VI 再整備事業

1 復原建物等の老朽化と市単独修繕

(1) 老朽化の進行 復原建物 1~3 (竪穴住居) は、発掘調査成果を参考に黒ボク土を屋根に被せた住居として当時の位置に整備し、集落景観を復元するため、復原建物 1・2 の複製を復原建物 5・6 として設置した。来場者が縄文時代をイメージできるよう、現代資材を極力採用しない方針で復元された。整備当時は土屋根竪穴住居の復元事例がほぼなく、維持管理上の問題点を見通せないなかでの開場となった。復元後は屋根土に生えた草が周囲と一体化し、緑色の土饅頭が点在する癒しの空間となった。

土屋根竪穴住居は平成11年4月の開場以来、週に3回、半日程度、屋内で薪をたき、煙で燻してきた。燻煙作業により、屋内の除湿や防虫効果を一定程度果たすだけでなく、縄文時代と同様に住居から煙が立ち上る景観をとおしてロマン溢れるひと時を来場者に提供することを期待したものである。このような作業を行っても、開場後、3年目を迎えた頃から、水分を含んだ屋根土からの雨漏り等で流入した水や湿気が屋内に溜まることが顕著になった。それが原因となり、屋根土を支えていた樹皮や垂木・小舞を結束する縄のほか、主柱や垂木などの栗丸太材の土中埋設部分が菌の作用で腐朽し(写真10・13)、柔らかくなった部分はケブカシバンムシなど湿材甲虫に食べられたり、折れたりして(写真12)、すべての竪穴住居の強度が低下する事態が生じた。なお、雨漏りは5棟の竪穴住居すべてで生じ、特に復原建物1~3・5の桁・梁材から下の部分で激しかった。土間には雨漏り



写真 10 復原建物 1 木材 (白色) 腐朽菌の発生 雨漏りの水分が麻縄等に含まれ、腐朽した



写真 11 復原建物 2 小屋根栗樹皮の破損 木表を上にして横葺したため、雨水が流入した



写真 12 復原建物 2 垂木の折損 水分を含んだ屋根土の荷重により折損した



写真 13 復原建物 3 木材 (白色) 腐朽菌の発生 麻縄付近の木材腐朽菌が樹皮にも拡大した



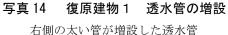




写真 15 復原建物 1 透水管埋戻し 豆砂利で埋戻した

による細かな窪みが生じていた。保水性の高い黒ボク土を主体とした土屋根にはタンポポなどの雑草が繁茂することとなり、雨水は主に根に沿って屋根土内に浸透した。

小舞は樹皮がある状態で施工されたため、腐朽によって柔らかくなった樹皮下で木材加害昆虫が成育し、材の強度が著しく低下した。垂木尻など土中埋設部分も腐朽が進行した。このような木材等の腐朽に起因した建物の劣化を踏まえ、平成15年度にすべての復原建物(竪穴住居)と北代縄文館内のレプリカを対象として48時間の薬剤(エキボン)薫蒸を行った。なお、復原建物1は地下水の影響が大きく、平成16年度に既設の透水管に沿って若干太めの透水管を増設し、埋戻しも従来の砂に替えて、豆砂利とした(写真14・15)。ただ、豆砂利層の上も3年程度で土壌が覆い、地表経由の排水能力は低下した。

(2) 市単独修繕 劣化が著しい復原建物1~3について、国立大学法人名古屋工業大学名誉教授宮野秋彦氏(建築環境工学)の指導を得て、土屋根内部の排水能力と屋内の調湿能力を高めるため、平成15・18年度の修繕(市単独事業,以下、市単独修繕と略記)では土屋根に現代資材(防水シート:JIS 規格適合高分子系ルーフィング,ウルトラチャンピオン、調湿建材:ゾノトライト系ケイ酸カルシウム板,ヒューミライト、復原建物1・2のみ)を敷設した。防水シート(幅1m×長さ21m)は重ね幅20~70cmで、垂木尻まで二重に敷設した。建物周囲に埋設された透水管までは延伸させなかった。防水シートはビス等で樹皮下の垂木・小舞に留めておらず、棟に掛け渡しただけである。毛細管現象防止用の突起や突起列(縦桟)が設けられており、防水シートを樹皮層に沿わせて敷設(縦葺)した。その結果、突起列が樹皮下の小舞と平行することとなり、浸透水は縦方向ではなく、突起列に沿って主に横方向へと誘導されることとなった。当時は最善と判断された改修方法だったが、結果的にこれらが後々の不具合を一部で誘発した。もちろん、全体的にはおおむね十分と言えるだけの効果が得られた。樹皮屋根は整備段階と同じく、木表が上側になるよう葺いた。出入口屋根にも防水シートを敷設した。

防水シートの下(屋内側)には調湿建材(厚さ 12mm)を全面に敷き詰め(写真 24)、垂木尻から上方 1.2mほどは二重敷きとした(写真 25)。調湿建材には、約 40 年前から博物館等文化施設の収蔵・展示空間の内装材料に使用され、優れた調湿性能が実証されているヒューミライト(吸湿性能 29 g/㎡以上、放湿性能 20 g/㎡以上)を選定し、調湿面積の増加による効果も期待して一部は二重敷きとした。調湿建材の屋内側には樹皮(栗・杉)を

敷設してあり、調湿建材と防水シートは見学者の目に触れない構造とした。

市単独修繕の結果、土間や腰壁からの水や湿気の流入は続いたものの、その流入量が減ったことで復原建物の劣化を大幅に遅らせることに成功した。小屋組の強度を高めるため、垂木(栗材)を太く(元口 ϕ 8 cm \rightarrow 13 \sim 16cm)し、旧垂木材を小舞材に転用し、その他は基本的に旧材を再利用した。垂木尻(土中埋設部分)には防錆材を塗布したうえで防水シートを巻付け、木部に水分が触れない対策を講じた(写真 21)。

平成 15 年度市単独修繕(復原建物 1 ・ 2)の概要は、詳しく報告されている。(宮野・西尾・堀沢 2004)。以下、概要を要約する。

①劣化の原因 第1期整備の復原建物の設計を担当した西尾信広氏 (㈱京都環境計画研究所: 当時) によれば、復原建物 1・2の劣化は整備工事中から懸念されていたもので、2つの原因があるとされた。原因の一つは水分で、地下と屋根の両方向から水が浸透し、建物内に湿気が供給されたことである。もう一つの原因は復元材料で、一般的に市場流通していない栗材を生木のまま軸組全体に使用したことである。

設計段階では、屋根に防水シートを使用することも検討されたが、想定される縄文時代の工法や材料に忠実な復元であることを優先させ、小屋組の上に樹皮・そだ木を敷設し、土で覆うことになった。設計での屋根土は平均厚 25cm だったが、表面が硬化するまでの浸水が危惧され、50cm 以上で施工された。結果として、屋根土の荷重により、垂木の湾曲や



写真 16 復原建物 1 屋根土除去後 そだ木の束 (φ15cm) の多くは腐朽消滅した



写真 17 復原建物 1 そだ木除去後 屋内側の樹皮以外はほぼ腐朽消滅した



写真 18 復原建物 1 小屋組露出状態



写真 19 復原建物 1 垂木尻(下端部) 腐朽状態



写真 20 復原建物 1 主柱 1 (地際) 腐朽状態 木材腐朽菌の作用により腐朽した部分が木材加 害昆虫 (甲虫) の食害を被ったため (芯材のみ健全)、 新材と取替えた



写真 21 復原建物 1 垂木尻の改良 垂木尻に防水シートを巻付けて保護対策を講 じ(旧垂木は小舞に転用)、木材腐朽菌が作用 しにくいようにした



写真 22 復原建物 1 小屋組状態 垂木を太くした分、本数を当初の約 40 本から 26 本に減じた



写真 23 復原建物 1 樹皮葺状態 小屋組の上に栗樹皮を葺き、その上に杉樹 皮を葺いた



写真 24復原建物 1調湿建材敷設 1屋根尻では調湿建材の下端を防水シートで巻込み (重ね幅 20~50cm)、浸透水対策を講じた



写真 25 復原建物 1 調湿建材敷設 2 屋根尻から 2 段目までは調湿建材を二重敷 きし、その上に防水シートを敷設(重ね幅 20 ~70cm)した

折損が生じた。その後、垂木材の負担軽減のために屋根土表層を漉き取ったことで、屋根からの雨漏りの促進につながった。北代縄文広場は史跡保護のため、富山県氷見市産砂質土で造成盛土されていた。造成土は砂分を多く含み、流れやすく、吸湿性が高いものだったため、竪穴を囲むように布基礎を回して地下水の浸入を防ぐよう設計した。しかし、地下水が予想以上に多く、基礎底盤の下を潜って床面に浸み出る結果となった。主要軸組は白木使用としたため、樹皮を剥ぎやすいよう生木に近い栗材を揃えた。雨漏りによる水分を吸収した材は、腐朽が進行することとなった。



写真 26 復原建物 1 防水シート敷設 防水シート上にそだ木(雑木小枝)を敷設した



写真 27 復原建物 1 そだ木敷設φ 15cm のそだ木の束を逆葺した(雑木小枝の根元側を屋根棟木側に向けた)



写真 28 復原建物 1 修繕後(外観)



写真 29 復原建物 2 修繕後(外観)



写真30 復原建物4 修繕前



写真 31 復原建物 4 修繕後

②期待された修繕の効果 防水シートの二重敷きにより、修繕後 20~30 年程度は雨漏りの心配がなく、調湿建材が機能すれば屋内湿度環境が整い、樹皮や麻縄、栗丸太材の保護に有効である。屋内の湿気のコントロールとあわせ、軸組材の強度を高めたことで垂木尻付近の屋根土の荷重による垂木・小舞への影響を低減させる(当該部を屋内から支えて屋根崩壊を防止する)ことになり、材の湾曲や折損は避けることができると期待された。

- (3)復原建物4(高床倉庫)の修繕 平成 16 年度に市単独修繕として実施した。茅葺屋根を解体し、腐朽が進行した主柱1本を取替え(土中埋設部分に防水シート巻付による保護対策なし)、茅を葺替えた。雨漏りにより、垂木と小舞を結束する麻縄が腐朽し、材にも影響を及ぼしていた。このため、棟部分の茅束間に防水シートを挟込み、雨漏りを防止することが意図された。修繕は原状復旧という方針で実施され、施工法は整備段階と基本的に同じとされた。防水シート敷設という改良は講じられたが、使用する茅の状態や葺き方は整備段階と同様なので、棟部分からの雨漏りは防止できても、茅が細くなるに連れて屋根面からの雨漏りは発生することとなった。茅の葺き方は基本的に逆葺とする点が整備段階と同じものの、軒部分は順葺した上に逆葺した点が整備段階と異なる。
- (4) 復原建物 3 の修繕 平成 16・17 年度に調達・加工した丸太材等を用いて、18 年度 に西尾氏の指導の下で修繕を実施した。 3 年とも市単独修繕である。復原建物 3 は他の竪



写真32 復原建物3 棟部の劣化



写真 33 復原建物 3 小屋組腐朽状態



写真 34 復原建物 3 杈首折損状態



写真35 復原建物3 杈首•母屋桁露出状態



写真 36 復原建物 3 杈首・母屋桁の取合い検討 復原建物 1・2と異なり、杈首尻には防水 シート巻付による保護対策がない



写真 37 復原建物 3 杈首・母屋桁結束 煤が付着した杈首は旧材を継続使用し、母 屋桁には旧杈首・垂木を転用した



写真 38 復原建物 3 杈首・母屋桁・土留丸太結束 材の結束はビス留め+麻縄による



写真 39 復原建物 3 垂木結束 垂木はすべて新規調達材による



写真 40 復原建物 3 垂木・小舞結束 旧垂木を小舞に転用した



写真 41 復原建物 3 樹皮・防水シート敷設 樹皮は屋内側から栗・杉・栗の順で敷設した





写真 42 復原建物 3 防水シート 板押さえ

写真 43 復原建物 3 そだ木敷設

穴住居と比べて規模が大きく、杈首・母屋桁をもつなど小屋組の構造が異なる(写真 35~40)。復原建物1・2と異なり、杈首尻・垂木尻に防水シート巻付による保護対策はなく、調湿建材も敷設していない。防水シートの敷設後、そのずれを防ぐため、板材で小屋組にビス留めし、押さえた(写真 41・42)。この点も、復原建物1・2と異なる。主柱や出入口支柱、桁・梁は整備段階のままである。なお、屋根土の厚さは整備段階の設計である平均 25cm として復元した。屋根土の量を減らした分、屋根荷重は軽減された。

(5) **復原建物1の修繕** 平成 19 年度には、宮野秋彦氏の指導の下で、出入口からみて 奥半分(9.8 m²) の土間を叩いて締め固めた(VII-8参照)。





写真 44 復原建物 1 土間タタキ (胴突締固め) 写真 45 復原建物 1 土間タタキ (カケヤ締固め)

(6) 復原建物 5 の修繕等 復原建物 $1 \sim 3$ と比べて復原建物 5 は旧地形が若干高く、地下水の影響も少ない位置にある(第 3 図)。しかし、土屋根の構造が同じため、徐々に雨漏りが建物に悪影響を及ぼし、小屋根が強風被害を受けた。このため、平成 16 年度に小屋根・出入口屋根を修繕した(写真 $46 \sim 50$)。この他、雨漏り等による腐朽が垂木や小舞、樹皮の強度を低下させ、当該部分の土屋根が陥没することとなった。このため、陥没部分の補修(予防のための補強措置を含む)を平成 $16 \cdot 20 \cdot 21$ 年に計 5 回行った。

