

## 【運営費交付金による研究開発】

### 1) 構造研究グループ

#### 1) - 1 過大入力地震に対する鋼構造建築物の終局状態の評価手法と損傷検知に関する研究

【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 長谷川隆、岩田善裕、中川博人、三木徳人、石原直、鹿嶋俊英

本研究開発課題では、過大入力地震に対する鋼構造建築物の梁端部破断や局部座屈発生とその後の崩壊に至るまでの終局状態を評価する手法について検討する。また、地震後に、鋼構造建築物の梁端部破断等の損傷の有無を検知するために、地震計等の観測記録を用いた損傷検知手法について検討する。

本年度は、以下に示す検討を行った。1) 実際の梁端部の限界繰り返し性能に関する性状を把握するために、柱を角型鋼管とした H 形鋼梁端部の多数回繰り返し実験を行い、疲労性能を検討した。2) 鋼構造骨組の終局状態での応答に及ぼす地震動特性等の影響を明らかにするために、2 スパン鉄骨造骨組試験体の振動台実験を行った。また、試設計した 3 層骨組を対象に、梁破断や局部座屈を考慮した地震応答解析を行い、倒壊までの応答性状を検討した。3) 地震後の梁端部の亀裂や破断等の検知手法に関して、半導体歪み、ピエゾセンサ、加速度記録の積分、加速度記録に基づく振動数変化、梁端部残留歪み、等を用いる方法について、2 スパン鉄骨造骨組試験体の振動台実験に各種センサーを取り付けて、損傷検知の精度等を検討した。

#### 1) - 2 地震時浮き上がり挙動を活用した空間可変性の高い中層建築物の構造システムに関する研究【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 向井智久、渡邊秀和

本研究課題は、過去の建築基準整備促進事業で構築された実験データベースを運用し、限界耐力計算に必要となる部材の変形性能の評価精度の検証を行い、技術資料として取りまとめる。また、構造設計者や研究者の技術支援を目的とした実験データ検索システムを構築し、一般公開に向けた検討を進める。加えて、国内で今後より豊富な知見が必要とされる長方形断面の耐力壁の構造性能について、海外研究機関との情報収集を行い、実験データベースを活用した分析を実施し、その成果を取りまとめる。

今年度は、以下の検討を行った。

##### (1) 実験データ検索システムの構築（成果普及用）

実験データ検索システムを関係者内で試験的に運用した結果、頻繁に使用されると考えられる共通の検索項目の絞り込み、その項目の説明資料を作成し、同時にそれらの英語表記を行った。

##### (2) 実験データベースの発展的運用（研究開発（分析）用）

建築基準整備促進事業「高密配筋を行った鉄筋コンクリート造部材の部材種別の評価に関する検討（平成 28～29 年度）」に関連して、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説で提案された部材種別の判定手法の妥当性の検証を行うと共に、昨年度実施された実大柱および梁部材の実験データを収集し、データベースへ反映させた。また今年度実施している壁付き部材について事業者や学会の規準関係者と協議し、部材実験計画を立案した。

2014 年度および 2015 年に発表された最新の論文計 158 編を収集した。2016 年度以降は現在収集中である。長方形断面を持つ耐力壁部材に関する文献調査を行い、ニュージーランドとの協同研究者と連携し、ニュージーランドで構築されつつあるデータベースの情報収集を行った。

#### 1) - 3 直下の地震による地震動と新しい基礎形式を有する建築構造物への有効入力動の評価に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 中川博人、新井洋

本研究開発課題は、近年発生が懸念されている直下の地震に対する地震動の振幅レベルについて検討するとともに、極稀地震以上の入力地震動のレベルに対する杭基礎の耐震対策として最もシンプルと考えられる、杭頭接合部を非接合とする新しい基礎形式を対象に、杭頭絶縁基礎を適用した構造物に対する有効入力動を、解析的・実験的検討に基づいて評価することを目的としている。

本年度は、以下の検討を行った。1)相模トラフ沿いの巨大地震等に対する設計用長周期地震動の評価に資するため、経験式による地震動評価手法のさらなる高度化を図り、1923 年の関東地震に対する長周期地震動の振幅レベルについて検討した。2)2016 年熊本地震を対象に、現地での微動観測・地盤調査結果に基づく地盤構造モデルの推定および強震動の試算を行い、定性的ではあるが、地盤の非線形増幅特性が木造建物の被害甚大地域での地震動特性に影響を与えた可能性が示唆された。また、標準的とされる土の非線形特性では、当該地域の強震動を適切に評価できないことを指摘した。3)昨年度実施した模型振動実験に対して、得られた計測記録を分析するとともに、3 次元有限要素法によりシミュレーション解析を行い、杭頭絶縁基礎構造物では杭基礎構造物に比べて、上部構造の応答および杭頭の曲げモーメントが低減することを確認した。一方で今年度実施した等価線形解析では、上部構造のロッキング挙動を十分に表現できないことがわかった。

## 1) - 4 気象外乱下での建築物の継続使用に資する耐風・耐雪性能 検証法に関する研究【安全・安心】

### Study on Verification Method of Wind and Snow Resistance Performance for Continuous Use of Buildings under Extreme Weather Events

(研究開発期間 平成 28~29 年度)

構造研究グループ	奥田泰雄	石原 直	長谷川隆	荒木康弘
Dept. of Structural Engineering	OKUDA Yasuo	ISHIHARA Tadashi	HASEGAWA Takashi	ARAKI Yasuhiro

In this study, a verification method of wind and snow resistance performances was developed in order to contribute to the continuous use of buildings under extreme weather events based on the actual damage to each part of buildings induced by the extreme weather events of tornado, huge typhoon or heavy snow.

#### 【研究開発の目的及び経過】

近年、竜巻等突風、巨大台風、大雪など気象外乱下での建築物の被害が社会的なインパクトを与えている。これらの気象被害事例のなかには、工業団地内で被災後に継続使用できずに、一時的な操業停止による間接被害が甚大な生産施設もあった。体育館では、広範囲の屋根ふき材の飛散、窓ガラス等の損壊が発生し、多人数を収容する施設の防災上の課題が顕在化した。

そこで本研究では、竜巻、巨大台風および大雪の気象外乱による建築物被害の実態を踏まえ、被災後の継続使用性確保に資する性能検証法の開発を行った。

#### 【研究開発の内容】

(1) 気象外乱に対する継続使用性の目標ランクと荷重レベルの設定

既往の国内外における台風、ハリケーン、竜巻等による建築物等の被害調査報告書（日本建築学会、日本風工学会、建研・国総研、米国 FEMA の調査報告）を収集し、強風・竜巻等突風の作用（飛来物による作用を含む）に対して弱い弱な部位の抽出、被害部位と被災後の使用禁止状況（学校の休校日数等）との関係を調査した。

次に、抽出した強風・竜巻等突風（飛来物による作用を含む）、積雪の作用に対して弱い弱な部位の損傷状態について、気象外乱下での建築物の継続使用性に関する目標ランクの詳細を検討した。弱い弱な部位とは、上部構造として屋根構成部材、非構造部材として窓ガラスその他の開口部、屋根ふき材、吊り天井、内壁などが主な検討対象である。

暴風・竜巻による設計用荷重を定めた既往の国内外の指針類を対象に、その発生頻度を反映した設計風速の定義について調査した。暴風に関して文献 1 では、建築基準法での短期許容応力度設計の最低レベル（再現期間が概ね 50 年）に対して、100 年~200 年の荷重レベルを定めている。

一方、竜巻の風速については原子力施設の設計ガイド<sup>2,3)</sup>では $10^5 \sim 10^7$ 年と極めて長い再現期間が想定されている。再現期間が極めて長い荷重レベルは「偶発的な作用」として位置づけた。

(2) 外装材に作用する竜巻による突風荷重に関する検討【耐風】

竜巻-建築物間の相対的な大小関係をパラメータとした風圧実験結果に基づき、屋根の構造骨組用の風力係数の傾向をとりまとめた。また、粗度ブロックの密度をパラメータとした竜巻状気流による床面の圧力測定を行い、粗度ブロックの粗密気圧降下の性状について調べた。ナビエーストークスの方程式を展開し、既往の工学モデル（ランキン渦モデル）の修正を図った。

