

5. 難燃処理 LVL の接着剤の検討

5.1 経緯・目的

通常、LVL を製造する接着剤にはフェノール樹脂系接着剤を使用するが、平成 28 年度の委託事業において、株式会社オロチにて難燃薬剤処理されたスギ単板を使用して現場製造試験を行った結果、パンクが生じて LVL 製造が出来なかった。難燃薬剤処理された単板を接着する場合には、フェノール樹脂系接着剤での接着が困難であることが分かってきたため、同年度の委託事業においてフェノール樹脂系接着剤に替えてレゾルシノール樹脂系接着剤を使用し、ラボレベルでの検証を行った結果、安定した接着性能を有する LVL を製造出来る可能性を見出した。今年度では、実際にレゾルシノール樹脂系接着剤を使用して、既存ラインでの LVL 現場製造が可能かどうか、既存ラインの作業性に合わせた接着剤主剤の選定および糊液配合、接着条件等の検討を行った。また一方で、製造した難燃処理 LVL を耐火被覆材として構造用集成材に 2 次接着する際のレゾルシノール樹脂系接着剤についても検討を行った。

5.2 試験内容

5.2.1 難燃処理 LVL の現場製造条件の検証

一つ目の課題として、難燃薬剤処理されたスギ単板を使用した LVL の製造について、通常の LVL 製造に使用されるフェノール樹脂系接着剤に替えてレゾルシノール樹脂系接着剤を選定し、現場製造ラインでの製造条件および製造品の接着性能について検証を行った。

5.2.1.1 レゾルシノール樹脂系接着剤による現場製造試験（1 回目）

レゾルシノール樹脂系接着剤は常温で硬化するため可使時間が短く、通常フェノール樹脂系接着剤を使用している LVL 製造工場いきなり試験を行うことは難しい。そこでその前段階として、柴工業株式会社において現場試験を実施した。

5.2.1.1.1 製造条件

現場での LVL 製造条件を表 5.2.1.1.1-1 に示す。

柴工業株式会社では、8ply を一度に熱圧するホットプレスを使用している。その他、柴工業株式会社のロールコーターは溝無しタイプであり、合板工場や LVL 工場と同じ糊液配合では塗布量の確保が困難であったため、糊液配合時に充填剤（ホット P-2：株式会社オーシカ）を使用し、粘度を高めに設定することで目標塗布量を確保した。

表 5.2.1.1.1-1 製造条件

製造場所	柴工業株式会社
難燃薬剤	処理量300kg/m ³
被着材	難燃薬剤処理スギ単板 (3.8×682×1300mm)
単板構成	8ply
接着剤	試作品TW-28 (レゾルシノール樹脂系接着剤：株式会社オーシカ)
糊液配合	TW-28/D用硬化剤30S/水/ホットP-2=100/12.6/15.4/10
塗布量	150～200g/m ² (片面塗布)
塗布方法	ロールコーター (糊液供給は手動)
堆積時間	10分以内
熱圧条件	140℃×0.8MPa×20分 (8ply×4セット/1プレス)

5.2.1.1.2 現場作業状況

前述したとおり、レゾルシノール樹脂系接着剤はフェノール樹脂系接着剤と比較して可使時間が短い。主剤の種類や糊液配合条件、雰囲気温度等でも違いがあり、TW-28は比較的可使時間の長いタイプの接着剤であるが、同接着剤を使用して今回の糊液配合条件で作業を進めるにあたり、高温環境下では約60～90分程度で固化してしまう危険性がある。本現場試験の際、雰囲気温度は25～30℃程度であったため、安全を見て糊液を60分以内で使いきれるように主剤10kgとし、使い切るごとに配合して作業を行った。

以上の結果、現場での作業は概ね順調に進み、パンク等の発生も無く順調にLVLの製造を行うことが出来た。

5.2.1.1.3 接着性能およびホルムアルデヒド放散量評価結果

後日、製造したLVLの接着性能およびホルムアルデヒド放散量について、単板積層材の日本農林規格に準じて評価を行った。尚、接着性能評価は温水浸せき剥離試験により評価した。評価結果を表5.2.1.1.3-2に示す。

