

はじめに

本報告書は、国土交通省平成27年度建築基準整備促進事業 F5「防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法の合理化に資する検討」により実施した調査・研究成果を取りまとめたものである。

「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」が施行されるなど、非住宅分野での木造建築物の建築促進による木材利用の推進が求められている。中層大規模建築物の多くは、耐火建築物若しくは準耐火建築物であることを求められるが、これら建築物のうち、建築が予想されるボリュームゾーンの多くは準耐火建築物であると考えられる。準耐火建築物においては、燃えしろ設計法等により木造建築が可能となっているが、木質系材料のこれら建築物への一層の利用を促進するためには、防火被覆の効果を考慮し木部のスリム化を図るなど柔軟かつ多様な設計を可能とする、より合理的な防火設計法の確立が必要である。

そのため本事業では、現行の燃えしろ設計とメンブレン防火被覆設計法を応用した「防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法」に関する技術的知見を得て、準耐火建築物を想定した燃えしろ設計法の基準を整備するため、CLT、集成材等の木質材料の加熱実験等を実施し、有識者等による検証・検討を行った。

具体的には、(1) 木造建築物の外装材、内装材に一般的に使用される防火被覆について、壁、床、柱、はり等における被覆材仕様と炭化抑制効果を把握し、燃えしろ寸法を防火被覆によりどの程度低減できるかを明らかにする。(2) 炭化抑制に影響を与える防火被覆の種類と、留め付け方法や断熱材の仕様と充填方法等の違いによる脱落性状を加熱実験で把握し、有効な脱落抑制手法を検討する。(3) 小中断面部材を組み合わせた複合部材(柱、はり)について、防火上弱点とならない複合方法や納まりを加熱実験から把握するとともに、柱やはりの一部に準耐火構造の壁や床がとりついた場合の柱、はりの炭化性状を把握し、燃えしろ設計の合理的な考え方を検討する。以上、3つを主要課題として実験・検討を行った。

本事業の実施に当たっては、検討内容が多岐に渡り、設計実務的な要素も多いため、集成材、LVL、CLTの製造企業等の団体である日本集成材工業協同組合、全国LVL協会、日本CLT協会、木質材料及び木質構造に係る防耐火性能等の研究分野において多くの知見を有している早稲田大学(長谷見研)、東京理科大学(大宮研)、桜設計集団一級建築士事務所、木構造振興(株)に、共同研究機関として国立研究開発法人建築研究所が加わり8つの機関・団体が中心となって全体をステアリングしつつ事業を行った。また、本事業を効率的に実施するため、試験研究機関、性能評価機関、木造設計者を含む知見や役割の異なるメンバーで構成する委員会及びWGを設置して、具体的な部材の使い方や納まりなどを整理した上で実験を行った。

本事業の成果が、防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法の基準作りのベースとなり、準耐火建築物をはじめとする木造建築物の建築促進及び木材利用推進の一助となれば幸いである。

本事業委員会委員をはじめ、事業にご協力いただいた試験研究機関、大学、団体等関係各位に厚く御礼申しあげる。

平成27年度 建築基準整備促進事業

「防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法の合理化に資する検討」委員会 委員名簿

(順不同、敬称略)

委員長	長谷見 雄二	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	大宮 喜文	東京理科大学 理工学部建築学科 教授
	野秋 政希	東京理科大学 理工学部建築学科 助教
	遊佐 秀逸	早稲田大学 理工学術院総合研究所 理工学研究所 招聘研究員
	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表
	山辺 豊彦	(有) 山辺構造設計事務所 代表
	林 吉彦	国土交通省国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 室長
	鈴木 淳一	国土交通省国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 主任研究官
	水上 点晴	国土交通省国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 主任研究官
	萩原 一郎	国立研究開発法人建築研究所 防火研究グループ グループ長
	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 上席研究員
	上川 大輔	国立研究開発法人森林総合研究所 木材改質研究領域 木材保存研究室 主任研究員
	原田 浩司	木構造振興株式会社 客員研究員
	佐川 修	(一財) 建材試験センター 中央試験所防耐火グループ 主幹
	門岡 直也	(一財) 日本建築総合試験所 建築確認評定センター 性能評価課
金城 仁	(一財) ベターリビングつくば建築試験研究センター 防耐火性能試験研究部 上席試験研究役	
木島 裕行	(公財) 日本住宅・木材技術センター試験研究所 防耐火試験室 研究員	
オブザーバー	山口 義敬	国土交通省 住宅局建築指導課 課長補佐
	高梨 潤	国土交通省 住宅局建築指導課 防火係
	原 崇之	早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建築学専攻
	高山 哲大	早稲田大学 創造理工学部建築学科
事務局	宮林 正幸	(有) ティー・イー・コンサルティング 所長 (日本集成材工業協同組合)
	片岡 辰幸	日本集成材工業協同組合 専務理事
	尾崎 勉	日本集成材工業協同組合 事務局次長
	李 元羽	(一社) 全国 LVL 協会 技術部長
	大石 哲也	(一社) 全国 LVL 協会
	塩崎 征男	(一社) 日本 CLT 協会 技術部長
	正木 祥子	(一社) 日本 CLT 協会
	鈴木 圭	木構造振興株式会社
	王 兪翔	東京理科大学 国際火災科学研究科
	渥美良紀	早稲田大学
	大浦千春	早稲田大学
	加來 千紘	桜設計集団一級建築士事務所

平成27年度 建築基準整備促進事業

「防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法の合理化に資する検討」WG 委員名簿

(順不同、敬称略)

大宮 喜文	東京理科大学 理工学部建築学科 教授
野秋 政希	東京理科大学 理工学部建築学科 助教
遊佐 秀逸	早稲田大学 理工学術院総合研究所 理工学研究所 招聘研究員
安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表
鈴木 淳一	国土交通省国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 主任研究官
水上 点晴	国土交通省国土技術政策総合研究所 防火基準研究室 主任研究官
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 上席研究員
原田 浩司	木構造振興株式会社 客員研究員
宮林 正幸	(有)ティー・イー・コンサルティング所長 (日本集成材工業協同組合)
片岡 辰幸	日本集成材工業協同組合 専務理事
尾崎 勉	日本集成材工業協同組合 事務局次長
李 元羽	(一社) 全国 LVL 協会 技術部長
大石 哲也	(一社) 全国 LVL 協会
塩崎 征男	(一社) 日本 CLT 協会 技術部長
正木 祥子	(一社) 日本 CLT 協会
鈴木 圭	木構造振興株式会社 客員研究員
王 兪翔	東京理科大学 国際火災科学研究科
加來 千紘	桜設計集団一級建築士事務所
原 崇之	早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建築学専攻
高山 哲大	早稲田大学 創造理工学部建築学科

