実際 Actual Dia.of.Rope	12.28 m/m
---------------------------	--------	--------------------------	-----------

ロープ長さと数量 Length	54 m	正味重量 Net Weight	31 kg
--------------------	------	--------------------	-------

規格切断荷重 Spec B.S.	98.5 kN	実際切断荷重 Actual B.S.	100.5 kN
---------------------	---------	-----------------------	----------

より方向 Lay	Z	製造番号 Manufacture	1000946
-------------	---	---------------------	---------

化学成分 Chemical Composition								Charge No.	(%)
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo		
0.022	0.47	1.43	0.043	0.001	8.10	18.44			

上記の通り試験結果を報告申し上げます。

松田製綱株式会社
 MATSUDA WIRE ROPE CO., LTD.

大阪府泉佐野市下瓦屋5丁目12-21
 Shimokawaraya,Izumisano,Osaka,Japan

TEL (072) 463-1887
 FAX (072) 469-5820

ARケミカルセッター[®](樹脂カプセルアンカー)材質証明書

平成 年 月 日

御中

ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分及び材質は、下記の通りである事を証明します。

記

品番 MU-201. ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分

エポキシアクリレート樹脂	48.6~55.2%
硬化剤	7.2~13.3%
ガラス管	31.5~41.9%
(1)エポキシアクリレート樹脂成分	
エポキシアクリレートプレポリマー	65.0~75.0%
スチレンモノマー	30.0~35.0%
促進剤(外割)	1.0~2.0%

(2)硬化剤組成

過酸化ベンゾイル	30.0~40.0%
希釈材	60.0~70.0%

(3)ガラス管

褐色ガラス管

2. 液状樹脂の諸性質(試験方法: JIS K 6901)

	試験条件	単位	データ
外観	—	—	黄褐色透明液体
粘度	25°C	Pa·s	1.2~1.7
保存性	120°C	分	240以上
ゲル化時間	25°C(触媒2%)	分	5~7
最小硬化時間	25°C(触媒2%)	分	5~8.5
最高免熱温度	25°C(触媒2%)	°C	120以上

3. 樹脂硬化物物性

(1)機械的物性

	試験方法	単位	データ
比重	JIS K 7112	—	1.16
引張強さ	JIS K 7161	N/mm ²	78.9
曲げ強さ	JIS K 7171	N/mm ²	130.2
圧縮降伏強度	JIS K 7181	N/mm ²	130.5
圧縮弾性率	JIS K 7181	N/mm ²	2820
引張せん断強さ	JIS K 6850	N/mm ²	13.4
シャルピー衝撃強さ	JIS K 7111	kJ/m ²	14
テュローネータ硬さ	JIS K 7215	HDD	87

(2)電気的特性

体積抵抗率	JIS K 6911	Ω·m	1.6×10^{14}
表面抵抗率	JIS K 6911	Ω	7.1×10^{15}
耐電圧	JIS K 6911	kV/mm	21.7
耐アーキ性	JIS K 6911	sec	86.5

(3)熱的特性

耐燃性	JIS K 6911	—	不燃性
-----	------------	---	-----

(4)耐薬品性

10%H ₂ SO ₄	JIS K 7114	—	変化なし
10%HCl	JIS K 7114	—	変化なし
10%NaOH	JIS K 7114	—	変化なし

(5)耐アルカリ性

耐アルカリ性	JIS K 6919	%	-0.8 *
--------	------------	---	--------

*質量変化率

ARケミカルセッター[®](樹脂カプセルアンカー)材質証明書

平成 年 月 日

御中



ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分及び材質は、下記の通りである事を証明します。

記

品番 MU-16

1. ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分

エポキシアクリレート樹脂	48.6~55.2%
硬化剤	7.2~13.3%
ガラス管	31.5~41.9%

(1)エポキシアクリレート樹脂成分

エポキシアクリレートブレボリマー	65.0~75.0%
ステレノーマー	30.0~35.0%
促進剤(外割)	1.0~2.0%

(2)硬化剤組成

過酸化ベンゾイル	30.0~40.0%
希釈材	60.0~70.0%

(3)ガラス管

褐色ガラス管

2. 液状樹脂の諸性質(試験方法: JIS K 6901)

