

二樹種集成梁に関する研究(III) : 表板の樹種と修正係数との関係

渡辺, 治人

又木, 義博

<https://doi.org/10.15017/15005>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 39, pp.109-119, 1966-03-28. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :



二樹種集成梁に関する研究 (III)

表板の樹種と修正係数との関係

渡 辺 治 人・又 木 義 博

Haruto WATANABE and Yoshihiro MATAKI

Studies on Two-species Laminated Wood Beams (III)

Relationship between Species of Face Lamina and
Correction Factor

目 次

I. 緒 言	III. 試験結果および考察
II. 試験方法	VI. 結 論

I. 緒 言

第1報⁷⁾および第2報⁸⁾では, 上, 下表板にカシ材, 芯板にツガ材を用いた二樹種集成梁の曲げヤング係数, 曲げ比例限度荷重および曲げ破壊荷重の実測値を求め, 理論的に誘導した計算式による計算値と比較して修正係数を求め, 主に,

- (1) 修正係数は断面構成比 α に無関係である.
- (2) (1) はスパン・梁高比 l/h に関係なく成立する.

とすることが認められた.

この研究においては, 今迄の実験と同一条件によって, 表板の樹種を変えた場合も以上の事実が成立するかどうかを検討すると共に, 二樹種集成梁における表板の効果を追求することを目的とした.

II. 試験方法

前報^{7),8)}の場合と同様に, 所要の寸法よりも少し大きく仕上げた 気乾状態の通直木理の板を表板用の各樹種 (Table 1) の材から 10 枚宛, 計 50 枚, ツガ材から 25 枚作った.

各板からその一側に沿って, 表板からは一辺 1 cm の正方形断面の角樫, ツガ板からは一辺 2 cm の正方形断面の角樫をとり, それらの角樫から表板では 5 本宛 (1×1×16cm), ツガの芯板では 2 本宛 (2×2×30cm) の曲げ試験体を作り, 試験条件を集成梁の試験条件と等値にして曲げ試験を行なった. 試験結果は集成梁試験時の含水率に対する値に補正して, 曲げヤング係数, 曲げ比例限度応力および曲げ破壊係数の平均値を求め, その値を各

Table 1. Species of each lamina.

Face lamina	Isunoki Kashinoki Hônoki Tabunoki Mochinoki	Distylium racemosum Sieb. et Zucc. Quercus spp. Magnolia obovata Thunb. Machilus thunbergii Sieb. et Zucc. Ilex integra Thunb.
Core lamina	Tsuga	Tsuga sieboldii Carr.

板の代表値とした (Table 2).

Table 2. Bending properties of each lamina of laminated beams.

