

平成22年度 建築基準整備促進事業

## 32.大規模木造建築物の火災実験に係る検討

# 木造3階建て学校の防火基準整備の ための火災実験計画に関する調査

事業主体

早稲田大学・秋田県立大学・三井ホーム(株)  
・住友林業(株)・(株)現代計画研究所

共同研究機関

(独)建築研究所

平成23年3月



# 調査目的・項目

## ◆調査目的

木造3階建ての学校及び延べ面積が3,000m<sup>2</sup>を超える木造建築物に関する防火基準の整備に資することを目的とする。

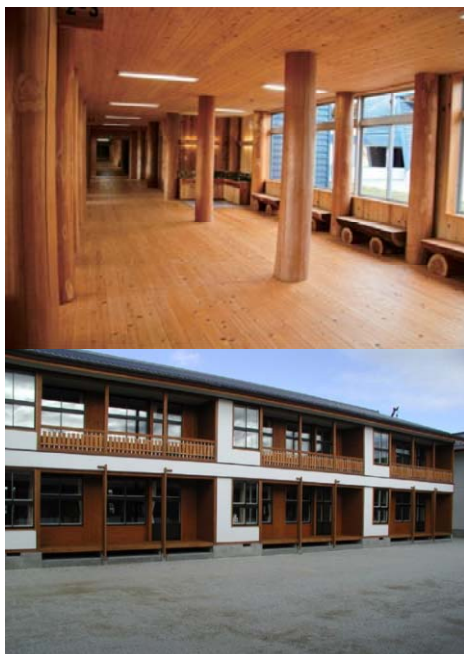
## ◆調査項目

- (イ) 木造学校の建築計画や可燃物量等の実態調査
- (ロ) 火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討
- (ハ) 木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認

(イ) 木造学校の建築計画や可燃物量等の実態調査

## 学校の建築計画の動向

- ① オープンスペースの確保と内装の木質化
- ② 学習教材としての木の学校と住民参加
- ③ 木材利用による環境配慮と環境教育
- ④ 地域文化の象徴としての木の学校



①



②



③



④



# (イ) 木造学校の建築計画や可燃物量等の実態調査 木造学校の例と特質

## ◆現在の「木造学校」の構造・構法

- ① 木造2階建て(防火壁により各区各面積を1,000㎡以下)
- ② 木造棟をRC棟で平面的に区画し、別棟解釈により面積制限を回避
- ③ 混構造(1階RC造、2階木造)とし、面積区画に対応する
- ④ RC造とし、内装を木質化する



④



①



②



③

# (イ) 木造学校の建築計画や可燃物量等の実態調査 学校における可燃物量調査

## ◆目的:

必要な防耐火性能を決める情報の把握

- ①室の出火危険性
- ②室の火災荷重に関する情報
- ③火災継続時間が長くなる室

◆方法: 秋田・福島県の公立小中高の計6校について、可燃物の種類・量・管理実態を調査

◆調査結果: 収納機能の室等以外、可燃物による火災継続時間は、1時間以内となる。



火災継続時間が1時間を超えた室の例(書庫)

(イ) 木造学校の建築計画や可燃物量等の実態

## 学校の火災事例調査

調査概要：昭和初期～現在に至る小・中・高校で発生した火災事例について防災計画上必要な情報を抽出・分析

### ◆出火傾向の高い場所：

①学校火災事例全体：特別教室(小・中・高共通)

※焼損規模：

比較的大きい  
特別教室(火災荷重大)



小火程度  
特別教室(火災荷重小)

②大規模な学校火災事例：職員室(特に中・高)

### ◆出火原因：放火、不審火

◆出火時刻：夜間～早朝に多発。登校時間外で校内に在館者がほとんどいない為、人的被害は少ない。



(ロ)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討  
木造三階建て学校の防耐火・避難安全性能の考え方