(3) 降雨の影響と偏分布を考慮した屋根上積雪荷重に関する検討【耐雪】

人工降雪が可能な低温実験施設にて、単勾配屋根（5 度）と腰折れ屋根（上側 2 度、下側 8 度）の 2 とおりの試験体（長さ 5m）を用いた屋内実験を実施した。

単勾配屋根の実験では、軒どいと M 型屋根を想定した谷どいの影響を検証した。降雨中、といからのオーバーフローが生じたが、屋根上に厚い帯水層が発生するなどの状況は確認されなかった。また、といを完全に閉塞した（排水口がない）場合が最も屋根上荷重が大きい結果となった。一方、腰折れ屋根の実験では、実験ごとにばらつきはあるものの、単勾配屋根の場合と比較して荷重に大きな差は見られなかった。帯水層は同一の勾配区間内では水上側が薄く、水下側が厚くなる傾向にあった。

既往の文献<sup>4)</sup>などに倣って、降雨下での積雪を上部の不飽和層と下部の飽和層に分け、前者の降雨荷重は勾配等によらず変化しないものとし、後者についていくつかの仮定をおいたモデルを設定した。腰折れ屋根や円弧屋根については、棟と軒を結ぶ直線と同じ単勾配の屋根として降雨荷

重を評価できることを示した。実験結果や数値解析との比較によるモデルの検証を加え、建築物の梁部材の寸法等に対する影響を検討した。

さらに、屋根の条件に応じた排水メカニズムを分析するため、数値解析を実施した。降雨が積雪に浸透し、屋根から排出される状況が、土壌等に適用される不飽和浸透現象に従うと仮定し、既往の水分移動特性モデルを適用した。同モデルでの解析結果と実験結果との整合性を確認したうえで、積雪深や降雨強度と割増し荷重との関係、屋根形状と割増し荷重との関係について系統的に分析した。

本項の成果は平成 19 年国土交通省告示第 594 号の改正と関連する技術的助言に反映された。

(4) 継続使用性の目標ランクに応じた性能検証法の提案【耐風】

耐震性に関する既往の研究に倣い、最大級の暴風・竜巻後の継続使用性確保のための目標ランクとして、上位から S, A, B の 3 段階を設定した。目標ランクの内容は耐震性に関する既往の研究と同じであり、活動上重要なエリアとそれ以外のエリアで目標とすべき継続使用状況（使用制限の有無）を記述している。

設計者等は選択した目標ランクに応じて、構造躯体と外装材ごとに構造上の分類（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ類）を選択するが、外装材はさらに活動上重要なエリアとそれ以外のエリアに分けられる。例えば目標ランク S であれば、全ての部位に対してⅠ類の状態が要求される。一方、目標ランク B であれば、状況に応じてⅠ類からⅢ類までの複数の組み合わせが考えられる。

構造上の分類の詳細と各部位の損傷限界状態の検討例を表 3 に示す。Ⅰ～Ⅲ類は、最大級の暴風・竜巻後に当該部位に損傷を許容するか否か、許容する場合にはどの程度の修復工事等を想定するか、という観点で記述している。Ⅰ～Ⅲ類の状況に対応する各部位の損傷限界状態は、既往の設計指針に定めるクライテリアや被害事例等を参考にして検討した。

図 1 に、構造躯体と外装材について、目標ランク（S, A, B）と既往の耐風設計法との関係を示す。既往の耐風設計法として、「建築基準法（黒○）」、「官庁施設の基本的性能基準（青●）」、「災害拠点建築物の設計ガイドライン（案）（赤■）」<sup>5)</sup>での性能水準を併記している。

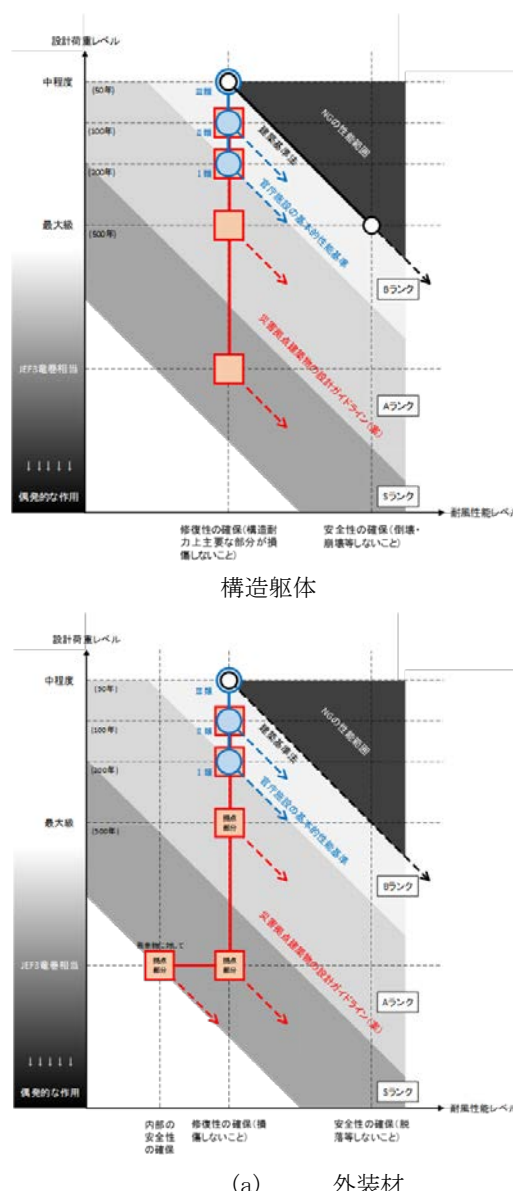


図 1 暴風・竜巻の強さと建築物の要求性能との関係  
【参考文献】

- 1) 公共建築協会：官庁施設の基本的性能基準及び同解説，2006 年
- 2) American Nuclear Safety: Estimating tornado, hurricane, and extreme straight line wind characteristics at nuclear facility sites, 2011 年
- 3) 原子力安全基盤機構：原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説，2013 年
- 4) 例えば M. O' Rourke, C. Downey: Rain-on-snow surcharge for roof design, J. Struct. Eng., 127(1), pp. 74-79, 2001. 1
- 5) 国土技術政策総合研究所：国総研資料第 1004 号「災害拠点建築物の設計ガイドライン（案）」2018. 1

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tmn/tmn1004.htm>

1) - 5 杭基礎の 2 次設計用地盤変位の簡易算定法の開発【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 新井洋

本研究開発課題は、担当者の開発してきた単純な四則演算や構造設計者に馴染みのある計算法のみを用いて地盤変位を簡便に算定する方法について、とくに 2 次設計レベルの地震荷重に対して、提案法の更なる実用化に向けた改良を行い、その妥当性と有効性の検証事例を蓄積することで、杭基礎の 2 次設計用地盤変位の簡易算定法を確立することを目的とする。

本年度は、地盤変位の深さ方向分布を定める方法について、多質点系の固有値解析によらない電卓でも可能な簡易計算法の開発が難航していたが、12 月頃に見通しが立った。このため、平成 29 年度内の業務完了が時間的に難しく、この計算法の検証と成果の論文発表、また計算用ソフトウェアの作成と web での無償公開を、平成 30 年度に繰越し延長して実施することとした。

1) - 6 鋼材の一樣伸びの評価と梁端接合部の破断で決まる変形性能に及ぼす影響に関する研究  
【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 三木徳人、石原直、長谷川隆

鋼材の伸び能力は、一般に破断伸びで整理されていることが多く、鋼材の引張応力度に対するひずみ度である一樣伸びでは整理されておらず、一樣伸びがどの程度となるか提示されていない。さらに、鋼材の一樣伸びは梁端接合部の破断で決まる変形性能に影響することが考えられるが、そのような検討はほとんど行われていない。

本研究課題では、梁端接合部等の破断で決まる変形性能の評価に資する鋼材の一樣伸びを評価するために、まず、鋼材の一樣伸びに関する既往の知見の整理及び検討を行い、既往の一樣伸びに関する実験データを収集・整理を行い、さまざまな種別について体系的に検討する。そして、梁端接合部の破断で決まる変形性能に及ぼす鋼材の一樣伸びの影響を検討する。

本年度は、実験データの少ないものについて一樣伸びの評価に関するデータを得るための実験を実施すると共に、既往のデータと併せた分析を行った。さらに部材解析を行い、一樣伸びが梁端接合部の変形性能に及ぼす影響について検討した。

1) - 7 鉄筋コンクリート造部材の実験データベースを利活用した構造特性評価に関する研究  
【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