*Ratio of core depth to beam depth $\alpha=0.60$

Species of face lamina	No.	Upper face lamina					Core face lamina (Tsuga-wood)					Lower face lamina				
		E_{f1}	σ_{pf1}	σ_{mf1}	u	ρ	E_c	σ_{pc}	σ_{mc}	u	ρ	E_{f2}	σ_{pf2}	σ_{mf2}	u	ρ
Isunoki	1	129,820	850	1584	11.9	0.877	55,433	331	593	11.7	0.429	109,973	700	1294	11.5	0.779
	2	110,625	724	1315	11.3	0.749	41,761	310	540	11.9	0.413	151,393	860	1658	11.4	0.885
	3	103,696	631	1133	11.8	0.784	52,179	361	598	11.9	0.414	159,727	1026	1908	11.3	0.892
	4	161,398	925	1863	11.4	0.907	50,409	305	468	11.8	0.419	103,655	671	1344	11.9	0.773
	5	91,827	593	990	11.6	0.640	57,810	329	603	11.8	0.413	106,715	693	1236	11.7	0.700
Kashinoki	1	144,505	752	1509	11.7	0.924	87,524	521	871	11.5	0.494	142,256	846	1418	11.7	0.892
	2	147,654	903	1550	11.3	0.869	85,333	462	813	11.9	0.506	154,748	829	1557	11.5	0.876
	3	129,568	798	1334	11.5	0.856	60,221	362	719	12.4	0.457	115,204	764	1279	11.4	0.855
	4	188,244	1085	1956	10.9	0.906	60,818	361	667	12.2	0.432	220,170	924	2256	11.2	0.948
	5	127,635	743	1350	11.5	0.855	66,104	369	765	12.1	0.471	116,141	719	1310	11.3	0.882
Hônoki	1	107,556	725	1208	12.8	0.635	70,400	393	666	11.7	0.409	113,409	551	1173	11.6	0.555
	2	123,741	684	1226	11.7	0.602	69,895	397	682	12.1	0.399	103,080	442	956	11.7	0.504
	3	117,162	739	1281	11.8	0.599	68,874	352	668	11.9	0.458	103,832	650	1137	11.5	0.597
	3	80,611	474	839	12.6	0.562	69,093	364	694	11.6	0.417	75,957	401	760	12.6	0.573
	4	114,616	607	1069	12.3	0.531	58,383	340	598	11.6	0.393	92,419	492	956	12.3	0.592
Tabunoki	1	88,467	554	945	11.2	0.631	84,510	465	780	11.3	0.455	109,674	718	1099	10.8	0.725
	2	94,238	550	973	10.6	0.624	80,057	408	610	12.5	0.457	137,936	698	1110	10.5	0.690
	3	83,645	572	875	10.7	0.626	84,055	521	812	12.4	0.476	92,947	532	943	10.6	0.548
	4	74,719	412	692	10.6	0.656	86,952	548	844	12.3	0.448	70,563	395	718	10.8	0.540
	5	89,078	565	938	10.6	0.636	82,606	483	826	12.1	0.438	89,180	555	975	10.6	0.706
Mochinoki	1	69,360	365	669	11.1	0.552	74,011	367	660	11.9	0.410	73,349	409	727	10.9	0.506
	2	97,452	481	938	10.8	0.606	80,656	424	651	12.1	0.428	79,606	456	761	10.7	0.569
	3	86,557	423	857	11.1	0.573	73,849	374	713	11.6	0.437	103,574	534	999	10.7	0.665
	4	59,503	363	683	11.6	0.590	85,484	365	723	11.8	0.436	107,628	469	1014	10.9	0.667
	5	96,354	456	967	10.7	0.603	61,493	349	580	11.8	0.309	99,906	522	997	10.9	0.645

E : Bending modulus of elasticity (10^3kg/cm^2)

σ_p : Bending stress at proportional limit (kg/cm^2)

σ_m : Bending modulus of rupture (kg/cm^2)

u : Moisture content (%)

ρ : specific gravity in air dry (kg/cm^3)

Suffix $f1$, $f2$ and c ; Upper, lower face and core lamina,

集成梁の製造には常温硬化性 Resorcinol resin 接着剤（日本ライヒホルド K. K. 製）を用い、塗布量 $30 \text{ (g/ft}^2\text{)}$ とし、ボルト締めにより平均室温 23°C ($20\sim 25^\circ\text{C}$) で 14日間圧縮した。製作された集成梁は所定の寸法に整え、圧縮開放後少なくとも 10日間を経てから曲げ試験を行なった。集成梁の構成は芯板と梁との高さの比 $\alpha=0.60$ とし、寸法は $5\times 5\times 71\text{cm}$ である。

各表板樹種について 5 本宛、合計 25 本の集成梁を作り、それを 5 群に分け、各群は同じ表板樹種の 5 本の試験体を含んでいる。各群から 1 本宛計 5 本を抜きとって 5 組みを作り、各組は集成梁の製作から曲げ試験にいたるまでなるべく等しい条件になるようにつとめた。

曲げ試験のスパンと梁高との比 $l/h=13$ 、したがってスパンを 65cm とし、スパン中央集中荷重の単純梁とし、荷重方向は集成梁の接着面に垂直、試験の歪速度は $2.5(\text{mm/min})$ とした。試験直後に集成梁の各層の含水率を測定した。

III. 試験結果および考察

(1) 集成梁曲げ試験の実測値と理論式によって求めた計算値（近似計算値と正確計算値）の測定および算出は第 1 報のとおりである。Table 3 に表板の樹種別にその値を示す。

