

平成24年度住宅・建築関連先端技術開発助成事業

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

株式会社竹中工務店先進構造エンジニアリング本部
齋藤木材工業株式会社建築事業部

五十嵐 信哉
齋藤 潔

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

1. 技術開発の内容

1.1 背景・目的

● 社会的な背景

背景① 東日本大震災からの復興

東北地方の復旧復興への貢献

東日本大震災で未曾有の被害を受けた被災地の復興を加速する自然災害にも強い建物・住居が求められている。

大規模地震を克服する高い耐震技術の開発

東日本大震災で未曾有の被害を受けた被災地の復興を加速する自然災害にも強い建物・住居が求められている。

背景② 温暖化ガス削減に向けた世界的な活動

京都議定書における温室効果ガス削減目標の設定

2008年から2012年までの期間中に1990年に比べて6%の温室効果ガスの削減を目標とした。

コペンハーゲン合意(気候変動枠組条約第15回締約国会議)

1990年比で2020年には25%の温室効果ガスの削減を目標とした。

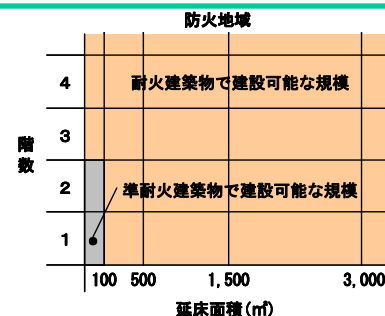
ボン合意(気候変動枠組条約第7回締約国会議)

森林管理による獲得吸収量の上限値が具体的に合意された。

背景③ 行政による木材利用の推進施策

建築基準法の改正

建築基準法改正(2000年)による耐火性にかかわる性能規定の導入で木造建築物の適用範囲が広まった。



公共建築物等における木材利用の促進に関する法律

公共建築物を対象に国が率先して木材利用に取り組み、一般建築物への波及と木材需要を拡大を目的とする。

● 本課題の目的

目的

目的①

東日本大震災からの復旧復興と今後発生が想定される大規模地震に備える高い耐震性を有する木構造耐震技術を開発する。

目的②

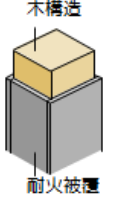
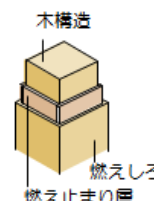
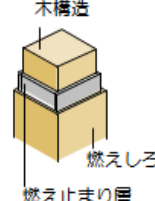
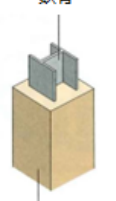
低炭素社会の構築に寄与し、大規模木造建築物を実現する先進的な技術開発を行う。

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

1.2 技術開発の概要

● 全体概要

耐火木造部材の動向

| 名称 | 一般被覆型 | 燃えしる被覆型 | | 鉄骨内蔵型 |
|------|--|---|--|--|
| | | 3層構造 | 難燃剤含浸型 | |
| 構造種別 | 木造 | 木造 | 木造 | 鉄骨造 |
| 断面 |  <p>木造 耐火被覆</p> |  <p>木造 燃え止まり層 燃えしる</p> |  <p>木造 燃え止まり層 (薬液含浸) 燃えしる</p> |  <p>鉄骨 燃えしる</p> |



現在主流の耐火木造部材は、耐火被覆と荷重を支持する構造部材が**完全な異種材料で、貼り合わせる断面構成**となっている。

現状の耐火木造部材の問題点

- 異なる材料を貼り合わせるため製作コストが上昇する。
- 木材利用部分が居住者の目に触れないものもある。

既往の研究開発

- スギ材による耐火部材基礎研究
- 4.5mスパン程度の建築物を対象



耐火性能に関する基本的研究はほぼ終了している。

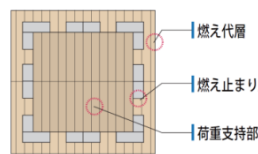


図 柱断面図

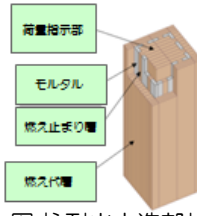


図 柱耐火木造部材



耐火性能1時間の集成材 耐火試験後の断面
図 初期の開発実験結果

耐火被覆を構造評価する先導的な木造部材の開発

耐火被覆の構造評価技術を確立することで、高い耐震安全性を確保しつつ、高コストの問題解消に貢献します。

| | 集成材(梁) | 耐火木造部材 | 全断面集成材 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 部材断面 | | | |
| 剛性比 | 1.00 | 1.97 | 2.16 |
| 耐力比 | 1.00 | 1.76 | 1.94 |
| 断面サイズ | 300 × 750 | 470 × 835 | 470 × 835 |

