資料3

事前評価

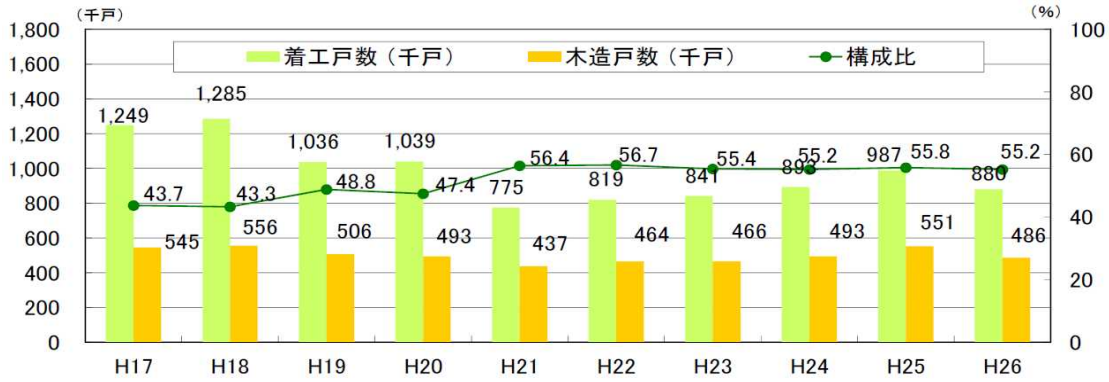
新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発

