

資 料

家具・木工品の組み立てに用いられる接着剤の性能評価

河村 進*

1. 目 的

家具や木工品の組み立てに際して、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤が幅広く用いられている。本接着剤は水で希釈して利用することが可能である。また、接着剤表面の乾燥を防ぐことで可使時間が無限となることから作業性に優れ、量産工場だけでなく小規模な事業所においても多用される。しかし耐水性や耐熱性に乏しく、それらを要求される造作部材の接合における代替策が模索されてきた。

耐水性や耐熱性を向上させた接着剤の一例として、家具用パネルやフローリング製作における突き板と合板との接着や椅子などの部材接合に際して、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤に尿素樹脂を混合したり、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤に尿素・メラミン共縮合樹脂を混合した複合型接着剤などがある。しかし、尿素樹脂やメラミン樹脂からは人体に有害なホルムアルデヒドが遊離する問題があり、近年では非ホルムアルデヒド系接着剤への置き換えが進められている。量産工場においては有機溶剤を含有せず、ホルムアルデヒドの放散もないホットメルト型接着剤（以下 EVA と略す）も利用されるが、塗布時に加熱装置が必要となることや、耐熱性に乏しい欠点がある。耐熱性を改良したウレタン変性の熱硬化型耐熱性ホットメルト接着剤も開発されているが、島根県内に点在する小規模な事業所においては接着剤の年間使用量が少なく、接着作業に利用できる設備にも限りがあるため、量産工場に特化した接着剤や接着方法の適用は困難となっている。

今回家具・木工品の組み立てに利用可能な接着剤の選定、および接着剤の耐水性や耐熱性に関して技術相談が寄せられたことから、既往の文献¹⁾に記載された接着剤、および最近小規模な事業所において利用されるようになった接着剤に関して、さまざまな条件における接着性能評価を行い、適用に関する留意点について調査を行った。

2. 方 法

2.1. 試験体の作製

本研究において評価対象とした接着剤を表1に、木材の組み合わせ、養生条件、および水浸処理条件を表2に、接

着せん断試験に供した各シリーズの試験体数を表3に示した。本研究では表3に－で示したシリーズを除くすべてのシリーズで試験体を3体作製したが、水浸処理によって接着層がはく離して失われたため、接着せん断試験を行った試験体数はシリーズごとに異なる。

本研究では接着性能の評価に際して JIS K 6852²⁾ および集成材の日本農林規格（以下 JAS）³⁾ が規定する形状の接着せん断試験体を用いた。使用する樹種については、家具・木工品に多用されるシナ、ポプラ、および合板製造に用いられる単板の繊維方向を揃えて接着した木質材料である単板積層材（以下 LVL と略す）を選定して、シナ材同士を接着した試験体、ポプラ材同士を接着した試験体、およびシナ材をカラマツ構造用 LVL の接着積層面に接着した試験体を作製した。シナ材 LVL の試験体については、LVL を芯材として、製品表層側にシナ合板を接着したフラッシュパネルの製作を想定したものである。水や温熱環境による木材の強度低下を考慮するため、シナ材あるいはポプラ材、および LVL を接着せん断試験体と同じ形状で接着層を有しない形状に加工したものを用いて、母材のせん断試験も行った。なお、接着せん断試験片を構成する2個の木片を試験体の寸法に切断してから接着作業を行うと、作業中に接着面がずれて接着片相互の平行度が確保されない可能性があった。そこで、本研究に際しては図1に示すように貼り合わせ大板を作製した後で、接着せん断試験体の形状に切断する手順により試験体を作製した。

接着剤については、家具・木工品の組み立てに用いられる接着剤として文献¹⁾に記載された各種接着剤に加えて、湿気硬化型ウレタン樹脂接着剤（G）について評価を行った。また、文献¹⁾には「にかわ」がかつて接着剤として使われていたこと、にかわの高純度品が食用ゼラチンとして利用されているとの記載があることから、本研究では食用ゼラチン（E）を評価に加えた。

接着作業には以下の手順で行った。①各接着剤の塗布手順に従って室温で被着物両面に接着剤を塗布して貼り合わせ大板を作成した。②接着剤を硬化させる際に、ハンドプレス機（アズワン製、AH-2001）を用いて圧縮圧 0.5 ～ 1MPa で貼り合わせ大板を保持（養生条件1）、または貼り合わせ大板を輪ゴムで固定した状態（養生条件0）での養生を行った。養生時間はいずれも室温で24時間以上とした。

