

## 木質パネルの耐火性能 2

### 接合部の耐火性能\*

石 原 茂 久\*\*

### Fire Endurance of Wooden Panels 2

#### Fire Endurance of the Joints of Wooden Panels\*

Shigehisa ISHIHARA\*\*

#### 1 はじめに

住宅の壁面、天井、床、扉等に供せられる木質パネルには無機質系材料との複合、有機質材料との複合、<sup>1</sup>異種の木質材料との複合等があり、その種類も原材料、機能、用途等によりきわめて広範にわたる。このような木質パネルの構成は上述の単一材料や複合材料の面材と木材あるいは木質材料の枠材により構成されている。

木質パネルの耐火性能や防火性能の評価の多くは、それを構成する面材あるいは木質パネルそのものについてであって、火炎下における変形・損傷・破壊の発生と拡大や火炎の貫通等の防火上最も弱点となるパネルとパネルの接合部分のそれはほとんどなく、また火炎下における木質パネル接合部の挙動の解明もほとんどなされていない。

一方、前報<sup>1)</sup>において、間伐材挽材積層集成パネル（ソリッドパネル）が JIS A 1304 の耐火性能試験において2時間耐火以上の高い耐火性能のあることを示したが、このパネル接合部の炭化の進行、それに伴う亀裂の発生や破壊の進行が、パネルの面材を構成する間伐材素材のそれらに比較して大きく、防火上の弱点となる可能性のあることを指摘した<sup>2)</sup>。

ここでは、種々の木質パネルに供せられる数種類の接合部を火炎下においた場合の挙動解明とそれらの耐火性能向上の基礎的資料を得るために、予備的実験のひとつとしていくつかの中間的な木質パネルの接合部を作成して、無載荷で JIS A 1304 に規定する加熱試験を施し、その挙動および耐火性能を検討した。

本研究を推進するに先立って、5型式15種類の接合部をそれぞれ組込んだ60 cm×60 cmの模型パネルを作成していただいた内外木材工業株式会社東京支店研究室、接着剤を提供していただいたアイカ工業株式会社、大鹿振興株式会社、住友ベークライト株式会社、住友デュレス株式会社、コニシ株式会社、パネル枠材を提供していただいた東洋工務株式会社に記して深謝の意を表す。また、本報をとりまとめるに当の資料の整理に御協力をいただいた事務主任勝山三千代事務官にお礼を申し上げる。

\* 第29回日本木材学会大会（札幌）において一部を講演発表

\*\* 木質材料研究部門，Research Section of Composite Wood.

## 2 実 験

### 2.1 試験体

本実験に供した試験体は、釘、金具、ボルト等の緊結接合によるもの5型式15種類と接着剤接合によるもの12種類である。

#### 2.1.1 釘、金属プレート、ボルト等の緊結によるパネルの接合

長さ 600 mm, 幅 80 mm, 厚さ 40 mm のラワン材を枠材として用い、図1に示すようにレゾルシンノール・ホルムアルデヒド樹脂接着剤 (RF) による接着とN65 の釘によって緊結したパネル枠を作成して以下の木質パネル接合部を作成した。

(1) 釘により緊結したパネル接合部

1) 接合型式 I-1-A (以下 I-1-A と略記する)

図1に示したパネル枠 2 体を N75 の釘により図2のように緊結接合したもので、面材に厚さ 5.5 mm の2類ラワン合板を用い、カッターおよび RF 接着剤により面材をとりつけて木質パネルを作成したもので、枠材接合部と面材接合部は直線的に固定されており枠材接合部に対する面材のかぶせの効果はない。

2) 接合形式 I-1-B (以下 I-1-B と略記)

I-1-A パネルの面材の表面に厚さ 5.5 mm の市販難燃ラワン合板を図3のように RF 接着剤により接着複合したものである。

3) 接合形式 I-1-C (以下 I-1-C と略記する)

I-1-A パネルの面材の表面に厚さ 4.0 mm のフレキシブルボードをエポキシ (EP) 樹脂接着剤により図4のように接着複合した木質パネルと接合部である。

(2) 釘により緊結したパネル接合部

1) 接合形式 I-2-A (以下 I-2-A と略記する)

図1に示した枠 2 体を N75 の釘により図5のように緊結接合したもので、その構成は I-1-A と同様であるが、面材の接合部を枠材のそれより 30 mm ずらしており、かぶせによる枠接合部の保護を期待したものである。

2) 接合形式 I-2-B (以下 I-2-B と略記する)

パネルおよびその接合部の構成は I-1-B と同様であるが、図6のように面材の合板の接合部が枠材のそれより 30 mm のずれをもたせており、かぶせの効果を期待したパネル接合である。

3) 接合形式 I-2-C (以下 I-2-C と略記する)

パネルおよびその接合部の構成は I-1-C と同様であるが、図7のように I-2-B と同様に面材の合板の接合部にずれをもたせたパネル接合である。

(3) 接合部にヤトイ実を加え釘で緊結したパネル接合

1) 接合形式 II-A (以下 II-A と略記する)

I-1-A の接合に加えて、図8に示すように厚さ 10 mm, 幅 20 mm のフレキシブルボード製のヤトイ実を加えたもので、ヤトイ実によって枠材接合部での火炎の貫通や熱および炭化の進行を抑制しようとする接合型式である。

2) 接合型式 II-B (以下 II-B と略記する)

I-1-B の接合に加えて、図9のようなヤトイ実を加えたもので、パネル面材は2類合板を下地にして、表面材は難燃合板によって構成されたものである。

3) 接合型式 II-C (以下 II-C と略記する)

