



Title	合板ガセット接着法による構造接手効率に関する研究(第4報)：木造山形ラーメンの剛性と強度に対するガセット効果について
Author(s)	宮島, 寛; MIYAJIMA, Hiroshi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 26(1), 91-106
Issue Date	1968-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20861
Type	departmental bulletin paper
File Information	26(1)_P91-106.pdf



合板ガセット接着法による構造接手 効率に関する研究 (第4報)

木造山形ラーメンの剛性と強度に対する
ガセット効果について

宮 島 寛*

Experimental Studies on Efficient of Joint with Glued Plywood Gussets
Report 4. Effect of Glued Plywood Gusset Plates to Deflections
and Strength of Wood Gable Frames

By

Hiroshi MIYAJIMA

目 次

緒 言	91
材料および方法	92
1. ガセット用合板の種類および寸法の決定 (予備試験)	92
2. 母材用集成材の製造およびその性質	93
3. ガセットの接着方法	96
4. 剛性試験の方法	96
5. 破壊試験の方法	97
結果および考察	97
1. 剛性試験結果	97
2. 破壊試験結果	100
結 言	105
文 献	105
Summary	106

緒 言

これまでに合板ガセット接着法による構造接手効率に関して基礎試験¹⁾、門形ラーメン²⁾および木造フィンクトラス³⁾への応用について報告した。今回はこの応用試験のひとつとして、実大に近い木造山形ラーメン試験体を合板ガセット接着法により作製し、その

* 北海道大学農学部林産学科 木材加工学教室 助教授 林学博士

剛性と強度に対するガセットの効果について検討した。

この試験結果から、第2報の門形ラーメンのばあいと同じく、この山形ラーメン大型試験体においても、合板ガセット接着法は接手効率が非常に高く、接合部ではなく、母材を曲げ破壊させることが可能であり、極めてすぐれた接合法であると判断される。

この合板ガセット接着法による木造山形ラーメンは小工場、倉庫などの軽木構造の骨組として適していると考えられる。この合板ガセットの設計方法については、現在継続中の試験結果と合せて報告する予定である。

この研究を行なうにあたり、終始懇切なご指導を賜わった沢田稔教授に深く感謝するとともに、試験には教室の全教官、大学院生、専攻学生の協力をいただいた。ここに心からお礼を申し上げる次第である。

この研究は41年度文部省総合研究「木質平面材料の力学的性質に関する研究（代表者沢田稔教授）」の分担「木質ガセット板の構造接手効率」として行なったものである。

材料および方法

試験を行なうにあたり、まず山形ラーメン試験体の大きさを図-2に示すようにきめた。スパン3m、高さ2.366m、屋根の勾配 $1:\sqrt{3}$ 、母材の寸法はせい10cm、幅5cmである。母材は2cm厚ラミナ5層のエゾマツ集成材とした。この母材を接合する合板ガセットの種類および寸法をきめるため、つぎのような予備試験を行なった。

1. ガセット用合板の種類および寸法の決定 (予備試験)

山形ラーメンの母材と同じ断面寸法のエゾマツ5層集成材を母材とし、図-1に示すように、この2本を接合角度 120° とし、接着面積(1本の母材について) $20 \times 10 \text{ cm}^2$ 一定で、厚さ9, 12および15mmのラワン合板(いずれも5ply)のガセットにより両面で接着接合した試験体を作製し、オルゼン型試験機を用い、圧縮方向荷重による破壊試験をおこない接手効率を求めた。この結果を表-1に示す。ここでは母材の曲げ強さの推定値 σ'_b を $\sigma'_b = E \times 0.006$ として、それから推定最大曲げモーメント M' を $M' = \sigma'_b \cdot Z$ (ここで Z は母材の断面係数)によつて

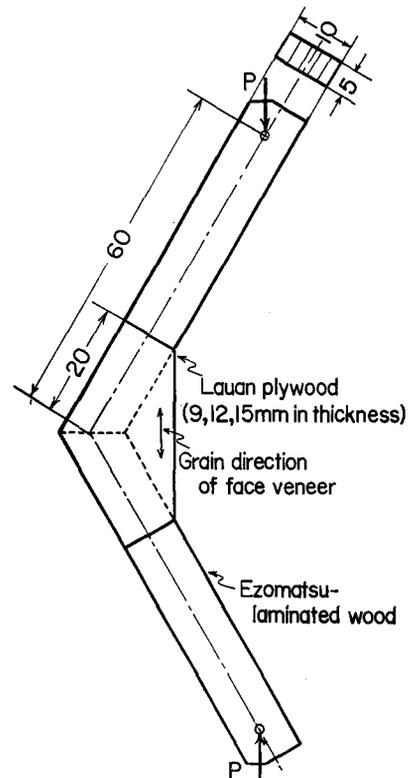


図-1 予備試験体 (接合角度 120°)
Fig. 1. Specimen for preliminary test (jointing angle: 120°).

表-1 予備試験結果

Table 1. Results of preliminary test

Thickness of plywood	(mm)	9	12	15	
Main member	Width, b	(cm)	5.000	5.000	5.000
	Height, h	(cm)	10.165	10.115	10.160
	Section modulus, Z	(cm ³)	86.0	85.1	85.9
	Modulus of elasticity, E (10 ³ kg/cm ²)		95.6	98.4	102.2
	$\sigma'_b = E \times 0.006$	(kg/cm ²)	574	590	613
	$M' = \sigma'_b \times Z$	(kg·m)	549	580	627
M_{\max} (Exp.)	(kg·m)	336	378	389	
M_{\max}/M'		0.61	0.65	0.62	
Type of failure		Buckling in gusset	Shear in member	Shear in member	

(Remarks) Exp.: Experimental value, M_{\max} : Maximum bending moment.