<温水浸せき剥離試験(要約)>

試験片作成方法：各試料より、1辺が75mmの正形状のものを作成。

試験方法：試験片を70±3℃の温水中に2時間浸せきした後、60±3℃の恒温乾燥器にて100～110%の範囲となるように乾燥。

その後、試験片の4側面における剥離の長さを測定し、同一接着層における剥離の長さの合計を算出する。

評価基準 : 試験片の同一接着層における剥離した部分の長さが、それぞれの側面において3分の1以下であること。

<ホルムアルデヒド放散量測定（要約）>

試験片作成方法 : 表面積が 450cm²（両木口面（B種構用単板積層材にあつては、長さ方向の木口面とする。）を除く。）となるよう採取する。

採取した試験片は、ホルムアルデヒドを透過しない自己接着アルミニウムテープ又はパラフィンを用いて、両木口面を密封する。

試験方法 : アクリルデシケーター法による。

内容量が約 40L のアクリル樹脂製容器の底の中央部に 20mL の蒸留水を入れた捕集水容器を置き、その上に試験片をのせ、20±1℃で 24 時間放置して、放散するホルムアルデヒドを蒸留水に吸収させて試料溶液とする。試料溶液中のホルムアルデヒド濃度の測定は、アセチルアセトン吸光光度法によって測定する。

評価基準 : 表 5.2.1.1.3-1 に示す。

表 5.2.1.1.3-1 ホルムアルデヒド放散量の基準

性能区分	平均値 (mg/L)	最大値 (mg/L)
F☆☆☆☆	0.3	0.4
F☆☆☆	0.5	0.7
F☆☆	1.5	2.1
F☆	5.0	7.0



写真 5.2.1.1.3-1 小口シール済みホルムアルデヒド放散量測定用試験片（右）
および剥離試験片（左）

表 5.2.1.1.3-2 LVL の温水浸せき剥離試験およびホルムアルデヒド放散量測定結果

試験 No.	接着剤	塗布量	堆積時間	熱圧時間	最大剥離長さ (mm)	剥離試験合否	剥離率 (n=4)	ホルムアルデヒド放散量
A1	TW-28	150 ～ 200g	10分 以内	140℃ 0.8MPa 20分	0	合格	0.0%	0.1mg/L
A2					0	合格	0.0%	0.0mg/L
A3					0	合格	0.0%	0.0mg/L
A4					0	合格	0.0%	0.0mg/L
A5					0	合格	0.0%	0.0mg/L

以上の結果より、温水浸せき剥離試験においては、剥離することなく良好な接着性能を示した。また、ホルムアルデヒド放散量測定結果についても、すべての試験片で 0.1mg/L 以下となり、F☆☆☆☆であることが確認できた。

5.2.1.2 レゾルシノール樹脂系接着剤による現場製造試験 (2回目)

レゾルシノール樹脂系接着剤を使用した LVL 現場製造において、柴工業株式会社で良好な検証結果が得られたため、次の段階として量産製造を目標に株式会社オロチにて同接着剤を使用した現場製造を実施した。

5.2.1.2.1 製造条件

現場での LVL 製造条件を表 5.2.1.2.1-1 および 5.2.1.2.1-2 に示す。

柴工業株式会社との現場製造条件の相違点は、株式会社オロチではロールコーターが溝付きタイプで比較的糊液粘度が低くても塗布量を確保しやすいことと、単板 2 枚ずつの熱圧を繰り返して 8ply に仕上げるタイプのホットプレスであることの 2 点が挙げられる。従って、糊液配合では充填剤 (ホット P-2) の添加を行わず糊液を調整した。また熱圧時間は合計 10 分で行った。

表 5.2.1.2.1-1 製造条件

製造場所	株式会社オロチ
難燃薬剤	処理量250～300kg/m ³
被着材	難燃薬剤処理スギ単板 心材および辺材 (3.8×1360×2730mm：横接ぎ、縦継ぎあり)
単板構成	8ply
接着剤	試作品TW-28 (レゾルシノール樹脂系接着剤：株式会社オーシカ)
糊液配合	TW-28/D用硬化剤30S/水=100/12.6/15.4
塗布量	200～250g/m ² (片面塗布)
塗布方法	ロールコーター (糊液供給は手動)
堆積時間	2分以内
熱圧時間	10分 (8plyの合計)

表 5.2.1.2.1-2 単板構成 詳細

試験No.	スカーフジョイント用接着剤	単板
B	レゾルシノール樹脂系接着剤TW-28	心材
C	フェノール樹脂系接着剤D-117	心材
D	フェノール樹脂系接着剤D-117	辺材

5.2.1.2.2 現場作業状況

接着剤塗布方法は、固化防止対策として、同一糊液を長時間放置しないようロールコーターに糊止めを設置、糊液をライン上で循環せずに作業を行った。溝付きロールコーターのため、ホット P-2 の添加無しでも目標塗布量を確保することが出来た。しかし、通常使用しているフェノール樹脂系接着剤と比較して TW-28 の糊液粘度が高いにも関わらず、塗布後に糊液が垂れる現象が生じた。