[担当者] 向井智久、田沼毅彦、平出務

本研究課題では、新築建築物として浮き上がり挙動となる連層壁、空間可変性を高めるフラットビームを用いた新たな構造システムおよび極大地震に対して倒壊しないバックアップシステムを開発するものである。

今年度は、浮き上がり部分でエネルギーを吸収できるコアタイプの RC 造連層耐震壁試験体の載荷実験を実施した。ダンパーがない状態で行った初期実験では、浮き上がり耐力が簡便な算定式で評価できること、浮き上がりに伴う試験体の損傷が殆ど生じないことを確認した。また、ダンパーを取り付けた後半の実験では、ボルト接合部の滑りにより、ダンパー降伏時の水平変形が大きくなる課題が残ったが、ダンパーの塑性化によるエネルギー吸収が期待できること、ダンパーを取り付けた場合も簡便な算定式で最大耐力を評価できること、試験体の損傷も軽微に抑えられることなどを確認した。

1) - 8 ガセットプレート形式の接合部を含むトラス構成部材の座屈耐力に関する研究  
【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 石原直、三木徳人、沖佑典、岩田善裕、長谷川隆

本研究開発課題では、2014 年 2 月の関東の大雪で大破した建築物の被害例を契機として、ガセットプレート形式の接合部を含むトラス構成部材の座屈耐力に関する検討を行う。具体的には接合部を含む単材とトラス梁の試験体を用いた載荷実験やパラメータの影響を補足するための解析等を行い、実用的な設計式を提案することを目的としている。

平成 29 年度は、単材の試験体を対象として単調載荷実験を実施し、接合部の形状・板厚・補強（スチフナ）の有無などの

パラメータに応じた座屈耐力を把握した。成果は日本建築学会関東支部研究報告集、平成 29 年度建築研究所講演会などで公表した。また単材実験の結果も踏まえて、トラス梁の試験体及び治具を計画し、製作した。

#### 1) - 9 応力調整機構を利用した鉄筋コンクリート造壁付き部材の構造性能評価に関する研究

【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～30 年度）

〔担当者〕 渡邊秀和, 中村聡宏

本研究開発課題は、鉄筋コンクリート造壁の一部に応力調整機構を設置することで、鉄筋コンクリート造壁付き部材に作用する応力を構造設計者が制御することができる構造形式の提案を行うものである。このような構造形式における鉄筋コンクリート造壁付き部材の構造性能を把握することを目的として静的加力実験を行い、得られた知見を技術資料として取りまとめる。

本年度は、提案する構造形式について、類似の研究内容を把握するために、必要な既往の知見の収集、取りまとめを行った。特に、壁付き部材について既往の実験結果の収集を行い、応力調整機構のない場合の実験データを取りまとめた。また、ロッキング壁やアンボンドプレストレスト構造形式の壁実験論文の収集を行い、鉄筋が定着されていない場合の RC 造部材の挙動についての実験データを取りまとめた。これら、既往の研究成果を参考に、応力調整機構を利用した鉄筋コンクリート造壁付き試験体の計画を実施した。

#### 1) - 10 海岸線からの距離及び標高による建築物に作用する津波波力の低減に関する研究

【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～30 年度）

〔担当者〕 岩田善裕, 奥田泰雄, 石原直

本研究開発課題は、陸地の特性として津波避難ビル等の建設地点の海岸線からの距離及び標高に着目し、勾配を有する陸地を遡上する津波の数値流体シミュレーションにより、海岸線からの距離に応じた津波の減衰度合いを調査し、津波波力の低減に資する評価法を提案することを目的とする。

本年度は、津波の数値流体シミュレーションの実施計画を立て、陸地を遡上する津波の非先端部を対象とした数値流体シミュレーションを実施し、海岸線からの距離及び標高に応じた、津波の流速、浸水深、フルード数及び水深係数指標の変化の傾向について調査を行った。

#### 1) - 11 既存建築物の地震後継続使用のための耐震性評価技術の開発【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕 向井智久, 井上波彦, 長谷川隆, 荒木康弘, 田沼毅彦, 中村聡宏, 渡邊秀和, 新井洋, 平出務, 中川博人, 三木徳人, 石原直, 鹿嶋俊英, 石井儀光

本研究開発課題は、平成 27 年度までに実施してきた重点研究課題の成果を引き継ぎ、一般の既存建築物（共同住宅や事務所ビル等）を対象として、地震後の継続使用性を評価するために必要な技術開発を行い、既存中高層建築物の耐震補強設計に役立つ技術を開発し、将来的に取り纏める評価指針に役立てることを目的とする。さらに、被災建築物の地震後継続使用性の判定に役立つツールの開発を行い、地震後の被災調査の合理化に資する判定手法の確立に資することを目的とする。

本年度は、以下の検討を実施した。

##### (1) 地震後の継続使用性に資する建築物の耐震性評価手法の提案

##### 2) 熊本地震による既存建築物の被害要因分析と地震後継続使用性評価

RC 造について、昨年度の調査結果に加え、現地で被災調査等を追加で実施し、その結果を用いて実施した検討内容は以下の通り：

##### ① 中間層の柱梁接合部において損傷集中し大破した庁舎（建設年 1998 年）

当該庁舎の設計図書を入手し、それらを元にモデル化を行った。特に大きな損傷となった柱梁接合部について建築学会から刊行された指針を元にその分析を行った結果、実際の損傷箇所との整合性が確認され、現行基準における課題として「柱梁接合部降伏と局部崩壊との関係」を浮き彫りにした。

②ピロティ階の柱、梁、スリット付き壁が大きく損傷し大破した共同住宅（建設年 1992 年）

コンクリートおよび鉄筋の抜き取り調査及びそれらの材料試験を実施し、被災家建築物に用いられた材料特性を把握した。それらを用いて被害要因分析のための解析を実施した。その結果、現行基準における課題として「連層耐震壁の枠梁と必要壁縦筋量」を浮き彫りにした。

③ピロティ階の柱が大きく損傷し大破した共同住宅（建設年 1998 年）

当該建物の設計図書を入力し、それらをもとに部分架構の立体モデル化を行った。立体モデルの静的増分解析を行い、2 階より上の耐力壁の部分スリット部のモデル化の違いによるピロティ階柱応力、特に転倒モーメントによる変動軸力の違いを明らかにし、隅柱に被害が集中した要因を明らかにした。

④非構造壁が大きく損傷した共同住宅（建設年：1979 年、1981 年）

微動計測を実施し、各共同住宅の振動特性を把握するための調査を実施した。また 2 棟の共同住宅について建物モデルを構築し、実被害との相関性について検討した結果、近隣の地表面において観測された地震動を用いた場合、実被害よりも大きな損傷となる結果が得られ、実際に当該建築物に入力した地震動の大きさについて検討した。また当該建築物の継続使用性を確保するために非構造壁を対象として耐震改修効果について検討を行なった。

⑤耐震補強されたが杭が大きく損傷した庁舎（建設年：1980 年）

当該庁舎の室内において被災調査を実施し、被災度区分判定を実施した結果、上部構造物の損傷としては中破、基礎構造の損傷を考慮すると大破と判定した。さらにこれらの設計図書および耐震補強時の計算資料を入力し、上部構造物の立体モデルに対して静的増分解析を行った結果、上部構造物は耐震補強により十分な水平強度を有していること、当該建築物の被災状況は層間変形角  $1/300$  以内と考えられることを確認した。さらに杭基礎に関する分析について、上部構造物の慣性力ならびに地盤変位を考慮した杭の損傷評価に関する結果が得られた。

⑥柱梁接合部の損傷により局部崩壊した庁舎（建設年：1965 年）

現地解体時に入手した材料に対して材料実験を実施した。また当時の設計図面および耐震診断時の計算資料を入力し、建物を立体でモデル化し解析検討を実施した結果、柱梁接合部が釣り合い破壊することを確認した。また時刻歴応答計算によって地震応答性状を確認し、実際の被害との関係性を分析した。

