

# 〈資 料〉

## 屋外ばくろ試験による集成材の接着耐候性評価 (第1報)

満名香織・和田 博

集成材の接着耐候性を評価するため、銅・アルキルアンモニウム化合物系またはアゾール化合物系防腐薬剤を加圧注入したスギラミナ及び無処理のスギラミナを接着して集成材を作製し、さらに木材保護塗料を塗布して、地上1mで屋外ばくろ試験を行った。1年後、保護塗料を塗布した試験体にはほとんどはくりは見られなかったが、塗布しなかった試験体は一部はくりが生じていた。また構造用集成材のJASに準じてブロックせん断試験を行ったところ、せん断強さや木部破断率に顕著な低下は認められなかった。

### 1. はじめに

近年、集成材は高い評価が得られるようになってきており、橋などの屋外構造物の主要構造材としても用いられ始めている。ところが、その耐候性については以前農林水産省林業試験場（現在の独立行政法人森林総合研究所）で行われた<sup>1,2)</sup>ほかには、ほとんど試験されていない。新しい接着剤が登場し、木橋など屋外使用が増加する中、集成材の信頼性を示すためにも耐候性試験を実施する必要がある。また防腐薬剤の加圧注入や、木材保護塗料の塗布の組み合わせにより、耐候性に差が生じると思われ、実態を把握する必要がある。

そこで、無処理もしくは防腐薬剤を注入したラミナと、2種類の接着剤を用いて集成材を作製し、屋外ばくろ試験を行った。用いた防腐薬剤のうち、銅・アルキルアンモニウム化合物系防腐薬剤（以下ACQ）は、効力が高い反面、クロムやヒ素を含み毒性も高いCCA系防腐薬剤の代替を目指すものである。また用いた接着剤のうち水性高分子イソシアネート系接着剤は、室内空気汚染の問題を解決するために開発された非ホルムアルデヒド系接着剤で、JASでは1992年に一部の構造用集成材への使用が認められた比較的新しい接着剤である。本報では、ばくろ後1年の結果を報告する。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 集成材の作製

集成材作製の工程を図1に示す。

搬入したラミナを天然乾燥、人工乾燥して、無処理のものはラミナの組み合わせを決定した後、プレナ加工を施して積層接着した。防腐薬剤を注入する場合には、防腐処理の効率を上げるため、ラミナに粗プレナ加工を施

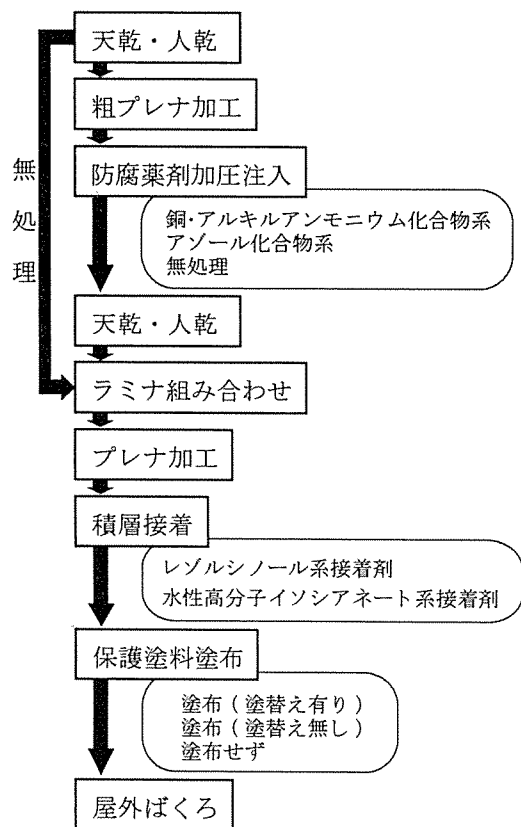


図1 集成材作製工程

して大きな幅反りを除去し、防腐薬剤を注入した<sup>3)</sup>。薬剤注入したラミナは再び天然乾燥、人工乾燥を行った後、組み合わせの決定、プレナ加工、積層接着を行った。また、作製した集成材は木材保護塗料を塗布するものとし、条件の組み合わせとばくろに供した試験体の本数を表1に示す。

