

# A. 概要

目次

1 研究目的及び経緯	A-3
2 研究内容	A-3
3 構造性能に関する検討	A-5
4 防火性能に関する検討	A-5
5 耐久性能に関する検討	A-7
6 音環境性能に関する検討	A-9
7 研究実施体制	A-10
8 関連研究	A-13
9 研究成果と活用	A-13

### 1 研究目的及び経緯

木材の有効利用による環境問題への対応、森林保全を通じた国土強靱化、地方振興、木のある空間創成などの観点から、木材需要の多くを占める建築領域での木材資源の活用が求められている。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木材需要拡大に有効と考えられ、国土交通省では耐久性等に優位性のある先導的な木造建築物への建設補助や、大規模木造建築物を実現するための研究開発が進められている。

大規模木造を可能とする CLT パネルを用いた建築物については、平成 27 年度までの一連の検討により一般的な構造設計が可能となったが、大規模・中層木造建築物には一定の防耐火性能が要求され、耐火性能の高い RC 造やハイブリッド耐火部材との組合せが有効であるが、今後設計事例が増えていく過程で、鋼構造(以下、S 造)・鉄筋コンクリート造(以下、RC 造)や集成材構造との混構造や CLT の部分利用の事例が増えていくものと考えられる。また、大規模・中層木造を実現する木質材料として CLT の他、LVL、集成材等(以下、木質系大型パネル)の材料や新たな接合部の開発が進められており、これらの部材を用いた混構造建築物による魅力的な空間創成の事例も増えていくものと考えられる。しかし、木質材料を活用した混構造建築物の耐久性確保に関する建設実績や技術資料がほとんどなく、CLT 等と他構造種別の混構造に関する構造設計法、防耐火設計法、耐久設計法、及び施工方法の整備が求められている。

このような背景を踏まえ、本課題では、木材の利用推進、材料の特性をいかした可変性の拡大、施工期間の短縮など、各種目的を実現するため、中層木質混構造建築物(CLT 等の木質系大型パネルを用いた木造と他構造種別等を混用した中層建築物)に関する、一般技術を用いた、構造設計法、防耐火設計法、耐久設計法等の整備に資する技術開発に取り組んだ。

### 2 研究内容

中層木質混構造建築物について、有識者や関係業界の意見を踏まえ、主要な次の 3 つの技術性能を検討するためのプロトタイプを設定し、必要に応じ意匠面の確認も行いつつ、担当研究者が相互に連携し検討した(図 2.1、図 2.2)。具体的には、木質系部材と異種構造(S 造、RC 造等)との混構造建築物に関して、構造形式等の異なる複数のプロトタイプ案を想定し、構造、防火、耐久性の側面から種々の課題を抽出しつつ、対策を講じることで、合理的な設計案を技術資料として整備している。

最初は、市庁舎(大規模事務所)、次に、集合住宅、中小規模事務所を対象として、プロトタイプを検討し、その後、各課題等を踏まえたプロトタイプ(案)として図 2.2 を提案した。

タイプ I は、5 階建てメガストラクチャータイプ(両側コア+2 層毎の RC 床)の建築物を試設計の対象とした。地方都市(人口 5~8 万人規模)の市庁舎(事務用途)を想定した。タイプ II では、各層を RC 造、S 造で構成し、CLT、LVL パネル等の木質パネルを壁や床材として組み込み、木質混構造建築物とすることとした。タイプ III は、木質どうしの混構造とした。

