

引張荷重下における接着試片のひずみ分布^{※1}

藤田 晋輔^{※2}・高橋 徹^{※2}・桜井 敏夫^{※2}

Shinsuke FUJITA, Akira TAKAHASHI, and Toshio SAKURAI^{※2}

Strain Distribution on Bonded Test Specimen Applied to Tension^{※1}

はじめに

木材の加工および材質改良の分野では、接着剤の役割が大きく、その接着性は木材加工物の強度に影響するため重要となる。また木材加工物の形状およびその接着層は応力分布に著しく影響するものと思われる。接着試験方法には荷重速度（静的および動的試験）、引張、せん断などの荷重の種類、試験片の形状とを組合せた多くの方法がある。⁽¹⁰⁾ 一方、接着層付近および接着層自身の応力分布に関する研究は若干おこなわれている。この報告では、一般的な合板接着試験法の一つである引張荷重によるせん断接着力試験片の形式に絞って、接着層付近のひずみ分布を検討した。本報告は京都大学農学部中戸莞二先生、島根大学農学部後藤輝男先生の御教示をうけた。ここに厚く御礼申し上げる。

実 験

Fig. 1 にブナ試片の形状寸法を示す。接着層のひずみ分布への影響をみるため、接着層を厚くした。そこで、接着層を一定の厚さに規制するため、ブナ試片（平均年輪幅 2 mm, 絶乾比重 0.57）の両端面に、厚さ 2 mm の

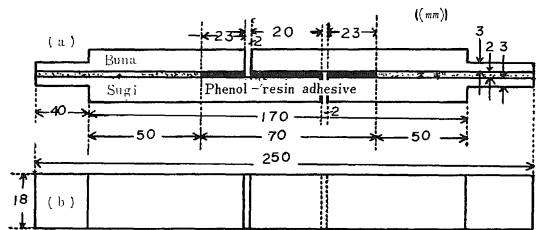


Fig. 1. Shape and dimension of test specimen

スギ材を、圧縮力 2 kg/cm², 温度 15°C, 24 時間圧縮の接着条件で、ポリゾール接着剤を用いて接着した。試片中央の空隙部に、フェノール接着剤を流しこみ、無圧縮で 25°C の恒温器中に 1 週間放置して硬化した。なお、接着後の含水率は 15 ± 1% に調湿した。接着後、試片に所定の切込みを入れる。無圧縮によるフェノール接着のため、当然、接着力は著しく低い (Table 1)。

接着層を含む面 (Fig. 1, a) に光弾性皮膜を接着し、それを通してひずみ分布を測定した。測定装置および方法は従来のとおりである。⁽⁴⁾

結果と考察

切込み深さの等傾線、主ひずみ線図への影響を Fig. 3 に示す。同図によれば、切込み間における接着層と、その付近で、等傾線がタイプ A の 10° から、タイプ D の 40° に変化する。切込み深さの増加によって、主ひずみ方向が、引張応力の主軸方向に対して傾く。これは、Fig. 2 に示すように、接着層の等傾線の角度より考えれば、主ひずみ線の延長と、切込み線延長との交点 O を中心とする曲げ回転モーメント $M_0 = -\frac{2}{3} P_a$ が働く従来⁽⁶⁾の

相当する。GOLAND & REISSNER (1944)⁽⁸⁾ によれば、実際に曲げモーメントの作用があることを示した。本実験

※1 本報を「光弾性皮膜法による木材のひずみ分布の測定 (第11報) とする」前報：島根大学農学部研究報告、第1号95、(1967)

