

石垣復旧積上げ施工手順

1. 総則

本施工手順は丸亀城石垣崩落復旧整備事業における石垣復旧工事（積上げ）において基本となる施工手順等について、丸亀城石垣崩落復旧整備事業復旧方針（以下復旧方針という。）に基づき、特筆すべき事項について定めたものである。

2. 目的

本工事は、平成 30 年 7 月豪雨及び台風 24 号等により崩落した丸亀城南西部石垣（以下南西部石垣という。）の復旧を行うものである。

3. 復旧範囲に応じた施工手順等の設定

崩落した南西部石垣は、三の丸石垣、帯曲輪石垣からなり、それぞれに地上部に加え、地中部の範囲が深くまで広がることが確認されている。

南西部石垣の復旧においては、石垣の本質的価値である「歴史の証拠」及び「安定した構造体」を将来へ継承すべく、地上部においては「崩落前の姿」の記録を根拠とし、「崩落前の姿」の記録の無い地中部の範囲等においても、崩落石回収時の調査及び石積みの試験施工結果を基に推測したものを根拠とし、文化財としての価値を損なわないよう復旧する。

復旧時の施工手順については、復旧の根拠となる記録に応じて定めるものとする。

※「崩落前の姿」の記録とは、崩落前の測量成果（地上部）及び地中部においても崩落を免れ、立面図やオルソ写真等の測量成果により構造が記録されているもの

石積み、栗石など

崩落石回収時の調査及び石積みの試験施工結果を根拠とする範囲（主に地中部）

- ①表面意匠については、同一石垣面残存部の測量成果を参考とする。
- ②復旧位置・復旧勾配は、崩落石材回収時の調査成果及び試験施工の結果を踏まえて推測したものである。復旧勾配については、石垣残存部への擦り付けを原則とするが、その境界で段差が生じる場合は、文化財担当職員に報告し、必要に応じて専門部会の意見聴取を経て、段差の可否について決定する。
- ③基礎構造に起因する勾配の折れや、江戸時代の修復に伴う勾配の変化点については特に留意する。
- ④地中部における復旧位置については、崩落石材回収時の調査成果及び試験施工の結果を踏まえて推測し、作成した立面図を基本とするが、写真や図面などの記録が無いことから正確な復旧位置が分からない為、施工段階において石の座りが悪い、高さが合わないなどの不具合が生じた場合には、市文化財担当職員と協議の上、変更を可とする。
- ⑤当初の立面図からの変更点については記録を行う。
- ⑥旧石材は新たに加工しないことを原則とするが、以下に示す加工の必要が生じた場合において

は、文化財担当職員に報告し、必要に応じて専門部会の意見聴取を経て、加工の可否について決定する。

- ・石材調査時や試験施工及び施工中に確認された残置することで弱部の要因となる可能性のある凸凹等の加工
- ・推測された原位置に復旧するために必要となる加工

- ⑦旧石材の加工を実施する場合については必要最小限の加工とし、写真撮影等を行い、石材調査票に記録する。
- ⑧間詰石は推測された原位置における築石の復旧状況に応じて、築石の安定や施工後の落下が無いよう接点を確保し丁寧に充填する。
- ⑨不明石材については転用石を使用した復旧を優先とし、転用石による復旧ができない場合は新石材により復旧する。不明石材の復旧位置に使用する石材の大きさは、上下左右の石材寸法に応じて調整する。
- ⑩栗石は旧石材を使用し、使用前には付着している土砂等をふるい落とし、洗浄を行う。
施工に際しては、施工箇所及び施工範囲に応じて、手詰めや機械により隙間なく丁寧に充填し、土砂等の混入がないように留意する。

