

円孔を持つ木質部材の破壊強さにおよぼす応力集中の影響

藤元, 嘉安
九州大学農学部木材工学教室

森, 稔
九州大学農学部木材工学教室

<https://doi.org/10.15017/22311>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 38 (1), pp.17-25, 1983-07. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

円孔を持つ木質部材の破壊強さに およぼす応力集中の影響

藤 元 嘉 安・森 稔

九州大学農学部木材工学教室

(1983年3月1日 受理)

Effect of Stress Concentration on Strength of Wooden Member with an Artificial Circular Hole

YOSHIYASU FUJIMOTO and MINORU MORI

Laboratory of Wood Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-08, Fukuoka 812

緒 言

構造部材の破壊は、負荷が静的あるいは動的であるかを問わず、部材の持つボルト穴や切欠きによる応力集中がその誘因となることが多い。この場合の応力集中率は、部材および切欠きの形状から理論的に、あるいは光弾性実験などによる応力測定法から算定できるが、この応力集中率と部材の破壊強度とは必ずしも一次的に結びつくものではなく、材料の性質や静的、動的などの負荷条件によつて応力集中の寄与率が異なってくる。とくに、木材のように繊維構成による不均質異方性の材料では、一般の等方性材料に比して応力集中と破壊との関係が更に複雑であり、これに加えて木材の弾塑性的な性質もこの関係の解析を難しくしている。

以上のような応力集中率と破壊強度との関係を解析することは、木構造部材の設計上きわめて重要である。しかし、これまでの木構造部材についての多くの研究は、切欠きによる破壊強度の低下を単に有効断面積の減少による影響として取扱っているにとどまり(例えば Eckelman, 1975; Wilkinson, 1978; Wilkinson and Rowlands, 1981)、応力集中率との関係について考察した研究結果(宮川・森, 1981)はきわめて乏しい。そこで、本論文では、最も基本的な形状として、その中央に1個の円孔を持つ木材および木質材料試験片について、これに引張および曲げ荷重を加えた場合、および繰返し曲げ荷重を加えた場合について、応力集中率と破壊との関係、とくにこの間におけ

る応力集中の破壊に対する寄与率について実験し、ボルト穴による木材および木質材料の破壊に関する基礎資料を得ようとした。

実 験 方 法

1. 供試材および試験片

1.1 引張試験片

引張試験の供試材には、木材試験片としてヘムロック (*Tsuga heterophylla* Sarg., 比重 0.48, 含水率 12%) を木質材料試験片として市販のラワン類 Type 2, 9層合板(比重 0.56, 含水率 10%) および3層パーティクルボード(比重 0.80(表層 1.03; 内層 0.68), 含水率 10%) を用いた。ヘムロック試験片は、試験片の長さ方向と繊維方向とが一致するようにまさ目板を木取りし、合板およびパーティクルボード試験片は、それぞれ厚さ 18 mm, 20 mm のボードを 3 mm 幅に鋸びきし Fig. 1 に示す寸法に作成した。円孔のない試験片を標準試験片とし、円孔を有する試験片については、試験片幅 ($2b$) を標準試験片の幅と等しくし、円孔の直径 (2ρ) を変化させることにより、形状比 (ρ/b) を 0.1 毎に 0.1 から 0.7 まで変化させた (Table 1)。ヘムロックはまさ目面に、合板およびパーティクルボードは材料の側面に円孔をあけた。なお、負荷時におけるチャック部分(幅 20 mm, 長さ 70 mm) でのズレや試験片の破損を防止するため、試験片のチャック部分には同材料の厚さ 3 mm の板をエポキシ樹脂接着剤で接着して実験に供

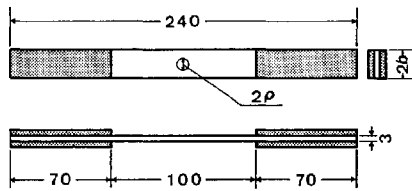


Fig. 1. Shapes and dimensions of tensile test specimens (unit: mm). $2b$: Width of specimen. 2ρ : Diameter of central hole.

Table 1. Dimensions of specimens used in tensile and bending tests (unit: mm).
* Control specimen. $2b$: Width of specimen used in tensile test. $2h$: Height of specimen used in bending test. 2ρ : Diameter of hole bored at the center of specimen.

