

本年度の実施概要は次のとおりである。①外装用難燃処理木材の促進劣化試験の知見を蓄積するため、小型の試験装置を用いて、JIS A 1326「外装用難燃薬剤処理木質材料の促進劣化試験方法」を参考に、JIS A 1326とは異なる条件で難燃処理木材を促進劣化させ、ISO5660-1 コーンカロリメーター試験（小規模）を用いて、促進劣化後の難燃処理木材の薬剤残存状況と発熱性状を把握した。②実暴露状況下における劣化後の燃えひろがり性状と発熱性状性状を確認するための難燃処理木材の実施している実暴露試験に関して、経年劣化の途中経過を把握するとともに、暴露1年経過時の発熱性状を把握した。

### 3) - 9 外装ファサードの燃えひろがり性状に関する基礎的研究【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 西尾悠平

本研究開発課題は、外装ファサードにおける燃えひろがりを工学的に解明し、実際の建築物の火災安全性能を検証するために、外装ファサードの燃えひろがりの発生メカニズム、特に通気層などの構法の要素が及ぼす影響を明らかにするとともに、燃えひろがりの予測手法の構築を検討するものである。

本年度は、不燃性外装ファサードを用いて、開口部近傍における袖壁の設置の有無、および設置位置が噴出火炎性状に及ぼす影響を確認するとともに、JIS A 1310の火源である噴出火炎の性状の再現性を確認し、燃えひろがり予測手法構築に向けた基礎データを取得するとともに、実験における噴出火炎性状をCFDモデルと比較検討した。

### 3) - 10 センシング技術を活用した歴史的建築物のアクティブ防火対策に関する研究【持続可能】

研究開発期間（令和5～7年度）

[担当者] 水上点晴

本研究開発課題は、屋根を対象に、散水設備を利用したアクティブ防火対策の検討を行い、信頼性評価を含めた試験方法に関する技術資料を作成するほか、歴史的建築物に適用する際の火災安全設計マニュアルの作成を目的とするものである。

本年度は、AIを用いて過去の火災映像をカラー化して、飛び火火災の被害と実体を明らかにし、再現実験を通じたメカニズムの解明を行った。また茅葺き世界会議に参加し、茅葺き先進国であるオランダの建設状況とその需要を生んだ治水対策の方針転換、ヨーロッパ各国の防火対策について情報収集すると共に、日本における取組みについて紹介した。今後は、火災風洞実験を計画し、必要散水量の検討を行う他、試験評価方法の検討を進める予定である。

## 4) 材料研究グループ

### 4) - 1 CO<sub>2</sub>排出量の削減に寄与するコンクリートに関する研究【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 松沢晃一、中田清史、鹿毛忠継、中村聡宏

本研究開発課題は、耐久性を確保しつつ、CO<sub>2</sub>排出量の削減に寄与する鉄筋コンクリート造建築物の実現を目指し、現行のルール内でCO<sub>2</sub>削減が可能と考えられる「セメント使用量を減じたコンクリート」、「混合セメントを用いたコンクリート」、「混合セメントを用いたコンクリートの仕上材による保護効果」、「セメントの選定方法」に関する検討を行う。

本年度は、普通ポルトランドセメントを減じたコンクリートや混和材に高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートについて、使用する混和剤が異なる場合の調合に関する検討を行った。また、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートに各種仕上材を施工した供試体の促進試験および屋外暴露試験に関する各種データを取得した。

### 4) - 2 木質構造物の安全限界変形角の設定法に関する検討【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 山崎義弘、槌本敬大

本研究開発課題は、木質構造物において各種耐力壁や半剛節フレームを水平耐力要素として用いた場合について、設計時

の安全限界変形角の設定方法の検討を行う。これにより、構造計算ルート3や限界耐力計算法などの大地震時の構造安全性を直接的に検証する構造計算において、設計者が信頼のおける技術資料を提供する。

本年度は、8階建て以下の木造建築物を対象として、構造特性係数 $D_s$ の設定法を検討し、その妥当性を質点系モデルの時刻歴応答解析により検証を行った。 $D_s$ の設定法はR4年度に検討した方法を参照し、安全限界変形角は既往の文献値を参考にしつつ一部変更し設定した(3階:1/30rad, 5階:1/45rad, 7階:1/50rad)。極稀地震(2種地盤)に対する各層の最大層間変形角が、設定した安全限界変形角以下に概ね収まることを確認した。各層の剛性と耐力は $A_i$ 分布に比例させたが、時刻歴応答解析では層間変形角分布が多少ばらついた。「JSCA版 木造建築構造の設計(第2版)」による $D_s$ 設定法では層間変形角分布によって $D_s$ の計算値が多少変化するが、多少の応答ばらつきがあってもクライテリアは概ね満足されることが確認された。なお、これらの成果は基整促S42との連携により得られた。

