

第6章 城壁修復工事における考え方と方向性

第1節 経緯と経過

発掘調査によって城壁の展開する範囲についてはおおむね把握することができたものの、城壁の本来の形状や規模について十分に明らかにすることが出来なかった。城壁の多くが崩落及びその危機にあり、危険箇所及び崩落石の回収を行わないと、城壁の本来の形状や規模、構造についての解明に限界があった。そのため、城門及び城壁の危機的状況を長期間に渡って放置することが困難であると判断し、平成20年度に崩落石を回収し、21年度に城門南側城壁の解体工事を実施し、合わせて城壁の規模や形状、城壁構築技術について検討を行った。

第4章でも述べたが、解体調査の結果、高石垣と同等の規模で城壁が城門の両側に展開していたことが明らかとなった。平成22年度に修復に先立ち、城壁の形状及び構造、石積みの施工範囲、盛土の施工方法、修復後の安定性などについて検討を行った。

検討を行った項目は、城門及び城壁の形状、構造、規模と施工方法、施工後の安定性（石材、盛土材の性質の把握と施工後のシミュレーション）である。同時に修復方法の検討のため、城壁のミニチュア版を製作し、試験施工を実施し、事前の検討作業を行った。

以上の検討を踏まえた上で、修復工事を実施する城壁の外観形状と内部構造、施工方法の仕様を決定することとした。

なお、既述のとおり、城壁の遺存状況、立地条件から、城門を挟んで最初に南側城壁、その後北側城壁という順序で、解体⇒修復という作業を行ったことから、検討については、南側城壁の検討を基準として実施した。北側については、南側の検討を基礎として調査成果を踏まえ、一部、修正して実施した。

第2節 城門及び城壁の構造、規模、形状

A 外観形状

城壁の形状については、①幅、②勾配、③高さ（図104）の三要素をもとに復元を試みた。ただし、検討後の解体工事の進捗に伴い、情報量も増えていったことから、基本的な考え方として、調査の成果（城外側の根石付近の細かな形状など）を即座に反映させるかたちで、実際の工事では、現場を中心に検討し、設計に反映する形をとった。

（1）城壁の幅：城内外の城壁裾（根石）の位置

城壁の大部分は崩落していたが、城内側の石積みが残っていたこと、調査が進むにつれて、城外側の根石のほとんどが残存していることが判明し、この二つをもとに、本来の平面形状を復元することができた。ただし、城外側の石積みは、地形に制約を受けて構築されており、一定幅で城壁が築かれておらず、現場で把握された根石をもとに、城壁の形状が細かく変化することも明らかとなった。そのため、幅を確定する作業ではなく、城壁の内外の壁のライン（図106）を決定した。ただし、城門南側の城壁については城内側の石積みが城門に取り付く部分の石積みが全く残存しておらず、残存部分との位置関係をもとにすり付けることとした。

（2）城壁の勾配：城壁前面及び背面の傾き

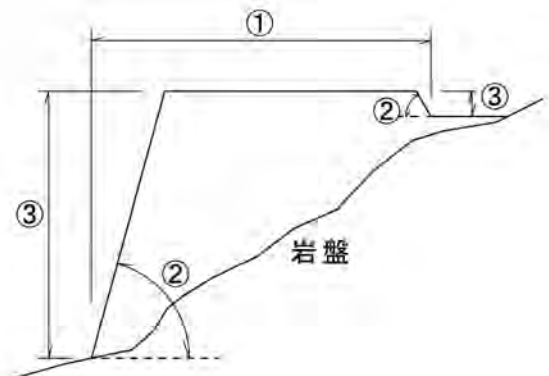


図104 城壁の基本構造

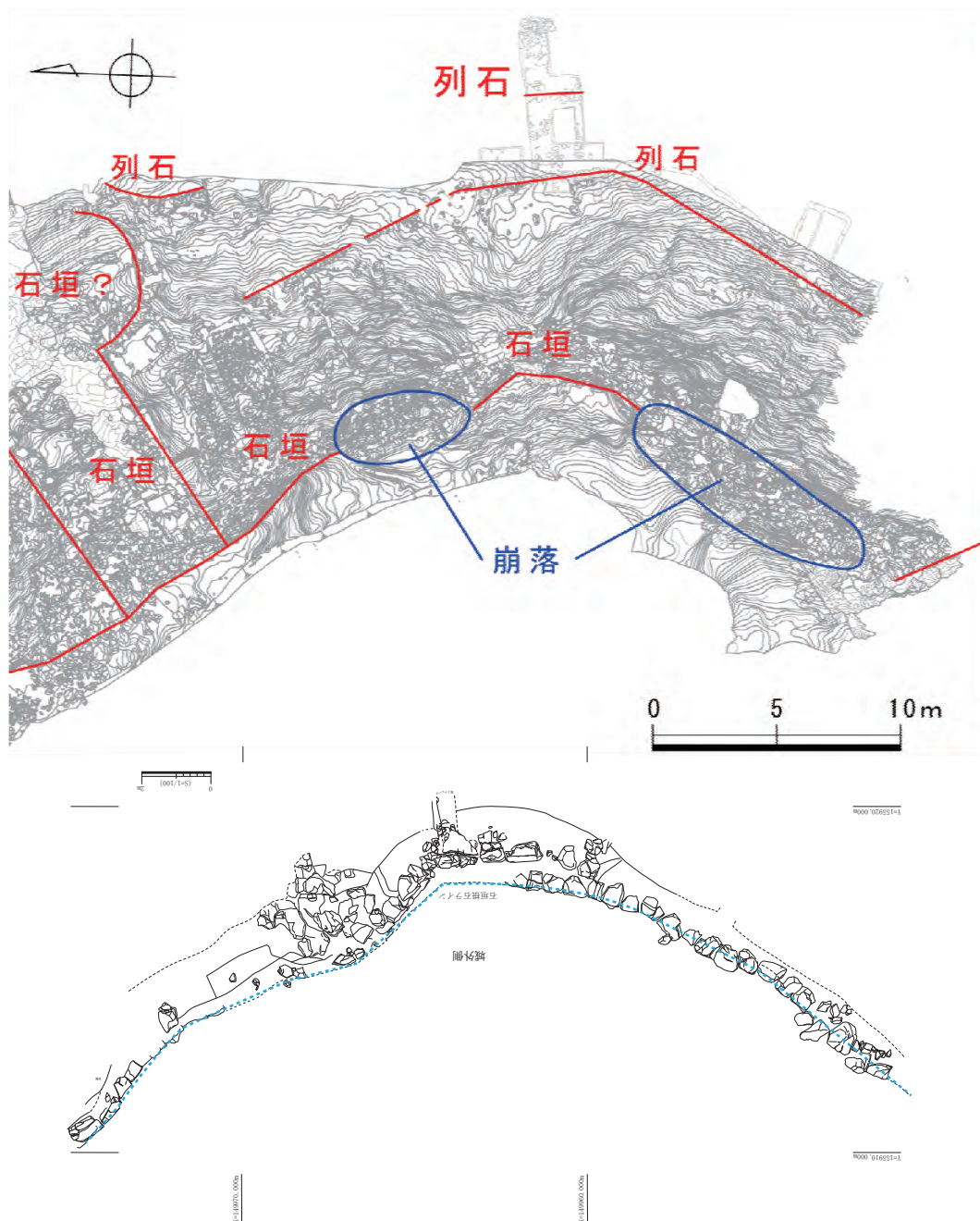


図 105 城門南側城壁の平面形



写真 32 城門南側城壁の俯瞰写真

城門南側の城壁が最も残存しており、第4章で既述したとおり、約1m間隔で現場での計測を行った。ただし、断面図の通り、石積みのおお半にかなりの変形が生じ、基準勾配が残る部分はおくわずかで、勾配変化点の存在、勾配変化などからオリジナルの勾配を留めている箇所と孕みなどの変形が生じた部分の見極めが非常に難しく、様々な可能性が想定された。そのため、最も良好に残存する箇所の判別に加え、①目地が通る箇所で勾配変化がないか②入隅部分は構

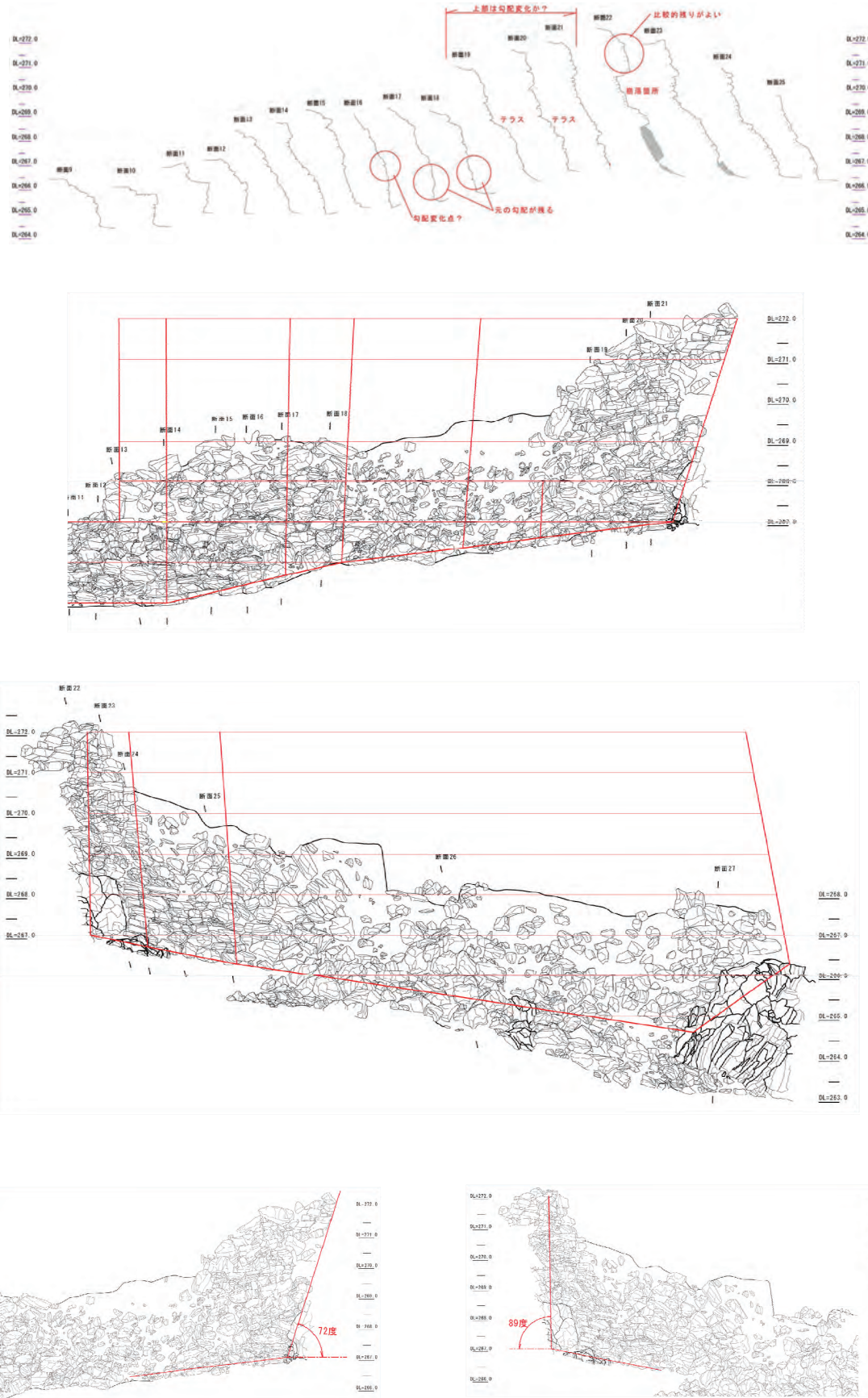


図 106 城門南側城壁の立面観

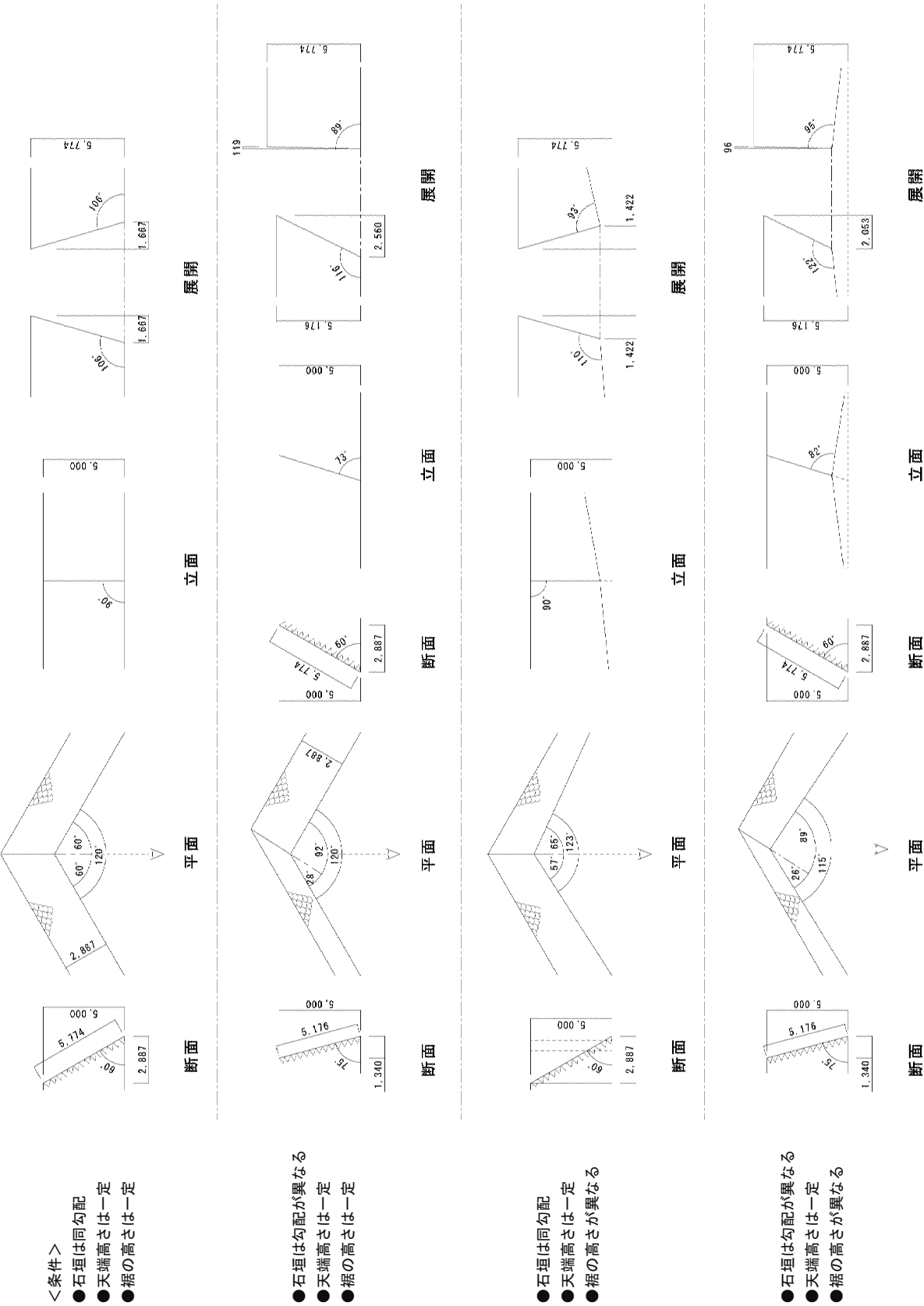


図 107 石積み勾配と稜線の関係図

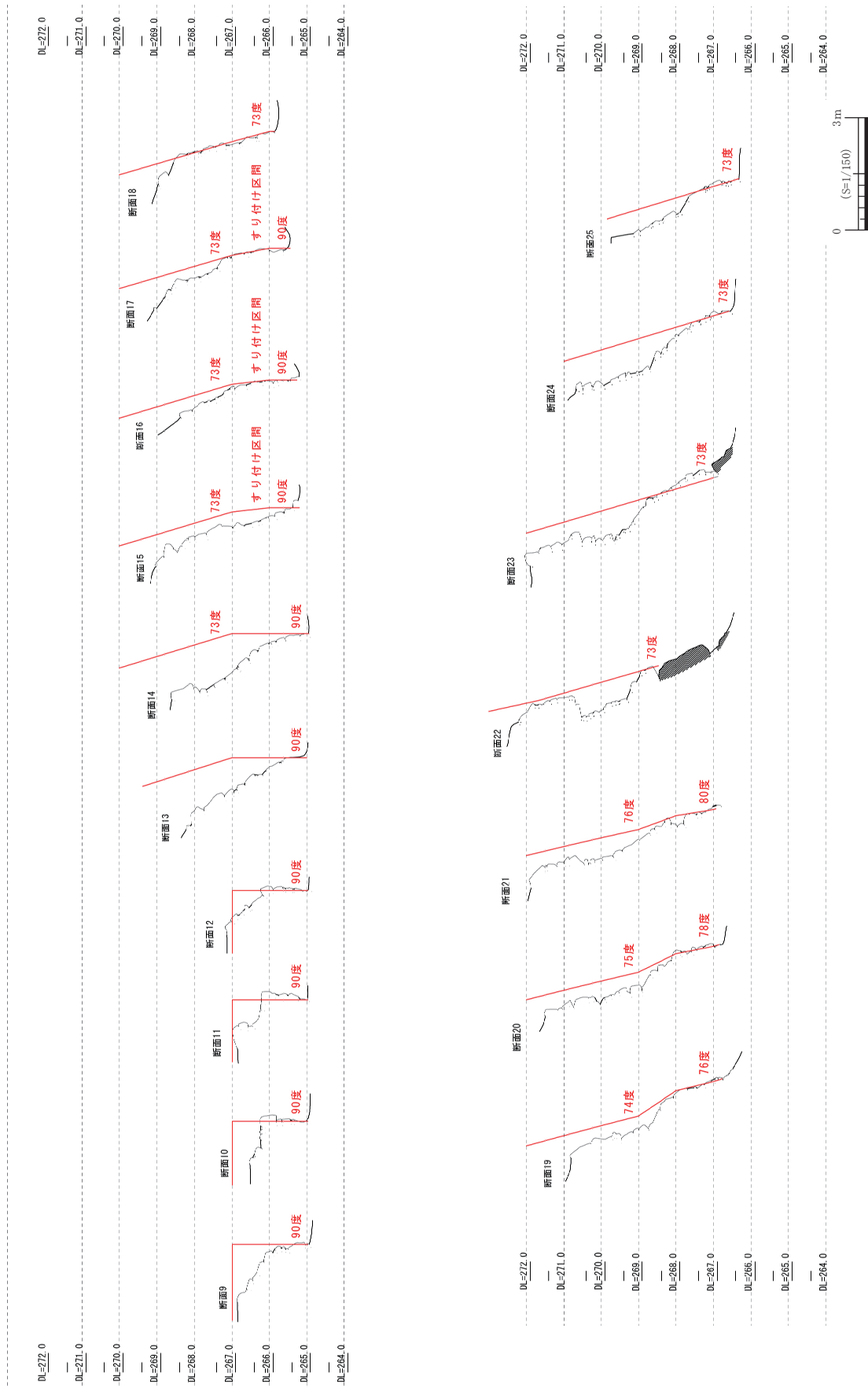


図108 石積みの勾配復元図 ($S = 1/150$)

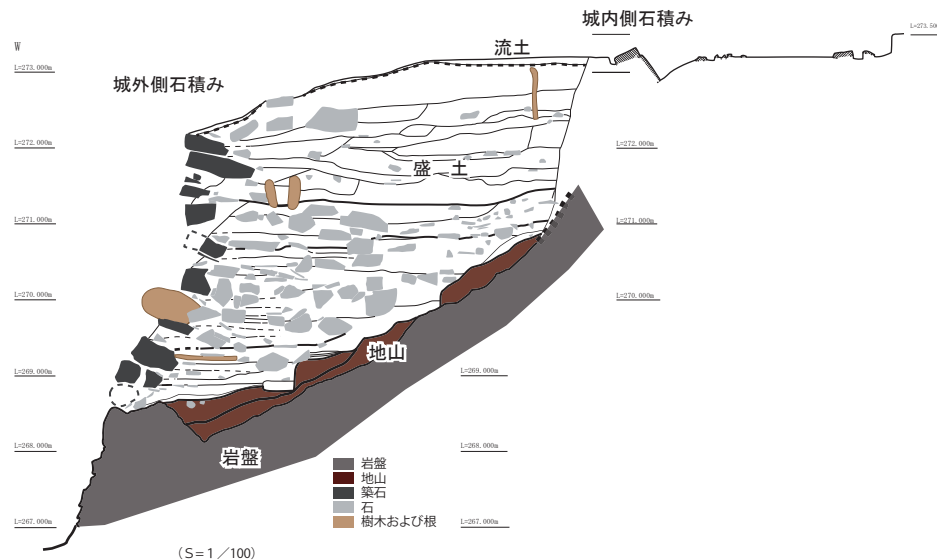


図 109 城壁土層断面図



写真 33 城内側の石積み

造的に変化が生じにくいことから、基準勾配となるケースが多い。③断面形がある程度孕んでいる箇所でも元の勾配を保持している箇所があるかどうか④高石垣北側の石垣中段にみられる勾配変化はテラス状あるいは変形なのかを検討する。⑤一律断面形状と決め付けず、徐々に勾配を変化させている場合も想定する（すり合わせ区間があるかを見極める）という5点に基づき、検討を行った結果、高石垣の岩盤部分を一つの根拠として基本勾配は73°（三分勾配）であると判断した。

懸門は90°で、高石垣の下半の北側は背面の岩盤の影響で石積みが根石から1.5mほどが90°近くで、その上部が階段状のテラスとなっている。勾配が基本勾配と異なり、部分的に勾配を変化させている箇所がある。テラス部分から高石垣の入隅までは勾配が変化している（図108 断面19～21）。

さらに、これらの判断について検証するため、

高石垣の入隅に着目した（図107）。高石垣北側の面を構成する立面の南端の稜線の傾きは72°に対して、その南側の稜線の傾きはほぼ垂直の89°である。仮に互いの面の勾配が同じであった場合、稜線の傾きが異なることはありえない。これは、傾いたほうの勾配が緩く、一方はきつい勾配のときに生じる現象である。高石垣がある程度良好に遺存しているとすれば、北面は基準勾配よりもきつい勾配であったことが推測される。また、南面の勾配を固めておけば、北面の勾配を推定することが可能である。

高石垣の稜線部分の傾きや断面検討段階で得た勾配変化をもとに、平面図、立面図、断面図を推定される城壁の勾配をさらに進めた。その結果、作成したものが、図108である。その結果、基本勾配は73°、懸門が90°であり、懸門南側では、基本勾配へのすり付けが必要になり、高石垣の下半の部分についてもテラス部分から基本勾配へのすり付けが必要で、断面としては

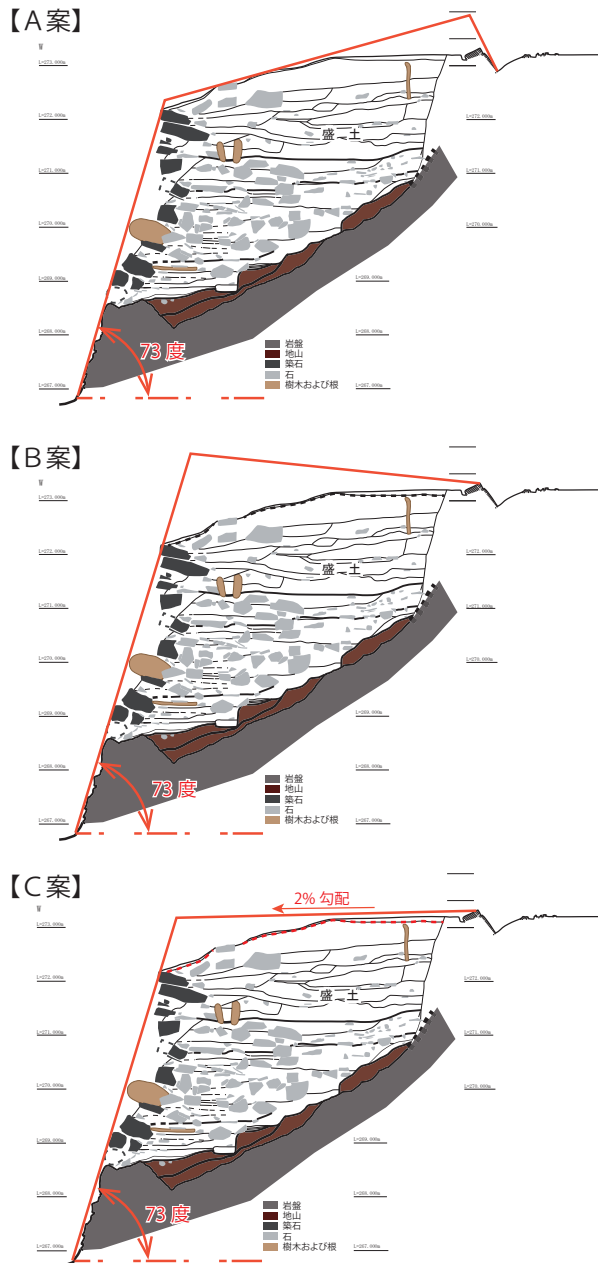


図 110 城壁天端高さ及び形状（A～C案）

図 108 のようになる。

（3）城壁の高さ：城壁内外の裾及び天端高さ

城壁の足下の位置は石積みの根石及び城壁の天端の高さは、城内側の石積み（写真 33）から確定することが可能である。しかし、城外側の石積みの天端高さについては構造当時の姿で遺存している箇所がないことから、最も残りの良い部分から推定する。城壁の天端の形状から、

3つの案が想定された（図 110）。

A案：城壁天端が前面に傾斜する。

城壁前面部分は築城当初の形状が遺存し、城壁中央から内側の版築状盛土及び列石が消失したと考えた場合。

B案：城壁天端が背面に傾斜する。

城壁背面だけでなく、前面部分も消失したと考えた場合。この案の場合は城壁内外の天端高さ、勾配が分からないことから、いく通りも形が考えられる。

C案：城壁天端はほぼ水平

城壁前面の石積みと版築状盛土が消失したと考えた場合。

天端部分を水平とした場合、雨水が溜まりやすく、版築状盛土の強度が低下することで、城壁全体の崩壊を誘発することから、前面に向けてやや勾配をもたせたものである。

既述の案を想定した上で、高石垣の城内側の石積みは上段に小さい石を用いて天端高さを合わそうとした形跡が見られる。しかも、石の上部が扁平な石材を選んでいる。また、前面部分は崩落せず、往時の姿を残しているとは考えにくいことから、城壁形状はC案と考えるのが妥当と考えた。なお、城壁外面の石積みの積直しを行った結果、城壁外面の石積みについてもC案と同様な形状になり、高石垣についてもほぼ、往時の形状をとどめたいことが判明した。

（4）城壁の形状・規模

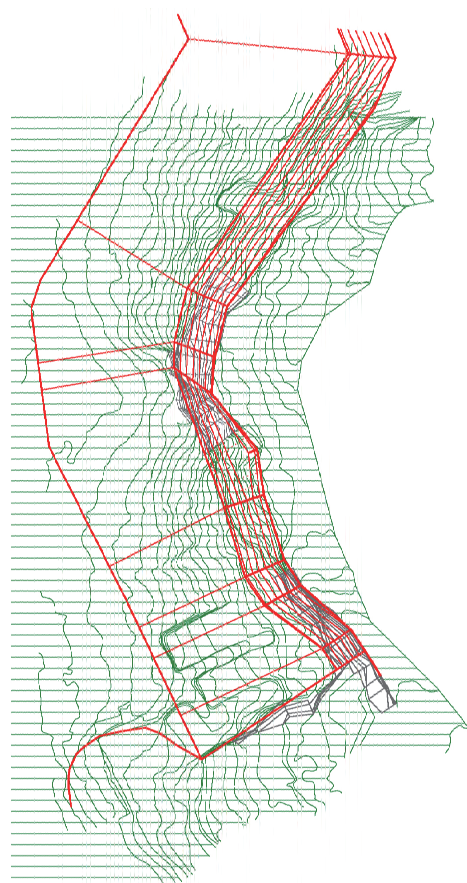
以上の検討結果をもとに、往時の形状を復元したものが、図 111 である。ただし、整備を実施する南端は現況地形とのすり付けを考慮する必要があった。

A案：推定される城壁天端まで復元する

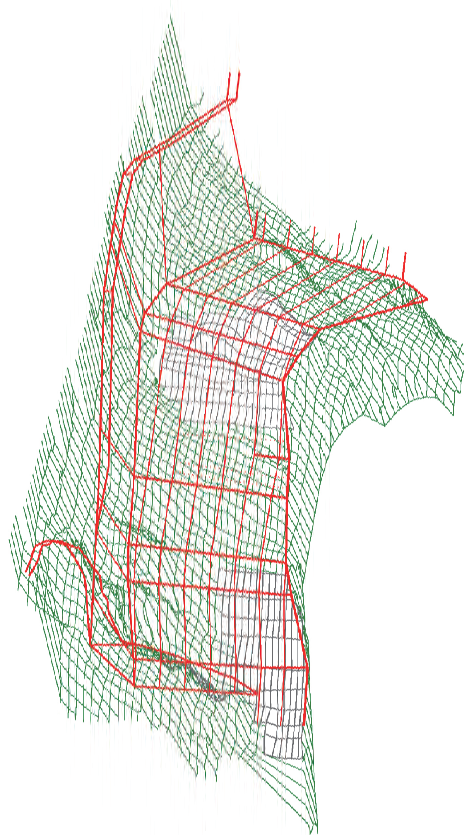
全体として一体化できる南側が想定復元となる。崩落部分にも石積みがあったと想定する。（図 112）

B案：遺存する天端まで復元する

残存する石積みに忠実な復元となるが、いびつな形状となり、収まりがつかない（図 113）

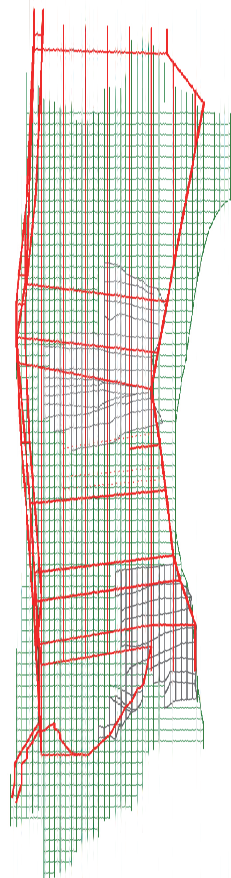


北西より



南西より

平面図



立面図

図 111 遺構から想定される城壁の立体的構造

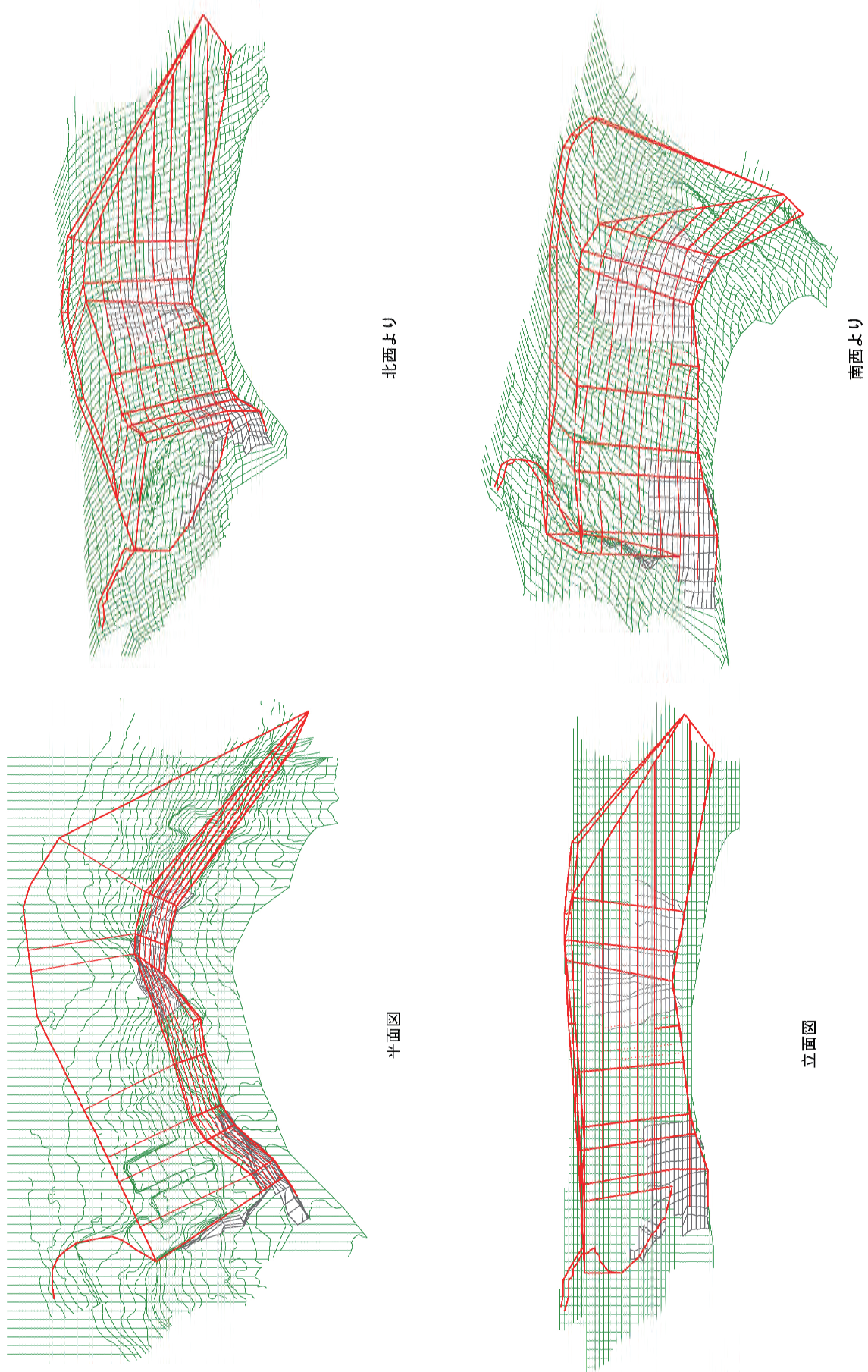


図 112 A 案の城壁の立体的構造



図 113 B 案の城壁の立体的構造

また、このほかに、想定される往時の形状に復元するという案もあったが、整備範囲や周辺とのすり付けと、崩落していた石材量などからA案を基本としながら、修復することが適切であると判断し、南側については、地形にすりつけてB案のような形状をとることにした。

(5) 城壁の内部構造

①条件整理

城壁の内部構造を検討するにあたり、これまでの調査及び解体工事の成果を整理するとともに、構造的な観点から評価を行った。

ア) 石積み

築石は屋島山上で採取した安山岩を使用している。築石や周辺の岩盤には明確な加工痕は見られない。また、山上の岩盤を観察すると多くは、屋嶋城跡で使用されているような形状に近い形で節理があり、風化が進むと方柱状に割れが進行している。そのため、甕城部分や城内側に所在する露岩の同様な箇所から、石材を確保するとともに、すでに風化が進み転石となった石材を集めて利用しているものと考えられる。築石は下記のような特徴を挙げることができる。

- ・積み石の面の大きさは平均 0.10 m²、控え長は 0.43 m であった。具体的な事例としては、鬼ノ城（西門横の高石垣）が石面 0.15 m²、控え長は 0.5 m、金田城（二ノ城戸）が石面 0.15 m²、控え長は 0.5 m、大野城（百間石垣）が石面 0.04 m²、控え長は 0.55 m となっており、他の城壁の石積みと比較するとやや小振りといえる。
- ・表面が大きい積み石は控えが短く、逆に面が小さいものは比較的控えが長い
- ・解体した石材の約 2 割（城門南側城壁）が破損していた。
- ・遺存する石積みでは横目地、縦目地が認められる。
- ・横目地は城壁構築時の作業工程によるもので、縦目地は城壁の折れに位置する可能性がある。
- ・横目地上部は高さ調整のため、小振りの石材を使用している。

- ・積石を安定させる大きな飼石が少ない。
- ・裏込栗石層は設けず、積石背面は土混じりの礫にて埋め戻している。
- ・断面形状は直線的である。

全体的に小振りの石を用いているにも関わらず、大きな飼石で安定化した積石は多くはない。しかも、裏込栗石がないことと、小規模な縦目地が多い（重箱／団子積み）ことから構造的な強度はあまり期待できない。

イ) 背面盛土

【基盤層】（岩盤若しくは地山周辺）

岩盤若しくは地山を簡単に成形し、粘性土を比較的薄く積上げている。

城壁下部は自然地形の影響を受け複雑な形状となっていることから、この基盤層は整地層としての役割を果たしている。一部で地下水を確認している。

【土石層】（標高 270.1 ～ 270.6 m 付近）

石積み背面近くは比較的大きな石を入れ、岩盤近くはやや小さな石が分布している。いずれも石の間に土が混ざった状態である。大きな石が密に分布する箇所は空隙が見られ、逆に小さな石が分布する箇所では空隙がみられない。

大きな石が密に分布する箇所へ土を隙間なく充填する。しかも、その土をしっかりと締め固めることは施工性の観点から困難と言える。これにより、土石層はある程度一度に積上げられたものと考えられる。

【盛土層】

現地の粘性土を層状に盛り上げる。風化礫の混じる褐色土と灰褐色を呈する土が多く、風化礫などの含有物の内容や量によって、やや土質の異なる土で積上げている。場所によって異なる傾向もある。

褐色土を用いた層は厚みが 15 ～ 20cm で、土質はいずれも粘性土で、不攪乱の状態では強度が大きく、よく締まっている。ただし、地下水が確認された箇所では盛土が劣化（強度の低下）している。

盛土の一部が地下水により強度が低下している。また、土石層は施工上の問題から空隙が多く、非常に不安定な状態である。仮に大量の地下水の浸透を許せば、城壁が崩壊する恐れがある。

【城壁城内側の石積み】

城壁前面の石積みと異なり、比較的平たい石を用いて盛土へ貼り付けたような構造である。

一番残りの良いところ（高石垣）で3段積（高さ約50cm）となっている。

城壁背面に集水する雨水が城壁内部に浸透しないよう、速やかに城外へと排水するための施設と考えられ、城壁を維持するためには欠かせない機能（雨水排水処理）を担っている。

【岩盤】

岩質は安山岩角礫を多く混入する凝灰角礫岩と言え、表層は割れ目が比較的多く風化岩となっているが、深い部分は弱風化岩となっている。

岩質の特性として、風化がみられない部分は固結度が高く、角礫と基質部はよく密着しているが、風化が進行すると基質部が粘土化し、角礫が離別しやすくなる。

若干風化はみられるが、全体的には安定した岩盤といえる。解体調査の結果、城壁南端の根石部分については、風化が著しく、そのまま根石を据えることができない場所も存在することが明らかとなった。

以上の整理を踏まえ、これまでの成果から、城壁遺構は非常に不安定な状態で遺存していることがわかった。しかも、室内土質試験では掘削土を再利用する場合は、強度が低下する数値が出ている。地下水により盛土がさらに劣化することも十分に考えられる。このような条件下で内部構造の復元を行った場合、今回の整備では保存措置を図る範囲への影響だけでなく、安全面から整備後の公開方法にも制約が生じる可能性が想定された。それゆえ、城壁を復元するためには、残した遺構の保存に対する対策と今回の修復によって構築する城壁の安定性の2点を検討する必要がある。

②検討すべき課題

既述のとおり、遺構保存及び公開において、単に覆土して修復しただけでは、修復後の安定性に大きな不安が残ることから想定されるに至った。主な課題は次のとおりである。

ア) 城壁内部に横断する複数の水みち

イ) 盛土の強度不足と水みちなどによる劣化

ウ) 城壁修復断面に生じる3つの不連続面

まず、ア) については、城壁の表層は雨水をなるべく浸透させない仕様とし、それでも浸透する雨水や岩盤の亀裂から城壁内部に浸透する地下水をスムーズに城壁前面に排水する必要がある。

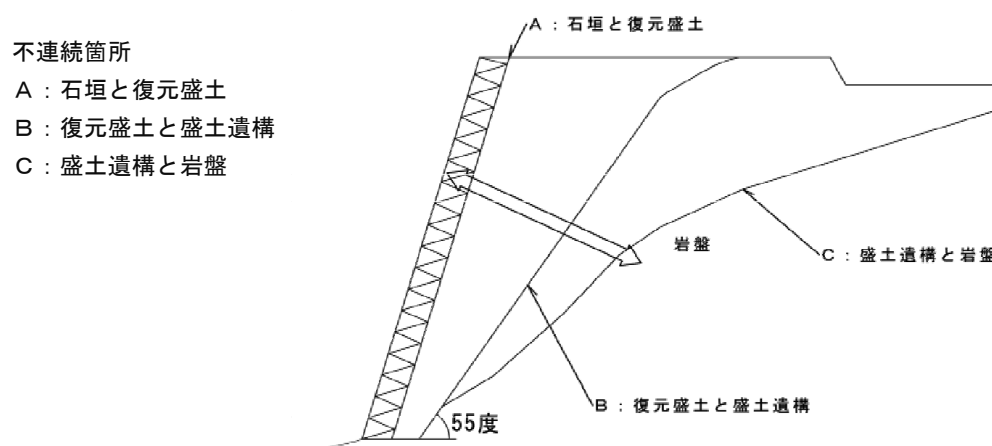


図114 一体化のイメージ

ある。

イ)は排水機能に加えて、固化材などにより、劣化した土の強度を戻す必要がある。

ウ)は図114のように今回の修復によって城壁断面は石積み、復元盛土材、盛土遺構、岩盤の4層構造からなり、各接触面がすべりによる変形、ズレが生じやすい箇所となる。特にア)の水みちの状況からも、これらの面の一体化が城壁の安定性を図る上では、必要と考えられる。

③検討過程及び方法

以上の整理が、修復を行う上での想定される問題点として挙げられた。実際にそれらの想定が正しいのかも含めて、屋嶋城の築城に用いられた資材(土や石材)や構造の特徴を知り、上記の課題を具体的に検討するために、さらなる室内の分析や解析に加え、実際に、材料を用いて試験的な施工をする必要であると判断した。また、これらの机上の検討結果や仮定などを実際の施工を踏まえた上で、再度検証し、修復方法を決定するプロセスをとることとした。そのため、実施設計と併行して、試験施工及び分析を実施したので、次にそれらについて詳述する。

第3節 試験施工

A 概要

(1) 目的

既述のとおり、屋嶋城跡城壁復元工事に向けて、発掘調査及び土質試験などによって得られた成果から、想定される問題点を踏まえて、採用すべき修復方法(石材の接着、強化、実際の施工方法)について検討を行うべく、試験施工を実施し、解析などを通じて、検証を行い、適切な修復方法を構築することを目的に実施した。

主な調査内容とした総合的な分析を業務委託により実施するとともに、屋嶋城跡調査整備会議の指導のもと、城壁復元工事において必要な次の項目について検討した。

①石材調査及び石材補修・補強方法の検討

②盛土補強方法の検討

③試験体の製作等による屋外試験及び経過観測

④試験結果を踏まえて、FEM解析などを実施し、修復における採用すべき方法の整理

(2) 期間

平成22年9月10日～平成23年3月25日

(3) 試験項目

具体的には下記の項目について実施した。

①城壁断面モデル製作

平成20～21年度に実施した城壁解体調査によって得られた成果及び盛土の試験施工を踏まえ、復元構造を想定した断面モデルを3基製作した。4か月の経過観察を行った後に解体撤去した。

②盛土強度試験

現場仮置き土(版築状盛土遺構を掘削した土)に固化材を添加し、その効果を一面せん断試験及び一軸圧縮試験にて確かめた。また、経過観察終了後に試験体の盛土部分から供試体を採取し、一面せん断試験にて土の硬さを確認した。

③石材補修及び強化実験

破損若しくは劣化した積石に対し薬剤処理を行い、その効果を破壊試験等により確かめた。

④基礎資料作成

①～③までの成果及びpH値計測、変位量計測、そして城壁解体調査で得られた成果を踏まえ、FEM解析(シュミレーション)を行い、復元構造を想定した断面モデルの安定性を評価した。解析結果を城壁構造及び形状を検討する上での基礎的資料とし、試験体製作を踏まえ、城壁復元の施工方法や手順、留意点についてもまとめた。

作業のフローは図115のとおりである。

B 城壁断面モデル製作

(1) 試験体の設置箇所整地

試験体は現地で製作し、観察を行った。作業手順は下記のとおりである。

①設置位置及び周辺は、昨年度までに解体し

た積石の仮置き場となっていたことから、整地範囲内の樹木を伐採した後、クレーン機能

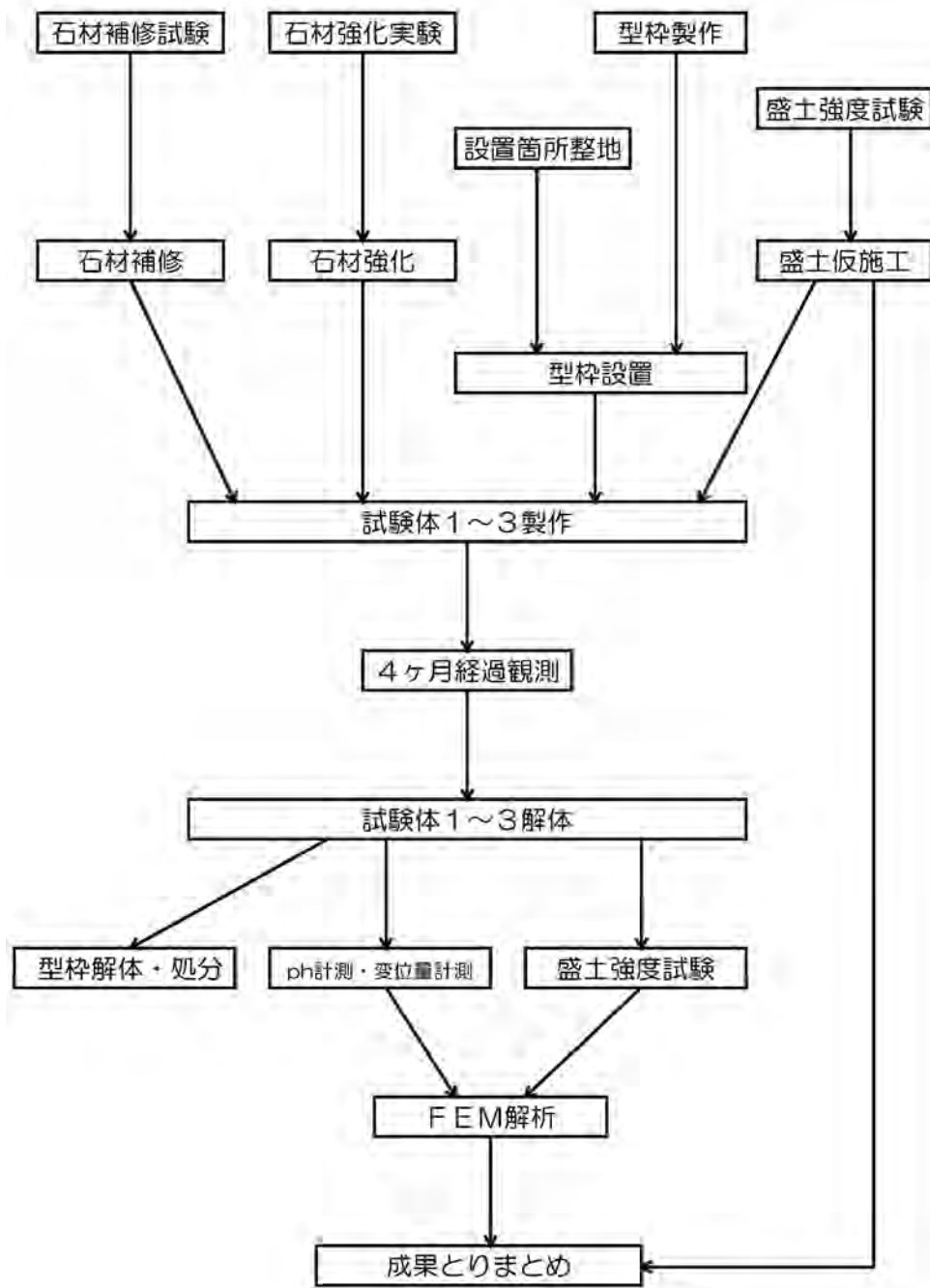


図 115 作業フロー

付きバックホウにて積石を仮設道の北側へ移した。

②伐採及び積石の移設後、バックホウにより整地を行った。当初、試験体を設置する地盤高は現況高より低くすることで、掘削（切土）面に試験体を押し当てる構造を計画していた。

しかし、整地前の遺構面確認作業で、表土の直下より岩盤を確認したことから、盛土を行い試験体設置面を設けた。

（２）型枠設置

整地完了後、試験体背面部分に大型土のう（現場仮置き土を中詰め）を 11 袋設置し、その前面に型枠を設置した。

（３）盛土仮施工

城壁断面モデル製作前に小さな型枠を場内に設け、土の撒き出し量に対する盛土の密度や強

度の関係、締固め方法等を確認を行った。施工は試験体製作時に使用する土で行った。

(4) 作業内容

撒き出し厚毎に仕上がり厚さが約 60% になるまで締固めを行い、目視による盛土断面の観察

と、盛土表面、盛土上層、盛土下層を山中式土壌硬度計にて計測した。なお、施工方法は撒き出し後、足である程度踏み固めてから、突き棒にて満遍なく締め固めた。

なお、撒き出し厚 20 cm については、盛土下部

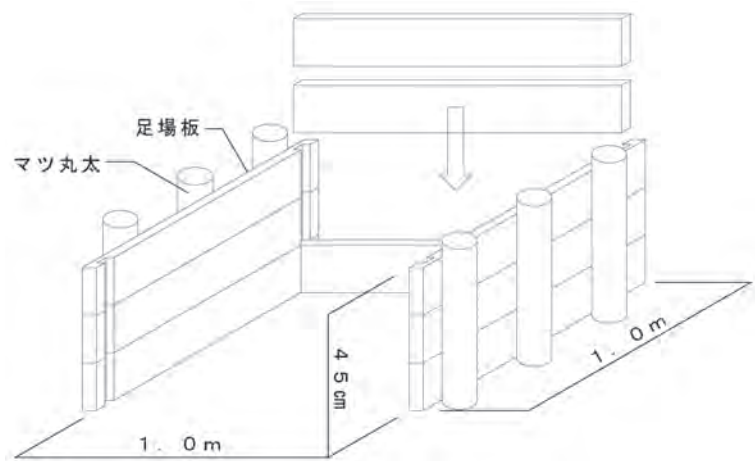


図 116 盛土仮施工の型枠

表 13 硬度計測定結果

撒き出し厚	20cm	15cm	12cm
仕上がり厚	12cm (60%)	9cm (60%)	6.5cm (60%)
盛土表面	—	3.1cm	3.1cm
盛土上部	—	2.95cm	2.7cm
盛土下部	—	2.3cm	2.45cm

※撒き出し厚20cmについては、盛土下部がまったく締まっていなかったことから、硬度測定は行わなかった。



①撒きだし状況



②人力つき固め状況



③つき固め完了状況



④厚み計測状況



⑤硬度計測状況



⑥計測数値

写真 34 仮施工の実施状況

がまったく締まっていなかったことから、硬度測定は行なかった。盛土の目視観察及び測定結果を踏まえ、試験体製作時の撒き出し量は 12 cm とし、仕上がり厚が 7 cm になるまで締め固めた。さらには、仕上がり面の硬度が山中式土壌硬度計で 30 mm 以上となった時点で合格とし、上層に移ることとした。

(5) 試験体製作

内部構造及び使用材料の異なる断面モデル(図 117) を 3 基製作した。石積作業はクレーン機能付きバックホウにて行い、背面盛土はバックホウで撒き出し、人力により締め固めを行った。天端は雨水が溜まらないように前面(石垣)側へ水勾配を設けた。各試験体の内部構造及び外寸は図 117 の通りである。

①土の改良と施工

後述する盛土強度試験結果を踏まえ、土に固化材(消石灰・酸化マグネシウム)を下記の分量で添加し、バックホウにて攪拌した。現場仮置き土は含水比が高かったことから、一旦、ヤードに薄く敷均し、十分に乾燥させてから使用した。購入土は高松市内で入手し易い花崗土(真砂土)を使用した。

試験体 1 :

現場仮置き土 1 m³に対して消石灰を 50kg 添加

試験体 2 :

購入土 1 m³に対して酸化マグネシウムを 100kg 添加、土石層を再現する。

試験体 3 :

現場仮置き土 1 m³に対して酸化マグネシウムを 50kg 添加

つき固めについては、大人 4 人程度で、実施し工事に際して伐採していた木を加工して、つき棒とした。つき棒は木の自重でつき固めることのできる太く重みのあるものと、狭い場所を細かくつき固めるための細いものを準備して実施した。仮施工で実施した撒き出し厚分(1 層分)をつき固めるのに概ね 40 ～ 50 分程度を要した。この程度つき固めると、固化材によって白くなった土が本来の赤褐色を取り戻し、つき固めの際の音が変化することも明らかとなった。試験体の解体時にも明らかとなったが、作業時間の増加とともにかなりムラが生じることも明らかとなった。また、築石の背面は、つき固め時につき棒が石に触れてしまうが、貼石状の構造を少しでも安定化させるため、石を盛土で包みこむ構造となるようにするために、なるべく丁寧に引き固める必要があり、細かな道具でのつき固めが必要であることも明らかとなった。そのため築石周辺はある程度盛土の強度が必要であると推測される。

なお、つき固め時の認識としては酸化マグネシウムと消石灰による違いは認められなかった。

なお、作業に要した人は表 14 のとおりである。

②築石の割り付けと石積み

試験体 2 は実際に解体した積石を用いて、解

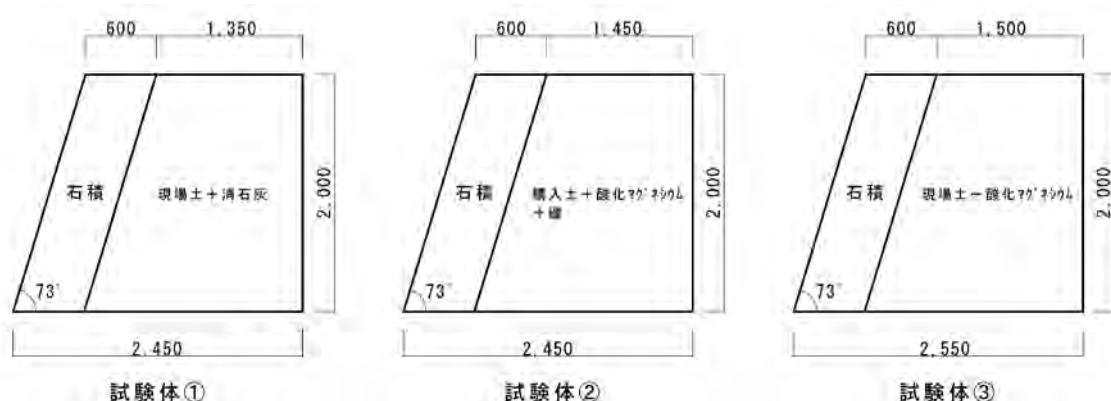


図 117 試験体①～③の断面模式図(単位: mm)



写真 35 型枠設置状況①



写真 36 型枠設置状況②



写真 37 石材接着状況①



写真 38 石材接着状況②



写真 39 石材薬材含浸状況①



写真 40 石材薬材含浸状況②



写真 41 石材薬材含浸状況③



写真 42 酸化マグネシウムと盛土材



写真 43 酸化マグネシウム攪拌状況



写真 44 人力つき固め状況①



写真 45 人力つき固め状況②



写真 46 人力つき固め状況③



写真 47 硬度確認状況①



写真 48 硬度確認状況②



写真 49 酸化マグネシウムと盛土材花崗土①



写真 50 酸化マグネシウムと盛土材花崗土②



写真 51 酸化マグネシウム攪拌状況



写真 52 土石層つき固め状況



写真 53 土石層の石材敷き並べ状況①



写真 54 土石層の石材敷き並べ状況②

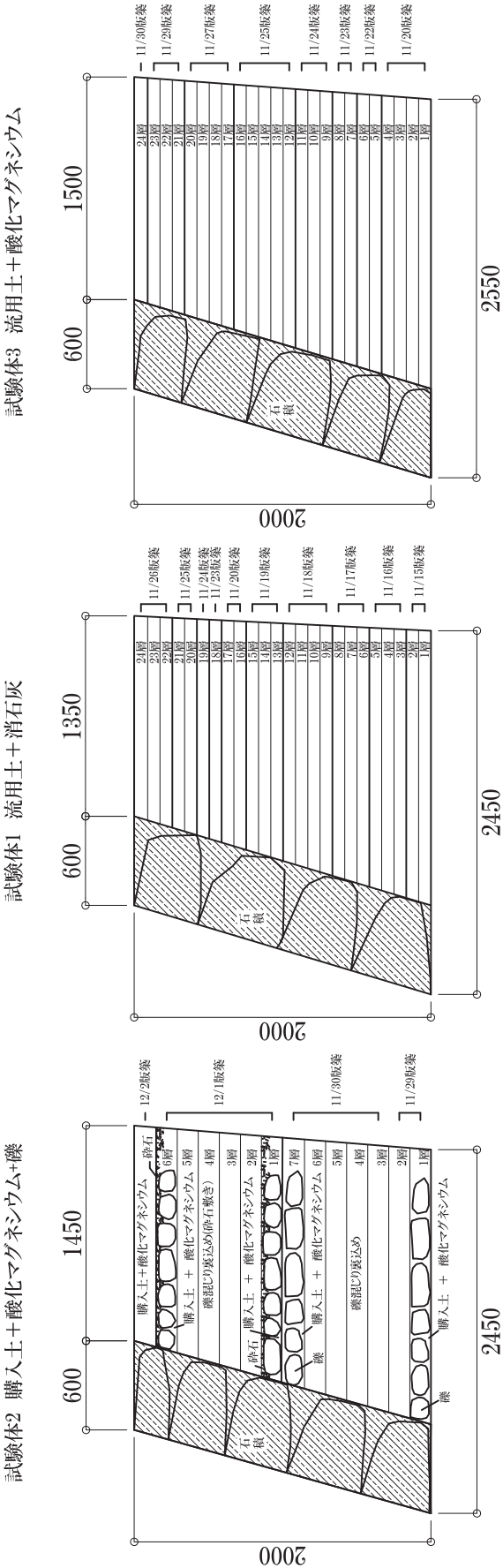


図 118 試験体 1 ～ 3 の構造

表 14 試験体製作に要した人工

表 作業者数						
日付	曜日	世話人	石工	土工	計	作業内容
9月15日	水	1	1		2	岩盤・土の採取
9月16日	木	1			1	石材コア抜き工場製作
10月15日	金	1	1		2	現場着手
10月16日	土	1	1		2	伐採・整地
10月17日	日	休日			0	
10月18日	月	1	1		2	整地・背面大型土のう作成
10月19日	火	1	1	1	3	鋼材型枠建方
10月20日	水	1	1		2	積石・流用土運搬
10月21日	木	1	1		2	型枠敷板設置
10月22日	金	1	1		2	背面大型土のう作成・型枠敷板設置
10月23日	土	休日			0	
10月24日	日	休日			0	
10月25日	月	1	1		2	試験版築型枠組立
11月1日	月	1	1	1	3	型枠敷板設置・流用土運搬
11月2日	火	1	1	1	3	試験版築
11月3日	水	1	1	1	3	試験版築・含浸石材体積測定
11月12日	金	1	1		2	石材含浸・破石接着
11月13日	土	1	1		2	石材含浸・破石接着・流用土運搬
11月14日	日	休日			0	
11月15日	月		1	5	6	含浸石材体積測定・試験体1版築
11月16日	火	1	1	4	6	試験体1版築
11月17日	水	1	1	4	6	試験体1版築
11月18日	木		1	4	5	試験体1版築
11月19日	金		1	4	5	試験体1版築・試験体3版築
11月20日	土		1	8	9	試験体1版築・試験体3版築
11月21日	日	休日			0	
11月22日	月		1	7	8	試験体3版築
11月23日	火		1	4	5	試験体1版築・試験体3版築
11月24日	水	1	1	8	10	試験体1版築・試験体3版築
11月25日	木	1	1	7	9	試験体1版築・試験体3版築
11月26日	金	1	1	7	9	試験体3版築
11月27日	土	1	1	5	7	試験体3版築
11月28日	日	休日			0	
11月29日	月	1	1	7	9	試験体2版築・試験体3版築
11月30日	火	1	1	5	7	試験体2版築・試験体3版築
12月1日	水	1	1	4	6	試験体2版築
12月2日	木	1	1	2	4	試験体2版築
合計		25	30	89	144	