* 木質材料科

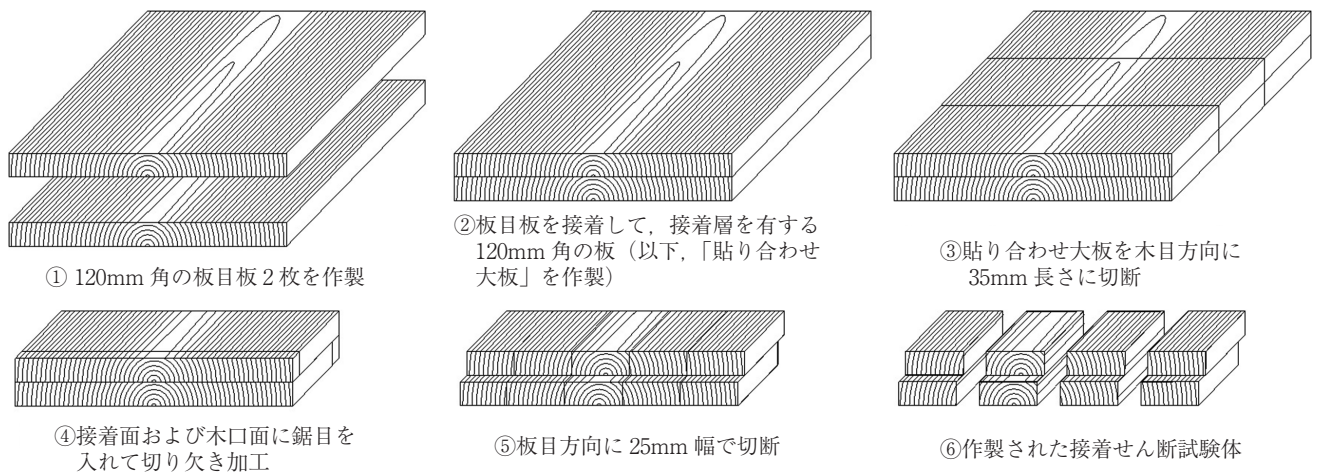


図 1 接着せん断試験体の作製手順

表 1 評価対象とした接着剤

記号	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I
接着剤	接着層なし	酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤	水性高分子—イソシアネート樹脂接着剤	シアノアクリレート系接着剤	α-オレフィン・無水マレイン酸共縮合樹脂接着剤	食用ゼラチン	合成ゴム系接着剤	湿気硬化型ウレタン樹脂接着剤	EVA	エポキシ樹脂接着剤

表 2 評価対象とした木材の組み合わせ、養生条件、水浸処理条件

記号	S	P	L	
木材の組み合わせ	シナーシナ	ポプラーポプラ	シナーカラムツ LVL	
記号	1	0		
養生条件	ハンドプレス機で圧縮	輪ゴムで固定		
記号	0	b	d	e
水浸処理条件	常態	23℃ × 72 時間	60℃ × 3 時間	98℃ × 72 時間

※本研究では、試験体シリーズを表 1、および表 2 に記載した記号とを組み合わせで表記する。
(命名例) AS0b (酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤, シナーシナ, 輪ゴムで固定, 23℃×72 時間水浸処理)

表 3 接着せん断試験に供した各シリーズの試験体数

木材の組み合わせ		S								P								L							
		1				0				1				0				1				0			
養生条件																									
水浸処理条件		0	b	d	e	0	b	d	e	0	b	d	e	0	b	d	e	0	b	d	e	0	b	d	e
接着剤	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	A	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	3	3	0	3	3	3	1
	B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3
	C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3
	D	3	0	3	0	—	—	—	—	3	0	3	3	—	—	—	—	3	2	3	0	—	—	—	—
	E	3	3	0	0	—	—	—	—	3	0	0	0	—	—	—	—	3	0	0	0	—	—	—	—
	F	3	3	3	0	—	—	—	—	3	3	3	0	—	—	—	—	3	3	3	0	—	—	—	—
	G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3
	H	3	3	0	0	—	—	—	—	3	3	0	0	—	—	—	—	3	3	0	0	—	—	—	—
	I	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3