## ◆防耐火の考え方

建物内外の延焼危険が、従来の防災体制で抑制できること

→地震後や無人の夜間等、消防を期待できなかつたり、消防到着が遅れても、周囲への延焼危険が、2階建て木造や耐火構造3階と大きく変わらない

## ◆避難安全性能の考え方

- ①全館避難終了まで、建築物の崩壊等が発生しないこと
- ②避難や救助中、廊下等の避難経路が煙に対して安全なこと
- ③木質系内装とした場合の居室避難の成立

# (口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討 実験計画

実大規模の建物の実験での検証が必要な火災安全上の課題  
—広範囲に火災拡大後の火災性状・火災危険—

建物を使う実験は、数多く実施はできない。部材や設計の条件が火災安全性にどう影響するかは、建物実験では把握困難。

## 段階を分けた実験計画を策定する必要性

- ①実大規模の建物による実験
- ②教室規模の実験
- ③部材実験



(口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討

# 木造三階建て学校各部位の要求防耐火性能

## ◆基本的な考え方:

現在の「1時間耐火構造」と、避難安全性、消防戦術、市街地防災の考え方が、根本的に変わらないようにする。

## ◆各部位の要求性能:

①柱・梁・床・外壁・間仕切壁(壁は耐力壁及び延焼のおそれのある部分): 1時間準耐火構造 → 1時間までは耐火構造と同等※

※学校で、1時間を超えて盛期火災が継続する室は限定的。一部の室の火災が長期化しても、建物全体に影響を与えない可能性。

→ 建築物レベルでの実験での把握が必要

②屋根、非耐力壁(延焼のおそれのない部分)等: 30分準耐火構造

---



# (口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討 木造三階建て学校・試験体建物 構造・構法

## ◆構造概要

①X方向：鋼板挿入ドリフトピン接合によるラーメン構造

／柱：220×700、大梁：220×600mm(燃えしろ設計)

→壁のない開口部・オープンスペースを確保。

②Y方向：構造用合板両面張による耐力壁

／1階：7.0倍、2階：6.0倍

③床組架構

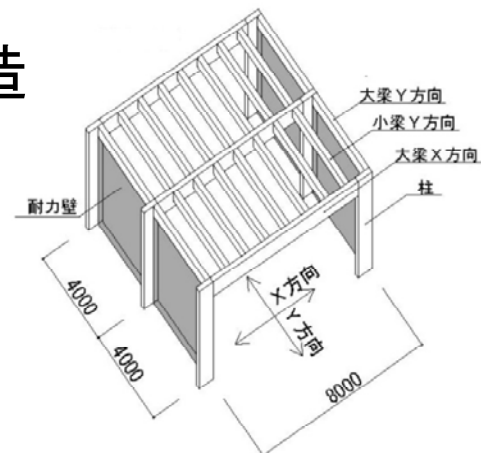
<軸組構法部分>

大梁(Y方向)：220×400 小梁(Y方向)：220×350mm

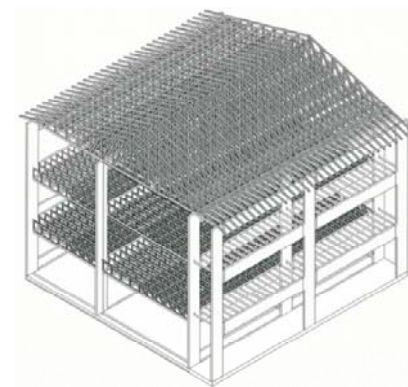
<桝組壁工法部分>

木造トラス(防火被覆)

各種木質床、コンクリート床、ALC版



構法概念図



桝組壁工法架構図



# (口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討 木造三階建て学校・試験体建物(軸組構法部)

桁行方向: 鋼板挿入ドリフトピン接合によるラーメン構造  
梁間方向: 耐力壁

主な構造材

(1時間準耐火燃えしろ設計)

◆カラムツ集成材(E105-F285)

