

# 平面曲げ疲労強度について

伊 吹 幸 彦\*・佐々木 光\*\*  
河 本 実\*・満 久 崇 鷹\*\*

Y. IBUKI\*, H. SASAKI\*\*, M. KAWAMOTO\* and T. MAKU\*\* : The Plane Bending Fatigue Strength of Glued Laminated Wood.

## 1. 緒 言

木材は比重が小さく、加工が容易であり、比重に比べて強度が大きく、また耐酸性を有するため、従来より各種構造物、繊維機械をはじめ、多くの機械構成材料として使用されているが、一方、強度の不均一性、せん断や横圧縮に対して弱いこと、材質の異方性などの欠点がある。これらの欠点は接着剤の進歩、すなわち尿素樹脂、石炭酸樹脂などの合成樹脂の改良によつて改善され、集成材が多く用いられるようになり、これに対する引張強度、曲げ強度等の静的強度に対する研究はかなり行なわれるようになったが、材料自体の疲労強度あるいは接着剤が繰返応力を受けることによる老化性等の研究はあまり行なわれていない。集成材をより高度に合理的に活用し、実際面における集成材構造の発展に寄与するため、集成材の耐久性に関する研究の一環として、その平面曲げ疲労強度に関する研究を行なつたので、ここに報告する次第である。

## 2. 供試材料および試験片

供試材料としては Table 1 に示すように、ヒノキならびにブナの素材、尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材、石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材および尿素樹脂接着剤を使用したブナとヒノキの組合せ集成材の 5 種とし、ヒノキおよびブナの素材は調湿を行なつたものと気乾材の両方を、さらに気乾材については、年輪の粗なるものと密なるものとの 2 種の材料を使用し、かつヒノキおよびブナの素材については、試験片が柾目材および板目材になるよう試験片を採取した。なお、年輪幅の平均値は Table 1 中に示したように、ヒノキ材は気乾のもの粗なるものは 4.2 mm、密なるもの 4.1 mm、調湿したもの 2.1 mm であり、ブナ材の気乾のもの粗なるものは 2.5 mm、密なるものは 1.4 mm、調湿したもの 0.66 mm であつた。ヒノキ集成材としては、調湿したヒノキ材と同じ素材を使用して、柾目材の厚さ約 1.8 mm の素材 4 枚を層状にはり合わせたもので、接着剤としては尿素樹脂接着剤および石炭酸樹脂接着剤の 2 種を使用し、ブナ・ヒノキ組合せ集成材は、調湿したブナおよびヒノキ材と同じ素材を使用して、ヒノキ柾目材の厚さ約 3.6 mm の素材を中に、ブナ柾目材の厚さ約 1.8 mm の素材を外側に層状にはり合せ、接着剤として尿素樹脂接着剤を使用し、接着はいずれも熱圧接着を行ない試験片に加工後、調湿を行なつた。なお、接着条件を Table 2 に示した。

\* 京都大学工学部, Faculty of Engineering, Kyoto Univ.

\*\* 木質材料研究部門, Div. of Composite Wood, Wood Res. Inst., Kyoto Univ.

Table 1. Kinds of tests.

Materials	Moisture content	Width of annual ring (mean, mm)	Grain	Kinds of specimens	
Japanese cypress (Solid)	Air dried	Wide 4.2	Edge	Plain	
			Flatsawn		
		Narrow 1.4	Edge		
			Flatsawn		
	Regulated	2.1	Edge	Plain	
				Holed	$d = 2.6\text{mm}$
					$d = 7.1\text{mm}$
					$d = 9.5\text{mm}$
			$d = 12.0\text{mm}$		
			Flatsawn	Slot notch	
Plain					
Beech (Solid)	Air dried	Wide 2.5	Edge	Plain	
			Flatsawn		
		Narrow 1.4	Edge		
			Flatsawn		
	Regulated	0.66	Edge	Plain	
				Holed	$d = 9.5\text{mm}$
					$d = 12.0\text{mm}$
					Slot notch
			Plain		
			Flatsawn	Holed	$d = 9.5\text{mm}$
$d = 12.0\text{mm}$					
Glued-laminated Japanese cypress (Urea resin)	Regulated	2.1	Edge	Plain	
				Holed	$d = 2.6\text{mm}$
					$d = 7.1\text{mm}$
					$d = 9.5\text{mm}$
$d = 12.0\text{mm}$					
Glued-laminated Japanese cypress (Phenol resin)	Regulated	2.1	Edge	Plain	
				Holed	$d = 2.6\text{mm}$
					$d = 7.1\text{mm}$
					$d = 9.5\text{mm}$
$d = 12.0\text{mm}$					
Glued-laminated Beech and Japanese cypress (Urea resin)	Regulated	Beech 0.66 Japanese cypress 2.1	Edge	Plain	
				Holed	$d = 2.6\text{mm}$
					$d = 7.1\text{mm}$
					$d = 9.5\text{mm}$
$d = 12.0\text{mm}$					

調湿は含水率が14%になるように硫酸溶液を入れた容器中に室温にて、2週間以上放置した。これらの試験片の試験後の含水率を Table 3 に、その静的強度を Table 4 に示した。

試験片は Fig. 1 に示すように3種の試験片を使用した。円孔を有する試験片および角溝切欠きを有する試験片は応力集中部を有する場合の疲労強度を求めるため用いたもので、円孔試験片は試験片の中央にそれぞれ直径 2.6 mm, 7.1 mm, 9.5 mm および 12.0 mm の4種の円孔をあけたもので、調湿した材料についてのみ実験を行なった。

実験は、西原式板曲げ疲労試験機を使用し、毎分繰返し数1970回にて運転を行なった。なお調

Table 2. Condition of adhesion.

