

公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発

—接着の品質評価と品質向上について—

吉野安里・吉田孝久

接着重ね梁は、角材を複数本重ね合わせ接着接合した構造部材であり、その力学的特性が発揮されるには適正な接着が前提となる。本研究では、接着品質の評価、重ね梁の品質向上、適正な接着条件の製造工程への反映を目的とした。研究は、先進工場で接着重ね梁を試作し、品質評価を行いながら、問題点の抽出あるいは工程改善策を検討し、これらを次の試作品に反映させることを繰り返して実施した。その結果、接着重ね梁の接着品質を著しく向上させることができた。製造条件を厳守することは重要であり、それを実行するためには担保となる製造記録の徹底を図ることが望ましいと考えられる。たとえばデジタルカメラの活用は有効であると考えられる。

キーワード：接着重ね梁、接着の品質、開放堆積時間、日本農林規格

1 緒言

接着重ね梁は、角材を複数本重ね合わせて一体に接着接合した構造部材である。一体としての力学的な特性を得るには、適正に接着されていることが前提となる。本試験では、接着に関する品質評価と品質向上を目的とするとともに、接着品質へ与える要因を分析し、製造工程に反映させて品質向上を図った。試作を行い接着重ね梁の品質を評価し、問題点や工程の改善点の抽出を行って次の試作へ反映させる、という形で実施した。その過程において先進工場における試作と品質評価を実施し、品質向上の手がかりを得た。

本研究は、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の「公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発（平成 18～20 年度）」（中核機関：長野県林業総合センター，参加県：富山県，石川県，長野県，静岡県）によった。接着試験の分担*（担当県）は下記のとおりである。

- ・ 試作品の品質評価・・・試作品作製県
（富山県，石川県，長野県，静岡県）
- ・ 先進工場における試作および品質評価
（長野県）
- ・ 評価方法の検討（長野県）
- ・ とりまとめ（長野県）

2 品質の評価方法

「接着重ね梁」は、現行の日本農林規格の品目には存在しない。類似の製品として構造用集成材があるが、ラミナの厚さは原則として 50mm 以下であるので、50mm を超える角材を接着接合するような「接着重ね梁」は該当しない。しかし、製造工程や接着剤等は構造用集成材と共通する点が多い。構造用集成材は、大規模木造建築物にも多くの実績がある。したがって、品質の評価方法として日本農林規格を準用することが適当であると考えられる。そこで「集成材の日本農林規格（以下 JAS と記す）」の構造用集成材の接着試験方法に定める「浸せきはく離試験」「煮沸はく離試験」「減圧加圧はく離試験」および「ブロックせん断試験」を実施し、品質評価を試みた。

目標とする接着性能は、使用環境 C（構造物の耐力部材として、接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について通常の性能が要求される使用環境をいう）とした。

本研究では高温セット乾燥を行った 120mm 正角材 2 本を重ねて接着した接着重ね梁を対象とし、JAS に規定する接着試験を実施した。「浸せきはく離試験」「煮沸はく離試験」および「減圧加圧試験」について JAS の適合基準に準拠すれば、その条件は

* 「平成 20 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」，研究課題名「公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発」接着試験の実施機関および担当者は以下のとおりである。（富山県農林水産総合技術センター木材試験場）中谷 浩，（静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター）池田潔彦，（石川県林業試験場 石川ウッドセンター）鈴木修治，松元 浩，（上伊那森林組合）中村正純，（長野県林業総合センター）吉野安里，いずれも当時の所属

1) 「はく離率5%以下」・・・試験片の両面の計で12mm以下を許容する

2) 「同一接着層のはく離1/4以下」・・・試験片の片面ごとの計で30mm以下を許容することとなる。したがって、両面の計で12mmを超えるはく離が生じれば、2)の結果にかかわらず不適合ということになる。

3 2006, 2007年度の試験の概要

3.1 接着重ね梁の試作と品質

試験体の製造は、集成材製造に実績を有する工場に依頼した。

2006(平成18)年度は、12月に構造用集成材と同様の工程と接着剤を用いて、試作した。製造条件の細部は各工場に委ねた(表-3.1)。2007(平成19)年度も前年と同様に各工場に製造条件を委ねた。なお接着品質に温度が大きく影響する

と考えられたため8~9月に製造した(表-3.3)。

3.2 試験結果および考察

2006年度の煮沸はくり試験、減圧加圧試験ともに成績は著しく不良であった(表-3.1)。特に煮沸はく離試験では不適合となる試験体が多かった。通常の集成材の製造条件下であったが、特に温度的な養生をとっていなかったために、接着がうまくいかなかったと考えられた。2007年度は製造時期を夏季とし、温度条件の改善を図ったが、静岡県を除き、前年度よりも成績が悪い結果となった(表-3.4, 写真-3.1)。2007年度の結果では「浸漬はく離」の段階での不合格が多数あった。この原因は、基本的な製造方法(エレメントの加工も含む)にあると考えられた。接着重ね梁の製造は、通常の集成材製造工程以上の技術水準が必要である可能性が高い。