3) 既存建築物の地震後継続使用性評価手法の提案

国交省主体で検討されている防災拠点ガイドライン策定に関する打ち合わせに参加し、新築建築物の設計時に用いられる内容について検討した。

(2) 地震後の継続使用性に資する部位の耐震性能評価手法および継続使用性向上耐震技術の開発

2) 中高層既存建築物に対する耐震性向上技術の開発

①RC 壁に対する耐震改修技術開発

超高強度繊維コンクリートプレキャスト袖壁を用いた耐震補強工法を提案し、その有効性について昨年度実施した架構実験結果を用いて検証した。また施工の合理化を目指して袖壁を分割して利用する工法について展開し、そのための部材実験を実施した。その結果、分割した場合も十分な強度を向上させることができた。また圧縮応力の大きくなる位置のパネル形状を変化させることで強度および靱性を向上させる補強とできることを確認した。次年度はこれらの補強効果を評価するための実験並びに解析検討を実施する予定である。さらには壁に生じる損傷評価手法として高解像度カメラ（5000 万画素程度）を用いた方法を適用し、その妥当性について確認した。

②コンクリート杭に対する耐震性向上技術開発

実大で大きな地震時応力を作用させた既製コンクリート杭および現場打ち RC および SRC 杭を対象に、杭体の曲げ実験、せん断実験、および既製杭を有する部分架構を対象とした構造実験を実施し、その効果を分析した。その結果、既製コンクリート杭のせん断実験では軸方向に割裂する破壊、場所打ち SRC 杭の曲げ実験では鋼管が座屈後破断する破壊が確認した。また既製杭を用いた部分架構実験を今後実施する予定である。また、2 月末に見学会を実施し成果を公開するとともに関係者との意見交換を行った。

(3) 被災建築物の継続使用性を判定する技術の開発

1) 強震観測に基づく既存建築物の耐震性能評価と継続使用性の関係分析

建築研究所で保有する強震観測システムと JAXA が保有する衛星測位システムを用いた建物の変形観測システムを相互に融合させた新たなシステム開発について、共同観測を行うための対象として、建築研究所の本館および新館と JAXA が保有

する免震構造である研究推進棟を選定し、前者に建物上部と地上に衛星データを受信する装置を設置し観測を開始した。これまでに、震度 2 程度の揺れを複数回観測できたため、それぞれの観測データの分析を進めた。

また一般公募により、国際航業が有する衛星測位システムを用いた残留変形評価手法構築のための観測を行う。

## 2) 地震時の部位の損傷を判定する個別ツールの開発

①地上型 3 次元レーザースキャナーを用いた建物の損傷評価システムの構築に向け、昨年度までに計測した実建物や試験体について以下の分析を行った。

- ・計測した点群データから実大架構試験体の境界線を抽出する方法を提案し、抽出した線を用いて、各階の残留層間変位の計測を行い、実験結果から得られた計測結果と整合していることを確認した。またそれらを図面化する方法を提案した。
- ・計測した歴史的建造物の点群データを用いて、VR 技術を用いた可視化手法の可能性を検討し、実際に運用する際の問題点を明らかにした。

## 1) - 1 2 中高層木造建築物等の構造設計技術の開発【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 荒木康弘、向井智久、長谷川隆、石原 直、岩田善裕、三木徳人、早川 翔、河合直人、五十田博、中島史郎  
本研究課題は、平成 26～27 年度研究課題「CLT 等を構造材とする木造建築物の普及促進に資する設計法の開発」の研究成果を活用し、中高層木造建築物等に使用する複合部材の性能評価法、合理的な構造計算に資する技術的な知見、及び木造と異種構造の併用構造等の合理的な構造計算に資する技術的な知見の収集等を行い、設計側あるいは審査側に活用される技術資料として取りまとめることを目的として、安全かつ合理的な中高層・大規模木造建築物を普及・一般化するための技術基準の明確化に関する検討を行う。

平成 29 年度に検討した 3 テーマの成果を以下に示す

### (1) 中高層軸組耐力壁構造の許容応力度等計算に関する設計技術の検討

許容応力度等計算で大地震時の安全性を保証するために必要な構造性能について、4 層～6 層モデルを用いて解析的検討を行った。検討の結果、①めり込み変形を考慮して、耐力壁の荷重変形関係から予想される層の構造特性係数に対し 0.05～0.1 を加えた値を層の構造特性係数とすること、②耐力壁には、短期と終局のせん断耐力の比と層の  $D_s$  を考慮した割増係数を乗じること、③引張接合部には、層の  $D_s$  から想定した終局時の必要性能を考慮して設計すること、④圧縮接合部は、変形抑制の観点から 1.5 程度の割増係数を乗じること、大地震時の安全性を確保できることを確認した。

### (2) 中高層枠組壁工法・CLT 構造の許容応力度等計算に関する設計技術の検討

許容応力度等計算で大地震時の安全性を保証するために必要な構造性能について、6 層～8 層モデルを用いて解析的検討を行った。検討の結果、①めり込み変形を考慮して、耐力壁の荷重変形関係から予想される層の構造特性係数に対し 0.1 を加えた値を層の構造特性係数とすること、②耐力壁には、短期と終局のせん断耐力の比と層の  $D_s$  を考慮した割増係数を乗じること、③引張接合部には、層の  $D_s$  から想定した終局時の必要性能を考慮して設計すること、④圧縮接合部は、変形抑制の観点から 1.5～2 倍程度の割増係数を乗じること、大地震時の安全性を確保できることを確認した。

CLT 工法建築物について、現行法規では 3 階建までが適用範囲となるルート 2 の応力割り増し係数について、5 階建モデルを用いて限界耐力計算（等価線形化法）による解析的検討を行った。

中高層化を実現するための耐震要素として、目標性能 40kN/m（壁倍率換算 20 倍）として 3 仕様の耐力壁の実験を行い、その構造性能を実験的に確認した。また、CLT 構造の耐力壁として利用する CLT 壁パネルのラミナ幅（105 mm, 74 mm, 124mm）、および内層ラミナの強度（外層 M90、内層 M60 と M30）の違いが面内せん断性能にあたる影響について実験的に確認した。

### (3) 中高層木質併用構造等の設計技術の検討

立面混構造建築物の大地震時の安全性を許容応力度等計算で保証する可能性を検討するため、上部木質構造と下部 RC 造部分の剛性を変化させた場合の SRSS と  $A_i$  分布の外力分布の比較、および弾塑性応答解析を行った。

また、28 年度に実施した木質立面併用構造の試設計で提案した、横架材に鋼製梁、耐震壁に CLT（S90-9-9,  $t=270\text{mm}$ ）、引張接合部にテンションロッドを用いた耐震要素の構造性能を実験的に確認した。さらに中高層木造建築物での一般的な工法となると考えられるタイロッドを用いた引張接合部の基礎部分の接合方法に関する問題点と対策を検討した。また、



RC スラブとの併用部分で用いる異種構造間接合部の構造性能を確認する実験を行った。

### 1) - 1 3 既存中低層鉄筋コンクリート造建築物の空間拡大技術の開発【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 中村聡宏、向井智久、田沼毅彦、平出務、宮内博之、松沢晃一

本研究開発課題は、低騒音低振動施工による空間拡大技術、空間拡大後の建物の耐震性能の評価技術および耐久性劣化に配慮した構造技術の開発を行い、既存中低層鉄筋コンクリート造建築物の機能性を向上させることで、既存ストック促進のための技術的課題を解決に資する技術開発を目的とする。

本年度は、連層耐力壁の新設開口補強筋として静充填型アンカーを用いた耐力壁の載荷実験を実施し、開口補強筋として静充填型アンカーを用いることで、開口補強として十分な性能を発揮することが確認された。また、あと施工アンカーを用いて実建物に増設したスラブ試験体において、スラブの長期たわみ性状を検証した。さらに、昨年度製作した鉄筋コンクリート造梁部材および付着強度を確認する要素試験体について、想定した腐食状態を再現するための電飾による蓄積電流量を把握し実施した。その結果得られた主筋の腐食状態の異なる 2 体の梁試験体に対して加力実験を実施し、破壊モードが変化することを確認した。

## 2) 環境研究グループ

### 2) - 1 既存建築物を対象とした広域災害によるライフライン途絶への対応性向上技術に関する研究- ライフライン途絶対応型設備システムに関する研究- 【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 山海 敏弘、清水 康利、竹崎 義則、吉田 義久

本研究においては、既存建築物における BCP・LCP 向上技術のうち、既存の設備等を活用した水・エネルギーのライフライン途絶への対応性向上技術、防災設備を活用したライフライン途絶への対応性向上技術について検討を実施している。