研究期間　:平成29年度～平成33年度

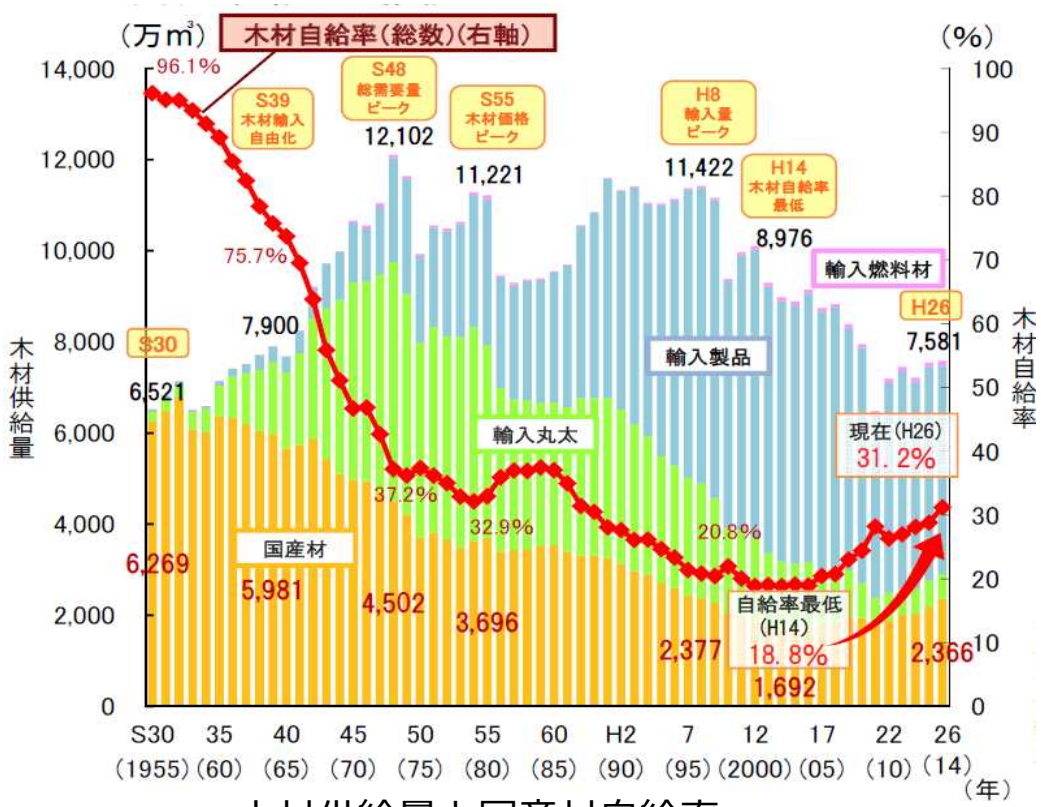
1. 背景・課題（木造建築、木材産業の現状）

国土交通省

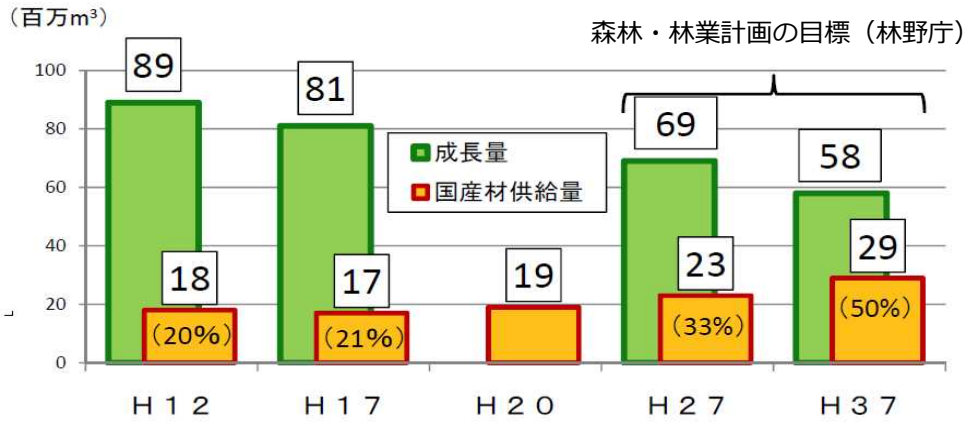
○国内の新設住宅の５割強は木造。木造住宅の着工動向は木材需要全体に大きく影響
○木材供給量は、住宅着工戸数の横ばいを背景とした木材需要の停滞により、ここ最近は横ばい傾向
○国産材供給量は森林の年間成長量の約1/4～1/5程度に留まっている
○木材利用の拡大のためには、中高層建築物の木造化等の実現により、新たな木材需要を創出する必要。住宅分野においても、木材製品の開発・普及が必要



最近10年間の住宅着工戸数



木材供給量と国産材自給率（自給率目標H32に50%）



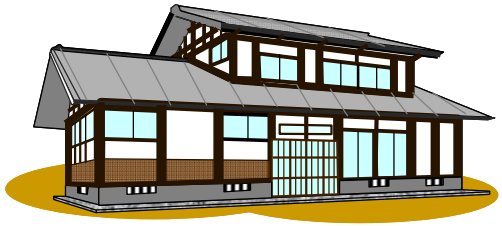
森林の成長量と国産材利用量の比較

1. 背景・課題（木造住宅・建築物の振興施策）

国土交通省

木造住宅･建築物の普及

○優良な木造住宅･建築物の整備促進
- 先導的な設計･施工技術を導入する大規模木造建築物等の建設費の一部を助成
- 中小住宅生産者による地域材を活用した木造の長期優良住宅等の建設費の一部を助成



長期優良住宅　地域材

ゼロエネ住宅　低炭素住宅

○普及に向けた技術開発及び基準の整備
- 3階建て木造の学校について防耐火基準の緩和（H27）
- CLTを用いた建築物の一般的な設計法等の策定（H28）
- CLT･集成材等の木質材料の準耐火設計法の整備（H28）

担い手育成、大工･工務店の技術力向上

○大工技能者に必要な知識、理論や技能を修得させる研修の実施
○住宅･建築関係事業者の技術力向上を図るための講習会を開催

1. 背景・課題（CLTを用いた建築物の一般的な設計法）

国土交通省

CLT（Cross Laminated Timber）

- ひき板の層を各層で互いに直交するように積層接着したパネル及び、それを用いた構法を示す用語
- 1990年代に欧州で開発され、6～8階建のマンションや、中・大規模の商業施設や公共施設、一般住宅まで様々な建築物が建てられている
- 我が国では構造設計法が整備されておらず、H25年度から国土交通大臣の認定*1を受けて建設されてきた
- 幅や厚みの異なる木板を有効活用できる
- 直交積層　⇒　高い寸法安定性

*1 法20条第1項第一号

CLTパネル

大臣認定第一号（高知）

英国 9階建共同住宅

英国　共同住宅

スイス ６階建て共同住宅

イタリア 9階建て共同住宅

1. 背景・課題（CLTを用いた建築物の一般的な設計法）

国土交通省

一般的な設計法等の策定に向けた技術的検討（H25～27）

材料

基準強度設定のための実験

構造

設計法案検証のための実大振動台実験（E-ディフェンス）

防耐火

燃えしろ寸法設定のための実験

告示新設・改正

①CLTを用いた建築物の一般設計法 【新設】平成 28年4月1日 公布・施行

②CLT材料の品質及び強度 【改正】平成 28年3月31日 公布・施行

③CLTを準耐火構造とする基準 【改正】平成 28年3月31日 公布・施行

今後は、構造計算を行うことにより、大臣認定を個別に受けることなく、建築確認により建築が可能。3階建て以下の木造建築物については、防火被覆無しでCLT等を用いることができる。