平成21年10月の台風18号によって、復原建物2の小屋根が強風に煽られて横倒しとなってほぼ全損し、復原建物5・6の土屋根にも陥没が生じた。これを踏まえ、復原建物5・

6 は屋内を公開停止とし、トラロープで囲んで立入禁止措置を講じた。平成 21 年度末まで に復原建物 2 の小屋根修繕、および応急措置として復原建物 5 ・ 6 の土屋根下半の補強作業 (コンパネの全周埋込み:写真 51)を行った。

(7) 広場案内サインの修繕 凍害等により陶板サインが破損したため、平成 15 年度にガイダンス施設(北代縄文館)正面のサインAを修繕した。アルミ板両面にアルマイト処理(5年耐候プリント)を施し、表面にはポリカーボネート硬質片面耐光処理を施した。



写真 46 復原建物 5 小屋根修繕



写真 47 復原建物 5 出入口屋根防水シート敷設



写真 48 復原建物 5 出入口屋根そだ木敷設



写真 49 復原建物 5 樹皮腐朽部分養生



写真 50 復原建物 5 修繕後



写真 51 復原建物 5 · 6 補強作業(応急措置)

VI

2 再整備事業の実施に向けた検討

平成21年度から、復原建物等について長寿命化を目指した再整備事業の実現に向けた検討を文化庁文化財部記念物課、および富山県教育委員会生涯学習・文化財室と開始した。 平成10年度の復原建物6棟の復元整備では、栗丸太材調達から上屋復元までを単年度(10月29日~平成11年3月19日)で実施したため、丸太材の乾燥が不十分なまま、高湿度環境の積雪期に上屋を組上げた。その結果、施工中から樹皮や栗丸太材等が水分を含み、樹皮や丸太材など木質部材の竣工後の耐久性に悪影響を及ぼす原因となった。乾燥不十分な主柱は、土屋根や積雪の荷重によってたわむことにもつながった。これらの反省から、土屋根竪穴住居の再整備は、1年目に栗丸太材・樹皮等の調達や粗加工、防腐処理を行い、十分な乾燥期間を経て、2年目に上屋復元を行うことが望ましいと考えられた。

平成22年1月には、史跡北代遺跡環境整備委員会委員であった小島俊彰氏(公立大学法人金沢美術工芸大学名誉教授・富山市文化財調査審議会委員:当時)、黒崎直氏(国立大学法人富山大学人文学部教授・富山市文化財調査審議会委員:当時)から、①復原建物、②ガイダンス施設、③活用について、課題の指摘と共に、再整備に向けた助言をいただいた。

以上を踏まえ、土屋根竪穴住居は1棟につき2年計画で修理工事を行うことを基本方針 として補助事業を実施することとなった。

3 史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議の設置と経過

平成22年8月、上屋解体工事中の復原建物5について、文化庁文化財部記念物課文化財調査官の現地指導を受けた。その際、①次年度に計画している上屋復元工事を市単独修繕で実績のある修理工法(以下、従来工法と略記)で実施するのか、②専門家による更なる検討を踏まえ、従来工法とは異なる工法を検討・試験して実施することで、従来工法と比較検討できるようにするのかを検討するよう指導を受けた。復原建物の修理は、修理を要する箇所を原状復旧させることが全国的な傾向で、今後の維持管理をより良くする修理工法の研究が進んでいなかった。一方、北代縄文広場では市単独修繕によって改善を図り、一定の効果を確認していた。これらの点を踏まえ、文化庁との協議を経て、②の方針を採ることに決定し、史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議(以下、専門家会議と略記)を設置した。これは、土屋根竪穴住居および茅葺高床倉庫の修理にあたって、考古学以外の専門的視点も加えて分析し、長寿命化改修策等について検討することを目的としたものである。専門家会議は6名で構成し、宮野則彦氏と佐野千絵氏は第2回専門家会議から加わった(第4表)。

る。専門家会議は6名で構成し、宮野則彦氏と佐野千絵氏は第2回専門家会 た(第4表)。 第4表 史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議委員名簿 氏名(敬称略) 専門分野 所属(平成28年度)

氏名(敬称略)	専門分野	所属(平成 28 年度)
宮野 秋彦	建築環境工学	国立大学法人名古屋工業大学名誉教授
清水 正明	鉱物科学	国立大学法人富山大学副学長・理学部教授
藤井 義久	林産加工学	国立大学法人京都大学大学院農学研究科教授
西井 龍儀	考古学	富山考古学会会長・一級建築士
宮野 則彦	木材物理学	日本大学生物資源科学部准教授
佐野 千絵	環境化学	独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所
1 1 1	>N2010 1	文化財情報資料部部長

平成22~28年度に13回の専門家会議と2回の屋根検討部会を実施し、検討内容を踏まえて工事等の設計図書を作成し、施工中の指導内容も可能な限り修理工事に反映させた。 以下に、各会議の主な内容をまとめる。

- (1) 第1回専門家会議(平成22年12月22日) 復原建物の現状把握後、長寿命化に向けた修理方法の検討にあたって4つの基本方針を定めた。
 - ①考古学以外の知見からも修理方法を検討することを基本とする。考古学から推定・ 復元される仕上材の下に現代資材を敷設して長寿命化を図りつつ、推定される縄文 人の生活に近づけるよう検討する。
 - ②史跡公園での復原建物の再整備にあたって、現代資材・工法をどこまで許容するかも十分検討する。
 - ③縄文人と同様に再利用または転用できる材を可能な範囲で活用して修理することで、 解説に活かし、修理工事費の縮減および長期的な維持管理経費の節減を図る。
- ④検証可能な方法で試験および修理工事を実施し、設計および仕様作成の資料とする。 市単独修繕については、栗丸太材を太い材に取替えると共に雨水の遮断を目指しており、 木材保存の観点からは合理的な対応と評価された。また、目視観察により、結露や雨水等 の水滴が丸太材表面と内部に浸透し、木材内部にいた好気性の木材腐朽菌(担子菌)が発 芽したと推定された。基本方針③にあたっては、再利用または転用する丸太材を十分乾燥 させ、傷んだ部分をしっかり除去することが重要であるとの指摘を受けた。
- (2) 第2回専門家会議(平成23年3月1日) 本再整備事業で目指す復原建物の耐用年数(次の本格的な上屋解体修理までの期間)について事務局が次回会議で提示し、検討の前提にすることとした。整備または市単独修繕での劣化対策と維持管理とのバランス、立地環境(日照・風向など)も踏まえ、修理方法の検討を行うこととした。

土屋根竪穴住居の土間および腰壁は断熱性がないと結露の要因になること、現状の屋根土 (黒ボク土) は腐植質が多いために屋根土としては不向きであること、降雨後に復原建物 $1\cdot 2$ (市単独修繕) で地下水が浸み出す事案は屋根に敷設した防水シートの末端処理が不十分なことによる可能性が高く、延伸させるべきとの指摘を受けた。この他、土屋根竪穴住居の建築材の劣化外力を検討した(VII-4、VIII-4参照)。

- (3) 屋根検討部会(平成23年4月25日) 宮野秋彦氏、清水正明氏、西井龍儀氏と事務局で、復原建物5修理工事の設計および仕様を検討し、実際に反映させた。検討項目は、①タタキの材料と配合比、施工法、②防水シートの敷設工法、③土間と腰壁の防水・防湿工法、④透水管周囲の改良工法、⑤屋根下地(樹皮)と屋根土の葺き方の5点である。
- (4) 第3回専門家会議(平成23年9月28日) 文化庁文化財部記念物課文化財調査官同席の下で、復原建物5修理工事現場等を視察し、施工法の確認や他の土屋根竪穴住居、茅葺高床倉庫の問題点を洗い出した。また、目標とする復原建物の耐用年数について、事務局が土屋根竪穴住居・茅葺高床倉庫とも15年と提示し、承認された。

土屋根竪穴住居と茅葺高床倉庫の周囲に埋設した透水管の保護砂が目詰まりしやすい細砂だったこと、整備後の造成盛土表面に厚さ約5cmで土壌が堆積したことから、透水管が

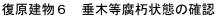






復原建物 5 主柱基部保護対策の確認







木材暴露試験体の確認

写真 52 第 3 回専門家会議 検討状況

ほぼ機能不全に陥っているとの指摘を受けた。これにより、土屋根竪穴住居と茅葺高床倉庫付近に地下水が留まり、復原建物に悪影響を及ぼす一因になっていることが明らかになった。この評価を踏まえ、土屋根竪穴住居の土屋根に浸透した雨水を透水管経由で効果的に排水すること、透水管の保護砂を砂利と入替えることで排水機能の強化を図り、管上部の砂利面も窪ませて雨水が集まりやすい構造にすることとした。

木材腐朽について、①外見上かなり傷んでいるように見える材も強度上はそれほど傷んでいないこと、②市単独修繕では腐れ代を確保するために材を太くして対応してきたが、丸太材の劣化対策が適切に講じられていれば腐れ代の確保にこだわる必要はないこと、③局所的あるいは構造上重要な箇所が傷むことは問題であり、その点は慎重に検討する必要があること等の指摘を受けた。また、木部の耐久性向上に向けて、①劣化外力を正しく認識し、劣化外力ごとの対策を考え、効果を検証しながら進めること、②耐用年数を設定したうえで設計と施工を最適化して維持管理における健全性と安全性を担保し、局所的に重大な劣化が進行するのを防ぐために取替不能箇所はあらかじめ対策を講じること、③地下と地上の排水対策を融合して最適なものにすること等の重要性が指摘された。

(5) 第4回専門家会議(平成24年3月6日) 修理工事を終えた復原建物5を視察し、評価を得た。全体的には修理前と比べて格段に良くなったものの、出入口階段の凍害対策が課題で、今後の復原建物の修理にあたっては断熱効果のある木毛セメント板を敷設すべきとの指摘を受けた。屋内温湿度と木材表面含水率の変化、結露が発生する季節や時間帯、

土間の安定後に木材が受ける負荷の内容を把握するため、他の土屋根竪穴住居で行っている屋内での燻煙作業(除湿・防虫対策)を1年間休止し、経過観察することとした。また、台風などの災害時は出入口や小屋根からの雨水等の流入防止対策が必要であり、土間・腰壁下に防水・防湿シートを敷設したことで流入した水は土間下に浸透しないことを十分認識して維持管理するよう指摘を受けた。

(6)第5回専門家会議(平成24年8月31日) 復原建物1・3について、屋根土内に浸透した雨水の排水機能を向上させるための部分修理工事を行うこととした。復原建物5はおおむね順調に推移しているものの、経過観察から北一北北東または南一南南西で風速4m/s程度以上の風を伴う降水時に、雨水が煙出しから屋内に吹込むことが確認された。これを防ぐため、小屋根の煙出し窓に草壁を増設し、開口面積を小さくすることとした。復原建物6については、第70号住居跡の発掘調査成果(写真53)に基づいて屋根土を従来の黒ボク土(赤土混和)ではなく、赤土主体のものに変更することとした。資材や適切な配合比、施工法などは試験などで検討することとした。

復原建物(竪穴住居)の耐用年数について、事務局による当初案の15年を20年に延ばすことを含めて再検討することとなり、事務局が復原建物5・6を20年、高床倉庫(復原

建物4) は躯体(再整備事業で更新した主柱・刻み梯子のほか、床) が20年、屋根・妻壁は15年と再設定した。これらは日常管理と軽微な補修を実施することを前提としたもので、修理直後の状態を維持管理なしで実現させるものではない。劣化しながらも、小屋組(+現代資材)等の上屋骨格部分が展示物として公開可能な状態を保持しつつ、耐用年数を超えることができれば再整備の効果があったとみなすこととした。



写真 53 第 70 号住居跡検出 屋根土(断面)

(7)第6回専門家会議(平成25年3月6日) 修理工事を終えた復原建物4と復原建物1・5、施工中の復原建物3を視察した。復原建物4は、倉庫としてあるべき姿に復元できたとの評価を得た。床下地盤の山砂表層に塩化ナトリウム・塩化マグネシウムを散布し、機械転圧したことで、主柱の腐朽防止効果も期待できるとの評価を得た。

この他、土屋根試験の仕様決定に向けた検討を行った。試験目的の明確化、設定の最適 化、条件設定(屋根土の被せ方)、評価方法の設定が重要との指摘を受けた。また、再整備 事業報告書の取りまとめに向けた方向性の検討も開始した。北代縄文広場での試験結果を 踏まえ、復原建物の整備または修理に際して行うべき試験を提示し、試験評価を行い、そ のうえで工事仕様および設計を考えていく必要性を提言することになると予想されるもの の、地域によって劣化に対する環境要因が異なり、復原建物の個性もあるので、どこまで 一般化してよいか慎重に検討する必要があるとの指摘を受けた。

(8) 屋根検討部会(平成25年6月28日) 宮野秋彦氏、清水正明氏、西井龍儀氏と事務局で、①復原建物6(土屋根竪穴住居)の施工法の改善策、②土屋根試験の屋根試験体の構造について検討し、その結果を土屋根試験の屋根試験体の製作仕様に反映させた。

(9) 第7回専門家会議(平成25年9月27日) 文化庁文化財部記念物課文化財調査官 同席の下で、復原建物6の上屋復元の施工法、および再整備事業報告書作成の方向性について検討した。また、土屋根試験の屋根試験体製作過程(基礎構造)を視察した。

