

# グレーディング・マシン

工 藤 修

## 1. はじめに

木材が建築その他の構造材として、強度を要する状態で使用される場合、安全性および経済性の点からその強度を決定しておくことが望ましい。

現在、わが国では「製材の日本農林規格」に従って、木材表面にあらわれた節、丸身、割れ、腐れ等の欠点の種類、大きさ、個数に対する視覚判断にもとづいてグレーディング（品等区分）がおこなわれている。しかし、この視覚グレーディングは化粧材としての色彩が強く、構造材としての木材のグレーディング方法としては不十分である。

木材の強度推定法としては、弾性係数にもとづく方法が一般におこなわれており、外国においてはこの方法によるグレーディング・マシンも開発されている。

これは、木材の弾性係数（ヤング係数）と破壊係数（強度）との間には密接な相関関係があることを基礎としており、弾性限界内での非破壊試験によって弾性係数を測定し、それから破壊係数を推定するものである。この方法は、メカニカル・ストレス・グレーディング（機械的応力品等区分）といわれており、一般的には曲げ試験方法が用いられている。

このたび、当林産試験場では、木材を強度的にグレーディングするための基礎データを得る目的で、ストレス・グレーディング・マシンを構入したので、ここにその概要を紹介する。

## 2. グレーディング・マシンの概要

このグレーディング・マシンは、Australia, New South Wales, Forestry Commission, Division of Wood Technologyで開発され、同地の Plessey Telecommunications pty. Limitedで製作されたも

ので、“マイクロストレス”と名付けられている。その主な仕様は、

|              |  |
|--------------|--|
| 測定可能寸法       | 1"×3/4"~12"×3"<br>(2.5×1.9~30.5×7.6cm) |
| 送材速度         | 100feet/min.<br>(30m/min.)             |
| ギヤモーター       | 2.0HP                                  |
| インフィード・ローラー  | } 6 1/2"φ×6"                           |
| アウトフィード・ローラー |  |
| 支持ローラー       | } 6 1/2"φ×13"                          |
| 送りローラー       |  |
| 負荷ローラー       | 4"φ×10"                                |
| 機械寸法：長さ      | 82" (210cm)                            |
| 幅            | 48" (120cm)                            |
| 高さ           | 60" (150cm)                            |
| 機械重量         | 1,400kg                                |