1. 背景・課題

- 平成27年6月閣議決定「まち・ひと・しごと創生基本方針」において「建築物の木造化・木質化を推進するため、CLT等の開発・普及、公共建築物の木造化等の促進を一層強化する」と記載
- 木材利用促進の施策（公共建築木材利用促進法）により木材需要の多くを占める建築での活用、庁舎等の公共建築物での活用が求められている。
- CLTを用いた建築物の設計整備の整備、大規模・中層木造に対する耐火性能の要求 →RC造やハイブリッド耐火部材との組合せが有効
- CLT等と他構造種別の混構造に関する構造設計法および耐火設計法の整備が必要
- 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、標準的な設計・施工方法の提示が求められている

2．技術研究開発の目的

国土交通省

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、CLT等の木質系大型パネルを用いた木造と他構造種別、他構法（集成材構造・2X4工法）の混構造建築物の設計・施工技術の整備に資する技術開発を行う。

1. 構造性能に関する検討

2. 防耐火性能に関する検討

3. 耐久性能及び施工の合理化・品質確保に関する検討

3．技術開発の必要性

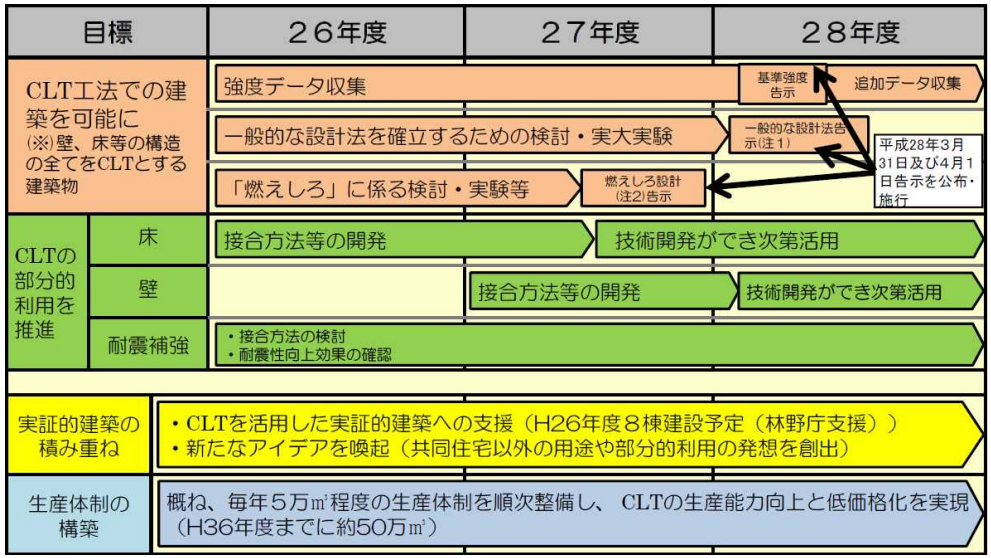
国土交通省

緊急性・ニーズ　建築物の木造化・木質化を推進する国の方針を強力にあと押し

○平成28年にCLTパネル工法に関する設計規準告示の制定、木質材料をあらわしで使用できる防耐火設計法の告示改正、生産体制の整備等、普及に向けた体制が整いつつある。
○木造の４階建以上は耐火建築物である必要
　→CLT等とS造・RC造・耐火部材との混構造建築物、部分利用の構造設計法の整備が急務
○CLTの他、LVL、集成材パネル等の新たな材料や新たな接合部が開発されている
○木材を建物にあらわしで用いることに対する我が国におけるニーズ

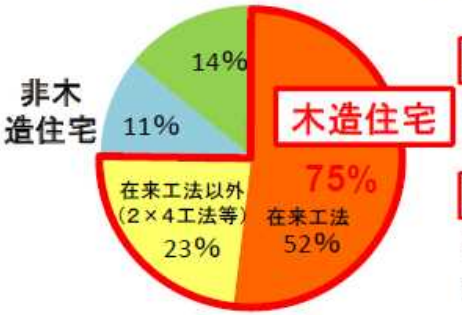
国総研が実施する必要性

○CLT等の中層・大規模木造を可能とする木質材料を幅広く建築物に用いるために、共通のルールである構造設計法などの技術開発は国総研が実施する必要がある。



CLTの普及に向けたロードマップ（住宅局・林野庁）

【住宅を建てる場合の工法の意向】



【木造住宅を選ぶ際に価格以外で重視すること】

	H27年（%）
品質や性能の良さ、耐久性	84.2
健康に配慮した材料の使用	74.0
内装等への木材の使用	36.7
国産材の使用	35.9
設計の自由度の高さ	34.8
種類や産地、費用が明らかな木材の使用	29.8