「崩落前の姿」の記録を根拠とする範囲（主に地上部）

- ①復旧位置は崩落前の測量成果に記録される位置とし、復旧勾配は石垣全面の測量成果を根拠に、孕み、ゆがみ等を是正し、石垣残存部への擦り付けを原則とする。
- ②基礎構造に起因する勾配の折れや、江戸時代の修復に伴う勾配の変化点については特に留意し、復旧勾配を設定する。
- ③旧石材は新たに加工しないことを原則とするが、石材調査及び施工中に確認された、残置することで弱部の要因となる可能性のある凸凹等については、文化財担当職員に報告し、必要に応じて専門部会の意見聴取を経て、加工の可否について決定する。
なお、旧石材への加工は最終的なやむを得ないものであり、配石の調整、転用石及び新石材への交換等の対応策について十分に検討を行うこと。
- ④旧石材の加工を実施する場合については必要最小限の加工とし、写真撮影等を行い、石材調査票に記録する。
- ⑤間詰石は回収したものをを使用することを原則とするが、割れ、風化等で使用できない場合や築石等の位置が微妙に変化して原位置に復旧することが困難な場合には、加工、交換を行う。間詰石の加工を実施する場合は、必要最小限の加工とし、原位置に復旧することができなかった間詰石については、同一石垣面での転用を行う。
- ⑥間詰石は、築石の安定や、施工後の落下が無いよう接点を確保し丁寧に充填する。
- ⑦不明石材については転用石を使用した復旧を優先とし、転用石による復旧ができない場合は新石材により復旧する。不明石材の復旧位置に使用する石材の大きさは、上下左右の石材寸法に応じて調整する。
- ⑧栗石は旧石材を使用し、使用前には付着している土砂等をふるい落とし、洗浄を行う。
施工に際しては、施工箇所及び施工範囲に応じて、手詰めや機械により隙間なく丁寧に充填し、土砂等の混入がないように留意する。

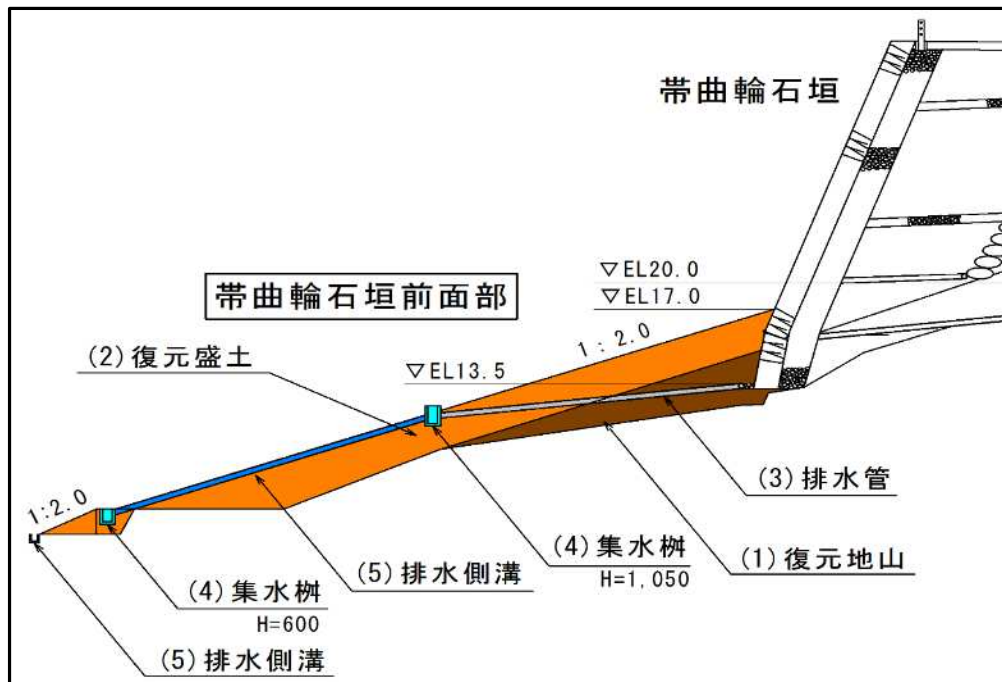
4. その他

施工については本施工手順の他、『石垣整備のてびき』（文化庁文化財部記念物課監修 2015年）に準じて行うものとするが、定めのない事項や、積み上げの過程において疑義が生じた場合には丸亀市と協議するものとする。

また、施工に際し大きく方向性が変わる等、協議の必要性が生じた場合には専門部会と協議するものとする。

地山、盛土、排水施設など

1. 帯曲輪石垣前面部



(1) 復元地山

- ①母材：花崗土（購入土） ※現場発生土は、石垣背面盛土に優先的に使用
- ②原位置での必要強度： $q_u=2,400\text{kN/m}^2$ 以上 ※現地山と同等強度を平板載荷試験より算出
- ③セメント混合量：高炉B種 100kg/m³ ※セメント混合試験より算出
- ④混合方法：自走式土質改良機にて混合 ※均質に混合させるため
- ⑤施工方法：
 - ✓既設地盤との付着を考慮し、必要に応じて最小幅 1m、高さ 0.5m で法面の段切り掘削を行う。
 - ✓グラウンドでセメント混合した材料を現場に搬入し、盛土試験で規定した巻出し厚にて振動ローラを使用し、締固め度 90%以上 を確保するよう転圧を行い、所定の高さまで上げる。※巻出し厚や締固め回数などについては、盛土試験の結果から決定する。

