

木材と異種材料の接着 (第2報)

- 合板と発泡体の接着 -

高谷 典良 井村 純夫*

Adhering Wood to Other Materials () -Adhering plywood to plastic foam boards-

Noriyoshi TAKAYA Sumio IMURA

To make composite panels, plywood was bonded to five types of plastic foam boards (polystyrene, polyethylene, phenolic, rigid PVC, and rubber) separately by use of five kinds of adhesives (a polyvinyl acetate emulsion adhesive, a synthetic rubber adhesive, an ethylene-polyvinyl acetate copolymer resin adhesive, a water-based polymer-isocyanate adhesive for wood, and an epoxy resin adhesive). To find out which adhesive was the most suitable for bonding the plywood to each of the five types of boards, the bond quality of each composite panel was examined by use of delamination tests and flatwise tension tests. The results of the tests are summarized as follows:

(1) Polystyrene foam board

Any of the tested adhesives gave this board a relatively good bond quality. However, to make the composite panel using this board both water-resistant and heat-resistant, the use of any of these three adhesives, that is, the ethylene-vinyl acetate copolymer adhesive, the water-based polymer-isocyanate adhesive for wood, and the epoxy resin adhesive, is particularly recommendable.

(2) Polyethylene foam board

Because of the poor wettability of polyethylene, this board was not given a good bond quality by any adhesive except the synthetic rubber adhesive.

(3) Phenolic foam board

All the tested adhesives gave this board a good bond quality. This means that the use of an adhesive with an economical price and easy workability is recommendable.

(4) Rigid PVC foam board

All the tested adhesives gave this board a good bond quality. To make the composite panel using this board both water-resistant and heat-resistant, the use of either the water-based polymer-isocyanate adhesive for wood or the epoxy resin adhesive is recommendable.

(5) Rubber foam board

Of all the types of boards, this board showed the most unstable bond quality. However, the epoxy resin adhesive gave this board a relatively stable bond quality.

文献1)を第1報とする。

合板と5種類の発泡体（ポリスチレン，ポリエチレン，フェノール樹脂，硬質塩ビ，ゴム）を5種類の接着剤（酢ビエマルジョン，変成エチレン・酢ビ，合成ゴム，水性ビニルウレタン，エポキシ）で接着して複合体を製造した。これらの複合体のはく離試験と平面引張り試験を行い接着性能を測定して，複合体を接着するときの適切な接着剤の選択と接着性能について検討した。その結果は以下のとおりである。

1) ポリスチレン発泡体について

どの接着剤でも比較的良好な接着性能が得られる。しかし，耐水性，耐熱性が必要な用途にはエチレン・酢ビ，水ビ，エポキシなどを使用したほうが良い。

2) ポリエチレン発泡体について

水に濡れないため接着性能は良好でない。今回の試験で使用した接着剤では合成ゴムが最も良かった。

3) フェノール樹脂発泡体について

接着性は良好ですべての接着剤で良好な接着性能が得られた。したがって，これらのなかから安価で作業性の良い接着剤を選択すれば良い。

4) 硬質塩ビ発泡体について

すべての接着剤で良好な接着性能が得られた。耐水性，耐熱性が必要な用途では水ビ，エポキシなどを使用したほうが良い。

5) ゴム発泡体について

接着性能のバラツキが大きかった。安定した接着性能を得るには，今回試験した接着剤のなかではエポキシが最も適当である。

1. はじめに

木材は優れた工業材料であるが，最近はいり高度な性能を要求される。これにこたえるには各種の異種材料との複合化の検討も必要である。複合化の方法にもいろいろあるが，接着による複合化は比較的簡便で多用される方法である。そこで，木質材料と異種材料を接着するときの適切な接着剤の選択と接着性能について検討した。

前報¹⁾ではプラスチック板，金属板，無機質板につ

き板を接着するときの適切な接着剤について報告したが，今回は合板と各種の発泡体を接着するときの適切な接着剤と接着性能について報告する。

2. 供試材料および供試接着剤

第1表に今回の試験に用いた5種類の発泡体を示す。表に示した比重の値は実測値だが，その他の物性値はカタログに記載されている数値である。第2表に5種類の接着剤を示す。今回使用した接着剤は，安価で作

第1表 供試発泡体

発 泡 体	厚 さ (mm)	比 重	圧 縮 強 さ (kgf/cm ²)	熱 伝 導 率 (Kcal/mh°C)	吸 水 率
ポリスチレン発泡体	25	0.032	3.0	0.029	0.01g/100cm ³ 以下
ポリエチレン発泡体	10	0.033	0.32	0.027	0.03mg/cm ²
フェノール樹脂発泡体	25	0.044	1.5	0.025	0.4g/100cm ²
硬質塩ビ発泡体	20	0.100	9.0	0.03	—
ゴ ム 発 泡 体	10	0.183	13.9	—	—