現場試験時の工場内雰囲気温度は 20℃以下で、糊液も 20℃以下をキープしていた。糊液は初期粘度が約 3.0Pa・s であり、1~2 時間後には 2 倍程度まで上昇したが、固化する様子は認められなかったため糊止めの使用をやめ、フェノール樹脂系接着剤の場合と同様に糊液の循環ラインを使用した。今回の場合においては、現場試験が終了するまで接着剤固化によるライントラブルは発生しなかった。

5.2.1.2.3 接着性能およびホルムアルデヒド放散量評価結果

後日、製造した LVL の接着性能およびホルムアルデヒド放散量について、単板積層材の日本農林規格に準じて評価を行った。尚、接着性能評価は温水浸せき剥離試験により評価した。試験方法、判定基準は前述 5.2.1.1.3 項に記載の内容と同一である。評価結果を表 5.2.1.2.3-1 に示す。

表 5.2.1.2.3-1 現場製造 LVL の温水浸せき剥離試験およびホルムアルデヒド放散量測定結果

実験No.	積層用接着剤	スカーフジョイント用接着剤	被着材	最大剥離長さ (mm)	剥離試験合否	剥離率 (n=4)	ホルムアルデヒド放散量	
B-1	TW-28	TW-28	スギ心材	14	合格	0.2%	-	-
B-2				15	合格	0.2%	0.2mg/L	F☆☆☆☆
B-3				7	合格	0.1%	-	-
B-4				15	合格	0.2%	0.1mg/L	F☆☆☆☆
C-1		D-117		0	合格	0.0%	-	-
C-2				0	合格	0.0%	0.1mg/L	F☆☆☆☆
C-3				0	合格	0.0%	-	-
C-4				0	合格	0.0%	0.1mg/L	F☆☆☆☆
D-1	スギ辺材	0	合格	0.0%	-	-		
D-2		0	合格	0.0%	0.1mg/L	F☆☆☆☆		

以上の結果より、温水浸せき剥離試験において剥離はほとんどなく、良好な接着性を示した。スカーフジョイント用接着剤として、フェノール樹脂系接着剤のディアノール D-117（株式会社オーシカ製）を使用した場合と、積層用と同じ TW-28 を使用した試験を実施したが、積層部の接着性能には性能差は認められなかった。また被着材としてスギ材の心材と辺材についても比較試験を実施したが、この点においても性能差は認められなかった。ホルムアルデヒド放散量測定結果は、すべての試験片で 0.2mg/L 以下となり、F☆☆☆☆であることが確認できた。

5.2.2 難燃処理 LVL を使用した構造用集成材への 2 次接着条件の検証

木質耐火部材を製造するにあたり、接着剤に求められる課題として、耐火被覆材となる難燃処理 LVL の製造の他に、その製造した難燃処理 LVL と木質構造用部材との 2 次接着性も重要となる。2 次接着に求められる作業性と耐火に対する耐久性を考慮し、接着剤としてはレゾルシノール樹脂系接着剤を使用して検証を行った。

5.2.2.1 TW-36 による 2 次接着の検証

平成 26 年度に実施された「CLT 等新たな製品・技術の開発促進事業」において、難燃薬剤処理されたスギラミナの接着について検討が行われており、試作品のレゾルシノール樹脂系接着剤の中から TW-36（株式会社オーシカ製）が選定されている。最初は、この TW-36 を使用して難燃処理 LVL と構造用集成材との 2 次接着を実施し、大断面耐火集成材を製造した。

5.2.2.1.1 接着条件

現場での 2 次接着条件を表 5.2.2.1.1-1 に示す。

表 5.2.2.1.1-1 2 次接着条件

製造場所	秋田グルーラム株式会社
難燃薬剤	処理量300kg/m ³
被着材	難燃処理LVL（25mm厚：柴工業株式会社製造品）
構成	5mmスギ単板+25mm難燃処理LVL+25mm難燃処理LVL+大断面構造用集成材
接着剤	試作品TW-36（レゾルシノール樹脂系接着剤：株式会社オーシカ）
糊液配合	TW-36/D用硬化剤＝100/15
塗布量	約800g/m ² （片面塗布）
塗布方法	手作業
堆積時間	10分以内
冷圧	1.0MPa×1晩（常温）

一般的にレゾルシノール樹脂系接着剤の硬化剤としては、パラホルムアルデヒドを主原料とした粉末硬化剤に、水を添加したスラリー状のものを使用するか、ホルマリンを主原料とした液状硬化剤を使用する。今回は、平成 26 年度に実施された「CLT