	試験条件	単位	データ
外観	—	—	黄褐色透明液体
粘度	25°C	Pa·s	1.2~1.7
保存性	120°C	分	240以上
ゲル化時間	25°C(触媒2%)	分	5~7
最小硬化時間	25°C(触媒2%)	分	5~8.5
最高発熱温度	25°C(触媒2%)	°C	120以上

3. 樹脂硬化物物性

(1)機械的物性

	試験方法	単位	データ
比重	JIS K 7112	—	1.16
引張強さ	JIS K 7161	N/mm ²	78.9
曲げ強さ	JIS K 7171	N/mm ²	130.2
圧縮降伏強度	JIS K 7181	N/mm ²	138.5
圧縮弾性率	JIS K 7181	N/mm ²	2820
引張せん断強さ	JIS K 6850	N/mm ²	13.4
シャルピー衝撃強さ	JIS K 7111	kJ/m ²	14
ツュローラー硬さ	JIS K 7215	HDD	87

(2)電気的特性

体積抵抗率	JIS K 6911	Ω·m	1.6×10^{14}
表面抵抗率	JIS K 6911	Ω	7.1×10^{15}
耐電圧	JIS K 6911	kV/mm	21.7
耐アーキ性	JIS K 6911	sec	86.5

(3)熱的特性

耐燃性	JIS K 6911	—	不燃性
-----	------------	---	-----

(4)耐薬品性

10%H ₂ SO ₄	JIS K 7114	—	変化なし
10%HCl	JIS K 7114	—	変化なし
10%NaOH	JIS K 7114	—	変化なし

(5)耐アルカリ性

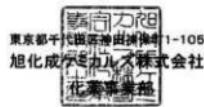
耐アルカリ性	JIS K 6919	%	-0.8 *
--------	------------	---	--------

*質量変化率

ARケミカルセッター[®](樹脂カプセルアンカー)材質証明書

平成 年 月 日

御中



ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分及び材質は、下記の通りである事を証明します。

記

品番 MU-12

1. ARケミカルセッター[®]MUアンカーの成分

エポキシアクリレート樹脂	48.6～55.2%
硬化剤	7.2～13.3%
ガラス管	31.5～41.9%
(1) エポキシアクリレート樹脂成分	
エポキシアクリレートプレポリマー	65.0～75.0%
ステレンモノマー	30.0～35.0%
促進剤(外割)	1.0～2.0%

(2) 硬化剤組成

過酸化ベンゾイル	30.0～40.0%
希釈材	60.0～70.0%

(3) ガラス管

褐色ガラス管

3. 樹脂硬化物物性

(1) 機械的物性

	試験方法	単位	データ
比重	JIS K 7112	—	1.16
引張強さ	JIS K 7161	N/mm ²	78.9
曲げ強さ	JIS K 7171	N/mm ²	130.2
圧縮降伏強度	JIS K 7181	N/mm ²	138.5
圧縮弾性率	JIS K 7181	N/mm ²	2820
引張せん断強さ	JIS K 6850	N/mm ²	13.4
シャルピー衝撃強さ	JIS K 7111	kJ/m ²	14
ショグナー硬さ	JIS K 7215	HDD	87

(2) 電気的特性

体積抵抗率	JIS K 6911	Ω·m	1.6×10^{14}
表面抵抗率	JIS K 6911	Ω	7.1×10^{15}
耐電圧	JIS K 6911	kV/mm	21.7
耐アーチ性	JIS K 6911	sec	86.5

(3) 熱的特性

耐燃性	JIS K 6911	—	不燃性
-----	------------	---	-----

2. 液状樹脂の諸性質(試験方法: JIS K 6901)

	試験条件	単位	データ
外観	—	—	黄褐色透明液体
粘度	25°C	Pa·s	1.2～1.7
保存性	120°C	分	240以上
ゲル化時間	25°C(触媒2%)	分	5～7
最小硬化時間	25°C(触媒2%)	分	5～8.5
最高発熱温度	25°C(触媒2%)	°C	120以上

