

集成梁の荷重加熱試験（２）

強度性能について

工藤 修 倉田 久敬
長原 芳男 今野 浩安

1. はじめに

木材が建築材料として利用される場合に問題となる欠点のひとつとして可燃性があげられる。現在、わが国の建築法規上でも、単に燃えるということで、耐火上、強い規制がなされている。

しかし、木構造においても、部材断面が大きなものでは、火災における倒壊の危険性も小さく、消火・避難活動において、比較的有利なことが知られている¹⁾、²⁾。

そこで、今回、われわれは、10×20cmの比較的小断面の木質集成梁の荷重加熱試験を行い、その火災に対する安全性について検討してみた。

なお、本実験に関しては、日本木材学会北海道支部第6回研究発表会で報告した。

2. 実験方法

2.1 実験条件

実験は第一次、第二次の二度にわたって行った。

第一次における実験条件としては、

1) 荷重応力は、JIS A - 1304の規定による荷重応力値 $1.2f_b$ と、木構造設計規準の長期曲げ許容応力度 f_b の2条件、

2) 10層集成梁の1, 4, 7, 10層目各ラミナ中央部にフィンガージョイントのあるものと、そうでないもの、

3) 加熱時間は30分

とし、これらの組合せである。

第二次における実験条件としては、

1) 荷重応力は $1.2f_b$ 、

2) 10層集成梁の引張り側から2, 5, 8層目の各ラミナ中央部にフィンガージョイントのあるもの

と、そうでないもの、

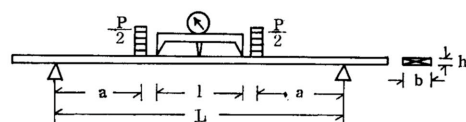
3) 加熱時間は30分

とし、これらの組合せである。

2.2 集成梁の作製

集成梁の作製には、第一次試験ではシトカスプルス、第二次試験ではエゾマツひき板を用いた。

これらは、重錘を用い、3分点2点荷重（第1図）による曲げ剛性試験を行い、ひき板のヤング係数 E を



第1図 ひき板の曲げ剛性試験

測定した。ヤング係数は次式により求められる。

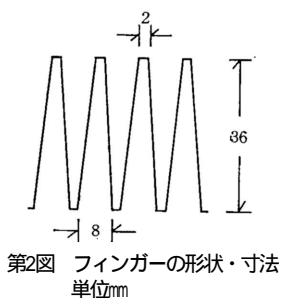
$$E = \frac{Pal^2}{16\delta_1 I} = \frac{3Pal^2}{4\delta_1 bh^3} \quad I = \frac{bh^3}{12} \quad (1)$$

ここで、 l : たわみ l の測定区間、 P/δ_1 : 比例限度内における荷重とたわみの比、 a : 支点と荷重点の距離、 I : 断面二次モーメント、 b : 材幅、 h : 材せいである。

つぎに、最大節径比30%、集中節径比50%を限度とし、それ以上の節、及び割れ、腐れなどの欠点を除去し、スカーフ傾斜10倍のスカーフジョイントでたて接合し、長さ365cmのラミナにした。また、一部のラミナには、中央部にフィンガージョイントを行った。フィンガーの形状、寸法を第2図に示す。

これらのラミナを、各集成梁が同等になるように組合せ、集成梁を作製した。

第一次試験におけるスプルス集成梁は、ラミナ10層、10×20×365cmで12本、第二次試験におけるエゾマツ集成梁は、ラミナ10層、9.5×20×365cmで14本



(1)式を用い、1から集成梁のヤング係数実測値 Eobsを算出した。これをラミナのヤング係数にもとづいて算出した集成梁のヤング係数計算値 Ecal*と比較した。

集成梁の曲げ破壊係数 maxは次式により求められる。

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{3 P_{max} a}{bh^2} \quad Z = \frac{bh^2}{6} \quad (2)$$

ここで、Mmax = Pmax · a / 2 : 最大曲げモーメント, Pmax : 破壊荷重, a : 支点と荷重点の距離, Z : 断面係数, b : 材幅, h : 材せいである。

