

## 2.2.8 建築研究部

### 新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発

Development of design and construction technology for mixed structures utilizing newly developed wood-based materials

(研究期間 平成 29 年度～令和 3 年度)

建築研究部		部 長	福山 洋		
		建築新技術統括研究官	犬飼 瑞郎		
建築研究部	基準認証システム研究室	室 長	中澤 篤志	主任研究官	荒木 康弘
				主任研究官	坂下 雅信
建築研究部	構造基準研究室	室 長	喜々津 仁密	研 究 官	三木 徳人
				研 究 官	宮村 雅史
建築研究部	防火基準研究室	室 長	成瀬 友宏	主任研究官	鈴木 淳一
		主任研究官	樋本 圭佑	主任研究官	水上 点晴
建築研究部	設備基準研究室	室 長	平光 厚雄		
建築研究部	材料・部材基準研究室	室 長	三島 直生	主任研究官	根本 かおり
				主任研究官	土屋 直子
建築研究部	評価システム研究室	室 長	石原 直	主任研究官	秋山 信彦

#### [研究目的及び経緯]

地方創生、環境問題への対応、木のある空間の創出などの観点から、建築物の木造化・木質化の促進が求められている。その促進にあたり、木材を比較的規模の大きい建築物の構造材料として用いることは有効であると考えられる。その実現のため、CLT 等の木質系大型パネルを用いた木造と他構造種別等の中層木質混構造建築物に関する、一般技術を用いた、構造設計法、防耐火設計法、及び耐久設計法等が求められていることから、その整備に資する技術開発を行う。

本年度は、S 骨組+CLT、RC 骨組+CLT のプロトタイプの設定の検討、プロトタイプ構造について構造試設計を行い、防耐火の観点も加え、現行防火規定および防火避難総プロの成果に基づく、防火区画のあり方と主要構造部の必要性能の明確化、及び木質材料を用いた混構造建築物の耐久性能を検討するため、既存の中・大規模木造建築物の事例の収集・整理等を行った。

### 宅地の地震リスクへの対応策に関する研究

Research on measures to deal with earthquake risk in housing land

(研究期間 令和 2 年度～令和 3 年度)

建築研究部	建築災害対策研究官	村田 英樹
-------	-----------	-------

#### [研究目的及び経緯]

将来発生が予測されている大規模地震に備えて、宅地の地盤や擁壁の事前対策工事や保険等によるリスクへの対応策の実施が求められているが、宅地所有者の地震リスクへの認識が低いため、対策が進まない状況にある。

このため、宅地の被災者へのアンケート調査及び工事業者への復旧工事事例の調査等を行うことにより、宅地被害に対する事前対策工事や保険の効果と課題を明らかにするとともに、宅地所有者が地震リスクを認識し、適切な対応策を行うことを促す方策について検討する。

令和 2 年度は、平成 28 年熊本地震により被害を受けた宅地を対象に、住宅・宅地の被害状況、復旧工事の状況、資金の内訳、事前の対策工事等についてアンケート調査を行い、その相互関係を分析することにより、事前の対策工事の効果や保険の利用状況を把握した。

令和 3 年度は、工事業者に対する復旧工事事例の調査により事前の対策工事の効果や課題を整理するとともに、宅地所有者に適切なリスクへの対応策を促す方策について検討する予定である。

# 木の構造材を表面に見せて『ぬくもり』を感じさせる大型建築物の普及のための技術開発

Development of design technology for large-scale timber building with a warm atmosphere of wood texture

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

建築研究部	建築災害対策研究官	村田 英樹
建築研究部 基準認証システム研究室	主任研究官	荒木 康弘
建築研究部 防火基準研究室	室 長	成瀬 友宏
	主任研究官	鈴木 淳一
	主任研究官	水上 点晴

## [研究目的及び経緯]

地方創生、環境問題への対応、木のある空間の創出などの観点から、建築物の木造化・木質化の促進が求められており、木材利用の拡大を図る上で、中層の大規模建築物に木材を利用することが重要であると考えられる。

平成30年の建築基準法改正により、中層の大規模建築物において木の構造材を表面に見せる「あらわし」の構造に対する規制が一定程度合理化されたが、設計法の一般化には至っておらず、実務的には高度で複雑なシミュレーションを伴う設計法を個別に審査する必要があるため、普及が進まない一因となっている。

このため、中層の大規模建築物において、木の構造材を表面に見せる「あらわし」のより一般的で合理性のある構造設計技術及び防耐火設計技術を開発するとともに、構造性能実験及び防耐火性能実験により、設計に必要な壁や床等の建物各部のデータの拡充を行う。

令和2年度は、構造分野においては、鉄筋コンクリート造等で一般的な構造計算モデルを改良して、木質混構造建築物の簡略化モデルを開発し、既往モデルとの比較検証を行った。また、木の構造材を表面に見せるために必要となる、燃えしろを考慮した接合部性能を確認するための実験を行った。

防火分野においては、鉄骨造等の不燃構造で利用されている火災評価モデルを改良して、木質混構造建築物の簡略化モデルを開発し、既往実験結果との比較検証を行った。また、木の構造材を表面に見せるための合理的な防耐火設計法に必要となる、壁、床、接合部等の建物各部の防耐火性能に関するデータを収集するため、天井への散水設備による入熱低減特性を把握するための火災実験を行った。

令和3年度は、引き続き木の構造材を表面に見せるために必要な構造・防耐火データ拡充のための実験を実施し、標準的な工法の設計データを取りまとめるとともに、設計事例（標準プラン等）を整備する予定である。

## 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

Research and Development for Regeneration and Resilience of Cities by the Rationalization of Structural Regulation Related to Buildings and Ground

(研究期間 令和2年度～令和5年度)

建築研究部		建築品質研究官	井上 波彦
建築研究部	基準認証システム研究室	室 長	中澤 篤志
		主任研究官	坂下 雅信
建築研究部	構造基準研究室	室 長	喜々津 仁密
		主任研究官	柏 尚稔
建築研究部	材料・部材基準研究室	主任研究官	土屋 直子
建築研究部	評価システム研究室	室 長	石原 直
都市研究部	都市防災研究室	室 長	竹谷 修一

### [研究目的及び経緯]

本研究開発では、建築物の更新時に支障となる従前建築物の杭の有効活用や既存宅地擁壁の耐震化を促進する新技術基準を開発するとともに、近年の構造設計における多様なニーズを満足させて建築物を円滑に更新できるように構造計算体系の合理化を図ることにより、都市の強靱化とその設計・施工に係る生産性向上に繋げることを目的とする。

令和2年度の杭に係る検討については、既存杭の撤去の影響を考慮した杭の原位置載荷実験を実施し、既存杭の撤去が新設する杭の鉛直支持及び水平抵抗性能に及ぼす影響を明らかにした。さらに、既存杭の撤去の影響を考慮して地盤ばねを設定した地盤－基礎－上部構造の連成系の解析的検討を実施し、既存杭の撤去が新設する杭や上部構造の地震時応力に及ぼす影響を把握した。宅地擁壁に係る検討については、既存の老朽化した実大擁壁を抽出して老朽化判定と原位置水平載荷実験を実施し、耐震性能の実態を把握した。さらに、2016年熊本地震での益城町の地震被害事例を再整理し、建築物と擁壁の地震被害の関連性を検討するとともに、建築物の耐震性能に関連付けた擁壁の要求性能について検討した。

令和3年度以降も引き続き、実験及び解析による諸検討を通して、既存杭を含む敷地の安全かつ合理的な利用法の開発、既存宅地擁壁の耐震診断・耐震補強手法の構築、基礎地盤を活かした合理的な構造規定の構築に資する研究を進める予定である。

## CLT 工法構造計算モデルの簡略化に関する研究

Study on simplification of structural calculation model of CLT construction method.

建築研究部 基準認証システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)  
主任研究官 荒木 康弘

### [研究目的及び経緯]

2016年4月にCLT工法建築物の一般的な設計法等に関する告示が公布・施行されたが、従来の木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の構造モデルより複雑な構造計算モデルで実務を行う方法のみが示されており、CLT工法普及の阻害要因の一つとなっている。他構造と同様の簡易な構造モデルができると、市場に流通している構造計算プログラムを用いることもできるようになり、CLT工法の普及・拡大に大きく貢献する。そこで本研究では、CLT工法の壊れ方（崩壊形）を考慮した簡便な構造モデルを開発することを研究の目的とする。

令和2年度は、他構造の構造計算モデルを分析し、CLT工法建築物のモデル化に応用する方法を検討した。また、既往の実験結果を追跡するのに必要なCLTの物性値を把握するための材料実験を実施した。

令和3年度は、既往のCLT工法部分架構実験結果を従来モデルと提案モデルでモデル化し、精度検証を行う予定である。

# 木質混構造を活用した復興住宅の設計例に関する検討

## A Study on Database of Reconstruction Housing Utilizing Complexed Wood Structure

(研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室  
Building Department  
Standards and Accreditation System Division

主任研究官 荒木 康弘  
Senior Researcher ARAKI Yasuhiro  
主任研究官 坂下 雅信  
Senior Researcher SAKASHITA Masanobu

In the event of a major disaster such as Tokyo inland earthquake, there will be a large shortage of temporary and permanent housing. In order to secure housing for the victims as soon as possible, it is expected to develop technology for early construction of permanent housing that also serves as temporary housing.

This research aimed to shorten the construction period of permanent housing in the event of a disaster and to develop technology such as complexed Wood Structure buildings that contribute to "quick construction"

### 〔研究目的及び経緯〕

南海トラフ地震が発生した場合、内閣府の推計では全半壊する住宅は最大で 500 万棟を超えるとされており、仮設住宅（一時的な住宅）も最大で 84 万戸程度建設することが必要になるとされている。さらに首都直下地震等の巨大災害の発生時には、仮設住宅や復興住宅（恒久的な住宅）が大きく不足する。被災者の住まいを早く確保するには、仮設住宅を兼ねた復興住宅の早期建設が期待される。

本研究では、復興住宅等の整備期間の短縮と、平時と異なる建築資材の需給環境下にある被災地域で調達可能な材料の有効活用による「クイックコンストラクション」に資する木質混構造建築物等の技術開発を実施し、木質混構造建築物の計画・設計・施工を支援するデータベース構築に資する技術資料を収集することを目的とする。

### 〔研究内容〕

#### 1. クイックコンストラクションに資する木質系復興住宅の検討

災害時に早期に木質復興住宅を建設するため、使用する木質大判パネル（CLT）の最適な寸法を考慮した復興住宅モデルプランを作成した。また作成した復興住宅モデルプランの施工性および構造性能を確認するため、実大スケールの施工実験および構造性能確認実験を行った。

#### 2. クイックコンストラクションに資する CLT 耐震壁を用いた鉄骨造集合住宅の検討

従来の鉄骨ラーメン構造よりも現場での溶接施工が簡便になり、施工期間の短縮が期待できる CLT 耐震壁を用いた鉄骨造集合住宅モデルプランを検討し、耐震要素の構造性能確認実験を計画した。

#### 3. 木質系復興住宅を早期に建設するための施工方法に関する知見の整理

中層木質系混構造建築物の設計・施工に携わった経

験のある企業に、施工や早期建設における留意点や技術的知見についてヒアリングを行い、その知見を取りまとめた。ヒアリングを実施した企業および調査建物を表-1 に示す。