(4) 耐薬品性

10%H ₂ SO ₄	JIS K 7114	—	変化なし
10%HCl	JIS K 7114	—	変化なし
10%NaOH	JIS K 7114	—	変化なし

(5) 耐アルカリ性

耐アルカリ性	JIS K 6919	%	-0.8*
--------	------------	---	-------

*質量変化率

第4章 石垣移築工事を終えての考察と課題

第1節 移築前後の比較

県庁構内（甲府城東曲輪南西）石垣が発見され発掘調査が行われた。その詳細は『甲府城跡－東曲輪－』に記載されている。その中で移築に際しての、石材の再利用について補強及び交換の必要な石材のリストが作成された。石垣はオリジナル通りに移築されるのが基本であるが、今回の移築作業は展示を目的としているために見学者の安全の確保が優先される。のためにオリジナルでは、詰石が用いられていたが安全性の観点から新補材を入れた個所や、築石が小さいために安定が悪く交換石材を入れる個所もあった。

そのうち3-31は、築石自体が小さく周囲を詰石で囲われた状態であったので、安全性を考慮し、て3-31より大きな築石に変更するために交換石材を用いることとなった。3-14の築石の下は、築石が積まれておらずいくつもの詰石で積まれていたため安全性を考慮して新補材を入れることとなった。3-20と3-22の間や3-15と3-20の間については、隙間があくためにそれぞれ新補材を入れることで安定させた。また今回の移築は、発見された石垣全てを移築展示するわけではなく石垣の一部を切り取ったかたちでの展示となるため、切断される石垣の左右端にあたる石材は新補材となつた。

さらに4段目の石垣は部分的に石材の頭が飛び出たようになるために、基本的に積まないことで天井部分の石材の頭がある程度揃った積み方になっている。詰石についても交換石材や新補材が入ってくことで、必ずしもオリジナルの詰石を用いることができない部分も出てきた。その結果、合わせて17か所、オリジナルの石材を用い変更した。

以上のことから、必ずしもオリジナルの石垣をそのまま移築することはなく、安全性に考慮した石積み作業となっている。

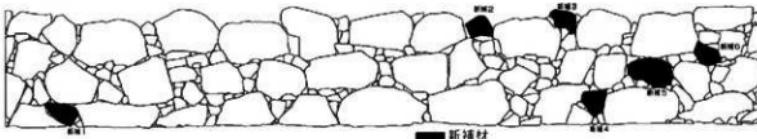
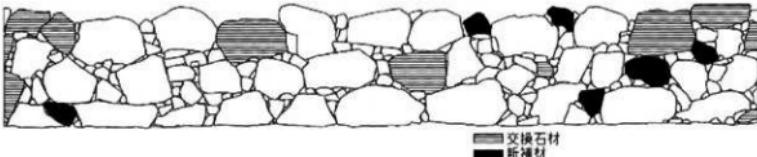


図4-1-1 新補材の位置図

第2節 オリジナル石材の転用と傾きの修正

すでに示したようにオリジナルと異なる石材を用い石垣を積んでいった箇所があるが、石の積み方についてもオリジナルを変更した箇所がある。それぞれの箇所でどのようにオリジナルと異なっているのかを見ていきたい。

まずは根石部分の1-35、1-36の石材は、本来の石尻部分で10cm高さを下げている。本来の積み方で積んだ場合、石垣の背の部分が並行ないし多少前かがみの状態になる。このため上に積んだ築石が地震の振動で前に飛び出す危険性が出てくる。極力オリジナルを生かした形で石尻を10cm下げることでその危険性を回避した。そのため、これらの石の上に積まれる2-27、2-28の築石も必然的に10cm石尻が下がることとなった。

次にオリジナルの積み方をしていない築石は1-18、1-19、2-25である。本来移築する石垣の右側で勾配が 68° に対し左側では 72° の勾配になっている。このため、勾配の差を解消させながら石垣を積んでいくとどうしても右端に来る築石1-18、1-19がオリジナルの積み方だと前に孕んだ様になる。これを避けるために、10cm石材自体を後ろに下げることで孕みとなる部分を解消した。これに連動して2-25も同じく孕んだようになり、しかも両端の異なった角度の石積みを孕まないように、各石の面を合わせて積むには築石の尻を12cm上げることとなった。このことで石の面が揃い、孕みだしのない石積みとなった。

最後にオリジナルと異なる積み方をした築石は3-33の石材である。この石材は、発見された時点から周りの石垣よりも面が出ており孕んでいた。そのため周りの石と面を合わせるために後に下げた。