復原建物6について、事務局提案の施工法(木製用具を用いて、赤土・川砂・軽石を混合した屋根土を2層構造で人力転圧する)を検討し、①屋根試験体の経過観察結果も踏まえ、均等に表面排水される配合比を検討すべきこと、②屋根土の保持材として現代資材を挟み込むので屋内樹皮等が腐朽する危険性は減るものの、目標とする耐用年数を超えられるよう不織布の目詰まりを極力避けられる施工法にする必要があるとの指導を得た。

再整備事業報告書については、各専門分野の個別論を示したうえで、その統合版を最後にまとめ、総括とすることとした。各専門分野の見解を統合する過程もわかる形で報告する必要があるとの指摘を受けた。





修理工事後の経過の検討(復原建物5)

土屋根試験体製作過程の視察

写真 54 第7回専門家会議 検討状況

(10) 第8回専門家会議(平成26年6月13日) 土屋根試験について、平成25年の秋雨期から平成26年の梅雨期までの経過観察結果および現状観察から、富山市婦中町産赤土よりも亀裂が発生する危険性が少ない富山県小矢部市産の赤土(瓦用粘土)に大小さまざまな軽石を混ぜた屋根土を用いて復原建物6の上屋を復元できるとの判断に至った。

修理済の復原建物 5 と一部修理済の復原建物 3 で毎時計測している月平均相対湿度の変化から、土間下の防水・防湿対策が復原建物の長寿命化対策として有効であることを確認した。これを受け、復原建物 2 ・ 3 についても当該対策を追加することとした。

この他、再整備事業報告書の内容について、事務局案を検討した。維持管理は点検と保 守から成り立つが、事務局案は点検が抜けており、点検結果とその後の補修対応をマニュ アルとして提示する必要があるとの指摘を受けた。

(11) 第9回専門家会議(平成26年12月1日) 修理工事中の復原建物6を視察した。 再整備事業報告書作成に向けて各委員の専門分野の論点を確認し、情報共有した。

復原建物6修理工事において、土屋根に浸透した雨水への対策は将来に不具合が生じる 危険性を当初から少なくするという視点を重視するのか、竣工(修理)当初の景観を重視 するのかという問題があり、前者を重視して地表から砂利暗渠層を設ける場合は周辺と極 力調和する資材を選定すべきであるとの指摘を受け、施工に反映させた。 (12) 第10回専門家会議(平成27年7月3日) 文化庁文化財部記念物課文化財調査官同席の下で、①修理工事済の復原建物5・6の評価、②平成27年度に実施する修理工事(復原建物2)での留意点等を審議した。①のうち、復原建物5について屋内への雨水等の流入が繰り返されている状況を改善させる対策の必要性、および今春から目立つ出入口丸太上のクロアリの通行状況(シロアリが増えるとクロアリが増える)を経過観察する必要性の指摘を受けた。また、復原建物6については、土間に発生した亀裂は過乾燥によるものではないこと、および屋根土に発生した亀裂には散水後に土を入れて踏み固め、土の空隙が膨らまないように潰す必要があるとの指摘を受けた。②について、タタキの材料(赤土)の保水量や施工時の気象条件の差と亀裂発生の有無の因果関係は明白で、施工後初期の養生(急激な乾燥防止対策)に留意すべきとの指摘を受けた。

このほか、各委員の専門分野原稿について意見交換を行うとともに、再整備事業報告書における修理工事の施工実績の提示方法について検討した。使用資材と施工実績を記録として残すため、特殊資材は製品名等を明示することとした。

(13) 第11回専門家会議(平成27年9月9日) 修理工事中の復原建物2を視察し、指導を得た。平成27年度修理工事において、整備事業報告書(富山市教育委員会1999)で提示された竣工図と現況が大きく異なることが明らかになり、第10回専門家会議で承認された仕様と比べていくつかの点で施工法などの仕様を変更せざるを得ない状況になったことを説明し、やむを得ないとの了承を得た。具体的な相違点と対応はVI-6に記す。

復原建物6の経過について、おおむね順調に推移しているとの評価を得た。また、屋根 土に横(水平)方向の亀裂が生じることと崩落することの直接的な関係はないこと、亀裂 の発生やその程度は水の浸透によって粘土鉱物が膨潤するイメージで捉えればよいとの指 導を得た。

これまでの検討を踏まえ、効果が確認された工法を用いて平成28年度に復原建物3の土間・堰板下への防水・防湿対策を追加する等の修理工事を行うことについて、承諾を得た。このほか、各委員の専門分野原稿について意見交換を行うとともに、今後の再整備事業報告書作成工程を確認した。

- (14) 第12回専門家会議(平成28年9月9日) 修理工事中の復原建物3を視察し、堰板等を除去して明らかになった杈首や垂木、母屋桁、小舞の腐朽や折損の要因分析を行った。また、平成27年度に修理工事を終えた復原建物2を視察し、亀裂が発生した土間・棚のタタキの現状分析を基に、復原建物3の修理工事におけるタタキの施工上の留意点について指導を得た。指導内容は修理工事に反映させた。このほか、再整備事業報告書の原稿案を検討した。
- (15) 第 13 回専門家会議(平成 29 年 3 月 14 日予定) 発行した再整備事業報告書と復原建物の現状観察を踏まえ、目標とした耐用年数以上の長寿命化を実現するために重視すべき、復原建物の維持管理上の留意点を再確認する予定である。また、7年にわたる再整備事業の完了を記念した普及・啓発事業として、史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議委員による一般市民向けの現地解説会を行う予定である。

VI

4 再整備事業の概要

(1)全体概要

本再整備事業は、文化庁の国宝重要文化財等保存整備費補助金(ふるさと歴史の広場保存修理事業、史跡等・登録文化財・歴史の道保存整備事業、歴史活き活き!史跡等総合活用整備事業)として、国・県の補助金交付を受けて実施したものである。本再整備事業は当初、老朽化が著しかった復原建物4~6の3棟について3年を事業期間として修理することにしていた。前節に記したとおり、その後に専門家会議を設置して従来工法とは異なる長寿命化改修の実施と報告を目指すことになった。さらに、最初に修理工事を終えた復原建物5の経過観察をとおして本再整備事業で取り入れた長寿命化対策の有効性を確認できたことを踏まえ、復原建物1~3についても部分修理(劣化材取替)を行うこととした。以上により、事業期間は最終的に平成22~28年度の7年となった(第5表)。

本再整備事業では、排水設備を含む北代縄文広場全体の整備から 10 年が経過したなかで 対応可能な範囲において復原建物等の長寿命化改修を行った。市単独修繕と同じ工法で修 理工事を行えば低価格に抑えることはできるが、本再整備事業では社会情勢の変化を踏ま えて復原建物の長寿命化を実現するために必要な追加経費をいとわないこととした。各種 試験を行ったほか、修理工事では現代資材等を必要に応じて使用した。修理工事費は高く なるが、試験結果等を踏まえて資材・施工法を最適化したうえで、適正に施工(監理)で

第 5 表 復原建物寺冉整備事業総括表									
	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度		
歴史的建造物の修理									
縄文時代復原建物の修理									
復原建物 1			0						
復原建物 2									
復原建物3			0						
復原建物 4			•						
復原建物 5	•		0						
復原建物 6		•		0	•				
金網柵等の修理									
金網柵(東の広場)				0					
木柵 (東の広場)				0		0	0		
木柵 (西の広場)							(
広場サイン(東の広場)				0					
広場サイン(西の広場)				0					
試験等									
木材暴露試験	0	0	0	0	0	0	\circ		
復原建物等温湿度観測		0	0	0	\circ	0	0		
復原建物木材劣化診断	0	\circ	\circ						
土屋根試験				0	\circ	0	\circ		
(委員等の協力による									
試験は記載対象外)									
専門家会議	0	0	0	0	0	0	0		

笛 5 表 復原建物等 正整備 事業 総括表

凡例 修理工事 ●民間委託による設計監理 ◎富山市教育委員会による設計監理 **試験等・専門家会議** ○実施

きれば、復原建物の耐久性は確実に増す。さらに、維持管理(点検・保守)を適正に行うこともできれば、上屋解体などを伴う本格的修理の時期を相当先延ばしさせることが可能で、将来の修理工事費の低価格化を図ることもできるとの判断に至った。短期的に見れば本再整備事業で相応の経費を要することになるが、長期的に見た場合は維持管理費を全体として縮減できると判断し、この判断を念頭に置きながら資材・施工法を検討することに決定した。この決定は、10年にわたって北代縄文広場を維持管理する経験のなかで、日常管理として行っている土屋根竪穴住居の燻煙作業が建物の劣化を遅らせる役割を一定程度果たしていることを確認できていたこと、当該作業は今後も継続すべきで、実施できる見通しが立つことも判断材料となった。

資材・施工法の選定にあたり、見学者の不可視部分には必要に応じて現在資材・工法を応用することとした。土屋根竪穴住居の長寿命化には調湿機能の向上が必要不可欠なため、腰壁については可視部分であっても現代資材・工法を用いることとした。歴史性や見栄えよりも、機能性や本再整備事業の目的の実現を優先させたものである。

本再整備事業の効果を将来に検証するための比較対象として、有効性が確認された長寿命化対策の一部(地下の防水・防湿対策など)を復原建物1ではあえて実施していない。改築した復原建物5・6、ほぼ全面的に改修した復原建物4を適正に維持管理(点検・保守)し、設定した耐用年数を経過した時にどのような状態であるのか、どのように推移したのか、復原建物1の推移などと比較することになる。一定の有効性を確認できた市単独修繕から9~10年後に改修した復原建物1~3は、次の本格的修理までの期間をどの程度先延ばしできたのか、劣化の状態などを復原建物5・6の推移と比較することになる。本再整備事業の最終的な成否は、将来これらにより判断されることとなる。

復原建物修理工事の施工体制は第6表のとおりである。上屋解体と栗丸太材調達等を行った平成22年度のみ土木コンサルタント、上屋復元を含むそれ以外の年度は建築コンサルタントに設計監理を委託した。上屋以外の修理や栗丸太材調達等のみの工事は富山市教育委員会(埋蔵文化財センター学芸員)が設計監理した。これは、土木的な工事内容であれば史跡の保護や現状変更、埋蔵文化財の保護に精通している学芸員が適正に設計監理できるとの判断による。なお、設計監理・工事ともに発注先は指名競争入札により選定した。

本再整備事業は、過去に整備された復原建物等を対象としている。復原建物単独での長寿命化対策には自ずと限界があり、本来は史跡全体の盛土造成段階での排水計画等と相互作用がなければならない。それには地下水位などの事前調査等が必要である。

	另 O 衣
復原建物1	設計監理 富山市教育委員会/施工 有限会社山奈屋建設(24年度)
復原建物2	設計監理 株式会社上智 富山支店/施工 有限会社村本組(27年度)
 復原建物 3	設計監理 富山市教育委員会/施工 有限会社山奈屋建設 (24 年度)
復原建物 3	設計監理 有限会社郷藤正夫設計室/施工 有限会社山奈屋建設(28年度)
 復原建物 4	設計監理 株式会社上智 富山支店/施工 サワキ工舎株式会社 (23年度)
復原建物 4	設計監理 株式会社上智 富山支店/施工 山ワ建設工業株式会社 (24年度)
	設計監理 新和設計株式会社/施工 株式会社宝来社(22年度)
復原建物 5	設計監理 株式会社上智 富山支店/施工 株式会社宝来社(23年度)
	設計監理 富山市教育委員会/施工 有限会社山奈屋建設(24年度)
 復原建物 6	設計監理 富山市教育委員会/施工 株式会社宝来社(25年度)
投 原建物 0	設計監理 株式会社上智 富山支店/施工 株式会社宝来社(26年度)

第6表 復原建物修理工事施工体制一覧

VI

本報告書では、北代縄文広場における復原建物の整備、老朽化や修繕等の維持管理の経 過、本再整備事業の実績を踏まえ、単なる工事報告に留まらず、土屋根竪穴住居の整備ま たは再整備を行う他の地方公共団体等が参考にできるよう、留意点等を含む設計・仕様の 一例として提示することも目指すこととした。

(2) 復原建物修理工事の主な留意点

①竪穴住居修理工事の留意点

5棟の竪穴住居は構造や劣化状態が異なるものの、各修理工事において共通する基本方針をいくつか設定した。ここでは、項目ごとに概要を示す。

A 雨漏り防止-施工法の改善-

竪穴住居の劣化を促進する最大の要因は雨漏りである。施工前に雨漏りが確実視されたのは復原建物3のみだったが、市単独修繕で敷設した防水シートの施工法の問題から復原建物2でも軽度の雨漏りが施工中に確認された。防水シートの突起列の方向は現代住宅建築工事で施工性を高める観点から設計されており、本来の目的外である竪穴住居に応用する場合は修理工事で応用する条件下で最大限に機能を発揮させる施工法を採ることを重視する必要がある。この観点から施工法を専門家会議で検討し、改善させた(復原建物3・5・6)。市単独修繕から年月が経ち、高機能製品が後発されていたため、後発品を選定した。

B 排水能力の回復・向上-資材の最適化と追加敷設-

排水の基本は屋根表面からの表面排水だが、地下水対策も重要である。高床倉庫も含めて竪穴住居周囲に整備された地下の透水管の機能を回復させ、屋根土に浸透した雨水を竪穴内部に還流させずに透水管経由で排出させることを目指した。地下も含めて、復原建物周囲を可能な限り乾燥させることが目的である。