表-1 ヒアリング調査を実施した企業

No.	企業	調査建物概要
1	M 社	10 階建 S 造+CLT 耐震壁他
2	T 社	5 階建 S 造+CLT 耐震壁他

### 〔研究成果〕

#### 1. クイックコンストラクションに資する木質系復興住宅の検討

「災害時に早期に復興住宅を建設する」という目標実現のため、①施工期間の短縮が期待できる木質大版パネル（CLT）を用い、②接合箇所を減らせる壁勝ち工法を採用し、③日本全国の CLT 製造工場が製造可能で運送しやすいパネルサイズを考慮した 3 階建および 5 階建木質系復興住宅モデルプランを作成した（図 1）。

また作成した復興住宅モデルプランの施工性および構造性能を確認するため、建物の耐震要素の部分架構を取り出した 5 階建の実大スケールの試験体を製作し、施工実験および構造性能確認実験を行った（写真 1）。

#### 2. クイックコンストラクションに資する CLT 耐震壁を用いた鉄骨造集合住宅の検討

従来の鉄骨ラーメン構造の短辺方向に CLT 耐震壁を用い、その代わりに柱梁接合部をピン接合とすることで現場での溶接施工を省力化し、施工期間の短縮が期待できる鉄骨造集合住宅モデルプランを検討した（図 2）。この集合住宅の耐震要素の部分架構について構造性能確認実験の試験体を設計した（図 3）。なお、実験は PRISM バイオ課題で実施予定である。



# 建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究

Research for improving wind resistance performance of cladding and roof components in buildings

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

建築研究部

Building Department

基準認証システム研究室

Standards and Accreditation System Division

構造基準研究室

Structural Standards Division

住宅研究部 住宅生産研究室

Housing Department

Housing Production Division

室 長

Head

室 長

Head

研究官

Researcher

室 長

Head

中澤 篤志

NAKAZAWA Atsushi

喜々津 仁密

KIKITSU Hitomitsu

宮村 雅史

MIYAMURA Masashi

脇山 善夫

WAKIYAMA Yoshio

In this research, we examined wind-induced damage to cladding and roof components and proposed the specifications and test evaluation methods that contribute to the improvement of their wind resistance performance by carrying out various load tests. The aim of this research is to clarify the structural provisions related to strong winds in the Building Standards Law, and to promote the development of wind resistant design for cladding and roof components.

## 〔研究目的及び経緯〕

令和元年房総半島台風の強風によって、建築物の外装材（屋根瓦、開口部の建具等）と木造屋根の強風に対する脆弱性が顕在化した。さらに外装材や屋根が損壊した結果、屋内に強風と雨水が浸入し、被災直後からの居住（業務）継続や原状回復を著しく阻害する状況も顕在化した。近畿地方に上陸した平成30年台風第21号でも甚大な強風被害が生じており、近年の異常気象の傾向を踏まえると、各種外装材や木造屋根の耐風性能の向上は喫緊の課題である。そこで本調査研究では、建築物の各種外装材と木造屋根を対象に被害実態を把握したうえで、耐風性能向上に資する仕様と試験評価法を検討する。その結果として、建築基準法令の強風に関する構造関係規定のあり方が明確化され、耐風設計の整備を促進することを目的とする。

## 〔研究内容〕

以下の各研究内容について学識経験者や業界団体等からなるWGを構成し、技術的な検討を行った。

### 1. 屋根瓦に関する現行のガイドラインの検証

現行の「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン（全日本瓦工事業連盟ほか発行・図-1）」（以下、ガイドライン）に定める内容のうち、標準工法や標準試験等の妥当性を検証する。また、沿岸部での風圧力の実況を考慮した仕様を明確化する。

### 2. 耐風性に配慮した木造屋根の小屋組仕様の整備

「木造住宅工事仕様書（住宅金融支援機構発行）」に定める緊結方法を対象に載荷試験を実施し、耐力特性

を確認する。その結果を踏まえ、基準風速と地表面粗度区分の違いに応じた小屋組の緊結方法を明確化する。

### 3. 屋外に面する建具（フロントサッシ）接合部の耐力試験・評価方法の整備

フロントサッシに関する設計施工の標準的なプロセス等を調査・整理する。また、周囲の躯体との間の接合部を対象にした試験法と許容耐力の評価方法を明確化し、その妥当性を検証するための各種試験を実施する。

## 〔研究成果〕

### 1. 屋根瓦に関する現行のガイドラインの検証

#### (1) 令和元年房総半島台風による瓦屋根の被害分析

今後の強風対策の充実の必要性について検討するため、令和元年房総半島台風による瓦屋根の被害調査結果に基づき被害発生状況やその要因を分析した。ガイドラインに従っていない工法による瓦屋根では、風圧による脱落・浮き上がり被害が多数確認されており、その被害は告示基準で緊結対象とされていない棟部や軒・けらば部を除く平部で特に多く発生していた。一方、ガイドラインに従った工法による瓦屋根では、風圧による脱落・浮き上がり被害は極めて少ないことを確認したが、沿岸部での一部の瓦屋根で、ガイドラインに従ったものであっても風圧による被害を確認した。

なお、この分析結果も踏まえて、屋根ふき材等の構造方法に関する告示基準（昭和46年建設省告示第109号）の一部が令和2年12月に改正されている。

#### (2) 瓦屋根に関する現行のガイドラインの検証

ガイドラインが改正された告示基準を補完できるよ

う、瓦業界団体と連携・調整を図りながらガイドラインの検証を実施するとともに、現行内容の改訂原案を検討した。本検討では、瓦屋根の標準工法の再整理を行い、図-2に示す载荷試験等を通して標準仕様を整備した。また、許容耐力の評価のための载荷試験方法を提案したほか、より高い耐風性能に誘導する目的で沿岸部において採用できる推奨仕様等を新たに提示した。



図-1 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン 図-2 瓦屋根の载荷試験の実施例 (F形瓦の場合)

## 2. 耐風性に配慮した木造屋根の小屋組仕様の整備

### (1) 耐風性に配慮した小屋組の接合仕様の原案の検討

木造小屋組については、建築基準法関連告示や木造住宅工事仕様書で緊結方法が定められているが、現状の課題として、風圧力の実況（風速、地表面粗度等）に応じた適切な接合方法が不明確である。

そこで、同仕様書に定める垂木・小屋束上下端の接合方法等を対象に、要素試験（図-3）と既往データの調査・収集を行い、各方法ごとの耐力特性を確認した。そして、屋根面での風圧力分布を仮定し、各接合方法の耐力との比較により基準風速及び地表面粗度区分の違いに応じた接合方法を明確化した。以上の結果を踏まえ、基準風速と地表面粗度区分ごとに耐風性に配慮した接合仕様の原案を提示した。



図-3 小屋組接合部の要素試験での損傷例 図-4 小屋組のユニット試験体

### (2) 小屋組のユニット試験体を用いた载荷試験の実施

小屋組のユニット試験体（複数の接合部を反映した試験体、図-4）を用いた载荷試験を実施した。風圧による分布荷重を集中荷重に置き換えて、垂木の各支点間及び軒先に単管パイプを添わせ、トーナメント形式の载荷治具によって単調载荷する方法とした。まず各接

合部の要素試験結果との比較により、既往の構造計算手法の妥当性を確認し、軒先接合部での曲げによる局部的な回転の影響等を把握した。さらに軒先金物や屋根勾配の違いによる小屋組全体の損傷進展過程を把握した。

## 3. 屋外に面する建具（フロントサッシ）接合部の耐力試験・評価方法の整備

### (1) フロントサッシの設計施工の標準的なプロセス等の調査

一般にフロントサッシの標準的な製品供給のプロセスは、アルミフロントメーカーが設計・施工を行い、流通販工店がサッシの加工・組立のみを行う場合、流通販工店が設計から施工まで行う場合の2ケースに分けられる。これらの各ケースについて、設計から施工に至る各段階での設計者（監理者）、総合工事業者、流通販工店、アルミフロントメーカー間の役割分担等を整理した。

### (2) フロントサッシの耐風設計に活用できる試験・評価方法の検討

フロントサッシの耐風設計に資する目的で、周囲の躯体との間の接合部を対象にした試験・評価方法を検討した。接合部の許容耐力を評価するための要素試験体（図-5）では接合部4箇所を対象とし、試験で得た最大荷重を2以上の数字で除した上で、接合部1箇所に割り戻すことにより許容耐力を算定する方法を提案した。一般部と隅角部を想定した2種類の試験体について試験を実施し、上記の試験評価方法の妥当性を確認した。

また、建具のJISに準拠した方法により、図-6に示すユニット試験体の耐風圧性試験を実施した。例えばアングル接合による試験ケースでは、板ガラスが破壊すると想定される圧力まで接合部での損傷が発生しない一方、サッシ上枠の方立近傍部が面外方向へ変形する状況を確認した。

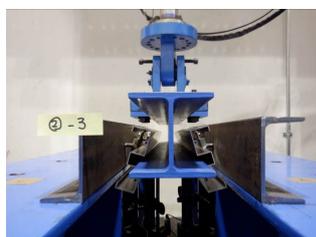


図-5 フロントサッシ接合部の要素試験での損傷例 図-6 フロントサッシのユニット試験体

### [成果の活用]

屋根瓦、木造屋根、フロントサッシに関する各検討成果を、それぞれ対応する業界ガイドラインや解説書等に反映させ、建築基準法令を補完する技術資料として位置づける予定である。

## 適切な外皮仕様を判りやすく情報提供するための設計・施工実態と技術資料に関する調査・

### 研究

Surveys and research on the actual conditions of design and construction and technical data to provide information on appropriate exterior skin specifications in an easy-to-understand manner

建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

研究官 宮村 雅史

#### [研究目的及び経緯]

本課題では、各種の外皮に関する設計・施工状況を把握するとともに、24機関が5年間にわたり共同研究を実施した成果「国総研資料第975号」を活用し、設計者、施工管理者、施工者、住まい手に等対して、明確で判りやすい技術資料を提供するものであり、本年度は、以下に示す成果を公表した。

- 1) 「モルタル外壁が地震により剥がれたり、下地を劣化させたりしないための7つのQ&A」
- 2) 「屋根瓦を落とさない・飛ばさないための7つのQ&A」
- 3) 瓦屋根における自然災害時の被害状況アンケート調査
- 4) 瓦屋根の安全性確保に関する情報伝達・拡散業務

## 梁端フランジ拡幅H形断面梁の幅厚比と変形性能に関する基礎研究

Study of the relation between the deformation capacity and width-thickness ratio of H-shaped beam with flange widening at end

建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

研究官 三木 徳人

#### [研究目的及び経緯]

近年では、梁端接合部のフランジを拡幅することで接合部での早期破断を防止し変形性能を高くした、高性能梁の技術開発が進められている。梁端のフランジを拡幅したH形断面梁は、相対的に高い変形性能を発揮することに反して、建築確認において拡幅部の断面に着目することで、梁の元断面に比べて部材種別が低く評価されることがある。本研究では、梁端フランジ拡幅H形断面梁について、はりの種別を区分する幅厚比の算定方法を検討するための基礎資料として、様々な幅厚比や拡幅形状の梁端接合部試験体について実験を実施し、基本的な幅厚比と変形性能の関係を把握する。

今年度は、来年度に行う材料試験および柱梁接合部実験に向けて、実験パラメーターの整理および実験計画、試験体の製作を行った。

## 地表面付近での粗度効果を反映した竜巻荷重算定法の体系化

A Study for Systematizing the Calculation Method of Tornado-induced Loads Considering Roughness Condition Near Ground