#### 4) - 3 建築物の供用期間中におけるコンクリートのCO2固定量評価に関する研究【持続可能】

研究開発期間(令和4~6年度)

[担当者] 中田清史、松沢晃一、鹿毛忠継

本研究開発課題は、建築物の供用期間中にコンクリートの中性化によって固定化されるCO2量を評価するための技術資料を整備することを目的として研究を行う。また、コンクリートの中性化はアルカリ性低下により鉄筋腐食を引き起こすと考えられることから、中性化後のコンクリートの長期耐久性を評価するための技術資料を整備することを目的として研究を行う。

本年度は、セメント硬化体(普通セメント、高炉セメント)を用いて作製した粉末試験体を異なる環境で中性化させる試験を行い、フェノールフタレイン溶液への呈色特性に与える中性化環境の影響に関する基礎的知見を取得、整理した。また、屋外ばくろ試験を継続するとともに、内部温湿度の変動から水分の供給頻度を推定するための基礎的な検討をおこなった。あわせて、実建築物の劣化調査結果を用いた分析を行い、中性化後のコンクリート中において鉄筋腐食が発生するまでの年数と部材種類の関係等について考察を行った。

#### 4) - 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】

研究開発期間(令和4~6年度)

[担当者] 宮内博之

本研究では建築物の安全性確保と維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術を開発することを目的とし、R5年度は①非接触方式ドローン、②接触・破壊式ドローン、そして新たにテーマ設定した③都市・建築におけるエアモビリティ(AAM)の社会実装への取組について研究を実施した。①では建物内部の劣化と構造安全性を把握するための調査、②では打音装置搭載ドローンと浮き検出ARアプリによる建物調査技術開発、及びソフトハンド搭載ドローンによる近未来型建築物維持管理技術開発、③では都市・建築におけるエアモビリティ活用調査を実施した。また、他研究テーマとして、建築ドローン分野のキャリアに関わるAI導入効果の検討、ドローンを活用した建築物外壁調査の実態調査、室内空間におけるドローン活用の社会的受容性研究、構造物点検の効率化に向けた複数ドローンの協調制御技術の開発、四足歩行ロボット×デジタル技術の開発と災害時の活用、建築狭所空間の調査のためのドローン活用研究、世界と日本にけるドローン技術に関わる経済性評価、そして建築ドローン分野における人材育成に関わる活動について、共同研究等を通して網羅的に研究を行った。

#### 4) - 5 リサイクルコンクリートの耐久性改善に資するための骨材品質と調査に関する検討【持続可能】

研究開発期間(令和4~6年度)

[担当者] 鹿毛忠継、松沢晃一、中田清史、

本研究開発課題は、施行令第144条の3に定められる建築構造部材、部位に使用するコンクリートとしてリサイクルコンクリートが確保すべき性能・品質の整理、および現在国告第1446号で適用除外されているJIS A 5022に規定される再生骨材M等を対象とし、それらリサイクル骨材を使用したリサイクルコンクリートの乾燥収縮等の耐久性と改善方法に関わる知見

の収集と実験的検討を行い、技術情報として取り纏めるものである。

本年度は、①再生骨材 M 等を使用したリサイクルコンクリートの耐久性既存情報と R3 年度に実施した耐久性試験の中期材齢でのデータ収集整理を行った。②再生骨材の製造ロットによる品質変動とリサイクルコンクリートの耐久性性能への影響については、普通コンクリート、再生粗骨材 M を単独で使用したリサイクルコンクリート、再生粗骨材 M と普通粗骨材 N を容積等量混合した混合リサイクル骨材を使用したリサイクルコンクリート、再生粗骨材 L と普通粗骨材を容積等量混合した混合リサイクル骨材を使用したリサイクルコンクリートの 4 種類を骨材製造ロット毎に作製し、③普通骨材との混合使用によるリサイクルコンクリートの耐久性性能への影響については、普通粗骨材に再生粗骨材 L を容積比で 0%~50%混合したリサイクルコンクリートを 3 種類、比較用の普通コンクリート、リサイクルコンクリート M (M 単独使用)、リサイクルコンクリート L (L 単独使用) の計 6 種類を作製し、それぞれ乾燥収縮試験、凍結融解抵抗性試験及び圧縮強度試験を実施した。乾燥収縮については、JASS 5 の基準値 ( $8 \times 10^{-6}$ ) を満たすことを確認し、凍結融解抵抗性については、普通粗骨材と一定量混合することにより、物性改善だけでなく、品質管理も容易になる可能性を確認できた。最後に、再生骨材 M 等リサイクル骨材の品質変動に関わる調査も行い、各種品質基準が JIS を満足することを確認できた。

