

歴史文化都市の防災技術研究部会

研究メンバー： 鈴木祥之、大窪 健之、深川 良一、里深 好文、小林 泰三、藤本 将光、吉富 信太、持田 泰秀、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) 伝統的木造建築物の構造特性の解明
- (1-3) 免震レトロフィットの耐震計画・施工計画の分析と評価
- (1-4) 歴史の実建造物の耐久性評価調査

(2) 歴史文化都市の防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) タイ王国アユタヤの文化遺跡の防災技術開発
- (3-2) 土砂災害からの避難のための斜面傾斜感知器の開発
- (3-3) 清水寺における地盤災害調査・観測・変状予測

(1) 歴史的文化財建造物の耐震補強・改修技術の開発

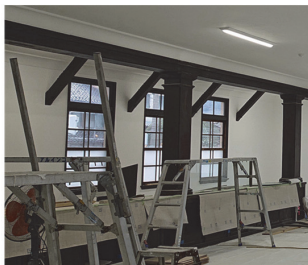
(1-1) 伝統木造建築物の耐震設計・耐震補強設計法の開発

研究担当者：鈴木祥之、大窪健之、吉富信太、棚橋秀光、佐藤英佑

■ 与謝野市旧加悦町役場庁舎の耐震改修

昭和4年7月に竣工した加悦伝建地区の旧加悦町役場庁舎を2018年度から調査を行い、耐震改修計画案を提案。外壁鉄網モルタル壁と方杖は、当時の最新の技術・工法を採用しており、構造的・意匠的に重要と考えられるので、これらを生かした補強、改修とした。

2019年8月から改修工事を実施、2020年3月に竣工し、10月に修理完成式典を開催予定。



■ 伝統的構法木造建築物の耐震設計マニュアルの作成・出版

石場建てを含む伝統的構法木造建築物の耐震設計法・耐震補強設計法の検討を行い、実務者などが使える耐震設計法マニュアルとして2019年6月に出版した。各地で講演会、講習会を開催し、普及を図る。

■ 伝統構法木造建築物の耐震補強・改修技術の開発

高山市、与謝野町、金沢市、豊岡市などの伝建地区や歴史的・文化財である社寺建築物や民家などを引き続き調査を行った。



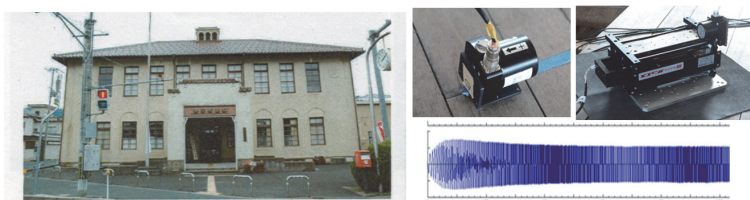
(1-2) 伝統木造建築物の構造特性の解明

研究担当者：吉富信太

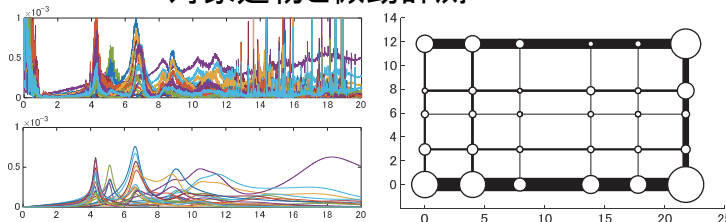
旧加悦町役場庁舎の振動計測に基づく部位別構造特性の推定

起震機を用いた実建物の立体的な振動計測を行い、立体的な伝達特性が適合するように建物の部位別の剛性・減衰に加えて質量も推定する理論的手法を提案した。

京都市与謝野町にある旧加悦町役場庁舎の実測データを用いて提案手法を適用した結果、おおむね実建物と振動特性の類似した構造が推定された。また、建物外周のモルタル外壁に質量・剛性が集中する建物の特徴と適合した結果が得られた。



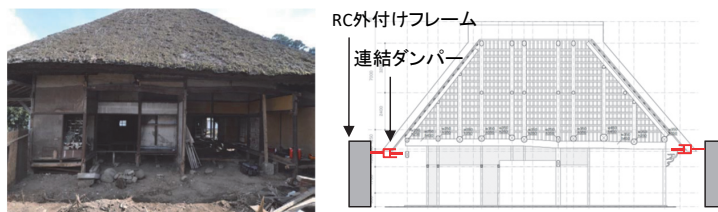
対象建物と微動計測



伝達特性に基づく剛性・減衰・質量の推定

茅葺小屋の連結制振構法による制振改修の検討

大分県の茅葺古民家を対象として、建物外部に制振ダンパーを取り付ける連結制振構法による制振改修の検討を行った。また微動計測による建物のモデルを行い、床剛性と制振効果の関係を検討した。