表-3.1 2006年度の製造条件

(主として聞き取りによる)

内 容	富山県 (県内工場)	石川県 (県内工場)	静岡県 (川島木材(株))	長野県 (上伊那森林組合)
1 接着剤の種類	水性ビニルウレタン オーシカTP111	水性ビニルウレタン オーシカ TP111	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX500	水性ビニルウレタン オーシカTP111
2 塗布量	280~300 g/m ²	185g/m ²	250~300 g/m ²	230~250 g/m ²
3 塗布の方法 (手塗り, 機械塗り等)	機械	手塗り	ローラー塗布による手塗り (ややムラ有り)	手塗り
4 接着剤塗布から圧縮する までの時間	10分~15分	10分以内	10分~15分	10分~15分
5 圧縮圧	スギ: 9~10kg/cm ²	10kg/cm ²	スギ: 7kg/cm ² ヒノキ: 8kg/cm ²	スギ, ヒノキ, カラマツ8~ 10kg/cm ²
6 圧縮時間	30分~1時間	1時間	16時に積層圧縮, 翌朝9時に 解圧 計17時間	2時間, 朝8時, 午後1時, 午後4時~翌8時
7 接着時の温度	5°C程度	10°C程度 (プレスは保温シートで囲わ れており, 室内はヒーターで 20~23°Cに保温)	5~10°C	5~10°C程度 (圧縮時はシートで囲い, 中 は温風ヒーターと, ジェット ヒーター加温)
8 プレーナー掛け後に接着 するまでのおよその時間 or 日数	半日	カラマツ: 約3週間 ヒバ: 4~6日	3時間から2日	2日~3日
9 接着重ね梁製造後から接 着力試験を行うまでのお よその日数	1ヶ月	約1ヶ月	約3日	約1ヶ月~2週間程度
10 接着重ね梁の製造年月日	12月25日	12月22日	12月20日~25日	12月25日~2月9日

表-3.2 2006年度の試験結果

エレメントの構成	担当県	個別試験項目ごとのJAS基準適合数				総合判定			試験 体数	
		1) 浸 漬 はく離	2) 煮 沸 はく離	3) 減圧加 圧	4) ブロッ ク	1), 2) 4) に適合	適合率 (%)	3), 4) に適合		適合率 (%)
カラマツ+カラマツ	長野	17	0	8	16	0	0.0	7	35.0	20
アカマツ+ヒノキ	長野	18	2	16	19	2	10.0	16	80.0	20
スギ低ヤング+スギ高ヤング	静岡	18	18	19	18	16	80.0	17	85.0	20
ヒノキ+ヒノキ	静岡	12	10	8	20	7	35.0	8	40.0	20
ヒバ+ヒバ	石川	14	7	1	15	5	25.0	1	5.0	20
カラマツ+ヒバ	石川	5	1	0	16	1	5.0	0	0.0	20
スギ+スギ	富山	18	11	15	16	7	35.0	11	55.0	20

静岡県の実験体は、他県よりも成績が良好であった。そこで、静岡県内の製造工場と長野県内の集成材専門工場とにおいて、試験体を試作

しながら製造工程の調査を実施し、品質の向上の手がかりを得ることとした。

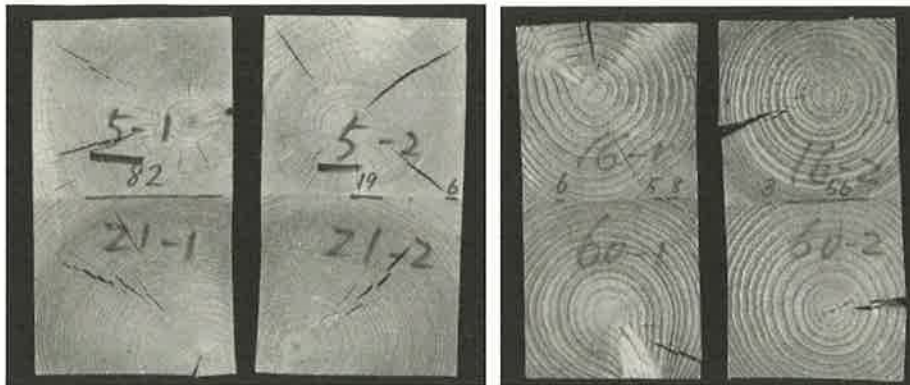


写真-3.1 評価時の煮沸はく離試験片（不適合例）

左) ヒノキ-アカマツ型 右) カラマツ-カラマツ型
接着層の数値は、はく離長さを示す。

表-3.3 2007年度の製造条件
(主として聞き取りによる)