2.2. 試験体の水浸処理

多様な条件の試験体を迅速に評価するため、本研究においては JIS K 6857⁴⁾ に規定されている処理条件の中から b (23℃×72 時間)、d (60℃×3 時間)、e (98℃×72 時間) を適用して、濡れたままで試験を行う方法を選択した。また、処理条件 b、e については 24 時間毎に試験体を取り出し、試験体の接着状態を確認した。水浸処理が終了した試験体を、速やかに接着せん断試験に供した。

2.3. 接着せん断試験

接着せん断試験は JIS K 6852²⁾ に従って行い、最大荷重を接着断面積で除した接着せん断強さを算出するとともに、木部破断率を 10% 単位で記録した。2.1 でも述べたように、今回の試験では接着せん断試験に先立って行った水浸処理によって接着層がはく離したため、シリーズによって試験体数が異なる。シリーズ間の結果を比較するため、本研究では以下の手順により平均および標準偏差を算出した。①3 体の試験を行ったシリーズについては通常のデータ処理、すなわち 3 体の数値から平均および標準偏差を算出した。②2 個の試験体で行ったシリーズについては、試験が行えなかった 1 試験体の接着せん断強さおよび木部破断率を 0 とみなして 3 体の平均および標準偏差を算出した。③試験体数が 1 個以下となったシリーズについては、得られた結果にかかわらず接着せん断強さおよび木部破断率を 0 とした。

3. 結 果

3.1. プレス圧縮・常態における接着性能

プレス圧縮により作製した試験体の常態接着せん断強さを比較した結果を図 2 に、木部破断率を図 3 に示した。ポプラ材同士を接着した試験体においては、接着層がない試験体を上回るせん断強さを示した接着剤も見られたが、これは木材強度のばらつきに起因すると考えられる。また、接着剤 F、H 以外を用いた試験体では木部が多く破断しており、本研究で接着した木材の組み合わせにおいて、常態においては十分な接着性能を有すると考えられる。なお、県内木工現場においても接着剤 F、H が活用される中で、接着剤 F の接着性能は十分とはいえないと認識されていることが、本研究においても数値として示された。

接着剤として販売されたものでないにもかかわらず、常態下において接着剤 E は他の接着剤と同等の接着性能を有することが示された。現在にかわは接着剤としての利用はほとんどなくなったが、動物由来の天然高分子材料という位置づけを生かした環境配慮型接着剤として今後の研究開発も期待される。

3.2. 養生条件を変えた接着性能

ハンドプレス機を用いて圧縮した試験体と、輪ゴムで固定して養生した試験体を比較した結果を図 4 に、木部破断率を図 5 に示した。多くの接着剤において、輪ゴムで固定

して養生した試験体では接着せん断強さや木部破断率が低下し、接着層の凝集破壊が生じた。また、接着剤 G を用いた試験体では接着せん断強さが著しく低下した。デジタルマイクロスコープ（キーエンス製、VHX-5000）を用いて破断面を観察したところ、接着剤 B や G を用いた試験体では図 6 に示すように接着層が発泡しているのが確認された。特に、接着剤 G では接着面全体が発泡体で白く覆われていた。ハンドプレスを用いて養生した試験体では発泡が確認されなかったことから、すき間が生ずると発泡が生じて接着層がはく離しやすくなり、強度が低下したことが考えられる。接着剤 A についても、輪ゴムで固定して養生した試験体では接着せん断強さの平均値が低下するだけでなく、強度のばらつきが大きくなった。溶媒として水分を含有する接着剤 A、B では、養生時の圧縮圧が低い場合は木材が反りを生じて、接着面に開きが生じたことも考えられる。

以上の結果より、養生時の圧縮圧は接着性能に大きな影響を及ぼす因子であり、その影響は接着剤や接着対象物によっても異なることが明らかとなった。ここで参考となる事例として、建築現場においては根太の上に床板を釘打ちやビス留めした工法において、歩行時に接合部がずれて床がたわんだり床鳴りが生じたりするのを防止するため、根太と床板とを一体化させる目的で湿気硬化型一液性ウレタン系接着剤が使われる。材料が反ったり釘打ちによる圧縮が不十分になったりすると、すき間が開いた状態で接着されて接着性能が低下する可能性があるため、JIS A 5550⁵⁾ においては接合面に径 1.6mm の鋼線を挟んだ状態ですき間を空けて接着剤を硬化させたものを用いた強度性能評価を行い、そのときの性能基準について規格化されている。