	Resin	Hardener (%)	Spread (g/ft <sup>2</sup> )	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Temperature (°C)
Glued-laminated Japanese cypress (Urea resin)	IGETARAIMU UA104 (50%)	NH <sub>4</sub> Cl 1	40	10	110
Glued-laminated Japanese cypress (Phenol resin)	SUMITOMO PV320 (Alcohol-solution)	non	40	10	140
Glued-laminated beech and Japanese cypress (Urea resin)	IGETARAIMU UA104 (50%)	NH <sub>4</sub> Cl 1	40	10	110

Table 3. Moisture content of specimens controlled the moisture.

Materials	Grain	Moisture content (%)
Japanese cypress (Solid)	Edge	11~14
	Flatsawn	12~14
Beech (Solid)	Edge	10.5~12
	Flatsawn	9.2
Glued-laminated Japanese cypress (Urea resin)	Edge	10~11
Glued-laminated Japanese cypress (Phenol resin)	Edge	7~9
Glued-laminated beech and Japanese cypress (Urea resin)	Edge	9~11

Table 4. Static strengths.

Materials	Bending strength $\sigma_B$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Compression strength $\sigma_{-B}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Moisture content (%)
Japanese cypress (Solid)	9.27	4.87	12.4
Glued-laminated Japanese cypress (Urea resin)	11.57	6.01	10.6
Glued-laminated Japanese cypress (Phenol resin)	12.66	6.39	8.9
Glued-laminated beech-Japanese cypress (Urea resin)	10.07	—	10.2

湿材の試験にあつては、試験片を調湿容器中に保存し、試験開始直前にこれを取り出し、試験片に取りつけ実験を行ない、実験終了直後、試験片の重量を測定し、含水率を求める基準とした。

### 3. 試 験 結 果

気乾のヒノキ素材に対する実験結果を Fig. 2 に、調湿したヒノキ素材平滑試験片に対するものを Fig. 3 に、気乾のブナ素材に対するものを Fig. 4 に、調湿したブナ素材に対するものを Fig. 5 に、また集成材に対する実験結果を Fig. 6 にそれぞれ示した。

円孔および切欠を有する試験片に対する実験結果を Fig. 7~13 に示した。Fig. 7 は調湿したヒノキ素材の柾目材に対するもの、Fig. 8 は同じく板目材に対するもの、Fig. 9 は調湿したブナ素材の柾目材、Fig. 10 は同じく板目材に対するもので、Fig. 11 は尿素樹脂接着剤使用のヒノキ集成材、Fig. 12 は石炭酸樹脂接着剤使用のヒノキ集成材、Fig. 13 は尿素樹脂接着剤使用のブナ・ヒノキ組合せ集成材に対するものである。

### 4. 試 験 結 果 の 考 察

#### I) 平滑試験片の場合

ヒノキ素材の疲労強度を見ると、Fig. 2 より明らかなように、年輪の粗なるものが密なるものより疲労強度が大で、かつ板目材のほうが柾目材より繰返し数  $10^7$  における疲労強度がわずかに大きい。なお S-N 曲線の傾斜については、柾目材と板目材では年輪が粗であると密であるとを問わずいずれも板目材のほうが柾目材より傾斜が大きい。またブナ素材の強度を見ると Fig. 4 より明らかなように、年輪幅の粗なるものが密なるものより繰返し数が大なるとき疲労強度が大となつている。なお柾目材と板目材とを比較すれば、年輪が粗なる場合、板目材のほうが柾目材より繰返し数のいかに問わず、疲労強度がわずかに大となつており、年輪の密なるものでは、反対に柾目材のほうが板目材より繰返し数  $10^7$  における疲労強度がわずかに大となつている。しかしながら、ブナ素材における柾目材と板目材との疲労強度の差はヒノキ素材の場合より比較的少ない。上述のように、年輪の粗である材料と密である材料における疲労強度は、ヒノキ素材およびブナ素材のいずれも粗なるほうが密なるほうより大であるが、その差はいずれも柾目材と板目材との疲労強度の差より大きい。このことは材料を選択する場合とくに注意を要する点と思われるが、同一材料より年輪幅をそろえて採取すれば、その疲労試験による実験結果はそうばらつかないものと思われる。

つぎに調湿したヒノキ素材およびブナ素材の疲労強度を見ると、Fig. 3 および Fig. 5 より

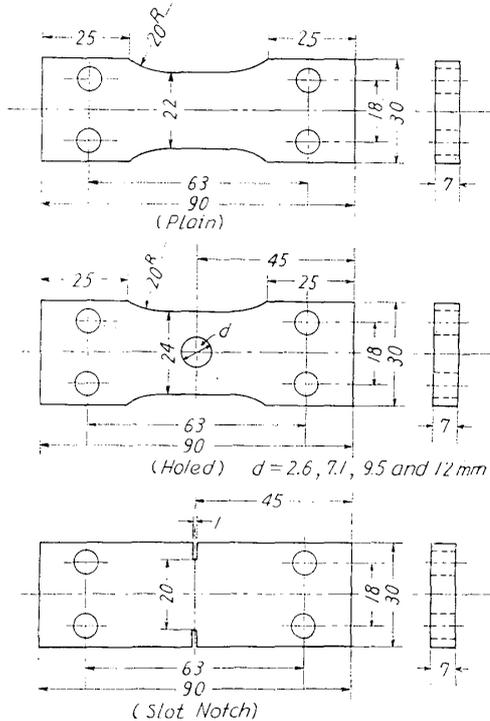


Fig. 1. Fatigue specimens.