内容	富山県（県内工場）	石川県（県内工場）	静岡県 （川島木材（株））	長野県 （上伊那森林組合）
1 接着剤の種類	水性ビニルウレタン オーシカTP111	水性ビニルウレタン オーシカ TP111	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX510	水性ビニルウレタン オーシカTP111
2 塗布量	300g/m ²	300g/m ² 以上	280g/m ²	230~250g/m ²
3 塗布の方法 （手塗り、機械塗り等）	機械	手塗り（両面）	手塗り（両面）	手塗り
4 接着剤塗布から 圧縮するまでの時間		10分以内	10分~15分	10分~15分
5 圧縮圧	スギ：9~10kg/cm ²	14kg/cm ²	スギ：7kg/cm ² ヒノキ：9kg/cm ²	スギ、ヒノキ、カラマツ 8~10kg/cm ²
6 圧縮時間	45分	80分	3時間	2時間、午前1回、午後 1回 1回に6体
7 接着時の温度	5℃程度	23~30℃	37~38℃	24~30℃
8 接着面の温度	27℃		32~34℃	23~28℃
9 ブレーナー掛け後に接着 するまでのおよその時間 or日数	1日			およそ2時間
10 接着重ね梁製造後から接着 力試験を行うまでのおよ その日数	1ヶ月		4日	約1ヶ月~2週間程度
11 接着重ね梁の製造年月日	9月末	8月21日	8月28日	8月6日~8月11日
12 接着剤の購入日		9月7日	8月28日	6月1日

表-3.4 2007年度の試験結果

エレメントの構成	担当県	個別試験項目ごとのJAS基準適合数				総合判定			試験 体数	
		1) 浸 はく離	2) 漬 はく離	3) 沸 減圧 圧	4) 加 圧 ブロッ ク	1), 2) 4) 適合 率 (%)	3), 4) 適合 率 (%)			
カラマツ+カラマツ	長野	6	0	2	10	0	0.0	2	20.0	10
アカマツ+ヒノキ	長野	5	0	4	7	0	0.0	2	20.0	10
スギ低ヤング+スギ高ヤング	静岡	6	4	6	6	4	66.7	6	100.0	6
ヒノキ+ヒノキ	静岡	5	4	3	5	4	80.0	3	60.0	5
ヒバ+ヒバ	石川	0	0	0	8	0	0.0	0	0.0	10
カラマツ+ヒバ	石川	0	0	0	9	0	0.0	0	0.0	10
スギ+スギ	富山	9	1	3	10	1	10.0	3	30.0	10

4 接着剤および製造工程の検討

接着重ね梁は、従来の集成材の製造の技術水準では十分な接着品質を確保することが困難であった。そこで2ヵ年ともに優良な品質であった静岡県内の川島木材工業(株)(以下、川島工場と略記)と、長野県内の齋藤木材工業(株)(以下、齋藤工場と略記)の2工場を選定し、接着重ね梁の試作を依頼した。製造工程を記録するとともに、接着品質を評価を実施した。

4.1 川島工場

集成材専門工場で試作を行い、接着剤および製造工程の検討を行なった。

- 1) エレメント：カラマツ高温セット乾燥材。
- 2) 使用接着剤：水性高分子イソシアネート系(API) アイボン AUX-510
- 3) 製造日：2007(平成19)年11月8日(木) 天気：晴
- 4) 製造工場：川島木材工業(株)

4.1.1 製造工程の状況

製造工程の状況を表-4.1、写真-4.1に示す。この工場では、水平方向積層型のプレスを使用している。加工されたエレメントをプレス上に用意し、その場で接着剤の調合・塗布を行い、接着面同士を合わせた。これにより、接着剤を塗布したエレメントを運搬することがなく、きわめて短い開放堆積時間に抑えることが可能であった。

使用する接着剤は、冬季と夏季とで製品を使い分けていた。

4.1.2 川島工場の試験結果

試作した4体のすべてについて、煮沸はく離試験、減圧加圧試験に合格した(表-4.2、浸せきはく離試験は未実施)。

表-4.2 川島工場の試験結果

番号	1)	2)	接着剤
	煮沸はく離	減圧加圧	
No.1	○	○	API
No.2	○	○	
No.3	○	○	
No.4	○	○	
適合数	4/4	4/4	

注1: ○は適合、×は不適合、-は未実施

4.2 齋藤工場

集成材専門工場において試作を行い、接着剤および製造工程の検討を行なった。接着剤は、水性高分子イソシアネート系(API) およびレゾルシノール系の接着剤の2種類を使用した。齋藤工場では、製造時からプレス圧縮解除時までの温度を継続して計測した。

- 1) エレメント：カラマツ高温セット乾燥材。
- 2) 使用接着剤

レゾルシノール系：オーシカ、ディアノール D-300

水性高分子イソシアネート系(API)：アイボン AUX-510

- 3) 製造日：2008(平成20)年5月29日(木) 天気：晴

- 4) 製造工場：齋藤木材工業(株)ナガト工場

4.2.1 製造工程の状況

あらかじめ接着剤と硬化剤を秤量しておき、塗布する直前に(1体ごとに)調合していた。レゾルシノール系接着剤の作業工程を表-4.3、写真-4.2に、水性高分子イソシアネート系の作業工程を表-4.4、写真-4.3に示す。

