

歴史文化都市の防災技術研究部会

研究メンバー：大窪 健之、深川 良一、里深 好文、小林 泰三、藤本 将光、伊藤真一、持田 泰秀、吉富 信太、福山智子

「歴史・文化・意匠的価値」と「防災性能」を兼ね備えた歴史文化都市・地域の防災技術を確立することを目的に、昨年度までの文化遺産防災技術に関連する研究活動を継続的に発展させて以下の研究を行った。

(1) 歴史的文化財建造物の耐震補強・改修技術の開発

- (1-1) 伝統木造建築物の耐震設計・耐震補強設計法の開発
- (1-2) 伝統木造建築物の構造特性の解明
- (1-3) 歴史的建築物の継手加工技術や高倉の構造把握の取組み
- (1-4) 歴史的実建造物の耐久性評価調査

(2) 歴史文化都市の防耐火システムと機器の開発

- (2-1) 地域防災情報ネットワークの開発
- (2-2) 高機能型市民消火栓のホース延長機構の開発

(3) 歴史文化地域の地盤環境を踏まえた防災技術の開発

- (3-1) 世界遺産・寺山炭窯跡石積み擁壁復旧工の提案
- (3-2) 清水寺境内の地下水位変動、湧水の発生に関する研究

(1) 歴史的文化財建造物の耐震補強・改修技術の開発

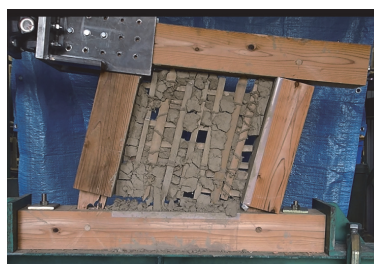
(1-1) 伝統木造建築物の耐震設計・耐震補強設計法の開発

研究担当者：吉富信太

■土壁の小舞仕様の改良

伝統構法木造建築物の主たる耐震要素である土壁について、土壁の壊れ方で顕著な下地の竹小舞の座屈に着目して、小舞を面外座屈を防ぐような仕様に変えることで耐力や靱性に及ぼす影響について、試験体の加力試験を行い確認した。

木格子小舞壁の方が、大変形時に格子内の土がブロック状に残り、粘りが向上する可能性が確認できた。



竹小舞土壁



木格子小舞土壁

■社寺建築の制振補強

社寺建築の床下に設置する、制振装置について実験と解析で応答低減効果について検討した。

大変形に追従でき、減衰効果があることが確認できた。



制振装置の静的載荷試験



実際の設置状況

(1-2) 伝統木造建築物の構造特性の解明

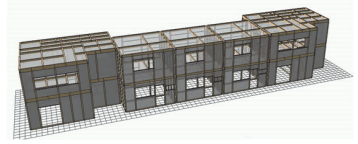
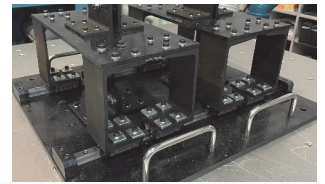
■京町家の衝突による応答への影響

京都に現存する連棟の町家建物の振動計測を行い、棟間距離が小さい時の複数棟の干渉について検討した。また、振動台を用いた模型実験で2棟の衝突の影響について検討した。多棟の接触を考慮した解析モデルを構築して、衝突による地震時応答への影響について検討した。



起振機を用いた
連棟京町家の振動計測

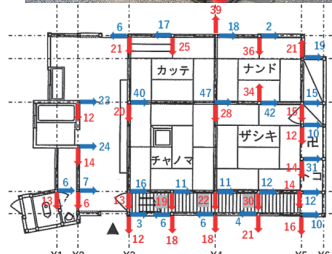
研究担当者：吉富信太



振動台実験と解析による
建物接触の影響の検討

■能登半島地震による建物被害調査

重要伝統的建物群保存地区である輪島黒島地区の文化財建物を中心に建物被害調査を実施。関西の有志の構造研究者で、伝建築の保存につながる取り組みとして、地元自治体、行政、文化庁、NPOと連携し、調査を実施し結果を住民に説明し、保存に向けた構造調査に協力する。



