

### 3) 令和5年度補正林野庁補助事業「木材製品の消費拡大対策のうち、CLT 建築実証支援事業のうち、CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業」

#### 3) -1 流域治水における木造住宅の水害対応技術の開発【安全・安心】

研究開発期間（令和6年度）

〔担当者〕 槌本敬大、高舘祐貴、平野 茂、黒田哲也

本研究開発は、気候変動の影響により、水害が激甚化・頻発化し、流域治水へと政策が転換され、特定都市河川の流域で浸水被害防止区域に指定されると建築規制等が適用され、想定洪水等に対して安全な構造方法を探る必要があるが、木造建築物に流体力が作用した場合の荷重伝達や流体への抵抗機構等に関する技術的知見は少ないため、実大木造住宅の水理実験を行う機会を得、堤防の破壊実験と共同して実施した。

実大の木造住宅本実験について実際の河川（北海道開発局十勝川千代田実験水路）を活用して水理実験を行った結果、以下を得た。

- ・木造住宅に流体力が作用するときに建築物に作用する水平力は概ね抗力式の通りに発生していると考えられる。
- ・木造住宅に流体力が作用するときに建築物に作用する転倒モーメントは抗力式の評価値より少々少なめであり、安全側の評価となっている。
- ・木造住宅に流体力が作用するときに建築物に作用する浮力は、水深の大小によって計測値と計算値の大小関係が変わるが、概ね両者の数値の差は大きくない。
- ・静水圧で実績のある耐水害仕様の外壁仕様、住宅部品、設備配管等について、水深約 1.5 m、流速約 2.2 m の動水圧に対しても有効に機能する。

以上から、木造住宅に流体力が作用するときの減少は把握され、概ね理論通りであることが分かった。

### 4) 交流研究員

#### 4) -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】

- ・ 枠組壁工法における経験変形角毎の損傷修復手順の整理

及び耐震シミュレーションソフトを使った損傷修復時間と費用の算出の検討

〔交流研究員〕 片山雄太（○日本ツーバイフォー技術協会）

〔指導担当者〕 中島昌一

本研究開発では、地震によって中破・小破程度の被害を受けた木造住宅の継続使用に向けて、損傷度と修復手順の関係の整理、および修復に要する時間等を試算することを目的としている。本年度は、修復時間の妥当性を検証するためにモデルハウスを用いた施工・解体実験を実施した。また耐震シミュレーションソフトを用い、2層の木造住宅を対象とした耐力壁の配置をパラメータとしたパラメトリックな解析を実施し、修復時間と壁配置の関係を整理した。

#### 4) -2 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

〔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

すべての新築住宅への24時間換気システム設置義務が始まり20年が経過し、シックハウスに対する一定の効果だけでなく、熱回収効果や冬季給気ドラフト緩和を目的に、第一種全熱交換換気システムが採用されるケースがある。

一方、ファンモータの制御方式にはいくつか種類があるが、制御方式の違いによる換気風量への影響について実測・評価を行なった報告例は少ない。第一種換気システムにおけるファンモータ制御方式の違いによる給気・排気風量への影響に着目した比較検証を行ない、一定風量制御により季節に応じた風量への影響を抑えることができ、換気システムの信頼性及び省エネ性確保につながる事が確認された。

#### 4) - 3 脱炭素社会における室内環境性能確保と省エネを両立させた設計手法に関する研究

〔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、エネルギーの効率的利用、省エネルギーについて検討するものである。従来、エネルギーの主力は化石燃料であり、中でもCO<sub>2</sub>排出量が少ない天然ガスを活用してきた。これまでに、建築研究所内のLCCM住宅（ライフサイクルカーボンマイナス住宅）を対象に、固体酸化物形燃料電池（SOFC）システムによる高度な省エネ技術や電力・給湯負荷パターンの最適化について研究を行ってきた。

近年、再生可能エネルギー、特に太陽光発電が主力となりつつある中、蓄電池の役割が重要性を増している。蓄電池は、再生可能エネルギーの余剰時に蓄電し、不足時に放電するほか、停電時の非常用電源としても活用できる。さらに、将来的には系統電力の需給調整など多様な用途が想定されるため、その特性を明確にすることが求められる。

本研究では、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムを対象に、年間を通じた試験を実施し、以下の3点について検討を行った。

