

断面欠損をもつ木材ばりにおける動的ヤング率の 低減について

中山 義 雄
(農学部林産学研究室)

On Reduction of Dynamic Young's Modulus by Reduced Section in Wooden Beam

YOSHIO NAKAYAMA

Laboratory of Forest Products, Faculty of Agriculture

Abstract : This paper deals with the effects noted in the reduction of the dynamic Young's modulus of wooden beams when various sizes of holes were drilled vertically and horizontally and when semicircular notches were located on opposite sides of the beam. Beam of both the cantilever type and free type were tested.

The experimental formulas of the reduction of the dynamic Young's modulus are respectively indicated in the Table 1.

Beams cut with the grain parallel to the long direction of the beam and beams with the grain angle (θ) to the long direction of the beam showed very small differences between the tendency to decrease in the dynamic Young's modulus. The approximate value of the ratio of decrease in the dynamic Young's modulus in the beam having grain angle and reduced section to the clear sample ($\theta=0^\circ$) may be obtained by multiplying the experimental formulas (Table 1) by that of the experimental formula (4) for the dynamic Young's modulus at an angle θ to the 0° direction.

When the condition of the beam and the reduction of the section is the same, the different coefficient variation in the reduction of the dynamic Young's modulus in the condition of largest variation is given in Table 2. Even if the ratio of diameter of hole to width of beam is 0.8, the coefficient variation is smaller than six percent.

Even though wood is a heterogeneous material a small coefficient variation is obtained in this test. It is noted that these results present the useful data for the estimated method of bending strength by nondestructive method of wooden beam containing reduced section.

はじめに

木材のように完全な弾性体とはいえ、かなり低い値の負荷においてさえ粘性塑性を示めず材料における弾性挙動を研究するには、きわめて小さな負荷およびきわめて短い時間内の変形をとらえる振動法による研究が適している。筆者らは種々の条件のビームについて動的な挙動を検討し報告してきた^{1)~6)}。

ここではこの振動法により木材ばりに存在する断面欠損がそのはりの動的ヤング率(みかけのヤング率)を低減させることに関し、両端自由および片持ばりにおいて、その欠損をもつ面に面内および面外の曲げ負荷が加わる場合について系統的、定量的に検討した。

また、木材は最もマクロにみても春夏材の2層構成から成り立つ不均一な材料である。けれども、このヤング率の低減率が実用的にはどの程度まで均一体としての取り扱いが許されるかについて、すなわち比較的安定した傾向および値が得られるかどうか、さらに断面欠損をもつ木材ばりの曲げ破壊係数を非破壊で推定する基礎資料として有効なものであるかどうかについても検討した。

記 号

E : 動的ヤング率 (dynamic Young's modulus) dyne/cm²

Ed : 無欠損のはりの動的ヤング率に対する欠損をもつはりの動的ヤング率の割合

$$Ed = \frac{Er}{E_0} \times 100 (\%)$$

E_0 : 無欠損試験体の動的ヤング率 (dynamic Young's modulus of clear sample) dyne/cm²

Er : 断面欠損をもつはりの動的ヤング率 (dynamic Young's modulus of drilled (notched) sample) dyne/cm²

r : 円孔あるいは半円ノッチの半径 (radius of artificial circular hole or semicircular notch) mm

Pd ($Pd_1 \cdot Pd_2 \cdots Pd_i$) : 片持ばりの場合は固定端から円孔あるいは半円ノッチまでの距離 (in cantilever beam, the distance of an artificial circular hole or artificial semicircular notches from the fixed end) mm

両端自由ばりの場合は1自由端から円孔あるいは半円ノッチまでの距離 (in free beam, the distance of an artificial circular hole from a free end) mm

l : はりの長さ (length of beam) mm

f : はりの固有振動数 (fundamental resonant frequency of sample) Hz

I : 断面2次モーメント (moment of inertia area)

μ_s : はりの質量 (mass of beam) g

$\mu(\mu_1 \cdots \mu_i)$: 欠損部分の質量 (mass of reduced section) g

θ : はりの長軸方向に対し繊維方向が傾斜する角度 (grain angle of beam to the longitudinal direction of beam) degree

Pe : 面外曲げ (perpendicular bending moment to the reduced plane)

Pa : 面内曲げ (parallel bending moment to the reduced plane)

b : はり幅の1/2 (one half of width of beam) mm

R : r/b

P : Pd/l

H : 円孔をもつはり (beam containing the artificial circular hole)

N : 半円ノッチをもつはり (beam containing the artificial semicircular notches)

実 験

試験体は高知県産スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 造林木の気乾材で、その寸法は Sample 1 (cantilever beam) $1 \times 10 \times 70$ mm, Sample 1' (free beam) $1 \times 10 \times 150$ mm, Sample 2 (free beam) $15 \times 30 \times 450$ mm, Sample 3 (free beam) $9 \times 9 \times 270$ mm の4種類とした。(Sample 1の有効長さは64 mm)

試験体の作成にあたっては、節、腐れ、割れその他のキズがなく繊維の走向がビームの軸方向に平行なまき目および板目木取りとした。これらのほかに繊維の傾斜と欠損との関係を見るために Sample 1 のまき目板において試験体縁辺に対し、年輪を傾斜させた斜走木理の試験体も作成した。なお、均一な材質のものと比較するために木材とくらべれば比較的均一な材質をもつものとしてプラスチック試験体 (寸法; Sample 1 と同じ, 材質; 塩化ビニール合成樹脂, 比重; 1.35, ヤング率; 25×10^9 dyne/cm²) を採用し、実験に供した。

断面欠損の形状は円孔あるいは半円ノッチとし、半円ノッチは、はりの横方向に対象に2個加工した。したがって、同一半径の円孔と半円ノッチ2個との欠損率は等しくなるようにした。

これらの円孔あるいは半円ノッチの存在する位置および大きさがはりの動的ヤング率(みかけのヤング率)を低減させる度合および不均一材料である木材において欠損率に対する個々のはりの低減率についてどの程度まで均一体としての取り扱いが許されるかの判断資料として製動係数を求めた。

実験は片持ばりについては振動リード法、両端自由ばりについては低周波たわみ振動法によった。負荷は欠損のある面に垂直に曲げモーメントが加わる場合およびその面内に加わる場合の2方法とした。動的ヤング率の低減については無欠損時のはりの動的ヤング率に対する欠損時のはりの動的ヤング率の割合で表わした。

動的ヤング率は、片持ばりについては式(1)⁶⁾、両端自由ばりにおいては式(2)⁶⁾によって算出した。

$$E = \frac{4\pi^2 \cdot I^3 \cdot f^2}{3 \cdot 0.03 \cdot I} \left\{ 0.23 \mu_s - \mu \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot Pd}{2l} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$E = \frac{8 \cdot I^3 \cdot f^2}{\pi^2 \cdot I} \left\{ 0.094 \mu_s - \mu \left(\sin \frac{\pi \cdot Pd}{l} - \frac{2}{\pi} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (2)$$

