CLT 実験棟における屋内外の接着耐久性試験の紹介

技術部　生産技術グループ　中村 神衣

■はじめに

木質材料を安全に使用するためには，材料を構成する接着剤の性能について把握する必要があります。接着性能には，製造された当初の性能と経年後の性能があり，前者の場合は，規定された促進劣化処理を行い，接着層について評価することが一般的です。後者の接着耐久性の評価については，様々な推定方法が検討されてはいますが，実際に使用される環境によって，温湿度，日射，水がかり等，複雑な環境要因が影響を及ぼします。そのため，実使用環境における経年後の木質材料の接着性能を評価することも重要です。

比較的新しい材料であるCLTの接着耐久性についてですが，一見，積層方向が異なるだけの集成材と同じと考えても良さそうに見えます。しかし，ラミナを平行に積層する集成材と比較して，CLTの場合は，膨潤収縮に異方性のある材料を直交積層しているので，接着層付近にかかる応力が，より大きいことが推察されます。したがって，CLTの接着耐久性に関する知見を蓄積することが必要です。しかし，これらに関するデータは，現状ほとんどありません。

そこで，2019年林産試験場内に竣工したCLT実験棟[1–3]（以下，実験棟）の屋内及び屋外（テラス下）において，CLTブロックの暴露試験を行いました。試験開始から5年経過後の接着性能について報告します。

■試験概要

実験棟屋内外にて，実験棟床に使用されたCLTと同じ生産ロットのCLTを幅120×長さ120×高さ210 mmに加工したブロックを暴露試験に供しました。屋内暴露は，実験棟内に置いたかごの中に入れて静置しました（**図1**）。

供試されたCLTの構成は，7枚のラミナが積層され，最外層に平行層がある5層7プライのCLTブロックです。ちなみに，CLTにおいて，同じ繊維方向に並べたラミナを「層」，ラミナの積層数を「プライ」といいます。樹種は，カラマツ及びトドマツ，接着剤には，水性高分子ーイソシアネート系接着剤が用いられています。この接着剤は，CLTのJAS[4]では，材料が高含水率になったり，日射等により高温になることが「ときどき」である使用環境Cに分類されているため，本試験においても継続的には日射，雨や雪の当たらないテラス下としました（**図2**）。暴露開始から1年間の屋内外の温湿度を**図3**に示します。屋外暴露試験地の最高温度は32.2℃，最低気温は-26.4℃でした。屋内の最高温度は50.0℃，最低温度は1.2℃でした。屋内については，冬場に暖房の不具合により，一時的に高温低湿度状態になり，木材にとって過酷な環境となりました。



図1　屋内暴露試験の様子





図2　屋外暴露試験の様子

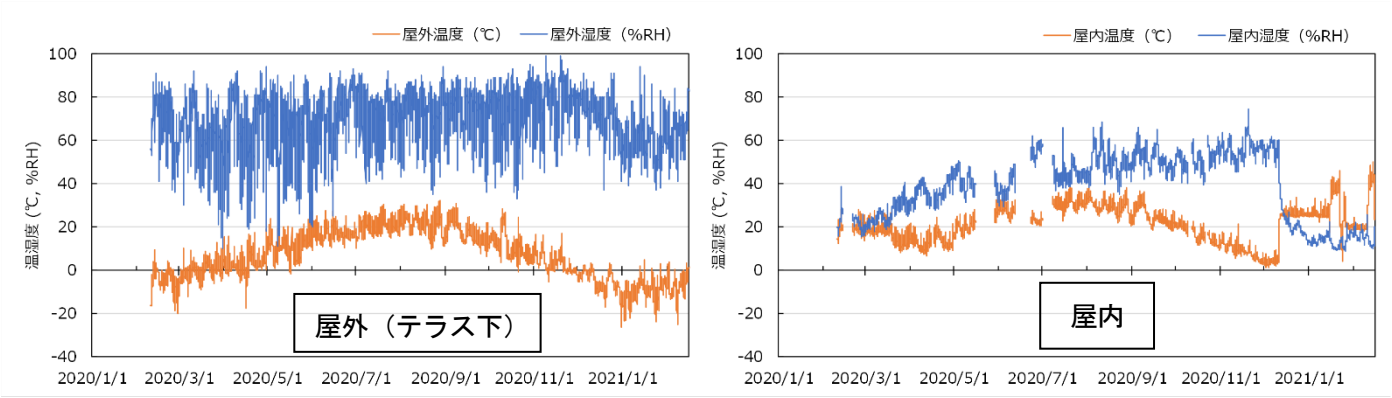


図3　年間温湿度変化

■屋外暴露 5 年後の試験体

図4は，屋外暴露開始から5年後のCLTブロックです。屋外に暴露していた試験体については，各側面によって変色の程度が異なりました。実験棟の中央に向く北側では，暴露開始時よりトドマツについては黄色味が，カラマツについては赤味がやや増した様子でした。一方，テラス開口部に向いていた南側面では，両樹種ともに褐色に変化しており，変色の程度が著しかったことが見受けられました。側面については，結束バンドで固定していたため，中央付近を境界として変色の程度が異なり，南側半分でグレーがかった変色が見受けられました。