I-1-C の接合に加えて、図10のようにヤトイ実を加えてパネル枠材相互を緊結した接合型式で、面材は

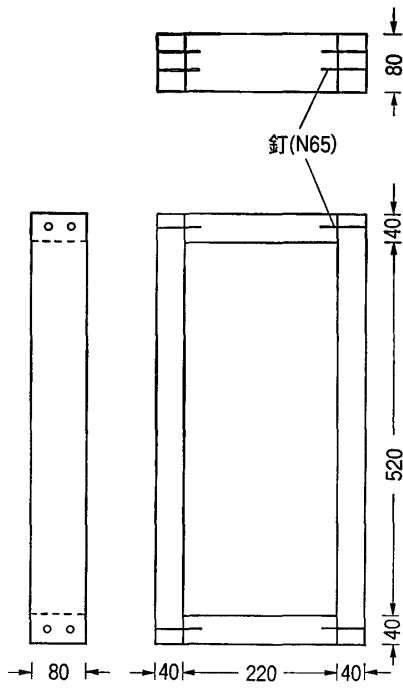


図1 供試木質パネル接合部作成用パネル枠〔釘(N65)およびRF接着剤により枠の組立てを行なった〕

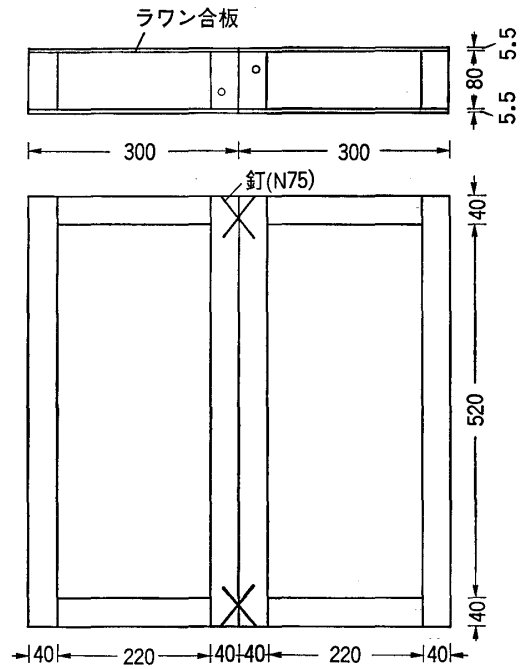


図2 接合型式 I-1-Aのパネル

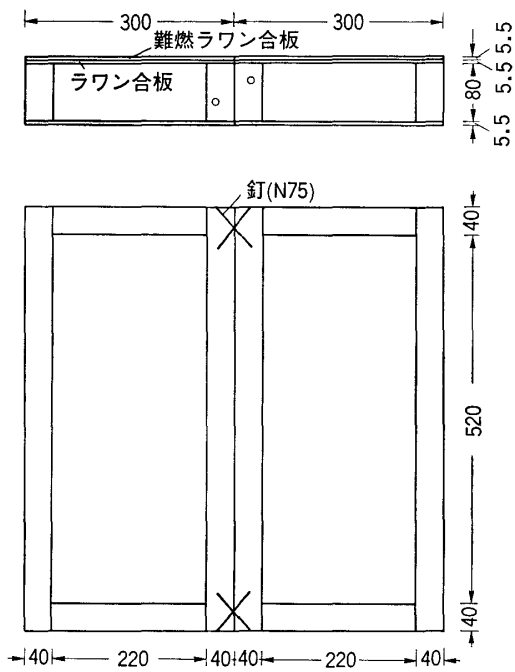


図3 接合型式 I-1-Bのパネル

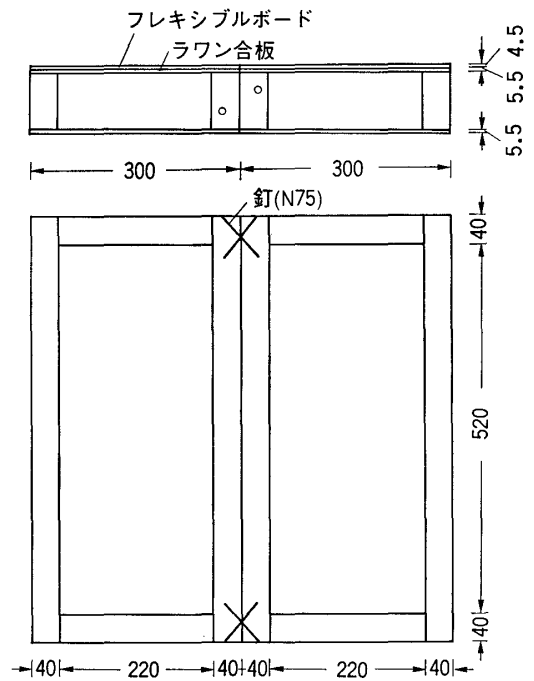


図4 接合型式 I-1-Cのパネル

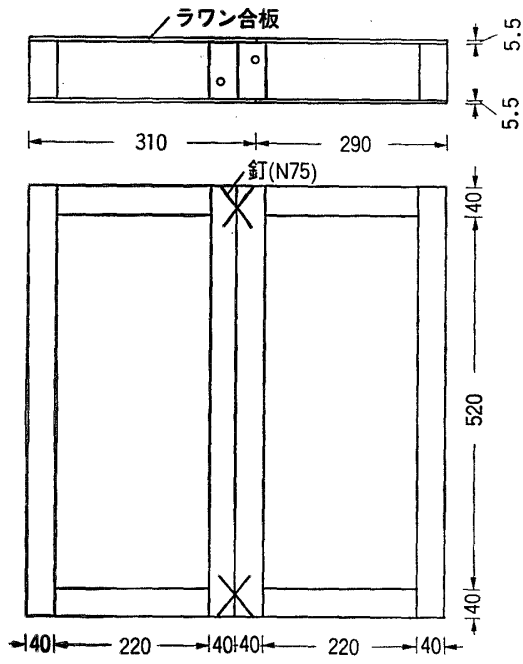


図5 接合型式 I-2-A のパネル

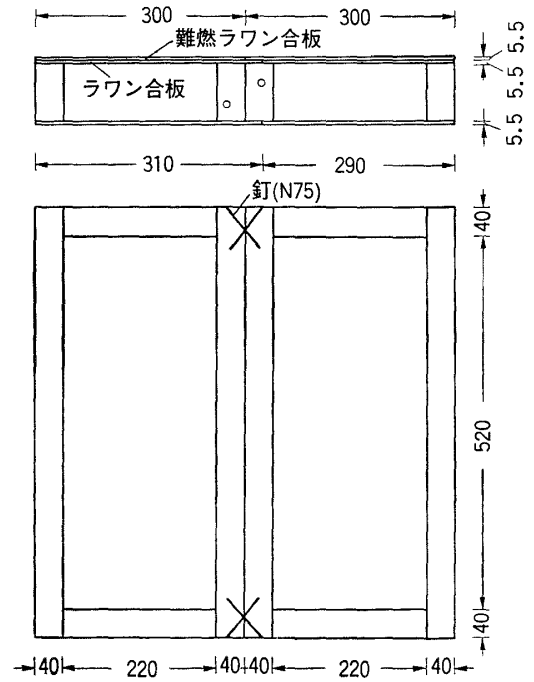


図6 接合型式 I-2-B のパネル

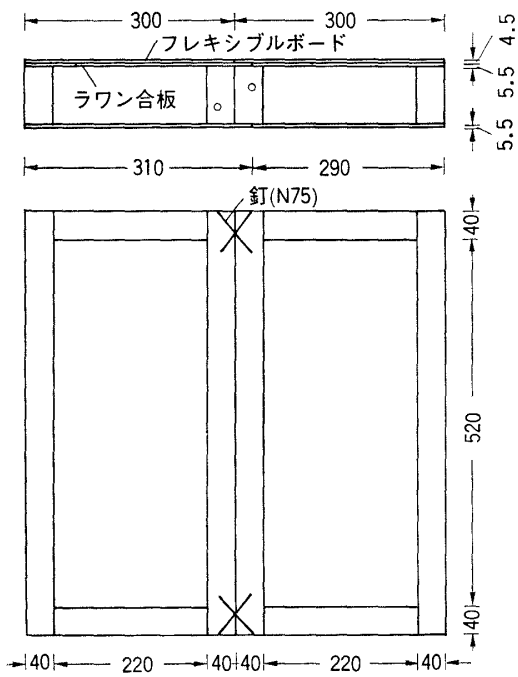


図7 接合型式 I-2-C のパネル

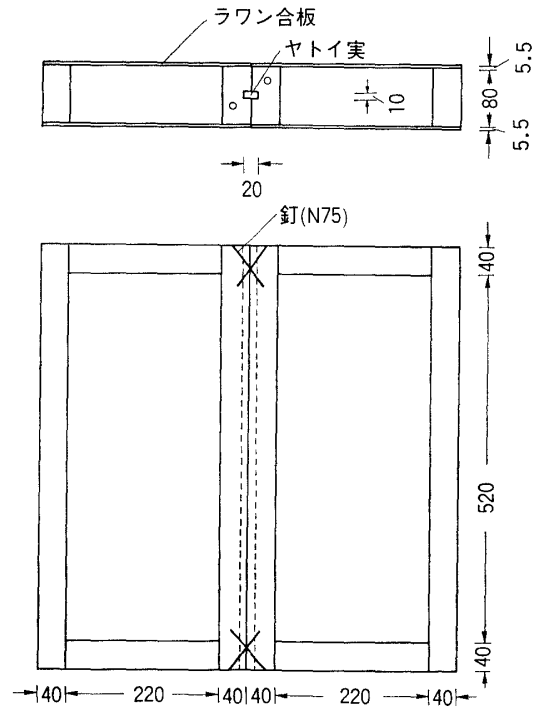


図8 接合型式 II-A のパネル

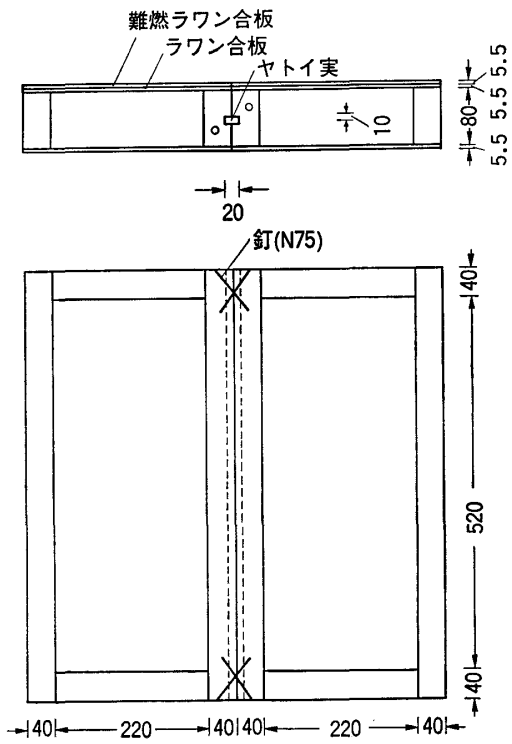


図9 接合型式 II-Bのパネル

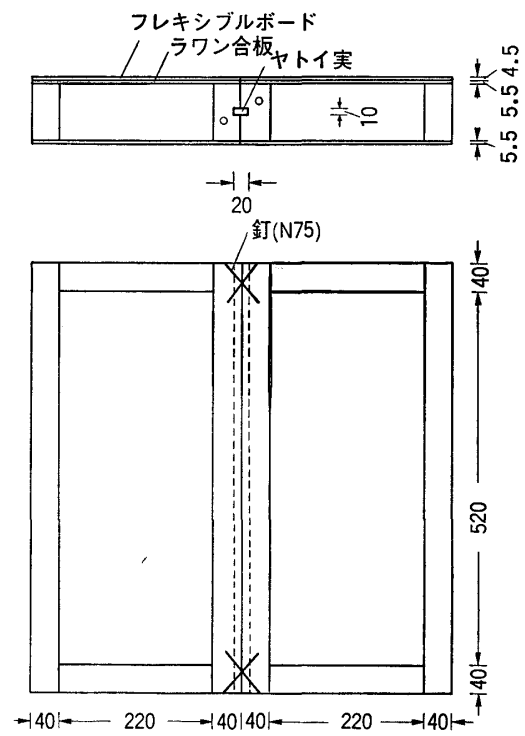


図10 接合型式 II-Cのパネル

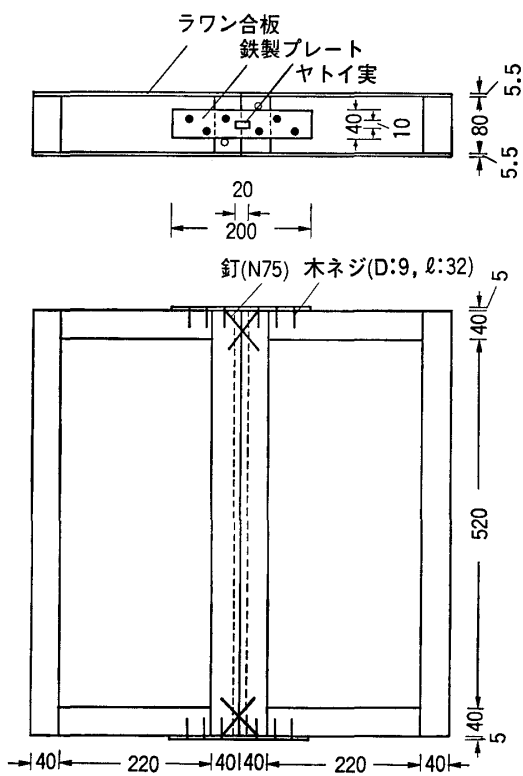


図11 接合型式 III-Aのパネル

