

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

国土技術政策総合研究所
建築研究部

課題説明者：犬飼 瑞郎

平成29～令和3年度

1. 背景・課題

地方創生、国土強靱化、カーボンニュートラルの観点から、木造化が進んでいない**中大規模建築物の木造化**
・**木質化が重要**である。

- ・ 全国知事会においても、国産木材の需要拡大に向けた提言が採択されるなど、地方公共団体の関心も高い。



中大規模建築物の木造化を進める鍵は、以下を踏まえると**木質混構造の普及拡大**である。

- ・ 木造のみでは中高層建築物に適用される防耐火規制に適合することが難しい。
- ・ 海外の活用事例も総木造ではなく混構造が圧倒的に多い。



しかし、中大規模建築物における木質混構造の普及には、**以下の課題**がある。

- ① 架構の設計法や接合部の仕様が明確ではなく、**複雑で手間のかかる構造計算が必要（構造面での課題）**。
- ② 木材を**防火被覆せずに（あらわしで）使うことができない**。また**接合部の火熱による影響に関する知見がない（防耐火面での課題）**。
- ③ 中層化した場合の**雨水の浸入のしやすさ**、防火被覆した場合の**乾燥のしやすさ**に係る知見がない**（耐久性の面での課題）**。

2. 研究開発の目的

目 的

中大規模建築物におけるCLT(Cross Laminated Timber)等を用いた**木質混構造の普及拡大**のため、有識者や関係業界のご意見を踏まえて今後普及が期待できる典型的な混構造の**プロトタイプを3種類設定**し、これらを実現するために必要となる**構造・防火・耐久性**における主要な技術開発項目を検討

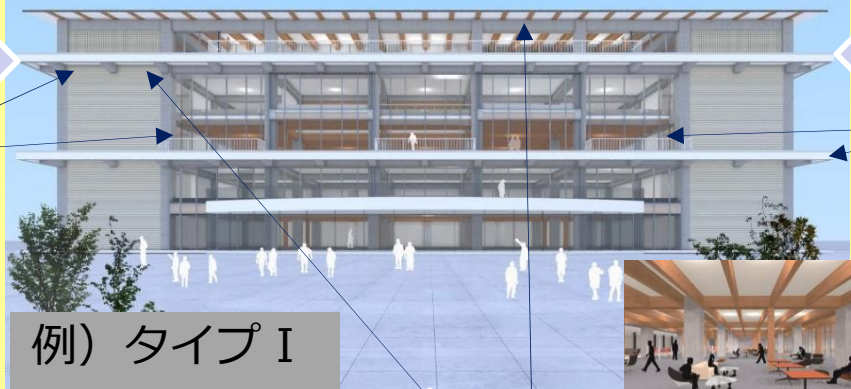
①構造

(1)1
架構の構造設計法

(1)2
耐震要素、接合部の技術資料・モデル化手法

一般的な構造計算による設計を可能とする知見を蓄積

- ・ガイドラインの整備
(誰もが使える標準仕様の提示)
- ・建築基準法や関連告示の合理化
→木質混構造の普及を後押し



内部のイメージ

②防火

(2)1
防耐火設計法

(2)2
延焼防止要素、異種構造部材、接合部等の防耐火性能と構造方法等


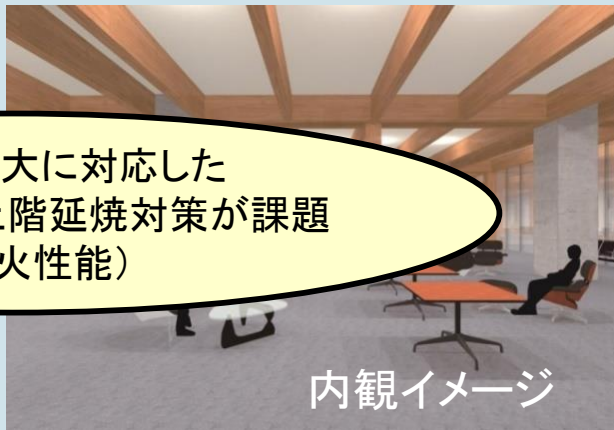
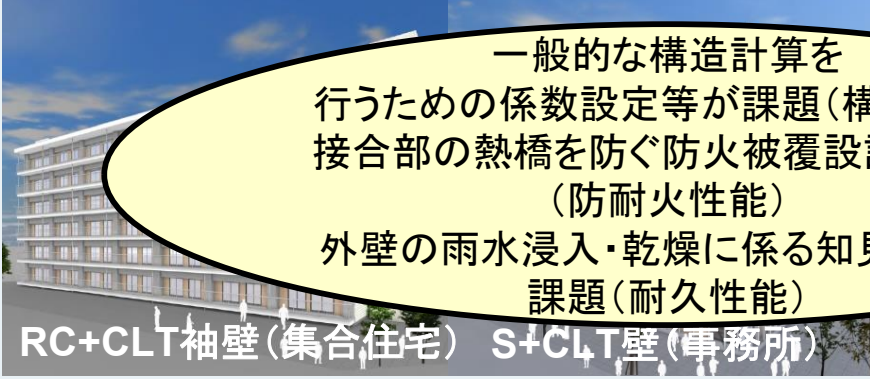