#### 4) - 6 中高層木造建築物の社会実装の促進に資する研究開発【持続可能】

研究開発期間 (令和 4~6 年度)

[担当者] 槌本敬大、山崎義弘、谷口 翼、脇山善夫、中島昌一、加藤遼平、片山雄太、成瀬友宏、鈴木淳一、桑沢保夫、平光厚雄

本研究開発課題は、脱炭素社会の実現のために建築物等への木材利用を促進する施策に対応して、木造化率の低い中高層建築物の木造化を実現するために必要な技術的課題の解決を目的として、1)木質系異種複合部材の長期性能の評価法の合理化に資する研究開発、2)中高層木造の構造計算におけるクライテリアの明確化・合理化に資する研究開発、3)中高層木造建築物の耐火性能と耐久性を両立させる仕様等に関する研究開発、4) CLT パネル工法建築物の社会実装の促進に関する研究開発、および 5)木造建築物の床衝撃音遮断性能の向上に資する研究開発を実施するものである。

本年度は、1)炭素繊維束複合集成材と構成要素である炭素繊維束のクリープ特性について比較検証等を行い、長期性能に関する試験法・評価法を検討した。2)合理的な保証設計ならびにクライテリアの設定のために軸力と一軸曲げ (M-N 相関関係) の既往理論を拡張する必要がある、その適用性をラグスクリューボルトを用いた柱脚接合部に対する  $0^\circ$  方向 (一軸) と  $45^\circ$  方向 (二軸) 加力実験により検証した。3)中高層木造建築物の屋根に対して法令等や基規準類などで要求される性能や仕様等および既往の中高層木造建築物の陸屋根の仕様に関する事例を収集し、整理した。また、2006 年建築の枠組壁工法 4 階建て実験棟 (通気層あり) の劣化状況についてファイバースコープ等を用いて非破壊調査し、生物劣化が発生していないことを確認した。4) CLT を鉄筋コンクリートの基礎上に直接設置する場合について、水分吸着防止工法を検討・提案して水分吸着性能検証実験を行い、基礎に対して繊維平行層である 2 層目の水分吸着はある程度抑えられるものの、基礎に対して繊維が直交する 3 層目の水分吸着は抑えられないことが分かった。5) CLT パネルを床構造に用いた異なる断面仕様の床上に同一断面をもつ乾式二重床構造を施工し、床衝撃音レベル低減量の変化を測定した。その結果、乾式二重床構造の床衝撃音レベル低減量は素面床の種類によって変化し、床構造の面密度などが大きいほど、重量床衝撃音レベル低減量が小さい傾向を示し、今回の乾式二重床構造の仕様では、素面床の駆動点インピーダンスレベルが約 100 dB 以下の場合、乾式二重床構造が重量床衝撃音遮断性能の向上に寄与すると推察された。

#### 4) - 7 木造住宅の水害低減に資する性能評価技術の開発【安全・安心】

研究開発期間 (令和 4~6 年度)

[担当者] 槌本敬大、宮内博之、山崎義弘、平野 茂、黒田哲也、中島昌一、高館祐貴、脇山善夫、沖 佑典、渡邊史郎

本研究開発課題は、気候変動の影響による降雨量の増加等に対応して施策転換した流域治水の考え方にに基づき、氾濫域における木造住宅の水害による被害の低減を目的として、1)拡散型・流下型水害において木造住宅に作用する流体力の評価、2)耐浸水性能を具備する木造住宅の各部仕様の性能評価、3)洪水の被害を受けた木造住宅における復旧容易性の評価法の検討を行うものである。