柱 : 700×220

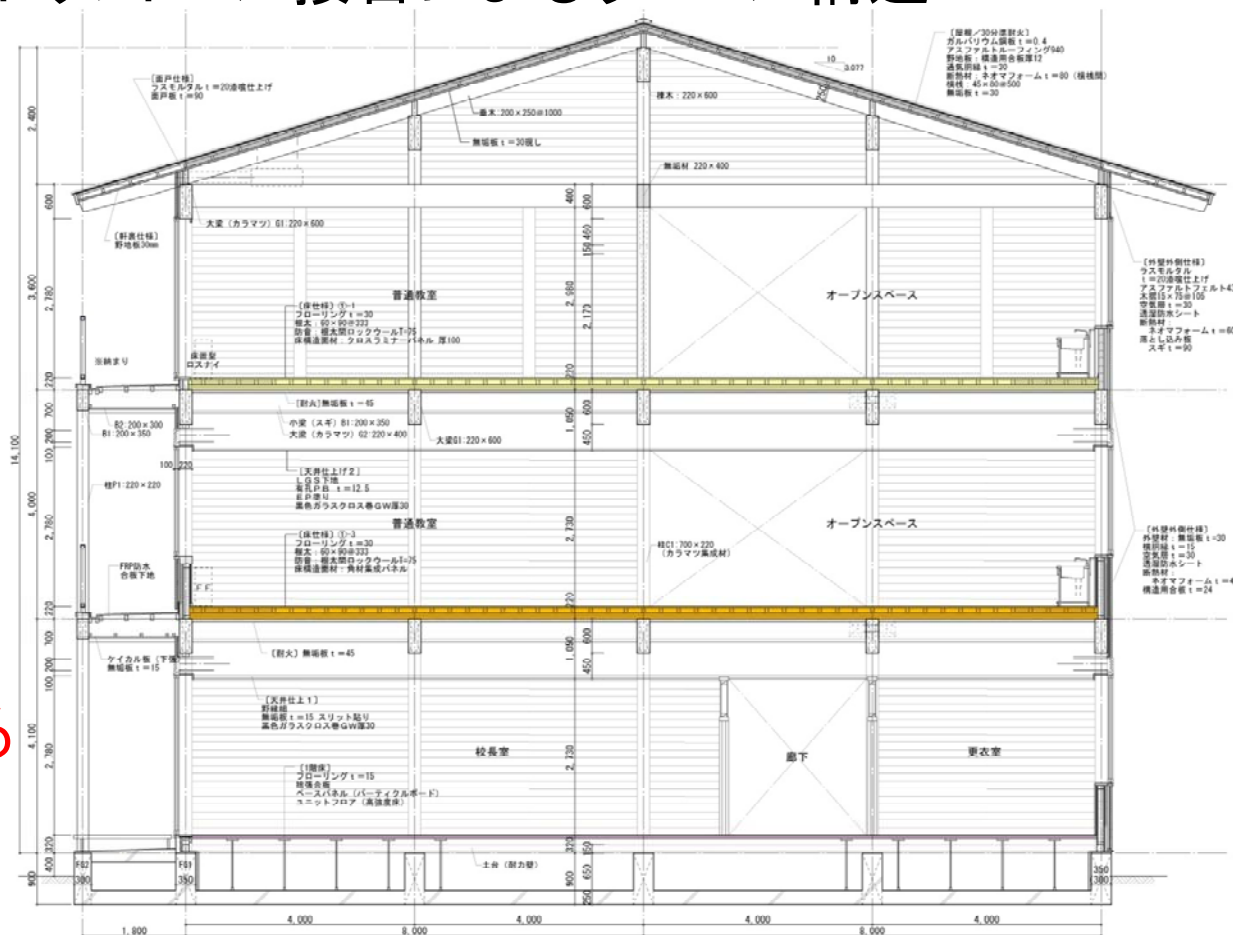
大梁 : 220×600  
220×400

◆スギ集成材(E65-F225)

小梁 : 200×350

垂木 : 200×250

国産集成材における  
性能確保の容易性  
を考慮



矩形図

# (口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討 木造三階建て学校・試験体建物(杢組壁工法部)

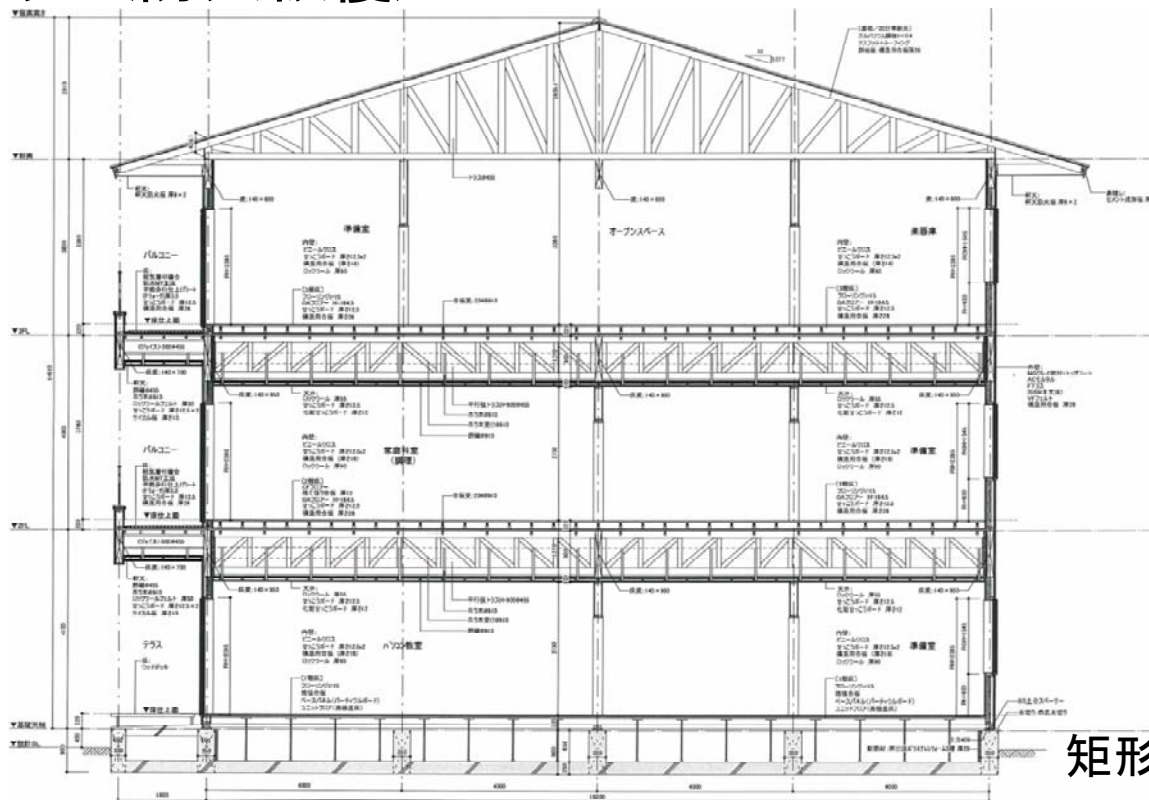
桁行方向壁 集成材ラーメンフレーム(燃えしろ設計)  
梁間方向壁 耐力壁(防火被覆)  
水平架構 木造トラス(防火被覆)@455