Material	$2b, 2h$	2ρ	$d/b, \rho/h$
Hemlock	20	0.0*	0.0*
		2.0	0.1
		4.0	0.2
		6.0	0.3
		8.0	0.4
		10.0	0.5
Particleboard	20	12.0	0.6
		14.0	0.7
		0.0*	0.000*
		2.0	0.111
Plywood	18	3.7	0.205
		5.7	0.317
		7.5	0.417
		9.0	0.500
		10.0	0.556
		12.0	0.667

した。

ヘムロック試験には各形状比についてそれぞれ5個の試験片を、合板およびパーティクルボード試験には各形状比についてそれぞれ10個の試験片を供試した。

1.2 曲げ試験片

曲げ試験の供試材には、引張試験と同じくヘムロック、合板およびパーティクルボードを用いた。試験片の形状および寸法を Fig. 2 を示す。ヘムロック試験片ではまさ目面を、合板、パーティクルボードでは材料の表面を負荷面とし、中央集中荷重を加えた。円孔は試験片の側面中央に、荷重方向と直角に試験片を貫通してあけた。標準試験片、円孔試験片ともに高さ ($2h$) を一定とし、円孔の直径 (2ρ) を変化させることにより Table 1 に示す所定の形状比 (ρ/h) を得た。曲げ試験では、各条件につきそれぞれ10個の試験片を供試した。

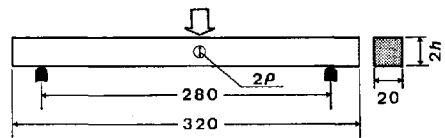


Fig. 2. Shapes and dimensions of bending test specimens (unit: mm). $2h$: Height of specimen. 2ρ : Diameter of central hole.

1.3 繰返し曲げ試験

繰返し曲げ試験の供試材には、ヘムロックを用いた。試験片の寸法、形状ともに曲げ試験と同じくし、各条件につき6~11個の試験片を供試した。

2. 試験方法

2.1 引張試験

引張試験には、インストロン型強度試験機 (東洋ポールドウィン製, STM-F-1000) を用いた。荷重方向は、ヘムロック試験片では繊維方向、合板およびパーティクルボード試験片では長さ方向である。荷重速度は 2 mm/min に一定である。

2.2 曲げ試験

曲げ試験では、インストロン型強度試験機を用い、スパン 280 mm、中央集中荷重方式で静的曲げ荷重を与えた。集中荷重点における試験片の圧縮ひずみの発生を避けるため、クロスヘッドの曲率半径を大きくし、下面に厚さ 1.5 mm の銅板を敷いた。ヘッドの降下速度は 10 mm/min に一定である。

2.3 繰返し曲げ試験

繰返し曲げ試験に用いた試験機の概略を Fig. 3 に示す。同図のように、本試験機はクランクディスクの回転運動によりピストンを上下させ、試験片に一定たわみの両振り荷重を繰返し与える機構で、加振数は 100 c. p. m. に一定、振幅はクランクディスクのストローク調節ハンドルにより 0~100 mm に調節する。スパンは 280 mm とした。試験片の両端は、上下からローラーにより支持し、ローラーが試験片に食い込むのを防ぐため、ローラーと試験片との間に厚さ 1.5 mm の銅板を敷いた。上部荷重ヘッドはボルト、ナットによりピストンに固定されているが、下部荷重ヘッドはロードセルを介してピストンに固定されており、ピストンが上昇するときに試験片に加わる荷重を測定し、ASII 型ペンレコーダーに記録する。また、破壊時までの繰返し数は、クランクディスクの軸に付した計数器により知ることができる。

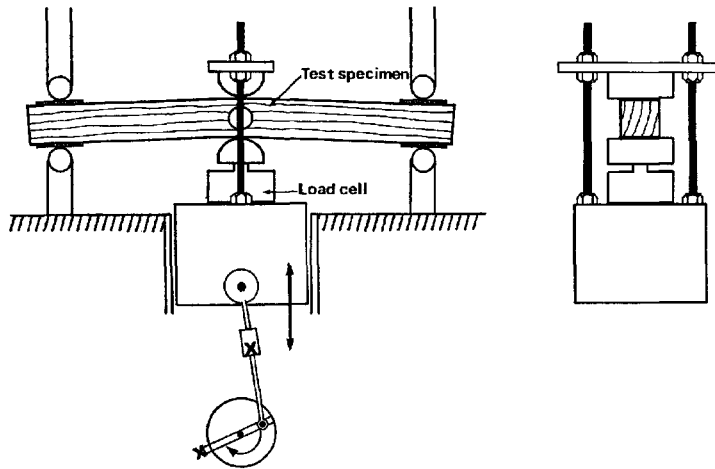


Fig. 3. View of the bending fatigue test machine.