型鋼の場合は,

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{P_{max} a}{2 Z} \quad (3)$$

で求められる。

2.4 荷重加熱試験

第3図と同様な荷重条件で荷重加熱試験を行った。荷重加熱時所要荷重は(2.5項参照),

第一次試験

スプルス集成梁 (Lfb = 100kg / cm²)

Lfbの場合 P = 1050kg

1.2Lfbの場合 P = 1260kg

I型鋼 (Lfb = 1400kg / cm²)

Lfbの場合 P = 1240kg

1.2Lfbの場合 P = 1490kg

第二次試験

エゾマツ集成梁 (Lfb = 100kg / cm²)

1.2Lfb P = 1192kg

負荷は油圧ジャッキによって行った。

荷重加熱試験開始後1分, 3分, 5分, 10分, 15分, 20分, 25分, 30分におけるたわみを荷重点において測定し, たわみの時間的経過を記録した。

2.5 所要荷重の算出

第2図の荷重状態の場合,

$$Lfb = \frac{M}{Z} = \frac{Pa}{2 Z}$$

作製した。

接合及び集成にはユリヤ・メラミン共縮合樹脂接着剤を用いた。配合比は,

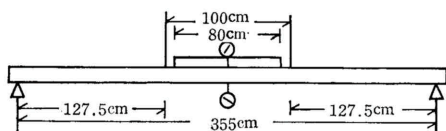
樹脂	100
増量剤(小麦粉)	10
水	15
硬化剤(塩化アンモン)	2

である。

なお, 第一次試験においては, スプルス集成梁との比較のため, 軽量型鋼についても同様な条件下で荷重加熱試験を行った。軽量型鋼としては, 型鋼100 × 75を用いた(2.6項参照)。

2.3 曲げ試験

第3図の状態曲げ剛性試験を行い, 集成梁については100kgごとに1000kgまで, 型鋼については50kgごとに500kgまで, 荷重点間におけるたわみ L及び全スパンに対するたわみ Lを測定した。



第3図 集成梁の曲げ試験

その後, 集成梁及び I 型鋼の耐力を知るため, スプルス集成梁4本(S3, S6, S9, S12), エゾマツ集成梁6本(P1, P3, P5, P7, P9, P11), 型鋼1本(3)の破壊試験を行った。

* 各ラミナの厚さが一定で, かつ対称構成の場合, 積層数が偶数であれば, n層として, n=2mとおくと,

$$Ecal = \frac{6}{n^3} \{ E_1 + 9 E_2 + 25 E_3 + \dots + (2m-1) E_m \} + \frac{2}{n^3} (E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_m)$$

となる。

第1表 曲げ試験結果

No.	Ecal (10 ⁸ kg/cm ²)	Eobs	Eobs		σ _{max} (kg/cm ²)	σ' _{max} (kg/cm ²)	応力	フィン ガー	荷重加 熱時間
			Eobs	Ecal					
S 1	147	147	1.00	—	103	—	1.f _b	無	30 分
S 2	146	150	1.03	—	110	—	〃	〃	〃
S 3	145	144	0.99	—	593	—	—	〃	—
S 4	145	144	0.99	—	60	—	1.2 _L f _b	〃	28.5
S 5	144	150	1.04	—	97	—	〃	〃	28
S 6	143	142	0.99	—	677	—	—	〃	—
S 7	146	147	1.01	—	95	—	1.f _b	有	30
S 8	144	147	1.02	—	119	—	〃	〃	30
S 9	144	147	1.02	—	493	—	—	〃	—
S10	144	147	1.02	—	76	—	1.2 _L f _b	〃	27.5
S11	143	142	0.99	—	103	—	〃	〃	28.5
S12	144	150	1.04	—	470	—	—	〃	—
I 1	—	1962	—	—	—	—	1.f _b	—	13
I 2	—	2006	—	—	—	—	1.2 _L f _b	—	12
I 3	—	2006	—	—	3926	—	—	—	—
P 1	128	130	1.02	—	593	—	—	有	—
P 2	127	132	1.04	—	134	—	1.2 _L f _b	〃	21.5
P 3	128	128	1.00	—	629	—	—	〃	—
P 4	127	134	1.06	—	77	—	1.2 _L f _b	〃	24
P 5	128	134	1.05	—	573	—	—	無	—
P 6	127	130	1.02	—	181	—	1.2 _L f _b	〃	27
P 7	128	137	1.07	—	570	—	—	〃	—
P 8	128	126	0.98	—	—	—	1.2 _L f _b	〃	29.5
P 9	127	124	0.98	—	545	—	—	有	—
P10	128	132	1.03	—	195	—	1.2 _L f _b	〃	21.5
P11	128	132	1.03	—	495	—	—	〃	—
P12	128	126	0.98	—	123	—	1.2 _L f _b	〃	18.5
P13	127	123	0.97	—	179	—	〃	無	26
P14	127	125	0.98	—	141	—	〃	〃	22