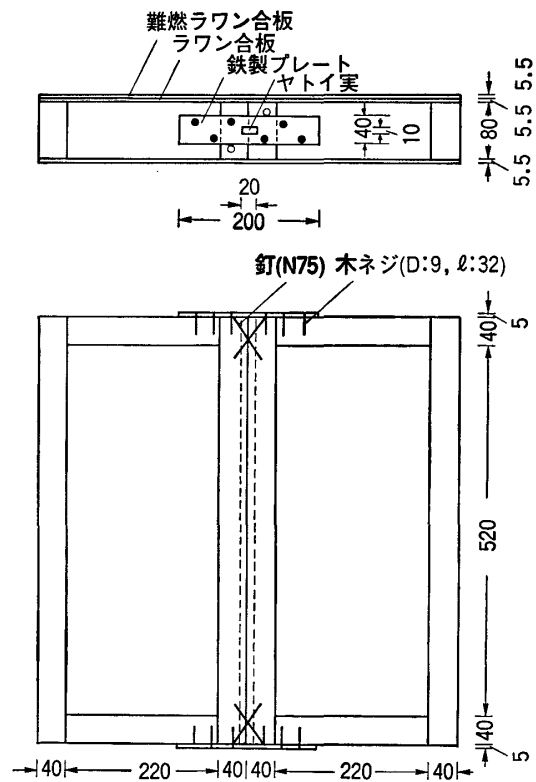


図12 接合型式 III-Bのパネル

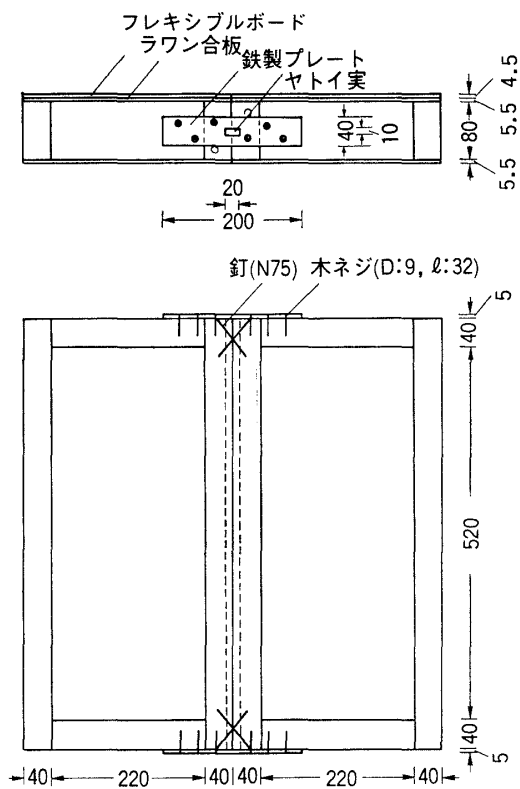


図13 接合型式 III-Cのパネル

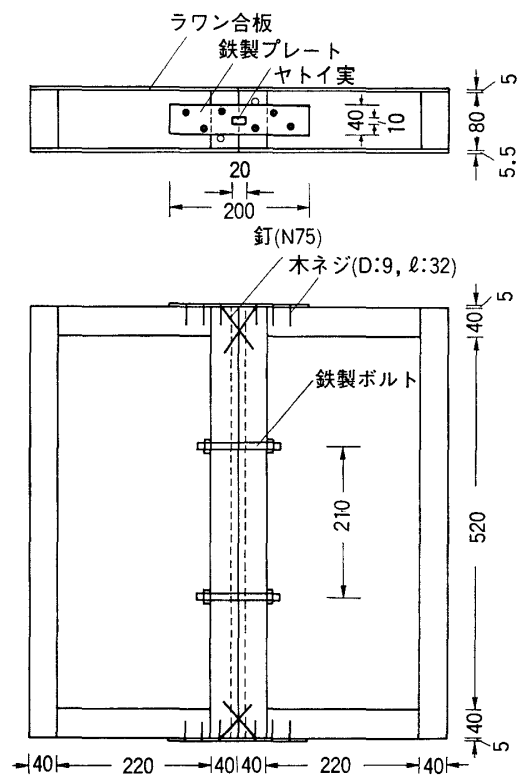


図14 接合型式 IV-Aのパネル

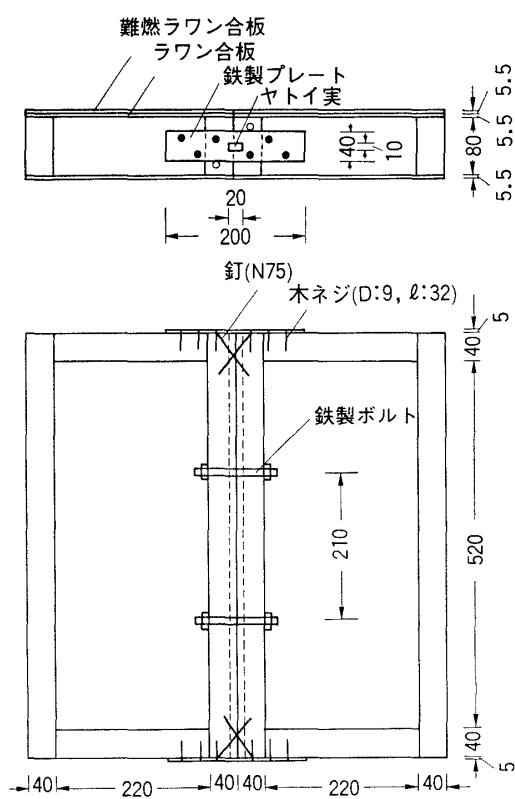


図15 接合型式 IV-Bのパネル

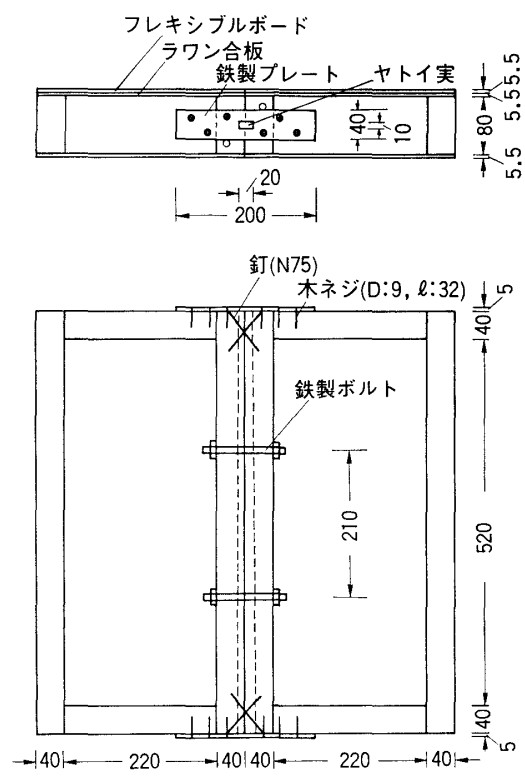


図16 接合型式 IV-Cのパネル

石原：木質パネルの耐火性能 2

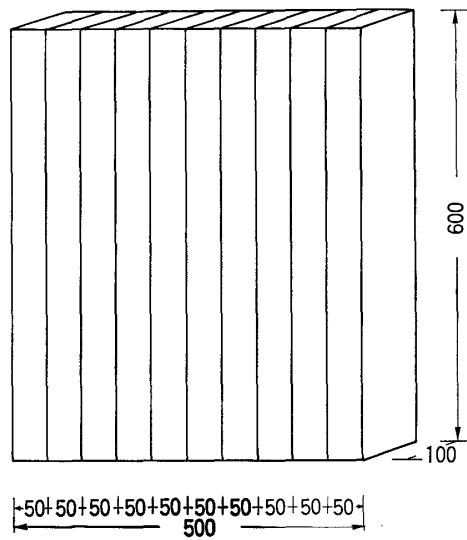


図17 接着剤で接合されたパネル

表1 接着剤の塗布量と接着条件

条件 接着剤	塗布量 (g/30cm ×30m)	堆積温度 (°C)	堆積時間 (分)	圧縮圧力 (kg/ cm <sup>2</sup> )	圧縮温度 (°C)	圧縮時間 (時間)	養生期間 (日)	備 考
RF	30	20	20	10	20	24	30	PR-10: 100 pt 粉末硬化剤 (RH-10) 5 pt
PF	50	20	20	15	25	24	30	PA-320: 100 pt HP-44: 10 pt
UF	40	20	20	10	45	24	30	UC-124A: 100 pt, 小麦粉: 10 pt, UMH: 15 pt
MUF	40	20	20	10	45	24	30	
UMF	40	20	20	10	45	24	30	UM-2: 100 pt, 小麦粉: 10 pt, DMH-2: 15 pt