(2) 復元盛土

- ①母材：花崗土（購入土） ※現場発生土は、石垣背面盛土に優先的に使用
- ②原位置での必要強度： $q_u=240\text{kN/m}^2$ 以上
 - ※帯曲石垣に作用する水平力 420kN/m より算出
- ③セメント混合量：高炉B種 50kg/m³ ※セメント混合試験より最小添加量で可
- ④混合方法：バックホウにて混合
- ⑤施工方法：
 - ✓グラウンドでセメント混合した材料を現場に搬入し、規定した巻出し厚にて振動ローラや狭隘部にはタンパー等を使用し、締固め度 90%以上 を確保するよう転圧を行い、所定の高さまで上げる。
 - ※巻出し厚や締固め回数などについては、盛土試験の結果から決定する。

✓法面整形を行い植生マット工などにより法面保護を行う。

(3) 排水管

①使用材料：高密度ポリエチレン管（口径 300 mm）

②施工方法：

✓帯曲輪石垣角部最下段と南面最下段より 2 系統、また西面最下段より 1 系統の計 3 系統の排水管を復元地山ならびに復元盛土内に布設し、新たに設置する集水枡 2 箇所それぞれ接続する。

✓排水管は、勾配が 11%（管内流速が 3.0m/s を確保するよう）になるよう布設し、単粒度砕石（20～40）にて埋戻し、管周りを保護する。

(4) 集水枡

①種類、サイズ：現場打ちコンクリート

□-500 mm×500mm×1,050 mm、□-500 mm×500 mm×600 mm

②施工方法：

✓集水枡は復元地山ならびに復元盛土内に設置し、新たに布設する排水管と排水側溝と接続する。

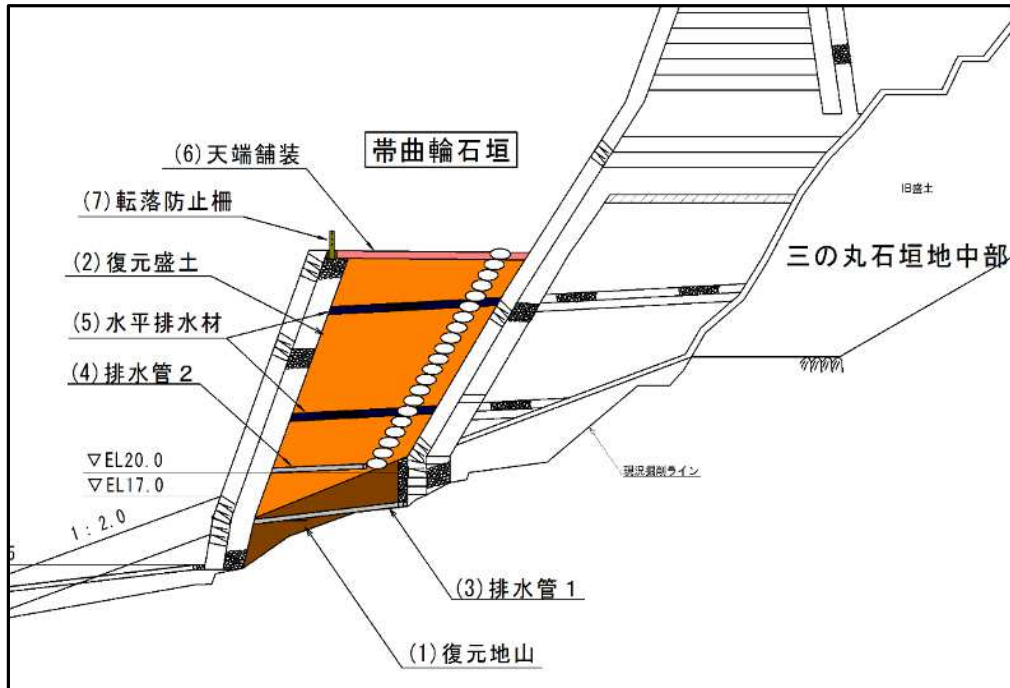
(5) 排水側溝

①種類、サイズ：U型側溝（二次製品）、幅 240 mm×高さ 240 mm

②施工方法：

✓集水枡へ接続し、復元盛土の仕上がり勾配（1：2.0）に沿って設置する。

2. 帯曲輪石垣



(1) 復元地山

- ①母材：花崗土（購入土） ※現場発生土は、石垣背面盛土に優先的に使用
- ②原位置での必要強度： $qu=2,400\text{kN/m}^2$ 以上 ※現地山と同等強度を平板載荷試験より算出
- ③セメント混合量：高炉B種 100kg/m^3 ※セメント混合試験より算出
- ④混合方法：自走式土質改良機にて混合 ※均質に混合させるため
- ⑤施工方法：
 - ✓既設地盤との付着を考慮し、必要に応じて最小幅 1m、高さ 0.5m で法面の段切り掘削を行う。
 - ✓グラウンドでセメント混合した材料を現場に搬入し、規定した巻出し厚にて振動ローラや狭隘部にはタンパー等を使用し、締固め度 90%以上 を確保するよう転圧を行い、所定の高さまで上げる。

(2) 復元盛土