なお、円孔の数が2個以上の場合は式(3)⁶⁾によった。

$$E = \frac{8 \cdot I^3 \cdot f^2}{\pi^2 \cdot I} \left\{ 0.094 \mu_s - \mu_1 \left(\sin \frac{\pi \cdot Pd_1}{l} - \frac{2}{\pi} \right)^2 - \mu_2 \left(\sin \frac{\pi \cdot Pd_2}{l} - \frac{2}{\pi} \right)^2 \dots\dots \dots \right. \\ \left. \dots\dots\dots - \mu_i \left(\sin \frac{\pi \cdot Pd_i}{l} - \frac{2}{\pi} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (3)$$

結 果 と 考 察

欠損部の位置、大きさおよび形状との関係

欠損をもつ面に垂直に曲げモーメントが加わる場合(面外曲げ)に関し、はりに円孔あるいは半円ノッチがある場合、その欠損の位置および大きさがはりの動的ヤング率を低減させる傾向および割合を無欠損時のはりの動的ヤング率を基準として、はりの条件ごとに示せば次のようになる。

片持ばり(Sample 1)のまさ目試験体の結果について欠損部の大きさ(r)と動的ヤング率との関係を表わすために位置(Pd)をパラメーターとして示したのがFig. 1であり、位置と動的ヤング率との関係を見るために、半径をパラメーターとして示したのがFig. 2である。

つぎに板目試験体について同様の関係を示したのがFig. 3およびFig. 4である。図には円孔の場合を実線で、半円ノッチの場合を破線であらわした。これらの数値は5個の試験体の平均値である。

はりに欠損が存在しそのはりに曲げモーメントが加わるとその部分の曲げ剛性が低下するので、動的ヤング率は低減し、曲げモーメントの大きく加わる固定端に近い位置に欠損があるほど、また欠損の大きさが大きいほどより低減する。

両端自由ばりに関してはSample 1におけるまさ目試験体について同様に欠損の位置をパラメーターとして欠損の半径との関係および半径をパラメーターとして位置との関係を示したのがFig. 5およびFig. 6であり、板目試験体においても同様の関係をFig. 7およびFig. 8に示した。Sample 1'より寸法がより大きいものとして板目試験体であるSample 2についても同様にFig. 9およびFig. 10に示した。

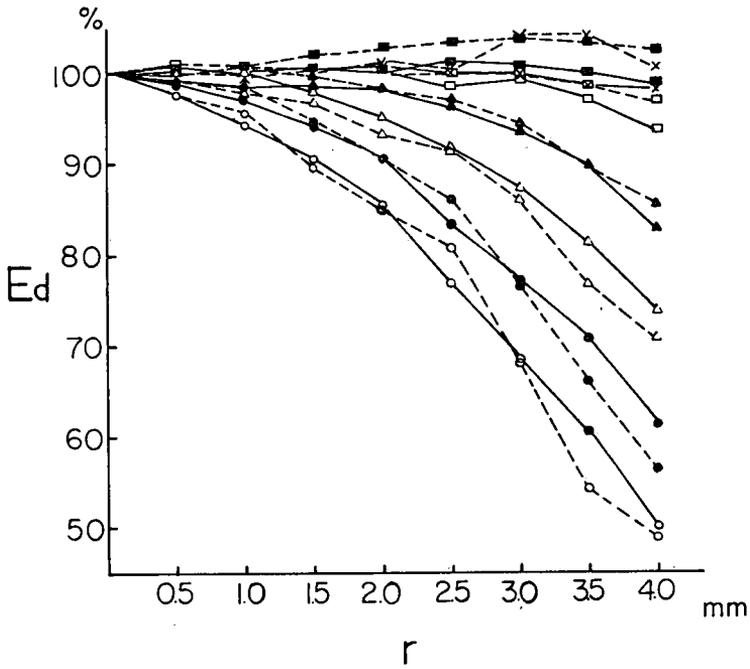


Fig. 1. Relationship between E_d and r at parameter p in edge grain (cantilever beam sample 1, Pe).

— H , --- N , \circ $p_d=8$ mm, \oplus $=16$ mm, \triangle $=24$ mm, \blacktriangle $=32$ mm, \square $=42$ mm, \blacksquare $=48$ mm, \times $=56$ mm.

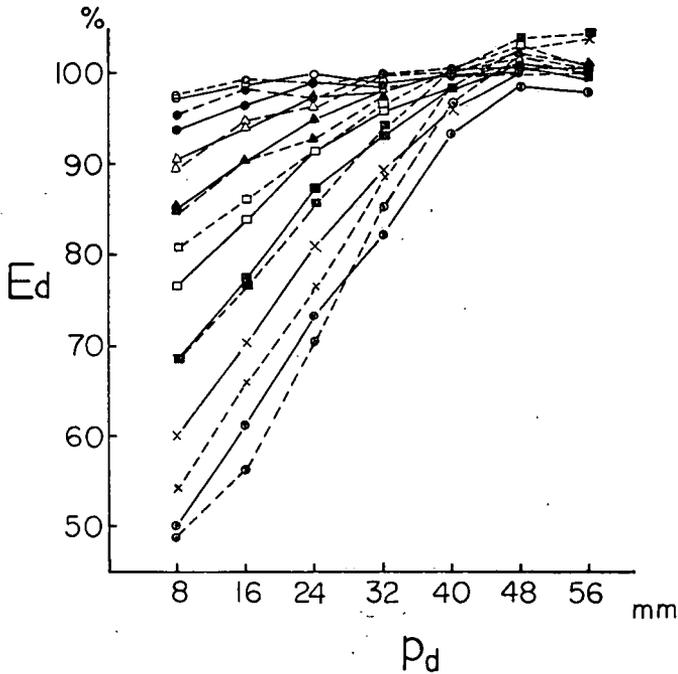


Fig. 2. Relationship between E_d and p_d at parameter r in edge grain (cantilever beam, sample 1, Pe).

— H , --- N , \circ $r=0.5$ mm, \oplus $=1.0$ mm, \triangle $=1.5$ mm, \blacktriangle $=2.0$ mm, \square $=2.5$ mm, \blacksquare $=3.0$ mm, \times $=3.5$ mm, \odot $=4.0$ mm.

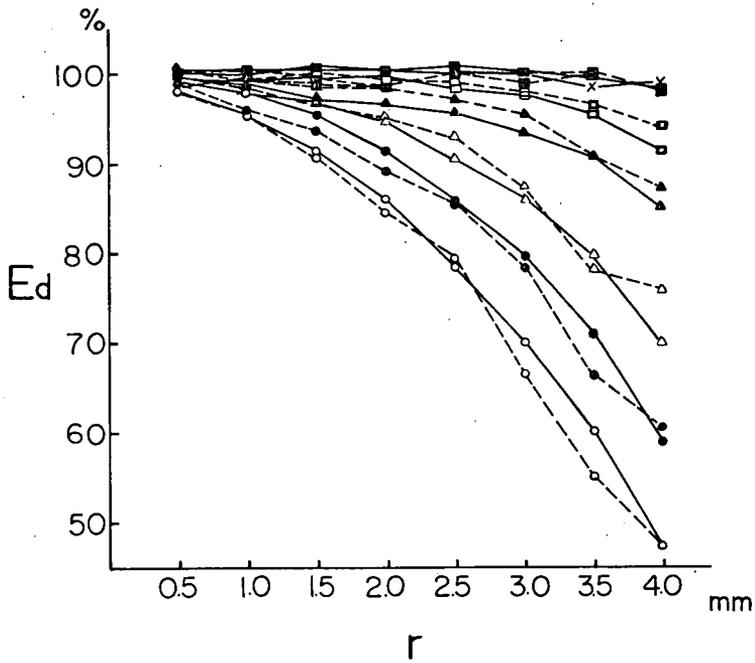


Fig. 3. Relationship between E_d and r at parameter p in flatsawn grain (cantilever beam, sample 1, Pe).
Key to symbols, see Fig. 1.

