

木材研究資料

塗膜法の精度について

木材物理第2研究室 佐々木 光・満 久 崇 磨

(昭和36年11月30日受理)

塗膜によるひずみ測定の精度については、Durelli らおよび西原らによつて既に研究がなされている。その結果によると、“Stresscoat”のひずみ感度 (Strain sensitivity—き裂の生ずる最小ひずみの大きさ) のばらつきは大体正規分布をなすものと考えられ、その変動係数 (Coefficient of variation—標準偏差/平均値) は4~10%の範囲でひずみ感度の低下 (感度の上昇) とともに増加する傾向があり¹⁾、またわが国の市販の熱乾燥用応力塗料 (Phenol系) を60~70°Cで乾燥したものでは、あるひずみに対するき裂密度のばらつきはやはり正規分布をなすと考えられ、しかもその相関誤差 (Relative error—信頼限界/平均値) はひずみの大小に無関係である²⁾ことが明らかにされている。

われわれは塗膜法を木材に適用する場合の特殊な要求 (佐々木—材料試験10巻98号1961を参照されたい) に対して、前記のわが国市販の熱乾燥用応力塗料に常温に近い乾燥条件をあたえると、極めてよく木材のひずみ分布を解析できることを認めた。したがつてこの用法に関する精度を一応検討しておくべきである。ここではこれに関する実験を行なつた結果を資料として提示した。

実験の方法と結果

実験の方法は絶乾のベイヒ (*Chamaecyparis lawsoniana* Parl.) の柁目板 (250×30×6mm) 50本に下地仕上げした後応力塗料を 0.108 ± 0.013 mm の厚さに吹着け、 $27 \pm 3^\circ\text{C}$ の恒温槽中で94時間乾燥し、 20°C の室内にとり出して、片持梁にして適当なたわみをあたえ、ひずみ感度およびひずみ 6000μ の点のき裂密度を測定した。

Table 1. Arithmetical mean value ($\bar{x}$) and standard deviation (s).

	Arithmetical mean value $\bar{x}$	Standard deviation s
Strain sensitivity ϵ_0 (μ)	3630	147
Crack density d_{6000} (1/mm)	4.5	0.524

測定結果から求めた算術平均および標準偏差は Table 1 に示す通りである。またその分布を適当な階級に分けてヒストグラムを作るとひずみ感度は Fig. 1, き裂密度は Fig. 2 のようになる。

推計的な取扱い

まず、以上の測定結果の母集団と

して Gauss 分布

$$y/N = \exp\{- (x - \bar{x})^2 / 2s^2\} / (2\pi)^{1/2}s \dots \dots \dots (1)$$

を仮定し、その適否を検討する。すなわち、各階級における実験的ひん度を f , Gauss 分布を

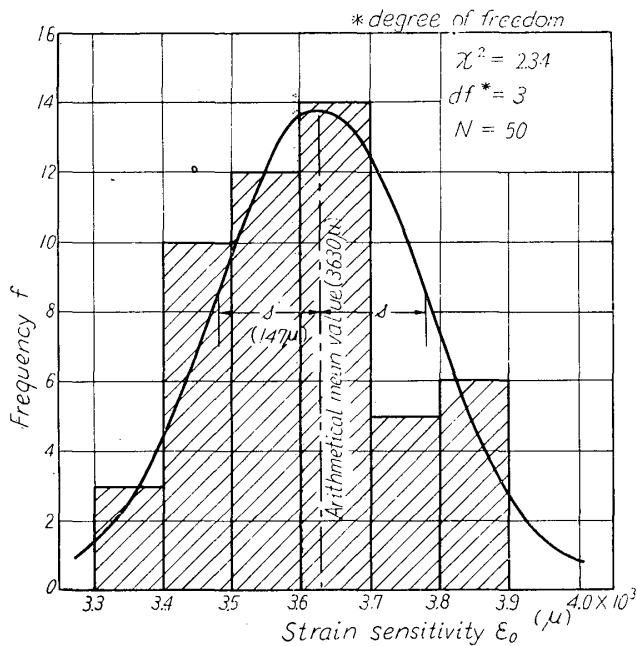


Fig. 1. Experimental distribution of data compared with normal distribution (strain sensitivity ϵ_0).

