

【運営費交付金による研究開発】

1) 構造研究グループ

1) - 1 中層木造建築物接合部の崩壊機構の検討と簡略な保証設計技術の開発【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 中島昌一

中層木造建築物の構造設計のために、架構の剛性・耐力を決定するための簡易な設計法が必要とされる。架構が十分な靱性を持つように設計し、その崩壊機構を制御するためには、接合部の変形性能が保証されるような設計技術が必要となる。ここではそのために必要となる接合部性能の適切な評価法について検討を行う。

3つの構法（在来軸組構法、枠組壁工法、CLT）ごとに進めている検討のうち、在来軸組工法については、4層軸組耐力壁構面の実大実験結果の画像解析による変形の追跡と増分解析による検証を実施した。枠組壁工法については、R5能登半島地震で被災した2x4工法による3F建て住宅を対象に、3次元倒壊解析ソフト wallstat を用いた解析を実施した。CLTについては、ドリフトピンを用いた接合部設計法を技術資料「日本住宅・木材技術センター：CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル（2024.7改訂予定）」として取りまとめた。

1) - 2 増改築規模に応じて改修された既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震性能評価技術の開発【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 中村聡宏、渡邊秀和、坂下雅信

本研究開発課題は、躯体改造後の建築物全体の耐震性能を評価する方法を検討し、増改築規模に応じて改修された既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震性能評価基準を提案する。

本年度は、前課題の成果に基づき、既存壁式鉄筋コンクリート造建物の躯体改造設計指針案を取りまとめ、建築研究資料として公表した（建築研究資料 No.210、2024.1）。既存建築物に対して新たな価値を付与するような増改築・改修のニーズについて規模に関わらず調査した。改修後の建築物の耐震性能評価について、前課題において加力実験を実施した1層のみに新設開口を設け開口周辺を補強した2.5層実大RC造連層耐力壁架構試験体について、その新設開口設置後の構造性能評価を検討し、上部壁の転倒モーメントによる変動軸力を考慮した評価手法の妥当性を検証した。また、新設開口を設けたRC造連層耐力壁の開口左右の耐力壁の構造実験を実施し、変動軸力・反曲点を制御することで架構実験の破壊性状を再現すること、曲げ型の壁実験において繰り返し載荷によるあと施工アンカーの定着性状の劣化を確認した。またUR都市機構と連携し実建物における改造事例を収集した。

1) - 3 極大地震動に対する避難施設等の建築物の終局状態の評価と被災度の判定【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 長谷川隆、森田高市、中川博人

本研究課題では、避難施設となる体育館（鉄骨引張ブレース骨組）を対象として、地震時の終局限界状態の評価方法を検討するとともに、地震による被災度を地震計の記録から迅速に判定する方法を検討し提案する。また、実際の体育館に地震計を設置して観測を行い、提案する判定方法を実用化する場合の問題点等の検討を行う。

本年度は、昨年度実施した引張ブレース骨組振動台実験の結果を整理、検討して、山形鋼ブレース骨組とターンバックルブレース骨組それぞれについて、骨組の最大層間変形角と最大層塑性率と被災度区分の対応表を提示した。また、つくば市との相互協力の協定の下、つくば市の13校の小学校体育館を調査し、そのうちの2校の体育館に地震計を設置することとした。2024年1月に山形鋼ブレースの体育館に地震計を設置した。2024年秋にターンバックルブレースの体育館に地震計を設置する予定である。

1) - 4 風洞実験及び数値流体解析を用いた低層建築物の設計風速及び設計用風荷重の検討
【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 高館 祐貴

本研究開発課題は、風洞実験及び数値流体解析を用いて地表面付近の風速性状及び低層建築物に作用する風圧性状を評価することで、強風被害の多い低層建築物や小規模な工作物を安全かつ合理的に設計するための設計風速及び設計用風荷重を提案することを目的としたものである。

本年度は、高さ H の粗度ブロックに対して対象とする建築物の高さ z を $z/H=1\sim3$ に変化させることのできる風圧測定実験模型を作成し、乱流境界層風洞を用いた風洞実験で対象建築物の周辺に均質に粗度ブロックが配置されたときの風圧及び風力の変化を明らかにした。周辺に障害物となる粗度ブロックが配置されることで対象とする建築物に作用する風圧及び風力が低減されることを定量的に示した。本実験によって得られた成果の一部をとりまとめて、9th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA IX)に投稿し、令和6年度に発表する予定である。

1) - 5 洪水等による建築物の設計用荷重の提案【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 高館 祐貴

本研究開発課題は、令和3年国土交通省告示第1392号での「洪水又は雨水出水（洪水等）に対して安全な構造方法を定める件」における構造方法を補間し、洪水等に対して安全かつ合理的な設計のために、建築物の形状や配置、流れ場によって変化する荷重を精緻に評価し、設計用荷重を提案することを目的としたものである。