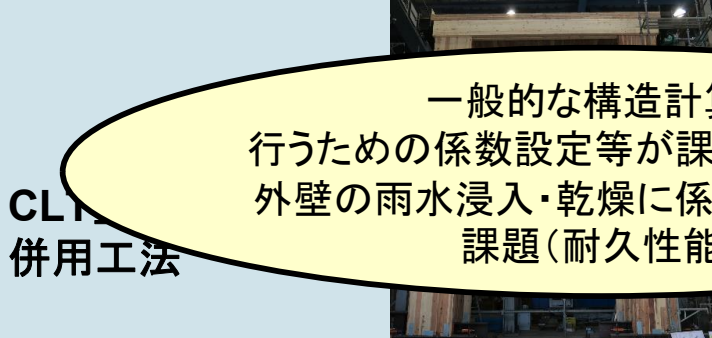
木の「あらわし」(防火被覆なし)での活用等を可能とする知見を蓄積

③耐久性

(3)耐久設計・維持管理

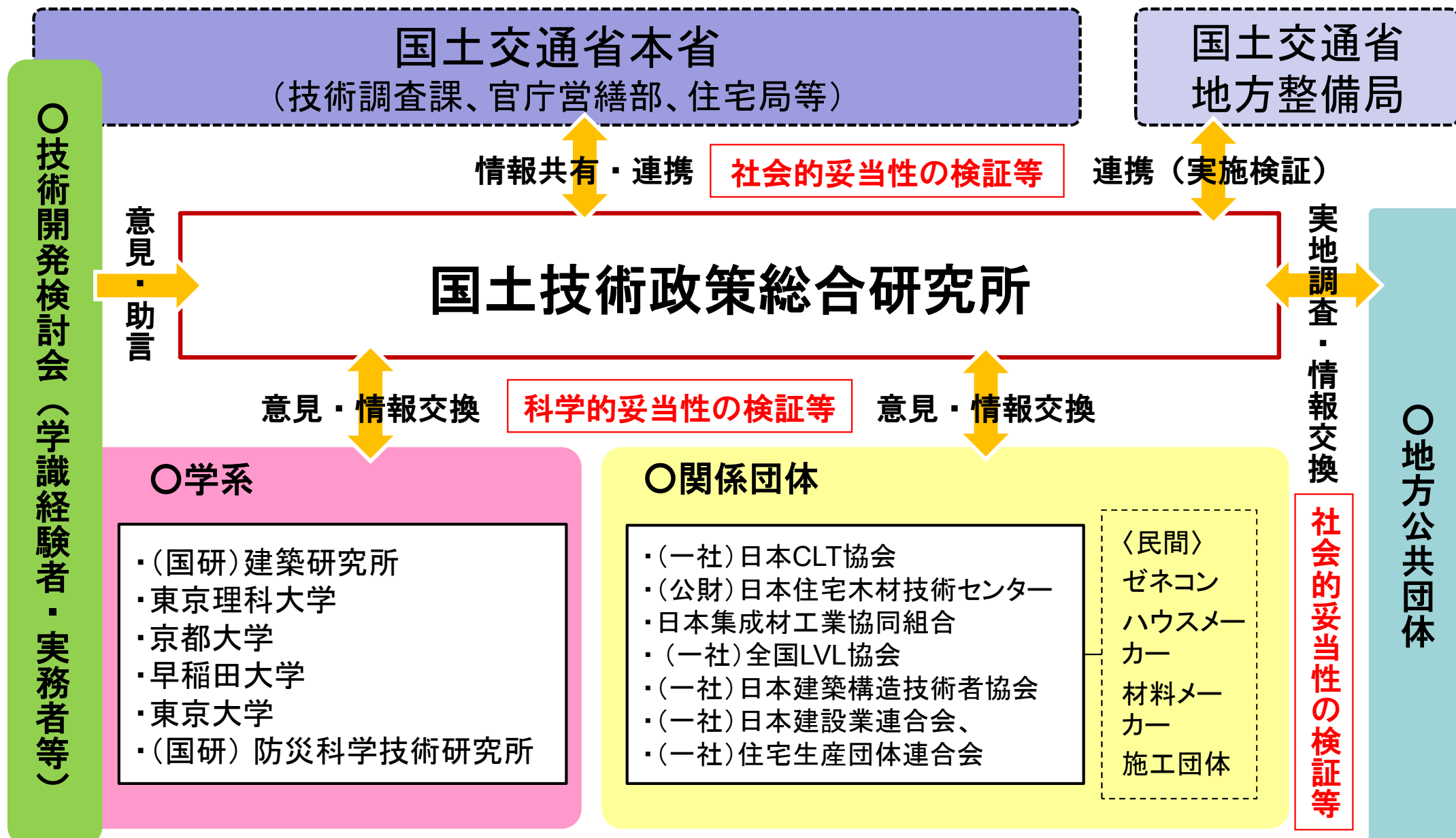
木材の腐朽に繋がる雨水の浸入・乾燥に関する知見を蓄積

| 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>庁舎</p>   <p>内観イメージ</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・可変性 ・4階建以上で内部木材現わしの実現 ・メガストラクチャの床、コアによる防火区画 |
| <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)</p>  <p>S+CLT壁(事務所)</p>  <p>S+CLT壁(集合住宅)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・可変性 ・内部の木材現わしによる4階建以上の実現 ・防火設計が比較的容易(各層毎の区画) |
| <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"> ・自由な空間構成 ・パーツ減少による施工の合理化 |

| 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>庁舎</p>  <p>内観イメージ</p> <p>可燃物の増大に対応した防火区画設計と上階延焼対策が課題（防耐火性能）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・可変性 ・4階建以上で内部木材現わしの実現 ・メガストラクチャの床、コアによる防火区画 |
| <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)</p>  <p>S+CLT壁(集合住宅)</p> <p>一般的な構造計算を行うための係数設定等が課題（構造性能） 接合部の熱橋を防ぐ防火被覆設計が課題（防耐火性能） 外壁の雨水浸入・乾燥に係る知見不足が課題（耐久性能）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・可変性 ・内部の木材現わしによる4階建以上の実現 ・防火設計が比較的容易（各層毎の区画） |
| <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併用工法</p> <p>一般的な構造計算を行うための係数設定等が課題（構造性能） 外壁の雨水浸入・乾燥に係る知見不足が課題（耐久性能）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・自由な空間構成 ・パーツ減少による施工の合理化 |

3. 研究開発の体制

当初計画通り、本研究開発課題に関係する全分野に専門家を有する国総研が主体となり、学識経験者や関係団体とも情報交換・連携して取り組むことで、効率的・効果的に課題の検討を進めている。



4. 研究成果 ① 構造性能

- 1) CLT等＋他構造種別による混構造、木質系の他の構法の混用による架構の構造設計法の検討
- 2) 混構造建築物の耐震要素、接合部の技術資料・モデル化手法の整備