建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)  
室 長 喜々津 仁密

### [研究目的及び経緯]

本研究は、室内実験と観測事例から地表面付近の竜巻による気流特性を評価し、竜巻の突風によって建築物に作用する荷重(竜巻荷重)の算定法を構築するものである。竜巻荷重の算定では、地表面付近での気圧降下特性を適切にモデル化する必要があるとあり、流体の基礎方程式に地表面粗度の影響を表す外力項の適用を試みる。このモデルの前提となる速度分布は竜巻状気流発生装置での実験から取得し、導出された気圧降下の傾向を風圧実験や観測事例と比較検証する。そして、既往の風力係数モデルに粗度効果を新たに導入し、竜巻荷重の算定法の体系化を図る。

令和2年度は、既往の国内外の竜巻観測事例から気流の実況を把握するとともに、地表面粗度の違いを考慮した竜巻室内実験の結果を踏まえて、突風荷重モデルの精緻化を図った。

令和3年度は、地表面粗度ブロックに作用する抗力を実験的に測定し、その結果を突風荷重モデルに反映することによってさらに精緻なモデルを構築し、竜巻荷重の体系化に資する成果をとりまとめる予定である。

## 高耐震性を有する直接基礎建物を可能とする既存杭を活用した複合地盤の開発

Development of Geotechnical Design Method Utilizing Existing Piles for Construction of Spread Foundation Buildings with High Seismic Performance

建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)  
主任研究官 柏 尚稔

### [研究目的及び経緯]

都市の再生の機運が高まっている中において、建物の建替えを計画する際には既存杭の処理が大きな問題となる。しかし、既存杭を有用物として捉えて再利用することができれば、環境負荷の問題に対して多大な貢献が可能となる。本研究では、既存杭を活用した巨大地震に対して強靱な建築システムを構築し、環境負荷の軽減と建物の強靱化を両立させる新機構の確立を目指して、既存杭と地盤の両方が安定的な支持力を発揮できる複合地盤の設計法を示すとともに、複合地盤上の建物の巨大地震に対するレジリエンスの評価手法を提案する。

令和2年度は、建物の浮き上がり挙動など大地震時特有の非線形挙動を含めて直接基礎建物の地震応答性状を把握すると共に、地盤-建物連成系の地震応答評価するに当たって考慮すべき影響因子を抽出することを重点的に実施し、重力場における振動台実験と遠心載荷装置を用いた模型振動実験により、既存杭を有する地盤における直接基礎建物の地震時挙動の実証データを収集した。

令和3年度は、直接基礎建物を支持するための複合地盤の要求性能とともに、効果的な複合地盤の構築法を検討する。

# 高度な準耐火性能を有する構造方法（被覆型）に関する研究

Research on construction methods for quasi-fire-resistive construction with Fire Protection covering

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

建築研究部 防火基準研究室  
Building Department  
Fire Standards Division

室 長

Head

主任研究官

Senior Researcher

主任研究官

Senior Researcher

成瀬 友宏

NARUSE Tomohiro

鈴木 淳一

SUZUKI Jun-ichi

水上 点晴

MIZUKAM Tensei

The building Standard Law of Japan was amended to broaden the scope of design liberty by exhaustively carrying out general evaluations and establishing performance standards in June 2018. On the point of view of promoting the use of wood in medium-rise buildings, the articles 21-1, 27, 61 and 62 were amended to allow the use of modes of construction other than fire-resistive construction with designs that facilitate fire-fighting operations. Therefore, in this report, based on the test results, we proposed the draft of the construction methods for quasi-fire-resistive construction with fire protecting covering specified in the notification of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

## [研究目的及び経緯]

平成30年6月改正の建築基準法第21条と第61条及び平成26年改正の第27条に基づき、1時間を超える準耐火構造（特定準耐火構造）が位置づけられ、その構造方法が告示に例示された。

しかし現時点では、75分間準耐火構造の仕様のみが例示されており、国土交通大臣の認定を取得する方法があるものの、4階より高い建築物に要求される、より長時間の準耐火性能を有する構造方法については、従来と同様に代表的な被覆の仕様については、告示で例示することが必要とされている。

## [研究内容]

### 1. 被覆と遮熱性能との関係整理

従来の知見から、2時間以上の長時間の準耐火性能を確保する上では、加熱温度条件から、一般的に用いられる被覆である強化せっこうボードのみでは熱劣化による収縮等で目地部の遮熱性能に課題がある<sup>1)</sup>。そのため、より熱的に安定しているけい酸カルシウム板を組み合わせることで、長時間の準耐火性能を確保する方針とした。梁に要求される性能は、火災時に要求時間荷重を支える性能（非損傷性）であるが、荷重支持部分の強度低下が温度上昇に起因することから、荷重支持部分の高温耐力特性と被覆の遮熱性能が梁の耐力を支配する。本研究では木造を対象とし、実大規模の試

験により非損傷性を確認する試験体の被覆仕様の候補を選定するために、強化せっこうボードとけい酸カルシウム板の組み合わせに対して、小規模な試験体を用いて厚さと遮熱性能との関係を整理した。なお、検討は国土交通省建築基準整備促進事業課題F17（令和元年度～2年度）と連携しつつ実施した。

### 2. 梁の構造方法の例示仕様(案)の提案

小規模な試験体を用いて整理した厚さと準耐火性能との関係より、要求準耐火性能時間を120分として、実大規模の梁による非損傷性を確認するための載荷加熱試験を実施し、告示仕様(案)についての検討および課題整理を行った。

## [研究成果]

### 1. 被覆と遮熱性能との関係整理

準耐火構造を対象に荷重支持部分の木材の強度低下を判断する温度として、加熱開始後木材表面温度が炭化を開始する260℃に上昇する時間（遮熱性能）と被覆厚さとの関係について、表1に示す仕様で被覆した小規模な柱と梁の試験体を用いて整理した結果を図1に示す。なお、図中には、国土交通省建築基準整備促進事業課題F17の結果も併せて示す。試験は、(国研)建築研究所の水平炉を用いて、JIS A 1304:2017「建築構造部分の耐火試験方法」及びIS0834-1に規定する標準加熱曲線に準拠した加熱を行い、温度は、K型熱電対(表

面には0.65mm径ガラス被覆、木内部はシース)を設置し、15秒間隔で測定した。

表1 試験体仕様

けい酸カルシウム板 シウム板	強化せっこうボード			総厚 (mm)	試験体名	
	上張り(mm)	中張り(mm)	下張り(mm)		柱	梁
15	15	15	45	CSG-5	BSG-5	
21	15	15	51	CSG-6	BSG-6	

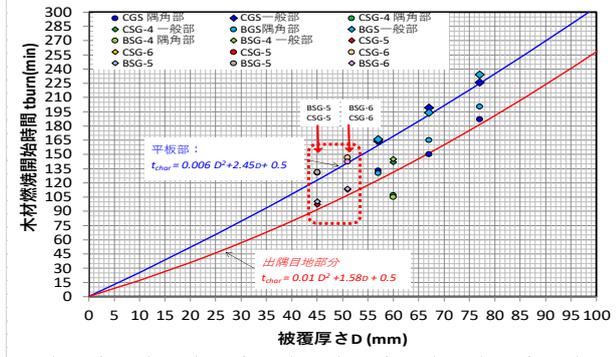


図1 被覆厚さと遮熱性能(木材表面炭化)の関係

## 2. 梁の構造方法の例示仕様(案)の提案

被覆型集成材の梁の準耐火性能を把握するため、載荷加熱試験を部材の荷重支持能力が喪失するまで実施し、同じ仕様で2回試験を実施した。

試験体に用いた木材は同一等級構成のスギ集成材(E65-F255 使用環境C 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤)とし、一般的に利用される材の寸法で、材断面温度が上昇しやすい小断面の105mm×210mmを採用した。集成材はJAS規格に適合するものとして製造、出荷されたものを用いた。比重及び含水率は試験体No.1が0.33、12.98%、試験体No.2が0.31、10.85%であった。防火被覆は、強化せっこうボードGB-F(V)(芯材:石膏95%以上、蛭石2.5%以上、ガラス繊維0.4%以上)総厚42mmにゾノトライト系けい酸カルシウム板(0.5TK)15mmを上張りした。なお、目地処理は行っていない。部材内部の温度を把握するために、梁中央と載荷点外側部分の2断面において、K型熱電対(表面には0.65mm径ガラス被覆、木内部はシース)を設置し、15秒間隔で温度を測定した。

載荷は、支持間隔  $l=5,400\text{mm}$  の単純支持であると想定し、3等分2線荷重とし、等曲げ区間に生じる集成材の縁応力が、長期許容曲げ応力度となる荷重(1線あたり4.01kN、合計8.02kN)を載荷した。

試験体No.1の変位と温度の測定結果の一例を図2と3に、試験体No.2の破壊部の写真1に示す。

脱炉後の試験体の状況から、局所破壊した部分を除き炭化には至っていなかった。最外層ラミナに設けられたフィンガージョイントと最外層から2層目のラミナのそれとは約150mmの離隔が確保されていたが、2層目と3層目のラミナでは同じ位置となっていた。最外層の縦継ぎ部分の破壊後に、2層目、3層目のラミ

ナの縦継ぎ部分が連続して破断して崩壊したと考えられる。試験体No.1は87.5分、No.2は同様に42.5分に荷重支持能力を喪失した。崩壊時、20mmの深さの位置の温度は、No.1では70℃、No.2では20℃程度であった。これより、フィンガージョイント部分の位置が近接する場合には、内部温度が常温に近い温度でも最外層のフィンガージョイント部分の破壊により梁全体の崩壊を誘発したことがわかる。

JAS規格等において、火災時における集成材の縦継ぎの性能が十分に把握されていない接着剤を用いた集成材については、長時間の準耐火構造のみならず、60分以下の準耐火構造等を含めて留意する必要がある。

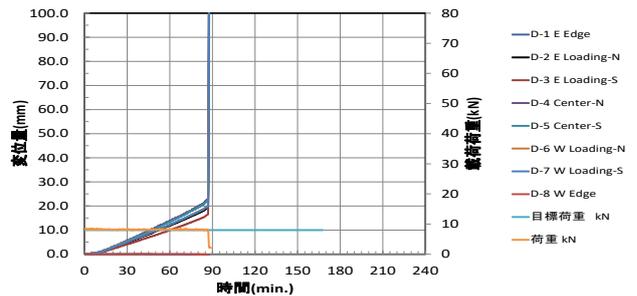


図2 変位と荷重の測定結果(No.1)

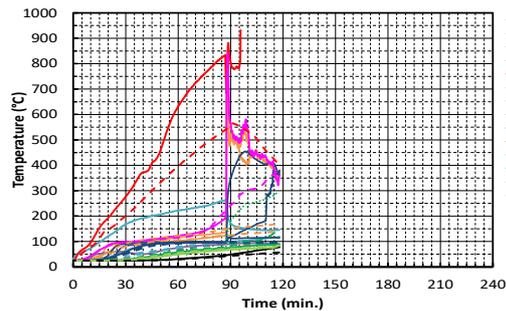


図3 部材内部温度(No.1)



写真1 集成材の破壊部分(No.2)

### [成果の活用]

本結果は、準耐火構造の構造方法を定める告示を制定する際の基礎資料として活用する。なお、令和2年度国土交通省建築基準整備促進事業課題F17において、集成材のフィンガージョイント部分が近接しない場合には、同じ仕様で120分準耐火性能が確認されている。

### [参考文献]

- 1) 成瀬友宏, 鈴木淳一, 高橋 濟, 日本建築工学会 2019年大会学術講演会発表論文, 2019.10

# 関東大震災で大きな被害をもたらした 巨大火災旋風の現代の市街地での発生可能性

Occurrence probability of the gigantic fire whirls  
observed in the 1923 Kanto Earthquake in contemporary cities

(研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度)

建築研究部 防火基準研究室  
Building Department  
Fire Standards Division

主任研究官 樋本 圭佑  
Senior researcher HIMOTO Keisuke

Fire whirl is a tornado-like vortex of flame associated with urban fires, which would cause extensive human and property damages if occurred. However, to date, the occurrence condition of fire whirls has not been fully investigated. The issues that have been addressed in this study are as follows: 1) development of a statistical model for the post-earthquake ignition probability considering inter-earthquake heterogeneity; 2) development of a similarity model for the temperature field downwind of a fire source in cross-wind for reducing computational cost of fire spread simulation; and 3) wind tunnel experiments for investigating the occurrence conditions of fire whirls. These results can be used to evaluate the occurrence probability of fire whirls in contemporary cities by integrating them into the fire spread simulation.