整備段階では透水管の保護砂に粒径2mm程度の細砂が選定され、目詰まりした。さらに、維持管理が行き届かずに地面が土壌化したため、透水管の排水能力がほとんど発揮されなかった。保護砂を砂利と入換えることで地下水も含めて排水能力を回復させることができ、屋根の防水シート末端から透水管までの間に防水・防湿シートを追加敷設することで土屋根に浸透した水の排水能力を向上させることも目指した。

C 地下の防水・防湿対策、屋内の調湿対策-木質材料の腐朽防止-

特に土屋根竪穴住居の長寿命化対策の要は、A・Bと共に地下水(土屋根からの還流水を含む)の浸み出しを防止することである。竪穴全体の地下に防水・防湿シートを敷設し、その内側で土間や壁を復元した。A・Bの対策とあわせ、出入口や煙出し窓以外からの水の流入を防ぐことが可能になり、地下からの湿気の流入もほぼ防ぐことができる。地下に防水・防湿シートを敷設する以上、流入した水は自然には排水されないという難点が生じるものの、流入水を排出させるための資器材を準備し、手順を明確化したうえで維持管理することとした。防水・防湿シートの敷設とあわせ、タタキによる防水・防湿対策を講じることとした。これらに加え、腰壁や屋根下地層に調湿材を敷設することで、出入口等から流入した湿気の吸放湿能力向上を目指した。

D 屋根の軽量化

市単独修繕(設計は平均厚 25cm)では、土屋根の厚さを整備段階の実態よりは幾分薄

くした。屋根土は保水性の高い黒ボク土が主体で、水を含んだ荷重が垂木等にかかり、 材の腐朽が進行すると折損する。このため、すべての竪穴住居で土屋根の厚さを 15cm 均一とすることを基本とした。これにより、小屋組材にかかる屋根荷重は激的に軽減さ れることになり、たわみや折損が生じる危険性を大幅に少なくすることができた。

②高床倉庫修理工事の留意点

維持管理(補修)が可能な茅葺法にして、約7年ごとに全面葺替を要する構造を改めることを最優先とした。具体的には逆葺を順葺に改め、段葺とした。茅が抜け落ちにくいように葺く(縫う)ことを重視した。屋根倉形式は維持しつつも、段葺とすることで仕上りは従来と大きく異なるが、長寿命化の実現の前提となる茅葺法を選定した。また、茅のすぐり作業を行うことで素材自体の耐久性を高めることも重視した。資材費や労務費が従来よりも多く必要となるが、長期的にみた場合の維持管理経費の節減を重視した。

③事業費 (第7表)

本再整備事業に要した経費 (見込額) は、全体で 45,436 千円である。補助対象経費 45,410 千円に対して国庫補助金 2 分の 1 の交付を受けた。この他、県費補助金 4 分の 1 の交付も 受けた。

第7表 復原建物等再整備事業費内訳 (単位:千円)

	全 体	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度
復原建物・サ								
インの修理	30, 497	2, 384	5, 103	4, 799	3, 734	6, 507	3, 607	4, 363
金網柵・木柵								
の修理	3, 904				1, 355		1, 188	1, 361
復原建物等修								
理設計監理	4, 831	725	893	599		929	778	907
試験等								
木材暴露試験	167	167						
体製作			2.4	2.2				
復原建物木材	76	26	24	26				
劣化診断 土屋根試験体	1 071				1,071			
上屋低码碳件 製作等	1, 071				1,071			
専門家会議・								
旅費	2, 253	290	412	386	261	304	291	309
その他経費	-							
4 - 1 - 1 - 2 4	909	92	168	188	111	129	36	185
報告書印刷	1, 728							1,728
合 計	45, 436	3, 684	6, 600	5, 998	6, 532	7, 869	5, 900	8, 853
歳入内訳								
補助対象経費	45, 410	3,660	6,600	5, 998	6, 532	7,868	5, 900	8,852
国庫補助金	22, 705	1,830	3, 300	2, 999	3, 266	3, 934	2, 950	4, 426
具費補助金	11, 352	915	1,650	1, 499	1,633	1, 967	1, 475	2, 213
補助金計	34, 057	2, 745	4, 950	4, 498	4, 899	5, 901	4, 425	6,639
一般財源	11, 379	939	1,650	1,500	1,633	1, 968	1, 475	2, 214

平成28年度は見込額

VI

5 復原建物1 (土屋根竪穴住居)の修理工事

(1)整備(竣工)から修理工事までの経過と課題

平成 24 年度修理工事までの主な経過等は第8表のとおりである。本建物は6棟の復原建物のなかで最も低い位置にあり、旧地形でも北東約30m付近に谷地形があったことで地下水が集まりやすい。出入口が広場の傾斜方向の上流側に向き、農道に面することで軽トラックなどの車両通行により生じた轍に溜まる雨水等の影響を被りやすい。また、市街地に位置する北代縄文広場は隣接地との調和を図る観点から史跡の保護盛土が総じて薄い(最低盛土厚 0.1m・最大盛土厚 1.0m)という根本的な弱点がある。復原建物1の周囲は0.4~0.5+ α mである(第6図)。史跡保護を優先し、透水管を土間面より高い位置に設けて整備された。なお、盛土造成は表土(畑耕作土)を漉き取ることなく、そのまま砂質土(富山県氷見市産:山土砂)が盛土された。

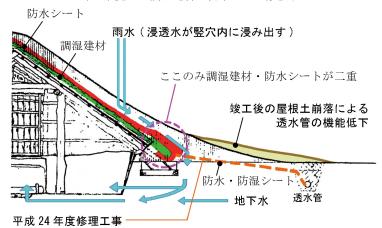
このようななか、粗砂の空隙に相当する吸水孔径 0.2mm 前後の透水管の周囲が φ 2mm 程度の保護砂で埋め戻されたことで、当初から透水管(メッシュ状フレキシブル暗渠排水管、マックスドレーン)の排水性能は十分活かされなかった。保護砂が造成盛土とほぼ区別できなかっただけでなく、維持管理不足により崩落した屋根土が透水管上部に堆積したり、造成盛土等の表面が土壌化したりした結果、土屋根表面を流れ落ちる雨水は透水管を越えて外方に流れることとなった。透水管周囲が当初から目詰まり気味だったことで、徐々に地中の排水能力も低下した。これらは土屋根竪穴住居すべてに共通し、地下の排水能力不足という点では高床倉庫も同じだった。整備段階から最も重要な排水対策に問題があった。

第8表 復原建物1の主な経過と対応

復原建物1の主な経過 市単独修繕等の内容、課題 ①H11. 3 整備(竣工) 雨漏り・小屋組材等腐朽 垂木・小舞折損 屋根陥没(屋根土落下) ②屋根材を更新(既存垂木は小舞に転用、桁・ ②H15. 6~12 **市単独修繕** 梁は継続使用)した。整備段階と同様に、ラ 屋根修繕(樹皮跳ね上げ戸込) 主柱1取替 グスクリューボルト・コーチスクリューで結 十間タタキ (赤十・黒ボク十) 東し、麻縄で目隠しした。腐朽が進んだ主柱 薬剤(エキボン)燻蒸 1を更新した(防水シート巻付による保護対 策なし)。屋根には防水シート・調湿建材を ③H16 **透水管増設** (φ150mm) 追加敷設し、屋根土量を減らした。 ④H19.8~12 土間タタキ ④富山市北押川 B 遺跡の火山灰土を母材に土間 (赤土・消石灰・砂・消炭) タタキを行った。市単独修繕後も、地下水位 の上昇(降雨/融雪)時に石組炉底面等から 地下水が浸み出し、屋内は水深 10cm 程度で 数日浸水した。当該時は水中ポンプ等で排水 するが、地下水位の上昇により、晴天が数日 続かないと改善しない。これらにより、主柱 基部の腐朽が進行した。 ⑤大きな強度低下は認められないが、主柱下部 ⑤H22.11 木材劣化診断 の腐朽が進行していることを確認した。 (一次・二次診断)

市単独修繕での屋根改良

(垂木尻まで調湿建材・防水シート敷設)



①防水・防湿シートを追加敷設して浸透水を透水管から排水させる ②透水管(増設管)周囲の豆砂利を砂利に入換える

第 16 図 市単独修繕(復原建物 1 ・ 2)での屋根改良とその課題、 平成 24 年度修理工事での対応(富山市教育委員会 1999 第 37 図を改変)

雨漏りに加え、透水管の問題から、降雨等によって地下水位が上昇すると石組炉底面や 腰壁下部の亀裂から地下水が浸み出し、また雨水が出入口から流れ込むこともあった。これらが主柱等の木材や樹皮等の腐朽につながる根本原因となった。

平成24年度修理工事の試掘で、透水管は西端部(ほぼ石組炉の主軸上)で地表下50cm の位置に存在することが判明した。また、当該試掘溝の延長線上に位置する地点での既設防水シート末端部では厚さ約70cmの屋根土が確認された。整備段階では、平均厚25cm ほどとされた当初仕様を大幅に超える屋根土を葺いたことになる。これが、整備当初に生じた垂木や小舞の折損、樹皮層を含む屋根土の陥没につながった根本原因であり、市単独修繕では屋根尻付近の土屋根の造作になお問題があったといえる(第16回)。

(2) 復原建物1修理工事の改良点

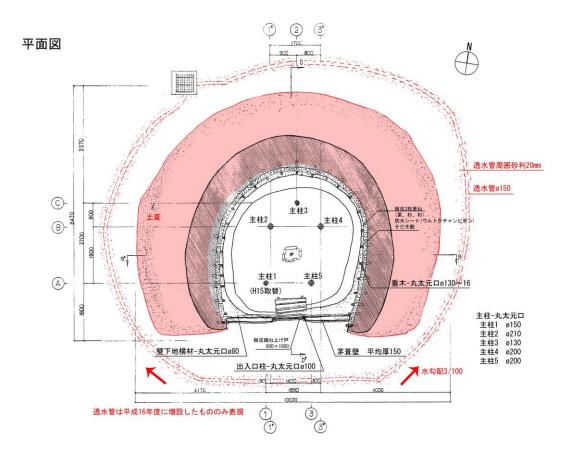
②透水管上の充填材の選定に至る経過と施工 機能不全に陥っている透水管の排水能力を回復させる必要があるという点では専門家会議委員の意見が一致したものの、資材選

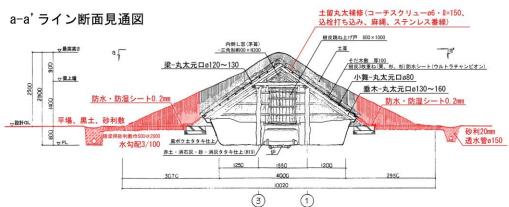
第9表	専門家会議:	での検討課題と	: 復原建物 1	修理工事での対応

	第5回専門家会議での検討課題	平成 24 年度修理工事での対応
屋根十	①土圧で傾いた土留丸太の位置を原状	①位置を原状回復して結束し直した。
座似工	回復して結束し直すことの検討。	
	①防水シート末端から建物周囲の透水	①厚さ 0.2mm の防水・防湿シートを追
	管まで防水・防湿シートを敷設し、	加敷設(水勾配3%)し、浸透水を
	浸透水を早期に排水することの検	透水管経由で早期に排水させる構
	討。	造を設けた。
	②防水・防湿シート上の盛土の選定が	②屋根土の支持材としての強度を確
	検討課題。施工時期にもよるが、黒	保するため、屋根尻から透水管上部
屋根	ボク土で盛土すると、保水要因とな	までの平坦面に、既存の黒ボク土を
	り得る。造成盛土と類似した山土砂	再利用して、水勾配を設けながら厳
	を使用すべきか。	重に機械転圧し、不透水層とした。
		③屋根土の土留丸太の土中埋設部分
		末端をモルタルで固定して、腐朽に
		伴うずれを予防する措置を講じた
		うえで、棟部で再結束した。
	①透水管の周囲を豆砂利から砂利に変	①透水管(増設管)の周囲を砂利(常
透水管	更することの検討。	願寺川産、φ20mm)に変更した。
处小目	②透水管上の砂利層表面を浅く窪ませ	②透水管上の砂利層表面を浅く窪ま
	ることの検討。	せて、集水能力を向上させた。
		①出入口の草 (茅) 壁を支える土留丸
		太接点等にモルタルで止水措置を
出入口		講じて外部からの雨水流入を防止
		したうえで、既存の黒ボク土を厳重
		に機械転圧して、不透水層とした。

定では意見の相違があった。砂利等の石材を用いることには了解が得られたものの、現状よりは排水能力向上が期待され、また地表での見栄えも良い玉砂利の使用を提案された。しかし、事務局は、ガイダンス施設(北代縄文館)の雨落ち溝に充填された玉砂利層が高台に位置する広場から流れ下る雨水に含まれる粘土鉱物等で目詰まりし、土砂降りになると雨水が排水溝から溢れ出ることを過去に何度も経験していた。これを踏まえつつ事務局判断として、角があることで石材間の空隙を一定程度確保すべく、砂利を用いることとした。具体的には、富山市内を流れる常願寺川産で極力小さな砂利(ϕ 20mm)とした。透水管は延長 39.8mで、透水管周囲補修にかかる砂利の使用量は 10.0 ㎡だった。修理工事では外側に増設された透水管(ϕ 150mm)に向けて防水・防湿シートを敷設した。シートを伝った浸透水はシート上部に位置する当該透水管を経由して排水させ、シート下部に位置する内側の透水管(ϕ 100mm)は地下水の排水をわずかでも期待して、現状維持とした。内側の透水管周囲は整備段階のまま(ϕ 2 mm 程度の砂)である。