本研究で用いた接着剤 G も湿気硬化型一液性ウレタン系接着剤であるが、家具製作においても圧縮が不十分な状況での接着は起こりうるので、圧縮が困難な状況における接着剤の選定は重要と考えられる。

3.3. 水浸処理による接着性能

水浸処理を行ったときの、各接着剤の試験体総数の残存率の推移を図 7 に示した。なお、1 つの接着剤に対する木材と養生条件の組み合わせ（3 通りまたは 5 通り）について 3 体作製したので、初期試験体の総数は接着剤 A、B、C、G、I では 15、接着剤 D、E、F、H では 9 である。

この図に記載していない接着剤 B、C、G、I については、いずれの水浸処理条件によっても接着層のはく離は生じなかった。また、接着剤 D、E では 23℃ 水浸処理によっても接着層のはく離が生じたのに対して、接着剤 A、F、H について、23℃ 水浸処理では接着層のはく離が生じなかったことから、後者の接着剤は高温で水浸処理を行ったことによってもはく離を誘発したと考えられる。

なお、本研究に用いた LVL の製造にはフェノール樹脂接着剤が用いられている。今回行ったいずれの水浸処理に

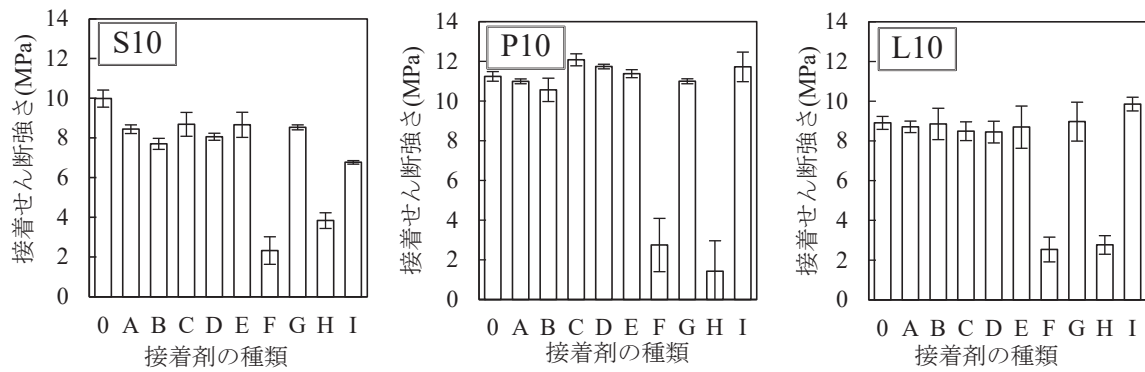


図2 プレス圧縮により作製した試験体の常態接着せん断強さ

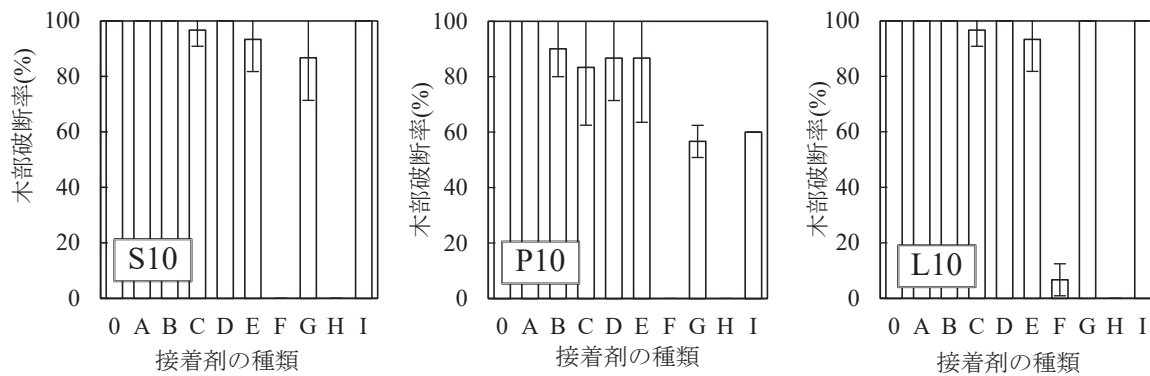


図3 プレス圧縮により作製した試験体の、常態接着せん断試験における木部破断率

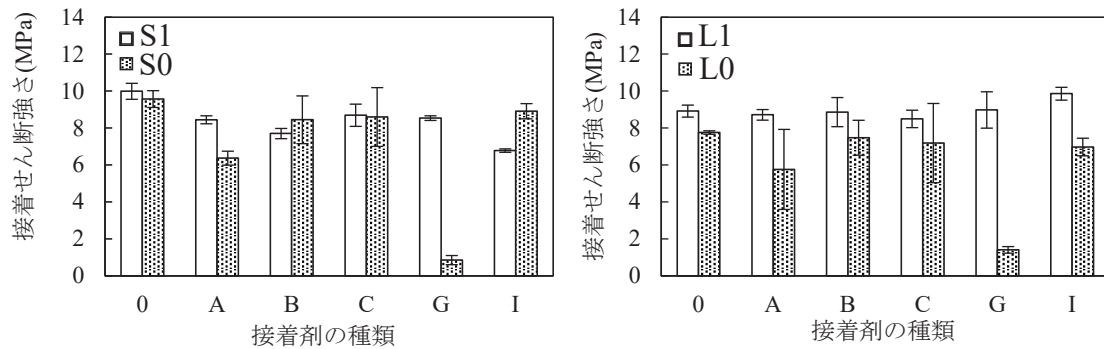


図4 養生条件を変えた試験体の常態接着せん断強さ

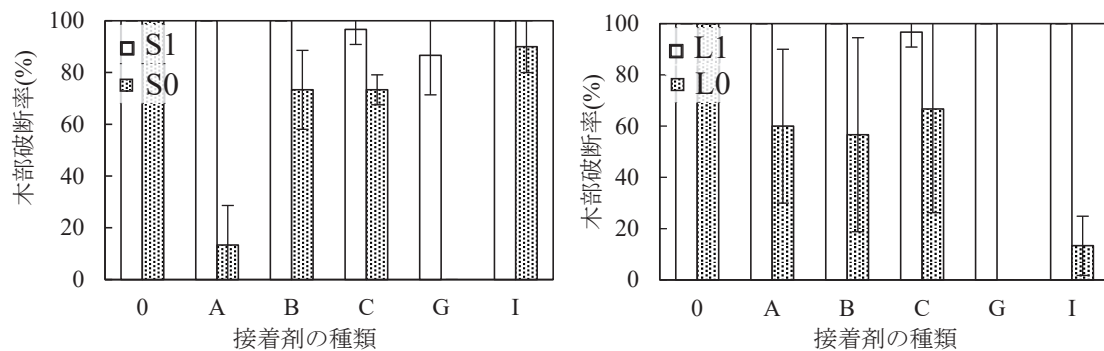


図5 養生条件を変えた試験体の木部破断率 (常態)