注) Ecal : 集成梁のヤング係数計算値
 Eobs : 集成梁のヤング係数実測値
 σ_{max} : 集成梁の曲げ破壊係数
 σ'_{max} : 荷重加熱試験後の残留耐力

ここで、_Lf_b : 長期曲げ許容応力度、スプルー集成梁は100kg/cm²
 型鋼は1400kg/cm²、M=Pa/2
 : 曲げモーメント、P : 所要荷重、
 a : 支点と荷重点との距離、Z : 断面係数である。したがって、

$$P = \frac{2 \cdot \sub{L}f_b \cdot Z}{a}$$

となる。

スプルー集成梁の場合、Z = bh²/6で、b = 10cm、h = 20cmであるから、これらの数値を代入して計算すると、

$$\sub{L}f_b \text{ の場合 } P = 1050\text{kg}$$

$$1.2 \cdot \sub{L}f_b \text{ の場合 } P = 1260\text{kg}$$

となる。

型鋼については、2.6項によって、スプルー集成梁に匹敵するものが100×75と決定される。その断面係数Z = 56.5cm³を用いてPを算出すると、

$$\sub{L}f_b \text{ の場合 } P = 1240\text{kg}$$

$$1.2 \cdot \sub{L}f_b \text{ の場合 } P = 1490\text{kg}$$

となる。

2.6 軽量型鋼の選定

スプルー集成梁の_Lf_b = 100kg/cm²からは、2.5項によって、荷重応力_Lf_bの場合、P = 1050kgが求められる。鋼材は_Lf_b = 1400kg/cm²であるから、P = 1050kgを負荷するのに必要な断面係数は、

$$Z = \frac{Pa}{2 \cdot \sub{L}f_b} = \frac{1050 \times 127.5}{2 \times 1400} = 47.8 \text{ (cm}^3\text{)}$$

となる。

鋼材の規格寸法表から、Z = 47.8で、もっとも経済的なものを選ぶと、Z = 56.5cm³の型鋼100×75となる。

2.7 残留耐力試験

荷重加熱試験後、同一状態で曲げ破壊試験を行い、残留耐力を求めた。

2.8 せん断接着力試験

荷重加熱を行ったもの、そうでないものから試験片を採取し、せん断接着力試験を行った。

3. 結果及び考察

3.1 曲げ試験結果

曲げ試験結果を第1表に示す。

集成梁について、各ラミナの曲げヤング係数を用いて算出したヤング係数Ecalと、曲げ剛性試験測定値から算出したヤング係数Eobsはよく一致している。すなわち、集成梁を構成する各ラミナのヤング係数がわかれば、集成梁のヤング係数を正確に推定することができる。