実験結果および考察

1. 引張試験

中央に1個の円孔を持つ有限幅の板が引張荷重を受ける場合、応力集中率算定のための基準応力 σ_0 としては、次の式 (1), (2) が考えられる。

(1) 狭小部の最小断面における引張応力の平均値

$$\sigma_0 = \frac{P}{2(b-\rho)t} \quad (1)$$

(2) 円孔が存在しないと仮定したときの一様引張応力

$$\sigma_0 = \frac{P}{2bt} \quad (2)$$

ここで、

σ_0 : 基準応力 (kgf/cm²)

P : 荷重 (kgf)

$2b$: 試験片の幅 (cm)

t : 試験片の厚さ (cm)

ρ : 円孔の半径 (cm)

応力集中率は、上記の式で示される基準応力に対する応力集中により生じる最大応力の比によって表わされる。破壊時の応力を考える場合、式 (2) による応力は試験片の形状比により変化するのに対し、有効断面積に基づき計算される式 (1) による応力は、形状比の値に関係なく常に一定の値をとる。そこで、本研究では式 (1) で示される応力を基準応力として採用した。

式 (1) の σ_0 を基準応力とする場合、試験片の形状比 (ρ/b) と応力集中率 (α) との関係を Fig. 4 に

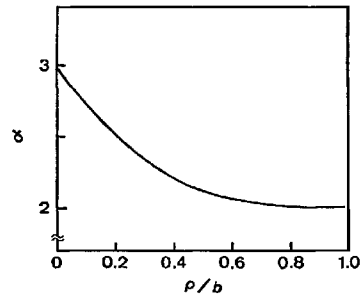


Fig. 4. Relationship between stress concentrated factor (α) and ratio of diameter of central hole to width of specimen (ρ/b) in tensile test.

示す。 α は ρ/b が 0 のとき 3.0 であり、 ρ/b の増加に伴い減少し、 ρ/b が 1.0 では 2.0 となり、次式により近似される (西田, 1967)。

$$\alpha = 2 + \left(\frac{b-\rho}{b} \right)^3 \quad (3)$$

本研究では、式 (1) のように有効断面積の等しい標準試験片の破壊応力を基準とした応力集中率を対象としている。両者の有効断面積が等しい場合の破壊係数 β を求めるため、下式の補正を行なった。

$$\beta = \frac{P_0}{P_H} \times \frac{b-\rho}{b} \quad (4)$$

ここで、

P_0 : 標準試験片の破壊荷重 (kgf)

P_H : 断面欠損を持つ試験片の破壊荷重 (kgf)

したがって、応力集中による破壊荷重の低下が全くない場合は $\beta=1$ である。

Table 2. Fracture load of control specimen and that of holed specimen. P_0 and P_H : Fracture load of control specimen and that of holed specimen obtained in tensile test (kgf). ρ/b : Ratio of diameter of central hole to width of specimen.

Material	P_0	P_H							
		ρ/b							
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	
Hemlock	535	500	412	360	289	198	192	151	
Plywood	161	118	107	98	104	81	49	28	
Particleboard	49	—	42	41	41	35	30	26	

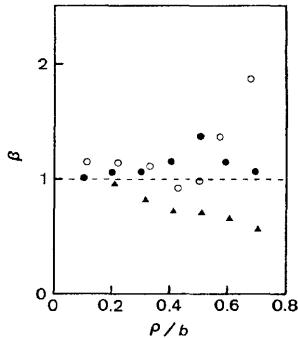


Fig. 5. Relationship between ratio of fracture load of control specimen to that of holed specimen (β) and ratio of diameter of central hole to width of specimen (ρ/b) in tensile test. ●; Hemlock, ○; Plywood, ▲; Particleboard.