その概観を、写真 1~4 に示す。

インフィード・ローラー  
材料そう入側ローラー。ギヤモーターによって回転し、送材する。  
アウトフィード・ローラー

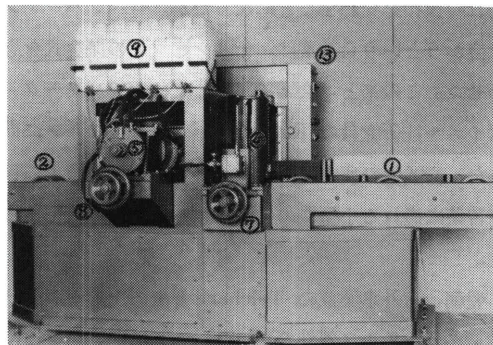


写真 1 “マイクロストレス”グレーディング・マシン正面図

グレーディング・マシーン

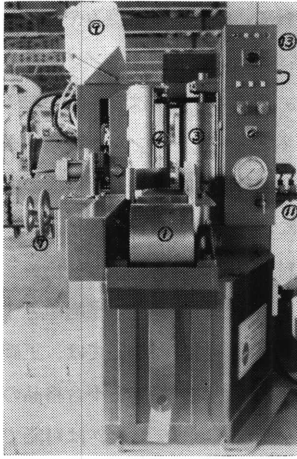


写真 2 “マイクロストレス”グレーディング・マシーン側面図（インフィード側）

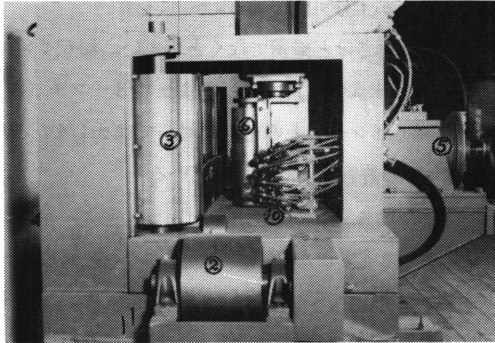


写真 3 スpray・ノズル部分（アウトフィード側より）

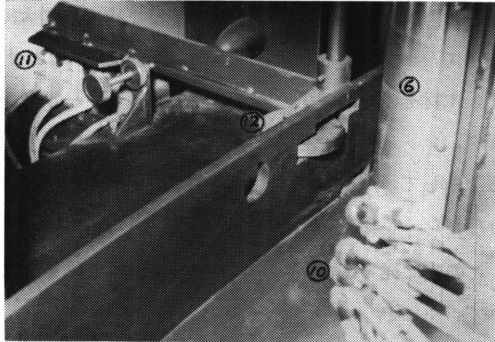


写真 4 挟み感知ホイール部分

写真 1～4

- ① インフィード・ローラー
- ② アウトフィード・ローラー
- ③ } 支持ローラー
- ④ } 送りローラー
- ⑤ 負荷シリンダー
- ⑥ 負荷ローラー
- ⑦ 送りローラー調整ハンドル
- ⑧ 負荷シリンダー調整ハンドル
- ⑨ 染色剤タンク
- ⑩ スpray・ノズル
- ⑪ マイクロスイッチ
- ⑫ 挟み感知ホイール
- ⑬ 操作パネル

材料とり出し側ローラー。これもギヤモーターによって回転し、材を送り出す。

支持ローラー

36インチスパンの曲げ試験用支点となる。

送りローラー

ギヤモーターによって回転しており、支持ローラーとともに材料を機械へ送り込む。

負荷シリンダー

負荷プレッシャー用シリンダー。3本の複合シリンダーになっている。

負荷ローラー

曲げ荷重を加えるローラー。

送りローラー調整ハンドル

材料厚さに従って送りローラーと支持ローラーとの間隔を調整するためのハンドル。

負荷シリンダー調整ハンドル

材料厚さに従って負荷ローラーの位置を調整するためのハンドル。

染色剤タンク

木材のグレードを示すスプレイ染料（4種類の色）を入れるタンク。

スプレイ・ノズル

マイクロスイッチからの指令によって、木材のグレードを示すスプレイをおこなうためのノズル。

マイクロスイッチ

このマイクロスイッチは、各グレードに対応する挟み範囲に従ってセットされ、これに従って染料がスプレイされる。

挟み感知ホイール

曲げ荷重を受けた材料の挟みを検出するためのホイール。これから挟み量がマイクロスイッチへ伝達される。

操作パネル

メイン・スイッチ、ギヤモーター用スタート/ストップ・ボタン、負荷シリンダー選択スイッチ、負荷シリンダー選択ランプ、負荷プレッシャーゲージ、負荷プレッシャー調整器、スプレ

イ指示ランプからなる。

## 2.1 調整

グレーディング・マシーンは、作業開始前に次の点をチェックし、調整しなければならない。

- (1) 負荷用エア・プレッシャーは125p.s.i. (8.8kg/cm<sup>2</sup>)とする。少くとも100p.s.i. (7.0kg/cm<sup>2</sup>)なければならない。
- (2) スpray用染色剤タンクに、正しい染色剤が入っているかどうかチェックする。
- (3) 各マイクロスイッチが、グレーディングの挟み範囲に従って正しく作動するかどうかチェックし調整する。
- (4) マイクロスイッチを作動し、各マイクロスイッチに接続しているスプレイ・ガンが正しく作用するかどうか確かめる。
- (5) グレーディング材の樹種、寸法に従って所要荷重を計算し、それに相当する負荷プレッシャーが加わるようにプレッシャーゲージを調整する。

## 2.2 作業手順

“マイクロストレス”グレーディング・マシーンでは、スパン36インチ(91cm)、単純支持、中央集中荷重方式により曲げ試験をおこない弾性係数を求める。それから、弾性係数と破壊係数との相関関係にもとづいて、各材料の許容応力度を決定するのである。

主な作業手順は、

- (1) 材料のフラット面(幅の広い面)を垂直にし、インフィード・ローラーにのせ、支持ローラーと送りローラーの間へそう入する。
- (2) 材料が36インチ離れた支持ローラーによって完全に支持されると、負荷シリンダーを通じ、負荷ローラーによって所要荷重がスパン中央に加えられる。
- (3) 材料の挟みは、挟み感知ホイールを通じて、一連のマイクロスイッチによって材料の長さ方向に連続的に測定され、スプレイ・ノズルからそれらの挟み範囲を示す染色剤がスプレイされる。

(4) 材料に、はじめから挟みやねじれが存在する場合、正しいグレーディングをすることができない。そこで、材料は“マイクロストレス”グレーディング・マシーンを2度通す必要がある。その2度目には、最初と反対側の面に負荷するように、材料を裏返して通す。