・季節変動に応じた電力需給試験

夏冬におけるエアコン負荷の変動を考慮し、電力需給の状況を評価した。

・蓄電池の充放電特性試験

充放電用と非常用の容量比率を変化させ、特性の違いを調査した。

・蓄電方法の比較試験

最大電力での蓄電と、太陽光発電の余剰分を蓄電した場合の特性を比較した。

試験の結果、以下の知見が得られた。

・夏季のエアコン需要に対して太陽光発電は有効であるが、ピーク時間帯のずれがあるため、蓄電池による余剰電力の蓄電・放電が有効である。冬季も同様に、発電量が夏の約2/3であり、電力ピークと発電ピークが異なるため、蓄電池の活用が重要となる。

・充放電用と非常用の容量比率を変えても、蓄電池の充放電特性には大きな影響がない。

・最大電力での蓄電と太陽光発電余剰分の蓄電では、充放電特性に差は見られなかったが、最大電力で蓄電する場合は、交流から直流への変換ロスを考慮する必要がある。

これらの結果を基に定式化を行い、住宅・建築物への太陽光発電および蓄電池の導入評価を容易にし、大規模な社会実装への基盤を整備した。さらに、カーボンニュートラルの実現には、建物の省エネ化に加え、電力供給側の需給変動を考慮した設備設計とエネルギー利用が有効であることを示した。また、水素利用の観点から、太陽光発電・蓄電池との最適な組み合わせを検討し、再生可能エネルギーの導入効率を高める方法を提案した。特に、水素の直接利用に加え、大気中のCO<sub>2</sub>と水素を結合させるメタネーション技術の活用についても考察を行った。

#### 4) - 4 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】

・避難・防災に関する専門知識（性能規定化の考え方、群衆避難・弱者避難に関する評価手法および設計法等）の習得

〔交流研究員〕 河合邦治（ジェイアール東海コンサルタンツ）

〔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6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、同手引きの執筆に必要となる防火避難に関する最新の知見について、VRによる車いす利用者の避難方策の検討に関する実験や、日本

建築学会及び防火技術者協会等の委員会等に参加することで習得した。

#### 4) - 5 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】

・保育施設の火災時の避難安全に関する調査・研究および性能設計に関する知識の習得

[交流研究員] 宮住映理子 (イズミコンサルティング)

[指導担当者] 峯岸良和

少子化の状況の改善に向けて、近年、保育所の整備・充実が促進されてきた。これに伴い、特に都市部では、テナント建物に入居する保育所や、複数階の保育所なども増えてきている。本研究では、このような都市型の保育所を対象として、火災時の避難を考慮した設計や誘導方法の提案を行う。

本年度は、保育所関係者や保育所の設計者に対して、避難安全に関する考慮についてのヒアリングを行った。その上で、都内に立地する2つの3階建ての保育所の避難訓練の様子を調査した。毎月の訓練を通じ、様々な地震・火災のシナリオに応じた避難誘導ができる体制を整えられていることが確認できた一方で、年齢・クラスにより歩行能力が大きく異なる園児を、職員が同時に避難させることの困難さも確認された。健康者を対象とした避難性状のモデル化とは異なるモデル化が必要である可能性が見いだされた。避難の順番の調整や、方向経路の調整などにより交錯を軽減できる可能性について、引き続き、保育園関係者へのヒアリングを通じて明らかにしていく。

#### 4) - 6 中高層木造建築物の防耐火性能に関する研究【持続可能】

・枠組壁工法中層建築物の合理的な防耐火設計法

[交流研究員] 宮崎太郎 (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

本研究では、脱炭素社会の実現に向けて注目されている木質構造の建築物を対象として、準耐火構造とした部材の防耐火設計法の構築等を目的としている。令和4年建築基準法改正により、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た。このことから、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) を用いた床については、燃えしろ設計法を構築するため、NLTパネルの破壊試験を実施し、バットジョイントや炭化による断面減少の影響を把握した。また、バットジョイントを有するNLTパネルとRCスラブとの合成床に対して、火災時挙動及び耐火性能を明らかにするため、載荷加熱実験を実施した。その結果、燃えしろ設計用の釘を適切に配置することで、120分間以上の荷重支持能力を維持することが可能となることがわかった。

#### 4) - 7 加熱発泡材単体の材料試験方法に関する研究【持続可能】

[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] 水上点晴

本研究開発は、開口部に用いられる防火設備の告示仕様選定に向け、副構成部材として炎侵入防止のために用いられる加熱発泡材を、材料単体で試験して、その遮熱性や高温時気密性など、耐火性能に関係する諸性能を簡易に測定することを目的としている。

