

〈資料〉

スギ接着重ね梁の接着性能

柳川靖夫・中田欣作・宮崎祐子

スギ正角乾燥材および水性高分子ーイソシアネート系接着剤を使用して製造された、2種類の接着重ね梁の接着性能を、同一産地のスギ材と同じ接着剤とを使用して製造された集成材の接着性能とともに調べた。浸せきはく離試験、煮沸はく離試験および減圧加圧試験の結果、正角材を2本使用した接着重ね梁のはく離率が最も高かった。次に、正角材2本と一方の外層にラミナを接着した接着重ね梁のはく離率が高かった。それらと比較して、集成材のはく離率はいずれの試験でも低く、ほとんどの試験体が構造用集成材のJASで規定されている接着性能を満たしていた。2種類の接着重ね梁のせん断強度の間に、差は認められなかった。接着重ね梁のせん断強度と、集成材のせん断強度との間には差が認められた。

1. はじめに

重ね梁は、心持ち柱材より任意断面の梁材を製造できることから、スギ並材の新たな用途として期待できる。平嶋らは、製造設備が整っていない施設で製造することを念頭に、高含水率のスギ正角材を使用して、ボルト締め圧縮で接着重ね梁を製造し、強度特性および接着性能を調べている¹⁾。接着層でのせん断破壊が生じなかったため、接着操作に注意すれば実用化も可能としている。この場合は高含水率材の現場接着であるため、その接着性能を集成材と比較するのは適当ではないと考えられる。吉田らは乾燥したカラマツ正角材を使用して、ワールドプレスにより接着重ね梁を試作し、強度特性を中心に報告している²⁾。接着により製造される同様の材料として集成材が存在し、その各種性能はJASで規定されている。そのため集成材では、接着性能は強度性能と同様に重視されている。接着重ね梁の製造には、既存の集成材製造設備を利用することが予想されるため、集成材製造設備で製造された接着重ね梁の接着性能を明らかにする必要がある。本研究では、同一産地のスギ材を用いて製造された、接着重ね梁および集成材の各種接着性能を比較検討した

なお、本試験は奈良県木材共同組合連合会の依頼を受けて行ったものである。

2. 材料および方法

奈良県上北山村産スギ材を使用して、県内集成材工場で製造した接着重ね梁および集成材を使用した。それらの断面構成を図1に示す。

接着重ね梁は2種類で、乾燥した心持ち正角材を2本

接着した重ね梁（幅105mm、梁せい210mm、以下重ね梁Aとする）、重ね梁Aの下部に厚さ30mmのラミナを1枚接着したもの（幅105mm、梁せい240mm、以下重ね梁Bとする）である。集成材も2種類で、厚さ30mmのラミナを使用した7プライ集成材（幅105mm、梁せい210mm、以下集成材Aとする）、および8プライ集成材（幅105mm、梁せい240mm、以下集成材Bとする）である。いずれも水性高分子ーイソシアネート系接着剤を使用し、塗布量250g/m²、圧縮圧力1MPa、圧縮時間60分/30℃の条件で製造した。曲げ試験の後、採取可能な試料より接着試験用試験体を採取した。

接着性能試験は構造用集成材の日本農林規格（以下JAS）に準拠し、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験、減圧加圧試験およびブロックせん断試験を行った。はく離試験体は、断面寸法をそのままに長さを75mmとし、各試料より1～3体ずつを供試した。ブロックせん断試験体は、接着重ね梁では各試料より2～4体ずつ、集成材では1～2体ずつ供試した。