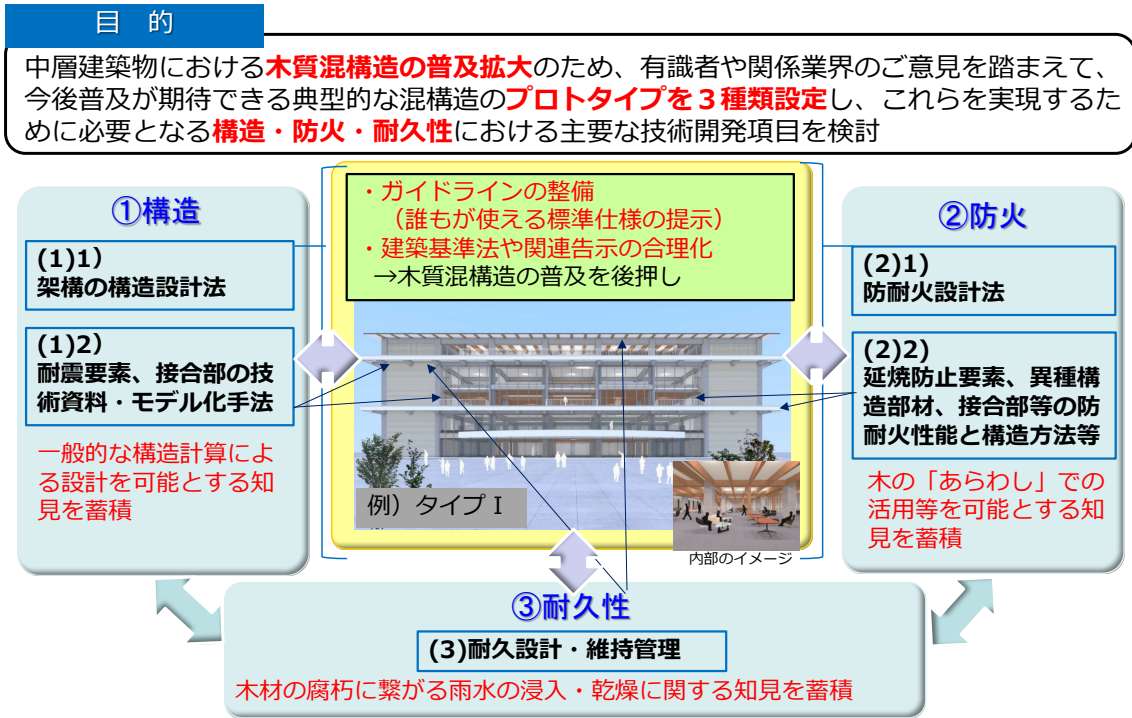


図 2.1 研究目的と主要な技術開発項目

タイプ	架構のイメージ	メリット
<p>タイプ I</p> <p>2層分のRC造大架構の中に木造架構を自由に設置</p>	<p>大架構(メガストラクチャ) 庁舎</p> <p>内観イメージ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可変性</li> <li>・4階建以上で内部木材現わしの実現</li> <li>・メガストラクチャの床、コアによる防火区画</li> </ul>
<p>タイプ II</p> <p>RC造やS造架構で各階の壁や床を木質化</p>	<p>RC+CLT袖壁(集合住宅) S+CLT壁(事務所)</p> <p>S+CLT壁(集合住宅)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可変性</li> <li>・内部の木材現わしによる4階建以上の実現</li> <li>・防火設計が比較的容易(各層毎の区画)</li> </ul>
<p>タイプ III</p> <p>木造で大スパン等の自由な空間を実現</p>	<p>CLT壁+集成材梁併用工法</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自由な空間構成</li> <li>・パーツ減少による施工の合理化</li> </ul>

図 2.2 検討対象の混構造プロトタイプの架構形式

### 3 構造性能に関する検討

構造性能に関する検討のうち、RC 造ラーメンに CLT 袖壁を取り付けた架構について、加力実験(図 3.1)や数値解析で得られた知見を踏まえ、骨組解析における各部材や部材間の接合部のモデル化の方法、保証設計時の留意点等を整理した構造計算用の資料や、集合住宅の設計事例を作成した。RC 造ラーメンに CLT 耐力壁を取り付けた架構の実験では、RC ラーメンのみよりも耐力が大幅に増大する強度型の架構を実現できることを確認した。

鉄骨造架構に CLT 耐力壁と取り付けた架構については、1層の実験結果の再現解析を行い、実験結果を解析により再現できることを確認した。また 5 階建て事務所、6 階建て集合住宅の試設計モデルの地震応答解析を行い、CLT 耐力壁による補強効果を確認した。これらの解析結果を構造計算に参照される技術資料として取りまとめた。

他に、中層木質系復興住宅の構造設計事例及び設計上の留意点をまとめた技術資料を作成した。

詳しくは、B 編.構造分野を参照。



図 3.1 RC+CLT 袖壁の架構実験

### 4 防火性能に関する検討

木質系構造材料を活用した混構造において、木造に比較して高い防耐火性能を期待する RC、S 等の構造形式を用いた構造体やメガストラクチャと CLT 等の厚板木質パネルを用いた構造体等から構成される中層木造建築物のプロトタイプに関して、各種接合部の性能確認(図 4.1、図 4.2)、火災時倒壊防止性能検証法・避難時倒壊防止性能検証法の適用と混構造建築物の防耐火設計技術の開発を行った。