強度試験の結果を Table 2 に示す。これより、ヘムロック、合板およびパーティクルボードの各形状比における β を式 (4) により算出し、Fig. 5 に示す。ヘムロックは ρ/b が 0.5 付近でやや高い値を示す他は、ほぼ 1.0 に近い値を示し、円孔の応力集中による強度低下がほとんどないことを示す。合板は ρ/b が 0.4 から 0.5 では 1.0 より低い β の値を示すが、0.6 以上では増加する。パーティクルボードは ρ/b の増加とともに減少する。これは、3 層構造ボードでは内層は表層より強度が低く、試験片はその内層部に円孔があげられているから、円孔の直径が増加するにつれてそれと有効幅の等しい標準試験片より有効断面に占める内層の割合が小さくなるためである。そこで、つぎに、3 種供試材の断面構成と円孔の直径との関係が試験片の破壊にどのような影響を示すかについて検討する。

ヘムロック、合板およびパーティクルボードの 3 種供試材の断面構成を Fig. 6 に示す。図において各層の厚さは実測による平均値である。この断面構成と各層の強度から、試験片の円孔断面を差し引いた有効断面部分の強度を計算した。ヘムロックでは、早材と晩

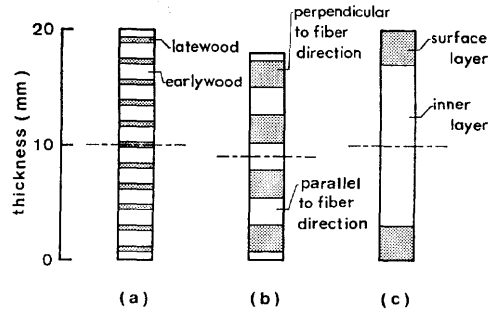


Fig. 6. Cross section of tensile test specimen.

(a) Hemlock	<ul style="list-style-type: none"> earlywood thickness 1.37 mm latewood thickness 0.45 mm
(b) Plywood	<ul style="list-style-type: none"> surface layer thickness 0.7 mm inner layer thickness 2.4 mm
(c) Particleboard	<ul style="list-style-type: none"> surface layer thickness 3 mm inner layer thickness 17 mm

材の引張強度比率を 1:2 として計算した (Jane, 1960; Ifju and Kennedy, 1962)。また、合板では単板の繊維に直角方向と繊維方向の強度比率を 1:20 (渡辺, 1978) とし、パーティクルボードでは実測結果から内層と表層の強度比率を 1:4 として計算した。

Fig. 7 に応力集中を無視した場合について、各形状比における円孔試験片の強度に対する標準試験片の強度比、すなわち破断係数を示す。ここで β の値は、有効断面積が一定となるよう補正された値で、いうまでもなく、材料が均質のときは $\beta=1.0$ である。形状比が 0.7 までの範囲では、ヘムロックは均質とした場合の値とほぼ等しく 1.0 を示すのに対し、合板は形状比 0.6 以上で急激に増加し、パーティクルボードは形状比の増加に伴い減少しており、複合構成断面を持つ木質材料の引張試験において、円孔による試験片の強度の変化には材料の断面構成がかなり影響していることが分かる。

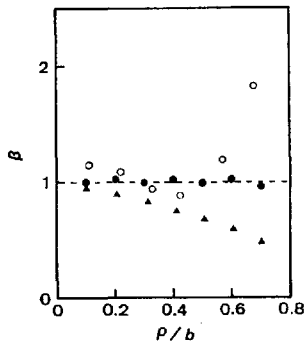


Fig. 7. Relationship between ratio of strength of control specimen calculated based on the strength of each layer to that of holed specimen (β) and ratio of diameter of central hole to width of specimen (ρ/b) in tensile test. Marks: refer to Fig. 5.

つぎに、応力集中率と破断係数とを関連して考察するため、応力集中感度を用いて検討する。応力集中感度 η は次式で表わされ、応力集中の影響が実際の破壊強度低下にどれだけ寄与するのかの目安となるものである。

$$\eta = \frac{\beta - 1}{\alpha - 1} \quad (5)$$

応力集中が破壊に全く関係しないときは $\beta=1$ 、したがって $\eta=0$ で最小値をとり、最も鋭敏に破壊に関係するときは $\alpha=\beta$ であるから $\eta=1$ である。

ここでは、断面構成による強度変化の影響を差し引いて考えるため、実験により得た β の値から、断面構成により計算した β の値の 1.0 からの差を減じた値を用いて計算した。