1. 事業概要

1. 1 調査の目的

本調査は、近年、関心が高まっている中大規模木造建築の設計自由度を向上するために、柱、はり、床、壁などの主要構造部について、せっこうボード等の防火被覆の効果を考慮した準耐火構造の燃えしろ寸法を検討しようというものである。

現行の燃えしろ設計では、せっこうボードや木材の板などの防火被覆を設けていないものとして燃えしろ寸法が定められている。しかし、実建物の設計では、構造躯体の全体または一部について、設備配線や機器を隠蔽するなどのために、せっこうボードや木材の板などの防火被覆を張ることも少なくない。燃えしろ設計の際に、これら防火被覆による構造躯体の燃焼遅延効果を考慮した燃えしろ寸法ができれば、木部の構造体をスリム化できるなど、柔軟かつ多様な設計が可能となり、木質系材料の建築物への利用の促進に寄与すると考えられる。

そこで、本調査では、現行の燃えしろ設計法とメンブレン防火被覆設計法を応用した「防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法」を準耐火構造の構造方法を定める告示等（昭和 62 年建設省告示第 1901 号、同告示第 1902 号、平成 12 年建設省告示第 1358 号、平成 27 年国土交通省告示第 253 号）に位置付けることとした場合の技術的な検証を行うこととする。

1. 2 調査内容

現行の燃えしろ設計法とメンブレン防火被覆設計法を応用した“防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法”に関する技術的知見の整理を行うために、以下の（イ）から（ハ）の調査・実験等を行う。

（イ）防火被覆の炭化抑制効果に関する実験

木造建築物の外装材、内装材に一般的に使用される防火被覆（せっこうボード、木材、金属板等）について、壁、床、柱、はりにおける被覆材仕様と炭化抑制効果の関係を系統的に把握する。既存告示の燃えしろ寸法（1 時間準耐火構造：45～60mm、45 分準耐火構造：35～45mm）を、防火被覆によりどの程度低減できるかを明らかにすることを目標とする。

実験は、①小型試験体による比較実験→②防火上不利となる仕様の選定→③実大試験体による載荷加熱実験による性能検証の順序で進める。

（ロ）防火被覆の脱落抑制に関する実験

壁、床、柱、はり等の構造躯体は、防火被覆（せっこうボード、木材、金属板等）や不燃系断熱材による被覆により炭化が抑制される。この炭化抑制効果には、防火被覆や断熱材の脱落性状が影響を与えられられる。そこで、防火被覆の種類と留め付け方法、断熱材の仕様と設置方法等を変化させた試験体による加熱実験を実施し、防火上有効な被覆材の脱落抑制手法を検討する。

実験は（イ）と同様に3段階の手順で進めることとし、仕様の選定においては、実施工に即した一般的な留め付け方法を念頭におくこととする。

（ハ）複合部材、取合部の防火上有効な措置に関する実験

現行の燃えしろ設計では、柱・はりについて、4方向から燃えしろをとることが基本となっている。複数の柱やはりを組み合わせた場合や、柱やはりに壁・床が取り付いた場合は必ずしも4方向から加熱を受けず、燃えしろをとらなくても所定の非損傷性を満足する可能性がある。そこで、以下の2項目のそれぞれについて、柱やはりを燃えしろ設計をする上で、防火上有効な被覆措置について検討する。

- ・ 小中断面部材を組み合わせた複合部材（合わせ柱、合わせはり）について、防火上弱点とならない複合方法や納まり等を加熱実験から把握する。
- ・ 柱やはりの一部に準耐火構造の壁や床がとりついた場合の柱・はりの炭化性状を把握し、燃えしろ設計の合理的な考え方を検討する。

これら、複合部材（合わせ柱、合わせはり）と壁・床が取り付いた柱・はりの炭化性状については既往の知見も少なくないため、まず性能確認されている仕様の把握を行った上で実験を進めることとする。

本調査は、図1-1に示す流れで進めることとする。

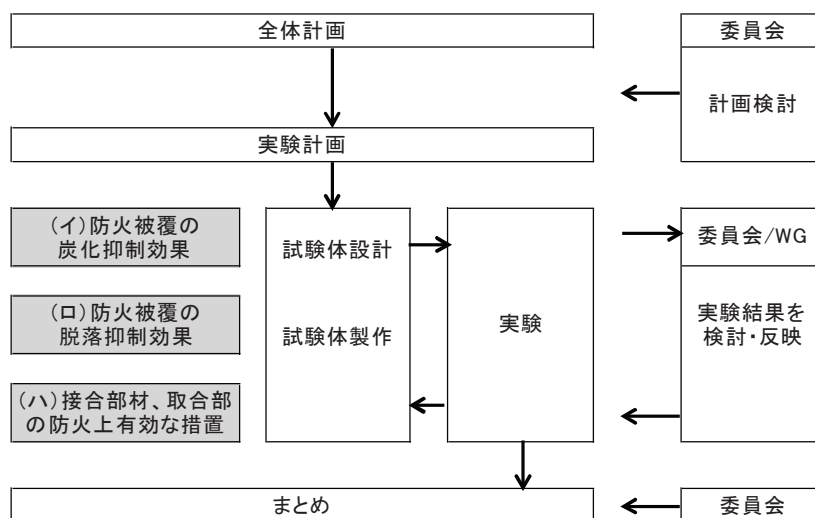


図1-1 本調査の流れ

1. 3 実施体制

本調査では検討内容が多岐に渡り、設計実務に関する要素も少なくないため、木造設計者・施工者を含む専門家による委員会及びWGを設置して、具体的な部材の使い方や納まりを整理した上で、実験計画を行うこととする。

実施体制は図 1-2 に示す通りである。

事業主体

日本集成材工業協同組合[代表者]: 集成材 (一社)日本CLT協会: 直交集成板 (一社)全国LVL協会: 単板積層板 木構造振興株式会社: 製材 早稲田大学 東京理科大学 桜設計集団一級建築士事務所
--