体前の姿（割り付け）となるように積み上げを実施し、残り2もとについては崩落していた石材を利用して、城壁の遺存部分を参考に石積みを行った。石積みは、解体前の状況や観察などによって得られた情報をもとに実施し、石工に

よて実施した。想定以上に空隙が生じ、試験施工においては、石積み間の隙間は現地土を用いて目地詰めを行い、練り積み状に仕上げた。

③石材補修及び補強

城壁石垣は安山岩と凝灰角礫岩を用いて積み

上げていることから、後述するように、試験体製作に先立ち各石質に対して石材補修及び強化実験を行った。安山岩は積石として再利用可能な強度を有しているが、凝灰角礫岩は薬剤処理を施しても強度がほとんど向上せず、積石に適さない結果となった。さらに、安山岩の積石の中には表面観察では識別することができない傷や空隙を内部に有する石材が多数あることも判明した。

以上のことから、安山岩は薬剤が浸み込まず強化処理ができないことから、これまでに回収した多くの石材が傷等の状況によって使用できないことになる。

城門遺構周辺の城壁は天端まで復元する計画を進めていることから、積石の再利用率が下がった分、新補石の割合が増えることになる。往時の姿を再現するにはできるだけ多くの積石を再利用することが望ましい。そこで、上載荷重の少ない城壁天端部分で保存処理した石材が使用可能か判断するため、各試験体の下部に接着などを実施した石材を使用して石積みを実施し、4ヶ月間の経過観測でその可能性を探ることとした。

④試験体及び型枠の解体処分

4ヶ月間の経過観察終了後、試験体及び型枠を重機により解体した。解体作業は築石が破損しないよう丁寧に取り扱い、使用した石材及び土は監督員の指示する場所に仮置きした。解体した型枠は適切に処分した。

なお、試験体製作時は1層毎に硬度計を用いて土の硬さを確認していたが、試験体解体時の断面観察によって、盛土の一部に締固めが十分でない箇所が確認できた。修復工事では築石背面の境界や石と石との間、型枠の端部などは特に丁寧な施工が求められることを裏付ける結果であった。この際に変形試験やpH試験を実施した。この点については経過観測とともに、後述する。

C 盛土強度試験

(1) 試験目的

土質試験については、城壁の解体時などに実施してきた。そのため、今回は城壁復元時の背面盛土材として再利用する土の劣化を回復させ、強度を上げるとともに、再利用性も含めてどのような方法をとるべきかを探るべく、固化材を添加し、その効果を確かめた。さらには、実際の修復にかかる時間なども検討するため、添加量毎の効果並びに効果発揮までの時期を確認することを目的とした。

(2) 使用材料

改良土に使用する土はこれまでの現地で回収した粘性土とし、固化材は消石灰及び酸化マグネシウム（海産）を使用した。

(3) 試験項目

改良型一面せん断試験及び一軸圧縮試験を実施した。

(4) 試験内容

下記のとおりである。

①室内改良土

ア) 改良型一面せん断試験：

土1 m³に対し50kg、100kg添加した改良土を製作し、材齢7日目に試験を行う。その後、改良型一面せん断試験2種類を2パターンを1回実施した。

イ) 一軸圧縮試験：

土1 m³に対し50kg、100kg、200kg添加した改良土を製作し、材齢7日目、14日目、28日目に試験を行う。その後、一軸圧縮強度を実施2種類×3パターン×3時期実施した。

②現場改良土

ア) 改良型一面せん断試験：

試験体1及び2から2箇所ずつ供試体を採取し試験を行う。その後改良型一面せん断試験2試験体×2箇所実施した。

(5) 試験結果

これらの試験結果は表15のとおりである。

表 15 盛土試験結果一覧

一面せん断試験(室内改良土)									
試験内容	採取位置	配合量	含水比(%)	湿潤密度(γ_w , g/cm ³)	乾燥密度(γ_d , g/cm ³)	間隙比	飽和度(%)	ϕ'^{90}	c' (kN/m ²)
現場土+消石灰配合		50kg/m ²	19.9	1.856	1.548	—	—	46.9	53
		100kg/m ²	20.7	1.850	1.532	—	—	48.8	137
現場土+酸化マグネシウム配合		50kg/m ²	22.9	1.850	1.504	—	—	38.4	140
		100kg/m ²	22.9	1.841	1.498	—	—	43.4	108

一軸圧縮試験(室内改良土)									
試験内容	採取位置	配合量	湿潤含水比(%)	湿潤密度(γ_w , g/cm ³)	kN/m ²	材齢			
現場土+消石灰配合		50kg/m ²	25.1	1.804	398	7日			
			25.5	1.798	384	14日			
		100kg/m ²	25.2	1.768	417	28日			
			24.6	1.765	593	7日			
			24.5	1.738	627	14日			
			24.5	1.726	811	28日			
現場土+酸化マグネシウム配合		200kg/m ²	23.2	1.686	384	7日			
			23.9	1.676	531	14日			
			23.2	1.696	850	28日			
		50kg/m ²	24.1	1.886	512	7日			
			24.1	1.845	455	14日			
			23.9	1.852	481	28日			
		100kg/m ²	22.3	1.816	508	7日			
			20.5	1.825	524	14日			
			22.0	1.799	501	28日			
		200kg/m ²	18.6	1.734	557	7日			
			16.8	1.750	667	14日			
			18.2	1.731	717	28日			

一面せん断試験(現場改良土)									
試験内容	採取位置	配合量	含水比(%)	湿潤密度(γ_w , g/cm ³)	乾燥密度(γ_d , g/cm ³)	間隙比	飽和度(%)	ϕ'^{90}	c' (kN/m ²)
現場土+消石灰配合	右垣背面	50kg/m ²	27.2	1.819	1.430	0.883	82.9	37.6	167
	背面盛土中央	50kg/m ²	27.7	1.770	1.386	0.937	79.6	45.8	56
現場土+酸化マグネシウム配合	右垣背面	50kg/m ²	26.6	1.827	1.443	0.851	83.5	45.1	6
	背面盛土中央	50kg/m ²	23.0	1.878	1.526	0.726	83.5	41.2	116

版築状遺構の試験結果(参考値)

一面せん断試験(現場土)									
試験内容	採取位置	配合量	含水比(%)	湿潤密度(γ_w , g/cm ³)	乾燥密度(γ_d , g/cm ³)	間隙比	飽和度(%)	ϕ'^{90}	c' (kN/m ²)
A-1不撈乱	第1トレンチ	—	26.3	1.639	1.298	1.063	66.4	50.5	18
A-1再構成		—	29.0	1.698	1.316	1.030	75.3	35.2	10
A-1締固め		—	29.0	1.594	1.236	1.162	66.7	29.3	10
A-2不撈乱	第1トレンチ	—	29.3	1.701	1.315	1.030	76.0	47.0	7
A-2再構成		—	29.0	1.698	1.316	1.028	75.3	38.2	3
B不撈乱		—	26.8	1.727	1.361	0.969	74.2	48.5	0
B再構成	第2トレンチ	—	25.4	1.707	1.361	0.969	70.2	28.0	6
B締固め		—	25.4	1.645	1.311	1.043	65.3	38.7	0
C-1再構成		—	33.3	1.809	1.359	—	—	43.0	64
C-2再構成	第3トレンチ	—	28.9	1.772	1.375	—	—	41.0	7.6
		—	—	—	—	—	—	—	—

(6) まとめ

消石灰及び酸化マグネシウムともに現場仮置き土に対して添加することで、粘着力及びせん断抵抗角の数値が向上する結果となった。固化材の特徴と施工時の留意点は次のとおりである。

本来、消石灰及び酸化マグネシウムともに添加量に応じて強度が増していくが、今回の試験結果は200kg添加した改良土の強度がさほど上がらなかった。これは改良土の含水比が少なかったため、効果が十分発揮しなかったと考えられる。城壁修復時は現場仮置き土の含水比管理を徹底する必要がある。

せん断抵抗角については室内改良土と現場改良土との差はみられないが、粘着力についてはかなりの差が生じている。これは現場改良土中の固化材分布にムラがあったためか、締固め不足が原因と考えられる。城壁修復時は固化材の攪拌及び締固めは丁寧に行う必要がある。

D 石材補修及び強化試験

(1) 石材補修試験

①試験目的

解体した築石や城壁前面に崩落していた石材の安山岩に対して、薬剤による接着処理を施すことで再利用可能かどうか確かめることを目的とした。

②使用材料

屋嶋城跡城壁解体工事で回収した転石や崩落石の中から、見た目の石材の色をもとに選択して、同じ材質でも見た目で特徴が異なるかについても検討を行った。

③使用薬剤

ア) 石材接着処理

アルプストーンエース(2液性エポキシ樹脂)

イ) 石材強化処理

Slicate#2: ケイ酸エステル

サト SX-MA: MMA 変形ケイ酸エステル

サト SX-AS: アクリルシリコン変形ケイ酸
エステル

④試験項目

一軸圧縮試験

円柱供試体	接着処理	2本	
	未処理	5本	
	薬剤処理	15本	計 22本

⑤試験結果

試験結果は表16のとおりである。

⑥まとめ

ア) 石材本来の強度について

未処理の試験体結果から、石積みに用いられている安山岩の強度は216、268、284MN/m²と、いずれも安山岩の一般的な数値200～250MN/m²と比べ高い数値と言え、築石としては十分強度をもっていると言える。しかし、供試体の観察から、内部には無数の傷や空隙が認められ、表面からだけでは判断は難しいことも明らかとなった。

イ) 石材の補修処理について

一般的な安山岩の圧縮強度は200～250MN/m²であることから、今回接着した石材でも同等以上の数値でなければ築石として再利用できない。しかしながら、接着処理を施した石材については、供試体内部のヒビ若しくは空隙等の脆弱な部分から破断が生じ、補修処理による効果を確認することができなかった。試験結果及び採取した供試体の状態から、城壁復元時に使用する破損石材は補修処理だけでは強度不足であると考えられる。

ウ) 含浸処理の効果について

安山岩はどの薬剤も僅かしか含浸しなかったこともあり、ほとんどの供試体が内部のヒビ等で破断をおこしている。このことから、安山岩の薬剤含浸による強化処理の効果は期待できない結果となった。

(2) 石材強化実験

①試験目的

解体した築石や城壁前面に崩落していた石材で表面が風化した石材に対して、薬剤による含浸強化処理を施すことで再利用可能かどうか確かめることを目的とした。

②使用材料

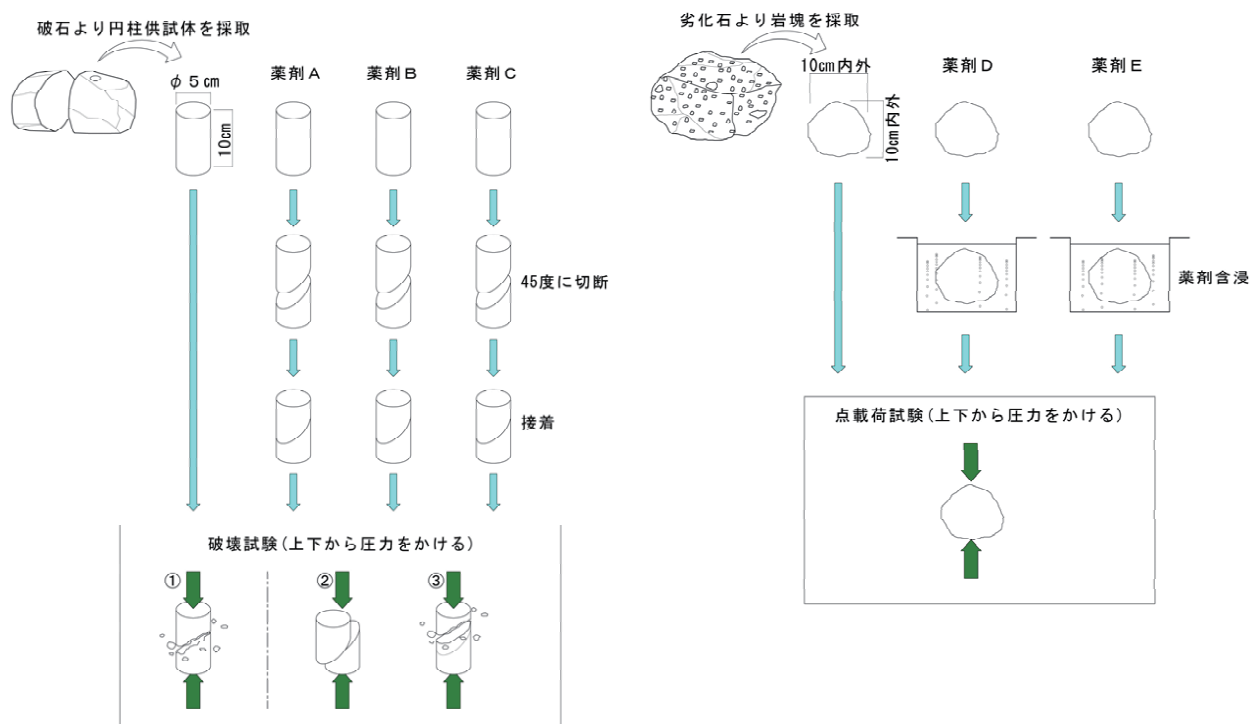


図 119 石材補修（左）・強化（右）試験の作業フロー図



写真 55 石材サンプル採取状況



写真 56 石材サンプル



写真 57 石材サンプルの大きさ



写真 58 石材のサンプルの観察



各石材の見かけ比重を測定後、強化剤は下記の3種類選択して1日間浸漬法にて含浸した。
写真59 含浸状況

表16 サンプルと（試供体）と薬材の含浸率

試供体No.	2r	h	cm	重量.g	見かけ比重	含浸重量.g	含浸量.g	含浸率%	処理薬剤
3	5.22	10.20	218.2	580.49	2.66				
17	"	10.16	217.3	572.56	2.63				
23-1※	"	10.20	218.2	581.40	2.66				無処理
29	"	10.20	218.2	497.86	2.28				
41	"	9.91	212.0	565.59	2.66				
3-1	"	10.19	217.9	577.89	2.65	578.45	0.56	0.097	
19	"	10.20	218.2	585.01	2.68	585.53	0.52	0.089	
20※	"	10.10	216.0	579.23	2.68	579.85	0.62	0.107	Silicate#2
23	"	10.10	216.0	575.18	2.66	575.59	0.41	0.071	(比重:1.002)
43※	"	10.17	217.5	582.25	2.67	582.75	0.50	0.086	
22	"	10.20	218.2	580.05	2.66	580.60	0.55	0.095	
25	"	10.02	214.3	551.72	2.57	553.10	1.38	0.250	
32	"	10.12	216.5	578.98	2.67	579.55	0.57	0.098	サイトSX-MA
33※	"	10.22	218.6	581.37	2.66	581.90	0.53	0.091	(比重:0.95)
45*	"	10.07	215.4	574.54	2.54	575.78	1.24	0.216	
15※	"	10.18	217.7	571.53	2.62	572.47	0.94	0.164	
26	"	10.64	227.6	581.50	2.55	582.56	1.06	0.182	
30※	"	10.23	218.8	494.54	2.26	505.12	10.58	2.139	サイトSX-AS
42※	"	10.14	216.9	579.51	2.67	580.12	0.61	0.105	(比重:0.97)
44	"	10.15	217.1	580.38	2.67	580.85	0.47	0.081	

- 安山岩(グレー)
 安山岩(グレー+白の斑点)
 凝灰岩(茶色)

※ クラックあり * 欠けあり

処理薬剤: Silicate#2 : ケイ酸エステル
 サイトSX-MA : MMA変性ケイ酸エステル
 サイトSX-AS : アクリルシリコン変性ケイ酸エステル

工事で回収した崩落石

③使用薬剤

石材強化処理: Silicate#2: ケイ酸エステル

④試験項目

点載荷試験岩塊 未処理 3個

薬剤処理3個 計6個

⑤試験結果

試験結果は表17のとおりである。

⑥まとめ

ア) 含浸処理の効果について

凝灰岩でも比重の軽いものについてはある程度含浸するが、未処理のものと比べても、強度が向上していない結果となった。

②石材の取り扱いについて

安山岩は十分な強度を有していることから、石材表面はもちろん内部に傷や空隙が生じてい



No. 1～No. 6の岩塊（凝灰岩）の比重を測定し、その結果に基づいてNo. 1、2及び4を強化剤Silicate#2に同様に1日間含浸処理。No. 3、5及び6を比較検討として未処理とした。

写真 60 岩塊強化処理状況

表 17 石材強化処理表

試供体No.	重量.g	重量.g *	重量.g※	見かけ比重	含浸重量.g	含浸量.g	含浸率. %	処理薬剤
1	105.23	105	55	2.10	113.75	8.52	8.10	Silicate#2
2	165.35	165	88	2.14	178.20	12.85	7.77	Silicate#2
3	123.35	125	70	2.27	—	—	—	無処理
4	254.72	255	145	2.32	259.95	5.23	2.05	Silicate#2
5	215.29	215	120	2.36	—	—	—	無処理
6	200.46	200	115	2.35	—	—	—	無処理

重量； g * 空中重量 (バネ秤)

重量 g * 水中重量

- 1：処理石材は洗浄後 RT / 2 日 + 100℃ / 30 m in で乾燥 + RT / 1 日後、体積・重量測定
2：含浸はタッパ内で1日浸漬含浸。

■ 石材表面積あたりの強化剤含浸量の概算

円柱供試体 No30 (比重：2.26 含新浸量：10.58g、含浸率：2.14%)
表面積：約 0.196 m² 0.01058 / 0.196 = 約 0.54kg / m²
上記から比重が 2.0 ～ 2.2 のものは約 3.5 倍の 1.8kg / m²

ないものについては再利用可能である。よって、城壁修復時は石材の再利用判定を厳密に行い、少しでも不安が残る石材については裏込め材として利用することが望ましい。

また、石材の接着や含浸処理を施した上で再利用する場合は、荷重が少ない城壁天端部分に限定する必要がある。一方、凝灰岩については、強化処理による強度の向上が望めないことから、天端を除いて築石として再利用することは、石垣の安定性を欠くおそれがある。

E その他

(1) 経過観察

試験体製作後、12月～3月までの約4ヶ月間、月1回の頻度で各試験体の目視による経過観察を行った。確認内容は以下に示す通りである。

確認項目：

ア) 石垣の変形（孕みや陥没が生じていないか）

イ) 盛土の陥没やひび割れ、流出

ウ) 型枠の変形

（盛土の膨張により歪んでいないか）

エ) その他

1ヶ月目（平成22年12月28日実施）

3基とも特に変化は見られなかった。



写真 61 経過観測 1ヶ月①



写真 62 経過観測 1ヶ月②城壁天端



写真 63 経過観測 4ヶ月①

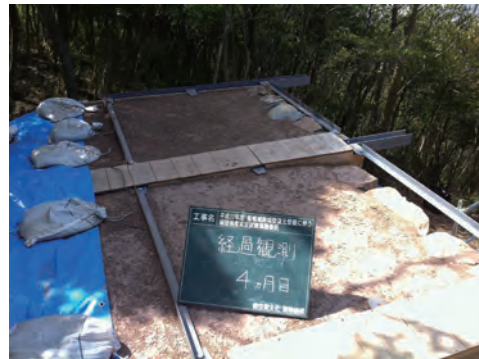


写真 64 経過観測 4ヶ月②城壁天端



写真 65 経過観測 4ヶ月③



写真 66 経過観測 4ヶ月④



写真 67 変形試験状況①



写真 68 変形試験状況②



写真 69 盛土材の pH 試験状況①



写真 70 盛土材の pH 試験状況②

表 18 試験体の経過観測

確認項目	1ヶ月目(12/28)	2ヶ月目(1/25)	3ヶ月目(3/1)	4ヶ月目(3/19)
①	異常なし	異常なし	石材破損	天端が若干風化
②	異常なし	異常なし	異常なし	天端ヒビ割れ
③	異常なし	異常なし	異常なし	天端が若干風化
④	特になし	特になし	特になし	特になし

試験体 2

酸化マグネシウム 1 m³に100kg配合



1 目重量 752kg
2 目重量 624kg (1376kg)
3 目重量 624kg (2000kg)

試験体 1

消石灰 1 m³に50kg 配合



1 目重量 752kg
2 目重量 624kg (1376kg)
3 目重量 624kg (2000kg)

試験体 3

酸化マグネシウム 1 m³に50kg配合



1 目重量 752kg
2 目重量 624kg (1376kg)
3 目重量 624kg (2000kg)

図 120 試験体測定箇所と荷重

2ヶ月目(平成23年1月25日実施)

3基とも特に変化は見られなかった。試験体2に対して排水層の設置効果を検証するため、側面から水を注入したが石垣(正面)からの排水は確認できなかった。試験体が完成してから、雨がほとんど降っていないため試験体内部の含水比が低く、注入した水は全て盛土に吸収されたものと考えられる。

3ヶ月目(平成23年3月1日実施)

試験体2の積石が1石破損している。破損した積石は、破石を接着し試験体下部に積み上げたもので、上載荷重に耐えきれず接着面にて再び破断していた。水平方向に破れていた石材を接着し、水平よりやや傾けて積直したため、上部の破片は破断後に傾けた方向にズレていた。ズレ幅は約8cmとかなり大きかったにもかかわらず、その上部に影響は見られず、積石の破れや

飛び出し、背面盛土の流出、天端面の亀裂等は一切見られなかった。

4ヶ月目(平成23年3月19日実施)

積石が破損していた試験体2については3ヶ月目の観察時との変化はなく、試験体解体時に内部破壊の確認が生じていなかった。試験体2の天端部分で背面盛土が薄く剥離していた。他の2基についても天端部分で若干の風化は見られたが、層状剥離が一部で見られた。

(2) 変位量計測

約4ヶ月間の経過観察終了後、各試験体に上載荷重を加えた時の石積みひずみ量を計測した。

①測定箇所の設定

各試験体の石垣面を上段、中段、下段、左、中央、右の9分割し、各グリッドの石積みには墨を打ち、光波測量にて平面位置及び高さを計測した。

イ) 大型土のう設置

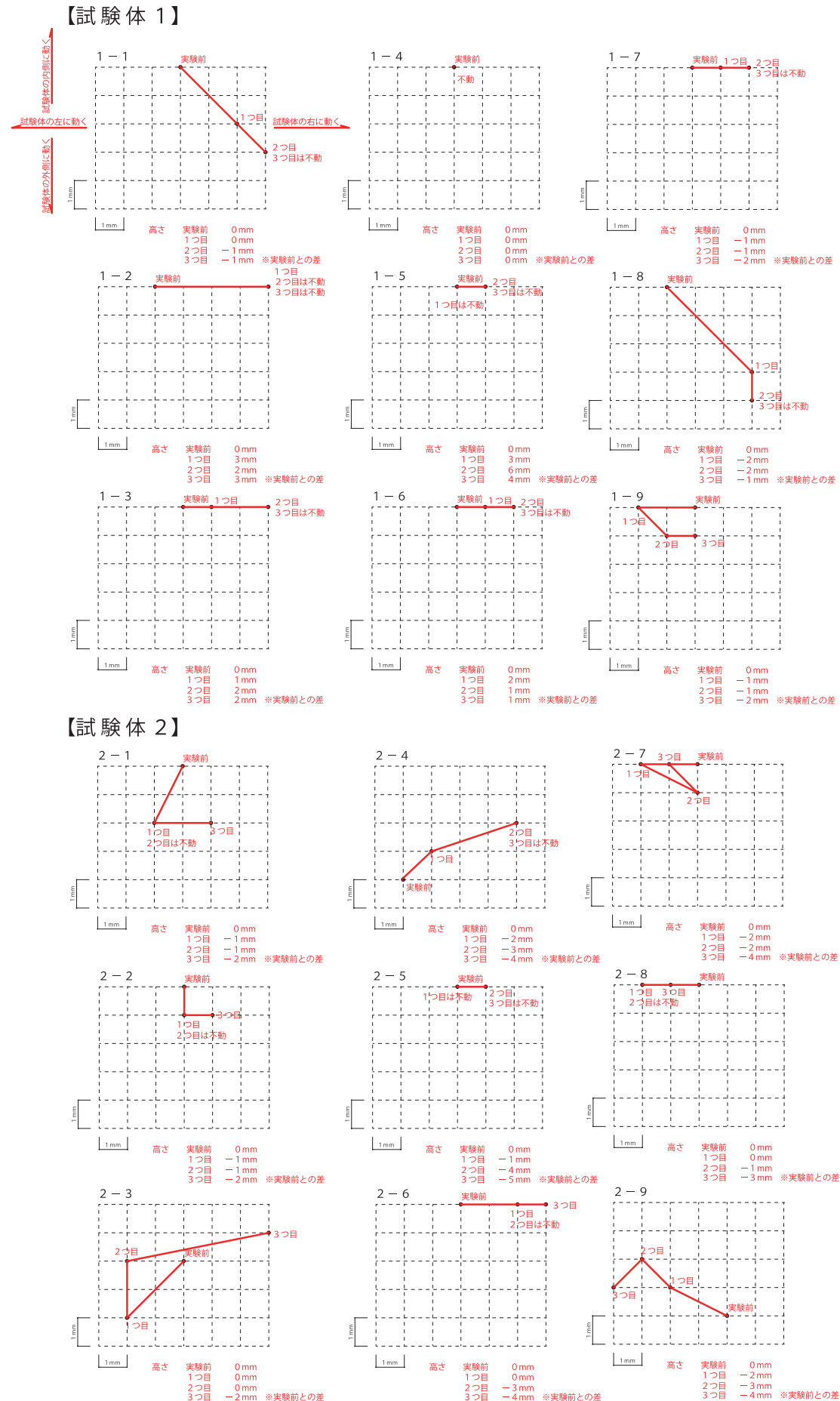


図 121 変形試験による各試験体計測箇所の数値①

【試験体 3】

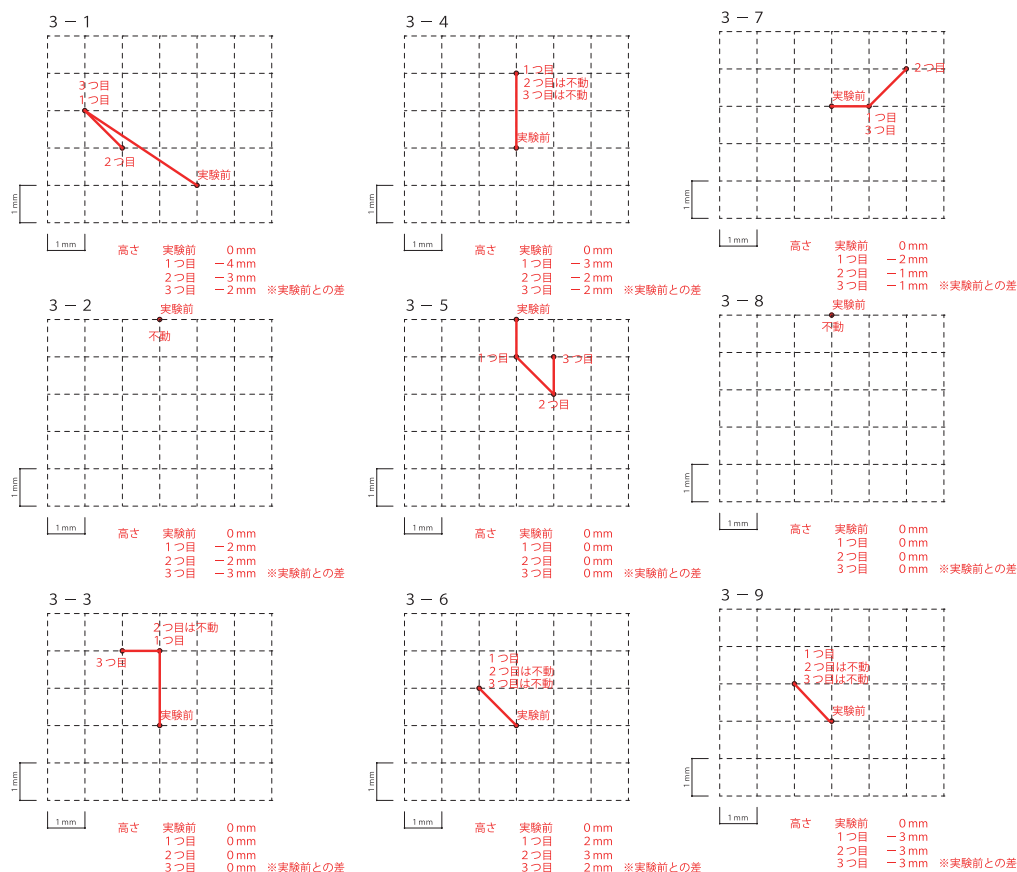


図 122 変形試験による各試験体計測箇所の数値②

各試験体に土を充填した大型土のうを重ねてくことで段階的に重量を増やしていく。1袋目の重量は752kg、2袋目は約624kgで2袋合わせて1,376kg、3袋目は約624kgで最終的に2,000kg加重した。

ウ) 変位量の測定

上載荷重に対する積石の平面及び垂直移動量を光波測量にて計測した。

エ) 移動量

各積石の移動量は図121・122のとおりである。

オ) まとめ

試験体の天端面積が約2.3㎡で最大荷重が2tということは、天端部分への平均荷重は8.9kN/㎡となる。これに対しては石垣の移動量

は2～4mm（平均3mm）であった。今回の計測結果は、後に行うFEM解析で背面盛土の強度定数として利用することで、より城壁修復時に近い条件で安定性を評価することが可能となる。

(3)pH計測

各試験体の背面盛土のpH値を測定し、周辺土壌との差を比較した（表19）。

現地のpH値はいずれも5.5であったことから、現場の土は弱酸性といっている。一方、背面盛土（改良土）については試験体1が7.0の中性に対して、2及び3は数値が8を超え、かなり高いアルカリ値を示している。

表 19 pH計測結果

測定箇所	試験体 1	試験体 2	試験体 3	現場土 1	現場土 2	現場土 3	石垣背面
pH値	7.0	8.0	8.5	5.5	5.5	5.5	5.5

た。一般的に pH 8 を超えると植物が育たないことから、城壁復元時は周辺環境を考慮し、添加量を過度に増やさない方が望ましい。

F 小結

ここで、以上の成果を整理しておきたい。

(1) 石材調査及び石材補修・補強方法の検討

石材の安山岩は一定の強度はあるが、補修処理効果を確認するために実施したサンプリング時及び接着後強度試験時に石材内部でのヒビ割れ、空隙が認められることが判明し、再利用判定は厳密に行う必要性が生じた。一方、補強方法については3種類の薬剤で実施したが、含浸した量は僅かであり、薬剤含浸による強化処理の効果は期待できないことが判明した。

(2) 盛土補強方法の検討

固化材として酸化マグネシウム及び消石灰を選択し、室内試験によって添加後の強度測定を実施した。その結果、いずれも $200\text{kN}/\text{m}^2$ 以上出ており、十分な強度を得られることが判明した。酸化マグネシウムは強度を得られるまでの期間が短く、速効性があることが判明した。粘着力について室内と現場で差が認められ、適切な含水比で管理し、固化材の攪拌と締固め作業は丁寧に行う必要があることが判明した。pH 試験の結果も踏まえて考えると、酸性土壌である周辺環境を考慮した場合、過度に添加量を増やさない方が望ましいと考えられる。

(3) 試験体の製作等による屋外試験及び経過観測

締固めを人力で施工した結果、強度としては問題がなかったが、施工ムラが認められた。雨天等によって含水比が多い場合は強度が上がらず、含水比の管理が施工時には求められる。4 か月後、天端の状況は層状剥離が生じており、主に冷温時の霜柱などの影響などが考えられる。城壁天端の表面部分については一定の処理が必要と考えられる。

第4節 FEM解析

A 城壁の安定性の検討

(1) 解析1回目

城門遺構周辺における城壁の外観形状がおおむね固まり、城壁内部の構造検討を行う段階で、内部構造の復元が可能であるか判断するための FEM 解析（シミュレーション）を行った。

なお、当該地の敷地条件、遺構の遺存状況、城壁の外観形状、他の古代山城における整備後の状況から、遺構の保存と活用における安全性なども考慮し、ある程度の補強を加えた構造についても並行して解析を行うこととした。

①解析断面

城壁下部から修理が必要な高石垣南側の断面形状を対象として、一番不利な条件を解析対象の石垣断面とした（図 123）。

以下の解析結果における、変形量は主に図の A 断面と B 断面について示す。

②解析条件

石垣石は弾性材料とし、岩盤、旧盛土、新盛土はモール・クーロンによる弾塑性材料とする。地盤の強度と物理定数については、以下の条件

①～⑤に示す5ケースについて解析を行った。

条件①：岩盤、旧盛土、新盛土の変形係数が大きい場合

条件②：岩盤、旧盛土、新盛土の変形係数が小さい場合

（発生材のみで修復した場合を想定）

条件③：新盛土を地盤改良した場合

条件④：斜面下部を補強した場合

地盤部の強度定数は条件②に同じであり、補強材の物性値は表 20 のとおりである。補強材は、岩盤に当たるまで打設し、その打設間隔を 1 m とする。

条件⑤：新盛土の改良と補強を併用した場合

地盤部の強度定数は条件③に同じであり、補強材の物性値は条件④に同じである。

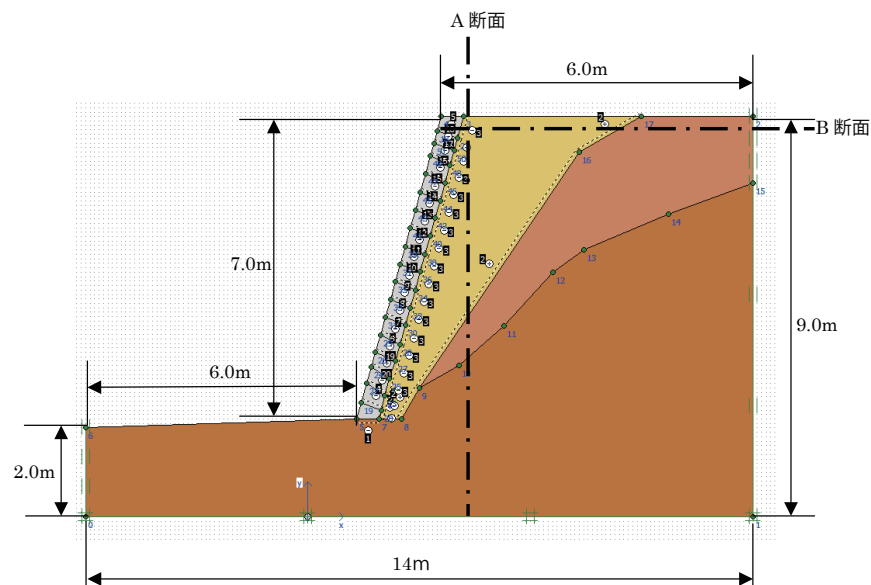


図 123 解析断面構造

表 20 解析条件の各数値

条件①：岩盤、旧盛土、新盛土の変形係数が大きい場合

		1 石垣石	2 新盛土	3 旧盛土	4 岩盤
γ_i	[kN/m ³]	26.00	16.00	16.00	23.00
E	[kN/m ²]	40000000	400000	400000	4000000
ν	[-]	0.150	0.480	0.480	0.250
c	[kN/m ²]	—	0.10	0.10	1000.00
φ	[°]	—	36.00	50.00	50.00

条件②：岩盤、旧盛土、新盛土の変形係数が小さい場合

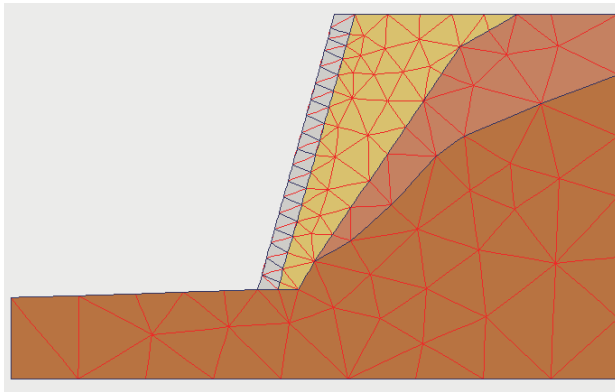
		1 石垣石	2 新盛土	3 旧盛土	4 岩盤
γ_i	[kN/m ³]	26.00	16.00	16.00	23.00
E	[kN/m ²]	40000000	400	40000	400000
ν	[-]	0.150	0.480	0.480	0.250
c	[kN/m ²]	—	0.10	0.10	1000.00
φ	[°]	—	36.00	50.00	50.00

条件③：新盛土を地盤改良した場合

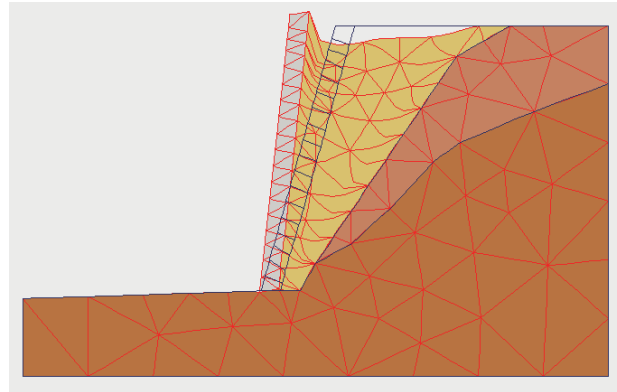
		1 石垣石	2 新盛土	3 旧盛土	4 岩盤
γ_i	[kN/m ³]	26.00	16.00	16.00	23.00
E	[kN/m ²]	40000000	400	40000	400000
ν	[-]	0.150	0.480	0.480	0.250
c	[kN/m ²]	—	200.0	0.10	1000.00
φ	[°]	—	36.00	50.00	50.00

条件④：斜面下部を補強した場合

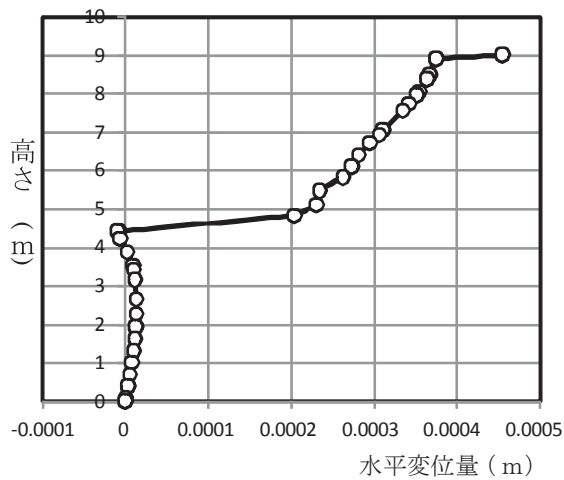
		補強材
γ_i	[kN/m ³]	—
EA	[kN]	160000
EI	[kN・m ²]	56.3
ν	[-]	0.3



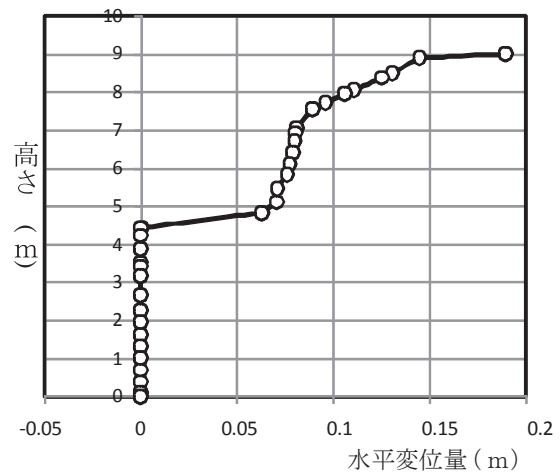
条件①の場合の変形概要図



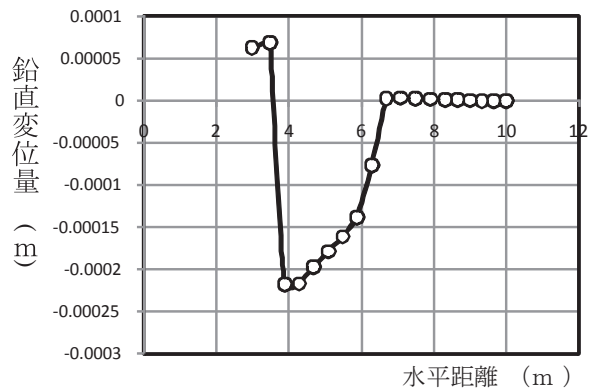
条件②の場合の変形概要図



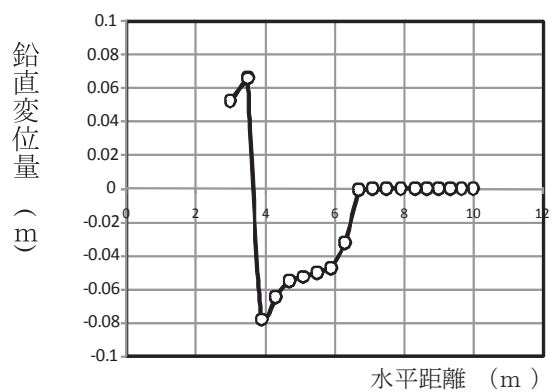
A 断面における水平変位量



A 断面における水平変位量



B断面における鉛直変位量



B断面における鉛直変位量

図 124 条件①・②の場合

③解析結果

ア) 石垣断面の変形

条件①の場合 (図 124) :

各層の変形係数が大きいため、ほとんど変形

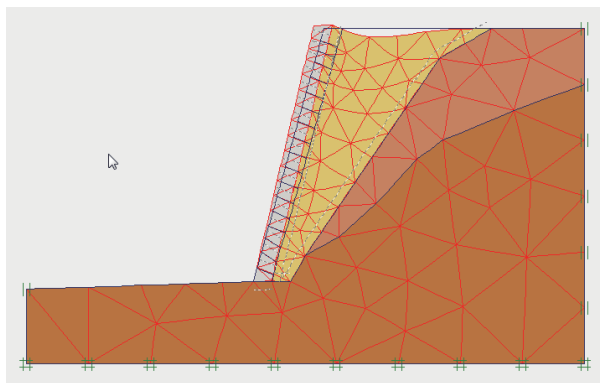
は見られない。

条件②の場合 (図 124) :

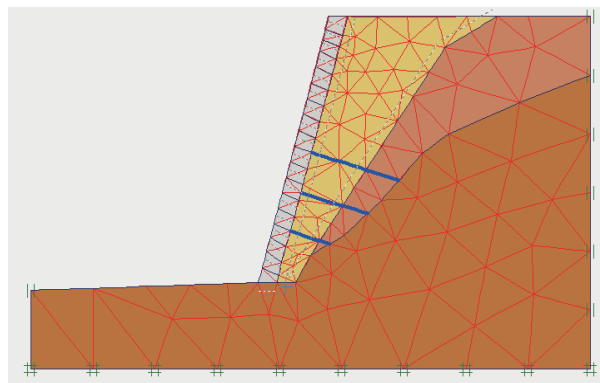
新盛土部分に大規模に変形が発生している。

条件③の場合 (図 125) :

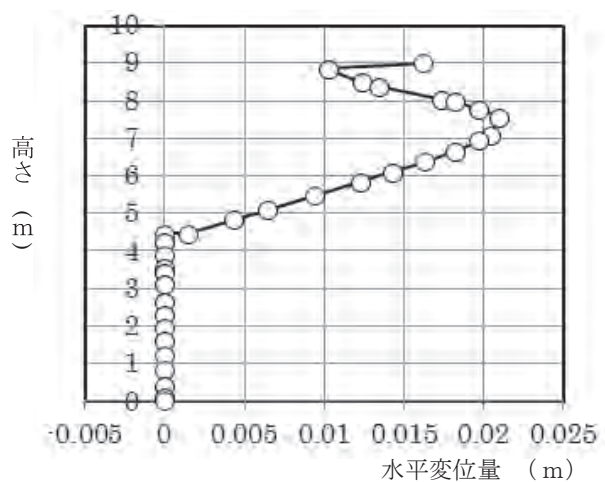
新盛土部分に変形が発生している。



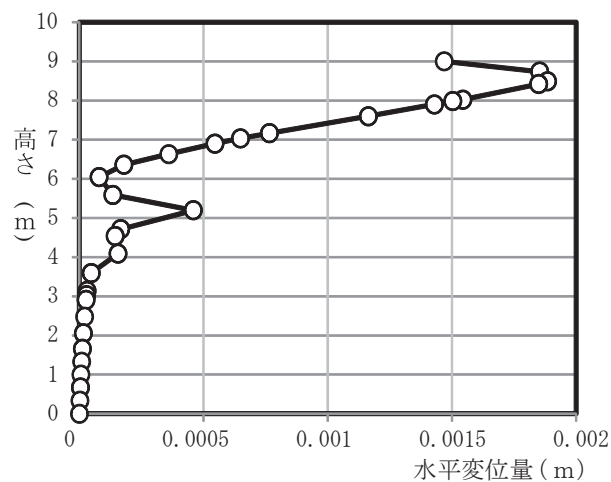
条件③の場合の変形概要図



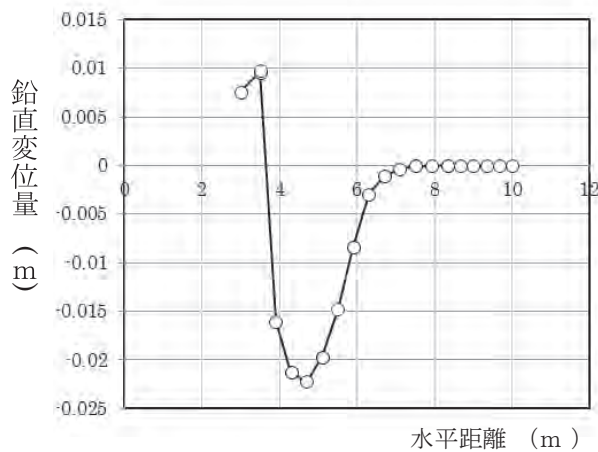
条件④の場合の変形概要図



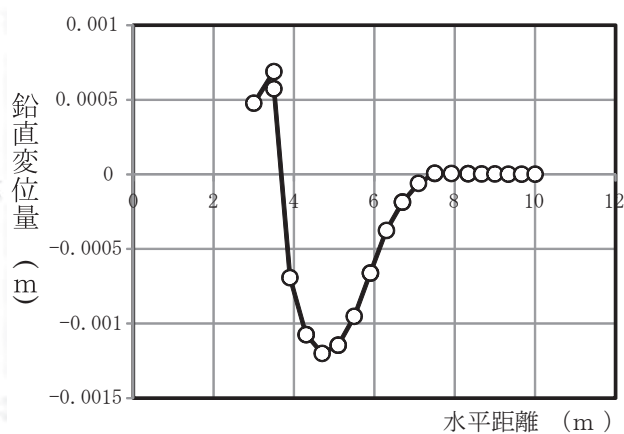
A 断面における水平変位量



A 断面における水平変位量



B 断面における鉛直変位量



B 断面における鉛直変位量

図 125 条件③・④の場合

条件④の場合 (図 125) :

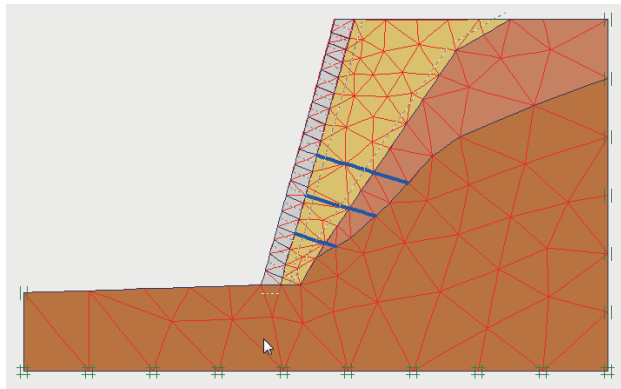
変形は見られない。

条件⑤の場合 (図 126) :

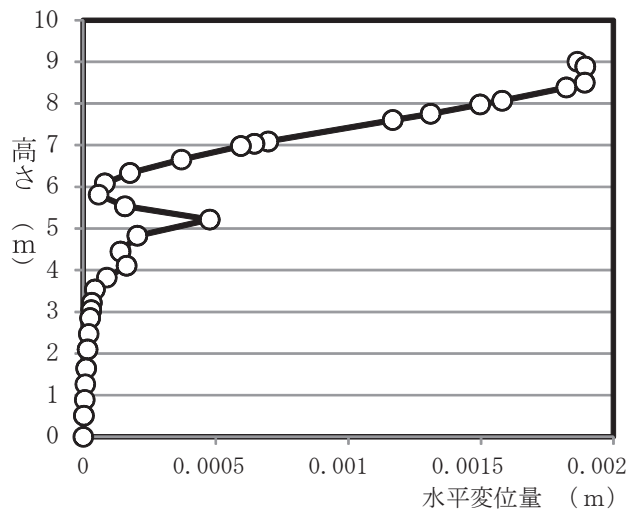
変形は見られない。

イ) 降伏領域

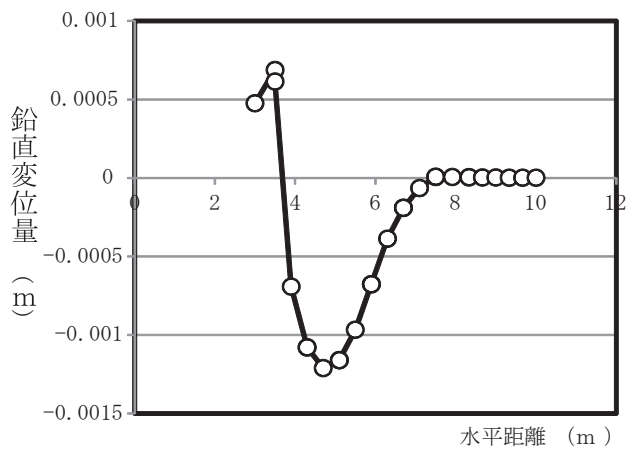
図 127 が各条件の状況を示したものである。赤印がモール・クロンの条件による降伏点を示す。白印がモール・クロンの条件による降伏点であるが、引張領域による降伏点を示す。



条件⑤の場合の変形概要図



A 断面における水平変位量



B 断面における鉛直変位量

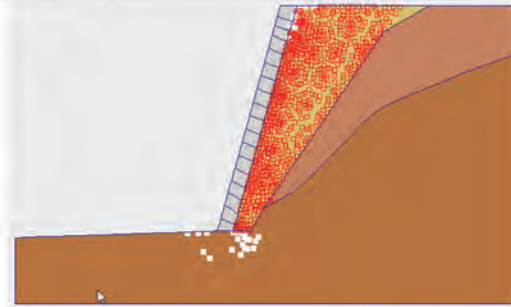
図 126 条件⑤の場合

条件①の場合：

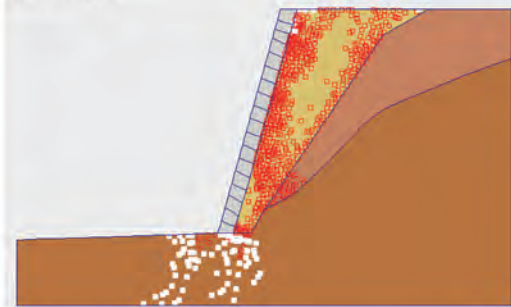
新盛土全体に降伏点が認められ、城壁下部への引張も小さい。

条件②の場合：

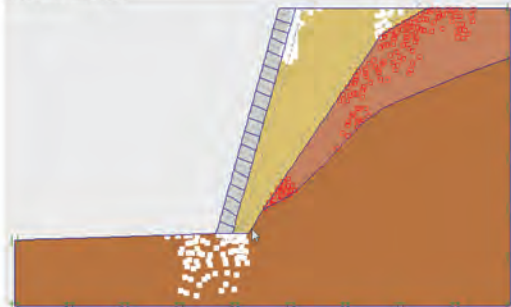
条件①の場合：



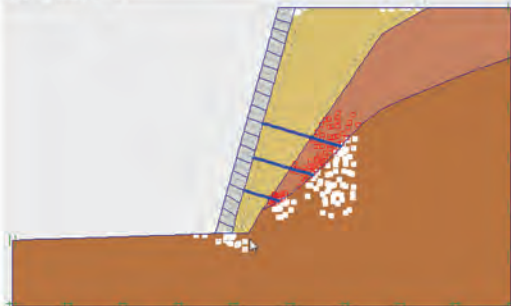
条件②の場合：



条件③の場合：



条件④の場合：



条件⑤の場合：

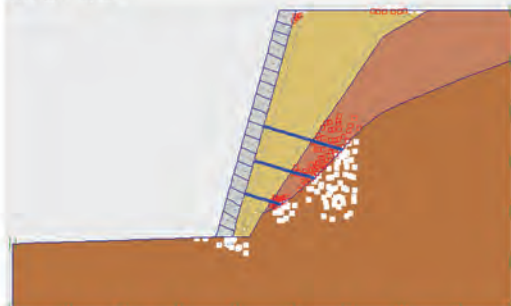


図 127 各条件の降伏領域

石積みと新盛土の境界、新盛土と旧盛土（遺構）との境界に降伏点が集中するとともに、地盤に引張領域の降伏点が集中する。

条件③の場合：

旧盛土に降伏点がまともるとともに、城壁の上部において、石積みと新盛土の境界、新盛土と旧盛土の境界に引張領域の降伏点が集まっている。条件②同様に地盤に引張領域の降伏点が集中する。

条件④の場合：

補強材によって、条件②・③のような石積み、新盛土などに降伏点は見られなくなるが、旧盛土や地盤への降伏点、引張領域の降伏点が集中する。その量は②～③より少なくなる。

条件⑤の場合：

条件④と同じような状況である。

④まとめ

固化材等を添加せず、単に現場発生土による盛土で城壁復元を行った場合（条件②）では、城壁全体が大きく変形することが明らかとなった。

そのため、条件②の解析結果から、内部構造を復元した城壁は安定性に欠け、施工後に崩壊の危険があることが明らかとなった。

固化材を添加した改良土にて城壁復元を行った場合（条件③）では、その効果が現れ、条件②と比べて垂直方向の変位量が約 $1/4$ 、水平方向の変位量が約 $1/10$ に軽減した。

そのため、盛土の強度を向上させることによって、城壁安定性は飛躍的に向上した。しかし、盛土の強度を増したことにより、背面の盛土遺構に降伏領域が分布する結果となった。これは、盛土遺構に過度のストレスをかけながら城壁が維持している状態で、場合によっては盛土遺構で内部崩壊を起こす危険性がある。また、城壁を支える足下（岩盤）部分への負担も大きく、城壁全体で評価した場合、いくつかの不安要素を抱えた構造である。

固化材等を添加せず、単に現場発生土による盛土に補強材を加えて城壁復元を行った場合

（条件④）では、条件②よりもさらに安定性が向上する結果となった。

そのため、補強材によって盛土遺構及び城壁下部への負荷が大幅に軽減したが、補強材を定着させる背面の岩盤への負担が生じるようになった。風化のみられない安定したものであれば問題ないが、以前行った地質調査によると、岩盤表面は風化がみられるという調査結果を示している。また、盛土遺構を残した状態で、背面の岩盤へ補強材を定着させる作業は、施工性の観点から不安が残る。

固化材を添加した改良土に補強材を加えて城壁修復を行った場合（条件⑤）では、城壁の変位量は条件④と変わらない値を示した。

そのため、復元盛土の安定性と背面盛土、地盤周辺と背面の岩盤への負担も条件④と比べ、ほとんど変化はみられないことから、解析結果だけで判断するならば、改良土の必要性はないということになる。しかし、先にも述べたように岩盤の安定度、施工性を考慮した場合、城壁の安定性をより確かなものとするためには、固化材と補強材の併用が望ましい。

今回の解析で用いた断面モデルは、最終的な外観形状ではなく検討段階のものであることから、今回の解析は最終段階の断面モデルにて解析を行う必要がある。また、解析で用いる各定数（改良土の強度・石垣の変形係数ほか）についても検証する必要がある。

（２）解析２回目

城門遺構周辺の城壁外観形状が決定し、盛土強度試験及び試験体の経過観察、変位量調査が終了した段階で、２回目のFEM解析を行った。解析で用いる断面モデルは、城壁復元範囲の平均的な形状である断面 No. 5 と、城門遺構付近の城壁前面に屈曲点が生じている断面 No. 12 とした（図 128）。２回目の解析は、これまでの各種調査によって得られた成果を反映し、補強の効果と必要性を検証した。

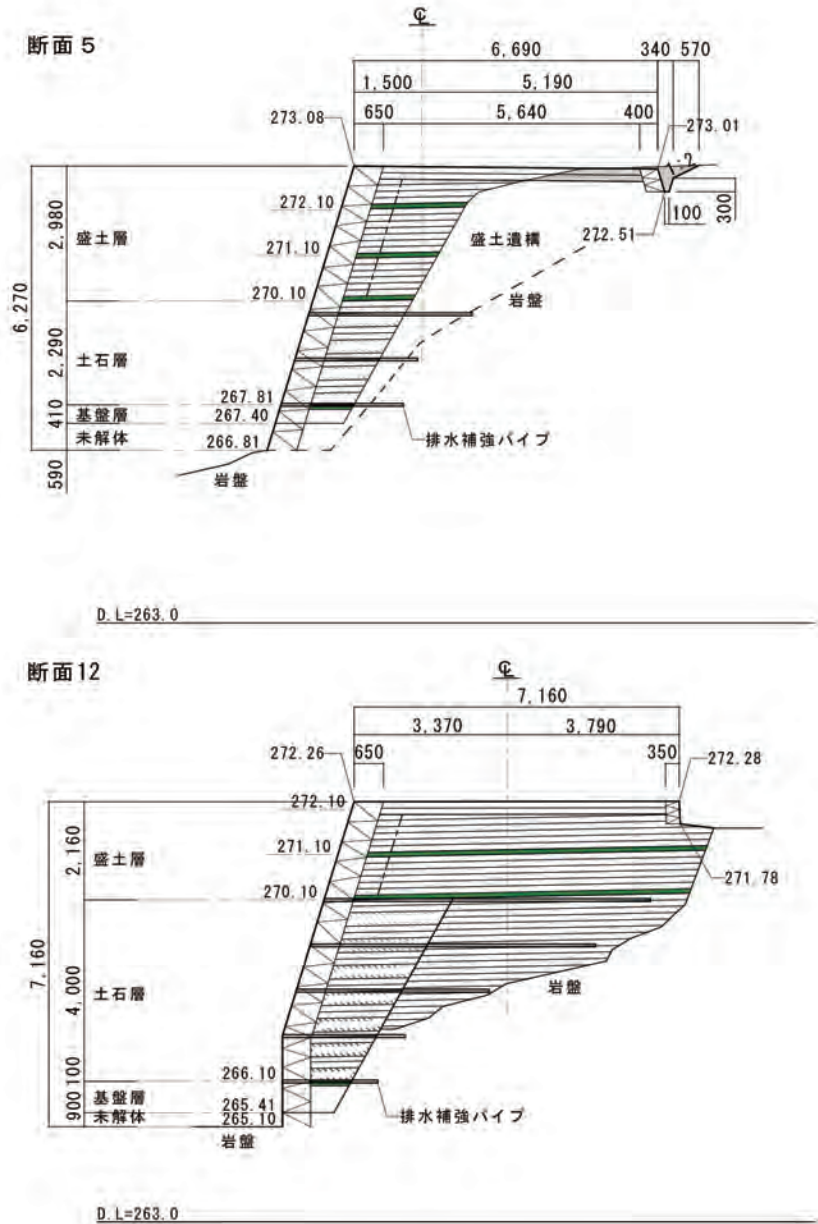


図 128 城壁断面モデル

① 載荷実験結果による石垣石部の

変形係数の推定

屋嶋城跡の石積みの修復解析を行うにあたっては地盤と石積み部の物理強度特性が必要になる。盛土部及び岩盤の強度特性は室内実験の結果から妥当な値が得られているようであるが、石積み部の変形と強度特性については不明な点が多い。そこで、予備的に実施された高さ2mの屋嶋城石垣モデル載荷実験の結果から石積み部の物理特性を推定した。この予備実験によると、8.9kN/m² 載荷時の石積み法肩の水平変

