

構造研究グループ

- 1 木質複合建築構造技術の開発

Development of Technology for Hybrid Timber Building Structures

(研究期間 平成 11～15 年度)

構造研究グループ Dept. of Structural Engineering	岡田恒 Hisashi Okada	五十田博 Hiroshi Isoda	井上波彦 Namihiko Inoue
材料研究グループ Dept. of Materials and Components	中島史郎 Shiro Nakajima 榎本敬大 Takahiro Tuchimoto	山口修由 Nobuyoshi Yamaguchi	宮村雅史 Masashi Miyamura
防火研究グループ Dept. of Fire Engineering	遊佐秀逸 Syuitu Yusa 成瀬友宏 Tomohiro Naruse	増田秀昭 Hideaki Masuda	茂木武 Takeshi Motegi

The R&D project deals with high-performance timber-based composite members, which consist of timber and other materials, and timber-based hybrid structures. As the results of five-year project, fundamental study of structural design and fire proof measurement have been done, and the guidelines for practical design of some typical timber-based hybrid structures were arranged.

【研究目的及び経過】 木材は、建設時の二酸化炭素発生量が少なく、かつ、空気中の二酸化炭素を固定保存する炭素固定効果を有することから、建築物への木材の利用拡大は環境負荷の低減に効果的であるといわれている。本研究開発では、1)木質材料と他の材料とを複合化した木質ハイブリッド部材、2)異種材料を用いた木質ハイブリッド接合部、及び木材と他材料の間のハイブリッド接合部、3)木造と他の構造を複合化した木質ハイブリッド構造、に対して技術開発を進め、その成果を構造設計法、防火設計法としてとりまとめる。もって、環境負荷の低い木造建築物の計画的利用を促進させ、我が国の二酸化炭素の排出削減目標の達成に貢献することを目的としている。本研究開発は当初より、広く学識経験者や建築産業界の意見を伺うため、委員会組織を構成するとともに、関係諸団体との共同研究により実施された。

【研究内容】 本研究開発では、木質ハイブリッド部材接合部、並びに木質ハイブリッド構造の構造と防火に関する検討として、以下の研究開発をおこなった。

- 1) 木質ハイブリッド部材・接合部 剛性耐力評価式の提案、設計法・評価法の作成、設計例の作成と実験による性能検証法の例示
- 2) 木質ハイブリッド構造 構造形態の整理と設計上の問題点の抽出、構造設計法の作成、試設計によるケーススタディ
- 3) 木質ハイブリッド部材・接合部・構造の防耐火性能の把握 耐火被覆法の提案、燃え止まり部材の耐火被

覆法の提案、1 時間および 2 時間耐火部材の開発と実験による検証事例の作成

【研究結果】 以下に検討項目ごとの主な結果を記す。

1) 木質ハイブリッド部材・接合部の開発

応力の種類と抵抗機構によって分類整理した上で、木質ハイブリッド部材の剛性耐力に関する理論式を提案し、鋼材や FRP で補強した木質ハイブリッド部材、鋼材を内部に挿入した木質ハイブリッド部材について、曲げ、せん断、座屈に対する加力実験を行い、理論式と実験結果を照合した(図 1、図 2)。木質ハイブリッド部材相互の接合部についても、接合部を分類整理した上で、コンクリートと木材との接合において高耐力が期待されるグレードインロッド形式の接合部について、せん断型接合、引張型接合の加力試験を行い、理論式の適用性を検証した。併せて、木質ハイブリッド構造での使用が想定される、木材同士の接合部に対する各種の補強方法を取り上げ、接合部補強の考え方を整理するとともに、補強効果に関する実験的検討を行った。木質ハイブリッド構造に使用される床システムについては、層構成等による分類を行った上で、代表的な床システム 4 種類について、既往データの少ない面内せん断性能に関する実験を行い、剛性耐力の計算式を提案して、その照合を行った。

上記のほか、剛性耐力に及ぼす各種の影響因子について考え方の整理、木質ハイブリッド部材のクリープ変形の実験的検討、ハイブリッド部材の耐力に及ぼす荷重継続時間の影響に関する考察、接着耐久性の評価法に関する