共同研究機関

国立研究開発法人 建築研究所

協力機関・協力会社

国土交通省国土技術政策総合研究所 (株)山辺構造設計事務所 国立研究開発法人森林総合研究所 (一財)日本建築総合試験所 (一財)建材試験センター (一財)ベターリビングつくば建築試験研究センター (一財)日本住宅・木材技術センター

図 1-2 本調査の実施体制

1. 4 検討方法

本調査の検討は、以下の1)～4)の順序で行った。なお、図中の○、●は、当該の調査・実験が記された本報告書本文中の章・項を示す。

- 1) 既往の研究・技術開発の成果の整理
- 2) 既往の設計における複合部材の使い方のヒアリング調査
- 3) 仕様比較のための小型試験体による加熱実験の実施
- 4) 防火被覆効果確認のための載荷加熱実験の実施

1) 既往の研究・技術開発の成果の整理

事業主体等がこれまで実施した研究・技術開発の成果（表 1-1）から、本調査に関連する知見を抽出し、その知見に基づいて、3)及び4)の実験的検証の計画を立てることとした。

表 1-1 集成材・単板積層材・直交集成板・製材の防耐火性能に関する既往研究例

材料種別	部位	研究成果	関連論文等
集成材	柱	合わせ柱の非損傷性の検討	[1][2][3]
	はり	合わせはり・重ねはりの非損傷性の検討	[1][2][3]
	柱・はり	合わせ部材の隙間が燃焼性状に与える影響	[4]
	柱・はり	柱とはりの接合方法が非損傷性に与える影響	[5]
単板積層材(LVL)	柱・はり	集成材との非損傷性の同等性の確認	[6]
	壁	木材あらかわしの場合の燃えしろ寸法の検討	[7][8][9]
直交集成板(CLT)	壁・床・屋根	木材あらかわしの場合の燃えしろ寸法の検討	[10]
	壁・床・屋根	部材同士の隙間の防火上有効な措置の検討	[10]
	壁・床・屋根	設備配管等の貫通部の防火上有効な措置の検討	[10]
	壁・床・屋根	防火被覆の防火上有効な措置の基礎検討	[10]
製材	柱・はり	構造用製材の燃えしろ寸法の検討	[11]
	柱・はり	背割れや割れが炭化性状に与える影響	[12][13]
	壁・床	木材を防火被覆に使用した場合の延焼防止効果	[14][15]

※関連論文等は、本章末尾に、文献リストを記載した

主な知見は以下の通りである。

- ・ 合わせ柱・合わせはりは、部材同士をボルト・ビス・接着材（現場接着可能なポリウレタン樹脂接着材等も含む）などで、部材間の隙間が生じないように複合すれば、一体断面の部材と同等の燃焼（炭化）性状となる。
- ・ 柱・はりの部材同士の接合部の接合金物のうち、せん断力を伝える金物は、直接加熱を受けないように 10mm 以上の木材等で被覆することが推奨される。また、ドリフトピンに関しては仮にピン頭が露出しても、所定の防耐火性能を確保できる可能性がある。
- ・ 直交集成板・単板積層材等厚板の燃えしろ寸法は、樹種、接着材種類、ラミナの厚さ、部材の構成方法等により異なり、燃焼速度を概ね 1mm/分と考えれば、ほぼすべての条件を包含できる。

- ・ 直交集成板・単板積層材等厚板では、床材を壁材頂部に乗せるディテールとなるため、部材同士を接合する金物の多くが鉛直力ではなく、水平力を負担する金物となる。そのため、それらが加熱を受けたとしても非損傷性が損なわれることはほぼない。ただし、金物が表裏ともに、露出する場合は遮熱性について検討が必要である。
- ・ 直交集成板・単板積層材等厚板の燃えしろ寸法は、せっこうボード、ケイ酸カルシウム板、金属板、窯業系サイディング等の防火被覆により、寸法を削減できる。その際、防火被覆の種類及び留め付け方法、断熱材の有無等が防火被覆の効果に影響を与える
- ・ 製材の背割れや、乾燥割れは、割れが貫通していなければ、割れ部分を顕著に燃え進むことはない。特に幅 3mm 以下では、ほとんど燃え進みが起こらない。
- ・ 木材を防火被覆として使う場合は、樹種、留め付け方法等が、防火被覆の効果に影響を与える。密度が小さいスギが防火被覆としての効果が小さく、炭化速度は留め付け方法によって、0.8～1.1mm 程度となる。

2) 既往の設計における複合部材の使い方のヒアリング調査

合わせ柱、合わせはり、重ねはりなど、複合部材について、既存の設計における使い方を、中大規模木造の構造設計を多く手がける設計者にヒアリングした。主なヒアリング結果は以下の通りである。

- ・ ヒアリング対象者（敬称略）は、山辺豊彦（山辺構造事務所）、山田憲明、蒲池健（以上、山田憲明構造設計事務所）、福山弘（福山弘構造デザイン）、田尾玄秀（縦建築事務所）、佐藤孝浩（桜設計集団）である。
- ・ “準耐火建築物”とする必要のない、“その他建築物”の建物規模・建物用途で、図 1-3 の部材を設計している。いずれも 105～120mm の住宅用構造部材（集成材、製材）を、組み合わせて、合わせ柱、合わせはり、重ねはり等を構成している。
- ・ 今後、図 1-3 の燃えしろ設計の技術的な指針等が明確にされれば、是非、取り組んでみたい。
- ・ 木部材が、乾燥等のために変形・収縮する可能性があるため、防耐火上、部材間の隙間を 3mm 程度まで許容されると現場の施工管理がしやすいのではないか。
- ・ 構造用製材の場合、幅が 120mm を超えると木材の乾燥技術が課題となる。ただし 120mm 以下であっても柱では人工乾燥材の品質は高くなっているが、平角だと 15% 以下の要求には実質答えられない状況がある。
- ・ 構造用製材の燃えしろは 45 分で 45mm、1 時間で 60mm 必要なので、最高高さ 13m 超、軒高 9m 超の建物（1 時間準耐火性能が必要）では、部材寸法が大きくなること等の理由から構造用製材は採用しにくい。
- ・ 寺社で使うケヤキ等の広葉樹は、JAS 規格対象外の樹種のため、燃えしろ設計の対象にならない。設計で使えるようにするには 1 時間の準耐火構造の性能評価試験を実施し、大臣認定を取得する必要がある。ケヤキについては以前、大臣認定を取得した事例がある。