PUF	30	20	20	12	25	30	30	UA-620: 100 pt, 小麦粉: 10 pt, 水: 10 pt, 24% NH <sub>4</sub> Cl 水溶液: 4 pt
IMAC	35	20	45	5	25	24	30	クラタック K-557: 190 pt, KB-01: 10 pt
EP	40	20	20	8	30	30	30	E-500: 100 pt 硬化剤: 100 pt
PVAc-1	40	20	10	10	20	24	30	
PVAc-2	40	20	20	7	20	24	30	
PPV <sub>Ac</sub>	40	20	10(c) 30(0)	10	30	24	30	TS-110: 100 pt 硬化剤 No. 10-1: 5 pt
Rebber	45	20	10	7	20	24	30	

合板とフレキシブルボードからなる。

(4) 接合部にヤトイ実を加え、釘および金属プレートで緊結したパネル接合

1) 接合型式Ⅲ-A (以下Ⅲ-Aと略記する)

接合型式Ⅱ-Aのパネル枠上部および下部に厚さ 5.0 mm, 幅 40.0 mm, 長さ 200 mm の鉄製プレートを D=9.0 mm, l=32.0 mm の木ネジによって図11のように固定して緊結を補強した接合である。

2) 接合型式Ⅲ-B (以下Ⅲ-Bと略記する)

図12のように、接合型式Ⅱ-Bに対して鉄製プレートでパネル枠相互の接合を補強した接合方法である。

3) 接合型式Ⅲ-C (以下Ⅲ-Cと略記する)

Ⅲ-Cの接合に加えて、図13のように鉄製プレートでパネル接合を補強した接合である。

2・1・5の接合部にヤトイ実を加え、釘、金属プレートおよびボルトで緊結したパネル接合

1) 接合型式Ⅳ-A (以下Ⅳ-Aと略記する)