第2表 供試接着剤

接 着 剤	不揮発分 (%)	粘 度 (P S)
酢ビエマルジョン	45~48	40~80(30℃)
合 成 ゴ ム ¹⁾	26~29	25~35(25℃)
変性エチレン・酢ビ 共 重 合 樹 脂	49~52	500~700(30℃)
水性ビニルウレタン ²⁾	62	100(25℃)
エポキシ樹脂	100	100~250(30℃)

- 1)ニトリルゴム系
2)JISでは水性高分子・イソシアネート系木材接着剤となっているが、ここでは表記の名称を使う

業性が容易で木工関係で広く使用されている酢ビエマルジョン(以下酢ビという)、発泡体用として市販されている変性エチレン・酢ビ共重合樹脂(以下エチレン・酢ビという)および比較的被着材を選ばない万能型接着剤3種 - 合成ゴム, 水性ビニルウレタン(以下水ビという), エポキシ樹脂(以下エポキシという) - である。

3. 試験方法

3.1 合板と発泡体の接着

5種類の発泡体の片面および両面に、5種類の接着剤で12mm厚さ(2.5mm×5プライ)のラワン合板を接着した。片面のみを接着した複合体は以下にのべるはく離試験に、両面を接着した複合体は平面引張り試験

に供した。なおポリスチレン発泡体の場合は、合成ゴムの溶剤で溶解するためこの接着剤は使用しなかった。

接着条件を第3表に示す。接着剤の塗布は両面塗布の合成ゴム以外は、すべて合板側とした。圧縮圧力は、ポリウレタン発泡体とフェノール樹脂発泡体では、厚さムラを考慮して圧縮強度の限度に近い圧力とした。塩ビ発泡体とゴム発泡体は8kgf/cm²とした。また、ポリエチレン発泡体の圧縮強度はカタログでは0.32kgf/cm²となっているが、圧縮で一たんつぶれても復元するため圧縮圧力は1kgf/cm²とした。

なお、第3表の接着条件で酢ビを使用して片面に合板を接着した複合体について、接着4日後の厚さ減りを測定した。複合体の製造寸法は24cm×24cmである。

3.2 接着性能試験

(1) はく離試験

第1図に示すように75mm×75mmに切断した複合体について、使用接着剤によって処理条件を変えて寒熱繰返し処理、および乾湿繰返し処理を行った。4種類の処理条件を次に示す。処理は5サイクルまで行ったが、1サイクルごとに接着層のはく離長さを測定し、下記の式よりはく離率を算出した。供試試験片数は各条件5片ずつである。

寒熱繰返し処理A

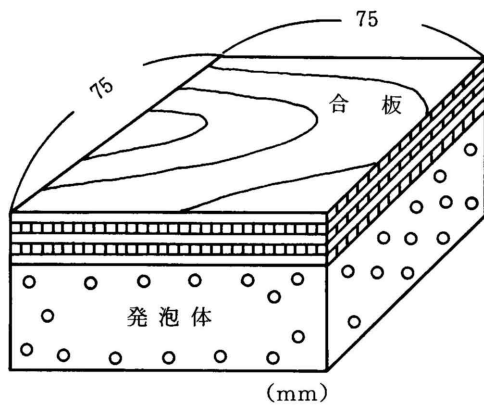
接着剤：酢ビ, 合成ゴム

40 に2時間放置 - 20 に2時間放置を1サイク

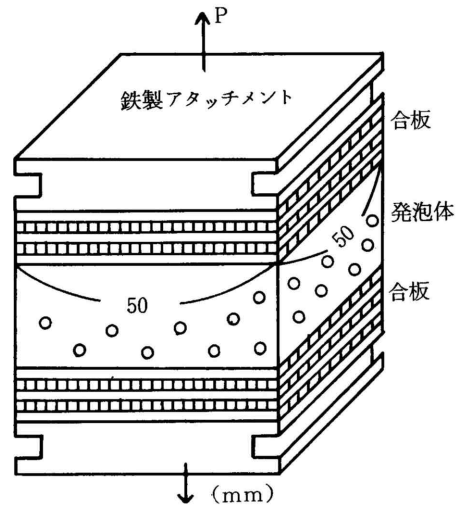
第3表 接着条件

接 着 剤	塗布量 (g/m ²)	堆積時間 (min)	圧縮時間	圧 縮 圧 力 (kgf/cm ²)
酢ビエマルジョン	250~300	閉鎖20以内	24hr	ポリエチレン発泡体 } フェノール樹脂発泡体 } 1
合 成 ゴ ム	200~250	開放20以上	3min	
変性エチレン・酢ビ	250~300	閉鎖20以内	24hr	ポリエチレン発泡体 : 3
水性ビニルウレタン ¹⁾	同 上	同 上	30min	硬質塩ビ発泡体 } ゴム発泡体 } 8
エポキシ	同 上	同 上	24hr	