被害建物の調査



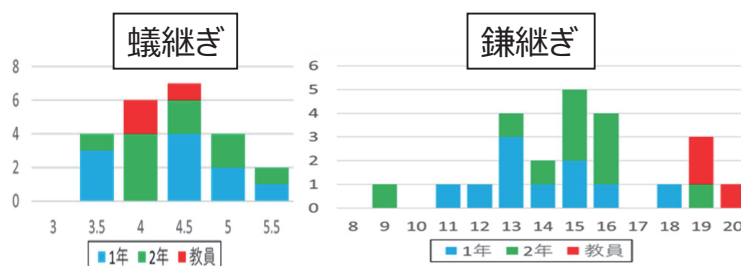
(1-3) 歴史的建築物の継手加工技術や高倉の構造把握の取組み

研究担当者：持田泰秀

歴史的建築物の木部材の継手加工における技能習熟度の定量評価や、八丈島の高倉構法の構造について調査を行い、工法や構造性能を明らかにする。

① 木材継手の引張強度実験を通した手加工技術の技能習熟度の定量評価に関する研究

蟻継手、鎌継手の最大引張強度の分布より、蟻継手は習熟度による差は生じない。鎌継手は高習熟度技能者は、低習熟度技能者より最大強度は大きく偏差は小さい。

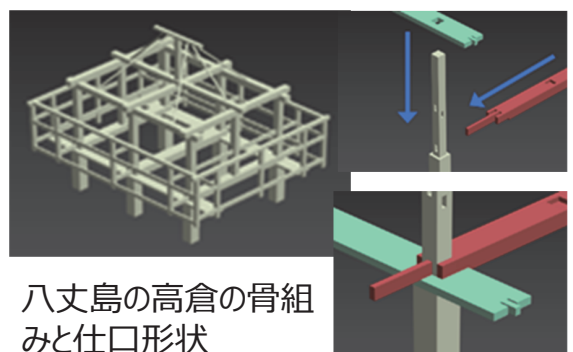


継手の最大強度分布



② 八丈島の高倉の構造性能に関する研究

柱は、八丈島シイの屈曲材を使用し、1階の断面280×280、2階の断面は削り出し70×170とする。2階床桁梁は四角孔に柱貫通、スパン梁は、両端をフォーク状の3分岐した貫で柱を貫通する。石破建柱に2階床桁梁、スパン梁が貫構造として耐震性能を確保する形式となっている。



八丈島の高倉の骨組みと仕口形状

(1-4) 歴史的実建造物の耐久性評価調査

写真はすべて長崎市の特別な許可により撮影

軍艦島の各種建造物の経年変化に関する調査

研究担当者：福山智子

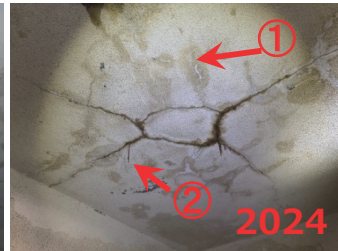
建造物の定点観測写真を撮影し、軍艦島の各種建造物の経年変化から、建造物が受けている劣化外力の種類やその程度、劣化の進行の把握を試みる

● 鉄筋腐食に影響する水の挙動の把握

コンクリート表面の変色・濡れ色やエフロレッセンスから、コンクリートの含水状態や水の移動について経時的な追跡を行った

● 今後の展開

1. 島内全建造物の定点観測を継続し、経年劣化の種類やその進行速度を把握する
2. 1と建造物の立地条件などから劣化要因を解明しその情報に基づき維持管理を行う



コンクリート部材中の水の移動を示唆する指標

- ① 新規のエフロレッセンスの発生
- ② つらら状のエフロレッセンスの伸長
- ③ 緑色のしみの新生
- ④ 緑色のしみの進展

(2) 歴史文化都市の防耐火システムと機器の開発

①：地域防災情報ネットワークの開発

特許取得済+実装中

研究担当者：大窪健之・金 度源+能美防災（株）

住宅用火災警報器の信号を無線で収集し、火災発生情報を地域全体に即時に地図で配信できるシステムを開発した。得られる信号を解析して延焼火災をリアルタイムに表示したり水害等を示すなど避難に活かすべく改善中