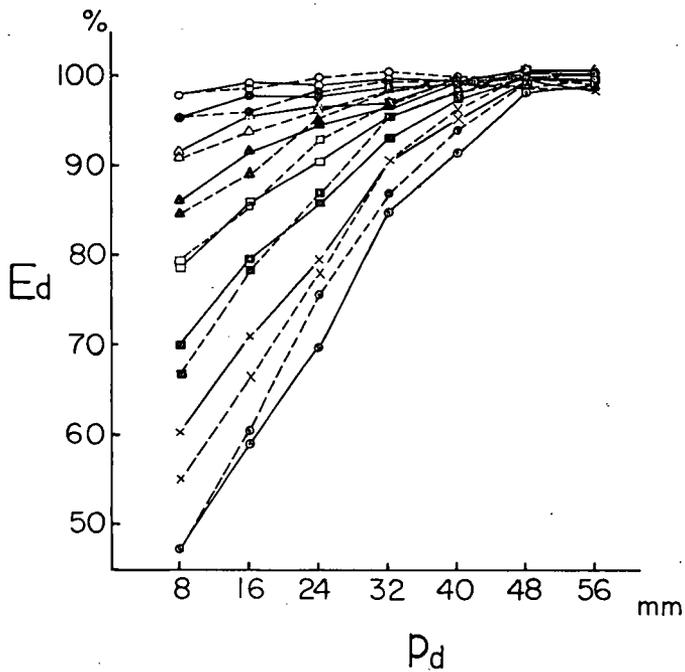


Fig. 4. Relationship between E_d and p_d at parameter r in flatsawn grain (cantilever beam, sample 1, Pe).
Key to symbols, see Fig. 2.

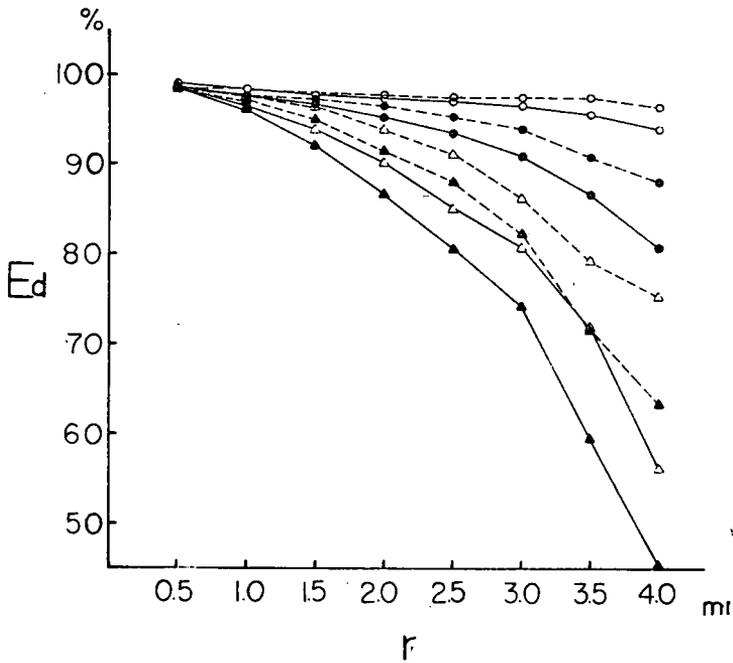


Fig. 5. Relationship between E_d and r at parameter p in edge grain (free beam, sample 1', Pe)
 — H , N , \circ $p_a = (0.2242/2) \cdot l$, $\bullet = 0.2242 \cdot l$,
 $\triangle = ((1/2 + 0.2242)/2) \cdot l$, $\blacktriangle = (1/2) \cdot l$.

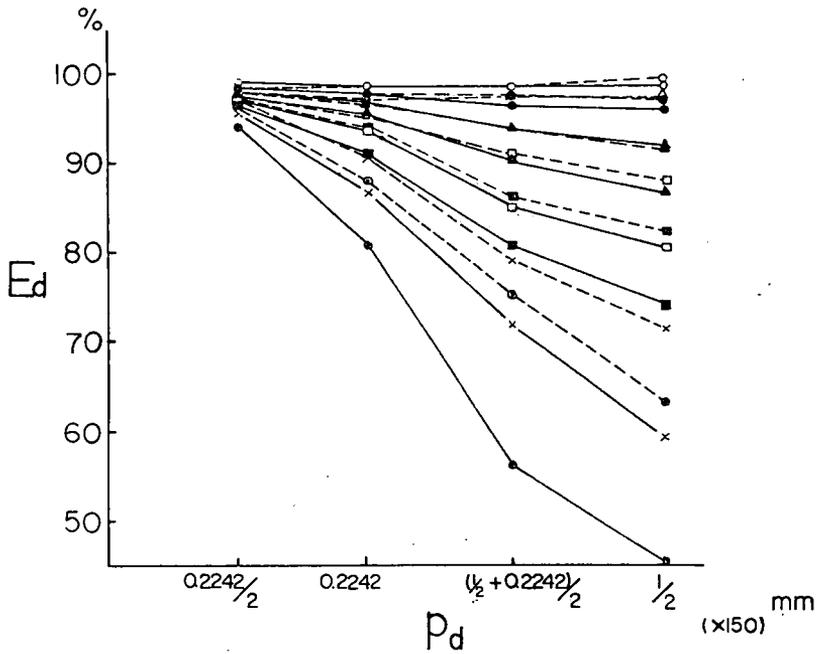


Fig. 6. Relationship between E_d and p_a at parameter r in edge grain (free beam, sample 1', Pe).
 Key to symbols, see Fig. 2.