1)架橋剤10部添加



第1図 はく離試験片



第2図 平面引張り試験片

ルとする。

寒熱繰り返し処理B

接着剤：酢ビ，エチレン・酢ビ，水ビ，エポキシ
80 に2時間放置 -20 に2時間放置を1サイクルとする。

乾湿繰り返し処理A

接着剤：酢ビ，合成ゴム
35 の水に2時間浸せき 60 で22時間乾燥を1サイクルとする。

乾湿繰り返し処理B

接着剤：酢ビ，エチレン・酢ビ，水ビ，エポキシ
70 の温水に2時間浸せき 60 で22時間乾燥を1サイクルとする。

$$\text{はく離率} = \frac{\text{はく離した接着層長さの合計}}{\text{全接着層長さ (75mm} \times 4 \text{ 辺)}} \times 100\%$$

(2) 平面引張り試験

第2図に示すように50mm×50mmに切断した複合体の両面に、鉄製アタッチメントを接着して、上下方向に引張り破壊時の荷重（以下この値を接着力という）と材破率（発泡体または合板から破断した面積の割合）を測定した。供試試験片は(1)の場合と同様の促進劣化処理を行ったものと、無処理のものであり、その個数は各条件5片ずつである。

4. 試験結果および考察

4.1 複合体の厚さ減り

第4表に複合体の厚さ減りを示す。フェノール樹脂発泡体以外はいずれも1%以下で実用上問題はないと考えられる。ポリエチレン発泡体については圧縮強度以上の圧力をかけたため圧縮中はつぶれが生じたが、弾力性があるため解圧後すぐに回復した。フェノール樹脂発泡体はほとんど弾力性がないため、いわゆるスプリングバックがほとんどなく、3%近い厚さ減りを示した。圧力を低くすれば厚さ減りは小さくできるが、今回使用した発泡体の中では厚さムラが最も大きいので、接着性能に与える影響を考慮して1kgf/cm²とした。

第4表 複合体の厚さ減り

発泡体	圧縮前の厚さ (mm)	圧縮後の厚さ ¹⁾ (mm)	厚さ減り (%)
ポリスチレン発泡体	38.04 ²⁾	37.70	0.89
ポリエチレン発泡体	22.42	22.36	0.27
フェノール樹脂発泡体	37.42	36.42	2.67
硬質塩ビ発泡体	32.81	32.76	0.15
ゴム発泡体	23.59	23.47	0.51

1) 接着4日後の厚さ

2) 厚さの値は32点の平均値

4.2 はく離試験

乾湿繰り返し試験の結果を第5-1~3表に示す。寒熱繰り返し処理A,Bではすべての複合体に、乾湿繰り返し処理A,Bではフェノール樹脂発泡体と塩ビ発泡体に、それぞれはく離はまったく生じなかったのて表には示さなかった。寒熱繰り返し試験でははく離は全く認められなかったのて、温度の変化（80～-20）はあるが湿度の変化はないような用途には供試複合体はいずれも使用できるといえる。

第5-1表のスチレン発泡体の結果をみると、酢ビで接着したものには3サイクルからはく離が認められたが、その程度は小さい。今回使用した接着剤の中で

第5-1表 ポリスチレン発泡体のはく離試験結果
（乾湿繰り返し処理B）

接着剤	はく離率 (%)				
	1cy	2cy	3cy	4cy	5cy
酢ビ	0	0	6	8	13
合成ゴム	0	0	0	0	0
エチレン・酢ビ	0	0	0	0	0
水ビ	0	0	0	0	0
エポキシ	0	0	0	0	0

第5-2表 ポリエチレン発泡体のはく離試験結果
（乾湿繰り返し処理B）

接着剤	はく離率 (%)				
	1cy	2cy	3cy	4cy	5cy
酢ビ	79	1cyで終る			
合成ゴム	0	0	0	0	0
エチレン・酢ビ	62	64	65	66	66
水ビ	0	0	0	0	0
エポキシ	0	0	0	0	0