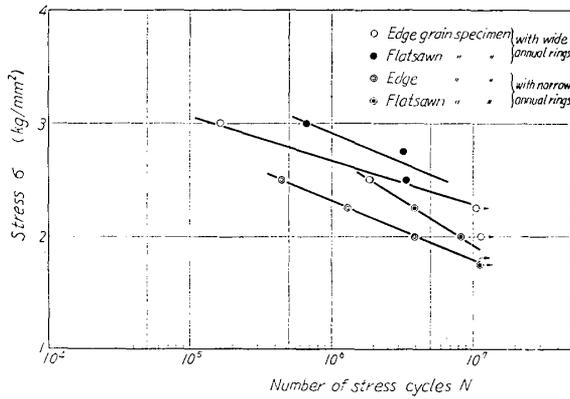


Fig. 2. S-N diagram for solid Japanese cypress (air dried).

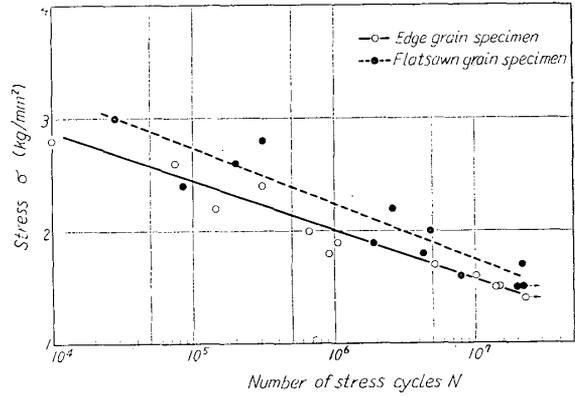


Fig. 3. S-N diagram for solid Japanese cypress (the moisture content of specimens was regulated).

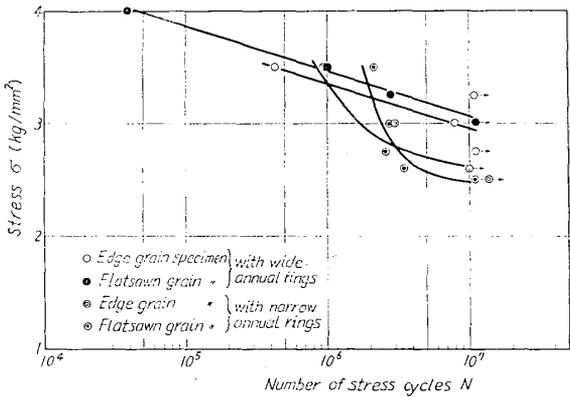


Fig. 4. S-N diagram for solid beech (air dried).

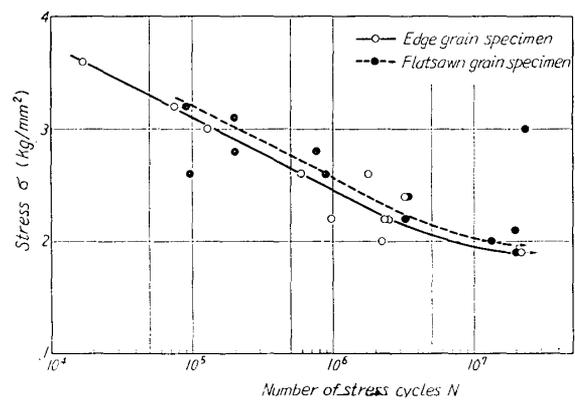


Fig. 5. S-N diagram for solid beech (the moisture content of specimens was regulated).

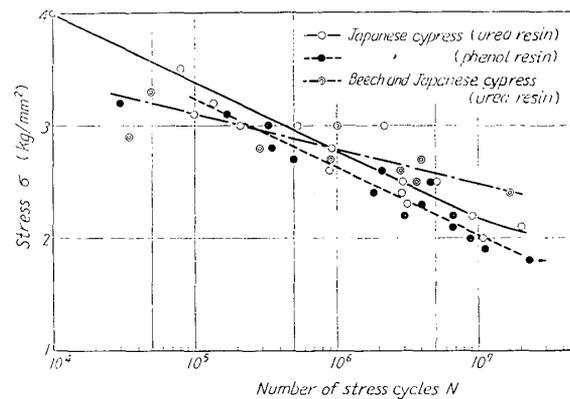


Fig. 6. S-N diagram for glued-laminated wood.

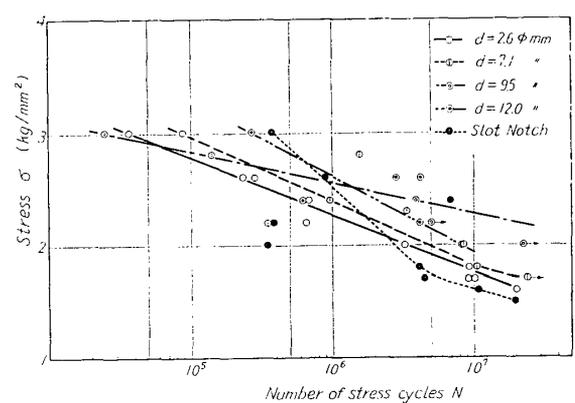


Fig. 7. S-N diagram for holed and notched specimens of solid Japanese cypress (edge grain).

明らかなように気乾の材料の場合と同様に、板目材のほうが柀目材より疲労強度が大きく、ブナ素材ではその疲労強度の差は小さい。

また、気乾の材料と調湿した材料の疲労強度を比較すると、Figs. 2, 3 および Figs. 4, 5 を比較して明らかなように、調湿した材料のほうが気乾のものより弱い。ただし、この実験に

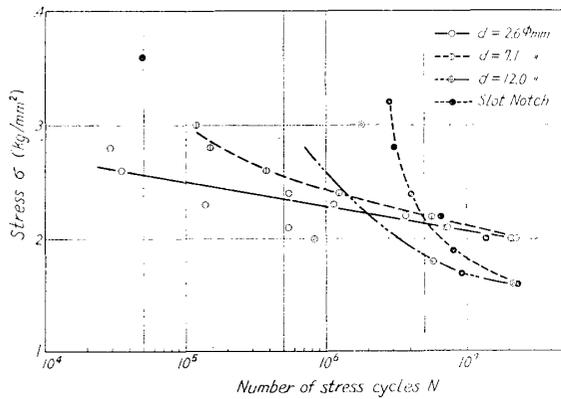


Fig. 8. S-N diagram for holed and notched specimens of solid Japanese cypress (flatsawn grain).

