九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

二樹種集成梁に関する研究(I) : 表板と芯板の割合と修正係数との関係

渡辺, 治人

又木, 義博

https://doi.org/10.15017/14992

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 36, pp.87-96, 1962-11-20. 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（I）

表板と芯板の割合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. (I)

Relationship between Ratio of Core Depth to Beam Depth and Correlation Factor.

I 緒　　言

強い重い木材を梁の高応力部である上下の表板に用い．弱い軽い木材を低応力部である芯板に用いて，それぞれの特長を発揮できるように組合わせた二樹種集成梁は，構造用木材の合理的な一利用法である．この二樹種集成梁の弾性や強度的性質については既に理論的解析がなされ[1)2)3)]，また設計に必要な係数として試験による実測値と理論式による計算値との比，すなわち計算値を実測値に修正するための修正係数についても実験されている[4)5)6)]

この研究は修正係数ならびにこれに関係する諸条件についてさらに検討を加えるために計画したものである．第1報では，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試験を行なつて，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，表板と芯板の割合と修正係数との関係を検討した．

II 計　　算　　式

(1) 上下の表板の弾性と強さを等しいと見做した場合（近似計算値）……上，下の表板の夫々の実測値を平均する．

(a) 曲げヤング係数

$$E = E_c \frac{1}{\gamma} \{1-(1-\gamma)\alpha^3\} \cdots\cdots (1)$$

ただし

E：集成梁の曲げヤング係数（kg/cm²）

E_f：上下の表板の平均曲げヤング係数（kg/cm²）

E_c：芯板の曲げヤング係数（kg/cm²）

h：集成梁の高さ（cm）

h_c：芯板の厚さ（cm）

$$\alpha = \frac{h^c}{h} \qquad \gamma = \frac{E_c}{E_f}$$

(b) 曲げ比例限度荷重（スパン中央集中荷重の単純梁）

$$\frac{M_{rf}}{M_{rc}}=\alpha\gamma\frac{\sigma_f}{\sigma_c}\cdots\cdots(2)$$

ただし

M_{rf}：表板の曲げ抵抗モーメント（kg·cm）

M_{rc}：芯板の曲げ抵抗モーメント（kg·cm）

σ_f：上下の表板の平均曲げ比例限度応力（kg/cm²）

σ_c：芯板の曲げ比例限度応力（kg/cm²）

(2) 式によりM_rの小さい方をとり，次の(3a)式または(3b)式から集成梁の曲げ比例限度荷重 P_p(kg) を求める．

$M_{rf}>M_{rc}$ のとき

$$P_p=\frac{2}{3}\frac{bh^2}{l}\sigma_c\frac{1}{\alpha\gamma}\{1-(1-\gamma)\alpha^3\}\cdots\cdots(3a)$$

$M_{rf}<M_{rc}$ のとき

$$P_p=\frac{2}{3}bh^2\ l\ \sigma_f\{1-(1-\gamma)\alpha^3\}\cdots\cdots(3b)$$

ただし

b：集成梁の巾（cm）

h：集成梁の高さ（cm）

l：集成梁のスパン（cm）

(c) 曲げ破壊荷重

曲げ比例限度荷重を求める（3a）式または（3b）式において，曲げ比例限度応力の代りに曲げ破壊係数を用いればよい．

(2) 上下の表板の弾性と強さが異なる場合（正確計算値）……上，下表板の夫々の異なる実測値を用いる．

(a) 中立軸の位置

$$\bar{y}=\frac{\sum(E_n\int ydA)}{\sum(E_nA_n)}=\frac{\sum(E_ny_nA_n)}{\sum(E_nA_n)}\cdots\cdots(4)$$