接合型式Ⅲ-Aのパネル接合に加えて、直径 7.5 mm, 長さ 100~110 mm のボルトを用い、図14のようにパネルを緊結した接合である。

2) 接合型式Ⅳ-B (以下Ⅳ-Bと略記する)

接合型式Ⅲ-Bの接合に、図15のようにボルト緊結を施した接合型式である。

3) 接合型式Ⅳ-C (以下Ⅳ-Cと略記する)

Ⅲ-Cの接合に上と同様なボルト緊結を加えてパネル接合を補強した接合である (図16)。

## 2.1.2 接着剤によるパネルの接合

長さ 600 mm, 幅 50 mm, 厚さ 100 mm のヒノキ挽材10個を用いて、図17のように接着接合して12種類の試験体を作成した。また比較のため同様のヒノキ材によって、前報<sup>1)</sup>と同様なボルト緊結による試験体を作成した。

本接着接合に供した接着剤の種類および接着条件は表1に示すとおりである。

1) レゾルシノール接着剤による接合 (RF と略記する)

アイカ・ネオレジン PR-10 を用いた。

2) フェノール樹脂接着剤による接合 (PF と略記する)

スミボンド PA-320 を用いた。

3) 尿素樹脂接着剤による接合 (UF と略記する)

アイカ・ユリ UC-124A を用いた。

4) メラミン・尿素樹脂接着剤による接合 (MUF と略記する)

大鹿レジン PWP-15 を用いた。

5) 尿素・メラミン樹脂接着剤による接合 (UMF と略記する)

アイカ・ユリ UM-2 を用いた。

6) フェノール樹脂変性尿素樹脂接着剤による接合 (PUF と略記する)

イゲタライム UA-620 を用いた。

7)  $\alpha$ -オレフィン系樹脂接着剤による接合 (IMAC と略記する)

鹿印クラタック K-550 を用いた。

8) エポキシ樹脂接着剤による接合 (EP と略記する)

フェノール樹脂変性エポキシ樹脂接着剤で、ボンド E-500 を用いた。

9) 酢酸ビニル樹脂接着剤による接合 (PVAc-1と略記する)

ボンド-CH18 を用いた。

10) 同上 (PVAc-2 と略記する)



ボンド-CH63 を用いた。

11) フェノール樹脂変性酢酸ビニル樹脂接着剤による接合 (P PVAc と略記する)

ボンド TS-110 を用いた。

12) ゴム系接着剤による接合 (Rubber と略記する)

セメダイン CS-4446 を用いた。

13) ボルトによる接合 (Bolt と略記する)