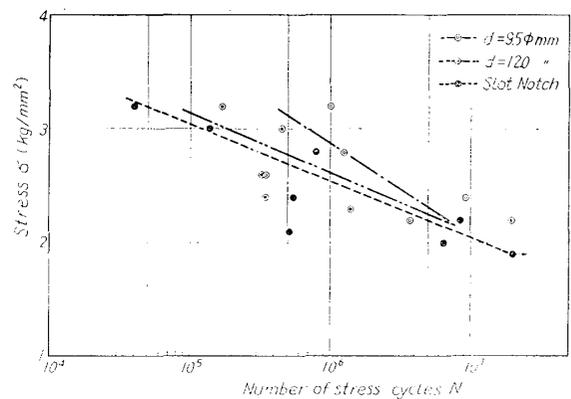


Fig. 9. S-N diagram for holed and notched specimens of beech (edge grain).

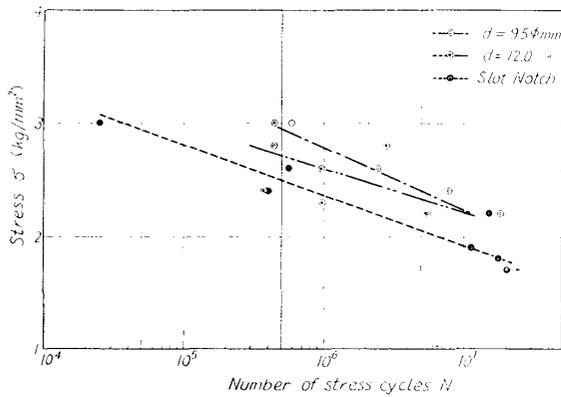


Fig. 10. S-N diagram for holed and notched specimens of beech (flatsawn grain).

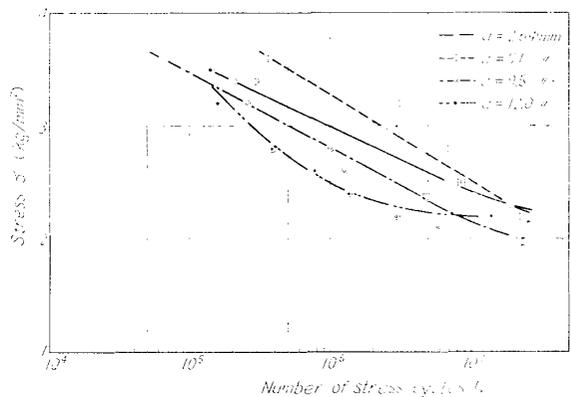


Fig. 11. S-N diagram for holed specimens of glued-laminated Japanese cypress (urea resin).

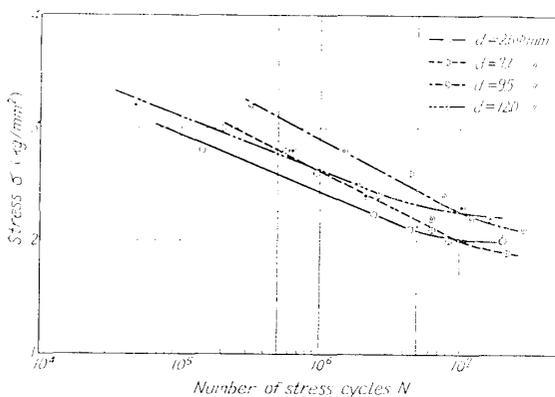


Fig. 12. S-N diagram for holed specimens of glued laminated Japanese cypress (phenol resin).

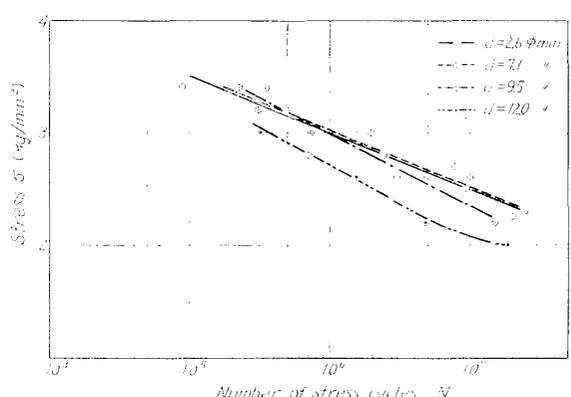


Fig. 13. S-N diagram for holed specimens of glued-laminated wood combined beech and Japanese cypress (urea resin).