(2) 実測値と計算値との比

集成梁に対する実測値と計算値との比、即ち計算値に対する修正係数と表板樹種との関係を Table 4 に示し、その平均値を Table 5 に示す。

曲げヤング係数：

(a) 近似計算値に対する修正係数（実測値と近似計算値の比）は、すべての表板樹種の間に有意差はなかった。

(b) 正確計算値に対する修正係数（実測値と正確計算値の比）は、すべての表板樹種の間に有意差はなかった。

(c) 近似計算値に対する修正係数と正確計算値に対する修正係数とを比較して有意差は認められなかった。

曲げ比例限度荷重：

(a) 近似計算値に対する修正係数（実測値と近似計算値の比）は、すべての表板樹種の間に有意差が認められなかった。

(b) 正確計算値に対する修正係数（実測値と正確計算値の比）は、すべての表板樹種の間に有意差が認められなかった。

(c) 近似計算値に対する修正係数と正確計算値に対する修正係数とを比較して有意差が認められ、後者の方が 1 に近い値を示した。

曲げ破壊荷重：

曲げ比例限度荷重に対する (a), (b) および (c) の結果は曲げ破壊荷重についても同様であった。

(3) 集成梁表板の効果について

強い重い木材を梁の高応力部である上、下の表板に用い、比較的弱い軽い木材を低応力

Table 3. Actual values and calculated values of bending properties of laminated wood beam.

*Ratio of core depth to beam depth $\alpha=0.60$

Species of face lamina	No.	Modulus of elasticity			Load at proportional limit			Maximum load at rupture		
		E_0	E_1	E_2	P_{p0}	P_{p1}	P_{p2}	P_{m0}	P_{m1}	P_{m2}
Isunoki	1	133, 522	106, 037	107, 973	690	844	754	1248	1568	1393
	2	124, 754	111, 934	111, 682	740	863	812	1268	1620	1476
	3	116, 641	114, 449	108, 315	690	896	704	1233	1643	1265
	4	115, 038	115, 126	114, 505	650	880	508	1198	1768	1017
	5	101, 387	90, 356	98, 798	580	713	663	1100	1235	1107
Kashinoki	1	151, 704	128, 211	133, 014	820	898	831	1640	1645	1582
	2	155, 521	137, 245	139, 112	850	972	885	1550	1754	1660
	3	129, 623	108, 960	111, 066	700	891	842	1373	1491	1408
	4	167, 811	172, 780	171, 255	940	1084	1066	1515	2273	1939
	5	129, 623	109, 833	111, 900	705	844	606	1400	1536	1103
Hónoki	1	117, 293	101, 622	103, 759	565	745	578	1040	1389	1229
	2	106, 013	104, 191	105, 112	595	656	509	940	1272	1102
	3	107, 608	101, 856	103, 507	605	804	741	960	1399	1295
	4	99, 246	76, 397	74, 401	525	542	440	880	989	833
	5	101, 502	93, 943	94, 710	510	633	567	900	1166	1093
Tabunoki	1	110, 524	95, 990	95, 733	570	782	678	1045	1257	1157
	2	109, 287	103, 921	102, 354	585	698	663	1017	1165	1054
	3	98, 344	87, 396	87, 426	515	679	590	930	1119	1042
	4	88, 749	75, 554	74, 981	505	524	492	800	917	826
	5	117, 235	92, 774	88, 027	575	721	628	1178	1232	1063
Mochinoki	1	82, 329	71, 912	71, 771	390	495	438	728	893	803
	2	91, 352	86, 670	86, 542	505	582	519	845	1055	938
	3	94, 735	90, 579	90, 556	420	579	493	983	1122	997
	4	80, 455	83, 975	82, 781	410	574	481	863	1055	1041
	5	84, 500	86, 207	88, 488	410	537	472	773	1078	1001

Modulus of elasticity

 E_0 : Actual value (10^3kg/cm^2) E_1 : Approximately calculated value (10^3kg/cm^2) E_2 : Accurately calculated value (10^3kg/cm^2)

Load at proportional limit

 P_{p0} : Actual value (kg) P_{p1} : Approximately calculated value (kg) P_{p2} : Accurately calculated value (kg)

Maximum load at rupture

 P_{m0} : Actual value (kg) P_{m1} : Approximately calculated value (kg) P_{m2} : Accurately calculated value (kg)

部である芯板に用いた二樹種集成梁の曲げの性質に対して、表板が如何なる効果をもたらしているかを検討することは、その梁の設計および利用において重要である。従って、ここでは $\alpha=0.60$ の場合についてその検討を行なった。

Table 4. Correction factors of bending properties of laminated beams.