求め、その実験値 M_{\max} と比較し、 M_{\max}/M' をもって接手効率とした。この試験ではガセットとして9 mm 合板を用いたものはそのガセットの座屈により破壊したので、これはガセットとして耐力不足である。これに対し、12 mm および 15 mm 合板を用いたものはいずれも母材の荷重点のボルト孔からのせん断破壊によった。その M_{\max}/M' の値は 0.65 および 0.62 で、9 mm 合板のばあいと大差ないが、ガセットに損傷がみられないので、接手効率はこれより大であると考えられるから、山形ラーメンに対してはこの2種類の合板によるこの寸法を最小のものとし、さらにそれぞれの接着面積を $25 \times 10 \text{ cm}^2$ とするものを用いることにした。また比較のためシナ 12 mm 合板による2種の大きさのガセットのものも各1連ずつ作製した。ガセットに使用したラワンおよびシナ合板の性質を表-2に示す。なおこのラワン合板は「総合研究」のために北海道立林産試験場に製造依頼したもので、材料はレッドラワン系のものである。接着は2類に相当する。

表-2 ガセット用合板の性質

Table 2. Properties of plywood used for gusset plates

Kind of plywood	Thickness (mm)	Modulus of elasticity E for $182 \times 91 \text{ cm}^2$ size (10 ³ kg/cm ²)	Specific gravity γ_w
Lauan-5 ply	12	80~ 82	0.54
Lauan-5 ply	15	105~115	0.62
Shina-5 ply	12	98	0.53

2. 母材用集成材の製造およびその性質

山形ラーメンの母材にはエゾマツ5層集成材を使用した。このエゾマツは北大雨竜地方演習林母子里事業区第10林班で採取した6本のアカエゾマツ (*Picea glehni* MAST.) 供

試木 (胸高直径 50~66 cm, 樹高 27~32 m, 樹齡 150~260 年) から製材し, 乾燥したものである。

集成材の製造には, まず厚さ 2 cm に切削仕上げした幅約 12 cm, 長さ約 3.8 m の挽板

表-3 母材用集成材の構成

Table 3. Composition of laminated wood to be used for main member

Laminated wood No.	1	2	3	4	5
1	114	126	123	101	123
Modulus of elasticity E (10^3 kg/cm 2)	2	108	137	100	95
	3	98	99	85	84
	4	84	120	106	96
	5	114	126	123	102
	All	110	126	119	100
Specific gravity r_u	1	0.48	0.51	0.46	0.47
	2	0.49	0.49	0.50	0.42
	3	0.44	0.52	0.48	0.47
	4	0.44	0.45	0.49	0.43
	5	0.49	0.49	0.47	0.49
All	0.47	0.49	0.48	0.46	
Frame-member No.	No. 1-II, III No. 5-IV	No. 1-I, IV	No. 3-III No. 6-III, IV	No. 2-II, III	No. 2-I, IV No. 5-II No. 6-I

Laminated wood No.	6	7	8	9	10
1	127	126	124	122	120
Modulus of elasticity E (10^3 kg/cm 2)	2	121	116	112	106
	3	117	113	110	106
	4	119	115	110	105
	5	128	128	122	122
	All	126	124	121	118
Specific gravity r_u	1	0.48	0.47	0.47	0.47
	2	0.47	0.49	0.49	0.48
	3	0.47	0.47	0.43	0.49
	4	0.47	0.50	0.46	0.49
	5	0.48	0.49	0.48	0.37
All	0.47	0.48	0.47	0.46	
Frame-member No.	No. 3-I No. 4-IV. No. 5-I No. 8-II	No. 4-III No. 6-II No. 7-IV	No. 4-II No. 7-III No. 8-I, IV	No. 4-I No. 3-II No. 7-I, II	No. 3-IV No. 5-III No. 8-III

表-4 母材の性質
 Table 4. Properties of main members

Frame No.	Member No.	b (cm)	h (cm)	I (cm ⁴)	E (10 ³ kg/cm ²)	EI (10 ⁶ kg/cm ²)	r_u
1	I	4.77	10.08	407	126	51.2	0.49
	II	4.78	10.06	415	110	45.6	0.47
	III	4.77	10.12	411	110	45.2	0.47
	IV	4.78	10.15	424	126	53.4	0.49
2	I	4.79	10.17	420	113	47.4	0.46
	II	4.77	10.14	411	100	41.4	0.46
	III	4.78	10.10	410	100	41.0	0.46
	IV	4.77	10.17	419	113	47.3	0.46
3	I	4.96	9.98	411	126	51.8	0.47
	II	4.95	9.98	410	118	48.3	0.46
	III	4.92	10.03	414	119	49.3	0.48
	IV	4.89	9.99	406	116	47.1	0.48
4	I	4.96	9.95	407	118	48.0	0.46
	II	4.96	9.97	410	121	49.6	0.47
	III	4.95	10.00	413	124	51.2	0.48
	IV	4.96	9.96	409	126	51.5	0.47
5	I	4.88	9.96	402	126	50.7	0.47
	II	4.97	9.98	412	113	46.6	0.46
	III	4.95	10.00	413	116	47.9	0.48
	IV	4.90	9.87	393	110	43.2	0.47
6	I	4.96	9.99	412	113	46.5	0.46
	II	4.73	9.98	392	124	48.6	0.48
	III	4.99	9.99	414	119	49.3	0.48
	IV	4.75	100.0	396	119	47.1	0.48
7	I	4.77	9.99	397	118	46.8	0.46
	II	4.79	9.98	397	118	46.8	0.46
	III	4.96	10.00	413	121	50.0	0.47
	IV	4.92	10.00	410	124	50.8	0.48
8	I	4.76	10.00	397	121	48.8	0.47
	II	4.76	9.99	396	126	50.0	0.47
	III	4.72	10.02	396	116	45.9	0.48
	IV	4.77	10.00	398	121	48.1	0.47