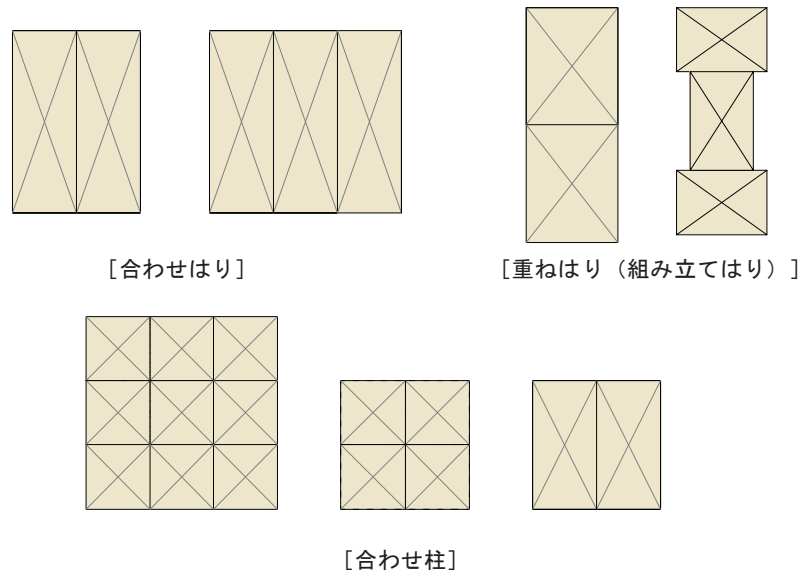


図 1-3 既存の設計における複合部材の事例

3) 仕様比較のための小型試験体による加熱実験の実施

本調査においては、図 1-4 のように、防火被覆（メンブレン）型の設計と燃えしろ設計の中間的な設計法の開発に見通しをつけようとしているため、(イ) 及び (ロ) の課題について、図 1-5 に示す実験パラメータに関する比較実験を行い、防火的に不利な仕様の抽出とそれぞれの防火被覆の燃焼遅延効果の確認を行うこととした。また、(ハ) の課題についても、柱への壁の取り付け方や、壁の仕様について、図 1-6 のような実験パラメータとした比較実験を行い、防火的に有効な被覆方法の抽出を行った。

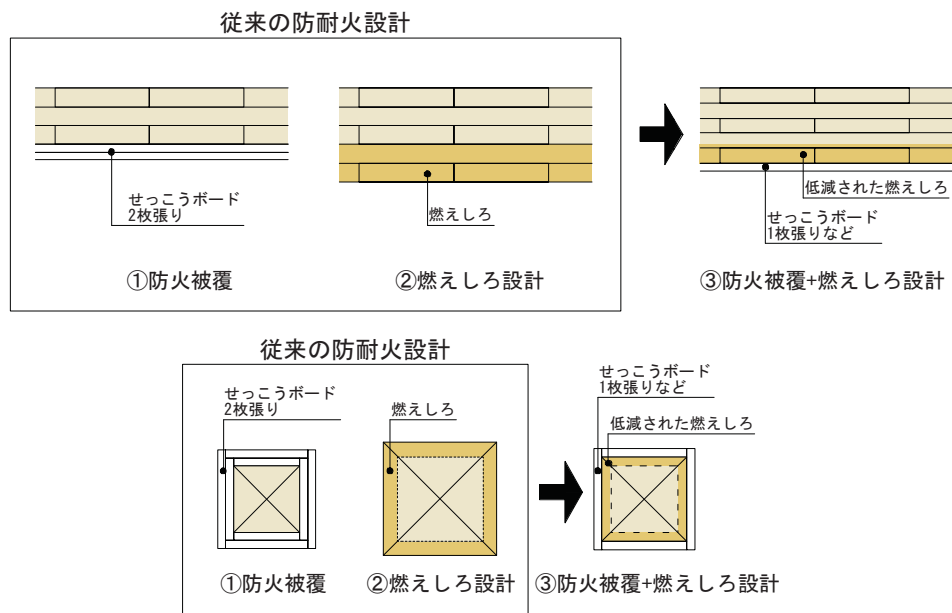


図 1-4 調査項目 (イ) (ロ) の防火被覆+燃えしろ設計の概念
(上：壁及び床・屋根の場合、下：柱・はりの場合)