## ◆水平架構

国産杢組壁工法用製材によるトラス架構により、学校建築のスパンに対応

## ◆集成材ラーメンフレーム

杢組壁工法の変形性能を有し、南面開口に対応



矩形図

(口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討

# 木造三階建て学校火災実験の出火条件・火災状況想定

## ◆火災シナリオ

・**屋内出火を基本**。ただし、市街地火災により、複数の室が類焼する可能性を考慮し、複数箇所点火可能なシナリオとする。

- ・出火場所：①避難安全検証で一般的に想定する居室  
②火災荷重が大きい収納スペース  
③屋外等

・**市街地火災の再現，延焼評価用建物の設置は行わない**。安全管理及び試験体建物から周囲への延焼危険の把握の徹底のため。

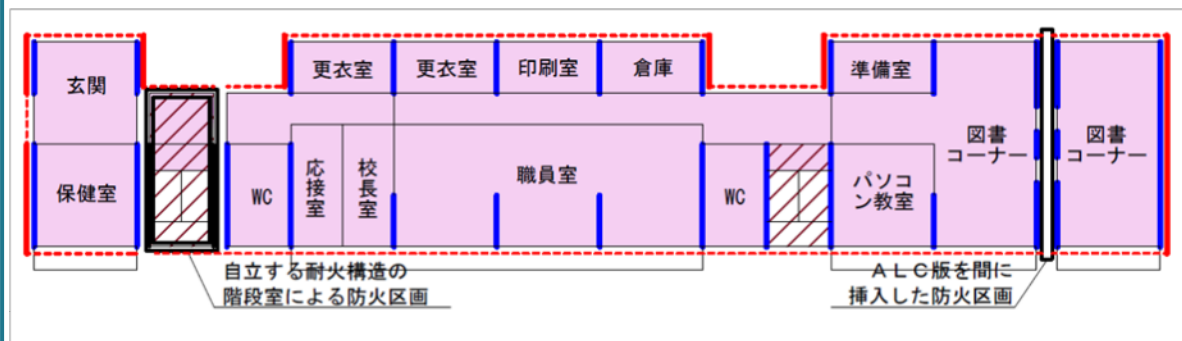
木造三階建共同住宅実験



(口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討

# 木造三階建て大規模学校の基本計画 試験体建物

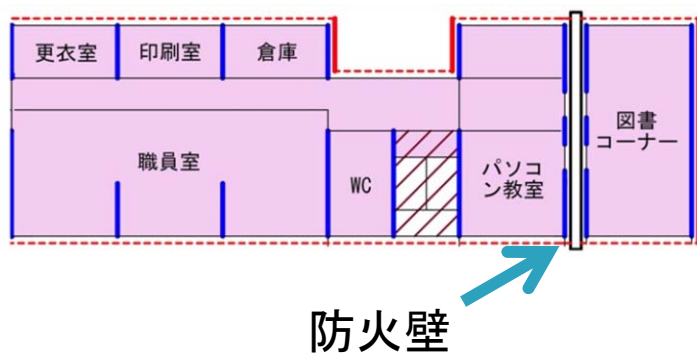
## ◆想定建物:



## 問題点

- ①大断面寸法集成木材の調達が短期間では困難
- ②施工費用が膨大になる
- ③全体的に燃焼させた場合の消火の負担が著しく大きい

## ◆試験体建物: 延床面積を約40%に縮小(案)



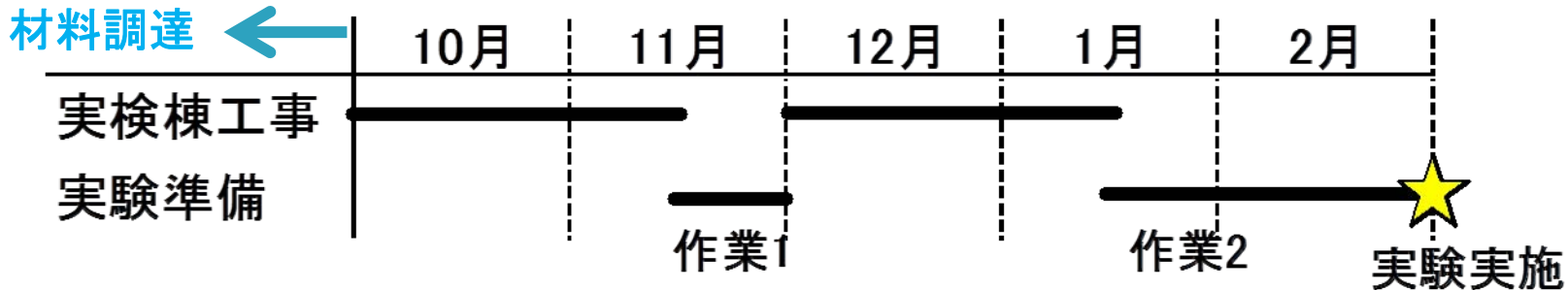
## 縮小案の考え方

- ①準耐火1時間なら、可燃物燃尽き後まで崩壊しない
- ②実大実験でなければ解明困難な現象を把握できる
- ③床面積に依存する火災危険については、面積等の換算によって3,000㎡超の場合を予測できる

