

家具用積層曲げ加工部材の物性評価

竹内 和敏*¹ 岡村 博幸*¹ 羽野 泰史*¹

Evaluation of the Physical Properties of Laminated Bentwood Parts for Furniture

Kazutoshi Takeuchi, Hiroyuki Okamura and Yasushi Hano

福岡県では、H30年度より実施している「家具ブランド力向上支援事業」において、付加価値の高い脚物家具の試作・評価を支援するため、新たに整備した「家具試作・評価支援ラボ」を活用し、木材の曲げ加工技術の確立および技術移転を実施している。大川地域では積層曲げ加工した部材の寸法安定性や強度性能などの物性について、データの蓄積が乏しく、積層曲げ部材を用いた付加価値の高い家具を設計・試作する際の課題となっている。そこで本研究では、ホワイトオーク、ウォルナット、チェリー、センダンの4樹種について、積層曲げ加工によって得られた家具部材について寸法安定性、強度性能、接着性能を評価した。その結果、それぞれの積層曲げ部材の物性を把握した。

1 はじめに

福岡県の家具製造業は大川地区を中心に、たんすなどの箱物家具を主力製品として成長してきたが、住宅、生活スタイルの変化や、海外製品との価格競争の激化により、事業所数、従業者数、製造品出荷額等は10年前に比べて減少している。一方、消費者ニーズの変化を捉えて、椅子やテーブルなどの脚物家具へ移行し、売り上げを伸ばしている企業も存在する。

インテリア研究所では、付加価値の高い家具（主に脚物家具）の試作・評価の支援を求められており、H30年度には「家具試作・評価支援ラボ」を整備、板材を薄板に加工するフレームソーや曲げプレス装置などの新規設備を導入し（図1）、木材の曲げ加工技術の確立および技術移転を行うために開発を実施している。

木材の曲げ加工法には無垢板を軟化させて曲げる曲げ木、曲げる材の内側に挽き目を入れて曲げるひき曲げ、接着剤を付けた薄い単板を積み重ねて曲面型に挟

んで曲げる積層曲げなどがあり、古くから家具、スポーツ用品、楽器などの曲面を必要とする部材の加工に用いられてきた^{1),2),3)}。積層曲げ加工は、薄板を積層して曲げることで無垢板を曲げたような意匠性の高い曲げ部材を容易に得ることができ、椅子の背板などによく用いられている。しかしながら、積層曲げ部材の物性についてはデータの蓄積が乏しく、積層曲げ部材を用いた付加価値の高い家具を設計・試作する際の課題となっている。そこで本研究では、積層曲げ部材の寸法安定性や強度性能、接着性能などの物性を評価した。これにより、積層曲げ部材を用いた付加価値の高い家具を効率的に設計・試作することが可能となり、他産地にはない積層曲げ部材を用いた家具を製造する企業の競争力強化につながると考えられる。

2 実験方法

2-1 供試材料

試験体には、気乾状態のホワイトオーク、ウォルナット、チェリー、センダンの4樹種を用いた。フレームソーおよびパネルソーを用いて厚さ2~7 mm、幅35 mm、長さ550 mmの単板を作製し、それぞれ寸法安定性、強度性能、接着性能の評価に用いた。接着剤には酢酸ビニル系接着剤、変性酢酸ビニル系接着剤および水性高分子イソシアネート系接着剤の3種を用いた。フレームソーで切断した面に仕上げ加工などは行わず、接着剤をそれぞれ規定の塗布量で塗布し、全ての単板の繊維方向を揃えて積層し、曲げ半径400 mmのプレスを



図1 フレームソー（左）と曲げプレス（右）

*1 インテリア研究所

用いて圧縮した。常温で接着剤を硬化させたのち、解圧して試験体を取り出し、それぞれの試験に供した。

2-2 寸法安定性

寸法安定性の評価には、厚さ4 mmの単板を5層積層接着した試験体を用いた。恒温恒湿器を用いて、吸湿条件として温度40 °C、相対湿度95 %、放湿条件として50 °Cで試験体を静置し、吸湿過程および放湿過程における試験体の弦長と矢高の長さを測定し、試験体の曲げ半径を算出した。

2-3 強度性能

強度性能の評価には、変性酢酸ビニル樹脂系接着剤を用いて、接着後の試験体の厚さが20 mmに近くなるように、厚さ2~7 mmの単板をそれぞれ10~3層接着し、試験体を作製した。単板の厚さと積層数を表1に示す。

表1 単板の厚さと積層数

単板厚さ (mm)	積層数
2	10
3	7
4	5
5	4
6	3
7	3

材料試験機を用い、両支点間の中央に曲げ荷重を生じさせる、中央集中荷重方式で曲げ試験を行った。支点間距離は、350 mmとし、荷重方向は背もたれなど実際の使用状況を考慮して図2に示すように試験体の円弧の内側からとした。荷重速度10 mm/minで曲げ荷重を負荷し、最大荷重を測定した。試験体数は1条件当たり3個とした。