位が3mmであったことが報告されている。FEM解析により、この予備実験結果を再現できるような、石積み部の物理定数値を逆算した図129に予備実験モデルのFEMモデルを示し、計算に用いた定数値を表21に示す。

表21に示すとおり、石垣石の変形係数が $E=4.0 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ (前回の解析における使用値)、 $E=1.5 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ と $4.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ の3ケースについて計算を行った。その結果より、石垣部の水平変位分布を示したものが図130である。

図130より石積み部の $E=1.5 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ の

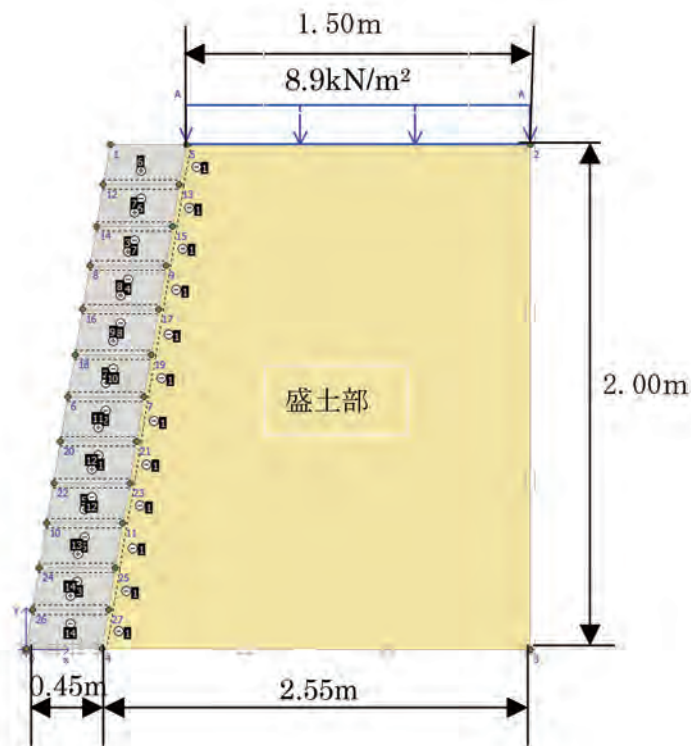


図 129 予備載荷試験実験モデル

表 21 予備載荷モデルの物理定数

		Case 1 石垣石	Case 2 石垣石	Case 3 石垣石	改良盛土部
γ	[kN/m³]	26.00	26.00	26.00	16.00
E	[kN/m²]	4.0×10^7	1.5×10^6	4.0×10^5	400.0
ν	[-]	0.150	0.150	0.150	0.48
c	[kN/m²]	—	—	—	100.0
ϕ	[°]	—	—	—	36.0

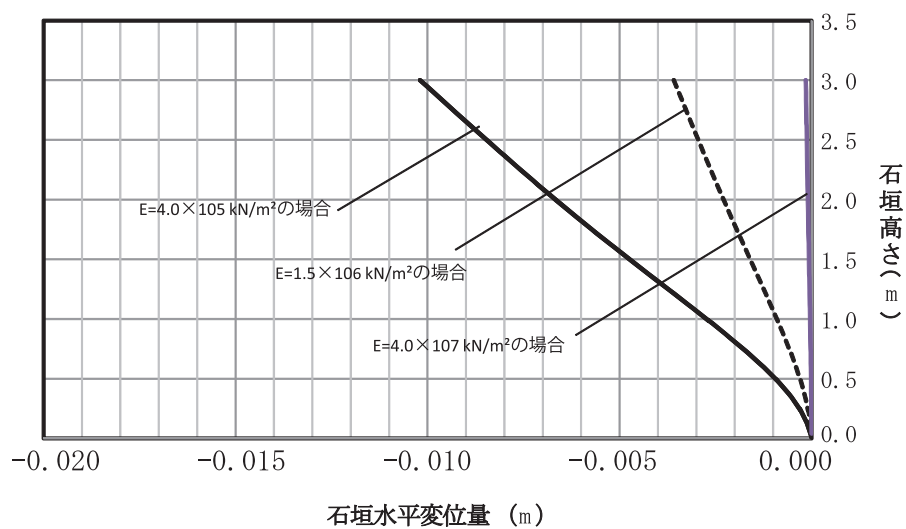
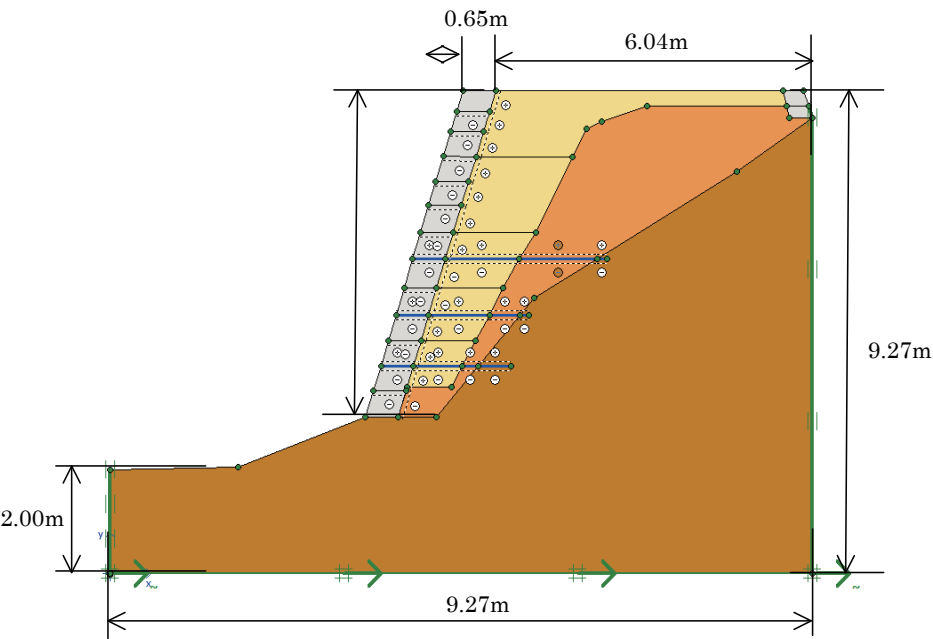


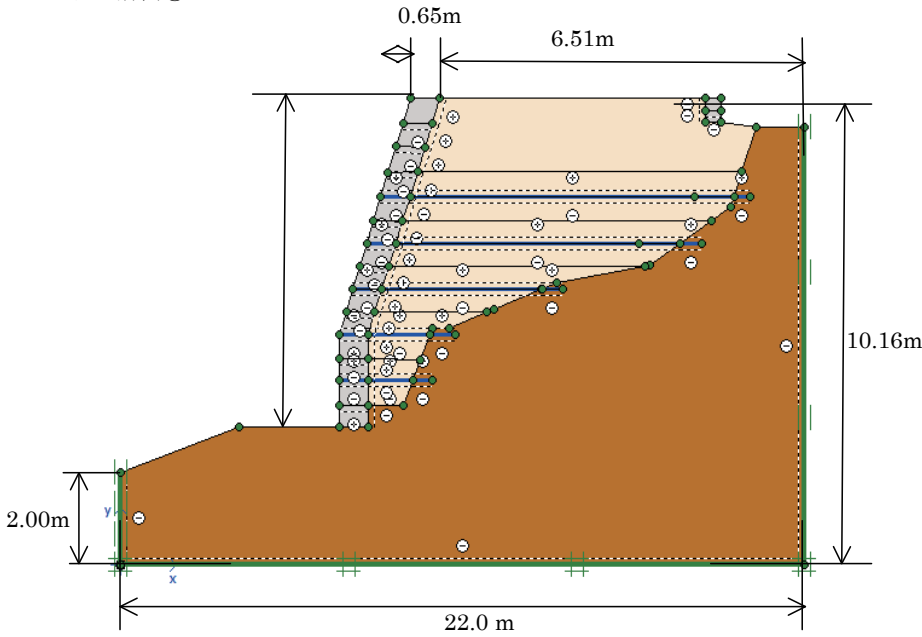
図 130 予備試験モデルの石垣面の水平変異（解析結果）

表 22 F E M物理定数

		1	2	3	4	5
		石垣石	新盛土	改良新盛土	旧盛土	岩盤
γ_t	[kN/m ³]	26.00	16.0	16.0	16.0	23.0
E	[kN/m ²]	4.0×10^5	100	400	2.0×10^4	3.5×10^5
ν	[-]	0.150	0.480	0.480	0.480	0.250
c	[kN/m ²]	100	0.10	200.0	0.10	1000.0
ϕ	[°]	40.0	36.0	36.0	36.0	50.0



石垣断面①



石垣断面②

図 131 城壁断面図

場合に石垣上部の水平変位量が約 3 mm となっており、実験結果をほぼ表現している。一方、 $E = 4.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ の場合には水平変位量が約 10 mm と大きくなっているが、後の計算において、石積み部のはらみ出し形状を良く表現しうることが分かった。また、予備実験の石垣モデルは土槽（木枠）の中に入っているために変位量が小さくなる可能性があること、さらには安全側の結果を得ることを目的として、あとの計算では、石垣部の変形係数として Case3 の $E = 4.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ を使用することにした。

②解析条件

ア) 計算断面と定数値

計算に使用した定数値を表 22 に示し、対象とした 2 つの石垣断面を図 131 に示す。なお、築石及び岩盤、旧盛土、新盛土はモール・クーロンによる弾塑性材料とする。

イ) 補強材の定数値と強度

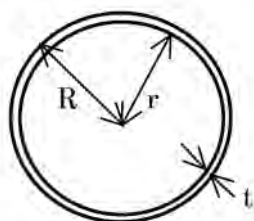


図 132 補強材断面

補強材には排水機能のある鋼製の円筒補強材（図 132 $R = 30.25 \text{ mm}$ 、 $r = 27.95 \text{ mm}$ 、 $t = 2.3 \text{ mm}$ ）を用いる。この補強材の物理特性は表 23 である。

ウ) 計算条件

①、②断面において実施した計算ケースは以下のとおりである。

③石垣断面①の解析結果

ア) 天端の鉛直変位と石垣面の水平変位分布

図 133 から明かなように Case ①-2 は水平変異が小さいのに対して、Case ①-1 は非常に大きい。

イ) 補強材力（曲げモーメント、引張り力）

各計算ケースにおいて発生した補強材力の分布を示す。なお、補強材の番号は下段のものから順に補強材 1、補強材 2、補強材 3 と名付けている（図 134・135）。

④石垣断面②の解析結果

表 23 補強材の物理定数値

弾性係数：E (MN/m ²)	2.0×10^5
断面積：A (m ²)	4.205×10^{-4}
断面 2 次モーメント：EI (m ⁴)	1.783×10^{-7}
断面係数：W (m ³)	548.6×10^{-7}
曲げ剛性：EI (kN・m ²)	35.66
引張り剛性：EA (kN)	84100
限界曲げモーメント：M _{cr} (kN・m) 注)	9.87
限界引張り力：T _{cr} (kN) 注)	75.69

注) 鋼材の引張強度を 180,000 kN/m² と仮定。

表 24 石垣断面の計算条件

石垣断面①の計算条件

	常時・地震時	新盛土部改良の有無	補強材の打設状態
Case ①-1	常時	無	補強材なし
Case ①-2		有	現状の設計による打設

石垣断面②の計算条件

	常時・地震時	新盛土部改良の有無	補強材の打設状態
Case ②-1	常時	有	現状の設計による打設
Case ②-2		有	先端部岩盤定着

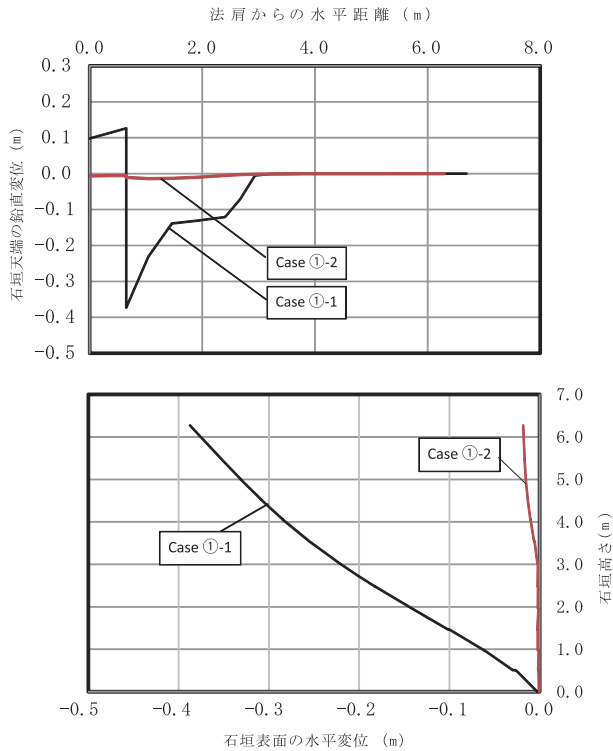


図 133 天端の鉛直変異と石垣面の水平変異分布図

ア) 天端の鉛直変位と石垣面の水平変位分布

断面①ほど差異は明確ではないが、Case ②-2の方が明らかに水平変異が小さい(図 136)。

イ) 補強材力(曲げモーメント、引張り力)

各計算ケースにおいて発生した補強材力の分布を示す(図 137)。なお同様に、補強材の番号は下段のものから順に補強材 1、補強材 2、補強材 3、……と名付けている。

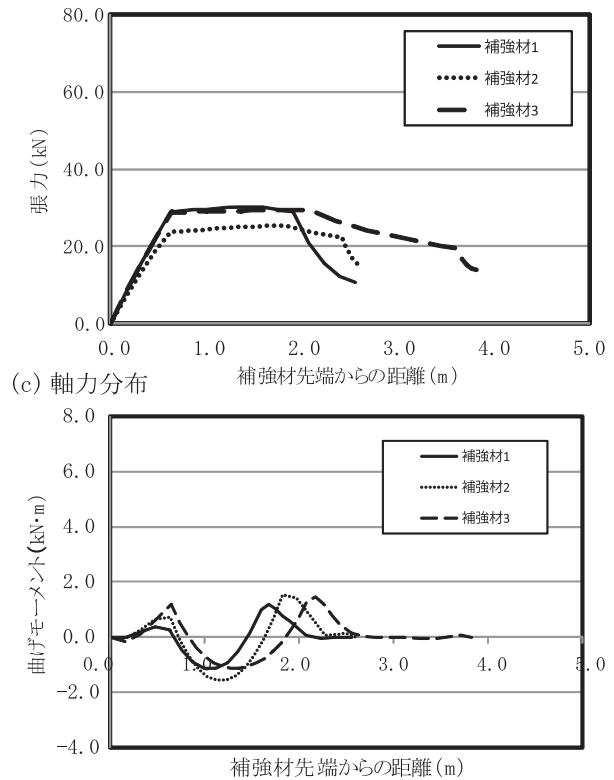
⑤まとめ

ア) 断面①について(図 135)

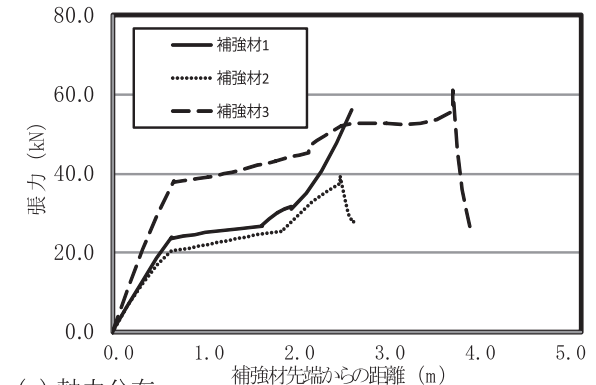
固化材等を添加せず、単に現場発生土による盛土で城壁復元を行った場合(Case ①-1)では、1回目の解析と同様に城壁全体が大きく変形する結果となった。

そのため、当該地での内部復元は諦めざるを得ない結果となり、城壁を完全復元するための条件として、補強の必要性を示すものとなった。

固化材を添加した改良土に補強材を加えて城壁復元を行った場合(Case ①-2)では、城壁



(a) 曲げモーメントの分布



(a) 軸力分布

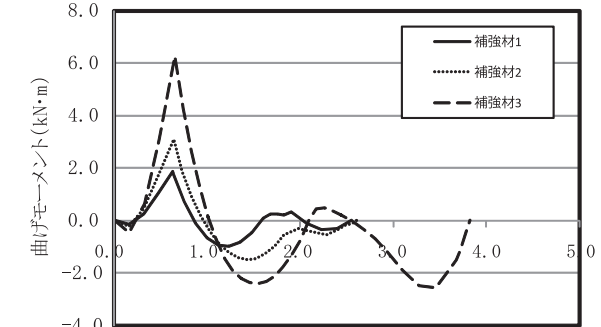
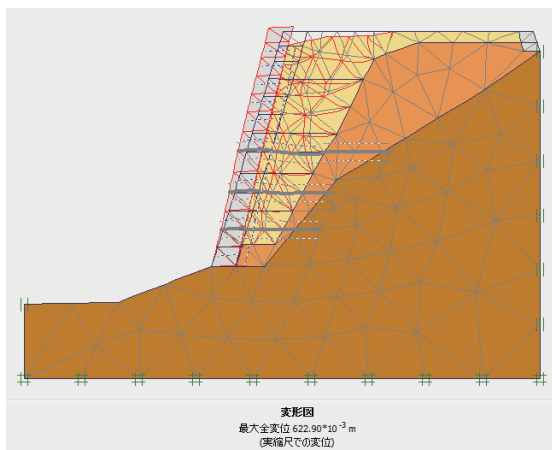


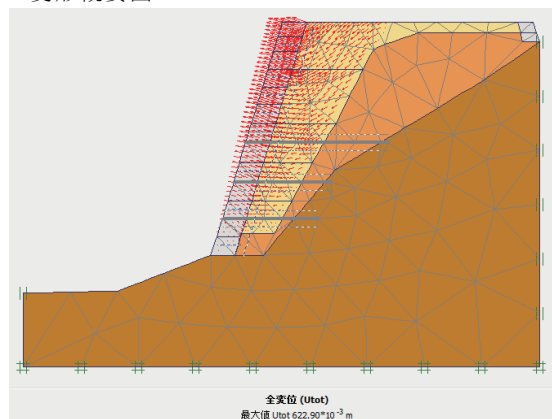
図 134 Case ①-1 (上段 2 つ)、2 (下段 2 つ)の補強材力

天端の鉛直変位は約 1 cm、水平変位が約 2 cmのごく僅かなものとなる。

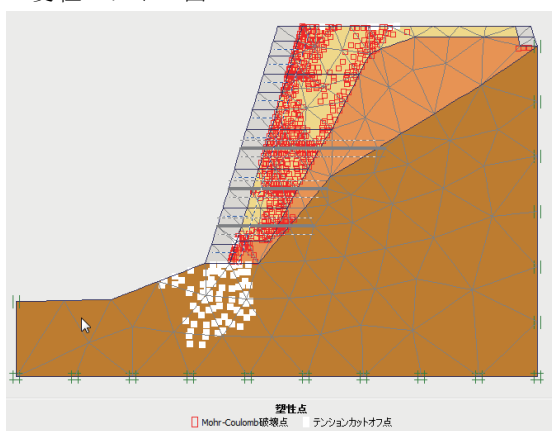
そのため、こちらも 1 回目の解析を裏付ける結果となり、改良土及び補強材が復元範囲の安



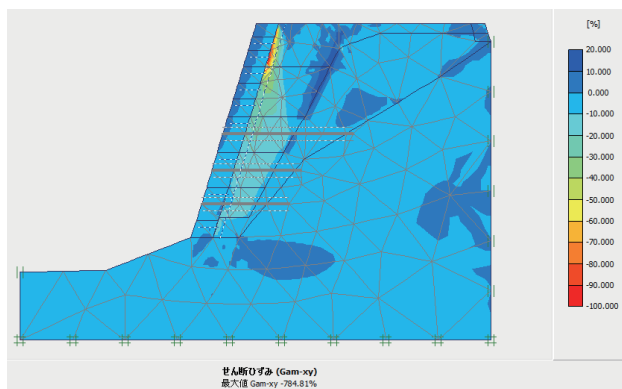
1 変形概要図



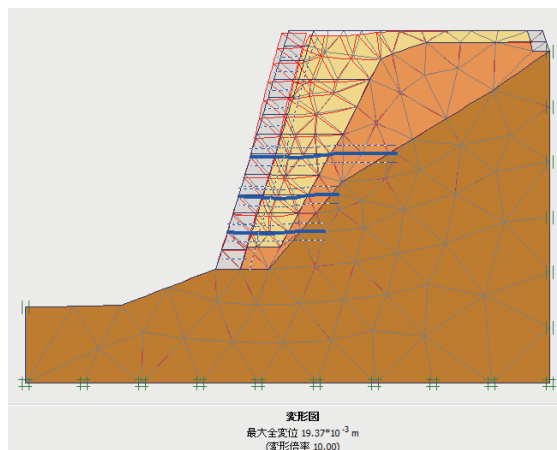
2 変位ベクトル図



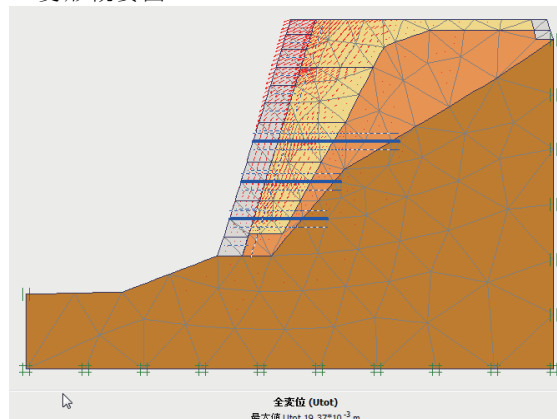
3 降伏点の分布



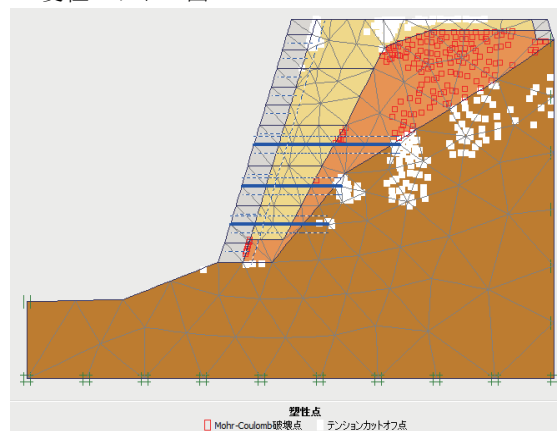
4 せん断ひずみ分布図



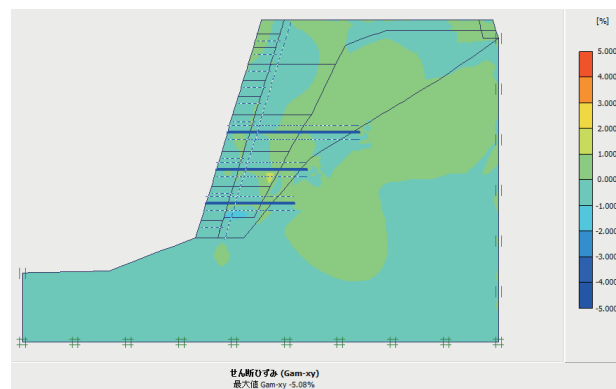
1 変形概要図



2 変位ベクトル図



3 降伏点の分布



4 せん断ひずみ分布図

図 135 Case ① - 1 (常時、無補強、新盛土部無改良)・Case ① - 2 (常時、補強、新盛土部改良)

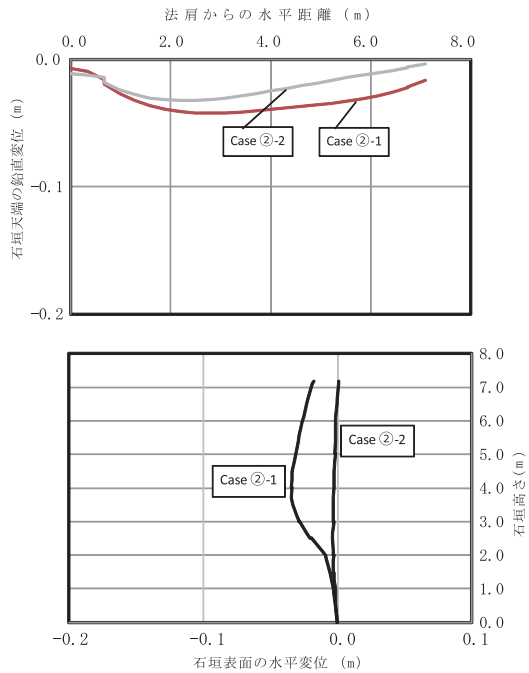


図 136 天端の鉛直変異と石垣面の水平変異分布図

定化に大きく寄与していることを示している。しかし、依然として背面の盛土遺構及び岩盤への負荷は解消されず、その取り扱いは施工時での課題と言える。

イ) 断面②について

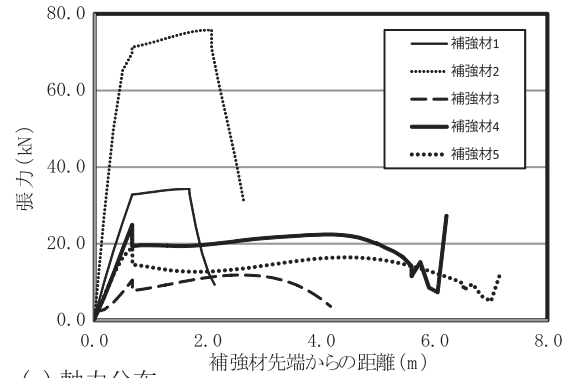
固化材等を添加せず、単に現場発生土による盛土で城壁復元を行った場合では、城壁が崩壊する結果となった (図 138)。

したがって、城門跡周辺の城壁形状は下部に屈曲点を有し、断面①と比べ不安定な形といえる。解析結果からもそれを裏付ける結果となった。

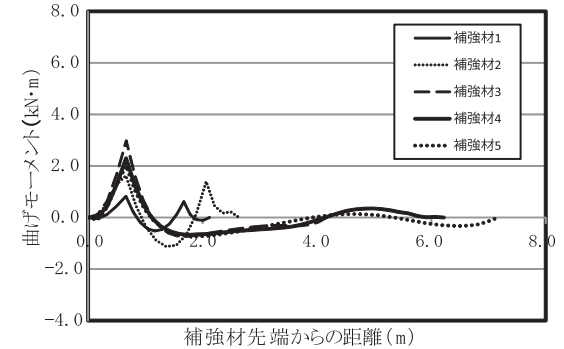
固化材を添加した改良土に補強材を加えて城壁復元を行った場合 (Case ②-1) では、城壁天端の鉛直変位は約 4 cm、水平変位が約 4 cm となった。

断面①より補強材を多く入れているにもかかわらず、変位量は大きい値の結果となった。これは補強材の定着の有無が大きく関係している。

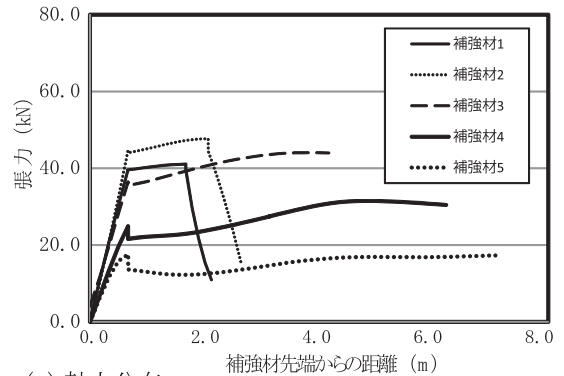
固化材を添加した改良土に補強材を加え、補強材を背面の岩盤に定着して城壁修復を行った場合 (Case ②-2) では、城壁天端の鉛直変位は約 3 cm、水平変位はほぼ変位がなかった。



(c) 軸力分布



(a) 曲げモーメントの分布



(a) 軸力分布

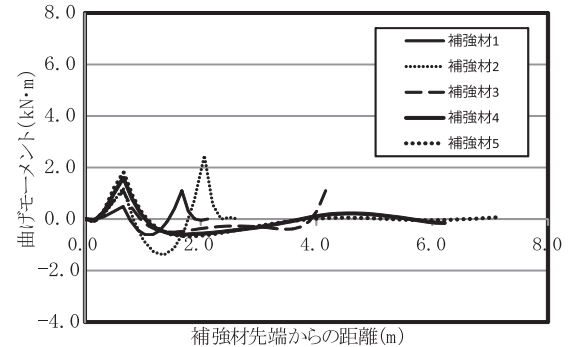
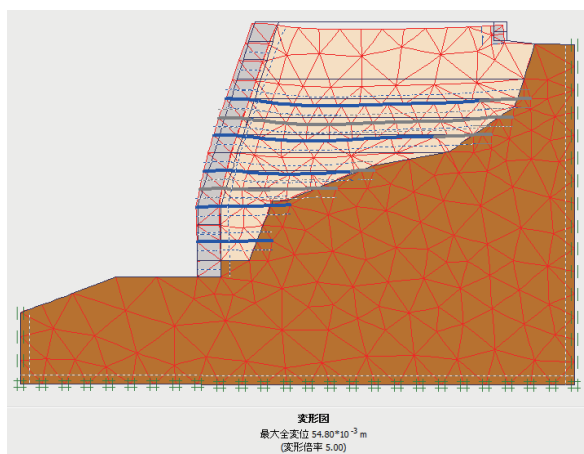
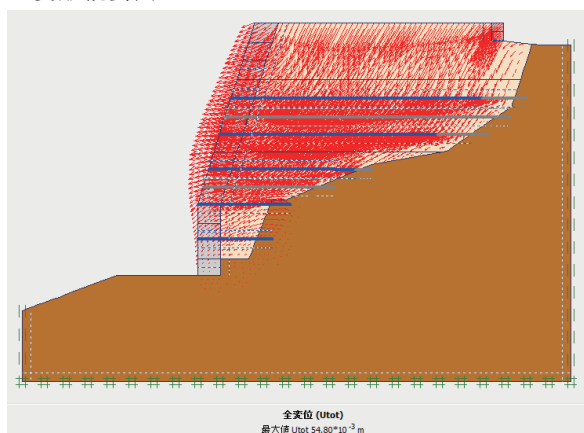


図 137 Case ②-1 (上段)、2 (下段) の補強材力

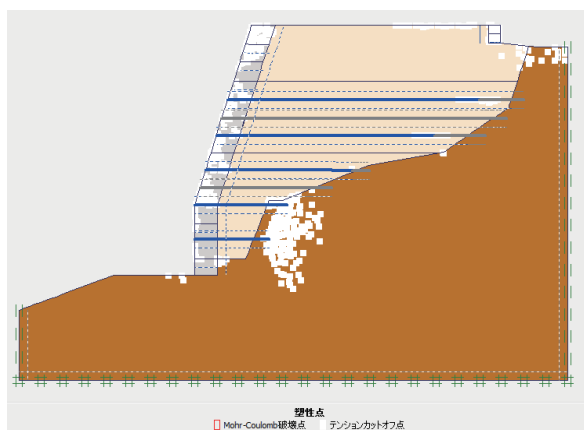
Case ②-1 と比べ垂直方向の変位量が約 1 cm 減となり、水平方向にいたっては約 1/10 まで軽減した。こちらも断面①と同様に、復元範囲の安定を図ることは可能であるが、背面の岩盤への負荷は解消されず、その取り扱いは施工時



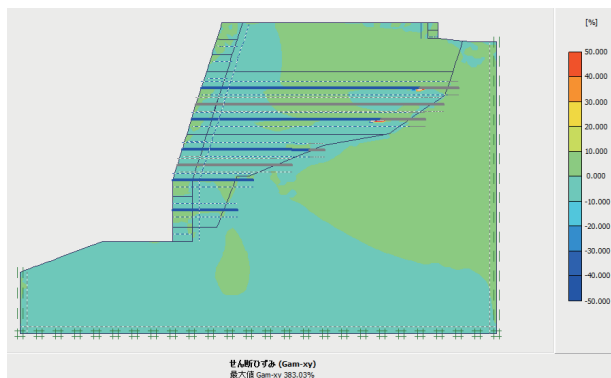
1 変形概要図



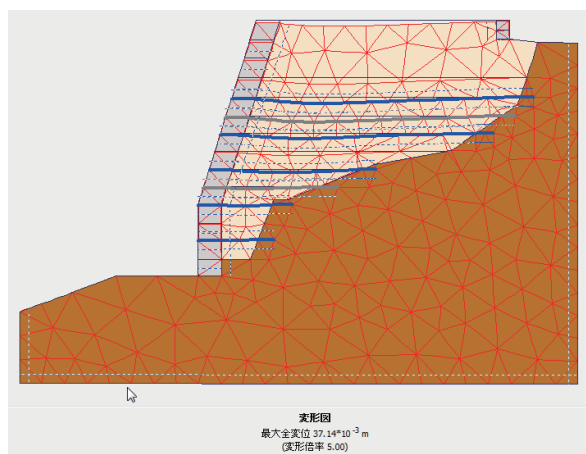
2 変位ベクトル図



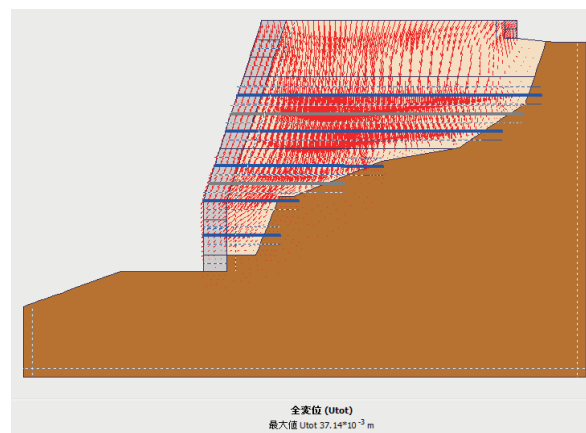
3 降伏点の分布



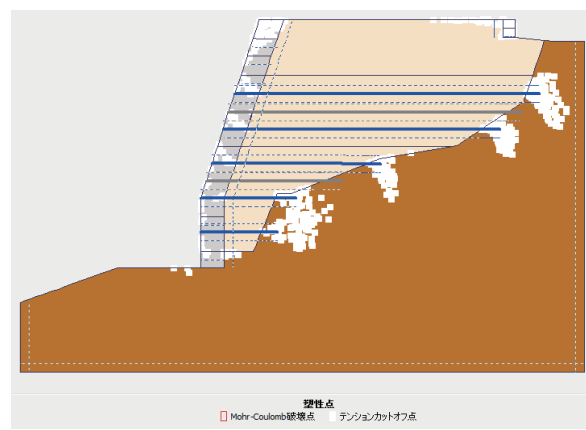
4 せん断ひずみ分布図



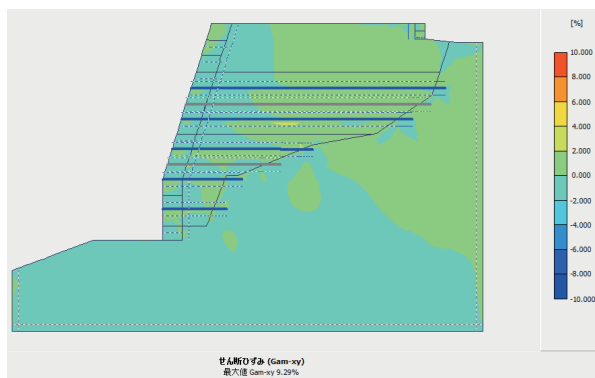
1 変形概要図



2 変位ベクトル図



3 降伏点の分布



4 せん断ひずみ分布図

図 138 Case ②-1 (常時、補強、新盛土部改良) Case ②-2 (常時、補強材岩盤定着、新盛土部改良)

での課題と言える。

(3) 施工上の留意点

以上の検討を踏まえ、次のような施工における留意点を整理した。

①盛土

現場仮置き土は含水比が高いことから、予め薄く敷均し、十分乾燥させてから使用することが必須である。ただし、乾燥が極端に進み、固化に必要な水分まで蒸発してしまうと、固化材を添加しても固まらないケースがある。改良土製作前の含水比の確認だけでなく、締固め後も含水比の確認を行うことが望ましい。

固化材添加後の攪拌はできるだけ丁寧に行い、ムラなく固化材が行き渡るようにすること。また、現場仮置き土は部分的に土塊状となっていることから、固化材添加前に潰しておくこと。土塊のまま添加し攪拌した場合、土中の固化材分布にムラが生じ、均一な品質とならない。

盛土の締固めを人力施工とした場合、密度にムラが生じ、均一なものとならないことから、機械施工による締固めが望ましい。ただし、石積み背面部分は機械による締固めができないことから、人力にて丁寧な作業を行う必要がある。

積石背面部分は石と土の付着を向上させることが、城壁の一体化に繋がることから、添加剤の増量や含水比を増やして施工していくなどの工夫が必要となる。

購入土（花崗土）を使用する場合は、固化材の特性上、現場仮置き土と同量に添加しても計画した強度に達しない場合が考えられる。よって、購入土を使用する場合は、予め現場にて改良土を作成し、室内土質試験にて強度を確かめてから使用する必要がある。

今回使用する固化材は敷地条件から酸化マグネシウムが望ましい。ただし、大量に添加した場合、城壁内部がアルカリ性土壌となり周辺植物の生育を阻害する恐れがある。

城壁天端は盛土の劣化速度が一番早いことから、薬剤による撥水处理等を施し、劣化速度を

鈍化させる必要がある。

盛土遺構や城壁天端から盛土内にしみ込んだ水を城壁外へスムーズに排水するための施設（例えば排水層）を設けることが重要である。

なお、今回のFEM解析は、城壁内部に浸透した水は速やかに排水する構造であるという条件で解析を行った。

②石積み

安山岩の再利用判定は厳密に行い、少しでも不安の残る石材については、崩落部にあたる復元石積みの上層部などの荷重の小さい場所で転用するようにし、それでも使用が難しい場合は裏込材（飼石や栗石など）に転用する必要がある。また、あらかじめ再利用の判定基準を設けることで、より厳正な判断を下すことが可能となる。

破損した安山岩の積石は、破損状況及び特性に応じて再利用判定を下すことが必須である。再利用不可の石材は強度不足による破れた石材、積層がタテに入っている石材、タテ破れした石材などである。

薬剤処理を施した安山岩を積石として再利用する場合は、使用範囲を城壁上部（天端～2m）に制限する必要がある。

転石として回収された凝灰岩は強度不足の観点から、積石としての再利用は望ましくない。ただし、往時の姿（景観）を復元するには再利用率の向上が鍵を握ることから、城壁天端若しくは上から2～3段の範囲に限定して利用する必要がある。天端付近であれば上載荷重もほとんどなく、破損する危険性も低いと言える。また、仮に破損した場合でも交換が可能である。

風化が進んでいる凝灰岩は、天端まで復元しない擦り付け範囲での裏込材などとして転用することとした。凝灰岩は風化の進行が速く、仮に破碎した場合、城壁内部で空隙が生じ不安定となる。本来、石の特性から再使用は望ましくないが、性格上、城内にて処理する必要がある。

③補強

施工手順として、一部を除き盛土遺構を残した状態で先行ボーリングを行い、削孔に補強材を挿入していくこととなる。岩盤の風化具合を目視にて確認することができないことから、1箇所毎に採取した柱状から風化具合を確認し、安定した層まで補強材を挿入することが重要である。

補強材の先端は積石と結合させることによって、石垣と背面盛土を一体化し、城壁の安定化に繋がる。接着剤の使用は新補石に限り、再利用石は付着力（強度）を上げた土を用いて安定化を図る必要がある。

第5節 工法の検討

以上の試験施工の途中経過や結果を踏まえながら、城壁を修復するにあたり、どのように工事を実施するかという方法論についてさらに議論を行った。その際、これまでの調査や試験施工によって示された問題点と修復後の城壁の安定性を確保することを踏まえ、それらへの対策を整理し、修復工事の方法について文化庁、香川県教育委員会及び屋嶋城跡調査整備会議に指導を受けながら、検討した。以下に整理しておく。

A 城壁復元整備工事を実施するにあたっての問題点

遺構及び周辺環境調査、石積み解体調査の結果、既に述べてきたように、以下にあげる問題点が明らかとなった。

- ・城壁内部及び周辺に地下水脈が複数存在する。
- ・水に弱く、締固め後の強度が低九九なる土質である。
- ・破損及び劣化した石材が多い。
- ・城壁構造が斜面部に断面逆三角形の盛土遺構に石積みを貼りつけたような構造（栗石層がない）で構造的に不安定。
- ・復元によって、城壁断面に3つの不連続箇所

面が存在する。

A：石積みと復元盛土

B：復元盛土と盛土遺構

C：盛土遺構と岩盤

城壁及び城門が大規模に崩落していた主要な原因には、地下水脈、土質、城壁構造（栗石層がない等）等が挙げられる。また、近年の豪雨災害によって特別史跡大野城跡、史跡鬼城山等で遺構の大規模な崩落などが生じており、城壁復元方法の決定については十分な検討を要し、城壁復元に当たっては下記のような排水計画と一定の補強が必要であるという指導を屋嶋城跡調査整備会議からも得た。

B 問題点に対する基本的な考え方

（1）雨水及び地下水の効率的な排水

盛土の土質及び水脈の状況から遺構保存の対策として単に覆土するだけでは不十分であり、城壁の表層は可能な限り、雨水を浸透させない仕様とし、浸透した場合も雨水や岩盤の亀裂から城壁内部に浸透する地下水をスムーズに城壁前面に排水する機能が不可欠である。

（2）盛土部分の補強と城壁断面における

不連続面の一体化

盛土部分の補強と城壁内に生じる3箇所の不連続を解消し、一体化する必要がある。

（3）補強する場合はリバーシブル（代替可能）

な方法の検討

後世の再整備などを念頭に置き、補強する場合もなるべく最小限で、後で代替が可能な内容とすることとした。

C 城壁復元時の具体的な対策方法

以上の課題を克服するための方法は、端的に言えば、排水機能をもった補強ということである。盛土の補強のみであれば、固化材等による補強のみが良いが、排水機能と不連続面の一体化を行う方策は現代的な工法以外では困難で

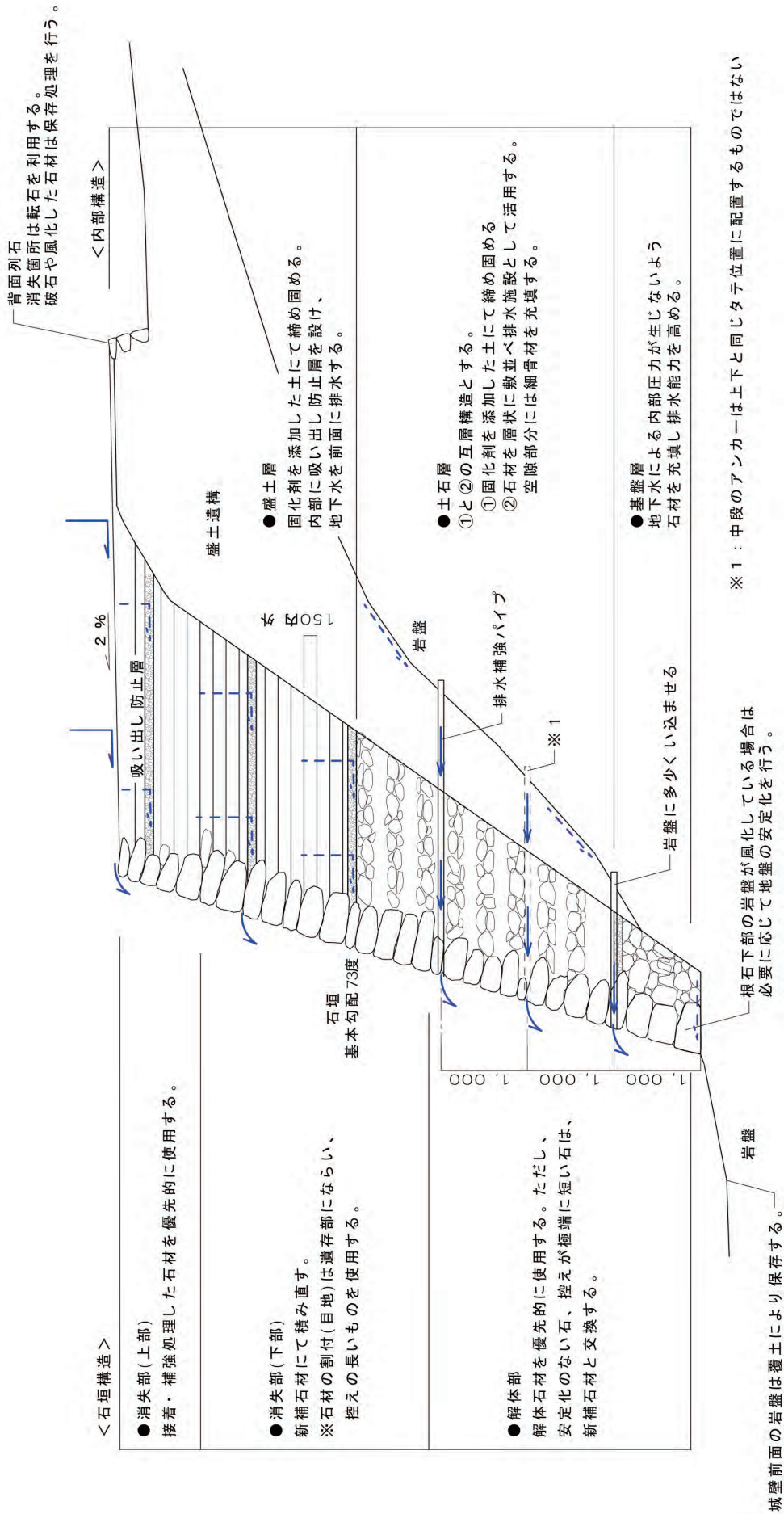


図 139 修復城壁断面の基本構造

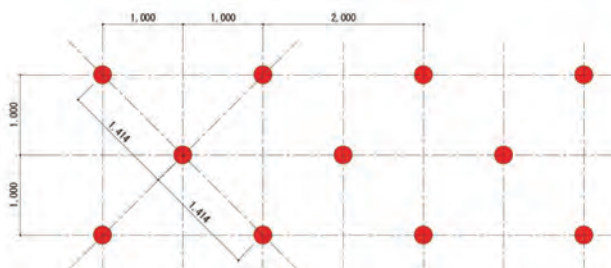


図 140 排水補強パイプ施工配置イメージ

あった。また、試験施工の F E M 解析の条件②で明らかになったように調査成果を踏まえて、復元された施工方法では、復元後の城壁の安定性の確保が難しいことが判明した。

そのため、整備会議の西田一彦委員によって提案されたのが排水補強パイプである。このパイプ補強は鉄道等の盛土の崩壊予防工の技術研究から生まれたもので既に実績が蓄積されており、浸透水及び地下水を排除しつつ、せん断抵抗で法面崩壊を防止する効果があり、多くの研究で効果が証明されている。文化財関連への適応事例としては兵庫県圓教寺、奈良県金峰山寺などが挙げられる。ただし、遺構盛土の切土を最小限とし、遺構の保護を最大限行った経緯からも、遺構への影響を最小限にとどめるという考え方にに基づき、遺構盛土への設置が必要な施工範囲は、城壁下半部のみの施工とした。さらに、文化庁からも、現代工法による補強は必要最小限で行うよう指導があり、パイプの設置個所については、当初 1 m ピッチで施工することとしていたが、機能が発揮できる設置間隔などについて整備会議の意見を賜りながら、最終的に図 140 のような配置とした。

なお、城門北側城壁についても、門道の調査や解体工事の成果を踏まえて、同様な構造であると判明したことから、これまで述べてきた方法で施工を行うこととした。南側城壁での検討をもとに、円弧すべり法に基づき、安定計算を実施した。ただし、水流の調査時及び解体調査において、城内側の雨水が最も集まる場所であったことから、城外側の城壁の根石の前面部分は補強と排水の機能をかねてじゃかごを用いて埋

め戻すこととした点は新たに仕様を追加したものである。また、排水補強パイプの施工においては、土石層中の石材が非常に多かったことから、岩盤に定着できない場合が想定された。その後のパイプ補強の施工実績等から、定着ができない場合も緊縛性を高める効果があることから、遺構の保存を優先し、無理な掘削は行わず、岩盤に定着していない箇所や新盛土（復元盛土）内のみで施工することとした。

D 復元城壁の安定性について

検討した城壁復元方法については、城壁解体前から、城壁復元時の城壁の安定性の問題について検討を実施してきた経緯があり、円弧すべり法による安定計算と F E M 解析によって検証作業も実施した。いずれの分析も一切の補強は行わず施工した場合と補強した上で施工した場合で実施し、F E M 解析は試験施工において実施設計作成段階で想定された補強パターンについても検討を行った。

その結果、補強を行わず施工した場合、いずれの分析も城壁は安定性に欠け、自重による崩壊、すべりの危険性があることが明らかとなり、修復工事において何等かの補強が必要であるという結論を得た。

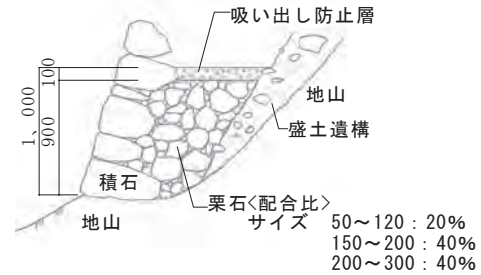
一方、施工方法の検討を行うために実施した固化材の添加や補強材の施工を行った場合、いずれも安定性を確保できることが判明した。しかし、既述のとおり、補強の前提としてはあくまでもスムーズな排水が前提となっており、城壁内部に水脈が存在すること、その水によって崩落した可能性が高いことを考慮すると、排水機能の確保は必要不可欠で、排水機能をもった補強材と固化材の添加の併用がより望ましいという結果を得た。

その後、実施設計としてまとめた施工方法（固化材の添加による改良土と補強材）による場合の安定計算を行った結果、いずれの分析も城壁の安定性が確保できることが判明した。ただし、断面 2 については勾配が石積み途中で変化する

【盛土関係】

①基盤層：基底部～高さ1m

城壁内部の浸透水を速やかに城壁前面へ排水するため、購入栗石(50～150:150～200:200～300=1:2:2の割合)を隙間無く突き固める。石材の撒き出し及び突き固めは機械及び人力施工併用とする。基盤層最上部は上層(土石層)からの土砂の侵入を防止するため、厚さ10cmの吸い出し防止層(粒度調整砕石2～7号及び粒度調整砕石M-30を同じ比率で混合)を設ける。吸い出し防止層の撒き出しは小型重機により行い、締め固めは機械(プレート)により行う。



【基盤層標準断面図】

②土石層：高さ1m～T.P270.1m

<盛土層>

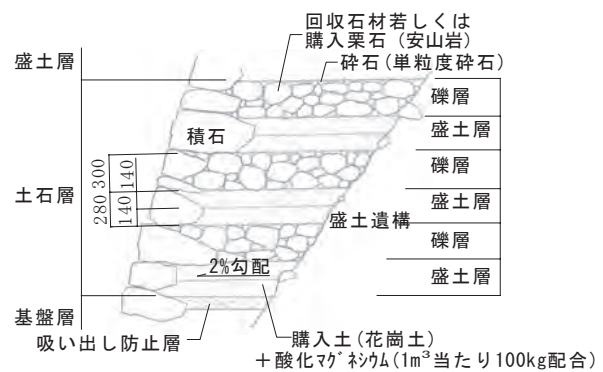
購入土(花崗土)に酸化マグネシウムを1m³に対し100kg配合し突き固める。花崗土はふるいを行わず、ある程度粒径にバラツキを持たせ、機械で20cm撒きだし、機械(プレート)により14cm(70%)になるまで締め固める。購入土は酸化マグネシウムを設計量配合し、一軸圧縮試験にて材齢7日で400kN/m²以上となるものとする。土石層以上は城外(谷側)に2%排水勾配を設ける。各層の施工後は山中式土壌硬度計により10m²に1箇所割合で上層の硬度を計測し30mm以上であることを確認する。

各層で現場密度試験(RI法等)を行い、最大乾燥密度の90%以上であることを確認する。盛土材は自然含水比にて使用するが雨期等で含水比が高い場合は、十分乾燥させた上で使用する。また、層の打ち継ぎは極力避けた工程管理とする。やむを得ず打ち継ぐ場合は、施工毎の肌割れが生じないように配慮する。盛土層は2層(14*2=28cm)を1単位とする。盛土材への酸化マグネシウム配合及び攪拌作業は、石材仮置き場にて行う。

<礫層>

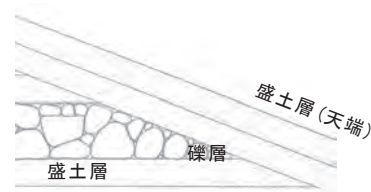
礫層は石材仮置き場の石材を優先的に使用し、不足分は購入栗石(粒径100～150mm)を使用する。目潰し材として単粒度砕石4号を混合する。石材の撒きだし及び突き固めは機械により行う。礫層の仕上げ厚は30cm内外とする。

層内に排水補強パイプを配置することから、締め固め時にパイプを破損しないように留意する。盛土層にパイプを設置する場合、パイプ下部は締め固め不足となることを考慮し、吸い出し防止層と同材料にて埋め戻す。すり付け区間は土石層が天端となることから、仕上げ高より28cm分は盛土層を2層設ける。すり付け区間以外の土石層の最上層は礫層とし、その上部に吸い出し防止層(基盤層と同仕様とする)を10cm設ける。

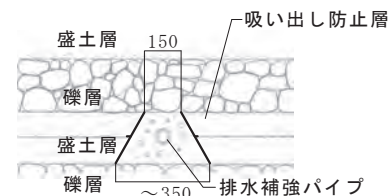


【土石層標準断面図】

<配合比> 仮置き材 7: 単粒度砕石 3
購入栗石 8: 単粒度砕石 2



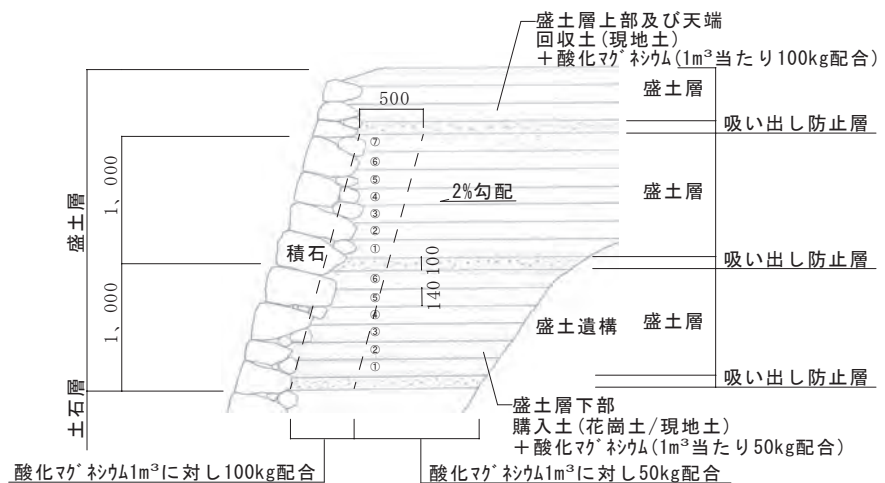
【天端部分のおさまり】



【排水補強パイプ周辺のおさまり】

③盛土層：T.P270.1m～城壁天端

上層部に土砂仮置き場の土を使用し、不足分は購入土(花崗土)を用いる。盛土材に酸化マグネシウムを1m³に対し50kg(積石の背後は100kg)配合し締め固める。施工方法は土石層(盛土層)に準じる。T.P270.1mより吸い出し防止層と6層(14*6=84cm)施工し、石積み目の横目地に合わせて吸い出し防止層を1層(10cm)設ける。上層は横目地に吸い出し防止層を目地に合わせるため7層とする。天端の仕上がり高さが変化することから、仕上げ面より28cm分は必ず回収土砂による盛土層を2層設ける。なお、天端部分は酸化マグネシウムを1m³に対し100kg配合し締め固める。盛土材等は小型重機により撒きだし、締め固めは機械(プレート)により行う。



【盛土層標準断面図】

図 141 修復における個別仕様①

【石積み関係】

①石材の再利用判定

＜解体石材＞

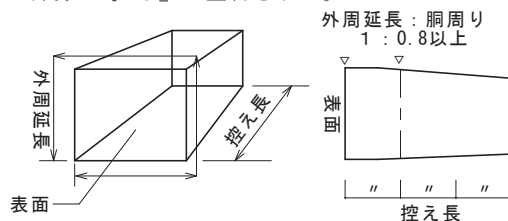
- 以下の石材は解体位置で再利用しない。
- ・破れ、ヒビや剥離、劣化の見られる石材
 - ・打音検査により内部にヒビや破れ等が生じていると推定される石材
 - ・凝灰岩
 - ・石目がタテ方向の石材
 - ・極端に控えが短い石材
 - ※飼石等による補強が難しい箇所限定する。
 - 加工は行わないことを原則とし、転用石として天端付近で再利用する。その際は転用理由及び転用箇所（石積み背面等）を記録する。
 - 破損石材は補修もしくは補強し積石として再利用することを基本とする。但し、破損の著しい石材は、基盤層もしくは土石層（礫層）にて利用する。

＜仮置き場の石材（転石・崩落石）＞

- 以下の石材は天端付近（天端～2m下を目安に）で再利用する。
- ・凝灰岩
 - ・補修もしくは補強した石材
 - ・控え長さが50cm以下の石材
 - 石垣の安定化を図るため、石材（控え部分）への加工は必要最低限に留める。加工した石材については石材カルテを作成する。
 - 積石として再利用できない石材は、基盤層もしくは土石層（礫層）にて利用する。しくは土石層（礫層）にて利用する。