第5-3表 ゴム発泡体のはく離試験結果
（乾湿繰り返し処理B）

接着剤	はく離率 (%)				
	1cy	2cy	3cy	4cy	5cy
酢ビ	88	1cyで終る			
合成ゴム	0	0	0	0	0
エチレン・酢ビ	51	69	74	78	80
水ビ	0	0	0	0	0
エポキシ	0	0	0	0	0

は酢ビは耐水性、耐熱性にやや劣る接着剤であり、木材同士を接着した製品を同じ条件で処理すると、常識的には大きなはく離を生じると考えられる接着剤である。しかし、この発泡体は断熱材であるとともに吸水率も非常に小さいため、促進劣化処理による接着層の劣化がこのような小さかったものと思われる。これはポリスチレン発泡体だけではなく今回供試したすべての発泡体にあてはまることである。

第5-2表にポリエチレン発泡体の結果を示す。酢ビとエチレン・酢ビでは大きなはく離が生じ、これらの接着剤は適さないと判断される。ほかの3種類の接着剤ははく離は生じなかった。一般的にポリエチレンは接着が困難な被着体であり、水に対する濡れが悪い材料である²⁾。しかし、ここでは発泡体を対象としており機械的接着の投錨効果も期待されるためはく離が生じなかったものと考えられる。

第5-3表にゴム発泡体の結果を示した。ポリエチレン発泡体と同様な結果が得られ、酢ビとエチレン・酢ビでは1サイクル目から大きなはく離が生じた。

4.3 平面引張り試験

第6-1~5表に試験結果を示す。平面引張り試験で複合体の接着性能を評価する場合は、発泡体自身の破壊強度を考慮して、基本的には材破率で評価することにした。

第6-1表のスチレン発泡体の結果をみると材破率はほとんどが100%の値を示している。はく離試験ではく離の生じた酢ビの場合でもすべて発泡体から破壊した。合板との接着にかかわらず、一般に発泡体は各種の強度が低いので、発泡体を接着する場合、発泡体の強度以上の接着力は必要なく、その点では剛性の高い接着剤は必要ないといえる。

合板と発泡体の複合体が多用される用途は住宅、冷凍冷蔵庫、建築物の屋根、壁パネル、床などの断熱パネル、あるいは打ち込みのコンクリート型枠などと考えられる。旭川市内で実験用建築物の床下、壁内の湿度を測定したデータ³⁾によれば、年間を通じての最高湿度は90%程度であり、また著者らが実測した屋根と野地板の間の温度はおおよそ65～-20であった。こ

のことから、一般的な使いかたであれば、今回の結果からみて、各種建築物用の断熱パネルとしては酢ビでも十分使用可能だと考えて良い。しかし、20~30年以上の長期間の耐久性が必要な場合、あるいはコンクリート型枠のように屋外で使用される用途では、耐久性に難のある酢ビの使用は好ましくない。この場合は、より耐久性、耐熱性に優れたエチレン・酢ビ、水ビ、エポキシなどの接着剤を使用すべきだろう。

第6-2表にポリエチレン発泡体の結果を示す。合成ゴム以外の接着剤はいずれも材破率は0%で、ここでもポリエチレンは接着が難しいことがうかがえる。

第6-1表 ポリスチレン発泡体の平面引張り試験結果

接着剤	無処理		寒熱		乾湿	
	kgf/cm ² ¹⁾	% ²⁾	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%
酢ビ	2.1	100	2.1	100	1.0	82 ³⁾
			2.9	100		
エチレン・酢ビ	3.3	100	2.4	100	3.1	100
水ビ	1.9	100	2.3	90	2.5	82
エポキシ	2.5	100	2.6	100	1.8	100

1)接着力 2)材破率 3),4) 上段が処理A, 下段が処理B, 以後の表全て同じ

第6-2表 ポリエチレン発泡体の平面引張り試験結果

接着剤	無処理		寒熱		乾湿	
	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%
酢ビ	0.6	0	0.6	0	0.7	0
			0.6	0	0.1	0
合成ゴム	1.2	20	1.4	90	1.5	100
エチレン・酢ビ	0.6	0	0.8	0	0.1	0
火ビ	1.2	0	1.2	0	1.3	0
エポキシ	1.0	0	1.2	0	0.5	0

第6-3表 フェノール樹脂発泡体の平面引張り試験結果

接着剤	無処理		寒熱		乾湿	
	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%
酢ビ	0.7	100	0.8	100	0.6	100
			0.3	100	0.3	100
合成ゴム	0.4	100	0.5	100	0.6	100
エチレン・酢ビ	0.4	100	0.4	100	0.4	100
水ビ	0.5	100	0.3	100	0.4	100
エポキシ	0.6	100	0.6	100	0.5	100