- ①母材：現場発生土
- ②原位置での必要強度： $qu=520\text{kN/m}^2$ 以上 ※詳細設計より算出
- ③セメント混合量：高炉B種 90kg/m^3 ※セメント混合試験より算出
- ④混合方法：回転式破碎混合機により現場発生土を破碎し、自走式土質改良機にて混合
※現場発生土は土塊になりやすい為、これを破碎し均質に混合させるため
- ⑤施工方法：
 - ✓石積みの施工が概ね 1 段毎 にグラウンドでセメント混合した材料を現場に搬入し、規定した巻出し厚にて振動ローラを使用し、締固め度 90%以上 を確保するよう転圧を行い、これらを繰返し、所定の高さまで上げる。
※巻出し厚や締固め回数などについては、盛土試験の結果から決定する。

(3) 排水管 1

①使用材料：高密度ポリエチレン管（口径 300 mm）

②施工方法：

- ✓三の丸石垣最下段と帯曲輪石垣の裏込め（栗石）を結び、勾配が 4%（管内流速が 3.0m/s を確保するよう）になるよう布設し、単粒度碎石（20 mm～40 mm）にて埋戻し、管周りを保護する。

(4) 排水管 2

①使用材料：高密度ポリエチレン管（口径 100 mm）

②施工方法：

- ✓根固め石垣最下段と帯曲輪石垣の裏込め（栗石）を結び、勾配が 4%（管内流速が 3.0m/s を確保するよう）になるよう布設し、単粒度碎石（20 mm～40 mm）にて埋戻し、管周りを保護する。

(5) 水平排水材

①使用材料：碎石（購入材）、栗石（現場発生材）

②施工方法：

- ✓高さ約 5～7m 毎に施工範囲全域に渡り面状に設置する。
- ✓盛土を所定の高さまで施工し、その上に厚さ 20 cmの栗石をバックホウ等により敷均し、その上面に厚さ 10 cmの碎石を同様に敷均す。

(6) 天端舗装（自然色（茶系）アスファルト舗装）

①天端処理について：石垣天端については、出来る限り石垣内部に雨水が入らないよう対策を施す必要があり、現在、下記のように天端舗装（自然色アスファルト舗装）を考えているが、その対策方法については、遺構の保護や景観、排水方向、城内の全体計画などを鑑み、再度、検討を行うこととする。

②使用材料：脱色アスファルト合材（13mm）、クラッシャーラン（40 mm）

③施工方法：

- ✓盛土を所定の高さまで施工し、その上に厚さ 10 cmの路盤を、クラッシャーランを使用しバックホウ等により敷均して、振動ローラによる転圧を行い、設置する。
- ✓路盤の上に厚さ 5 cmのアスファルト舗装を、脱色アスファルト合材を使用し、アスファルトフィニッシャー等により敷設し、タイヤローラ等を使用し転圧を行い、設置する。
- ✓天端の勾配は、表面水が石垣前面側に排水できるように設置する。