②新補石材（購入石材）

- ・新補石材は安山岩（加茂産類似石とする）を用いて製作する。
- ・新補石材（原石）30石に1石の割合でコアを抜き、一軸圧縮試験を行い、50MN/m²以上を合格とする。
- ・表面の仕上がりは遺存する石材を参考にして、表面（前面）に石材加工痕が残らないようにする。
- ・安定化した石垣を築くため控え部分は十分胴が張ったもの（基準は下図に示す）とする。
- ・石目を横に使う。
- ・新補石材の控え長さは背面構造別に設定する。
- ・控え部分に『H●』と墨書きする。



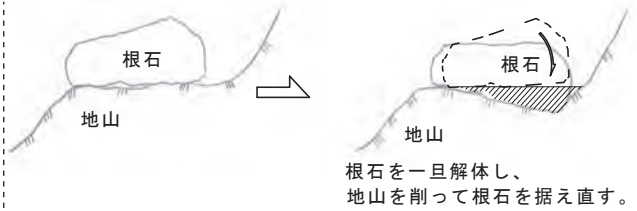
【新補石材規格の目安】

③石材の割付（崩落部分の配石）

- ・石垣解体作業が完了した時点で遺存部分の割付を参考に全体割付図（復元図）を作成し、委員会の承認を得る。なお、遺存部分にみられる横目地は踏襲するが、目地付近でみられる小さい石の集中は真似しない。
- ・面が折れる部分においても割り付けを工夫し縦目地を通さない。
- ※但し城門隅角部は除く。
- ・城門側は構造的な観点から表面の小さい石材は使わない。

④根石

- ・逆石となっている石材については、根石下部の地山を加工し安定させる。なお、地山の加工が難しい場合に限り新補石に交換する。
- ・根石下部の地山との間に土砂が堆積している場合は、根石を一旦取り上げ、土砂を撤去した後に根石を据え直す。



【根石の安定化工法】

⑤築石部

＜共通事項＞

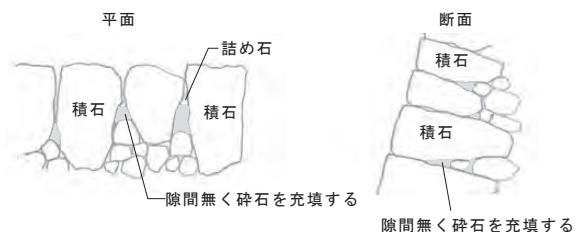
- ・石材の再利用判定で可能と判断したものは解体前の位置に積直す。なお、積直し時に石材への加工は行わない。
- ・石材は胴（控え部分）であって、構造的に安定した積み方とする。表面もしくは表面近くであたる場合は、控え部分に大きな飼石を入れる。
- ・控えが短い石材を再利用する場合、その背後に大きな飼石を入れ積石にかかる荷重を軽減させる。



【飼石の使い方】

＜基盤層＞

- ・積石の控え部分は飼石のほかに、購入砕石（単粒度砕石4号：粒径20～30mm）を隙間なく充填する。
- ・目地部分から砕石がこぼれないように背面から詰め石を入れる。砕石が表から見えないようにする。
- ・新補石の控え長さは75cm以上とするが、表面が30cm角以下の石材についてはこの限りでない。



【砕石充填箇所】

＜土石層＞

- ・積石の控え部分は飼石のほかに、背面が盛土層の場合は盛土と同材料を用いて充填する。なお、十分な締め固めができないことから、通常より少し水分量を増やし土塊状にして控え部分に詰め込む。礫層の場合は基盤層と同仕様にて隙間なく充填する。
- ・新補石の控え長さは65cm以上（城門部分は75cm以上）とするが、表面が30cm角以下の石材についてはこの限りでない。

＜盛土層＞

- ・積石の控え部分は飼石のほかに、背面が盛土層の場合は盛土と同材料を用いて充填する。なお、十分な締め固めができないことから、通常より少し水分量を増やし土塊状にして控え部分に詰め込む。礫層の場合は基盤層と同仕様にて隙間なく充填し、横目地部分は吸い出し防止層と同材料を用いて充填する。
- ・新補石の控え長さは65cm以上（城門部分は75cm以上）とするが、表面が30cm角以下の石材についてはこの限りでない。

図 142 修復における個別仕様②

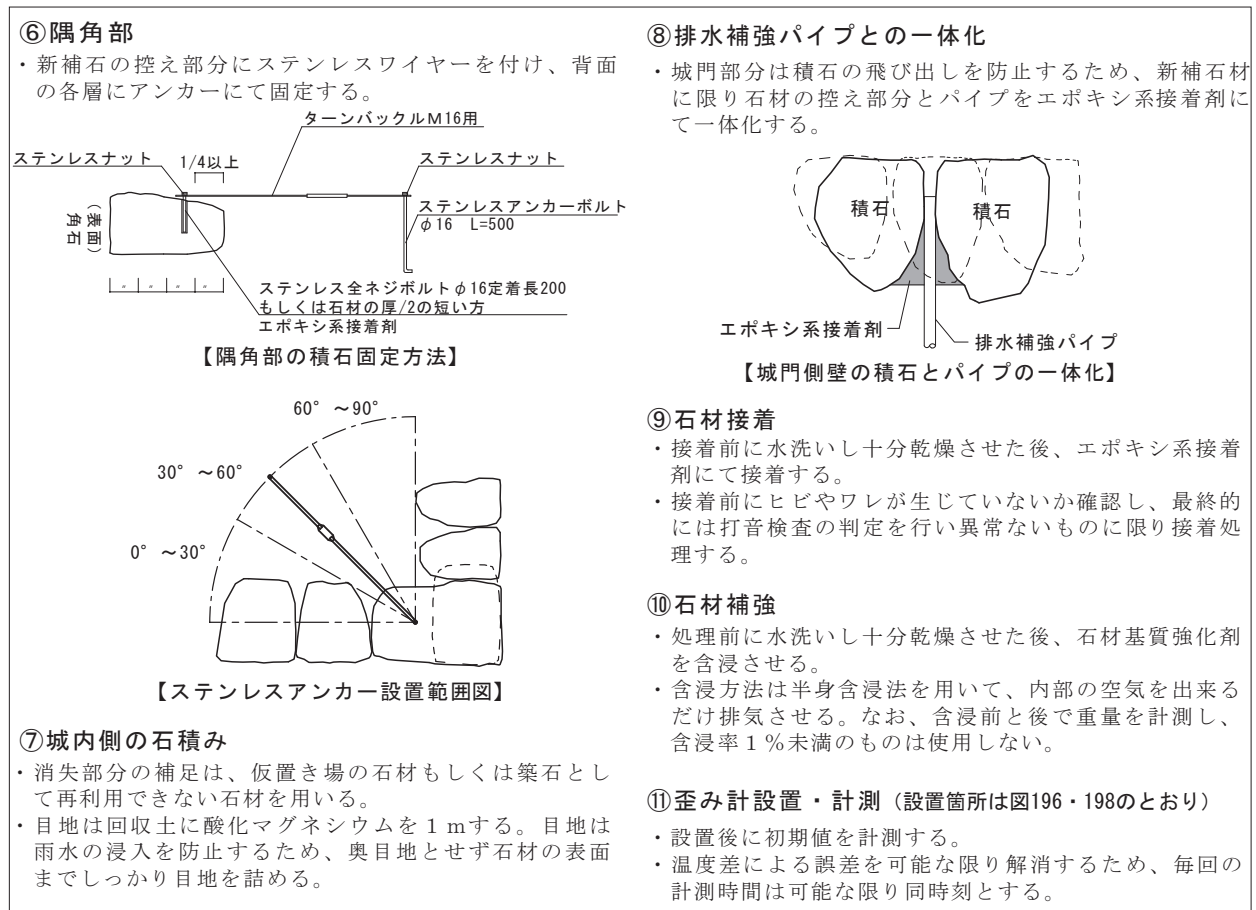


図 143 修復における個別仕様③

ため構造的に不安が残り、可能な限り、補強材の岩盤での定着が重要である。ただし、補強材の岩盤への負荷が想定されることから、施工においては遺構への影響を最小限とするため、慎重に行う必要があるとの御意見を整備会議から賜った。

E 個別の仕様

上記の基本的な検討を踏まえて、さらに城壁（石積み及び盛土）に関する修復工事にあたっては、史跡高松城跡における工事实績などを踏まえて、様々な状況を想定して図 141～143 のような細かな仕様を設定し、丁寧な方法で工事を実施することとした。ただし、各施工においては極力、遺構への影響を最小限とし、残存していた石積みの特徴をなるべく再現し、崩落部分においても残存していた箇所をもとに復元していく考え方を基本として、解体や回収した石材、

盛土を最大限使用するとともに、その都度、現場で議論をした上で細かな部分については個別に判断していくこととした。

第6節 防災対策

A 経緯

これまでの検討を行っていた平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災を受け、西田委員より修復する城壁の構造や工法について、耐震の観点から検証を行っておく必要があるという指導を得た。そのため、これまでの城壁復元工事の実施設計作成段階から調査整備会議の西田一彦委員（地盤工学）に御意見をいただきながら、これまでの解析を用いた地震時の検証作業についても実施した。

B 地震に対する想定条件

耐震に対する検討の解析を実施する上での諸

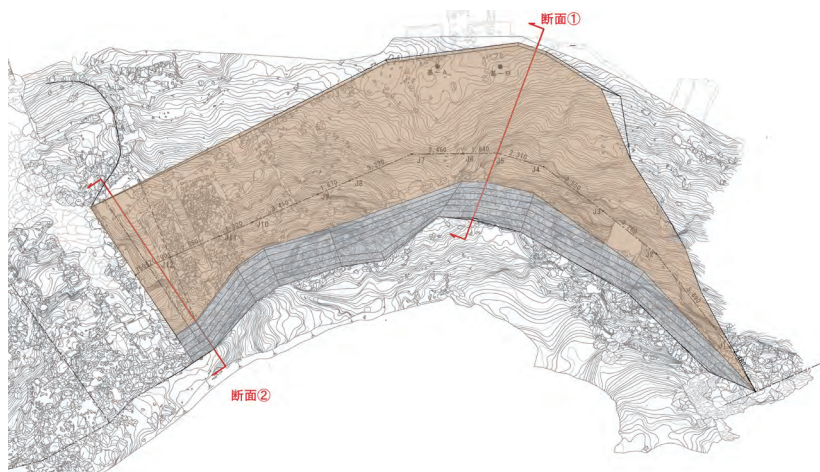


図 144 検証断面位置図

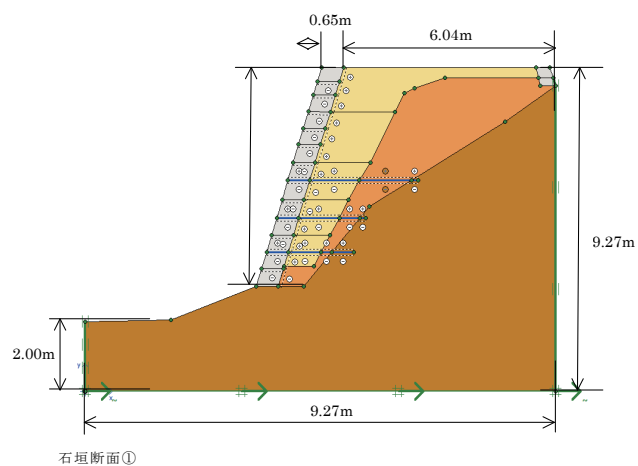
表 25 検証条件

石積み断面①の条件

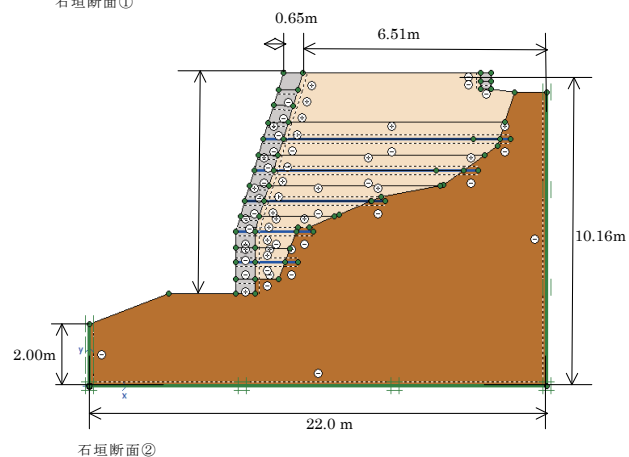
常時／ 地震時	新盛土部の改良 有／無	設 計	結 果	
			円弧	FEM
常時	無	現設計	○	○
地震時	有	現設計	○	○

石積み断面②の条件

常時／ 地震時	新盛土部の改良 有／無	設 計	結 果	
			円弧	FEM
常時	有	現設計	○	○
地震時	有	現設計	○	△



石垣断面①



石垣断面②

図 145 断面構造

表 26 城門北側城壁の安定性の検討の前提①

	条 件	排水補強パイプ	盛土へ固化剤
ケース①	常 時	な し	な し
ケース②			あ り
ケース③			あ り
ケース④	地震時	な し	あ り
ケース⑤		あ り	あ り

※地震の規模は300gal(震度6に相当)とした。

表 27 城門北側城壁の安定性の検討の前提②

		重量 (kN/m ²)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
新盛土	未改良	16.0	10.0	35
	改 良	16.0	200.0	36
旧盛土(遺構)		16.0	8.0	36
岩 盤		23.0	1000.0	50

※改良土の強度は、酸化マグネシウムを2%添加した場合の強度を用いた。

条件及びケースは以下のとおりである。

(1) 前提

検証当時、香川県では屋島山上地区は震度5弱を想定していたが、現在、国が進めている想定震度の見直しを考慮して震度5強に設定して検証を実施した。さらに、これまでどおり、排水補強パイプによるスムーズな排水の確保を前提とした。

(2) 分析方法：

①円弧すべり法による安定計算：

復元した城壁全体の安定性の評価を行った。

②FEM解析：

局所的な安定性の評価を行い、その集合として城壁の構造上脆弱な箇所の検討した。

(3) 箇所：

①断面①：高石垣南側（城壁の基本断面）

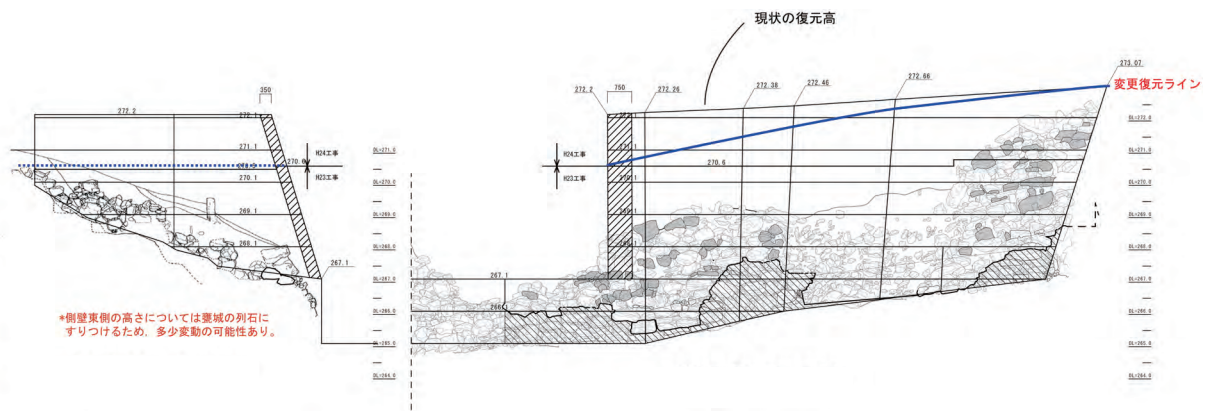


図 146 地震対策と復元案（平成 23 年度時点）

②断面②：懸門と城壁石積み接続部

（石積みの勾配が変化する断面）

(4) 分析結果

分析結果は表 25 のとおりである。

(5) 結果と対策

①結果

円弧すべり法による安定計算の結果、断面1・2ともに城壁の安定性が保証されている。その中で、FEM解析によれば、水平変異量が断面①が最大5cm、断面②が10cmとなった。断面2では地震による多少の変動が想定され、地震時にはやや不安が残ることが判明した。

なお、城門北側城壁についても、解体工事を踏まえ、施工方法を検討する中で、その後の想定震度などをもとに地震条件（表26～27 3Hz、正弦波、300gal相当を10波：震度6相当）設定して検証した。その際は①の円弧すべり法のみで5つのケースを想定して確認を行った。ケース①～③については、既述したFEM解析と同様な結果を得た。地震時の安全率については、ケース④が1.61、ケース⑤が1.65という値で、いずれも安定した構造物としての評価を得た。ただし、既述のとおり、城門南側城壁と同様に、水平変異量など一定程度的変形は生じることが想定される。

イ) 基本姿勢

復元後の城壁の安定性を十分に確保し、地震時にも城壁の大規模な崩壊を防ぐとともに、地

震時における見学者への安全確保について最大限配慮する必要がある。その一方で、文化財保護の観点から、解体時に城壁上部の石積み解体に伴う盛土の撤去を最小限にとどめた経緯があり、同様な観点からも上半部分への耐震に伴うさらなる現代工法による補強（パイプ補強等の増設）は望ましくない。

ウ) 対策

以上の姿勢をもとに、断面 1（基本断面）は城壁全体の安定性は確保できており、耐震に伴う追加補強は行わないこととした。

断面 2（勾配変化箇所、隅角部周辺）は城壁全体の安定性は確認できたものの、石積みの勾配が途中で変化することから構造上不安定となることが想定されるとともに、地震時には城壁隅角部（城門側壁と城壁の接続部分）に力が働くことが想定され、部分的に崩落する可能性が考えられた。

遺構（復元した城壁含む）の保護と地震時の見学者の安全確保から、断面 2 周辺の復元高を低くし、荷重を軽減することが地震に対する効果的な方法と考えられた。復元高については南側壁の残存石積みの高さを基準とし、南側壁で約 1.5 m 低くする方針とした。その結果、側壁の復元高は 3.5 m、城門側壁から高石垣にかけての城壁の復元高は 5.6 ～ 6 m と想定される。ただし、城門側壁に取り付く城内側の石積みや甕城の列石等とのすり合わせが必要な部分があり、外観に違和感のない形で収める必要があったため、復元高についてはあくまで目安として、施工を行いながら実施することとした。

城門北側城壁については、隅角部（断面②の城門を挟んで北側）は断面②と同じ高さとし、他の部分は断面①と同じ考え方で、耐震に伴う追加補強は行っていない。

エ) 施工時の課題

想定される城壁よりも城門側へと下っていくことから、高石垣から側壁周辺へと雨水が流れる構造となってしまう、表流水への配慮が必要

がある。

C 豪雨等

水脈調査によって既に水みちが判明しているので、調査結果をもとに周辺に適切な排水路等を設置し、雨水及び地下水等の適切な排水の実施可能な環境を整備する予定であった。第 3 章でも述べたように、自然流下という排水計画へと事業途中で大きく変更せざるを得なかったため、水の集まっていた箇所は礫敷きやかごマットなどを用いて排水機能を高めた。今後は、水の集まっている箇所がないかなど、降雨後の整備地の状況確認を定期的実施していくことが重要である。

【参考文献】

- 太田英将・柏熊誠治・橘高敏晴 2004 「斜面对策の新工法－排水補強パイプ・鋼管膨張型ロックボルト－」『第 43 回(社) 日本地すべり学会研究発表会資料』(社) 日本地すべり学会
- 國眼定、西形達明、西田一彦 2006 「石垣と排水パイプで補強された斜面の安定について」『地盤工学研究発表会講演集』
- 斉藤迪孝・上沢弘・毛受貞久・安田祐作 1968 「有孔パイプによる新幹線盛土斜面の排水効果」『鉄道技術研究報告』No. 631 鉄道技術研究所
- 西形達明・西田一彦・倉持克治 2004 「鉄筋類挿入工法の補強機構と設計法に関する考察」『材料』第 53 巻第 1 号
- 西田一彦、白石建、渡邊誠、鈴木邦男、西形達明 2013b 「屋嶋城跡修復における地盤補強技術の適用について」『第 48 回地盤工学研究発表会要旨』pp1413-1414
- 西田一彦、中山義久、渡邊誠、西形達明、山中稔、白石建 2016 「屋嶋城石垣修復における地盤改良技術の適用について」『材料』第 65 巻第 1 号
- 松川尚史、渡邊誠、西田一彦、山中稔、白石建 2013a 「屋嶋城の城壁遺構の構造と地盤特性」『第 48 回地盤工学研究発表会要旨』pp1411-1412
- 渡邊誠 2012 「屋嶋城跡の石垣解体修理」『第 9 回全国城跡等石垣整備調査研究会記録集』文化庁 高松市 高松市教育委員会

第7章 整備工事

第1節 経緯と経過

一連の整備工事は平成20年度から着手したが、既述のとおり、全体構造の把握と石積み遺構の崩落の危険性から、城門及び城門南側城壁の解体工事を優先して実施し、平成20～26年度に城門及び城壁の修復工事、平成27年度に周辺の環境整備工事を実施した。各年度の工事内容は下記のとおりである。

【平成20年度】

城門南側の城壁周辺の崩落石、発掘調査で出土した崩落石、崩落土の撤去と仕分けを実施した。石積みに再利用可能な石材の判断を実施し、なるべく元に近い場所で再利用するため、区域を区分して回収を実施した。また、破材についても石積みや城壁修復等に再利用するため、可能な限り回収した。撤去に際して、石積みなどが崩落石の背面に残存していないかの確認も可能な限り実施した。

【平成21年度】

進入路及び仮設ヤードの設置を行い、城門南側城壁の解体工事を実施した。解体に先立ち、石積みの表面観察を行い、勾配確認、番付等を実施し、調査を行いながら、石積み及び盛土の解体作業を行った。

【平成22年度】

当初城壁の修復工事を予定していたが、既述のとおり、解体工事で明らかとなった課題を検討する期間としたため、修復工事は先送りとして、城壁の一部解体、崩落土撤去工事、仮設ヤードの拡幅工事を実施した。

【平成23年度】

城門及び南側の城壁の修復工事を実施した。修復にあたっては急ぐことなく、慎重に行うよう整備会議からの御意見を賜り、2ヶ年に分けて実施した。

【平成24年度】

23年度に引き続き、城壁修復工事を実施した。城壁の背面の石積みについても修復を行い、城門南側の修復工事を完了した。

【平成25年度】

城門及び北側の解体工事を実施した。24年度に実施していた石積みの表面観察に基づき、解体範囲を決定し、勾配確認、番付等を実施し、石積み及び盛土の解体作業を実施した。既述のとおり、工事にあわせて城門構造の調査も実施した。

【平成26年度】

城門及び北側城壁の修復工事を実施した。事業地の中で最も水の集まっていた箇所であったため、根石の前を埋め戻し、排水のよい環境とした。城門の排水溝の修復、門道の修復も行い、城壁及び城門の修復工事を完了した。なお、工



写真 71 石積み開始時（北から）

事は平成 27 年度 6 月末まで繰越して実施した。

【平成 27 年度】

見学に必要な基盤造成工事（階段や柵の設置も含む）を行い、城壁の上下に見学スペースを設置した。合わせて、山上の遊歩道からアクセスするための見学路①を、遍路道（不喰梨）からアクセスするための見学路②を設置した。遺構の保存工事としては、甕城の石積み修復、岩盤の養生工事、列石の遺構明示工事を行った。整備地内には、この他に柵、階段、ベンチなどの施設を整備した。また、城門遺構を離れた場所から見学していただくための眺望点（西尾根展望台）を整備した。説明板は城門遺構周辺に 3 基、眺望点に 1 基設置した。

第 2 節 各工事

A 城壁解体工事

石積み解体工事は、石積みの表面観察から、図 147～150 のような観察図面を作成し、図 152～153 のような解体範囲を決定した。なお、解体はなるべく最小限に設定し、調査検討を踏まえて、追加解体する範囲を判断する方法とした。そのため、図 152 が示すように、城門南側城壁については平成 21～23 年度に渡って解体を行うこととなった。調査の進展によって、ほとんどの石積みが必要とされ、本来の石積みを残せた部分は、根石と周辺のわずかであった。また、崩落し、石積みが残っていないと想定された箇所についても、崩落土を丁寧に撤去し、根石及びその数段上に遺存した石積みを確認し、城壁ラインの確定につなげることができた。

城門北側城壁の解体工事については、城門前面や側壁の前面に崩落石が多量に認められ、崩落石を撤去した上で、埋もれた箇所の考古学的調査を実施し、埋もれた石積みの確認、城壁ラインの検討を実施した。

石積みの解体においても、経験のある石工を職長とすることとしたため、撤去をしながら、石積みの状況や修復時に必要な視点や方法等に

ついて様々な議論を行い、多くの知見を得ることもできた。

解体作業は、まず、清掃、番付、墨打ち、観察、議論、写真撮影、測量を実施した。その後、石積み一段ごとの背面の掘削を行い、写真撮影、必要に応じて図面作成を行った後、築石を解体、解体後の下位の築石や飼石の有無等を確認した。取上げた石材については、割れなどの状況を確認して、カルテを作成した。このような作業を石積み一段ごとに実施していった。また、今回はいわゆる尻飼（石）と呼ばれる上部の石を支えていた石材についても「ウシロ石」として取上げを行った。

また、解体時には事前に、構造把握のためのトレンチと断面図作成箇所を設定しておき、図化や写真撮影を行いながら調査も継続していった。第 4 章で掲載した断面図は解体調査時に作成したものである。土質分析用のサンプリングもこの工事の際に実施している。土質分析で得られた成果によって、盛土の掘削範囲を小さくすることができ、遺構の保存に役立った。

B 城門及び城壁修復工事

城壁修復工事は平成 23・24・26 年度に実施した。その際に、実施した工事の内容及び特記すべきことについて整理しておく。修復作業に関する工事図面は図 154～168 である。既述のとおり、工事は数年に分けて実施しているが、図面を統合している。

（1）石積み

石積みにあたっては、第 6 章の仕様に基づいて実施したが、崩落部分の石積みが重要となることから、第 4 章等で整理した石積みの特徴から、

①石材は最大幅を横軸として基本的に使用する。
②横目地は水平方向（レベル）で通し、地形及び遺存石垣（解体前石積み）状況に左右されないようにする。

③解体時の所見として懸門天端、高石垣のテラス、高石垣中段に作業単位と考えられる横目地

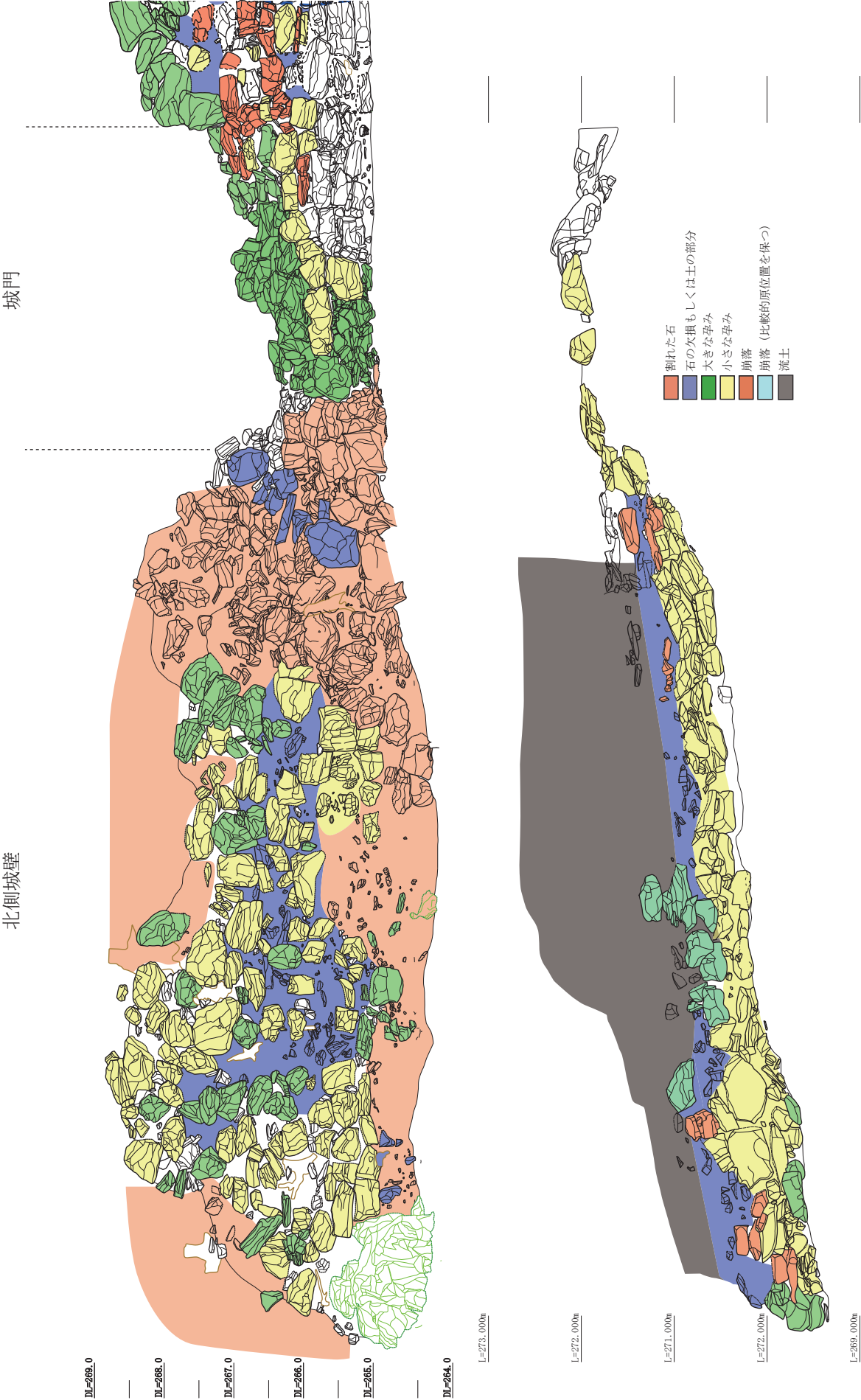


図 147 石積み解体範囲検討資料①

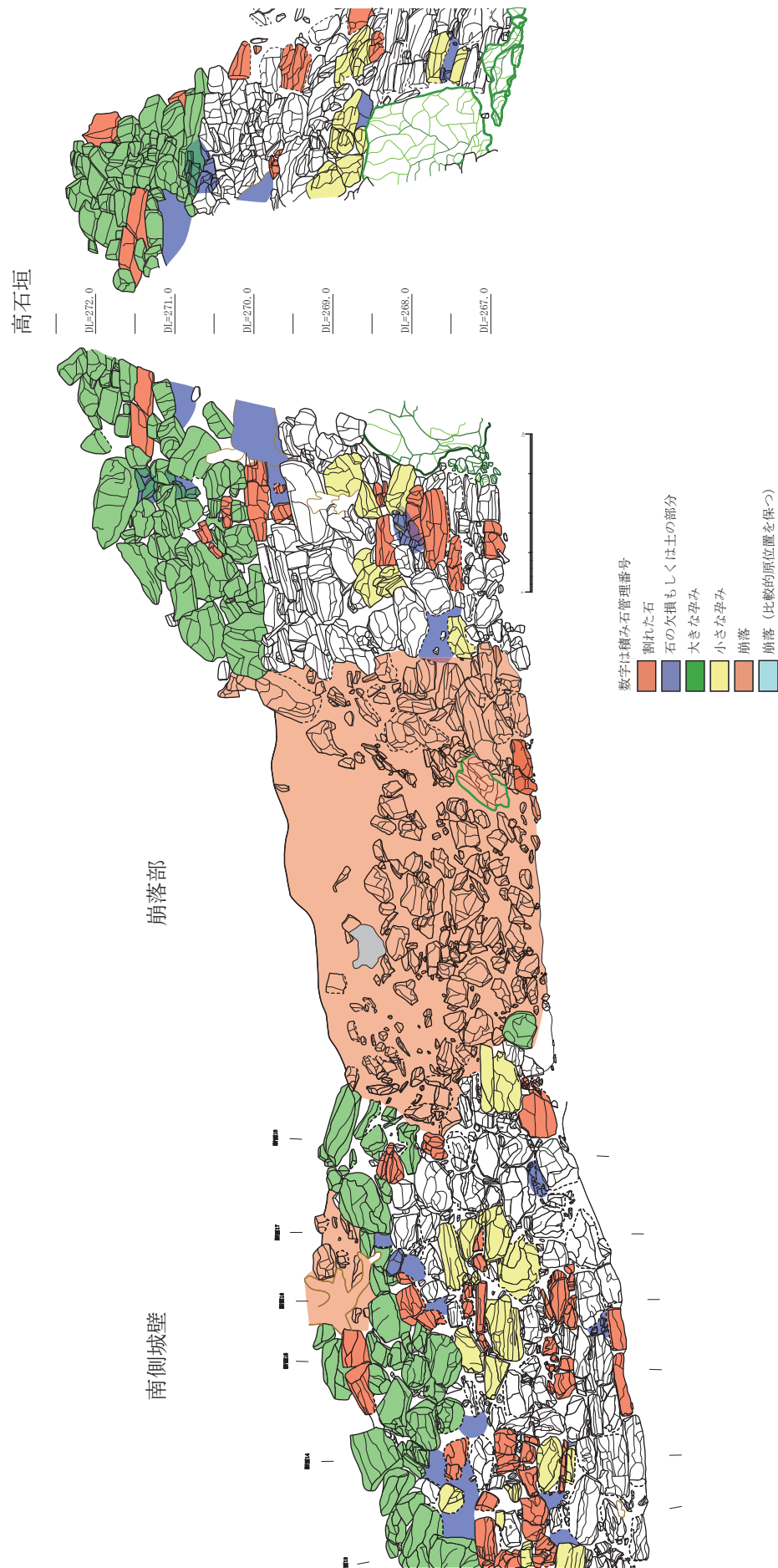


図 148 石積み解体範囲検討資料②

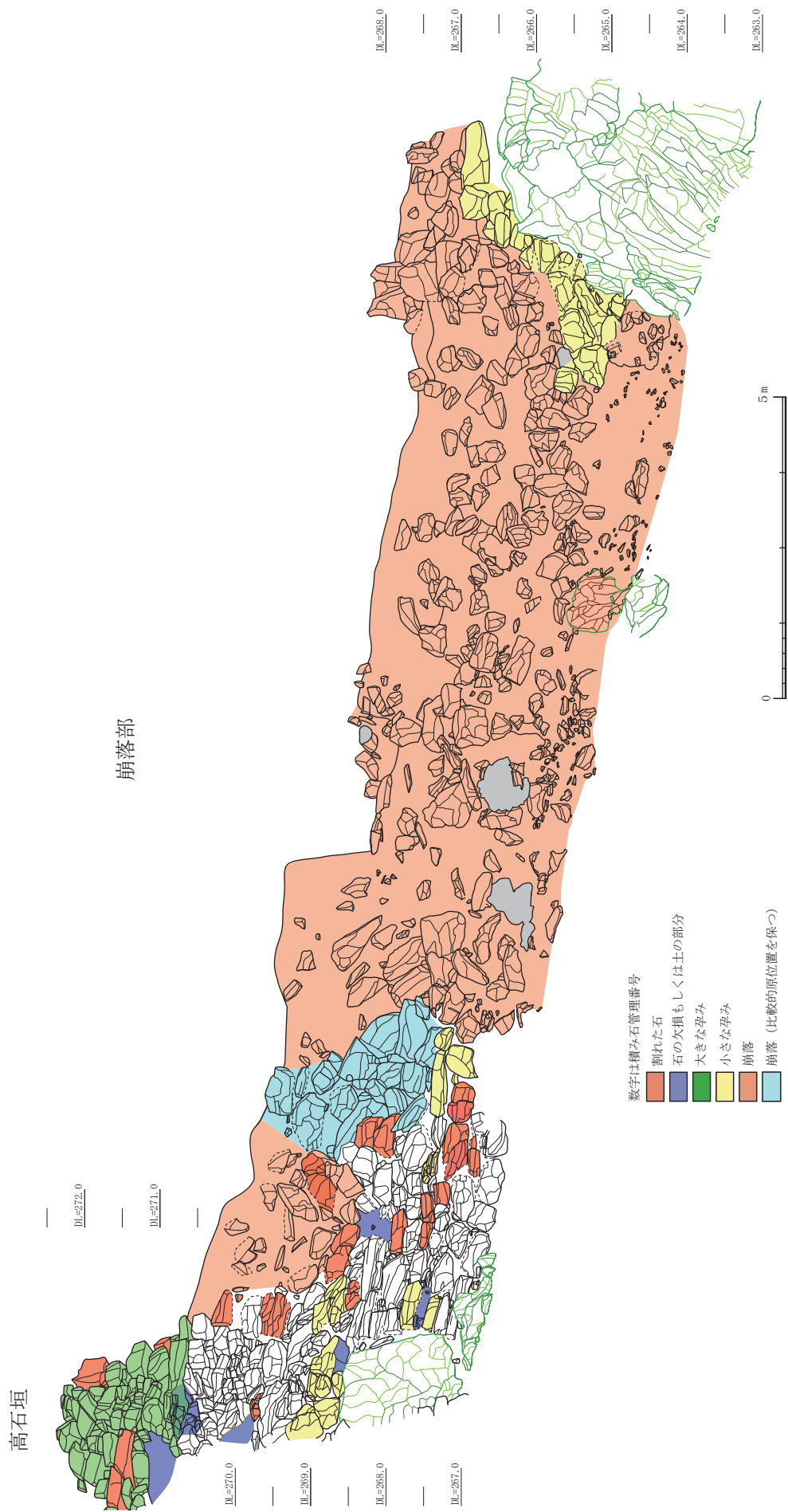


図 149 石積み解体範囲検討資料③

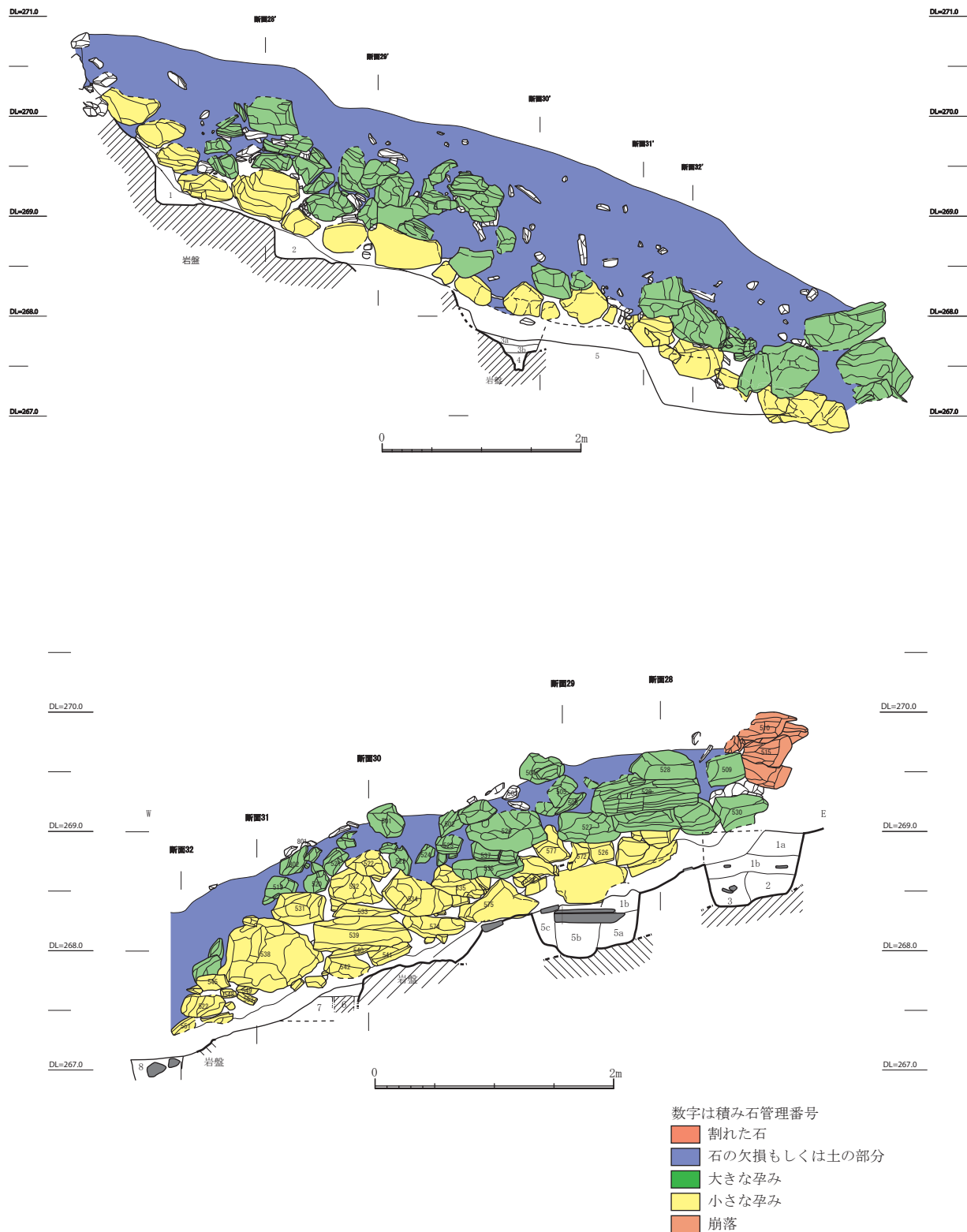


図 150 石積み解体範囲検討資料④

があり（南側城壁のみ）、それらを基本とし、横目地の目安は約1m程度の間隔とする。

④縦目地の位置を復元する。

⑤解体石材が元位置で使用できないと判断した場合は、周囲の石との力関係を再現する必要がある。

あり、加工を行える新補石材を使用する。ただし、新補石材が集中しないよう配慮する。

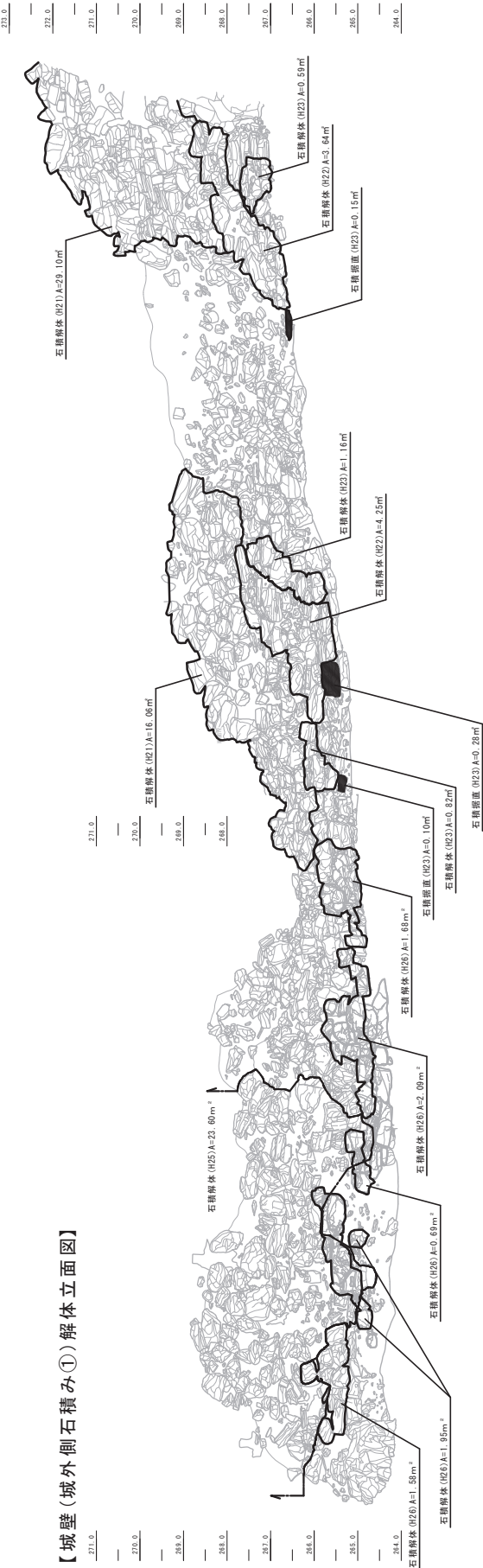
⑥適所に控えの長いものを使用する。

などの決まりごとを設けて実施した。

これらの点や調査の成果を共有すること、崩



図 151 崩落石及び転石回収範囲



【城壁(城外側石積み②)解体立面図】

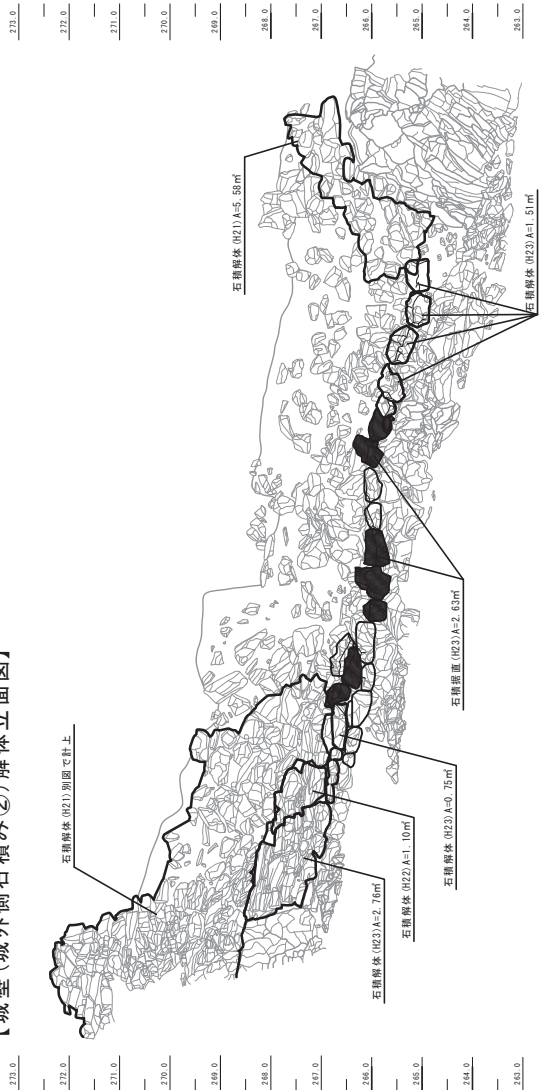


図 152 石積み解体範囲①

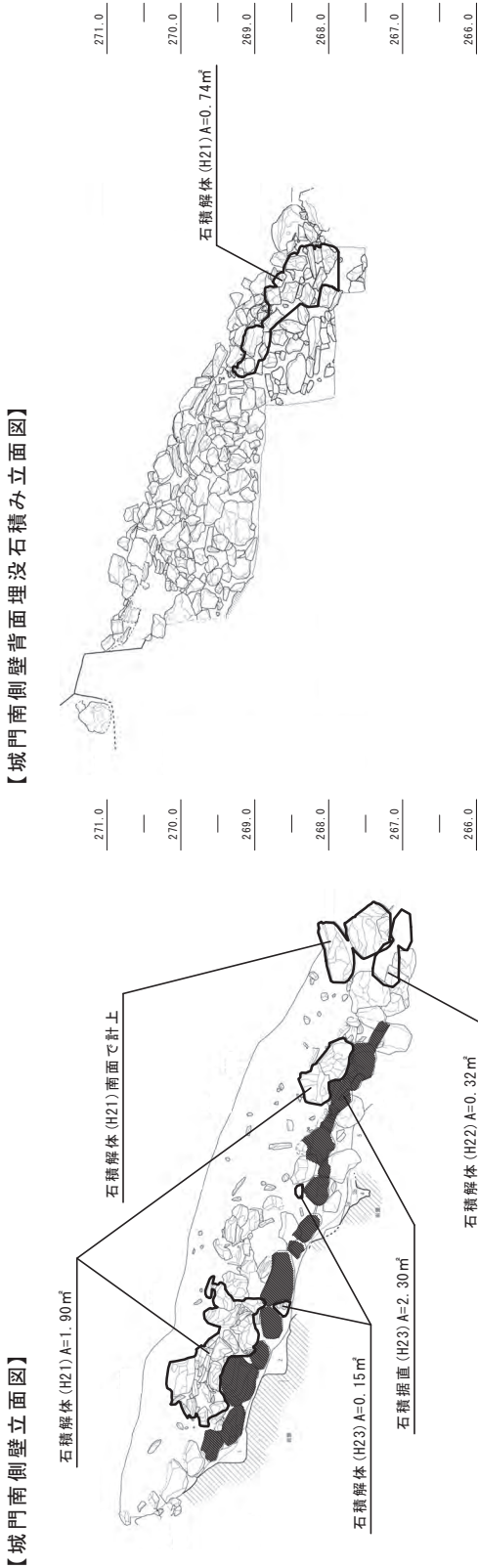
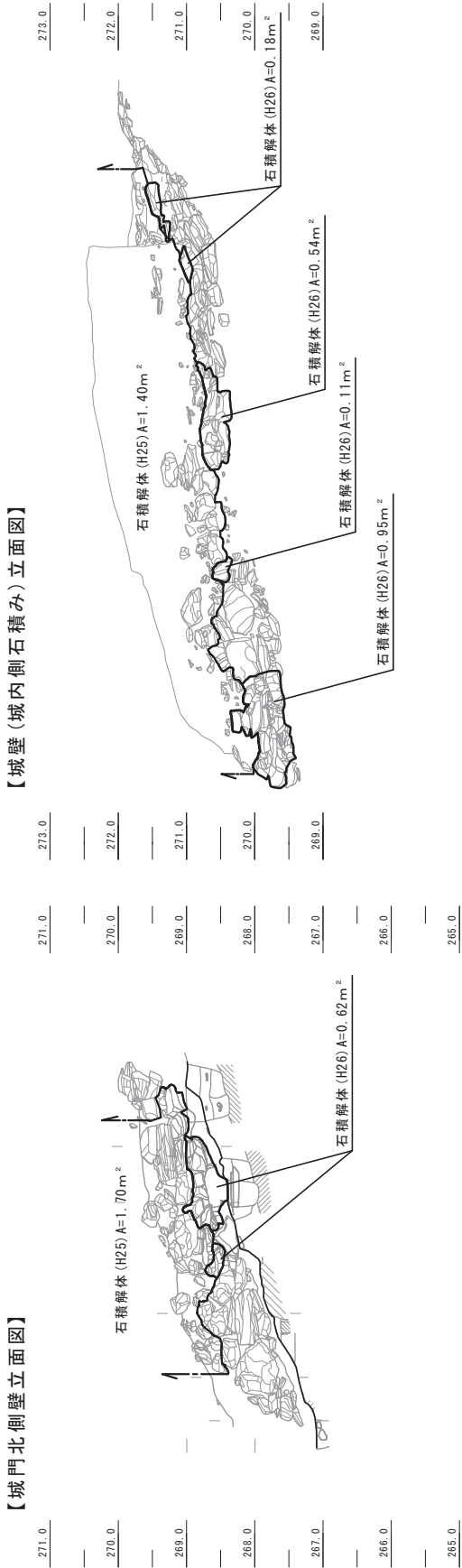


図 153 石積み解体範囲②



写真 72 解体前遠景（南西から）



写真 73 転石回収状況①（北から）



写真 74 転石回収状況②（北から）



写真 75 転石回収状況③（西から）



写真 76 転石回収状況④（南から）



写真 77 転石回収状況⑤（南から）



写真 78 石積清掃状況（南から）



写真 79 番付状況（南から）



写真 80 墨打ち状況（南から）



写真 81 盛土掘削状況①（南から）



写真 82 盛土掘削状況②（南西から）



写真 83 背書き状況（南から）



写真 84 石積み解体状況①（南西から）



写真 85 石積み解体状況②（西から）



写真 86 作業風景（北西から）



写真 87 カルテ作成状況（北東から）

落部分のイメージを共有するために、着手前に、崩落部分のイメージを書き込んだ石積みの概念図を作成し、整備会議から意見をいただいた。また、修復においては、年に3回のペースで整備会議に現地を確認していただきながら実施した。この他、上記の決まりごとに加えて、消失部分の復元に際して、解体前の石積み及び同じ安山岩によって石積みを行っている讃岐城山城等の石積みを参考にするとともに、できる限り現地の石材（崩落石や転石）を使用し、現場にて議論を重ね、試行錯誤を重ねながら復元を実施した。崩落箇所に加えて、石積みが遺存していた箇所の石積みは1350年という時間の中で付与された履歴によって、本来の形状を留めていない箇所も多く、想像以上に困難を極めた。そのため、その都度、仮積みを行い、担当者と石工が議論を行って実施したため、石積みの1㎡数あたりの時間をかなり要した。

築石に使用した石材は再利用石、転用石、新補石の3種類である。再利用石は取り外した築石で、転用石は再利用石の中で、元位置で使用が困難と判断されたもの、発掘調査等で回収された崩落石や転石で、以上の二つがもともと現地で使用されていた石材である。新補石材については、屋島において安山岩の採石行為はできないことから、香川県坂出市加茂町で採石されていた安山岩を使用した。

再利用できるものは極力使用し、できないものは新補石材に交換した。石材の使用方法としては、①解体石材②転用石（転石／崩落石）③新補石材として、再利用できなかった石材や回収した崩落石や転石についても、本来の石積みの雰囲気や外観を復元するために、石積みの崩落箇所でも可能な限り積極的に使用した。最終的に城壁及び城門で使用した石材の比率は旧石（①31.0%②24.8%）55.8%、新補石材44.2%であった。なお、門道（排水溝）、甕城を含む全体の比率は旧石（①28.5%②23.9%）52.5%、新補石材47.6%であった。

新補石材の調達にあたっては現地での実見を

行い、なるべく野面のものを選択し使用した。しかし、石材の特徴等もあり、野面部分が平坦なものが多くなり、石積みとして本来の凹凸観がなくなってきたことから、荒々しさ（表情）を加えるために、新補石材の石面の加工を行ったものもある。

また、新補石材については、加工等によって、岩質上、石面の稜線が鋭くなってしまうこと、合端がせってしまっていた（石面の稜線が隣接する石と接して空間がないこと）ことから、石面の稜線がやや面から引いたところに行えるような加工とし、石積みにあたっては胴部の石面から四分の一から三分の一程度控えたところで築石間の安定を図ってもらうこと（いわゆる、二番で築く／積む）で、築石間の空間を設けるようにした。

いわゆる「間詰め石」については、既述のとおり、残存していた石積みにおいて間詰め石がやや粗く充填されていることが分かっており、それをもとに「間詰め石」の施工を行った。その際に、あまり詰めすぎないようにすることと、小さな石を細かく詰めないことに注意して行った。詰めすぎている場合には、差し引く作業も行った。

城門南側城壁の城内側の石積みは、土による目地が認められたことから、間詰めは行わず、手作業にて目地詰めを行い、城壁への雨水等の浸透を妨げるようにした。

解体を実施せず、オリジナルの石積みを残した場所は、表面を清掃し、少しでも劣化を遅らせるために、撥水剤を表面に塗布して撥水処理を行った。その結果、再利用した石材にくらべて、本来の淡赤灰色（淡ピンク）を保っている。

側壁背面の埋没石積みについては南側壁側については掘削を行って調査を実施したが、城外側の石積みに影響のない範囲は、解体修理を行わず、すべて埋め戻した。北側は掘削も行わず、不織布で保護した後、城壁の新盛土で埋め戻した。

また、北側壁の未解体範囲は、本来の位置よ

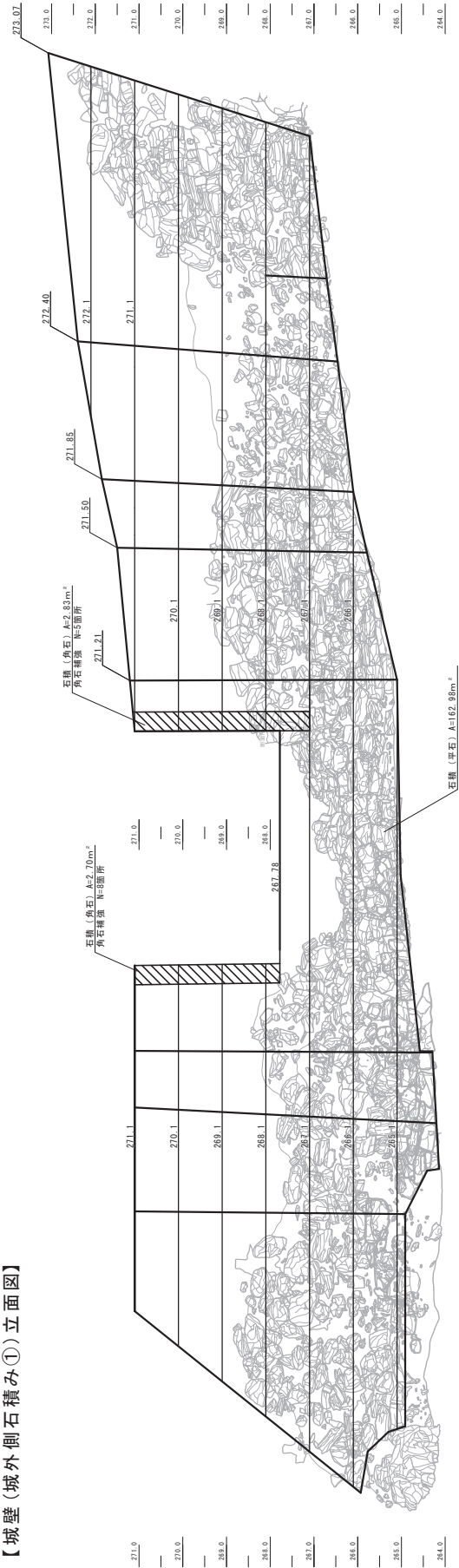
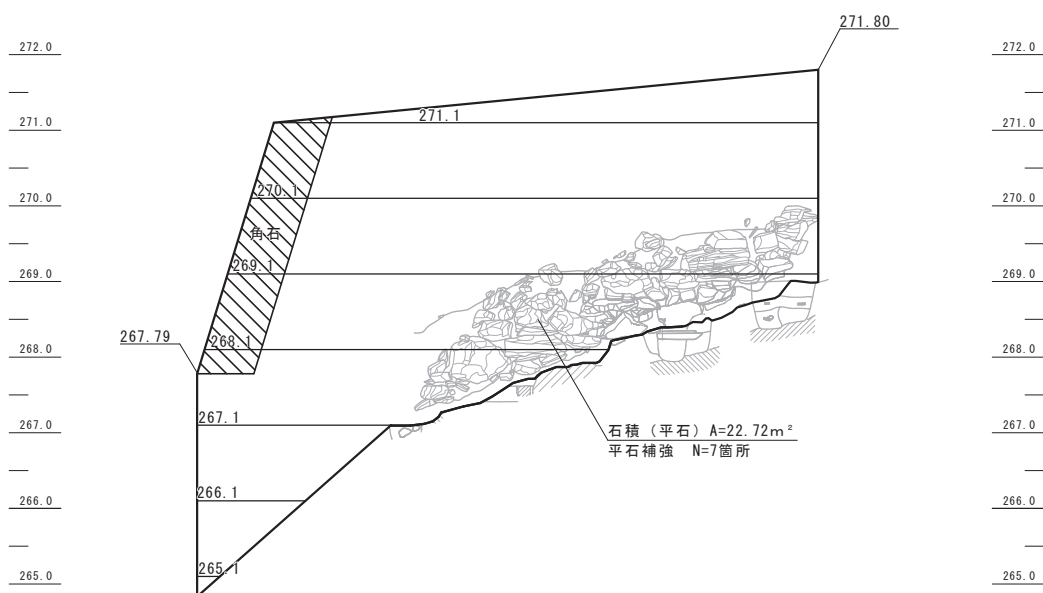