各工程の詳細は以下に示すとおりであった。

#### 2.1.1 ラミナ

厚さ30mm、幅117mm、のスギラミナを使用した。長

表1 ばくろ集成材の種類と本数

接着剤	防腐薬剤	保護塗料		ばくろ集成材本数
		塗布	塗替 <sup>a)</sup>	
レゾルシノール系	銅・アルキルアンモニウム化合物 (ACQ)	有	有	3
		有	無	3
		無	—	2
	アゾール・有機リン系 (AZP)	有	有	3
		有	無	3
		無	—	2
無処理	有	有	2	
	無	—	2	
	有	有	2	
水性高分子 イソシアネート系	銅・アルキルアンモニウム化合物 (ACQ)	有	有	3
		有	無	3
		無	—	2
	アゾール・有機リン系 (AZP)	有	有	3
		有	無	3
		無	—	2
無処理	有	有	2	
	無	—	2	

a)：今回の結果では、塗り替えの有無による区別は行わなかった。

さについては、防腐薬剤注入管の大きさ等から制限を受け、ACQを注入したラミナは長さ3 m、AZPを注入したものは2 m、無処理は1 mであった。ラミナ枚数はそれぞれ、80枚、120枚、120枚であった。粗プレナ加工ではラミナ厚さを27mm程度とし、防腐薬剤加圧注入を行った。

#### 2.1.2 防腐薬剤加圧注入

防腐処理を全く行わずに屋外ばくろを行った場合、接着層が劣化する前にラミナの劣化が起こる。これを防止するため防腐薬剤を加圧注入した。このとき防腐処理の有無や防腐薬剤の種類による耐候性の差異を調査するため、2種の防腐薬剤、ACQ、またはシプロコナゾールとプロベタンホスを主成分とするAZPを用いた。

防腐薬剤の加圧注入は、ラミナではなく集成材に対して行う場合も多いが、今回は割れが発生しても防腐効果がより高いと考えられるラミナへの加圧注入<sup>3)</sup>とした。

防腐薬剤注入量は、ACQ注入ラミナについては、溶解した水を含む薬液注入量の平均値が535kg/m<sup>3</sup>、標準偏差が60.5kg/m<sup>3</sup>で、溶解前のACQ原液としては、平均値が32kg/m<sup>3</sup>、標準偏差が3.6kg/m<sup>3</sup>であった。AZPについては薬液注入量の平均値が437kg/m<sup>3</sup>、標準偏差が94kg/m<sup>3</sup>で、シプロコナゾールとしては平均値0.066kg/m<sup>3</sup>、標準偏差0.014、プロベタンホスとして平均値0.044kg/m<sup>3</sup>、標準偏差0.009kg/m<sup>3</sup>であった。

表2 密度

	ラミナ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	集成材密度 (g/cm <sup>3</sup> )
ACQ	0.31~0.56	0.32~0.51
AZP	0.29~0.52	0.31~0.49
無処理	0.29~0.52	0.31~0.50

#### 2.1.3 接着

レゾルシノール系接着剤および水性高分子イソシアネート系接着剤の2種を使用した。接着性能は密度の影響を受けるので、その影響についても調査するため、ラミナを2度目の乾燥後の密度をもとに、密度の大きなものから小さなものへ順に5枚ずつ組み合わせていき、密度の大きな集成材から小さな集成材までができるようにした。ラミナの密度と、そのラミナ密度から計算された集成材の密度を表2に示す。

次にプレナ加工でラミナ厚さを、ACQ注入ラミナでは23.5mm、AZP注入ラミナおよび無処理ラミナでは21mmに調整し、5プライ集成材を2種の接着剤に32体ずつ、計64体作製した。薬剤処理別には、ACQ、AZP、無処理がそれぞれ16体、24体、24体であった。ラミナ長さが異なっていたことから、これら作製された集成材の

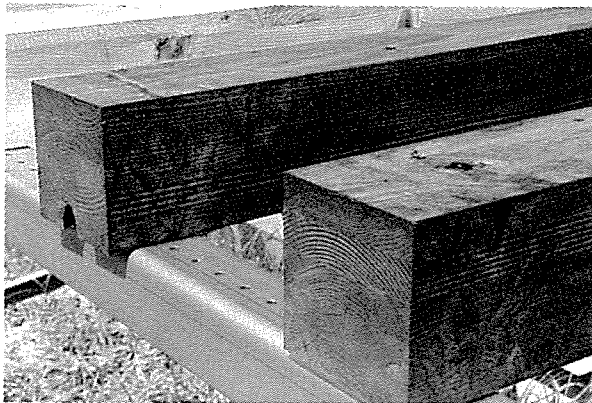


図2 保護塗料塗布集成材

長さも異なっていたので、ばくろ集成材の長さをACQおよびAZP集成材は120cm、無処理集成材は100cmとし、これらの中からACQおよびAZPの集成材は16体ずつ、無処理集成材は8体をばくろ試験に供した。その他の集成材は、初期値測定および実験室的な劣化促進試験等の供試材とした。この劣化促進試験は本報では扱わないが、今後ばくろ試験結果との対応を検討する予定である。