使用した調湿した材料と気乾の材料とは別の丸太から採取したもので、それによる相違が考えられ、その差は年輪幅の相違による疲労強度の差より大きいものと思われる。

集成材の疲労強度を見るに、Fig. 6 より明らかなように、ヒノキ集成材において尿素樹脂

接着剤を使用した集成材のほうが、石炭酸樹脂接着剤を使用したものより強くなっている。またヒノキ集成材とブナ・ヒノキ組合せ集成材を比較すると、繰返し数  $10^6$  以下の応力の大きい場合にはヒノキ集成材の方が強く、繰返し数  $10^6$  以上の応力の小さい場合にはブナ・ヒノキ組合せ集成材のほうが強くなっている。

つぎに、ヒノキ集成材とヒノキ素材の S-N 曲線を比較する。ヒノキ集成材はヒノキ柾目材を接着し調湿したものであるので、調湿したヒノキ素材の柾目材に対する S-N 曲線とヒノキ集成材の S-N 曲線とを合わせ図示すると Fig. 14 のようになる。これより S-N 曲線はほぼ平行で、繰返し数のいかに問わず、尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材は素材の約 1.4 倍の疲労強度を、石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材は素材の約 1.3 倍の疲労強度を示していることがわかる。また、ブナ・ヒノキ組合せ集成材と素材の S-N 曲線を比較するとブナ・ヒノキ組合せ集成材はブナおよびヒノキ柾目材を接着し調湿したものであるので、調湿したブナおよびヒノキ柾目材に対する S-N 曲線と集成材の S-N 曲線とを合わせ図示すると Fig. 15 のようになる。本実験に使用したブナ・ヒノキ組合せ集成材は表面にブナ柾目材を使用しているので、ブナ素材と比較すると、繰返し数  $10^6$  で S-N 曲線は一致し、繰返し数  $10^7$  では集成材は素材の約 1.26 倍の疲労強度を示していることがわかる。

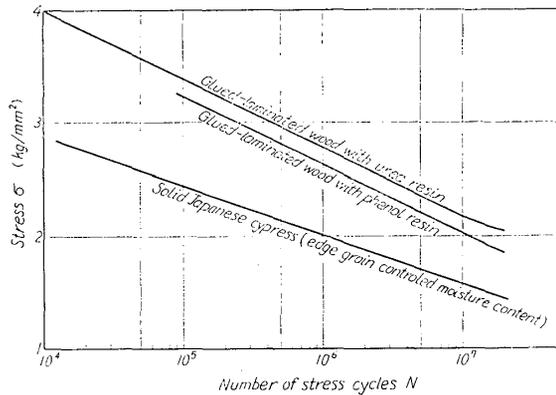


Fig. 14. Comparison of S-N diagram between solid Japanese cypress and glued-laminated wood.

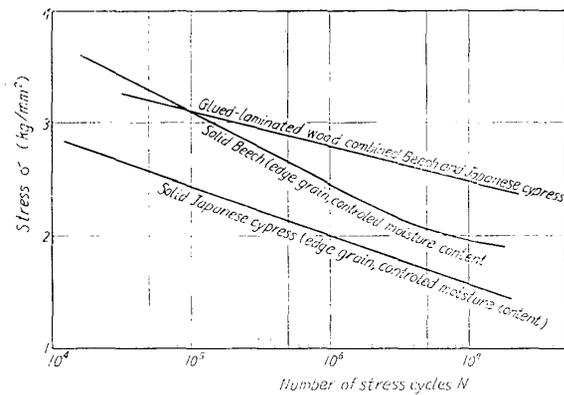


Fig. 15. Comparison of S-N diagram between solid beech, solid Japanese cypress and their glued-laminated wood.

## II) 応力集中部を有する試験片の場合

円孔および切欠きを有する試験片の疲労強度をヒノキ素材柾目材について見ると Fig. 7 より明らかなように、円孔を有する試験片においては一般に円孔の直径の大きくなるほうが疲労強度が大であるが切欠き試験片の S-N 曲線の傾斜は大きく、繰返し数  $10^7$  における疲労強度は円孔試験片に比し小さくなっている。ヒノキ素材板目材について見ると Fig. 8 より明らかなように、円孔の直径の比較的小さい場合には柾目材の場合と同様な傾向を示すが直径が 12.0 mm のように大きい場合には、切欠き試験片の場合と同様に、S-N 曲線の傾斜が大きく、繰返し数  $10^7$  における疲労強度は他の円孔試験片に比して小さくなっている。ブナ素材について見ると Fig. 9 および Fig. 10 より明らかなように、ブナ素材においては円孔の直径の比較的小さい場合の実験結果が欠けているが、柾目材および板目材のいずれにおいても直径 9.5 mm の円孔を有するほうが直径 12.0 mm の円孔を有するものより疲労強度が大で、切欠き試験片が最も疲労強度

が小である。つぎに、尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材について見ると Fig. 11 より明らかなように直径 7.1 mm の円孔を有するほうが直径 2.6 mm の円孔を有するものより疲労強度が大で、繰返し数の増加にしたがつてその差は少なくなり、繰返し数  $2 \times 10^7$  でほぼ一致している。直径 9.5 mm および直径 12.0 mm と円孔が大きくなると直径 2.6 mm のものより疲労強度が小さくなる。石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材について見ると Fig. 12 より明らかなように、円孔の直径が 2.6 mm, 7.1 mm, 9.5 mm と大きくなるに従つて疲労強度が大きくなり、円孔の直径が 12.0 mm にも大きくなると 9.5 mm より疲労強度が小さくなつていいる。またブナ・ヒノキ組合せ集成材について見ると Fig. 13 に明らかなように円孔の直径 2.6 mm および 7.1 mm の場合その S-N 曲線はほぼ一致し、直径 9.5 mm の場合もほぼ一致しているがその S-N 曲線の傾斜はやや大きくなつており、直径 12.0 mm では疲労強度が小となつていいる。ただし、Fig. 7~13 に示した応力は円孔の断面積を差し引いた真の断面積について弾性式より計算したものである。

つぎに、応力集中部を有する試験片の切欠係数を見るため、ヒノキ素材柱目材の繰返し数に対する切欠き係数の変化を Fig. 16 に示した。図より明らかなように円孔を有するものたると切欠きを有するものたるとを問わずいずれも切欠き係数の値は1以下となつていいる。これは試験片

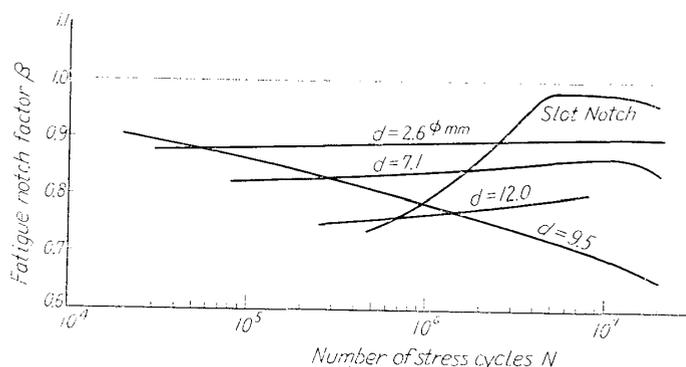


Fig. 16. Fatigue notch factor at various stress cycles for solid Japanese cypress (edge grain specimen, controlled moisture content).