今年度は、加熱ポッドを用いて、昇温時の発泡性状を測定しながら、加熱発泡材の感応温度や、加熱温度に対する発泡厚さといった性能を測定した。

#### 4) - 8 加熱発泡材の熱特性データベースの構築に関する研究【持続可能】

[交流研究員] 米澤朋典 (YKK AP)

[指導担当者] 水上点晴

本研究開発は、上記に示した加熱発泡材単体の材料試験方法を用いて、様々な加熱発泡材の高温時材料特性のデータベー

スを構築することを目的としている。

今年度は、発泡温度や昇温時の発泡厚さの変化に加え、発泡後の変形追従性能について、フォースゲージを用いた圧縮および引張応力を測定することにより、多種多様な加熱発泡材についてのデータベースを作成した。

#### 4) - 9 仮設建築物に使用した木材の再利用可能性に係る性能調査【持続可能】

##### ・中高層木造建築物の社会実装の促進に資する研究開発

[交流研究員] 谷口 翼 (日本 CLT 協会)

[指導担当者] 樋本敬大

本研究開発は、仮設建築物で使用された CLT の再利用促進に向け、3層3プライ CLT が半年間構造材として屋内・屋外環境で使用される状況を想定して、半年間の載荷試験等を行い、強度性能等（強度試験、接着性能試験等）に及ぼす影響を調査することを目的としている。

令和6年度は、(1)屋内で6ヵ月間継続載荷した CLT の力学特性の変化、(2)屋外暴露した CLT の含水率、表面性状の観察を行った。

- (1) 屋内環境において長期許容応力度相当の荷重を6ヵ月間継続載荷した CLT（以下、「載荷有の CLT」と呼ぶ）と荷重を載荷していない CLT（以下、「無載荷の CLT」と呼ぶ）について、面外/面内曲げ強度/弾性係数、面外/面内せん断強度、圧縮（座屈）強度を測定した。その結果、いずれの特性値についても載荷有の CLT の特性値が無載荷の CLT の特性値よりも小さくなる結果は得られず、屋内環境下で用いられる CLT について、約6ヵ月間、長期許容応力度相当の荷重を載荷しても、強度や弾性係数が低下する可能性は極めて低いことが得られた。
- (2) 大阪・関西万博の日本館の一部を再現して CLT のモックアップを製作し、約6ヵ月間屋外に曝露（雨掛かりあり）し、定期的に目視調査、含水率測定を行った。その結果、曝露期間中、降雨後一時的に含水率が高くなったが、その後の含水率は低下し、曝露終了直前の2月末の含水率はほぼ20%以下であった。ただし、CLT に欠き込み部分の直下は一時的に50%に達する高含水率となったが、時間の経過とともに25%以下に含水率が低下したことを確認した。一方、曝露下の CLT の表面は、比較的早い段階から黒色変化が見られたが、サンダーによる0.2~0.5 mm 程度の表面研磨で除去できることからカビの発生と推測された。なお、前述の欠き込み部分の近傍には比較的大きな割れが生じていた。さらに、下部の鉄骨の架台に接する CLT の下面は高含水率であることが確認され、雨水の滞留か、鉄骨の架台の結露水が作用したものと推測された。以上から、6ヵ月程度の屋外暴露では、雨掛りがあっても水分が滞留する状態になれば、一時的に含水率が高くなっても時間経過とともに乾燥する可能性が高いが、欠き込み部分近傍や基礎等への接触下面の状態は詳細に観察等を行う必要があることを得た。

#### 4) - 10 十勝川千代田実験水路における浸水対策技術の検証実験【安全・安心】

##### ・耐水害木造住宅の性能評価等

[交流研究員] 平野 茂 (一条工務店)

[指導担当者] 樋本敬大

本研究開発は、気候変動の影響等により流域の様々な関係者が連携して対策を講じる流域治水へ政策が転換されたが、木造住宅の耐水害性能に関する少ない技術的知見を蓄積するために行った「十勝川千代田実験水路を用いた実大木造住宅の耐水害実験」において、各部の荷重等計測方法の検討、供試住宅の動水圧下の耐水害仕様の検証などを目的として実施した。

実験の結果、得られたことをまとめると以下ようになる。

- ・水流および建築物に発生する浮力、重量等を測定するために基礎を二重にして上基礎をスライダで支持し、川上側にかけたワイヤーに取り付けたロードセルや二重の基礎の間に設置したロードセルで重量、水平力等が計測できる。
- ・木造住宅に流体力が作用するときに建築物に作用する水平力と転倒モーメントは、それぞれ概ね抗力式の通りと抗力式の評価値より少々小さめであり、安全側の評価となっている。
- ・静水圧で実績のある耐水害仕様の外壁仕様、住宅部品、設備配管等について、水深約1.5 m、流速約2.2 mの動水圧に対しても有効に機能する。