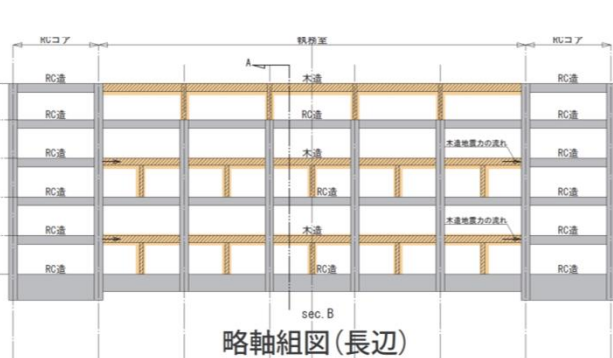
課題と対応方針

- ・ 一般的な構造計算*による設計を可能とするため、**プロトタイプ**ごとに**構造設計法**を整備する必要。
- ・ プロトタイプにおける**異種構造間の接合部の標準的な仕様**や、**CLT壁**等の新たな耐震要素と**集成材等の木質工法の併用構造のモデル化手法**を整備する必要。

検討内容

*保有水平耐力計算、許容応力度等計算、許容応力度計算

- **タイプⅠ** (RCメガストラクチャー＋木造2層) の**設計事例 (庁舎) の整備 (構造・防火・耐久性)**
- **タイプⅡ** (RC＋CLT袖壁) の**試設計 (集合住宅)**、(S＋CLT壁) の**試設計 (集合住宅・事務所)**、**部分架構実験の実施**
- **タイプⅢ** (木質工法間混構造) の**部分架構試験実験の実施**、**一般的な構造計算方法の提案**



タイプⅠ (RCメガ＋木2層)設計事例



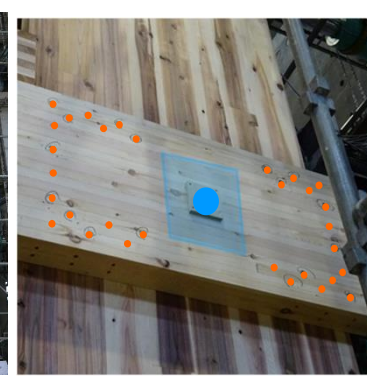
タイプⅡ (RC＋CLT袖壁)



タイプⅡ (S＋CLT壁) 設計例



木質工法間混構造 (CLT＋集成材梁)



成果

- **成果の一部が建築基準法関連告示に反映され、規制の合理化が実現**するとともに、さらなる普及促進に向け、**以下のガイドラインを整備**。
- ・ 木-S混構造の一般的な構造計算のためのガイドライン
- ・ 木-R C混構造の一般的な構造計算、木-RC混構造間接合部の設計を可能とするガイドライン
- ・ 木質工法間混構造の一般的な構造計算、木質工法間接合部の設計を可能とするガイドライン

4. 研究成果 ②防耐火性能

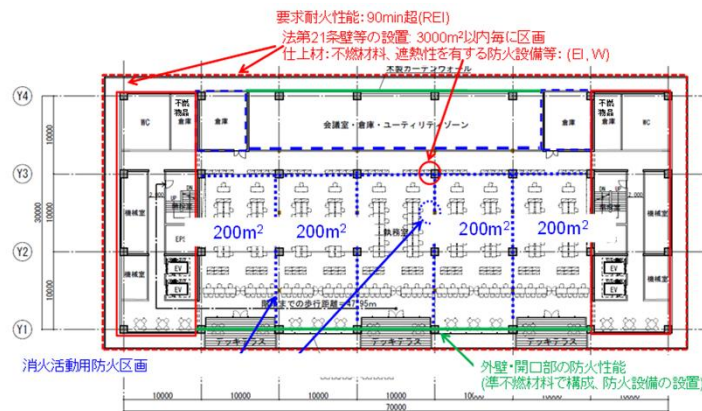
1)木質系準耐火・耐火構造と他構造種別による混構造の防耐火設計法の検討

課題と対応方針

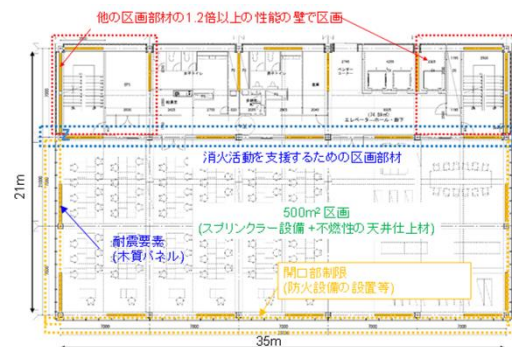
- 高い防耐火性能を期待できるRC、S等の構造形式と厚板木質パネル等を組み合わせた**中段規模の混構造建築物**に適用できる一般的な**防耐火設計法・評価法(A,B,C)**が整備されていない。
- A:**火災時・避難時倒壊防止構造**に対する主要構造部(S・RC造、木質部材)の防耐火**設計法**
- B:混構造部材等による他区画への**延焼防止設計**(法第21条2項壁等、令第112条防火区画、)
- C:**建築物の立地を考慮した**建築物の評価・**設計方法**(法第61条)