直径 7.5 mm, 長さ 550 mm のボルトにより前報と同様の方法<sup>1)</sup>によって接合した。

## 2.2 試験方法

加熱試験は JIS A 1304 に規定する加熱曲線に準じて加熱が可能なプロパンガスを熱源とする加熱炉を

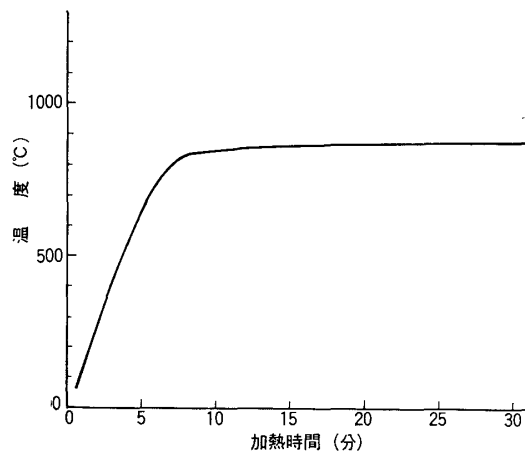


図18 JIS 1304 の標準加熱曲線

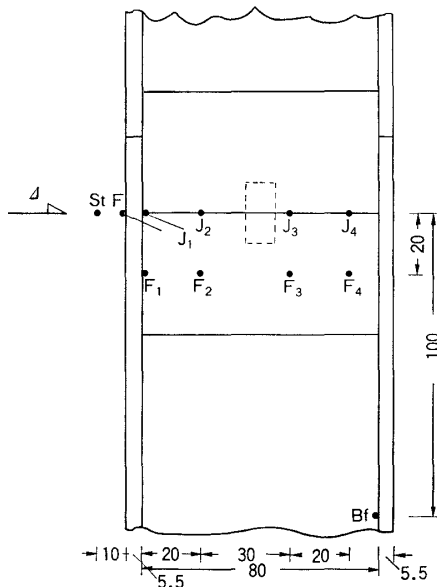


図19 接合型式 I, II, III および IV の A のパネルにおける熱接点位置

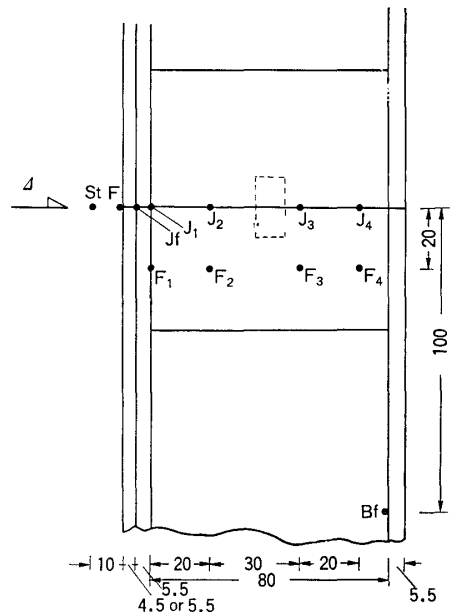


図20 接合型式 I, II, III および IV の B および C のパネルにおける熱接点位置

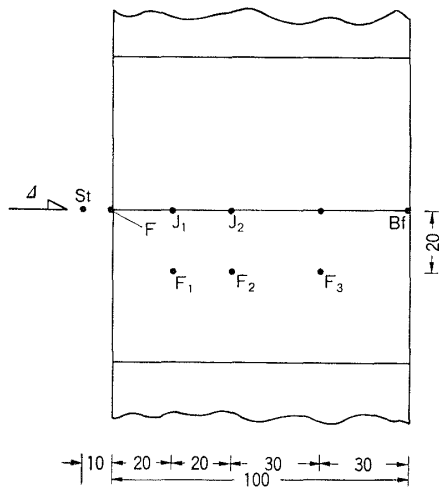


図21 接着接合パネルにおける熱接点の位置

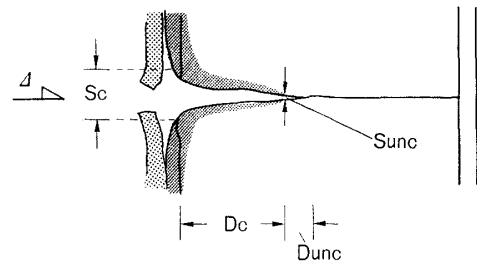


図22 接合型式 I ~ IV の C のパネルにおける加熱試験後の接合部の開裂状態を示す模式図

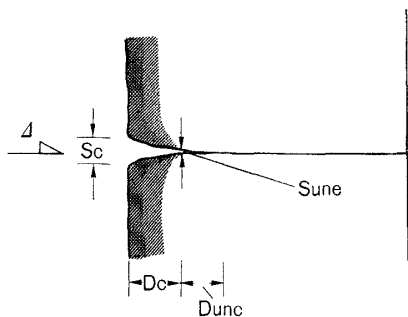


図23 接着接合パネルの加熱試験後の接合部の開裂状態を示す模式図

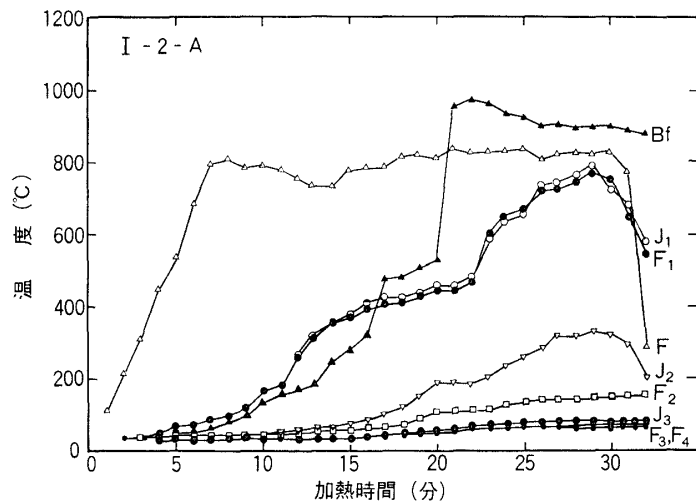


図24 JIS A1304 の加熱下における接合型式 I-2-A パネルの温度変化

用い、同規定の30分耐火試験を行なった。JIS A 1304 の30分耐火試験の加熱曲線を図18に示す。

パネル枠およびパネル接合部の熱接点の位置は、パネル上端から下方 100 mm のところであって、パネル接合部型式 I ~ IV の A は図19に、同 I ~ IV の B および C においては図20に、また、接着剤による接合では図21に示した。

接合部の耐火性能の評価は欧州各国において定められている加熱試験終了時の材料裏面の最高許容温度 140°C とわが国の火災危険温度 260°C に到達する時間を耐火限界指標として行なった。また、加熱による接合部の開裂あるいは割裂を図22~23に示す方式によって耐火性能を判断した。ここに、図22に示す Sc は接合型式 I ~ IV の C の炭化あるいは黒変化した開裂部の幅を示しており Sunc は未炭化あるいは未変色部のそれである。また、Dc は炭化あるいは変色開裂部の深さを示し、Dunc は未炭化あるいは未変色開裂部の深さを示している。図23は接着剤による接合の場合のそれについて示している。

### 3 結果と考察

#### 3.1 釘、金属プレート、ボルト等で緊結された木質パネルの接合の耐火性能

##### 3.1.1 釘によって緊結された木質パネルの耐火性能

パネル枠材の接合部とその面材の接合部がⅠ-1およびⅡ～Ⅳにおいて「かぶせ」がないのに対し、Ⅰ-2においては枠材接合部に対して表面材のかぶせの効果を期待しており、ここではまず、Ⅰ-2のグループについて述べる。

面材に二類ラワン合板を用い、釘によって緊結したパネルを加熱したときのパネル枠材内および接合面の所定の位置の熱接点の温度変化の推移を図24に示す。これによるとパネル表面の温度は、加熱開始後6分から15分の範囲において、標準加熱曲線の温度を超えるが、これは面材の燃焼によるもので、この時点で面材の破壊を生じ、パネル内部に燃焼がおよんで、そこでの温度上昇をみる事ができる。加熱開始後20分で裏面材への着火、燃焼が発生して裏面材内側での顕著な温度上昇が認められる。また、面材での熱接点  $F_1$  および  $J_1$  の温度上昇も上と同様の傾向であるが、パネル内層のそれに比べて緩慢である。この木質パネルは典型的な易燃性を示しており、容易に面材部分の火炎の貫通をみるが、表2に示すようにパネル接合部の  $J_2$  における  $140^{\circ}\text{C}$  および  $260^{\circ}\text{C}$  に到達する時間はそれぞれ18分および22分余であって、接合部の熱の先行浸透は緩慢である。しかしながら加熱表面から同距離にある枠材内部の熱接点のそれよりかなり速く、パネル接合部における熱の浸透は枠材内部のそれよりかなり急であるが、加熱時間中における  $J_4$  での危険温度への到達はなく、釘によるパネル接合がパネル接合部の開裂抑制に効果のあることを示している。

次いで、Ⅰ-2-Bのパネル枠材およびパネル接合部の所定の熱接点の温度変化を図25に示す。このパネルは面材の下地に二類合板を用い、その表面に市販の難燃合板を置いたパネルである。図によれば、パネル表面の温度上昇の推移はほぼ標準曲線の加熱に相当する温度推移をみせ、Ⅰ-2-Aのそれとはかなり異った傾向を示しており難燃合板による表面での燃焼抑制のあることがわかる。このことは面材と枠材間  $F_1, J_1$  およびパネル裏面材内部の温度上昇の緩慢さとそれぞれの温度上昇開始時間の遅延となって示されている。 $J_2$  での昇温開始温度の遅れや、 $J_3$  における到達温度の低さなど、接合面での熱の浸透もⅠ-2-Aと比較してかなり緩和されており、難燃合板を表面材においたことが接合面の耐火性能向上に寄与していることがわかる。