木材に対する強いニーズ（農水省調べ）

4. 技術研究開発の全体像

国土交通省

1. 構造性能に関する検討

(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
(3) 混構造建築物のヘルスモニタリングに関する検討
(4) 非構造部材、大屋根に木質材料を用いる混構造の設計・施工情報の整備

2. 防耐火性能に関する検討

(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
(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

3.耐久性能、施工の合理化・品質確保に関する検討

(1) 木質材料を活用した混構造の施工の合理化・省力化および生産システムに関する検討
(2) 中層･大規模建築物の耐久設計・施工に関する検討

5．研究開発課題 1(1)

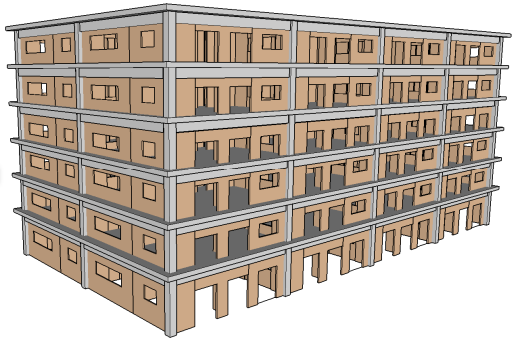
国土交通省

1(1) CLT等＋他構造種別による混構造、木質系の他の構法との工法の混用による架構の構造設計法の検討

①水平・鉛直方向の防耐火上の区画を考慮して木材をあらわしや軽微な防耐火被覆で用いることのできる中層木造建築物のプロトタイプの構造設計法について実験・解析等による技術資料の整備　※防耐火分野との連携

混構造のバリエーション

①異種構造部材による構造
（CLT＋RC、CLT＋鉄骨、CLT+CFT*1柱+鉄骨梁 RC＋S）
②木質系の異種構法による構造
（CLT＋集成材構造、CLT＋枠組壁工法）
③防耐火に配慮した新たな構法
（CLT＋RCの耐火構造の床、メガストラクチャ）