本年度は、1) 流水路の側壁がある場合の木造模型の各部に作用する水圧と流体力の関係について流体シミュレーションを

行って検証し、開口低減係数の妥当性、並びに2022年度の水理実験の結果との相応性を確認した。さらに、側壁の影響の無い場合についても、流体シミュレーションを行って木造模型の各部に作用する流体力と水平力・転倒モーメントの関係を検証した。2)2022年度に製作した止水性能検証実験水槽を用いて、木造住宅に耐浸水性能を付与するにあたって必要となる住宅部品・設備の要求性能を整理し、外壁仕様、建具、床下設備配管等の止水性能検証実験を行った。3)洪水被害からの復旧容易性の評価指標とするべき事項について、住宅生産者から収集した復旧工事に関する情報を基に各部構法と被害程度について整理・分析を行い、復旧期間に影響を与える要因について検討した。また、過去に幾度の水害を受けた地域で被災した居住者や復旧工事を請負った業者等にヒアリング調査を行い、復旧を容易とするために復旧工事にあたって採用した対策等について調査・整理した。

#### 4) - 8 留付けに用いる細径の金属系あと施工アンカーの諸特性に関する研究【持続可能】

研究開発期間（令和5～6年度）

〔担当者〕松沢晃一、中田清史、脇山善夫

本研究開発課題は、外装仕上材などの非構造部材の留付けに用いる直径10mm前後の金属系あと施工アンカーを対象とし、それらの引抜き特性およびクリープ特性に関する検討を行う。なお、本課題では、金属系あと施工アンカーに接着剤を併用した場合などについても検討を行う。

本年度は、芯棒打込み式およびスリーブ打込み式の2種類の金属系あと施工アンカーについて、アンカー径3水準(8、10、12mm)、埋込み長さ2水準(標準埋込み長さ、標準埋込み長さ+10～15mm)、そして、セメント系接着剤の有無で異なる計24水準について引抜き試験を実施した。

#### 4) - 9 従来の普通セメント以外の結合材を用いるコンクリートの強度および鉄筋の防錆性に関する要求性能と仕様の検証【持続可能】

研究開発期間（令和5～6年度）

〔担当者〕鹿毛忠継、松沢晃一、中田清史、中村聡宏、鈴木淳一

本研究開発課題は、従来の普通セメント(以下、OPC)以外の結合材を用いるコンクリートの基本性能(強度特性、鉄筋の防錆性)について、建築基準法や品確法に示されるコンクリートや鉄筋コンクリート造(以下、RC造)の要求性能や仕様ならびにRC造構造計算規準や建築工事標準仕様書RC工事(JASS5)などの設計規準や標準仕様等への適否を検証し、従来の要求性能や仕様の適用が難しい場合、要求性能の評価指標や仕様の修正について検討を行うものである。

本年度は、①コンクリートおよびRC造に関する要求性能や仕様の適否の検証については、資料・文献調査およびコンソ研究会、BRIC勉強会、セメント協会との打合せを通じ、少量混合成分を増加させたOPCは、密度が小さく(調合への影響)、強熱減量(混和剤使用量への影響)が大きくなるが、強度特性への影響は小さいこと、混合セメントなどを含むクリンカ量の少ない結合材では、特に湿潤養生の影響が大きく、強度発現性(脱型時期、型枠存置、構造体補正強度への影響)および鉄筋の防錆性(中性化抵抗性)の検証が必要であることがわかった。また、建築基準法や品確法等に示されるコンクリートおよびRC造に関する要求性能や仕様も整理し、従来のOPC以外の結合材を用いるコンクリートおよびRC造の要求性能や仕様への適否を検証(試算等含む)し、劣化対策等級で示されるコンクリートの中性化抵抗性を得るためには、有効な単位セメント量を増加させ、水セメント比(W/C)を小さくする等の対応が必要となり、構造設計に必要な材料の基準強度(安全上必要なコンクリート強度)を定めるために、基準材齢と養生方法を再考できる余地があることなどがわかった。②コンクリートおよびRC造に関する要求性能の評価指標や仕様の修正の検討については、①の調査結果を踏まえ、要求性能の評価指標や仕様の修正の検討を行うとともに、検討対象の材料を選定し、コンクリートの調合実験(水結合材比、空気量、養生条件の検討)における実験項目・水準の整理、強度特性・防錆性などの室内試験およびばくろ試験(実環境での性能、長期の強度・防錆性の検証)について、必要な実験計画を策定した。