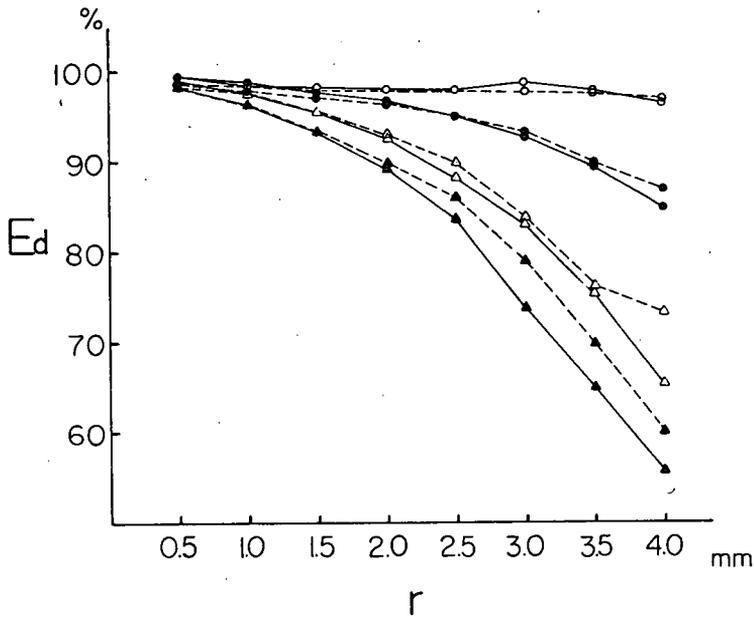


Fig. 7. Relationship between E_d and r at parameter p in flatsawn grain (free beam, sample 1', Pe).
Key to symbols, see Fig. 5.

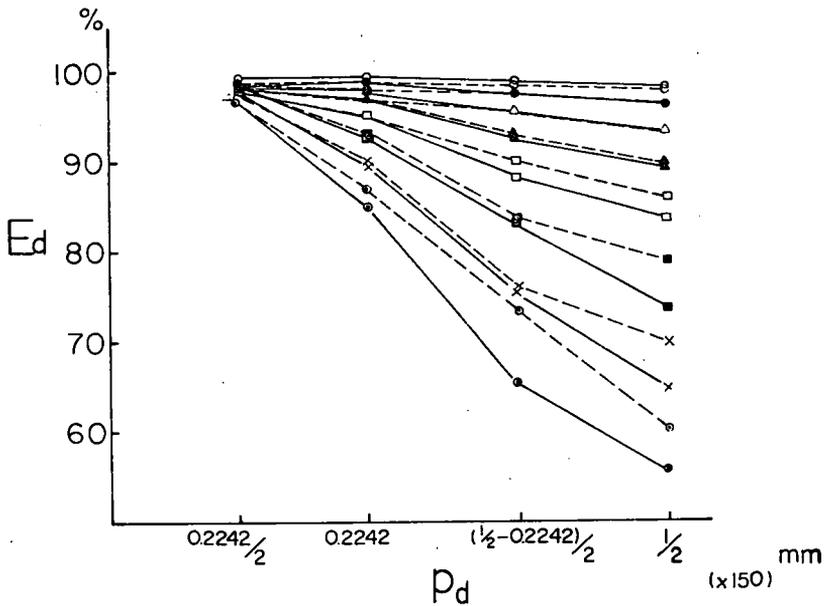


Fig. 8. Relationship between E_d and p_d at parameter r in flatsawn grain (free beam, sample 1', Pe).
Key to symbols, see Fig. 2.

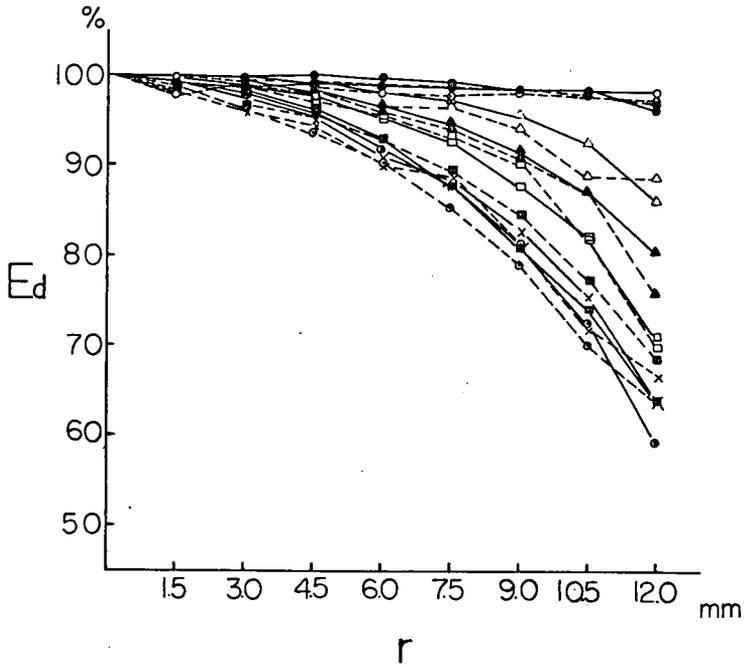


Fig. 9. Relationship between Ed and r at parameter p in flatsawn grain (free beam, sample 2, Pe).

— H , --- N , \circ $p_a=3.25$ mm, \bullet $=6.00$ mm, \triangle $=8.75$ mm, \blacktriangle $=11.50$ mm, \square $=14.25$ mm, \blacksquare $=17.00$ mm, \times $=19.75$ mm, \odot $=22.50$ mm.

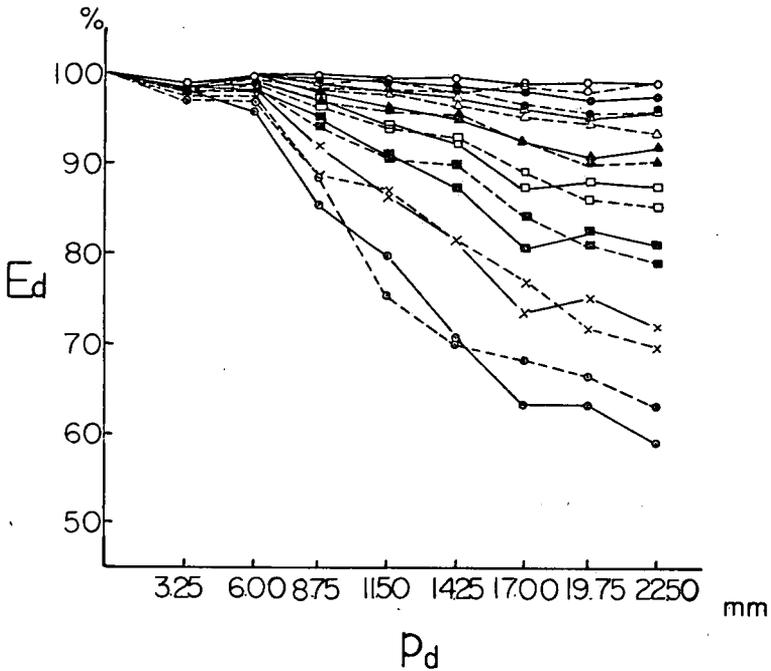


Fig. 10. Relationship between Ed and p_a at parameter r in flatsawn grain (free beam, sample 2, Pe).

— H , --- N , \circ $r=1.5$ mm, \bullet $=3.0$ mm, \triangle $=4.5$ mm, \blacktriangle $=6.0$ mm, \square $=7.5$ mm, \blacksquare $=9.0$ mm, \times $=10.5$ mm, \odot $=12.0$ mm.