ハムロック、合板およびパーティクルボードの引張荷重下における応力集中感度と形状比との関係を Fig. 8 に示す。3 種供試材料ともかなりのばらつきは見られるが、 ρ/b の増加とともに漸増の傾向を示す。とくに、パーティクルボードは増加の程度が低い。これは、パーティクルボードが木材微細片の接着集合体であり、多数の小孔を持ち、この小孔が応力の集中を分散させるため、応力集中に鈍感なのであると考えられる。

2. 曲げ試験

はりせい ($2h$) の中央に 1 個の円孔 (2ρ) を持つ板が面内に彎曲モーメントを受ける場合の応力集中率 α と形状比 (ρ/h) との関係は Fig. 9 のように直線 (点線, σ_A/σ_0) と曲線 (実線, σ_B/σ_0) により示

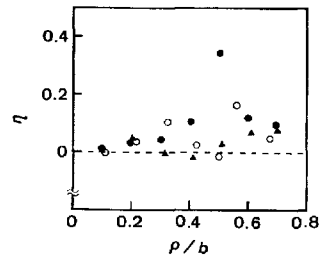


Fig. 8. Relationship between notch sensitivity (η) and ratio of diameter of central hole to width of specimen (ρ/b) in tensile test. Marks: refer to Fig. 5.

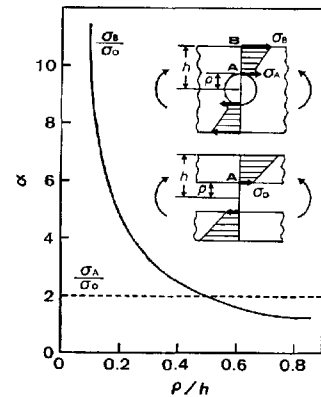


Fig. 9. Relationship between stress concentrated factor (α) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in bending test.

される (西田, 1967)。この場合、応力集中率算定のための基準応力は、下式のように有効断面に基づく場合の中立軸から ρ だけ離れた点 A の応力をとる。

$$\sigma_0 = \frac{3M\rho}{2(b^3 - \rho^3)t} \quad (6)$$

ここで、

σ_0 : 基準応力 (kgf/cm²)

M : 彎曲モーメント (kgf・cm)

ρ : 中立軸から円孔縁までの距離あるいは円孔の半径 (cm)

$2h$: 試験片の高さ (cm)

同図において、 σ_A/σ_0 は基準応力 σ_0 に対する試験片の円孔縁の最大応力 σ_A の比を応力集中率としたものであり、 ρ/h の全域にわたってほぼ 2.0 である。 σ_B/σ_0 は基準応力 σ_0 に対する試験片の直線縁の最大応力 σ_B の比を応力集中率としたものであり、次式により近似される。

Table 3. Fracture load of control specimen and that of holed specimen. P_0 and P_H : Fracture load of control specimen and that of holed specimen obtained in bending test (kgf). ρ/b : Ratio of diameter of central hole to height of specimen.

Material	P_0	P_H						
		ρ/b						
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Hemlock	160	153	138	117	108	92	80	70
Plywood	72	68	66	65	63	53	47	28
Particleboard	41	40	42	41	40	38	34	29

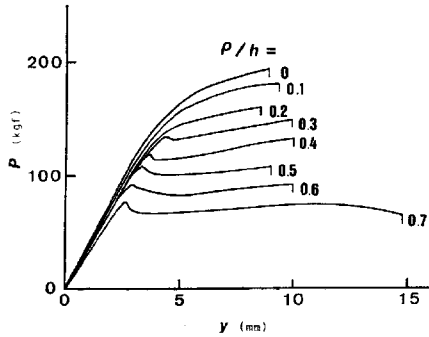


Fig. 10. Load (P) - deflection (y) diagram in bending test (Hemlock).