北側　　側面　　南側

カラマツ



北側　　側面　　南側

トドマツ

図4　屋外暴露5年後のCLTブロック

■屋内暴露5年後の試験体

屋内に暴露していた試験体については，屋外とは異なり，各側面における変色の程度の差は，それほどなく，各樹種ともに本来の材色に近い色を呈していました（図5）。



カラマツ　　トドマツ

図5　屋内暴露5年後のCLTブロック

■剥離試験

回収したブロックから幅75mm×長さ75mm，高さはそのままの剥離試験体を切出し，減圧加圧剥離試験に供しました。その結果，を表1に示します。暴露開始から3年後に行った試験結果も合わせて報告します。剥離率のJAS基準は，10%以下であることとなっています。いずれの年数及び条件においても，基準をクリアしていることが分かりました。また，表中には示していませんが，基準には他にも，最大剥離長さの基準も平行層，直交層ごとに設けられていますが，これについてもすべての試験体でクリアしていました。

表1　減圧加圧剥離試験結果　剥離率(%)

経過年数	カラマツ 屋内	カラマツ 屋外	トドマツ 屋内	トドマツ 屋外
0年	0.94		0.47	
3年	1.00	0.35	2.53	0.97
5年	2.63	0.52	0.50	0.60

表2　ブロックせん断試験結果

		平行層				直交層 (JAS)				直交層 (45°)			
		カラマツ		トドマツ		カラマツ		トドマツ		カラマツ		トドマツ	
経過年数		屋内	屋外	屋内	屋外	屋内	屋外	屋内	屋外	屋内	屋外	屋内	屋外
初期	せん断強さ平均(Mpa)	9.78		8.28		3.15		2.25		4.35		3.40	
	変動係数(%)	19.3		10.6		35.4		37.8		20.3		17.6	
	木部破断率平均(%)	99		100		100		100		100		100	
3年	せん断強さ平均(Mpa)	11.06	10.14	9.14	8.15	2.68	2.95	2.45	2.08	4.75	4.54	3.32	3.08
	変動係数(%)	16.6	13.7	11.8	10.0	32.4	31.0	31.0	21.1	20.2	15.8	13.4	12.5
	木部破断率平均(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5年	せん断強さ平均(Mpa)	11.70	10.18	8.32	9.10	3.08	2.54	1.90	2.04	4.98	4.85	3.23	3.38
	変動係数(%)	12.0	23.7	22.0	15.1	47.5	32.8	48.6	23.8	18.9	14.6	36.5	12.2
	木部破断率平均(%)	100	98	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100

■ブロックせん断試験

ブロックせん断試験片は，3種類の方法で採取しました。平行層については，せん断力の加力方向が繊維方向と平行となるように採取しました。直交層については，JASに準じた方法であるブロックせん断試験片の片側のブロックの繊維方向が加力方向と平行となるものと（直交層JAS），両側のブロックの繊維方向が加力方向に対し45度となるように採取したもの（直交層45°）を供試しました。直交層45°の試験方法は，直交層JASに比べてローリングシアー破壊やめり込みが生じにくくなること等からCLTの直交層の接着性能を評価する手法として検討されています[5)]。

CLTのJASでは，直交層については，せん断強さの基準値はなく，カラマツ，トドマツの場合は，木部破断率（木破率）が65%以上であることが基準となっています。平行層については，せん断強さの基準値はカラマツ7.2MPa，トドマツ6.0MPa以上かつ木破率65%以上という基準となっています。

初期値，暴露開始から3年後及び5年後の試験体のブロックせん断試験の結果を表2に示します。屋外，屋内いずれの条件においても初期値と同等の性能を示し，5年間の屋外及び屋内暴露後も，CLTの接着性能は，初期性能をおおむね保持していることが分かりました。また，直交層（45°）は，直交層（JAS）と比較して，変動係数の値が小さく，値のばらつきが低減されることが分かりました。

■おわりに

本報告では，屋内及び屋外暴露5年経過時のCLTの接着性能を確認し，初期性能をおおむね保持していることが分かりました。今後も引き続き調査を行い，CLTの接着性能についての知見を蓄積していきたいと思います。

■参考文献

1) 高梨隆也：林産試だより 2021 年 8 月号, p.6（2021）
2) 石原亘：林産試だより 2021 年 5 月号, pp.2-5（2021）
3) 大橋義徳：林産試だより 2021 年 9 月号，pp.1-2（2021）
4) 日本農林規格 JAS3079-1 直交集成板 2025 年 2 月 28 日改正版（2025）
5) 石原亘ら：木材学会誌 2021 年 67 巻 2 号，pp.100-108（2021）