エレメントをプレスの近傍に用意しておき、調合された接着剤を塗布した。接着剤の塗布が終わったエレメントは、その都度プレスに運搬し、開放堆積時間の短縮を図った。時間管理は、ストップウォッチを使用し、目標時間と経過時間とを確認しながら作業を進めた。なお、深夜は気温が10℃以下になり、工場の担当者からは「暖房が必要であった」とのコメントがあった。





川島工場の製造工程の様子・・・水性高分子イソシアネート系（API）	
	<p>【時刻 9:09】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接着剤の調整。 バケツの中に主剤と硬化剤を混合する。 ・接着前のエレメント。 前日にプレーナ加工を行なう。
	<p>【時刻 9:10】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接着剤は4体分を一度に展開。 ・両面塗布。 ・ローラーを使用して接着剤をのばす。 ・塗布量はかなり粗放的である。
	<p>【時刻 9:12】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接着面同士をあわせる。
	<p>【時刻 9:14】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレス圧縮開始。 端からひとつずつ加圧する。 (一斉加圧ではない) ・シリンダ間隔は約 50cm

写真-4.1 川島工場の工程記録

表-4.1 川島工場の養生記録

水性高分子イソシアネート系(API)接着剤					
番号	1)接着剤調整	2)接着剤塗布	3)プレス圧縮開始	4)プレス解除	5)接着力試験
No.1-4	9:07	9:10~ 9:13	9:15	1)から3)までの 所要時間:8分 } 1昼夜後?	2007.11.8
(No.5-8)	9:07	9:17~ 9:21	9:25		所要時間:15分
材面温度 (塗布面温度)					



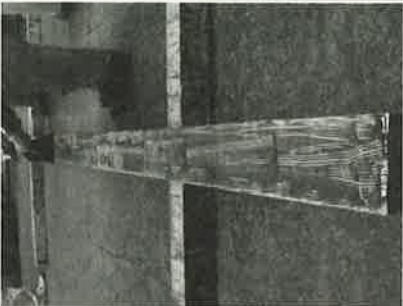

齋藤工場の製造工程の様子・・・レゾルシノール・フェノール樹脂	
	<p>【時刻 15:24】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 カップ分が一体分の塗布量。 ・ 塗布量はかなり正確に把握できる。
	<p>【時刻 15:26～】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ヘラを使用して接着剤をのばす。 ・ 片面塗布。
	<p>【時刻 15:26～】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ API よりも粘度は低め。 ・ 塗布をいかに手際よくやるかが重要。
	<p>【時刻 15:35】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ プレス圧縮。 ・ ここまで 11 分 20 秒かかった。

写真-4.2 齋藤工場の工程記録 (その1)

表-4.3 齋藤工場の養生記録 (その1)

レゾルシノール系接着剤					
番号	1)接着剤調整	2)接着剤塗布	3)プレス圧縮開始	4)プレス解除	5)接着力試験
No.4	15:24	15:26～ 15:28	15:35	1)から3)までの 所要時間:11分	圧縮時間: 26時間15分 2008.6.12～16
No.5	15:24	15:28～ 15:30	15:35		
No.6	15:24	15:30～ 15:32	15:35		
材面温度 (塗布面温度)	20	19	21	14	





齋藤工場の製造工程の様子・・・水性高分子イソシアネート系（API）の場合	
	<p>【時刻 15:44】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 カップ分が一体分の塗布量。 ・ 乾燥防止のためラップをかけてある。 ・ この時点では主剤の秤量のみ。 ・ 硬化剤の混合は塗布直前に実施。
	<p>【時刻 15:44～】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 横置き型プレス上で接着剤を塗布し、工程時間の短縮を図る。 ・ ヘラを使用して着剤をのばす。
	<p>【時刻 15:44～】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一体塗布ごとに、主剤に硬化剤を混合する。 ・ 塗布をいかに手際よくやるかが重要。
	<p>【時刻 15:57】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 圧縮。 ・ ここまで 13 分かかったが、10 分以内が目標。

写真-4.3 齋藤工場の工程記録（その2）

表-4.4 齋藤工場の養生記録（その2）

水性高分子イソシアネート系（API）接着剤

番号	1)接着剤調整	2)接着剤塗布	3)プレス圧縮開始	4)プレス解除	5)接着力試験
No.1	15:44	15:44～ 15:50	15:57	1)から3)までの 最大所要時間： 13分	2008.6.12～16
No.2	15:44	15:44～ 15:50	15:57		
No.3	15:48	15:49～ 15:52	15:57		
材面温度 (塗布面温度)	21	19	21	14	

4.2.2 齋藤工場の試験結果

接着試験は、全項目を長野県林業総合センター（以下、当所）において、減圧加圧試験は齋藤工場においても実施した。なお、齋藤工場では、環境条件A（構造物の耐力部材として、接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について高度な性能が要求される使用環境をいう）に相当する2回繰り返しを実施した。