(7) 転落防止柵

①設置について：崩落前には設置されていなかったが、文化財の活用の面などから必要と判断した場合には、見学者の安全を考慮し、設置することとする。

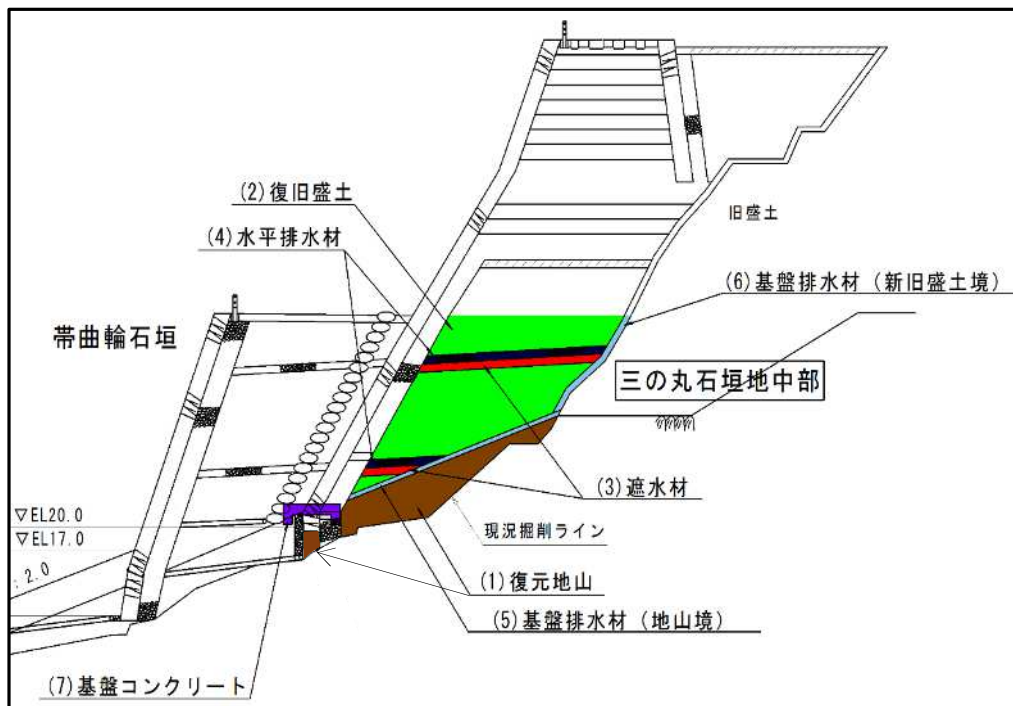
②使用材料：木製転落防止柵（H-1200）

③施工方法：

- ✓今回の施工範囲における石垣際にコンクリート基礎により設置する。

※転落防止柵については、必要性も含めて今後、検討を行う。

4. 三の丸石垣地中部 報告事項



(1) 復元地山

- ①母材：花崗土（購入土） ※現場発生土は、石垣背面盛土に優先的に使用
- ②原位置での必要強度： $qu=2,400\text{kN/m}^2$ 以上 ※現地山と同等強度を平板載荷試験より算出
- ③セメント混合量：高炉B種 100kg/m³ ※セメント混合試験より算出
- ④混合方法：自走式土質改良機にて混合 ※均質に混合させるため
- ⑤施工方法：
 - ✓既設地盤との付着を考慮し、最小幅 1m、高さ 0.5m で法面の段切り掘削を行う。
 - ✓グラウンドでセメント混合した材料を現場に搬入し、規定の巻出し厚にて振動ローラや狭隘部にはタンパー等を使用し、締固め度 90%以上確保するよう転圧を行い、所定の高さまで上げる。

(2) 復旧盛土

- ①使用材料：現場発生土
- ②破砕方法：回転式破砕混合機により土塊を破砕
 ※現場発生土は土塊になりやすい為、これを破砕し均質なものとする
- ③施工方法：
 - ✓石積みの施工が概ね 1 段毎にグラウンドで回転式破砕混合機により処理した材料を現場に搬入し、規定の巻出し厚にて振動ローラや狭隘部にはタンパー等を使用し、締固め度 90%以上確保するよう転圧を行い、これらを繰返し、所定の高さまで上げる。
 - ※巻出し厚や締固め回数などについては、盛土試験の結果から決定する。

(3) 遮水材

- ①母材：現場発生土
- ②透水係数： $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ 以下（粘性土相当）
- ③セメント混合量：高炉B種 50kg/m³ ※最小添加量で可