(Remarks) b : width, h : height, I : moment of inertia, E : modulus of elasticity, EI : flexural rigidity, r_u : specific gravity at the time of test.

について、節を主とする欠点および曲げヤング係数 E (スパン 300 cm として、3 等分点荷重により 2 kg ずつ 10 kg まで増し、たわみを荷重点間 80 cm の区間で測定し、荷重—たわみ関係の直線部分から E を計算した) を測定し、欠点により表面材と芯材に分け、さらにラミナの組合せをヤング係数によってきめた。

接着剤には尿素樹脂接着剤 (東洋高压製ユーロイド 120, 硬化剤として塩安 0.6% 添加) を用い、ローラー刷毛により接着する両面に、片面について約 1.5 g/100 cm² の割合で塗布し、圧縮圧力約 8 kg/cm² で 1 昼夜ボルトで圧縮した。夏季に製造したため、特別の加熱はしていない。

この集成材の構成、ヤング係数、比重およびそれを用いた母材 No. を表-3 に示す。集成材のヤング係数 E はそれを梁として $E=(\sum E_i I_i)/I$ により求めた。ここで $E_i I_i$ は集成材を構成するラミナの曲げ剛性、 I は集成材梁の断面二次モーメントである。

製造された集成材を縦方向に 2 分し、それぞれ幅 5 cm に仕上げる予定であったが、若干狭くなったものが多かった。

母材の剛性は前述の集成材の E と母材の断面二次モーメント I の積 EI によって求め、この EI によって山形ラーメンの変位の理論計算値を求めた。また山形ラーメン母材の曲げ強さの推定値 σ'_b もその集成材の E を基準とし、 $\sigma'_b = E \times 0.006$ によって求めた。この 0.006 は第 1 報および第 2 報のときと同じ値であって、エゾマツ無欠点材に適用される数値である。この試験に用いた程度の断面になれば、一般に欠点があらわれてくるので、 $\sigma_b/E = \varepsilon$ の値はこれより小さくなるが、ここでは接手効率の評価のため、いままでと同じ数値を用いることとした。母材の性質は表-4 に示すとおりである。この表にみられるようにヤング係数、比重ともエゾマツ材としては大きい値を示す。試験時の含水率は平均 10.8% (9.1~11.6%) であった。

3. ガセットの接着方法

母材とガセットとの接着は釘圧縮接着 (nail-gluing) 法によった。まず、接着する両面に尿素樹脂接着剤 (大日本インキ製プライアミン J-402 に硬化剤として塩安 0.8%, および粘度を高めるため大麦粉 1% 添加) を片面につき 1.5~2 g/100 cm² の割合で塗布し、両者を合わせ、接着面積 25 cm² 当り 1 本の割合の釘打ちによる圧縮を行なった。使用釘の長さはガセット板の厚さの約 3 倍とし、15 mm 合板には N 45 (長さ 45 mm, 径 2.41 mm), 12 mm 合板には N 38 (38 mm, 2.11 mm) とした。

4. 剛性試験の方法

図-2 に示すように 3 個のピン接合金具により組立てた山形ラーメン 2 連を 1 m 間隔で埋込みチャンネルの上に建てて、荷重点に母屋をかけ、これをとおして東京衡機製構造物負荷試験装置 (5 トン油圧ジャッキ 2 個使用) により荷重をかけた。変位測定位置は 1 連