(口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討

# 木造三階建て大規模学校実験準備計画

## 実験棟建設および実験準備工程案



作業1 躯体内熱電対取付け

作業2 可燃物配置、各種測定機器等設置、測定予行など



作業1 実験棟熱電対取付け例

作業2 屋外測定機器取付け例

屋内の準備例



(口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討

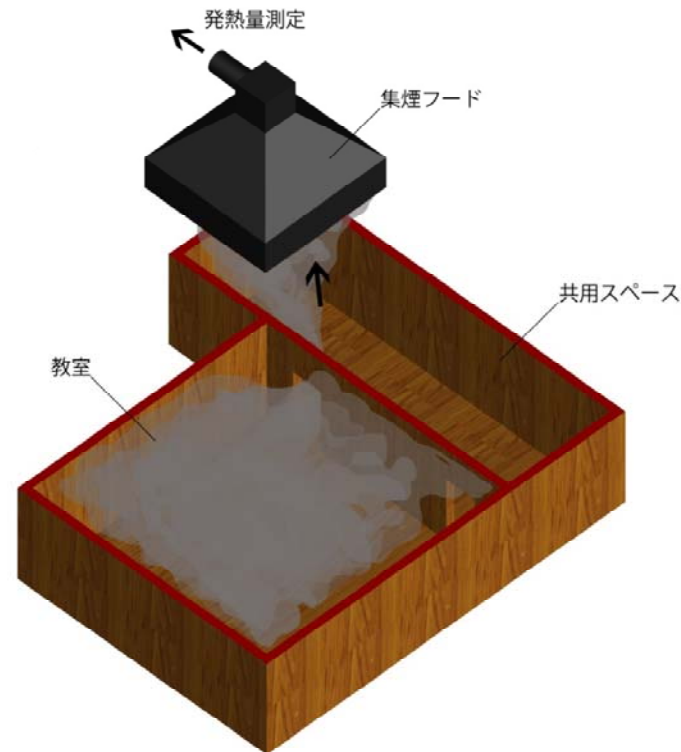
## 教室規模実験

- ◆目的：①内装の火災拡大性状の把握  
②火災感知器・自動消火設備の作動条件の把握

- ◆方法：教室と共用スペースを実物大で再現したユニットを試験体として、条件を変え、繰り返し実験する。

- ◆測定項目：

- ①発熱速度
- ②出火室、隣接共用部分の温度分布
- ③煙層の降下性状
- ④避難者の高さでの放射熱
- ⑤火災感知器・消火設備の作動時間

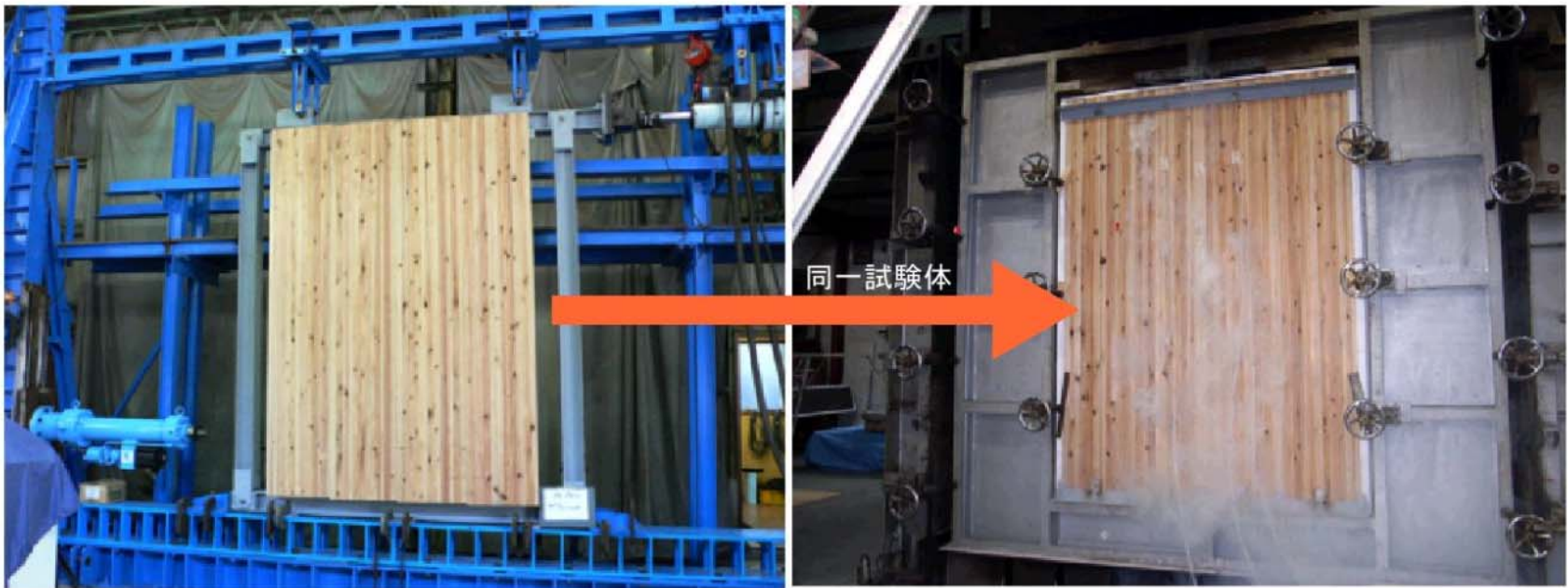


実験ユニットの概念図



# (口)火災実験に係る木造3階建て学校の代表的仕様や実験条件等の検討 部材実験

- 目的:①正確な準耐火時間の把握(両面加熱される場合 含む)  
②地震の影響による防耐火性能の低下の把握  
③木質外装の燃焼性の把握

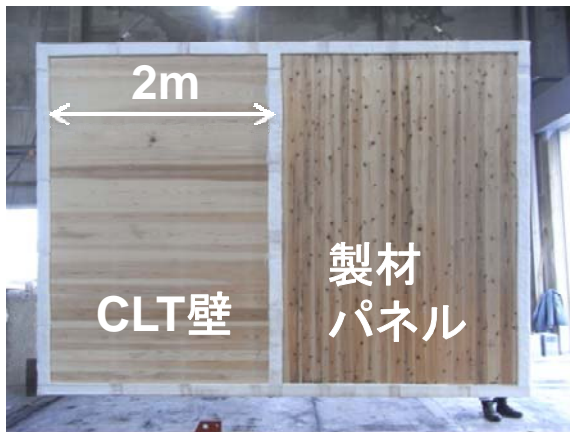


中大地震相当のせん断体力試験

：地震の影響を考慮した加熱試験

(ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認  
1時間準耐火構造目標の部材 加熱実験 目的・概要

- 目的: ①1時間準耐火性能を有する木質主要構造部材の基本仕様の把握(1時間を少し超える仕様の把握)  
②火災時に耐力低下しない柱-はり接合部仕様の把握  
③木製壁・床の配管貫通部の処理方法の検討
- 概要: ISO834標準加熱曲線による加熱実験により検証し、  
①~③の仕様を明確化した