- ④混合方法：回転式破碎混合機により現場発生土を破碎し、自走式土質改良機にて混合
※現場発生土は土塊になりやすい為、これを破碎し均質に混合させるため

⑤施工方法：

- ✓25cm 2層としてバックホウで巻き出し、振動ローラで t=50cm に仕上げる。

(4) 水平排水材

- ①使用材料：碎石（購入材）、栗石（現場発生材）

②施工方法：

- ✓高さ約 5～7m 毎に施工範囲全域に渡り面状に設置する。

- ✓盛土を所定の高さまで施工し、その上に厚さ 20 cmの栗石層をバックホウ等により敷均し、その上面に厚さ 10 cmの碎石層を同様に敷均す。

(5) 基盤排水材（地山境）

- ①使用材料：碎石（購入材）、栗石（現場発生材）

②施工方法：

- ✓復元地山上面に施工範囲全域に渡り面状に設置する。

- ✓復元地山を所定の高さまで施工し、その上面に厚さ 10 cmの碎石層をバックホウ等により敷均し、その上面に厚さ 20 cmの栗石層を同様に敷均し、さらにその上面に厚さ 10 cmの碎石層を同様に敷均し設置する。

(6) 基盤排水材（新旧盛土境）

- ①使用材料：碎石（購入材）、栗石（現場発生材）

②施工方法：

- ✓復旧盛土と同時に施工する。

- ✓復旧盛土施工端に厚さ 20 cmの栗石層を厚さ 10 cmの碎石層で挟み込むような形状で施工する。

(7) 基礎コンクリート（根石保護）

①使用材料：

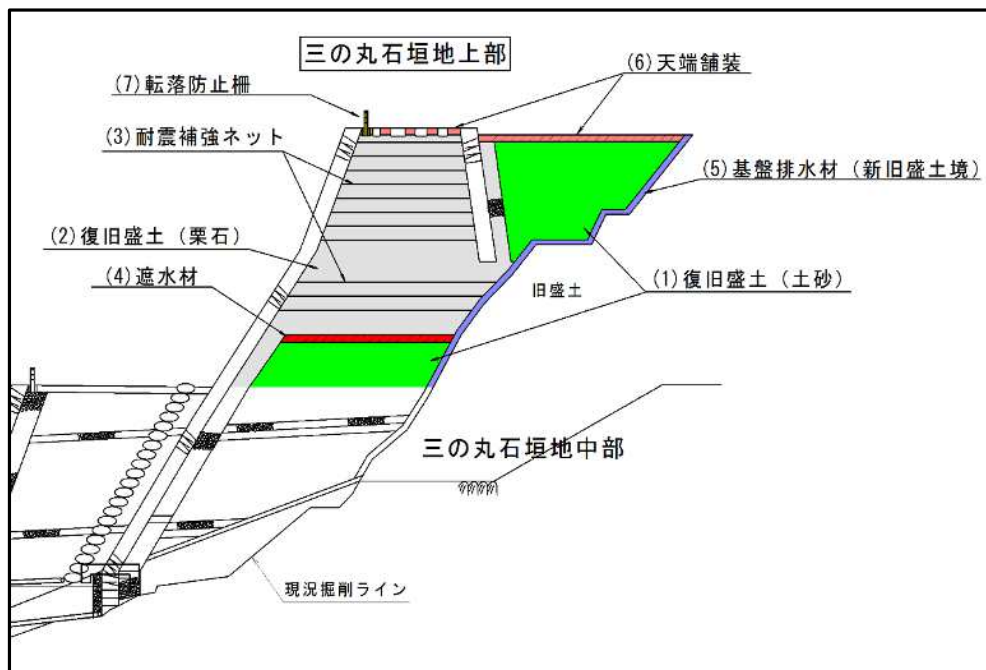
コンクリート（40-12-20BB）、鉄筋（SD345）D38、D35、D32、D19、D16、不織布

②施工方法：

- ✓既存根石を覆うように門型の RC 基礎を設置し、これにより根石の保護および三の丸石垣の基礎とする。

- ✓基礎コンクリートと根石の間の空隙部分にはセメント改良土を用いて充填し、基礎コンクリート施工時における底面及び側面（内側）の型枠に相当する硬さを確保し、これを型枠の代替とする（この部分の型枠はコンクリート打設後、脱型ができない為）。その際、根石に直接セメント改良土が付着しないよう不織布などで養生する。また、地下水の侵入防止のための止水壁を設置する。