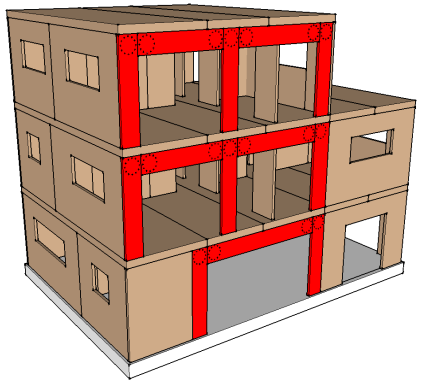


RC柱・梁＋CLT袖壁
（建設後の可変性）

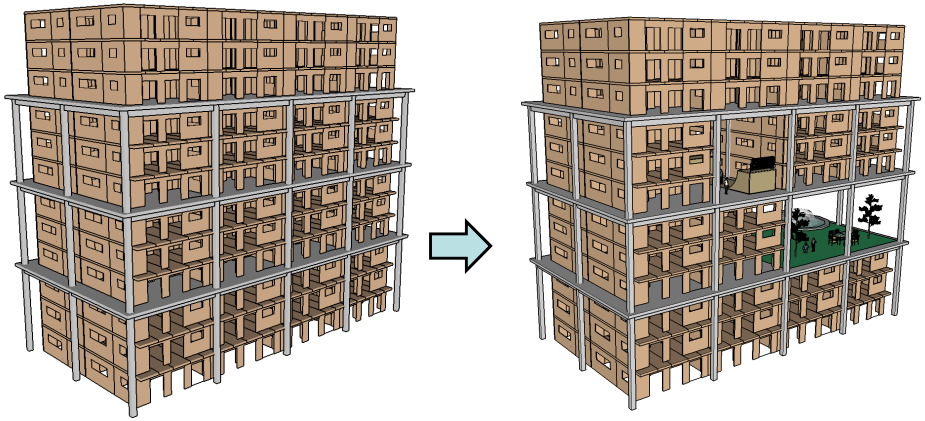
RCメガストラクチャ
＋ RC・CLT床 ＋ CLT袖壁

混構造建築物における各材料の長所

木質材料	鋼材	RC
省CO_2 軽量 可変性	高強度 高靭性	高強度 耐火性能



集成材構造＋CLT



RCメガストラクチャ ＋ 木造（可変性）

成果：混構造建築物のプロトタイプの構造設計ガイドラインの作成

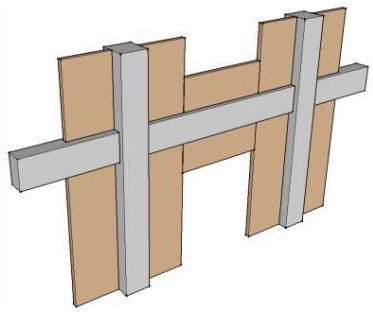
*1 CFT:コンクリート充填鋼管構造

5．研究開発課題 1(2)(3)

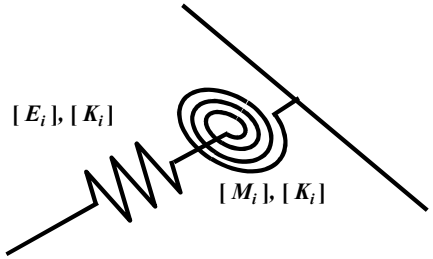
国土交通省

1. (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

プロトタイプ建築物に用いるための異種構造による連結部（接合部）、CLT等の新たな耐震要素について、実験・解析等による技術資料の整備。一般的な構造計算プログラムに組み込むためのモデル化法等、構造解析のためのプラットフォームの整備



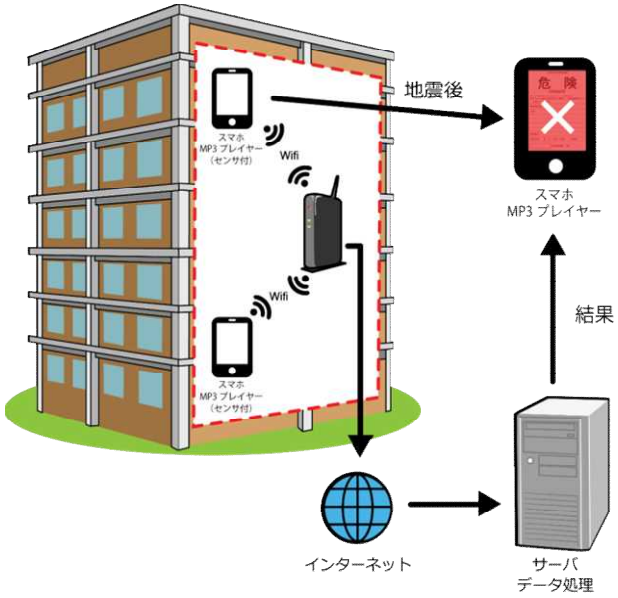
RC柱・梁＋木造袖壁



解析モデル化手法の整備

(3)混構造建築物のヘルスモニタリングに関する検討

スマートフォンやMP3プレイヤー等のモバイル端末に内蔵された加速度計、傾斜計、カメラを利用した建物診断



・木質混構造の特性に応じた診断基準を設定。
・地震中に記録された加速度波形をサーバーに転送し、建物の安全性を診断。
・地震後の建物の傾斜角や地震前後の室内画像をサーバーに転送し、変形角を推定。

成果：混構造建築物の構造設計の際の接合部・耐震要素の強度データの整備
混構造建物の地震後の安全性診断方法の提示、センサーによる客観的で迅速な危険度判定法の提示

1. 構造性能に関する検討

(4)非構造部材、大屋根に木質材料を用いる混構造の設計・施工情報の整備

○外壁・内壁の設計・施工情報の整備

・標準的な外壁として乾式工法（例：ALCパネル、押出成形セメント板）を想定して、標準的な詳細や施工について検討を行う。可能であれば、振動台実験の試験体に組み込む。
・標準的な内壁として鋼製下地材による内壁を想定して、標準的な詳細や施工について検討を行う。可能であれば、振動実験の試験体に組み込む。
・オーダーメイド的な外壁・内壁を対象に、設計・施工情報を整備する。