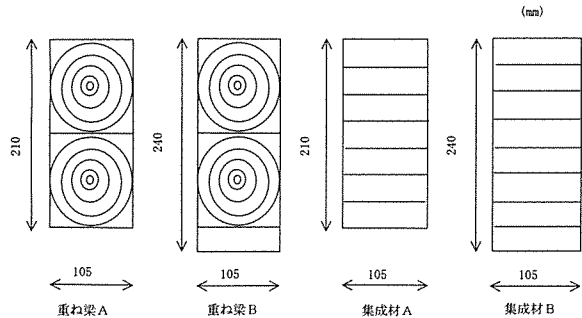


図1 接着重ね梁および集成材の断面構成

表1 浸せきはく離試験の結果

試料 ¹⁾		重ね梁A	重ね梁B			集成材A	集成材B
			全接着層	正角材-正角材間	正角材-ラミナ間		
接着層数		1	2	1	1	6	7
試験体数		14	16	-	-	8	7
はく離発生試験体数		4	3	3	0	0	1
JAS不合格試験体数		3	1	-	-	0	0
密度	平均値 (g/cm ³)	0.41	0.40	-	-	0.37	0.39
はく離率	平均値 (%)	6	1	2	0	0	0
	最大値 (%)	60	12	23	0	0	0
	最小値 (%)	0	0	0	0	0	0
最大はく離率	平均値 (%)	7	2	2	0	0	1
	最大値 (%)	61	28	28	0	0	4
	最小値 (%)	0	0	0	0	0	0
1 試験体当たり							
平均はく離長さ	(mm)	18	6	6	0	0	1

(注) : 1) : 試料の断面構成は図1を参照。

表2 煮沸はく離試験の結果

試料 ¹⁾		重ね梁A	重ね梁B			集成材A	集成材B
			全接着層	正角材-正角材間	正角材-ラミナ間		
接着層数		1	2	1	1	6	7
試験体数		14	16	-	-	8	7
はく離発生試験体数		14	16	16	9	8	6
JAS不合格試験体数		14	10	-	-	1	0
密度	平均値 (g/cm ³)	0.40	0.40	-	-	0.38	0.39
はく離率	平均値 (%)	35	11	14	8	3	1
	最大値 (%)	56	36	41	34	4	4
	最小値 (%)	15	2	0	0	1	0
最大はく離率	平均値 (%)	47	25	22	14	16	7
	最大値 (%)	86	77	77	63	41	21
	最小値 (%)	22	3	0	0	4	0
1 試験体当たり							
平均はく離長さ	(mm)	74	45	30	15	34	14

(注) : 表1に同じ

3. 結果および考察

3.1 浸せきはく離試験

表1に浸せきはく離試験の結果を示す。今回の試験では、各試料の間で1試験体あたりの全接着層長さに差があることから、参考のため、1試験体あたりの平均はく離長さも算出した。

重ね梁Aでは、14試験体中4体ではく離が発生した。JASでは、はく離率および最大はく離率はそれぞれ5%

以下、25%以下と規定している。この既定値を準用するならば、規定を満たさなかった試験体は3体であった。最もはく離が大きかった試験体のはく離率は60%、最大はく離率は61%であった。

重ね梁Bでは、16体中3体ではく離が発生した。いずれも正角材と正角材との間ではく離が発生しており、ラミナと正角材の間には、はく離は発生しなかった。JASの規定を満たさなかった試験体は1体であり、はく離率は12%、最大はく離率は28%であった。

集成材Aでは、8体すべてではなく離が発生しなかった。集成材Bでは、7体中1体ではなく離が発生し、はく離率平均値は0%、最大はく離率平均値は4%であった。

このように、接着層数が増加するとはく離率が減少する傾向が認められた。また接着重ね梁では、正角材と正角材との間のはく離率は、正角材とラミナとの間のはく離率より高かった。重ね梁Aではく離が発生した接着重ね梁からは、いずれも2体ずつ試験体采取了。それらのすべてについて、2体中1体ではなく離が発生したものの、他の1体ではく離が発生しなかった。これらのことから、はく離の原因は製造上の問題ではなく、心持ち正角材に起因するものと推測され、膨潤・収縮時の寸法変化の挙動がラミナとは異なるためと考えられる。

3.2 煮沸はく離試験

表2に煮沸はく離試験の結果を示す。

重ね梁Aでは、すべての試験体ではく離が発生した。はく離率の平均値は35%であり、最大はく離率の平均値は47%と高かった。14体すべてがJASの規定を満たさなかった。