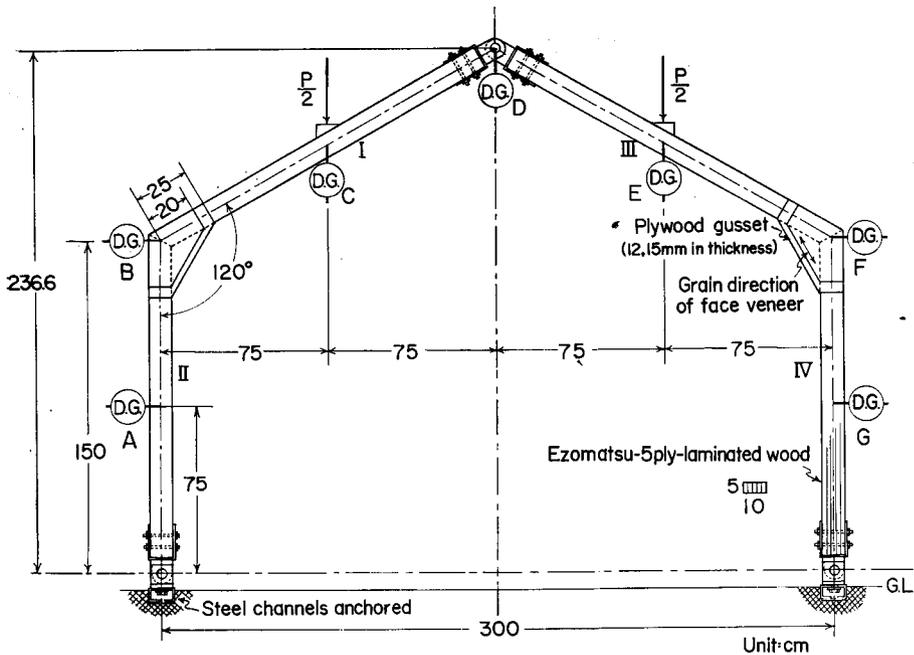


図-2 山形ラーメン試験体の寸法、荷重方法および変位測定位置

Fig. 2. Specimen details including loading and locations of dial gages (A~G) for measuring deflections. The specimen is a three-hinged gable frame with nail-glued double plywood gusset plates.

について7カ所 (垂直変位は頂点 D および荷重点 C, E で、水平変位は2材の交点 B, F および垂直材の中央 A, G) で、それぞれダイヤルゲージ (1/100 mm 精度、30 mm ストローク) により、荷重 50 kg ごと (一連について) に 600 kg まで5回繰返し測定した。表-5 に示す変位の実験値はこの荷重—変位関係における直線部分から求めたものについての A と G, B と F, C と E のそれぞれの平均値と D の値である。

5. 破壊試験の方法

剛性試験終了後、 A, G 2点を除く各変位測定位置に1 mm 目盛りの物差しをつけ、望遠鏡により荷重 100 kg ごとに破壊まで変位を測定した。1組のうち1個破壊後は他の残りとの組合せ、最後に3個残るまで破壊試験を行ない、接手効率を求めた。

結果および考察

1. 剛性試験結果

剛性試験の結果を表-5に示す。この表において、変位の実験値 (Exp.) については前述したが、計算値 (Cal.) はつぎのようにして求めた。

図-2に示すような荷重条件のときの M (曲げモーメント) 図、 Q (せん断力) 図およ

表—5 剛性試験結果
Table 5. Deflections of frames

Frame No.	Plywood gusset		Location of measuring deflection	Deflection δ (10^{-3} cm/100 kg)		$\frac{\text{Exp.}}{\text{Cal.}}$	Av. of $\frac{\text{Exp.}}{\text{Cal.}}$
	Thickness (mm)	Glued area (cm ²)		Exp.	Cal.		
1	12	20×10	Av. of A & G	154	166	0.93	0.93
			Av. of B & F	174	196	0.89	
			Av. of C & E	174	174	1.00	
			D	304	339	0.90	
2	12	20×10	Av. of A & G	158	184	0.86	0.87
			Av. of B & F	179	217	0.83	
			Av. of C & E	180	192	0.94	
			D	323	376	0.86	
3	12	25×10	Av. of A & G	147	169	0.87	0.82
			Av. of B & F	153	198	0.77	
			Av. of C & E	146	175	0.83	
			D	274	343	0.80	
4	12	25×10	Av. of A & G	147	162	0.91	0.87
			Av. of B & F	155	191	0.81	
			Av. of C & E	158	170	0.93	
			D	271	331	0.82	
5	15	20×10	Av. of A & G	161	179	0.90	0.92
			Av. of B & F	191	208	0.92	
			Av. of C & E	171	184	0.93	
			D	331	360	0.92	
6	15	20×10	Av. of A & G	146	165	0.89	0.90
			Av. of B & F	164	201	0.82	
			Av. of C & E	164	178	0.92	
			D	317	348	0.91	
7	15	25×10	Av. of A & G	152	168	0.91	0.81
			Av. of B & F	163	197	0.83	
			Av. of C & E	138	175	0.79	
			D	242	342	0.71	
8	15	25×10	Av. of A & G	137	168	0.82	0.78
			Av. of B & F	143	199	0.72	
			Av. of C & E	142	176	0.81	
			D	258	345	0.75	

(Remarks) Exp.: experimental value of elastic deflection, Cal.: theoretical value of elastic deflection, calculated from flexural rigidity of main members.

び N (軸方向力) 図はそれぞれ 図-3 に示すようになる。構造物の変位は一般に

$$\delta = \int \frac{M\bar{M}}{EI} ds + \int k \frac{Q\bar{Q}}{GA} ds + \int \frac{N\bar{N}}{EA} ds$$

として計算されるが、このばあい右辺第1項にくらべ、同第2および第3項の値は非常に小さいので、これを無視し、計算は第1項のみによった。すなわち、ここに試験した山形ラーメンについては

$$\delta = \int \frac{M\bar{M}}{EI} ds$$

によって変位を求めた。ここに \bar{M} は変位測定位置に $P=1$ の仮想荷重をかけたときの曲げモーメントで、各変位測定位置についての \bar{M} 図は 図-4 に示すようになる。上式による各位置における変位はつぎのように計算される。

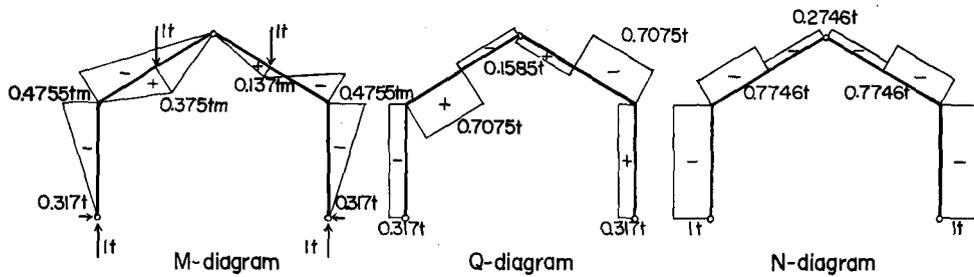


図-3 M, Q および N 図
Fig. 3. M, Q and N diagrams.