等新たな製品・技術の開発促進事業」での検証結果より、難燃薬剤処理された材料に対しては、水を添加せずに粉末硬化剤を使用する配合がより良い接着性能が得られると判断した。その他注意事項として、TW-36 は特に温度が高くなる夏場の可使用時間が短い。そこで、糊液配合は少量ずつをこまめに作成し、糊液配合から貼り上げまでの時間を極力短くして作業を行った。

5.2.2.1.2 2次接着面の接着性能について

2次接着が完了した大断面耐火集成材について、後日1時間耐火性能試験を実施したが、加熱試験中に外側のLVLが早期に脱落、内側のLVLも加熱試験中には脱落しなかったものの、加熱試験後には簡単にはがせる状態であった。そこで耐火試験前後の難燃処理LVLの2次接着について状況確認を行った。

5.2.2.1.2.1 1時間耐火試験後の試験体および耐火試験前の試験体の状況確認

まず、耐火試験後の集成材と難燃処理LVLとの2次接着部位について確認したところ、ノミを入れると簡単にはがせる程度の状況であった。剝離した難燃LVLの2次接着部の接着層を目視で確認すると、木部破断はほとんどなくLVL側には接着剤が残っていない状態であった(写真5.2.2.1.2.1-1参照)。

また、耐火試験前の試験体をカットしたところ、カットした時点で既に集成材と難燃処理LVLとが密着しておらず、接着層に隙間が出来ている箇所が認められた。難燃処理LVL側には接着剤の痕跡が認められずに界面ではがれている状態であった。尚、今回の2次接着は、難燃処理LVL側に接着剤塗布を行っているため、集成材側に転写した後、LVL側の界面ではがれている状況であることがわかった(写真5.2.2.1.2.1-2)。即ち、乾燥接着の影響は考え難い。



写真 5.2.2.1.2.1-1

耐火試験後に剝離したLVL表面



写真 5.2.2.1.2.1-2

耐火試験前のカットした試験体

5.2.2.1.2.2 2次接着面のブロックせん断試験およびナイフテスト評価結果

前述、耐火試験前の大断面耐火集成材から試験材をカットし(図 5.2.2.1.2.2-1 参照)、2次接着面のブロックせん断試験およびナイフテストを実施した。その結果を表 5.2.2.1.2.2-1 に示す。

<ブロックせん断試験>

各試験材の接着層より、試験面積 $25 \times 25\text{mm}$ の試験片切り出し、荷重速度 $2\text{mm}/\text{min}$.にて試験片を破断させ、せん断強さおよび木部破断率(目視により 10%刻みで読み取る)を求める。

<ナイフテスト>

5cm角にカットした試験材の接着層を常態で強制剥離し、木部破断率(目視により 10%刻みで読み取る)を求める。

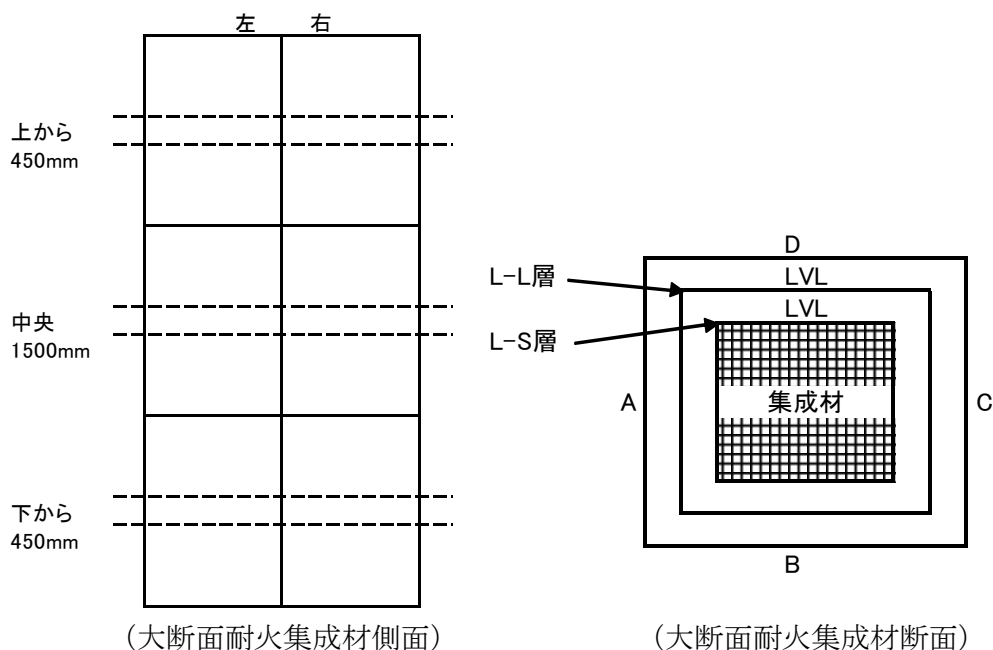


図 5.2.2.1.2.2-1 試験材採取箇所



写真 5.2.2.1.2.2-1 ブロックせん断試験片 (左) およびナイフテスト試験片 (右)