図 4.1 に示すプロトタイプ I については、木造部分は  $3000\text{m}^2(1500\text{m}^2 \times 2 \text{層})$  となり、大規模木造建築物に相当する規模となるため、RC メガストラクチャ部分は、建築基準法第 21 条第 2 項に規定される壁等として位置付けを想定し、木造部分の火災が終了するまで延焼することの無いように、十分な延焼防止性能を有するように配慮されている。RC メガストラクチャは、火災が終了するまでの間、つまり、木造部材を含む区画内部の可燃物が燃え尽きるまでの耐火性能を有する必要がある。火災継続時間の評価には、建築物内部の収納可燃物量に CLT パネル等の大断面木質部材の発熱量を統合して、木質化の影響を考慮する必要がある。フラッシュオーバー発生後に長

## A.概要

時間、上階延焼を防止するため、上階の開口部に入射する熱流束を低減する必要がある。そのため、バルコニーの設置と上階の開口部への散水設備の設置による入射熱流束の低減を図っている。

接合部に関しては、盛期火災中は木質部材により不燃系部材の温度上昇が抑制されるが、その後、ラミナ燃焼、炭の赤熱し、不燃構造の部材への入熱が増加することが明らかとなった(図4.2、図4.3)。

詳しくは、C編.防火分野を参照。

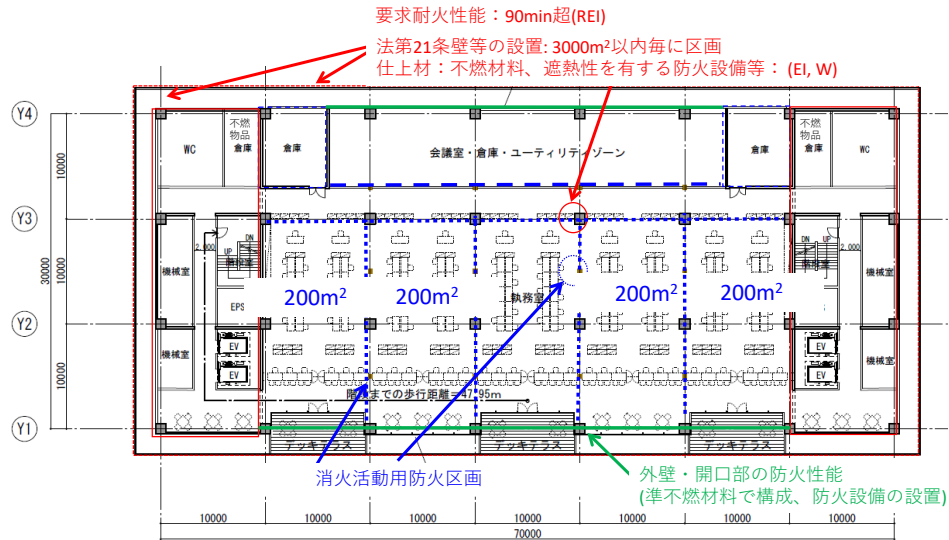


図 4.1 タイプ I の防火区画の位置付け

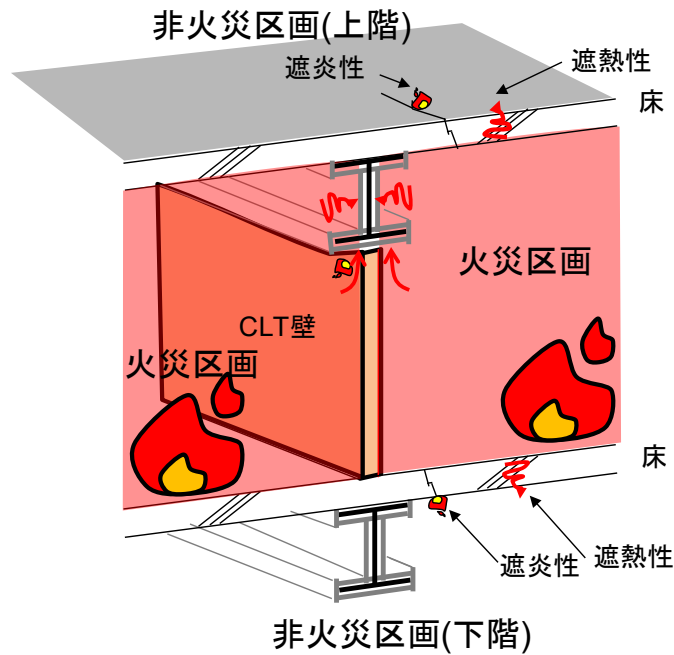


図 4.2 鉄骨系混構造の主要構造部の接合部等