図 154 石積み立面図①

【城門北側壁立面図】



【城門南側壁立面図】

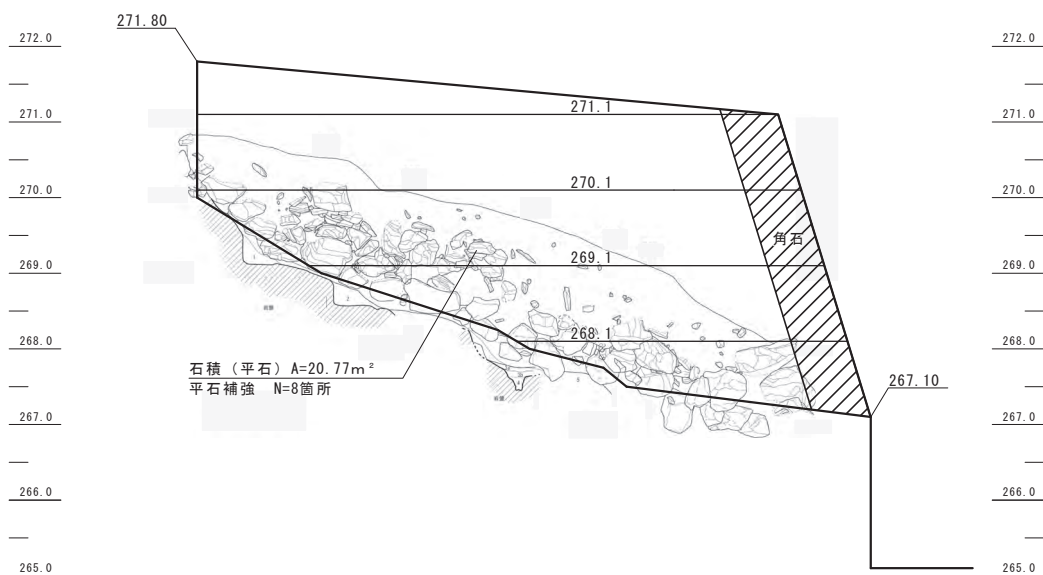


図 156 石積み立面図③

り城門側にやや寄っていたが、石積みが良好に残っていたこと、門道下に埋まることから解体は最小限とした。

(2) 盛土

第6章の試験施工の結果を受けて、本事業では酸化マグネシウムを混和材として利用するとともに、締め固めは機械施工とした。施工にあたっては、事前に、適切な巻きだし厚を決定するために、試験施工を現場で行い、確認作業を行った。試験施工時より、旧盛土（現地土）は含水比管理が適切に行う必要があったため、施工前に室内試験を行い、R I 試験を実施し、適切な含水比を算出して、適量の水を加えながら盛土の施工を実施した。

また、劣化した土の強度を高めるために、酸化マグネシウムを混和材として使用した。混和材の比率は1 m³に対して50kgとし、石積み付近は1 m³に対して100kgとして行った。石積みとの接着効果を狙って石積み付近は比率を高めた。

土も石材同様に、崩落によって、流失が著しく足りない状況であったため、土石層については購入土（真砂土）を使用した。購入土への酸化マグネシウムの添加は1 m³に対して100kgとした。

(3) 排水補強パイプ設置

遺構の状況を確認し、設計図面（図168）を目安として位置だしを行った後、事務局と受注業者間で協議し、位置の微調整を行った。その後、水平ボーリングを実施し、岩盤に到達後、さらに定着させるため30 cmを目安に掘削を行った。この掘削孔に排水補強パイプを挿入し、築石との関係から不要な部分を切り落とした。掘削に当たっては振動等も含め、遺存している遺構への影響がないように細心の配慮を行い実施した。また、遺構に影響のある場合は、位置を変更したり、新盛土の中のみを設置したものもあった。特に、北側城壁については既述のとおり、土石層に含まれる石材が非常に多く、城壁への影響を配慮し、岩盤まで到着せずに掘削を終えた箇所もあった。

所もあった。

排水補強パイプについては、大雨等によって地下水が大幅に増加した際に排水も担える構造となっているため、ほとんどの設置箇所では水が出てくることはなかったが、地下水が確認された箇所のみ、わずかに排水を確認できた。

また、後述するように、城壁の4つの断面箇所の排水補強パイプについてはひずみ計を設置し、修復途中の荷重の増大によってパイプが適切に機能しているかの確認を行った。

(4) その他

以上の石積みを実施しながら、定点観測を行うための測量用の鉋及びターゲットを石面に設置し、築石の動きを定期的に計測を実施し、石積みの動きを確認した。

C その他の遺構保存整備工事

(1) 城門

第6章までの各種調査成果を踏まえ、門道の両側の側壁を修理復元した。上屋の復元は考古学的情報の流失が著しかったため、断念したが、柱の立体的表示を4ヶ所で実施、木製の角柱にて位置及び規模を表示した。

門道中央の排水溝についても既述のとおり、城壁修復工事の中で、調査成果に基づき、実施し、排水機能を回復した。また、崩落していた水口（排水口）についても復元し、城門背後に集水した雨水を城外へ排水できるようにした。なお、門道自体が大雨の際には、城門背面の水が集まってくることから、流失した門道床面及び下層については、遺存した遺構面を不織布によって遺構を保護した後、礫によって埋め戻し、門道自体の排水機能を高め、速やかな排水が行える構造とした。

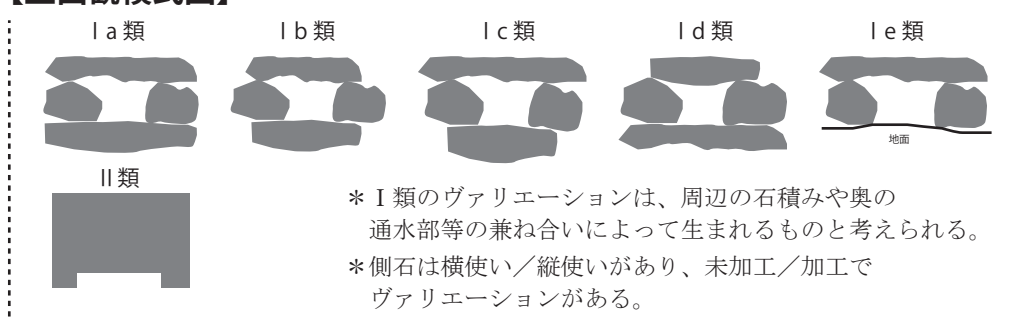
水口は本事業の整備で復元を行った。残存していた排水溝の規模から、口の大きさは想定することができたが、水口の形状に関しては、全く情報がなかったため、他事例に基づき検討を行った。正面観及び側面観のパターンは図158

【門道平面図】



図 157 門道復元平面図 (S = 1/60)

【正面観模式図】



【側面観模式図】

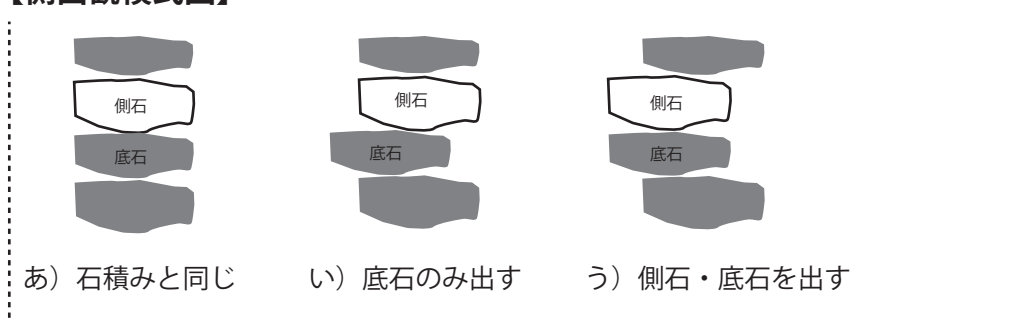


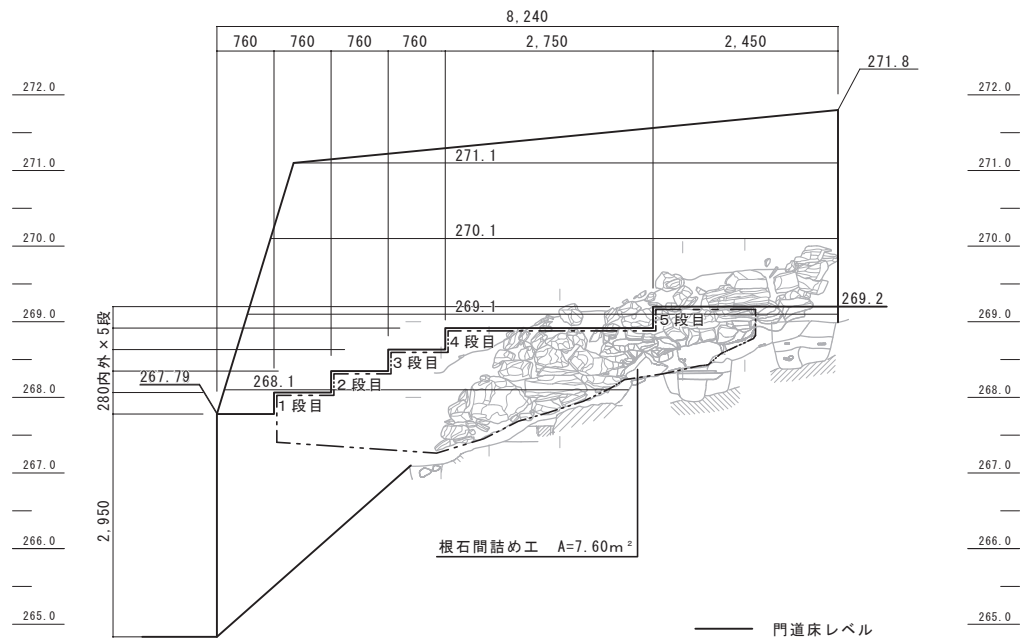
図 158 水口模式図

のようなものが認められ、本整備では、正面観は底石は蓋石にくらべやや小さくし、その上に側石を立て、やや扁平で横長の蓋石を設置するもの（I c類）とし、側面観は底石は前に出し、蓋石は石積みと同じ面で合わせる（i類）ことにした。整備会議で意見をいただきながら施工

を実施したが、隣接する石積みが残存していたこと、石積みの最終工程で、石材の選択幅があまりなかったことから、想定していた以上に困難な作業となり、何度もやり直しを実施した。復元するのに最も苦労した場所である。

門道は第4・5章の検討結果に基づ

【城門北側壁立面図】



【城門南側壁立面図】

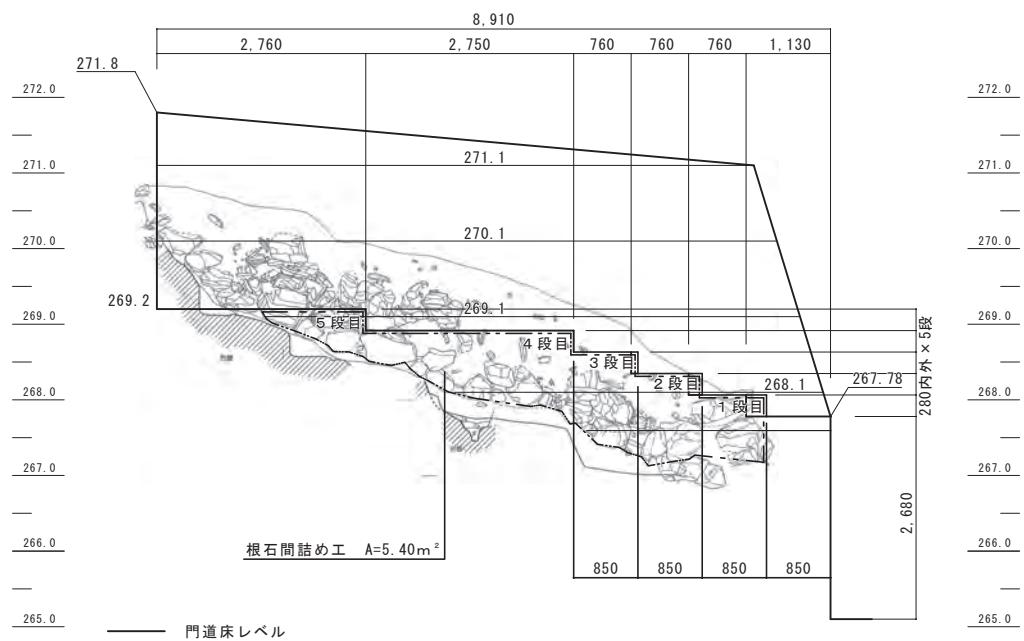
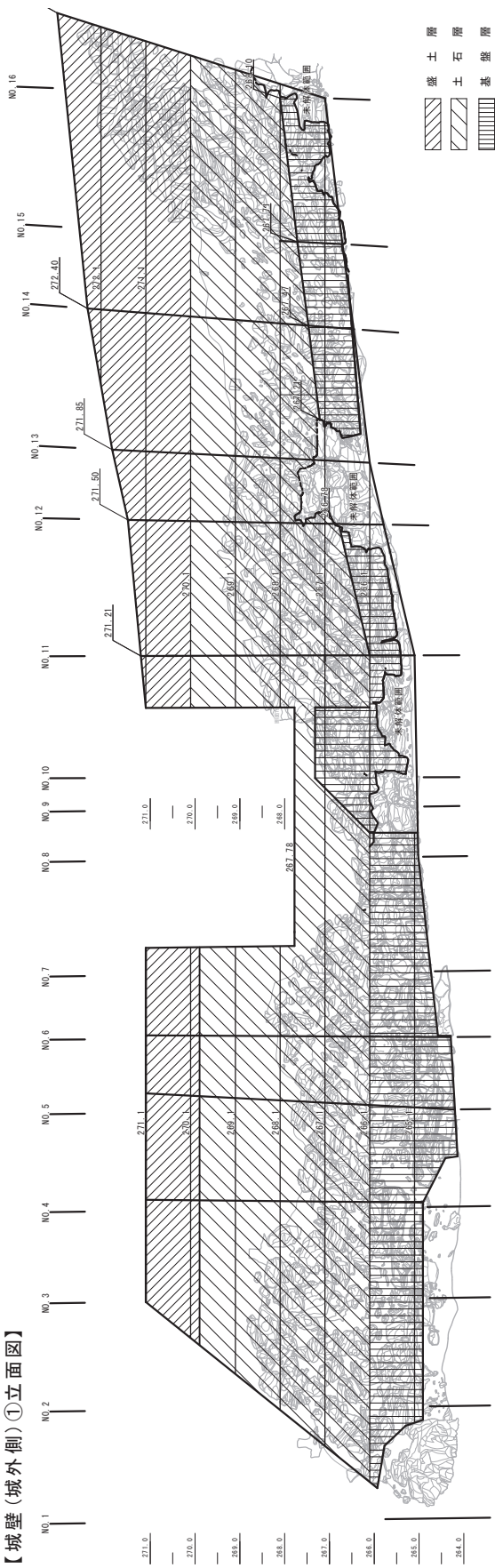
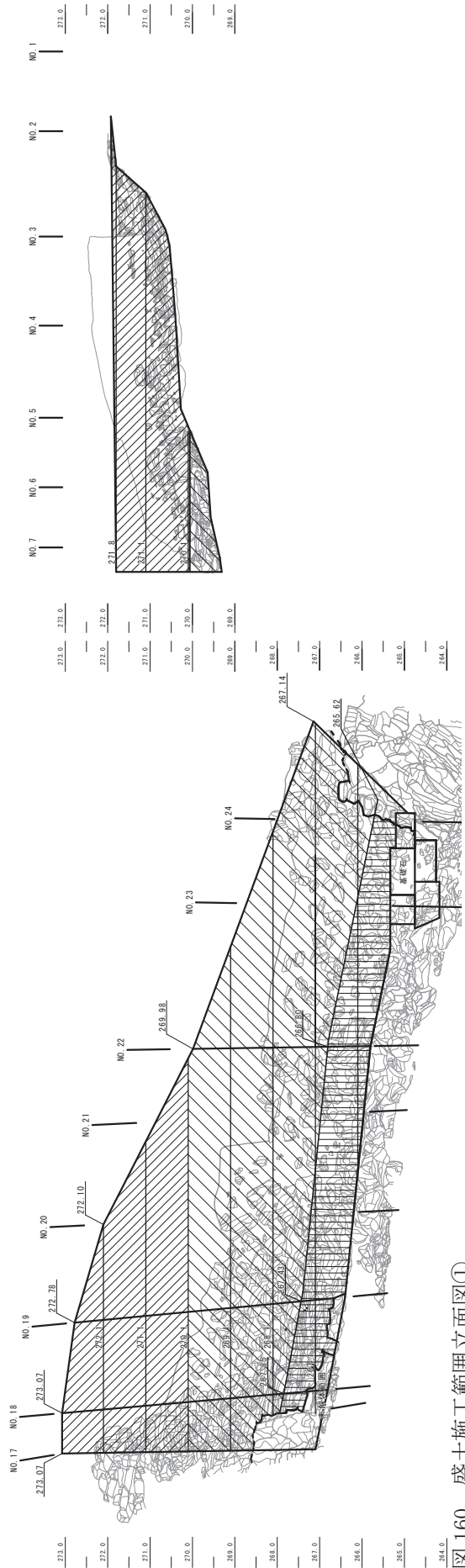


図 159 門道復元立面図

【城壁(城外側)①立面図】



【城壁(城外側)②立面図】



【北側城壁(城内側)立面図】

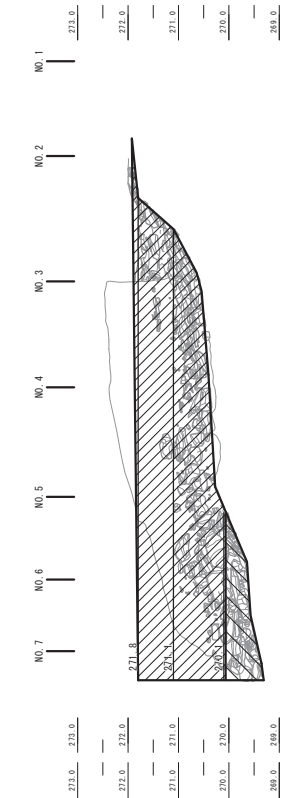
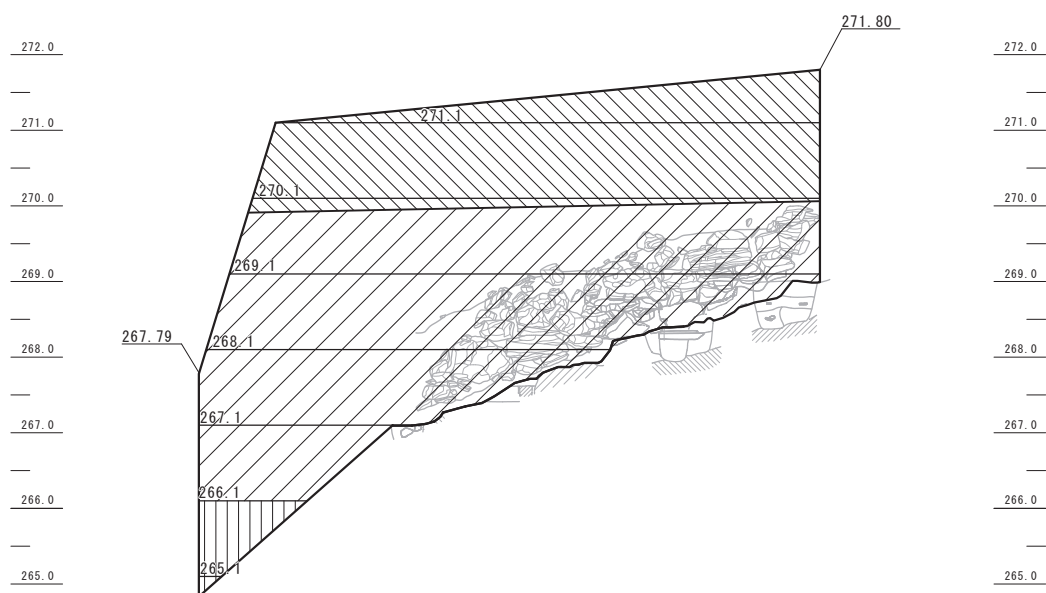


図 160 盛土施工範囲立面図①

【城門北側壁立面図】



【城門南側壁立面図】

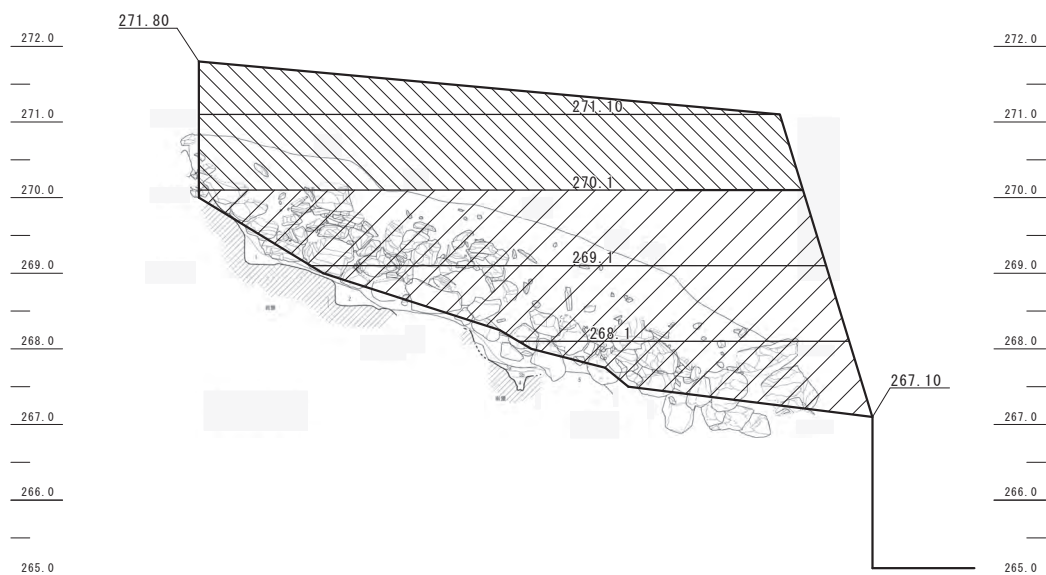


図 161 盛土施工範囲立面図②

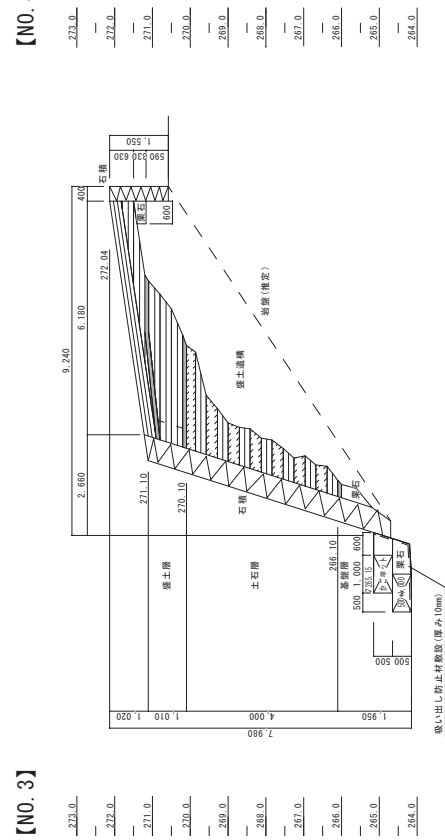
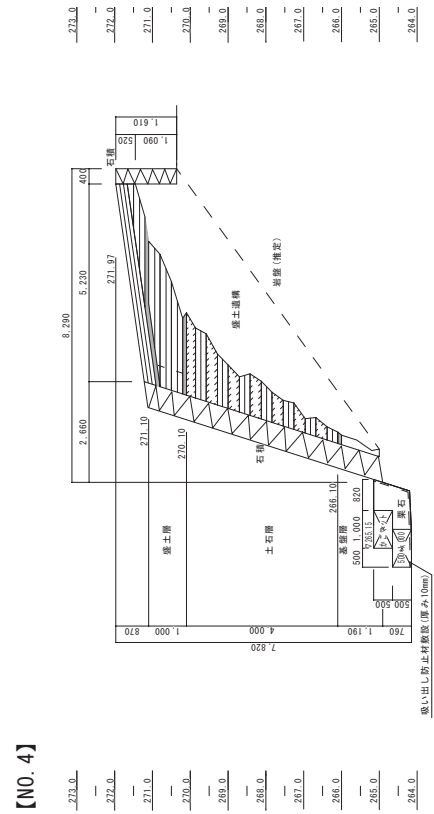
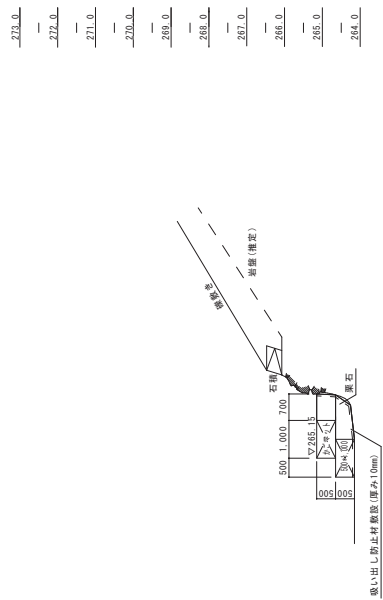
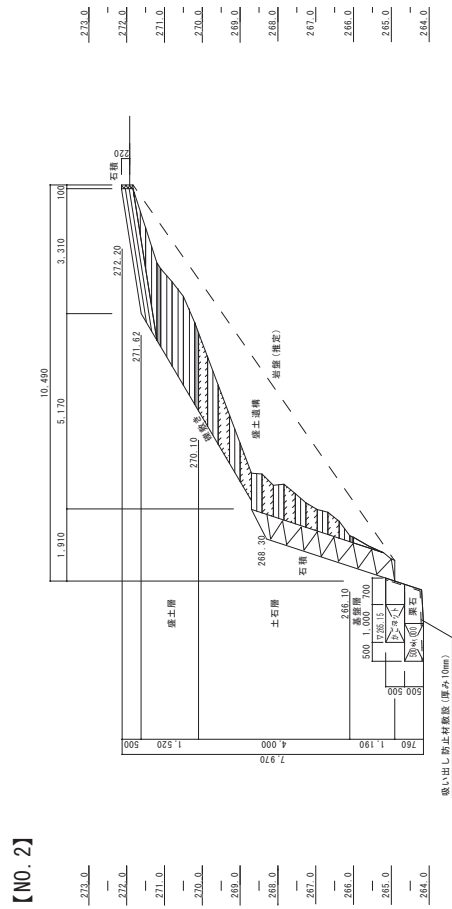


图 162 盛土断面图①

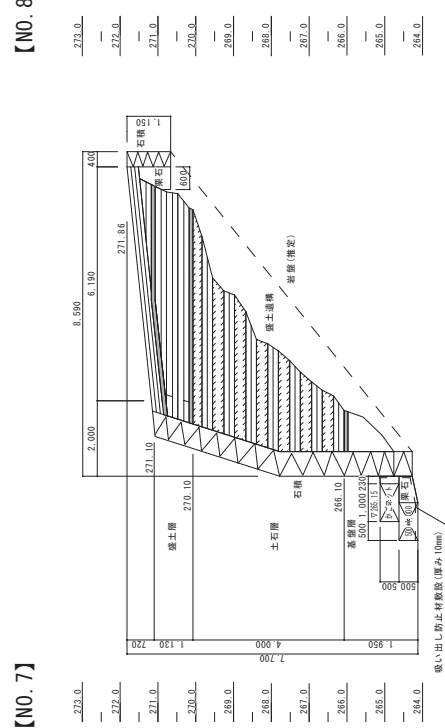
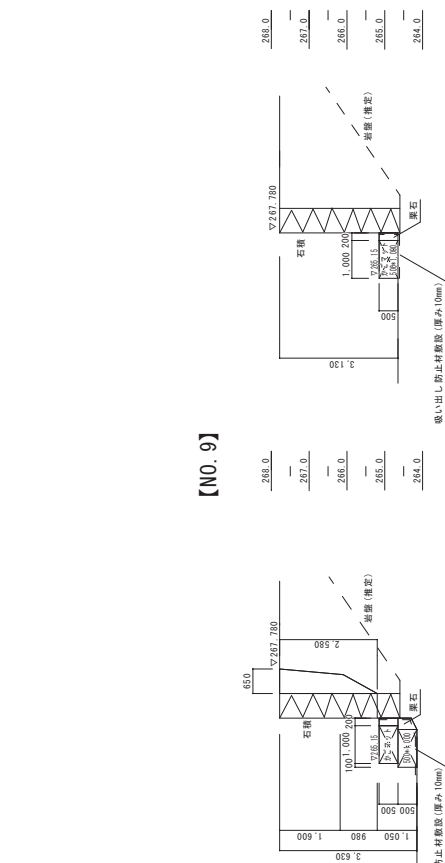
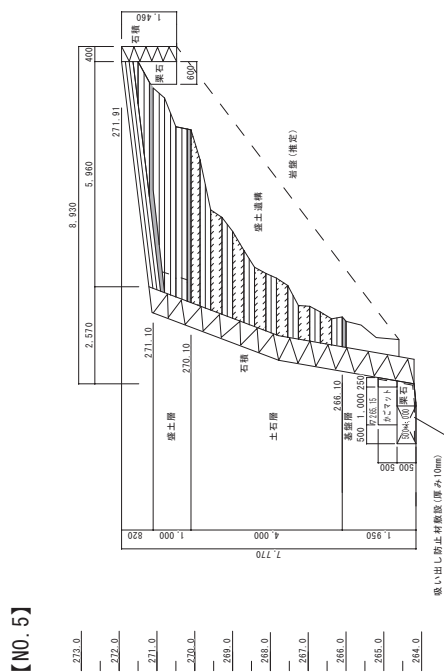
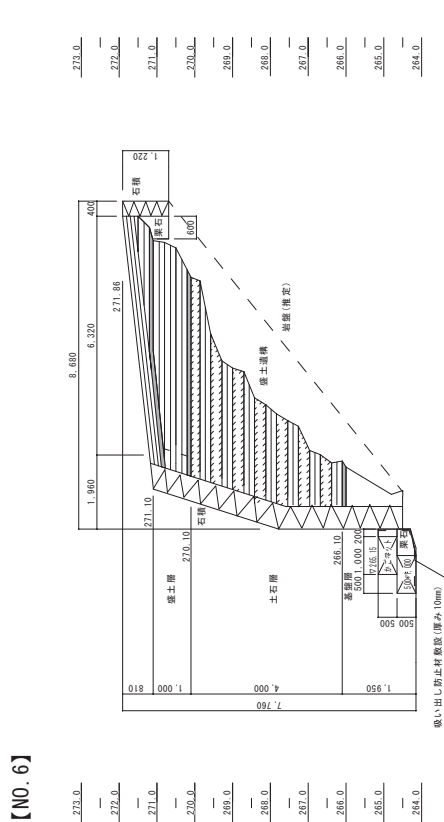
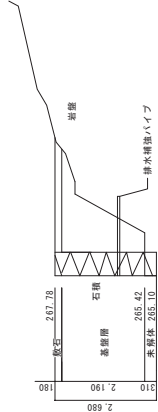
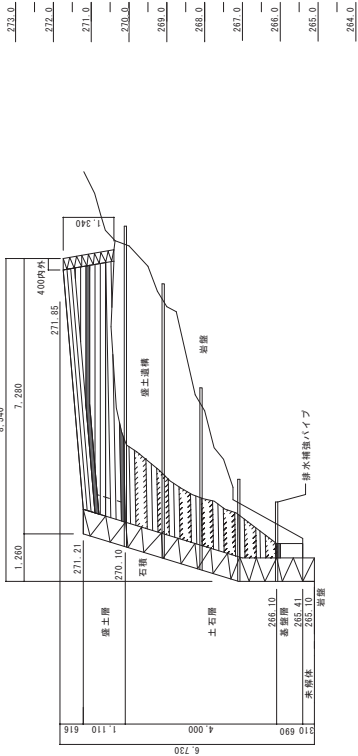


图 163 盛土断面图②

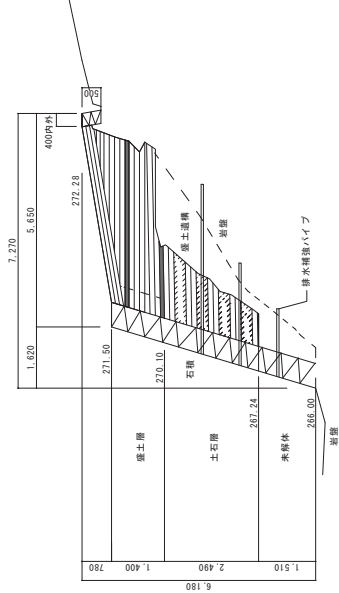
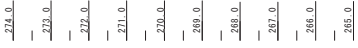
【NO. 10】



【NO. 11】



【NO. 12】



【NO. 13】

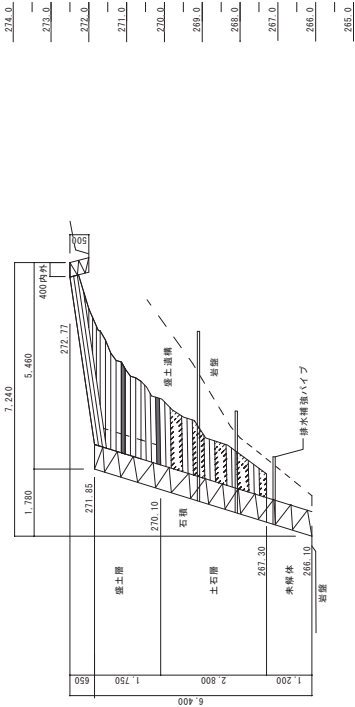
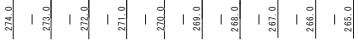
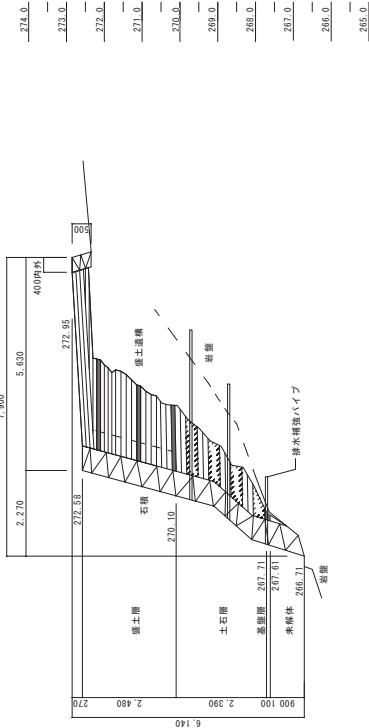
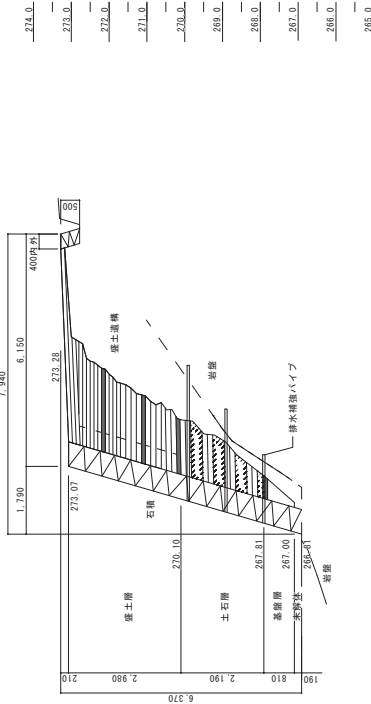


図 164 盛土断面図③

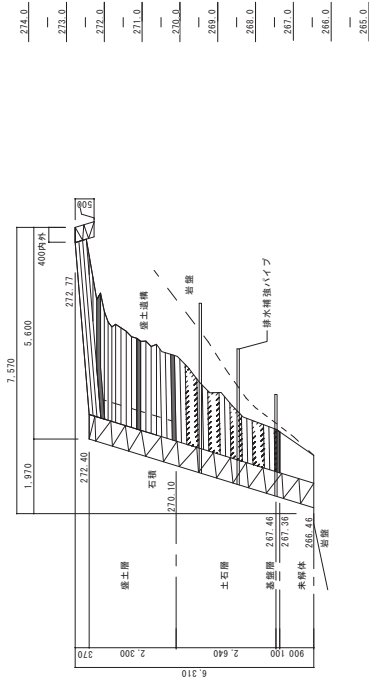
【NO. 15】



【NO. 17】



【NO. 14】



【NO. 16】

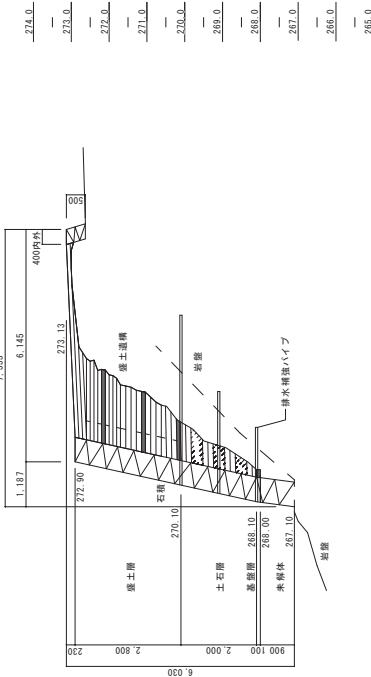


図 165 盛土断面図④

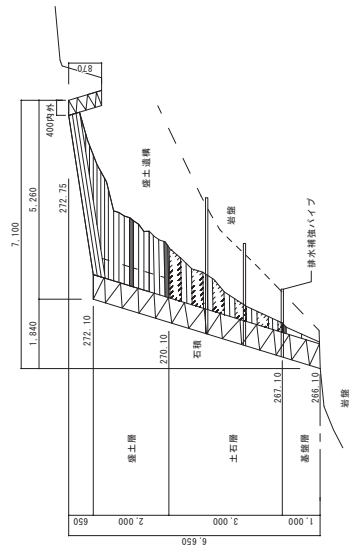
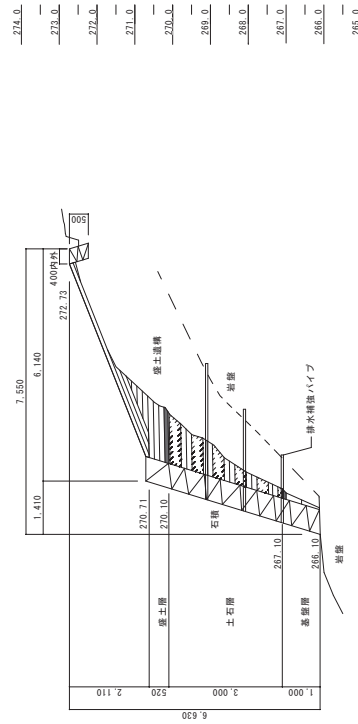
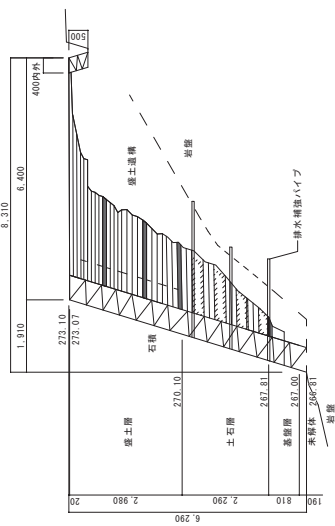
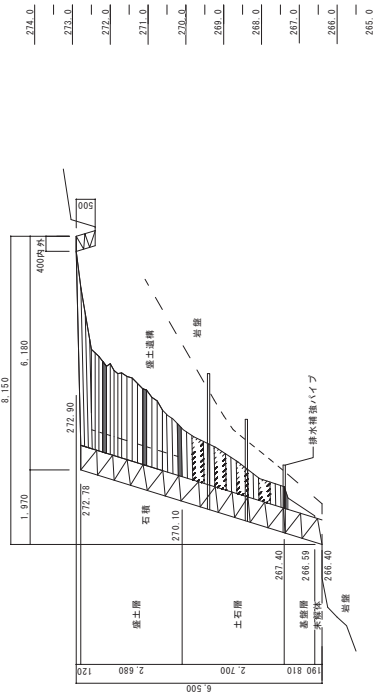
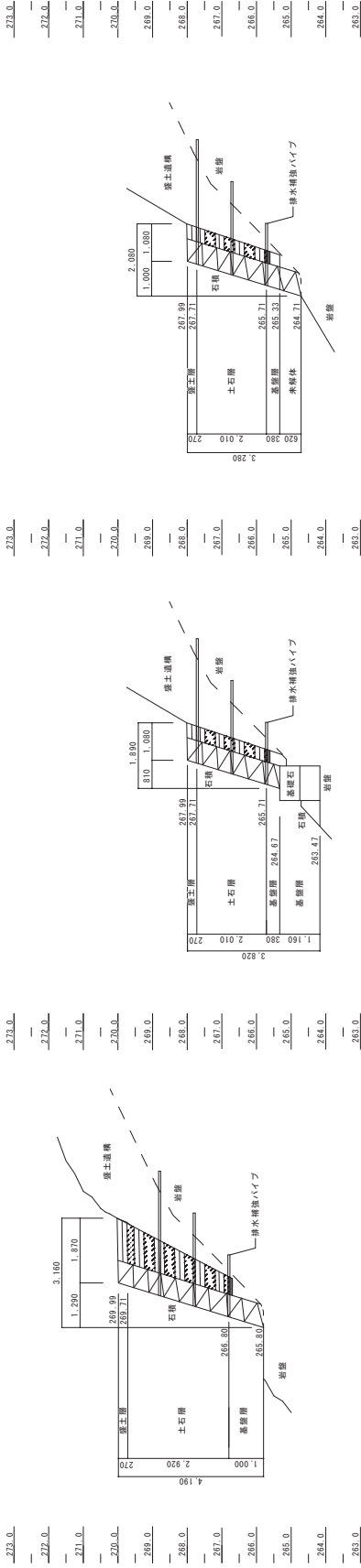
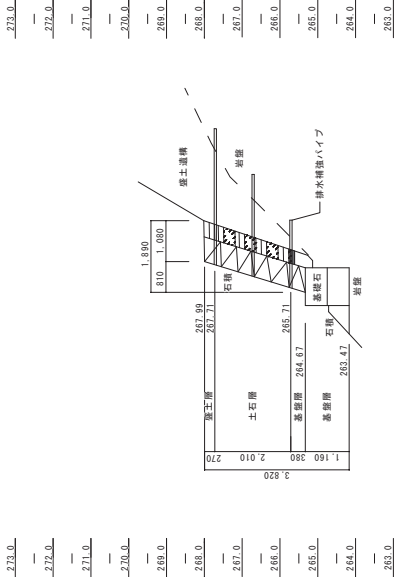


图 166 盛土断面图⑤

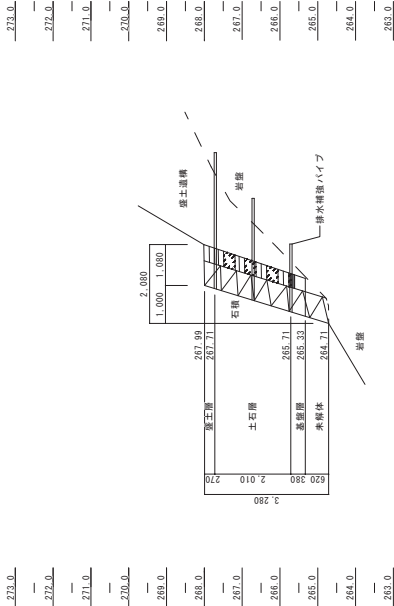
【NO. 22】



【NO. 23】



【NO. 24】



【基礎石】

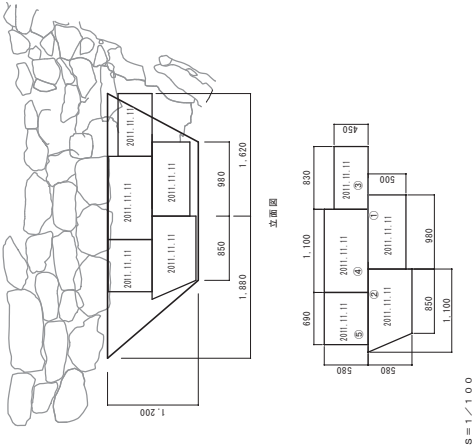
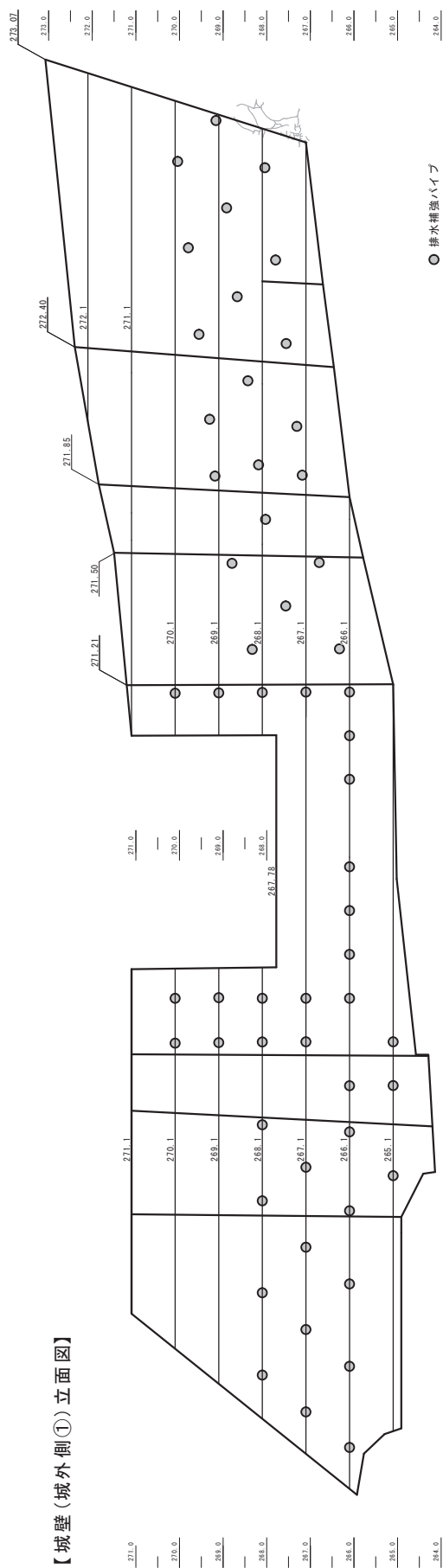


図 167 盛土断面図⑥及び基礎石立面図



【城壁（城外側②）立面図】

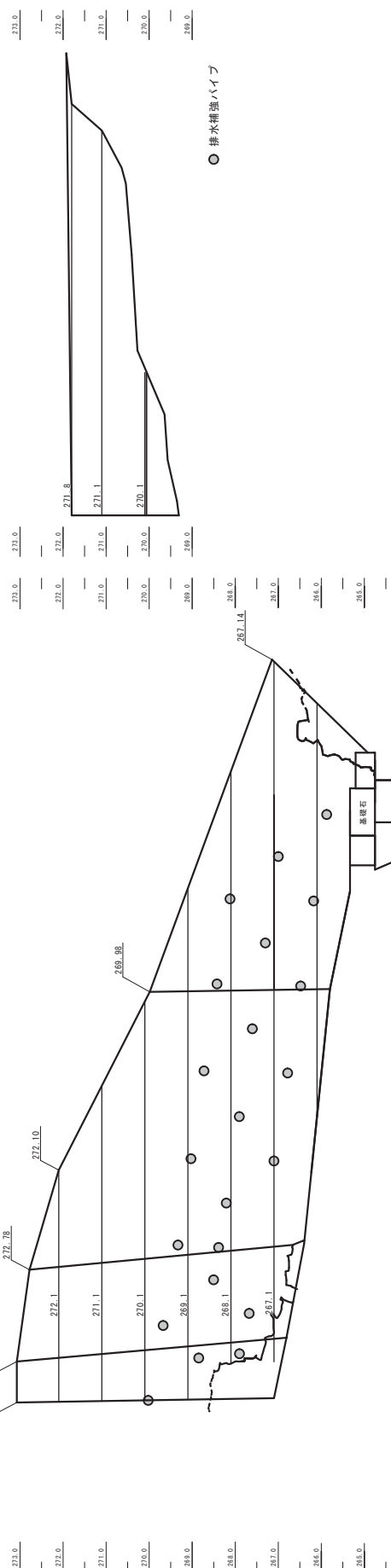


図168 排水補強パイプ施工箇所図



写真 88 丁張り設置状況（南西から）



写真 89 割れ石の型取り状況（南西から）



写真 90 石材加工状況①（西から）



写真 91 石材加工状況②（南から）



写真 92 加工道具①



写真 93 加工道具②



写真 94 検討状況（南から）



写真 95 南側城壁石積み状況①（南から）



写真 96 南側城壁石積み状況②（北から）



写真 97 南側城壁石積み状況③（北から）



写真 99 北側城壁石積み状況①（南から）



写真 98 北側城壁石積み状況②（西から）



写真 100 城門奥側の曲面構造の修復状況（南から）



写真 101 南側城壁背面石積み状況（南東から）



写真 102 南側城壁背面石積み背面盛土施工状況（南から）



写真 103 南側城壁背面石積み完成状況①（南東から）



写真 104 南側城壁背面石積み完成状況②（北東から）



写真 105 南側城壁背面石積み完成状況③（南東から）



写真 106 根石設置箇所風化岩盤撤去状況②（西から）



写真 107 基礎石設置完了状況（西から）



写真 108 基礎石前面修景状況（北西から）



写真 109 北側城壁根石前面補強かごマット設置状況（北から）



写真 110 北側城壁根石補強かごマット設置完了状況（北から）



写真 111 水口位置決め作業状況（西から）



写真 112 不織布敷設状況（南西から）



写真 113 下地設置状況（南西から）



写真 114 敷石設置状況（南西から）



写真 115 敷石設置完了状況（西から）



写真 116 側石設置状況①（南から）



写真 117 側石設置状況②（東から）



写真 118 蓋石設置状況①（東から）



写真 119 蓋石設置状況②（西から）



写真 120 不織布被覆状況（北西から）



写真 121 排水溝完成状況（西から）



写真 122 門道埋没部分の目地詰め状況（南から）



写真 123 石段設置箇所協議状況（南から）



写真 124 石段設置状況①（南西から）



写真 125 石段設置状況②（南西から）



写真 126 門道復元完了状況（南東から）



写真 127 購入土



写真 128 酸化マグネシウム混合



写真 129 酸化マグネシウム攪拌状況



写真 130 最適含水比測定状況



写真 131 水の追加



写真 132 撒きだし用工具



写真 133 人力転圧状況（南から）



写真 134 機械転圧状況（南から）



写真 135 測定状況



写真 136 旧盛土への酸化マグネシウム混合状況（北東から）



写真 137 酸化マグネシウム攪拌状況（北から）



写真 138 最適含水比測定状況（北から）



写真 139 水の追加状況（北から）



写真 140 撒きだし状況（南東から）



写真 141 転圧状況（南から）



写真 142 盛土完了状況（北東から）



写真 143 撥水剤



写真 144 撥水剤塗布状況 (北から)



写真 145 含浸前清掃状況



写真 146 含浸状況



写真 147 含浸後状況



写真 148 接着液



写真 149 接着状況①



写真 150 接着状況②



写真 151 排水補強パイプ掘削状況（北西から）



写真 153 排水補強パイプ設置状況②（南から）



写真 152 排水補強パイプ設置状況①（南東から）



写真 154 排水補強パイプ設置状況③（南から）

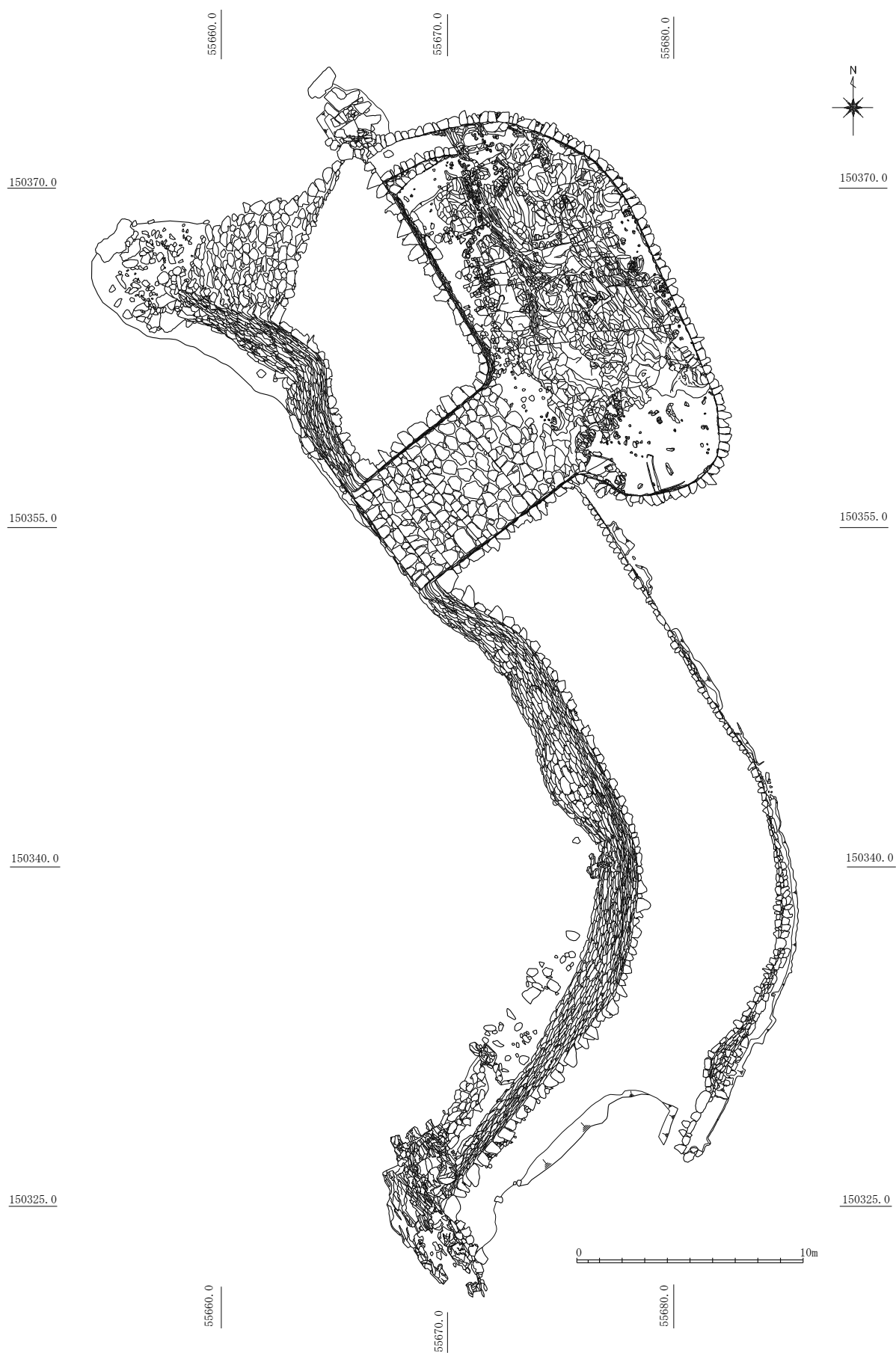
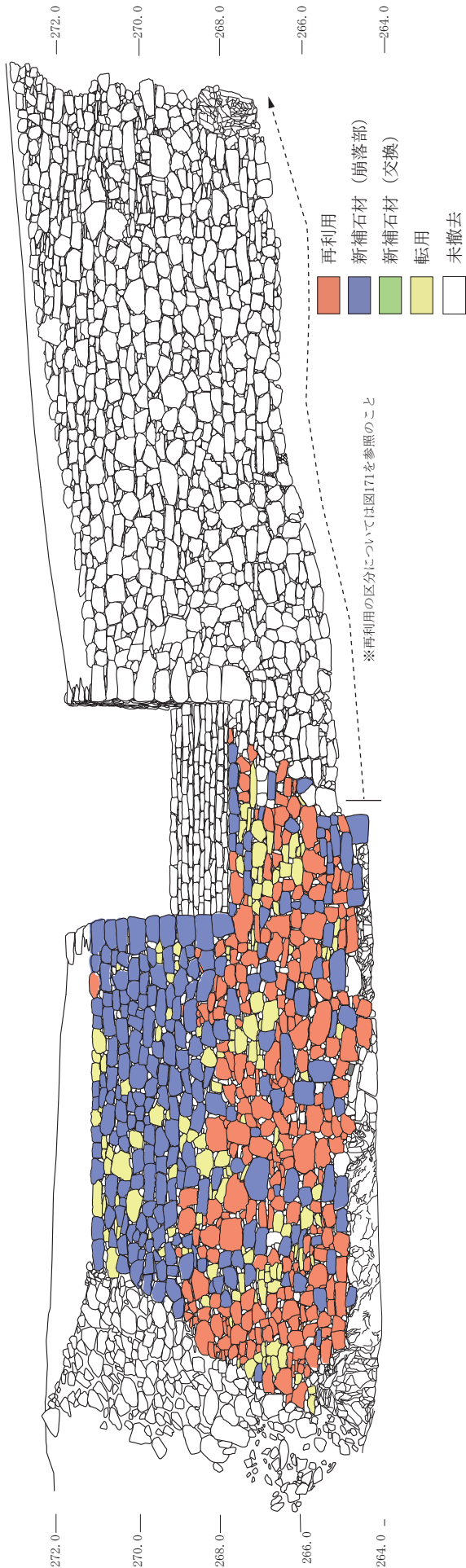
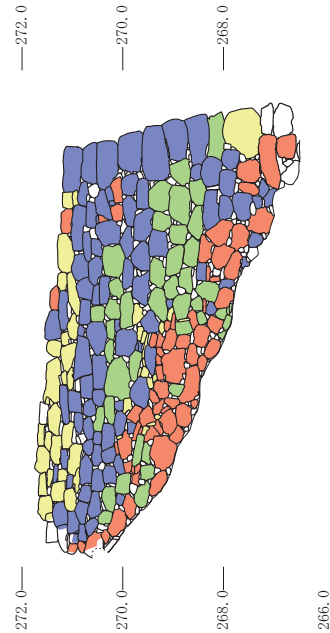