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_0} = \frac{1}{(\rho/h)} \quad (7)$$

本研究では、応力集中率の最も高い位置から破壊が起こるという考えから、 ρ/h が 0.5 以下では σ_B/σ_0 を、 ρ/h が 0.5 以上では σ_A/σ_0 を応力集中率の値として採用した。実際の曲げ試験においても、 ρ/h が 0.5 以下では直線線から、0.5 以上では円孔線から破壊を起こし、上記に符号することが認められた。

静的曲げ試験におけるヘムロックの荷重-変位曲線の一例を Fig. 10 に示す。図のように ρ/h が 0.3 以上になると降状点が見られる。負荷中におけるこの降状点の発生は、試験片側面の円孔より上部の圧縮側にしわが発生するのと一致しており、試験片の上部断面が圧縮破壊したために一時的に荷重が減少したためと考えられる。この降状点は、合板試験片ではいくつかの発生例が見られたが、パーティクルボード試験片では全く見られなかった。本研究では、破断係数を求めるのに降状点が見られるものについては降状点の荷重を、それ以外のものについては最大荷重を破壊荷重とした。

つぎに、破断係数は引張試験の場合と同様に、有効断面積に基づく応力の式 (6) により計算した円孔試験片の破壊応力と標準試験片の破壊応力との比から求めた。強度試験の結果を Table 3 に示す。これより、

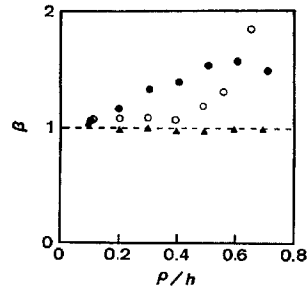


Fig. 11. Relationship between ratio of fracture load of control specimen to that of holed specimen (β) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in static bending test. Marks: refer to Fig. 5.

静的曲げ試験における各形状比に対する破断係数 β の値を求め、その変化を Fig. 11 に示す。ヘムロックと合板の β の値は ρ/h の増加に伴い増加する傾向を示す。とくに、合板は ρ/h が 0.6 以上で明確な増加を示す。パーティクルボードは ρ/h の値にかかわらずほぼ 1.0 の値を示す。いずれの材料も引張試験での β より大きな値を示す。

ここで、引張試験の場合と同様に、材料の断面構成と円孔の直径との関係が試験片の強度におよぼす影響について検討する。各材料の断面構成、各層の強度比は引張試験の場合と同じとする。なお、ヘムロックについては、材料の板目面に円孔をあけ、まさ目面に曲げ荷重を与えたため、円孔の大きさによる断面の構成変化はないものとする。強度の計算は、強度の高い層の断面 2 次モーメントがその強度比だけ大きくなるようにして計算した。

Fig. 12 に応力集中を無視した場合について、各形状比における円孔試験片の強度に対する標準試験片の強度の比を示す。ヘムロックは ρ/h の値にかかわらず 1.0 の値を示す。合板は ρ/h が 0.6 以上で明らかに増加し、パーティクルボードはわずかであるが減少する傾向を示す。これと実験により得た β の値とを比較すると、引張試験の場合ではほぼ類似した傾向を

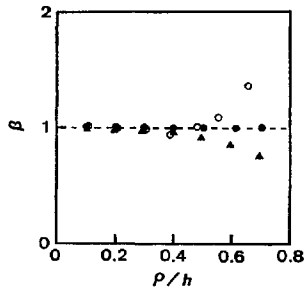


Fig. 12. Relationship between ratio of strength of control specimen calculated based on the strength of each layer to that of holed specimen (β) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in static bending test. Marks: refer to Fig. 5.

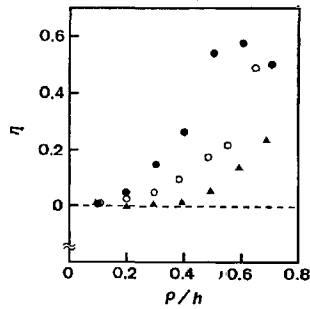


Fig. 13. Relationship between notch sensitivity (η) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in static bending test. Marks: refer to Fig. 5.

示したのに対し、曲げ試験では全般的に実験値の方が高い値を示し、応力集中の影響が含まれていることを示している。

つきに、形状比に対する応力集中感度 η の変化を Fig. 13 に示す。 η は、引張試験の場合と同様に、実験により得た β の値から断面構成により計算した β の値の 1.0 からの差を減じた値を用いて計算した。どの材料も全体的に ρ/h の増加に伴い増加する傾向を示し、その値は引張試験の場合より高い値を示している。これは、曲げ試験において、円孔直径が増加するにつれはりの圧縮側での破壊がかなり小さな荷重で発生するためである。

