

文化遺産防災技術研究部会

部会代表者：衣笠総合研究機構・教授 鈴木 祥之

部会副代表者：理工学部・准教授 吉富 信太

研究メンバー：青柳 憲昌、伊津野 和行、大窪 健之、川合 誠、里深 好文、

豊田 祐輔、深川 良一、向坊 恭介、宗本 晋作、石田 優子

【研究計画の概要】

歴史的な伝統の技で創出されてきた建造物をはじめとする文化遺産を災害から守るために、文化遺産が立地する場所の立地条件、地理的、地質的条件などに応じた防災技術を開発する。具体的には、以下の研究を進める。

(1) 高山市伝統木造建築物の耐震化マニュアルによる改修促進【○鈴木、青柳、伊津野、向坊、吉富、大窪、里深】

飛騨高山の伝統木造建築物を災害から守るために、地域の行政や建築に係わる実務者の協力のもとに伝統木造建築物の詳細構造調査を実施し、耐震性能評価（耐震診断）および耐震補強、火災対策の検討を行い、耐震化マニュアルを構築して高山市に提案した。今年度以降は、このマニュアルを実務者が実践的に使えるように講習会・セミナー等を実施し、改修の促進を図るとともに地域の防災力向上を目指す。さらに他の重要伝統的建造物群保存地区など文化遺産木造建築物にも広く適用を目指す。

(2) 地域防災情報ネットワークの開発【○大窪、川合】

戸別の住宅用火災警報器を無線ネットワークにより地域単位でリンクさせ、火災発生情報を即時的に地域全体にメール配信できるシステムを実用化し、木造歴史地区における災害時共助連携体制の構築に活かす。高齢者の健康管理にも活かせるように福祉センサー機能を実装するなど歴史地区に求められる防災福祉コミュニティのインフラを形成する。今年度以降は、さらに火災発生現場からの距離等に応じて、対応すべき行動内容等を個別に配信するようシステムを改良し、効率的な消火活動を可能とする緊急行動指針の配信システムの実装に取り組む。

(3) 高機能型市民消火栓の開発【○大窪】

屋外での市民個人による初期消火活動に役立てるため、従来の屋内消火栓を改良して、ホースの延長と耐久性を向上させると同時に、収納作業を簡素化して水抜き作業を含むメンテナンス性を向上させた、日常から利用できる市民消火栓を開発する。今年度以降は、初めて使用する人にとって収納方法が分かりづらいという問題を改善するため、直感的に操作できるようにデザイン面での工夫に取り組む。また、ホースの収納時におけるコンパクト化を図るため、収納方法やドラム形状の改善に取り組む。

(4) タイ王国アユタヤの文化遺跡の防災技術開発【○深川、里深、豊田、石田】

タイ王国アユタヤでは、文化遺跡の沈下や傾斜が激しく、放置すれば倒壊の恐れがあるので、地域の大学など研究機関との協力のもとに現状調査と併せて沈下や傾斜の対策方法などを検討する。文化遺産が点在する中洲内エリアを対象に洪水氾濫解析を行い、今後の文化遺産防災対策に向けた提案として、4つの対策条件における解析結果について検討した。今後、詳細な提案を行う上では、より詳細な標高データを用いた解析が必要である。さらに、地盤内の地下水

位の計測および地盤調査による地盤強度を把握し、不同沈下の現象把握および地盤と構造物の変状との関係について検討し、対策の提案を行う。

(5) 世界遺産・熊野那智大社、熊野古道における被災実態解明および防災対策の提案【○深川、石田】

2011 年 9 月の台風 12 号に伴って紀伊半島は観測史上最大級の豪雨に見舞われ、熊野三山を中心とする世界遺産も多大な被害を被った。大規模土砂災害のメカニズムを解明するとともに効果的な防災対策の提案を目指す。今年度は、熊野那智大社裏山・妙法山、および熊野古道・横垣峠における大規模斜面崩壊再現シミュレーションの精度を高めるとともに、計画中の防災対策に関する数値シミュレーションによってその有効性を明らかにしていく。熊野古道に関しては地域ごとの土砂災害に対するリスク分析を進める。

(6) 地歌舞伎小屋明治座の改修技術の開発【○鈴木、吉富、宗本、向坊】

岐阜県指定の重要文化財（岐阜県指定重要有形民俗文化財）である加子母明治座は、構造安全性や耐震安全性上の問題が指摘されており、耐久性調査や地盤調査、構造詳細調査を実施して問題を明確にするとともに、岐阜県指定の重要文化財であることを念頭に旧加子母村との連携のもとに明治座の構造補強・改修案また耐震補強・改修案を提案する。今後、地芝居が日本一盛んな東濃地方に現存するその他の地歌舞伎小屋に改修技術の適用を目指す。

