

## 5) 地球規模課題対応国際科学技術協力事業

### 5) - 1 ブータンにおける組積造建築の地震リスク評価と減災技術の開発【安全・安心】

研究開発期間（平成29～令和4年度）

〔担当者〕 林田拓己

本研究開発課題は、地球規模課題対応国際科学技術協力事業（SATREPS、研究代表者：青木孝義 名古屋市立大学教授）としてブータン王国を対象に実施されている。ブータン側の参加機関である内務文化省文化局（DOC）、地質鉱山局（DGM）からは、プロジェクト期間中に国際地震工学通年研修およびグローバル地震観測研修へ若手職員4名を送り出している。令和4年度がプロジェクトの最終年度にあたるため、担当者はこれまでにティンパー、エスナ、ウラの3地域でDGMの職員が中心となって実施した微動探査結果を取りまとめ、3地域における地盤増幅度マップを作成した。また、地盤増幅度を考慮した地震ハザードマップの初版の構築に寄与した。令和5年3月にはブータンを訪問し、故障した微動探査機材の代替品となる新規探査システムの測定試験・解析指導を行うとともに、プロジェクト成果の取りまとめに関する打ち合わせを行った。

## 6) 交流研究員

### 6) - 1 中層木造建築物の合理的な構造設計法に関する研究【持続可能】

- ・ 枠組壁工法中層建築物の合理的な構造設計法

〔交流研究員〕 澤田知也（日本ツーバイフォー協会）

〔指導担当者〕 中島昌一

枠組み壁構法住宅の損傷状況と経験最大層間変形角の関係については、既往の報告がいくつかあるが、仕上げ材の種類や工法、面材の張り方等の組み合わせが多岐にわたることもあり十分とは言えず、あらゆる仕様で包括的にまとめられた被災区分判定基準と同等の結果が得られるかはわからない。

そこで本研究開発では、枠組壁工法耐力壁が損傷を受けた際の修復方法を整理し、修復方法毎の所要時間と費用を施工業者にヒアリング調査を行い試算した。さらに壁試験体施工時間の計測実験を行うことで試算の妥当性を分析し、経験最大層間変形角毎の仕上げ材の損傷状況を静的載荷実験により明らかにした。

### 6) - 2 実汚水に依存しない浄化槽の性能評価法に関する基礎的研究【持続可能】

- ・ 人糞を含む汚水の生分解性に関する検討を実施

〔交流研究員〕 吉田義久（一般財団法人 日本建築センター）

〔指導担当者〕 桑沢保夫

「実汚水に依存しない浄化槽の性能評価法に関する研究」においては、実汚水を使用することなく、浄化槽の処理性能を評価する技術を開発することとしている。

この研究を実施するにあたっては、人糞が含まれる汚水の生分解性に関する知見が非常に重要である。

このため、本研究においては、過去の研究で得られている、既存建築物から得られた排水を対象とした経時的酸素消費速度のデータを対象として、解析を行った。

この解析の結果、人糞が含まれる汚水の酸化反応速度定数の最小値（ $13 \times 10^{-3} \text{hr}$ ）、最大値（ $28 \times 10^{-3} \text{hr}$ ）、平均値（ $19 \times 10^{-3} \text{hr}$ ）を得ることができた。

6) - 3 全般換気及び空調システムの省エネ性 及び 室内温熱環境(温度・湿度)の評価手法について

【持続可能】

[交流研究員] 森本 晋平 (東プレ株式会社)

[指導担当者] 桑沢 保夫

健康・快適性を確保するため、現状の空調は温度(顕熱)を中心とした制御が中心であり、湿度(潜熱)に関しては、大半の居住者は成り行き indoor 湿度環境で過ごしている状況にある。24時間機械換気設備により常時外気が導入される状況においては、夏期には高湿な外気が流入することで不快感が増し、汗の蒸散を妨げられることから熱中症の危険性も高まる。また、冬期には低湿な外気が流入し喉等粘膜や肌の乾燥などが問題となる。

本年度は、24時間全般換気システムの違いによる、室内温熱環境への影響を確認することを目的としたシリンダーハウス実験を実施し、ヒートポンプ熱源デシカント換気ユニットを使用した提案システムでは、冬期の無給水加湿により湿度環境を維持しながら、室温を上昇させる一定の効果を確認した。

