

## 【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・耐力を求めるための簡易な設計法が求められる。架構が十分な靱性を持つような設計し、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障されるような設計技術が必要となるが、そのためには、接合部性能の適切な評価法が必要になる。

3つの構法（軸組、2x4、CLT）ごとに進めている検討のうち、CLTについて、鉄骨梁+CLT壁架構について鉄骨梁の塑性変形を保証するための接合部設計法を提案した。得られた知見を技術基準（日本CLT協会・住宅木材技術センター：CLT設計施工マニュアル付属資料）等に反映される予定である。

#### 1) - 2 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、有木克良

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ができるために、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平行しながら、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、ライフサイクルごとの性能表示システムを用いた性能表示の流れについての検討を行い、性能表示システム全体の設計を行った。「建築物新築時」、「大地震発生時」「耐震補強時、躯体改造時」「大規模修繕時」のそれぞれのライフサイクルイベントに応じた全体設計を行った。また、2階建てのRC造建築物を対象として、損傷評価及び修復性評価を用いた検討事例の作成を行った。さらに、国土技術政策総合研究所と連携し、構造性能表示システムの一部である応答点ステップ計算Webプログラムの実装を行い、関係者内での公開を行った。

#### 1) - 3 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、有木克良、渡邊秀和、諏訪田晴彦、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た（建研資料として令和5年度に公開予定）。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適切に考慮する必要があることを示した。また、躯体改造を施した壁式RC造共同住宅の躯体改造前後の建築物の耐震性能評価について、対象建物の張間方向耐力壁を一本柱置換モデルでモデル化し、各構面をピン接合した疑似立体モデルを用いて、非線形増分解析により保有水平耐力および崩壊メカニズムを確認した。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加力実験計画および試験体製作を行い、令和5年度に加力実験を実施する。本課題は、国土技術政策総合研究所と連携して取り組んでいる。

#### 1) - 4 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、建研の遠心載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。

本年度は、4月に遠心載荷試験装置が故障して使用不能となり、修理・復旧に向けた対応に追われた。このため、遠心載荷試験装置の使用を前提とした研究計画は、当初より変更している。

サブテーマ（1）について、宅地液状化による直接基礎の沈下に係る遠心振動実験と予測法の文献調査を行うとともに、遠心載荷装置が復旧した後、スムーズに液状化実験に取り組めるよう、土槽地盤を作成する練習を行った。ベンダーエレメントによる計測で、安定してP波速度1.7km/sを得た（十分に飽和）。また、人力揺動により過剰間隙水圧が発生し、初期有効上載圧に達した（完全液状化）。即ち、作成した土槽地盤は（遠心場）液状化振動実験に十分使用可能と判断される。

サブテーマ（2）について、令和3年度に導入した可搬型液状化対策検証装置の試運転を、建研の敷地内（強風雨発生装置の北東）で行った。建研の敷地は液状化リスクが低く（細粒分が多い洪積砂層で液状化強度が高いため）、過剰間隙水圧の発生は期待しにくい、鉛直・水平いずれの起振においても僅かだが過剰間隙水圧の蓄積上昇が明瞭に認められた。また、次年度以降の実地盤における適用試験の準備として、基礎地盤評定や技術審査証明を取得した液状化対策工法を所有する企業・団体の2グループとともに適用試験を実施する方向で、相談・調整を進めている。

#### 1) - 5 杭撤去による地盤特性変化の評価方法に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（令和4～5年度）

〔担当者〕新井洋

本研究開発課題は、総合技術開発プロジェクト「建築物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発」に協力する態勢で、杭撤去に伴う局所的な地盤特性の変化（地盤の緩み）と、これが新設杭の水平抵抗に与える影響を評価する方法について、実案件現場の地盤調査と縮小模型の遠心場振動実験に基づいて検討する。

本年度は、建物解体に伴う杭撤去前後の微動アレイ探査から、微動探査は、杭撤去により地盤に緩み領域が生じたかどうかを、掘削せずに傾向を把握する簡便な手法として、現況の技術のままでも有効である可能性を指摘した。また、過去に行った遠心実験データの分析から、群杭の一部が局所的緩み領域にある場合、杭の水平抵抗を評価する上で、緩み領域外の杭頭せん断力（水平力）の分担率の増加に留意する必要性を指摘した。

#### 1) - 6 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、鉄骨引張ブレース骨組として山形鋼ブレースとターンバックルブレースを対象にして、地震動特性（断層近傍地震、長継続時間地震）が、引張ブレース骨組の終局状態に及ぼす影響を検討するための振動台実験を行った。山形鋼ブレースでは、断層近傍地震に対してブレースが破断することなく、安定したスリップ性状の履歴であったが、長継続時間地震に対しては0.03rad程度でブレースが破断し、地震動特性の影響があることがわかった。また、試験体に設置した地震計の加速度記録を積分して推定した変位と変位計の記録との比較を行った。

1) - 7 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、奥田泰雄

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、これまでに行われた実測及び風洞実験の結果をベンチマークとして、LES(Large Eddy Simulation)による数値流体解析によって風洞実験で測定することが困難な逆流を含んだ風速を取得し、その結果と比較した。さらに、数値流体解析で得られた時々刻々と変化する空間内の風速分布に対してPOD(Proper Orthogonal Decomposition)解析を行い、粗面内部での変動風速のモード形状及びその寄与率を示した。

