

曲げ強度と釘接合性能におよぼす乾燥応力の影響*1

藤本 登留*2 ・ 佐藤 茂*2

Ⅰ. はじめに

筆者らは、乾燥薄板を末乾燥心持ち角材の相対する2面に接着することにより、心持ち材の乾燥で発生する表層引張応力を効果的に抑え、表面割れを防止することができることを報告(1)している。このように、異なる含水率を持つラミナを集成することにより、その後の乾燥による内部応力(乾燥応力)を制御することができる。

今回は、曲げ応力が働く構造部材の引張面破壊を抑えるため、表層に圧縮の軸方向乾燥応力を発生させた場合の強度的性能の改善効果の有無を調べた。すなわち、表層に圧縮応力を形成させた場合(表層を乾燥材、コア材を生材で3プライ集成: DGD)と乾燥応力を発生させない場合(3層とも乾燥材を集成: DDD)および正割材を比較した、無欠点小試験体による曲げ試験を行った。

さらには、木構造体の接合に多用されている釘接合で問題となる、釘打ち込み部分からの割れの伸展などによる釘引き抜き抵抗の変化に対する乾燥応力の影響を調べた。すなわち、割れが発生し易い表層の幅方向引張応力を形成させた場合(表層を生材、コア材を乾燥材で集成: GDG)と逆に表層に圧縮応力を形成させた場合(表層を乾燥材、コア材を生材で集成: DGD)での対照的な条件に正割材を加え、釘引き抜き抵抗を比較検討した。

Ⅱ. 実験方法

(1) 曲げ性能の改善

九州大学農学部附属福岡演習林産の35年生のスギの2番玉丸太(3 m)1本の辺材部から正割材(木口断面3.5 cm × 3.5 cm, 長さ60 cm)を所定本数木取り、これらからそれぞれ2枚の表層用ラミナ(7~8 mm厚)とコア材用ラミナ(17~19 mm厚)を採取した。そして、3層とも乾燥させて水性高分子イソシアネート系接着剤で集成したもの(DDD)、表層のみ乾燥させ同様に集成したもの(DGD)および正割材のままの材を供試した。ここで、3種類の供試材の8組はそれぞれエンドマッチされたものとし、DDDとDGD2種類の2組もエンドマッチされたものを用

いた。これらを、乾燥させた後にインストロン型試験機を用いて荷重速度5 mm/min, スパン42 cm, モーメント一定区間10 cmの条件の4点荷重方式により曲げ試験を行った。負荷面は柢目面である。また、その時の軸方向応力の積層方向分布を測定した。

(2) 釘引き抜き抵抗性能の改善

九州大学農学部附属福岡演習林産の30年生スギの2番玉丸太(3 m)1本の辺材部からエンドマッチした3本の正割材(木口断面5.0 cm × 5.0 cm, 長さ44 cm)を木取り、うち2本についてそれぞれ2枚の表層用ラミナ(板目板, 15 mm厚)と1枚のコア材用ラミナ(25 mm厚)を採取した。そして、表層のみ乾燥させ水性高分子イソシアネート系接着剤で集成したもの(DGD)、コアのみ乾燥させたもの(GDG)および正割材(生材)を1本ずつ供試した。釘はCN65(長さ65 mm, 直径3.35 mm)を用いた。供試材の板目面に、軸方向1列に2.5 cm間隔で16個の案内穴(深さ10 mm, 直径2 mm)を開けた後、釘打ち速度20 mm/min, 釘打ち深さ16 mmの条件のもとで釘を打ち込んだ。その後の乾燥過程で各材につき釘4本ずつインストロン型強度試験機(引き抜き速度10 mm/min)を使い最大引き抜き抵抗を測定した。また、表層の解放ひずみにより表層の応力状態についても測定した。

Ⅲ. 実験結果

(1) 曲げ性能の改善

DGDの乾燥後の応力分布は、効果的に表層部に圧縮応力が発生されていることが確認された。

曲げ試験本数は、DDDとDGDが10本ずつ、正割材が8本である。MOE, MORおよび比例限応力について、統計的に有意差を調べると、MOE, MORは有意差はなく、比例限応力においてDGDが1%の危険率でDDDと正割材より有意に小さい結果となった(図-1)。また、DGD10本の試験材中5本だけに圧縮面中央部に圧縮破壊線がみられた。以上のことから、当初考えていた、両面に圧縮の内部応力を発生させた曲げ破壊荷重の改善(図-2)はできず、Suensonらの報告(2)に示されている圧縮面の

*1 Fujimoto, N. and Sato, S. : Influences of Drying Stress on the Bending Strength and Nail Joint Property

*2 九州大学農学部 Fac. of Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

比例限を越えた応力により、中立軸の移動、さらには引張面の引張応力の増大が生じたものと考えられる。これは、圧縮破壊のほかに比例限度応力がDGDで低い値となっていることから推定される。