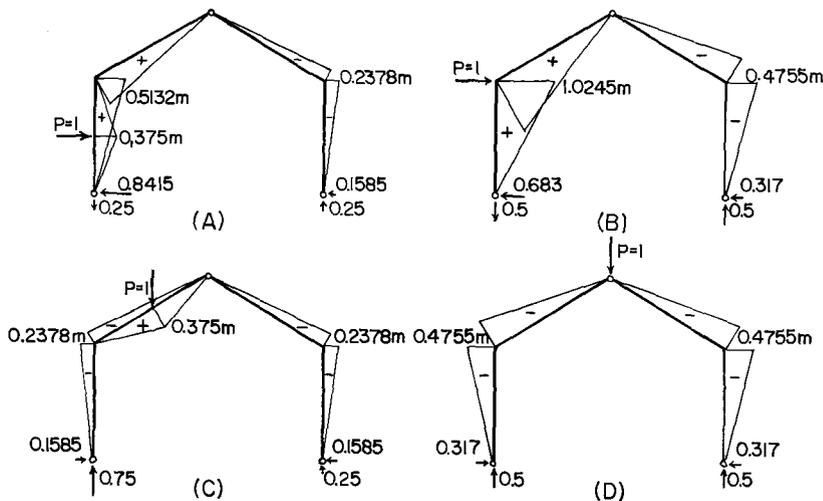


図-4 \bar{M} 図
Fig. 4. \bar{M} -diagrams.

A・G の平均

$$\delta_{A.G} = - \left(\frac{132.37}{EI_{II} + EI_{IV}} + \frac{30.90}{EI_I + EI_{III}} \right) P \times 10^3 \text{ cm}$$

B・F の平均

$$\delta_{B.F} = - \left(\frac{130.55}{EI_{II} + EI_{IV}} + \frac{61.60}{EI_I + EI_{III}} \right) P \times 10^3 \text{ cm}$$

C・E の平均

$$\delta_{C.E} = \left(\frac{113.10}{EI_{II} + EI_{IV}} + \frac{57.33}{EI_I + EI_{III}} \right) P \times 10^3 \text{ cm}$$

D

$$\delta_D = \left(\frac{226.14}{EI_{II} + EI_{IV}} + \frac{106.71}{EI_I + EI_{III}} \right) P \times 10^3 \text{ cm}$$

上式中(−)は変位の方向が $P=1$ の荷重方向と逆であることを示す。 $EI_I \sim EI_{IV}$ は一連のラーメンを構成する母材 I~IV の剛性である (図-2 参照)。

表-5 の剛性試験の結果をみると、変位の(実験値)/(計算値)の値は 0.71~1.00 で、実験値の方が計算値より小さい。したがって剛性試験の結果から、この合板ガセット接着法による構造接手効率率は充分といえる。また母材剛性からのラーメンの変位の計算が安全側でできることになる。またガセットの厚さが同一の場合は接着面積の大きい方が変位(実験値)が小さい。すなわち、一連のラーメンにおける変位の平均値についてみると、12 mm 合板のばあい、接着面積 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ のものでは $0.93 \cdot 0.87$ であるが、 $25 \times 10 \text{ cm}^2$ では $0.82 \cdot 0.87$ となり、15 mm 合板のばあいにはそれぞれ $0.92 \cdot 0.90$ および $0.81 \cdot 0.78$ となる。しかし、ガセットの厚さの違いによる変位の差は認められない。この結果から、接手効率を増すにはガセットの厚さを増すよりも面積を増す方が効果があるといえる。これは基礎試験(第1報)のばあいと同じ結果である。

2. 破壊試験結果

破壊試験において、前述のように山形ラーメンの B, D および F 点 (図-2 参照) に 1 mm 目盛りの物差をつけ、変位を 100 kg ごとに望遠鏡をつかって読んだが、このうち、破壊箇所 (B または F 点) の荷重-変位関係を 図-5 に示す。これは水平方向の変位である。この図についてみると、荷重が比較的小さいうちに、ガセットと母材との接着層におけるせん断破壊によったもの (1 B, 1 F, 2 B, 2 F など) では破壊寸前まで、その関係はほぼ直線的である。しかし母材の曲げ破壊またはガセットの破壊によったもの (5 F, 8 B, 9 B, 9 F, 10 F など) では、明らかにその関係において比例限度が認められ、これは母材の曲げ比例限度に相当すると考えられる。