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、高館裕貴

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、J形屋根瓦について風圧計測実験と飛散実験を実施した。風圧計測実験では、1枚のJ形粘土瓦（一般部）の表裏に作用する風圧分布を、風向などを変えて計測し、瓦に作用する風力と瓦の屋根上の設置位置や風向との関係を調べた。風圧測定用瓦試験体は3Dプリンタを用いて導圧管も含めて製作した。飛散実験では、J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、J形粘土瓦（一般部）の飛散風速を特定した。

1) - 9 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、奥田泰雄

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によって変化する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、秋田工業高等専門学校の実験水路で複数の流入条件に対して角柱、円柱及び長方形角柱に作用する抗力及び波圧を測定し、単体建築物の形状及び角度によって変化する抗力性状について取りまとめた。また、数値流体解析モデルを作成し、建築物に作用する抗力及び波圧を適切に取得するための解析モデルの検討を進めた。

1) - 10 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、有木克良、諏訪田晴彦、森田高市、小山信、中川博人、澤田知也

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用いた評価を行う方針を示すと共に、復旧性に関しては鉄骨造建物を対象とした理想修復時間の試算を行った。また、2022年3月16日に発生した福島県沖を震

源とする地震における被害調査を国土技術政策総合研究所と連携して実施し、構造部材や設備、非構造部材について地震後の継続使用を阻害した要因の収集を行った。(2)に関しては、耐震レジリエンス性能の評価に必要となる損傷・修復データベースの構築に向けて、既往の知見の整理(RC造)、梁端の損傷度、修復方法、修復時間等の整理や振動台実験によるブレースの損傷情報の収集(鉄骨造)、枠組壁工法の外壁や内装に関する損傷状況、修復方法、修復時間等の整理や加力実験による検証(木造)を行うと共に、加速度センサやレーザー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) - 1 1 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、天井の垂れ下がり再現した実験において、レーザーLiDARを設置して天井の点群を取得した。得られた点群を主成分分析して天井の曲率を求め、曲率の閾値を設定して、天井の垂れ下がりの判定を行ったところ、約97%の正解率で判定が出来た。深層学習(PointNet)を適用した場合でも、約97%の正解率で判定が出来た。また、実在のSRC造建物の竣工以来の強震記録を用いて、固有振動数や刺激関数などの特徴量のシステム同定を行った。これらの特徴量について、東北地方太平洋沖地震前を正常データとし、地震以後を準正常データとし、強震データの主成分分析を行った結果、準正常データの第一主成分は1~-0.3の範囲で、応答解析の結果と比較すると、最大の層塑性率は1.5には達していないことが確認された。

## 2) 環境研究グループ

### 2) - 1 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【持続可能】

研究開発期間(令和4~6年度)

[担当者] 三浦尚志、赤嶺嘉彦、平光厚雄

本研究は次の2点を目的としている。

- ・建築物省エネ法では扱われない省エネ技術にインセンティブを与えること
- ・建物の環境工学的な省エネ以外の評価指標を開発し定量的な設計が可能になること

本目的を達成するために、次の2つの検討課題を設定した。

- (イ) 多様な省エネ技術(建築物省エネ法では扱われない省エネ技術)の評価方法の調査・開発
- (ロ) 室内環境評価を中心とした評価指標の調査・開発

本年度は(イ)多様な省エネ技術の評価方法の調査・開発として、次の5種類の評価について取り組んだ。

- ①建物の周囲状況を含めた評価: 建築物の空調や照明の負荷を減らすために、従来の断熱・日射熱の遮蔽技術に加え、建物周囲状況を勘案した日射熱・光や自然風などの積極的な利用が効果的であることを考慮し、「設計用気象データの整備」、「建築物における自然風利用のための設計用風圧係数の整理」、「周囲の日当たりの評価と日よけ効果係数や方位係数等の設計指標の整理」を行った。
- ②居住者・使用者の使い方を含めた評価: 居住者・使用者の使い方を含めて評価しようとする、従来の外皮の指標では不十分であり、直接、暖冷房・空調負荷を計算しないとイケない。このことを考慮し、多様な使い方を評価できる負荷計算方法を設計実務に使用できることに配慮しながら開発した。また、「生活スケジュール自動生成方法を整理」、「日照・日射制御技術の効果の点灯率・内部発熱への反映」、「昼光利用評価の整理と自立循環一次エネプログラムへの反映」を行い、居住者・使用者の使い方を暖冷房(空調)・照明負荷に反映させる取り組みを検討した。
- ③竣工後の調整による効果の評価: 建築物の省エネには設計段階での計画が重要であるが、加えて、竣工時・竣工後の調整が重要であるため、「住宅における非居室への循環風量が非居室温度に与える影響」、「VAV実証実験・初期調整方法の整理」、「VWVのシミュレーション」を行った。
- ④審査・試験しづらい技術の評価: JIS等の規格化しにくい又はまだされていない技術について検討し、「ヒートポンプ機器の実働効率の評価」、「付属部材の評価」、「全熱交換機における給排気バランスの評価」等、新たな規格や設計・施工ガイド