5 種類の木材保存剤でラミナを処理したスギ集成材の 屋外暴露試験による接着耐久性評価 (第 2 報)[†] 採取部位別の劣化と促進劣化試験との相関^{*1}

柳川靖夫^{*2}

Evaluation of Bond Durability by Outdoor Exposure Tests of Sugi Glued-Laminated-Timber Using Laminae Treated with 5 Wood-Preservatives II.[†] Shear-strength according to position and relationship with accelerated-aging tests^{*1}

Yasuo YANAGAWA^{*2}

To investigate the influence wood preservatives on glued-laminated-timber (GLT), sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) laminae were treated with five kinds of wood preservative (ACQ, NCU, CUAZ2, NZN, and AAC), and 5-ply GLTs with low and high density were fabricated using resorcinol-formaldehyde (RF) and phenol-resorcinol-formaldehyde (PRF) resin adhesives. They were subjected to 10 years of outdoor exposure testing, and after 1, 3, 5, and 10 years of exposure block-shear tests were conducted. As the result, for GLTs treated with ACQ, NCU, or CUAZ2, which contain copper as the main ingredient, the specimens sawn from both lateral sides were more degraded than the specimens sawn from the middle part. In GLTs treated with ACQ, NCU, or CUAZ2 the glue-layers closer to the upper horizontal surface tended to show greater deterioration. In addition, in some GLTs the lower glue-layers also deteriorated. From the results of the specimens sawn from the west side of GLTs exposed outdoors, of exposure tests of 2 years, and of accelerated-aging tests using block-shear specimen with 10 mm and 25 mm width, reduction curves (plots of deterioration vs. exposure time) of shear-strength were obtained and compared. The reduction curves of GLTs exposed outdoors were similar to those of the outdoor exposure tests using block-shear specimen of 25 mm width.

Keywords: accelerated-aging test, outdoor-exposure-test, glued-laminated-timber, sugi, wood-preservative

木材保存剤で処理されたラミナを使用した集成材の接着耐久性を調べるため、5種類の木材保存剤 (ACQ, NCU, CUAZ2, NZN, AAC) でスギラミナを処理し、レゾルシノール樹脂接着剤およびフェノール・レゾルシノール樹脂接着剤を使用して5プライ集成材を作製した。10年間の屋外暴露試験に供し、暴露1年、3年、5年、および10年でブロックせん断試験を行い採取部位別に劣化を調べた。その結果、銅を主成分とする ACQ, NCU, および CUAZ2 で処理した集成材では、集成材の両側面から採取した試験片は中央部より採取した試験片よりも劣化が大きく、また、上部水平面に近い接着層で劣化が大きかったものの、一部では下部の接着層でも劣化が発生

[†] Report I: This journal, 64, 139-145 (2018).

^{*1} Received January 10, 2018; accepted April 10, 2018. 本報の一部は第66回日本木材学会大会 (2016年3月, 名古屋) において発表した。

^{*2} 奈良県森林技術センター Nara Forest Research Institute, Takatori 635-0133, Japan
Corresponding author: Y. Yanagawa (yanagawa@narinshi.pref.nara.jp)

した。屋外暴露に供した集成材の西側面から採取した試験片、10 mm 幅および25 mm 幅のブロックせん断試験片を使用した2年間の屋外暴露試験、および同試験片を使用した促進劣化試験について、それぞれ接着せん断強さの残存曲線を作製して比較した。その結果、屋外暴露に供した集成材の西側面から採取した試験片の残存曲線は、幅25 mm のブロックせん断試験片を使用した屋外暴露試験のものと類似していた。

1. 緒 言

屋外環境下で使用する集成材の耐久性向上を図るため、木材保存剤（薬剤）を集成材あるいはラミナに注入する処理が行われる。ラミナを薬剤で処理した集成材は、薬剤が内部まで分布することから高い耐久性が期待できる。一方、屋外環境下で使用する集成材には、レゾルシノール樹脂接着剤（以下 RF 接着剤）あるいはフェノール・レゾルシノール樹脂接着剤（以下 PRF 接着剤）が使用される。これら接着剤は薬剤成分の影響を受けることが報告されている^{1, 2)}。そのため、集成材の屋外環境下での長期使用を鑑みた場合、まず薬剤と接着剤との組合せによる接着耐久性の変化を明らかにする必要がある。これを検討するには、屋外環境下での接着耐久性を短期間で予測する手法の確立が望ましい。また、屋外環境下で使用される実大集成材の接着耐久性を明らかにする必要がある。