面材に合板下地をおき、表面材として不燃性のフレキシブルボードを用いて構成したパネル（Ⅰ-2-C）

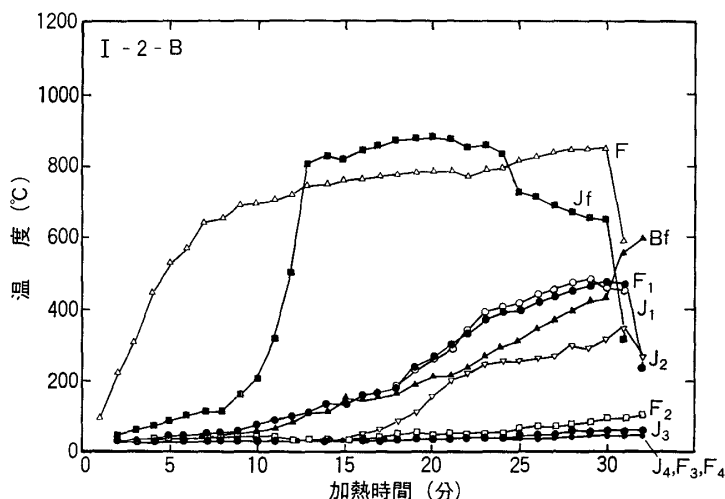


図25 JIS A1304 の加熱下における接合型式Ⅰ-2-Bのパネルの温度変化

表2 各熱接点における 140°C および 260°C に到達した時間

接合型式	140°C に到達した時間										260°C に到達した時間										
	J <sub>t</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	B <sub>r</sub>	J <sub>t</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	B <sub>r</sub>	
I-1	A	8'03"	18'02"	—*	—	9'16"	24'51"	—	—	9'20"	8'14"	22'17"	—*	—	—	11'08"	—	—	—	—	14'50"
	B	7'56"	11'12"	—	—	13'58"	—	—	—	19'57"	12'32"	26'14"	—	—	—	16'05"	—	—	—	—	26'40"
	C	6'01"	10'05"	24'12"	—	10'40"	—	—	—	12'05"	11'48"	26'11"	—	—	—	16'03"	—	—	—	—	27'53"
I-2	A	—	9'18"	18'40"	—	9'20"	—	—	—	19'40"	9'58"	24'50"	—	—	—	11'55"	—	—	—	—	14'21"
	B	8'35"	14'55"	19'50"	—	14'50"	—	—	—	19'55"	15'17"	26'20"	—	—	—	16'12"	—	—	—	—	26'10"
	C	5'43"	12'15"	25'36"	—	11'12"	—	—	—	12'28"	17'45"	27'55"	—	—	—	19'56"	—	—	—	—	29'50"
II	A	—	8'56"	19'01"	—	9'40"	24'51"	—	—	10'12"	11'16"	25'11"	—	—	—	12'03"	—	—	—	—	14'40"
	B	9'02"	12'45"	20'16"	—	13'58"	—	—	—	21'05"	11'08"	18'43"	28'15"	—	—	20'13"	—	—	—	—	25'40"
	C	9'11"	13'06"	24'52"	—	13'06"	—	—	—	19'58"	11'16"	18'21"	—	—	—	20'00"	—	—	—	—	—
III	A	—	9'00"	19'23"	—	9'18"	25'15"	—	—	9'55"	10'13"	23'45"	—	—	—	12'05"	—	—	—	—	14'06"
	B	8'43"	14'11"	19'45"	—	17'50"	—	—	—	24'05"	12'10"	16'05"	—	—	—	17'08"	—	—	—	—	29'00"
	C	9'22"	12'32"	26'05"	—	13'03"	—	—	—	19'40"	9'42"	12'33"	—	—	—	13'55"	—	—	—	—	—
IV	A	—	9'06"	19'35"	—	9'10"	25'16"	—	—	10'45"	10'00"	25'08"	—	—	—	12'06"	—	—	—	—	14'35"
	B	11'03"	13'17"	—	—	22'05"	—	—	—	25'39"	14'03"	18'52"	—	—	—	26'05"	—	—	—	—	16'55"
	C	8'05"	9'24"	—	—	14'12"	—	—	—	21'00"	10'18"	14'59"	—	—	—	16'41"	—	—	—	—	—

\* —は140°Cあるいは260°Cに到達せず。

\*\* 表面面材の破壊による。

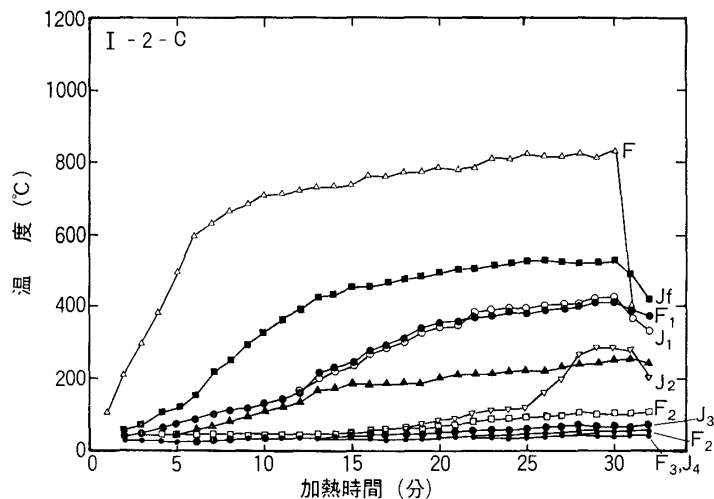


図26 JIS A1304 加熱下における I-2-C のパネルの温度変化

の枠材および接合面の所定の位置の熱接点の温度上昇の推移を図26に示す。これによると、不燃材料を表面にしていることもあって当然のことながら表面での着火、燃焼はないが、加熱によって剝離した合板下地のくん焼およびそれに続く着火、発炎燃焼によって、フレキシブルボードと下地の合板間での燃焼温度への到達やそれに伴う合板下地と枠材との界面と同位置の接合部における温度上昇は認められる。また接合面内部  $J_2$  の熱接点の温度上昇開始時間の遅延と温度上昇速度が緩慢であることは表面材が不燃性であることと、フレキシブルボードを表面材においたことによるかぶせの効果によって接合面における熱の浸透がかなり抑制されていることを示している。一方、I-2-Bの表面材と下地材の温度上昇開始時間に比較してI-2-Cのそれが急であることは、前者の低熱伝導性および加熱によって炭化した面材の熱伝導率の低下にもとづくものであって、適正な難燃合板のオーバーレイは建築材料の耐火性能付与あるいはその向上に効果的であることを示している。

以上、I-2のグループについて、その燃焼挙動と耐火性能について述べたが、表3における加熱終了時の各熱接点の温度および表4における加熱試験終了後の接合面の開裂に示されるように、接合面の釘打ちによる熱浸透の抑制効果があること、表面材に難燃合板およびフレキシブルボードを用いたとき「かぶせ」の効果による接合部の熱の浸透抑制効果のあることが明らかとなった。

以上釘によって緊結されたパネルのうち、表面材によってかぶせを行ない接合部を火炎から保護したものについて述べたが、表面材による接合部の保護のないI-1のグループについてみると表3に示されるように接合部における危険温度への到達時間が短縮されている。また、表3にみることができるように加熱終了時における各熱接点の温度も若干高い値を示している。これらのことはI-1の接合部の高熱の浸透や火炎の貫通に対する抵抗がI-2に比較して若干劣ることがわかる。

### 3.1.2 接合部にヤトイ実を加え釘で緊結したパネルの耐火性能

上述パネルの接合部にヤトイ実を加えて緊結したパネルII-A、BおよびCのパネル表面および内層の燃焼挙動はI-1A、BおよびCのそれとほぼ同様の傾向を示す。本パネルの特徴であるヤトイ実の接合部における火炎貫通抑止効果あるいは高熱の浸透抑制の効果を表2にみると危険温度到達時間において若干の遅れが認められる。また表3に示される加熱終了時における各熱接点の温度では逆に若干の高温が観察されており、さらに加熱終了時における接合部の開裂状況を見てもI-1およびI-2の接合開裂との間に特に著しい差がないことから、接合部にフレキシブルボードよりなるヤトイ実を用いて、火炎の貫通や高温の浸透

表3 加熱終了時における各熱接点の温度 (°C)

接合型式	J <sub>r</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
I-1	A		725	335	92	54	762	166	74	53
	B	671	463	320	83	49	489	150	68	50
	C	653	435	304	81	50	420	146	70	51
I-2	A		786	335	80	53	754	150	71	52
	B	653	480	322	75	48	482	136	63	46
	C	536	405	285	73	40	415	106	60	46
II	A		808	349	79	50	789	153	72	43
	B	683	483	338	74	49	496	119	71	53
	C	617	436	256	83	49	421	141	71	53
III	A		810	347	71	49	805	167	70	49
	B	624	488	252	70	51	491	153	69	49
	C	602	416	248	59	50	422	124	69	51
IV	A		805	336	82	49	793	171	60	50
	B	669	496	255	81	50	502	124	62	50
	C	621	435	252	86	52	421	144	61	49

表4 加熱終了時における接合面の開裂状況

接合型式	炭化あるいは変色部		未変色部		
	Dc (mm)	Sc (mm)	Dunc (mm)	Sunc (mm)	
I-1	A	28	8	40	3
	B	20	8	35	2
	C	18	6	34	2
I-2	A	26	10	30	3
	B	20	8	20	2
	C	16	8	20	2
II	A	27	10	35	3
	B	25	9	28	3
	C	20	8	20	2
III	A	23	8	28	2
	B	18	8	20	1
	C	16	8	10	1
IV	A	20	6	25	2
	B	17	6	18	2
	C	15	6	8	1