図 169 石積み修復後の図面①

【北側壁城外側石積み】



【南側壁石積み】



【北側壁石積み】

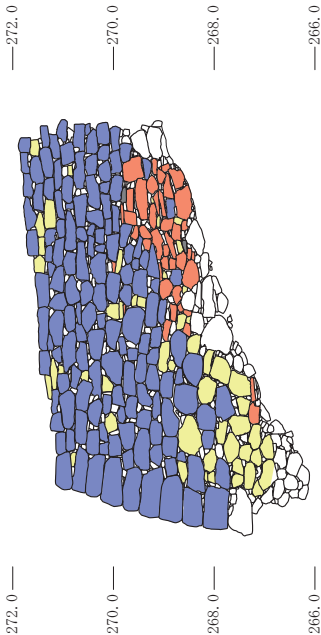
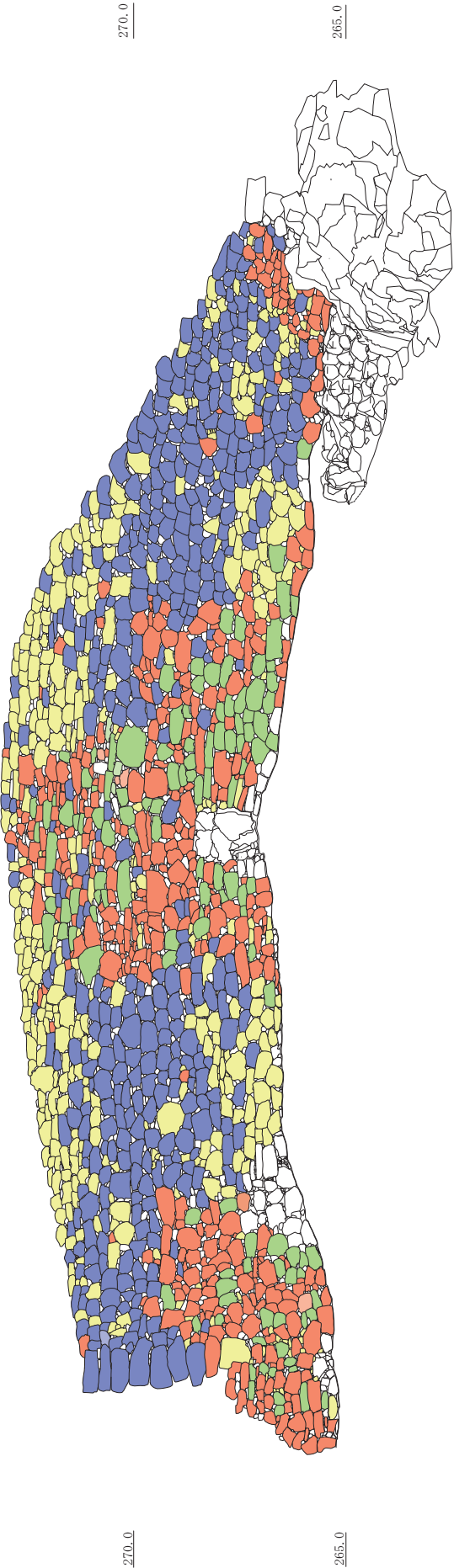


図 170 石積み修復後の図面②

【南側城壁城外側石積み】



【南側城壁城外側石積み (南端部)】

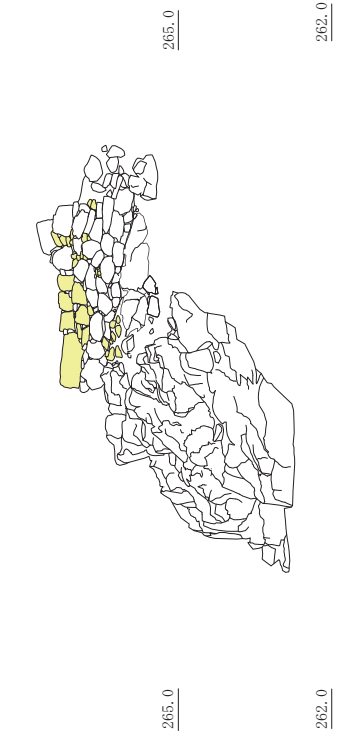


図 171 石積み修復後の図面③

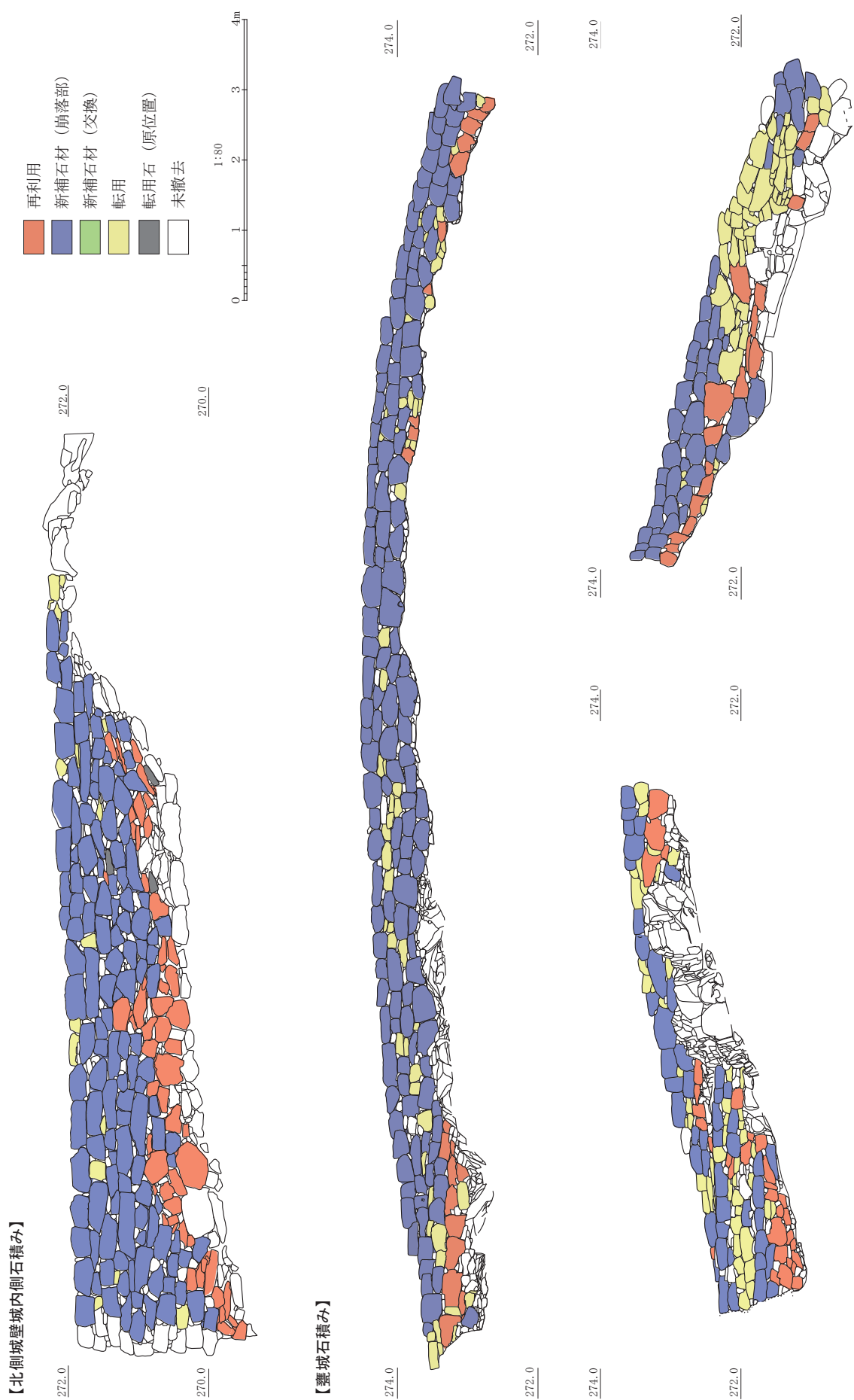


図 172 石積み修復後の図面④

【南側城壁城内側石積み】

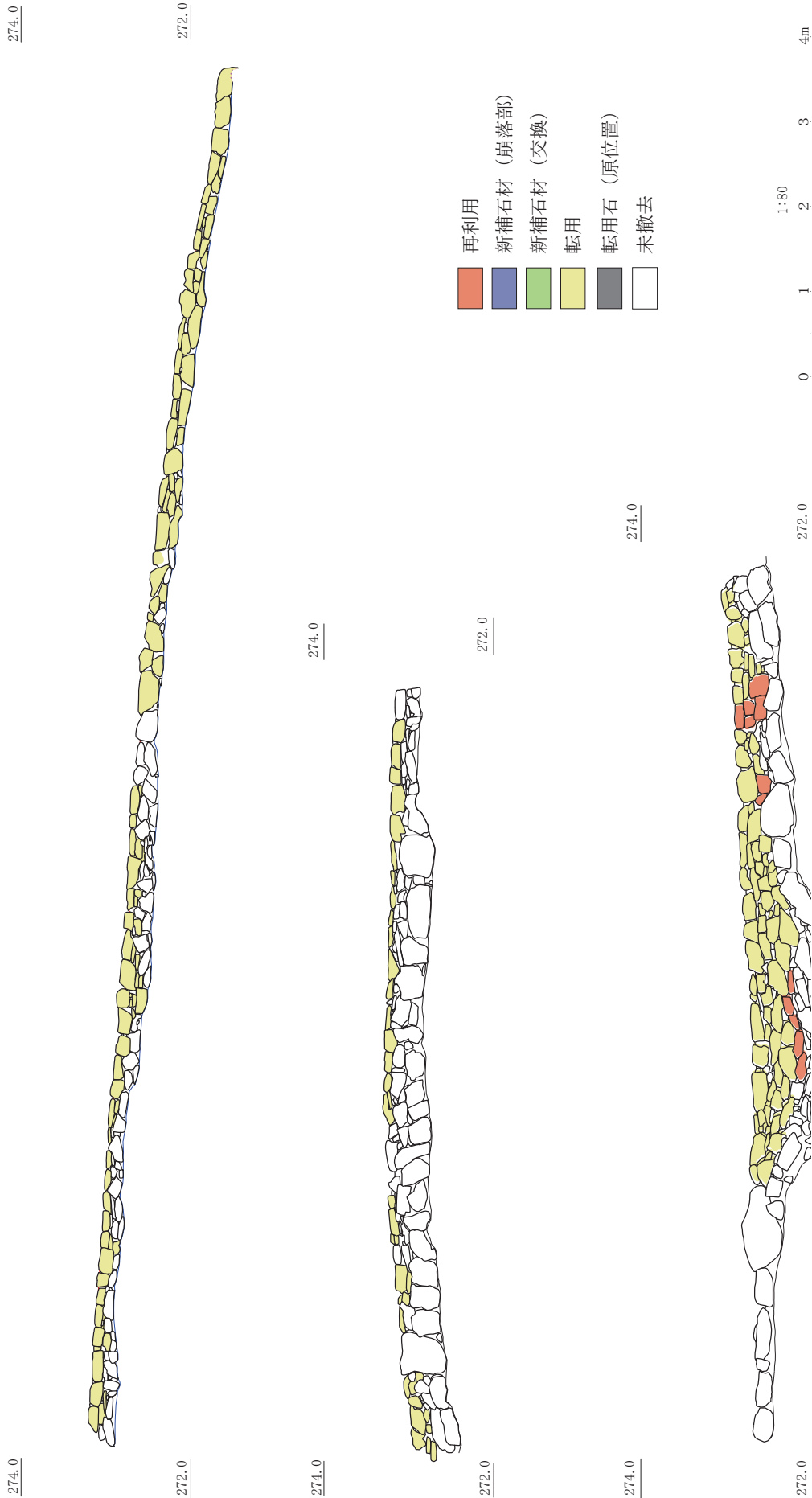


図 173 石積み修復後の図面⑤

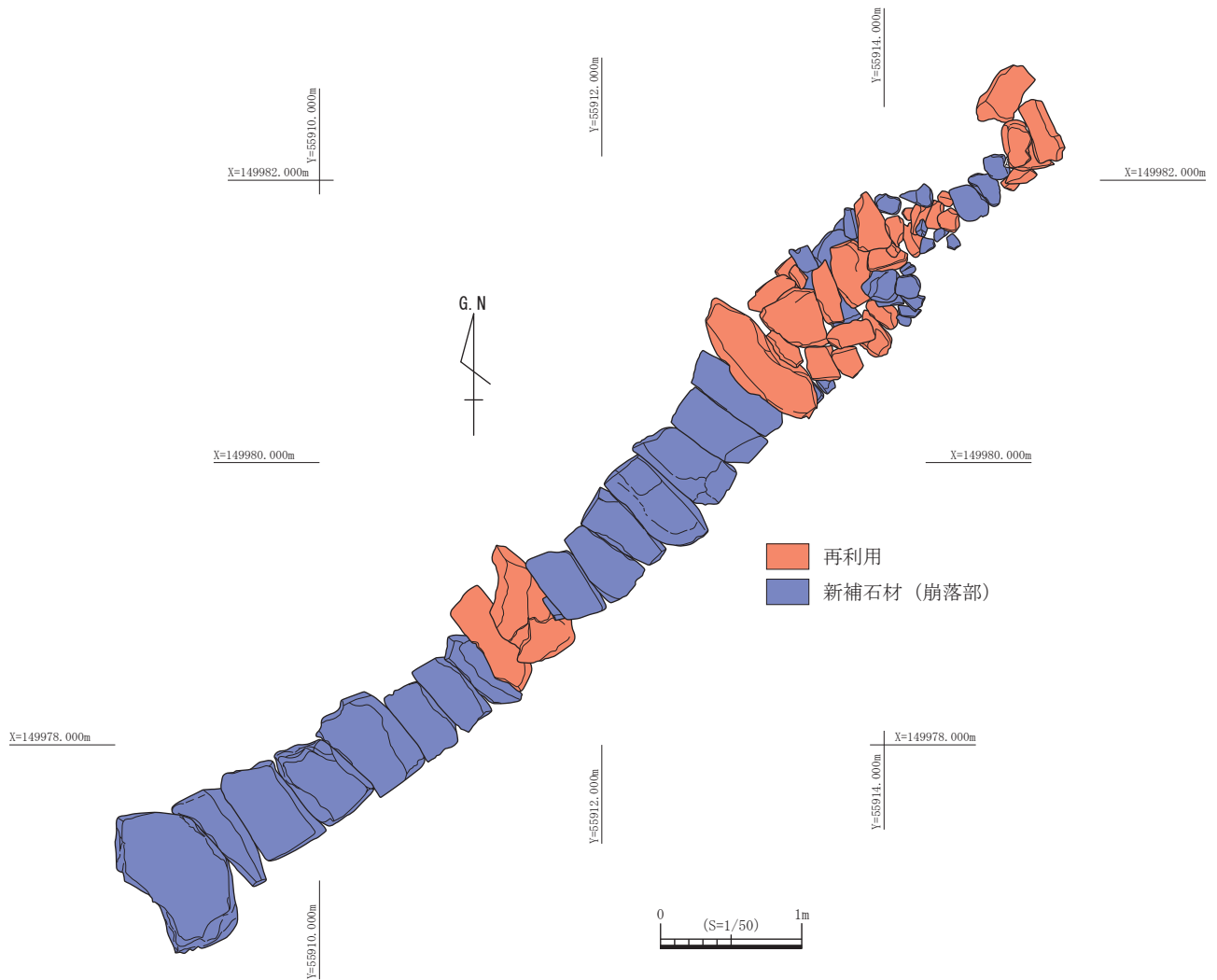


図 174 排水溝の蓋石修復後状況①

き、蹴上げを 28 cm とする 5 段の階段構造とした。門道の床面（上面）は、ほぼ遺存していなかったが、調査所見や金田城の南門や二ノ城戸等を参照して敷石とした。石材を敷詰めた後、石材間の空隙には、小礫を充填した後、表面は現地土に酸化マグネシウムを混合した土を用いて目地詰めを実施した。

（２）甕城（石積み）（写真 155 ～ 281）

城門及び城壁と一体となる防御施設で、古代山城、特に屋嶋城跡の特徴的な施設と言えるものである。屋嶋城跡については露岩を利用して甕城を構築しているが、岩の風化が著しく、現

状のままでの露出展示は耐えられない状態にあった。薬剤によって強化処理を施すことで風化の速度を減速させることは可能であることから、薬剤処理も検討したが、第 6 章のとおり、薬剤がほとんど含浸しないことが判明したため、断念した。また、維持管理を考慮すると、費用的な面から十分な手当を行い保存していくことは難しい。よって、覆土等により露岩を保全した上で、規模及び形状を表示することが適切であると考えた。不織布で被覆した上で、ラス網を設置し、表面に白モルタルに黄褐色の色粉を 0.5% 混ぜて、岩盤に近い色調にした。色粉の配合については、施工前に、25 パターン（白モル

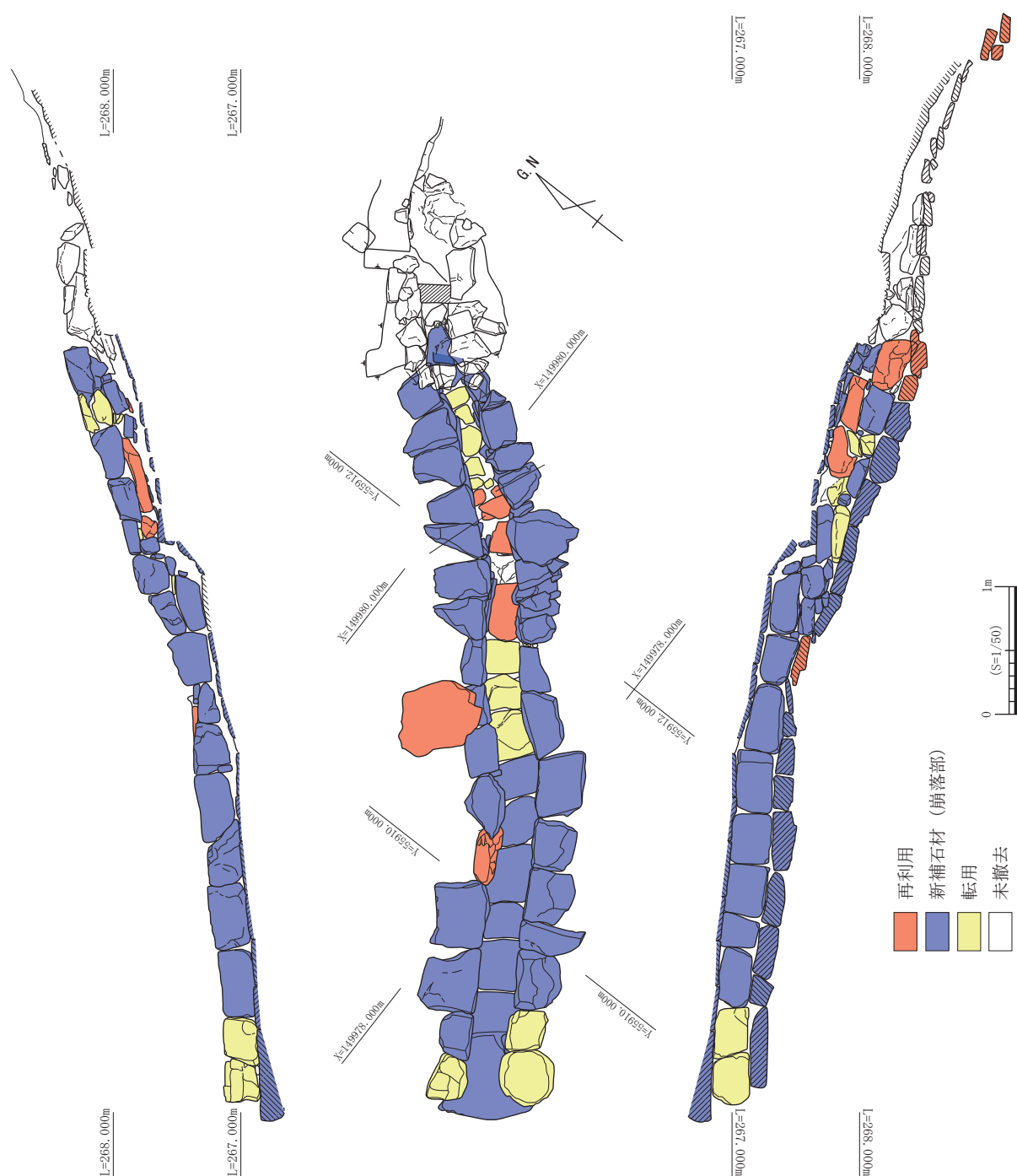


図 175 排水溝の蓋石修復後状況②

タル8パターン、普通ポルトランドセメント17パターン（土舗装4・5において白化現象が生じたことから、白化現象を抑えるアク止め剤を加えたものも含む）の色調サンプルを製作し、現地に設置して検討を行った上で決定した。

甕城を縁取る石積み（列石）については、多くの部分は消失していたが、環境整備工事にお

ける石積み部分の解体調査及び崩落石の撤去によって石積み構造であることが判明した。そのため、遺存していた石積みについては解体修理を行い、消失していた部分については復元を行った。石積みの高さについては、岩盤の高さと遺存していた石積み間のすり合わせと城門から見た時の石積みの見え方から検討し、石積みの高



写真 155 甕城石積み撤去状況（南西から）



写真 156 甕城石積み状況①（北東から）



写真 157 甕城石積み状況②（南東から）



写真 158 甕城石積み状況③（北から）



写真 159 甕城石積み完了状況①（南から）



写真 160 甕城石積み完了状況②（西から）



写真 161 甕城石積み完了状況③（北西から）



写真 162 甕城石積み完了状況④（南西から）



写真 163 土舗装③施工前凹地造成状況（南から）



写真 164 土舗装③施工前凹地造成状況（北から）



写真 165 土舗装③不織布敷設状況（南から）



写真 166 土舗装③ラス網敷設状況（南から）



写真 167 土舗装③吹き付け状況（北から）



写真 168 土舗装③サンプル



写真 169 土舗装③吹き付け状況②（北から）



写真 170 土舗装③吹き付け完了状況（北から）

さを決定した。基準とした甕城の両側（城壁と取り付く箇所）に残存していた石積みは、城壁と取り付く高さをもとに修復した。そのため、南側壁から取り付く甕城の石積みは城壁の復元の際に低くしたことから、本来的にはもう少し高かった可能性があるが、復元した両側壁の高さとの調整を図った。

調査時に指摘されていた土塁はこれまでの一連の調査及び工事では確認できなかったため、復元は行っていない。また、この石積みの背面に柵を設置し、見学スペースの縁石の役割も担うこととなった。

（３）背面列石

発掘調査で確認していた背面列石については、必要に応じて保全措置を講じた上で露出展示する予定であったが、甕城の部分とのすり合わせと見学スペースの平坦面の確保等から造成面が高くなったことから、現地での保存を図り、露出は行わないこととした。そのため、露出に伴う掘削作業も行わず、見学路の人止め柵の基礎設置に伴う掘削の立会及び事業地南端における確認調査を実施し、列石の展開する位置を確認して、遺構明示を実施した。したがって、消失区間の有無については、把握できていないが、以上の調査等に基づくならば、埋没した列石が残存しているものと考えられる。

（４）その他の遺構

整備工事の中で、甕城の内部において、隅丸方形状土坑を確認した。遺構の性格を調査の中で確定することができなかったため、本事業では埋め戻しを行い、プレートにて表示のみを行った。

D 環境整備工事

環境整備工事では、城壁修復工事において実施した仮設ヤードなどの撤去、樹木の伐採等多岐にわたる工事を実施したが、ここでは、施設整備に関する工種のみを抽出し、詳説しておく。

なお、本工事の中で、甕城の石積み修復、列石の遺構明示、門道復元工等の遺構復元整備工を実施したが、内容の詳細については、その他の遺構保存整備工事において既述している。

（１）城門及び城壁周辺

ア）敷地造成工及び法面工

城外側については流土を撤去し、谷側にめっきかご柵を設置して造成を行い、見学スペースを整備した。

雨水等の排水対策として、第３章で既述したとおり、保安林解除に伴う代替施設として、城外側の斜面部に谷側へと流下する水の勢いを和らげるとともに洗掘防止のため、じゃかごを設置した。城内側には、遺構の外側（山頂側）に土堤を築き、城門遺構の山側（背面）から流れてくる雨水を一定量貯留し、下流へと流れるのを一定期間遅らせるための施設を設けた。

この他、城内側や見学路①の切土によって発生した法面や既述した土堤の法面については、早期の植生の回復による法面の安定化と景観の回復をはかるため、植生マットを設置した。

イ）園路広場整備工

【土系舗装】

見学スペースの表面仕上げ及び城壁天端の保存として土舗装及び樹脂系舗装を実施した。城外側の見学スペースは土舗装１・２、甕城の岩盤部分は土舗装３、城壁天端及び城壁から背面列石までの範囲は土舗装４・５、見学路①から連続する城内側の見学スペース及び園路は樹脂系舗装を実施した。なお、土系舗装３は甕城の整備において既述している。

土舗装１・２

真砂土にセメント等を配合した舗装剤（ビゼンソイル）を使用して、見学スペース及び城壁とのすり合わせ部分の表面仕上げを実施した。斜面及び平坦面を一体的に舗装するために葎き付けによって実施した。

土舗装４・５（写真 203 ～ 206）

当初、現地土（崩落土）を用いて城壁天端部



図 176 整備範囲全体平面図 (S = 1 / 1, 000)

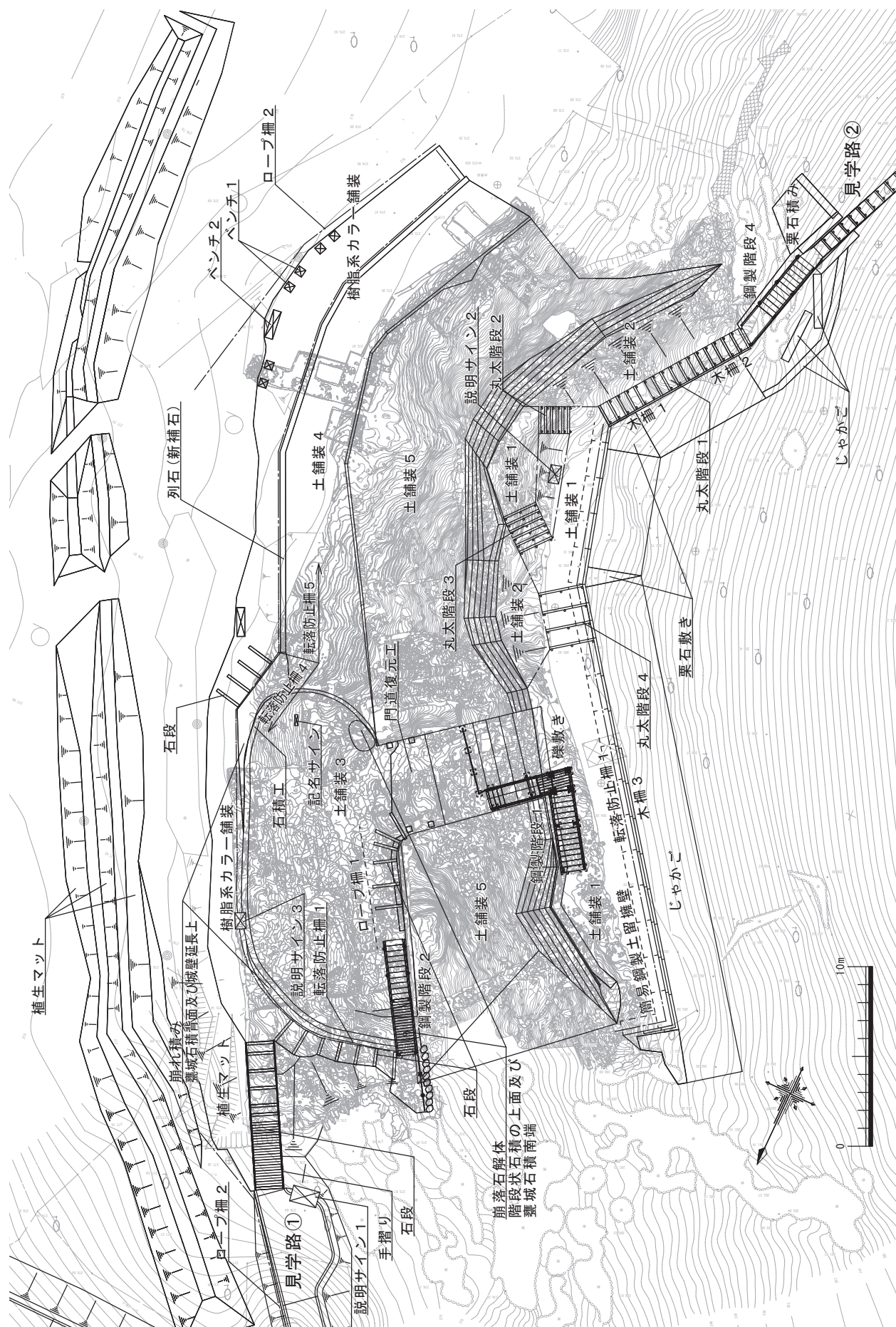
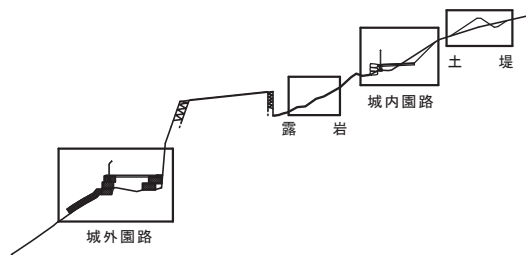


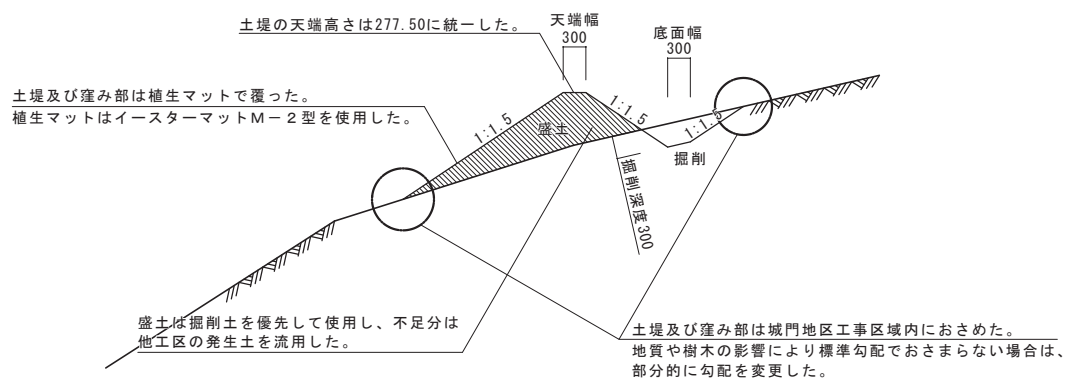
図177 城門地区平面図 施設配置図 (S = 1/300)

【断面NO.5 S=1/300】

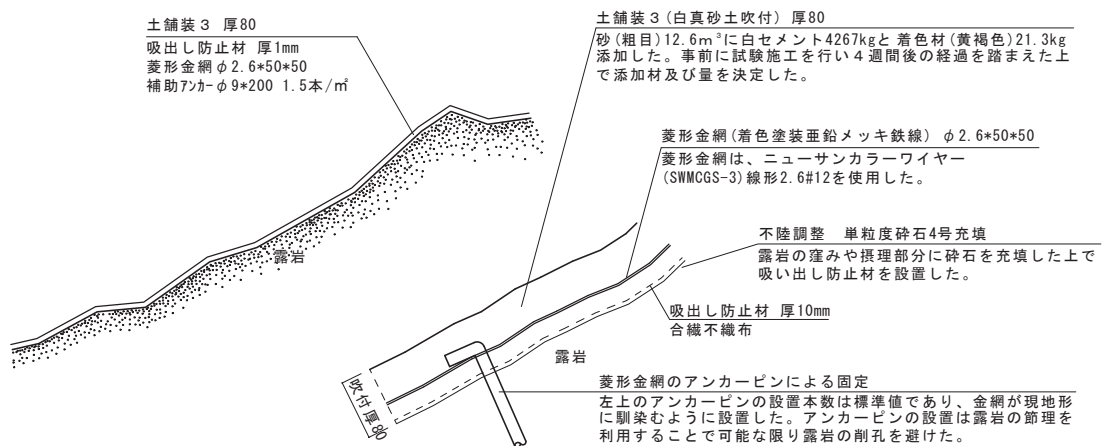


施工上の注意点

作業の支障となる樹木を伐採・除根して、小型重機により造成した。
掘削範囲内から露岩が出てきた場合は、それ以上の掘削は取りやめた。
造成後は人力により法面を整形して、最後に植生マットを敷設した。



土堤部標準断面図 S=1/100

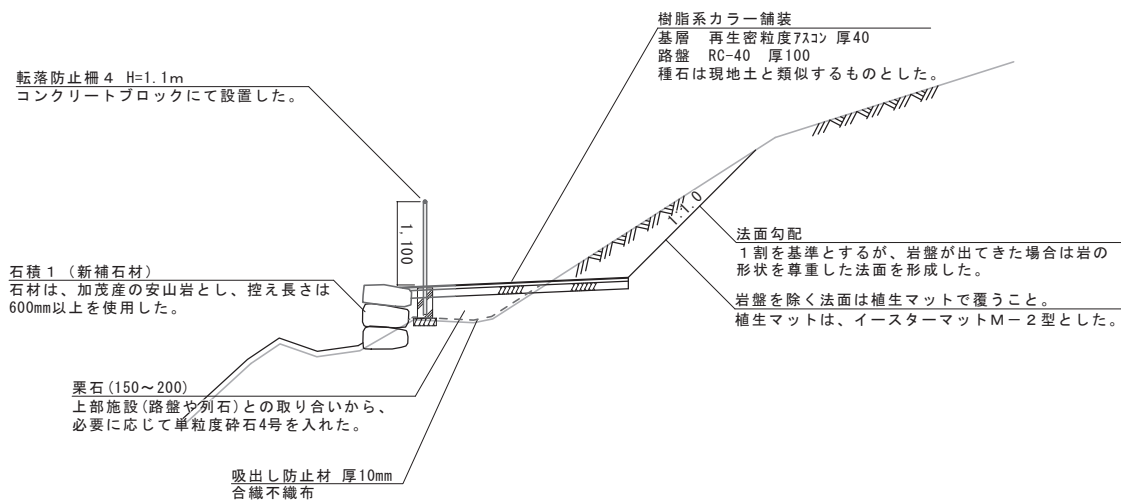


露岩部標準断面図 S=1/100

土舗装詳細図 S=1/10

図 178 城門地区標準断面図①-あ

【城内園路部標準断面図 S = 1 / 1 0 0】



【城外園路部標準断面図 S=1/100】

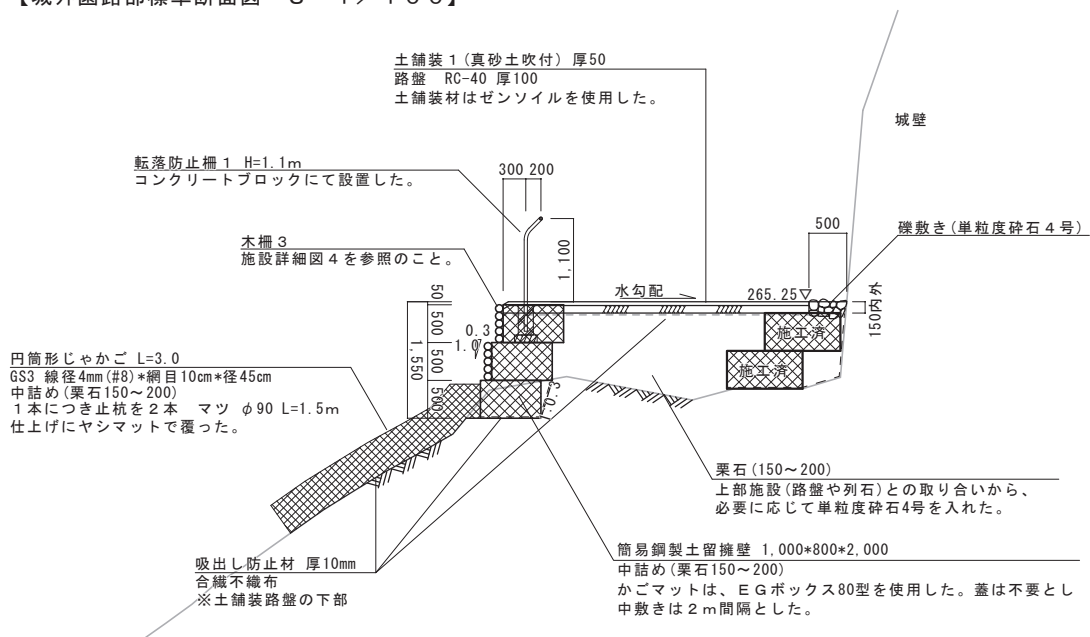
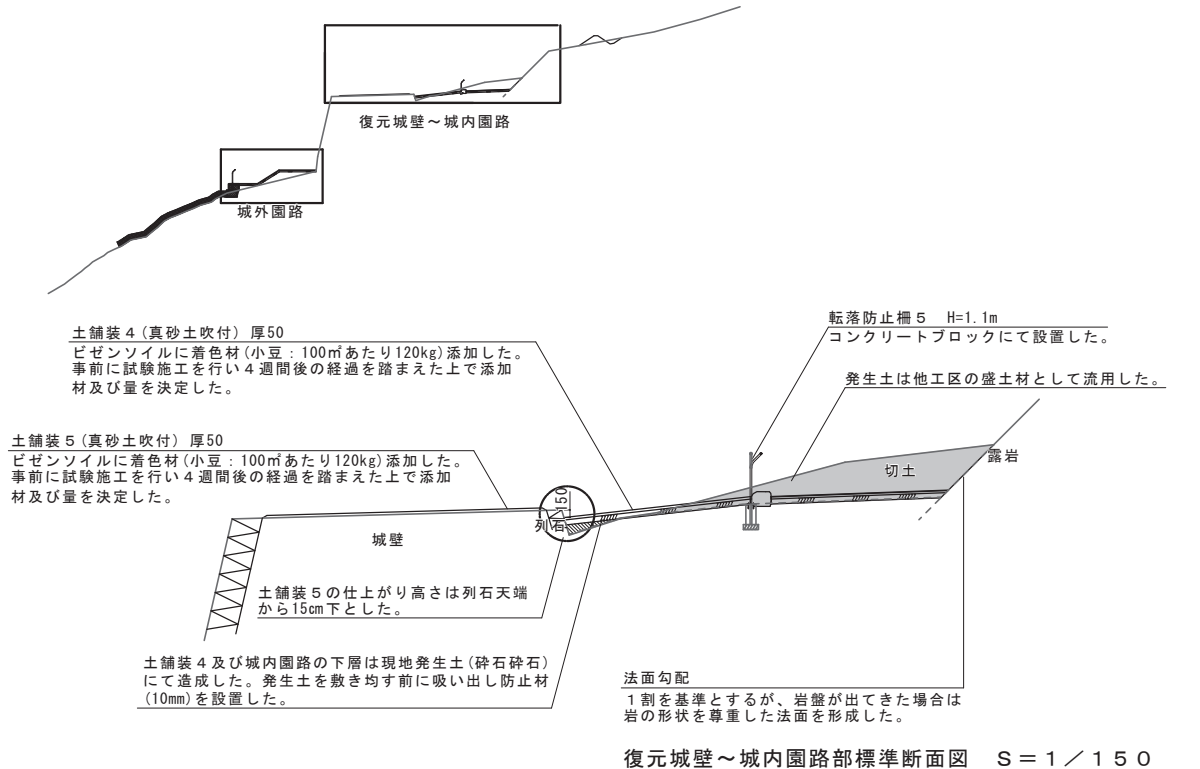


図 179 城門地区標準断面図①-い

分の保護のために土舗装④⑤を実施する予定で、工事に先立ち、サンプルを作成し、現地での経過観察を実施した。しかし、セメント系の配合剤によって色調が大きく変化することと、製作後早い段階にひび割れが生じ、強度に問題があ

ることが判明した。そのため、現地土での施工を断念し、土舗装1・2で使用した舗装剤（ビゼンソイル）に色粉を配合し、現地土の色調や風合を再現し、城壁天端の保護を行うこととした。まず、色調を検討するため、16パターンの

【断面NO. 13 S=1/300】



復元城壁～城内園路部標準断面図 S = 1 / 150

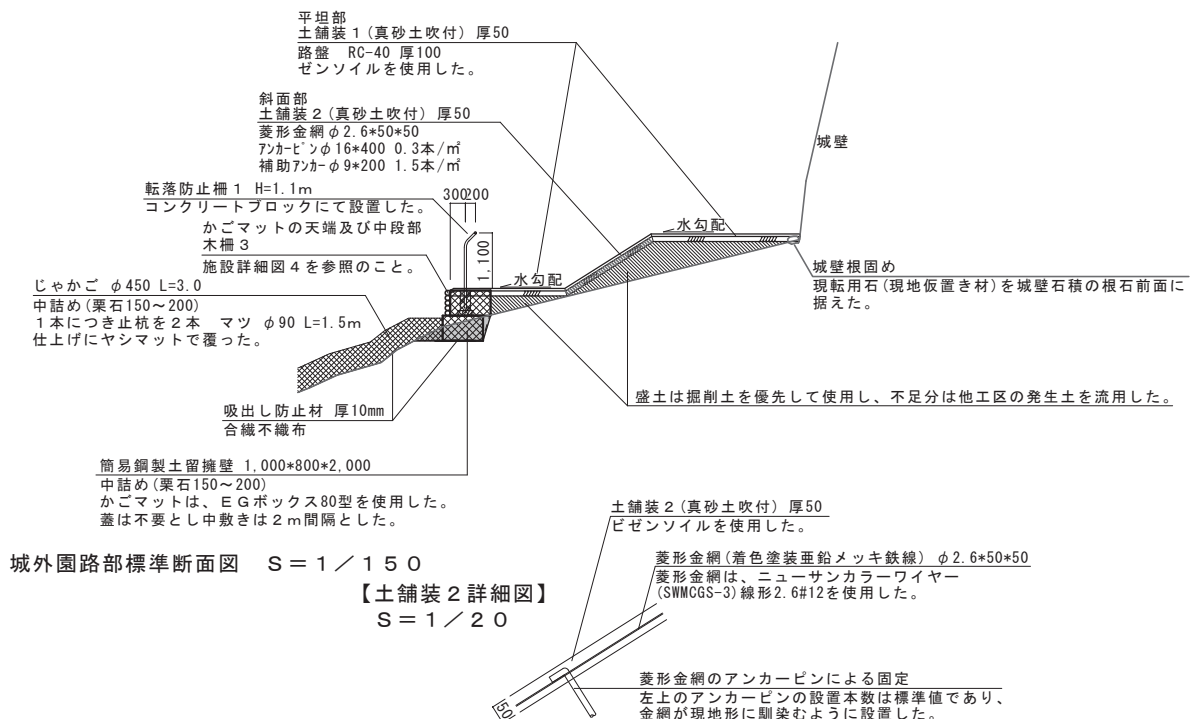
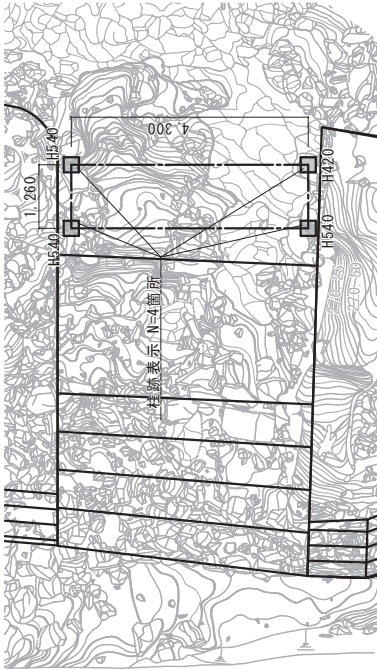


図 180 城門地区標準断面図②

配合を実施し、その中で色調が最も近い2パターン（茶色20%+ベンガラ色3%、小豆色20%）を抽出し、さらにそれらに別の色粉を配合したものを各4パターン作成し、現地で天候や気温

の変化による色調や強度に関する観察を行った。その結果、小豆色 20% に黒色 2% で配合したものが最も現地土に近い色調であり最適であると判断した。その結果を受けて、色粉の配合方法(小

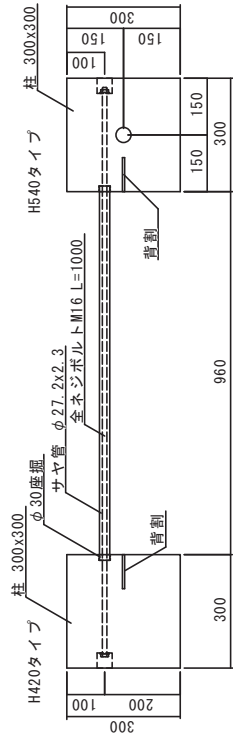
【柱 跡 表 示】



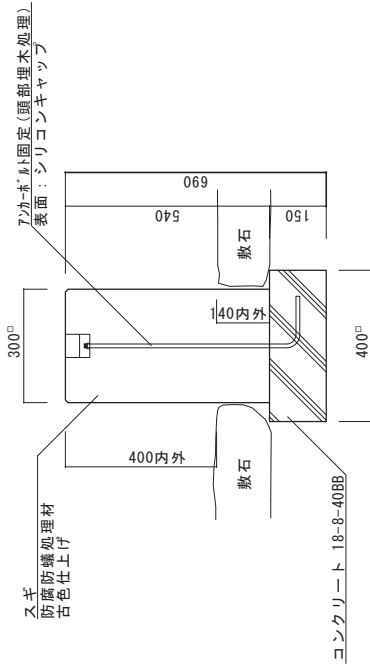
門遺平面図 S=1/150

柱表示の仕様

木材 木材は国内産杉材（ブレード加工）を使用した。
木材は薬剤注入に適するように天然、又は人工乾燥処理を行った。
木材は全て加工後、AZMAハンナ社7EC030木材保存剤を加圧注入処理した。
なお、加圧注入方法はJIS A 9002とした。
ボルト類 ボルトは、特記無き限り、溶融亜鉛メッキとした。

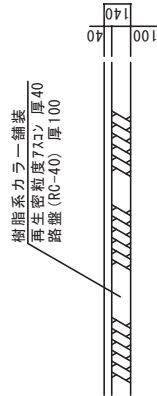


平面図 S=1/20



H540タイプ断面図 S=1/20

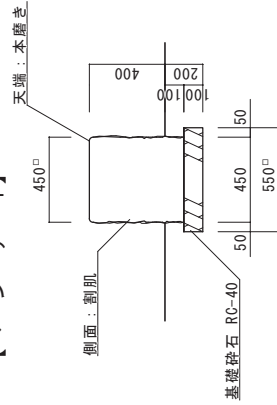
【樹脂系カラー舗装】



断面図 S=1/40

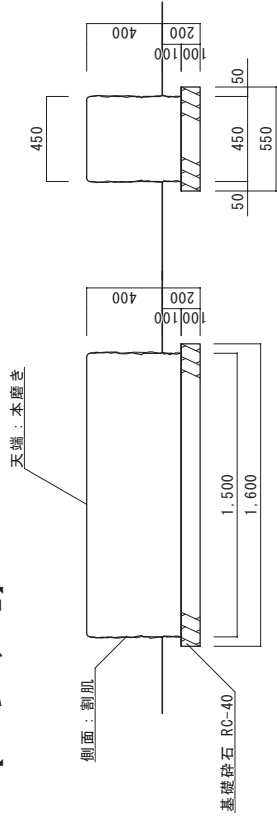
※種石は現地土と類似するものとした。

【ベンチ 1】



立面図 S=1/40

【ベンチ 2】



立面図 S=1/40

側面図 S=1/40

ベンチ 1・2仕様
石材は国内産花崗岩（白系）とした。

図 181 城門地区施設詳細図①

【鋼製階段 1】

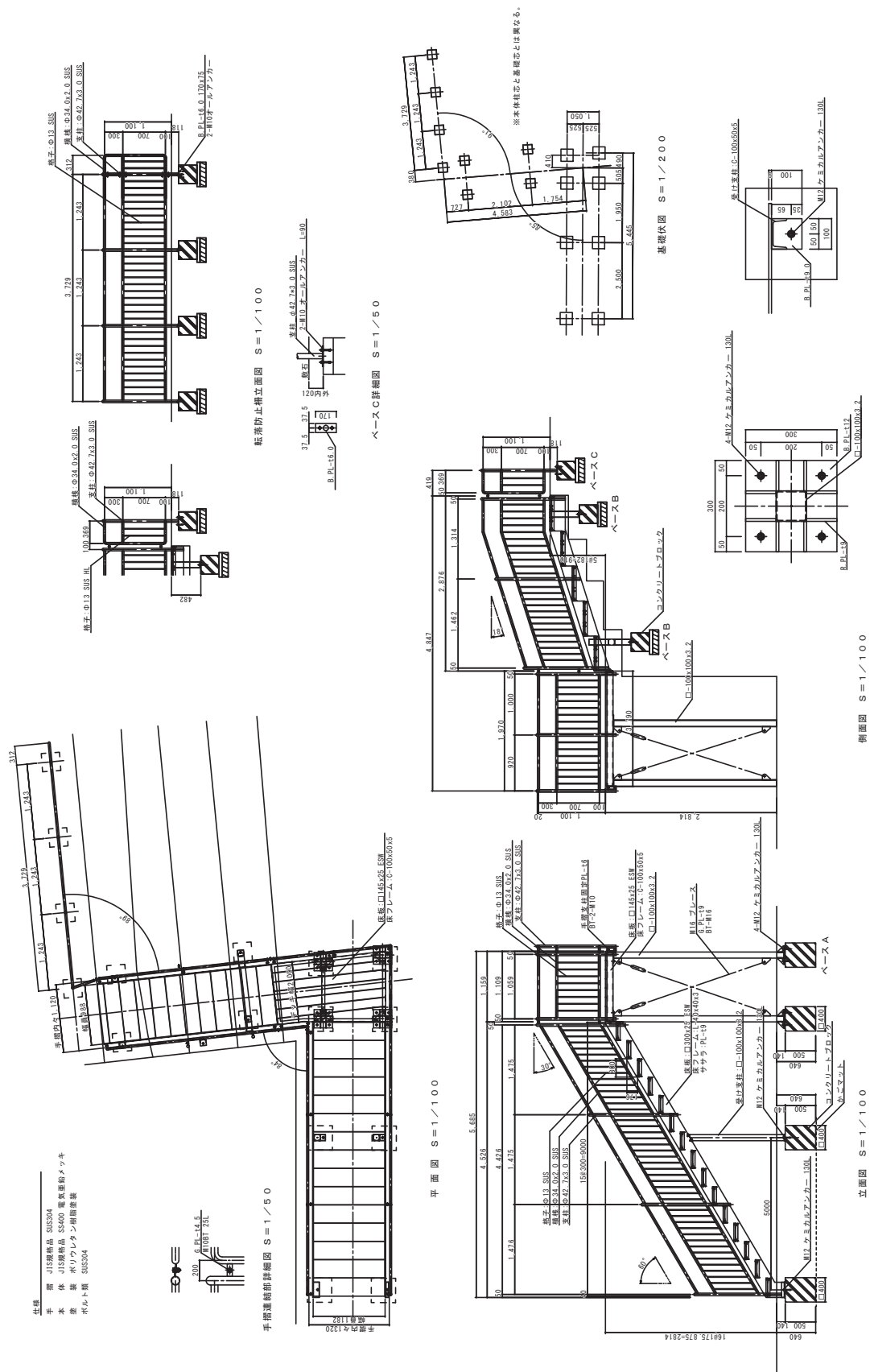
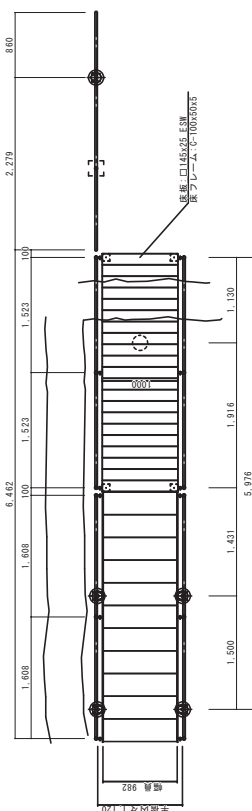
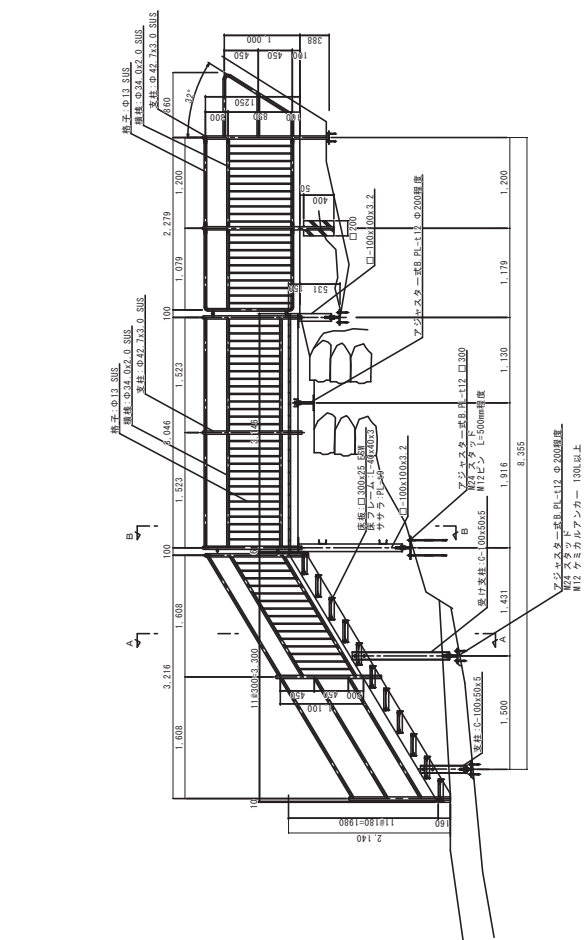


図182 城門地区施設詳細図②

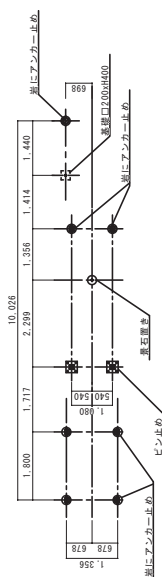
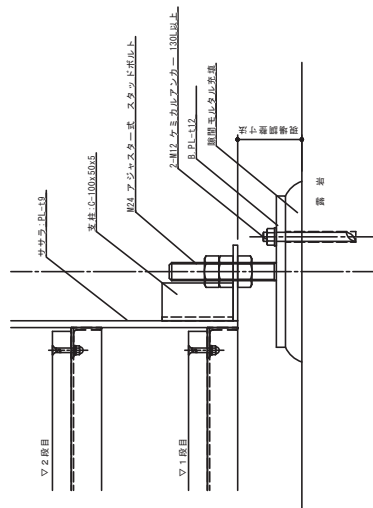
【鋼製階段2】

平面図 $S=1/100$ 

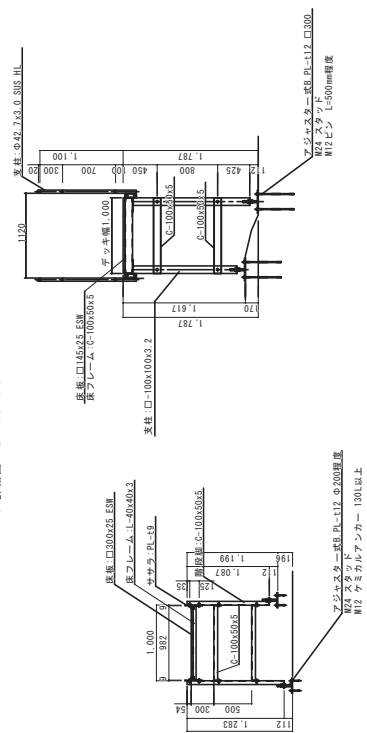
立面图 $S=1/100$

仕様	
手摺	JIS規格品 SUS304
本体	JIS規格品 SS400 電気重鉛メッキ
包装	ポリウレタン樹脂塗装
ボルト類	SUS304

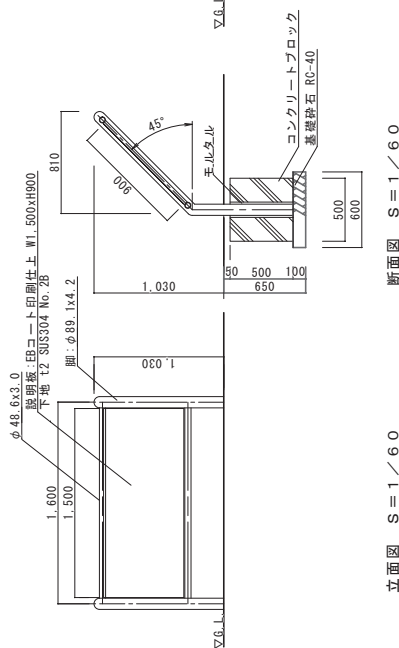
図183 城門地区施設詳細図③

柱伏圖 $S=1/200$ 

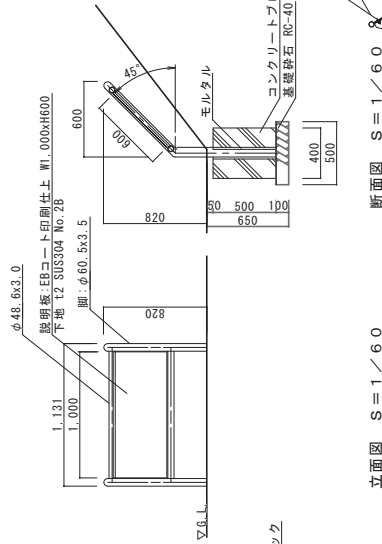
ベース詳細図 S=1/10



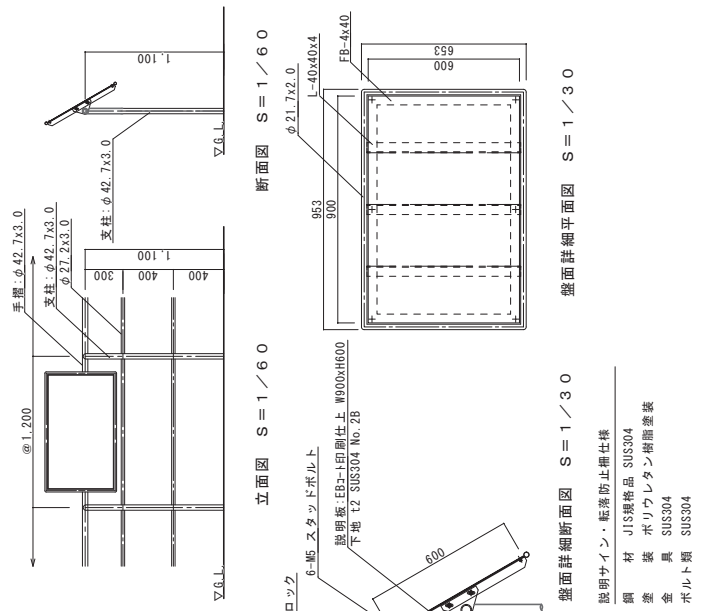
【説明サイン1】



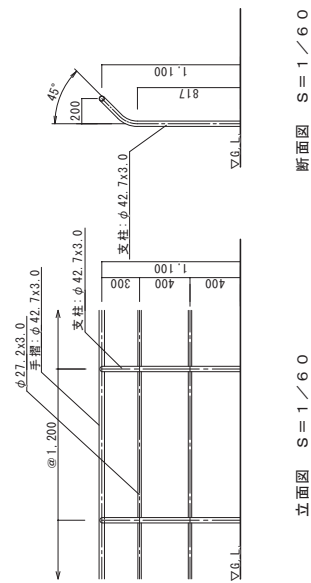
【説明サイン②】



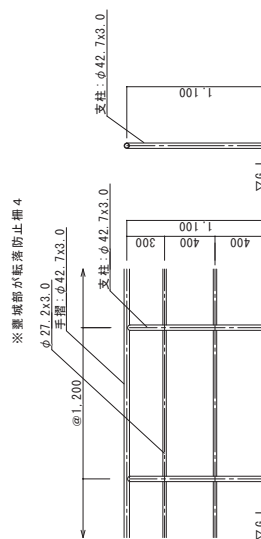
【説明サイン3】



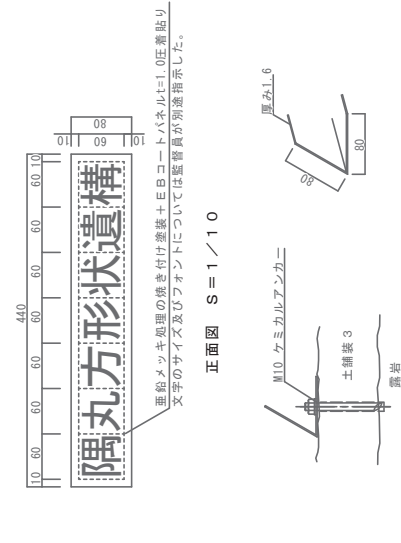
【転落防止柵 1・2】



【転落防止柵 4・5】



【記名サイハ】

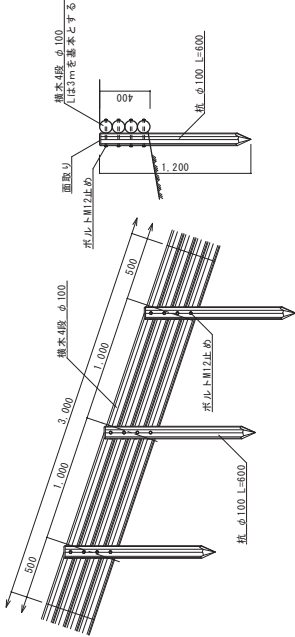


基礎詳細図 S=1/25

基礎詳細図 S=1/25

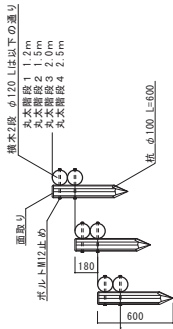
図184 城門地区施設詳細図④

【木 柵 1】

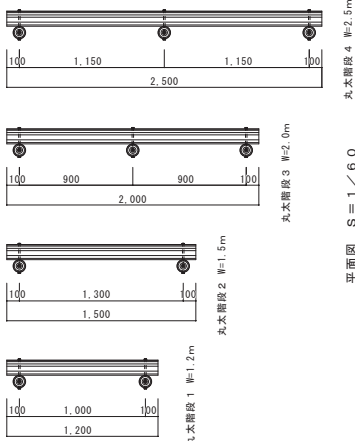


立面図 S=1/60

【丸太階段 1～4】

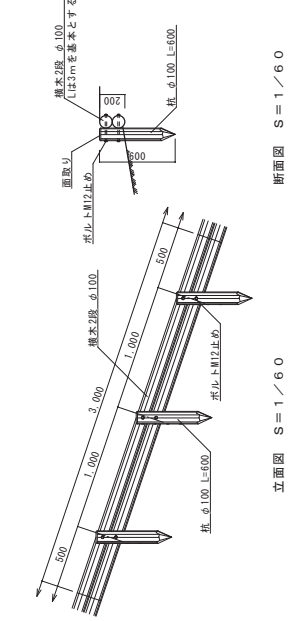


断面図 S=1/60



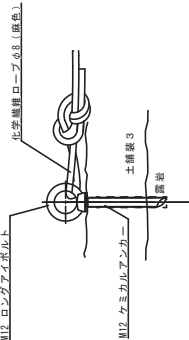
本欄及び丸太階段の仕様
木材 材料は国産産材（杉・ヒノキ）を使用した。
本材は事前に加工し、乾燥させた。乾燥後、木材の含水率を測定し、必要に応じて乾燥処理を行った。
なお、加工方法はJIS A 9002とした。
ボルト類 ボルトは、特記無き限り、滑車用ボルトとした。