重ね梁Bでも、同様にすべての試験体ではく離が発生した。ただし、はく離率の平均値は11%、最大はく離率の平均値は25%と重ね梁Aより低く、JASの規定を満たさない試験体は16体中10体であった。浸せきはく離試験と同様、正角材と正角材との間のはく離率は、正角材とラミナとの間のはく離率より大きく、正角材と正角材との間に発生したはく離長さの合計が全接着はく離長さに占める割合は65%であった。

図2に、試験終了後の重ね梁Aを、図3には重ね梁Bを示す。図中のバーは接着はく離部分を示している。正角材では大きな変形は認められないものの、ラミナに比較すると割れや変形の程度は大きかった。

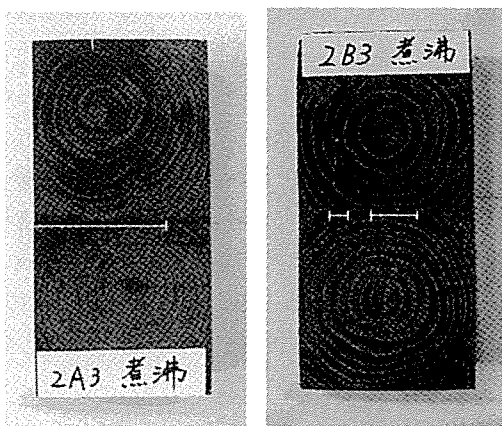


図2 重ね梁Aの煮沸はく離試験後
(注)：バーは接着はく離が発生した部分

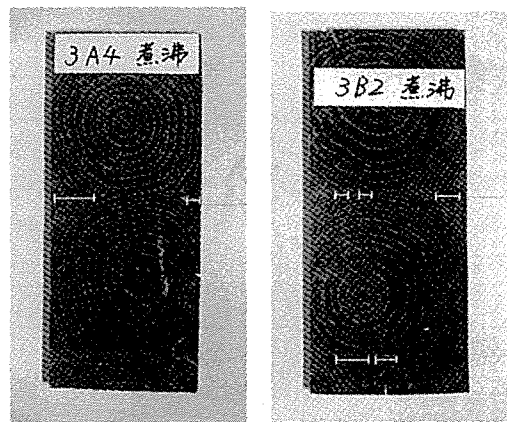


図3 重ね梁Bの煮沸はく離試験後
(注)：図2と同じ

集成材Aでは、すべての試験体ではく離が発生し、8体中1体がJASの規定(最大はく離率)を満たさなかった。集成材Bでは、8体中7体ではく離が発生したものの、すべての試験体がJASの規定を満たしていた。

煮沸はく離試験においても、接着層数の増加に伴い、はく離率および1試験体あたりの平均はく離長さが減少する傾向が認められた。1試験体あたりの平均はく離長さは、重ね梁Aで74mm、重ね梁Bで45mm、集成材Aで34mm、集成材Bで14mmであり、接着重ね梁の接着性能は、集成材より劣っていた。また、接着層数が多いことが集成材に有利に作用したとも言える。たとえば、集成材Aの1試験体あたりの平均はく離長さは34mmであり、仮に重ね梁Aで同じ長さのはく離が発生したとすれば、接着層が1であることから最大はく離率は30%を超えてしまう。しかし集成材Aの接着層数は6であり、特定の接着層に集中してはく離が発生しなければ、同はく離長さであればJASに合格する可能性が高いと言えよう。このことは、重ね梁Aと重ね梁B(接着層数2)の間でも同様である。