また、材料別にみると、 η の値はヘムロックが最も大きく、多孔性材料であるパーティクルボードが最も小さい。合板はその中間的な値を示す。

3. 繰返し曲げ試験

ヘムロックの繰返し曲げ試験において、各形状比

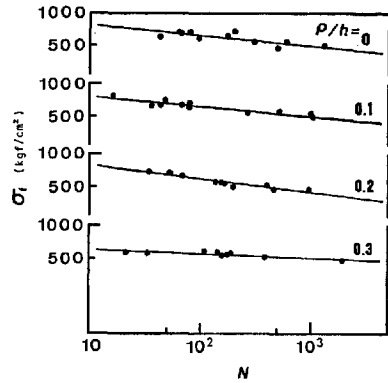


Fig. 14(a). Relationship between fracture stress (σ_f) and repetition number to fracture (N) at different ratios of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h).

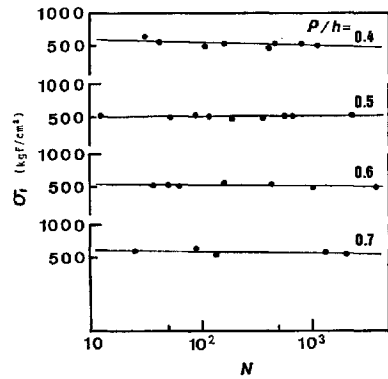


Fig. 14(b). Relationship between fracture stress (σ_f) and repetition number to fracture (N) at different ratios of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h).

の試験片の破壊に至るまでの繰返し数 N と疲労強度 σ_f との関係を両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 14(a), (b) に示すように負の直線相関が認められ次式が成立する。

$$\sigma_f = aN^{-m} \quad m > 0 \quad (8)$$

ここで、疲労強度は静的曲げ試験と同様に式 (6) を用いて計算した。式 (8) において、 a は静的強度に相当し、 m は疲労の進行度合を示す。 a および m の値を Table 4 に示す。 m の値は ρ/h の増加に伴い減少傾向を示し、疲労による強度低下が少ないことが分かる。これは、本実験では、定たわみ繰返し曲げ試験であるから、荷重は繰返しに伴い減少し、とくに円孔直径が大きい試験片のように載荷荷重の小さな場合ほど疲労が破壊に結びつきにくいであろうと考えられる。

Table 4. Calculated value of exponent (m), and constant (a) and coefficient of correlation (R) in Eq. (8). * Control specimen. ρ/h : Ratio of diameter of central hole to height of specimen.

	ρ/h							
	0.0*	0.101	0.203	0.304	0.404	0.505	0.608	0.710
m	0.099	0.088	0.122	0.043	0.033	0.002	0.014	0.018
a	940	913	1048	668	635	513	545	618
R	-0.81	-0.94	-0.94	-0.84	-0.61	-0.09	-0.55	-0.60

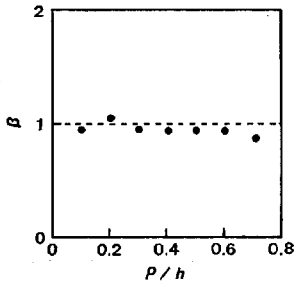


Fig. 15. Relationship between ratio of fatigue strength at 1000 cycles of control specimen to that of holed specimen (β) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in repetitive bending test.

上記の結果から、繰返し数1,000回における疲労強度を求め、その値と標準試験片の繰返し数1,000回における疲労強度との比により破断係数を求め、さらに応力集中感度を計算した。結果をそれぞれ Fig. 15, 16 に示す。 β , η とともに ρ/h の増加に伴いやや減少する傾向を示す。以上の結果から、本実験のように定たわみによる繰返し曲げ試験では、荷重方式に帰因する応力緩和の影響がかなり大きいため、応力集中が疲労強度におよぼす影響はほとんど無視できるほど小さいことが分かった。

結 論

ヘムロック、合板およびパーティクルボードを用い、その中央に1個の円孔を持つ試験片が引張荷重を受ける場合およびはりせいの面内に静的あるいは、繰返し曲げ荷重を受ける場合について、試験片幅あるいは、はりせいに対する円孔直径の比 (ρ/b , ρ/h) を変化させて実験を行ない、円孔の存在による応力集中が部材の強度低下におよぼす影響について実験し、以下の結論を得た。

(1) 木材および木質材料のような多層断面を持つ材料においては、その断面構成が円孔試験片の破壊荷重を左右し、その影響は応力集中によるものよりはる

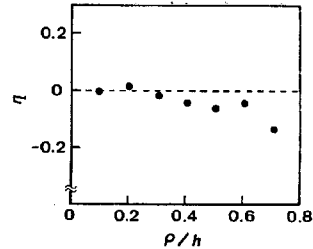


Fig. 16. Relationship between notch sensitivity (η) and ratio of diameter of central hole to height of specimen (ρ/h) in repetitive bending test.