破壊試験の結果を表-6 および 7 に示す。この表における記号は表-1 のばあいと同じ

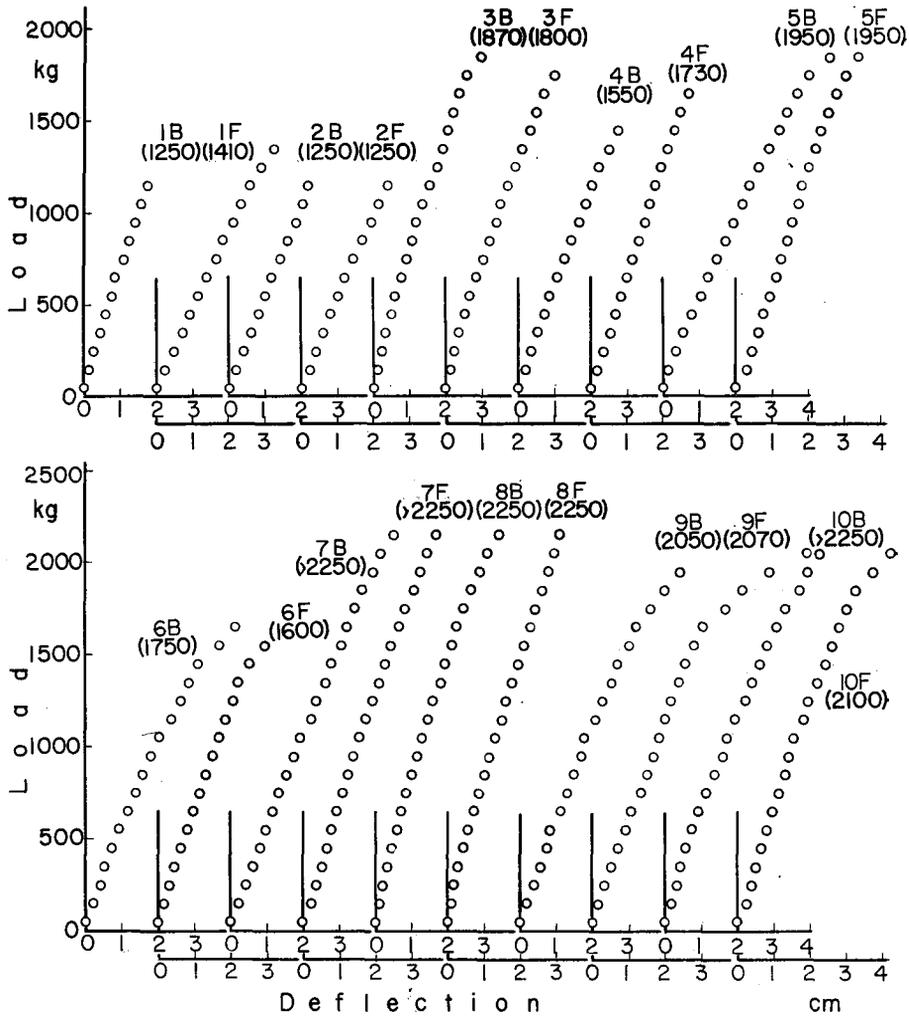


図-5 破壊箇所 (B または F 点) における荷重—変位関係図
() 内は破壊荷重 kg。

Fig. 5. Load-deflection relations at fractured location (B or F),
(): max. load in kg.

である。まず、ガセットが 12 mm 合板で、接着面積 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ のばあい (Frame Nos. 1 & 2) についてみると、接手効率 (M_{\max}/M') は 0.49~0.77 であまり大きくないが、母材の最大曲げ応力 (σ_b) は $360 \sim 414 \text{ kg/cm}^2$ で、エゾマツ上級構造材の $sf_b = 180 \text{ kg/cm}^2$ (短期許容応力度, 曲げ) の 2 倍以上の数値を示す。すなわち、 sf_b による設計ではこの接手においても安全といえる。またこのばあいの破壊形態はいずれも母材とガセット板との接着層のせん断破壊 (木破率 60~90%) であるので、接着面積が不足であると判断される。つぎに 12 mm 合板の接着面積 $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のもの (Frame Nos. 3 & 4) では接手効率は上

表—6 破壊試験結果

Frame No.	Member No.	Dimension of member		Z (cm ³)	E (10 ³ kg/cm ²)	σ'_b (kg/cm ²)
		b (cm)	h (cm)			
1	I	4.77	10.08	80.8	126	756
	II	4.78	10.06	80.6	110	660
1	III	4.77	10.12	81.4	110	660
	IV	4.78	10.15	82.0	126	756
2	I	4.79	10.17	82.6	113	678
	II	4.77	10.14	81.7	100	600
2	III	4.78	10.10	81.3	100	600
	IV	4.77	10.17	82.2	113	678
3	I	4.96	9.98	82.3	126	756
	II	4.95	9.98	82.2	118	708
3	III	4.92	10.03	82.5	119	712
	IV	4.89	9.99	81.3	116	696
4	I	4.96	9.95	81.8	118	708
	II	4.96	9.97	82.2	121	726
4	III	4.95	10.00	82.5	124	744
	IV	4.96	9.96	82.0	126	756
5	I'	4.49	10.00	74.8	113	678
	II'	4.48	10.00	74.7	100	600
5	III'	4.59	10.02	76.8	121	726
	IV'	4.60	10.01	76.8	126	756
6	I	4.96	9.99	82.5	113	678
	II	4.73	9.98	78.5	124	744
6	III	4.99	9.99	83.0	119	714
	IV	4.75	10.00	79.2	119	714
7	I'	4.76	9.92	78.1	126	756
	II'	4.76	9.92	78.1	113	678
7	III	4.96	10.00	82.7	121	726
	IV	4.92	10.00	82.0	124	744
8	I'	4.76	9.92	78.1	119	714
	II'	4.76	10.02	79.7	121	726
8	III	4.72	10.02	79.0	116	696
	IV	4.77	10.00	79.5	121	726