図 4.3 接合部試験体

## 5 耐久性能に関する検討

中大規模木造建築物の耐久性に関する対処法の多くは一般木造と同じ部分が多く、耐久性上のリスクは雨水浸入の恐れのある外皮部分に集中する。木造の躯体が外壁を構成する場合の納まりとしては、外壁通気工構法が一般的であるが、ここでは中大規模木造建築物に外壁通気工構法を適用した際の躯体の乾燥性能および維持管理計画などを中心に検討した。

建物外皮への雨水浸入状況の評価試験としては、最も雨水が浸入しやすいと想定されるバルコニーの手すり壁上部および屋上のパラペット部を対象とした送風撒水試験(図 5.1 左参照)、および開口部への動風圧撒水試験(図 5.1 右参照)を実施し、各種の防水納まりによる降雨条件ごとの雨水浸入状況、バルコニー手すり壁による通気層の通過水量や壁内各部位への浸入水付着量などが明らかとなった。

木造 6 階建て建築物を対象として、外壁通気層内部の温湿度および風速などを計測した実験結果(図 5.2 参照)からは、日射による通気層内部の温度上昇が風速(換気量)に大きく影響していることなどが明らかとなった。

また、75 分準耐火構造の外壁を対象として、外壁通気層への雨水浸入を再現した実大暴露実験の結果(図 5.3 参照)からは、外壁通気層の仕様の違いにより梅雨明け後の放湿型結露のしやすさに大きな違いがあることが明らかとなった。

木質混構造モデル建築物を対象とした、維持管理計画の作成も試行し、そこで必要となる情報の整理も行った(図 5.4)。これ以外にも、中層木造および木質混構造建築物の耐久設計において配慮の必要な項目に関する現状の知見について、調査し取りまとめた。