水性高分子イソシアネート系（API）接着剤を使用した3体（No. 1～3）については、当所で実施した、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験ともに全数が合格したが、減圧加圧試験は全数が不合格であった。なお齋藤工場で実施した減圧加圧試験では3体中2体が環境条件Bで、1体が環境条件Aで合格であった。ブロックせん

断試験は全数が合格した。

一方、レゾルシノール系接着剤を使用した3体（No. 4～6）については、浸せきはく離、煮沸はく離ともに全数が合格した、減圧加圧も1体を除き合格した。ブロックせん断試験は全数が合格した。なお齋藤工場で実施した減圧加圧試験では全数が環境条件Bで、2体が環境条件Aで合格した。ブロックせん断試験は全数が合格した。

ブロックせん断試験では接着層の位置を表層近く（Y）と中心部近く（X）の品質を比較した。しかし、大きな差はなく、品質に影響を与える程度の接着剤の塗布ムラや圧縮ムラはないと判断できた。

JASでは試験項目として、「ブロックせん断試

表-4.5 齋藤工場の試験結果

番号	1) 浸漬はく離	2) 煮沸はく離	3) 減圧加圧	4) ブロックせん断	4') 減圧加圧	4'') 減圧加圧 × 2	接着剤
No.1	○	○	×	○	(×)	×	API
No.2	○	○	×	○	○	○	
No.3	○	○	×	○	○	(×)	
適合数	3/3	3/3	0/3	3/3	3/3	2/3	
No.4	○	○	○	○	○	○	レゾルシノール
No.5	○	○	×	○	○	(×)	
No.6	○	○	○	○	○	○	
適合数	3/3	3/3	2/3	3/3	3/3	2/3	

注1: ○は適合、×は不適合、(×)は1箇所が不合格のため不適合。

注2: 「4'」減圧加圧試験は齋藤木材工業(株)にて実施

注3: 「4''」減圧加圧 × 2」試験は2回くりかえし(環境条件A)、齋藤木材工業(株)にて実施

表-4.6 齋藤工場のブロックせん断試験の結果

		X				Y			
		縦 mm	横 mm	最大荷重 kN	せん断強度 N/mm ²	縦 mm	横 mm	最大荷重 kN	せん断強度 N/mm ²
イソシアネート	1-1	25.22	25.92	7.312	11.2	25.43	25.61	7.465	11.5
	1-2	25.27	25.59	7.843	12.1	25.43	26.15	7.075	10.6
イソシアネート	2-1	25.01	25.92	5.825	9.0	25.49	26.34	6.818	10.2
	2-2	25.33	25.87	6.106	9.3	24.86	26.08	5.731	8.8
イソシアネート	3-1	25.24	25.59	6.093	9.4	25.38	25.81	5.975	9.1
	3-2	25.33	25.88	6.712	10.2	25.38	25.76	6.700	10.2
レゾルシノール	4-1	25.24	26.32	7.050	10.6	25.20	26.45	6.403	9.6
	4-2	25.35	26.30	6.500	9.7	25.25	26.42	7.212	10.8
レゾルシノール	5-1	25.22	26.35	4.687	7.1	24.99	26.74	5.713	8.5
	5-2	25.32	26.35	5.612	8.5	25.32	26.62	5.993	8.9
レゾルシノール	6-1	24.99	26.03	6.437	9.7	25.09	26.36	8.081	12.2
	6-2	25.41	26.45	5.950	8.9	24.85	26.70	7.418	11.2

適合条件 せん断強さ: 7.2N/mm²以上、木部破断率65%以上

験」を必須とし、「減圧加圧試験」「煮沸はくり試験、浸漬はくり試験」の選択が認められているので、後者を選択すると、水性高分子イソシアネート系接着剤でもレゾルシノール系接着剤でも全数が基準に適合した。

減圧加圧試験では、水性高分子イソシアネート系では十分な接着が得られる場合とそうでない場合とがあった。レゾルシノール系接着剤でおおむね基準に適合すると考えられる。

4.3 工場担当者からの聞き取り調査

齋藤工場は、構造用集成材の製造品質管理能力が一定水準（JAS 認定工場）以上を満たしており、集成材の製造実績や経験も豊富である。そこで工場の担当者との面談から、接着に関して知見を得た。

- 水性高分子イソシアネート系接着剤（API）はいろいろな種類があり、同じメーカーでも型番が異なると接着試験結果もかなり異なる。したがってAPIの選定はむずかしい。（齋藤工場では）構造用集成材ではAPIの使用実績が少ない。
- 一般に、「接着剤の性能は値段に従う。高い接着剤は、よくつく」

- 接着不良のときは、まず接着剤を疑え。
- APIは水分管理が厳しい。塗布後の表面からの乾燥には気を使う。その点レゾルシノール系接着剤の方がやや有利である。
- 圧縮硬化時の気温低下には気を使っている。