①木製壁(100厚)試験体



②柱-はり接合部試験体



③配管貫通処理の一例

(ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認  
 木造三階建て学校各部位の防耐火性能の確認  
 主要構造部-1(壁・軒裏)


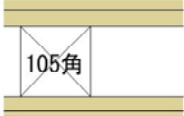


- ◆ 木板によるメンブレン工法と厚板による工法で**1時間準耐火性能**を確認
- ◆ 1時間に届かなかった仕様は**弱点を把握し、改良の余地**があることを確認



目地より燃抜寸前の様子



熱映像による弱点の把握

[耐力壁・メンブレン工法]		
 <p>105角</p> <p>70分</p> <p>上張：スギ板厚15 下張：強化せっこうボード厚12.5 (両面同仕様)</p>	 <p>105角</p> <p>54分</p> <p>→目地部補強 (60分超可能)</p> <p>上張：スギ板厚18 下張：構造用合板厚24 (両面同仕様)</p>	
[耐力壁・厚板工法]		
 <p>厚135</p> <p>73分</p> <p>クロスaminaパネル厚135 (スギamina厚27レゾルシノール樹脂接着)</p>	[非耐力壁(帳壁)・厚板工法]	
 <p>厚100</p> <p>66分</p> <p>製材柱集成パネル厚100 (スギ105角柱レゾルシノール樹脂接着)</p>		


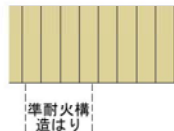

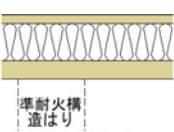


(ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認  
 木造三階建て学校各部位の  
 防耐火性能の確認 主要構造部-2(床・屋根)

- ◆床: 令85条の教室・事務所 (2900 N/m<sup>2</sup>)  
 荷重に対して、メンブレン工法と厚板工法  
 で1時間準耐火性能を確認
- ◆屋根: 同様の工法で瓦屋根荷重に対して  
 30分、45分準耐火性能を確認