表 5.2.2.1.2.2-1 ブロックせん断試験およびナイフテスト結果

試験材			ブロックせん断		ナイフ テスト (木破%)
面	位置	接着層	強度 (MPa)	木破 (%)	
A	上	左L-L	1.1	83	100
		右L-L	3.6	77	100
	中央	左L-L	3.0	67	-
		右L-L	4.2	95	70
	下	左L-L	4.3	65	50
		右L-L	4.5	80	90
	L-L層平均		3.5	78	82
	上	左L-S	-	-	60
		右L-S	-	-	0
	中央	左L-S	1.8	7	-
		右L-S	0.4	80	90
	下	左L-S	4.1	20	20
		右L-S	2.8	95	90
	L-S層平均		2.3	51	52

試験材			ブロックせん断		ナイフ テスト (木破%)
面	位置	接着層	強度 (MPa)	木破 (%)	
C	上	左L-L	3.8	60	100
		右L-L	3.3	7	0
	中央	左L-L	2.3	80	80
		右L-L	2.2	10	90
	下	左L-L	0.7	0	0
		右L-L	0.9	7	0
	L-L層平均		2.2	27	45
	上	左L-S	4.2	65	90
		右L-S	1.2	13	80
	中央	左L-S	0.9	3	60
		右L-S	2.3	0	10
	下	左L-S	0.5	90	90
		右L-S	1.1	87	90
	L-S層平均		1.7	43	70

試験材			ブロックせん断		ナイフ テスト (木破%)
面	位置	接着層	強度 (MPa)	木破 (%)	
B	上	左L-L	3.9	90	100
		右L-L	-	-	60
	中央	左L-L	4.4	87	100
		右L-L	4.6	90	70
	下	左L-L	2.8	37	20
		右L-L	2.4	3	90
	L-L層平均		3.6	61	73
	上	左L-S	3.3	7	0
		右L-S	-	-	0
	中央	左L-S	3.3	50	70
		右L-S	3.0	75	40
	下	左L-S	1.0	30	30
		右L-S	3.6	37	50
	L-S層平均		2.8	40	32

試験材			ブロックせん断		ナイフ テスト (木破%)
面	位置	接着層	強度 (MPa)	木破 (%)	
D	上	左L-L	2.6	97	100
		右L-L	3.2	35	10
	中央	左L-L	3.5	63	90
		右L-L	2.5	7	60
	下	左L-L	2.1	27	80
		右L-L	2.9	77	-
	L-L層平均		2.8	51	68
	上	左L-S	3.2	60	60
		右L-S	4.0	70	80
	中央	左L-S	4.1	60	60
		右L-S	3.2	50	100
	下	左L-S	3.9	47	50
		右L-S	3.4	63	-
	L-S層平均		3.6	58	70

※表内「-」は試験前から剥がれていて、試験片を採取できなかったもの

※※ブロックせん断は各接着層ごとにn=4で実施、表内数値は平均値。ナイフテストはn=1。

耐火集成材の上中下の各断面、表面の4面、LVLとLVLの接着層、LVLと集成材の接着層の各組合せより試験片を切り出して、ブロックせん断試験とナイフテストを実施した結果、せん断強さや木部破断率の数値は様々で、特に傾向はみられなかった。全ての試験箇所を通じて、良好な破断状況を示す試験片があったり、木部破断率が0%で接着が不安定な箇所があったりという状況がみられた。

TW-36は可使用時間が非常に短いことから、①夏場の現場接着作業（作業時推定気温20～33℃）であったために可使用時間が短くなったことと、②難燃薬剤による接着阻害作用（接着剤が薬剤との接触により変質する）により、部分的に難燃処理LVL側の界面で接着が不安定となった箇所が発生した可能性が高いと考えられた。参考までにTW-36の温度別可使用時間目安を表5.2.2.1.2.2-2に示す。

表 5.2.2.1.2.2-2 TW-36 の可使時間目安

温度条件	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
可使時間	120分以上	120分以上	80～90分	20～25分	15～20分	10～15分	5分以内

5.2.2.2 接着剤の再選定と難燃処理 LVL の単板構成の検討

前項 5.2.2.1 において、TW-36 の 2 次接着の性能が不安定だったことより、難燃処理 LVL の積層接着にも使用している TW-28 を使用した、2 次接着試験を実施した。更に、接着剤の検討だけでは安定した接着が困難な場合も想定し、難燃処理 LVL の単板構成について、今までどおりの全層薬剤処理単板を使用した LVL に加えて、表裏単板のみを接着に影響の無い薬剤無処理単板に変更した LVL の製造について検討を行った。