## 〔研究目的及び経緯〕

火災旋風は、市街地火災に付随して発生する竜巻状の火災の渦で、ひとたび発生すれば甚大な人的・物的被害をもたらす可能性がある現象であるが、その実態は必ずしも明らかになっていない。本研究では、過去の事例調査に基づく地震出火確率モデルの開発、延焼モデルの計算負荷を低減させるための火災気流の温度場に関する相似則の構築、火災旋風が発生するための火源条件(形状、発熱速度)と流入風条件(風向、風速)に関する実験的分析を行った。これに延焼モデルによる市街地火災性状の予測を組み合わせることで、現代の市街地における火災旋風の発生可能性の分析を行えるようにした。

## 〔研究内容〕

1. 地震間の非均質性を考慮した地震出火確率モデル  
本研究では、比較的規模の小さな地震を含めた火災事例の収集を行ってデータベースを構築した(1995年から2017年までの震度6弱以上の揺れを観測した24件の地震のうち、11件の地震により発生した665件の火災)。集住した事例をもとに、地震火災の種類・原因、出火、延焼拡大、消防活動、人的被害の観点から比較分析を行い、近年の日本において発生した地震火災に通底する特徴を抽出することを試みた。また、出火件数が少なく、通常であれば統計的な分析が困難な地震についても、地震間の出火メカニズムの共通性に着目し、パラメーターに共通の事前分布を設定する階層ベイズモデルを適用することで、出火確率の分析を行えるようにした。

## 2. 大規模市街地に対応した市街地火災延焼モデル

本研究では、正方形拡散バーナーを境界層風洞内に設置し、横風を加えることにより吹き倒された火災ブルームの気流軸周り、および風下側の床面付近の温度上昇を熱電対で計測した。本実験で採用した実験変数は、拡散バーナーの径 $W$ 、発熱速度 $\dot{Q}$ 、流入風速 $U_{\infty}$ の3条件である。実験結果を分析するため、火災ブルームの気流軸に沿った幅、上昇速度、および温度上昇と軸上距離に関する相似則を、横風の影響を考慮して導いた。こうして得られた相似則を利用することにより、市街地火災延焼シミュレーションにおいて多数の燃焼建物の風下側の温度上昇を評価する際の手続きを簡略化することが可能になる。

## 3. 火災風洞実験に基づく火災旋風発生条件の分析

本研究では、燃料吹き出し面を調整することで火源形状を変更可能な2.4m角(最大)の拡散バーナーを火災風洞実験棟の測定洞内に設置し、ここに市街地風を模擬した気流を加えることで、火災旋風の発生条件の検討を行った。燃料には都市ガスを使用し、超音波流量計により実験中の供給速度を計測した。実験条件には、火源形状、発熱速度 $\dot{Q}$ 、流入風速 $U_{\infty}$ の3条件を考慮した。このうち火源形状は長方形、千鳥形、ロ字形、門形、L字形、一文字形について、火源規模は0.1~1MWの範囲について、流入風速は基準風速0~3.0m/sの範囲についてそれぞれ検討した。これらを組み合わせた条件の下での燃焼を10分間継続させ、そのうちの前後1分ずつを除外した8分間の風速計の記録と、ビデオカメラの撮影記録との関係から、火災旋風の発生条件を分析した。

[研究成果]

1. 地震間の非均質性を考慮した地震出火確率モデル

図1は、1995年兵庫県南部地震および2016年熊本地震における出火件数を、当該地震の出火記録のみを対象として分析した単独モデル(IM)と、複数の地震の出火記録に階層ベイズ手法を適用したモデル(HBM)で分析した結果を比較したものである。出火件数が多い1995年兵庫県南部地震については、IMによる評価は比較的良好であったが、出火件数が少ない2016年熊本地震については、観測値との乖離が大きかった。これに対し、HBMでは、特にIMによる精度が低かった2016年熊本地震について、観測値との一致が改善された。

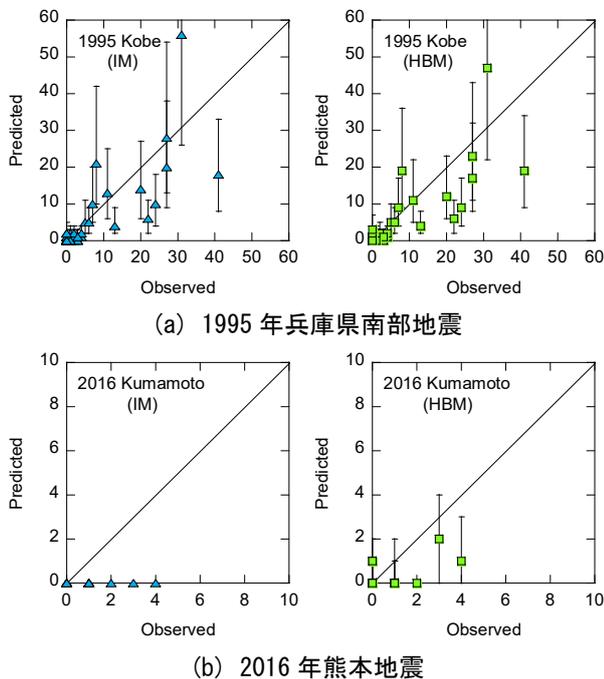


図1 地震出火件数の観測値と予測値の比較

2. 大規模市街地に対応した市街地火災延焼モデル

次元的考察に基づき導かれた無次元温度上昇 $T^*$ と無次元距離 $S^{*-5/3}$ の関係を、実験結果に基づいて整理した結果を図2に示す。データ点に対する回帰式は以下の通りであり、妥当な精度で $T^*$ を評価できた。

$$T^* = 2.08S^{*-5/3} \quad (R^2 = 0.964) \quad (1)$$

ここで得られた次元的関係は無風時のそれに一致しており、軸上距離を適切に評価できれば、横風の影響は明示的には表れないことを示している。また、市街地火災延焼シミュレーションへの適用を念頭に置けば、気流軸上の温度上昇だけでなく、床面付近の温度上昇を評価することも重要である。そこで、本研究で導出した次元的関係を用いて測定結果を整理したところ、良好にその傾向を抽出することができた。ただし、横風により気流軸と床面との距離が変化する関係上、横風の影響を考慮した仮想点熱源を導入した。

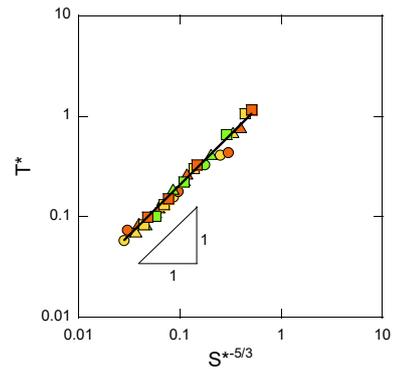


図2 気流軸上の無次元温度上昇

3. 火災風洞実験に基づく火災旋風発生条件の分析

図3は、本実験の結果に基づき、無次元数 $\Omega$ と、火災旋風の発生頻度 $p$ の関係を整理した結果を示している。ただし、火源形状はL字形であり、無次元数 $\Omega$ は、次のように整理されるフルード数である。

$$\Omega = \left( \frac{\dot{Q}'g}{c_p \rho_\infty T_\infty U_\infty^3} \right)^{1/3} \quad (2)$$

ここで、 $\dot{Q}'$ は単位長さあたりの発熱速度、 $g$ は重力加速度、 $c_p$ は比熱、 $\rho_\infty$ は外気比重、 $T_\infty$ は外気温度、 $U_\infty$ は流入風速である。図3は、無次元数 $\Omega$ が一定の範囲内にあるときに火災旋風の発生頻度 $p$ が高くなることを示しているが、これは、発熱速度 $p$ と流入風速 $U_\infty$ のうち、いずれか一方が大きすぎても、逆に小さすぎても火災旋風は発生しないことを示している。また、実験の観察によれば、火災旋風の発生箇所は、発熱速度 $\dot{Q}$ や流入風速 $U_\infty$ といった条件に大きくは依存せず、火源の下流側の辺上に集中していた。このことは、流れが火源を回避することによって生じる渦対が、何らかの原因で対称性を失った場合に火災旋風が発生する可能性があることを示している。

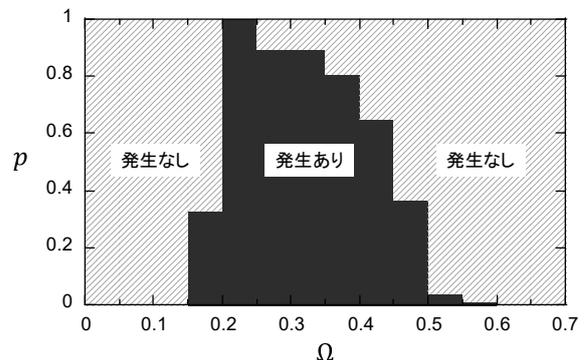


図3 火災旋風の発生頻度

[成果の活用]

本研究の結果は、大規模な市街地火災に対する避難地の安全基準等を検討するための基礎資料として活用する予定である。

## 非住宅建築物の防火性能の高度化に資する新しい性能指標及び評価プログラムの開発

Development of a novel performance indicator and its evaluation program for the enhancement of the fire safety performance of non-residential buildings

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

室長 成瀬 友宏  
主任研究官 樋本 圭佑  
主任研究官 鈴木 淳一  
主任研究官 水上 点晴

### [研究目的及び経緯]

本研究では、非住宅建築物の防火性能の向上のため、非住宅建築物の火災後の継続使用性能を総合的に評価する新しい性能指標（等級）、およびその評価プログラムを開発し、防火性能を高める利点を、同指標を用いて分かりやすく分析・整理する。さらに、同指標の解説と、防火設計事例を示したガイドラインの作成・公表することで、研究成果の社会実装を行う。今年度は、機能維持性能を評価するための概念的な枠組みを構築した。これにより、建築物の設計条件が機能維持性能に及ぼす影響について基礎的な検討を行えるようになった。ただし、全体的な枠組みの整備を優先させるため、サブモデルの構築には関連する統計データを援用しており、必ずしも復旧の実態を適切に反映した評価を行えるようになっていないことから、今後、改良を進める予定である。

## 防火シャッターの閉鎖障害・誤作動防止に関する研究

A study on prevention of malfunction or error signal in activation of fire shutter

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

主任研究官 鈴木 淳一

### [研究目的及び経緯]

近年、大規模建築物において防火シャッターの閉鎖障害等が発生し、延焼拡大する事例が散見されている。特に、電動式防火シャッターの誤作動や閉鎖障害により、複数の防火区画を超えた延焼が発生している事例が多数である。これらは、防火シャッターの点検等が十分になされている状況においても発生したことから、火災時の高温に暴露における誤作動要因等を把握しておく必要がある。本研究では、防火シャッター等を対象として、構成部品などの加熱実験等を実施し、防火シャッターの耐熱性を把握するとともに、誤作動のメカニズムを特定し、その防止対策のための技術資料を得ることを目的とした。本年度は、配線等に関する耐熱性を把握するため、各種電線の高温暴露実験を実施し、熱劣化の状況と絶縁抵抗の低下状況を把握した。