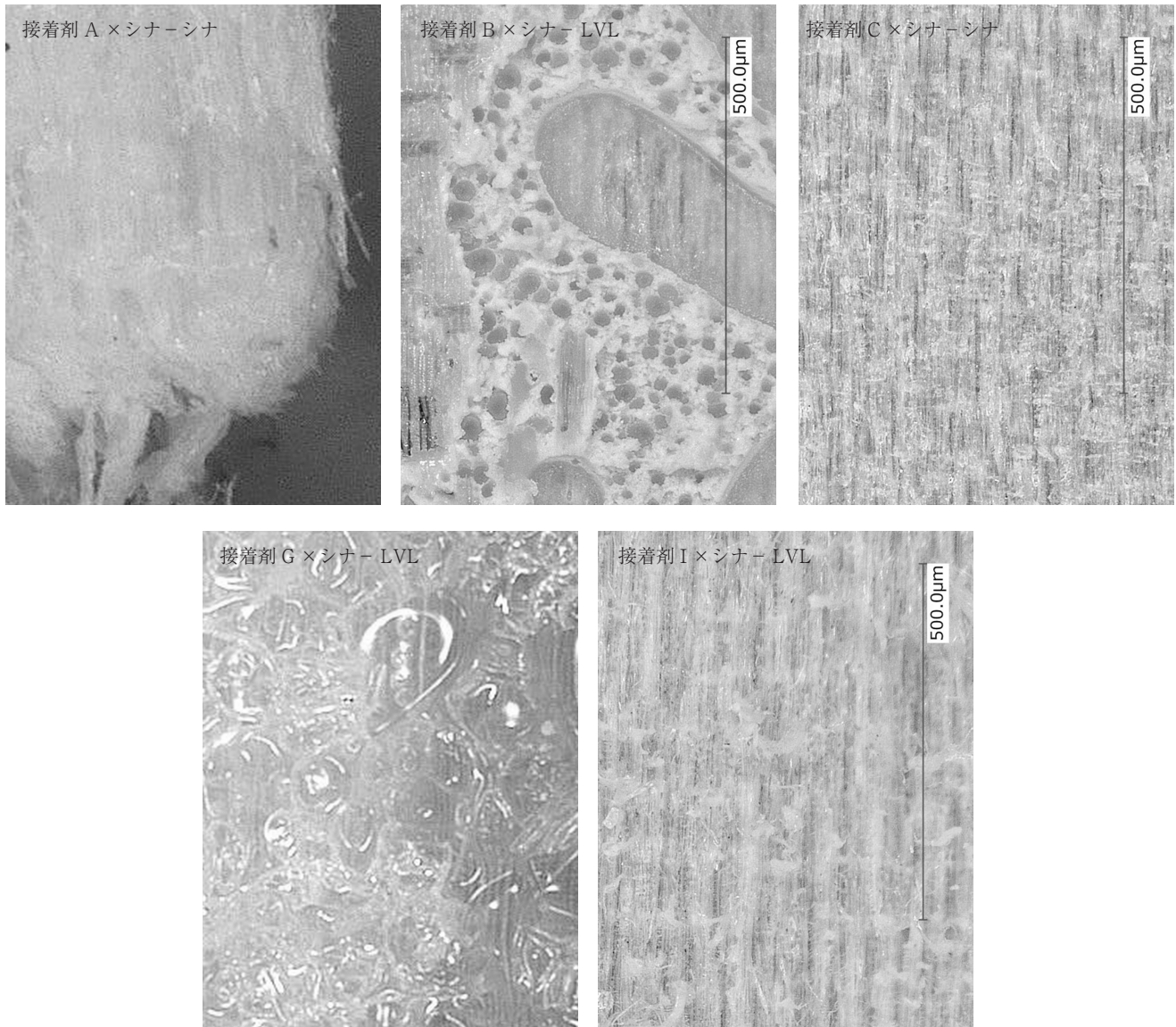


図6 輪ゴムで固定した試験体の破壊状況

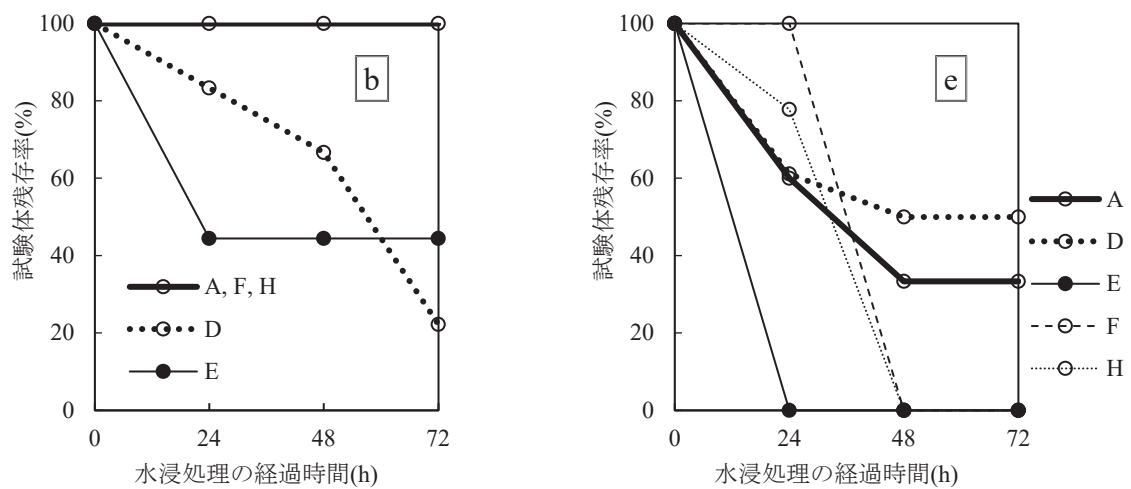


図7 水浸処理による試験体の残存率の推移

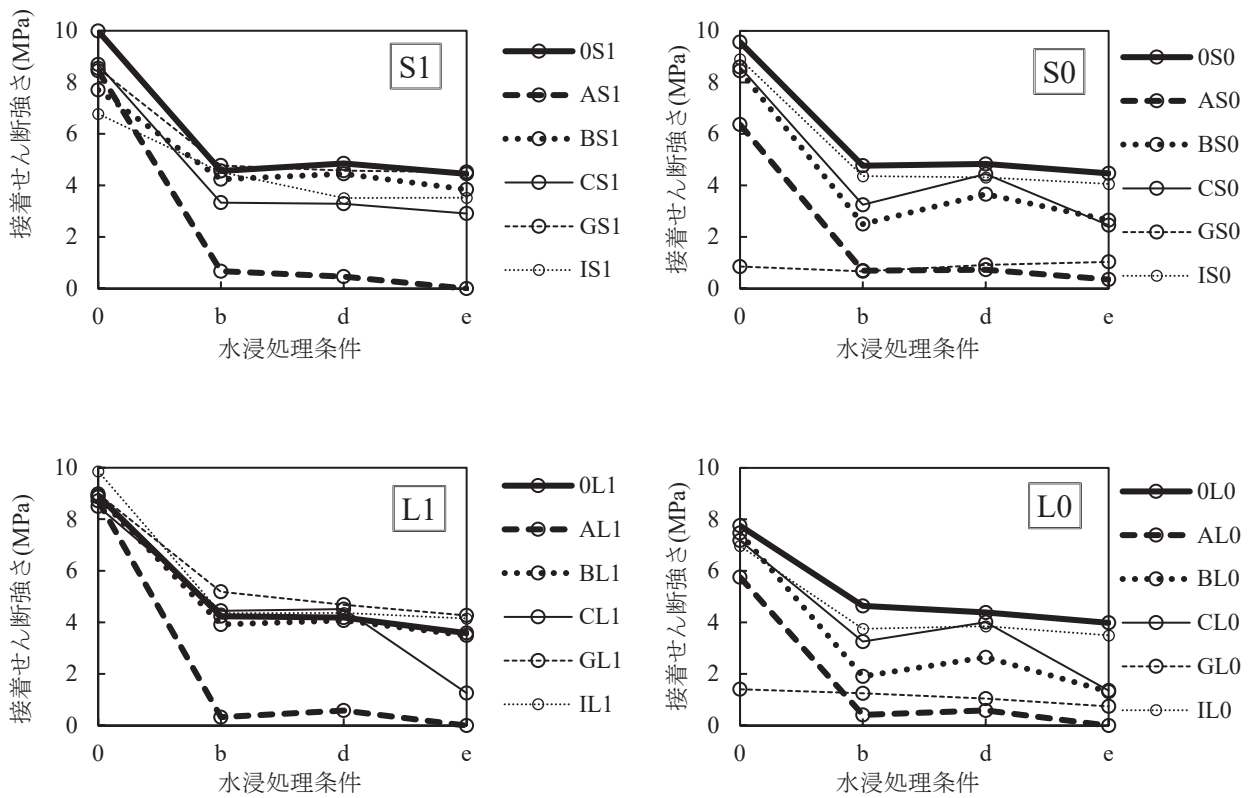


図 8 水浸処理による接着せん断強さの推移

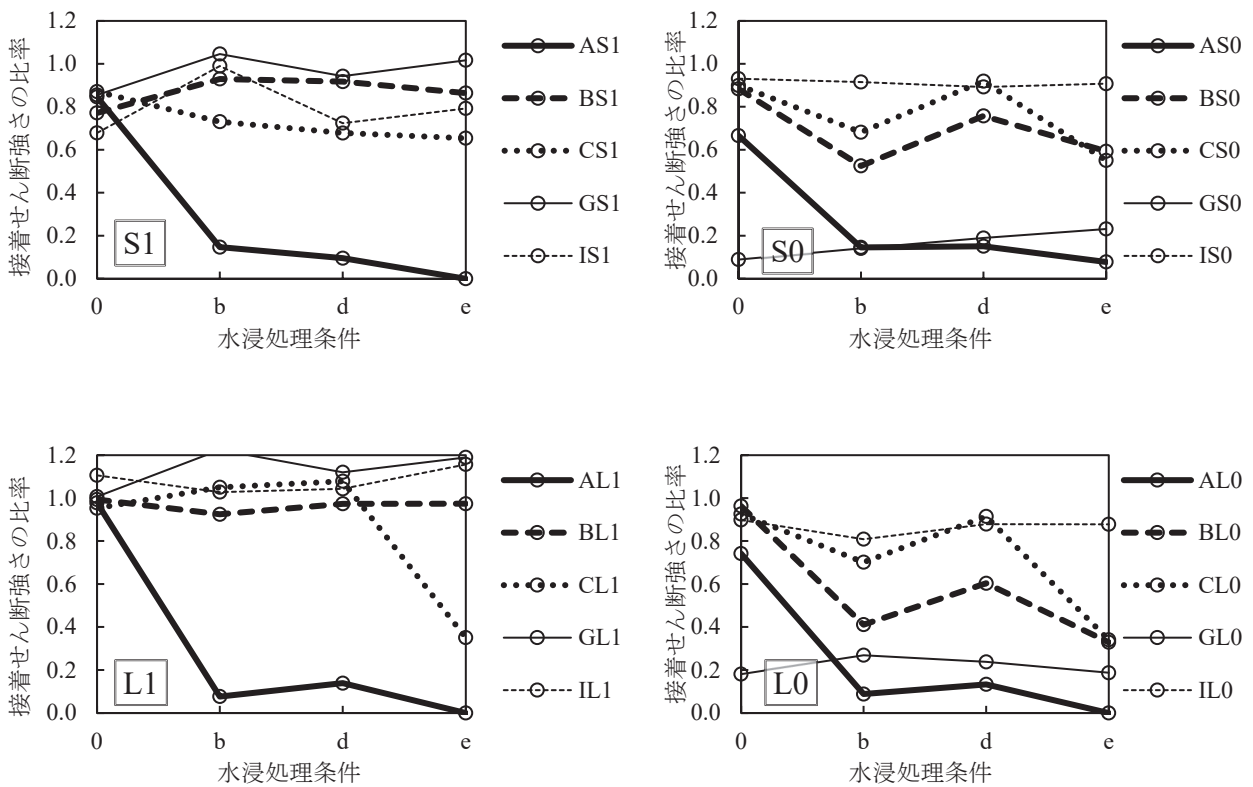


図 9 水浸処理時の母材強度を基準とした接着せん断強さの推移

よっても LVL 試験体を構成する単板がはく離することはなかった。

水浸処理による接着せん断強さの推移を図 8 に示した。接着剤 A についてはいずれの水浸処理によっても接着せん断強さは大きく低下するといえる。