(5) 材料各点のグレードは、染色スプレイで示されたものの、材料両面の平均値とする。

厚さむらのある製材品については、正確なグレーディングはできないが、合格品、不合格品のように大別する、おおまかなグレーディングは可能である。

製材品の厚さむらが3%以内であれば、正確なグレーディングが十分可能である。

材料幅は厚さほど厳密でなくともよい。幅6インチ(15.2cm)未満の材料に対しては±1/8インチ(0.3cm)、幅6インチ以上の材料に対しては±1/4インチ(0.6cm)の許容差が認められている。

## 2.3 染色スプレイ

マイクロスイッチからの指令を受けて、スプレイ・ノズルから染色剤がスプレイされる。従って、各挟み範囲に対して異なった染色剤を用いれば、各グレードを判別できることになる。

この“マイクロストレス”においては、挟みの増大に従って、ホワイト(実際にはスプレイがおこなわれず、木材そのものの色)、グリーン、イエロー、ブラック、レッドの各色をスプレイすることを推奨している。そして、そのカラー組合せによって、第1表のようなグレード範囲を示している。

この表に従って、グレード判別の2~3の例を次に示す。

図1 aの場合、ホワイト/イエロー、あるいはグリーン/グリーンのカラー組合せとなる。これらは同一グレードと判別される。

図1 bの場合、レッドがスプレイされているので除外品と判別する。これは、材料の最低強度を示すものをそのグレードとするという方針にもとづいたもので、一部分でもレッドがスプレイされれば除外品とする基準に従ったものである。このレッドの部分切除

グレーディング・マシーン

第1表 カラー組合せによる応力度決定

| カラー組合せ    | 針葉樹材                              |                   | 広葉樹材                              |                   |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
|           | 弾性係数の範囲<br>10 <sup>6</sup> p.s.i. | 長期許容応力度<br>p.s.i. | 弾性係数の範囲<br>10 <sup>6</sup> p.s.i. | 長期許容応力度<br>p.s.i. |
| ホワイト/ホワイト | 3.40~1.60                         | 2300              | 4.00~2.31                         | 3300              |
| ホワイト/グリーン | 2.14~1.37                         | 1800              | 3.08~1.90                         | 3000              |
| グリーン/グリーン | 1.60~1.20                         | 1450              | 2.31~1.72                         | 2400              |
| ホワイト/イエロー | 1.74~1.07                         |                   | 2.40~1.54                         |                   |
| グリーン/イエロー | 1.37~0.96                         | 1100              | 1.98~1.38                         | 1920              |
| ホワイト/ブラック | 1.28~0.87                         |                   | 1.80~1.26                         |                   |
| イエロー/イエロー | 1.20~0.80                         | 800               | 1.72~1.15                         | 1250              |
| ブラック/グリーン | 1.07~0.80                         |                   | 1.54~1.15                         |                   |
| イエロー/ブラック | 0.96~0.68                         | 500               |                                   |                   |
| ブラック/ブラック | 0.80~0.60                         | 300               |                                   |                   |
| レッド       | 0.60以下                            | 除外                |                                   |                   |

注：ホワイトとは、弾性係数の大きな範囲を示し、染色スプレイがされなかったことを示す。  
1 p.s.i. = 0.0703 kg/cm<sup>2</sup>



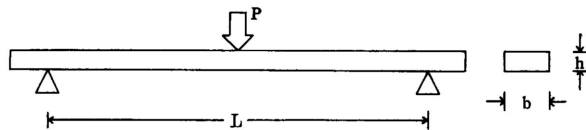
第1図 スプレイの例

すれば、残りの部分は合格品となる。

図 1c の場合、ホワイト/グリーン、グリーン/グリーン、グリーン/イエローのカラー組合せとなる。このうち最低強度を示すグリーン/イエローがこの材料のグレードとなる。

3. ストレス・グレーディングの基礎理論

前述のように、木材の弾性係数と破壊係数の間には



第2図 中央集中荷重曲げ試験

高い相関関係があることが、種々の研究機関でおこなわれた広範囲の実験結果にもとづいて認められている。この相関関係がわかれば、弾性限度内における曲げ試験をおこなって弾性係数を求めることにより、破壊係数が推定できる。

前掲の Division of Wood Technology で は、この相関関係を求め

るために、次のような基礎試験をおこなったので、簡単に紹介する。

弾性係数 (E) は、中央集中荷重、36インチスパンで決定された。このスパンは、“マイクロストレス”グレーディング・マシンのものと同一である。荷重は材料のフラット面 (幅の広い面) に加えられた (図2 参照)。