そこで、著者等は5種類の薬剤をラミナに加圧注入した後に RF 接着剤および PRF 接着剤を使用して集成材を作製し、それらから採取した10 mm 幅および25 mm 幅のブロックせん断試験片を使用した促進劣化試験（以下ブロック促進劣化試験）³⁾、および同試験片を使用した2年間の屋外暴露試験⁴⁾（以下短期暴露試験）、更には実大集成材の10年間屋外暴露試験（以下長期暴露試験）⁵⁾を実施した。ブロック促進劣化試験および短期暴露試験は比較的短期間で実施可能であり、これら試験と長期暴露試験の結果とを対比することにより、薬剤処理された集成材の屋外環境下での接着耐久性を短期間で評価することを試みた。また、長期暴露試験では、屋外環

境下における実大集成材の接着耐久性を調べた。

本報告では、まず第1報⁶⁾に続く長期暴露試験の結果として、部位別の接着耐久性について報告する。次に、ブロック促進劣化試験、短期暴露試験、および長期暴露試験により評価した接着耐久性を比較し、薬剤処理された実大集成材の接着耐久性を促進劣化試験あるいは小試験片を使用した屋外暴露試験で評価する上での課題について検討を加えた。

2. 材料および方法

2.1 試料の作製

Table 1 に、作製した集成材の構成および製造条件を示す。詳細は第1報⁶⁾のとおりで、幅110 mm、厚さ25 mm、長さ3000 mm のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) ラミナ120枚を低密度および高密度に2区分し、更にそれぞれ60枚のラミナを密度分布がほぼ等しい12組に分けた。両密度区分のそれぞれ10組を薬剤処理に供し、残りの2組は無処理（以下 Control）とした。使用した薬剤は、銅・第4級アンモニウム化合物系（以下 ACQ）、ナフテン酸銅（乳剤、以下 NCU）、銅・アゾール化合物系（以下 CUAZ2）、ナフテン酸亜鉛（乳剤、以下 NZN）、および第4級アンモニウム化合物系（以下 AAC）であった。1薬剤あたり、低密度および高密度とも10枚ずつを加圧注入処理に供した。接着剤は、レゾルシノール樹脂接着剤（RF 接着剤）およびフェノール・レゾルシノール樹脂接着剤（PRF 接着剤）を使用し、5プライの集成材を1薬剤あたり低密度および高密度とも2体ずつ作製した。なお、暴露開始前に、木材保護塗料（以下保護塗料、（株）コシイ プレザービング製、ステンブーフ）を集成材全面

Table 1. Manufacture conditions of sugi glued-laminated-timbers.

Dimensions	Width : 110mm, depth : 110mm, length : 2000mm, 5 ply
Wood-preservatives	ACQ : Ammoniacal copper quaternary
	NCU : Emulsion type copper naphthanate
	CUAZ2 : Copper azole
	NZN : Emulsion type zinc naphthanate
	AAC : Alkyl ammonium compound
Adhesives	Control : Non treated
	PRF : Phenol-resorcinol-formaldehyde resin
	RF : Resorcinol-formaldehyde resin

Fig. 1. Preparation of block-shear specimen.

Notes: 1~4: Number of glue-layer. South, Middle, North: position of test pieces.

に塗布し、以後は暴露3年後（以下、単に3年等と記す）および6年に下面を除き再塗布し、木口面は毎年塗布した。

2.2 屋外暴露試験およびブロックせん断試験

屋外暴露試験およびブロックせん断試験の詳細は、第1報⁶⁾のとおりである。暴露1, 3, 5, および10年後に、Fig. 1に示すとおり南側木口面より長さ260 mmの試験体を取り、ブロックせん断試験片を12個採取した。試験片は20℃ 65% RH 雰囲気中で恒量となるまで静置し、その後ブロックせん断試験を行った。なお、暴露前の集成材からもブロックせん断試験片を採取し、同様に試験を行った（以