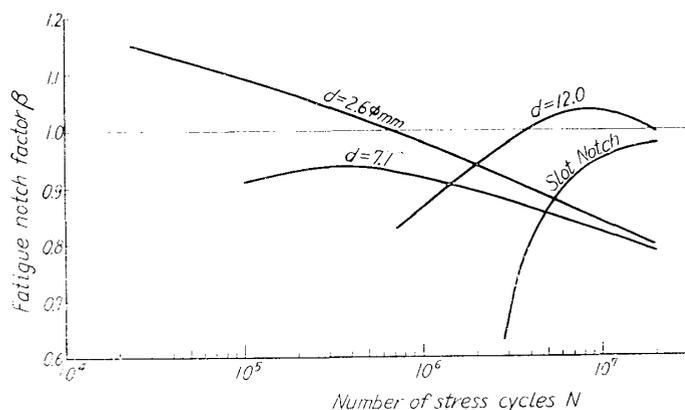


Fig. 17. Fatigue notch factor at various stress cycles for solid Japanese cypress (flatsawn grain specimen, controlled moisture content).

に円孔をあけたりまた切欠きをつけることによつて、真の断面積に対する疲労強度は増加することを意味している。このことは金属材料等に比較して、特異な性質である。また、直径 7.1 mm および 12.0 mm の円孔を有するほうが直径 2.6 mm の円孔を有する場合より切欠き係数は小となり、繰返し数が大になるにしたがつて切欠き係数は大きくなる傾向が見られるが、直径 9.5 mm の場合には特異な傾向を示している。ヒノキ素材板目材の場合を Fig. 17 に示した。図より直径 2.6 mm の円孔を有する場合、繰返し数が  $7 \times 10^5$  以下の場合および直径 12.0 mm の円孔を有する場合の繰返し数  $4 \times 10^5$  以上の場合の切欠き係数の値は 1 以上となつていいるがそれ以外はいずれも 1 以下となつていいる。ブナ素材の場合を Fig. 18 に示した。図より切欠き試験片の切欠き係数の

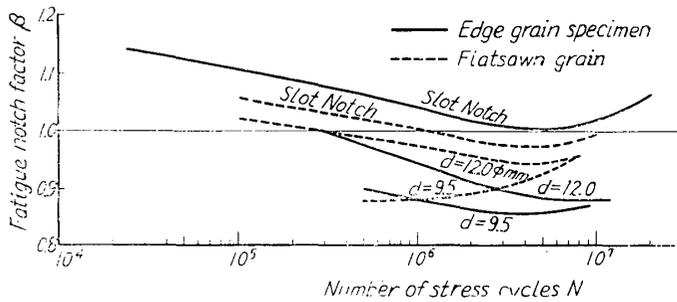


Fig. 18. Fatigue notch at various stress cycles for solid beech (moisture content controlled).

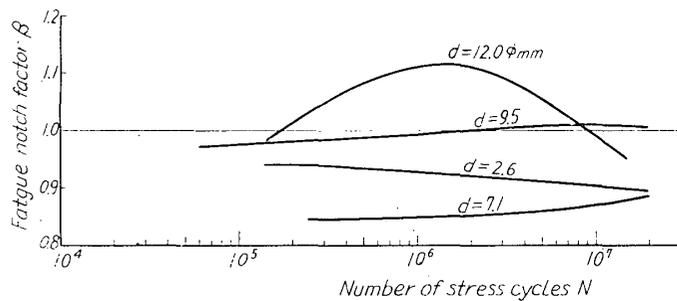


Fig. 19. Fatigue notch factor at various stress cycles for glued-laminated Japanese cypress with urea resin.

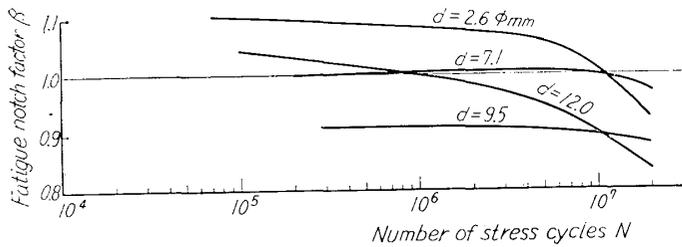


Fig. 20. Fatigue notch factor at various stress cycles for glued-laminated Japanese cypress with phenol resin.

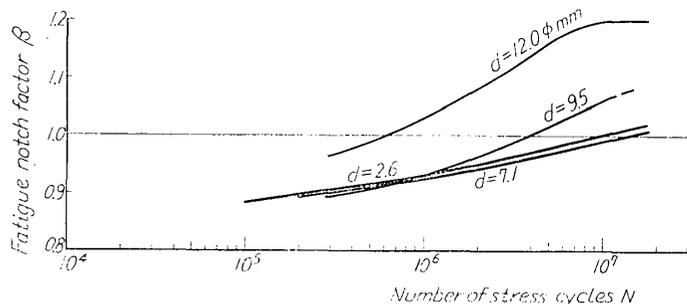


Fig. 21. Fatigue notch factor at various stress cycles for combined glued-laminated wood beech and Japanese cypress with urea resin.