★災害発生場所を地域で即時共有する！

- ・既存設備(住警器)を援用
- ・火災発生情報を携帯電話等に地図付メールで即時共有
- ・高齢者の急病時にも利用可
- ・建物倒壊センサーを実装すれば道路閉塞も表示が可能？
- ・土砂や洪水も個別配信可能？

↓
兵庫県出石地区で仮想体験と評価アンケートを実施（2022年度）
+ 京都府加悦地区で勉強会を開催（2023年度）+ 加悦地区八幡神社で導入検討中（2024年度）



延焼進行状況のリアルタイム表示例

(2) 歴史文化都市の防耐火システムと機器の開発

② : 高機能型市民消火栓のホース延長機構の開発 特許取得済

研究担当者：大窪健之・金 度源 + (株) 横井製作所

緊急時に市民が一人で使える「高機能型市民消火栓」を開発。ホース長が短い課題解決のために、ワンタッチでホース延長作業が可能なノズルを開発

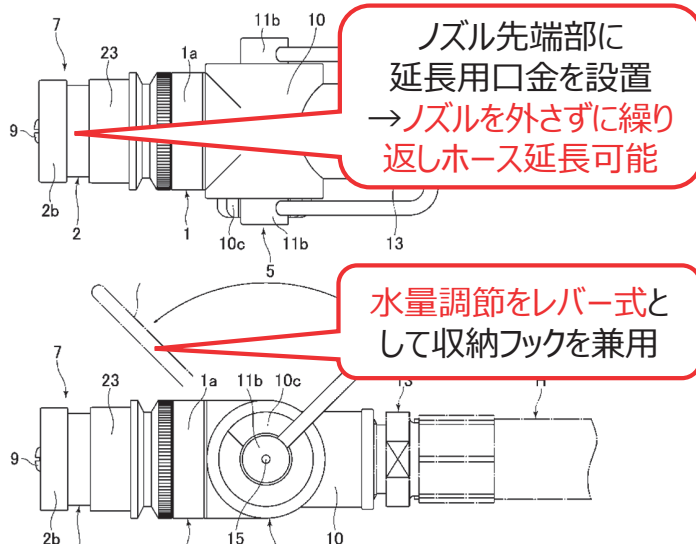
最寄りの消火栓から使っていないホースを持参すれば、任意に延長可能に



放水可能な範囲の素早い拡大が可能



レバーの改善により誤操作を無くし収納時の確実なOFFが可能



津和野重伝建地区（2017年11／29）等の訓練で試用 → 2022年度消防認定を目指した試作実施
→ 2023年度国宝松山城（愛媛）にて、日常利用促進のワークショップを開催
→ 2024年度清水寺などで活用可能性を検討中

(3-1) 世界遺産・寺山炭窯跡石積み擁壁復旧工の提案 1

研究担当者：深川良一・里深好文・小林泰三・藤本将光・伊藤真一
研究協力者：酒匂一成（鹿大教授）、藤井大佑（鹿児島市教育委員会）

鹿児島の世界遺産である寺山炭窯跡前面の石積み擁壁は、2023年3月の復旧工事完了直後に再崩壊した。2024年度はその原因究明と対策工の提案を行った。以下想定される主要な原因と対策について紹介する。

- 深川協議参加：2024年8月22日、12月16日の2回、寺山炭窯跡に係る鹿児島市専門家委員会に指導・助言者として参加し意見を述べた。また、8月7日、8月21日、11月25日の計3回、酒匂教授、藤井氏等とのWeb会議に参加し意見を述べた。
- 現在、以下のような対応関係を踏まえて施工計画を検討しており、その後具体的な再復旧工事が実施される予定である。