5.2.2.2.1 難燃処理 LVL の製造と接着性能評価

全層薬剤処理単板を使用した難燃処理 LVL と表裏単板を薬剤無処理単板とした難燃処理 LVL は、柴工業株式会社にて製造した。

5.2.2.2.2 難燃処理 LVL 製造条件

製造条件を表 5.2.2.2.2-1 および 5.2.2.2.2-2 に示す。

表 5.2.2.2.2-1 製造条件

製造場所	柴工業株式会社
難燃薬剤	処理量 250kg/m ³ 、300kg/m ³
被着材	難燃薬剤処理スギ単板 辺材、薬剤無処理スギ単板 心材 (3.8×682×1300mm)
構成	8ply
接着剤	試作品 TW-28 (レゾルシノール樹脂系接着剤：株式会社オーシカ)
糊液配合	TW-28/D 用硬化剤 30S/水/ホット P-2 = 100/9/11/10～13
塗布量	160g/m ² 以上 (片面塗布)
塗布方法	ロールコーター
堆積時間	10分以内
熱圧条件	140℃×0.8MPa×20分 (8ply×4セット/1プレス)

表 5.2.2.2.2-2 単板構成 詳細

試験No.	薬剤処理方法	薬剤処理量
E	全層処理	300g/m ³
F	全層処理	250g/m ³
G	表裏無処理	300g/m ³
H	表裏無処理	250g/m ³

単板への薬剤処理方法と単板構成を変更したことに加え、この日は気温が高く製造雰囲気温度が 30℃を超えたため、ライン固化防止対策として、可使時間延長のために糊液配合において硬化剤添加量を削減した。結果、作業性として可使時間に問題はなかったものの、気温の高さが原因で糊液粘度も低下し、前回より塗布量の確保が難しく、塗布量はやや低めの設定となった。

5.2.2.2.3 接着性能評価結果

試験体が少なく、多くの試験材が取れなかったため、ここでは温水浸せき剥離試験による接着性能評価結果のみを表 5.2.2.2.3-1 に示す。試験方法、判定基準は前述 5.2.1.1.3 項に記載の内容と同一である。

表 5.2.2.2.3-1 接着性能評価結果

試験片 No.	薬剤処理量	最大剥離長さ (mm)	剥離試験合否	剥離率 (n=2)
E	全層処理 300kg	0	合格	0.0%
F	全層処理 250kg	9	合格	0.3%
G	表裏無処理 300kg	0	合格	0.0%
H	表裏無処理 250kg	7	合格	0.3%

以上の結果より、各薬剤処理量、単板構成においても合格判定となり、良好な評価結果が得られた。

5.2.2.2.4 難燃処理 LVL の 2 次接着

次に、柴工業株式会社で製造した前述 4 種類の LVL を使用して 2 次接着を行い、小断面耐火集成材を製造し、2 次接着面の接着性能評価を行った。

5.2.2.2.5 2 次接着条件

接着条件を表 5.2.2.2.5-1 に示す。

表 5.2.2.2.5-1 2 次接着条件

製造場所	銘建工業株式会社
難燃薬剤	処理量250kg/m ³ 、300kg/m ³
被着材	難燃処理LVL (25mm厚、柴工業株式会社製造品) (薬剤処理量250kg、300kg、全層処理、表裏無処理)
構成	5mmスギ単板+25mm難燃処理LVL+25mm難燃処理LVL+小断面構造用集成材
接着剤	試作品TW-36、TW-28 (レゾルシノール樹脂系接着剤：株式会社オーシカ)
糊液配合	主剤/D用硬化剤 = 100/15
塗布量	約800g/m ² (片面塗布)
塗布方法	手作業
堆積時間	10分以内
冷圧条件	1.0MPa×1晩 (常温)

5.2.2.2 項でも記載したとおり、TW-36 の 2 次接着評価結果がよくなかったことから、接着剤主剤として TW-28 を追加し小断面耐火集成材の製造を行った。

5.2.2.2.6 小断面耐火集成材の 2 次接着面の接着性能評価結果

製造した小断面耐火集成材から試験材をカットし（図 5.2.2.2.6-1 参照）、2 次接着面のブロックせん断試験およびナイフテストを実施した。更に今回は、耐火集成材としてのホルムアルデヒド放散量の測定も行った（写真 5.2.2.2.6-2 参照）。尚、ホルムアルデヒド放散量測定方法は検査機関のアドバイスにより集成材の日本農林規格に準じて実施した。これらの結果を表 5.2.2.2.6-1 に示す。