○折板屋根構法を適用した大屋根の設計・施工情報の整備

・（鉄骨系下地への接合が一般的な）折板屋根構法を大屋根の木質系下地に適用する際の標準構法・仕様の詳細や接合部耐力の評価法等について検討を行う。

○大屋根に作用する荷重外力の設定方法の整備

・強風、大雪等に対する構造性能の検証法
・経年的な温度伸縮による支点間の強制変形が耐力に与える影響の検証法

○建築設備関連の構造規定及び断熱気密計画に関する検討

想定する建築物：大断面・湾曲集成材等による大規模空間を有する混構造建築物

成果：官庁施設における木造関係技術資料類への成果の反映
（大屋根に適用できる構法バリエーションの拡大に資する）

5．研究開発課題2(1)

国土交通省

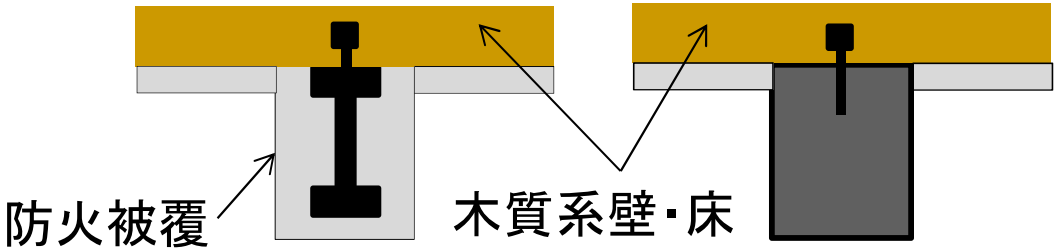
2　混構造における防耐火上の技術開発課題

(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

異種構造部材を複合した構造体(①)、木造部分の防耐火性能に応じた防耐火上の区画を形成する非木造の構造形式によるメガストラクチャ(③)の防耐火設計法を実験・解析等に基づき整備する。

・構造形式(ラーメン、壁式構造)に応じたメガストラクチャの防耐火設計法
　木造部分の規模やメガストラクチャーの相互の防耐火性能に基づく、混構造建築物の設計技術

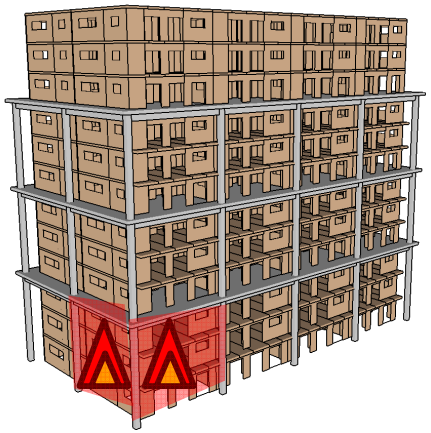
・異種構造部材を複合した構造の防耐火設計法
　木造部分と非木造部分の相互の高温時性能を考慮した設計技術
　　ラーメン：柱・梁、床、非耐力壁、部材間接合部等の構成要素
　　壁式：床、耐力壁、床壁接合部の構成要素



鉄骨柱・梁
複合構造

RC柱・梁
複合構造

メガストラクチャ(壁式構造)



メガストラクチャ(ラーメン)

成果：混構造建築物のプロトタイプの防耐火設計ガイドラインの作成

5．研究開発課題2(2)

国土交通省

2(1) 混構造における防耐火上の技術開発課題

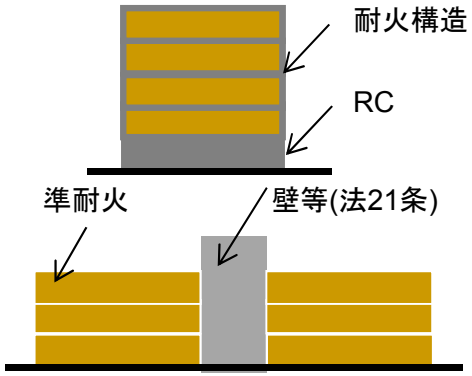
(2) 混構造における延焼防止要素および異種構造部材、接合部等の防耐火性能と構造方法等に関する技術資料の整備

・混構造の大規模木造部分での火災の影響を封じ込め、絶縁するための延焼防止要素を開発する。

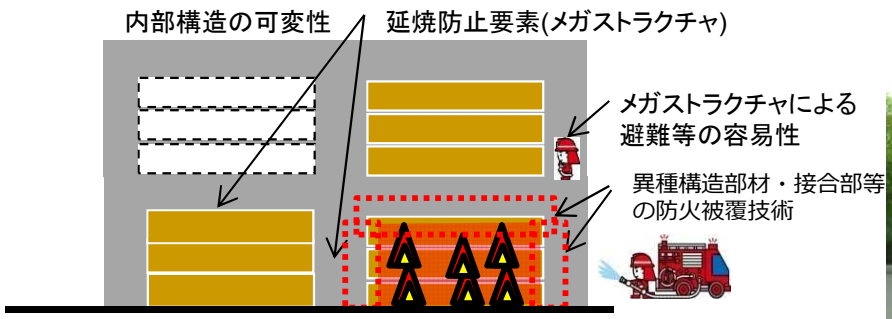
・火災が発生した区画内に封じ込め、倒壊などを防止できるメガストラクチャの開発
・壁等(法21条)や防火壁(法26条)に相当する水平・鉛直部材、接合部等の開発