2.1.4 木材保護塗料塗布

木材保護塗料の影響についても調査するため、ばくろに供した集成材表面に浸透性の木材保護塗料（株式会社コシイプレザービング製ステンプルーフ、色調はチークブラウン）を2度塗りにより塗布した（図2）。対照として塗布しないものを用意した。保護塗料は表面劣化が進行しないうちに、塗り替えを必要とする。試験設定では塗り替え区を設けているが、調査以前に塗り替えを実施しなかったため、今回の結果では、塗り替えの有無による区別はつかなかった。

2.2 屋外ばくろ

南に面した日照の障害物がない場所で、地上1mのばくろ台に、作製した集成材を材軸が南北、接着層が水平になるように設置した（図3）。

試験片は調査の度に集成材南端部より木口際5cmを廃棄して順次採取していく方法を使った。この方法は、同一集成材から試験片採取が可能となるのが長所であるが、木口からの劣化の影響を受けやすい。そのため、ば

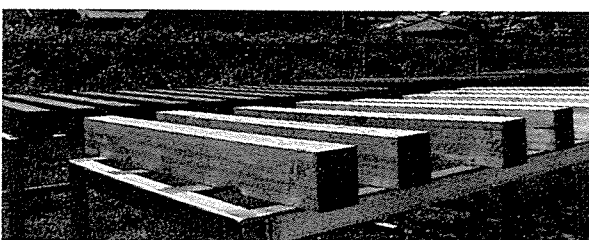


図3 屋外ばくろ

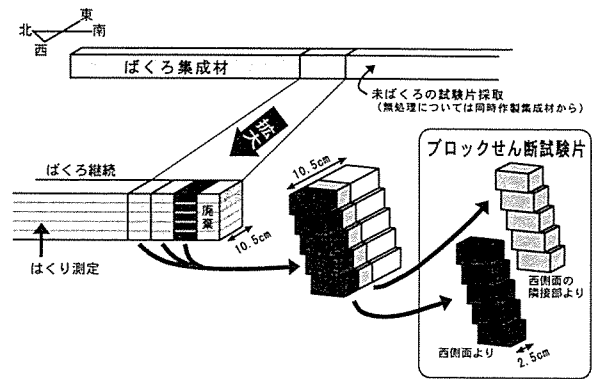


図4 試験片採取方法

くろ試験を行った全集成材の両木口にも木材保護塗料を2度塗りにより塗布した。また、試験片採取後にも、新しい木口に塗料を塗布した。

2.3 集成材側面に出現するはくり測定

ばくろ後1年で、集成材の東西両側面の繊維方向のはくりを目視により測定した。はくり率は以下の式によって求めた。

$$\text{はくり率 (\%)} = (\text{はくり長さ} / \text{接着層長さ}) \times 100$$

2.4 ブロックせん断試験

ばくろ集成材から、図4に示すようにブロックせん断試験の試験片を採取した。木口からの劣化の影響を抑えるため集成材の南側木口端部から5cm北側へ離し、西の側面部分から北側へ連続して3箇所、およびその幅方向の隣接部からそれぞれ3箇所、計6箇所から階段型の試験片を採取した。接着層数は、原則として集成材1体につき西側面12層、その隣接部12層の計24層となった。試験方法は構造用集成材のJASに準じ、せん断強さと木部破断率を測定した。

また、ばくろ試験に供したものと同一の集成材からブロックせん断試験片を採取し初期値を求めた。防腐薬剤を注入していない集成材の試験片は集成材の長さが短く、同じ集成材からの採取が困難であったため、同時に作製した集成材から採取した。