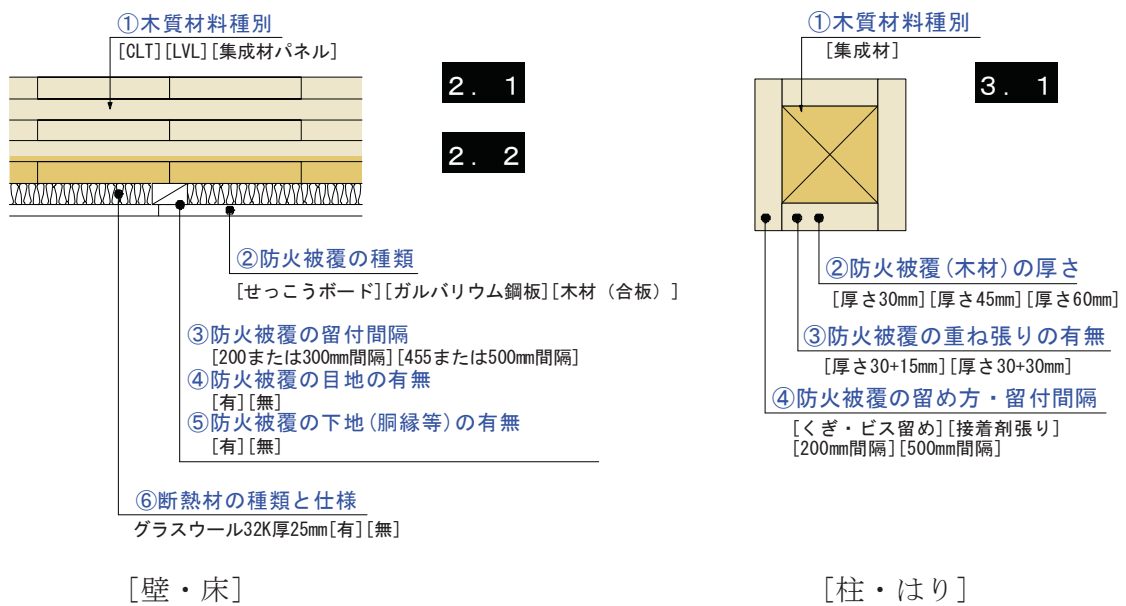


図 1-5 防火被覆効果に影響を与える項目と実験パラメータ〔(イ) 及び (ロ) 〕

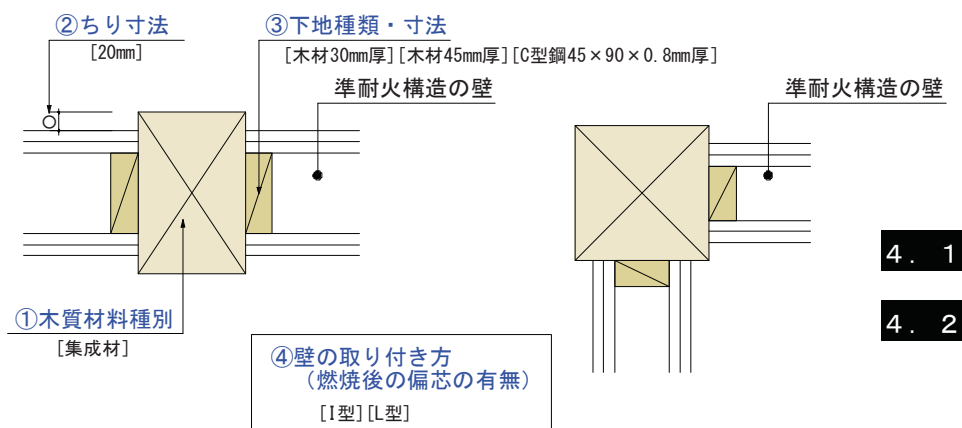


図 1-6 防火被覆効果に影響を与える項目と実験パラメータ〔(ハ) 〕

4) 防火被覆効果確認のための載荷加熱実験の実施

3)の実験結果より、1時間及び45分以上の準耐火性能を達成できると予想された仕様・条件(荷重条件・加熱条件等)について、載荷加熱実験を実施し、非損傷性・遮熱性・遮炎性を総合的に確認することとした。

①防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法提案のための載荷加熱実験

図 1-7 のように、床、壁、柱、はりに対して、防火被覆の効果を考慮した燃えしろ設計法提案のために載荷加熱実験を実施した。

まず、床及び壁については、直交集成板(CLT)及び集成材パネルを試験体(最小断面、水性高分子イソシアネート接着剤、スギ)として加熱実験を実施した。これは、2)の比較

実験の結果より、材料の規格上あるいは接着剤等の条件が同じであれば、単板積層材(LVL)よりも、直交集成板(CLT)と集成材パネルのほうが木材部分の炭化速度が速く、本実験を実施すれば、その結果は、単板積層材(LVL)にも適用可能と考えたためである。

また、柱及びはりについては、集成材を試験体(最小断面、水性高分子イソシアネート接着剤、スギ)として加熱実験を実施することとした。これは、現行の燃えしろ寸法が集成材よりも製材のほうが大きく、荷重支持能力を低めに見積もるため、燃えしろが小さく支持する荷重が大きい集成材で実験を実施すれば、その結果は、製材にも適用可能と考えたためである。あわせて、前述と同様の理由で、本実験の結果は、単板積層材(LVL)にも適用可能と考えた。

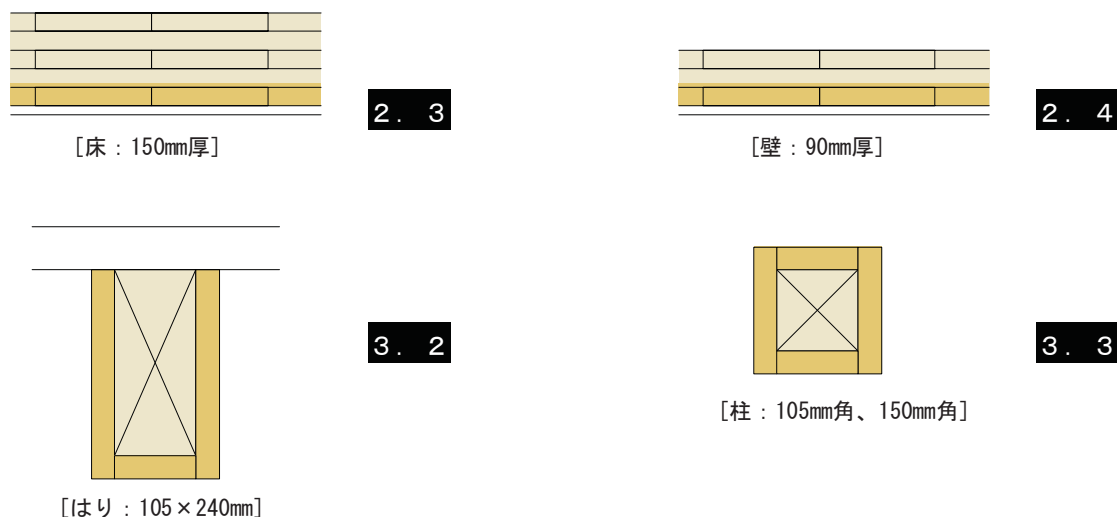


図 1-7 防火被覆の効果を考慮した載荷加熱実験の試験体概要〔(イ)及び(ロ)〕

②複合部材による防火上有効な被覆の確認のための載荷加熱実験

■柱と壁の取合部

図 1-6 のように、柱が壁で防火上有効に被覆される場合(柱が 2 面加熱を受ける I 型、L 型に壁が配置される場合)について、集成材(最小断面、水性高分子イソシアネート接着剤、スギ)を試験体として加熱実験を実施することとした。これは、現行の燃えしろ寸法が集成材よりも製材のほうが大きく、荷重支持能力を低めに見積もるため、燃えしろが小さく支持する荷重が大きい集成材で実験を実施すれば、その結果は、製材にも適用可能と考えたためである。あわせて、前述と同様の理由で、本実験の結果は、単板積層材(LVL)にも適用可能と考えた。また、本調査において、柱が壁で防火上有効に被覆される場合について加熱実験を実施したのは、柱の座屈で非損傷性が決まる本調査の条件のほうが、はりが床・壁で防火上有効に被覆される場合よりも、同じ許容応力度が生じる荷重条件に対する余裕度が小さいため、本実験の結果は、はりが床で防火上有効に被覆される場合にも適用可能と考えたためである。