6) - 4 太陽光発電、燃料電池、蓄電池を導入した住宅の消費エネルギー予測ロジックの構築等、建築物の省エネ効果算定に資する研究 【持続可能】

[交流研究員] 佐瀬 毅 (東京ガス)

[指導担当者] 桑沢 保夫

本研究は、民生部門のカーボンニュートラル対策として、再生可能エネルギーの導入、効果的なエネルギーの利用、省エネルギーについて、検討するものである。これまで、建築研究所内にある LCCM 住宅 (ライフサイクルカーボンマイナス住宅) に 固体酸化型燃料電池 (SOFC)、太陽光発電パネルと蓄電池を組み合わせたシステムを対象に、一層高度な省エネを実現する電力、給湯負荷パターン、などについて研究を行ってきた。中でも、蓄電池は太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーの余剰時に蓄電、不足時に放電、非常停電時に給電、将来的には系統電力の需給調整など、今後の様々な利用法が想定され、今後の再生可能エネルギー導入の重要なキーとなる機器と考えられ、特性を明確にしておくことが求められる。

具体的には、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムにより、年間を通した概略試験をもとに、(1) 夏冬など季節による、主としてエアコンによる電力需要変動を考慮した電力需給状況試験 (2) 蓄電池について充放電用と非常用の容量の比率を変化させて、その特性を調べる試験 (3) 最大電力で蓄電した場合と、太陽光発電量の余剰を蓄電した場合との比較試験を行い、特性を調べてきた。その結果、(1) 夏のエアコンによる電力需要対策に、太陽光発電は有効だが、両者のピーク時間帯が異なるため、蓄電池による余剰電力の蓄電、不足時の放電が有効なこと、冬は太陽光発電電力が夏の 2/3 で、電力ピーク時間帯が太陽光発電ピーク時間帯と異なるため、同様に蓄電池が有効なこと (2) 充放電用と非常用の比率を変化させても、蓄電池の充放電特性に変わりはないこと (3) 最大電力による蓄電と太陽光発電量の余剰を蓄電した場合で、充放電特性に違いは見られないが、最大電力で蓄電する場合、通常、交流から直流に変換するため、その変換ロスを考慮する必要がある、ことがわかっている。これらの試験結果の定式化を行い、今後、住宅、建築物で太陽光発電、蓄電池の設備を導入する際の評価を容易に行うことができるようにし、大規模な社会実装への基盤を整備した。さらに、より一層のカーボンニュートラルを実現するためには、住宅、建築物の省エネ化を進めるだけでなく、電力供給側の余剰、不足などの状況を考慮した設備設計、エネルギー利用を行うことの有効性を示した。また、これまでは電力は交流による供給、利用が原則的であったが、太陽光発電、蓄電池は直流利用であり、直流による電力供給による、省エネの可能性についても提言した。今後、これらの研究結果より、明らかになった、太陽光発電と蓄電池の有効性だけでなく、その限界も見据えて、今後のカーボンニュートラルへ向け、その有効な利用法、さらには水素利用などの検討も行っていく。

6) - 5 異なる衝撃源に対応するユニバーサルな重量床衝撃音レベル低減量推定のための数理モデルの開発 【持続可能】

・機械学習を用いた数理モデルの開発とその応用およびデータ収集

[交流研究員] 山内崇 (戸田建設株式会社)

[指導担当者] 平光厚雄

本研究は、機械学習のアルゴリズムの一つであるランダムフォレストによる回帰モデルを活用し、建築物においてこれまで考慮されてこなかった床仕上げおよび天井の影響を考慮した重量床衝撃音レベルの予測手法を確立することを目的としている。これまで学習させるために収集した重量床衝撃音レベルのデータ数は、コンクリート造床 2650 データに対し、木造床は 700 データと 1/4 程度しかない。そこで、木造床の重量床衝撃音レベルの予測精度向上のために、更なる木造床の重量床衝撃音レベルのデータ収集を行った。対象は建築研究所のツーバイフォー6階建て実大実験棟の CLT 床にコンクリートを打設した湿式浮き床および合成床の2種類のスラブ構造とした。天井下地種別、天井ボード構成、天井敷設材料等の仕様を変化させた6種類の天井をそれぞれに施工し、重量床衝撃音レベルの測定を実施した。得られたデータについては、学習データの拡充にあてるとともに、各種仕様が床衝撃音遮断性能にあたる影響について検討を行った。