※2 木材加工学研究室, Laboratory of Wood Science and Engineering

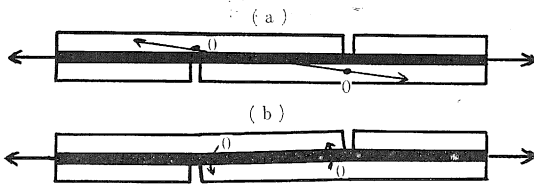


Fig. 2. Stress in test specimen subjected to tension

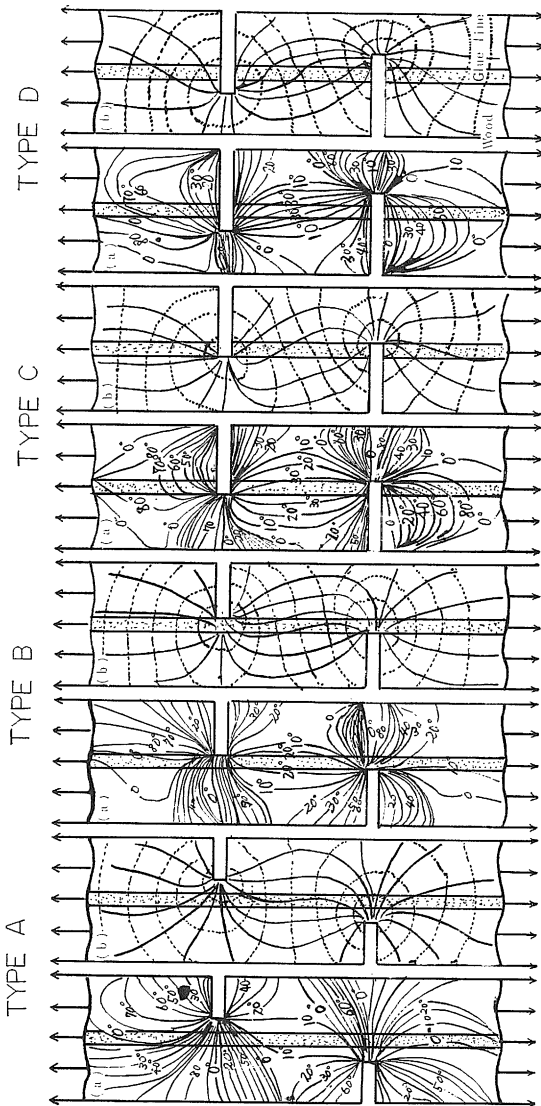


Fig. 3. Isoclines (a) and pattern (b) of the principal strain in specimen subjected to tension

では、このような曲げモーメントの働きの少なくなるように、つかみ部分に添え木を取りつけたが、曲げモーメントが働いた（タイプC）。また、荷重方向に対する接着層の主ひずみ方向は木材のそれより大きく45°に近い。したがって試片の他の部分よりも、接着層に純粋なせん断力が働いている。

Fig. 4 はタイプBの等色線図を示す。同図によれば、しま次数は切込み部分に集中し、接着層に沿って生長

し、両切込み部分からのしまが合一して、木材中へ広がっている。切込み部分の集中は、両切込み間中央のその約1~2倍と応力の大きさで変る。Fig. 5 に示すように、せん断ひずみの集中は、切込み端M、L点付近でみられ、接着層(LM)に沿って、切込み間(中央)にむかうにしたがい、せん断ひずみは減少し、中央部分のひずみは、応力の増加分ほど増大しない。切込み部のひずみ集中点は応力の増加に応じて、ひずみは比例して増大している。このせん断ひずみ分布について次式を用いて検討する。

$$\tau / \frac{\sigma_b}{l} = \sum E_n \cosh G_n X \cosh H_n Y + \sum F_n \cosh G'_n X \cosh H_n Y$$

せん断面上でのせん断応力の分布は $Y=0$ とおいて、

$$\left(\tau / \frac{\sigma_b}{l} \right)_{Y=0} = \frac{k_1 k_2}{D} \left(\frac{l}{b} \right)^2 [\cosh G'_n \cosh G_n X - \cosh G_n \cosh G'_n X]$$

ここで、 k_1, k_2 : 示性数、

$$G_n = \frac{(2n+1)\pi l}{2b} k_1, \quad G'_n = \frac{(2n+1)\pi l}{2b} k_2$$

$$H_n = (2n+1)\pi$$

$$D = G_n \cosh G_n \sinh G'_n - G'_n \cosh G'_n \sin G_n$$

$$E_n = \left(\frac{l}{b} \right)^2 k_1 k_2 \frac{\cosh G'_n}{D}$$

$$F_n = - \left(\frac{l}{b} \right)^2 k_1 k_2 \frac{\cosh G_n}{D}$$

とする。

(l/b) がある値のとき、せん断応力はせん断面で一様な分布を示す。これを $(l/b)_{opt}$ の記号で示すと、 (l/b) の値が $(l/b)_{opt}$ より小さいときは、 τ の極大は