の抑制を図ることは必ずしも有効であるとはいえない。

### 3.1.3 接合部にヤトイ実を施し、金属プレートおよび釘で緊結したパネルの耐火性能

接合型式ⅢのA、BおよびCの接合部の耐火性能を表3の危険温度到達時間、表4の加熱終了時の各熱接点の温度から評価すると他の接合型式のそれに比較して大きく異なる点はほとんどない。表4において炭化部の開裂が前2者に比べて小さく、未炭化部のそれも若干小さいがこのように緊結材および緊結部位の増加によって耐火性能の向上のないことは試験体の大きさや緊結材の使用部位によって異なることも予想されるので、合板の実大実験においてこれの検討を試みる必要がある。

### 3.1.4 接合部にヤトイ実を施し、釘、金属プレートおよびボルトで緊結したパネルの耐火性能

3.1.3のパネルの接合にボルト締めを施したものである。表2および表3ではとくに耐火性能向上の傾向は認められないが、表4において上述3者に比較して炭化部および未炭化部の開裂が小さく、緊結材および緊結部位の増加による耐火性能向上の効果が認められる。

前報<sup>1)</sup> ソリッドパネルのボルト緊結に比較して、Ⅳのグループの耐火性能の格段の向上のないことは、ヤトイ実による緊結の緩和によることも原因として考えられ今後の検討を要する。

## 3.2 接着剤によって接合されたパネルの耐火性能

接着剤によって接合したパネルの中心部のヒノキ材およびそれに隣接する接着層にパネル上端より下方へ20cmの位置に図21に示した熱接点に熱電対(CA)を挿入設置し、JIS A 1304の30分耐火試験加熱を行ったときの140°Cおよび260°Cに到達した時間を表5に示す。また、同熱電対によって加熱試験終了時に測定した各熱接点の温度を表6に示す。表7は加熱試験終了時における9つの接着層の開裂を測定し、その平均値で開裂幅および開裂深さを示した。これらの結果によると、RFの接着層が最も高い耐火性能を示しており、これに次いでPFの接着層の耐火性能が高い。それ自身は比較的高い難燃性能を示すアミン、アミド系接着剤(UF, UMF, MUF, PUF)によって接着された接着層の耐火性能は比較的低く、加熱による接着層の先行加熱<sup>2)</sup>の傾向が認められる。不燃材料と木質材料の接着に用いられるEPの接着層の耐火性能はかならずしも高くない。また、熱可塑性を示すPVAc系接着剤およびゴム系接着剤による接着層の耐火性能はほとんどないものと判断できる。

表5 各熱接点における140°Cおよび260°Cに到達した時間

接着剤	140°C に到達した時間							260°C に到達した時間						
	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
RF	17'39"	27'22"	—	—	18'11"	28'42"	—	23'28"	—	—	—	24'16"	—	—
PF	16'51"	28'08"	—	—	18'16"	28'51"	—	22'40"	—	—	—	24'13"	—	—
UF	8'27"	23'55"	—	—	19'14"	29'11"	—	12'19"	23'11"	—	—	24'26"	—	—
MUF	11'54"	25'11"	—	—	18'28"	28'54"	—	18'45"	26'07"	—	—	23'54"	—	—
UMF	12'19"	23'43"	—	—	17'52"	27'36"	—	18'33"	25'55"	—	—	24'11"	—	—
PUF	12'37"	23'52"	—	—	17'58"	27'54"	—	18'48"	25'50"	—	—	24'19"	—	—
IMAC	10'52"	22'47"	—	—	18'21"	28'50"	—	18'29"	26'11"	—	—	23'56"	—	—
EP	10'07"	23'05"	—	—	18'19"	29'17"	—	19'16"	28'22"	—	—	24'18"	—	—
PVAc-1	8'41"	18'53"	28'11"	—	18'26"	29'23"	—	8'11"	22'40"	—	—	24'20"	—	—
PVAc-2	8'56"	19'27"	27'54"	—	17'53"	28'48"	—	8'26"	23'12"	—	—	25'03"	—	—
PPVAc	9'13"	20'48"	29'10"	—	18'07"	29'03"	—	9'28"	24'53"	—	—	24'17"	—	—
Rubber	9'06"	21'16"	—	—	18'23"	29'12"	—	9'13"	24'29"	—	—	23'42"	—	—
Bolt	11'17"	23'05"	—	—	19'04"	29'27"	—	18'56"	29'40"	—	—	24'19"	—	—

表6 加熱終了時における各熱接点の温度 (°C)

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
RF	312	113	35	31	285	95	30
PF	338	124	38	31	283	98	31
UF	483	268	52	32	296	102	33
MUF	409	265	48	30	288	102	30
UMF	443	264	52	31	274	105	31
PUF	417	263	48	30	288	111	33
IMAC	346	264	40	30	286	102	32
EP	358	260	40	30	279	96	32
PVAc-1	491	281	165	31	297	112	32
PVAc-2	469	276	169	31	290	118	32
PPVAc	365	279	162	32	285	108	33
Rubber	407	268	106	31	287	110	30
Bolt	411	263	50	32	286	98	32

表7 加熱終了時における接合面の開裂状況

接着剤	炭化あるいは変色部		未変色部	
	Dc (mm)	Sc (mm)	Dunc (mm)	Sunc (mm)
RF	0	0	0	0
PF	8	2	0	0
UF <sub>↓</sub>	26	5	5	1
MUF	18	4	3	1
UMF	16	4	3	1
PUF	14	6	5	1
IMAC	13	5	4	1
EP	16	7	14	2
PVAc-1	27	7	29	2
PVAc-2	23	6	11	2
PPVAc	23	7	12	2
Rubber	25	7	28	2
Bolt	22	5	0	0

表5, 6 および 7 から接着層の耐火性能を比較すると RF>PF≧IMAC≦EP≦PUF>UMF>MUF>UF≦PPVAc>Rubber>PVAc-2≧PVAc-1 の順に低下する。なお表5および表6の結果は9接着層のうちのひとつの層で測定した結果であり、さら詳細な実験と検討が必要と考えられる。

以上の結果から耐火木質パネルの接合に供し得る接着剤としては RF および PF であることがわかる。

また、接着剤で接合したパネル接合部の裏面側の温度 (例えば J<sub>3</sub>, J<sub>4</sub>) および木材内部 (例えば F<sub>3</sub>) の温度上昇が I~IV の接合のそれに比較して低い。これは、パネル試験体の構成の相異によることと後者 (I~IV 接合) では、面材が加熱によって破壊し、これによってパネル内部に大量の熱の供給と燃焼を生じ、枠材の側面からの加熱があるのに対し、前者ではこれが無いことによっているものと考えられる。



#### 4 お わ り に

木質パネルの耐火性能の弱点とされているパネル接合部の燃焼挙動の解明とその耐火性能向上の方法を探るため、いくつかの接合方式を選んで木質パネルを作成し、無載荷で JIS A 1304 の耐火加熱試験に供した。いくつかの接着剤による接合を除いてかなりの種類の接合に耐火性能が認められ、載荷加熱試験および実大加熱試験の足がかりとこれらに関する基礎資料を得ることができた。本研究では、釘、金属プレート、ボルト等による接合と接着剤によるその試験体が同一でなかったため両者の比較が必ずしも適正でなく今後の研究推進の上で若干の問題を残した。

#### 文 献

- 1) 石原茂久, 東丸敬三, 東丸真一: 木材研究・資料, No.18, 146 (1983)
- 2) 石原茂久, 第29回日本木材学会大会(札幌)研究発表要旨, p.225 (1979)
- 3) 石原茂久: 木材および木質材料の防火処理に関する研究, p.126 (1975)
- 4) 石原茂久: 接着, 14, 21 (1970)