本年度は、津波や洪水等の流れの性状として重要なパラメータであるフルード数を変化させた実験を実施するために、越流堰及び測定用のトラパースを作製した。作製したトラパースで測定位置を変化させることに加えて、越流堰より上流側の貯水高さを変化させることで、幅広いフルード数に対する抗力係数の大きさとその関係を検討することを可能とした。水理実験に加えて、数値流体解析では解析に必要とされるメッシュ分割の要件を示し、それらの成果を査読付き論文として投稿した。

1) - 6 建築物の耐震レジリエンス性能指向型設計・評価手法に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 坂下雅信、長谷川隆、中島昌一、渡邊秀和、中村聡宏、森田高市、小山信、中川博人、片山雄太

本研究開発課題は、現行基準で許容される損傷軽減や迅速な被災判定により建築物のレジリエンス性を高めた建築物の推進を目的とし、耐震レジリエンス性能として耐震安全性能および復旧性能を考慮した建築物の設計手法構築に資する各種評価手法を大きく分けて以下の2つの項目を検討する。

(1) 建築物の耐震レジリエンス性能の算定方法とその要求性能の提案

(2) 建築物の耐震レジリエンス性能を確保する設計のための耐震性能評価技術の調査・開発

本年度は、(1)に関しては、耐震レジリエンス性能を地震後の耐震安全性と復旧性を考慮して評価する手法について、構造間で共有できる考え方を例示すると共に、鉄骨造ではH形梁端の修復の時間やコストが計算できるExcelプログラムの開発を行った。(2)に関しては、耐震レジリエンス性能の評価に必要な損傷・修復データベースの構築に向けて、連層耐力壁や梁に関する損傷や修復に関するデータ収集(RC造)、事務所ビルを対象としたエネルギー法による梁端の損傷度、修復方法、修復時間等の検討(鉄骨造)、CLT構造の接合部分の修復方法の提案と要素実験の実施および枠組壁工法の戸建て住宅を対象とした損傷量や、修復の時間やコストの試算(木造)を行うと共に、加速度センサやレーザスキャナを用いた被災判定手法に関する検討も併せて実施した。

1) - 7 AI を活用した建物損傷状態把握技術【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 森田高市、長谷川隆、鹿嶋俊英、中川博人、脇山善夫

本研究開発課題は、AIを用いた建築構造物の損傷検知・評価等を行う。セマンティックセグメンテーションや点群の深層学習等について検討を行う。また、強震記録と建物モデルから機械学習等により損傷状態の推定等を行う。

本年度は、Faster RCNN（物体検出モデル）を用いて、ブレース等を検出し、この検出器を取り込んだブレースと柱脚、天井ブレースを対象とした被災度判定アプリを作成した。また、引張ブレース骨組振動台実験において、被災度区分ランクが異なるブレースの点群を取得し、点群を対象にディープラーニングを適用した。被災度区分ランクにより損傷状態を5区分で分類し、PointNetを適用したところ、正解率は82%であった。超高層鉄骨造建物の応答解析データと強震観測記録を使用して、モード特性を同定し、主成分分析を行った。応答解析波形の損傷なしの第一主成分は-0.15程度で損傷が進むにつれて第一主成分は大きくなった。強震観測記録に対して機械学習を適用した結果、全てのケースで損傷なしと正しく分類できた。

1) - 8 実大試験に基づく屋根ふき材や外装材等の被害発生メカニズムに関する研究【安全・安心】

研究開発期間（令和4～6年度）

[担当者] 奥田泰雄、高館祐貴

本研究開発課題は、実大強風雨発生装置による屋根ふき材の破壊メカニズムの解明と外壁材の飛来物衝突試験方法の開発を行うものである。

本年度は、F形屋根瓦について飛散実験を実施し、F形粘土瓦の緊結状況（防災瓦・非防災瓦、全数緊結・緊結なし）と風向を条件にして、F形粘土瓦（一般部）の飛散風速を特定した。また、F形粘土瓦の飛散の瞬間を高速度カメラで撮影し、F形粘土瓦の飛散プロセスを明らかにした。外壁材の飛来物衝突試験方法の開発では、本年度は加撃体発射装置（エアークャノン）を製作し、ASTM E1886-04やJIS R 3109等で規定される5種類の質量と材質を有する加撃体について所定の衝突速度を満足することを確認した。さらに、実大動風圧载荷試験装置の基本性能を確認し、自然風を模擬した風洞実験で得られた不規則変動風圧を周波数領域で約0.5Hz以下の範囲まで再現できることを確認した。

1) - 9 宅地の液状化対策技術に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（令和4～7年度）

[担当者] 新井洋

本研究開発課題は、震災事例のデータ収集と分析、建築研究所の遠心载荷装置と液状化対策地盤試験装置を最大限に利活用した室内実験と現場実験、観測事実と実験結果の再現解析に基づいて、サブテーマ（1）直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアの提案、サブテーマ（2）宅地の液状化対策工の効果を実証する地盤試験システムの提案、に係る検討を行い、これらの妥当性と有効性を示すことで、宅地の液状化対策技術の開発を推進することを目的とする。

サブテーマ（1）について、本年度は、地下水位3mに着目し、大地震動に対して、液状化層の相対密度と住宅の接地圧をパラメーターとした遠心振動実験を行い、これらが住宅被害に与える影響を整理した。実験結果より、次の知見を得た。