検討内容

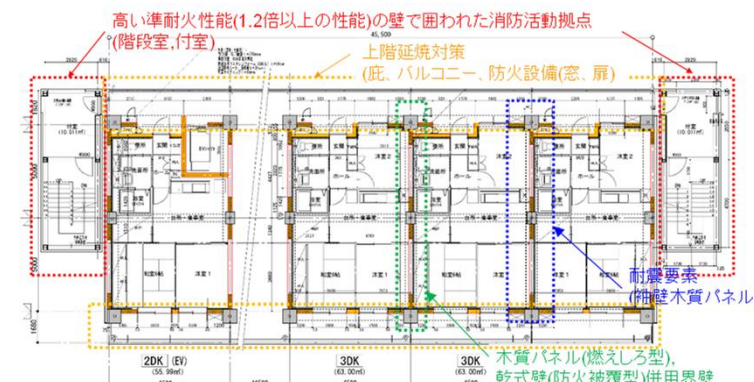
- 火災実験・数値解析に基づく設計法・評価法によりプロトタイプ建築物の仕様選定等の検討を実施



プロトタイプ I の防火上の基本計画



プロトタイプ II 事務所 防火上の計画



プロトタイプ II 集合住宅の防火上の計画

成果

- 成果の一部が建築基準法関係告示に反映、規制の合理化が実現するとともに、さらなる普及促進に向け、**以下のガイドラインを整備**。
- 中大規模混構造建築物の防耐火性能評価・設計法（上記A、B、C）に関するガイドライン

4. 研究成果 ②防耐火性能

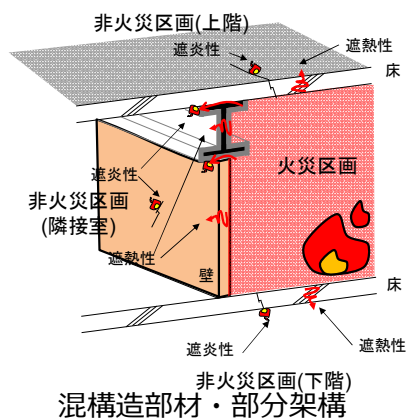
2) 混構造における延焼防止要素および異種構造部材、接合部等の防耐火性能と構造方法等に関する技術資料の整備

課題と対応方針

- ・木質構造とRC、S造から構成される**水平・鉛直部材、接合部等の性能把握**と性能推定技術が必要。
- ・混構造部材、建築物の性能を確保できる**高度な構造方法、耐火被覆技術**に関する技術的知見が必要。
- ・混構造建築物における**防耐火性能と各種性能を確保する納まり**に関する技術的知見の蓄積が必要。

検討内容

- ・混構造部材・部分架構などに関する実験・解析による耐火性能等の定量化
- ・混構造建築物の延焼防止対策技術の開発（プロトタイプⅠ、Ⅱ共通）



RC+W接合部試験体(加熱前)



RC+W接合部試験体(加熱後)



S+W接合部試験体(加熱前)



RC+W接合部試験体(加熱後)

成果

- **成果の一部が令和4年建築基準法の防火関連規定（第2条、第21条等）の改正に反映され、関連する政令、告示に順次反映されるなど、規制の合理化が実現するとともに、さらなる普及促進に向け、以下のガイドラインを整備。**