*The same symbols as defined in Table 3.

Species of face lamina	No.	Modulus of elasticity		Load at proportional limit		Maximum load at rupture	
		E_0/E_1	E_0/E_2	P_{p0}/P_{p1}	P_{p0}/P_{p2}	P_{m0}/P_{m1}	P_{m0}/P_{m2}
Isunoki	1	1.2592	1.2366	0.8175	0.9151	0.7959	0.8959
	2	1.1145	1.1170	0.8575	0.9113	0.7827	0.8591
	3	1.0192	1.0769	0.7701	0.9801	0.7505	0.9747
	4	0.9992	1.0047	0.7386	1.2795	0.6776	1.1780
	5	1.1221	1.0262	0.8135	0.8748	0.8907	0.9937
Kashinoki	1	1.1832	1.1405	0.9131	0.9868	0.9970	1.0367
	2	1.1332	1.1180	0.8745	0.9604	0.8837	0.9337
	3	1.1896	1.1671	0.7856	0.8314	0.9209	0.9751
	4	0.9712	0.9799	0.8672	0.8818	0.6665	0.7813
	5	1.1802	1.1584	0.8353	1.1634	0.9115	1.2693
Honoki	1	1.1542	1.1304	0.7584	0.9775	0.7487	0.8462
	2	1.0175	1.0086	0.9070	1.1690	0.7390	0.8530
	3	1.0565	1.0396	0.7525	0.8165	0.6862	0.7413
	4	1.2991	1.3339	0.9686	1.1932	0.8898	1.0564
	5	1.0805	1.0717	0.8057	0.8995	0.7719	0.8234
Tabunoki	1	1.1514	1.1540	0.7289	0.8407	0.8313	0.9032
	2	1.0516	1.0677	0.8381	0.8824	0.8730	0.9649
	3	1.1253	1.1249	0.7585	0.9918	0.8311	0.8925
	4	1.1746	1.1836	0.9637	1.0264	0.8724	0.9685
	5	1.2637	1.3318	0.7975	0.9156	0.8491	1.1082
Mochinoki	1	1.1449	1.1471	0.7879	0.8904	0.8152	0.9066
	2	1.0540	1.0556	0.8677	0.9730	0.8009	0.9009
	3	1.0459	1.0461	0.7254	0.8519	0.8761	0.9860
	4	0.9581	0.9719	0.7143	0.8524	0.8180	0.8290
	5	0.9802	0.9549	0.7635	0.8686	0.7171	0.7722

(a) 曲げヤング係数：

第1報において曲げヤング係数に対する近似計算値として、

$$E_1 = E_c \frac{1}{r} \{1 - (1-r)\alpha^3\}$$

を誘導したが、この研究においては、 $\alpha=0.60$ で、表板の樹種に関せず、近似計算値に対する修正係数 $E_0/E_1=1.109\pm0.039$ であるから、上式から、

$$E_0 = (1.109\pm0.039) \left(\frac{0.784}{r} + 0.216 \right) E_c \quad \dots\dots\dots(\text{Fig. 1})$$