- ・液状化層の相対密度が大きい程、住宅の沈下・傾斜が小さい。沈下の増大とともに傾斜が増大するケースが多いが、必ずしもそうとは限らない。
- ・非液状化層厚が3mあっても、液状化層の相対密度が大きくなり、住宅の接地圧が大きい場合には、大地震動時の液状化によって住宅に機能的不具合等の生じる可能性が高い。

ただし、得られた被災程度は、想定よりやや小さい感がある。地盤作成時の作業誤差（例えば、飽和時の浸透不足の可能性）など含めて、整理する必要がある。

サブテーマ（2）について、本年度は、密度増大による液状化対策工法を対象に、神栖市の敷地において、無改良エリア、改良率10%エリア、改良率20%エリアそれぞれで、提案システムの実証試験を行った。各エリアとも最も液状化しやすいと考えられた深さ2.5mにおいて、水平方向の起振を実施し、地中起振源（バイブレーター）から50cm離れた観測孔で水圧と加速度の経時変化を計測した。また、バイブレーターの沈下量を計測した。実験結果より、次の知見を得た。

- ・無改良エリアでは、地中起振によって、過剰間隙水圧が最大1.2kPa発生し、加振後は10分を過ぎても完全には消散しな

い傾向が計測された。一方で、改良率20%エリアでは、過剰間隙水圧は最大0.4kPaに止まり、加振後10分以内に完全に消散した。また、改良率10%エリアでは、過剰間隙水圧は最大0.1kPaに止まった。改良地盤において、改良率の大小と発生した過剰間隙水圧の大小との関係が逆転しているが、これは、深さ2.5m付近における地盤改良前後の標準貫入試験N値の変化が、改良率エリア20%では10→20程度だが、改良率エリア10%では8→26であり、すなわち、改良率エリア10%の深さ2.5m付近で局所的に地盤が締め固まって改良効果が増大したためと考えられる。

・バイブレーターには起振孔底地盤の液状化によると思われる沈下が発生し、その最大値は、無改良エリアで52cm、改良率10%エリアで15cm、改良率20%エリアで8cmだった。改良率の増加とともに沈下量が低下する傾向が見られた。

以上の結果は、当該工法に液状化対策効果が実際に存在することを本提案システムによる現場実験から確認できることを示唆するものと考えられる。

1) ー10 鉄筋コンクリート造建築物のライフサイクルを考慮した構造性能表示手法の開発

【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

〔担当者〕 渡邊秀和、坂下雅信、中村聡宏

本研究開発課題は、建築物の利害関係者が長期間に渡って安心して建築物の保有や売買等を行うことができるよう、建築物の継続的な構造性能表示の手法構築を目的とした研究を実施する。その構造性能表示手法の構築のために、実際の建築物を想定した設計事例の作成と並行しながら、性能表示システム全体の設計を実施する。この性能表示システム全体の設計では、性能表示システムとして具体的にどういった構造性能を表示すべきかを検討し、その構造性能を表示させるために必要な入力項目の検討も実施する。

本年度は、国土技術政策総合研究所と連携し、昨年度作成した応答点ステップ計算 Web プログラムを拡張した応答評価 Web プログラムの実装を行い、関係者内での公開を行った。また、研究協力協定を結んでいるニュージーランド国の QuakeCoRE と連携し、既存の部材実験 DB と海外に存在する同様の DB との連携についての協議を行った。

2) 環境研究グループ

2)ー1 住宅における暖冷房設備の統一した運転方式の開発【持続可能】

研究開発期間（令和4～6年度）

〔担当者〕 三浦尚志

現行の住宅の省エネルギー基準における暖冷房設備の評価において想定される運転方式は全館連続運転、部分間歇運転、部分連続運転があり、それぞれの運転方式に対して基準一次エネルギー消費量（以下、基準値）が異なっている。基準値に対する当該住宅の設計エネルギー消費量（以下、設計値）の比（BEI）の評価では、運転方式ごとに設定された基準値との比較であるため、運転方式の違いが機器の評価の良し悪しに与える影響は小さい。一方で、設計値の大小のみで評価される ZEH 評価等においては、運転方式の違いが機器効率以上にエネルギー評価に影響を与えるため、異なる運転方式を採用する機器の間で評価結果に大きな差が生じている。そこで、運転方式によらない機器ごとの評価方法を検討するため、暖冷房設備の運転方式（暖冷房空間、運転時間）の定義や考え方を再整理し、暖冷房設備の評価検討に資する基礎資料の整備を目的とする。

本年度は以下の点を整理した。

- ・評価方法を統一するための枠組みについて整理した。
- ・全館空調システムの実態調査を行い、制御ロジック、循環風量の考え方等を把握した。
- ・地域、断熱性能、暖房のための準備温度、冷房のための準備温度をパラメータとした空調熱負荷計算を行った。
- ・断熱等級・準備温度・循環風量をパラメトリックに設定した負荷計算を行い、その影響度合いを整理した。