詳しくは、D 編.耐久性分野を参照。

A.概要

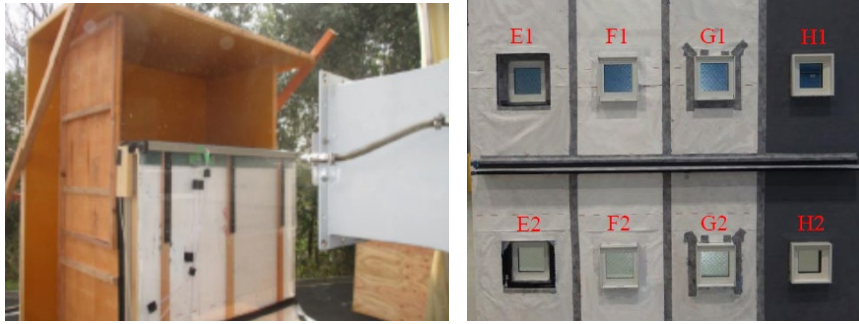


図 5.1 バルコニー手すり壁（左）および開口部周囲（右）に対する雨水浸入状況の評価試験の例

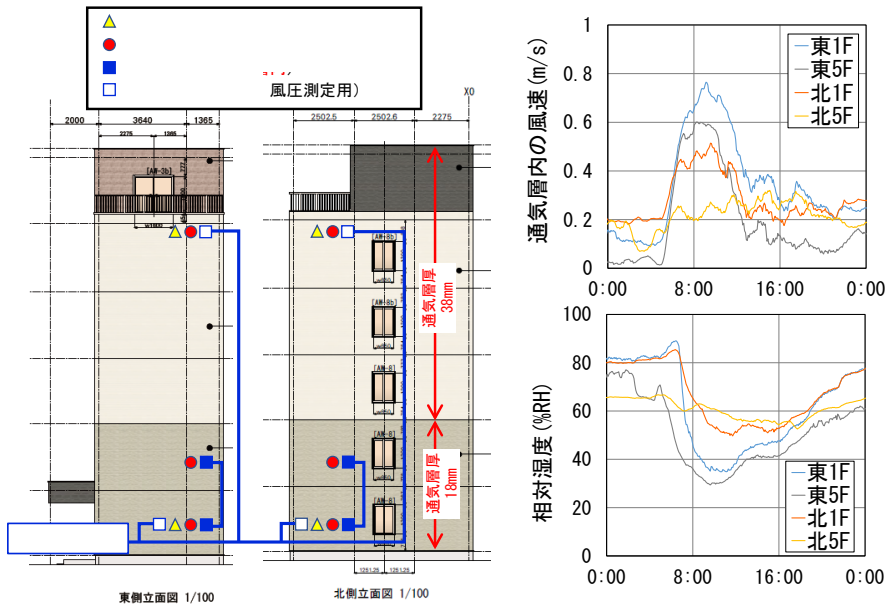


図 5.2 木造 6 階建て建物の外壁通気層内部の環境計測実験のセンサの配置と計測結果の例



図 5.3 実験住宅の内外観および 75 分準耐火構造の外壁通気層の仕様による結露発生状況の例



## A.概要

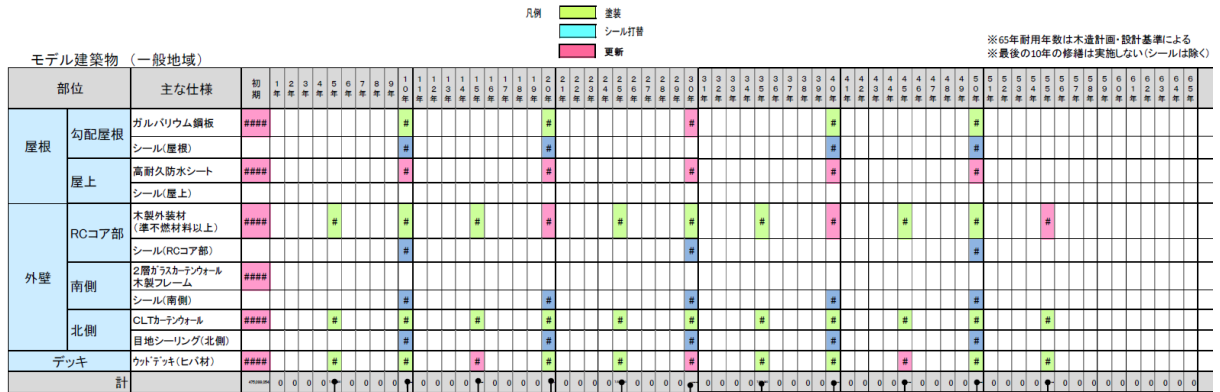


図 5.4 木質混構造モデル建築物の維持管理計画の作成例

### 6 音環境性能に関する検討

音環境性能に関する基準は建築基準法第 30 条の「長屋又は共同住宅の各戸の界壁」の遮音性能のみが規定されているものの、集合住宅のトラブルやクレームなどでは、上階から聞こえる「床衝撃音」が問題となることが多い。床衝撃音遮断性能は床構造の面密度と剛性に依存するため、軽量の木造床では床衝撃音遮断性能は低くなり、検討が必要となる。

天井面を木材(CLT パネル)現しとするプロトタイプ設計例の仕様に対して、床衝撃音遮断性能に関する検討を実施した。天井面を木材の場合には天井構造による遮音効果が期待できないため、床躯体構造の面密度や剛性を上げる方法として、CLT 床にコンクリートを打設した仕様とすることとした。

先ず、CLT 床にコンクリートを打設した湿式浮き床や合成床を施工した小試験体を用い、「駆動点インピーダンス(床版の振動しにくさ)」の測定を実施し性能を確認した。その後、6 階建ツーバイフォー実験棟の CLT 床上において、湿式浮き床や合成床(ともに 100mm 厚コンクリートを打設)を施工すると、重量床衝撃音は Lr-60~65 と高い性能を発揮することができた。また、合成床に床仕上げ材として乾式二重床構造を施工すると、重量床衝撃音は Lr-70(L 数 68)、軽量床衝撃音は Lr-60(L 数 62)と概ね、日本建築学会遮音性能基準における集合住宅の適用等級 3 級の評価となった。