## 6) - 6 内装制限および避難安全規定における下地制限の合理化に関する木質系材料および不燃材料の加熱実験【持続可能】

### ・ 実験の計画立案・実施等に関する指導

[交流研究員] 野中峻平 (一般財団法人ベターリビング)

[指導担当者] 野秋政希

建築物への木材利用促進の需要が高まっており、構造部材をはじめ内装材としても木材を用いる事例が増加している。そこで本研究では次の①および②に関する検討を行った。

「①内装材としての利用を想定した難燃材料仕上げに準ずる仕上げへの適合可能性の検討」：平成12年告示第1439号では、難燃材料に仕上げに準ずるものとして、天井を準不燃材料で仕上げた場合、壁に木材を用いることが可能となっている。このとき、燃え抜け防止の観点で、木材の厚さを25mm以上とすれば下地に対する難燃性等の制限が免除となる。本告示では、これら木質系材料として、木材、合板、構造用パネル、パーティクルボード (以下 PB という)、繊維板 (MDF) を一括りに論じているが、本研究で取り上げる繊維板や PB については、25mm に満たない市場流通品が多い一方、密度が大きいものもあり、燃えぬけに要する時間は、製材や合板等、他の木質系材料より長くなる可能性がある。本研究では前年度の研究課題 (小型加熱炉による木質板の燃え抜け性や遮熱性の性能検証) の成果を踏まえ、追加検証として MDF と木材を対象に、発熱特性および炭化速度に関する追加実験を行った。

「②熱浸透深さを考慮した下地不燃制限の合理化に関する実験」：平成12年告示1436号第4号二(四)で下地に対する制限の合理化を考えるにあたり、仕上げ材に対する要求性能について、現行の不燃性能だけでなく、下地に熱の影響を与えないための遮熱性能を併せて要求することで、下地に対する制限を緩和できると考えた。そこで、本研究では発熱性能をコーンカロリーメーター (以降、CCM 試験) で、遮熱性能は小型炉による標準加熱曲線下での加熱試験により測定した。

## 6) - 7 多様な在館者と建築物の大規模化に対応した避難安全設計技術の標準化に向けた技術開発【安全・安心】

研究開発期間 (令和4~6年度)

[担当者] 峯岸良和

近年の建築・都市で活動・生活する人々の多様化や、建築物が大規模化・複雑化する現状に対応すべく、火災時の安全確保において、従来は見過ごされていた在館者の心理面に着目した安全技術の開発を行う。標準的な在館者の判断・行動能力を想定した上で火災危害から免れるという、従来の安全確保の考え方を超え、在館者の心理や判断能力を考慮した上での行動の予測と制御や、自力避難困難者の介助者の負荷軽減などの避難計画技術の開発を行う。

大きく3つのサブテーマの研究を、本年度は以下のように実施した。1) 避難シミュレーション、VR、実際の建物での体験を融合した被験者実験を通じ、健康者の心理・行動を考慮した非常用エレベーターによる自力避難困難者の介助避難のための誘導・運行方法の開発を行った。2) 超高層建築物での火災時に長時間の待機の必要となる避難者の安心感を高める方法としての放送やサイネージでの情報提供の効果を、VRを用いた被験者実験により得た。3) 自力避難困難な入居者の多い小規模高齢者福祉施設における火災時に、介助にあたる職員の安全性や籠城による安全確保を考慮した煙制御手法を、火災煙シミュレーションを通じて構築した。

#### 6) - 8 大規模な地下施設からの安全な避難に関する研究 (令和4年度) 【安全・安心】

- ・避難・防災に関する専門知識 (性能規定化の考え方、群集避難・弱者避難に関する評価手法及び設計法等) の習得

[交流研究員] 河合邦治 (東海旅客鉄道株式会社)