下0年）。試験終了後、試験片の含水率を測定した。

2.3 ブロック促進劣化試験および短期暴露試験

ブロック促進劣化試験および短期暴露試験の詳細は既報^{3, 4)}のとおりである。試験片には、長期暴露試験に使用した集成材の隣接部位より採取した幅10 mm および幅25 mm のブロックせん断試験片を使用した。ブロック促進劣化試験では、煮沸繰り返し処理および減圧加圧繰り返し処理を最大20回行った。短期暴露試験では、試験片を最長24ヶ月の屋外暴露に供した。なお、短期暴露試験では木材保護塗料は塗布せず、試験片は接着層が上部水平面に露出するよう設置した。

3. 結 果

3.1 採取位置別の接着せん断強さ

Table 2に、試験片の採取位置別の接着層せん断強さ（以下接着せん断強さ）を示す。採取位置はFig. 1に示すとおりで、0年は平均値であり、1年、3年、5年、および10年は、0年平均値に対する各年の平均値の比（以下接着せん断強さ残存率）である。また、採取位置間で1元配置の分散分析を行い、有意差が認められた組合せには下線を付記した。含水率は、いずれも約12%であった。

銅を主成分とするACQ, NCU, およびCUAZ2でラミナを処理した集成材（以下銅系集成材と総称）では、RF接着剤を使用した集成材（以下RF使用）およびPRF使用とも暴露に伴い接着せん断強さは顕著に低下した。銅系集成材の採取位置間で接着せん断強さ残存率を比較すると、5年および10年に

Table 2. Shear-strength and residual ratio after 10 years of outdoor exposure.

Year ^{a)}	ACQ ^{b)}			NCU			CUAZ2			NZN			AAC			Control		
	E ^{c)}	M	W	E	M	W	E	M	W	E	M	W	E	M	W	E	M	W
PRF ^{d)}																		
0	9.0	9.2	9.2	9.2	9.4	9.5	9.7	9.4	9.7	9.2	9.6	9.1	9.0	9.2	9.1	9.3	9.5	9.6
1	0.94	0.96	0.93	0.93	0.92	0.87	0.92	0.93	0.86	<u>0.96</u>	<u>1.02</u>	<u>0.97</u>	<u>0.93</u>	<u>1.01</u>	<u>1.01</u>	1.02	1.00	1.03
3	<u>0.86</u>	<u>0.91</u>	<u>0.82</u>	<u>0.92</u>	<u>0.88</u>	<u>0.76</u>	0.85	0.82	0.75	1.00	0.99	0.97	0.95	0.95	1.00	1.00	0.96	0.97
5	<u>0.87</u>	<u>0.97</u>	<u>0.78</u>	<u>0.85</u>	<u>0.93</u>	<u>0.78</u>	<u>0.86</u>	<u>0.92</u>	<u>0.71</u>	<u>1.03</u>	<u>1.02</u>	<u>0.97</u>	<u>1.16</u>	<u>1.20</u>	<u>1.25</u>	1.12	1.10	1.09
10	<u>0.58</u>	<u>0.66</u>	<u>0.44</u>	<u>0.51</u>	<u>0.81</u>	<u>0.55</u>	<u>0.62</u>	<u>0.82</u>	<u>0.59</u>	<u>0.95</u>	<u>0.98</u>	<u>0.86</u>	<u>0.92</u>	<u>0.98</u>	<u>0.97</u>	<u>0.89</u>	<u>0.98</u>	<u>0.92</u>
RF																		
0	<u>8.1</u>	<u>9.1</u>	<u>9.3</u>	9.3	8.9	9.2	9.5	9.6	9.0	8.8	8.8	8.8	8.7	9.1	9.0	9.2	8.7	8.8
1	0.99	0.88	0.85	0.91	0.94	0.92	0.94	0.95	0.98	1.00	0.98	1.01	1.01	0.99	1.01	0.96	0.95	0.98
3	<u>0.95</u>	<u>0.82</u>	<u>0.74</u>	0.84	0.84	0.82	0.82	0.82	0.79	0.98	1.00	0.96	1.02	0.98	1.06	<u>0.99</u>	<u>0.96</u>	<u>0.93</u>
5	<u>0.91</u>	<u>0.75</u>	<u>0.63</u>	<u>0.75</u>	<u>0.88</u>	<u>0.73</u>	<u>0.74</u>	<u>0.81</u>	<u>0.74</u>	1.06	1.04	1.01	1.20	1.16	1.17	<u>1.00</u>	<u>1.06</u>	<u>0.98</u>
10	<u>0.52</u>	<u>0.50</u>	<u>0.33</u>	<u>0.45</u>	<u>0.66</u>	<u>0.45</u>	<u>0.45</u>	<u>0.65</u>	<u>0.32</u>	<u>1.01</u>	<u>1.03</u>	<u>0.91</u>	1.00	0.97	0.94	<u>0.95</u>	<u>1.02</u>	<u>0.97</u>