詳しくは、E 編.音環境分野を参照。

## 7 研究実施体制

## 1) 技術開発検討委員会の設置

研究開発の実施にあたっては、プロトタイプの設定、設定したプロトタイプごとの構造性能、防耐火性能、耐久性能等に関して全体的な観点から研究内容等に助言をいただくとともに、成果の施策への反映方法や普及方法等について連絡・調整をするため、学識経験者や国土交通本省の担当者等で構成される「技術開発検討委員会」を設置した。

なお、下記の学識経験者、オブザーバー、国土交通本省協力員、国総研の研究担当者の役職はいずれも当時である。

## (1) 学識経験者 (敬称略・五十音順)

## 委員長

河野 守 東京理科大学工学部第二部建築学科 教授 (平成 29～令和 2 年度)  
東京理科大学理工学研究科国際火災科学専攻 教授 (令和 3 年度)

## 委員

五十田 博 京都大学生存圏研究所生存圏開発創成研究系 教授  
井上 貴仁 国立研究開発法人防災科学技術研究所地震減災実験研究部門 副部門長  
大宮 喜文 東京理科大学工学部建築学科 教授  
岡田 恒 公益財団法人日本住宅木材技術センター 試験研究所長(平成 29 年度)  
向井 昭義 公益財団法人日本住宅木材技術センター 試験研究所長 (平成 29～令和 3 年度)  
奥田 泰雄 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ長 (平成 29～令和元年度)  
小山 信 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ長 (令和 2～3 年度)  
片岡 辰幸 日本集成材工業協同組合 専務理事 (平成 29 年度)  
清水 邦夫 日本集成材工業協同組合 専務理事 (平成 30～令和 3 年度)  
金箱 温春 一般社団法人日本建築構造技術者協会 前会長  
輿石 直幸 早稲田大学理工学術院創造理工学部 教授  
五條 涉 国立研究開発法人建築研究所 防火研究グループ長 (平成 29 年度)  
越海 興一 国立研究開発法人建築研究所 防火研究グループ長 (平成 29 年度)  
林 吉彦 国立研究開発法人建築研究所 防火研究グループ長 (平成 30～令和 2 年度)  
成瀬 友宏 国立研究開発法人建築研究所 防火研究グループ長 (令和 3 年度)  
坂部 芳平 一般社団法人日本 CLT 協会 開発技術部長  
清野 明 一般社団法人住宅生産団体連合会建築規制合理化委員会 副委員長  
宅和 良祐 一般社団法人日本建設業連合会 建築部 (平成 29 年度)  
塚越 章 一般社団法人日本建設業連合会 建築部 (平成 29～令和 2 年度)  
松崎 裕之 一般社団法人日本建設業連合会木造・木質建築普及ワーキングチーム

## A.概要

主査（令和2～3年度）

李 元羽 一般社団法人日本LVL協会 技術部長

### （2）林野庁協力委員（敬称略）

井口 真輝 林野庁林政部木材産業課 木材製品技術室長（平成29年度）

齋藤 健一 林野庁林政部木材産業課 木材製品技術室長（平成30～令和2年度）

土居 隆行 林野庁林政部木材産業課 木材製品技術室長（令和3年度）

### （3）国土交通本省協力委員（敬称略）

吉岡 大藏 国土交通省大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官  
（平成29年度）

手塚 寛之 国土交通省大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官  
（平成29～30年度）

野坂 周子 国土交通省大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官  
（令和元年度）

荒川 泰二 国土交通省大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官  
（令和2年度）

森久保 司 国土交通省大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官  
（令和3年度）

山田 剛 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課施設評価室 企画専門官（平成  
29～令和元年度）

蒲谷 俊樹 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課木材利用推進室 課長補佐（令  
和元～2年度）

桑原 諒子 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課木材利用推進室 課長補佐（令  
和3年度）