来年度は、防火設備のシステムに対して、加熱実験及び数値解析を実施して、誤作動状況の再現要因を特定する予定である。

## 建築設備の脆弱性評価のための初期火災環境予測手法の整備

Development of the prediction method of the room environment at the initial stage of fire for the vulnerability evaluation of equipment systems

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

主任研究官 樋本 圭佑

### [研究目的及び経緯]

建築物の機能の多くは各種設備に依存しているが、構造部材などとは異なり、一般に熱的耐性の低い材料で作られている場合が多い。このため、火災初期段階における比較的軽微な温度上昇に曝される場合であっても、継続使用上の影響が小さくない。そこで本研究では、火災被害を受けた建築物の機能継続性能評価に利用することを念頭に、初期火災段階における室内温熱環境を予測する手法を整備し、建築設備の脆弱性評価を行えるようにする。本年度は、初期火災段階における火災室内の温度分布を簡便な方法で予測するため、プロファイル法に基づくモデルを導出した。また、小規模区画を用いた燃焼実験を行い、天井裏への高温ガスの漏気が、火災室内で形成される圧力分布と天井面の隙間形状によってどのような影響を受けるのか、定量的に明らかにした。

## 歴史的木造建造物への後設配備可能な防火対策に関する研究

Development of post-installed fire prevention method to improve the fire resistance of historical buildings

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

建築研究部 防火基準研究室

主任研究官 水上 点晴

### [研究目的及び経緯]

昨年度、首里城に引き続き白川郷の茅葺倉庫が焼失するなど、歴史的建造物への防火対策が危惧されている。従来、これら構造体の耐火性能が基準に満たない建物には、放水銃や易操作性消火栓等、施設管理者による使用を念頭に置いた初期消火設備が配備される傾向にあるが、屋内型スプリンクラー設備と異なり、①操作のタイミング・習熟度で効果に違いが出ること、②設置はもとより修理や維持管理のコストが高く③また一般化されていないために、防火改修が思うように進まずまた火災時に機能不全となることが危惧される。本研究では、①火災感知手法との連動による自動化、②水道直結型の屋外型簡易散水設備の提案による低廉化、③消火訓練や定期調査など実効性担保手法の一般化についての検討を行う。本年度は、歴史的建造物での防火対策の先進事例として、姫路城、妙心寺、清水寺、肥前鹿島伝建地区のヒアリング調査を行い、高度にシステム化された設備に対する故障や誤作動のリスクに対して、維持管理や訓練などソフト対策での補完手法を整理した。また設置費用および維持管理の観点で優れた屋外型散水設備を提案し、屋根に設置した際の効果について、周囲への加害性を抑える効果を実験的に確認した。

## 性能等級概念を導入した新しい防火設計フレームワークの構築

Development of the new framework for fire safety design by introducing the performance grading concept

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

建築研究部 防火基準研究室

主任研究官 樋本 圭佑

### [研究目的及び経緯]

従来、建築物の防火設計においては、経験的に設定された単一の火災外力の下で、設計対象建築物の安全性を検証する枠組みを採用してきた。こうした枠組み（防火設計フレームワーク）は、建築基準法により示される「最低限確保すべき水準」を満たしていることを確認する上では有効であるが、基本的に、これを上回る防火性能を位置づけることができない。そこで本研究では、階層化された複数の火災外力の下での建築物の安全性を検証する新しい防火設計フレームワークを構築する。これにより、建築物の防火性能の等級化を行えるようにし、最低水準を上回る高度な防火性能の評価を可能にする。本年度は、国内で発生した火災に関する統計（火災報告）を用いて、避難安全設計において外力として利用される火災成長率に関する分析を行った。従来は、事務所や住宅など、標本数の多い用途の火災成長率しか明らかにされてこなかったが、階層ベイズ手法を導入することにより、それ以外の用途についても火災成長率を評価できるようにした。

## 避難所の健康確保等のマニュアル原案の社会実装に向けた検討

Examination for social implementation of the draft manual for ensuring the health in evacuation centers

建築研究部 設備基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

室長 平光 厚雄  
主任研究官 山口 秀樹

### [研究目的及び経緯]

これまでの震災などの自然災害時において、避難所生活が長期間に及んだ場合、精神面も含めた健康被害防止と安全確保のために、避難所の生活環境改善手法が必要であることがわかっている。この問題に対して、平成29年度～令和元年度に「避難所における被災者の健康と安全確保のための設備等改修技術の開発」に関する検討を行った。本研究では、上記課題において取りまとめた内容に関して、自治体等における実務担当者が参照しやすいマニュアルとして整理し公開することを目的としている。

令和2年度は、マニュアル原案について、新たな課題となった新型コロナウイルス感染症等へ対応、新技術などに関する情報について調査を行った。また公開するにあたり、文言の修正、見直しを行った。

## 自然災害時の避難計画における照明設備計画の検討

Examination of lighting equipment plan for evacuation plan in a natural disaster

建築研究部 設備基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

主任研究官 山口 秀樹

### [研究目的及び経緯]

本研究では、大規模地震等の自然災害が発生した際に、被災者の安全・安心確保に資する対策について、照明設備を中心にその計画手法を取りまとめることとする。発災直後から数週間程度の時系列において、危険地域からの避難・誘導のための照明計画、救助・医療活動のための照明計画、避難所の照明計画に関して、それぞれの要件を整理し必要な照明確保の手段について検討を行う。

令和2年度は、災害時の避難所における照明環境について、実測およびシミュレーションによる調査を行うとともに、避難所利用時の関係者への意見聴取等を行い、照明環境の改善の必要性とその手法について検討を行った。

## 木造建築物の音環境からみた快適性向上技術の開発

Development of technology to improve the comfort of wooden buildings from the viewpoint of acoustics environment.

建築研究部 設備基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

室長 平光 厚雄

### [研究目的及び経緯]

木材需要の拡大に向け、改正建築基準法において規制の合理化が行われているが、事業者がこれを実現するための設計法等の技術資料が不足しており、普及の妨げとなっている。本研究では、音環境（特に、床衝撃音遮断性能）からみた快適性に関する検討を行い、床断面仕様と性能に関する CLT 床断面仕様の基準化のための技術的知見の提案を行うものである。

令和2年度は、1970年代以降における木造建築物の床衝撃音遮断性能に係る実態を調査し、木造建築物の床衝撃音遮断性能に与える影響要因を把握した。また、CLT パネル床と防振吊り具を用いた天井仕様の事務所の床衝撃音遮断性能の測定を実施し、天井や受音室の影響を把握した。

### 3次元輝度マッピングによる空間ボリューム予測システム構築と設計ツール開発

Development of spaciousness prediction system and design tool based on 3D luminance mapping

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

建築研究部 設備基準研究室  
住宅研究部 建築環境研究室

主任研究官 山口 秀樹  
室 長 三木 保弘

#### [研究目的及び経緯]

建築空間における視環境の快適性を左右する大きな要素で、未だ定量的評価が十分でないものとして、空間ボリューム（空間の広がり・大きさ感）がある。本研究では、空間ボリュームの認識と空間内の光の3次元的な分布と関係性を解析することで、定量的な評価指標を構築するとともに、設計ツールへの展開可能な技術情報として取り纏めることを目的とする。

令和2年度は、空間のボリュームに対する印象評価実験の手法に関して、VR空間を活用することの有効性について、実在の空間を利用した場合との比較により検証した。また、室の容積や照明条件が異なる室に対する被験者実験を実施し、空間ボリュームの印象評価が変化する要因について検討した。

### 火災時の避難環境体験型訓練施設の整備：避難行動の困難度に応じた仕様の設定

Development of experience-based training facility for evacuation in fire; Specs configuration corresponding to difficulty in evacuation behavior

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

建築研究部 設備基準研究室

主任研究官 山口 秀樹

#### [研究目的及び経緯]

本研究は、火災現象の拡大に伴う視覚情報の悪化によって、人間の行動特性である歩行速度や経路選択がどのように影響を受けるのかについて、実際の建築空間の利用状況を踏まえて検討し、火災の危険性を体感できる効果的な避難訓練施設の整備へ反映することを目的とする。

令和2年度は、消防訓練施設を活用し、避難時の照明の明るさと避難行動に要する時間について被験者実験を実施した。また、火災を想定した模擬的な煙を有する環境下での歩行実験については、試験設備側の煙濃度の制御特性が未知であることが判明したため、今年度は煙濃度の制御方法とその計測手法を確立する実験を中心に実施した。

# 建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する

## 既存 RC 部材の評価技術の開発

Development of evaluation technology for existing RC components to contribute to  
Longer-Life renovation of exterior and waterproof layers of buildings.

(研究期間 平成30年度～令和2年度)

建築研究部 材料・部材基準研究室	室 長	三島 直生
Building Department	Head	MISHIMA Naoki
Material and Component Standards Division	主任研究官	根本 かおり
	Researcher	NEMOTO Kaori
	主任研究官	土屋 直子
	Researcher	TSUCHIYA Naoko
住宅研究部 住宅生産研究室	室 長	脇山 善夫
Housing Department	Head	WAKIYAMA Yoshio
Housing Production Division		

The exterior and waterproofing layers of reinforced concrete buildings are expected to have a protective effect on the building frame, and it is essential to maintain their functions during the service period of the building in order to extend its service life. The purpose of this study is to evaluate the quality and durability of the exterior and waterproofing layers after renovation, thereby reducing the number of repairs and renovations.

### [研究目的及び経緯]

建築物の長寿命化および維持管理の効率化は、資源循環や専門技術者等の担い手不足により、従前からの課題である。鉄筋コンクリート造建築物では、外装・防水層は鉄筋コンクリート構造躯体の保護効果が期待されているものの、躯体と比して耐久性が低く、建物の供用期間において複数回の補修・改修を実施する必要がある。一方で、外装・防水層の維持管理および改修には専門技術者の確保や多額の費用を要し、その効率化も強く求められている。このため本研究では、改修後の外装・防水層の品質を確保し、耐久性を向上させることで補修・改修の実施回数を調整できるよう、既存部材に対する調査技術の向上と、的確に既存部材の状態を評価するための基準の検討・整理を行った。なお、本研究では、外装については建築用仕上塗材仕上げ（以降、仕上塗材と記す）、および改修工法の1つである複合改修構工法で改修した外壁とし、防水層については屋上防水（陸屋根）を対象として検討した。

### [研究内容]

#### 1. 屋上防水の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備

屋上防水は、保護防水、アスファルト防水（露出）、シート防水（塩化ビニル、加硫ゴム系）、ウレタン塗膜防水、FRP 防水について、改修工事により防水機能を新築と同水準まで回復させることができるかという視点

で、専門技術者の意見を聴取し、項目の抽出および基準の整理を行った。

#### 2. 仕上塗材の既存部材の保有性能の評価のためのデータの蓄積

仕上塗材の改修工事の仕様選定において、既存部材の劣化程度および使用されている材料の情報が重要である。既存部材については、設計図書や改修履歴情報等の散逸、複数回の改修により既存部材が層を形成していること、および施工年代により材料の変遷があること等のために、現場調査による情報から様々な判断が迫られることがある。また、改修された仕上塗材の劣化原因には未知な点が多数残されており、既存部材の保有性能を評価するためには実験によるデータ蓄積が必要である。このため（国研）建築研究所の屋外ばく露実験場に 1998 年から暴露している仕上塗材仕上げの試験体を用いて、改修および暴露実験を 3 年間継続して実施した。