4.4 工場調査のまとめ

各県の状況、専門工場での事例および専門家の助言をまとめると以下の点が指摘できる。

- 接着作業時間の短縮の必要性。特に、接着剤塗布面が空気に触れる状態（開放堆積時間（オープンアセンブリタイム OAT））を極力短くする必要がある。
- 横置型プレスは、OATの短縮に有利である。（接着剤を塗布したエレメントを運ぶ必要がない）
- 硬化時の温度が維持（確保）されていること。
- 接着剤の選定（季節、樹種等による接着剤の選定）が重要である。
- レゾルシノール系接着剤は、水性高分子イソシアネート系接着剤（API）よりも強力な接着が得られる可能性が高い。防火性能上も有利であると考えられる。

表-5.1 2008年度の製造条件

（立会い調査による）

内 容	富山県（県内工場）	石川県（県内工場）	静岡県 （川島木材（株））	長野県 （藤森木材工業（株） ナガト工場）
1 接着剤の種類	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX500	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX500	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX500	高分子イソシアネート アイカ アイボンAUX500
2 塗布量	500g/m ²	500g/m ²	500g/m ²	500g/m ²
3 塗布の方法 （手塗り、機械塗り等）	手塗り（両面）	手塗り（両面）	手塗り（両面）	手塗り（両面）
4 接着剤塗布から 圧縮するまでの時間	33分	13、9分	11分、10分	8分、11、9分
5 圧縮圧	9～10kg/cm ²	7～9kg/cm ²	スギ：7kg/cm ² ヒノキ：9kg/cm ²	10kg/cm ²
6 圧縮時間	約1日	約1日	約1日	19～20時間
7 接着時の気温	21℃	16℃、19℃	27℃	27℃
8 接着面の温度	20℃	16℃、19℃	23～27℃	22～23℃
9 ブレーナー掛け後に接着 するまでのおよその時間 or日数	1日	半日以内	半日以内	半日以内
10 接着重ね梁製造後から接 着力試験を行うまでのおよ その日数	約2ヶ月	約40日	約2週間 減圧加圧試験 は約3ヶ月	約2ヶ月
11 接着重ね梁の製造年月日	10月14日	10月23日	9月16日	10月21日
12 接着剤の購入日		10月		10月
13 備 考		側面圧縮あり		夜間：加温養生

5 2008(平成20)年度の試験概要

5.1 接着重ね梁の試作と品質

最終年度である2008年度は、先進的な製造工場における試作品の評価および調査結果をふまえて、以下を重点に試験を実施した。特に、製造時の時間管理の厳格化を図るために、計時と記録(デジタルカメラによる撮影記録)を徹底することにした。

- 1) 接着剤: 構造用集成材用の水性高分子イソシアネート系接着剤(API)の中から、入手の容易な接着剤を使用する、
- 2) 製造方法: 接着剤を塗布した材の運搬距離および堆積時間(塗布からプレス圧縮までの時間)を極力短縮する。
- 3) 養生: 温度保持と時間確保の厳格化を図る。

5.2 結果と考察

表-5.1に試験結果の概要を示す。富山県ではプレス機器の不具合のため、開放堆積時間を30分程度も要した。試験条件のゆるい浸漬はく離試験は、各県ともに全数が適合した。煮沸はく離試験は、静岡県、富山県を除いて成績が向上し、特にねじれが大きく難接着樹種と考えられるカラマツ、ヒバでは、品質改善効果は著しかった。一方、減圧加圧試験では、基準に安定して適合させることはできなかった。しかしJASではブロックせん断試験を必須とし、「減圧加圧試験」あるいは「浸漬はく離試験」と「煮沸はく離試験」のどちらかの選択を認めているので、JASの品質水準にあると判断できる。

6 評価方法の検討

(エレメント厚を低減して評価した場合)

現行の集成材JASでは、構造用集成材のラミナ厚は原則50mm以下である。一方、本研究で取り扱った接着重ね梁は、ラミナ厚を超える120mm厚のエレメント2体を貼り合わせたものである。接着に関する品質評価のうえで、エレメント断面が大きいために、はく離率も高いとの指摘がある。そこでエレメント厚が接着試験の結果に与える影響を検討した。

6.1 試験の方法

水性高分子イソシアネート系接着剤(API)を使用し、カラマツ正角材2体を接着した重ね梁58体を試験体とした。1試験体から隣接する試験片2個を採取した(図-6.1)。試験片の1個はそのままの大ききで(全厚試験片:縦240×横120mm)、もう1個は接着層を中心にエレメント厚が60mmずつとなるように(半厚試験片:縦100×横120mm)切削した(図-6.3)。それぞれの試験体について、煮沸はく離試験を実施した。

6.2 試験の結果と考察

半厚試験片の方が全厚試験片よりも、はく離率が低くなる「甘い」評価のものが30体中6体、逆に、はく離率が高くなる「辛い」評価のものが31体中7体あった。すなわち、「エレメント断面が大きいために、はく離率が高い」とは必ずしもいえない結果であった(表-6.1, 図-6.2)。