[指導担当者] 峯岸良和

大規模地下駅の計画に伴い、不特定多数が利用する地下駅などの大規模地下施設からの安全な避難に関する計画手法の整備が求められる。具体的には、利用形態、空間特性を加味した避難誘導方、不特定多数の避難者をより安全に避難させるための対策、規模・延長などの空間特性を考慮した効果的な避難区画の計画手法、災害時要援護者に対する避難誘導方策などである。本研究では、このような計画手法の手引きとなる「大規模地下施設 (地下駅) からの避難に関する設計の手引き (案)」をまとめることを目的とする。

令和4年度においては、過年度より執筆してきた同手引きの解説の充実を図り、その有用性を高めた。また、この手引きの作成に資する防火・避難研究の最先端の知見を得るために、超高層建物におけるエレベーター利用避難に関する避難実験の実施に協力し、また、日本建築学会及び防火技術者協会等の委員会に参画した。

#### 6) - 9 建築物における木材利用に伴う火災性状把握に関する研究 【持続可能】

- ・実験の計画立案・実施等に関する指導

[交流研究員] 島本倫男・浅野将巳 (積水化学工業(株))

[指導担当者] 野秋政希

本研究は、地球温暖化に伴う省エネルギー対策の必要性から、建築物の外壁に断熱性能が高い有機系断熱材の使用が必要となっている。しかし、木材等を含む有機系断熱材が使用された外壁を含む区画内で火災が発生すると、外壁の耐火性能や区画の耐火性能への外力となる火災性状に影響を及ぼすことが懸念される。そこで、区画を構成する外壁周りの方立、外壁の支持金物、層間塞ぎ部分の耐火性能について実験的に確認することを目的とする。

本年度は、区画を構成する外壁周りの方立、外壁の支持金物、層間塞ぎ部分の耐火性能について実験的に確認するための実験計画を立てた。

#### 6) - 10 中層木造建築物の合理的な構造設計法に関する研究

##### 枠組壁工法中層建築物の合理的な構造設計法 【持続可能】

[交流研究員] 加藤遼平 (一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会)

[指導担当者] 鈴木淳一

本研究開発は、近年循環型社会、脱炭素社会の実現に向けて木質構造が注目されている。また、木質構造の防火対策として不燃構造との混構造化が提案されていることから、木質系部材のうち CLT パネルよりも製造上の負担が少ない NLT パネル (Nail Laminated Timber) を用いた RC との合成床について載荷加熱試験を行い、火災時挙動及び耐火性能を明らかにすることを目的として実施した。また、高層木造建築物の実施設計に際して求められる外壁の耐久性確保に必要な仕様や条件を明確化するため、外壁通気の試験に先立って、多目的実験棟内の4階建の実験棟の外壁改修作業を実施し、その監理を行った。

#### 6) - 11 建築物における木材利用に伴う火災性状把握に関する研究 【持続可能】

研究開発期間 (令和3~5年度)

[担当者] 野秋政希

近年、低炭素社会の早期実現に向け、建築へ木材を積極的に利用することが期待されているが、木材は可燃性材料であるため、建築物に利用する場合には火災安全性に十分配慮する必要がある。本研究開発課題は、近年の利用ニーズを踏まえた木材利用に伴う火災フェーズ毎の火災性状に関する技術的知見の収集を行うと共に、当該火災性状の予測手法や一定の火災

被害に留めるために利用可能な木材の利用範囲・量に関する評価手法等の策定に資する技術資料を作成するものである。本研究開発課題は、(1) 空間・開口条件と木内装の利用範囲等に応じた火災拡大性状、(2) 木質空間の盛期火災時の昇温特性の検討、(3) 火災減衰過程の火災性状（可燃物および木部材の発熱・炭化性状）の3つのサブテーマから成り、本年度は以下の検討を実施した。

上記①について、一定の火災拡大遅延効果を期待できる木製内装材の利用可能な範囲を評価するための簡易ツールの構築に向けた検討の背景や当該ツールの内容を整理した。また、②について、木造建築物の区画部材に利用される材料を周壁に用いた区画模型火災実験を実施し、室内の火災温度性状等の測定結果から熱分解や水分蒸発に伴う潜熱による吸熱効果を含む、熱慣性の実効値を得た。さらに、③について、区画部材等の一部にCLT等の厚板の木材を用いた室の火災性状について、混構造総プロにて実施された実大規模の区画火災実験のデータから柱・梁または壁の木質化による火災継続時間の長期化の程度を分析すると共に、更なるデータの拡充のため、厚板木材利用時の火災性状を目的とした区画模型実験を実施した。