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

1.3 技術開発・実用化のプロセス

緑文字：平成23年度延期内容
黒文字：平成24年度研究内容

燃えしろ層被覆型耐火集成部材の開発

【23年度】

検討項目：カラマツ耐火集成部材の実証実験（構造・耐火）

【24年度】

検討項目：スギ耐火集成部材の実証実験

成果目標：1時間耐火部材（スギ大断面集成材）の開発

防火区画壁の取り合い部の開発

【23年度】

検討項目：防火区画壁と耐火集成部材の取り合い部における耐火性能実証実験

成果：防火区画壁と耐火集成部材の取り合い部におけるデータの収集と分析

部材製作方法の合理化

【23年度】

検討項目：JAS製品としての耐火集成部材の製作方法の開発
成果：JASとして認められる製作方法の確立

【24年度】

検討項目：部材製作方法の合理化

成果目標：普及展開性の高い製造方法への合理化

耐火集成部材接合部開発

【23年度】

検討項目：カラマツ耐火集成部材接合部の実証実験

成果：新たなカラマツ耐火集成部材接合部性能報告書

【24年度】

検討項目：新たな耐火集成材柱と鉄骨梁接合部の実証実験

成果目標：耐火集成材柱と鉄骨梁接合部の仕様の確立

木造耐震壁の開発

【23年度】

検討項目：新たな木造耐震壁の試験体の試設計および木造耐震壁の実証実験とデータ分析

成果：木造耐震壁プロトタイプ設定、性能把握

【24年度】

検討項目：新たな木造耐震壁の耐力評価

成果目標：木造耐震壁の実用化検討

柱部材の柱脚の開発

【23年度】

検討項目：耐火集成部材の柱脚の検討

成果：プロトタイプ設定

【24年度】

検討項目：耐火集成部材柱脚の実証実験とデータ分析

成果目標：耐火集成部材柱脚の性能把握

耐火集成材による
大規模建築構造技術の開発と実用化

● 開発計画・予算の見直し

変更点 試験体サイズの見直し、治具の合理化、外注費削減等

| | 当初案 | 見直し案 | (百万円) |
|--------|-------|-------|-------|
| 直接経費 | 40.29 | 36.19 | |
| 間接経費 | 12.00 | 8.00 | |
| 合計 | 52.29 | 44.19 | |
| 補助金希望額 | 26.15 | 22.10 | |

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

2. 審査基準に関する事項

2.1 技術開発の必要性・緊急性

● 必要性・意義

国の施策・政府方針と合致した研究開発の方向性

温暖化ガス排出量削減

- ・ 京都議定書の目標達成に向けた貢献
- ・ 2020年の温暖化ガス削減目標の達成への貢献
→ 産官一体となった環境問題への取り組み

適正な森林管理に寄与する木材の積極活用

- ・ 森林・林業再生プラン(農林水産省)
- ・ 戦後の人工林から供給される木材の利用
- ・ 国産材利用による内需拡大と建材自給率の向上

● 研究課題着手の緊急性

- ・ 東日本大震災の復旧・復興への貢献
 - ・ 東北地方のスギ材・カラマツ材の需要増大
 - ・ 林業活性化による地域の雇用回復への貢献
 - ・ 耐震性確保による被災者への「安全・安心」感の醸成
- ・ 温室効果ガス削減にむけた研究成果の早期展開
 - ・ 早期着手・集中的開発による迅速なアウトカムの創出
 - ・ 官民一体となった社会資本構築技術への展開