値は1以上になつてゐるが、それ以外は直径 12.0 mm の繰返し数の小なる場を除きいずれも 1 以下となつてゐる。つぎに尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材の繰返し数に対する切欠き係数の変化を Fig. 19 に示した。図より明らかのように、直径 7.1 mm の円孔を有するほうが直径 2.6 mm の円孔を有するものより、その切欠き係数は小となつており、いずれも切欠き係数の値は常に 1 より小さくなつてゐるが、直径 9.5 mm の円孔を有する場合の切欠き係数の値はほぼ 1 を示し、直径 12.0 mm の円孔を有する場合の切欠き係数の値は 1 より大となつてゐる。石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材の繰返し数に対する切欠き係数の変化を Fig. 20 に示した。図に見られるように、切欠き係数は直径 2.6 mm の円孔を有する場合、繰返し数が  $10^7$  以下のときには 1 より大となり、繰返し数が  $10^7$  に近づくにしたがつて、しだいに小さくなり、 $10^7$  以上では 1 より小さい値を示している。直径 12.0 mm の円孔を有する場合もほぼ同様の傾向を示し、直径 7.1 mm の円孔を有する場合切欠き係数の値はほぼ 1 を示し、直径 9.5 mm の円孔を有する場合の切欠き係数の値は 1 より小となつてゐる。また、ブナ・ヒノキ組合せ集成材の繰返し数に対する切欠き係数の変化を Fig. 21 に示した。図に見られるように、切欠き係数は直径 2.6 mm

および 7.1 mm の円孔を有する場合、繰返し数が  $10^7$  以下のときは 1 より小で、繰返し数が  $10^7$  に近づくにしたがつて、しだいに大きくなり  $10^7$  以上では 1 より大きい値を示している。直

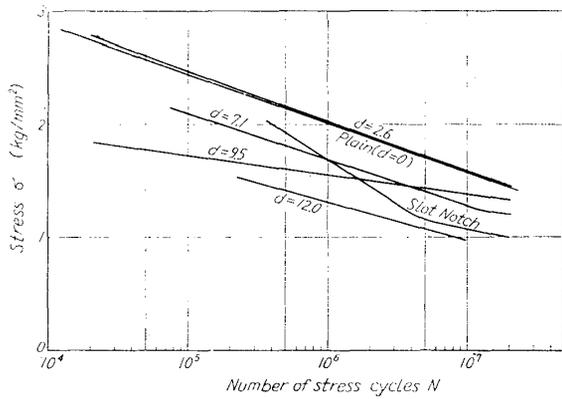


Fig. 22. Apparent stress by neglecting hole and notch area at various stress cycles for solid Japanese cypress (edge grain specimen, controlled moisture content).

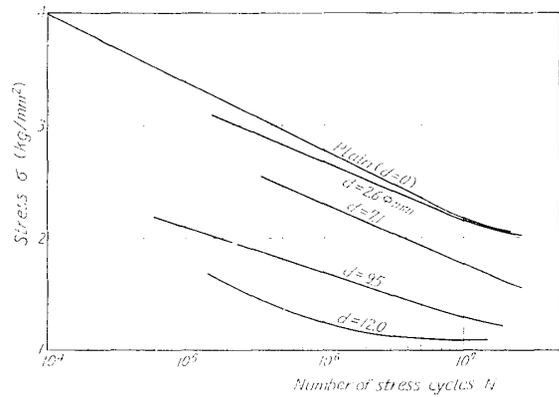


Fig. 23. Apparent stress by neglecting hole area at various stress cycles for glued-laminated Japanese cypress (urea resin).

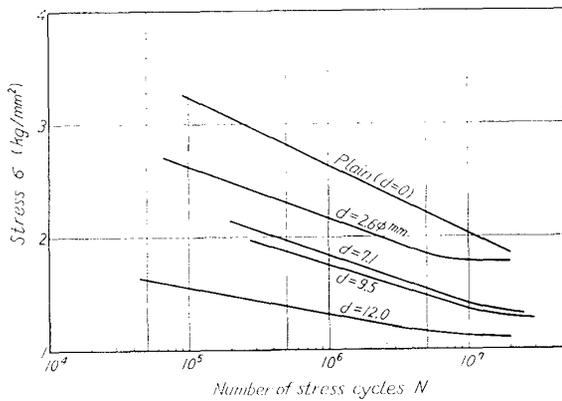


Fig. 24. Apparent stress by neglecting hole area at various stress cycles for glued-laminated Japanese cypress (phenol resin).

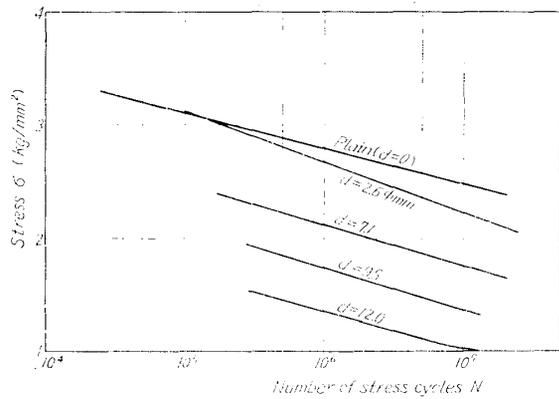


Fig. 25. Apparent stress by neglecting hole area at various stress cycles for combined glued-laminated wood beech and Japanese cypress (urea resin).