③防水・防湿シートの選定に至る経過と施工 専用加工紙の間に特殊配合樹脂が挟込まれた防水シート(ウルトラチャンピオン)は防水性・遮水性・耐候性に優れるものの、重量は 630g/㎡もある。垂木尻から透水管までの間にシートを追加する主な目的は浸透水の誘導であり、施工性の観点から硬い防水シートではなく厚さ 0.2mm の防水・防湿シート(土間コンシート,透湿度 $16\sim4.6$ g/㎡/24h)を選定した。同シートは幅 2 m と防水シートよ

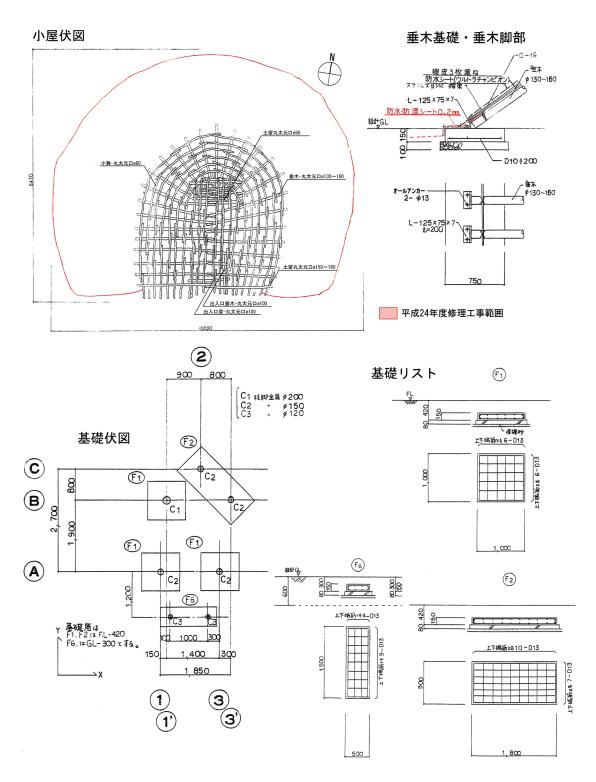




第 17 図 復原建物 1 竣工図(1) 平面図・断面見通図: 1/120

A

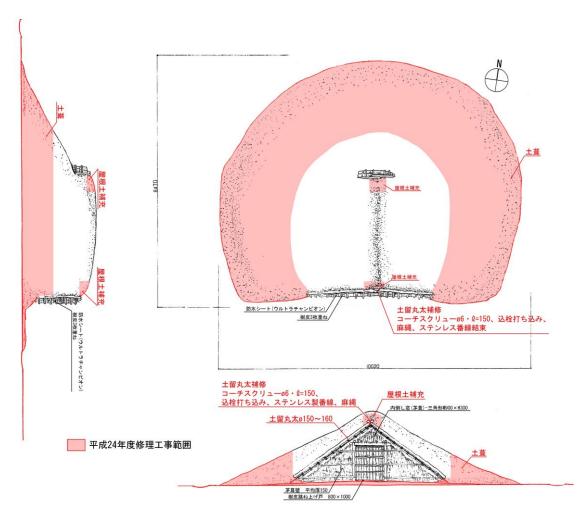
(C) (B)



第18図 復原建物1竣工図(2)

小屋伏図:1/120、垂木基礎・垂木脚部詳細図:1/50

基礎伏図:1/100、基礎リスト:1/80



第19図 復原建物1竣工図(3)

屋根伏図、立面図(正面・側面): 1/120





写真 55 平成 24 年度修理工事着工前 外観

写真 56 防水・防湿シート・砂利暗渠列敷設



写真 57 透水管周囲補修と砂利暗渠列



写真58 既設の防水シートと土屋根の厚さ



写真 59 屋根土の土留丸太末端固定と砂利暗渠列



写真 60 出入口付近の止水構造(モルタル止水壁)



写真61 プレート転圧作業



写真 62 平成 24 年度修理工事完成写真 (外観)

り広く、繋ぎ目を少なくできる分、漏れる危険性を減らせるだけでなく、施工性も優れている。防水・防湿シートの重ね幅は $20\,\mathrm{cm}$ とし、繋ぎ目は両面とも防水テープによる袋張りとした。復原建物 1 は雨水や湿気による被害が最も顕著だったことを踏まえ、平成 24 年度修理工事では防水・防湿シートを敷設した後で放射状に常願寺川産砂利による暗渠列(幅 $50\,\mathrm{cm}$ ・厚さ $5\,\mathrm{cm}$ ・長さ $2\,\mathrm{cm}$)を約 $2\,\mathrm{m}$ 間隔で設け($17\,\mathrm{cm}$)、浸透水を直ちに透水管へと誘導する構造とした。暗渠列敷設にかかる砂利の使用量は $1.2\,\mathrm{m}$ だった。

②土留丸太補修等 屋根土の土圧により南側に傾いた出入口側の土留丸太を正位置に戻し、折損していたコーチスクリューを新品と取替え、ステンレス番線(#14)と麻縄(φ9mm)で結束した。屋根土が流出した軒部分には既存土を補充した。垂木と異なり、基礎コンクリートから外れる土留丸太は末端が金具で固定されていない。屋根土で末端を押さえ、先端は金具類で結束して材を固定している。それゆえ、将来の土中埋設部分の腐朽やそれに起因する材のずれに備え、末端部をモルタルで固定した(写真 59)。土留丸太に接して砂利暗渠列を設け、排水性も向上させた。

木材劣化診断(二次診断)において、土留丸太の強度低下は軽微と評価され(WI-3参照)、修理工事の際の目視調査でも大きな腐朽は認められなかった。このため、当該材の土中埋設部分に防水・防湿シート巻付による保護対策は講じていない。出入口の草(茅)壁を支える土留丸太付近でも、不可視部分でモルタルによる止水構造を設けた。

(3)維持管理上の課題等

平成24年度修理工事では、劣化材取替という方針で復原建物の長寿命化に資するいくつかの改修を講じた。防水・防湿シートを追加する部分のみ屋根土を漉き取り、追加作業後に原状回復させた。当該部の上部の屋根土を支える土量や勾配が必要なため、屋根尻部分での屋根土の厚さは市単独修繕の段階と変わらない。このため、今後も垂木尻付近では水分を含んだ屋根土の荷重が他の部分よりも強くかかり続け、冬期にはさらに積雪荷重が加わる。市単独修繕では垂木直径を整備段階の約1.5~2倍に太くしており、平成29年2月時点では垂木のたわみが認められないため、屋根土の荷重に対する耐力は保たれていると判断される。

また、市単独修繕における防水シート敷設の問題点はVI-1に記したとおりだが、平成29年2月時点では屋根からの雨漏りが確認されていない。後述するように、復原建物2では平成27年度修理工事まで雨漏りが確認されていなかったものの、腰壁の改修時に軽微な雨漏りが発生していたことに気づくことができたのであり、腰壁が整備段階の土壁のままの復原建物1でも同様の雨漏りが発生している可能性はある。

しかし、復原建物1の垂木尻(土中埋設部分)には防水シートが巻付けられているので、 垂木の強度低下をもたらす深刻な腐朽を誘発する危険性は少ないと判断される。ただ先述 のとおり、屋根土の土留丸太は固定法にやや懸念が残るため、数年間隔で実施する予定の 木材劣化診断(二次診断)を踏まえて厳重に管理し、土圧による土留丸太の倒壊事故を防 止する必要がある。これは、同様の建物構造をもつ復原建物6も同じである。

復原建物1の排水能力は修理工事前と比べて大きく向上したが、本再整備事業の効果を将来に検証するための比較材料として、本建物の土間および腰壁の下には防水・防湿構造をあえて追加していない。屋内での滞水こそ確認されなくなったとはいえ、土間等からの水の浸み出しによる土間の変色は時折確認される。ゆえに、整備当初から取替えられていない主柱の耐久性が最大の懸念材料となる。

木材劣化診断(二次診断)では進行性の腐朽が確認され、芯腐れによって内部が空洞化した可能性をもつ主柱もあった(主柱2, VII-3参照)。調査段階では大きな強度低下との評価に至っていないものの、主柱は土中埋設部分等に腐朽防止対策が講じられていないため、厳重に経過観察する必要がある。

VI

6 復原建物 2 (土屋根竪穴住居) の修理工事

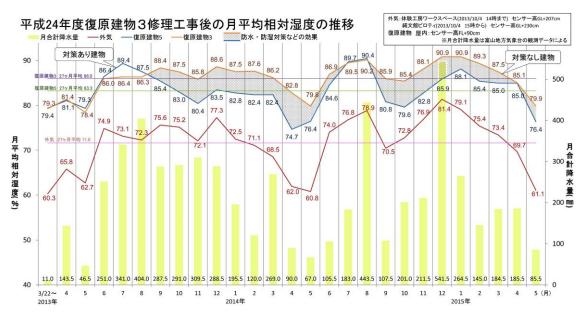
(1)整備(竣工)から修理工事までの経過と課題

平成27年度修理工事までの主な経過等は第10表のとおりである。復原建物2は6棟の復原建物のなかで2番目に低い位置にあり、復原建物4の出入口と近い位置に出入口が位置するため、見学等に伴って地表が窪み、雨水が集まりやすい。出入口が広場の傾斜方向の上流側に向くことも重なって、雨水等の影響を被りやすい。復原建物2周囲の造成盛土厚は0.6~1.0mである(第6図)。史跡保護を優先し、透水管を土間面より高い位置に設けて整備された。なお、表土(畑耕作土)を漉き取ることなく、そのまま砂質土(富山県氷見市産:山土砂)を盛り、造成された。復原建物1と同様の透水管の問題があり、降雨等によって地下水位が上昇すると、復原建物1ほどではないにせよ石組炉底面や腰壁下部の亀裂から地下水が浸み出し、雨水が出入口から流れ込むこともあった。雨漏りに加え、これらが主柱等の木材や樹皮等の腐朽につながる根本原因となった。

木材劣化診断により、腐朽が進行している主柱5の早急な交換または補修の必要性が指摘された(WI-3参照)。これを踏まえ、第5回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議(以下、第〇回専門家会議と略記)で修理工事(劣化材取替)を実施することの承諾を得た。平成23年12月に修理工事を終えた復原建物5と平成25年3月に修理工事を終えた復原建物3では、事務局が屋内に温湿度データロガー(米国製:DT-171)を設置(FL+90cm)し、毎時測定していた。平成26年6月13日に開催した第8回専門家会議において、土間および腰壁下に防水・防湿対策を講じた復原建物5と同対策を講じていない復原建物3との間における屋内相対湿度の差を提示した。防水・防湿対策の有効性に関する事務局判

第10表 復原建物2の主な経過と対応

復原建物2の主な経過 市単独修繕等の内容、課題 ①H11.3 整備(竣工) 雨漏り・小屋組材等腐朽 垂木・小舞折損 屋根陥没(屋根土落下) ②H15. 6~12 **市単独修繕** ②屋根材を更新(既存垂木は小舞に転用、桁1 屋根修繕(樹皮跳ね上げ戸込) 本を除いて桁・梁は継続使用)し、屋根に防 出入口支柱取替 水シート・調湿建材を追加した。屋根土量を (既存垂木転用) 減らした。修理後も、地下水位上昇(梅雨/ 桁1本取替 融雪)時に石組炉底面等から地下水が浸み出 薬剤(エキボン)燻蒸 し、屋内は水深 10cm 未満で数日浸水した。 当該時はバケツ等で人力排水するが、地下水 位の上昇により、晴天が数日続かないと改善 しない。これらにより、主柱基部の腐朽を誘 発した。日射が届く出入口側の腰壁にコケ (日常管理で問題ない種) が発生した。 ③H21.11 樹皮跳ね上げ戸補修 ③樹皮を葺替えた。 ④H21.12 **小屋根修繕** ④樹皮押え丸太(4列)・棟木を増設し、樹皮屋 根表層を横葺から縦葺に変更して葺替えた。 ⑤H23.12 木材劣化診断 ⑤主柱5の腐朽が著しく(断面欠損率 50%以 (一次・二次診断) 上)、早期の交換等の必要性を確認した。



第20図 土間および腰壁下の防水・防湿対策等が月平均相対湿度に与えた好影響





写真 63 復原建物 1 集水枡

写真 64 復原建物 2・3 集水枡(建物 3 透水管は右)

排水能力の向上(平成 25 年 7 月 25 日 16 時頃撮影)

撮影日の14時20分から14時40分の降水量は25.0mm

断の妥当性を検討し、委員からは建物の規模や構造、開口方向が異なるので単純に比較することはできないが、効果は認定でき、当該対策等の有無ほかが両建物の屋内相対湿度の差につながったと評価された。これを受け、復原建物 5 と同様の防水・防湿対策を復原建物 2・3 に講じることを事務局から提案し、承諾を得た。