2.2 技術開発の先導性

● 建築基準法改正(2000年)への対応

基準法改正後は、耐火性能の確保を条件に規模制限は解除。

● 大スパンのニーズに応える構造・耐火技術

○ 市民の意識の高まり

市民の環境への意識の高まりから大規模木造建築物のニーズが顕在化しつつある。

○ 可能性を切り開く木造技術
大規模木造建築を実現する社会的先導技術の確立。

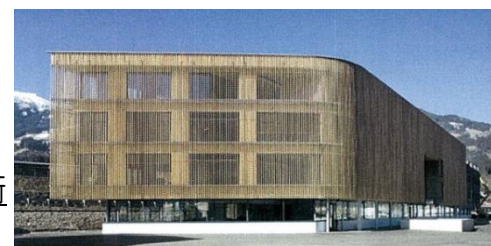


図 海外での4階木造建築例

● 新たな設備投資を必要としない部材の製作

部材構成要素にモルタル(燃え止まり層)が採用されているが、メーカーが保有する従来の集成材製作機器により製造可能となっている。



図 集成材製作状況

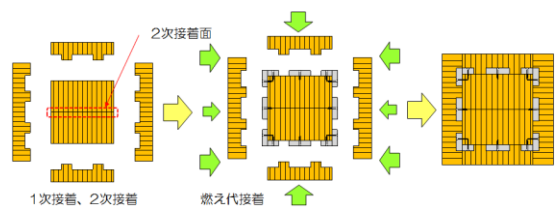


図 耐火集成材組立て手順

JAS材としての部材製作が求められることから、製作・組立て手順の制約と合理化を両立させる。

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

2.3 技術開発の実現性

● 技術的な実現可能性

第1期開発
(2003～2006年)

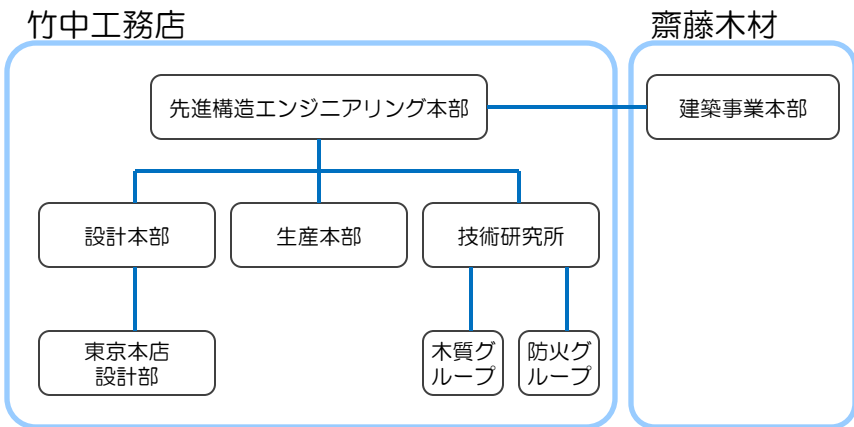
- ・スギ材の耐火部材
- ・小規模建築対象
→ 4.5m程度スパン
- ・小断面柱・梁

第2期開発
(2011～2013年)

- ・カラマツ材の耐火部材（高強度）
- ・大規模建築対象
→ 木造9m程度スパンの実現
- ・大断面柱・梁への対応

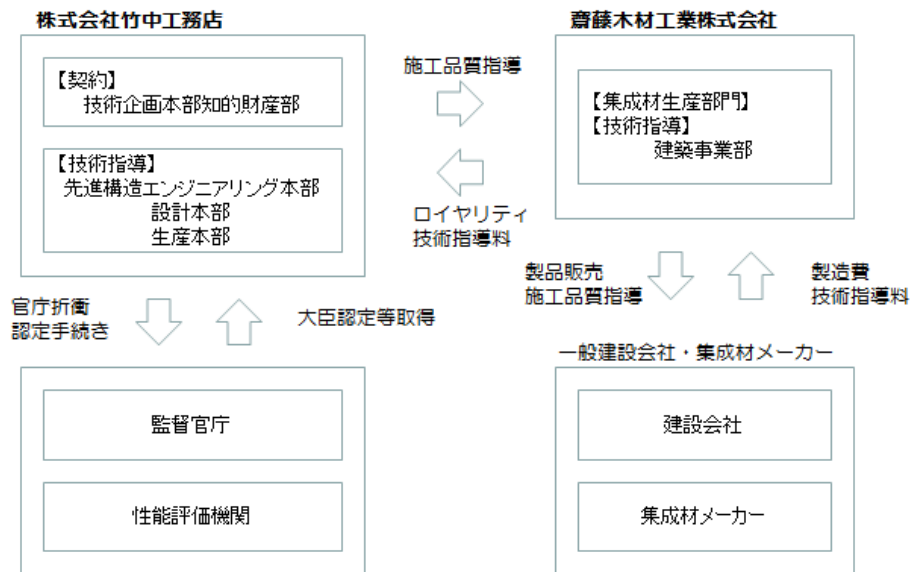
第1期開発の基本技術の活用で本課題のアウトカムを確実に創出 → 構造・耐火実験での安全性の検証・確認