・異種構造部材、接合部等の防火被覆技術の開発

・耐火試験や解析等により、木造部分の部分的性能劣化や破壊等が生じても、異種構造の性能を担保できる高度な防火被覆技術を開発



現行適合解



混構造による防耐火設計

ノルウェーの混構造の事例(参考)

成果：混構造建築物の延焼防止要素、防火被覆等の耐火性能データの整備

5．研究開発課題3(1)

国土交通省

3(1) 木質材料を活用した混構造の施工の合理化・省力化および生産システムに関する検討

○ 混構造建築物の施工の合理化、品質管理に関する検討

- パネル化等の合理化・工期短縮のための施工方法の検討
- 混構造建築物に特有の品質管理技術（現し仕上げ部材の現場施工、混構造の接合部等に関する品質確保のための施工技術の検討）

○ 混構造建築物のプロジェクトマネジメントに関する検討

- 工期ならびにコストに関する情報の整備
- 木質部材の生産体制および木材の流通体制を踏まえた工程計画、建築プロジェクトの進め方等について情報を整備

CLT建築物の施工例
H26年度森林・林業白書より
（林野庁）

○**成果：**木質材料等を活用した混構造建築物について、

- 施工指針・施工要領書の整備
- 施工の合理化・工期短縮のための要素技術資料集の作成
- 官庁施設における木造関係技術資料類への成果の反映

5．研究開発課題3(2)

国土交通省

3. 耐久性能及び施工の合理化・品質確保に関する検討

（2）中層･大規模建築物の耐久設計・施工に関する検討

・中層木造建築物の耐久性確保に関する設計・施工実態調査の実施
・雨水浸入事例の多い外皮の取り合い部（屋根、外壁、開口部、バルコニーなど）からの雨水浸入要因や漏水量の検討
・漏水や結露等により水分を含んだ構成部材を想定し、周辺の通気と乾燥過程との相関を検証する。
・中層･大規模建築物に対応した高耐久型の推奨仕様を提案し、技術資料としてまとめる。