平成 29 年度の研究においては、建築研究所が実施した「大災害に伴うインフラの途絶に対応した超々節水型衛生設備システムに関する研究(平成 26-27 年度)」と総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発(平成 25-28 年度)」の研究成果を踏まえ、給排水・衛生設備、自家発電設備等の電源設備、防災設備等を対象として、これらの設備を既存建築物において活用する場合における問題点・課題の分析を進め、対応手法に関する検討を行った。

### 2) - 2 建築物の環境性能に配慮した省エネルギー性能の評価に関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 足永靖信、西澤繁毅、三浦尚志、赤嶺嘉彦

本研究開発課題では、各種省エネルギー手法と室内温熱環境等との関連について検討するとともに、既存の計算法の精緻化、最新機種等の規格整備などを通して、より高度な省エネルギー性能の評価手法について検討する。また、省エネ法で用意された一次エネルギー消費量計算プログラムの運用および更新といった行政支援、またその普及促進のための情報整備を目的とする。

本年度は、設備・制御による省エネ手法と環境性能の関連に関する研究、外皮による省エネ手法と環境性能の関連に関する研究、各種設備機器等の計算法精緻化と規格整備について検討した。また、既存の省エネ住宅ガイドライン更新について具体的な作業を実施し、更新情報の公開・発信について検討した。

### 2) - 3 パッシブソーラー手法の設計・評価技術の合理化・精緻化に向けた検討【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 西澤繁毅

本研究開発課題では、いわゆる「パッシブソーラー」手法を構成する、躯体蓄熱による温熱環境調整効果や建物形状や庇

等による日射遮蔽／取得効果、室内等の気流動を主な対象として、建築的に受ける制約や物理的な特性による制限について分析し、それらの制約・制限を解決するための機械力を含めたアシスト手法を含めた合理的なパッシブ計画手法を構築することを目的とする。

本年度は、住宅の蓄熱性能を評価する指標として、ISO 13786(建物構成部材の動的熱特性計算法)の有効熱容量の評価手法をベースにした住宅や区画単位で蓄熱性能を評価する手法の検討を行った。省エネ基準における外皮性能(U<sub>A</sub>値)の評価に沿った境界条件の整理を行い、有効熱容量の計算プログラムを作成した。また、日射取得／遮蔽効果から、室内の熱授受まで計算するツールの開発を行った。外部の日射取得／遮蔽効果の計算モジュール、躯体の熱伝導計算モジュール等を開発し、個別の検証を行った。

## 2) - 4 設計実務者向けの簡易負荷計算法の開発【持続可能】

研究開発期間 (平成 28～30 年度)

[担当者] 三浦尚志

本研究開発課題は、住宅の省エネルギー基準において、様々な暖冷房負荷低減に資する建築的工夫(ダブルスキン・空気集熱式太陽熱利用・潜熱蓄熱座利用など)の評価を行うことができる評価基盤として、高速に計算でき、かつ少ない入力情報ながら様々な建築的工夫に対してインセンティブを与えるような簡易的暖冷房負荷計算を開発するものである。

本年度は、簡易的な負荷計算方法のプロトタイプを作成し、計算精度や計算速度の確認を行った。昨年度に開発した負荷計算法について、土壌や室内表面間の長波長放射の影響等、計算方法についての細かい調整を行った。また、設計実務者でも計算が可能ないように、建物仕様等を簡易的に入力できる方法を検討し、躯体に関する熱性能計算プログラムの入力インターフェースの素案を、入力者のレベルに応じて作成した。さらに、従来の熱損失や日射熱取得に関する指標に加え、蓄熱性能を表す指標について既往研究を調査し、指標作成の考え方を整理した。

## 2) - 5 屋外暑熱環境に配慮したヒートアイランド適応策に関する研究【持続可能】

研究開発期間 (平成 29～31 年度)

[担当者] 足永靖信

本研究開発課題は、ヒートアイランド対策を都市生活者の視点から再考し、講ずべき都市建築の対策や技術的課題をヒートアイランド適応策として整理することを目的とする。

本年度は、以下の内容を実施した。

- (1) 熱的適応性の基礎調査 ヒートアイランドの熱的適応性の観点から考察を行うための技術資料を収集した。
- (2) 都市空間における体感温度評価技術の開発 都市空間における体感温度の抑制技術として、屋外庇空間、歩行部の建物壁セットバックを新たに評価するため、ツールの入力データ及び処理アルゴリズムの改善策を検討した。
- (3) 屋外暑熱環境に配慮したヒートアイランド適応策 (1)(2)の検討結果を基にした、屋外暑熱環境に配慮したヒートアイランド適応策に関する技術資料の整理方針の検討を行った。

## 3) 防火研究グループ

### 3) - 1 木質等の内装を有する建築物の避難安全設計技術の開発【安全・安心】

研究開発期間 (平成 28～30 年度)

[担当者] 鍵屋浩司、成瀬友宏、西野智研、野秋政希、出口嘉一

本研究開発課題は、木材等の多様な内装材の利用を視野に、木質等の内装を有する空間の性能評価の枠組みを構築する。木材等の内装の貼り方、室の床面積や天井高さ、開口条件等に応じて、火災性状を予測する手法を開発する。さらにこれを火災外力として、居室や避難経路の排煙設備やスプリンクラーの効果も考慮して、居室から階・全館避難に至る避難安全設計法を構築するものである。

本年度は、内装の貼り方や室の規模に応じて内装の火災性状を予測する手法を開発するために、煙層の予熱によって内装

材の火炎伝播が発生する条件を、床面積 35m<sup>2</sup>の室の実大火災実験で把握するとともに、内装の燃焼拡大と煙層の状態変化を相互に考慮した二層ゾーンモデルを開発して、室の規模や天井の不燃化による内装の火災成長・煙層降下の相違を予測できるようにした。また、排煙設備の効果を把握する実大実験の計画及び実験装置の整備を行うとともに、スプリンクラーによる燃え広がり抑制効果の検証実験及び壁面への散水密度の実測を行った。さらに、消防活動支援を避難安全設計法に反映させるために、建研の実験棟を中層の火災建物に見立てた消防活動訓練を実施して消防隊による各活動時間を実測した。

### 3) - 2 散水設備による火災抑制効果の定量的評価手法の開発【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕野秋政希

スプリンクラー設備等の散水設備は火災拡大を抑制できるため、在館者の避難安全、火災時の構造安定性等にとって有効である。しかし、現行の建築基準法では、スプリンクラー設備の設置による防火関係規定の緩和は、内装制限、防火区画（面積区画）のみであり、性能的火災安全設計では散水設備の火災抑制効果を考慮されていないのが一般的である。これは、散水設備による火災抑制を設計火源等に評価する手法が確立されていないことが一因である。そこで本研究課題では、①散水による可燃物の燃焼抑制効果、②散水による部材の受熱低減効果の 2 点に着目し、これらに関する定量的知見の収集および評価手法の構築を目的としている。

上記①に関して、昨年度はソファー等に多用されているウレタンフォームの燃焼中に散水を行う実験を実施し、散水密度と燃焼によって発生する発熱量（発熱速度）との相関性を明らかにした。本年度は燃焼中のウレタンフォーム表面の熱収支に着目し、散水中のウレタンフォームの発熱速度の推定モデルを構築した。一方、上記②に関して、加熱と散水を受ける物体の熱収支をモデル化し、そのモデルの計算結果と昨年度収集した様々な加熱強度・散水密度に応じた鋼板の温度を比較し、同モデルの妥当性を確認した。

### 3) - 3 地震後火災等を想定した建築物の火災安全上の課題に関する調査【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～30 年度）

〔担当者〕成瀬友宏、鍵屋浩司、出口嘉一、野秋政希

本研究開発課題は、地震後火災等を受けた建築物の応急危険度や継続使用性を判定するための評価技術、建築物の継続使用性を確保するための技術について文献調査を行って課題を明確化し、その対策技術の考え方を整理することを目的とした平成 31 年度新規重点課題の研究計画に活用して、安全・安心プログラムの目標を達成できるようにするものである。

本年度は、既往の研究を調査し、地震後火災時における木造軸組工法、2x4 工法、軽量鉄骨造について壁 2 面と床で構成する門型の構造体に地震を想定した加力を行った後に加熱を行って、地震動による耐火性能への影響を実験的に確認した。また、RC 床スラブの耐火性能の測定のために試験体を作成し、地震後火災時における有孔鉄骨梁の火災時挙動のための実験を実施した。