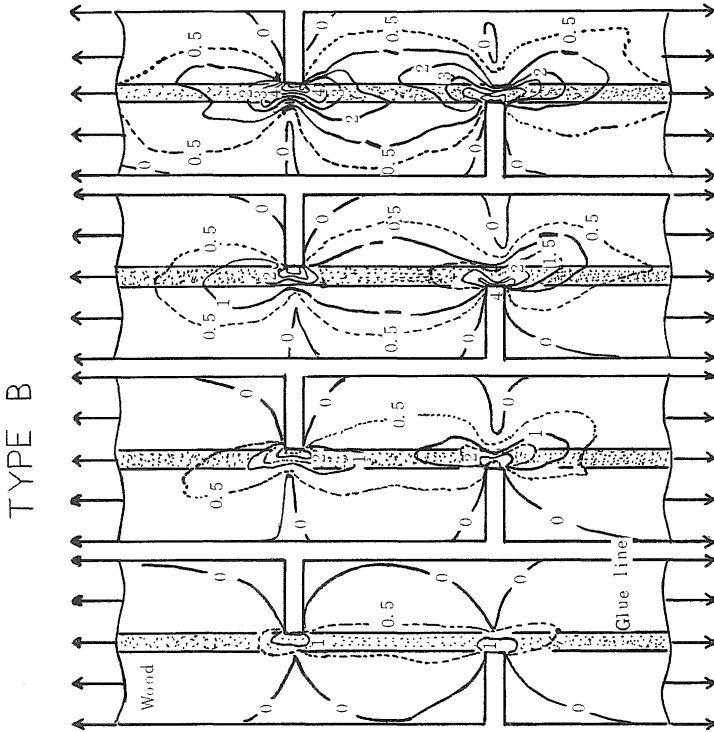


Fig. 4. Isochromatics diagram in specimen subjected to tension.

せん断の中央にあり、また大きいときは両端近くに極大を生ずる。薄板のプラスチックオーバーレイや塗装木材の塗膜と木材との間のせん断の場合には、 $(l/b) \rightarrow \infty$ であるから、せん断応力は両端近くに集中する。

試片の形状は接着力測定を目的とする限り妥当であろう。

Table 2. Genus k_1 and k_2 , and $(l/b)_{opt}^{(1)}$

Species	Parallel to grain			Perpendicular to grain			
	k_1	k_2	$(l/b)_{opt}$	k_1	k_2	$(l/b)_{opt}$	
Oak	rad.	1.028	0.597	1.66	1.675	0.973	1.02
	tang.	0.982	0.420	1.97	2.382	1.018	0.81
Birch	rad.	0.839	0.310	1.97	3.230	1.192	0.51
	tang.	0.759	0.256	2.21	3.913	1.317	0.43
Pine	rad.	0.894	0.291	2.49	3.441	1.119	0.65
	tang.	0.873	0.214	3.59	4.669	1.145	0.67

樹種、繊維方向により示性数 k_1 , k_2 は異なるため、 $(l/b)_{opt}$ は種々の値をとる。繊維方向に平行な柁目せん断では $(l/b)_{opt} = 1.66 \sim 2.69$ 、板目では $1.79 \sim 3.59$ を

※ 示性数とは、直交異方体の弾性係数において、応力関数を解くさいの根を示す係数であり、これは、弾性率、剛性率、ポアソン比に関連して、異方性板の力学的特性を示すものである。等方体では $k_1 = k_2 = 1$ であり、 k_1 , k_2 , がこの値より離れる程、異方性の程度が高いと判断してよい。

とる (Table 2 にはその 1 例を示す)。この研究の試片は $(l/b) = 3.0$ であり、また、広葉樹材の $(l/b)_{opt}$ は $1.66 \sim 2.33$ であるから、理論的にせん断面の両端近くに極大が生じる。Fig. 5 によれば、測定線 LM 上のひずみ分布は、低荷重の場合、ほぼ均一であるが、荷重の増加とともに、両端部 L, M 点にひずみの集中がみられ、破壊応力近くのせん断応力 τ に 46 kg/cm^2 では、ひずみ集中度が $1.7 \sim 2.0$ 倍に達する。

次に測定線 NN' 上のひずみ分布は、せん断応力 $\tau = 46 \text{ kg/cm}^2$ の場合を除き、中央 O 点で最大となり、自由端 NN' に向かうにしたがって、O に近づく。せん断応力が増加して、 $\tau = 46 \text{ kg/cm}^2$ (試片のせん断強さに相当する) になると、木材接着面で、せん断ひずみは最大となり、接着層ではそれよりも低下する。したがって、ひずみ分布から、