図2 曲げ試験の様子

2-3 接着性能

接着性能の評価は単板積層材の日本農林規格 温水浸せき剥離試験を参考に実施した。各種積層曲げ試験体の中央位置と端部から25 mm およびその中間位置の3ヵ所から長さ75 mm、幅35 mmの長方形の試験片を切り出し(図3)、試験片を70±3 °Cの温水中に2時間浸せきした後、60±3 °Cの恒温乾燥器に入れ、器中に湿気がこもらないようにして質量が試験前の質量の100~110 %の範囲となるように乾燥した。試験片の4側面におけるはく離の長さを測定し、同一接着層におけるはく離の長さの合計を算出し、はく離率を次式によって算出した。

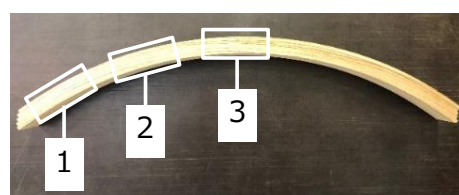


図3 温水浸せき剥離試験試験体

$$\text{はく離率(\%)} = \frac{\text{4側面のはく離長さの合計(mm)}}{\text{4側面の接着層の長さの合計(mm)}} \times 100$$

3 結果及び考察

3-1 寸法安定性

図4に各接着剤を用いて作製した試験体の吸湿過程および放湿過程における曲げ半径の変化を示す。曲げ半径の変化は、吸湿過程における初期の半径からの変化で示す。いずれの接着剤においても、試験体は吸湿過程で曲げ半径が増大し、放湿過程で曲げ半径は減少した。吸湿過程においては吸湿の初期に大きく半径が増大し、その後、半径の変化量は小さくなった。放湿過程においては、放湿の初期に大きく半径が減少し、その後、半径の変化量は小さくなった。吸湿過程、放湿過程ともに、概ね3日で寸法変化の平衡に達した。また、吸放湿試験後の試験体の寸法は、酢酸ビニル系接着剤を用いた試験体では、ホワイトオークとウォルナットで、変性酢酸ビニル系接着剤と水性高分子イソシアネート系接着剤を用いた試験体ではホワイトオークで初期の半径よりも大きくなった。積層曲げ加工では、接着剤の硬化によって曲がった形状を保持している。そのため、試験体の内部には弾性力による残留応力が生じており、吸放湿に伴う水分の変化により、接

着力と残留応力に変化が生じた結果、曲げ半径が変化

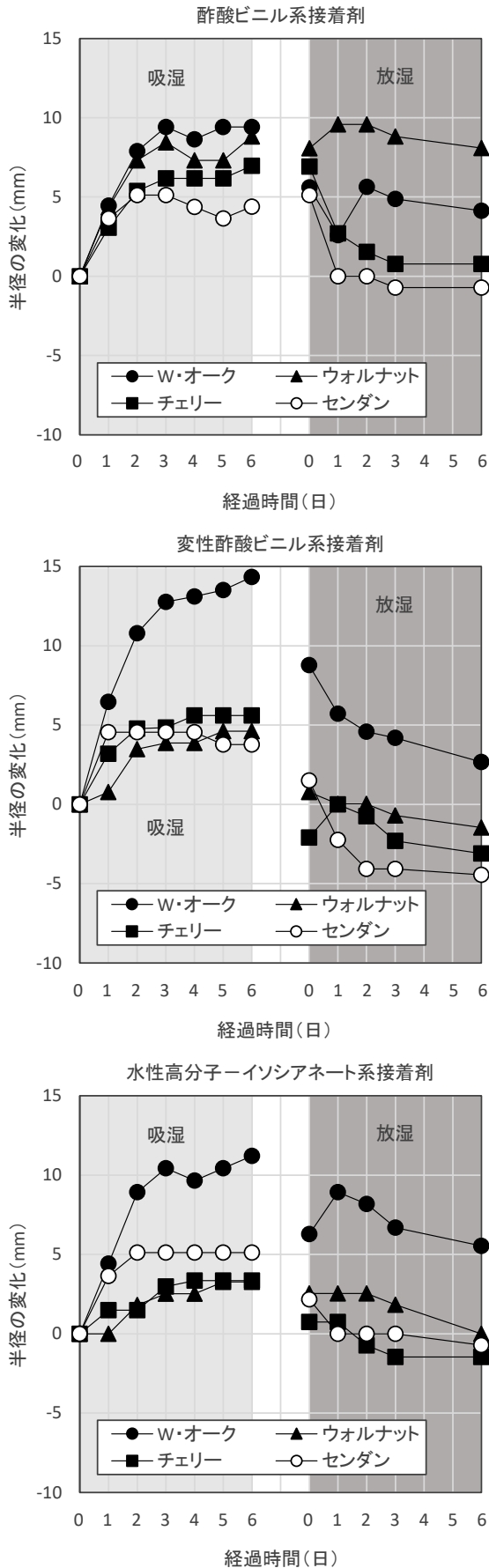


図4 吸放湿に伴う曲げ半径の変化

したと考えられる。吸放湿試験後にどの程度曲げ半径が変化するかについては、樹種、接着剤の種類、積層する単板の厚さや曲げ半径によって大きく異なると考えられるため、今後、単板の厚さと曲げ半径を変えて試験体を作製し、寸法安定性のデータを蓄積していく予定である。さらに、吸放湿の繰り返しの伴う曲げ半径の変化については、曲げ部材を利用する上で重要であるため、今後、サイクル試験を実施して変化を把握する予定である。また吸放湿試験後、すべての試験体において、試験体の割れや接着層のはく離などの異状は認められなかった。