### 3) - 4 中高層木造建築物の防耐火関連技術の開発【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕成瀬友宏、鍵屋浩司、出口嘉一、野秋政希

本研究開発課題は、従来の知見を踏まえて、中高層木造建築物を実現するために必要な耐火建築物・準耐火建築物の防耐火構造に関する知見の蓄積、接合部など関連する木造耐火構造の防耐火技術の開発を行うことを目的としている。

本年度は、木造耐火構造の接合部の性能確認を行い、耐火構造の例示仕様である屋根（30 分耐火性能）と床（1 時間耐火性能）について準耐火性能を実験により確認した。その結果、耐火時間の約 2 倍の準耐火性能を有することが確認できた。

## 4) 材料研究グループ

### 4) - 1 回収骨材等を使用したレディーミクストコンクリートの必要性能・品質の検証【持続可能】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

〔担当者〕 棚野博之、松沢晃一

本研究は、建築物の基礎、主要構造部等に使用するコンクリートとして確保すべき性能・品質と管理方法の整理、並びにそれら性能・品質に対応した JISA5308 及びその引用規格の性能・品質基準の適合性の整理等を目的に、本研究課題では回収骨材を使用したコンクリートの耐久性と安定化スラッジ水の品質等の技術情報を収集・整理する。

本年度は、回収骨材を使用したコンクリートの JIS 認証を受けている全国 31 工場から 14 工場を選定し、回収骨材の製造方法・管理方法・品質、回収骨材を使用したコンクリートの物性等の確認を行った。また、回収骨材の使用法（A法、B法）及び洗浄方法別に各骨材の物性の確認並びにそれらを使用したコンクリートの力学特性及び耐久性能試験用供試体の作製と一部短期材齢の試験等を行った。その結果、JISA5308 で規定される回収骨材使用率の上限（20%）以下であれば、短期材齢の圧縮強度は新骨材のみを使用したコンクリートとほぼ同等であることが確認された。

#### 4) - 2 中高層木造建築物等の構造設計技術の開発【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕 槌本敬大、荒木康弘、山口修由、秋山信彦

本研究開発課題は、公共建築物木材利用促進法その他の社会情勢により、関心が国内外で高まっている木造建築物の中高層化に際して必要な技術開発を行うものである。このような背景のもと、平成 23 年度から 27 年度にかけて実施した中層大規模木造建築物や CLT 等を構造材とする木造建築物に関する重点研究課題 2 題によって明らかになった技術課題等について技術開発を行っている。具体の技術開発課題は、1) 木造建築物の中高層化を実現する複合材料等の性能評価技術の開発、2) 集成材等建築物の中高層化に要する構造計算基準の適正化・合理化、3) 中高層軸組耐力壁構造建築物の許容応力度等計算に関する設計技術の検討、4) 中高層枠組壁工法・CLT 構造建築物の許容応力度等計算に関する設計技術の検討、5) 中高層木質併用構造等の設計技術の検討、6) CLT パネル構造の仕様書規定の検討に区分して行っており、当グループは 1)、2)、6)及び 4)の一部を分担している。

本年度は、1) では断面構成の違いによる破壊モードの差異に関して整理し、ウェブ材料としての OSB のエッジワイズの曲げ強度を実験的に評価するとともに、OSB クリープ破壊試験を継続した。2)では集成材架構のモーメント抵抗接合として最も汎用される鋼板挿入ドリフトピン接合の変形能力と終局耐力の実験的に評価、集成材架構の接合部の塑性率と①ラーメンフレーム・②ブレース構造・③アーチ構造の塑性率の関係、及び各接合形式の終局耐力算定法を整理し、曝露試験を継続して集成材厚板パネル、CLT、LVL 等マッシュティンバー構造用パネルの寸法安定性の評価を継続した。6)では低層用 CLT パネル構造に用いる引きボルト接合部の実験的に得た荷重変形関係に基づいて、耐力壁の水平せん断性能との関係性を実験的に評価するとともに、有節ラミナによる異等級構成 CLT の横圧縮、めり込み特性を実験的に明らかにし、実験棟内における CLT パネルの変形特性、クリープ変形、陸屋根における脱湿挙動の測定を継続した。4)の一部として、6 階建て枠組壁工法実験棟における沈み込み挙動の計測、強震観測、陸屋根における脱湿挙動の測定等を継続した。

#### 4) - 3 スクリュー接合による木質ラーメン構造の耐震設計法に関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

〔担当者〕 秋山信彦

建築分野における木質材料利用促進の重要性が高まり、大規模木造の設計技術開発の社会的要望が強まる中、空間利用自由度の高く標準架構となり得る木質ラーメン架構の耐震設計は重要である。しかし、その耐震性能を左右する接合部に対する終局挙動の適切な設計法が汎用的な仕様に対しても未だに十分に提示されていないのが現状である。こうした状況の一方で、スクリュー接合は施工性や接合性能に優位性を持つものとして住宅産業で急速に普及しており、大規模木造用の汎用接合に対する代替可能性検討は有用であるものと考えられる。このため、本研究課題では、スクリュー接合による木質ラーメン構造を対象として、終局耐力・終局変形能を適切に評価する設計法の提案を目的とする。

本年度は、まず、既往研究等の調査を実施して知見を収集し試験に供する 2 種類のスクリューを選定した。次に、選定したスクリュー接合の実験データを用いて、標準接合具に対して規定される現行の配置基準を準用し、モーメント抵抗接合部のスクリュー配置に関する解析的検討を行った。更に、配置基準の適用可能性を検討するため、端距離等の接合具ピッチや母材強度に対する余裕度を実験変数とした複数の配置パターンでの接合部について、片持ち形大曲げ実験を実施し、正負

繰返し条件における荷重変形関係を取得し、破壊性状や曲げ特性について分析・整理を行った。

#### 4) - 4 RC 造建築物の変状・損傷の早期確認と鉄筋腐食の抑制技術等に関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 宮内博之、松沢晃一、棚野博之

本研究では、RC 造建築物を長期に継続使用する上で必要となる耐久性に関わる技術を開発することを目的とし、次の 3 つのテーマについて検討し、その成果は次のとおりである。①既存診断技術への支援システムの開発：非 GPS 環境下での点検調査ドローンの開発、無人航空機を活用した点検・維持管理技術開発、高解像度カメラ搭載ドローンによる調査、非接触方式による外壁調査診断手法の実証実験を行った。また（一社）日本建築ドローン協会を設立し、ドローンによる建物点検人材育成の検討を開始した。②鉄筋腐食に関わる技術的検討：海水中における塩分堆積量の確認試験、中性化促進と塩水浸漬試験、及び鉄筋腐食に係る屋外暴露試験を開始し、次年度からの測定の準備を行った。③補修・改修後の構造部材の耐久性評価：補修・改修された建物の劣化調査を実施し、コンクリートの水分状態や鉄筋の腐食状態について確認・測定を行った。また補修した試験体を用いて屋外暴露試験を北海道、つくば（雨掛りあり・なし）、沖縄の 3 地域で開始した。

### 5) 建築生産研究グループ

#### 5) - 1 複数の勾配から成る鋼製下地在来工法天井の耐震設計法に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

[担当者] 沖 佑典、石原 直

在来工法天井のうち規模等の観点から定義された特定天井に対して制定された基準は、天井面の慣性力をそれ自体の面内剛性のみによって天井下地材に伝達することが前提にある。一方、(複数の) 勾配から成る天井も需要があるが、特定天井に対する各種ルートによる設計には技術的な知見が不足しており、現状では設計に過大な制約が設けられているといえる。本研究開発課題は、様々な天井の耐震性確保のために、実験及び解析を行い、複数の勾配から成る天井における耐震設計上の留意点を提示することを目的とする。

本年度は、長さ約 3m の在来工法天井の数値解析モデルを作成し、簡易的な検討により、勾配を有する天井における損傷形式やその補強対策案に関して一定の知見が得られた。また、勾配によって生じる天井の接合部周辺を抽出し、天井の面外曲げ特性に接合部が与える影響を考察するための試験体を製作し、静的単調曲げ実験を行った。この検討により、接合部詳細の差異や勾配の有無に対する耐力・剛性の差異を確認した。