CL1, CL0 のように高温水浸処理により接着せん断強さの低下が見られるものもあるが、それ以外の試験体では接着面を有しない OS1, OS0, OL1, OL0 と同様の傾向を示した。そこで、母材強度の低下を差し引いた接着層の強度低下を比較するため、接着層を有しない母材 (OS0, OS1, OL0, OL1) に対して行った、水浸処理後のせん断強度に対する比率を求めた結果を図 9 に示した。この結果からは、温度を変えた水浸処理、あるいは圧縮圧不足が生じたとき、接着せん断強さが大きく低下するシリーズが確認された。接着剤 B については、輪ゴム固定して養生した試験体に対して水浸処理を行うと、接着せん断強さが低下することが示された。接着剤 C については、水浸処理 e すなわち高温で水浸処理を行ったときのみ多くのシリーズで接着せん断強さが低下した。

また、接着剤 G についてはプレス圧縮養生と比較して輪ゴム固定養生では接着せん断強さが著しく低いが、水浸処理を追加しても母材強度に対する接着せん断強さの比率はあまり変わらなかった。すなわち、3.2 で述べたように接着剤 G はすき間が開くと接着せん断強さが低下するものの、水浸処理や高温条件が与える影響は小さいと考えられる。よって、接着剤 G は適切な圧縮圧により接着する必要はあるが、水浸処理や高温処理の影響は少なく、接着剤 A に対する代替として利用可能と考えられる。

文 献

- 1) 公益社団法人日本木材加工技術協会. 木材接着講習会テキスト. 令和 6 年度, 公益社団法人日本木材加工技術協会, 2024, 298.
- 2) JIS K 6852-1994. 接着剤の圧縮せん断接着強さ試験方法.
- 3) JAS 1152-1:2023. 集成材.
- 4) JIS K 6857:1973. 接着剤の耐水性試験方法.
- 5) JIS A 5550:2003. 床根太用接着剤.