■ 合わせ柱/合わせはり

図 1-7 のような小中断面の集成材を複合した合わせ柱と合わせはりについて、部材同士が接する面を防火上有効に被覆された面として扱え、部材全体での燃えしろ設計の適用可能性を検討するために载荷加熱実験を実施することとした。

まず、合わせ柱については、現行の燃えしろ寸法の異なる集成材（最小断面、水性高分子イソシアネート接着剤、スギ）及び製材（最小断面、スギ）を試験体として加熱実験を実施することとした。前述と同様の理由で、本実験の結果は単板積層材（LVL）にも適用可能と考えた。

合わせはりについては、集成材を試験体（最小に近い断面、水性高分子イソシアネート接着剤、スギ）として加熱実験を実施した。これは、前述同様、現行の燃えしろ寸法が集成材よりも製材のほうが大きく、荷重支持能力を低めに見積もるため、燃えしろが小さく支持する荷重が大きい集成材で実験を実施すれば、その結果は、製材にも適用可能と考えたためである。あわせて、本実験の結果は、単板積層材（LVL）にも適用可能と考えた。

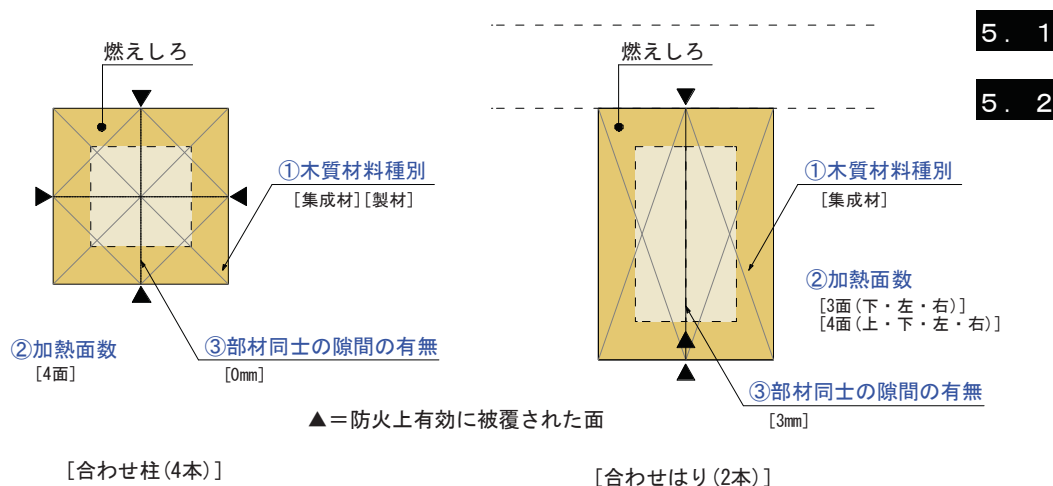


図 1-7 複合部材の载荷加熱実験の試験体概要 [(ハ)]

なお、小中断面のはりを上下に重ねた、“重ねはり”については、部材間の接合方法（接着剤、金物、ビス、木材、ダボなど）が多岐に渡り、その都度、構造実験や計算等で構造耐力の検討が行われている。そのため、本調査において、代表的な仕様を絞り込みなかったため、実験的検討は実施しなかった。

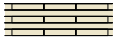


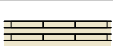













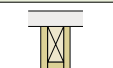
1. 5 調査結果の概要

前項の内容に従って、(イ) から (ハ) の課題に対して実施した実験の試験体仕様と結果概要を表 1-2~1-5 に示す。なお、表題右の **○**、**○** は、当該の調査・実験が記された本報告書本文中の章・項を示す。

表 1-2 厚板における防火被覆の効果の比較実験結果一覧

2. 1

2. 2

部材種類	試験体No.	仕様 (mm)	載荷荷重	加熱時間	結果(200°C到達時間)			結果(260°C到達時間)			実験主旨	実験場所	実験日程			
					炭化開始時間	炭化速度(mm/分)	60分時燃えしろ寸法	炭化開始時間	炭化速度(mm/分)	60分時燃えしろ寸法						
小型床 (比較実験)	KF-1	 CLT(スギ)150厚 素地	内部温度計測用	135分	4.75分	0.833	49mm	7.25分	0.798	45mm	イ・ロ	建研	8月24日			
		 LVL(スギ)150厚 素地			4.25分	0.844	49mm	6.25分	0.822	47mm						
		 集成材(スギ)150厚 素地			3.625分	0.818	48mm	6.25分	0.782	45mm						
		 CLT(スギ)150厚 被覆材: ガルノ0.35厚 (留め間隔300)			7.375分	0.717	41mm	9.5分	0.656	37mm						
		 LVL(スギ)150厚 被覆材: ガルノ0.35厚 (留め間隔300)			9.125分	0.699	39mm	10.375分	0.674	37mm						
		 集成材(スギ)150厚 被覆材: ガルノ0.35厚 (留め間隔300)			9.375分	0.673	38mm	12.125分	0.634	35mm						
	KF-2	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚 (留め間隔200)		内部温度計測用	150分	28.75分	0.927	29mm	34.75分	0.946	24mm	イ・ロ	建研	8月28日		
		 LVL(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚 (留め間隔200)				31.75分	0.943	27mm	38.25分	1.007	21mm					
		 集成材(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚 (留め間隔200)				26.75分	0.931	31mm	34.125分	0.939	24mm					
		 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚 (留め間隔200)				41.125分	0.863	16mm	52.125分	0.916	7mm					
		 LVL(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚 (留め間隔200)				43分	0.887	15mm	47.375分	0.902	11mm					
		 集成材(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚 (留め間隔200)				37.75分	0.942	21mm	45.375分	0.979	15mm					
KF-3	①	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード9.5厚 (留め間隔455)	内部温度計測用	104分 30秒	15.5分	0.799	36mm	17.25分	0.745	32mm	イ・ロ	建研	10月19日			
	②	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚 (留め間隔455)			28.5分	0.930	30mm	29.5分	0.854	24mm						
	③	 CLT(スギ)150厚 被覆材: ガルノ0.35厚 (留め間隔300) +GW32K25厚			20.25分	0.548	22mm	25.25分	0.502	17mm						
	④	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚 (留め間隔455) +GW32K25厚			29.5分	1.000	31mm	31分	0.961	28mm						
	⑤	 CLT(スギ)150厚 被覆材: 構造用合板15厚 (留め間隔455)			18.25分	0.834	35mm	22.125分	0.792	31mm						
	仕様 (mm)				結果(260°C到達時間)			炭化開始時間								
					隅角部		はり下端		はり横							
⑥	 はり-スギ集成材(異等級構成 105×240 被覆材: 木材(スギ)45厚 (留め間隔455)	43.4分		54.4分		56.9分										