両端自由ばりの場合もその低減傾向は曲げモーメントが大きく加わるはり中央部 ($l/2$) に欠損がある場合に大きく低減し自由端に近づくとその影響は小さくなる。

位置および欠損率が同一の円孔と半円ノッチにおける低減率の差は片持ばりではやや不明確であるが、両端自由ばりのうちとくに Sample 1' では円孔が半円ノッチよりも低減傾向が大きい。これはこの試験体の寸法のものでは円孔が半円ノッチよりも応力集中率が大きく⁵⁾、この応用状態の差が主な原因であると考えられる。

木取り方法による差異、すなわちまさ目試験体と板目試験体との差は Fig. 1 (あるいは Fig. 2) と Fig. 3 (あるいは Fig. 4) および Fig. 5 (あるいは Fig. 6) と Fig. 7 (あるいは Fig. 8) が対比するものであるが、その低減傾向および低減率ともに類似している。まさ目と板目ではポアソン比に差があり^{7),8)}、このことが応力集中に影響することも考えられるが、それよりもはりの欠損部における残余の最小断面の夏材率など、この部分の材質の差異がどうしても存在することを考慮すると、この程度の差では木取り方法による低減率の差異は極く小さいと判断してよいであろう。

はりに欠損がある場合、動的ヤング率の低減傾向をはりの材質が均一な場合と不均一な場合とを比較するために、木材と比べれば比較的均一な材料としてプラスチックを採用した。このプラスチック片持ばり (寸法は Sample 1 と同じ) に欠損がある場合、動的ヤング率におよぼす影響について、欠損の位置をパラメーターとして半径との関係、また半径をパラメーターとして位置との関係を Fig. 11 および Fig. 12 に示した。その低減傾向は木材ばりによく類似するが低減率は木材ばりよりもやや小さい。これは木材とプラスチックの組織構造および基礎ヤング率が異なることによると推察できる。また木材ばりの低減傾向とプラスチックばりの低減傾向とを比べてみても木材のような不均一体としては比較的安定した傾向を示しているといえる。

円孔がある面に面内曲げが加わる場合と面外曲げが加わる場合とを比較するための実験には

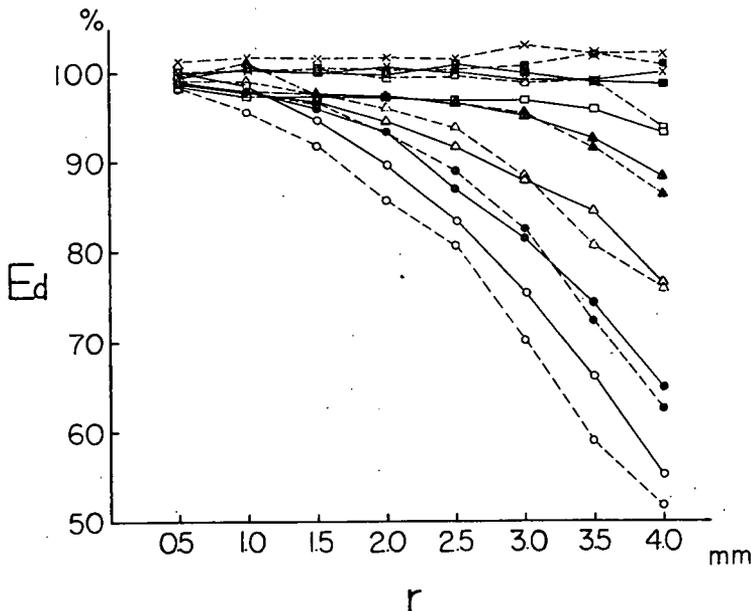


Fig. 11. Relationship between E_d and r at parameter p in plastic (cantilever beam, sample 1, P_e).

Key to symbols, see Fig. 1.

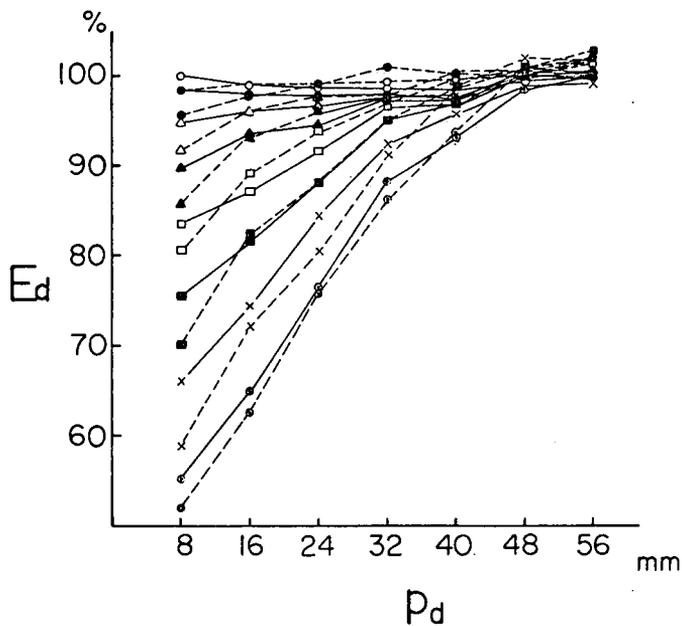


Fig. 12. Relationship between E_d and p_d at parameter r in plastic (cantilever beam, sample 1, P_e).

Key to symbols, see Fig. 2.

Sample 3 を用いた。Sample 3 は同一の試験体で面内および面外曲げについて、そのまま比較できるようにその断面を正方形にしたものである。

円孔は板目面に穿孔してあるので、あらかじめ無欠損時における接線方向と方射方向との動的ヤング率を測定した。一般に両者の間には正の直線関係があり、高い相関関係が存在することが認

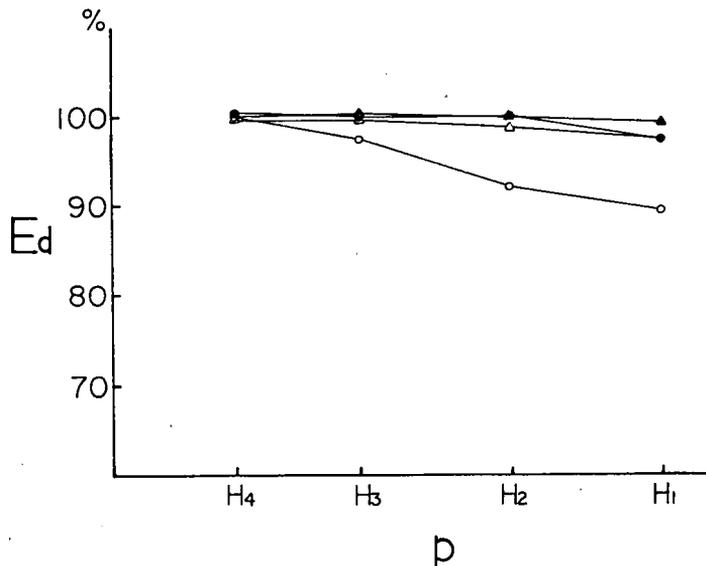


Fig. 13. Relationship between E_d and p_d of H (free beam, sample 3, P_e and P_a).