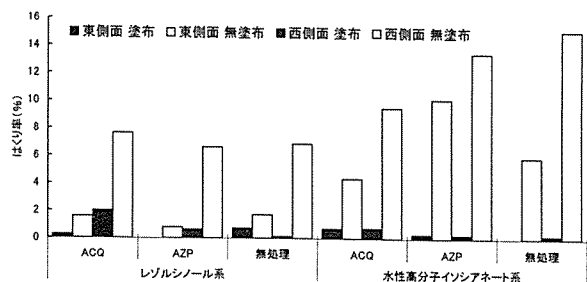


図5 側面のはくり測定結果

表3 ばくろ前ブロックせん断試験結果

		レゾルシノール系接着剤						水性高分子イソシアネート系接着剤					
		ACQ		AZP		無処理		ACQ		AZP		無処理	
		西 <sup>a)</sup>	隣 <sup>b)</sup>	西	隣	西	隣	西	隣	西	隣	西	隣
せん断強さ (N/mm <sup>2</sup> )	平均値	8.3	8.9	9.0	9.1	8.7	8.6	8.5	8.7	8.6	8.7	8.3	8.2
	標準偏差	1.7	1.8	1.4	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	1.2	1.5	1.3	1.3
木部破断率 (%)	平均値	96	99	98	98	97	98	100	100	100	100	100	100
	標準偏差	8	2	5	6	4	7	0	0	0	0	0	0
試験時含水率 (%)		13.6	13.8	14.2	12.2	14	14.1	13.3	13.6	14.2	12.1	14.4	15.3
測定接着層数 <sup>c)</sup>		87	92	95	96	47	48	94	95	96	94	48	48
せん断強さJAS規定値以上数		84	90	95	96	47	47	92	91	96	92	46	48
木部破断率JAS規定値以上数 (計画接着層数 <sup>d)</sup> )		85	92	94	95	47	47	94	95	96	94	48	48
		(96)	(96)	(96)	(96)	(48)	(48)	(96)	(96)	(96)	(96)	(48)	(48)

a) : 集成材の西側面より採取した試験片    b) : 西側面試験片の隣接部より採取した試験片  
c) : 実際に測定した接着層数    d) : 測定が計画された接着層数

表4 ばくろ1年ブロックせん断試験結果

		レゾルシノール系接着剤						水性高分子イソシアネート系接着剤					
		ACQ		AZP		無処理		ACQ		AZP		無処理	
		西 <sup>a)</sup>	隣 <sup>b)</sup>	西	隣	西	隣	西	隣	西	隣	西	隣
塗 料	せん断強さ (N/mm <sup>2</sup> )	8.5	8.5	8.8	8.7	9.6	9.2	8.8	8.7	8.8	8.7	8.9	8.0
	標準偏差	1.8	2.1	2.2	1.6	1.4	1.5	1.2	1.7	1.5	1.7	1.2	1.7
塗 布	木部破断率 (%)	96	98	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100
	標準偏差	7	3	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0
試験時含水率 (%)		12.4	13.1	10.8	13.7	13.2	13.4	12.1	12.9	12.2	12.8	13.2	13.2
測定接着層数 <sup>c)</sup>		70	72	72	72	22	24	72	72	70	72	24	24
せん断強さJAS規定値以上数		67	69	68	70	22	24	72	69	70	68	24	22
木部破断率JAS規定値以上数 (原則接着層数 <sup>d)</sup> )		69	72	72	72	22	24	72	72	70	68	24	22
		(72)	(72)	(72)	(72)	(24)	(24)	(72)	(72)	(72)	(72)	(24)	(24)
塗 料	せん断強さ (N/mm <sup>2</sup> )	8.2	8.3	8.3	8.1	9.6	9.7	7.7	7.9	7.5	7.9	8.5	8.1
	標準偏差	0.9	1.1	1.1	1.3	0.7	1.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	2.0
塗 布	木部破断率 (%)	98	99	97	97	99	99	100	100	100	100	99	100
	標準偏差	3	2	8	5	2	3	0	0	0	0	2	0
試験時含水率 (%)		12.6	13.5	10.8	13.9	13.6	13.9	13.6	12.4	12.4	11.7	13.8	13.9
測定接着層数 <sup>c)</sup>		23	24	22	23	24	24	24	24	23	24	23	23
せん断強さJAS規定値以上数		23	23	22	22	24	24	22	23	21	22	22	21
木部破断率JAS規定値以上数 (計画接着層数 <sup>d)</sup> )		23	24	22	23	24	24	24	24	23	24	23	23
		(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)	(24)

a) : 集成材の西側面より採取した試験片    b) : 西側面試験片の隣接部より採取した試験片  
c) : 実際に測定した接着層数    d) : 測定が計画された接着層数