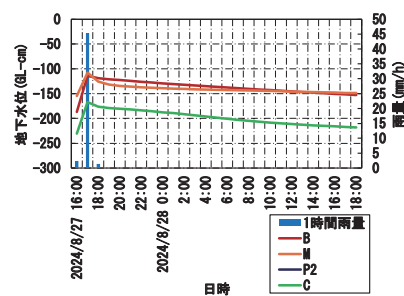
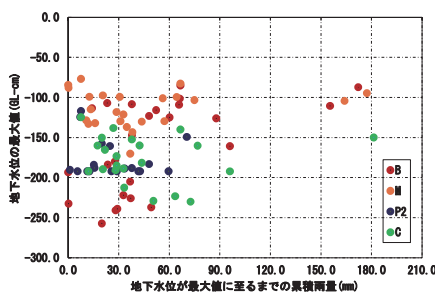
崩壊要因	要因の影響	一般的な対策	ここでの再崩落防止対策工
鉛直に積まれた石材	・石積み擁壁背面の土圧が強くなり、擁壁の安定性が低下する。 ・鉛直積みでは水平方向の抵抗はほとんど期待できない。	・通常の石積み擁壁では、地山側にもたれかかるように設置する。 ・城郭石垣のように石積み反りを持たせる場合もある。	・最初の擁壁崩落時に鉛直性が維持されていたことから、鉛直性を維持できるような繊維系材料で斜面の安定化を図るジオテキスタイル工法を選択する。
締固め工法の差異による新規盛土の密度差	・石積みの背面は形状が複雑になるため、場所によって締固め方法を変えざるを得ず、そのことが擁壁の不安定性につながった。	・均質で締め固めやすい粘土系材料が選択される。 ・締固め曲線や試験施工によって適切な含水比管理、締固め機器が選択され、丁寧な締固め施工がなされる。	・適切な含水比の締固めやすい材料を選択する。 ・場所による密度差が生じないように丁寧な施工を心がける。
施工方法・速度	・石積み自体が鉛直であり、また締固め施工時に特に石積み前面の水平方向への拘束がなされたわけでもなかったため、結果的に締固め時に擁壁が前面にはらみだす恐れがあった。 ・特に慎重に施工速度が選択されたわけではなく、不均質性が助長され、そのことが再崩壊につながった。	・一般の石積み擁壁では鉛直に積むことはほとんどない。通常は背面にもたれかかるように傾斜をつけるか、反りをつけて安定性を確保する。 ・擁壁に用いられる石は背面側では絞った形状となっているため、空隙部が多い。そこには碎石を投入して全体の安定性を増している。	・ジオテキスタイルを設置し締め固める際も、鉛直に積まれた石積みが前方に孕み出さないよう石積み前面から拘束力を作らせる。 ・締固めに使用される粘土系材料は最適含水比より若干乾燥した側で最大の強度を発揮するので、施工を急ぎすぎないことが重要である。 ・ジオテキスタイルと石積みの接合には十分留意する。

- 今後の課題：石積み鉛直擁壁の施工は相当難易度が高い。残念ながら、2019年6月の最初の崩壊までになぜ鉛直石積み擁壁が存在できたのかいまだ明確な理由は不明である。原因究明を今後も続けていきたい。

(3-2)清水寺境内の地下水位変動、湧水の発生に関する研究

研究担当者：深川良一・里深好文・小林泰三・藤本将光・伊藤真一

- 清水寺の雨量・地下水位と湧水発生場所の画像データをもとに、降雨時における地下水位の変動特性や湧水の発生状況を明らかにすることを目的とする。無降雨期間が4時間継続したものかつ、累加雨量10mm以上を対象降雨イベントとして分析を行った。地下水位はリニアメント東側に位置する奥之院後背斜面の4地点、リニアメント西側に位置する子安塔付近の2地点で計測している。湧水に関してはリニアメント東側の3地点で観測を行った。
- 奥之院後背斜面の4地点は、累積雨量の増加に伴い地下水位の最大値も増加するが、その後一定の値が計測されることが確認された。また、湧水は発生することが確認された。発生状況に関しては、降雨後すぐに発生するのではなく、数時間後に発生していた。一方で、夜間の画像は視覚的な判断が困難であるという課題も見つかった。



湧水の画像計測の状況