摘 要

この報告は、光弾性皮膜法を用いて、引張荷重によるせん断試片の接着層付近のひずみ分布について検討した。その結果、次の事実がわかった。

(1) Fig. 3 によれば、切込み深さによって、等傾線主ひずみ線を異にする。とくにタイプ B, C では、

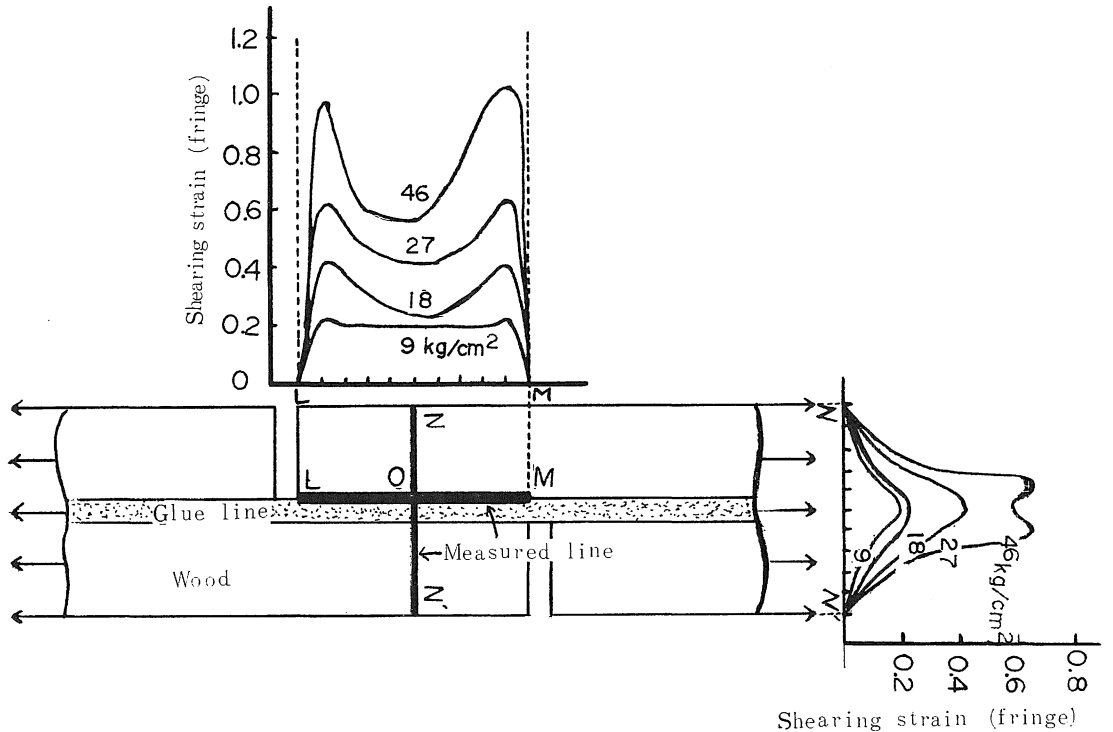


Fig. 5. Results of strain measurement by using photoelastic coating technique.

20°~30° の等傾線が切込み間の接着層上をほぼ均一に分布している。この両タイプが試験目的に適する。

(2) Fig. 4 によれば、等色線は切込み先端から接着層上に向かって拡大し、両端からの等色線が合一して、幅方向に広がる。等色線の集中は切込み端、次いで、切込み端間の接着層上に多い。

(3) Fig. 5 によれば、低荷重のさいは切込み間の接着層にひずみがほぼ均一に、荷重の増加とともに、切込み端にせん断ひずみが集中しながら全体に増加する。また、試片幅方向には接着層およびその付近に著しくひずみ集中を生ずる。

文 献

1. 大森恭輔：木材工業，2：4，1947

2. 小島陽之助・井上幸彦：工化誌，61：43，1958
 3. 大沼康二：日航空誌，7：1，1959
 4. 高橋徹：木材誌，10：176，1964
 5. MYLONAS, C : Proceedings of S. E. S. A., 12 : 129, 1955
 6. 常田誠：木材工業，5：127，1950
 7. 棕代純輔：林試報，No 155 : 127, 1963
 8. GOLAND & REISSNER : J. appl. Mech., 11 : A17, 1944
 9. 浅野猪久夫，都築一雄，鷺見博：木材研究，No31 : 50, 1963
 10. PATRICK, R. L. : Treatise of Adhesion and Adhesives 1 : Marcel Dekker Inc., (New York)

Summary

Using a photoelastic coating technique, the authors conducted a series of experiments on wood specimen (Buna... *Fagus crenata* BLUME) having a glue layer, to measure the strains on the surface and the glue layer under a tension, as shown in Fig. 1.

The following results were obtained :

(1) The distribution patterns of the isoclinics and the principal trajectory vary depending on the depth of the cutting slot as shown in Fig. 3. Especially, isoclinics of 20~30 degree are uniformly distributed on the glue layer between opposite slots in specimen of type B and C. Both of these types are suitable for the present experimental object.

(2) As shown in Fig. 4, the fringe orders of isochromatics originate from the extreme point of slots in wood. And as the tensile load increases, it increases to 2nd or 3rd order. The fringe orders of isochromatics expands along the glue line toward the center of both slots. Both fringe orders which appeared at both slots combine with each other, and then the combined fringe orders expand toward the width direction of wood specimen.

(3) The values of the shearing strain obtained in this study are shown in Fig. 5. The shearing strain on the glue layer (LM) is uniformly distributed in case of lower stress (9kg/cm²), and then is wholly increased, but is concentrated on the extreme point of slots as the stress increased. In the width direction of the specimen, the shearing strain is remarkably concentrated in and around the glue layer.

Taking into account the distribution of the shearing strain shown in Fig. 5, employment of the shape of specimen which is shown in Fig. 1 (type B) for measuring the glue joint strength of wood block having a glue layer is considered appropriate.