短い期間ただ単に接着されていけば良いというような用途であれば水ビ、エポキシも使用できないが、基本的には用途にかかわらず合成ゴム接着剤を使用すべきである。

第6-3表にフェノール樹脂発泡体の結果を示す。材破率はすべて100%であった。これは発泡体の強度がかなり低いためでもあるが、はく離試験でもはく離は生じないため、フェノール樹脂発泡体の接着性能は悪くないといえる。前述のように発泡体の強度以上の接着強度は必要ないので、用途に応じて適切な接着剤を選定すればよい。

第6-4表に塩ビ発泡体の結果を示す。合成ゴム以外の接着剤では80%以上の材破率を示しており、接着性能は悪くない。塩ビ発泡体の場合、発泡体の強度が大きいため合板で破壊することが多く、供試試験片数の約90%がすべて合板部分で破壊した。したがって、合板以上の強度が必要な複合体にはこの発泡体を使用すればよいが、用途別の接着剤の選択については、ポリスチレン発泡体と同様の考え方が必要である。

第6-4表 硬質塩ビ発泡体の平面引張り試験結果

接着剤	無処理		寒熱		乾湿	
	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%
酢ビ	3.6	100	7.9	100	7.6	100
			8.2	100	6.6	100
合成ゴム	8.9	0	8.0	100	5.2	18
エチレン・酢ビ	7.2	100	6.4	100	6.7	92
水ビ	8.3	100	8.2	100	5.1	82
エポキシ	10.5	100	7.6	100	7.6	100

第6-5表 ゴム発泡体の平面引張り試験結果

接着剤	無処理		寒熱		乾湿	
	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%
酢ビ	5.4	20	5.6	6	6.5	92
			5.8	86	5.3	90
合成ゴム	6.7	48	5.9	96	2.1	0
エチレン・酢ビ	6.0	60	6.8	100	6.9	100
水ビ	4.1	0	5.5	4	5.0	58
エポキシ	6.3	100	6.2	100	6.2	100

第6 - 5表にゴム発泡体の結果を示す。この発泡体はポリエチレン発泡体の次に材破率が低い。接着剤別の接着性能をみると、はく離試験では大きなはく離の生じたエチレン・酢ビは良好な材破率を示した。一方、はく離のなかった水ビ、合成ゴムは低い材破率を示した。この原因については明らかでないが、今回の結果からみると、安定した接着性能を得るにはエポキシを使用することが望ましい。

5. まとめ

発泡体と合板を接着して複合化するときの適切な接着剤と、複合体の接着性能について検討した。今回の試験では、4種類の促進劣化処理を行い、はく離と平面引張り試験で複合体の接着性能を評価した。今回の試験結果をまとめると以下のとおりである。なお、カラマツセメントボードと発泡体を接着した複合体についても同様の試験⁴⁾が行われている。

(1) ポリスチレン発泡体について

どの接着剤でも比較的良好的な接着性能を示す。したがって安価で作業性の良い接着剤を選べば良い。屋外のような厳しい条件下での使用でなければ酢ビでも可能だが、長期間の耐久性、安定性を考えるとエチレン・酢ビ、水ビ、エポキシなどを使用すべきである。

(2) ポリエチレン発泡体について

水溶性の接着剤の使用は好ましくなく、良好的な接着性能を得るのは難しい。今回使用した接着剤のなかでは合成ゴムが比較的良かった。

(3) フェノール発泡体について

発泡体の強度が低いこともあるが、平面引張り試験での破壊はすべて発泡体の内部からであった。はく離試験でもはく離はまったく生じなかった。したがって、用途に応じて適切な接着剤を選定すれば良い。

(4) 硬質塩ビ発泡体について

今回使用した接着剤ではどの接着剤でも比較的良好的な接着性能が得られる。発泡体の強度が大きいため平面引張り試験ではほとんど合板から破壊した。複合体の用途と接着剤の選択についてはポリスチレン発泡体と同様の考え方をすればよい。

(5) ゴム発泡体について

発泡体の強度が大きいため平面引張り試験による接着力は大きい。接着性能にはムラがある。今回使用した接着剤のなかではエポキシが最も良かった。

文 献

- 1) 井村純夫ほか1名：林産試月報，416，11（1986）
- 2) 芝崎一郎著：接着百料（上）（1984）
- 3) 土居修一ほか3名：林産試月報，385，2（1984）
- 4) 昭和61年度北海道共同研究報告書「カラマツセメントボードの複合化技術に関する研究」昭和62年3月

- 技術部 合板科 -
- *性能部 接着塗装科 -
(原稿受理 昭63.5.13)