3-2 強度性能

図5に各樹種の曲げ強さを示す。単板厚さと曲げ強さの関係は樹種により異なる傾向を示した。ホワイトオーク、ウォルナットでは、単板の厚さが2~6 mmでは、単板の厚い試験体ほど曲げ強さは大きくなる傾向を示したが、単板の厚さが7 mmになると曲げ強さは低下した。チェリーでは、単板の厚い試験体では曲げ強さが低下し、単板厚さ7 mmでは単板が破壊し、試験体を作製できなかった。センダンでは、2~6 mmの単板厚さの試験体では曲げ強さに大きな差は見られなかったが、単板の厚さが7 mmになると曲げ強さは低下した。積層曲げ加工の工程で、単板には内側に圧縮応力、外側に引張応力の残留応力が生じた状態で接着剤により変形を固定されている。そのため、単板が厚い試験体ほど大きな残留応力が生じている。曲げ試験によっても試験体の外側に引張応力が発生するが、単板に生じていた残留応力と曲げ試験によって生じた引張応力の和が材料の強度に達したときに試験体が破壊すると考えられる。単板の厚さと接着層数も曲げ強さに影響すると考えられ、これらが樹種ごとに曲げ強さの関係が異なる結果になったと考えられる。

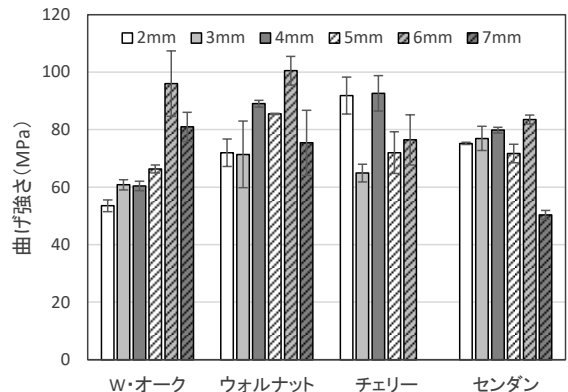


図5 各樹種の曲げ強さ

単板の厚さと接着層数が曲げ強さに及ぼす影響については今後検討していく予定である。また、曲げ半径を変えた試験体を作製し、曲げ半径と曲げ強さの関係についてもデータを蓄積していく予定である。

表 2 各接着剤の剥離率

	酢酸ビニル系			変性酢酸ビニル系			水性高分子-イソシアネート系		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
W・オーク	26	20	11	40	36	15	5	-	10
ウォルナット	42	14	-	57	36	-	10	7	-
チェリー	-	-	-	-	-	-	5	-	-
センダン	4	-	-	-	-	-	-	-	-

3-3 接着性能

表2に各接着剤の剥離率を示す。酢酸ビニル系接着剤および変性酢酸ビニル系接着剤では、ホワイトオークとウォルナットで剥離が生じたが、チェリーとセンダンでは、ほとんど剥離は生じなかった。水性高分子-イソシアネート系接着剤では、4樹種すべてで剥離率は10%以下となった。酢酸ビニル系接着剤は耐水性に劣る接着剤であるが、チェリー、センダンでは剥離を生じることにはなかった。変性酢酸ビニル系接着剤は酢酸ビニル系接着剤の耐水性等を改良した接着剤であるが、今回は酢酸ビニル系接着剤と耐水性は変わらない結果であった。水性高分子-イソシアネート系接着剤は耐水性の高い接着剤であり、用いた3種の接着剤のうち最も高い耐水性を示した。

剥離が生じた酢酸ビニル系接着剤と変性酢酸ビニル系接着剤の2樹種の試験体では、試験体の中央位置から採取した試験片よりも端部から採取した試験片の方が剥離率は高い傾向を示した。試験体の単板厚さや曲げ半径を変えた試験体を作製し、さらに検討を進める予定である。

4 まとめ

本研究では、ホワイトオーク、ウォルナット、チェリー、センダンの4樹種について、積層曲げ加工によって得られた家具部材について寸法安定性、強度性能、接着性能を評価した。その結果、寸法安定性については、3種の接着剤について吸・放湿過程における曲げ半径の変化について把握した。強度性能については、単板の厚さを変えて作製した試験体で曲げ試験を行い、単板厚さと曲げ強さの関係は樹種により異なる傾向を

示すことが明らかとなった。接着性能については、チェリー、センダンでは剥離率が低く、3種の接着剤のうち、水性高分子-イソシアネート系接着剤が最も高い耐水性を示した。

5 参考文献

- 1) 浅野猪久夫編：木材の事典，pp. 275-277，朝倉書店(1982)
- 2) 森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック 改定4版，pp. 354-357，丸善(2004)
- 3) 岡野健，祖父江信夫編集：木材科学ハンドブック，pp. 265-269，朝倉書店(2006)