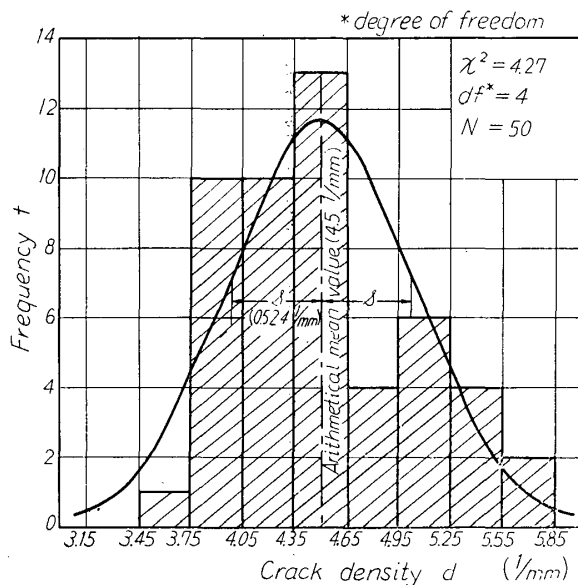


Fig. 2. Experimental distribution of data compared with normal distribution (crack density d).

値とみなせるから、(4) 式に Table 1 の値を用いると、

$$\text{ひずみ感度} : e \doteq 0.041t \cdot N^{-1/2} \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{き裂密度} : e \doteq 0.117t \cdot N^{-1/2} \dots \dots \dots (6)$$

となる。また西原らの前記の場合、133 個の試験の結果では（グラフから割出したもので正確

用いた理論的ひん度を f_m とするとき

$$x^2 = (f - f_m)^2 / f_m \dots \dots \dots (2)$$

を計算し、その値が理論的な表の値（推計理論により導かれる）より大きければこの仮定した分布を母集団と考えることは無理である。

ひずみ感度について求めた f , f_m よび $(f - f_m)^2 / f_m$ の値を Table 2 に、き裂密度について求めたそれらを Table 3 に示した。この結果、 x^2 の値は前者では 2.34、後者では 4.27 となり、5% 出現率の理論的な表の値は前者の場合は 7.815、後者の場合は 9.488 であるから、これらは共に十分に小さい。したがって正規分布を母集団と考えてもよさそうである。Fig. 1 および Fig. 2 に描かれる曲線は正規分布を仮定した理論的な曲線である。

この仮定された母集団の平均値 m は次式で表される

$$m = \bar{x} \pm ts / N^{1/2} \dots \dots \dots (3)$$

ただし $\bar{x}$ は算術平均、 N は測定数、 s は標準偏差、 t は統計学で“Student”の t といわれている値である。たとえば信頼度 95% の場合は、Table 1 より

$$\text{ひずみ感度} : m = 3603 \pm 42 (\mu)$$

$$\text{き裂密度} : m = 4.5 \pm 0.14 (1/\text{mm})$$

となる。

さきに述べたように、西原らの結果によると、相関誤差

$$e = s \cdot \bar{x}^{-1} \cdot t \cdot N^{-1/2} \dots \dots \dots (4)$$

は平均値の大小に無関係であるという。ここで N がある程度大きければ、 $s/\bar{x}$ は大体 N に無関係に一定の

Table 2. Frequency (Strain sensitivity).

ε_0 (μ)	f	f_m	$(f-f_m)^2/f_m$
3300~3400	3 } 13	2.4 } 9.3	1.37
3400~3500	10 }	6.9 }	
3500~3600	12	12.1	0.001
3600~3700	14	13.8	0.003
3700~3800	5 } 11	10.1 } 14.8	0.97
3800~3900	6 }	4.7 }	
total			$\chi^2=2.34$

Table 3. Frequency (Crack density).