(Remarks) b : width, h : height, Z : section modulus, E : modulus of elasticity, σ'_b : calculated value of modulus of rupture, by $\sigma'_b = E \times 0.006$, M' : calculated value of max. bending moment, by $M' = \sigma'_b \cdot Z$, P_{\max} : max. load, M_{\max} :

Table 6. Strength of frames

M' (tm)	P_{\max} (kg)	M_{\max} (tm)	σ_b (kg/cm ²)	$\frac{M_{\max}}{M'}$	Type of fracture
0.609			368	0.49	
0.532	1250	0.297	369	0.56	Shear in glue line (W. F. 60%)
0.537			412	0.77	
0.620	1410	0.335	414	0.66	Shear in glue line (W. F. 90%)
0.559			360	0.53	
0.489	1250	0.297	364	0.61	Shear in glue line (W. F. 80%)
0.487			366	0.61	
0.556	1250	0.297	362	0.53	Shear in glue line (W. F. 90%)
0.623			540	0.71	
0.581	1870	0.445	541	0.76	Shear in glue line (W. F. 60%) and bending in gusset
0.587			519	0.73	
0.566	1800	0.428	526	0.76	Shear in glue line (W. F. 50%)
0.579			450	0.64	
0.597	1550	0.369	449	0.62	Shear in glue line (W. F. 70%) and shear in main member (I)
0.614			499	0.67	
0.620	1730	0.411	502	0.66	Shear in glue line (W. F. 50%)
0.508			620	0.91	
0.448	1950	0.464	610	1.04	Shear in glue line (W. F. 60%) and comp. failure in member (II)
0.558			604	0.83	
0.580	1950	0.464	604	0.80	Bending in main member (IV)
0.559			504	0.74	
0.585	1750	0.416	530	0.71	Shear in glue line (W. F. 70%)
0.592			458	0.64	
0.592	1600	0.380	481	0.64	Shear in glue line (W. F. 70%)
0.590			>685	>0.91	
0.530	>2250	>0.535	>685	>1.01	
0.600			>647	>0.89	
0.610	>2250	>0.535	>652	>0.88	
0.558			685	0.96	
0.578	2250	0.535	672	0.93	Bending in main member (II)
0.550			677	0.97	
0.577	2250	0.535	673	0.93	Shear in glue line (W. F. 40%)

experimental value of max. bending moment, σ_b : experimental value of modulus of rupture, W. F.: wood failure.

表-7 シナ合板ガセット試験体の破壊試験結果

Table 7. Strength of frames with glued Shina-plwood gusset plates

Frame No.	Member No.	Dimension of member		Z	E	σ_b
		b (cm)	h (cm)			
9	I	4.45	9.95	73.4	126	756
	II	4.45	9.98	73.9	110	660
9	III	4.30	10.00	71.7	110	660
	IV	4.30	9.99	71.5	126	756
10	I	4.53	9.96	74.9	116	696
	II	4.53	10.02	75.8	110	660
10	III	4.52	9.98	75.0	113	678
	IV	4.51	9.98	74.9	124	744

M'	P_{max}	M_{max}	σ_b	$\frac{M_{max}}{M'}$	Type of failure
(tm)	(kg)	(tm)	(kg/cm ²)		
0.555	2050	0.487	664	0.88	Bending in gusset plates
0.488			660	1.00	
0.473	2070	0.492	686	1.04	Bending in gusset plates and comp. in member (IV)
0.541			688	0.91	
0.521	>2250	>0.535	>714	>1.03	
0.500			>706	>1.07	
0.509	2100	0.499	666	0.98	Bending in member (IV)
0.557			667	0.90	

(Remarks) Thickness of gusset plates was 12 mm, and the plates with 20×10 cm² and 25×10 cm² in the glued area were used for Nos. 9 and 10 frames, respectively.

昇し、0.62~0.76 となり、 σ_b も 449~541 kg/cm² となる。このばあいの破壊形態は 20×10 cm² のときと同じく、母材とガセット板との接着層のせん断によるが、これにガセット板の曲げ破壊および母材のせん断破壊がともなうものもあられ、ガセット板の接手効率が上昇したことを示す。

15 mm 合板のばあい、まず接着面積 20×10 cm² のもの (Frame Nos. 5 & 6) では、接手効率は 0.64~1.04、 σ_b は 458~620 kg/cm² を示し、また母材の曲げ破壊によるものもあらわれた。このように前者より接手効率が上昇したように見えるが、母材の最大曲げモーメント M_{max} の値は 12 mm 合板の 25×10 cm² のばあいとほとんど同じであるので、母材の強度との比較の上で、接手効率が上昇したもので、接手としての耐力は前者とあまり変わらないといえる。このことはいままでに、ガセット板についてその厚さを増すよりも面積を増す方が効果があると述べてきたことと必ずしも一致しないが、ここに用いたガセット板の材料についてみると (表-2)、15 mm 合板の方が 12 mm 合板より、比重・ヤング係数

ともに高い。この材質の差が上述の結果となってあらわれたものと考えられる。15 mm 合板の接着面積 $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のもの (Frame Nos. 7 & 8) では接手効率は充分といえる。すなわち、全て破壊荷重は 2250 kg またはそれ以上で、接手効率は 0.88 以上、 σ_b は 647 kg/cm^2 以上を示す。