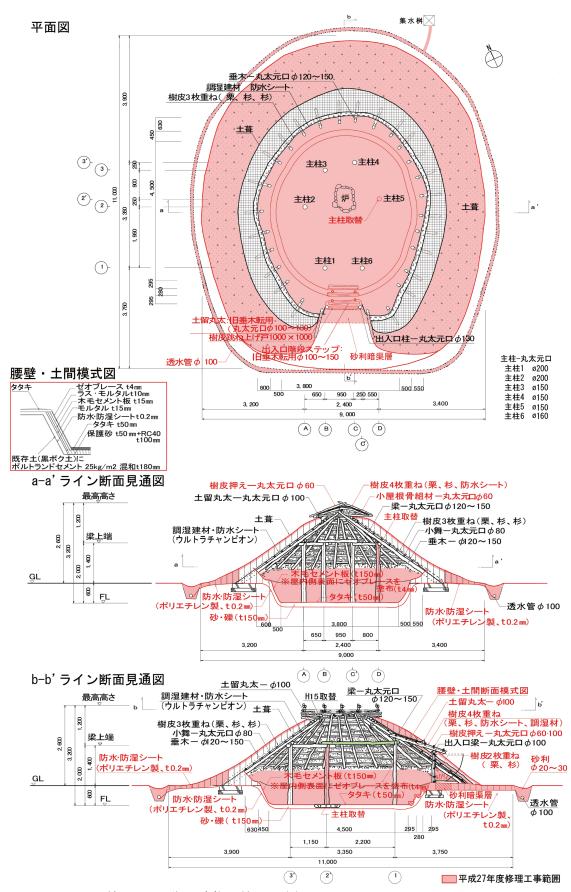
第8回、および平成26年12月1日に開催した第9回専門家会議で施工法等を検討し、 平成27年6月29日から平成28年3月11日まで修理工事を行った。

(2) 復原建物 2 修理工事の改良点

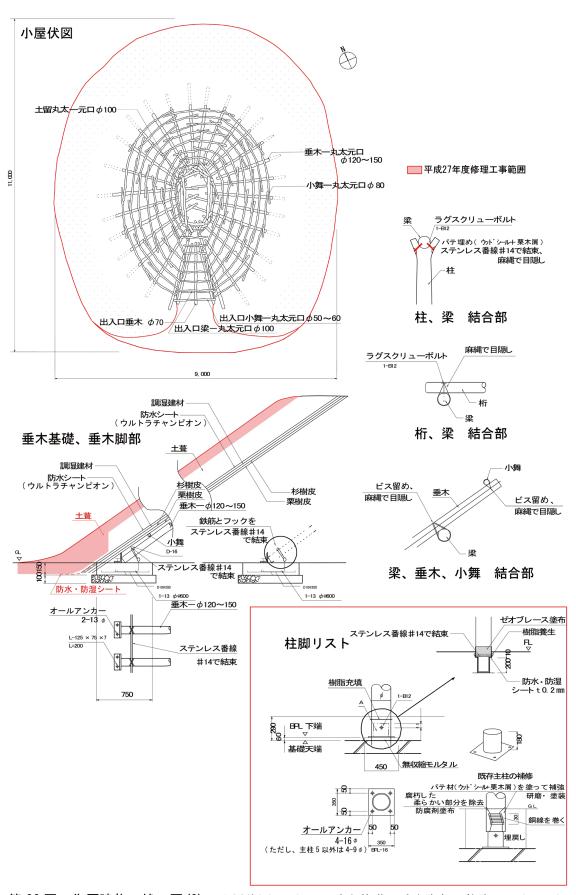
①目的 修理工事の目的は a. 表面排水能力の向上、b. 建物周辺の地下水の排水能力向上、c. 土屋根に浸透した雨水の排水能力向上 (竪穴内への還流防止)、d. 主柱 5 の取替え、e. 土間および腰壁下への防水・防湿対策、f. 小屋根煙出し窓からの吹込み防止対策、g. 屋内

第11表 専門家会議での検討課題と復原建物2修理工事での対応

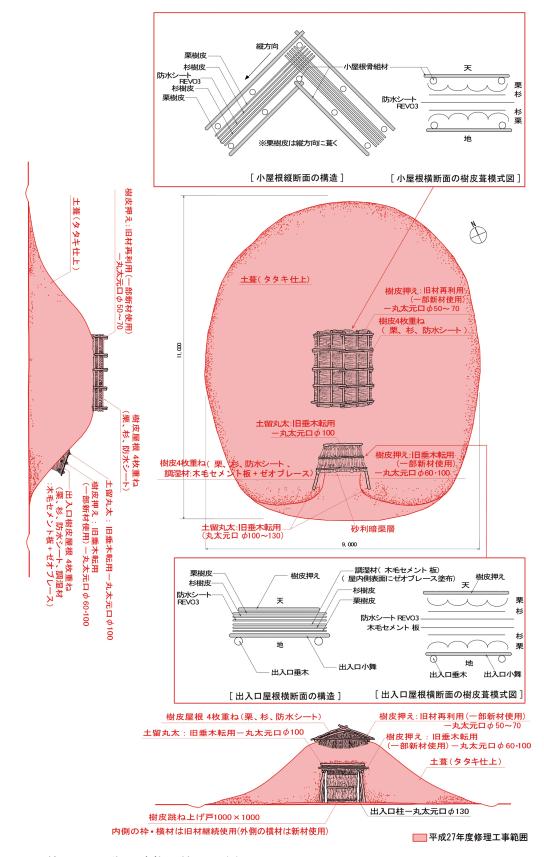
	第5回専門家会議での検討課題	平成 27 年度修理工事での対応
	①防水シート末端から建物周囲の透	①厚さ 0.2mm の防水・防湿シートを追加
	水管まで防水・防湿シートを敷設	敷設し、浸透水を透水管経由で直接排
	し、浸透水を早期に排水させるこ	水させる構造を設けた。
	との検討。	②出入口樹皮屋根は市単独修繕段階と異
		なり、木表が下側となるように(上側
		が凹面となるように) 葺くことで、凹
屋根		面に雨水を集めて排水する構造を設け
		た。樹皮屋根下には防水シート(REVO
		3)・厚さ 15mm の木毛セメント板・樹
		皮が続き、木毛セメント板下面(屋内側)には内装仕上用天然ゼオライト塗
		壁材(ゼオブレース)を塗布して屋内
		吸放湿能力を向上させた。
	①復原建物5の修理効果(屋内吸放	①厚さ 0.2mm の防水・防湿シートを土間
	湿能力向上:防水・防湿シート追	および腰壁下に敷設し、防水・防湿対
	加敷設、腰壁基盤土改良、断熱材	策とした。そのうえで、復原建物5よ
	敷設)の評価を踏まえ、同様の改	りも硬く腰壁基盤土を改良(普通ポル
Harri Pala	修を行うことの検討。	トランドセメント 25kg/m [®] 混和) して
腰壁		骨材とし、厚さ 15mm の木毛セメント板
	 ②復原建物 5 の修理効果(屋内吸放	を断熱材兼下地材として敷設した。 ②経過観察により、復原建物5の屋内吸
	湿能力向上:内装仕上用天然ゼオ	放湿能力向上を確認したため、同じ改
	ライト塗壁材塗布)の評価を踏ま	修を実施(ゼオブレースを厚さ 4mm で
	え、同様の改修を行うことの検討。	塗布) した。
	①復原建物5の修理効果(タタキの	①経過観察により、復原建物5の屋内吸
土 間	評価)を踏まえ、棚を含めて同様	放湿能力向上を確認したため、同じ改
	の改修を行うことの検討。	修を実施した。
	①透水管の周囲を砂から砂利に変更	①経過観察により、復原建物1・3・5・
	することの検討。	6の排水能力向上を確認したため、透水管周囲を砂利(常願寺川産、φ20mm)
透水管		「「一下官司団を切り」(吊願守川座、Ф2011111) に変更した。
	②透水管上の砂利層表面を浅く窪ま	②透水管上の砂利層表面を浅く窪ませ
	せることの検討。	て、集水能力を向上させた。
		①経過観察で復原建物1の雨水流入量の
		低減を確認したため、土留丸太の接点
		にモルタルで止水措置を講じて外部か
		らの雨水流入を防止したうえで、赤土
出入口		(小矢部市産)を機械転圧した。
		②樹皮壁内にゼオブレースを塗布した木 毛セメント板を敷設し、風に対する樹
		皮壁の耐久性向上と屋内吸放湿能力を
		向上させた。
		①経過観察で復原建物5の雨水等の吹込
		量の低減を確認したため、小屋根の煙
		出し窓に草壁(厚さ3cm)を増設した。
		②破損した樹皮屋根を修理した。市単独
小屋根		修繕段階と異なり、木表が下側となる
		ように(上側が凹面となるように)葺いた。樹皮屋根下には防水シート(REVO
		3)を敷設して、雨漏り防止対策を講
		じた。
	<u>L</u>	J 1 20



第 21 図 復原建物 2 竣工図(1) 平面図・断面見通図: 1/120

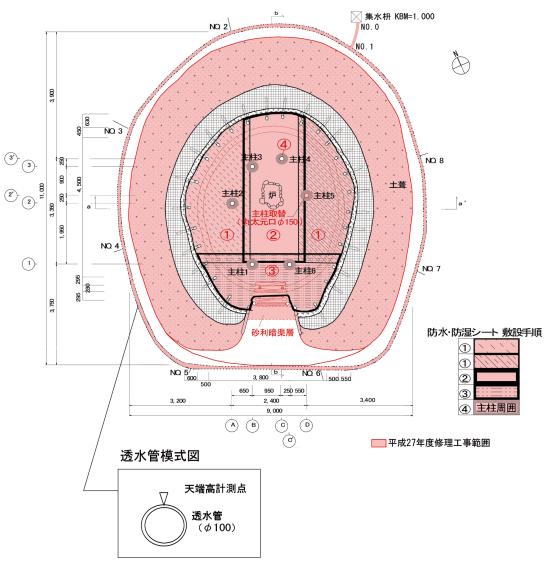


第22図 復原建物2竣工図(2) 小屋伏図:1/120、垂木基礎、垂木脚部、柱脚リスト:1/50



第23図 復原建物2竣工図(3) 屋根伏図・立面図(正面・側面):1/120

防水・防湿シート敷設図、透水管天端高計測位置図

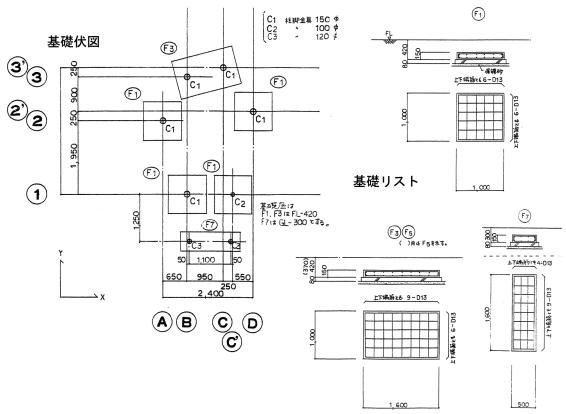


透水管天端高出来形管理図表

単位:m

, ,,,,	という												
デ	デー計測点		KBM	NO.0	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8	NO.1
	#												
-タ記録表	天端高	実測値	1.000	0.690	0.698	0.717	0.736	0.755	0.781	0.763	0.742	0.718	0.698
表	<u> </u>	長さ		0	1.100	6.100	11.100	16.100	21.100	26.100	31.100	36.100	40.700
出来形管理図		1.000		i=7.27‰		i=4.15%						i=4.23‰	

第24図 復原建物2竣工図(4) 防水・防湿シート敷設図・透水管天端高計測位置図:1/120



第 25 図 復原建物 2 竣工図(5) 基礎伏図:1/100、基礎リスト:1/80

吸放湿能力の向上である。a~cの目的や施工法は、復原建物1修理工事と同様である。

復原建物1では防水・防湿シート敷設後、放射状に砂利暗渠列を約2m間隔で設け、浸透水を直ちに透水管へと誘導する構造を設けた。これに対し、復原建物2では原状復旧させる屋根土が砂分を多く含むことから、修理工事の設計監理に携った監理技術者(建築コンサルタント)の判断により、同様の構造を設けず、防水・防湿シートの勾配を20%前後まできつくしたうえで当該部の屋根土のみで面排水させることとした。それは、砂利暗渠列を設けることで集まった浸透水の流れによって、当該部の屋根土が陥没したり、砂分が流出して透水管上の砂利層を目詰まりさせたりする危険性を減らすことを優先させたことによる。なお、砂利暗渠列を設けた復原建物1・3では、当該部の屋根土の陥没や透水管の顕著な機能低下は平成29年2月時点で生じていない。

復原建物2の透水管は延長39.6mで、他の復原建物と異なり、整備時点での水勾配が不適切で波打つような部分が多かった。また、メッシュ部分に多く穴があいており、大きな穴から透水管内に保護砂が延長3mほど流入し、詰まっていた。整備段階に、重機からの加圧によって保護砂に含まれる小礫がメッシュに穴をあけたり、波打つような部分が生じたりした可能性が高い。このため、本工事では詰まった砂を透水管から除去し、小さな穴は防水テープやガムテープで塞ぎ、大きな穴は直管継手で塞ぎながら、既設管を継続使用した。他の復原建物の透水管と異なり、メッシュ自体が劣化していたため、透水管を保護砂層(厚さ10cm)で覆ったうえでその上部は砂利で埋戻した。透水管周囲補修にかかる砂利の使用量は4.9 ㎡、保護砂の使用量は2.7 ㎡だった。

dは木材劣化診断の結果に基づく措置、eは同対策の有効性を確認できたことに伴う措置、f・g は修理工事後の復原建物 5 の経過観察結果を踏まえた措置である。f の対策として、小屋根の煙出し窓とほぼ同形同大の草壁をすぐり茅(富山県小矢部市産山茅)で製作して増設した。e の対策として土間および腰壁下に防水・防湿シートを敷設すると、ひとたび屋内に流入した雨水は地下に浸透しないため、屋内に雨水等が極力流入しないようにする必要がある。また、小屋根の煙出し窓が大きいと、風雨(雪)時の吹込量が多くなる。復