【木 柵 2】



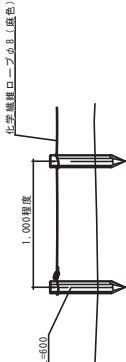
断面図 S=1/60

【ロープ柵 1】



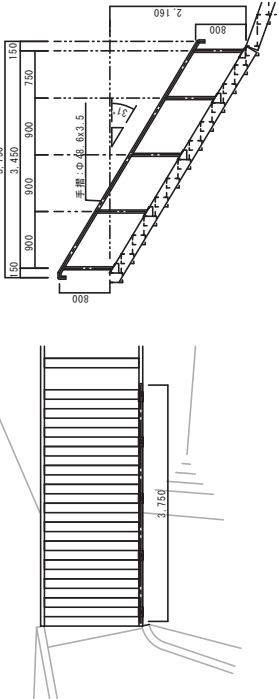
断面図 S=1/10

【ロープ柵 2】



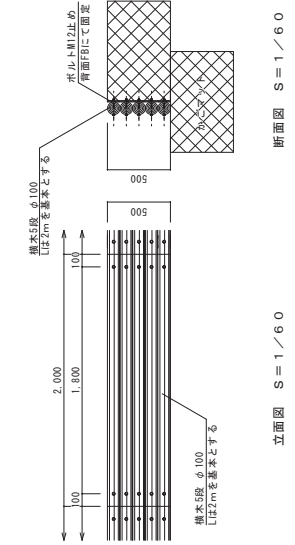
側面図 S=1/60

【手摺り】



平面図 S=1/120

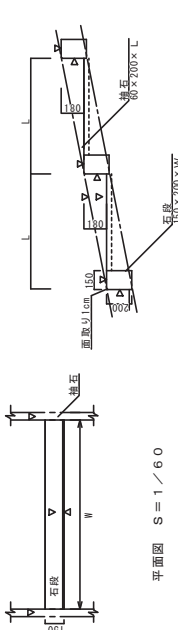
【木 柵 3】



立面図 S=1/60

断面図 S=1/60

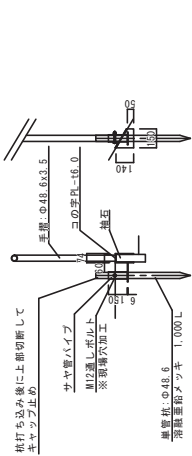
【石段・袖石】



平面図 S=1/60

断面図 S=1/60

袖石・石段仕様
石材は国産産材（白系）とした。
▽ピシヤン仕上げ



枕部詳細図 S=1/60

図 185 城門地区施設詳細図⑤

【誘導サイン】

見學路①標準図

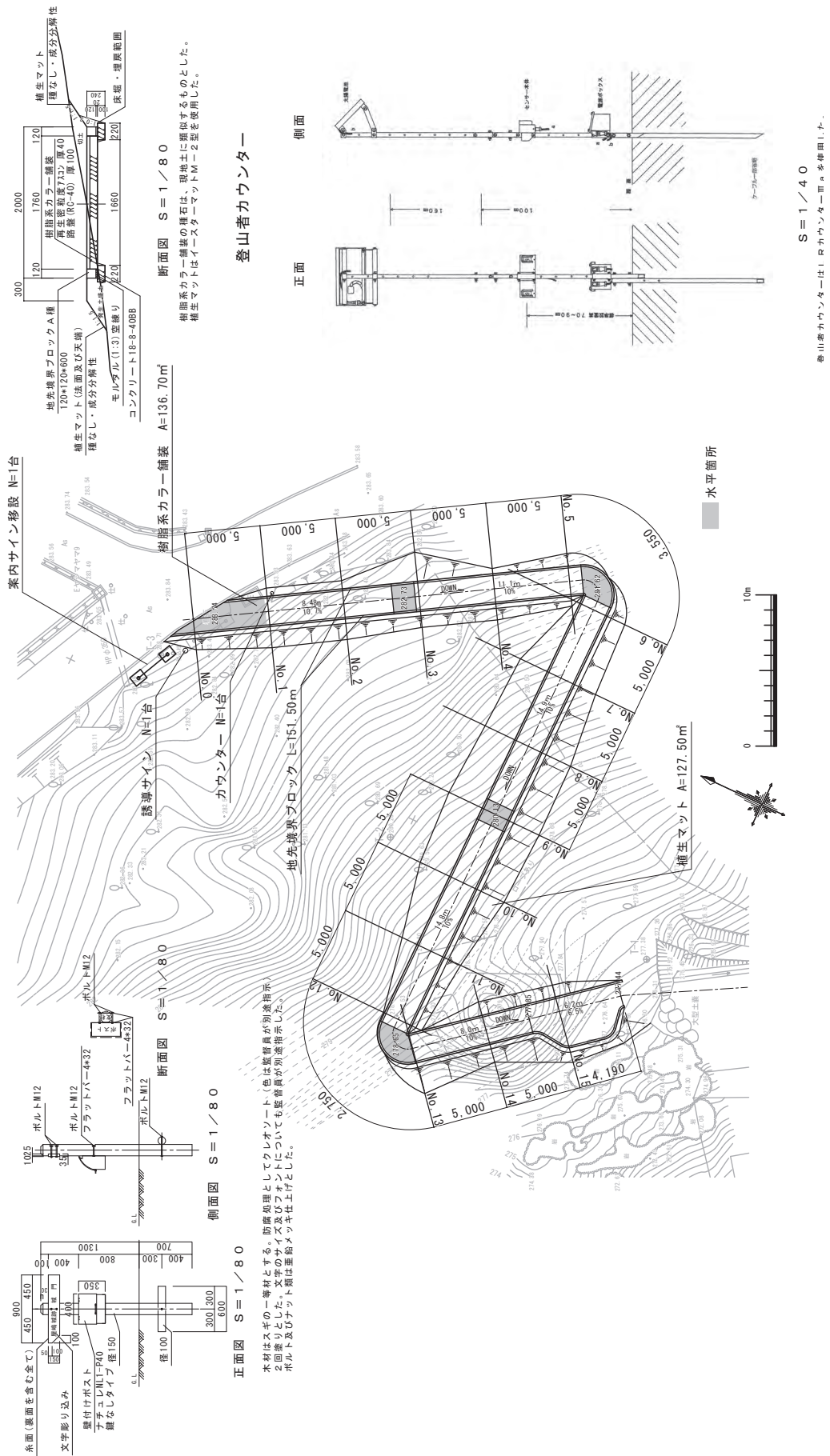
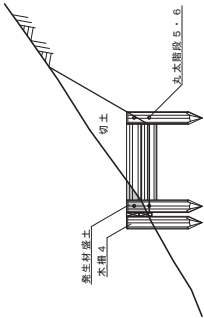


図186 見学路①平面図

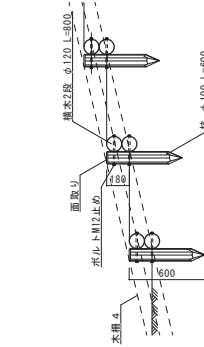


図187 見学路②平面図

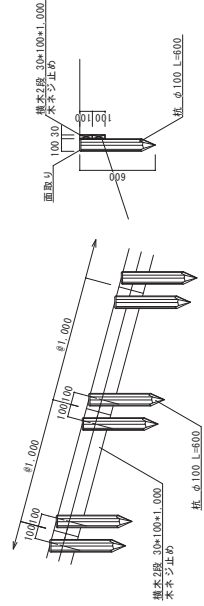
【見学路②標準図】



【丸太階段 5・6】



【木 柵 4】



断面図 S=1/60

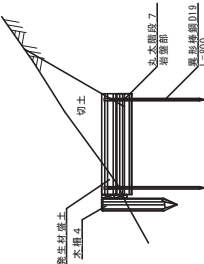
縦断面図 S=1/60

平面図 S=1/60

立面図 S=1/60

断面図 S=1/60

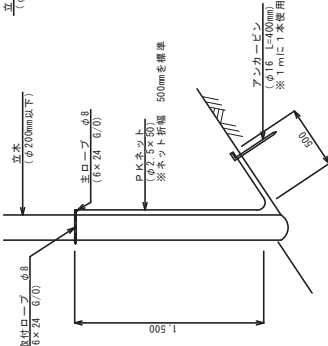
【丸太階段 7】



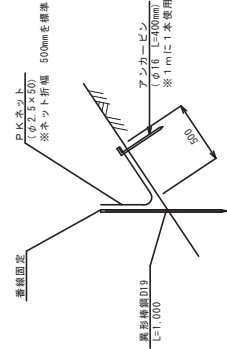
断面図 S=1/60

縦断面図 S=1/60

【落石防止ネット 1】



【落石防止ネット 2】



丸太階段 5・6 及び本柵 4 の仕様
木材 木材は国内産杉材（木材は「りん」加工・丸太材は「りん」加工）を使用した。
丸太階段 5・6 の仕様は「りん」加工・丸太材は「りん」加工を使用した。
本柵 4 は全て加工後、AZMA・シナ・EG030 本体保存剤を加圧注入処理した。
なお、加工方法は JIS A 9002 とした。
ボルト類 ボルトは、特記無量限り、滑融基防めっきとした。

図 188 見学路② 詳細図①

【鋼製階段 4】

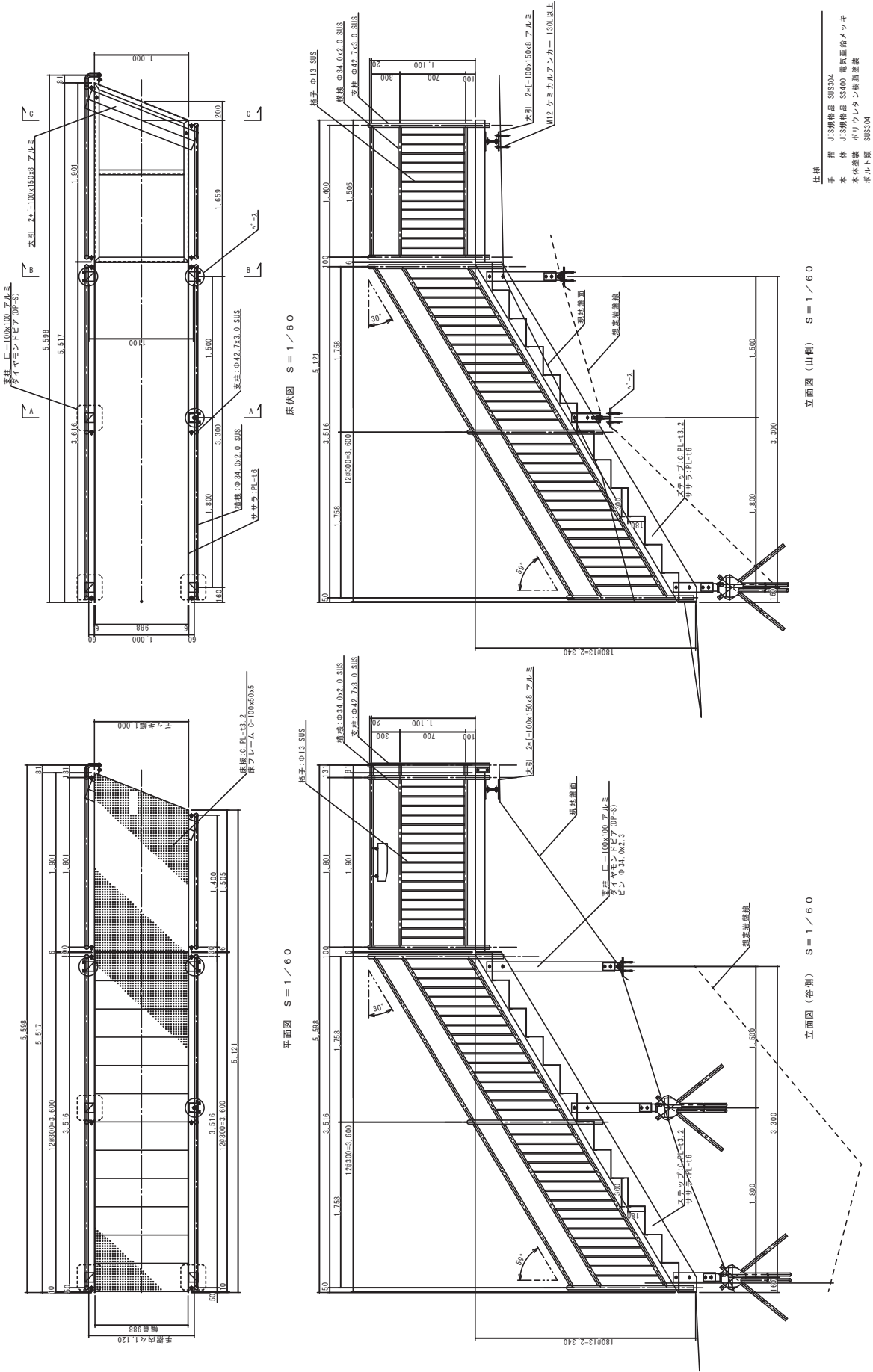


図 189 見学路② 詳細図②

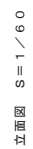


図190 見学路② 詳細図③

【鋼製階段4】

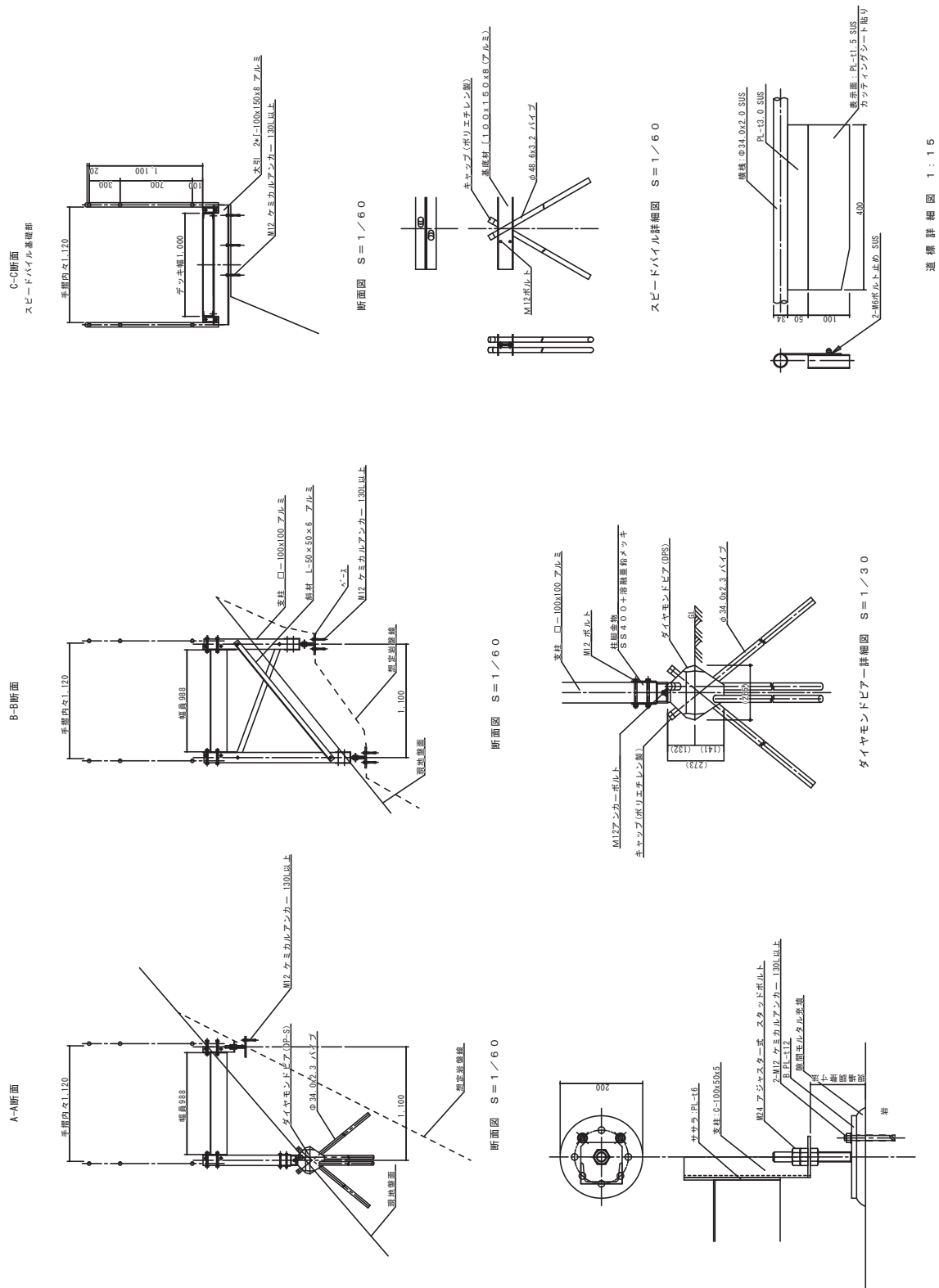
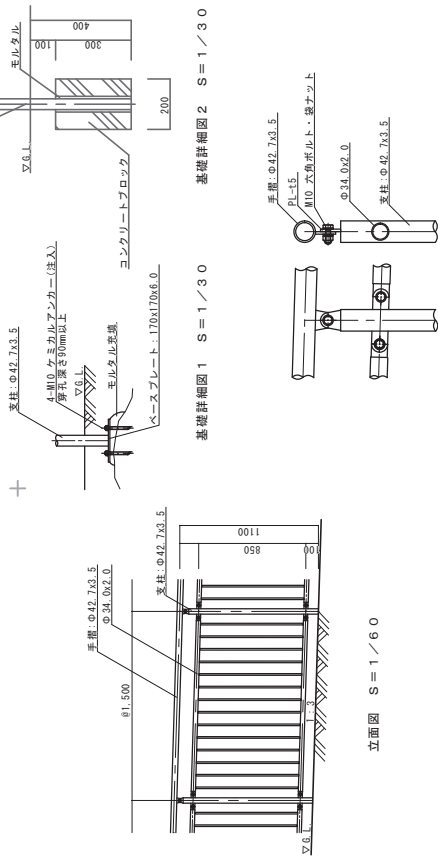


図191 見学路② 詳細図④



平面図 S = 1 / 300

【転落防止柵 3】



【説明サイン 4】

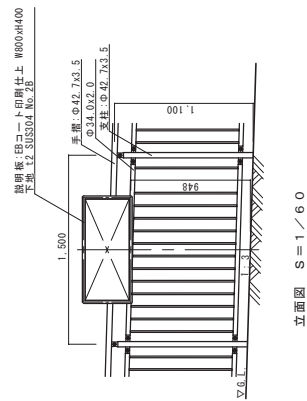


図 192 展望所平面図及び施設詳細図

仕様	材料	JIS規格品	SUS304 HL
	鋼材	SUS304	
	ボルト類	SUS304	
	塗装	ポリウレタン樹脂塗装	



写真 171 環境整備工事着工時（南から）



写真 172 城外側造成状況（南から）



写真 173 城外側めっきかご枠設置状況（南から）



写真 174 城外側造成状況（北から）



写真 175 じゃかご設置状況①（東から）



写真 176 じゃかご設置状況②（南から）



写真 177 ヤシ系マット施工状況（南から）



写真 178 城外側階段設置状況（北西から）



写真 179 城壁根固め状況（南西から）



写真 180 転落防止柵設置状況（南から）



写真 181 鋼製階段設置状況（北から）



写真 182 土舗装2ラス網設置状況（南西から）



写真 183 土舗装1・2施工状況（北東から）



写真 184 土舗装1・2施工完了状況（北から）



写真 185 城外側施工完了状況（南から）



写真 186 城外側施工完了状況（西から）



写真 187 眺望点整備状況①（北から）



写真 188 眺望点整備状況②（南から）



写真 189 眺望点整備完了状況（北から）



写真 190 眺望点からみた城門遺構（西から）



写真 191 作業ヤード撤去状況（北から）



写真 192 城内造成状況①（南から）



写真 193 城内造成状況②（南から）



写真 194 城内造成状況③（東から）



写真 195 城内造成状況④（北から）



写真 196 背面列石遺構明示工（北東から）



写真 197 背面列石遺構明示工（北から）



写真 198 城内造成完了状況①（南東から）



写真 199 城内造成完了状況②（北から）



写真 200 人止め柵設置状況（南から）



写真 201 植生マット設置状況（南から）



写真 202 植生マット設置完了状況（南から）



写真 203 土舗装④⑤サンプル（当初）



写真 204 土舗装④⑤サンプル（最終）



写真 205 土舗装④⑤施工状況（北から）



写真 206 土舗装④⑤完了状況（南東から）



写真 207 城内舗装完了状況①（北から）



写真 208 城内舗装完了状況②（南から）



写真 209 ベンチ設置状況（南から）



写真 210 門柱設置状況（北西から）



写真 211 階段設置状況（北から）



写真 212 階段設置完了状況（北東から）



写真 213 植栽完了状況（南東から）



写真 214 土堤部施工状況①（北から）



写真 215 土堤部施工状況②（南から）



写真 216 城内舗装状況（北から）

豆色 20%に黒色 2%と小豆色 20%を実施) やサンプルでは分かりにくい施工後の色調変化を検討するため、施工のための試験施工を実施した。その結果、最も最適であると判断した配合のものは、黒色の色粉の配合に伴う白化現象が著しく、施工後に大きく色調が変化することが明らかとなった。そのため、最終的に黒色の混合を取りやめて小豆色 20%で実施することとした。

【樹脂系舗装】

雨天時やその翌日等は雨が山側から染み出てくることから、滑りにくく、かつ現地土の色調に近いものとして、樹脂系カラー舗装を実施した。舗装は滑り止め舗装用バインダーを用いて舗装面と硬質骨材(紅サンゴ)を締結するニート工法による滑り止め舗装(リブカラー)を実施した。非常に滑りにくく、現地になじんだ風合いとなった。

【階段工】

事業地は傾斜地に位置しており、段差が大きいことから、各所に見学用の階段を設置した。

城外側の見学スペースは、斜面に位置することから、見学者が歩きやすいよう、なるべく平坦地を設けることとし、高石垣周辺は最も高低差が生じる場所であったため、木製の階段を設置した。見学路②へと下っていく箇所も地形に合わせて木製階段を設置した。

城内から城外への移動については、城門を通るルートとし、甕城から城門へ下りていく本来のルートを採用した。そのため、大規模な段差が生じる甕城から城内へ下りる箇所と城門から城外へと下りる箇所に鋼製階段を設置した。また、見学者が懸門から滑落等しないように、城門から下りる階段と一体構造となった柵も設置した。城外へと下りる階段の設置箇所については、城外からみた際の城門の景観に関して議論があった。高低差といった周辺地形等を考慮するとともに、城門本来の機能を復元するために、城門を通るルートとした。なるべく細身の構造とし、かつ維持管理を考慮して耐久性のある鋼製階段として表面は景観色(こげ茶系)とした。

城内側の斜面部(見学路①から城内、甕城周辺、鋼製階段から城門)には、当初、擬木での階段設置を予定していたが、甕城周辺の設置箇所周辺に遺構が良好に残るとともに、岩盤の凹凸等によって大規模な掘削ができないことが判明したことから、設置において現地の改変が小規模で、現地調整が可能で、かつ安定性のあるものへの変更が必要となった。そのため、材質を石へと変更し、全体の統一を図った。

【柵工】

見学者の安全と立ち入りを禁止するため、城壁前面(城外側)の見学スペース、城門箇所及び甕城の周囲に転落防止柵を設置した。城内側については、転落防止柵を延長させ、城壁への立ち入り禁止のための人止め柵として設置した。景観への配慮と維持管理を考慮して耐久性のある鋼製の柵とし、表面は景観色(こげ茶系)とした。

【サービス施設整備工】

城内側の城壁背面のスペースに、休憩用の施設として、ベンチを設置した。整備後の維持管理を考慮し、花崗岩製(庵治石)とした。その他、見学路①の終点(城内側)、甕城、城外石積みの3箇所に説明サインを設置した。

ウ) 植栽

工事用の仮設道や資材置き場として使用していた箇所の森林復旧のため、保安林の基準にそって植栽を行った。植栽にあたっては屋島山上に現在自生している樹種とし、季節感等も考慮し、来訪者の休憩のためのベンチ周辺にヤマザクラやヤマモミジを植え、仮設道部分については、早期の森林復旧を目指しアカマツやウバメガシなどの樹種を植えた。この他、コナラ、アベマキ、クヌギを植えている。

(2) アクセス見学路

ア) 見学路①

山頂の遊歩道から城門遺構を結ぶもので、管理道としても活用する。遊歩道側の起点は旧屋島山上駅からの遊歩道が分岐する地点とし、城



写真 217 見学路①造成状況①（南から）



写真 218 見学路①造成状況②（西から）



写真 219 見学路①造成状況③（南から）



写真 220 見学路①基層舗装状況（南から）



写真 221 見学路①完成状況（東から）



写真 222 見学路①カウンター設置状況（西から）



写真 223 説明サイン 1（北から）



写真 224 見学路②施工用モノレール使用状況（東から）



写真 225 見学路②掘削状況（南東から）



写真 226 見学路②設置状況①（南から）



写真 227 見学路②設置状況②（北東から）



写真 228 見学路②設置状況③（西から）



写真 229 見学路②起点の鋼製階段設置状況（北西から）



写真 230 見学路②完成状況（南西から）

門遺構への取り付けは北西部に設ける眺望が良い場所として整備した。

施工時には土の切り盛りによる地形の改変を最小限とし、縦断勾配を緩やかにするため、2回の折れと平坦面を設けた。表面は城内の整備と同じ、樹脂系舗装とし、滑りにくい仕上げとした。

周辺には城門周辺と同様に植栽を行ったが、見学路①を抜けると景色が開けるような空間づくりのため、常緑樹であるウバメガシなどを中心に植栽を行った。

また、入口には城門遺構の表示する誘導サインとパンフレット配布用のポストを設置するとともに、利用者数把握のためのカウンターを設置している。

イ) 見学路②

遍路道の不喰梨付近から城門を結ぶもので、城門遺構の整備に合わせて、ネットワークの強化を目的としたものである。現地形の改変を小規模なものとするため、見学路1と比べ、急勾配なルート設定となった。

施工にあたっては、機械が侵入できないことからモノレールを設置して資材搬入を行い、人力による掘削、設置を行った。

起点と終点に大規模な段差があることから、維持管理を考慮して耐久性のある鋼製階段を設置した。表面は景観色（こげ茶系）とした。

幅員は80 cmを基本とし、縦断勾配が急なことから木製の階段（404段（鋼製階段除く））を設置し、谷側には木柵を設置して土留めとしている。なお、落石等への対策として4ヶ所に落石防護ネットを設置している。

また、起点には利用者数把握のためのカウンターも設置している。

（3）眺望点：西尾根展望台

史跡天然記念物の指定理由にあるように、メサ地形からなる屋島山頂からの眺望は優れ、名勝的価値を高めている。これまでに屋島山頂の

良好な眺望点はいくつか整備されてきたが、今だに整備されていない眺望点もあり、名勝的価値を掘り起こす新たな眺望点の整備が望まれていた。そこで、屋嶋城跡城門復元整備に合わせて、眺望点の整備を計画した城門から直線距離で570 m離れた西尾根の先端部は、城門への眺望のみならず、瀬戸内海の眺望も優れた場所である。城門に瀬戸内海を通る敵船等の侵入や通過を直接伝えるための場所と考えられ、臨場感を伝える場として必要不可欠である。また、メサ地形やこの地形を活かして造られた屋嶋城の城壁との関係を理解するには絶好の場所であることから、整備を実施した。

当該地は尾根筋の先端でしかもメサ地形の特徴でもある切り立った崖に位置することから、来訪者の安全を確保するために転落防止柵を設けた。ただし、登山者の妨げにならないように、閉じた空間とはしていない。景観上だけでなく、周辺地形の改変を最小限にとどめるため、柵の設置範囲は最小限とした。説明サインも1基設置した。

なお、憩いの広場（県木園含む）からアクセスするための見学路は現在も利用されており、本整備事業においては、現状を活用することとした。

第3節 施工の管理について

A 工事監理

工事監理は、城壁解体工事から環境整備工事に至るまで、すべての工事を各年度で業者に委託して実施した。

調査成果や現場判断を迅速に工事に反映し、早期の課題の発見や解決を目的として、7～10日間をめぐりに各工事で事務局、工事監理業者、施工業者の三者で工程会議を実施し、打ち合わせ簿にて記録を作成した。

工程会議では現場の進捗、工事計画等の確認だけでなく、現場で調査成果や施工における問題点を議論し、工事が滞りなく進捗するように行った。

B 城壁修復における品質管理

城壁の修復工事において、施工中及び施工後の管理を目的として、本事業では、ひずみ計の計測と定点観測を実施し、工程会議や整備会議において報告し、工事の施工監理を行った。この他、盛土施工においても既述のとおり、R I試験の実施や硬度計による計測等を適宜実施して品質管理を行った。

(1) ひずみ計計測

城壁の排水と補強を目的として排水補強パイプを設置したが、それらのパイプがせん断抵抗としての機能を発揮しているかを確認するために、城門を挟んで両側の城壁に各2箇所、断面構造の異なる場所を選択してひずみ計を設置した。ひずみ計（ストレインゲージ）は排水補強パイプの新盛土部分に均等に上下両面に設置して計測を行った（図193～194）。計測は、パイプの設置時に初期値を計測した後、次のパイプが設置される時若しくは一定の高さが積み上がった後に計測を行う方法で実施した。

南側城壁の構造及び施工方法の検討を行う上で、実施したFEM解析の数値を基準として、荷重による排水補強パイプの変形について観測を行った。南側城壁は施工が2箇年に及んだことから、2年計測を行った。ひずみ値は計測値－初期値で算出し、ひずみ量はひずみ値×ゲージの補正係数（0.952）で算出している。このひずみ量をもとに、張力及び曲げモーメントを算出している。

①南側城壁

最も多い箇所で16回の計測を行った（図196～197）。張力については、上載荷重の増加に伴い、わずかであるが、変化がみられた。曲げモーメントについては上載荷重の増加に伴い、数値が変化した。この排水補強パイプがせん断抵抗として機能していることを示している。なお、いずれも想定数値は上まわるものの、パイプの許容耐力を超えるものではなかった。

②北側城壁

北側についても南側同様に実施した。図198

～199の想定値は南側城壁のものを利用しており、H41については新盛土の区間が長いことから、設置箇所の2箇所分のみを掲載している。張力及び曲げモーメントの計測の結果は、南側城壁と同様な傾向がみられた。

ウ) まとめ

いずれも盛土の施工とともに、ひずみは増大する傾向を示したが、張力はほとんど変化しなかった。曲げモーメントは盛土高さとともに増大し、排水補強パイプが機能を果していることが確認できた。数値は計算値より少し大きい値が計測されたが、排水補強パイプの許容値（限界曲げモーメント： $M_{cr}=9.87\text{kN}\cdot\text{m}$ 、限界引張り力 $T_{cr}=75.69\text{kN}$ ）に比べて小さい値であった。

このことからパイプの補強効果は主として曲げ抵抗によって発揮されることが明らかである。

(2) 定点観測

石面に定点観測用のターゲット及び鉋を設置し（図194）、石積みを積み上げる過程で光波測量で計測を行った。計測については、施工中は施工業者によって実施し、その他の場合は事務局によって計測を行っている。X、Y、Zの値を計測しているが、ここでは、X、Yの計測値にもとづく移動量を示したものが、図200～202である。

許容値は安全を確保する高さに対する0.3%（高さ×0.003）とされ、移動量に基づき、孕み出し量を算出している。各箇所の図は中央に初期値をとり、石面が石積みのどちらに移動しているかを示している。図に示した値は、平成23年度の石積み開始後、定期的に計測を実施したもので、南側城壁は5年分、北側城壁は2年分である。

石面の動きは安定性を求めてかなり複雑な動きをしており、一部許容値を超えるものでも、再度、収まるものもある。8・9は許容値を超えており、今後の状況を見守る必要がある。なお、39については、上部の石積みの関係で計測用ミ

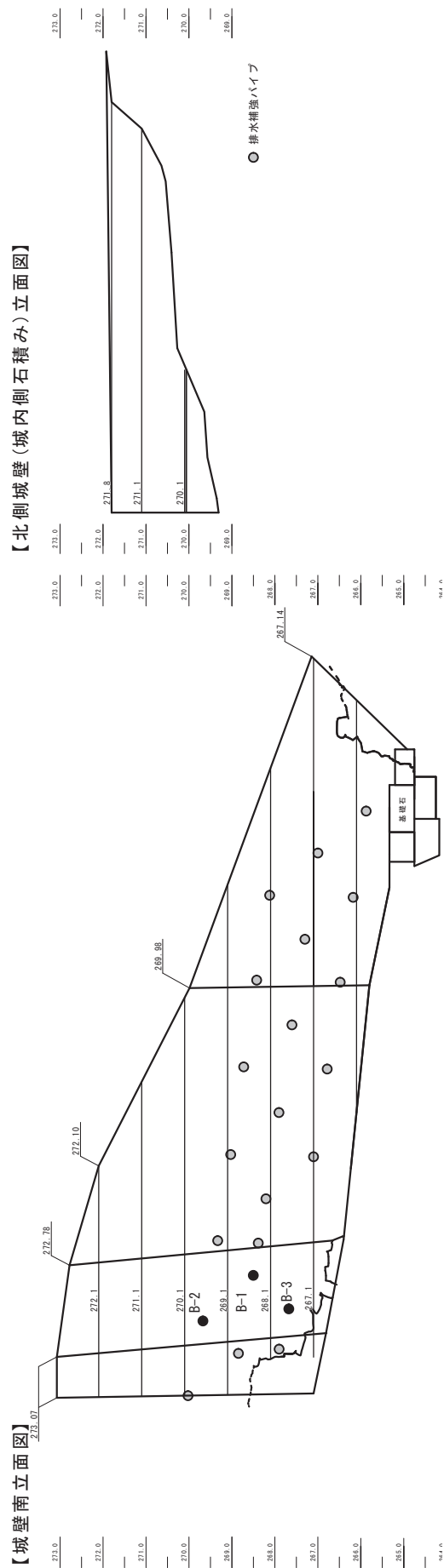
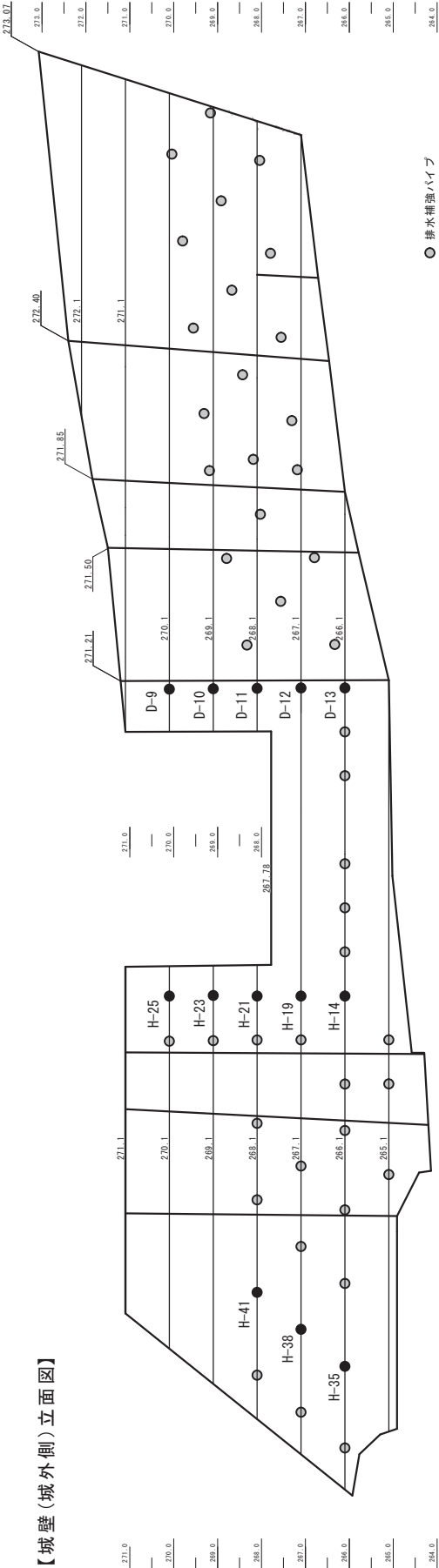
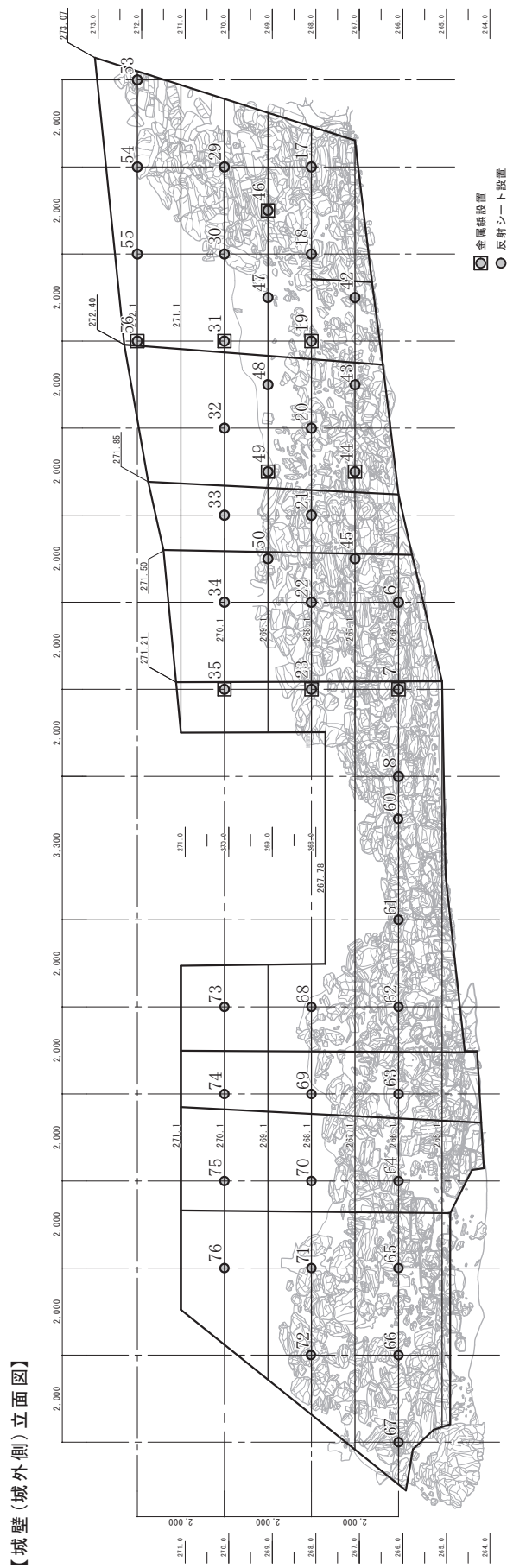


図 193 ひずみ計測箇所



【城壁南立面图】

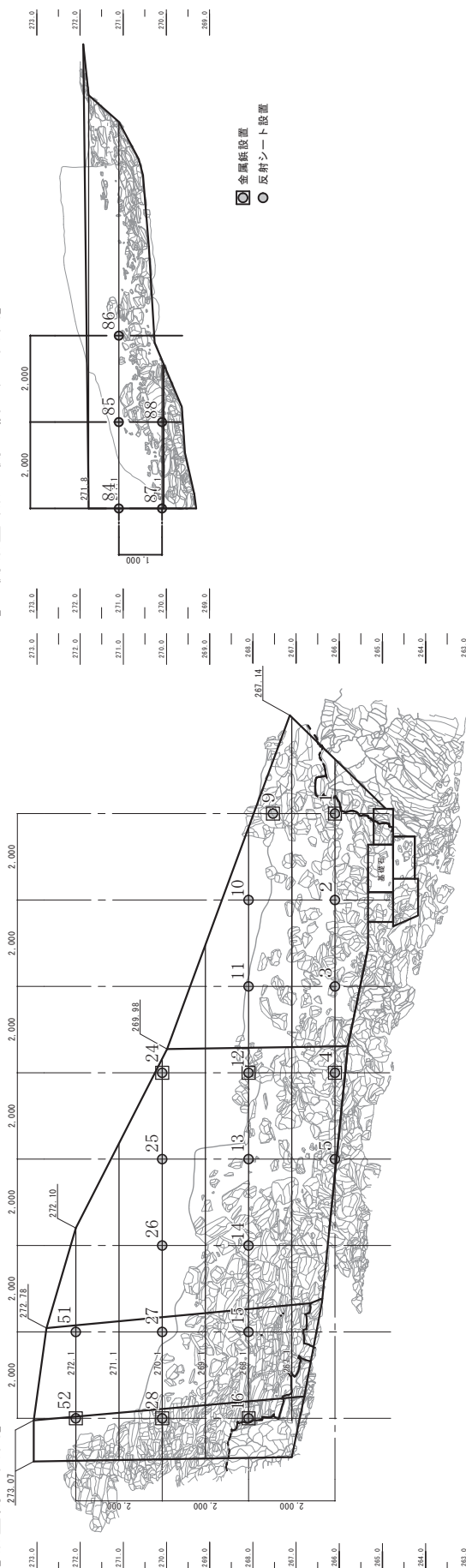


図194 定点観測ポイント箇所図①

ラーの設置が適切に行えない箇所となっている。そのため、大きな移動となっているものと考えられる。それ以外は基本的には限界値に収まっている。

また、平成 25 年 4 月に震度 4 程度の地震を受けたが、ほとんど変形は認められない。定点観

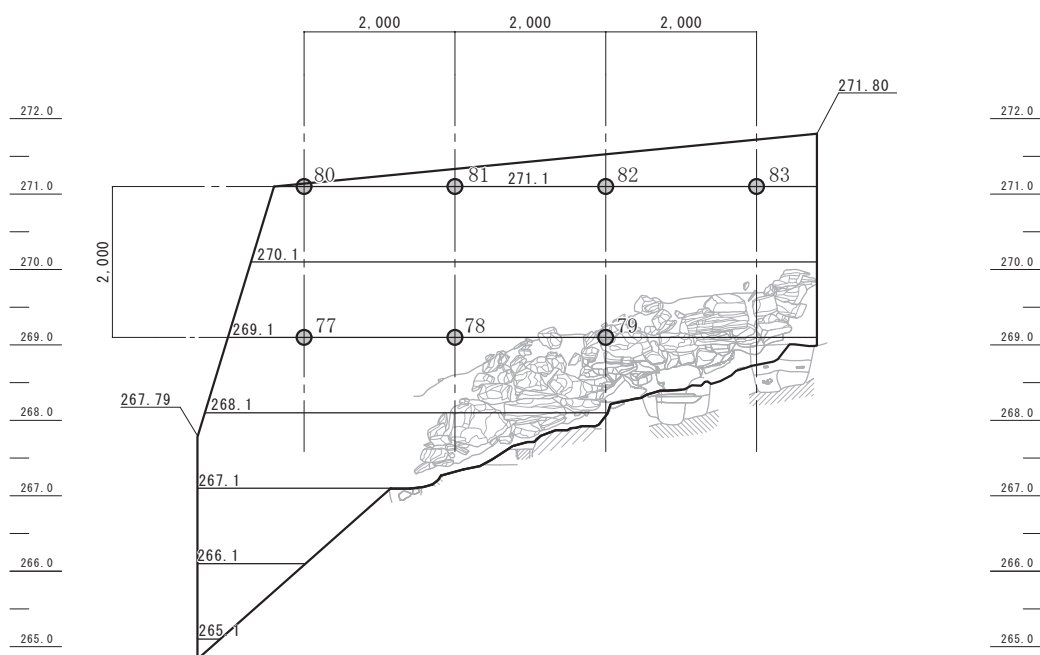
測については今後も、定期的の実施していく予定である。

【参考文献】

西田一彦、中山義久、渡邊誠、西形達明、山中稔、白石建

2016「屋嶋城石垣修復における地盤改良技術の適用について」『材料』第 65 巻第 1 号

【城門北側壁立面図】



【城門南側壁立面図】

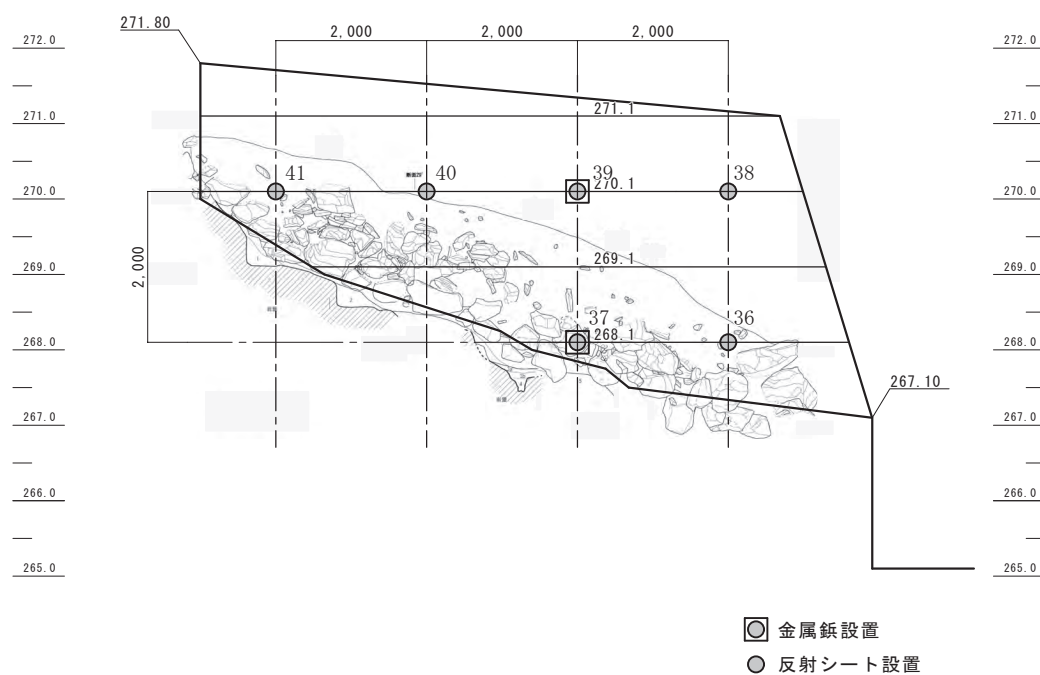


図 195 定点観測ポイント箇所図②



写真 231 ひずみ計設置状況①



写真 232 ひずみ計設置状況②



写真 233 計測器



写真 234 ひずみ計計測状況②



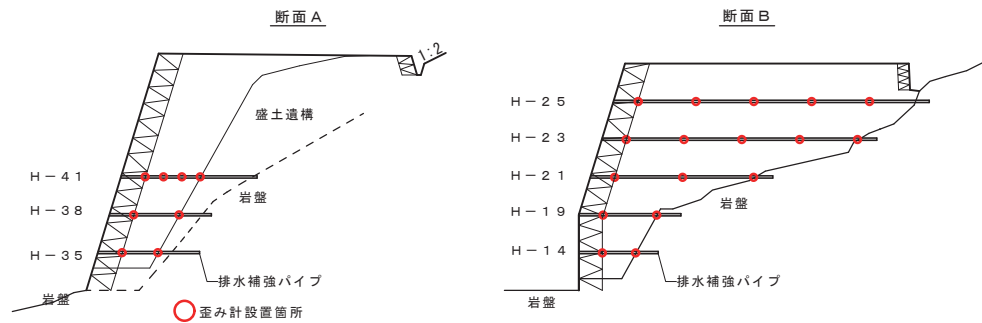
写真 235 定点観測用ターゲット



写真 236 定点観測用鋏



写真 237 定点観測状況



◆ 想定値 ■ 2月21日 ▲ 3月14日 × 4月4日 * 5月14日

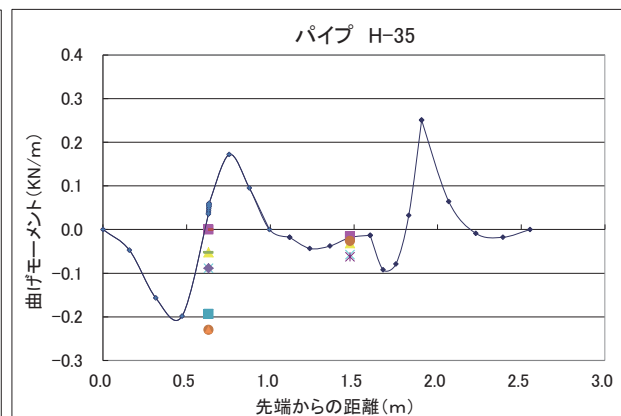
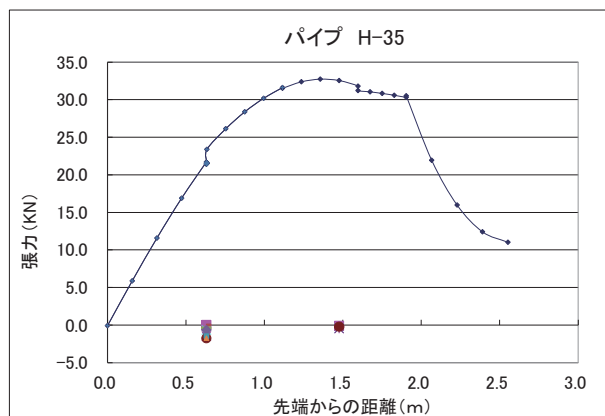
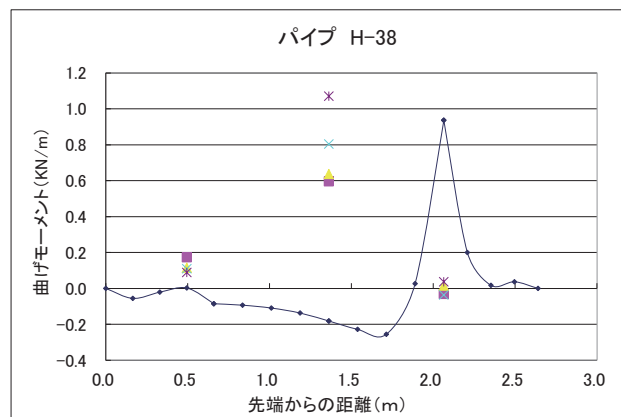
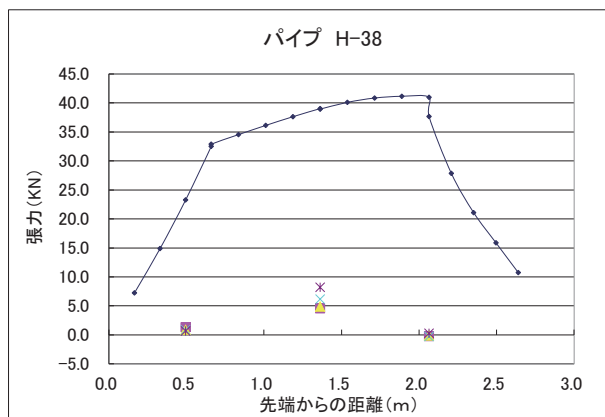
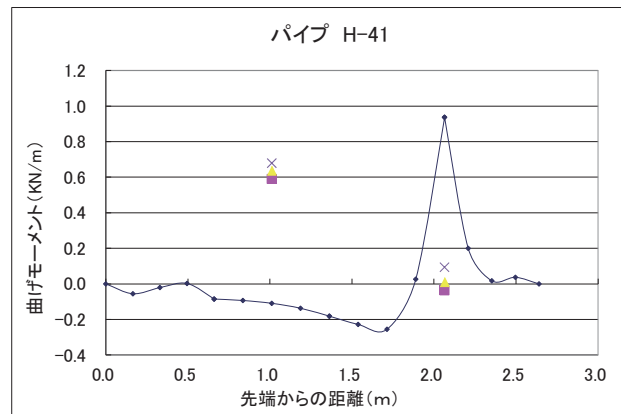
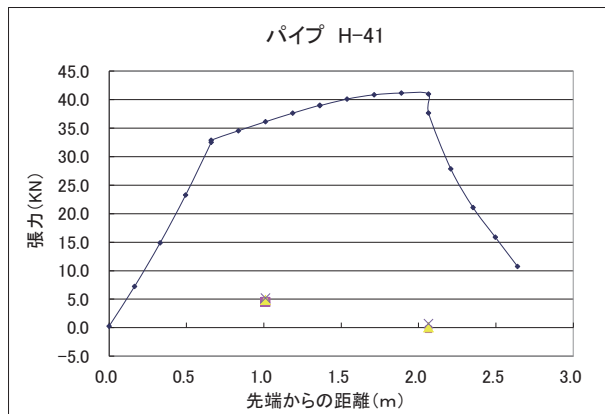


図 196 城壁断面図及びひずみ計計測データ① (北側城壁)

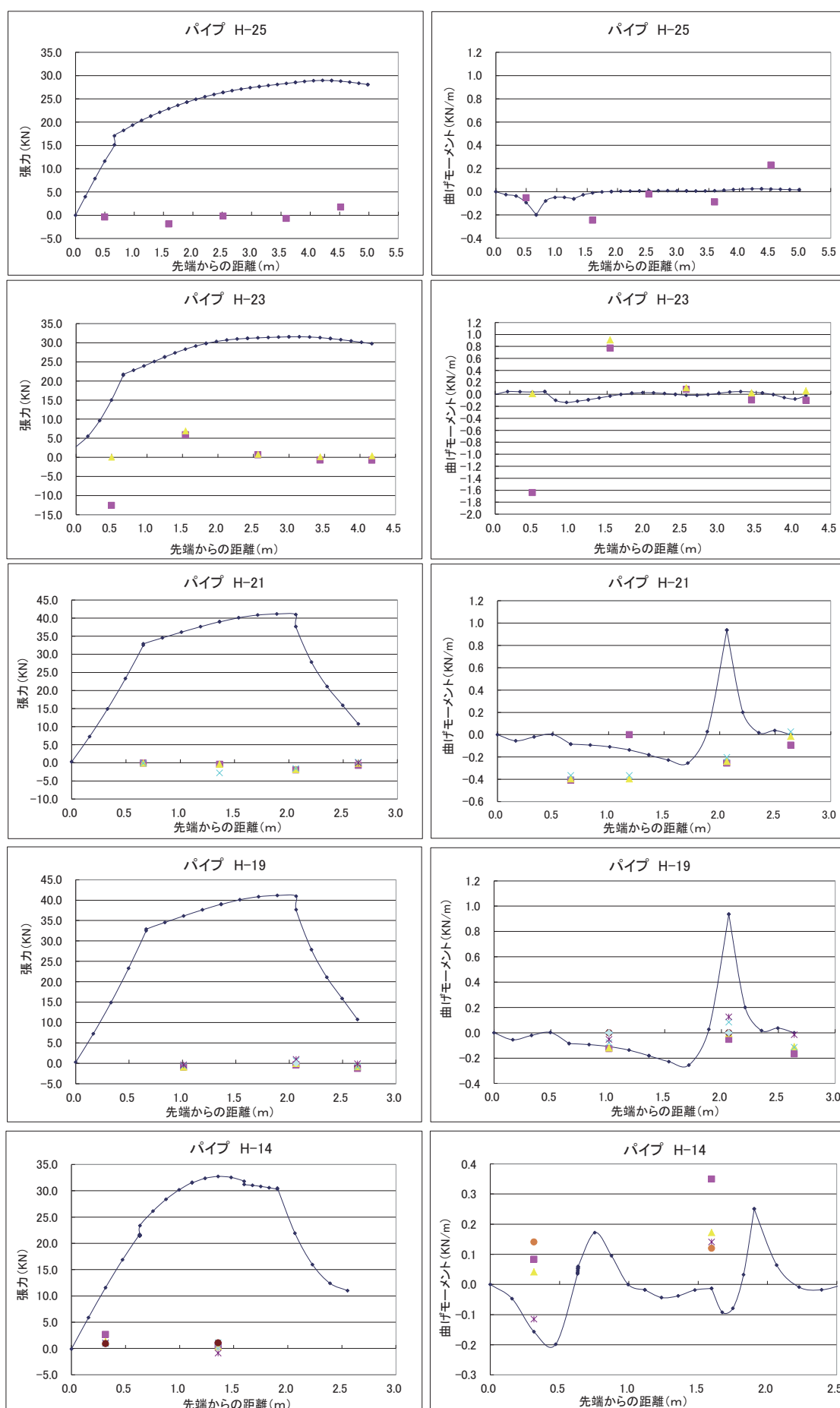


図 197 ひずみ計計測データ②（北側城壁）

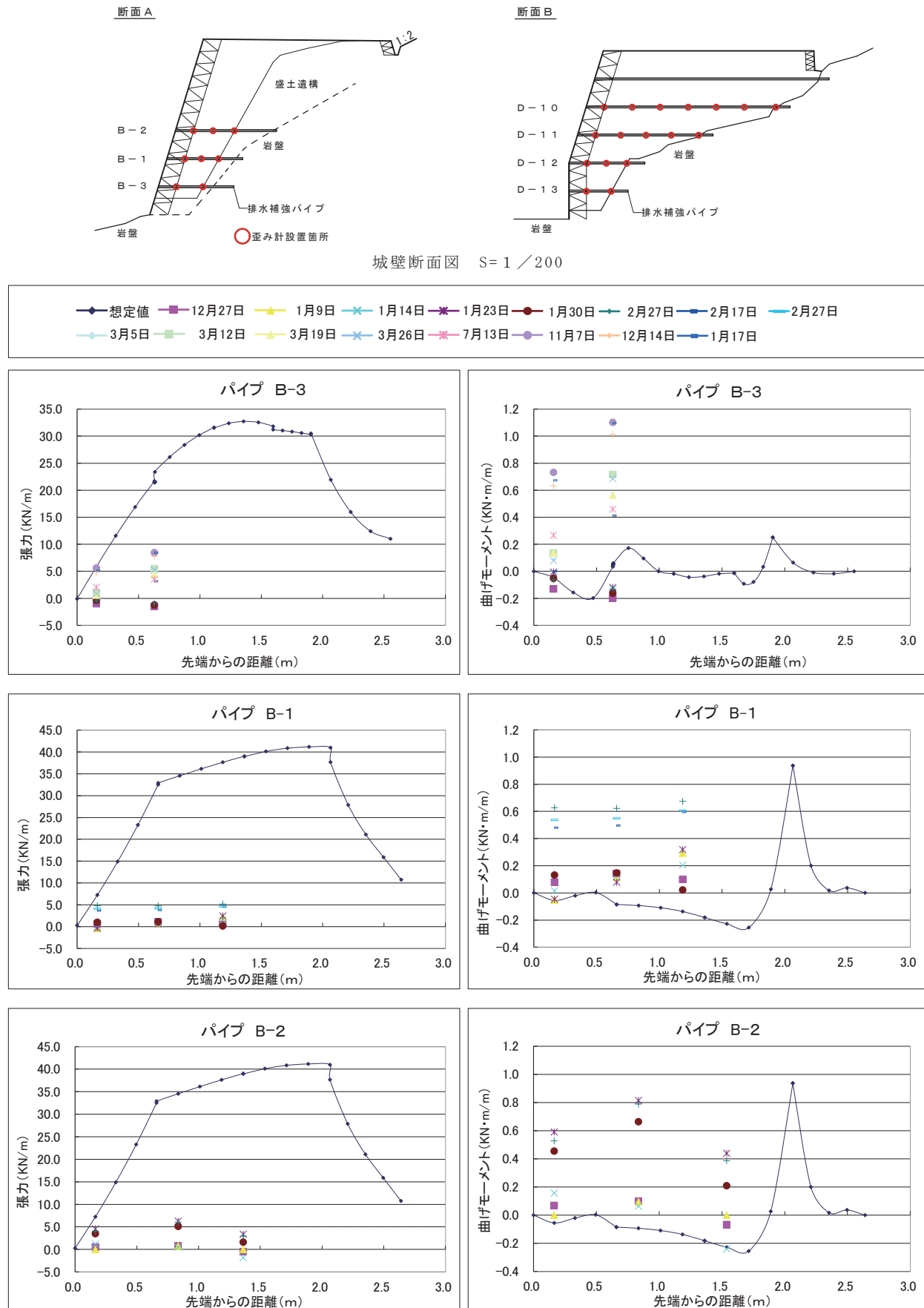


図 198 城壁断面図及びひずみ計計測データ③ (南側城壁)