なる関係が成立する。即ち、樹種の組み合わせによって変動する値 r によって E_c に対する E_f の効果が Fig. 1 の如き傾向を示すことが認められた。

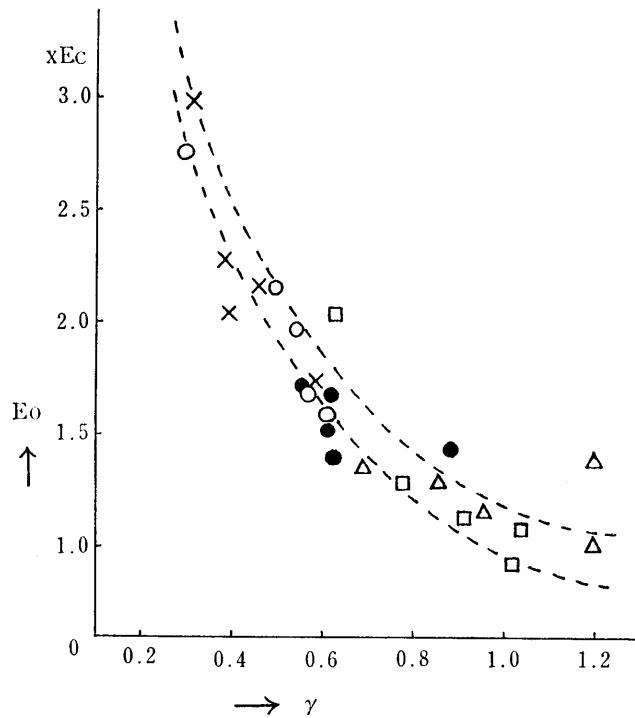
(b) 曲げ比例限度応力：

第1報において曲げ比例限度荷重に対する近似計算値として、

Table 5. Mean correction factors with various species

Species of face lamina	Modulus of elasticity	
	E_0/E_1	E_0/E_2
Isunoki	1.0784 ± 0.0283	1.0923 ± 0.0192
Kashinoki	1.1315 ± 0.0347	1.1128 ± 0.0315
Hônoki	1.1216 ± 0.0264	1.1168 ± 0.0436
Tabunoki	1.1533 ± 0.0416	1.1724 ± 0.0443
Mochinoki	1.0366 ± 0.0420	1.0351 ± 0.0288
Mean	1.1092 ± 0.0387	1.1059 ± 0.0426

* The same symbols

Fig. 1 Bending modulus of elasticity of laminated wood (E_0) in relation to ratio of bending modulus of elasticity of core lamina E_c to that of face lamina $E_f(r)$.

Species of face lamina.

Isunoki : × Kashinoki : ○ Hônoki : ● Tabunoki : △ Mochinoki : □

 $M_{\gamma f} > M_{\gamma c}$ の場合,

$$P_{p1} = \frac{2bh^2}{3l} \sigma_c \frac{1}{\alpha \gamma} \{1 - (1-\gamma)\alpha^3\}$$

 $M_{\gamma f} < M_{\gamma c}$ の場合,

$$P_{p1} = \frac{2bh^2}{3l} \sigma_f \{1 - (1-\gamma)\alpha^3\}$$

of face lamina at 95 per cent level of probability.

Load at proportional limit		Maximum load at rupture	
P_{p0}/P_{p1}	P_{p0}/P_{p2}	P_{m0}/P_{m1}	P_{m0}/P_{m2}
0.7994 ± 0.0356	0.9922 ± 0.0625	0.7795 ± 0.0491	0.9805 ± 0.0422
0.8551 ± 0.0263	0.9648 ± 0.0326	0.8759 ± 0.0534	0.9972 ± 0.0387
0.8384 ± 0.0244	1.0111 ± 0.0471	0.7671 ± 0.0613	0.8641 ± 0.0445
0.8173 ± 0.0417	0.9314 ± 0.0363	0.8514 ± 0.0267	0.9675 ± 0.0288
0.7718 ± 0.0239	0.8873 ± 0.0530	0.8055 ± 0.0216	0.8789 ± 0.0643
0.8164 ± 0.0295	0.9573 ± 0.0508	0.8158 ± 0.0347	0.9380 ± 0.0516

as defined in Table 3.