【研究成果】

I. 研究成果の概要

6 件の研究課題について研究計画の通りに取り組み、それらの研究成果の概要を以下に示す

(1) 飛騨高山の伝統木造建築物を災害から守るために高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアルを作成したので、このマニュアルの趣旨と耐震改修の意義を市民に広く周知するための講演会、またマニュアルを実務者が実践的に使えるように講習会を実施し、改修の促進を図るとともに地域の防災力向上を目指した。

(2) 平成 26 年度には、火災や急病の発生情報を誤報による混乱も無く確実にメール伝達できるように、システムのハードウェア改良に取り組んだ。併せて災害や急病発生時に情報を受信した住民が、どのように行動するべきかを予め相談し、その内容を個人の属性や災害発生場所からの距離に応じて配信するためのソフトウェアの検討を行った。

(3) 2014 年度は、市民消火栓を散水など日常からも利用しやすくすることで、災害時に訓練をしていなくても誰もが利用可能な環境を作り出すと共に、平常時からの市民による維持管理を可能とするため、初めて利用する場合にも直観的な操作が可能ないようにデザイン面での改善を試み、ユーザーによる評価を行った。

(4) 今年度は 2 回の現地調査を行い、研究対象とする Wat Krasai の仏塔について 2 次元沈下圧密解析を行い、沈下傾斜予測と洪水の影響を検討した。解析結果より、地盤の脆弱性に起因する仏塔倒壊の危険性は非常に低いこと、洪水の影響は非常に小さいことが確認された。

(5) 熊野那智大社裏の崩壊では、数値解析によって崩壊現象が再現できることを確認した。また崩壊時の地盤強度特性を逆解析から推定した。熊野古道「横垣峠」では、降雨計測による誘因分析と現地調査による素因分析を行い、崩壊発生への寄与について考察した。

(6) 明治座の構法歴史調査、耐久性調査、木材調査、地盤調査、構造詳細調査などを実施する

とともに耐震性能評価、構造解析を行い、地歌舞伎小屋に特有な構造特性を考慮した改修技術の開発を行った。

Ⅱ. 研究成果の詳細

(1) 高山市伝統木造建築物の耐震化マニュアルによる改修促進

飛騨高山の伝統木造建築物の耐震改修を目的に高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル¹⁾を2014年3月に作成し、引き続きマニュアルをより実用化するために耐震要素の追加検証実験や高山特有の仕口接合部の性能検証実験²⁾を行った。マニュアルの趣旨と耐震改修の意義を市民に広く周知するために、講演会「町家に住みつづけるために」を7月6日に飛騨高山まちの博物館で実施した。また、マニュアルを実務者が実践的に使えるように伝統構法木造建築物耐震化マニュアル実務者講習会を10月18日－19日、11月8日－9日に実施し、マニュアルを解説するとともに現地調査方法や耐震性能評価方法などの理解と習得を図った。

(2) 地域防災情報ネットワークの開発

今年度は、これまでの課題であった「誤報の場合にも地域全体に配信されてしまう」問題を解決するために、二段階の配信システムを実装した。センサーが火災を感知して最初は、隣接家屋や同じ隣保内のみに配信して至急の火災発生確認を促し、誰かが確認した時点で初めて地区内に広く配信することで、情報の正確性を担保した。さらに配信するメッセージについても、職業や年齢など個別の属性と、出火場所から居住場所までの距離等に応じて異なる内容を配信できるようにプログラムを改善した。実践的な機能確認とユーザー評価を行うために、実際の防災訓練の開始の際に当該システムを用いて訓練開催の合図を出すことで社会実験を実施し、配信方法やタイミング、内容についても意見交換を行った。研究の成果は、古川真史氏の修士論文にまとめ、広く学会発表を行う予定である。

(3) 高機能型市民消火栓の開発

これまで、従来型の屋内消火栓設備を流用した市民消火栓を使用してきた清水周辺地域の住民に対して、改善型の市民消火栓を用いた操作性に関するモニター調査を行ってきたが、今年度には将来的に導入を検討している加悦重伝建地区の住民に対して、さらなる改善を加えた試作機による放水体験を実施した。この結果から得られた意見を踏まえて、初見でも直観的に操作可能なデザインを検討し、試作機を用いて学生被験者に対して操作体験と評価会を実施した。この結果、一定の操作性の向上が確認できた。

これらの社会実験においては、大学院生が中心となって企画運営を行い、学部学生が被験者として協力するなど、若手研究者の育成に努めた。放水体験会を一般市民に対しても開催した結果、防災意識の向上とともに導入に対する意欲が高まるなど、社会貢献にも寄与することができた。研究成果は修士論文や卒業論文としてとりまとめ、次年度に学会投稿を通して社会への発信を行う予定である。