3.3 減圧加圧試験

表3に、減圧加圧試験の結果を示す。

重ね梁Aでは、15体中8体ではく離が発生し、JASの規定を満たさなかった試験体は7体であった。はく離率の平均値は12%、最大はく離率の平均値は15%であった。

重ね梁Bでは、17体中14体ではく離が発生し、10体がJASの規定を満たさなかった。はく離率の平均値は8%、最大はく離率の平均値は21%であった。

減圧加圧試験では、浸せきはく離試験および煮沸はく離試験の結果とは異なり、重ね梁Aと重ね梁Bとの間で、接着層数の増加の効果が見られなかった。

集成材Aでは、10体中1体ではく離が発生したものの、

表3 減圧加圧試験の結果

試料 ¹⁾		重ね梁A	重ね梁B			集成材A	集成材B
			全接着層	正角材-正角材間	正角材-ラミナ間		
接着層数		1	2	1	1	6	7
試験体数		15	17	-	-	10	6
はく離発生試験体数		8	14	12	5	1	1
JAS不合格試験体数		7	10	-	-	0	0
密度	平均値 (g/cm ³)	0.41	0.40	-	-	0.37	0.38
はく離率	平均値 (%)	12	8	12	4	0	0
	最大値 (%)	62	26	33	34	3	1
	最小値 (%)	0	0	0	0	0	0
最大はく離率	平均値 (%)	15	21	19	9	2	2
	最大値 (%)	75	54	54	63	23	11
	最小値 (%)	0	0	0	0	0	0
1 試験体当たり							
平均はく離長さ	(mm)	25	32	27	5	4	2

(注) : 表1に同じ

表4 ブロックせん断

試料 ¹⁾		重ね梁A	重ね梁B			集成材A	集成材B	全接着重ね梁	全集成材
			全接着層	正角材-正角材間	正角材-ラミナ間				
試験体数		48	35	-	-	12	14	83	26
せん断強度	平均値(MPa)	9.1	8.4	8.1	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
	標準偏差(MPa)	1.6	1.3	1.5	1.0	1.2	1.4	1.5	1.3
	変動係数 (%)	18	15	18	11	15	16	17	15
	最大値(MPa)	13.0	10.7	10.6	10.7	12.0	13.0	13.0	13.0
	最小値(MPa)	5.7	4.3	4.3	6.5	5.0	4.0	4.3	4.0
木部破断率 ²⁾	平均値 (%)	100	100	-	-	100	100	100	100
	最小値(MPa)	90	90	-	-	100	100	90	100
含水率	平均値 (%)	9.2	9.4	-	-	9.8	10.5	9.3	10.2

(注) 1) : 表1と同じ。2) : 平均値は5%きざみで表示した。

すべての試験体がJASの規定を満たしていた。集成材Bでは、6体中1体ではく離が発生したものの、すべての試験体がJASの規定を満たしていた。

1試験体あたりの平均はく離長さは、重ね梁Aで25mm、重ね梁Bで32mm、集成材Aで4mm、集成材Bで2mmであり、接着重ね梁の1試験体あたりの平均はく離長さは、集成材より大きかった。

3.4 ブロックせん断試験

表4に、ブロックせん断試験の結果を示す。

重ね梁Aのせん断強度と、重ね梁Bのせん断強度との間には、有意な差が認められなかった。

重ね梁Bの全接着層でのせん断強度平均値は8.4MPaであり、木部破断率の平均値は100% (ただし5%きざ

み表示)であった。正角材と正角材との間の接着層のせん断強度平均値は8.1MPaであり、正角材とラミナとの間のせん断強度平均値は8.7MPaであった。これらに、有意な差は認められなかった。

集成材Aおよび集成材Bにおけるすべての接着層せん断強度と、重ね梁Aおよび重ね梁Bのすべての接着層せん断強度の間には、5%水準で有意な差が認められた。両者の平均値はそれぞれ8.7MPaと同じであったものの、標準偏差はそれぞれ1.3MPaおよび1.5MPaであり、重ね梁の方がばらつきが大きかった。

4. おわりに

心持ち正角材を使用した接着重ね梁の接着性能は、各種はく離試験では集成材より劣っていた。原因は、心持ち材の膨潤・収縮時の寸法変化に起因するものと推測される。最大せん断応力が生じる梁せいの中央部付近に接着層が位置することから、製造に際しては、より接着耐久性の高い接着剤を使用するなどの対策が必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 平嶋義彦・鴛海四郎他3名：正角材を用いた接着重ね梁の曲げ性能. 木材工業. 43, 62-67 (1988)
- 2) 吉田孝久・伊東嘉文・橋爪丈夫：接着重ね梁（ツインビーム）の開発. 長野県林総研報. 18, 111-123 (2004)

(2004年12月28日受理)