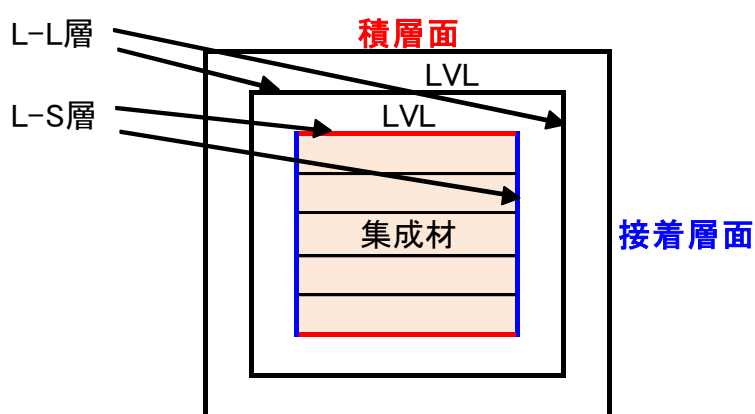


図 5.2.2.2.6-1 試験体断面および試験片採取箇所

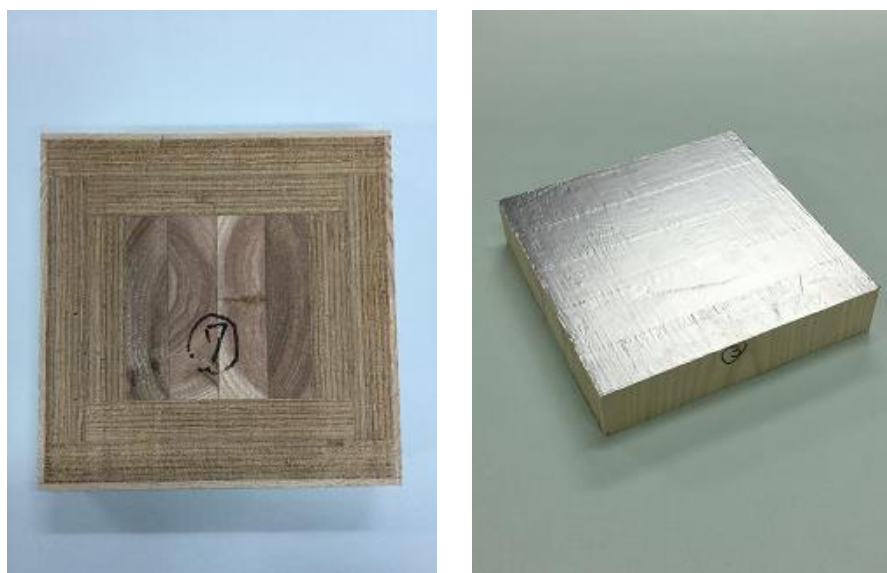


写真 5.2.2.2.6-1 ホルムアルデヒド放散量測定用試験片
(左：シール前、右：シール後)

表 5.2.2.2.6-1 ブロックせん断試験、ナイフテスト

およびホルムアルデヒド放散量測定結果

単板構成	接着剤	接着面		薬剤処理量250kg				薬剤処理量300kg			
				平均值		ナイフテスト	ホルムアルデヒド放散量	平均值		ナイフテスト	ホルムアルデヒド放散量
				強度 (MPa)	木破 (%)			強度 (MPa)	木破 (%)		
全層処理	TW-28	接着層面	L-L層	4.4	100	100	0.2mg/L	4.2	100	100	0.2mg/L
			L-S層	4.4	100	100		5.5	100	100	
		積層面	L-L層	3.9	100	100	F☆☆☆☆	3.6	100	100	F☆☆☆☆
			L-S層	5.5	100	100		3.0	100	100	
表裏無処理	TW-28	接着層面	L-L層	5.9	100	100	0.2mg/L	6.1	100	100	0.2mg/L
			L-S層	6.1	100	100		6.2	100	100	
		積層面	L-L層	5.8	100	100	F☆☆☆☆	4.0	100	100	F☆☆☆☆
			L-S層	8.6	100	100		6.6	100	100	
全層処理	TW-36	接着層面	L-L層	3.8	90	100	0.2mg/L	3.0	45	100	0.2mg/L
			L-S層	2.6	100	100		4.0	60	80	
		積層面	L-L層	3.4	100	100	F☆☆☆☆	3.3	80	100	F☆☆☆☆
			L-S層	6.4	95	40		3.4	85	90	
表裏無処理	TW-36	接着層面	L-L層	4.5	100	100	0.2mg/L	5.2	100	100	0.2mg/L
			L-S層	6.2	100	100		7.0	100	100	
		積層面	L-L層	6.2	100	100	F☆☆☆☆	5.5	100	100	F☆☆☆☆
			L-S層	6.5	100	100		6.6	100	100	