かに大きい。例えば、パーティクルボードのように表裏両層に強度の高い層を持つ場合、内層に円孔を明けることによる強度低下はほとんど表われぬ。

(2) 部材が曲げ荷重を受ける場合、 ρ/h の増加に伴い部材が圧縮側において破壊しやすくなり、破壊強度が低下するため、引張荷重を受ける場合より円孔が部材の強度低下におよぼす影響が大きくなる。

(3) 引張および曲げ試験において、円孔に対する応力集中感度はヘムロックが最も大きく、多孔性材料であるパーティクルボードが最も小さい。合板はその中間的な値を示す。

(4) ヘムロックの定たわみによる繰返し曲げ試験において、試験片の疲労の度合は、荷重方式による応力緩和に支配されるため、円孔の存在による応力集中が疲労強度におよぼす影響はほとんどみられなかつた。

なお、以上の実験は木材および木質材料の構造部材としての組立て強度におよぼすボルト穴の影響を明らかにするための基礎実験として行なつたものである。

文 献

- Eckelman, C. A. 1975 Effect of holes on the bending strength of wood and particleboard parts. *Purdue Univ. Research Bulletin*, 922: 1-8
- Ifju, G. and R. W. Kennedy 1962 Some vari-

- ables affecting microtensile strength of douglas-fir. *For. Prod. J.*, **12**: 213-217
- Jane, B. A. 1960 Some mechanical properties of wood fibers in tension. *For. Prod. J.*, **10**: 316-322
- 宮川秀俊・森 稔 1981 木材および木質材料の衝撃的性質 (第7報) 引張側に半円形切欠きを持つ木材はりの衝撃曲げ疲労. 木材学会誌, **27**: 372-380
- 西田正孝 1967 応力集中. 森北出版, 東京
- 渡辺治人 1978 木材理学総論. 農林出版, 東京, 519頁
- Wilkinson T. L. 1978 Strength of bolted wood joints with various ratios of member thicknesses. *USDA For. Serv. Res. Pap.*, **314**: 1-8
- Wilkinson T. L. and R. E. Rowlands 1981 Influence of elastic properties on the stress in bolted joints in wood. *Wood Sci.*, **14**: 15-22

Summary

The purpose of this study is to obtain basic data on the influence of the stress concentration on the strength of wooden members with an artificial circular hole in them. Three kinds of test materials were used, namely, Hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.), ninelayer plywood and threelayer particleboard. A circular hole was bored at the center of the specimen, and was varied by the diameter of it. Tensile and bending tests of three materials were performed. The bending tests were carried out by center loading method and the bending moment was parallel to the plane on which the hole was located. Repetitive bending tests were also carried out for Hemlock.

Notch sensitivity (η) was calculated based on the relationship between stress concentrated factor (α) and the ratio of fracture load of control specimen to that of holed specimen (β), and from the calculated value of η , the effect of the hole on the strength reduction of the specimen was estimated. The results obtained are as follows.

In the cases of multilayer materials such as wood (earlywood layer-latewood layer), plywood and particleboard, the tensile and bending strength of these specimens with a hole are affected more pronouncedly by the layer construction than by the stress concentration due to a circular hole. For example, when the material has stronger layers in both surfaces as particleboard, it has little strength reduction by drilling a hole in inner layer.

When a bending load is applied, the specimen tends to fracture on compression side at lower load level. The strength reduction due to a circular hole in bending test is greater than that in tensile test.

In tensile and bending tests, the value of notch sensitivity in the case of Hemlock is largest of the three materials tested. The value for particleboard, which is porous material, is smallest. And plywood shows a medium value of them.

In the repetitive bending test with the constant deflection of specimen (Hemlock), the fatigue strength is scarcely effected by stress concentration caused by a circular hole because it is affected chiefly by stress relaxation.