集成梁の曲げ強度について、第一次試験では、フィ

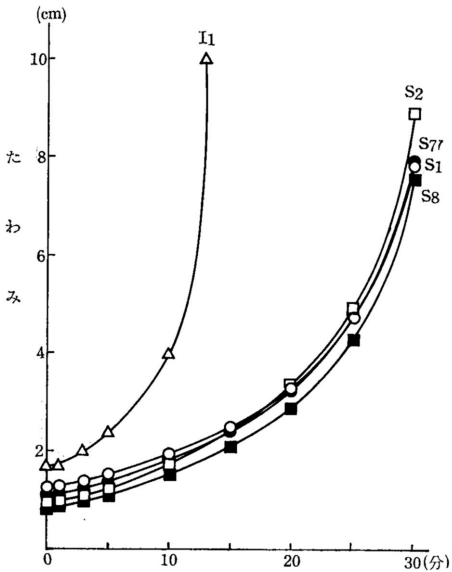
ンガージョイントのあるもの(S9, S12)と、ないもの(S3, S6)で若干の差が認められた。すなわち、前者は後者の7~8割程度の強度である。フィンガージョイントのあるものは、引張り側最外層ラミナのフィンガーの引き抜けが破壊の原因となったもので、それが強度低下につながっている。第二次試験では、最外層はすべて無接合ラミナであり、内部ラミナにおけるフィンガージョイントの影響は認められなかった。

型鋼については、ヤング係数 E_{obs} 、極限強さ σ_{max} とも、ほぼ構造用鋼材の標準値を示している。

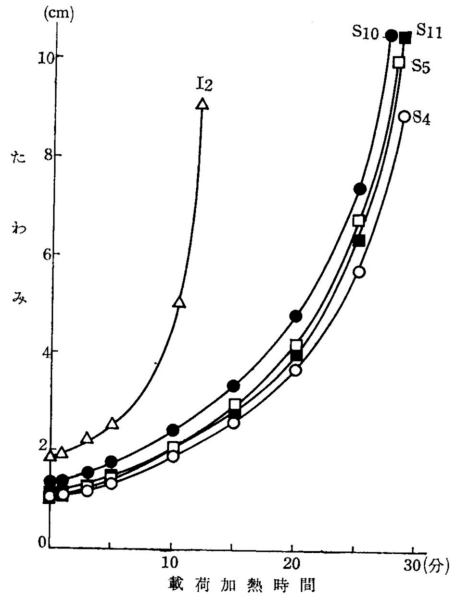
3.2 荷加熱試験結果

荷加熱試験結果のうち、たわみ経過を第4図~第7図に、残留耐力を第1表に示す。

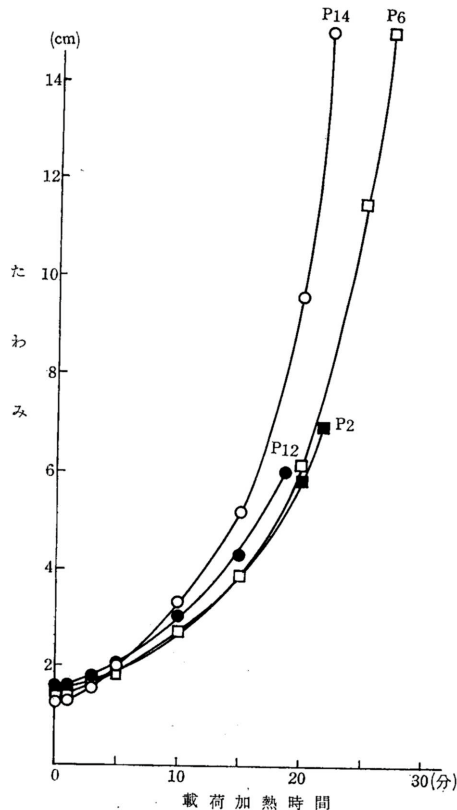
荷加熱時における集成梁ラミナのフィンガージョイント存在の影響については、第一次試験では、フィンガージョイントのある最外層が焼け落ちてしまうため、その影響は確認できなかった。第二次試験では、最外層が焼け落ち、フィンガージョイントが引張り側に露出し、それが原因となって15~20分で破壊している。