西尾 達司 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課 木材利用推進室長（令和3年  
度）

澁谷 浩一 国土交通省住宅局住宅生産課 木造住宅振興室長（平成29年度）

武井 利行 国土交通省住宅局住宅生産課 木造住宅振興室長（平成29年度）

成田 潤也 国土交通省住宅局住宅生産課 木造住宅振興室長（平成30年度）

遠山 明 国土交通省住宅局住宅生産課 木造住宅振興室長（令和元～2年度）

前田 亮 国土交通省住宅局住宅生産課 木造住宅振興室長（令和3年度）

安藤 恒次 国土交通省住宅局建築指導課 建築物防災対策室長（平成29年度）

深井 敦夫 国土交通省住宅局建築指導課 建築物防災対策室長（平成29～30年度）

今村 敬 国土交通省住宅局建築指導課 建築物防災対策室長（令和元～2年度）

国土交通省住宅局 参事官（建築企画担当）（令和3年度）

## 2) 研究担当者

### （1）プロジェクトリーダー

## A.概要

穴村 範夫 建築研究部 建築災害対策研究官（平成 29～30 年度）  
犬飼 瑞郎 建築研究部 建築品質研究官（平成 30～令和元年度）  
建築新技術統括研究官（令和 2～3 年度）

### （2）関係研究部長

福山 洋 建築研究部長（平成 29～令和 2 年度）  
長谷川 洋 建築研究部長（令和 3 年度）

### （3）研究担当者（研究担当者名の前の○は、各課題の代表担当者を示す。）

#### ①構造性能

村上 真祥 建築研究部 基準認証システム研究室長（平成 29 年度）  
村上 晴信 建築研究部 基準認証システム研究室長（平成 30 年度）  
中澤 篤志 建築研究部 基準認証システム研究室長（令和元～2 年度）  
阿部 一臣 建築研究部 基準認証システム研究室長（令和 3 年度）  
喜々津仁密 建築研究部 基準認証システム研究室 主任研究官（平成 29～30 年  
度）  
構造基準研究室長（令和元～3 年度）  
○中川 貴文 建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官（平成 29 年度）  
○荒木 康弘 建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官（平成 30～令和 3 年  
度）  
坂下 雅信 建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官  
毎田 悠承 建築研究部基準認証システム研究室 研究官（令和元年度）  
主任研究官（令和元年度）  
森田 高市 建築研究部 構造基準研究室長（平成 29～30 年度）  
諏訪田晴彦 建築研究部構造基準研究室 主任研究官（平成 29 年度）  
三木 徳人 建築研究部構造基準研究室 研究官（平成 30 年度～令和 3 年度）  
石原 直 建築研究部 評価システム研究室長（平成 30～令和 3 年度）  
秋山 信彦 建築研究部 評価システム研究室 研究官（令和元年度）  
主任研究官（令和 2～3 年度）

#### ②防耐火性能

林 吉彦 建築研究部 防火基準研究室長（平成 29 年度）  
成瀬 友宏 建築研究部 防火基準研究室長（平成 30～令和 2 年度）  
岩見 達也 建築研究部 防火基準研究室長（令和 3 年度）  
○鈴木 淳一 建築研究部防火基準研究室 主任研究官  
樋本 圭佑 建築研究部防火基準研究室 主任研究官  
水上 点晴 建築研究部防火基準研究室 主任研究官

#### ③耐久性能

○古賀 純子 建築研究部 材料・部材基準研究室長（平成 29 年度）

## A.概要

- 脇山 善夫 建築研究部 材料・部材基準研究室長（平成 30～令和元年度）
- 三島 直生 建築研究部 材料・部材基準研究室長（令和 2～3 年度）
- 宮村 雅史 建築研究部構造基準研究室 主任研究官（平成 29～令和元年度）  
研究官（令和 2～3 年度）
- 土屋 直子 建築研究部材料・部材基準研究室 主任研究官（平成 30～令和 3 年度）
- 根本かおり 建築研究部材料・部材基準研究室 主任研究官（令和 2～3 年度）
- 眞方山美穂 建築研究部 評価システム研究室長（平成 29 年度）

### 8 関連研究

本総プロのアドオン課題として、以下の PRISM(プリズム、Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program、という内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム制度)を活用して、関連する技術開発を行った。

- ・木質混構造を活用した復興住宅の設計例に関する検討(PRISM「仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進」の一部として実施;2018～2021 年度)
- ・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 (PRISM「木材需要拡大に資する大型建築物普及のための技術開発」の一部として実施;2020～2023 年度予定)

### 9 研究成果と活用

研究成果は弊所 Web で公表しており、本研究の成果の一部は、建築基準法や関連告示、官庁施設の基準等に反映されるとともに、地方公共団体、業界団体を通じて設計者等に周知されている。