#### 3. 複合改修構工法による改修外壁の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の整理

外壁複合改修構工法は、1990 年代後半からタイル仕上げ等の外壁改修に採用されるようになり、約 20 年経過しているが、劣化情報が少なく調査・診断方法は確立されていない。また、本改修工法は、浮きが生じた既存仕上げ層をアンカーピンで躯体に固定し、かつ表面を繊維ネットとポリマーセメント、または透明樹脂塗膜で覆うため剥落を抑制する機能があり、一定量の浮

きが内在することは容認されている。このため従来通りの調査・診断方法では、既存部材の保有性能を適切に判断することが難しい。そこで、複合改修構工法で改修した壁試験体を用いて、非破壊および破壊調査を適用した調査方法で検証実験を行い、確認できる劣化現象を整理した。



写真-1 設計上の問題があり改修時に防水保証ができない事例

[研究成果]

1. 屋上防水の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備

表-1に、整理した屋上防水の既存部材の評価基準について示す。i)、ii)は防水材の劣化現象であり、基本的には防水業者による工事により改修後の品質確保が可能なものとした。iii)は、建築物の設計上の問題により防水工事だけでは防水保証できないものとした。また、写真-1にはiii)の設計上問題のある屋上防水について整理した事例を示した。

2. 仕上塗材の既存部材の保有性能の評価のためのデータの蓄積

平成30年度に表-2に示す改修工事条件の設定目的に則して塗り替え改修を1回実施し、この中の半数の試験体は複数回の塗り替えによる影響を確認するため以降、毎年度1回ずつ改修を行った。これらは塗り替え改修前に、汚れ、ひび割れ、剥がれ等を測定し経過観察を行っている。仕上塗材の改修後の品質確保に影響を及ぼす既存仕上げの地下処理方法や、塗り重ね材料の組合せにより起こる早期劣化等を確認している。塗り替え改修の長期的な変化を確認するため、暴露実験を継続している。また、図-1に示す仕上塗材の改修工事仕様選定のための調査ポイントについて整理した。

3. 複合改修構工法による改修外壁の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の整理

目視、指触、打診および赤外線装置法など複数の非破壊調査の結果を併用することで、新たに生じた劣化等の特定ができることが明らかとなった。破壊調査はこの特定した劣化等に対して適用する方法を試行することとし、各工法における劣化調査方法として表-3に示すように取りまとめた。複合改修構工法の評価基準・整備については、今後の課題とした。

[成果の活用]

仕上塗材仕上げの改修工事仕様選定における調査ポイント等については、公共建築改修工事監理指針の参考資料とすることを予定している。

表-1 品質確保の観点から改修前の屋根防水の判断基準

i) 改修施工に特に問題の無い状況	
・補修や撤去などがほとんど必要ない状態	
ii) 既設防水層として問題はあるが改修施工に大きな問題は無い状況	
・補修や撤去が必要だが、元請けによる躯体補修、防水業者だけで対応が可能な状態	
iii) 改修施工に関して大きな問題があり、撤去又は防水下地としての大規模な改修が必要となる状況	
・防水施工業者だけでは対応できない状態。設計上問題があり、防水保証ができない状態。設備などの撤去・再設置などの対応が必要な状態	

表-2 仕上塗材の改修工事条件の設定目的

確認項目
リシンの一般的改修
塗り重ね適合性不適
割れのある塗膜の改修方法(上塗のみ、可とう形改修塗材、防水形薄塗E)・割れの程度の違いによる上塗り塗替え
防水形塗材の上塗材塗替えにおける塗料の硬質・軟質の違い
クリアー塗装による改修の耐久性
割れ・剥がれの補修(フィラー)あり
塗り重ね適合性の確認
溶剤系ウレタンは不適)・白亜化下地の水洗いの有無
既存塗膜と上塗材による改修の適合性(有機系/無機系上塗材)
上塗材による改修で既存塗膜の割れの程度の違いを確認
割れのある下地の改修で可とう形改修塗材の塗付け量の違い・上塗材だけの改修方法の違い
既存仕上と同様な改修および改修塗装系の不適切な組合せ(割れのある塗膜の上塗材による改修)
意匠変更(エナメル仕上げ)の確認
摩耗の著しい既存塗膜の地下処理と改修方法
塗り重ね適合性の確認(ふっ素の改修にアクリルは不適)
既存塗料仕上げを塗料または仕上塗材で改修した場合の効果
蘇苔汚れの改修方法の比較
白亜化下地の地下処理方法の検討/一般的な水洗いとおの比較
アクリルシリコンとふっ素の耐久性比較

調査項目	調査の要点	要点を外れた時の不具合の例
既存部材の調査	過去の設計図書および現場での目視・指触調査あり	既存仕上塗材と新規仕上塗材との付着性が確保できない場合の塗膜の剥がれや剥がれ、柔軟性のある既存仕上塗材の表面に柔軟性のない新規仕上塗材を塗り重ねる場合の剥がれ。
既存仕上塗材の種別	機器分析等による既存仕上塗材の種別を指示する。	脆弱な既存仕上塗材層が残存している場合の剥がれ。
既存仕上塗材の種別	目視・指触による既存仕上塗材の種別を指示する。	脆弱な既存仕上塗材層が残存している場合の剥がれ。
既存仕上塗材の劣化	目視・指触による既存仕上塗材の劣化を調査する。	色変色。
既存仕上塗材の劣化	目視・指触による既存仕上塗材の劣化を調査する。	設計で要求された仕上の色との相違。
既存仕上塗材の劣化	目視・指触による既存仕上塗材の劣化を調査する。	指定された仕様によっては変色など耐久性の低下。
既存仕上塗材の劣化	目視・指触による既存仕上塗材の劣化を調査する。	既存仕上塗材の表面に2液形の仕上塗材を塗り重ねていたが、現在では、ほとんどが水性、弱溶剤系

図-1 仕上塗材仕上げの改修工事仕様選定のための調査ポイント

表-3 複合改修構工法による改修外壁の劣化調査方法

区分	調査対象	劣化現象	調査方法	確認のポイント	
ポリマーセメント系	複合改修層	ひび割れ	目視	幅と長さ、深さ、密度	
		剥がれ・欠損	目視	面積	
		浮き・ふくれ・はらみ	目視・指触、打診	面積	
		白華、錆び汁、水濡れ跡	目視・指触	乾燥の有無	
		変色・退色、汚れ	目視・指触		
		複合改修層の浮き上がり	目視・指触、コア抜き、引張接着試験	発生原因、発生位置、接着強度、繊維ネットの状態、アンカーピンの抜け	
透明樹脂系	透明塗膜	複合改修層のポリマーセメントのひび割れ	目視・指触	ひび割れ発生部位、ひび割れ幅と長さ、深さ、繊維ネットの破断の有無	
		複合改修層の繊維ネットの破断	目視・指触、コア抜き	ひび割れ幅と深さ及び長さ、繊維の状態	
		複合改修層の繊維ネットの露出	目視・指触、引張接着試験、コア抜き	繊維ネットおよびポリマーセメント、既存仕上げ層の劣化状態	
		塗膜の汚れ	目視	汚れの原因確認	
		塗膜のひび割れ	目視、指触、部分打診、引張接着試験、コア抜き	ひび割れ幅、深さ及び長さ、発生場所、ひび割れ発生密度	
		塗膜の剥がれ	目視、指触、Xカット試験、引張接着試験	発生原因、接着強度	
共通	既存仕上げ・躯体	塗膜の消耗、変退色	目視、指触	塗膜の状態	
		塗膜の浮き・ふくれ	目視・指触、Xカット試験、引張接着試験	発生原因、接着強度	
		塗膜の白濁	目視・指触、引張接着試験、コア抜き、Xカット試験	水浸入経路の確認、接着強度	
		接着力の低下・はく離、はらみ出し	引張接着試験、コア抜き	発生原因、はく離発生箇所の確認、面積	
		アンカーピン	アンカーピンの異常(浮き上がり、周囲のひび割れ)	アンカーピンの定着強度試験	発生原因、躯体コンクリートのひび割れ等の確認
		シーリング	ふくれ、シワ、破断、はく離	目視・指触、打診	破断・はく離深さ、水浸入の有無、周囲のはく離・ふくれの発生状況

# AR 技術を応用した現場情報共有システムの

## 開発に関する研究

Study on development of on-site information sharing system applying AR technology

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

建築研究部 材料・部材基準研究室

室 長

三島 直生

Building Department

Head

MISHIMA Naoki

Material and Component Standards Division

In this research, in the field of construction production and maintenance, a technology was developed and verified its effectiveness that various information is displayed together with detailed 3D position information by applying AR (Augmented Reality) technology, shared with other persons, saved, and can be called at any time. As a result, it was shown that there is a possibility to build a system with sufficient performance for investigations at the maintenance stage of buildings using only smartphones.

### 〔研究目的及び経緯〕

建設および維持管理の現場における生産性改善は喫緊の課題となっており、その中でも情報化における基礎的な要素技術である位置情報等の効率的な共有とその活用方法の開発は重要課題の1つと位置づけられる。

本研究では、建設生産および維持管理等の現場において、AR (Augmented Reality・拡張現実) 技術を応用することで、3次元位置情報を他者と共有し、保存していつでも呼び出すことのできる技術の開発およびその有効性の検証を行った。

### 〔研究内容〕

#### 1. AR 技術の概要と開発技術の位置づけ

建築物の維持管理業務におけるデジタルトランスフォーメーション (DX、デジタル技術を活用した効率化) や建築物のデジタルツイン (建築物の現在の状態を仮想空間上に再現した管理の高度化) などを進めるにあたり、位置情報は仮想空間と現実空間を関連付ける接点と位置づけられる。通常は、図面情報と実建物の間に技術者の判断が介在するため、人的錯誤 (図面上の位置の勘違いなど) が発生する可能性がある。AR 技術はこのような場合に適用が期待される技術であり、仮想オブジェクトを実画像に重ねて、リアルタイムで表示させることができることが特徴の技術である。

類似技術として、さらに高度な操作が可能な MR (Mixed Reality) が既に建設の施工現場を中心に導入が進められているが、建築の維持管理業務を中心に、それほどの位置決め精度が必要ない状況や、技術の導入コストをかけられない場合も少なくない。以上より、本研究における開発技術は、低コストで操作が容易であることに特化したものと位置づけた。