#### 5) - 2 熟練技術者・技能者の減少を克服する建築の合理的品質管理体系に関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

[担当者] 武藤正樹、高橋暁、石原直、小野久美子

本研究開発課題は、建築の品質確保に関わる技術継承が困難な時代になっていく懸念に対して、技術者の知識や経験を情報技術の活用で補助、代替することにより実現する、合理的な施工状況等の確認方法等について調査研究を行うものである。具体的には、持続的な建築生産システムの構築に向けた展開を示すための調査や将来シナリオの検討、建築生産に関わる業務のデジタル化に対応するための情報等の取り扱い方法や運用ルール等の研究、工事監理等の建築実務における情報技術の活用事例として RC 造建築物の躯体工事における出来形確認の合理化手法の開発を行う。

本年度は、建築の品質確保のための情報技術の利用可能性に関する研究のうち、情報技術の開発及び利用基準等の整備に関する動向の把握として、国内学会、buildingSMART International 等における国内外の開発動向の調査・整理を行った。また、RC 造建築物の躯体工事における出来形確認の合理化手法の開発について、従来の建築物の品質管理における出来形の計測・記録の現状調査および、RC 工事に適用される、出来形の計測・記録を高度化する技術について調査・整理を行った。

※平成 28 年度外部評価委員会・建築生産分科会（事前）における研究開発課題名：

技術継承の困難化時代における建築の品質確保の維持・向上に関する研究

### 5) - 3 戸建住宅の減築改修技術の評価手法に関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 29～30 年度）

〔担当者〕小野 久美子、角倉 英明（客員研究員）

本研究課題は、我が国の住宅ストックを活用し、個人のライフスタイルに適した住環境を提供する改修手法の一つである減築を普及・促進させることを目的として、減築に関する現状把握と、減築の具体的な改修技術に関する知見を蓄積し、それらの技術特性を比較検討し、効果および改修技術の評価項目の設定や評価方法等について精査するものである。

本年度は、減築に関する市場動向調査として、既往文献・情報等を収集・整理するとともに、実務者（リフォーム事業者、設計者等）へのヒアリングを実施し、施工事例や減築に係る実際の状況について把握した。この他、関連する制度等（リフォームに係る公的な各種補助・支援制度、介護制度等）についても情報収集・整理を行った。また、リフォーム関連事業者等への調査・ヒアリング、現地調査等により、減築改修の図面、工法がわかる資料やアイデア等についても収集した。

## 6) 住宅・都市研究グループ

### 6) - 1 模型実験を活用した市街地火災性状予測 【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～32 年度）

〔担当者〕 岩見達也、成瀬友宏、鍵屋浩司

本研究では、縮小模型により市街地火災を再現し、シミュレーションの検証が可能なデータの取得を行うため、縮小模型により実大の予測を行うための相似則の検討、実験での実現方法、相似性の確保の確認等を行い、縮小模型による実験方法を示すとともに、シミュレーションの検証データの整備を行う。加えて、平成 28 年 12 月 22 日に新潟県糸魚川市で発生した大規模火災を対象として、シミュレーションの検証データの一つとして、現地調査及び情報収集を行うと共に、シミュレーションの精度向上に資するデータの整備・分析を行う。

平成 29 年度は、1/10 スケール及び 1/20 スケールの 2 種の建物模型を用いて単体建物の燃焼性状の相似性の確認及び複数棟での延焼性状の違いを確認した。また、糸魚川市で発生した大規模火災に関して、映像分析による延焼状況の推定、瓦屋根の火の粉に対する抵抗性の検証実験及びシミュレーションによる建物構造に応じた延焼性状の確認等を通して被害拡大要因の分析を行った。

### 6) - 2 被災映像等からの被害状況・仮設住宅必要数・広域支援必要性の迅速推計技術の開発

【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕 阪田知彦、岩見達也

本研究開発課題は、大地震発災直後の様々な被災映像等に着目し、それらの画像処理技術による被害建物検出機能と、建物倒壊シミュレーション及び被害建物の逐次的更新機能を持つデータベースとの組み合わせにより、発災後から 1 週間程度の期間における必要仮設住宅・広域支援必要性等に関する戦略の検討に使える被害建物数を迅速に算出するシステムの構築を目的としている。

本年度は、被害建物検出機能の開発の一環として、昨年度作成した 3 次元モデルによる検出手法の実用性の検証を、熊本地震、中越沖地震等を事例に実施し、手法としては発災直後の迅速な被害把握において有効であることを確認した。別のアプローチの検出手法として、色を元にした検出手法（ブルーシートがかかっている建物の抽出等に利用）の検討とプログラムの作成を行い、熊本地震での検証を実施した。最後に、建物倒壊シミュレーションとの連携方法について検討を行い、改良点の抽出・整理を行った。

### 6) - 3 携帯型情報端末を用いた被災建築物調査等の高度化に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

〔担当者〕 石井儀光

大規模な震災の発生後、二次的災害を防止するための応急危険度判定や、「り災証明」用の被害認定調査などは、被災者の安全を守り、復旧・復興や生活の再建を支援する上で不可欠なものであり、迅速かつ効率的に調査が行われることが期待されている。本研究では「応急危険度判定支援ツール」のソフトウェア上の課題を改善し、ツールを使った効果的な調査のマネジメント支援技術の検討を行う。あわせて、汎用性のある被災建物調査支援ツールの検討を行う。

本年度は、応急危険度判定実地訓練等を通じて現在の支援ツールの仕様に対する要望や実践使用時の問題点を把握し、支援ツールの仕様変更案を作成した。特に、公開している訓練版を実際の被災時に利用する上で、現場での入力効率に影響が大きいと思われる入力規則の検討を行った。また、iOS のバージョンアップに対応したプログラムの更新を行った。また、携帯型端末の OS に依存しない Web ブラウザベースのプログラムについて検討を行った。調査実施本部のマネジメント支援については、調査員のスケジュールと経路選択をサポートするための手法について、OR 分野の既存成果を参考に検討した。

#### 6) - 4 大規模災害時における災害公営住宅の供給戸数の算定及び調整の方法に関する検討

【安全・安心】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 米野史健

本研究開発課題は、大規模災害時の災害公営住宅整備事業の供給戸数の算定の実態を整理するとともに、特に復興最終期に着目して入居希望の変動を受けた調整の状況を把握することで、今後起きうる大規模災害における災害公営住宅の適切な供給戸数の検討・算定方法を考えるための基礎的知見を得ることを目的とする。

本年度は、供給が完了した過去災害に関しては、新潟県中越地震での小千谷市、紀伊半島豪雨水害での奈良県十津川村を対象に、関連文献の収集及び担当者へのヒアリング調査を行った。東日本大震災に関しては、災害公営住宅の整備及び入居が完了した宮城県の大賀城市及び亘理町を対象に住宅部局及び福祉部局へのヒアリングを行い、災害公営住宅の最終的な供給戸数の計画過程と、応急仮設住宅に残存した世帯の災害公営住宅等への移行状況を把握した。熊本地震に関しては、益城町が国の官民連携支援事業で実施する調査に技術指導として参画し、意向調査の実施方法や供給戸数の算定方法、及び民間事業者を活用した整備手法などへの助言を行い、実践的支援も兼ねた形で実態の把握を行った。

#### 6) - 5 地域内空きスペースを活用した高齢者の居場所づくりに関する研究【持続可能】

研究開発期間（平成 28～30 年度）

[担当者] 石井儀光、米野史健

本研究開発課題は、介護予防の観点から高齢者の地域活動や外出行動を促進するため、空き家や空き住戸をはじめ、地域内の空きスペースを活用した高齢者の多様な居場所づくり（地域活動拠点を含む）について、地域性や時間軸を考慮した計画・運営手法およびその支援方策を検討することを目的とする。

本年度は、空き家や空き店舗を改修して高齢者等が集まるコミュニティスペースとして活用している事例として、大都市と地方都市及び都心部と郊外部というそれぞれ異なる特性の地域で実施された取組計 6 件を対象として調査を実施した。調査では、運営を行う事業者に開設に至る経緯と活動の内容及び収支状況をヒアリングするとともに、改修工事の内容に関して建物の実地調査と工事図面による把握作業とを行った。これらの調査より、公的な補助金や助成金が得られて費用がまかなえる場合には耐震性の向上も含めた一定程度のレベルの改修工事が実施出来ているものの、そのような資金援助が得られない場合には改修は実質的には困難であり軽微な補修程度でほぼ従前そのまま利用している実態などを把握した。