る実験的検討、高性能耐力壁の開発、2 方向ラーメン接合部に関する検討、などを行った。

2) 木質ハイブリッド構造の開発

木質ハイブリッド構造の構造設計法の開発にあたって、現在不足しているデータの蓄積を目的として、研究課題を抽出し検討を重ねた。例えば、1 階 RC 造 + 2 ~ 5 階木質構造のような立面的複合システムを対象とし、立面的な複合システムにおける地震力の高さ方向の分布について解析的な検討を行った。結果、1 階 RC 造、2 ~ 5 階木造を想定した立面的複合システムについては、現行の地震層断力分布係数 A_i が妥当であり、現行基準で要求される剛性率による割増しは必要がないことが確認された。さらに、木質構造と RC 造が平面的に組み合わせられた場合については、両構造の剛性の違いから地震時にねじれ挙動することが考えられる。本研究開発ではこの種の構造の構造設計の考え方を整理し、振動台実験を通じて地震時挙動を把握（写真 1）するとともに、床と構造間の接合部に要求される性能を定量化した。

その他、床の面外変形や振動に対する検討、木質構造と他構造との接合部分の設計法やクリープ変形や膨潤収縮等による変形量の差に起因する段差等の障害及び 2 次応力の発生についての検討、限界耐力計算の適用可能性の検討と課題の抽出、などをおこなった。

3) 耐火部材の開発

4 階建て以上の木質ハイブリッド構造を建設する場合、現行法規の下では、その主要構造部を耐火構造とすることが求められる。例えば、5 階建ての 2 ~ 5 階及び 4 階建ての各階では 1 時間、5 階建ての 1 階では 2 時間の耐火時間が要求される。上記の要求に対して、部材の耐火構造に関する検討として、平成 13 年度から平成 15 年度にかけて、柱、梁、壁、床の各部材について、耐火性能に関する実験的検証を行った。その結果、床、壁については石膏ボード等の耐火被覆を用いる方法により、また、木材を使用した柱梁部材についても、2 種類の部材、すなわち「燃え止まり部材」と「被覆系部材」について耐火性能の確認ができた。燃え止まり部材は、写真 2 のように、内部が鋼材で周囲に集成材等の木材を接着材等により張り付けた部材であり、写真のように木材が完全に燃え尽きることなく途中で「燃え止まる」ため、火災後の荷重支持能力を維持するものである。

【参考文献】 本研究開発では研究成果を下記学会等へ発表した。日本建築学会学術講演梗概集 木質複合建築構造技術の開発 1999 年度 ~ 2003 年度 World Conference of Timber Engineering “R/D on Hybrid Timber Structural System” 2000, 2002, 2004 ほか

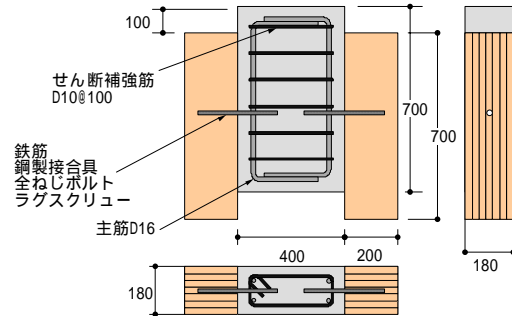


図 1 グルードインロッド接合部のせん断試験体

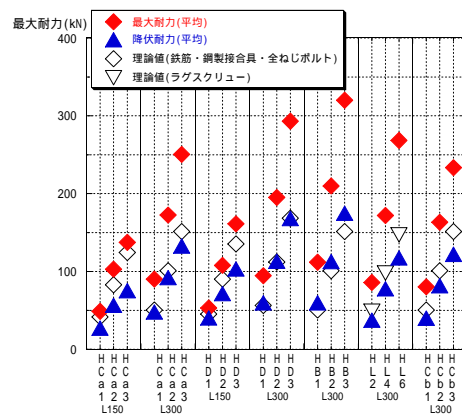


図 2 耐力の理論値と実験値の比較



写真 1 平面ハイブリッドの振動台実験

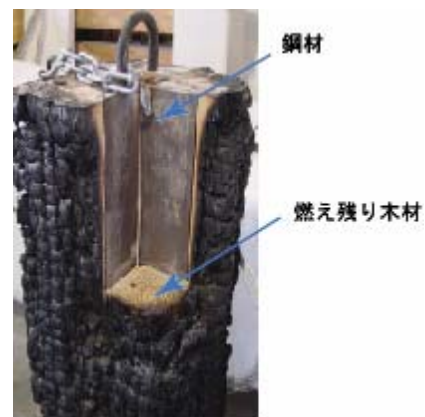


写真 2 燃えどまり部材（鋼材を内包した集成材）