$d_{6000}(1/\text{mm})$	f	f_m	$(f-f_m)^2/f_m$
3.45~3.75	1 } 11	2.8 } 8.9	0.50
3.75~4.05	10 }	6.1 }	
4.05~4.35	10	9.8	0.004
4.35~4.65	13	11.7	0.15
4.65~4.95	4 } 10	9.8 } 15.9	2.19
4.95~5.25	6 }	6.1 }	
5.25~5.55	4 } 6	2.8 } 3.7	1.43
5.55~5.85	2 }	0.9 }	
total			$\chi^2=4.27$

ではないが) ,

$$\text{き裂密度} : e \doteq 0.26t \cdot N^{-1/2} \dots \dots \dots (6')$$

また, Durelli らの前記の場合, 65個の試験の結果では,

$$\text{ひずみ感度} : e \doteq 0.069tN^{-1/2} \dots \dots \dots (5')$$

となつてゐる。ここでみるように, ひずみ感度の誤差はき裂密度の誤差よりもはるかに小さいことから, き裂密度によつてひずみを定量する方法が, ひずみ感度による方法より劣つてゐると解釈されやすい。しかし, 実際にき裂密度によつてひずみを定量する場合を考えると, 特別な場合(ひずみの急変する点など)を除くと, 測定しようとする点の前後数本のき裂の間隔を測定し, それらの平均を用いるのが普通であるから, これによつて補足的に N を増大させることになり, t の値も下つてくるから, 精度の上で, ひずみ感度による方法と大差なくなつてくる。たとえば, (5) 式の場合, き裂密度の測定に, 測定しようとする点の前後5本づつのき

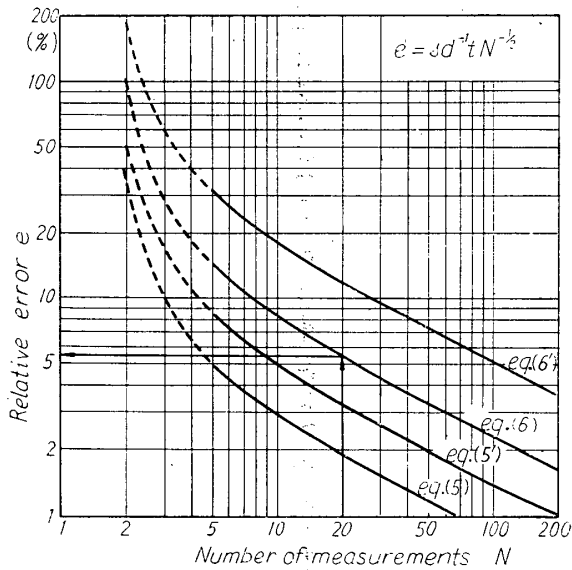


Fig. 3. Relations between number of measurements and relative error.

を可能にするために (5) 式および (6) 式を図示したのが Fig. 3 である。また同図には参考のために式 (5') および (6') 式を併記した。図において、たとえば (6) 式の場合であれば、き裂密度 (幅) の測定数が 20 個であれば、それから求められたひずみの算術平均の上下 5.5% の範囲内に真のひずみの値があると考えることができる (図中の矢印参照)。

文 献

- 1) A. J. Durelli, R. H. Jacobson, S. Okubo, *Proc. Soc. Exp. Strss Analysis*, 13, 35 (1955).
- 2) 西原, 平, 前田, 京大工研報告, 3, 1 (1953) .

裂幅の平均値を用いれば, (6) 式の場合より精度は高くなる。

また, (5') 式あるいは (6') 式の結果とわれわれの結果を比較してみると, われわれの結果 ((5) 式あるいは (6) 式) の方が相関誤差が小さい。これはわれわれの用いた方法が従来のもより高い精度をもっているということになる。この原因となつていものとして塗膜の感度が比較的低いこと, および塗膜の乾燥が均一でかつ極端な熱応力を受けていないことなどが考えられる。

最後に, 実際の測定にあたつて, 測定平均のもつ誤差が平均値の何%にあたるかを, 任意の測定個数について簡単に知りたい場合がしばしば生ずると思われる。これ