Note: 0 year is average value (N/mm²), 1~10 year are residual ratio of average value. Underlines reveal the results of analysis of variance among E, M, and W; significant at 5% level, : significant at 1% level. ^{a)}: Exposure duration, ^{b)}: Wood-preserved, see Table 1. ^{c)}: E is East, M is Middle, and W is West, see Fig. 1. ^{d)}: Adhesives, see Table 1.

Table 3. Results of liner-regression analysis of exposed glued-laminated-timber according to glue-layer.

AR ^{a)}	GL ^{b)}	ACQ ^{c)}		NCU		CUAZ2		NZN		AAC		Control	
		A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²	A	R ²
PRF	1	-1.173	0.895	-1.221	0.937	-0.857	0.776	-0.197	0.285	0.005	0.000	-0.155	0.053
	2	-1.279	0.702	-0.630	0.813	-0.342	0.715	-0.530	0.845	0.225	0.074	0.213	0.145
	3	-0.782	0.697	-0.850	0.871	-0.968	0.975	0.370	0.364	0.035	0.003	-0.118	0.086
	4	-1.094	0.857	-0.867	0.890	-1.236	0.973	-0.003	0.000	0.196	0.045	-0.215	0.190
RF	1	-1.335	0.862	-1.590	0.947	-1.753	0.792	-0.029	0.009	-0.127	0.033	-0.167	0.183
	2	-1.724	0.828	-1.434	0.806	-1.774	0.967	0.094	0.115	0.254	0.135	-0.082	0.098
	3	-1.373	0.964	-1.131	0.982	-1.000	0.829	0.166	0.425	0.121	0.044	-0.064	0.094
	4	-1.242	0.796	-0.896	0.898	-1.123	0.986	-0.134	0.208	0.180	0.098	0.021	0.243

Note: ^{a)}: Adhesives, see Table 1. ^{b)}: glue layer, see Fig. 1. ^{c)}: ACQ ~ Control: wood-preservative, see Table 1.
A: Inclination of liner-regression line of $y = Ax + B$, here y is average shear-strength and x is square root of exposure duration. R^2 : Coefficient of determination.

いて1%以下の水準で有意差が認められ、ACQで処理しRF使用の集成材（以下ACQ-RFと表記）を除き、東側から採取した試験片（以下東側採取）および西側採取は中間採取よりも低く、平均値の差は0.08~0.33であった。

一方、接着せん断強さの変化が小さかったNZN, AACを使用した集成材およびControl（以下非銅系集成材と総称）でも、5年以降に採取位置間で有意差が認められた。接着せん断強さ残存率の平均値を比較すると、必ずしも中間採取が最大ではなく、採取位置間の平均値の差は0.02~0.12であり銅系集成材よりも小さかった。

3.2 接着層別の接着せん断強さ

既報⁷⁾では、暴露期間の平方根を横軸、接着せん断強さ平均値を縦軸とした図における1次回帰式の傾きを、接着せん断強さの低下率として比較を行った。本研究でも同様の手法により接着層別に解析を行い、その結果をTable 3に示す。表中には、1次回帰式の傾き（A）および決定係数（ R^2 ）を接着層別に示した。なお、接着層位置はFig. 1に示すとおりで、最上部接着層を第1接着層とし、最下部を第4接着層とする。