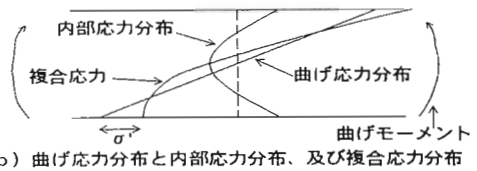
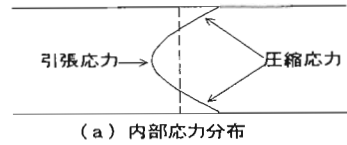
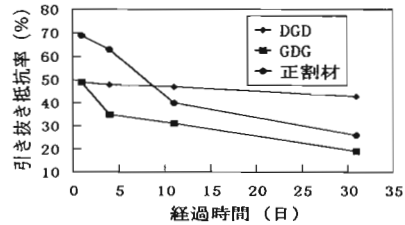


図-2 内部応力が存在する梁の曲げ応力分布模式図
注： σ' ：内部応力による引張面の曲げ応力抑制量

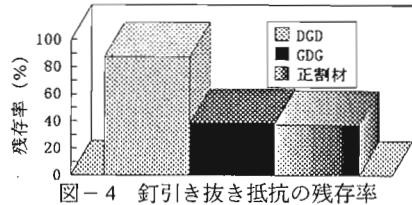
(2) 釘引き抜き抵抗性能の改善

釘打ち込みおよび引き抜き抵抗は場所によるばらつきが大きいので、引き抜き抵抗の改善を打ち込み抵抗に対する引き抜き抵抗の割合で示した(表-1)。図-3には釘の引き抜き抵抗率の経時変化を示した。また、経過日数31日目の釘引き抜き抵抗率を1日目の釘引き抜き抵抗率で割ったものを釘引き抜き抵抗の残存率とし、図-4に示した。表-2には、解放ひずみと釘引き抜き時のひずみの推移を含水率の変化とともに示した。ここで、表面に引張応力が発生するGDGと正割材は、乾燥に伴い釘引き抜き抵抗率が大きな低下を示したが、表面に圧縮応力となるDGDは、小さな低下にとどまった。これは、GDGと正割材の表面に引張応力による繊維方向の割れが入り、釘との接触面積の低下あるいは釘を締め付ける力が減少したためと考えられる。このように、表層に圧縮応力が形成するように表層に低い含水率の材を配置して集成することにより、釘引き抜き性能を改善できることが確認された。



IV. まとめ

以上、乾燥に伴う材内応力を応用した、各種強度特性の改善の可能性を検討した。その結果、表層軸方向の圧縮応力を形成した材を曲げ試験しても引張面破壊時のMORを増大させることはできなかった。一方、釘の引き抜き抵抗は、表層に圧縮応力が増大する過程で、圧縮応力が働かないものに比べその減少が抑えられることが分かった。



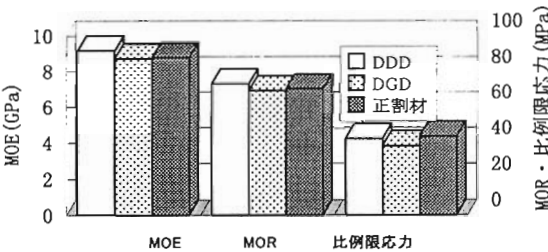
引用文献

- (1) 藤本登留ほか：木材工業, 52(12), 618-622, 1997
- (2) Suenson, E. : Holz als Roh-u. Werkstoff, 4, 305, 1941

表-1 釘引き抜き抵抗率(NT/NC)の推移

経過日数		1日	4日	11日	31日	
DGD	NT/NC	0.49	0.48	0.47	0.43	
	含水率 (%)	表層	19	19	18	10
		内層	113	94	34	12
GDG	NT/NC	0.49	0.35	0.31	0.19	
	含水率 (%)	表層	38	16	14	11
		内層	17	15	14	10
正割材	NT/NC	0.69	0.63	0.40	0.26	
	含水率 (%)	155	62	21	11	

注) NTは引き抜き抵抗, NCは打ち込み抵抗



	含水率 (%)	比重	年輪幅 (mm)
D D D	10.0(0.77)	0.41(0.04)	2.02(0.31)
D G D	10.6(0.41)	0.41(0.04)	2.24(0.16)
正割材	10.2(0.52)	0.40(0.04)	2.23(0.26)

() 内は標準偏差

図-1 曲げ性能の比較

表-2 解放ひずみと釘引き抜き時のひずみの推移

経過日数		1日	4日	11日	31日	
DGD	$\epsilon(O)(\mu)$	-784	-210	398	5220	
	$\epsilon(T)(\mu)$	984	939	985	-13400	
	含水率 (%)	表層	19	19	18	11
		内層	113	94	34	12
GDG	$\epsilon(O)(\mu)$	858	1092	1455	3712	
	$\epsilon(T)(\mu)$	-8858	-12147	-16367	-14979	
	含水率 (%)	表層	38	16	14	11
		内層	17	15	14	10
正割材	$\epsilon(O)(\mu)$	193	178	2665	3107	
	$\epsilon(T)(\mu)$	-1018	-974	-14813	-17695	
	含水率 (%)	155	62	21	11	

注) $\epsilon(O)$ は解放ひずみ, $\epsilon(T)$ は釘引き抜き時のひずみ