対象建物と連結制振構法

(1-3) 免震レトロフィットの耐震計画・施工計画の分析と評価

研究担当者：持田泰秀

歴史的免震化建物など計10件の施工工程の分析

各々の地盤条件、敷地条件および上屋建物条件などから、適正な免震レトロフィットの施工方法の採用や特殊施工の標準的な歩掛りを評価提案し、具体的な免震建物の施工工程計画の作成を実現する。

● 仮受け工法の分類

仮受け鋼管杭工法、仮受け支保工工法および仮受け凍結土工法の3種類の施工方法に分類され、施工の組数・歩掛り、施工順序および工事項目の設定を行った。

● 施工工程計画の作成、その検証を実施

具体的な建物事例から免震レトロフィット化の施工工程を作成し、その結果が、これまでの事例から妥当である事を検証した。



(1-4) 歴史的実建造物の耐久性評価調査

研究担当者：福山智子

軍艦島の各種建造物の経年変化に関する調査

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。

● 建造物の補修履歴の記録

島の各所で洗掘が生じ、建造物の構造耐力のほか護岸の維持にも悪影響が生じたため補修がなされている。

● 外力による劣化進行の把握

軍艦島に存在する建造物は、波浪や風による部材変形・脱落のほか、塩害といった外力により鉄筋腐食などの劣化が進行している。

● 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。



写真はすべて長崎市の特別な許可により撮影

(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

研究担当者：大窪健之・金 度源+能美防災（株）

戸別の住宅用火災警報器の信号を無線で収集し、戸別の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開発し、木造歴史地区における初期消火を可能にする、災害時の共助連携体制を支援する。

火災発生情報を地域で即時共有する

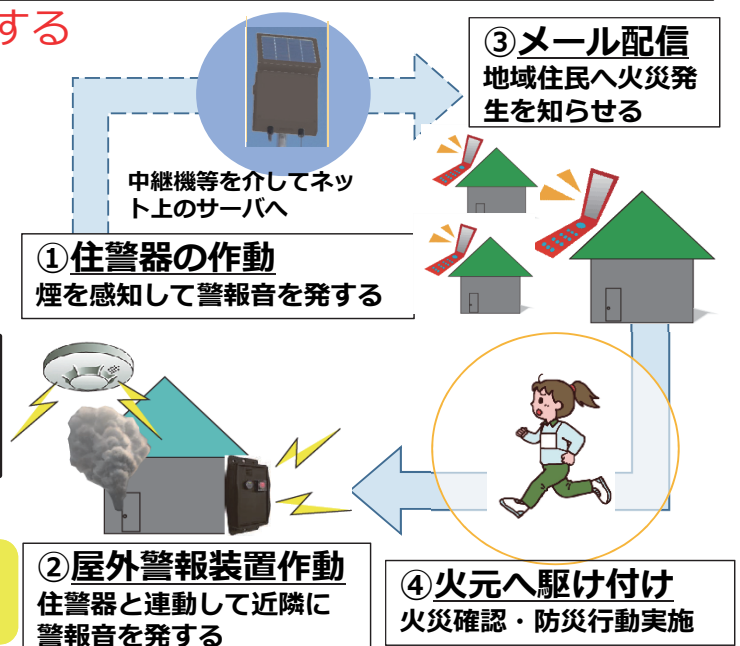
特徴

- ・既存設備（住警器）を活用
- ・火災発生情報を携帯電話等に地図付でメール配信
- ・地域全体で素早く火災を認知
- ・高齢者の急病時にも利用可

地震時の避難・消火活動にも活かせるように建物倒壊センサーを実装して、道路閉塞箇所の表示を予定。

実用化完了+特許取得済

青森県・黒石重伝建地区で実証中
京都府・先斗町で訓練を実施！



(2-2) 高機能型市民消火栓の延長機構の開発

研究担当者：大窪健之・金 度源+（株）横井製作所

屋外での市民個人による初期消火活動に役立てるため、日常から利用することで、訓練が無くとも緊急時の利用も容易となる高機能型市民消火栓を開発する。

ノズル先端に照明器具を
セットし、太陽光充電に
より停電下でも確実な初
期消火を可能にした。

公設の高圧消火栓用スタ
ンドパイプに、市民用
ホースを取り付け可能な
減圧バルブを開発。

公設消火栓を使って市民
が初期消火可能に！

（その他特記事項）

津和野重伝建地区（2017年11月29日）での訓練で試用。2019年度はさらなる改良に向けた準備を実施



(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) タイ王国アユタヤの文化遺跡の防災技術開発

研究担当者：深川良一・里深好文・小林泰三・豊田祐輔・藤本将光・石田優子

アユタヤ王朝時代（1370-1767）に建造されたとみられる多くの仏塔に、傾斜や倒壊等の被害が生じている。Wat Krasai寺院の仏塔を対象として保全のための以下の検討を推進する。