$H_1 = (1/2) \cdot l$, $H_2 = \{(1/2 + 0.2242/2)\} \cdot l$, $H_3 = 0.2242 \cdot l$ and $H_4 = (0.2242/2) \cdot l$ from one edge. $\circ R = 0.56(P_e)$, $\triangle = 0.33(P_e)$, $\bullet = 0.56(P_a)$, $\blacktriangle = 0.33(P_a)$.

められている⁹⁾。この実験でも同様に接線方向の動的ヤング率 (E_t) と放射方向の動的ヤング率 (E_r) との間には直線関係が認められ、その相関係数は0.96であった。

円孔は板目面にあけられているが、 E_t と E_r の相関性が高く、しかも動的ヤング率の低減については無欠損時の動的ヤング率を基準としているので円孔の影響に関する Fig. 13 は面外曲げと面内曲げにおける影響についての結果として充分対比させ得るものといえよう。

この実験の条件 ($R=0.33$ および 0.56) においては、面内曲げの場合、欠損の中心をはりの中立軸と一致させてあるので、動的ヤング率におよぼす影響は極く小さく $l/2$ の位置において $R=0.56$ の場合でも2.26%の低減に過ぎない。この場合の面外曲げと面内曲げを比較すると、面外曲げでは断面2次モーメントの減少が大きく、したがって動的ヤング率の低減率は大きく、面内の場合の約4.5倍となる。

1本のはりの長さ方向に1~数個の円孔が順次累加穿孔された場合の動的ヤング率の低減について面外曲げと面内曲げとを対比させて Fig. 14 に示した。円孔の相互間で応力集中が緩和されることも考えられ、多円孔の場合はそれぞれの位置で最初に穿孔された低減率の累加とはならず低減率は緩和される現象がみられる。

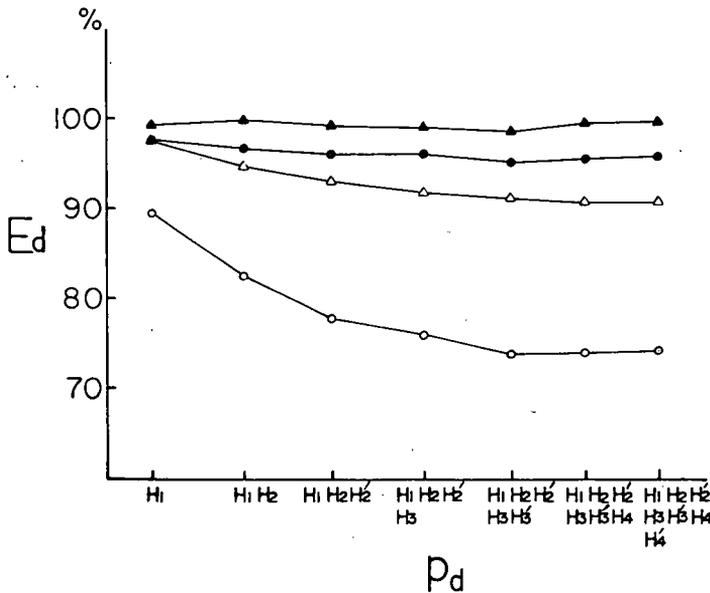


Fig. 14. Relationship between E_d and number of H at various p_d (free beam, sample 3, P_e and P_a).

$$H_1(H_1') = (1/2) \cdot l, \quad H_2(H_2') = \{(1/2 + 0.2242/2) \cdot l,$$

$$H_3(H_3') = 0.2242 \cdot l \text{ and } H_4(H_4') = (0.2242/2) \cdot l$$

from one edge (from another edge). Key to other symbols, see Fig. 13.

木理傾斜との関係 まさ目板において試験体縁辺に対し年輪を傾斜させた斜走木理の試験体に円孔がある場合、円孔が動的ヤング率の低減におよぼす影響について試験体の長さ方向の縁辺と年輪とのなす角が 15° の場合、位置をパラメーターとして半径との関係を Fig. 15 に、半径をパラメーターとして位置との関係を Fig. 16 に示し、この傾斜が 30° の場合の同様の関係を Fig. 17 および Fig. 18 に示した。木理が通直な場合と比較すると木理の傾斜が 15° の場合も 30° の場合もともにその低減傾向および低減率は木理が通直な場合とほぼ一致する。

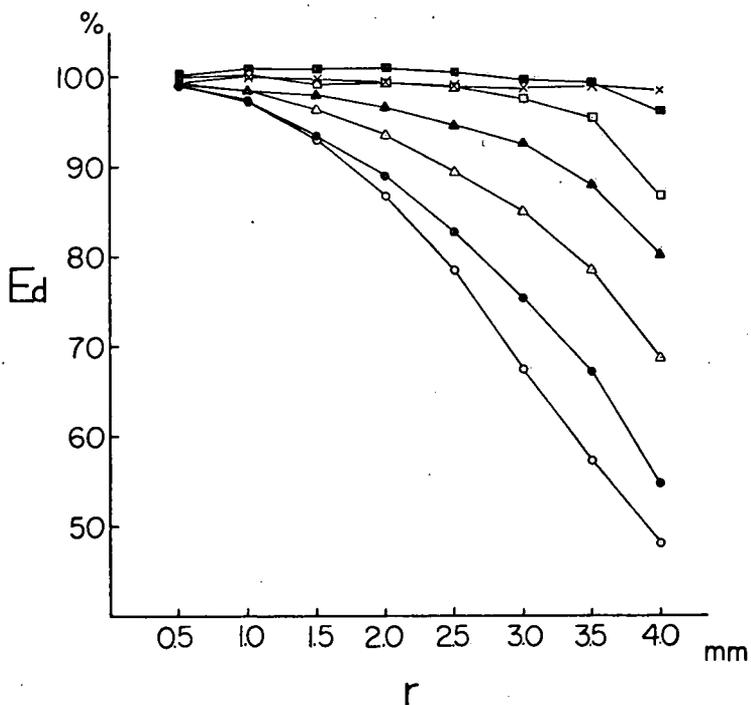


Fig. 15. Relationship between Ed and r at parameter p_a in edge grain (cantilever beam, sample 1, Pe , $\theta=15^\circ$).
Key to symbols, see Fig. 1.