を誘導したが、この研究においては、すべての集成梁において $M_{\gamma f} < M_{\gamma c}$ が成立し、 $\alpha=0.60$ であり、上式を集成梁の曲げ比例限度応力 σ_{p1} として表すと、

$$\sigma_{p1} = \frac{\sigma_c}{\beta} \{1 - (1-r)\sigma^3\}$$

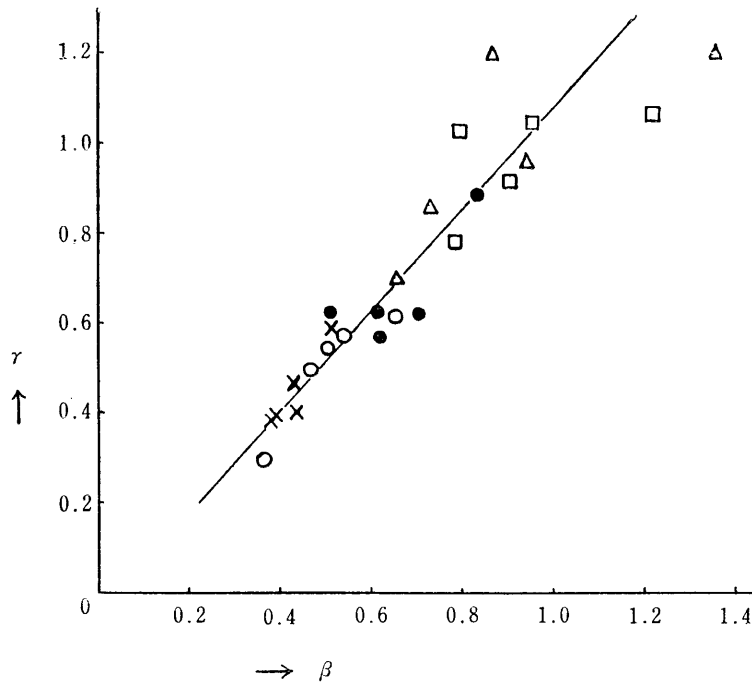
但し、 $\beta = \sigma_{pc}/\sigma_{pf}$,

ここで、 β と r との関係を求めると、

$$r = 1.11 \beta \quad \dots\dots\dots(\text{Fig. 2})$$

また曲げ比例限度荷重の近似計算値に対する修正係数 $P_{p0}/P_{p1}=0.816 \pm 0.030$ であるか

Fig. 2 Relationship between (r) and ratio of bending stress at proportional limit of core lamina σ_{pc} to that of face lamina $\sigma_{pf}(\beta)$.

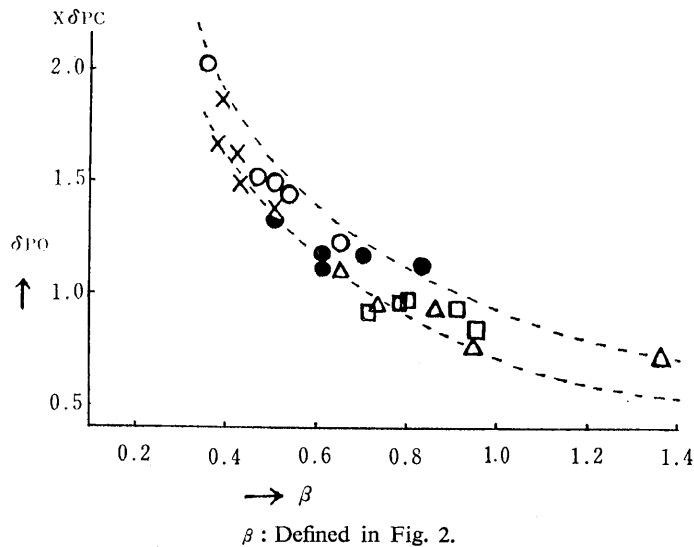


ら、上式により集成梁の曲げ比例限度応力の実測値 σ_{p0} は、

$$\sigma_{p0} = (0.816 \pm 0.030) \left(\frac{0.784}{\beta} + 0.240 \right) \sigma_{pC} \quad \dots\dots\dots (\text{Fig. 3})$$

なる関係が成立する。すなわち樹種の組み合わせによって変動する値 β によって σ_{pC} に対する σ_{pf} の効果が Fig. 3 の如き傾向を示すことが認められた。

Fig. 3 Bending stress at proportional limit of laminated wood (σ_{p0}) in relation to (β).