- ・混構造建築物の防耐火性能評価・設計法に関するガイドライン

4. 研究成果 ③耐久性能（木造建築外皮の防水・防露性能）

課題と対応方針

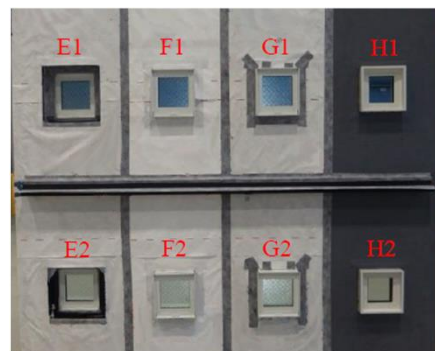
- ・ **中大規模木造建築物の耐久性確保および維持管理方法**に関する調査研究や技術資料の蓄積が少ない。
- ・ **雨水浸入および結露が発生しやすい部位（外壁、開口部、バルコニー、パラペットなど）**の各仕様と不具合発生要因との関係が不明であるため、部材実験および実大木造実験棟を用いた実験等により**推奨仕様等を整理**する必要。
- ・ 長期使用には新築時の配慮同様に維持管理が重要であり、**中大規模木造建築物の長期維持管理計画のための技術的知見**を蓄積する必要。

検討内容

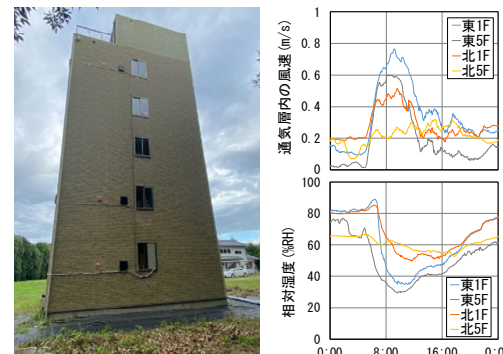
バルコニー手すり壁の送風撒水試験



開口部の各種防水納まりに対する動風圧撒水試験



2×4木造6階建て建築物の通気層内部環境測定に関する実大実験



木質混構造モデル建築物の維持管理計画例の作成

| 部位 | 主な仕様 | 初期 | 1年 | 2年 | 3年 | 4年 | 5年 | 6年 | 7年 | 8年 | 9年 | 10年 | 11年 | 12年 | 13年 | 14年 | 15年 |
|-----|-------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 屋根 | 勾配屋根 ガルバリウム鋼板 | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | シーリング（屋根） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| 屋上 | 高耐久防水シート | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | シーリング（屋上） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| 外壁 | RCコア部 木製外装材（準不燃材料以上） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | シーリング（RCコア部） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2層ガラスカーテンウォール 木製フレーム | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | シーリング（南側） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| 北側 | CLTカーテンウォール | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 目地シーリング（北側） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| デッキ | ウッドデッキ（ヒバ材） | ### | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計 | | ### | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

成果

- 得られた知見をもとに、**以下のガイドラインを整備**。
 - ・ バルコニー手すり壁およびパラペット内部への雨水浸入量評価試験に関するガイドライン
 - ・ 75分準耐火仕様の中層木造外壁に適用可能な通気層の仕様に関するガイドライン
 - ・ 木質混構造建築物の維持管理計画立案に関するガイドライン

5.研究開発成果の波及効果や副次的効果等

研究開発成果

○記者発表（R5.3.23） 国土技術政策総合研究所研究報告第 69 号

「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」

<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20230323.pdf>

波及効果や副次的効果等

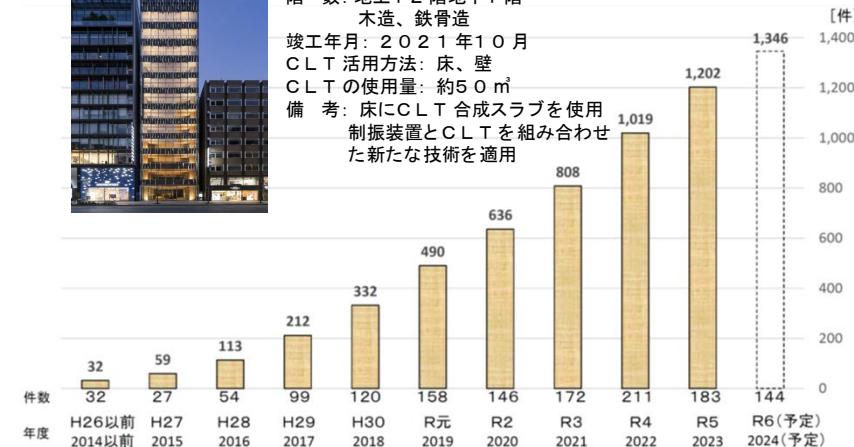
規制の合理化により中大規模建築物の木造化・木質化が促進され、木材利用量が増加

- 林業復興、木材産業活性化を通じた**地方創生**
- 伐採適齢期の木材の活用促進を通じた**森林の荒廃防止・国土強靱化**
- 都市における炭素蓄積量の増加を通じた**カーボンニュートラルへの貢献**