#### 6) - 1 2 建築材料の状態・挙動に基づくRC造建築物の耐久性評価に関する研究【持続可能】 ～屋外暴露試験体を用いた塗膜改修実験、劣化塗膜の評価方法～

[交流研究員] 田村昌隆（ロックペイント株式会社）

[指導担当者] 宮内博之

本研究開発は、屋外暴露によって劣化している既存塗膜を下地とし、経験的に適切と認識されている仕様で改修した場合と、不適切と認識されている仕様で改修した場合の経年後の塗膜の状態を確認し、改修後の塗膜の耐久性確保と塗り替え回数も考慮した改修工事仕様の充実に向けて、データ収集を主な目的としている。2018年建築研究所ばくろ場にて屋外暴露後約20年が経過した大型試験体について、劣化診断に基づいた改修設計による塗膜改修を行った。前年に引き続き改修試験体4年後の経過観察調査を行った。劣化した既存塗膜の下地処理が不十分な場合、改修塗膜と既存塗膜の適合性が良くない場合などに不具合が発生したことを確認した。また塗膜改修を多数回行うことを想定した再改修を、2018年から毎年合計4回の改修を行っている。再改修の塗膜の調査に関しては、現時点で気象条件による塗膜の不具合が一部で見られたが、概ね想定した結果であった。今後も経年での塗膜調査を実施し、結果を元に塗り替え予測、LCAなどの検討も考えている。

#### 6) - 1 3 建築物の安全・維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術の開発【持続可能】 ～有機系接着剤による外装タイル張り工法の面内変形追従性に関する研究～

[交流研究員] 山田久貴（株式会社タイルメント）

[指導担当者] 宮内博之

セラミックタイル（以下、タイル）張り仕上げを施した建築物について、タイル剥落に対する安全性を確認することは重要である。タイル張り仕上げは、材料のひずみ差により接着界面に疲労が蓄積して剥離に至るため、面内変形追従性が高い有機系接着剤はタイル剥落抑制効果が期待されている。面内変形追従性はせん断試験で評価することが多いが、実物件の外壁に施工されたタイルに対して、せん断試験を行うことは困難である。そのため、現場で簡易に行える引張接着強さ試験を対象として、引張接着強さ試験とせん断試験の関係性を導き、実物件の面内変形追従性を評価することを目的とした。本年度はJIS A 5557:2020「外装タイル張り用有機系接着剤」のアルカリ温水浸せき処理、熱劣化処理を行った試験体について評価を行い、処理条件により関係性が異なることがわかった。加えて、破壊状態が異なる場合は接着強さや変位量も大きく異なるため、破壊状態を加味した評価が必要である。今後は屋外ばく露試験や疲労試験を行い、関係性に与える影響を確認する。

#### 6) -1 4 CLT を用いた建築物の基本性能検討【持続可能】

- ・ CLT 等を利用した住宅における評価方法基準化に関する検討

[交流研究員] 谷口 翼 (日本 CLT 協会)

[指導担当者] 樋本敬大

本研究開発では、CLT 等を利用した住宅の普及を図るため、CLT 等を利用した工法の特性を踏まえ、必要な性能検証実験等を行い、CLT 等を利用した住宅における評価方法基準（劣化対策等級の基準）の整備に資する技術的資料をまとめることを目的として、CLT パネル工法における土台省略工法の水分吸着特性等について実験的検討を行った。

その結果、CLT は基礎上に滞留した水分を極めて高速に吸着し、高含水率状態となり、劣化対策等級としては極めて下位に位置づけられることが判明した。

#### 6) -1 5 既存木造住宅の耐水害仕様改修の検証【安全・安心】

- ・ 水災下の既存木造住宅に作用する流体力について

[交流研究員] 平野 茂 (一条工務店)