既報⁸⁾では、集成材の上部接着層、すなわち第1あるいは第2接着層で劣化が進行したことを報告した。本研究では、接着せん断強さの顕著な低下が発生した銅系集成材で、上部接着層の傾き（A）が大きくなる傾向が認められた。しかし、下部の接着層で傾き（A）が大きい条件も見られ、PRF-CUAZ2では第4接着層の傾きが4接着層中で最大であり、また、RF-ACQでは第1接着層と第3接着層の傾き（A）が近似していた。この一因として、各接着層の初期値、すなわち0年の接着せん断強さ平均値の差が考えられる。初期値が低いと傾き（A）は小

さくなり、高いと大きくなる。本研究では、木理や材質のばらつき等により各接着層の0年の接着せん断強さ平均値はばらついていた。例えば、PRF-CUAZ2の0年では、接着せん断強さ平均値の最低値は第1接着層であり、第1接着層の傾き（A）は相対的に小さくなったと考えられる。また、RF-ACQでは、第3接着層の0年の接着せん断強さ平均値は第1接着層よりも大きく、このため第3接着層と第1接着層の傾き（A）が近似したものと考えられる。

一方、非銅系集成材では、各接着層とも傾き（A）は小さかった。

木部破断率は、10年においてすべての集成材の各接着層で平均値は80%を上回り、接着剤間および薬剤間で明確な差は認められなかった。

3.3 促進劣化試験および短期暴露試験との関係

接着耐久性を総合的に評価する試みとして、促進劣化試験と暴露試験とを実施し、両試験の結果を対比させる試みが報告されている^{9, 10)}。本研究では、比較的短期で結果が得られる接着耐久性試験として、短期暴露試験およびブロック促進劣化試験を実施した。その結果として既報¹⁾では、ブロック促進劣化試験における煮沸繰り返し試験（以下煮沸試験）、および同試験での減圧加圧繰り返し試験（以下減圧加圧試験）と、短期暴露試験との相関について報告した。本報告では長期暴露試験の結果を踏まえ、これとブロック促進劣化試験および短期暴露試験との結果を対比し、各試験の特徴および長期暴露試験との相関について考察した。

まず、縦軸を接着せん断強さ残存率の平均値、横軸を暴露期間または処理回数の平方根とした図を作成し、1次回帰直線式である式（1）を求めた。

$$RSa = A \cdot Ta^{(1/2)} + B \quad \dots \dots \dots (1)$$

RSa : 接着せん断強さ残存率平均値

Ta : 暴露期間または処理回数

A, B: 係数

次に、式 (2) により、接着せん断強さ残存率 RSa を 0 ~ 100% まで 10% 毎として暴露期間または処理回数の計算値 (Tc) を求めた。

$$Tc = \{(RSc - B)/A\}^2 \cdots \cdots (2)$$

Tc : 暴露期間または処理回数の計算値

RSc : 接着せん断強さ残存率 (%) 0 ~ 100 まで 10 毎

以上により、横軸を Tc 、縦軸を RSc とした接着せん断強さの低減曲線 (以下低減曲線) を得た。

Fig. 2 ~ Fig. 6 に各試験の低減曲線を示す。Fig. 2 は長期暴露試験であり、西側採取試験片の結果のみを用いた。Fig. 3 は 25 mm 幅の煮沸試験、Fig. 4 は 25 mm 幅の減圧加压試験、Fig. 5 は 25 mm 幅の短

Fig. 2. Reduction curves of shear-strength at the west side of glued-laminated-timbers exposed outdoors.

Note: Exposure month is calculated from $EMc = \{(RSc - B)^{(1/2)}\} / A$, where EMc is calculated exposure month, RSc is residual ratio of shear-strength from 0 to 100 every 10, A and B are coefficients of liner regression equation of $RSa = A \cdot EMa + B$, where RSa is average value of residual ratio of shear-strength and EMa is square root of exposure month. ACQ, NCU, CUAZ2, NZN, AAC, and Control: Wood-preservatives, see Table 1. PRF and RF: Adhesives, see Table 1.

Fig. 3. Reduction curves of shear-strength of block-shear specimens of 25 mm width after cyclic boiling and drying treatment.