技術的課題と研究内容

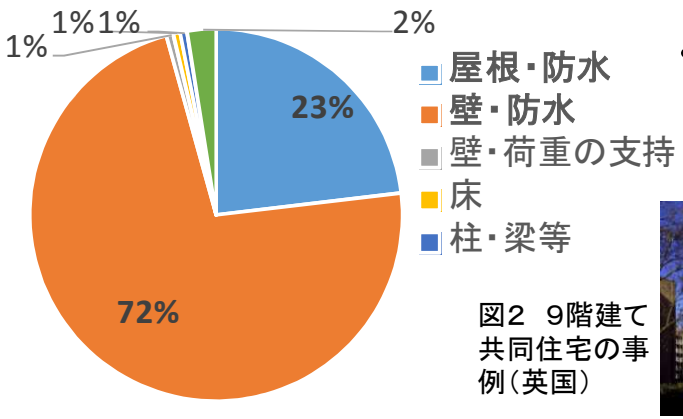


図1　部位別の住宅の保険金支払いにおける件数の割合（H25年度、(財)住宅保証機構）

木造戸建住宅では漏水事故が多発**保険事故の9割超が漏水**

図2　9階建て共同住宅の事例（英国）

普及の途上にある混構造建築物では漏水問題は顕在化していないが、特有の技術的課題に対する対策が示されておらず**潜在的な漏水リスクは大きい**

＜成果＞

・中層木造建築物の耐久性確保に関する設計・施工実態調査報告
・中層･大規模木造建築物の防水･防露･通気性能向上に関する技術資料

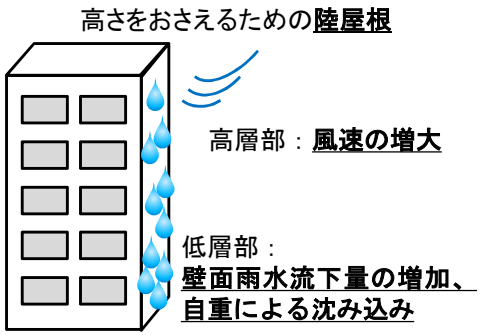


図2　中層化に伴う防水上の技術的課題

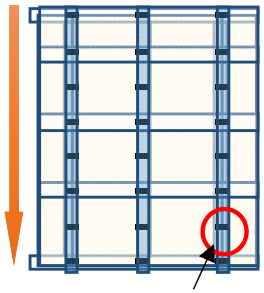


図3　外力の標準化（沈下量と低層部のステープル孔拡大の例）

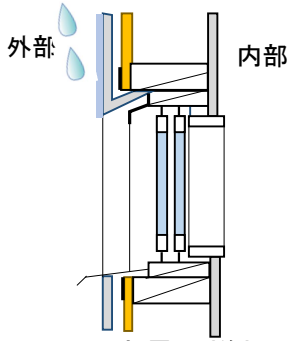


図4　雨水量の増加に対応する工法の提案（サッシのセットバック構法の例）

6. 技術研究開発の体制

国土交通省

国土交通省本省
（技術調査課、官庁営繕部、住宅局等）

国土交通省 地方整備局

情報共有・連携　社会的妥当性の検証等　連携（実施検証）

意見・助言

国土技術政策総合研究所
（建築研究部、住宅研究部）

実地調査・情報交換

意見・情報交換　科学的妥当性の検証等　意見・情報交換

社会的妥当性の検証等

○技術開発検討会（学識経験者・実務者等）

○学系

建築研究所・防災科学技術研究所

- 京都大学
- 東京大学
- 東京理科大学
- 千葉大学
- 工学院大学
- 東海大学
- 足利工業大学
- 横浜国立大学

○関係団体

- 日本建築構造技術者協会
- 日本建築士事務所協会
- 日本ツーバイフォー建築協会
- 日本木造住宅産業協会
- 湿式仕上技術センター
- 住宅瑕疵担保責任保険協会
- 日本防水材料連合会
- 住宅性能評価・表示協会

〈民間〉
ゼネコン
ハウスメーカー
材料メーカー
施工団体

○地方公共団体

7. 技術研究開発の計画（スケジュール）

国土交通省

検討内容	H29	H30	H31	H32	H33
耐震要素・接合部の構造モデル	接合部・部材の構造実験（40）→	架構の実験・解析（50）→			
混構造の耐火設計法	接合部・部材の耐火試験（30）→	部分架構の建設（40）→	部分架構の火災実験（30）→		
混構造の地震時挙動再現実験	試設計・建設（木-木）（40）→	加力【木-木】（20）→	建設（木-RC）（80）→	加力【木-RC】建設（木-CFT-S）（30+80）→	加力【木-CFT-S】（30）→
構造設計法、試設計		限界耐力計算・モデル（10）→	木-木構造設計法（10）→	木-RC構造設計法（10）→	木-(CFT)-S構造設計法（10）→
施工の合理化・品質確保・耐久性	施工詳細、耐久性検討（10）→	施工実験・防水実験（10）→	施工品質・耐久性等検討（10）→	施工指針・技術資料類（10）→	
各年度必要額	120（百万円）	130（百万円）	130（百万円）	130（百万円）	40（百万円）

7. 技術研究開発の計画（スケジュール）

- 総プロの2年目終了後に、混構造接合部の構造モデルや設計上の留意点に関するガイドラインを出し、限界耐力計算や時刻歴応答解析による大規模混合構造物で構造計算適合性判定や大臣認定の審査を受けるものの設計を可能とする。
- 総プロ3年目終了後に、木ー木混構造の保有水平耐力計算を可能とするガイドライン発出
- 総プロ4年目終了後に、木ーRC混構造の保有水平耐力計算を可能とするガイドライン発出
- 総プロ5年目終了後に、木ーSや木ーCFTの保有水平耐力計算を可能とするガイドライン発出。

8. 技術研究開発の成果とその活用方針

国土交通省

成果 (アウトプット)

○木造と他構造種別、他構法による混構造建築物の構造設計法の提案、防耐火上の技術資料の整備
○官庁施設における木造技術資料類への反映
○混構造建築物における防水性能上の設計外力の標準化
○混構造建築物の耐久性向上のためのガイドラインの提示

社会に与える効果 (アウトカム)

○木材の新たな需要拡大・利用促進
○林業県等地域の林業復興・雇用拡大、木材産業・建設産業活性化
○都市部における木のある空間・まちの拡大（都市における炭素蓄積量の増加＝省CO_2）