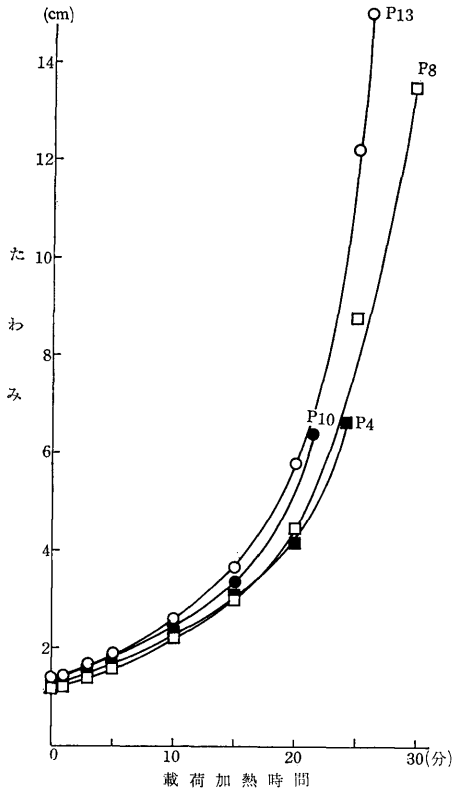
第4図 たわみ図(その1)
第一次試験
荷応力 $1.2Lfb$



第5図 たわみ図(その2)
第一次試験
荷応力 $1.2Lfb$



第6図 たわみ図(その3)
第二次試験
荷応力 $1.2Lfb$
防火塗料塗布量 0 (P12, P14)
" 200g/m² (P2, P6)



第7図 たわみ図 (その4)
第二次試験
荷応力 1.2Lfb
防火塗料塗布量 300g/m² (P4, P8)
〃 400g/m² (P10, P13)

第2表 せん断接着力試験結果

	接着力 (kg/cm ²)			木破率 (%)		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
第一次試験						
非燃焼材	96	125	42	55	100	10
燃焼材	73	116	6	35	100	0
┌ 材端部	75	116	6	40	100	0
└ 中央部	70	99	9	35	100	0
第二次試験						
非燃焼材	90	118	61	45	100	0
燃焼材	82	117	28	50	100	0
┌ 材端部	84	112	31	55	100	10
└ 中央部	82	117	28	50	100	0

注)材端部: 材端から70cmの位置
中央部: 材端から180cmの位置

第一次試験では、27~30分荷重しているが、この場合、試験装置の関係で、後半には荷重が所定のものより減少している。そのため、これを改良して第二次試験を実施した。

たわみの時間的経過については、フィンガージョイントの有無にかかわらず、ほぼ同一傾向を示している。

残留耐力は、部材断面として元の断面を用い、(2)式によって算出した。荷加熱時間の短いものでは多少の余力も認められるが、全体としては、初期応力に等しいか、あるいは低下を示している。

せん断接着力については、荷加熱後のものが若干の低下を示している。これが加熱による影響かどうかは、今後、さらに検討を加える必要があると考える。

木質集成梁との比較試験を行ったI型鋼は、荷加熱開始後10分程度でたわみが急増した。今回の試験では、集成梁と同等の荷重に対し、許容応力度の点から、それに匹敵する鋼材としてI型鋼100×75を選定した(剛性ではスプルス集成梁のおよそ60%)が、この場合、スプルス集成梁のおよそ半分の時間で破壊する危険が認められた。

以上の結果から、10×20cmの断面を有する木質集成梁では、JIS A-1304に規定された荷加熱試験に対し、20分程度まで耐えられるが、30分耐火には合格しないと判断される。

4. あとがき

断面10×20cmの木質集成梁の荷加熱試験を行った。JIS A-1304の30分耐火には合格しなかったが、およそ20分程度までは破壊せず火災に耐えられると判断される。これに対し、比較のために用いたI型鋼100×75では、およそ10分で破壊する危険性が認められた。

加熱による木質及び接着層の劣化については、十分な確認ができず、今後さらに検討を加える必要があると考える。

文献

- 1) Thompson, H.E.: F.P.J. Vol.8, No.4 (1958)
- 2) 川越邦雄, 今泉勝吉, 斎藤 光: 建築材料 Vol.8, No.1, p.10 (1968)

—試験部 複合材試験科—
(原稿受理 50.3.23)