径 9.5 mm および 12.0 mm の場合もほぼ同様の傾向を示すが、直径 12.0 mm の場合は繰返し数のとくに小なる場合を除きつねに切欠き係数は 1 より大きい値を示している。

つぎに、試験片に円孔をあけた場合の疲労強度を円孔による断面積の減少を無視した見掛けの断面積をとつた場合につき考察する。ヒノキ素材柱目材の場合、Fig. 22 に示したように、直径 2.6 mm の円孔をあけた場合その疲労強度は、円孔をあけない試験片の疲労強度とほぼ一致している。これは試験片に直径 2.6 mm の円孔をあけても試験片の疲労強度に影響を与えないことを意味している。実験の結果、試験片は円孔をあけた部分より破壊しなかつた。これは試験片に円孔をあけることによつて、試験片の強度を減少しないばかりでなく、むしろ強化する傾向にあるものと思われる。直径 7.1 mm 以上の円孔をあけたものおよび切欠き試験片の場合は疲労強度が減少している。これは直径 7.1 mm 以上のように大きい円孔や切欠きを有する場合には疲労強度に影響がある。すなわち、試験片の破壊は円孔や切欠きのある場所より起ることを示している。つぎに尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材の場合について見ると Fig. 23 に、見られるように、直径 2.6 mm の円孔を有する場合、その疲労強度は繰返し数の大

きくなるにしたがつて大となり、繰返し数  $10^7$  以上では、ヒノキ素材の場合と同様、円孔をあけても元の試験片の疲労強度に影響を与えないようになる。石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材の場合 Fig. 24 に見られるように、円孔を有する試験片の疲労強度はいずれも減少しているが、直径 2.6 mm の円孔を有する場合、繰返し数の小なるところでは、その減少の度は大きいにもかかわらず、繰返し数  $10^7$  ぐらいより急激にその差は小さくなり繰返し数  $2 \times 10^7$  ではその差はわずかになつている。これは直径 2.6 mm 程度の小さい円孔は繰返し応力の小さい場合には疲労強度に影響を及ぼさないことを示している。また、ブナ・ヒノキ組合せ集成材の場合 Fig. 25 に見られるように、円孔を有する試験片の疲労強度はいずれも減少しているが、直径 2.6 mm の円孔を有する場合、繰返し数が小なるところではほとんど減少せず、繰返し数が大きくなるに従つて疲労強度の減少は大きくなつている。これはブナ材がヒノキ材に比べて切欠き感度の大きいことを示している。

## 5. 結 論

ヒノキならびにブナ素材、尿素樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材、石炭酸樹脂接着剤を使用したヒノキ集成材および尿素樹脂接着剤を使用したブナ・ヒノキ組合せ集成材について、両振平面曲げ疲労試験を行なつた。得られたおもな結果を列挙すれば、つぎのとおりである。

- (1) 素材の疲労試験の結果は板目材のほうが柀目材よりわずかながら疲労強度が大きい。
- (2) 素材の疲労試験にあつて、同一材料より木目をそろえて採取した試験片にて実験を行なえば、その疲労試験結果はそうばらつかないものと思われる。
- (3) 接着層の厚さの薄い本実験の場合は尿素樹脂接着剤を使用したほうが、石炭酸樹脂接着剤を使用するものより疲労強度においてすぐれているものと思われる。
- (4) ヒノキ集成材の繰返し数  $10^7$  における疲労強度は、尿素樹脂接着剤を使用した場合は素材の約 1.4 倍、石炭酸樹脂接着剤を使用した場合は素材の約 1.3 倍、ブナ・ヒノキ組合せ集成材の場合は集成材の表面材であるブナ素材の約 1.26 倍を示した。
- (5) 試験片に円孔をあけた場合の疲労強度は、7.1 mm 直径の円孔をあけたほうが、直径 2.6 mm の円孔をあけたものより大である。
- (6) ヒノキ素材柀目材の切欠き係数  $\beta$  は 1 以下であり、集成材の切欠き係数  $\beta$  は 0.8~1.2 の値を示した。
- (7) ヒノキ素材柀目材に直径 2.6 mm の円孔をあけても、円孔の部分からき裂は発生せず、したがつて、疲労強度に影響を及ぼさない。
- (8) ヒノキ集成材に直径 2.6 mm の円孔をあけた場合繰返し応力が小さければ疲労強度にほとんど影響を及ぼさない。

## Summary

In the present report we have experimented on the bending fatigue strength of glued-laminated wood which is made of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.), beech (*Fagus crenata* BLUME) and beech-Japanese cypress combind and is glued with urea or phenol resin. For comparison, same expriments have also been

carried out on solid Japanese cypress and beech with controlled moisture content and air dried condition. Also we have made consideration on the fatigue notch factor on these specimens having four kinds of holes and one kind of slot notch. These researches have been done by the NISHIHARA's Fatigue Testing Machine for Repeated Bending of Plate.

The results obtained are as follows :

(1) The fatigue strength of flatsawn grain specimens is a little larger than that of edge grain specimens in most cases.

(2) The urea resin glued laminated wood excels phenol resin's one in fatigue strength.

(3) The fatigue strength of the urea resin glued laminated wood of Japanese cypress is 1.4 times larger than that of solid wood at the  $10^7$  cycles, and also that of phenol resin is 1.3 times, and that of combined one of beech-Japanese cypress is 1.26 times larger than that of solid beech specimens.

(4) The fatigue strength of the specimens with holes of diameter  $d=7.1$  mm is larger than that of 2.6 mm.

(5) The fatigue notch factor for solid Japanese cypress is smaller than 1. And that of glued laminated wood is 0.8 to 1.2.

(6) The specimen of solid Japanese cypress having a small hole with a diameter of 2.6 mm is not influenced with the hole in fatigue strength.

(7) The glued laminated Japanese cypress specimen having a small hole of 2.6 mm diameter is not influenced in the fatigue strength at low stress levels.