写真 65 平成 27 年度修理工事着工前 外観



写真66 同左 内観





写真 67 取替前の主柱 5 基部腐朽状態と土間の湿潤状態



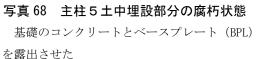




写真 69 BPL から梁下端までの高さ確認(200cm)

原建物の長寿命化には屋内の湿度を極力下げることが重要で、それを実現する手段の一つとして小屋根をもつ復原建物 2・5 では小屋根を整備段階の構造から改造することとした。



写真 70 土間改良用掘削終了段階 史跡保護の観点から計画高より浅く留めた



写真 71 垂木尻の保護対策 右奥は市単独修繕で巻付けた防水シート





写真 72 防水・防湿シート敷設前の基礎コンクリート・既設フック等養生 腰壁の既存土 (黒ボク土) に普通ポルトランドセメントを混和 (25kg/m) した改良土を用いた



写真 73 主柱 1 腐朽状態 (清掃後)



写真 74 主柱 1 柱脚金具ケルン掛け、 木材保存剤塗布(2回目)

また、腰壁に内装仕上用天然ゼオライト塗壁材(ゼオブレース)を塗布することとした。 市単独修繕で屋根樹皮層内に埋め込んだ調湿建材(ヒューミライト)とあわせ、屋内吸放 湿能力を向上させることを目指した。

②土間および腰壁下への防水・防湿対策 当初は現況の土間面を 20cm 掘削し、改良した土間面を平成 27 年度修理工事前と同一水準で仕上げる計画だった。市監督員(埋蔵文化



写真 75 主柱 1 柱脚金具防錆剤塗布、 腐朽部銅線巻付



写真 76 主柱 1 腐朽部補修 (樹脂充填剤+木屑)



写真 77 主柱 1 腐朽部補修完成(研磨·塗装)



写真 78 主柱 2 腐朽状態 (清掃後)



写真 79 主柱 2 柱脚金具がり掛け、 木材保存剤塗布(2回目)



写真 80 主柱 2 柱脚金具防錆剤塗布、 腐朽部銅線巻付

財センター学芸員)立会いの下で土間面を試掘したところ、FL-16cm で造成盛土下面に到達する部分があることが判明したため、史跡保護を最優先に16cm までの掘削に留めることとした。この時点で土間タタキの仕上がりは現況FL+4cm になった(写真70)。

本建物の土間層や腰壁層は、厚さ5cm未満の部分が多かった。これは、造成盛土を経由



写真81 主柱2 腐朽部補修 (樹脂充填剤+木屑)



写真 82 主柱 2 腐朽部補修完成 (研磨・塗装)



写真83 主柱3 腐朽状態(清掃後)



写真84 主柱3 柱脚金具ケレン掛け、 木材保存剤塗布(2回目)



写真 85 主柱 3 柱脚金具防錆剤塗布、 腐朽部銅線巻付



写真 86 主柱 3 腐朽部補修 (樹脂充填剤+木屑)

した地下水が浸み出しやすい構造である。既存の土間層が厚さ $15 \, \mathrm{cm}$ 超、既存の腰壁層が厚さ $10 \, \mathrm{cm}$ 超だった復原建物 $5 \cdot 6$ とは対照的である。復原建物 $1 \cdot 2$ で地下水の浸み出しが多かったのは、地下水の通り道にあることだけではなく、土間層や腰壁層(下半部)が薄かったことも関係したと判断される。



写真 87 主柱 3 腐朽部補修完成 (研磨・塗装)



写真 88 主柱 4 腐朽状態 (清掃後)



写真 89 主柱 4 柱脚金具防錆剤塗布、 腐朽部銅線巻付



写真 90 主柱 4 腐朽部補修 (樹脂充填剤+木屑)



写真 91 主柱 4 腐朽部補修完成 (研磨・塗装)



写真 92 主柱 6 腐朽状態 (清掃後)



写真93 主柱6 柱脚金具ケレン掛け、 木材保存剤塗布 (2回目)



写真94 主柱6 柱脚金具防錆剤塗布、 銅線巻付



写真 95 主柱 6 腐朽部補修 (樹脂充填剤+木屑)



写真 96 主柱 6 腐朽部補修完成 (研磨・塗装)



写真 97 主柱 5 取替え用栗材 (富山市大沢野産)

φ 15cm 程度の栗丸太材 (股木) を市場で調達 することが難しかったことから、生木の状態で調 抜いた。材を乾燥機から取り出した後、自然乾燥 達し、樹皮剥ぎ後に自然乾燥を3週間程度行った



写真98 栗丸太材(主柱5)の蒸気式乾燥 木材乾燥機内を中温度管理(65℃程度)として 1日温めて飽和状態とし、3~4日かけて蒸気を を3週間程度行った

復原建物 $5 \cdot 6$ と同じく、本建物でも厚さ 0.2mm の防水・防湿シート(土間コンシート)を敷設(重ね幅は 30cm とし、繋ぎ目は両面ともアクリル系片面タイプの気密防水テープによる袋張り)した。復原建物 $5 \cdot 6$ のように土屋根を解体して敷設するのであれば容易だが、本建物では上屋を解体せずに防水・防湿シートを追加するため、大きく 4 分割して施



写真 99 乾燥後の表面含水率 (24~25%台)



写真 100 主柱 5 木材保存剤塗布 (2回目)



写真 101 主柱 5 周辺の桁・梁の支保工



写真 102 主柱 5 柱脚金具の小型化と嵩上げ 無収縮モルタル充填+オールアンカー固定



写真 103 主柱 5 と梁の固定 (ラグスクリューボルト 12mm)



写真 104 主柱 5 のモルタル固定と 腰壁の防水・防湿シート敷設

工することとした(第24図)。柱脚金具付近等の接合部は新規に防水・防湿シートを重ね、 気密防水テープで完全に固定した。



写真 105 主柱 5 柱脚金具 (BPL) オールアンカー養生

写真 106 垂木尻付近の 防水・防湿シート敷設

セメント改良土による防水・防湿シートの破れ防止



写真 107 防水・防湿シート敷設状態 シートの反発力が強い折り部分はガムテープ併用



写真 108 保護砂敷設状態 (50mm)



写真 109 再生砕石 (RC40) 敷設状態 (100mm)



写真 110 出入口基礎コンクリート養生 スポンジで防水・防湿シートの破れを防止した

大きめに製作した防水・防湿シートは折り重ね、接着力が強い布製ガムテープでとめた。 大部分が二重で、部分的には三重以上になっているため、透湿度を相当抑えることができ、 地下からの湿気や水の浸み出しはほぼないと判断している(写真 107)。なお、防水・防湿 シートは棚の最奥部まで押し込み(写真 106)、垂木尻に掛け渡された鉄筋に巻付けて固定



写真 111 出入口支柱腐朽部接木状態



写真 112 出入口階段部 防水・防湿シート敷設状態



写真 113 腰壁基盤土セメント改良状態



写真 114 防水・防湿シート敷設状態



写真 115 防水シートと 防水・防湿シートの取合い



写真 116 透水管補修

した。折り重ねた防水・防湿シートの反発力は大きいので、棚および腰壁の基盤土は既存の黒ボク土に普通ポルトランドセメントを $25 kg/m^3$ 混ぜた改良土を人力で締め固め、押さえつけた。復原建物 $5\cdot 6$ の基盤土と比べて $5 kg/m^3$ ほどセメント使用量が多い。整備段階に設置された金具(L字金具・フック)は撤去せず、そのまま埋めた(写真 72 右)。



写真 117 屋根土の人力転圧 (1回目)



写真 118 腰壁改良 (1) 木毛セメント板+ラス敷設



写真 119 腰壁改良 (2) モルタル塗布



写真 120 腰壁改良 (3) ゼオブレース塗布



写真 121 小屋根補修(1) 結束(番線+麻縄強化)



写真 122 小屋根補修(2) 栗樹皮葺き

短冊形等に調整した厚さ 15mm の木毛セメント板の屋内側全面に、モルタルを厚さ 15mm で塗って腰壁基盤土に接着させ、木毛セメント板表面のずれ防止のためにステンレス製ラスで補強した後、厚さ 10mm のモルタルで塗り固めた。そのうえで、特注色で調整したゼオブレ



写真 123 小屋根補修 (3) 杉樹皮葺き



写真 124 小屋根補修 (4) 防水シート敷設



写真 125 小屋根補修(5) 杉樹皮葺き



写真 126 小屋根補修(6) 栗樹皮葺き、番線・麻縄結束



写真 127 出入口樹皮屋根補修 (1) 栗樹皮葺き

屋根防水シート下には既設の調湿建材



写真 128 出入口樹皮屋根補修(2) 木毛セメント板敷設

木毛セメント板の屋内側にはゼオブレース塗布

ースを厚さ 4mm で塗り、市単独修繕で屋根樹皮層内に埋め込んだヒューミライト、さらに 土間および棚のタタキ効果とあわせて屋内吸放湿能力を向上させる構造を整えた。修理工 事前と比べて、腰壁面は 24mm ずつ内側に張り出すこととなった。なお、ゼオブレースは市 単独修繕で使用したヒューミライトよりも吸放湿能力が優れ (102g/m²)、臭気や化学物質



写真 129 出入口樹皮屋根補修 (3) 防水シート敷設



写真 130 出入口樹皮屋根補修 (4) 杉・栗樹皮葺き



写真 131 出入口土留丸太ほかモルタル養生・止水壁 出入口土留丸太端部は防水・防湿シート巻付



写真 132 棚部タタキ作業 (50mm)



写真 133 土間下地の不陸調整と水準測量



写真 134 土間タタキ 1層目 (25mm)

も吸着させる不燃材料である。復原建物の長寿命化に向けた吸放湿能力向上が本材料の選定理由であるものの、見学者の安全・安心の確保という点でも効果がある。

土間下に敷設した防水・防湿シートの上には保護砂(厚さ 50mm)、RC40(厚さ 100mm)の順で敷設した後、従来の黒ボク土主体の土に替えて、赤土主体で土間タタキした。土間お



写真 135 土間タタキ 2層目 (25mm)



写真 136 屋根土の人力転圧(2回目)



写真 137 樹皮壁の止水対策 (1) 防水・防湿シート敷設



写真 138 樹皮壁の止水対策 (2) 杉樹皮葺き



写真 139 樹皮壁の止水対策 (3) 栗樹皮葺き



写真 140 透水管周囲補修の効果 (排水能力向上)

み出しを止めることもできるようになった。

よび棚のタタキは、富山県小矢部市産赤土(瓦用粘土): 富山県常願寺川産砂: 消石灰: 鹿沼土を50%: 20%: 25%: 5%で配合することを基本とした。これに水を25%加えて練り、土間は機械、棚は人力で厚さ5cmの層を2層に分けて転圧することとした。資材および配合比率の選定は、平成23年度に複数の候補のなかから屋内試験で定めたものである(VII-9参照)。縄文人は近傍で調達可能な資材を用いて土間タタキ(竪穴建物跡の発掘調査で確認される「貼床」)を行っていただろうとの想定の下、富山県内で市場に流通している資材から選定した。柱脚金具など復原建物には金具も多用されているので、海砂ではなく川砂を用いた。なお、復原建物の長寿命化を目的としたタタキであるので、その効果を最大限に高めるため消石灰も加えることとした。なお、いくつか実施した遺跡土壌(貼床)の鉱物科学的検討からは、縄文時代の貼床にカルシウム分は含まれていない(VII-7参照)。

母材の半分を占める赤土は、調達元での保管状況や採取時期、調達後の保管状況、施工時の環境などの差によって調整段階の含水量が異なり、施工時の気象条件の影響も受ける。上記の資材・配合・施工法で行った復原建物5のタタキは3年経過しても亀裂が発生しなかったのに対し、復原建物6のタタキは施工後すぐに亀裂が発生した。性能上の不都合は生じていないが、平成27年度修理工事では調達資材による検証試験を実施した。その結果、赤土の含水量が多いと判断したため、基本配合率よりも5%少ない20%で加水することとした。これは、監理技術者が目視(色調判断)および指圧で確認した結果による。棚のタタキ作業の過程で、乾燥する際に亀裂が発生することが確認されたため、以後の作業では赤土の含水量を考慮しつつ、乾燥時の亀裂発生状況を見ながら加水量を調整した。比率は10~15%程度となったが、結果的には機械転圧した土間にも亀裂が発生した。タタキの難しさを痛感することとなったが、亀裂の有無は土間の吸放湿能力には影響を及ぼさない。以上のタタキ作業により、屋内吸放湿能力が向上すると同時に、地下からの湿気等の浸

③主柱の土中埋設部分の養生法選定に至る経過と施工 平成27年度修理工事では当初、木材劣化診断(一次・二次診断)の結果を踏まえて腐朽が著しかった主柱5のみ取替えることとしていた。土間および腰壁下への防湿・防水対策を講じるため、既存の土間および腰壁を市監督員立会いの下で掘り下げたところ、主柱5以外の主柱も柱脚金具に覆われていないことで土と直接触れる部分の腐朽が進行していることが判明した。ここに、目視できる部分を対象とした一次・二次診断に限界のあることがわかった。