- (イ)防火被覆の炭化抑制効果に関する実験
- (ロ)防火被覆の脱着抑制に関する実験
- (ハ)複合部材、取合部の防火上有効な措置に関する実験

表 1-3 はりにおける防火被覆の効果の比較実験結果一覧

3. 1





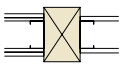
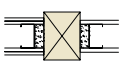
部材種類	試験体No.	仕様 (mm)	載荷荷重	加熱時間	構造躯体炭化開始時間 (260°C到達時間)		実験主旨	実験場所	実験日程		
					出隅部	一般部					
小型はり (比較実験)	KB-1	T1		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)60厚 (留め間隔:200)	内部温度計測用	60分	49.5分	達せず	イ・ロ	理科大	8月27日
		T2		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)30厚×2枚張り (留め間隔:200)			51.3分	達せず			
		T3		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)45厚 (留め間隔:200)			37.1分	41.7分			
		T4		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)30厚+15厚 (留め間隔:200)			35.8分	39.7分			
		T5		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)30厚/ビス留め (留め間隔:200)			19分	26分			
		T6		スギ集成材(異等級構成)105×240 被覆材:木材(スギ)30厚/接着剤			24.5分	28.3分			

表 1-4 柱における壁の防火被覆効果の比較実験結果一覧

4. 1

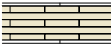


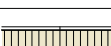

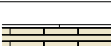

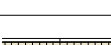












部材種類	試験体No.	仕様 (mm)	載荷荷重	加熱時間	壁体内の構造躯体炭化開始時間	実験主旨	実験場所	実験日程		
									小型柱-壁 (比較実験)	KCW-1
T2		スギ集成材(同一等級構成)180×120 [壁構成1] せつこうボード12.5厚×2枚張り +受材:スギ45×90 [壁構成2] せつこうボード15厚 +受材:スギ45×90	— ※							
T3		スギ集成材(同一等級構成)180×120 [壁構成1] せつこうボード12.5厚×2枚張り +せつこうボード12.5厚×2枚 +受材:スギ45×90 [壁構成2] せつこうボード15厚 +せつこうボード12.5厚×2枚 +受材:スギ45×90	— ※							
T4		スギ集成材(同一等級構成)180×120 [被覆材1] せつこうボード12.5厚×2枚張り [被覆材2] せつこうボード15厚	— ※							
T5		スギ集成材(同一等級構成)180×120 [壁構成1] せつこうボード12.5厚×2枚張り +受材:C形スタッド45×90×0.8 [壁構成2] せつこうボード15厚 +受材:C形スタッド45×90×0.8	— ※							
T6		スギ集成材(同一等級構成)180×120 [壁構成1] せつこうボード12.5厚×2枚張り +住宅用FW30厚 +受材:C形スタッド45×90×0.8 [壁構成2] せつこうボード15厚 +住宅用FW断熱材30kg/m³, 30厚 +受材:C形スタッド45×90×0.8	— ※							