なお、半厚試験片を品質の評価方法へ反映することは無理があると考えられた。

- ・仮に、評価が「甘くなった」として、本来ならば大きくはく離するおそれのある検体を合

表-5.1 2008年度の試験結果

エレメントの構成	担当県	個別試験項目ごとのJAS基準適合数				総合判定			試験体数	
		1) 浸漬はく離	2) 煮沸はく離	3) 減圧加圧はく離	4) ブロックせん断	1), 2) 適合率 (%)	3), 4) 適合率 (%)	適合率 (%)		
カラマツ+カラマツ	長野	5	5	0	5	5	100	0	0	5
アカマツ+ヒノキ	長野	5	4	2	5	4	80	2	40	5
スギ低ヤング+スギ高ヤング	静岡	5	3	3	5	3	60	3	60	5
ヒノキ+ヒノキ	静岡	5	3	4	5	3	60	4	80	5
ヒバ+ヒバ	石川	5	4	3	4	4	80	3	60	5
カラマツ+ヒバ	石川	5	3	0	4	2	40	0	0	5
スギ+スギ	富山	5	0	0	5	0	0	0	0	5

格させることは疑問がある。

- ・「構造用の接着軸材料」として現に JAS の試験方法が確立している。エレメント厚を低減し

た接着重ね梁向きの試験方法を提言するには、エレメント断面とはく離率の関係が希薄であり、論理的にも無理があると考えられる。

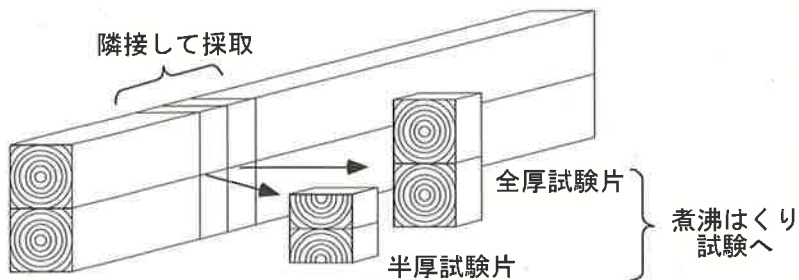


図-6.1 試験片の採取方法

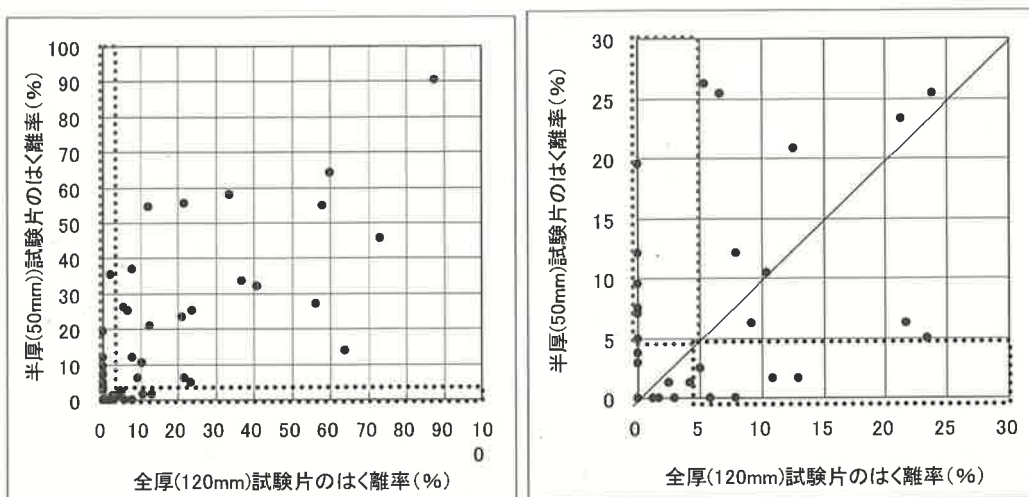


図-6.2 はく離率の対比 (左: 全数, 右: 左を部分拡大したもの)

表-6.1 試験結果の集計

		B エレメント厚さ 120mm			総計
		5%以下	5%超 ~10%以下	10%超	
A エレメント 厚さ 50mm	5%以下	24	3	3	30
	5%超 ~10%以下	4	1	1	6
	10%超	3	4	15	22
	総計	31	8	19	58

「甘い」評価 (7/31) 「辛い」評価 (6/30)