調査(地盤,仏塔)

- ・標準貫入試験, 室内土質試験
- ・仏塔傾斜計測

（成果）仏塔周囲4地点の地盤データから軟弱な粘土層の層厚分布と仏塔の傾斜方向を分析。第2,第3層の軟弱土の層厚と仏塔傾斜に相関がみられた。▶対策対象層は第2層。

2次元・3次元解析

- ・モデルと検討ケースの見直しによる再解析

（成果）地下水位変動や洪水の影響を解析的に検討。

モニタリング

- ・地下水位変動
- ・仏塔傾斜

（成果）最大時間雨量は250 mm/hを超え、水位は通年でGL-4.2~5.3mで変動し、降雨以外の要因が大きい。



↑ 仏塔の動き以外に、地下水位計測付近の地盤の動きを捉えるために、計測機器を埋設。
← 傾斜で生じた？ 目地の開き

JIPテクノサイエンス(株)の技術者と共同研究を開始し、3次元解析実施に向けて事前解析を2次元および3次元で実施。パラメータ設定上の課題を抽出し、適切な設定方法を決定した。

(3-2) 土砂災害からの避難のための斜面傾斜感知器の開発

研究担当者：深川良一・里深好文・小林泰三・藤本将光・石田優子

斜面の変状を監視し、変位が生じたらその場で視覚化するための装置を開発。傾斜地のある文化遺産サイトでの斜面防災、避難を支援する。

特徴

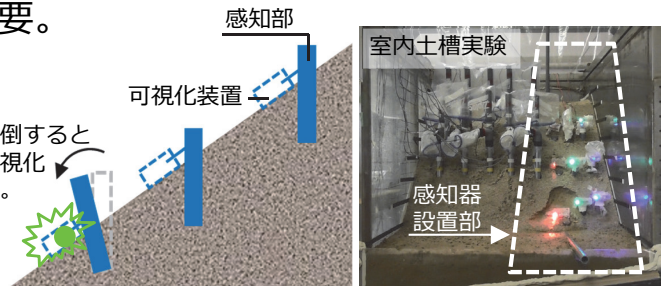
- ・ローテク機構のため不具合が生じにくい。
 - ・単4乾電池で動作。斜面変状時以外は電力不要。
 - ・単価が安く、ランニングコストも不要。
- ▶多点監視を可能にする。

(課題)

- ・精度のバラつき(試作段階)
- ・現地での動作確認



安国寺における現地実験に続いて、神戸市有野の崩壊地でも現地運用を開始。



●綾部安国寺での現地調査から、設置、運用、メンテナンスの課題を抽出し、機器の改良を検討した。

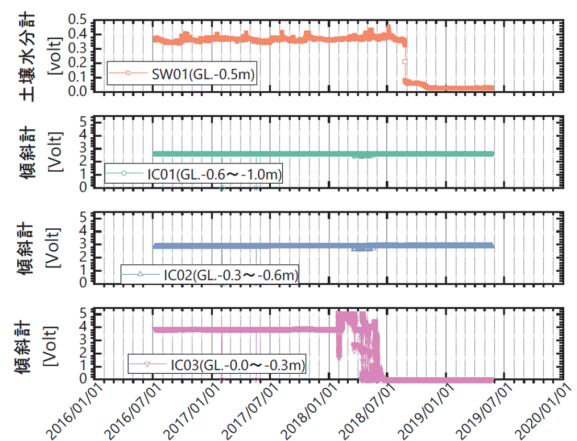
- ・昼間の視認性向上(LEDと電池の増加)
- ・植物の繁殖期でも見える位置での設置と、野生生物からの配線の保護を兼ねた、可視部と計測部を一体化した改良版の設計製作。

(3-3) 清水寺における地盤災害調査・観測・変状予測

研究担当者：深川良一・里深好文・小林泰三・藤本将光・石田優子

文化遺産建造物をはじめとする歴史都市を地盤被害、河川災害から守るために、斜面内の地下水流動を評価するモニタリングシステム、斜面安定性を評価手法の開発、河川氾濫解析を行った。

- 清水寺境内の重要建造物後背斜面において、雨量、間隙水圧、傾斜を計測する現地観測モニタリングシステムを設置し、連続観測を行った。
- 斜面崩壊の危険性が高いと予測された斜面において簡易貫入試験を実施し、土壌特性(土壌の強度、厚さ)の基礎情報を取得した。
- UAVや地上型レーザースキャナーを活用し、複数の測量を組み合わせ斜面を把握する方法を検討した。
- 台風21号に発生した境内および周辺の倒木被害に伴う土砂流出および斜面の変状について現地調査を行った。



土壌水分、傾斜の長期変動