弾性係数は次式により算出される：

$$E = \frac{L^3}{4bh^3} \times \left( \frac{dP}{d\delta} \right)$$

ここで E : 弾性係数 (lbs/in<sup>2</sup>)

L : スパン (in)

b : 材幅 (in)

h : 材せい (in)

P : 荷重 (lbs)

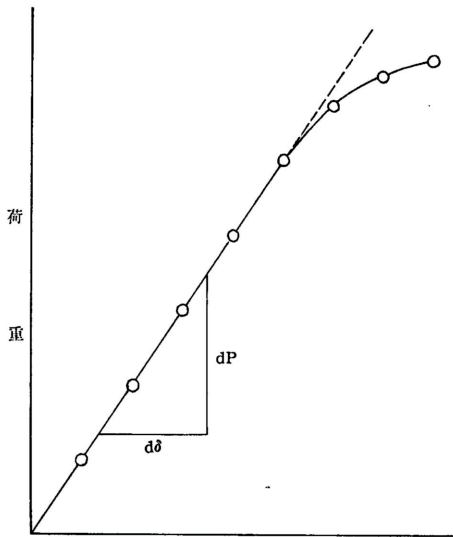
δ : 撓み (in)

( $\frac{dP}{d\delta}$ ) : 図3に示すような、比例域での荷重

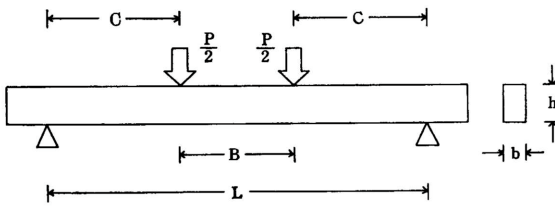
一撓み曲線の傾斜

破壊係数 ( ) は、スパン/材せい=12.3、4点曲げ試験によって決定された。節などの欠点のあるものは、欠点の引張側に配置した。荷重はエッジ面 (幅のせまい面) に加えられた (図4参照)。

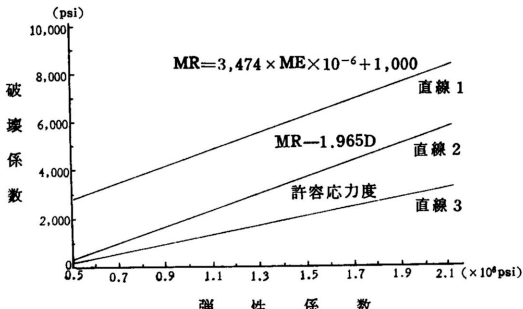
破壊係数は次式により算出される：



第3図 中央集中荷重曲げ試験における荷重-たわみ曲線



第4図 4点曲げ試験



第5図 回帰直線

$$\sigma = \frac{3PC}{bh^2}$$

ここで  $\sigma$  : 破壊係数 (lbs/in<sup>2</sup>)

P : 荷重 (lbs)

C : 図4に示すように、荷重作用点と支点間の距離 (in)

b : 材幅 (in)

h : 材せい (in)

500個以上のラジアータ・パインについておこなわれた実験によって、

$$= 3,474 \times E \times 10^{-6} + 1,000$$

という回帰直線が求められている。

この回帰直線は、ダグラス・ファー、アメリカン・イエロー・パインなど、針葉樹材全般にも適用できるとしている。

上述のようにして求められた回帰直線から、使用応力を誘導するには、基礎試験における数値のばらつきおよび長期荷重による影響を考慮して、回帰直線から求められる値を低減しなければならない。

図5の直線1は、上記の回帰直線である。直線2はデータのばらつきを考慮して求められた直線で、この直線の上部には、データの97.5%が含まれている。さらに、この直線2を9/16倍して得られたものが直線3で、長期許容応力度をあらわす。

各グレードの長期許容応力度は、図5の直線3から読みとることができる。あるグレードでの弾性係数Eの下限値を横軸上に取り、それから垂直線を引き、直線3との交点を求める。さらにその交点から水平線を引き、縦軸との交点を求める。これがそのグレードの長期許容応力度を示す。

#### 4. おわりに

以上、“マイクロストレス”グレーディング・マシーンについて、その概要を述べた。

今後、このグレーディング・マシーンをを用いて、ストレス・グレーディング試験をおこない、わが国、主として北海道の主要木材の強度的グレーディングの基礎データを蓄積し、あわせて現行の「製材の日本農林規格」との比較をおこなう予定である。