※ 表内、黄色の部分は、界面破断のあった試験片 (TW-36の全層処理に集中)

各単板構成、薬剤処理量の組み合わせにおいて製造した難燃処理 LVL を使用して、2次接着面の接着性能評価を行った結果、ブロックせん断試験およびナイフテスト共に、全層処理 LVL を TW-36 にて接着した試験体に集中して、界面剥離が見られた。表裏無処理 LVL を使用した試験体の接着は、接着剤の種類に関わらず良好であった。尚、TW-28 を使用した試験体では全層処理 LVL も良好な接着性能を示した。TW-28 は TW-36 より可使用時間が長いこと、および組成的に比較的難燃薬剤による接着剤変質の影響を受けなかったことが要因ではないかと思われる。

以上の結果から、今後、全層処理 LVL を使用して耐火集成材の被覆材とする際には、2次接着には TW-28 を使用したほうが良いと考えられる。一方で難燃処理 LVL の表裏材を無処理材にした場合には、接着剤が薬剤の影響を受けにくくなるため、どちらの接着剤を使用しても良好な2次接着性能が得られるだろう。

ホルムアルデヒド放散量測定結果は、すべての試験体で 0.2mg/L 以下で F☆☆☆☆ となった。但し、耐火集成材のホルムアルデヒド放散量は、被覆材と構造用集成材のホルムアルデヒド放散量、そして2次接着に使用する接着剤の使い方やホルムアルデヒド放散量によって左右されるため、今後もデータ収集が必要であると考えられる。

5.3 まとめ

難燃処理 LVL の接着について、LVL 自体の製造方法と、製造した LVL の 2 次接着方法について検討を行った結果をまとめる。

5.3.1 難燃処理 LVL の製造について

平成 28 年度の委託事業において、フェノール樹脂系接着剤による難燃処理単板の接着を試みたが、パンクが生じて LVL の製造が出来なかった。そこで今回は、レゾルシノール樹脂系接着剤を使用し、現行ラインを使用した現場での製造試験を試みた結果、安定した接着性能を有する LVL を製造することが可能となった。

本事業では、規模および製造ラインの異なる 2 箇所の現場で製造を行った。もともとレゾルシノール樹脂系接着剤は主に集成材工場で使用されており、硬化時間が短くても使用可能な自動混合ラインに合わせて設計されている。今回は、長時間にわたり同一糊液を循環して使用できるフェノール樹脂系接着剤のラインに合わせてレゾルシノール樹脂系接着剤を使用するために、比較的硬化時間の長い品番を選定し、糊液配合により粘度と硬化時間を調整した。比較的気温の低い季節であれば、問題なく使用できることがわかったが、真夏の 30℃や 35℃を超えるような季節にも使いこなせるようにするには、現状のままでは難しい。

この課題を解決するには、LVL 製造ラインにも自動混合機を導入するか、糊液を冷却出来るロールコーターや循環設備の導入などの検討が必要である。または、既存ラインをそのまま利用するには、接着性能を維持して且つ硬化時間を延長できるような樹脂の設計や糊液配合を検討することが必要である。

5.3.2 難燃処理 LVL を使用した 2 次接着について

以前より難燃薬剤処理材の接着用として検討されてきた、レゾルシノール樹脂系接着剤の試作品 TW-36 を使用して検討を開始したが、今回初めて 30℃を超える作業環境下を体験し、TW-36 では糊液配合から硬化するまでの時間が短すぎ、特に時間を要する大断面集成材への接着には不向きであることが判明した。

本事業では、これに代わる接着剤として比較的硬化時間の長い試作品 TW-28 でも 2 次接着試験を実施し、同接着剤により夏場でも安定した接着性能が得られることがわかった。また別の視点からは、製造する LVL の単板構成において、表層の単板を接着性能に影響の出ない薬剤無処理単板に変更することにより、耐火性能を維持しつつ 2 次接着性能も損なうことがない耐火部材を製造できる可能性を見出した。

前者の方法では、LVL 製造現場において、単板の仕組みを気にすることなく製造できるメリットがあるが、硬化時間が比較的長いために、TW-36 とは逆に気温が低い冬場の保温に気をつける必要がある。後者においては、LVL 製造現場で表層部が無処理材となるように単板を仕組む手間がある反面、2 次接着を行う集成材工場においては、特別に難燃処理材のために接着剤を変更することなく、普段使用しているレゾルシノール樹脂系接着剤を使用できる可能性がある。