● 技術開発の実施体制



2.4 実用化・製品化の見通し

● 実用化・製品化のプロセス



● 実用化・製品化に伴う主な効用等

- 温室効果ガス削減と二酸化炭素固定化技術の確立
- 林業分野の産業再生と雇用創出への貢献
- 東日本大震災の復旧・復興への貢献
- 国内産木材による木造建築物の増加と建材自給率の向上

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

3. 平成23年度の技術開発成果

3.1 燃えしろ層被覆型耐火集成部材の開発

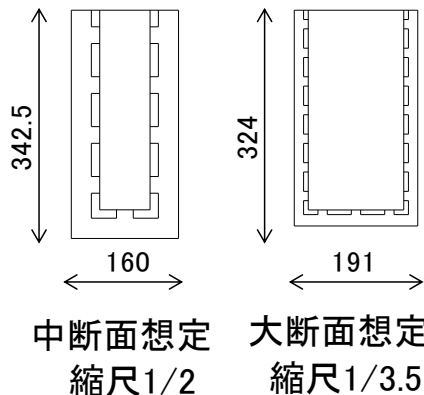
○柱、梁部材構造実験

芯材（中心荷重支持部）以上の耐力を確認した。

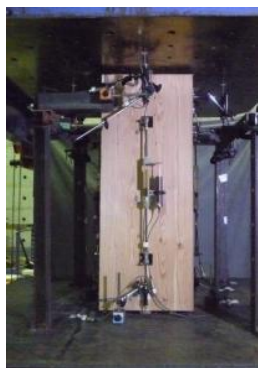
燃え代は剛性、耐力に評価できる可能性を確認した。



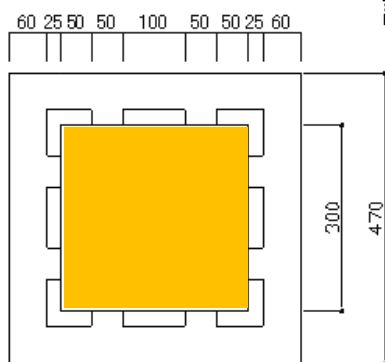
梁曲げ試験



試験体断面



柱圧縮試験



柱試験体断面

○耐火実験

スパン9mの4階建て事務所や商業建築程度の荷重に対応した木造建築に対応可能カラマツ柱・梁の1時間耐火大臣認定を取得した。



図 試験状況

図 燃え止まり確認 (第三者試験合格)



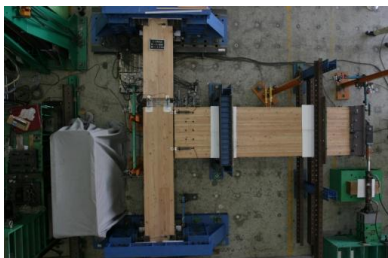
1時間耐火大臣認定書

大規模地震時の耐火木造建築物の安全性向上と実用化開発

3.2耐火集成部材接合部開発

○構造実験

RC等との混構造を前提とした柱梁接合部を検討し、実大試験体の載荷試験より、変形追従性、構造安全性を確認した。



柱梁接合部試験



変形角1/10

○耐火実験

実大試験体の燃焼試験により接合部の1時間耐火性能を確認した。



試験前



試験後

3.3防火区画壁の取り合い部の開発

耐火集成材と1時間耐火区画壁（石膏ボード）の直交部分における1時間耐火性能を確認した。



試験前



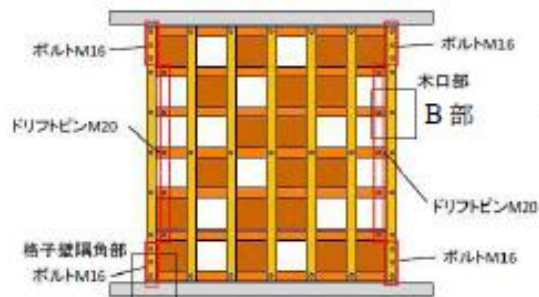
試験後



壁取り合い部分詳細

3.4木造耐震壁の開発

製材と構造用合板を組み合わせた格子壁を考案し、試設計行い、実大試験体による水平載荷試験を実施し、壁耐力、高い変形性能を確認した。



水平載荷試験 (R=1/8)