載荷加熱中の床試験体

<p>[床: メンブレン工法]</p>  <p>74分</p> <p>[天井面]                  下張: 強化せっこうボード厚12.5                  上張: スギ板厚15</p>	<p>[床: 厚板工法]</p>  <p>62分超</p> <p>スギ集成パネル厚120</p>
<p>[屋根: メンブレン工法]</p>  <p>45分</p> <p>[天井面]                  下張: 合板厚15                  上張: スギ板厚15</p>	<p>[屋根: 厚板工法]</p>  <p>33分</p> <p>上張: 構造用合板厚12                  垂木: スギ45×90                  (グラスウール10K100厚)                  下張: 構造用合板厚28</p>



燃え抜け後の屋根試験体

(ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認  
 木造三階建て学校各部位の  
 防耐火性能の確認 主要構造部-3(柱・はり)


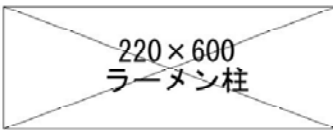

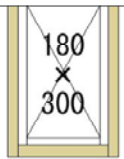
- ◆ 燃えしろ設計によるラーメン柱(220×660)、正角柱について建物の実態荷重による非損傷性を確認した(80～89分)。
- ◆ 木材被覆の柱・はりで1時間準耐火性能を確認



加熱前のラーメン柱

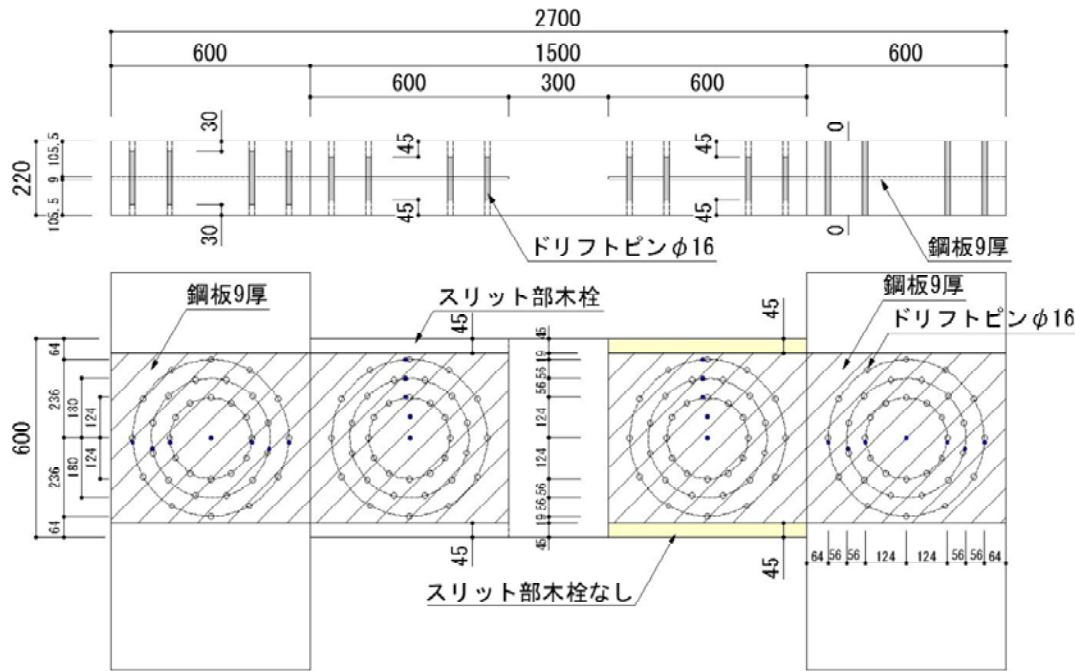


加熱中のはり試験体

[柱：燃えしろ設計]			
 <p>220 正角柱</p> <p>80分</p> <p>スギ構造用集成材</p> <p>[荷重] 燃えしろ60mmを除く断面に 短期許容荷重 (実態に応じた荷重)</p>	 <p>220×600 ラーメン柱</p> <p>89分</p> <p>スギ構造用集成材</p> <p>[荷重] 燃えしろ60mmを除く断面に 短期許容荷重 (実態に応じた荷重)</p>		
[柱：被覆]			
 <p>220 正角柱</p> <p>96分</p> <p>[被覆] 下張：強化せっこうボード厚12.5 上張：スギ板厚15</p>	<th colspan="2">[はり：被覆]</th>	[はり：被覆]	
 <p>180 × 300</p> <p>87分</p> <p>[被覆] 下張：強化せっこうボード厚12.5 上張：スギ板厚15</p>			

(ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認  
木造三階建て学校各部位の  
防耐火性能の確認 柱・はり接合部