平成27年9月9日に開催した第11回専門家会議では、当該主柱の取扱いが検討課題の一つになった。辺材が腐朽したことで、断面欠損率は小さくないものの、上からの静的荷重がかかる心材には強度上の大きな問題がないと判断された。想定外の地震で横揺れを受けた場合などは折損する可能性があるものの、それを想定して補強する必要性を認めるかどうかが論点となった。なお、気象庁に記録が残る大正12(1923)年1月1日から平成29年1月31日までに北代縄文広場近傍の富山市石坂で記録された震度1以上の地震は263回あり、そのうち最大震度は4で、震度4は下表のとおり全6回(2.3%)である。復原建物の整備工事が行われた平成10年度以降、平成29年1月31日までに116回の地震が生じたものの、建物倒壊の恐れを感じさせる地震はなかった。113回の地震のうち、震度3が7回(6.0%)、震度2が24回(20.7%)、震度1は84回(72.4%)である。

腐朽箇所に接木しても、根本的な強度向上にはつながらない。北代縄文広場における復

第12表 北代縄文広場付近における近年の震度4観測地震一覧

地震の発生日	震央地名	最大震度	富山市石坂 最大震度
1933. 9. 21	石川県能登地方	4	4
1944. 12. 7	三重県南東沖	6	4
1948. 6. 28	福井県嶺北	6	4
1952. 3. 7	石川県西方沖	4	4
1993. 2. 7	能登半島沖	5	4
2007. 3. 25	能登半島沖	6強	4

気象庁の震度データベースから作成(平成29年1月31日現在)

http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php

土の全体として土屋根を総持ちさせており、地震発生などの緊急時は見学者に屋内からの 速やかな退避を求めるソフト面での対応を重視することとした。市単独修繕から 12 年が経 過した復原建物 2 について、上屋解体を伴う次の本格的修理までの耐久性をできる限り高 め、主柱 5 以外の主柱等は次の本格的修理の際に取替えるという考え方を採った。

これを前提に、次の対策を講じた(写真 73~96)。腐朽がこれ以上進行しないように腐朽部分を除去し、木材保存剤(キシラモントラッド)を十分塗布した。そのうえで腐朽箇所の上部に銅線を上下 3 cm 幅で巻付け、防カビ剤入りアクリル系樹脂充填剤(ウッドシール)に木屑を混ぜて補修し、硬化後に表面研磨・塗装を行った。そのうえで、柱脚金具を含めて厚さ 0.2mm の防水・防湿シート(土間コンシート)を巻付け、木材が土(タタキ)と直接触れないようにした。これによって、腐朽の進行を遅らせることができる。柱脚金具はケレン掛けの後、防錆剤(エポキシプライマー)を表面にのみ塗布した。

なお、銅線は銅イオンによる抗菌作用を期待したものである。結露水が主柱を経由して 養生部分に浸み込んだ際、銅線に触れることで発生した銅イオンが抗菌効果を果たすこと を期待した。地際付近の柱に銅板を巻付ける対策は伊勢神宮など神社建築物でも行われて おり、これに準じた対策である。復原建物2の主柱は辺材の腐朽が進行していたので、銅 板を銅釘でとめて主柱を傷めることを避けた。これらにより、主柱を取替える時期を少し でも遅らせることを目指した。

地際付近の断面欠損率が50%を超えていた主柱5を新材と取替える際、主柱5と桁・梁の結束は麻縄のみであることが判明した。主柱5・6の上に掛け渡された桁は市単独修繕

で取替えられており、この作業に伴って整備段階のステンレス番線が外された。整備段階の状態を保つ主柱5以外の主柱と桁・梁はステンレス番線と麻縄で結束されていた。主柱5と桁・梁の結束は、桁・梁を据えた後にラグスクリューボルトを打ち込んで麻縄で結束したのみだった。また、市単独修繕の段階写真から、小舞を貫通させて垂木とボルト固定し、麻縄で結束したことも判明した。

市単独修繕では、各部材の結束にあたっ てステンレス番線結束を行わないことが方

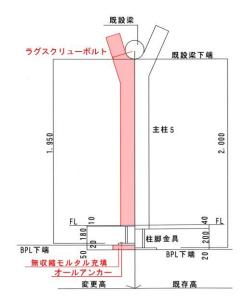


写真 141 市単独修繕(平成 15 年度)の状況 主柱5の上に桁(新材)を 据え付けた

針決定された。それは、番線を麻縄で確実に隠すことは困難と判断されたことによる。なお、平成21年10月の台風18号の強風によって復原建物2の小屋根が横倒しになった。この被害は、小屋根の結束が麻縄のみだったことに起因したと考えられる。

このような状況から、当初計画どおり主柱5付近の桁・梁をジャッキアップすると、垂木・小舞を結束する麻縄が切れて倒壊したり、倒壊にまで至らなくても打ち込まれたボルトから主柱・桁・梁・垂木・小舞に亀裂が発生して材の強度を損ねたりすることが危惧された。このため、桁・梁の高さを変えずに主柱5を取替える必要性が生じることとなった。

主柱5の取替方法を検討するための調査の過程



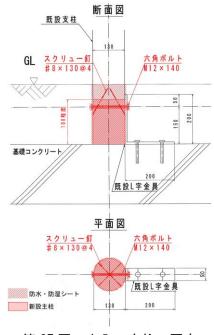
第26図 主柱5の梁固定法の変更

で、柱脚金具の固定方法は整備段階の設計とは異なることが判明した。柱脚金具のベースプレート (BPL) を四隅に設けた L 字型アンカーボルト (ABOLT) のダブルナット締めで基礎コンクリートに固定する設計になっていたが、実際はオールアンカー (ϕ 9 mm) でベースプレートが基礎コンクリートに固定されていた (写真 68)。

現状の柱脚金具の固定方法を踏まえ、現況高で桁・梁を支えながら主柱 5 を取替えるため、柱脚金具のベースプレートを切断(45cm 四方→35cm 四方)し、セメント系無収縮グラウト材(プレユーロックス)で基礎コンクリート上に土台を設けてベースプレートの設置位置を 5 cm 高くした(第 26 図)。柱脚金具の円柱部天端を 2 cm 短くしたうえで、ケレン掛

け後に防錆剤(タイコーペイントフォースター)を 内外面に塗布した柱脚金具に新材を据え付けた後、 股部分を梁に当てながら斜めに入れ込んだ。主柱 5 からラグスクリューボルトを梁に向けて 2 本打ち込み、そのうえでステンレス番線と麻縄で結束した(第 26 図)。ラグスクリューボルトを打ち込んだ箇所に は防カビ剤入りアクリル系樹脂充填剤(ウッドシール)に木屑を混ぜて補強し、硬化後に表面研磨・塗 装を行った(第 22 図:柱、梁 結合部)。

以上の施工法によって、設計土間面 (FL) を変更計画 (現況 FL+4 cm) のままとすることができた。主柱 5 基部・ベースプレート固定の安定性はやや低くなるが、土間面の高さを少しでも現状に近い状態に設けることを優先した。整備段階では、柱脚金具の円柱部天端から土間面まで4 cm あり、当該部は保護対策を講じていない主柱と土が接することになった。地下水を含んだ土壌が原因となり、当該部の腐



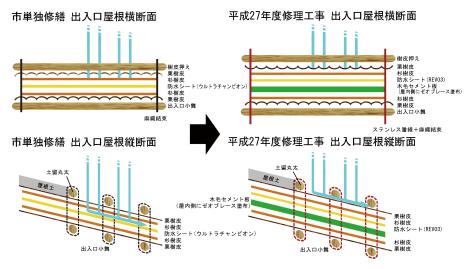
第27図 出入口支柱の固定

朽が進行したのである。円柱部を短くしたことで、円柱部天端から土間面までは $1\,\mathrm{cm}$ となった。当該部は木材保存剤の塗布後に防水・防湿シートで養生しており、腐朽する危険性を極めて低く抑えることができた。土台とベースプレートの固定にはオールアンカー(ϕ 16mm)を用いた(第 26 図)。これは、既設の固定方法でも過去に問題が生じていないことを勘案して判断した。ただし、オールアンカーは従来よりも太くした。本建物で実施した主柱取替法は、他の復原建物でも土屋根を解体せずに応用できる。

既設の主柱5を解体したところ、梁から打ち込まれたラグスクリューボルトの先端が主柱(股部)に食い込んでいるのは1cmに満たなかった。他の主柱も同様と想定されたため、平成27年度修理工事の終了後、地震等の非常時は冷静、かつ速やかに屋外に避難するように注意喚起する掲示をすることとした。本再整備事業において、全主柱を更新しなかった復原建物1~4のすべてでこの対応をとった。

②出入口支柱の土中埋設部分の養生法選定に至る経過と施工 出入口支柱は市単独修繕で2本とも更新されたが、新材(股木)ではなく、既存垂木の天端に抉り加工を施して出入口梁を支える構造である。整備段階と異なり、L字金具に添えてボルトで固定するのではなく、ステンレス番線でL字金具に結束されていた。出入口支柱の土中埋設部分は、主柱よりも腐朽が進行していた。これは、出入口付近からの雨水や地下水の影響が大きかったことを意味する。主柱と同様な補修では倒壊する危険性が高いと判断されたため、腐朽箇所を切断し、当該部に栗材(新材)を接木した。新材と旧材は4本のスクリュー釘で固定した(写真111)。腐朽部分と接木部分に木材保存剤を2回塗布した後、L字金具に添えて出入口支柱を六角ボルトで固定し、出入口屋根の安全性を向上させた(第27図)。そのうえで、防水・防湿シートを巻付けて地下水等が木材に直接触れない構造を設けた。地震発生時に見学者の避難口となる出入口は、強度確保が欠かせない。

⑤出入口補修 出入口屋根は樹皮屋根として整備された。これは風圧によって破損しやすく、特に最上面は栗樹皮が割れやすいという特性から早期に劣化する。劣化箇所から雨漏りが発生し、腐朽が進行した。これを踏まえ、市単独修繕では樹皮層の間に防水シート(ウルトラチャンピオン)を敷設し、雨漏りを止めることに成功した。ただ、それでも防水シート上の樹皮は破損や腐朽が続いた。また、出入口階段は黒ボク土による土階段とし



第28図 出入口屋根の改良

て整備された。

平成27年度修理工事では屋内吸放湿能力向上を目指した。このため、出入口屋根、および出入口樹皮壁の樹皮層内にも厚さ4mmでゼオブレースを屋内側に塗布した厚さ15mmの木毛セメント板を敷設した。木毛セメント板の敷設によって断熱性能も向上し、屋内の結露予防にも一定の効果を果たすことが期待される。これは、腰壁に敷設した木毛セメント板も同じである。市単独修繕と異なり、出入口屋根(樹皮屋根部分)の最上層となる栗樹皮は木表が下側となるように(上側が凹面となるように)葺いて、排水性能を向上させた(第28図)。土階段も土間・棚と同じく赤土主体のタタキ仕上げとし、結露予防や屋内吸放湿能力向上のため、段差部分に厚さ15mmの木毛セメント板を接着した(写真119・120)うえでゼオブレースを厚さ4mmで塗布した。

出入口周囲の土留丸太や出入口階段の足掛かり材などは腐朽が著しかったため、更新した。新材ではなく、復原建物6の旧垂木(健全部分)を転用することとした(写真131)。旧垂木の上部(棟方向側)は腐朽が進行しておらず、日常管理としての燻煙作業で煤が付着しており、一定の防虫効果が期待されることなどを重視した選択である。出入口外方は透水管上部の砂利までの範囲について、従来の黒ボク土主体から富山県小矢部市産赤土(瓦用粘土)に変更し、機械(プレート)転圧した。

⑥小屋根煙出し窓からの吹込み防止対策 復原建物 2 は、平成 23 年 12 月に修理工事が完成した復原建物 5 と同じ構造である。復原建物 5 では、北一北北東または南一南南西で風速 4 m/s 程度以上の風を伴う降水(雪)時に、雨水(雪)が煙出し窓から屋内に吹込むことが確認された。これを防ぐため、復原建物 2 でも小屋根の煙出し窓に小矢部市産のすぐり茅(山茅)で製作した草壁を増設し、開口面積を小さくすることとした。また、出入口樹皮屋根と同じく、小屋根最上層の栗樹皮は木表が下側になるように(上側が凹面となるように)葺いた(写真 126)。

(3)維持管理上の課題等

平成27年度修理工事では、劣化材取替という方針で復原建物の長寿命化改修を行った。 防水・防湿シートを追加する部分のみ屋根土を漉き取り、追加作業後に復旧させた。当 該部の上部の屋根土を支える土量や勾配が必要なため、屋根尻部分での屋根土の厚さは 市単独修繕段階と変わらない。このため、今後も垂木尻付近では水分を含んだ屋根土の 荷重が他の部分よりも強くかかり続け、冬期にはさらに積雪荷重が加わる。市単独修繕 では垂木直径を整備段階の約1.5~2倍に太くしており、平成29年2月時点で垂木のた わみは認められず、屋根土の荷重に対する耐力は保たれていると判断される。

ただ、本建物では小規模ながら雨漏りが生じていることが明らかになり、経過観察を厳重に行う必要がある。それは、土間・腰壁下に防水・防湿シートを敷設したことで、雨水等が地下に浸透しなくなったためである。結露水を含め、屋内に水分があると、丸太材や樹皮などの腐朽を促進することにつながるため、屋内の相対湿度の毎時測定を継続することに加え、丸太材や樹皮の表面含水率を測定し、許容範囲内かどうかを確認する必要がある。この他、定期的に行う予定の木材劣化診断(二次診断:超音波伝播速度測定、穿孔抵抗測定)で木材内部の把握に努め、重大な劣化に繋がる兆候を早期に発見することが重要である。