CLTを構造材として活用した民間による中高層建築物の例 (HULIC & New GINZA8)



所在地：東京都中央区
用途：商業施設
階数：地上12階地下1階
木造、鉄骨造
竣工年月：2021年10月
CLT活用方法：床、壁
CLTの使用量：約50㎡
備考：床にCLT合成スラブを使用
制振装置とCLTを組み合わせ
た新たな技術を適用



CLTを活用した建築物の竣工累計件数の推移

※関係省庁、都道府県による調査結果等に基づき内閣官房で集計（R6.6末時点）
R6(予定)は、R6年度中の竣工見込み件数（R6.6末時点）

(いずれも内閣官房資料)



都市木造化のイメージのイラスト

team Timberize提供

都市木造化のイメージ

(CLTで拓く地域づくりパンフレット (CLT推進協議会))

5.研究開発成果の波及効果や副次的効果等

成果の社会実装

○技術開発成果は木造等に関する**建築基準法改正(令和4年)*、政令・告示改正(令和5、6年)**に反映、**技術基準の解説書等**にも反映

①構造性能

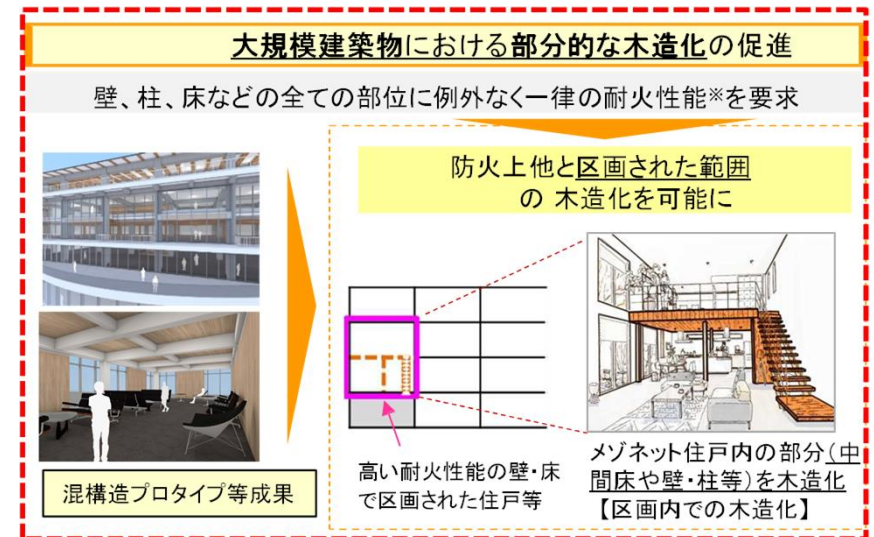
CLTパネル工法の構造基準告示（平成28年国土交通省告示第611号）の一部を改正する告示（令和4年国土交通省告示第1115号）等へ反映

②防耐火性能

建築基準法の防火関連規定（第2条、第21条等）の改正(令和4年)*に反映され、木質混構造等に係る特定区画、火熱遮断壁等の政令・告示にも反映
成果を踏まえ技術基準の解説書等**が改定見込み

③耐久性能

木造の非住宅建築物に係る「木造建築物の耐久性に係る評価のためのガイドライン」（国土交通省住宅局の令和6年公表）等を支援



○技術開発成果が**官庁施設等の試設計**に反映され、官公庁の施設、民間施設の設計時の参考資料として活用が期待される。

※R4年10月に官庁営繕部がCLT袖壁（国総研型）を用いた中規模庁舎の試設計を行い、公表
<https://www.mlit.go.jp/gobuild/content/001517911.pdf>

*脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律（令和4年法律第69号）

*同法律等の一部を改正する法律の一部の施行に伴う関係政令の整備等に関する政令（令和5年政令第280号）

**CLT関連告示等解説書、CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル、図解 木造建築物の防・耐火設計の手引き、木造建築物の防・耐火設計マニュアル