[指導担当者] 樋本敬大

本研究開発では、既存木造住宅の耐水害改修の実施に向けた取り組みとして、水災下の既存木造住宅に作用する流体力の把握を行うことを目的として行う水理実験の試験体を設計・計画、並びに計測計画等を策定した。

その結果、水路幅に対応して縮小模型試験体の寸法は 909、1,212、1,515 mm 四方が適切であること、1,212 mm 四方の試験体の開口部の壁は脱着可能な構造とすることが効率的であること、試験体の四隅に配置したタイロッドにロードセルを設置して上下方向の荷重が測定できること、試験体脚部にワイヤを設置して水平に延ばし、滑車を介して水路上部に設けたロードセルで水平力が測定できることなどを得た。

#### 6) -1 6 木造住宅の耐水害技術の開発【安全・安心】

- ・ 水災下の既存木造住宅に作用する流体力について

[交流研究員] 黒田哲也 (一条工務店)

[指導担当者] 樋本敬大

本研究開発では、木造住宅の水害対応技術の開発の一環として、既存木造住宅の耐水害改修の実施に向けて水災下の既存木造住宅に作用する流体力の把握を行うことを目的とした。2022 年に発生した台風 15 号により静岡県内にて発生した水害の被害調査と耐水害住宅の検証および調査確認を実施した。

その結果、耐水害仕様の 3 棟が実際に浸水を経験したが、浸水被害を防止したこと、さや管と排水管の隙間を埋めるパッキンに改良が必要なこと、屋外避難が前提であるものの実際は宅内に滞在していたこと、地域における水害被害の歴史が活かされていないこと、市町村が作成する洪水ハザードマップが煩雑で必ずしも住民が正しく理解していない可能性があること、住宅のみならず自家用車の水没対策も必要であること等が分かった。

#### 6) -1 7 建築物の安全・維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術の開発【持続可能】

～建築用シーリング材のワーキングジョイントにおける性能評～

[交流研究員] 奥脇一也 (オート化学工業株式会社)

[指導担当者] 宮内博之

本研究開発は、ワーキングジョイントに対する 1 成分形シーリング材の適応性を評価することを目的として、硬化途上のムーブメントの影響や、紫外線と繰返し疲労が硬化後のシーリング材に与える影響について調査を行って来た。本年度は、1 成分形シーリング材に対して屋外環境下でムーブメントを与え、その後の引張特性がムーブメントを与えていない場合と比較してどのように変化するか評価を行い、MS-1 及び SR-1 において引張特性の著しい低下が確認された。このうち、SR-1 については硬化途上のムーブメントに起因するとみられる損傷が確認された。他方、PU-1 については動暴露による物性低下

は一般にワーキングジョイントに対して適用される MS-2 と比較して小さいことが確認され、ワーキングジョイントへの適応可能性が示唆された。さらに検証を行い、1 成分形シーリング材についてワーキングジョイントへ適用可能であることを立証することで、シーリング工事の施工性の大幅な改善に寄与すると考える。

6) -1 8 建築物の安全・維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術の開発【持続可能】  
～建築ドローン分野においてグローバルに研究活動していくためのマネジメント～

[交流研究員] イーサ ガサク (東京コンサルタンツ株式会社)

[指導担当者] 宮内博之

2022 年 12 月の改正航空法施行、及び同年 1 月の定期報告制度における外壁タイル等へのドローンによる赤外線調査に関わる改正等、ドローンの環境整備が進んでいる。一方、海外でもドローンに関わる規制が整備されており、今後も国内外のドローン利用も増加すると予想されるため、各国から信頼できる整理された規制や技術情報が必要と考えられる。本研究では、様々な国の航空当局の公式情報からドローン関連法を研究・要約し、さらに学術雑誌等を収録している世界最大級のオンライン学術データベースを使用し、ドローンにおける学術出版物の動向調査を行った。本研究により日本のドローン関連規則は米国と EU の UAV 規則と比較しても網羅的に整理され、建設ドローン業界に関連する規制においては世界的にも進んでいることが分かった。また、シンガポールの屋内運用規則の日本国内建築分野への応用や、英国の特定のドローン運用を承認したドローンオペレーターの登録システムなど、日本でも適用可能と思われる環境整備情報を取得することができた。