ただし

$\bar{y}$：集成梁の横断面において下縁から中立軸までの距離（cm）

y：集成梁の横断面において下縁から任意点までの距離（cm）

y_n：集成梁の横断面において下縁から上下の表板および芯板の断面重心までの距離（cm）

A_n：各板の横断面積（cm²）

E_n：各板の曲げヤング係数（kg/cm²）

(b) 曲げヤング係数

$$E=\frac{\sum(E_nI_n)}{\sum I_n}=\frac{\sum(E_ny_{0\,i}{}^2A_n)}{\sum(y_0{}^2{}_nA_n)}\cdots\cdots(5)$$

ただし

E：集成梁の曲げヤング係数（kg/cm²）

I_n：集成梁の横断面の中立軸に対する各板断面（表板は上下の2断面，芯板は中立軸の上下の2部分に分けた2断面，合計4断面）の断面二次モーメント（cm⁴）

y_{0n}：中立軸から各板断面の重心までの距離（cm）

（c）曲げ比例限度荷重（スパン中央集中荷重の単純梁）

$$M_{rn}=\frac{\sigma_{pn}}{y_{en}}\ \frac{\sum(E_nI_n)}{E_n}\quad\cdots\cdots(6)$$

ただし

M_{rn}：各板の曲げ抵抗モーメント（kg cm）

σ_{pn}：各板の曲げ比例限度応力（kg/cm²）

y_{en}：集成梁の横断面の中立軸から各断面（芯板は中立軸で2分して2断面と見做す）の最遠の縁までの距離（cm）

(6) 式から最小の M_{rn} の値 $min\ M_{rn}$ を求め，次式から曲げ比例限度荷重 P^p(kg) を求める．

$$P_p=\frac{4minM_{rn}}{l}\quad\cdots\cdots(7)$$

ただし

l：集成梁のスパン（cm）

（d）曲げ破壊荷重

曲げ比例限度荷重を求める(6)，(7) 式において，曲げ比例限度応力の代りに曲げ破壊係数を用いればよい．

III 試　　験　　法

まず，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カシ板40板とツガ板20板を作った．各板からその一側に沿って，カシ板からは一辺 1cm の正方形断面の角棒，ツガ板からは一辺 2cm の正方形断面の角棒をとり，各板の曲げヤング係数と曲げ強さを求めるための曲げ試験用材とした．それらの角棒からカシでは5本宛（1×1×16cm）ツガでは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．試験の結果は集成梁試験時の含水率に対する値に補正して，曲げヤング係数と曲げ比例限度応力と曲げ破壊係数の平均値を求め，その値を各板の代表値とした（Table 1）．

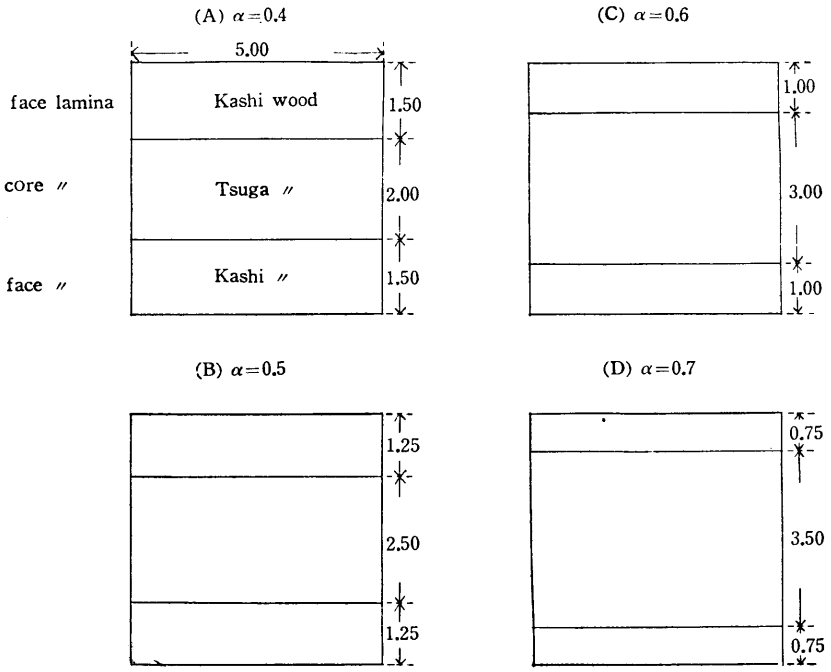
集成梁の製造には常温硬化性のレゾルシノール樹脂接着剤を用い，塗布量30（g/ft²）とし，ボルト締めにより平均室温20℃（15～24℃）で14日間圧締した．製作された集成梁は所定の寸法に整え，圧締開放後少なくとも10日間を経てから曲げ試験を行った．集成梁の構成は芯板と梁との高さの比が 0.4，0.5，0.6，0.7 の4種類（Fig. 1）で，各種類を5本宛，合計20本を作った．集成梁の寸法は 5×5×71cm である．20 本の集成梁試験体を 4 群に分け，各群は同じ構成の 5 本の試験体を含んでいる．各群から1本宛計4 本を抜きとって5組をつくり，各組は集成材の製作から曲げ試験にいたるまでなるべく等しい条件になる