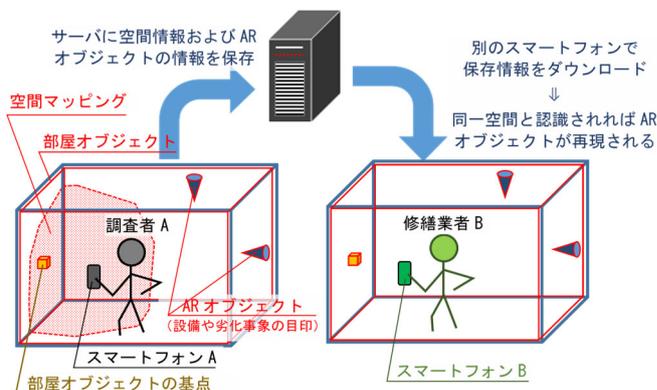


図 1 開発技術の動作イメージ

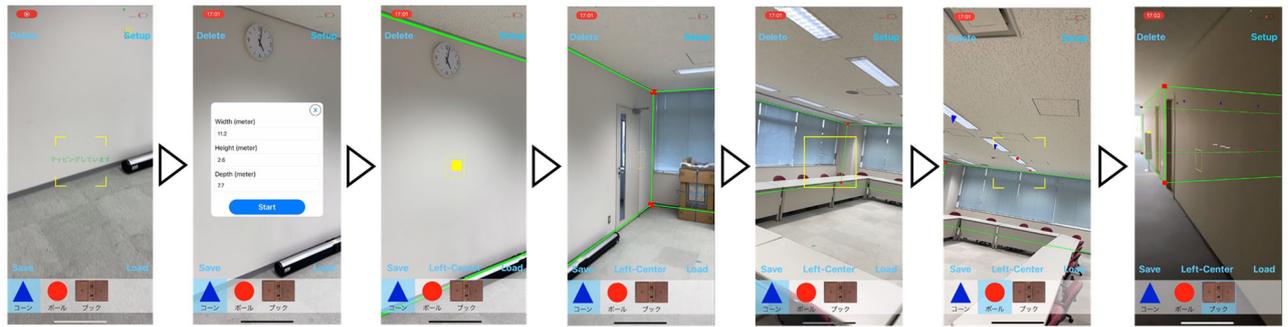
#### 2. 開発技術の概要

本開発技術では、前述の開発条件から、デバイスとして市販のスマートフォン (ここでは iPhone) のみを使用し、マーカレスで、単眼カメラによる空間マッピング、AR オブジェクトの設置、外部サーバへの保存、外部サーバからのダウンロードによる他端末による AR 情報の共有が可能であることを条件とした。本開発技術のイメージを図 1 に示す。また、本検討では BIM モデルとの連携の前段階として、BIM モデルを想定した部屋の概形オブジェクトを設置した後に、設備等の位置を示す AR オブジェクトを設置する仕様とした。

### 〔研究成果〕

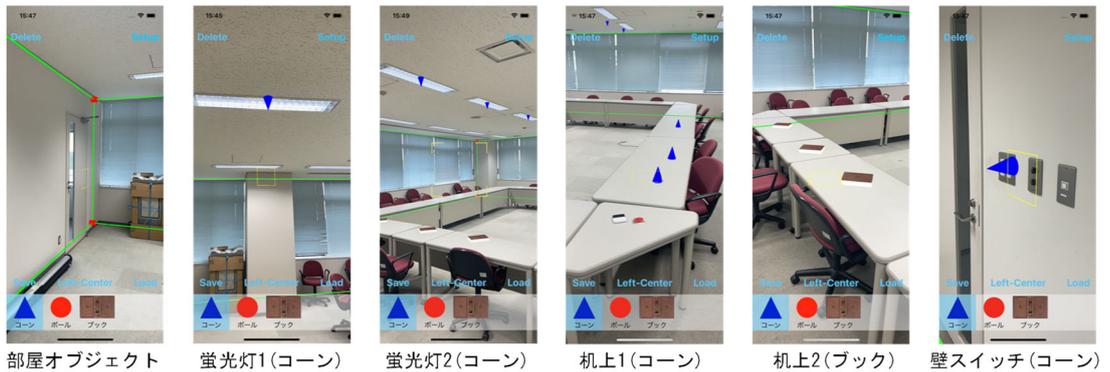
#### 1. 開発したスマートフォン用 AR アプリの操作の流れ

図 2 に、開発したスマートフォン用 AR アプリの操作の流れを示す。まず、スマートフォンのカメラを壁面や床に向けることで空間を認識させ (5 秒程度)、部屋の寸法の設定画面で寸法を入力し、部屋オブジェクトの基点となる位置 (ここでは妻壁の中央) をカメラの

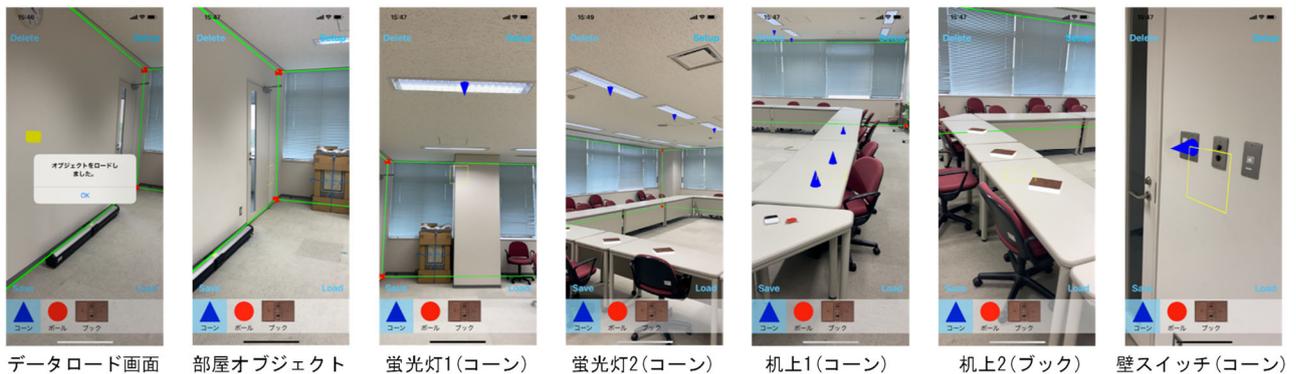


a) 空間マッピング b) 部屋の寸設定 c) 部屋オブジェクト設置 d) 部屋オブジェクト設置状況 1 e) 部屋オブジェクト設置状況 2 f) ARマーカ設置状況（蛍光灯） g) 廊下側から見た状況

図2 開発したARアプリの操作の流れ



(a) iPhone12Proを用いたARオブジェクトの設置状況（この後にサーバに保存）



(b) iPhone11を用いてダウンロードされたARオブジェクト

図3 ARオブジェクトの設置時およびデータロード時のARオブジェクトの位置の比較

中心でとらえて設置ボタンをタップするとARの部屋オブジェクトが設置される〔図2 a)～e)〕。その後、画面下に表示されたARマーカ（コーン、ボール、ブック）を選択し、設置したい位置を画面でとらえてタップすることでARマーカが設置される〔図2 f)〕。ここで、本アプリではARマーカは空中には設置せず、カメラで認識された面（壁、床、天井、机、等）に接して設置される。これにより、手の届かない天井や部屋の奥にもカメラを向けて画面をタップするだけでARマーカを設置できる。本アプリではオクルージョンは実装していないため、部屋の外に出ても室内のARオブジェクトは画面上で視認される〔図2 g)〕。

## 2. ARオブジェクトの設置位置の再現性の検証

図3に、ARオブジェクトを設置したものとは別のスマートフォン（機種も異なる）で保存されたデータを

ロードし、ARオブジェクトの位置の再現性を検証した結果を示す。図3(a)および(b)の比較からは、精度よくARオブジェクトが再現されていることがわかる。

ARオブジェクトの位置決め精度については、図2 g)のように移動距離が大きくなると元の位置に戻ったときに数十cmのずれが発生することがあった。しかし、この場合にも今回の検証で対象とした設備等の位置特定には十分な精度が確保できている。以上より、維持管理段階での調査に十分な性能を備えた3次元位置情報共有システムを構築できる可能性が示された。

### 〔成果の活用〕

本研究による開発結果は、既存住宅状況調査（インスペクション）などの建設系調査業務の効率化等への応用を進める予定である。

## 剥落防止性能を備えた押出成形セメント板のタイル仕上げ補修工法の開発研究

Research and Development of Tile Finish Repair Method for Extruded Cement Panel with Spalling Prevention Performance.

建築研究部 材料・部材基準研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

主任研究官	根本 かおり
室長	三島 直生
主任研究官	土屋 直子

### [研究目的及び経緯]

本研究では、出成形セメント板 (Extruded Cement Panel: ECP, 以降、ECP と記す) のタイル仕上げに生じた浮き・剥離に関する補修工法について、剥落防止性能をふまえた加力実験を含めた検討を行っている。鉄骨造建築物の外壁として用いられる ECP は、地震等の層間変位に関してはロッキングまたはスライドして吸収できるように設計されている。その一方、日射や雨等による温冷変化および風圧により、パネルには日常的に凹凸の反り (面外方向) 変形が生じるため ECP のタイル仕上げには、面外方向のパネル変形に対し追従できる性能が必要となる。そこで、ECP のタイル仕上げに生じた浮き・剥離を補修する工法を複数提案し、剥落防止性能を面外曲げ試験を適用し、パネル変形への追従性を確認しながら補修工法の改善及び向上を図ることを目的に実験を行っている。今年度は2点荷重載荷装置を用い曲げ試験を行ったが、補修したタイル仕上げが剥落する前に ECP が破壊してしまった。次年度は面外方向への加力方法を再検討し、補修したタイル仕上げの剥落防止性能の評価を行う。

## 慣性力と強制変形を受ける非構造部材の地震応答に関する基礎的研究

Research on Seismic Responses of Nonstructural Components under Both Effects of Inertia Forces and Relative Displacement

建築研究部 評価システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)  
室 長 石原 直

### [研究目的及び経緯]

非構造部材の耐震設計では「慣性力」と「強制変形」をそれぞれ独立に検討することとされているが、その技術的根拠は十分には明らかにされていない。本研究では間仕切壁の面外方向等を想定し、多層建築物内で上下の床に接続される非構造部材を曲げ棒としてモデル化した上で、種々の境界条件における地震時の応力の大小や支配的要因等を検討する。

令和2年度は、曲げ棒でモデル化した非構造部材が両端固定条件の場合を対象として、解析手法の検討、プログラム作成、解析実施等を行った。解析結果は、強制変形の影響がない両端ピン条件と比較しながら整理した。

## 地震を受けた拠点建築物の健全性迅速判定技術の開発

Development of Quick Assessment Technology of Disaster Base Building after Earthquake

建築研究部 評価システム研究室

建築研究部 構造基準研究室

住宅研究部 住宅生産研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

室 長 石原 直

室 長 喜々津 仁密

室 長 脇山 善夫

### [研究目的及び経緯]

地震被害からの速やかな復旧には、庁舎等が災害対応の拠点となる。過去の地震では、庁舎等が立ち入り可能であるかどうかを専門家が確認するまでに時間がかかり復旧の妨げとなった例もあり、地震直後にその健全性を迅速に判定方策が求められている。本研究は、地震発生直後から災害対応のために継続使用が求められる自治体庁舎等の拠点建築物について、地震発生直後に健全性を迅速に判定するための技術を開発することにより、地震直後に庁舎等の使用可否判断を、建築の非専門家である建物管理者が迅速かつ適確に実施できるようにすることを目的とする。

令和2年度は、時刻歴応答解析による検討結果から構造健全性判定のための判定基準を検討した。また、吊り天井の実験により地震時損傷評価に関するデータを取得した。

# 集成材接合の靱性保証設計のための割裂抑制技術に関する

## 基礎的研究

Study on seismic design method for glulam structural joint based on inelastic displacement concept

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

建築研究部 評価システム研究室  
Building Department  
Evaluation System Division

主任研究員  
Senior researcher

秋山 信彦  
AKIYAMA Nobuhiko

Although the moment resisting joint by drift-pin joints with inserted steel plate is generally used in glulam frame structure as seismic resistance member, the ductility is poor because of splitting failure along the drift-pins line in the fiber direction. So the reinforcement method were proposed by driving the full-thread screws at splitting lines. The cyclic bending tests were conducted for the several joint specimens of the different driving depth or number of the screws to confirm the reinforcement efficacy by the full-thread screws and the improvement of the ductility.