またガセット板としてのラワン合板との比較のために行なったシナ 12 mm 合板を用いたものの試験結果 (表-7) についてみると、接着面積 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ のもの (No. 9) では、接手効率は 0.88~1.04、 σ_b は $660 \sim 688 \text{ kg/cm}^2$ と非常に高い値を示し、同一面積のラワン 15 mm 合板以上の効率をもつ。しかし、その破壊形態はいずれもガセット板の曲げ破壊によるもので、面積の増大により接手効率の向上が期待される。すなわち、接着面積 $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のもの (No. 10) では1個は母材の曲げ破壊により、他は 2250 kg で破壊しなかった。この σ_b は 666 kg/cm^2 以上で接手としての効率は充分である。このようにシナ 12 mm 合板はガセットとしてラワン 15 mm 合板と同程度またはそれ以上の効率をもつといえる。

以上の結果から、ここに試験した山形ラーメンにおいては、接手としてのガセット板にはラワン 15 mm 合板またはシナ 12 mm 合板で接着面積 $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のものを用いれば、接手効率は充分といえる。

結 言

合板ガセット接着法による構造接手効率に関する研究の応用試験のひとつとして、実大に近い3鉸節山形ラーメンの大型試験体を作製し、剛性および破壊試験により接手効率を検討した。山形ラーメンの寸法はスパン 3 m、高さ 2.366 m、屋根の勾配 $1:\sqrt{3}$ とし、その母材には断面 10 cm (せい) \times 5 cm (幅) のエゾマツ 5 層集成材を用いた。ガセットにはラワン 12, 15 mm 合板およびシナ 12 mm 合板 (いずれも 5 層) の接着面積 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ (1 方の母材に対し) および $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のものを用い、釘圧縮による接着 (nail-gluing) を行なった。試験の結果はつぎのように要約される。

1) 剛性試験の結果、変位の実験値はいずれも母材剛性からの計算値より小さく、接手効率は充分であった。ガセットが大きくなると変位は減じたが、ガセットの厚さのちがいによる変位の差は認められなかった。

2) 破壊試験の結果、ガセットがラワン 12 mm 合板の接着面積 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ のものでは接手効率はやや不十分であったが、その他のものはほぼ満足すべき効率をもち、とくにラワン 15 mm およびシナ 12 mm 合板の $25 \times 10 \text{ cm}^2$ のものの接手効率は充分であった。

文 献

- 1) 宮島 寛：合板ガセット接着法による構造接手効率に関する研究 (第1報) シナ合板ガセットに関する基礎試験。北大演報, 25-1, 85-106, 1967.

- 2) 宮島 寛：合板ガセット接着法による構造接手効率に関する研究(第2報)合板ガセット接着法による門形ラーメンならびに方づえつきラーメンの剛性および強度. 北大演報, 26-1, 57-72, 1968.
- 3) 宮島 寛・藤井 毅：合板ガセット接着法による構造接手効率に関する研究(第3報)木造フィンクトラスの剛性と強度に対するガセット効果について. 北大演報, 26-1, 73-89 1968.

Summary

This paper reports an applied study on the efficient of joint with nail-glued plywood gusset plates by using large size specimens of three-hinged wood gable frames. The specimen details, loading and locations of dial gages for measuring deflections are shown in figure 2. In the specimen, main members were Ezomatsu (*Picea* sp.) 5-ply laminated wood. The member size was generally 10 (height) by 5 (width) cm. The gusset plate size was decided by the preliminary test shown in figure 1 and table 1. The gusset plates used were made from 5-ply lauan (*Shorea* sp.) plywood 12 and 15 mm in thickness, and 5-ply 12 mm Shina (*Tilia* sp.) plywood.

The gusset plate was glued to the main member using a kind of urea-formaldehyde resin under pressure of driven nails. The nails used were N 38 (38 mm in length and 2.11 mm in diameter) for 12 mm plywood and N 45 (45 mm and 2.41 mm) for 15 mm plywood, and the number of nails was one per 25 cm² of the glued area.

All structures were tested in pairs, and loads were applied by two hydraulic jacks with 5,000 kg capacity. For the stiffness test, the deflections were measured by dial gages (1/100 mm readings and 30 mm stroke) at 50 kg load increments until 600 kg loaded. This measurement was done five times and the average of deflection per 100 kg load increments was obtained. For the strength test, the deflections were measured by bamboo scales (1 mm readings) mounted at *B*, *D* and *F* points shown in figure 2 at 100 kg load increments until failure occurred.

The moisture content of the main members at time of test ranged from 9.1 to 11.6 percent with an average of 10.8 percent.

The test results are summarized as follows:

- 1) As shown in table 5, all experimental values of elastic deflections were smaller than the theoretical values calculated from the flexural rigidities (*EI*) of the main members. The experimental deflections of the frames with large size (25×10 cm² in glued area) gusset plates were smaller than that with small size (20×10 cm²) plates. The results of the stiffness test indicate that the glued joints had sufficient efficiency.

- 2) From the strength test of the frames, as shown in tables 6 and 7, it is concluded as follow: The efficient of the joints for Nos. 1 and 2 frames is slightly insufficient. The efficient for Nos. 3, 4, 5, 6 and 9 frames is almost sufficient and that for Nos. 7, 8 and 10 is perfect. The 12 mm Shina plywood can match the 15 mm lauan plywood in the strenth as the gusset plate.