Note: Cycle is calculated from $Tc = \{(RSc - B)^{(1/2)}\} / A$, where Tc is calculated cycle, RSc is residual ratio of shear-strength, from 0 to 100 every 10, A and B are coefficients of liner regression equation of $RSa = A \cdot Ta + B$, where RSa is average value of residual ratio of shear-strength and Ta is square root of times of cycle. ACQ, NCU, CUAZ2, NZN, AAC, PRF and RF: See Fig. 2.

期暴露試験, および Fig.6 は10 mm 幅の短期暴露試験である。なお, 横軸の最大値は最大暴露期間もしくは最大処理回数とした。

長期暴露試験では, Fig.2 のとおり PRF 使用および RF 使用とも, 銅系集成材と非銅系集成材との2グループに明確に2区分できる。銅系集成材における接着せん断強さ残存率の低下は, 銅の影響と考えられる。これに対し Fig.3 の25 mm 幅煮沸試験では, PRF 使用および RF 使用とも相対的には銅系集成材で低下が大きいものの, 低減曲線は銅系集成材, 非銅系集成材に2区分できない。これは, 乾湿繰り返し処理により接着層および木材の劣化が発生し, 銅系集成材および非銅系集成材とも接着せん断強さが顕著に低下したためと考えられる。銅系集成材では, 銅の影響によると考えられる接着せん断強さの低下が発生したものの, 非銅系集成材も低下したため銅系集成材と非銅系集成材との間の差は小さくなった。これに対し長期暴露試験では, 薬剤処理および木材保護塗料が塗布されていた効果により木材の劣化は軽微であり, そのため銅の影響による接着せん断強さの低下が明確になった。なお既報³⁾では, 10 mm 幅の劣化は25 mm 幅よりも相対的に小さかったことを報告した。そこで, 10 mm 幅でも同様の図を作成して比較したところ, 25 mm 幅とほぼ同じ結果であり, 銅系集成材で接着せん断強さ残存率の低下は相対的に大きかったものの, 全条件で接着せん断強さ残存率は低下し, 低減曲線は2区分できなかった。

減圧加圧試験でも, 類似した結果が得られた。

Fig.4 に示すとおり, 相対的には銅系集成材で低下が大きいものの, PRF 使用および RF 使用とも低減曲線は銅系集成材と非銅系集成材とに明確には分かれていない。10 mm 幅も煮沸試験と同様で, 相対的に銅系集成材で接着せん断強さ残存率の低下が大きかったものの, 低減曲線は2区分できなかった。

以上のとおり, ブロック促進劣化試験と長期暴露試験とを対比した結果, ブロック促進劣化試験では10 mm 幅および25 mm 幅とも薬剤処理が接着耐久性に及ぼす影響は判別できるものの, その差は長期暴露試験ほど明確ではなく, 薬剤の影響が過小に評価されることが危惧される。

次に, Fig.5 に25 mm 幅の短期暴露試験の結果を示す。PRF 使用および RF 使用とも, 低減曲線は銅系集成材および非銅系集成材にほぼ2区分できる。長期暴露試験との相違点として, 非銅系集成材での接着せん断強さの低下が挙げられる。これは, 木材および接着層で劣化が生じたためと推測される。この原因として, 試験片が小さかったため含水率変化に伴う寸法変化が大きかったこと, 木材保護塗料が塗布されていなかったこと, および接着層が上部水平面に露出していたことが考えられる。このことを除き, 25 mm 幅の短期暴露試験と長期暴露試験の結果は概ね一致していると考えられる。

一方, Fig.6 に示す10 mm 幅の短期暴露試験では, PRF 使用では CUAZ2 の, RF 使用では ACQ の接着せん断強さ残存率の低下が大きい。しかし, それ以外の低減曲線は近接しており, PRF 使用および RF 使用とも非銅系集成材の低減曲線は銅系集成材

Fig.4. Reduction curves of shear-strength of block-shear specimens of 25 mm width after cyclic vacuum-pressure soak and drying treatment.

Note: See Fig.3.

Fig. 5. Reduction curves of shear-strength of block-shear specimens of 25 mm width exposed outdoors.
Note: See Fig. 2.

Fig. 6. Reduction curves of shear-strength of block-shear specimens of 10 mm width exposed outdoors.
Note: See Fig. 2.