1) 高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル作成検討委員会、飛騨高山伝統構法木造建築物研究会編、「高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル」、2014年3月

2) 棚橋 秀光・大岡 優・向坊恭介・鈴木祥之：飛騨高山の伝統木造仕口の性能検証実験、歴史都市防災論文集 Vol. 8、pp.1-8、2014年7月。

（4）タイ王国アユタヤの文化遺跡の防災技術開発

2 回の現地訪問により、芸術庁アユタヤ事務所やタマサート大学との調査協力体制を構築し、対象地とする Wat Krasai での地盤調査許可を得ることができた。博士課程前期および後期課程に進学する学生とともに調査研究を行い、成果については今後学会等で発表するほか、仏塔の保存計画策定の参考にタイ王国芸術庁へも報告する予定である。研究目的である仏塔の沈下傾斜予測については、収集データと文献調査を基に、2 次元沈下圧密解析を行い、圧密沈下は収束しており、仏塔倒壊の危険性は非常に低いことが分かった。また、2011 年洪水と同等の洪水が 2 回発生すると仮定した解析との比較により、洪水が仏塔の沈下傾斜に及ぼす影響は非常に小さいことが確認された。

（5）世界遺産・熊野那智大社、熊野古道における被災実態解明および防災対策の提案

熊野那智大社裏の崩壊については、2 次元浸透解析および斜面安定解析を行い、すべり面の形状等において崩壊現象をほぼ再現できることを確認したほか、崩壊時の地盤強度特性について詳細分析を行った。熊野古道については、2011 年台風 12 号災害で被害が最も大きかった「横垣峠」を対象とし、雨量観測および現地調査から大規模崩壊地、地すべり、表層崩壊、土石流の発生地および非崩壊地での、降雨、地質、地形、風化度、地盤構造の崩壊要因の検討を行った。また表層崩壊地について FEM による 2 次元斜面安定解析により再現計算を試みた。これらの研究成果については学会および国際会議での発表を行った他、一連の研究終了後に報告書として取り纏め、和歌山県、三重県教育委員会文化財保護課へ提供する予定である。

（6）地歌舞伎小屋明治座の改修技術の開発

明治座は、明治 27 年 12 月創建であり、経年劣化や構造安全性や耐震安全性上の問題が指摘されており、構造補強、耐震補強などが必要であることが判明した。このような状況を踏まえ、明治座の耐久性調査による木部劣化や地盤調査、構造詳細調査、構造解析等を実施して構造安全性、耐震安全性における問題を明確にした。岐阜県指定の重要文化財であることを念頭に構法・歴史調査を行い、明治座の文化財的・意匠的価値を損なわない構造補強や耐震補強の方法を策定するとともに、近似応答解析、地震応答解析を実施して耐震性能評価を行い、構造補強方法や耐震補強方法を開発した。

Ⅲ．今後の研究計画・展開

6 件の研究課題について、今後の研究計画を以下に示す。

- （1）高山市伝統構法木造建築物の耐震調査やマニュアルの作成など研究計画の目標を達成してきたので、今後は、高山町家など具体的な耐震改修の事例による検討を行うなど耐震補強技術の検証と改善を図る。
- （2）機能的にはほぼ目指す目標を達成しつつあるため、研究計画開発協力メーカーと共に製品化に向けて最終的な調整を行う予定である。さらに地域特性に応じて最適化を進めるためのプロセスを整理し、火災や急病以外の災害発生情報を統合的に配信できるシステムを目指した機能拡充を進める予定である。
- （3）今年度実施したデザイン検討結果を踏まえ、今後はさらなる操作の簡易化を目指したデザイン改善を図ると共に、地域住民による日常的な運用や維持管理を推進するための、具体的な仕組みやルール作りの検討を行う予定である。その際には加悦重伝建地区や篠山重伝建地区

など個別の地域特性に応じた実用性を重視し、地域に最適化した運用プログラム作りに取り組む予定である。

(4) 今年度の解析は、対象地に近いボーリングデータと仏塔が均一な基礎の上に建立されている条件で行った。今後、仏塔近傍の地盤調査と 1 年間の雨量、地下水観測を行い、アユタヤ地域における地下水の変動が仏塔や寺院の基礎に及ぼす影響について明らかにする予定である。

(5) 熊野古道については、全域的な分析結果の整理を進めるほか、横垣峠において引き続き雨量および風向風速観測を行い、崩壊現象の誘因である降雨について、山地における特性を詳細に明らかにしていく予定をしている。また崩壊要因分析を元に、危険な場所と安全な場所の相対評価を行うことで、一次避難場所の策定を試み、観光客の安全に資する予定である。

(6) 明治座では、今後、改修工事に伴う部分的解体が進めば、再度、構造詳細調査、耐久性調査を実施して、具体的な改修方法等を検討する。