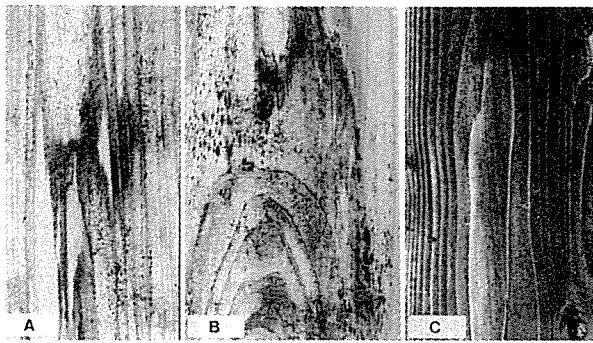


図6 ばくろ集成材裏面

(A:AZP無塗布、B:無処理 無塗布、C:無処理 保護塗料塗布)

### 3. 結果と考察

#### 3.1 集成材側面に出現するはくり測定

目視による側面のはくり測定結果を図5に示す。レゾルシノール系接着剤を使用した集成材については、東側面では、防腐薬剤の種類、塗料の有無にかかわらずはくり率は2%以下、西側面も塗布したものは2%以下であったが、西側面の塗料を塗布しなかった場合はくり率は6~8%であった。水性高分子イソシアネート系接着剤では防腐薬剤の種類によらず塗料を塗布したものは東西ともに1%以下であったが、塗布しなかったものは、大きなはくりを生じていた。また塗布しなかった試験体では東より西側面のはくり率の方が高かった。

図6に、ばくろ後1年を経た集成材の裏面を示す。保護塗料を塗布しなかった試験体では、紫外線劣化は少ないものの、部分的にカビが発生し、著しく美観を損ねていた。ACQを注入した試験体におけるカビの発生は、AZP、無処理に比べて軽微であった。

#### 3.2 ブロックせん断試験

ブロックせん断試験について、ばくろ前の初期値の結果を表3、1年目の結果を表4に示す。この表3、表4における平均値は密度については考慮せず、接着剤、防腐薬剤、保護塗料の条件の組み合わせ別に算出した。平均値の元となった測定値数が大きく異なるので、参考のため同表に、JAS基準に適合した数とともにそれぞれ記した。構造用集成材のJASにおけるブロックせん断試験の規定は、「試験片の90%以上が、せん断強さ $5.3N/mm^2$ 以上、木部破断率70%以上を有すること」というものである。表3ではばくろ前にもかかわらず「西」とあるのは、ばくろされた集成材の西面と同一側面から採取したという意味である。無処理については、ばくろに供した集成材と同一集成材からの採取ではないが、集成材の一方の

側面を西面と仮定した。

表3、表4のブロックせん断試験の結果から分かるように、保護塗料を塗布した集成材については、接着剤の種類、防腐処理の有無にかかわらず、初期値と比較して顕著な劣化は見られなかった。直接日射があり風雨にさらされる西面の方が、その隣接部より劣化が大きいと予想していたが、試験片の採取部位による差も見られなかった。

また表4で、保護塗料の有無に注目してそれ以外の試験条件別に比較すると、保護塗料を塗布しなかったものは、塗布したものよりせん断強さが若干低いという傾向があり、特に水性高分子イソシアネート系の西側面においてその傾向が強かった。これは保護塗料の効果であり、図5のはくり測定の結果とも対応しているという可能性がある一方、薬剤無処理の条件においては、レゾルシノール系、水性高分子イソシアネート系ともに塗布しなかった方がせん断強さが大きいという結果になった。屋外ばくろ試験は今後数年間継続されるので、その結果を待ちたい。薬剤無処理の条件の一部の試験体でばくろ1年後より初期値の方がせん断強さが低いという結果になっているが、これは初期値に用いた集成材の密度が対応するばくろした集成材の密度より小さかったことが影響していると考えられる。

### 謝辞

当試験を実施するに当たり、ACQを注入していただきました越井木材工業株式会社、またAZPを注入、および木材保護塗料をご提供下さいました株式会社コシイブレザービングに厚く感謝いたします。

### 引用文献

- 1) 菅野 衰作, 森屋 和美: エゾマツ集成材の耐候性. 木材工業. 38 (11), 530-533 (1983)
- 2) 宮武 敦, 藤井 毅, 林 知行: 集成材の接着耐久性: 屋外暴露した集成材の接着性能低下. 第44回日本木材学会大会研究発表要旨集. 414 (1994)
- 3) 満名ほか: 防腐薬剤を加圧注入したラミナを用いた集成材の土台としての適正評価 (第1報): 3, 4, 5 プライ防腐処理集成材の材質と接着性能. 奈良県林試木材加工資料. 29, 34-40 (2000)

(2002年12月2日受理)