このようにオリジナルとは多少異なった積み方となった箇所があるが、オリジナルの石垣も創建当時と異なり時間の経過で経年移動していると考えられる。特に3-33の石材は、地震等の影響で石が前に出て孕んだようになったと考えられる。石の尻を下げた築石4石も、創建当時から平行ないしは多少前に傾く積み方で石垣を積んだとは考えにくい。なぜなら、前に傾いた状態で上に石を積んでいくと上に積んだ石が地震で前に崩れてしまう危険性が高いからである。そのため本来は今回修正したように尻の部分がもっと下がって石垣の面が上がっていたと考えられる。そうなった原因は、この石垣が水堀の根石部分にあたるために、水の影響を受けて次第に前の部分が下がっていったため、尻が上がったと考えられる。その意味では、安全性を重視しているが一部は、築城当時に近い石積みになっているとも考えられる。

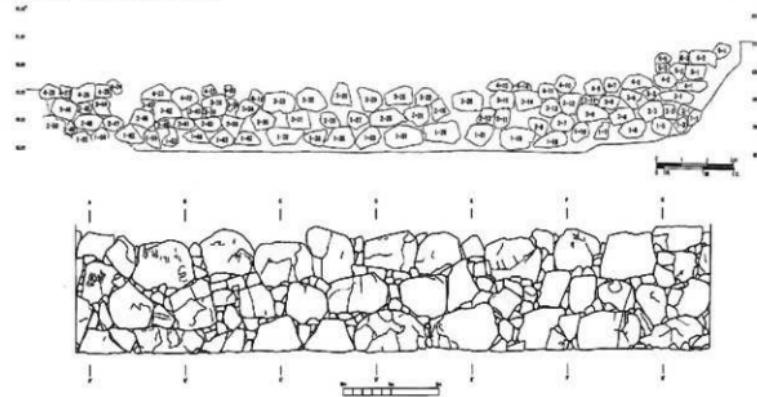


図4-2-1 移築前と移築後の石垣立面図

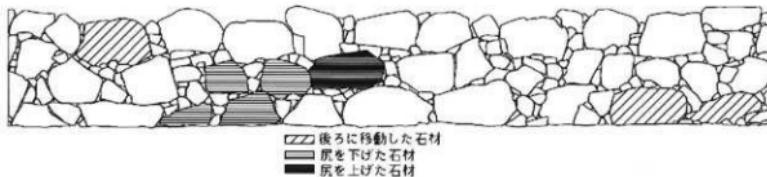


図4-2-2 オリジナルと異なる積み方をした石材

第3節 移築部材以外の対応

防災新館建設予定地から検出された甲府城跡石垣については、防災新館地下1Fの石垣展示室への移築復元を行うこととなったが、復元後の余剰石材（将来の復元に備え恒久的に保管するものや、甲府城跡石垣の補修材に転用可能なものの）の具体的な取り扱いや保管先が課題となっており、これまでに検討協議を実施してきた。

平成24年9月24日に実施した防災新館出土の石垣石材保管先の移転に関する現地協議において、移転石材の種別確認や搬出方法の確認、全体的な作業課題などの実務検討を行った。その中で石材を大きく3つに分類し、防災新館へ移築する南西部石垣復元用石材をA類、A類の残石及び南西部復元用途外石材と大手部石材など将来の復元に備え恒久的に保管するものをB類、転石や栗石などの甲府城跡石垣の補修材に転用可能なものをC類とした。

移転場所については、防災新館地下1Fの石垣展示室への移築復元に使用した73石以外の、南西部石垣復元用石材61石を含むB類（164石）とC類（板石約190石+栗石約110t）を舞鶴城公園南西部堀内へ移転保管とし、B類については個体識別を実施して保管位置を記録することが確認された。

また石材移転作業は、平成25年度下半期には県庁東別館の解体撤去が始まるため、その作業と石材移転が混同・誤解されないように配慮する必要性から、平成25年度の上半期に実施する予定である。

山 梨 県 防 災 新 館
石 壁 移 築 保 存 工 事 報 告 書

甲府城跡－楽屋曲輪－

印刷日 平成25年3月25日
発行日 平成25年3月29日
編集 山梨県埋蔵文化財センター
発行 山 梨 県
印刷 株式会社ヨネヤ