Table 1. Bending properties of each lamina of laminated beam.

composition of cross section of beam.	number of beam	upper face lamina (Kashi-wood)					core lamina (Tsuga-wood)					lower face lamina (Kashi-wood)				
		E_b	σ_p	σ_m	u	ρ	E_b	σ_p	σ_m	u	ρ	E_b	σ_p	ρ_m	u	ρ
A $\alpha=0.4$	A_1	145.15	1040	1734	10.3	0.832	83.43	458	849	11.6	0.503	165.55	1319	1771	10.0	0.789
	A_2	184.85	1024	2016	9.4	0.833	85.54	436	856	11.3	0.474	148.82	1050	1617	9.6	0.819
	A_3	132.71	557	1225	9.9	0.746	110.13	548	957	11.1	0.478	151.85	1005	1506	10.0	0.877
	A_4	149.06	982	1673	9.8	0.751	81.18	388	750	12.0	0.431	166.28	1171	1757	10.2	0.747
	A_5	236.35	1062	2039	10.3	0.907	69.78	427	735	11.0	0.429	168.07	1045	1757	9.7	0.801
B $\alpha=0.5$	B_1	153.33	917	1656	10.1	0.810	83.30	444	763	10.5	0.399	162.94	1137	1765	9.9	0.754
	B_2	170.46	1118	1775	9.0	0.757	82.86	352	673	11.2	0.405	218.33	1199	2004	10.3	0.838
	B_3	129.90	764	1394	9.8	0.725	97.59	519	868	11.1	0.443	134.16	780	1433	9.9	0.750
	B_4	178.85	981	1792	10.3	0.918	94.62	376	780	11.9	0.397	181.04	957	1630	10.1	0.758
	B_5	130.45	742	1292	10.1	0.752	89.24	446	829	10.8	0.432	181.45	940	1795	10.7	0.886
C $\alpha=0.6$	C_1	110.29	876	1354	9.9	0.708	99.57	674	1277	10.6	0.451	166.03	1051	1819	11.0	0.985
	C_2	206.74	1002	1946	9.8	0.937	106.85	505	836	10.7	0.441	153.99	902	1574	9.4	0.745
	C_3	190.70	1032	1935	10.5	0.900	98.27	571	1134	11.0	0.433	190.12	1065	1936	10.6	0.883
	C_4	206.96	1039	1983	9.7	0.817	93.26	479	804	12.1	0.477	163.65	888	1650	10.8	0.799
	C_5	159.98	790	1565	9.9	0.871	111.52	503	962	11.7	0.467	197.21	1012	2033	10.7	0.924
D $\alpha=0.7$	D_1	94.07	796	1134	10.5	0.705	68.82	447	748	10.4	0.419	112.31	852	1418	10.6	0.758
	D_2	162.49	1156	1881	10.1	0.812	49.22	289	534	11.0	0.430	115.68	676	1218	10.6	0.686
	D_3	133.78	727	1369	10.5	0.767	97.52	638	906	11.0	0.455	124.90	710	1402	10.1	0.885
	D_4	137.98	982	1668	9.6	0.751	94.89	519	797	11.3	0.415	224.74	970	2190	9.9	0.758
	D_5	187.85	944	1753	9.9	0.843	69.17	433	724	11.4	0.422	212.92	1022	1941	10.6	0.885