5. 三の丸地上部 報告事項



(1) 復旧盛土（土砂）

①使用材料：現場発生土

②破砕方法：回転式破砕混合機により土塊を破砕

※現場発生土は土塊になりやすい為、これを破砕し均質なものとする

③施工方法：

✓石積みの施工が概ね1段毎にグラウンドで回転式破砕混合機により処理した材料を現場に搬入し、規定の巻出し厚にて振動ローラや狭隘部にはタンパー等を使用し、締固め度90%以上確保するよう転圧を行い、これらを繰返し、所定の高さまで上げる。

※巻出し厚や締固め回数などについては、盛土試験の結果から決定する。

(2) 復旧盛土（栗石）

①使用材料：現場発生栗石

②施工方法：

✓築石周囲の栗石は人力で詰めるものとし、築石と盛土の間（檣台の中）は、バックホウにより規定された巻出し厚さで敷均し、タンピングランマーにより突き固め、所定の高さで平坦に仕上げる。

✓栗石の品質管理として、密度測定を水置換法で検査する。その検査頻度は、土木施工管理基準より 500 m³につき 1 回、1 回あたり 3 箇所測定する。

③設計値：測定値が 16.5kN/m³ から 18.3kN/m³ の範囲とする。

(3) 耐震補強ネット

①使用材料：ジオテキスタイル（設計条件を満足する引張力などが確保されたもの）

②施工方法：

✓設計図書に定められた高さから、C から E 面及び D から B 面に向かって、それぞれ鉛直方向に 1.0m ピッチで計 11 段のジオテキスタイルを栗石の間に配置する。

✓ジオテキスタイルは石垣背面から必要敷設長を確保し、平坦に仕上がった栗石上の所定

の高さに緩みなく敷設する。

(4) 遮水材

- ①母材：現場発生土
- ②透水係数： 1.0×10^{-9} m/s 以下（粘性土相当）
- ③セメント混合量：高炉 B 種 50kg/m³ ※最小添加量で可
- ④混合方法：回転式破碎混合機により現場発生土を破碎し、自走式土質改良機にて混合
※現場発生土は土塊になりやすい為、これを破碎し均質に混合させるため
- ⑤施工方法：
✓25cm 2層としてバックホウで巻き出し、振動ローラで t=50cm に仕上げる。

(5) 基盤排水材（新旧盛土境）

- ①使用材料：碎石（購入材）、栗石（現場発生材）
- ②施工方法：
✓復旧盛土（土砂、栗石）と同時に施工する。
✓復旧盛土施工端に厚さ 20 cm の栗石を厚さ 10 cm の碎石で挟み込むような形状で施工する。

(6) 天端舗装（自然色（茶系）アスファルト舗装）

- ①天端処理について：石垣天端については、出来る限り石垣内部に雨水が入らないよう対策を施す必要があり、現在、下記のように天端舗装（自然色アスファルト舗装）を考えているが、その対策方法については、遺構の保護や景観、排水方向、城内の全体計画などを鑑み、再度、検討を行うこととする。
- ②使用材料：脱色アスファルト合材（13mm）、クラッシャーラン（40 mm）
- ③施工方法：
✓盛土（栗石）を所定の高さまで施工し、その上に厚さ 10 cm の路盤を、クラッシャーランを使用しバックホウ等により敷均して、振動ローラによる転圧を行い、設置する。
✓路盤の上に厚さ 5 cm のアスファルト舗装を、脱色アスファルト合材を使用し、アスファルトフィニッシャー等により敷設し、タイヤローラ等を使用し転圧を行い、設置する。
✓天端の勾配は、表面水が既存排水路に排水できるように設置する。
✓檣跡部については、礎石を露出する形で礎石の間を人力にて施工する。

(7) 転落防止柵

- ①設置理由：崩落前から設置されていた為、見学者の安全を考慮し同程度のものを復旧する。
- ②使用材料：木製転落防止柵（H-1200）
- ③施工方法：
✓今回の施工範囲における石垣ぎわにコンクリート基礎により設置する。
※転落防止柵については、必要性も含めて今後、検討を行う。

6. その他

施工に際し、大きく方向性が変わる等、協議の必要性が生じた場合には専門部会と協議するものとする。