#### 4) - 1 1 木造住宅における浸水対策技術の検証実験【安全・安心】

##### ・耐水害木造住宅の性能評価等

[交流研究員] 黒田哲也（一条工務店）

[指導担当者] 槌本敬大

本研究開発は、木造住宅の水害低減に資する性能評価技術の開発の一部として行う耐浸水性能を具備する木造住宅の評価を目標とする。建築研究所内の実験用貯水槽を活用して外壁試験体の防水テープ仕様、外壁試験体の入隅仕様、玄関サッシ、各種仕様の逆流防止弁の止水性の検証を目的とした。

実験の結果、得られたことをまとめると以下ようになる。

- ・既往の防水テープによるシス性の確保は難しく、ローラーで押し付けて施工しても、わずかなピンホールでも漏水する。
- ・施工時に圧力がかかりにくい外壁の入隅でも、防水紙接着工法で施工すれば止水性は確保できるが、既存の防水テープでは止水性を確保できない。
- ・水害対策仕様に類似した一般部材による玄関ドアでは、ケーシングとパッキンの間から多量の漏水がある。
- ・配管の重みによる充填材のクリープ変形による漏水が発生することがあるので、クリープに配慮する必要がある。
- ・逆流防止弁における弁及び弁の蓋の形状並びに弁の蓋への水圧のかかり具合によって止水性能に差が生じる。

#### 4) - 1 2 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価

[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きた。本年度は、一般にワーキングジョイントに使用される2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った。評価の結果、2成分形シーリング材の中でも製品によって異なる結果を示し、これは各シーリング材の耐久接着性と関連すると考えている。また、今回同時に評価した1成分形シーリング材は、引張特性の変化率について2成分形シーリング材と遜色ない結果であり、さらに各特性値については突出して高い値であった。今後は試験体の目地形状の変更(目地幅変形率の上昇)や複数製品のSA-2について評価を計画しており、1成分形シーリング材のワーキングジョイントへ適用可能性について引き続き検証を行っていく。

#### 4) - 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】

##### ・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

本研究では、世界各国で進展するドローン法・規制の現状を背景に、建設分野におけるUAV活用の可能性と経済効果を多角的に検証することを目的とした。各国の法規制を比較した結果、航空機登録基準、飛行可能高度、人口集中地区での目視外飛行などにおいて、日本は体系的な制度整備がされている一方で、他国は個別の許可手続きが必要な状況であることが明らかとなった。また、Web of Scienceによる学術論文の動向調査や、Indeed等の求人データ分析からは、中国、米国、イタリアなど国・分野別の研究傾向や、雇用状況・給与水準の国際的な違いが示され、日本では建設分野での点検・測量業務が主な活用事例であることが分かった。さらに、国土交通省の実証実験や改訂ガイドラインの動向を踏まえ、木造建築物への赤外線カメラ搭載ドローンの有用性、USAにおける経済性の評価の高さ、鉱業分野で実践される技術や手法の応用可能性など、多角的な視点から課題と展望を整理した。これにより、今後のドローン技術の実用化および建設分野でのさらなる発展に向けた方向性を示した。

4) -1 4 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】

・有機系接着剤の長期耐久性に関する研究

[交流研究員] 鈴木伸吾 (株式会社タイルメント)

[指導担当者] 宮内博之

有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発において作製した大型試験体の屋外曝露試験は継続して実施されており、本年度は屋外曝露30年後の評価を行った。その結果、接着強さは30年経過後も初期と同程度であり、一部の製品を除いて顕著な低下は確認されなかった。凝集破壊率も、一部の製品を除き50%以上を維持しており、著しい低下は見られなかった。また、屋外曝露20年後から開始した接着剤層の変形能評価も、20年後と比較して顕著な低下は確認されなかった。有機系接着剤を用いた外装タイル張り工法の面内変形追従性に関する研究では、引張試験とせん断試験の関係性を検証し、実建物に施工されたタイルの面内変形追従性を評価することを目的としている。本年度は、引張試験とせん断試験の関係式に対する経時変化の影響を確認するため、屋外曝露半年後および1年後の評価を実施した。その結果、接着強さは屋外曝露1年後まで引張試験とせん断試験の関係式に対する影響は少ないことが確認された。ただし、半値幅については製品ごとに異なる傾向が見られた。今後も調査を継続し、曝露期間別の関係性を評価する予定である。