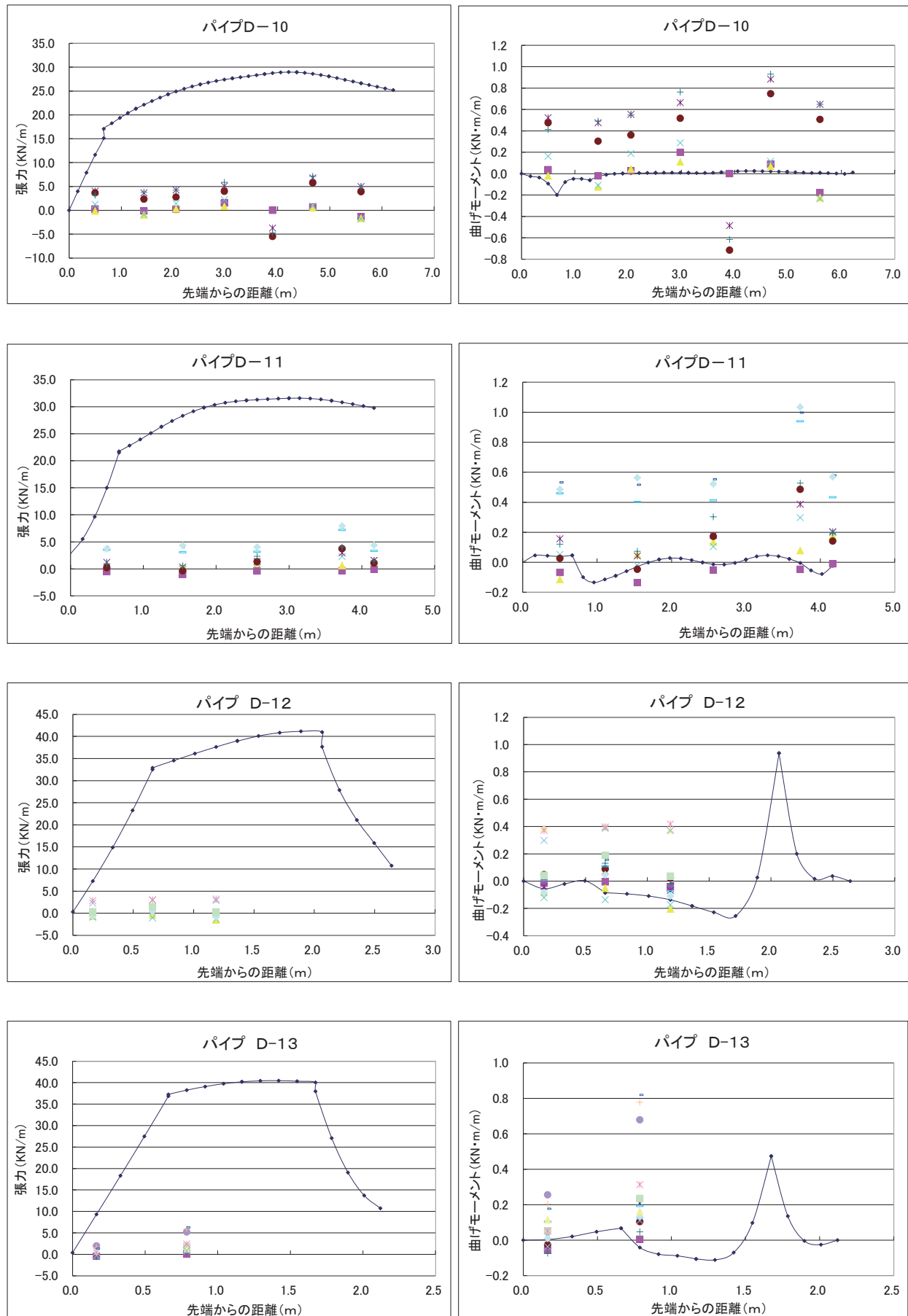


図 199 ひずみ計計測データ④ (南側城壁)

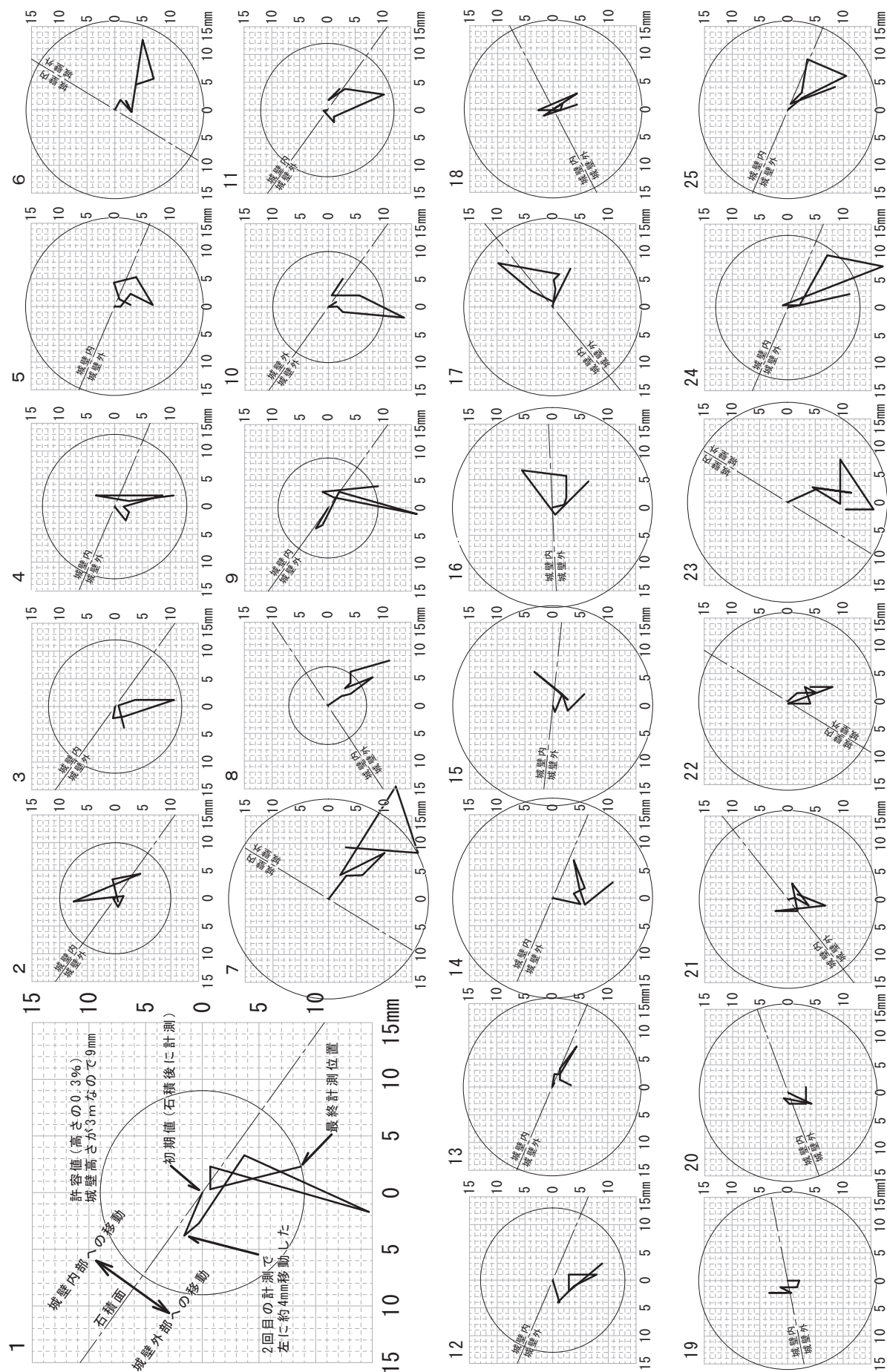


図 200 定点観測データ①

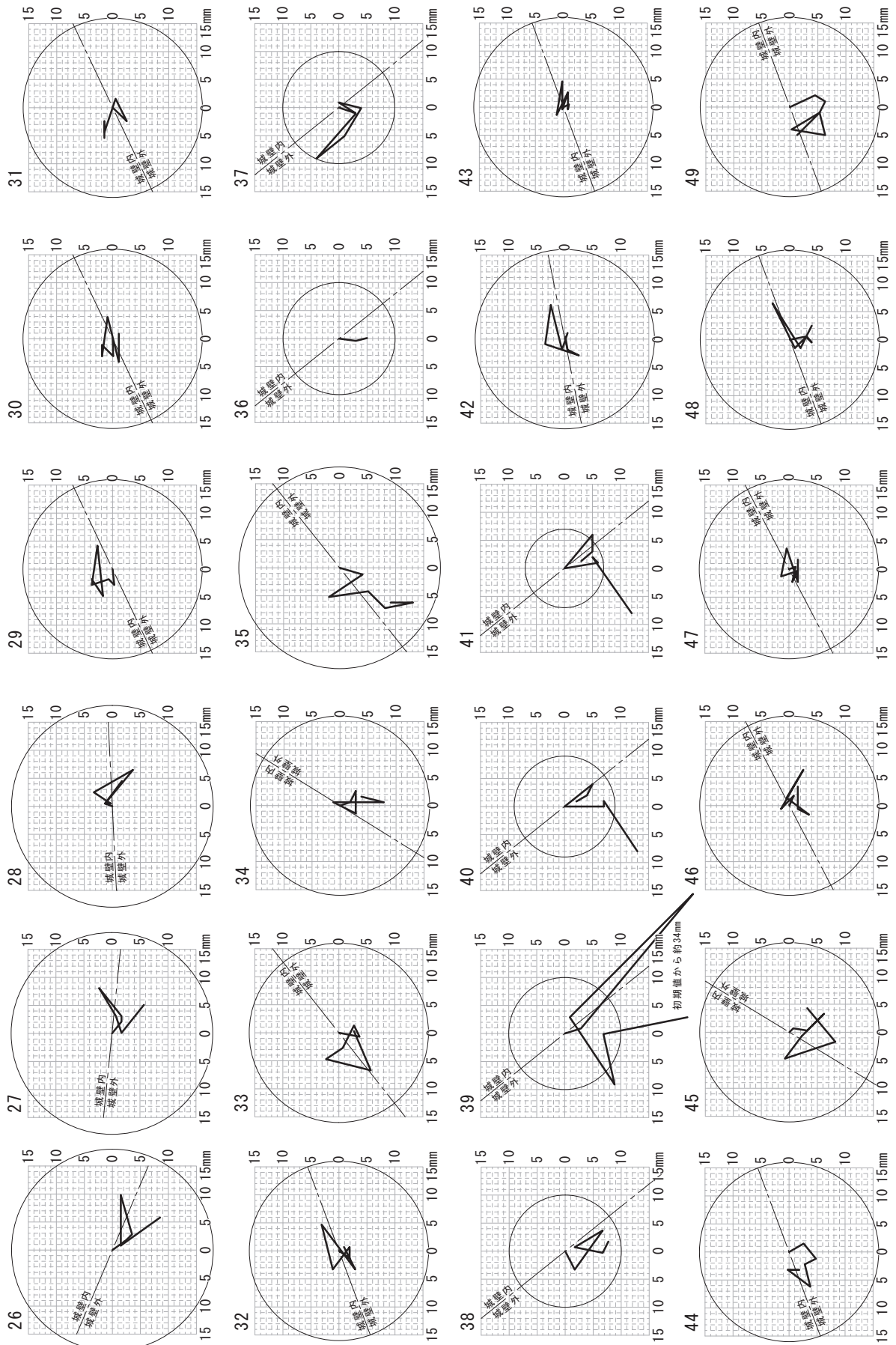
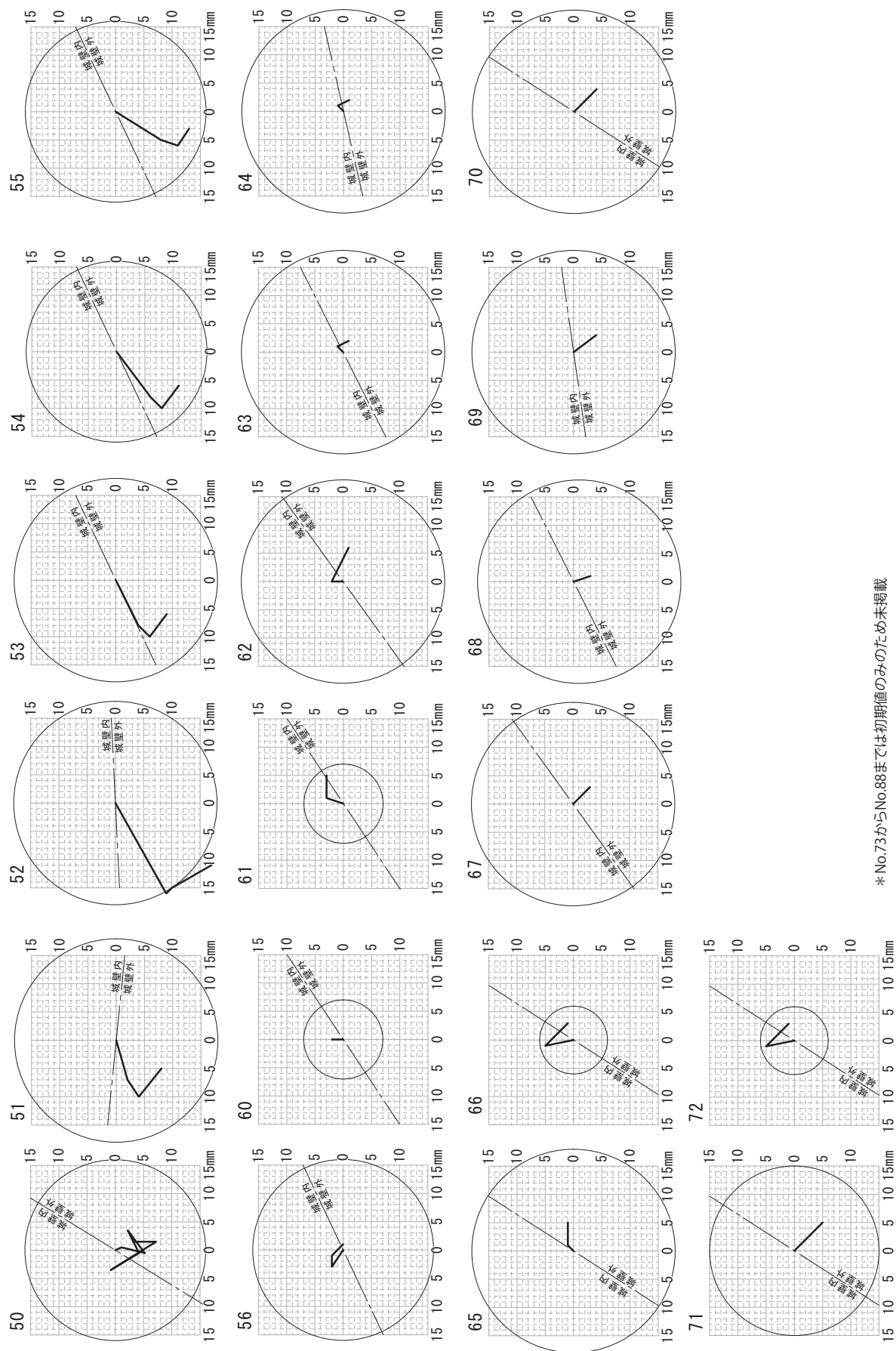


図 201 定点観測データ②



*No.73からNo.88までは初期値のみのため未掲載

図 202 定点観測データ③

第8章 総括

第1節 整備事業における遺構の保存 と修理復元について

A 修理復元工事の方法と課題

(1) 事業の成果と課題

発掘調査によって幻の城であった屋嶋城が実在したことが証明され、懸門や甕城等の城門周辺の構造が明らかとなった。同時に、城壁の大部分が崩落しており、かろうじて残っていた箇所も崩落の危機に瀕していたことも明らかとなった。このような経緯から重要な遺跡を保存し、広く周知し、活用を図るために、修復事業を実施してきた。既述のとおり、発掘調査及び解体調査によって得られた成果をもとに、往時の姿を取り戻すべく、残っていた部分は解体修理、崩落していた箇所は復元整備を行った。

特に、この修復工事にあたって実施した考古学的調査によって城壁の形状や構築技術を知る上で下記のような点が明らかとなった。

- ・地形に規制されて設置しているため、城外側の城壁（石積み）ラインは蛇行する。
- ・城門は城外側にやや飛び出し、両側が丸みを帯び、前面には2.5 mの段差を設けている。
- ・城門の奥には岩盤（約5 mの段差）を利用して、周辺に小規模な石積みを半円状にめぐらすことで作り出した甕城（枅形状空間）があり、敵の侵入路が限定され、城内への侵入を阻む構造となっている。
- ・城壁は両側に石積みを伴う夾築構造である。城門北側城壁の城内側の石積みは地形にすりつけ、城門南側の石積みは低く、城外側に概ね平行して設置され、事業地の南端部は石積みが円弧状を呈し、深くなる。
- ・石積みに使用された石材の大部分は安山岩で、城外側⇒城門⇒城内という大まかなサイズの使いわけが見られる。

- ・石積みは野面石を用いた乱積みであるが、単位布積みと呼ばれるような布積みを意識した積み方である。
- ・石積みは石材を横方向に用いながら、粗雑ではあるものの、石積みの安定化を図るための基本的な所作（飼石など）が随所に確認できる。岩盤加工等が認められるが、箇所によって異なる。
- ・城壁の内部は3層構造に区分でき、下位から基盤層、土石層、盛土層と呼称し、背面の地形にすりつけながら、高さ（6～7 m）のある城壁を築いている。
- ・城門周辺の施工については、石積みの横目地や盛土構造から大きく5段階に区分でき、城壁を築きながら、城門の構築がなされたと想定される。

このような成果に加え、構造を把握した上で、適切な修復方法を検討するため、第4・6章で既述した調査によって、城壁を構成する土や石材の特徴や施工における課題も明らかになった。

- ・城壁は盛土に石積みを貼り付けたような構造で、江戸時代の石垣とは大きく構造が異なり、非常に構造的に脆弱である。
- ・城壁内部及び周辺に複数の水みちが存在する。水みちによって、城壁の盛土は劣化していた。
- ・盛土に使用された現地土は、ほぐすと再度締め固め後に強度不足となる。ほぐした土は、水分がないと締め固められず、水分を一定量含むと餅状になるなど、取り扱いが非常に難しい。
- ・地下水や表流水等によって経年劣化や大雨等による大規模な崩落に加え、これまでの地震等によって大規模に崩落したものと想定される。
- ・修復によって、地山、遺構、新盛土、石積みの間に3つの不連続面の形成によって、すべ

りによる崩落が想定される。

以上のような成果や問題点を踏まえ、第6章で述べたように、往時の景観を甦らせることを目指して修復方法について検討・議論を行い、酸化マグネシウムによる盛土の強化と排水補強パイプによる工法という現代工法を取り入れ、修復工事を実施することとなった。

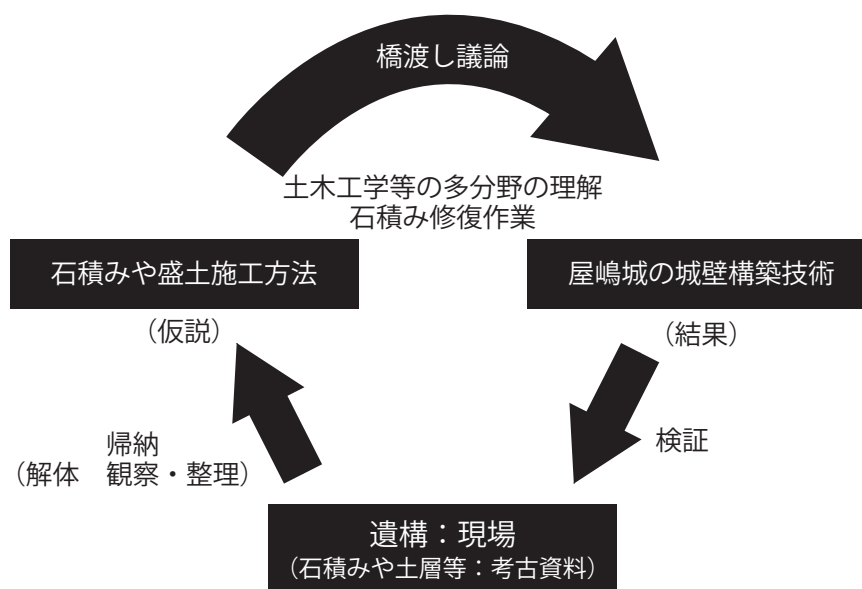
これらの一連の修復工事の中で、立体構造物の取り扱いの抱える問題点や可能性についても改めて強く認識することとなった。本事業を通じて得た経験や認識について整理しておきたい。

(2) 立体構造物の解体修復工事の宿命

通常の発掘調査以上に、城壁等の立体構造物の調査や解体を伴う修復工事は、修理であろうが復元であろうが、残存する構造物の破壊を伴う調査であり、得られる情報とともに失われてしまい、二度とは戻らない情報も数多い。そのため、解体以前の調査、解体時の調査がどの程度実施されるか、またどのような視点で実施されるかで得られる情報量は異なり、それゆえ、解体を伴う修理や復元は最終手段と言える。

本事業も、屋嶋城跡における初めての大規模な解体を伴う修理及び復元であり、特別史跡大野城跡の百間石垣等の調査を教科書としながら様々な事前調査を実施し、既述のとおり多くの情報を得て、往時の技術や屋嶋城の城壁構造について検討を重ねてきたが、解体調査時に目の前に見えた情報をすべて当時の技術や屋嶋城の構造の理解へと結びつけることができたとはいえない。土石層の理解等はその最たる例であり、石積みなどの立体的情報をもとに城壁構造や構築技術について調査研究するという点においては多くの課題があることを改めて認識した。

往時の土木技術や屋嶋城の構造を解明し、修復工事へと反映するために、様々な諸条件や履歴を経て、かろうじて残っていた石積み／城壁の解体に際して、石積みの表面観察、解体による石積み周辺の石の使い方の観察と理解、石材調査、石積み背面の土層観察による盛土構造の把握等の調査を実施した。ここで得られた若しくは残すことのできる情報は、その多くが、二次元的情報であり、石積み／城壁という立体的な情報をそのまま残すことは困難であり、この二次元的情報を繋ぎ合わせて構造や技術を理解し、解明しなければならない。



* scientific cycle (Thomas, D.H. 1998 Chapter 2 Anthropology, Science, and the Humanities "Archaeology") を参照し、一部改変し作成。

図 203 本事業における屋嶋城の調査と検討過程のイメージ

本事業のような石積みなどの立体構造物の調査研究の多くは、表面観察のみによるものが多く、築石、裏込め、背面基盤層（盛土等）という3者の構造体としての石垣（文化庁2015）、さらにはその構築技術や構築手順に関する理解はそれほど深まっていない。また、石積みなどの行為自体を立体的に描き出すことは非常に難しい作業でもある。

そのため、構造や技術の解明にあたっては土木工学等の専門的な調査・分析なしには、理解できないことも少なくない。そのため、調査時のみならず、様々な検討において、多くの情報が縮減、捨象されてしまう可能性が高く、目の前にある情報を考古学的調査によって引き出すことの限界を感じると同時に、様々な情報を引き出し、当時の技術を立体的に復元する（記述）することの困難さを事業を通じて痛感した。

（3）立体構造物の理解に向けての可能性

しかし、一方で、本事業を通じて得られた貴重な財産もある。一つは整備会議での様々な御意見に基づきながら、土木工学的調査や検討を実施できた点である。考古学的方法及び知識では限界のある構造物の理解を深めるためには、構造物や環境を対象とする専門分野の視点や協力が不可欠であり、これらの検討は、様々な形で屋嶋城の構造や古代の土木技術を考える上で、直接又は間接的に重要な視点を与えてくれるものであった。また、何より、整備事業を進めていく上で、保存と活用という二者を両立していく上でも、多くの課題を明らかにすることができたことは、本事業において欠くことのできないものであった。

もう一つは、修復作業を通じた石工作業の観察・聞き取りである。これも石積み技術や城壁構築を考える上で非常に重要であった。

特に、城壁構築技術について検討を行う際に、修復工事における石積みの積直し作業の立会者は本当に多くの重要な視点を与えてくれた。本事業を通じて、城壁という構造物を理解する上で、

様々な調査から得られた構造や技術に関する仮説を、修復作業を通じて得られた石積み技術との突合作業を経て、技術へと変換作業を行うことができた。全体の一部分ではあるが、図203のようなプロセスを経ながら、城壁構築技術への理解を深めることができた。

この点は、いわゆる民族考古学的方法の適用と言えるもので、目の前でなされる石工仕事（特に、言葉にされない当たり前に行われている行為としての石工作業のルーティン／所作（視線、確認している項目や考えていること、石工同士の会話、作業））を観察し、聞き取り、記述を通じて、技術や行為における事柄やパターンを抽出する。さらに、この成果と考古学調査によって得られた二次元的情報を突合することで、技術を立体的に復元していこうとする試みである。実際、石垣解体修理工事においては、多くの担当者が石積みについて石工と会話ができるようになるのも、多くの場合、修復を通じて似通った体験を経ているからであり、修復工事においても技術や作業を理解する上で重要な経験である。

そのような意味で修理や復元工事は、調査によって得られた情報や復元した技術を検証する場が設けられているとも言え、事業を通じて得られる情報を整理、検討してフィードバックできるという点も重要である。また、第5章で試みたが、石積み作業における共通性や特質を普遍化できれば、石積みや土木技術（知識）の復元や理解に大いに役立つものとなると考えられる。

ただし、民族考古学的方法において重要となる、観察・聞き取り等を通じて普遍化を行う際に注意すべき点もある。対象となる作業は、現在における石積み作業であり、文化財の修理復元という前提での作業であるということ、様々な文脈（経済的・社会的）や石工の履歴が作業の背景にあるということは十分考慮して検討する必要がある。

しかし、城壁や石積みという立体構造物のみ

ならず技術を理解し、復元する上で、民族考古学的視点は非常に役立つものと言え、縄文時代や弥生時代研究以上に石積み研究は、多くの観察できる現場が今もあり、深められる可能性のある分野でもあると言える。

（４）今後の方向性～学際的調査研究の必要性～

最初に述べたように、解体作業は最終手段であることを認識して、必要な措置と構造物の歴史の解明を全力で取り組む必要があることを、本事業を通じて改めて痛感した。

本事業を通じて、言及できることは、城壁という構築物の理解をどれだけ深められるかは考古学的理解のみでは不可能であり、通常の考古学的調査研究において普通に実施されているような学際的な検討と両者の議論が必要不可欠であり、まず、遺構の理解を最大限行う必要がある。また、本事業においても土木工学(地盤工学)という立場から西田一彦委員に御参加いただき、城壁構築技術や構造を理解する上で重要な多くの御意見を得た。また、石工からの聞き取りや行為の観察は考古学においてこれまで文字のない時代の土器製作や石器製作等を理解する上で用いられてきた民族考古学的方法の利用という点で十分効果を発揮するものであると言える。

本事業においても十分に実施できない部分もあるが、以上のような点から、修復工事の特質や行うべき調査検討を理解し、総合的に取り組む必要があり、使い古された言い回しかもしれないが、今後はさらに学際的調査研究が不可欠である。

B 工法の選択や整備手法について

以上の調査研究を踏まえた上で、整備事業において、常に問題になるのが修復の方法であり、特にその中でも現代工法の採用である。この点は、様々な石垣解体修理における一つの大きな課題としても取り上げられている（文化庁 2012 など）。

その際に原点となるのが在来工法／技術であ

る。古代山城において在来工法とはという問いかけに対してどれだけの回答ができるであろうか？これは近世の石積みについても同じであろう。

石積みや石垣の修理における方法論については、近世城郭の石垣解体修理において議論が積み上げられてきたものの、各城等の整備報告書において各地や各時代の在来の技術（石積み構築（盛土部分も含む））について整理されているものはあまり見受けられない。また、本書も十分とは言えない。既述のとおり、立体構造物の調査研究は非常に困難であり、いわゆる考古学的調査だけでは到底理解できるものではなく、容易に答えの出るものでもない。既述のとおり、多くの調査の場合、考古学を専門とする担当者が発掘調査や解体調査に関わっており、多くの危険性を改めて認識するとともに様々な角度から調査研究を行う必要がある。

修理や復元においては、在来の技術や各遺構における技術や構造の検討と理解は重要課題であり、在来工法で修理や復元を行うことは行為や技術をも再現する点でも非常に重要であることから、既述したように遺構の調査研究がまず重要となる。

これに加えて、修理／復元の実施における現代工法の採用において、重要な点はその議論や決定のプロセスであると考えられる。現代工法の採用自体が少ないという側面があるかもしれないが、施工方法の検討や施工方法の決定へのプロセスが明示されているものは多くはない。また、修理復元を行う工法や史跡の整備については、周辺環境や整備後の活用をどのように考えるかで大きく変わってくるであろう。実際の工事に関する施工方法や整備手法等の検討、施工についてはコンサルタント会社が担っている場合がほとんどで、事務局との遺構の理解のすり合わせや議論も重要となる。

本事業においても、第3章に既述したように、往時の姿を取り戻し、屋嶋城跡を広く公開することを目的に事業を実施するものであったが、

近世城郭とは異なり、形状をほぼとどめていない立体構造物の修理復元作業であり、第4・6章で既述したように、解体工事によって様々な問題点が明らかとなった。これらを解決するために、事業期間を変更し、第4・6章で既述したような試験施工や分析を行い、様々な角度から調査検討を実施した。さらに、整備会議やコンサルタント会社等と修復方法について議論を行ってきた。修復工事にあたっては、最終的に排水補強パイプの打設という現代工法による補強を選択することとなったが、屋嶋城跡の歴史性や価値を現在・未来へとつなぐための重要な決断であったと考えている。

現代工法の採用については、賛否があるものの、少なくとも、本来の遺構の姿や価値を明らかにし、様々な角度から検討を行うこと、整備方法を決めていく上でも様々な検討や議論を行うことが必要であることは言うまでもない。

加えて、工法の選択や整備にあたっては、調査研究の重要性や遺構の保存という点において慎重であるとともに、これまで以上に修復方法や整備方法、考え方について、社会的責任を負った説明が求められるようになって感じており、実際に、修復作業中に多くの方から修復後の安全性等について質問を何度もいただいた。遺構に関する調査研究同様に、修復方法や検討過程、その明示、その後の安定性等はこれまで以上に重要視されてくるものと考えられる。そのような理由から本書でも遺構の調査やその後の検討に加え、工法の検討の過程について既述してきた。

第2節 活用について

A 整備と活用

屋嶋城という場の歴史において城門遺構は象徴的な場所であり、修理や復元によって往時の姿をとりもどし、後世へと守り伝えることは意義あるものであり、さらにその場を通じて屋嶋城の歴史と往時の姿を多くの人に知ってもらうことは屋島のみならず、高松市、香川県、日本

国、さらには東アジアの歴史を考える上で重要である。歴史のみならず、瀬戸内海、屋島の成り立ちなど、取り巻く自然環境をはじめとした様々な文脈へとつながるものでもある。「屋嶋城」を一つの基点として、史跡天然記念物屋島、瀬戸内海国立公園を構成する屋島ならではの唯一無二の価値や場の深みを知ることができるのではないだろうか。

今回の整備事業では、国防のための軍事拠点として屋嶋城が築かれた歴史や重要性を伝える場所として整備した。しかし、歴史と言っても、切り口次第でその意味は大きく異なるし、例えば、屋嶋城については、廃城となった後も語られ続け、城門の発見前においては、幻の城と呼ばれ、現在までその歴史が続いてきたと言える。そして、発見、調査、整備を通じて、その歴史は新たな展開へと進んでいる。その意味で、当時に築かれた城を構成するものは、遺跡となりながらも、現在進行形で歴史は現在社会の中で継続していると言える。

また、整備という行為自体は、現代社会の中に、歴史遺産を埋め込む作業であり、本来の機能をそのまま再現したのでは、現代の人々にとっては、かならずしも意味のある施設とはならないものになってしまう。そのために階段や説明板等の本来はないものを整え、活用・利用できるようにすることとなる。その意味において、極論すれば、歴史を理解する場として全く異なる機能の施設として生まれ変わるというべきかもしれない。もちろん、遺構の評価や修復において、学術的積上げなしには全く意味のないものになってしまうことは異議のないところであり、本物を残し、将来へと保存されるべきである。

今回の事業のように、立体構造物の整備における困難な課題をどのように解決するかは、様々な視点や考え方があり、本整備が一つの叩き台になるものと考えている。何を保存（凍結）し、何を伝えるのか？既述のとおり、様々な問題があり、答えは一つではないが、場がもつ文脈というべき歴史性は唯一無二のものであり、それ

を伝えることがもっとも重要であろう。また、その場を通じて広がる様々な広がり伝えることができれば、来訪者にきっと「何か」を伝えることができるのではないかと感じている。

今回の整備を通じて、整備された場所の意味についても整備過程、整備した空間、その場にいる人、そこからの風景などを通じて考えさせられることともなった。

当該地が、斜面に位置するため、高低差や遺構の特徴、周辺環境への配慮等様々な条件から通常の史跡公園のような広い空間が確保できるものではなかった。しかし、整備したことで感じることは、軍事施設における防御機能を担う場所であるとともに、当該遺構は施設への入り口であり、場所柄、山頂への入口であり、人々が行き交った場所であり、今回の整備によって、麓と山頂を結ぶルートとなり、その入口という位置づけになり、来訪者が行き交う場所となった。屋島という雄大な自然環境の中に立地し、眺望所としても優れた場所でもあり、風景、気候、季節、天候等によって、様々な光景に出会える場所でもある。まさに、訪れる様々なタイミング、諸条件で様々な「出会い」をもたらす場所としての意味が付与されたように感じている。公開時に香川県刊行の「新・さぬき野」という県外向け情報誌に「幻の城に会う」というタイトルで紹介されたことは、まさに最適な表現であった。整備を実施した「場」のポテンシャルを結果的かもしれないが、活用できた部分ではないかと考えている。

B 場を語るということ

本事業を通じて感じた史跡の活用における重要な点は場の整備とともに場を媒介とした人々の「かかわり（愛着、批判等）」とその中で生まれる「語り」である。いくら場が整備され、周知したところで、その場へのかかわりや感じられた「何か」について人々の発信が生まれなければ、活用はおろか、新たな場の歴史は創造されない。本事業において、公開後を見据えて、

事業中の工事等の途中経過を申込み制で公開したことで、場を語るガイドの重要性とそれによって生まれる様々な人々の屋嶋城という場に対するかかわりを生む機会となり、事業中のみならず、公開後も様々な形で屋嶋城という場へのかかわりを生み出してくれている。かかわりという意味において、ガイドの存在は場と来訪者を結びつけるものであり、そこで表現される感情や説明として発せられる言説は、ただの説明ではなく、訪れた天候や気分等の諸条件と相まって、場の意味の理解や印象を大きく左右する重要な役割があることも改めて感じた点である。

イベントや情報を発信することに加えて、多くの来訪者の方々が様々な視点で屋嶋城跡のみならず、屋島に関わり、語っていくことこそが、新たな場の歴史を創造し、新たな価値を発信し、場を継承させる原動力になると考えられる。その意味で史跡の整備は重要な意味をもつものであり、屋嶋城跡の整備も、既述したような「かかわり」や「語り」を継続させていくことが重要となるであろう。

その意味において、歴史的意味だけでなく、その「場」の意味や価値を様々な角度から掘り下げ、新たな意味の付与や抽出を行うとともに、継続的に情報を発信していくことが、史跡の保存と活用の重要な課題であると考えられる。すなわち、遺跡の価値のみならず、遺跡を取り巻く様々な位相の価値を調査研究するとともに、発信していく必要があり、整備は歴史や場を語る意味において通過点と認識する必要があるのではないだろうか。

その意味において、整備の重要性和同時に場の機能を付与しつづけていくことが今後の課題でもある。

C ソフトの整備

今回の整備事業では、既述のとおり、城門遺構に関する考古学情報の流失が著しく、調査成果から1350年前の建造物としての城門を復元することはできなかった。そこでそれに代わる視

覚的表現を模索し、本事業ではスマートフォンやタブレット端末を利用したアプリケーション（以下アプリと呼ぶ）を製作し、その中で、CGで製作した城門をAR（拡張現実）やVR（仮想現実）技術を用いて、復元することとした。

本事業のようなAR技術を用いた活用方法は近年、急速に浸透し始めており、その流れの中に本事業も位置づけることができる。今回製作したアプリ「甦る屋嶋城」はAR技術を用いて古代と現代の景観を融合し、現地の石積みの中に城門を甦らせ体感することができ、その城門ともに写真撮影を行えるというのが最大の特徴である。

加えて、このアプリはVR技術を用いて、古代の景観を復元するとともに、イラストや写真を用いた屋嶋城の解説、クイズなども楽しむことができる。屋嶋城跡の各遺構に加え、このほか史跡及び天然記念物屋島の山上に所在する様々な名所をナビゲーションシステム（マップ）を用いて周遊することもできる。

また、現地への誘引の一つの試みとして、製作したパンフレットとも連動させ、アプリを用いてパンフレットのイラストを読み取ると簡単なAR体験もできるようにした。

本アプリは他事例等を参考に多言語化を図ったが、これによって外国人向けのパンフレットとしても運用することも可能で、いくつもの媒体を作成する必要がない利点もある。

現地での案内時にタブレット端末を用いることで、説明板に加えて、さらに往時の景観を現地で体感することができ、史跡の理解を促進するツールとして、年齢を問わず非常に好評である。史跡の魅力を多面的に伝達する方法として、視覚的方法と実際に体感するという2つの行為が今後の史跡の活用においては重要であることを本アプリの製作を通じて痛感した。

一方で、運用を開始すると、現地で、手軽に体験してもらうためにはいくつかの問題点や課題も明らかになった。スマートフォンやタブレット端末の操作方法やその伝達方法、アプリの容

量からくるダウンロードに関する問題、GPSの精度等々、現在の技術レベルや社会環境を踏まえて、今後改善していかなければならない。

屋嶋城跡の活用、さらには今後の文化財の活用という点からも、反省点や問題点を整理し、改良を図っていくとともに、利点や問題点についても発信していくことが必要である。

第3節 おわりに～今後に向けて～

事業中も見学会や講演会等の開催に伴い、様々な情報発信を行ってきたが、発信、受信、伝達のタイミングが様々なこと、知りたい情報が異なることなど、様々なニーズがあることを痛感した。また、積極的な現地案内や普及啓発活動を実施し始めたのが、事業途中の平成23年度からということもあり、事業を通じて、関連の事業に参加いただけたのは、たかだか15,000人程度であった。

活用という観点からも情報発信を適切な時期に、継続的、累積的、面的に実施するとともに、情報受信のタイミングに拠らず、様々な情報やこれまでの経緯等を知ることができるような情報発信のあり方を検討し、実施していく必要がある。その一つの試みとして、実際に現場を見ることができなかった方や後世への記録として、本事業では映像記録をもとに修復のプロセスを編集した番組「甦る屋嶋城」（約17分）を制作し、YouTubeを利用（本市ホームページでも公開）して公開している。また、屋嶋城跡に関する情報は下記の本市ホームページにおいて公開している。いずれにしても、今後、様々な方法を試行錯誤しながら、改善していく必要がある。

さて、本市教育委員会では、史跡天然記念物屋島の基礎調査を平成7年度から開始し、特に史跡としての価値の掘り起こしを継続して行ってきた。この20年間に及ぶ発掘調査の積み重ねの一つの成果がこの屋嶋城跡城門遺構の整備事業である。また、近年では天然記念物や名勝の調査を大学と連携して実施するなど、指定80年が経過し、ようやく多面的にその価値が掘

り起こされつつある。しかし、屋島の歩んできた歴史から考えれば、そのポテンシャルは計り知れない。その意味で、本事業の成果は一里塚に過ぎず、今後の地道で継続的な調査と価値の掘り起こし、それに基づく情報発信の重要性を改めて認識している。

また、人が訪れ、語られる場となるためにも、今後も継続的に調査研究を実施し、価値の掘り出しを行うとともに、屋嶋城跡や屋島の魅力を伝える様々な催し等を小規模でも継続的に（時には弾力的に）実施しながら、情報発信を行っていくことで、屋嶋城跡はもとより史跡及び天然記念物屋島の保存と活用に取り組んでいきたい。

最後になりましたが、土地所有者である宗教法人屋嶋寺住職の中井龍照氏には本事業への御理解と御協力を賜るとともに、文化庁、香川県教育委員会をはじめとする関係機関の御指導、御尽力によって、本事業を成し遂げることができました。厚く御礼申し上げます。また、事業中も多くの方々に様々な角度から多くの叱咤激励をいただきました。携わっていただきました皆様に心から謝意を表するものです。

【屋嶋城関連HP】

<http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/4727.html>

【参考文献】

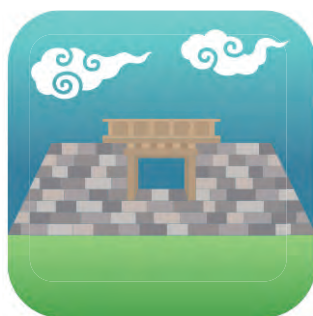
文化庁 2005 『史跡等整備のてびき』

文化庁 2015 『石垣整備のてびき』

渡邊誠 2016 「屋嶋城－瀬戸内・屋島の新たな魅力　～城門

と城壁の修復～」『月刊文化財』631号平成28年4月号

Thomas, D. H. 1998 Chapter2 Anthropology, Science, and the Humanities *Archaeology* 2nd



甦る屋嶋城

Android/iOS (iPhone・iPad) 対応

「甦る屋嶋城」は、最新技術によって甦った屋嶋城をタブレットやスマートフォンで、体験することができる。また、屋嶋を散策しながら、屋嶋城の歴史や屋嶋の魅力を楽しむこともできる。



【アプリ TOP 画面】



【アプリ各画面】



図 203 アプリ「甦る屋嶋城」のコンテンツ概要



写真 238 現地に甦った屋嶋城の城門①（城外側）



写真 240 タブレットを活用する小学生①



写真 241 タブレットを活用する小学生②



写真 239 現地に甦った屋嶋城の城門②（城内側）



図204 パンフレット「屋嶋城667」(赤の丸点範囲がARの紹介とアプリのパンフレットARと連動した部分)

写真図版



1 - 1 城門及び城壁遠景（南西から 平成 19 年度）



2-1 城門（西から 平成19年度）



3-1 姿を現した城門と城壁（南西から 平成 19 年度）



3-2 城門及び城壁（北から 平成 19 年度）



4-1 城門と高石垣（南西から 平成19年度）



4-2 高石垣南側崩落状況（北東から 平成19年度）



5-1 城門及び城壁（南西から 平成19年度）



5-2 城門と北城壁（南から 平成19年度）



6-1 甕城（南から 平成 20 年度）



6-2 城門南側城壁根石（西から 平成 19 年度）



6-3 南端部岩盤取り付け部（西から 平成 19 年度）



6-4 南端部からさらに南に延びる石積み（北西から）



6-5 南端部からさらに南に延びる石積み（南西から）



7-1 城門南側石積み（西から 平成 21 年度）



7-2 高石垣（南西から 平成 21 年度）



8- 1 高石垣のテラス部分（南から）



8- 2 高石垣のテラスの詳細（南から）



8- 3 高石垣のテラス上部解体後の状況（南から）



8- 4 高石垣の断割り最下部土層（西から）



9-1 高石垣の断割り状況（西から）



10- 1 城門南側城壁背面土層（西から）



10- 2 南側壁解体状況（北東から）



10- 3 城門南側城壁石積み背面土層（南から）



10- 4 南側壁背面埋没石積みの背面の土石層（西から）



10- 5 南側壁背面土層（北西から）



10- 6 城門南側城壁崩落部土層（南から）



11- 1 城壁土層（上層：盛土層、下層：土石層；北西から）



11- 2 高石垣南側背面土層（西から）



12- 1 高石垣石積み及び背面の状況①（東から）



12- 2 高石垣石積み及び背面の状況②（東から）



12- 3 高石垣石積み及び背面の状況③（東から）



12- 4 城門石積み背面流入土の状況（北から）



13- 1 高石垣南側根石検出状況①（北西から 平成 22 年度）



13- 2 高石垣南側根石検出状況②（南から 平成 23 年度）



13- 3 高石垣南側根石検出状況③（南から 平成 23 年度）



14- 1 高石垣南側根石詳細① (西から)



14- 2 高石垣南側根石詳細② (西から)



14- 3 高石垣南側根石詳細③ (西から)



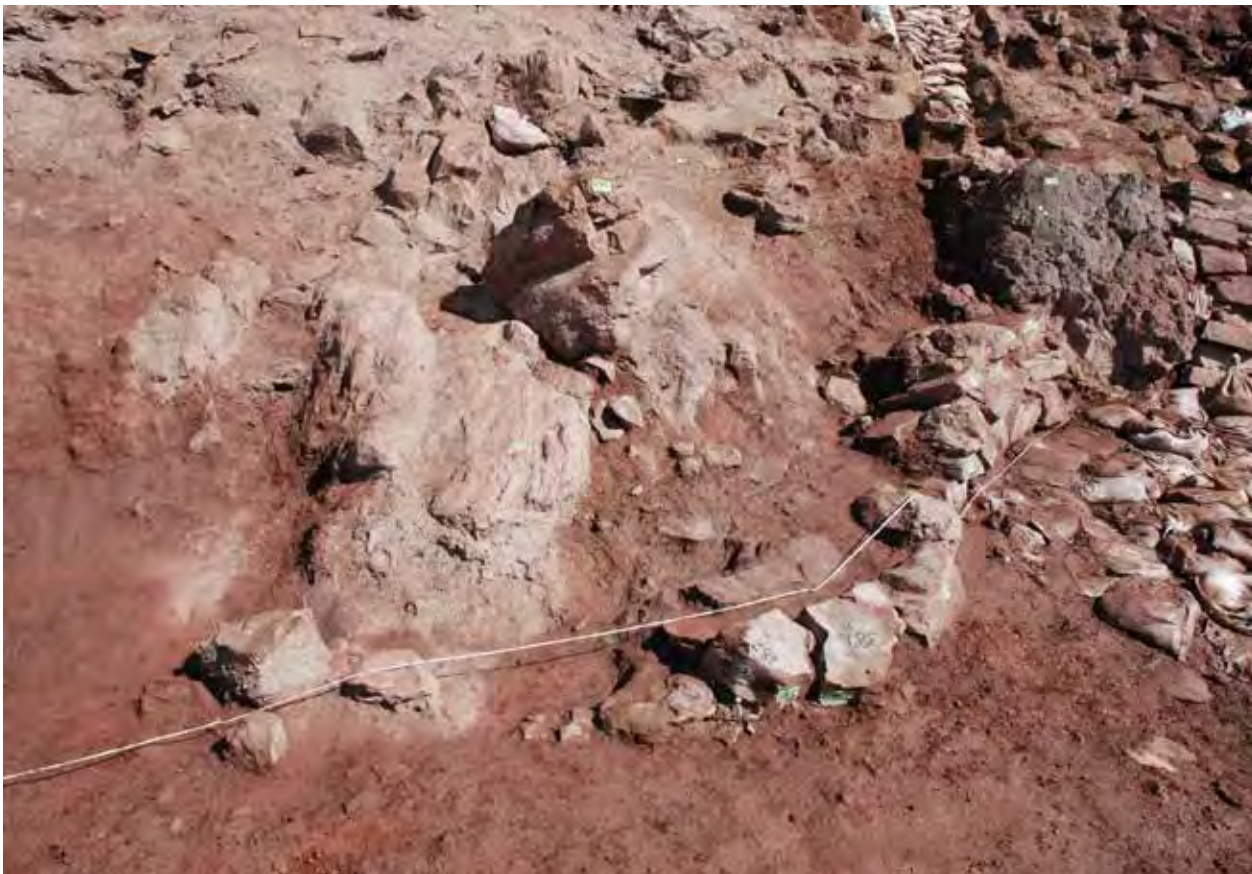
14- 4 高石垣南側根石詳細④ (西から)



14- 5 南側壁背面埋込石積み (北から)



15- 1 南側壁背面土層（北から）



15- 2 高石垣北側テラス部分下部における基底部背面の岩盤と石積み（北西から）



16- 1 南側城壁城内側石積み①（北から）



16- 2 南側城壁城内側石積み②（東から）



16- 3 南側城壁城内側石積み③（東から）



16- 4 南側城壁城内側石積み④（東から）



16- 5 南側城壁城内側石積み⑤（北から）



16- 6 南側城壁城内側石積み⑥（南から）



17- 1 城門北側城壁解体後状況（南から）



17- 2 城門北側城壁根石①（西から）



17- 3 城門北側城壁根石②（西から）



17- 4 城門北側城壁根石③（西から）



17- 5 城門北側城壁根石④（西から）



18- 1 城門北側城壁根石⑤（西から）



18- 2 城門北側城壁根石⑥（西から）



18- 3 城門北側城壁根石⑦（西から）



18- 4 城門前面石積み状況①（西から）



18- 5 城門前面石積み状況②（西から）



18- 6 城門前面石積み状況③（西から）



18- 7 城門前面石積み状況④（南から）



19- 1 城門前面石積み状況⑤（西から）



19- 2 城門前面石積み状況⑥（西から）



20- 1 城門北側城壁根石①（北から）



20- 2 城門北側城壁根石②（南から）



20- 3 城門北側城壁根石設置箇所岩盤加工状況（南西から）



21- 1 城門北側城壁石積みとその背面①（南から）



21- 2 城門北側城壁石積みとその背面②（東から）



21- 3 城門北側城壁石積みとその背面③（東から）



21- 4 城門北側城壁石積みとその背面④（東から）



22- 1 城門北側城壁石積み（北から）



22- 2 城門北側城壁石積み背面状況（東から）



22- 3 城門北側城壁石積み背面土層①（北から）



22- 4 城門北側城壁石積み背面土層②（北から）



22- 6 城門前面石積み前面土層（北から）



22- 5 城門北側城壁石積み背面土層③（南から）



23- 1 北側壁解体後石積み（南から）



23- 2 城門北側壁背面土層（南から）



24- 1 北側壁及び門道（柱穴検出前：南西から）



24- 2 城門北側城壁城内側曲面構造（南東から）



25- 1 門道全景（南西から）



25- 2 門道上段及び中段全景（南西から）



26- 1 柱穴N-①検出状況（南西から）



26- 2 柱穴N-①半裁状況（南から）



26- 3 柱穴N-②検出状況（南から）



26- 4 柱穴N-②石材検出状況①（南から）



26- 5 柱穴N-②石材検出状況②（南東から）



26- 6 柱穴N-②石材検出状況③（西から）



26- 7 柱穴N-③検出状況①（南から）



26- 8 柱穴N-③検出状況②（南から）



27- 1 柱穴N-②石材検出状況④（南東から）



27- 2 柱穴N-③検出状況（北から）



27- 3 柱穴状遺構検出状況（南から）



27- 4 北側壁柱穴列（東から）



28- 1 排水溝蓋石撤去後状況①（西から）



29- 1 排水溝蓋石撤去後状況②（東から）



29- 2 排水溝最奥部検出状況（西から）



30- 1 排水溝調査状況



30- 2 排水溝蓋石撤去状況①（南西から）



30- 3 排水溝蓋石撤去状況②（西から）



30- 4 排水溝流土撤去状況（西から）



30- 5 排水溝蓋石修復後状況（西から）



31- 1 排水溝蓋石修復状況①（西から）



31- 2 排水溝蓋石修復状況②（西から）



32- 1 北側城壁城内側石積み背面土層北半分（東から）



32- 2 北側城壁城内側石積み背面土層南半分（東から）



33- 1 北側城壁城内側石積み背面土層北半分（東から）



33- 2 北側城壁城内側石積み背面土層南半分（東から）



34- 1 南側城壁背面石積み及び背面列石検出状況（Aトレンチ：南東から）



34- 2 南側城壁背面石積み及び背面列石検出状況（Dトレンチ：南東から）



35- 1 背面列石①（東から）



35- 2 背面列石②（東から）



35- 3 背面列石前面土層（西から）



35- 4 背面列石背面土層（南から）



35- 5 背面列石の背面にある岩盤（通路状を区画するように一段高くなっている：北から）



36- 1 甕城岩盤遠景①（北から）



36- 2 甕城岩盤遠景②（北から）



37- 1 甕城北部城壁取り付け部検出状況（南から 平成 20 年度）



37- 2 甕城北部城壁取り付け部検出状況①（南西から）



38- 1 甕城北部城壁取り付き部検出状況②（南から）



38- 2 甕城北部城壁取り付き部検出状況③（南西から）



39- 1 甕城石積み前面石積み撤去状況（南から）



39- 2 甕城石積み根石検出状況（南から）



39- 3 甕城石積み前面石積み根石検出状況（東から）



39- 5 甕城石積み背面立石検出状況①（南から）



39- 4 甕城石積み前面石積み根石検出状況（東から）



39- 6 甕城石積み背面立石検出状況②（南から）



40- 1 甕城石積み崩落状況（北西から）



40- 2 甕城石積み崩落石撤去後状況（東から）



41- 1 甕城石積みの曲線ライン（西から）



41- 2 甕城石積み（南側①：北西から）



41- 3 甕城石積み（南側②：西から）



41- 4 甕城石積み（南側③：西から）



41- 5 甕城石積み（北東部：西から）



42- 1 隅丸方形状遺構検出状況（北から）



42- 2 隅丸方形状遺構一段下げ状況（北から）



42- 3 隅丸方形状遺構半裁状況（北から）



42- 4 隅丸方形状遺構土層（東から）



42- 5 土師器甕出土状況（東から）



42- 6 須恵器横瓶出土状況遠景（北西から）



42- 7 須恵器横瓶出土状況詳細（西から）



43- 1 見学路予定地第1トレンチ（南西から）



43- 2 見学路予定地1Tr 西壁土層（北東から）



43- 3 見学路予定地1Tr 北壁土層（南東から）



43- 4 見学路予定地2Tr 東側（東から）



43- 5 見学路予定地1Tr 西側（西から）



44- 1 見学路予定地 2Tr 集石状況（北西から）



44- 2 見学路予定地 2Tr 東壁土層（南西から）



44- 3 眺望点予定地 1Tr（北から）



44- 4 眺望点予定地 2Tr（南から）

【出土遺物】



44- 5 須恵器横瓶



44- 6 土師器甕

報告書抄録

ふりがな	やしまのきあと　じょうもんいこう							
書名	屋嶋城跡　城門遺構							
副書名	史跡及び天然記念物屋島整備事業報告書							
巻次								
シリーズ名	高松市埋蔵文化財調査報告							
シリーズ番号	第172集							
編著者名	渡邊　誠							
編集機関	高松市教育委員会							
所在地	〒760－8571　香川県高松市番町一丁目8番15号　　TEL087－839－2660							
発行年月日	西暦2016年5月31日							
ふりがな 所収遺跡名	ふりがな 所在地	コード		北緯 ° / ′ ″	東経 ° / ′ ″	発掘及び 整備期間	整備 面積	発掘 原因
しせきおよ　てんねんきねんぶつ 史跡及び天然記念物 や　し　ま 屋　島 やしまのきあと 屋嶋城跡	かがわけん 香川県 たかまつし 高松市 やしまひがしまち 屋島東町			34° 21′ 17″	134° 06′ 19″	2007. 4. 1 ～ 2016. 3. 11	2, 995㎡	史跡整備
所収遺跡名	種別	おもな時代		おもな遺構		おもな遺物	特記事項	
屋嶋城跡	城館	飛鳥時代		城壁及び城門		石鏃 土師器 須恵器 土師質土器 ガラス瓶		
要　約	2002年に確認された城門遺構を修復し、保存かつ活用するために実施した発掘調査及び整備工事に関する記録である。							

平成 28 年 5 月 30 日 印刷

平成 28 年 5 月 30 日 発行

高松市埋蔵文化財調査報告第 172 集

史跡及び天然記念物屋島整備事業

屋嶋城跡

— 城門遺構 —

発 行 者 高松市番町一丁目 8 番 15 号
高松市教育委員会

印 刷 者 高松市朝日町 5 丁目 14-2
株式会社 成光社