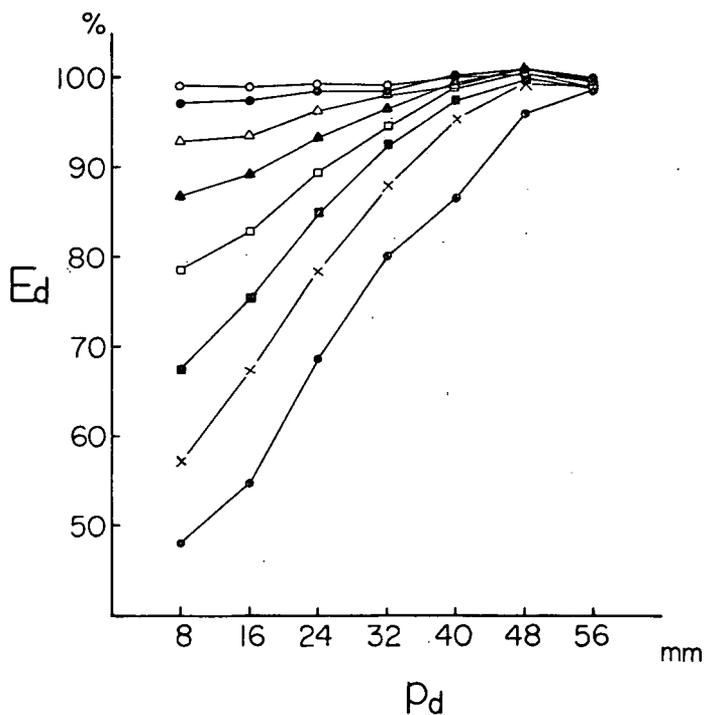


Fig. 16. Relationship between Ed and p at parameter r in edge grain (cantilever beam, sample 1, Pe , $\theta=15^\circ$).
Key to symbols, see Fig. 2.

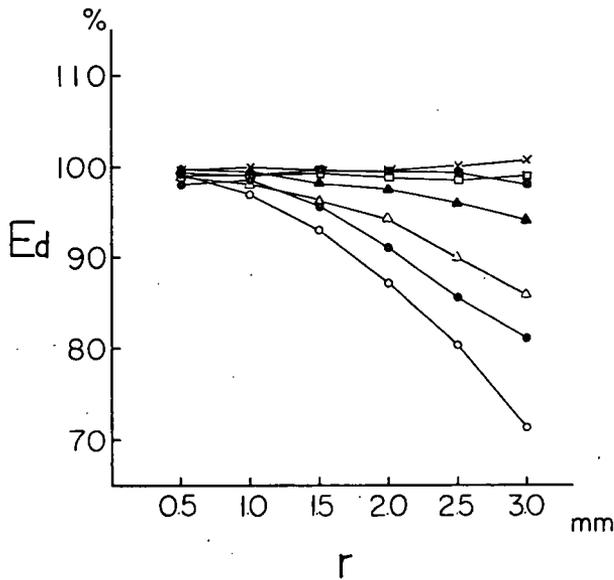


Fig. 17. Relationship between E_d and r at parameter p_d in edge grain (cantilever beam, sample 1, Pe , $\theta=30^\circ$).
Key to symbols, see Fig. 1.

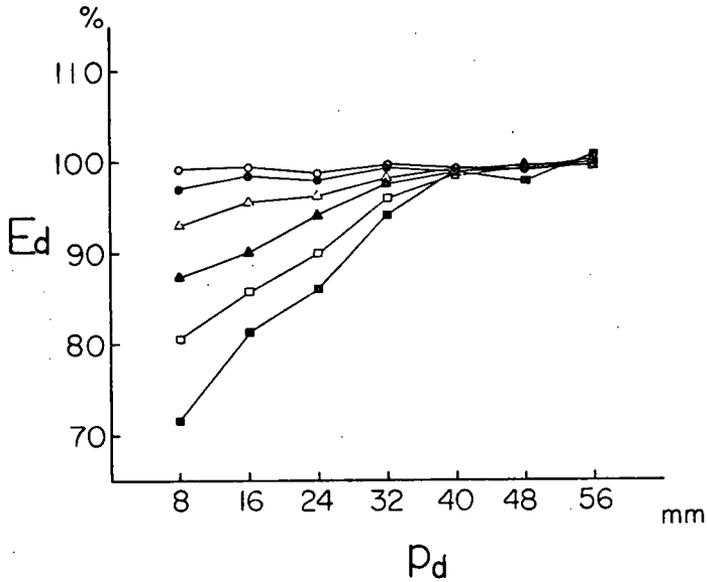


Fig. 18. Relationship between E_d and r at parameter p_d in edge grain (cantilever beam, sample 1, Pe , $\theta=30^\circ$).
Key to symbols, see Fig. 2.

ところで木理傾斜角の変化に対するヤング率の変化については HAGEN¹⁰⁾ が式(4)を提案し $n=3$ としている。

$$E_\theta = \frac{E_0 \cdot E_{90}}{E_0 \sin^n \theta + E_{90} \cos^n \theta} \quad \dots \dots \dots (4)$$

松本⁹⁾ は動的ヤング率と木理傾斜角との間の実験式として JACKSON が提案した $n=2.4\sim 2.8 \Rightarrow 2.6$ が最も近似がよいとしている。

ここで片持ばりの実験に用いたのと同じ薄板から得た Sample 1 と同寸法の試験体で無欠損時の動的ヤング率と木理傾斜角との関係を実験した結果は Fig. 19 のようになった。実験結果は $n=2.0$ および $n=3.0$ の上に分散したが、その中心的な値は $n=2.6$ に近いと判断してもよいであろう。

結局、木理が通直なはりに対する木理が傾斜したはりに円孔がある場合の動的ヤング率の低減は $n=2.6$ とした式(4)に後述する木理通直な場合の円孔の影響についての実験式 (Table 1) をそのまま乗ずれば動的ヤング率の低減についての近似値が得られることとなる。

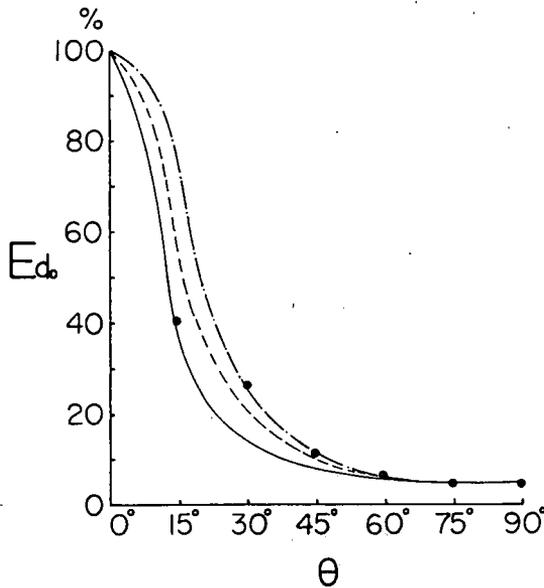


Fig. 19. Relationship between E_d and θ .
 — : $E_\theta = E_0 \cdot E_{90} / (E_0 \cdot \sin^{2.0}\theta + E_{90} \cdot \cos^{2.0}\theta)$
 - - - : $E_\theta = E_0 \cdot E_{90} / (E_0 \cdot \sin^{2.6}\theta + E_{90} \cdot \cos^{2.6}\theta)$
 - · - : $E_\theta = E_0 \cdot E_{90} / (E_0 \cdot \sin^{3.0}\theta + E_{90} \cdot \cos^{3.0}\theta)$
 $E_d = (E_0 \leq \theta \leq 90^\circ / E_0) \times 100$