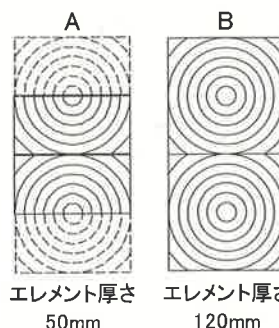


図-6.3 試験片のエレメント厚さ

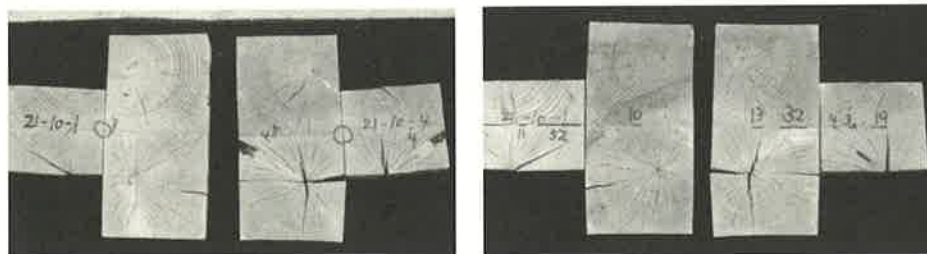


写真-6.1 試験片の一例 (○印は隣接した面)

7 まとめ

接着重ね梁の開発において、「接着」は製品の存否を決定づける根幹技術である。接着の品質検査に着手したところ、接着不成績原因の究明と、品質向上とに多くの時間を費やすことになった。研究期間は3ヵ年であったが、最初の2年間を「試行期間」としてとらえ問題点の抽出を行い、最終年度である3年目に対策を講じ実証を行ったところ、接着重ね梁の接着品質を著しく向上させることができた(表-7)。試験条件の厳しい減圧加圧はく離試験では安定して基準を満たすことは困難であると考えられるが、試験項目の選択が認められているので、ほぼ JAS の品質水準であると考えられる。

製造条件を厳守することの重要性をマニュアルに明記するとともに、いかにそれを実行させるか、またその担保となる製造記録の徹底を図ることが望ましいと考えられる。

以下に得られた知見の概要を記し、品質向上への提案にも触れる。

- 水性高分子イソシアネート系 (API) はいろいろな種類があり、同じメーカーでも型番が異なると接着試験結果もかなり異なる。したがって API を選択するのであれば、事前の調査が必要である。
- 「接着剤の性能は値段に従う。高い接着剤は、よくつく」といわれている。
- API は水分管理が厳しい。塗布後の表面からの乾燥には気を使う。必要最小限の量のみを調合すること。「作りおき」は厳禁である。
- 接着剤塗布面が空気に触れる状態 (開放堆積時間: オープンアセンブリタイム, 以下 OAT

という)を極力短くする必要がある (本試験では 10 分以内を目標とした)。

- プレスの至近な場所で接着剤の塗布を行うなど OAT の短縮に極力努めるべきである。
- 横置型プレスは、OAT の短縮に有利である (接着剤を塗布したエレメントを運ぶ必要がない)。
- 目標時間の設定。製造にかかった時間を記録するとともに、目標時間を定め厳守することが重要である。
- 硬化時に、規定の温度が維持 (確保) されていること。
- 製造条件を厳守することは重要であり、いかにそれを実行させるか、またその担保となる製造記録の徹底を図ることが望ましいと考えられる。例えばデジタルカメラを活用して映像と時間の記録を取ることは有効であると考えられる。

謝辞

川島木材工業株式会社様、齋藤木材工業株式会社様には、接着重ね梁の製造ならびに製造工程調査にご協力いただきました。御礼申し上げます。

齋藤木材工業株式会社ナガト工場の齋藤健氏には、接着剤の選定、プレス圧縮後の養生の重要性をはじめ接着製品の製造技術について多大なる御教示を賜りました。ここに感謝申し上げます。

表 - 7 3年間の試験結果の概要 (適合率, 単位: %)

担当県	年度	エレメント構成	試験体数 (本)	浸漬はく離試験	煮沸はく離試験	減圧加圧はく離試験	ブロックせん断
長野	2006	カラマツ+カラマツ	16	85	0	40	80
		アカマツ+ヒバ	19	90	10	80	95
	2007	カラマツ+カラマツ	10	60	0	20	100
	アカマツ+ヒバ	7	50	0	40	70	
	2008*	カラマツ+カラマツ**	5	100	100	0	100
		アカマツ+ヒバ**	5	100	80	40	100
静岡	2006	低スギ+高スギ	18	90	90	95	90
		低ヒバ+高ヒバ	20	60	50	40	100
	2007	低スギ+高スギ	6	100	67	100	100
	低ヒバ+高ヒバ	5	100	80	60	100	
	2008	低スギ+高スギ	5	100	60	60	100
		低ヒバ+高ヒバ	5	100	60	80	100
石川	2006	カラマツ+ヒバ	16	25	5	0	80
		ヒバ+ヒバ	15	70	35	5	75
	2007	カラマツ+ヒバ	8	0	0	0	80
	ヒバ+ヒバ	10	0	0	0	100	
	2008*	カラマツ+ヒバ	4	100	60	0	80
		ヒバ+ヒバ	4	100	80	60	80
富山	2006	スギ+スギ	16	90	55	75	80
	2007	スギ+スギ	10	90	10	30	100
	2008*	スギ+スギ***	5	100	0	0	100

* 2008年度に接着剤を変更
 ** 製造工場を変更
 *** プレスの故障により開放堆積時間が守られなかった。