(c) 曲げ破壊係数：

曲げ比例限度応力の場合と同様に、すべての場合 $M_{\gamma f} < M_{\gamma C}$ が成立し、 $\delta = \sigma_{mC} / \sigma_{mf}$ とすると、 $\gamma = 1.31\delta - 0.10$ (Fig. 4) なる関係が求められ、また曲げ破壊荷重の近似計算値に対する修正係数 $P_{m0} / P_{m1} = 0.816 \pm 0.035$ であるから、集成梁の曲げ破壊の実測値 σ_{m0} は、

$$\sigma_{m0} = (0.816 \pm 0.085) \left(\frac{0.762}{\delta} + 0.281 \right) \sigma_{mC} \quad \dots\dots\dots (\text{Fig. 5})$$

なる関係が成立する。すなわち、樹種の組み合わせによって変動する値 δ によって、 σ_{mC} に対する σ_{mf} の効果が Fig. 5 の如き傾向を示すことが認められた。

IV. 結 論

この研究と第1報および第2報とから得られた結果を要約すると、

(1) 二樹種集成梁の表板と芯板の割合と曲げヤング係数、曲げ比例限度荷重および曲げ破壊荷重に対する修正係数(実測値/計算値)の値とは、試験したいずれのスパン・梁高比にても、またいずれの樹種を表板に用いても無関係であった。

(2) 曲げヤング係数は、いずれのスパン・梁高比にても、またいずれの樹種を表板に用いても近似計算値に対する修正係数と正確計算値に対する修正係数との間には有意差が

Fig. 4 Relationship between (γ) and ratio of bending modulus of rupture σ_{mC} to that of face lamina $\sigma_{mf}(\delta)$.

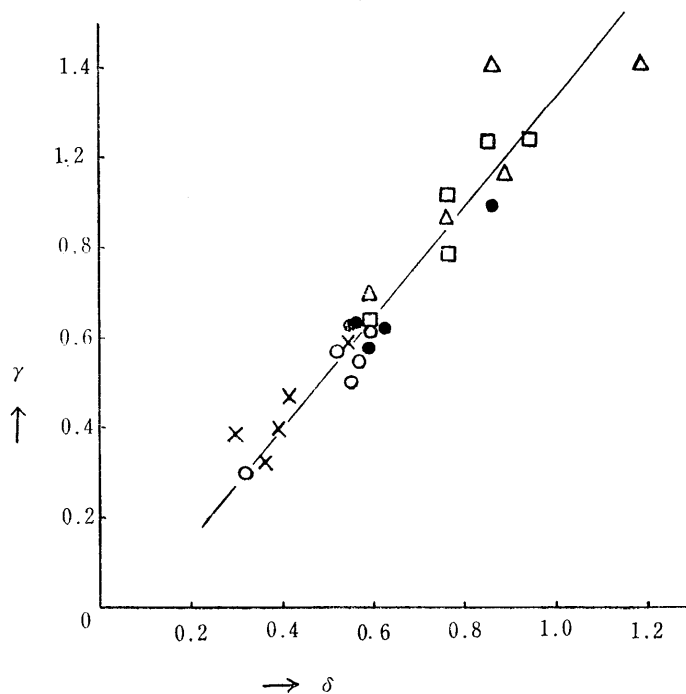
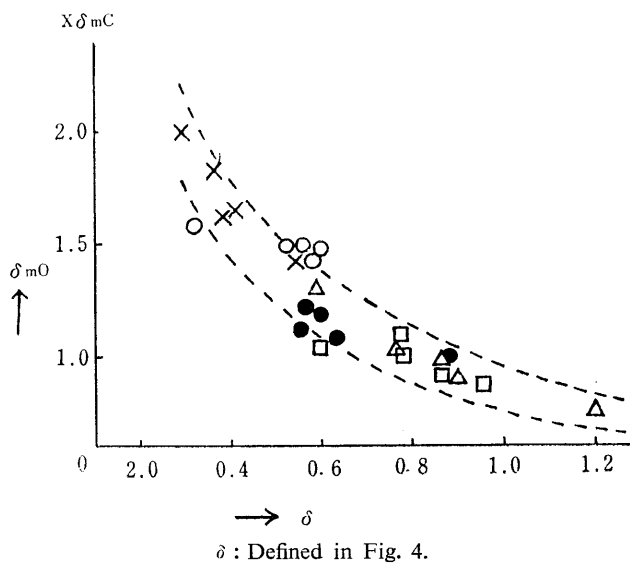


Fig. 5 Bending modulus of rupture of laminated wood (σ_{m0}) in relation to (δ) .