#### 6) - 6 将来都市構造の予測・評価手法の高度化による目標管理・推進評価技術の開発【持続可能】

研究開発期間（平成 28～33 年度）

[担当者] 阪田知彦、石井儀光

本研究開発課題は、人口減少期を迎えた地方都市等において、都市構造的視点からの集約や移転施策等の効果を直接的に扱えるような世帯立地モデルや各種の空間計画の目標管理・推進評価の開発を通じて、将来都市構造の予測・評価手法の高度化を図ることにより、都市計画マスタープランや立地適正化計画等の策定や実施における目標管理・推進評価を支援する技術を開発することを目的としている。

本年度は、「(1) 世帯単位での立地・存続・移転可能性のモデル化による将来都市構造予測手法の開発」では、世帯単位

でのマイクロシミュレーションを元にした予測モデルの詳細設計を行った。モデル化の一環として、①住み替え動向に関する WEB アンケートを 48 都市で実施し、約 7800 サンプルを得て、より詳細で地域性を反映した住み替えに関する入力パラメータを得ることができた。さらに、②世帯単位でのモデル化では、計算量が極めて多くなるため、これらを効率的・実用時間で計算するため、機械学習の導入の可能性を検討した。「(2) 目標管理・推進評価機能の開発」では、目標管理・推進評価機能の基本設計として、国内外の都市構造に関する評価事例や計画の横断的収集と必要となる指標やその計算方法についての整理を引き続き実施し、さらに 35 指標の計算方法とアルゴリズム、入出力形式の検討等を実施した。また、簡易的なインタフェースの基本設計を実施した。「(3) 自治体におけるケーススタディと手引き作成」では、ケーススタディの候補の抽出と基本情報の整理を実施した。

#### 6) - 7 既存建物の改修を通じた住環境の更新とその持続的利用に関する基礎的研究【持続可能】

研究開発期間 (平成 28~30 年度)

[担当者] 米野史健

本研究開発課題は、空き家等の既存建物の改修を行って住まいとして活用する事業を対象として、改修工事を通じて住環境がどのように更新され、その後どのように利用されたかについて実態把握を行い、更新のプロセス及び改修工事の内容とそれによって実現した住まい方の実態を明らかにし、実施上の課題を検討することを目的とする。

本年度は、木造戸建住宅を改修して、高齢者向けの共同住宅や障害者のグループホーム、若者向けのシェアハウスなどの、新たな形態の賃貸住宅づくりを行った事例について情報を収集した上で、改修の内容や事業の詳細を把握するため典型的とみられる事例を選定して事業者等へのヒアリング調査を実施した。このほか、古民家の一部を利用した学生向けシェア居住の取組や、地方都市の空き家を用いた移住希望者向けのお試し住宅の事例等についても同様に調査し、改修の内容と事業運営の実態を把握した。これらの調査より、改修の内容やかけるコストは整備する地域や元の住宅の状態、対象となる居住者によって大きく異なっていることを把握した。

#### 6) - 8 都市緑化の生物多様性向上デザインマニュアルの検討【持続可能】

研究開発期間 (平成 29~30 年度)

[担当者] 武田ゆうこ

都市の生物多様性への関心の高まりに伴い、建物緑化についても生物多様性への配慮が求められてきている。生物多様性向上のためには在来種の利用が重要となるが、従来の建物緑化ではデザインや管理面から園芸種や外来種が多用されてきた。近年、在来種を中心に配植する事例が出てきているが、生物多様性とデザインを両立させる知見が少ない。本研究課題は、都市緑化に在来種を主に用いる場合の課題を明らかにするとともに、在来種を用いながら都市緑化に求められる機能が発揮できる方法を見出すことを目的とする。

本年度は、関東地方の地方公共団体の生物多様性に配慮した緑化に関する基準等を収集整理するとともに、東京都 23 区内の公開空地の植栽樹種の情報を収集し、使用樹種について生物多様性の観点から分析を行った。

#### 6) - 9 都市空間の魅力の増進(居心地の向上や活気・賑わいの創出)に関する基礎的研究

【持続可能】

研究開発期間 (平成 29~30 年度)

[担当者] 富田興二

1980 年代に米国で大都市圏域の成長管理政策が本格化した以降も、日本は規制緩和や公共投資基本計画など開発・拡大志向を続け、2009 年には日本の建設・不動産市場は本格的なストックマーケットに入ったとも言われているが、ストック活用・資産運用に係る技術情報が不足し、経験則に頼らざるを得ず、根拠に乏しい中で様々な取組が行われている。

本研究開発課題では、都市空間の魅力の増進(居心地の向上や活気・賑わいの創出)を目指して、補助金に依存しない自立的継続的な民間主導まちづくり活動の拡大とオープンスペースの居心地の向上や活気・賑わいの創出を大目的とするとともに、これらの再現性の向上に資する技術の確立を小目的とする。

今年度は、小目的の達成に資する具体的な研究計画の検討を重ねテーマを絞り込み、東京都における平成 23 年度以降の総



合設計許可案件に係る図上調査と現地調査を行い、公開空地等に係る視覚情報について抽出・分析し、形状など特徴の一部を明らかにしつつあるほか、機会を捉え大目的の達成に資するべく普及啓発活動を行った。

## 7) 国際地震工学センター

### 7) - 1 建物の強震観測とその観測記録の利活用【持続可能】

研究開発期間（平成 27～33 年度）

[担当者] 鹿嶋俊英、向井智久、中川博人、長谷川隆、田沼毅彦

本研究課題は、建物の地震時の挙動を実際に観測することにより、建物の動的な特性や耐震性能に関する知見を収集し、耐震設計技術の向上に資することを目的としている。建物やその周辺で得られた強震記録を分析することにより、建物への入力地震動の評価手法や建物の耐震安全性の評価手法の開発や改善に資することができる。

本年度は、新たな観測地点として、宇宙航空研究開発機構(JAXA)筑波宇宙センター総合開発推進棟及び熊本県庁本館に強震計を設置した。これらの観測は構造研究 G の研究課題「既存建築物の地震後継続使用のための耐震性評価技術の開発」と連携して行っている。全体の強震観測網としては、1 年間に 700 近い強震記録が得られ、順次データベース化を行って公開した

### 7) - 2 深部地盤における常時微動の伝播過程解明に関する研究【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～30 年度）

[担当者] 林田拓己

本研究開発課題は、地下構造に関する既往のデータが不足している地域の深部地盤構造を推定する手段として用いられている常時微動の相互相関処理（地震波干渉法）解析において、結果の解釈に弊害を及ぼす「微動の偏在性」の定量的把握、および微動場の偏在性を考慮した地盤構造モデル検証手法の枠組みの提唱・情報発信を行うことを目的としている。

本年度は、堆積盆地を挟む観測点同士の微動記録を用いて実施した同手法の既往結果に見られる潜在的な後続相の励起および伝播過程に関して、観測記録および数値シミュレーションによる解釈を行った。また、平成 28 年に熊本県益城町で取得した臨時余震・微動アレイ観測記録に対して地震波干渉法を始めとする各種解析を行い、調査エリア内における常時微動の伝播過程および深部地盤構造を推定した。国際地震工学研修や国際技術協力における技術指導を念頭に置き、一連の地震波干渉法解析に関するソフトウェアを構築した。

### 7) - 3 地盤ばね等の境界条件が巨大地震時上部構造地震応答に与える影響に関する基礎研究

【安全・安心】

研究開発期間（平成 29～31 年度）

[担当者] 小豆畑達哉、石原直

本研究開発課題は、南海トラフや相模トラフ等を震源とする巨大地震に対する現行耐震基準の妥当性に係る判断材料を得ることを念頭に、(1) 境界条件が基礎固定とならない場合の上部構造地震力の検討、及び、(2) 基礎固定の仮定に基づく地震力評価に含まれる余裕度検討に取り組むものである。上部構造の地震力分布を一般的に分析する手法として均一せん断棒モデルを用いた方法を検討しつつ、地盤や上部構造、免震支承等様々な条件を組み合わせ、実験、解析及び地震観測に基づき、現行耐震基準による上部構造地震力評価に含まれる余裕度を把握する。

本年度は、均一せん断棒モデルに地盤ばねを設定するための基礎資料とすべく模型振動台実験を実施し地盤上で構造物に浮き上がりを許容する場合の地盤ばねの影響等に係るデータを収集した。また、低層建物の地震観測記録の分析から、上部構造と地盤の条件の組み合わせによっては基礎固定を仮定する場合より上部構造の地震力は半分程度にまで低減され得ることを確認した。