### [研究目的及び経緯]

建築分野における木材利用拡大のため、非住宅用途・規模の大型木造建築物の普及に対する社会的な要望は高く、その構造設計技術の整備が求められている。木造建築物では一般に接合部を先行降伏させてエネルギー吸収させることが耐震設計上の基本思想であり、高い耐震性能が求められる大型建築物において塑性変形能が確保された接合部は必要不可欠な構造要素である。しかし、一般建築材料のひとつである集成材を用いた接合部では、割裂破壊が生じて耐力低下することによって塑性変形能が確保できないことが課題となっている。そこで、本研究では、割裂破壊を抑制する技術を開発することを目的として、図-1に示す汎用技術である集成材鋼板挿入ドリフトピン接合を対象として、図-2に示す全ねじビスを用いた抑制技術に関する基礎的検討を行った。

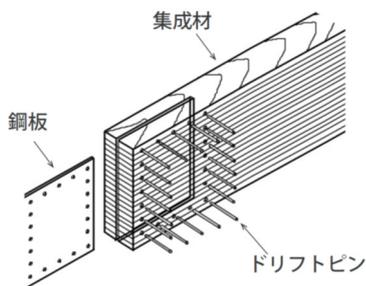


図-1 鋼板挿入ドリフトピン接合

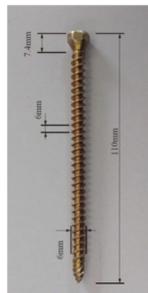


図-2 全ねじビス

### [研究内容]

#### 全ねじビスを用いた割裂補強のコンセプト

鋼板挿入ドリフトピン接合を用いた梁端接合部において矩形配置を採用した場合には、図-3に示すように集成材の材縁の繊維平行方向にドリフトピンが複数本並ぶ位置において割裂破壊が生じることが既往研究よ

り分かっている。これはドリフトピンの応力のうち繊維直交方向成分の応力が知見が十分でなく且つ極めて低い値になり得る集成材の横引張強度に到達して引き起こすものと考えられる。この横引張応力によって割裂想定線において割裂破壊して材縁が離間することを、全ねじビスをドリフトピン配置の間に打込み、その引抜抵抗によって抑制することを企図した。

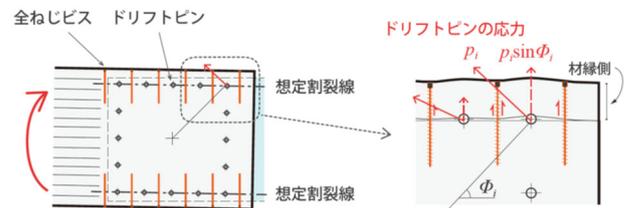


図-3 全ねじビスによる割裂補強のコンセプト

#### 想定する梁端接合部の仕様の整理

検討範囲を絞るため、想定される梁端接合部の仕様をケーススタディして整理した。下記に整理方法の概要を示す。

- 用いる材料は、一般利用される梁として、曲げ強度に  $30\text{N/mm}^2$ 、材幅を  $150\text{mm}$ 、せいの範囲は  $450\sim 900\text{mm}$  の集成材を、ドリフトピンは材質は SS400、直径は標準的な  $12\text{mm}$ 、挿入鋼板は厚さ  $12\text{mm}$  を対象とした。
- 仕様の検討は、配置は現行基準等に準じてドリフトピンの配置等を決定し、接合部性能は保有耐力接合のため鋼板厚+ $2\text{mm}$ のスリット加工やドリフトピン孔の欠損を考慮した集成材の曲げ耐力に対してばらつきと荷重上昇を含んだ  $1/1.5$  を上限と設定した。

検討結果は下記の通りである。

- 矩形配置の配列は1重配列で、接合部性能の上限程度に到達する。そのため、2重以上の複数配列は検討対象から除外した。
- 繊維方向に並ぶドリフトピン数は6~10列である。そのためこの範囲に検討を限定することとした。
- 実務で接合部性能を上限に近づけるように繊維平行方向のピッチを配置基準の最小7d=84mm (d:ピン径)を拡げて調整することが想定されるが、拡げると割裂補強用の全ねじビスとドリフトピンまでの距離が長くなり効きが悪くなる可能性が考えられる。そのため繊維平行方向ピッチの上限として仮に100mmを検討対象に加えることとした。

### 全ねじビスによる割裂抑制効果の実験検証

上記で整理した梁端接合部の仕様を対象として、全ねじビスによる割裂抑制の有効性を把握するため、表-1に示す試験体(図-6に2仕様を例示)に対して曲げ実験を行った。図-7に試験結果として荷重変形角関係を示す。以下に得られた主な知見を列挙する。

- 補強なしと比較して補強したものは塑性率が3倍程度に向上し、補強方法の有効性が確認された。
- ピン列数の多寡に関わらず割裂破壊は抑制された。但し、ピン列数が多いほど終局変形角が小さくなる傾向にあったが、これはドリフトピン1本当りの接合部の終局変形角がピン自体の破断によって頭打ちしているためである。
- 内側の配列では補強なしでも1/15rad程度まで割裂破壊が生じないことが確認でき、補強を外側の配列に限定できる可能性が示唆された。

表-1 実験変数

Name	Glulam				Drift Pin (DP)						Inserted Plate		N		
	JAS grade / Species	b	h	Slit w.	Φ of DP hole	reinforcing	Steel	Φ x L	End cut	DP pitch	Edge dist.	n		Steel	t
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
DP6	E105		330							84	48	6			3
DP6-n	-F300		330			x				84	48	6			3
DP6-l	/	150	360	14	12		SS400	12	C2	100	48	6		SN	3
DP2-i	Eur.		360			x				84	123	2		490B	3
DP8	Red-wood		450							84	48	8			3
DP10			500							84	48	10			3

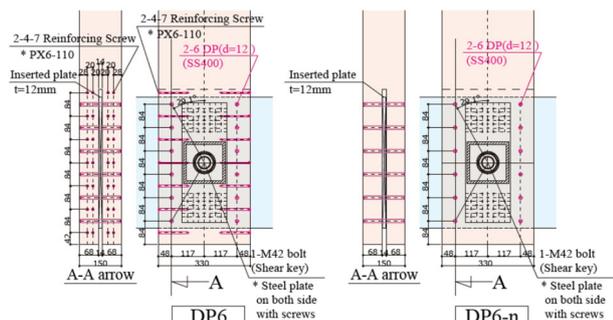


図-6 試験体の例

(左:ピン列数6列、右:ピン列数6列+補強なし)

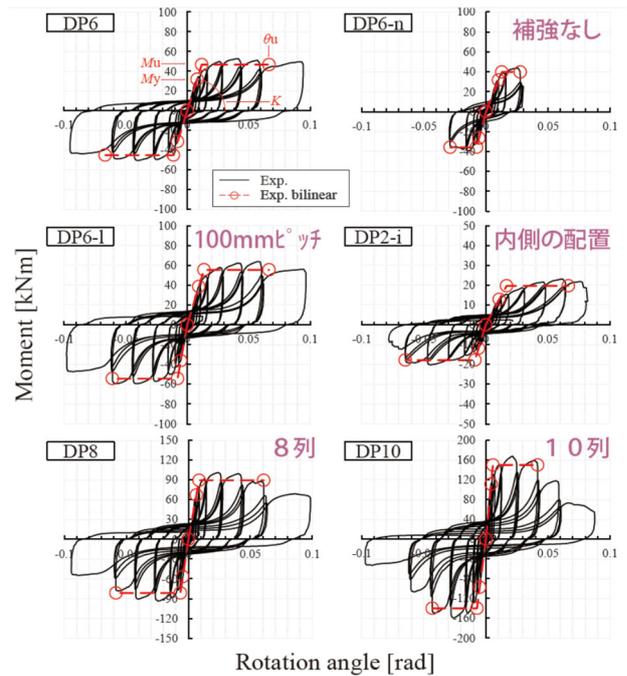


図-7 荷重変形角関係

### 全ねじビスの引抜性能-割裂抑制効果関係の把握

全ねじビスの打込み本数や仕様を引抜性能によって選定できるようにすることを目的として、DP6を基準として打込みの深さや本数を変えて曲げ実験を行い、割裂抑制効果に対する影響を把握した。図-8に荷重変形関係の各加力方向の包絡線について評価した吸収エネルギーの比較を示す。以下に得られた主な知見を列挙する。

- 各位置の打込み深さの合計値が大きい仕様が割裂を抑制して吸収エネルギーが大きくなる傾向を把握した。
- 各位置の打込み深さの合計値が同じ場合、スリットに近い位置に打ち込んだ仕様が割裂を抑制して吸収エネルギーが大きくなることを把握した。

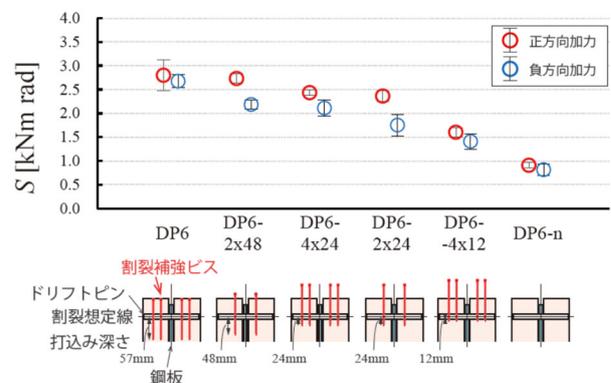


図-8 打込み仕様毎の吸収エネルギーの比較

### [成果の活用]

本研究の成果は、昭55建告第1792号第1・第2を補完する技術的資料として活用しうる。

## 迅速な被災度判定システム及びデータプラットフォームの構築に関する研究

A study on the development of rapid assessment method of buildings after an earthquake and its related data platform

建築研究部 評価システム研究室  
建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)  
室長 石原直  
室長 喜々津仁密

### [研究目的及び経緯]

地震発生時には迅速かつ適確な建物被災状況把握を行い、即時に開設する避難所や役所庁舎等の拠点建築物の健全性を判定する必要がある。しかし、現状の地震直後の被災建築物の健全性判定は、主に外観の目視等からの総合的な判定に依っており、大地震時には判定士の不足等により非常に時間を要する。例えば、熊本地震レベルの応急危険度判定でも1か月以上を要した。以上の背景を踏まえて本研究は、膨大な被災建築物の健全性判定について、人力に依拠しないAI、IoT技術等を活用したシステムの構築について諸検討を行うものである。国総研は当該システムのうち、構造ヘルスマモニタリング(SHM)の加速度記録に基づく判定基準の策定について検討した。

令和2年度は、耐震壁付きやピロティ架構の鉄筋コンクリート造を想定した対象モデルを追加した上で、昨年度に引き続き振動数の変化と耐震性能残存率の関係について時刻歴応答解析を通じて検討した。それらの結果を踏まえ、地震時の様々な壊れ方に対する構造健全性判定基準を検討した。

## 鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価に関する研究

Study on ductility evaluation for glulam bracing shear wall with steel-plate-inserted joint

建築研究部 評価システム研究室

(研究期間 令和2年度～令和5年度)  
主任研究官 秋山信彦

### [研究目的及び経緯]

鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁は、非住宅規模の木造建築物に対して、標準的に導入される耐震要素であるが、大地震時の安全性を担保することが強く求められる中で、終局時の靱性能を考慮する評価方法が指針類に示されていないのが現状である。この耐力壁における塑性変形要素はブレース端部の鋼板挿入ドリフトピン接合であるが、割裂破壊が先行して終局時の靱性能が十分に得られないことが問題となっている。本研究では、割裂が想定される部分に全ねじスクリューを打込む方法で割裂抑制することを前提として、終局時の耐力・変形能を確保できる鋼板挿入ドリフトピン接合の仕様検討とそれを用いたブレース耐力壁の靱性能評価技術の検討を行う。

令和2年度は、繊維方向のドリフトピン列の想定割裂面に対して全ねじスクリューを側面から打込む補強方法について、打込み深さや本数を変化させて実験を行い割裂が抑制され変形能が確保できる仕様を把握した。