なかった。

(3) 曲げ比例限度荷重および曲げ破壊荷重においては、いずれのスパン・梁高比にても、またいずれの樹種を表板に用いても、正確計算値に対する修正係数が近似計算値に対

する修正係数よりも大で、1に近い値を示した。

(4) 修正係数とスパン・梁高比との関係については、スパン・梁高比の増大とともに修正係数も大となる傾向が認められる。しかしその理由については、なお詳細な実験が必要である。

(5) 二樹種集成梁における表板の効果をみると、曲げヤング係数、曲げ比例限度応力および曲げ破壊係数のいずれの場合も、表板の値に対する芯板の値の比が減小するに伴って二樹種集成梁の値は双曲線的に増大する傾向が認められた

参 考 文 献

- 1) 沢田 稔：木材梁に関する研究（第2報） 林業試験場報告 No. 71 (1954)
- 2) 沢田 稔：木材の強度特性に関する研究 林業試験場報告 No. 108 (1958)
- 3) KOLLMANN, F., HILTSCHER, R. : Über spannungsoptische Untersuchungen an geschichteten Biegestabmodellen. Holz als Roh-und Werkstoff 13, 6 (1955)
- 4) SCHAEFER, W. : Die Zugfestigkeit Lamellierter Stäbe. Holz als Roh-und Werkstoff 10, 1 (1952)
- 5) KETCHEN, V. : Bending action of glue laminated wood. Forest Products Journal 4, Technical section IV (1949)
- 6) JORGENSEN, R. N. : Strength and elasticity properties of two species laminated wood beams. Forest Products Journal 4, 6 (1956)
- 7) 渡辺治人・又木義博：二樹種集成梁に関する研究（I） 九大演習林報告 No. 36, 11 (1962)
- 8) 渡辺治人・又木義博：二樹種集成梁に関する研究（II） 九大演習林報告 No. 37, 2 (1964)

Studies on Two-species Laminated wood Beams. (III)

Relationship between Species of Face Lamina and Correction Factor.

Haruto WATANABE and Yoshihiro MATAKI

Résumé

In part I and II, it was mainly verified that there was no relationships between ratios of core depth to beam depth (α) and correction factors, regardless of ratios of span to beam depth.

This studies was developed to obtain any effects of species of face lamina on above mentioned results, any relationships between correction factors and species of face lamina, and moreover any effectiveness of face lamina on laminated wood beam, when $\alpha=0.60$.

Air-dried woods of each species (Table 1) were used as face and core lamina, each of all was the products in the Kyushu district.

And all experiments were carried out on the same processing-and testng-conditions of each lamina and laminated wood as described in Part I.

Following results were obtained in addition to Part I and II.

(1) In all tested ratios of span to beam depth, and in all tested species of face lamina, there were no relationships between ratios of core depth to beam depth and correction factors for bending modulus of elasticity, bending load at proportional limit and maximum bending load at rupture.

(2) Bending modulus of elasticity: — There was little difference between correction factors for approximately and accurately calculated values in all ratios of core depth to beam depth, and in all species of face lamina.

(3) Bending load at proportional limit and maximum bending load at rupture: — Correction factors for approximately calculated values were always less than that for accurately calculated values in all ratios of span to beam depth, and in all species of face lamina.

(4) Examining some effectiveness of face lamina on two-species laminated wood beam, bending modulus of elasticity, bending stress at proportional limit and bending modulus of rupture of laminated wood, each of all increased in a hyperbolic curve with decreasing ratios of each value of core lamina to that of face lamina.