の上部に位置するといえ2区分できない。したがって、10 mm 幅の短期暴露試験の結果は、長期暴露試験の結果と一致するとは言い難い。この理由として、以下のことが考えられる。すなわち、短期暴露試験では、既報⁴⁾ のとおり銅系集成材および非銅系集成材とも10 mm 幅の接着せん断強さの低下は25 mm 幅よりも小さかった。この理由は、試験片幅が狭いため膨潤・収縮に伴い接着層付近に発生した応力は10 mm 幅の方が25 mm 幅よりも小さかったためと推測した。25 mm 幅と比較して、10 mm 幅で銅系集成材および非銅系集成材とも接着せん断強さ残存率の低下量が小さかったことは、両者間の差が減少したことを意味する。したがって、10 mm 幅では銅系集成材と非銅系集成材との差が不明瞭になったものと考えられる。

4. 結 論

ラミナに木材保存剤処理を行った集成材の接着耐久性を調べるため、ACQ, NCU, CUAZ2, NZN, および AAC でスギラミナを処理し、レゾルシノール樹脂接着剤およびフェノール・レゾルシノール樹脂接着剤を使用して5プライの集成材を作製し、10年間の屋外暴露試験を実施した。集成材の接着耐久性をブロックせん断試験により調べた結果、銅を含む ACQ, NCU, および CUAZ2 を使用した集成材では顕著に接着せん断強さは低下し、部位別では、両側面および上部水平面に近い接着層で相対的に低下は大きく、それ以外の部位でも接着せん断強さは低下した。これに対し、NZN, AAC, および無処理ラミナを使用した集成材では、10年暴露後の接着

せん断強さの低下は小さく、部位別の差もわずかであった。また、同一構成の集成材から10 mm 幅および25 mm 幅のブロックせん断試験片を採取し、乾湿繰り返し処理の促進劣化試験および2年間の屋外暴露試験を行った結果と、実大集成材の10年間屋外暴露試験の結果とを、接着せん断強さ低減曲線を作製して比較した。その結果、25 mm 幅のブロックせん断試験片を使用した屋外暴露試験の接着せん断強さ低減曲線は、実大集成材の接着せん断強さ低減曲線と類似した形状であった。

文 献

- 1) Vick, B. C., Groot, C. De R., Youngquist, J.: Compatibility of nonacidic waterborne preservatives with phenol-formaldehyde adhesive. *Forest Prod. J.* **40**(2), 16-22 (1990).
- 2) 宮崎淳子, 中野隆人, 平林 靖, 岸野正典: 接着性能に及ぼす防腐薬剤の影響. 木材学会誌 **45**(1), 34-41 (1999).
- 3) 柳川靖夫, 増田勝則: 促進劣化試験および屋外暴露試験で評価した木材保存剤処理集成材の接着耐久性 (第1報) 促進劣化試験で評価した接着耐久性. 木材学会誌 **57**(5), 265-275 (2011).
- 4) 柳川靖夫, 増田勝則: 促進劣化試験および屋外暴露試験で評価した木材保存剤処理集成材の接着耐久性 (第2報) 屋外暴露試験で評価した接着耐久性および促進劣化試験との関係. 木材学会誌 **57**(5), 265-275 (2011).
- 5) 柳川靖夫: スギ集成材の10年間屋外暴露の結果 (第1報) せん断強度および木部破断率. 木材学会誌 **59**(5), 255-260 (2013).
- 6) 柳川靖夫: 5種類の木材保存剤でラミナを処理したスギ集成材の屋外暴露試験による接着耐久性評価 (第1報) 接着せん断強さと木部破断率の変化. 木材学会誌 **64**(4), 139-145 (2018).
- 7) 柳川靖夫, 満名香織, 和田 博: スギ集成材の10年間屋外暴露の結果 (第2報) せん断強度の分布形と低下速度. 木材学会誌 **60**(1), 28-34 (2014).
- 8) 柳川靖夫, 原田充祥: 7種類の接着剤で作製したスギ集成材の屋外暴露試験 (第2報). 木材学会誌 **64**(1), 10-16 (2018).
- 9) Northcott, P.L., Colbeck, G. M.: Prediction of plywood bond durability. *Forest Prod. J.* **10**(8), 403-408 (1960).
- 10) River, B. H.: Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging. *Forest Prod. J.* **44**(11/12), 55-65 (1994).