◆鋼板挿入ドリフトピン工法による柱・はり接合部について、**1時間加熱後に接合耐力が低下しにくい納まりと仕様を確認**



接合部耐力が低下しにくい納まり例



耐火炉への設置の様子



1時間加熱後の試験体の様子

# (ハ)木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認

## 木造三階建て学校各部位の防耐火性能の確認 貫通部

一般部と比較して床及び壁に貫通部がある場合に、性能低下が生じないかを検証

### 貫通部試験-仕様

試験体 No.	部位	仕様
K1	床	<p>【床面】 上張:構造用合板厚15 下張:構造用合板厚24</p> <p>【天井面】 下張強化せっこうボード厚12.5 上張:スギ板厚15(本ざね加工、幅145)</p> <p>【貫通部】 配管種類:塩ビ管100φ、ライニング鋼管100φ、 耐火二層管100φ、鋼管(防露巻GW厚26)100φ 処理方法:耐火シーラント(塩ビ管のみ耐火テープ併用)</p>
K2	床	<p>【床面】 上張:構造用合板厚15 下張:構造用合板厚24</p> <p>【天井面】 下張強化せっこうボード厚12.5 上張:スギ板厚15(本ざね加工、幅145)</p> <p>【貫通部】 配管種類:塩ビ管100φ、ライニング鋼管100φ、 耐火二層管100φ、鋼管(防露巻GW厚26)100φ 処理方法:耐火パテ</p>
K3	壁	<p>【両面同仕様】 (試験体上部) 上張:構造用合板厚15(本ざね加工、幅145) 下張:強化せっこうボード厚12.5 (試験体下部) 強化せっこうボード厚12.5二重張り</p> <p>【貫通部】 (試験体上部) 配管種類:塩ビ管100φ、ライニング鋼管100φ (試験体下部) 開口寸法:100mm×100mm 処理方法:耐火シーラント(塩ビ管のみ耐火テープ併用)及び 木枠(30mm厚、40mm厚)</p>



K1-塩ビ管



K2-ライニング鋼管

(ハ) 木造3階建ての学校の各部位代表的仕様の防耐火性能の確認

木造三階建て学校各部位の  
防耐火性能の確認 貫通部

床・壁とも、貫通部を設けても防耐火性能  
が低下しないことを確認

貫通部試験-結果

試験体 No.	部位	管種類	加熱面強化PB 裏面温度(°C)		非加熱面 温度(°C)		遮熱性	遮炎性
			Max.	Ave.	Max.	Ave.		
K1	床	塩ビ管	308	266	40	37	○	○
		耐火二層管	328	290	46	39		
		ライニング鋼管	395	337	49	45		
		鋼管(防露巻GW厚25)	358	313	66	63		
K2	床	塩ビ管	332	266	42	42	○	○
		耐火二層管	176	173	48	45		
		ライニング鋼管	285	269	54	50		
		鋼管(防露巻GW厚25)	375	350	64	60		
K3	壁	塩ビ管	410	356	67	57	○	○
		ライニング鋼管	433	382	75	66		

試験体 No.	部位	管種類	加熱面強化PB 裏面温度(°C)		非加熱面強化PB 下面温度(°C)		遮熱性	遮炎性
			Max.	Ave.	Max.	Ave.		
K3	壁	木枠30mm	358	289	139	115	/	/
		木枠40mm	282	267	148	132		



加熱前K1試験体



加熱後K1試験体





## まとめ(イ) 木造学校の建築計画・可燃物量等の実態調査

- ◆1990年代以降の学校・木造学校：  
オープンスクール化、木質内装・外装の木質化が進んでいる。
- ◆避難安全検証法を適用すると、木質内装の教室で居室避難が成立困難。防火材料以外の内装の火災成長率が大きいため。
- ◆階避難・全館避難には大きな問題はない。
- ◆教室は、収納可燃物による火災継続時間は1時間以内。図書室、準備室等で、火災継続時間が1時間を超える可能性がある。



# まとめ(口)火災実験に係る木造3階建て学校の 代表的仕様・実験条件等の検討

- ◆木造三階建て学校火災実験に用いる試験体建物の防耐火性能は、**耐力部材・防火区画を1時間準耐火構造とする。**
- ◆**実験は、建物・教室・部材の3段階で実施する必要がある。**
  - ①大規模試験体建物による火災実験 — 火災拡大後の火災危険の把握
  - ②教室規模の火災実験 — 木質内装の火災成長率・火災感知器等の作動
  - ③壁等の部材実験 — 部材性能と建物火災性状の関係の明確化
- ◆試験体建物は、**全長を狭めても、大規模建築物全体の火災性状に換算できる。**
- ◆**出火は建物内部を基本とし、市街地火災は再現しない。複数出火が可能な実験シナリオとする。**



# まとめ(ハ)木造3階建ての学校の各部位 代表的仕様の防耐火性能の確認

- ◆壁・柱・床・梁・軒裏について、準耐火1時間、屋根について30分の仕様例を明確化した。
- ◆柱・梁接合部について、1時間準耐火を満足する仕様例を示した。
- ◆床・壁の貫通部について、耐火性能を満足する仕様例を示した。