※柱表面温度測定用の熱電対が加熱中に断線したため、結果については本文中の炭化図を参照

- (イ) 防火被覆の炭化抑制効果に関する実験
- (ロ) 防火被覆の脱落抑制に関する実験
- (ハ) 複合部材、取合部の防火上有効な措置に関する実験

表 1-5 防火被覆及び防火上有効な被覆を考慮した載荷加熱実験結果一覧

2. 3 2. 4 3. 2 3. 3 4. 2 5. 2

部材種類	試験体 No.	仕様 (mm)	載荷荷重	加熱時間	結果			耐火時間 (目標性能時間)	実験主旨	実験場所	実験日程
					非損傷性	過熱性	遮炎性				
床	F-1	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚	燃えしる27mm除いた 断面の短期許容荷重 36.24kN (3等分2線)	92分	92分	-	-	92分 (60分)	イ・ロ	建研	12月21日
	F-2	 CLT(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚	炭化前全断面に長期 40.45kN (3等分2線)	100分	100分	-	-	100分 (-)	イ・ロ	建研	1月13日
	F-3	 集成材(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード12.5厚	燃えしる27mm除いた 断面の短期許容荷重 123.8kN (3等分2線)	80分	80分	-	-	80分 (60分)	イ・ロ	建研	11月4日
	F-4	 集成材(スギ)150厚 被覆材: せっこうボード15厚	燃えしる27mm除いた 断面の短期許容荷重 129.7kN (3等分2線)	82分	82分	-	-	82分 (-)	イ・ロ	建研	11月10日
壁	W-1	 CLT(スギ)90厚 被覆材: せっこうボード12.5厚	燃えしる27mm除いた 断面の短期許容荷重 95.8kN	52分	52分	-	-	52分 (60分)	イ・ロ	建研	12月21日
	W-2	 CLT(スギ)90厚 被覆材: せっこうボード15厚	炭化前全断面に長期 254kN	48分30秒	48分30秒	-	-	48分30秒 (45分: 例示仕様)	イ・ロ	建研	1月18日
	W-3	 集成材(スギ)90厚 被覆材: せっこうボード12.5厚	燃えしる27mm除いた 断面の短期許容荷重 207kN	59分	59分	-	-	59分 (60分)	イ・ロ	建研	11月13日
	W-4	 集成材(スギ)90厚 被覆材: せっこうボード15厚	炭化前全断面に長期 331kN	57分30秒	57分30秒	-	-	57分30秒 (45分: 例示仕様)	イ・ロ	建研	11月20日
はり	B-1	 スギ集成材(同一等級構成)105×240 被覆材: 木材(スギ)45厚	はりの短期許容荷重 16.9kN (3等分2線)	64分50秒	64分30秒	-	-	64分30秒 (60分)	イ・ロ	建セ	10月22日
	B-2	 スギ集成材(同一等級構成)105×240 被覆材: 木材(スギ)30厚	はりの短期許容荷重 17.3kN (3等分2線)	54分	54分30秒	-	-	54分30秒 (45分)	イ・ロ	建セ	12月21日
柱	C-1	 スギ集成材(同一等級構成)105×105 被覆材: 木材(スギ)45厚	柱の短期許容荷重 38.4kN	64分	63分46秒	-	-	63分46秒 (60分)	イ・ロ	建セ	11月4日
	C-2	 スギ集成材(同一等級構成)105×105 被覆材: 木材(スギ)30厚	柱の短期許容荷重 38.4kN	45分40秒	45分32秒	-	-	45分32秒 (45分)	イ・ロ	建セ	11月5日
	C-3	 スギ集成材(同一等級構成)150×150 被覆材: せっこうボード12.5厚	燃えしる27mm除いた 柱の短期許容荷重 29.1kN	53分30秒	53分15秒	-	-	53分15秒 (60分)	イ・ロ	建セ	12月24日
合わせ柱	TC-1	 スギ集成材(同一等級構成)105×105 4本	燃えしる45mm除いた 柱の短期許容荷重 17.2kN	58分30秒	58分20秒	-	-	58分20秒 (60分)	ハ	日総試	2月6日
	TC-2	 スギ製材105×105 4本	燃えしる60mm除いた 断面の短期許容荷重 6.2kN	88分	88分	-	-	88分 (60分)	ハ	日総試	2月12日
合わせはり	TB-1	 スギ集成材(対称異等級構成)105×300 2本(隙間3)/ボルト留め [3面加熱]	燃えしる45mm除いた はりの短期許容荷重 21.76kN (3等分2線)	56分30秒	56分30秒	-	-	56分30秒 (60分)	ハ	BL	12月8日
	TB-2	 スギ集成材(対称異等級構成)105×300 2本(隙間3)/ボルト留め [4面加熱]	燃えしる45mm除いた はりの短期許容荷重 14.69kN (3等分2線)	49分30秒	49分30秒	-	-	49分30秒 (60分)	ハ	BL	12月10日
	TB-3	 スギ集成材(対称異等級構成)105×300 2本(隙間3)/ビス留め [3面加熱]	燃えしる45mm除いた はりの短期許容荷重 21.76kN (3等分2線)	62分	62分	-	-	62分 (60分)	ハ	BL	2月22日
柱-壁取合部 (柱)	CW-1	 スギ集成材(同一等級構成)120×180 [壁構成(L型)] せっこうボード12.5厚×2枚張り +受材: スギ30×60、柱と壁のちり20	燃えしる45mm除いた 柱の短期許容荷重 26.8kN	71分45秒	71分30秒	-	-	71分30秒 (60分)	ハ	日総試	12月5日
	CW-2	 スギ集成材(同一等級構成)150×150 [壁構成(L型)] せっこうボード12.5厚×2枚張り +受材: スギ30×60、柱と壁のちり20	燃えしる45mm除いた 柱の短期許容荷重 40.3kN	43分	43分	-	-	43分 (60分)	ハ	日総試	2月11日

(イ)防火被覆の炭化抑制効果に関する実験
(ロ)防火被覆の脱落抑制に関する実験
(ハ)複合部材、取合部の防火上有効な措置に関する実験

は目標性能時間に達しなかったもの

[既往の研究文献（表 1-1 右欄記載分）]

- 1) 小宮祐人・原田寿郎・宮林正幸・鈴木淳一・遊佐秀逸・長谷見雄二他、小断面・中断面集成材による準耐火構造部材(その1～2)、日本建築学会大会学術講演会梗概集(防火)、2015.9
- 2) 日本集成材工業協同組合、準耐火構造における接合部等の合理的な防火設計の整備報告書、H22国土交通省木造住宅・木造建築物等の整備促進に関する技術基盤強化事業、2012.4
- 3) 日本集成材工業協同組合、小・中断面集成材を利用した準耐火構造部材開発報告書、H25林野庁CLT等新製品・新技術利用促進事業、2015.2
- 4) 鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏他、中断面スギ集成材を用いた複合部材の火災時の炭化性状、日本火災学会研究発表会梗概集、2015.5
- 5) 早稲田大学・国土技術政策総合研究所・建築研究所他、木造建築基準の高度化推進に対する検討を行う者に対する補助事業報告書、2014.3
- 6) 山田誠・中村賢一他、構造用LVLの耐火性能（その1～3）、日本建築学会大会学術講演会梗概集（防火）、1997.9
- 7) 櫛田紘敬・長谷見雄二・安井昇・李元羽他、LVL を用いた準耐火構造外壁の開発研究、日本建築学会大会学術講演会梗概集（防火）、2011.8
- 8) 中野裕晶・鈴木淳一・長谷見雄二・安井昇他、木質壁式構造の燃えしろ設計・評価法の開発～CLT、LVL・LVB パネルの加熱実験～、日本建築学会大会学術講演会梗概集（防火）、2013.8
- 9) 成田敏基・鈴木淳一・長谷見雄二・安井昇・中野裕晶・成瀬友宏・水上点晴・李元羽他、LVL を用いた木質壁式構造壁の耐火性能に関する研究、日本建築学会大会学術講演会梗概集（防火）、2015.9
- 10) 河合誠・成瀬友宏・鈴木淳一・長谷見雄二・安井昇・原田浩司他、CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発(その 1～12)、日本建築学会大会学術講演会梗概集(防火)、2015.9
- 11) 成瀬友宏・中村賢一・遊佐秀逸・山田誠他、構造用製材の耐火性能（その 1～3）、日本建築学会大会学術講演会梗概集（防火）、2004.9
- 12) 保川みずほ、安井昇、長谷見雄二他、大断面広葉樹（ケヤキ）製材による軸組柱の防耐火性能予測に関する研究、日本建築学会構造系論文集 685 号、2013.3
- 13) (財)日本住宅・木材技術センター、製材耐火性能開発事業報告書、2003年7月
- 14) 角田 彩乃・安井 昇・鈴木 淳一・長谷見 雄二他、木仕上げ大壁による準耐火構造の開発のための載荷加熱実験、日本建築学会技術報告集 46 号、2014.10
- 15) NPO 法人建築技術支援協会、ツーバイフォー工法建築物の防耐火性能試験報告書、平成 21 年度地域材利用加速化緊急対策支援事業＜建築物の耐火性能試験＞、2012.3