動的ヤング率の低減についての実験式 以上の結果から無欠損のはりの動的ヤング率に対する欠損をもつはりの動的ヤング率の割合についての実験式を求めた。

欠損の位置と動的ヤング率の低減との間には欠損部の大きさが同一であっても直線傾向からややはずれ、曲げモーメントの大きさに支配された傾向を示している。しかし、計算を簡易にするためにこれを直線回帰とみなして算出した回帰式の相関係数は99%の有意水準で有意となるので、それぞれの欠損部の大きさごとに回帰直線式 $E_d = Ap + B$ を求めた。この直線式の定数 (A, B) は欠損部の大きさと2次曲線的な関係にあるので、この定数と欠損部の大きさとの関係を示す2次曲線式をそれぞれ求めて代入すると、 $E_d = (aR^2 + cR + d) P + (eR^2 + gR + i)$ の実験式が得られ、これから無欠損のはりの動的ヤング率に対する欠損をもつはりの動的ヤング率の割合が算出できる。

はりの支持条件、はりの木取り方法および欠損の条件ごとに得た定数を Table 1 に示した。

試験体の個体差による低減率の変動 はりの支持条件、木取り方法および欠損の条件が同じであっても、木材がそれ自体不均一なものであり、しかも個々の欠損部残余の最小断面における春夏材

Table 1. Summary of coefficient and constant of empirical formula
($Ed = Ap + B$, where, $A = aR^2 + cR + d$, $B = eR^2 + gR + i$)

| Sample | | | a | c | d | e | g | i |
|-----------------|----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| cantilever beam | Edge grain | H | 0.7913 | 0.2299 | -0.0044 | -0.7467 | -0.0765 | 0.9966 |
| | do. | N | 1.1607 | 0.0954 | 0.0022 | -0.9583 | 0.0117 | 0.9949 |
| | Flatsawn grain | H | 1.1413 | -0.0416 | 0.0219 | -0.9249 | 0.0436 | 0.9909 |
| | do. | N | 1.0968 | 0.0505 | -0.0003 | -0.8722 | -0.0127 | 0.9972 |
| free beam | Edge grain | H | -2.5909 | 0.5518 | -0.0653 | 0.2070 | -0.0534 | 0.9973 |
| | do. | N | -1.8654 | 0.4359 | -0.0315 | 0.2298 | -0.0897 | 0.9961 |
| | Flatsawn grain | H | -1.9682 | 0.2044 | -0.0243 | 0.1743 | -0.0157 | 0.9973 |
| | do. | N | -1.8616 | 0.3370 | -0.0412 | 0.2165 | -0.0692 | 0.9978 |

率がランダムにあらわれること、また欠損部が夏材部であるか春材部であるかそれとも移行部であるかによっても応力集中状態が異なるので、試験体の個体によって低減率にも差があらわれる筈である。その個体差によるバラツキの度合をみるために同一条件のものについて、それぞれの結果の変動係数を求めた。この変動係数はバラツキが最も大きくあらわれた Sample 2 の $P=1/2$, $R=0.8$ のものでも 6% 以下であり、Table 2 に示すようにその他の条件の場合はより小さい値となった。

Table 2. Coefficient of variation of Ed in free beam ($p=1/2$).

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| H (%) | 0.20 | 0.50 | 0.67 | 1.45 | 2.55 | 3.22 | 4.78 | 5.87 |

number of sample : 12

動的ヤング率の低減についていえば、木材のような不均一なものとしてはかなり安定した傾向および値が得られた。このことは、断面欠損をもつ木材ばりの曲げ破壊係数を非破壊で推定する場合の基礎資料として有効なものであると判断できる。

む す び

断面欠損をもつ木材ばりの動的ヤング率に関し、欠損がそのはりの動的ヤング率の低減におよぼす影響について実験し、無欠損時のはりの動的ヤング率に対する欠損をもつはりの動的ヤング率の割合で表わした。はりの条件は片時および両端自由、欠損の形状は円孔および半円ノッチとし、その大きさおよび位置の変化に対応する低減率を求めた。

この実験条件の範囲内では次のことがいえる。

1) 一般にヤング率は欠損に対して鈍感であるといわれ、はりに欠損がある場合その欠損部の断面 2 次モーメントの減少率とは比例しない。この実験における片時ばり、両端自由ばりの両者とも、欠損が曲げモーメントの大きく加わる位置にあるとき、また欠損部の大きさが大きいほど動的ヤング率の低減率は大きく、自由端近くにある場合は欠損部の大きさが大きくとも動的ヤング率の低減率は僅少である。形状に関していえば両端自由ばりでは円孔が半円ノッチよりも低減傾向が大きい。

まさ目試験体と板目試験体との差は極く小さい。

木材と比べれば比較的均一な材料としてとりあげたプラスチックばりと対比すると、その低減傾向は木材ばりと類似するが、低減率は木材ばりの方がやや大きい。

1 本のはりの長さ方向に1～数個の円孔が順次累加穿孔された場合の動的ヤング率の低減率は、それぞれの位置で最初に穿孔された低減率の累加とはならず低減率は緩和される現象がみられる。

2) まさ目試験体において試験体縁辺に対し年輪を傾斜させた斜走木理の試験体に円孔がある場合、その低減傾向および低減率は木理が通直な場合とほぼ一致する。

したがって、木理通直なはりに対する斜走木理のはりに欠損がある場合の動的ヤング率の低減は式(4) ($n=2.6$) に木理通直な場合の欠損の影響に関する実験式 (Table 1) をそのまま乗ずれば近似値が得られることとなる。

3) 無欠損のはりの動的ヤング率に対する欠損をもつはりの動的ヤング率の割合についての実験を Table 1 に示した。

4) 同じ条件のはりに同じ条件の欠損がある場合、試験体の個体差による低減率の変動を求めた。この実験でバラツキが最も大きくあらわれたのは Sample 2 の円孔において、その条件が $P=1/2$, $R=0.8$ のものであるが、それでも6%以下であった。木材のような不均一な材料の結果としてはかなり安定した傾向および値が得られた。低減率については、均一体としての取り扱いがこの変動の範囲内では許されるといえよう。したがって、断面欠損をもつ木材ばりの曲げ破壊係数を非破壊で推定する場合の基礎資料として利用するのに有効なものであると判断できる。

文 献

- 1) 中山義雄・青木昭男, 高知大学学術研究報告, 16 (16), 167-176 (1967)
- 2) 中山義雄, 高知大学農学部演習林報告, No. 2, 17-32 (1967)
- 3) 中山義雄・愼海四郎, 高知大学学術研究報告, 19 (15) 125-135 (1970)
- 4) 中山義雄・愼海四郎, 高知大学学術研究報告, 19 (16) 137-145 (1970)
- 5) 中山義雄, 木材学会誌, 20 (1) 1-8 (1974)
- 6) 中山義雄, 高知大学紀要 No. 26, 1-59 (1974)
- 7) 沢田 稔, 木材学会誌, 2 (6), 233-236 (1956)
- 8) 林業試験場編, 木材工業ハンドブック, 第5版, p. 132, 東京 (1962)
- 9) 松本 昶, 九州大学農学部演習林報告, No. 36, 1-86 (1962)
- 10) HEARMON, R. F. S. *Forest Prod. Res., Spec. Rept. No. 7*, 1-87 (1948)

(昭和49年9月17日受理)