E_b : 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

Fig. 1. Composition of cross section of laminated beam.
α : ratio of core depth to beam depth
unit : cm



ようにつとめた.

曲げ試験のスパンと梁高の比は 13, したがってスパンを 65 cm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 25 (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.

IV 試験結果および考察

(1) 実測値と計算値 (Table 2)

計算値としては,

(a) 上下の表板の曲げヤング係数と曲げ強さにそれぞれの値を平均した同一の値を用いて (1) ～ (3) 式から近似計算値を算出した.

(b) 上下の表板の曲げヤング係数と曲げ強さにそれぞれの値を用いて (4) ～ (7) 式から正確計算値を算出した.

実測値としては,

(a) 曲げヤング係数は試験によって求めた荷重—たわみ曲線の直線部における荷重とたわみの比を用いて求めた.

(b) 曲げ比例限度荷重は荷重—たわみ曲線の直線部から曲線部に変動する点の荷重を求めた.

Table 2. Actual values and calculated values of bending properties of laminated beam.

composition of cross section of beam	number of beam	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}
A $\alpha=0.4$	1	191.13	150.88	150.70	1088	1319	1212	1835	2123	1942
	2	178.88	161.79	159.76	1220	1144	1031	1807	2195	1919
	3	158.50	140.31	139.86	785	850	667	1621	1692	1465
	4	154.38	152.99	153.17	822	1184	1065	1446	2090	1949
	5	200.22	194.29	186.09	1063	1262	1100	1664	2273	2100
B $\alpha=0.5$	1	176.77	148.88	150.57	894	1205	1037	1574	2007	1871
	2	195.32	127.88	178.78	858	1311	1216	1448	2138	2032
	3	146.98	139.20	128.66	871	924	871	1572	1691	1589
	4	163.86	127.88	171.66	967	1147	1072	1485	2026	1828
	5	153.26	148.40	144.95	749	1005	849	1401	1845	1481
C $\alpha=0.6$	1	160.37	129.93	126.85	858	1139	1029	1685	1875	1715
	2	169.54	164.74	164.05	882	1083	994	1769	2002	1848
	3	189.72	170.04	169.00	930	1143	1004	1637	2109	1882
	4	174.58	165.93	166.95	967	1084	1014	1423	2037	1884
	5	167.18	164.06	165.00	846	1018	897	1603	2032	1776
D $\alpha=0.7$	1	110.84	91.60	93.15	785	911	827	1346	1412	1238
	2	135.41	109.02	110.67	749	883	682	1322	1495	1229
	3	134.20	118.47	120.27	749	814	742	1536	1568	1396
	4	153.26	152.14	149.85	773	1028	832	1446	2003	1862
	5	151.39	156.01	162.88	725	961	909	1425	1806	1687

α : the same symbol as shown in Fig. 1.

modulus of elasticity
E_0 : actual value (10^3kg/cm^2)
E_1 : approximately calculated value (〃)
E_2 : accurately calculated value (〃)

load at proportional limit
P_{p0} : actual value (kg)
P_{p1} : approximately calculated value (〃)
P_{p2} :accurately calculated value (〃)

maximam load at rupture
P_{m0} : actual (kg)
P_{m1} : approximately calculated value (〃)
P_{m2} : accurately calculated value (〃)

(2) 実測値と計算値との比 (Table 3, Fig. 2) 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) はすべての群の間に有意差が認められなかった. 修正係数の平均値は 95 %の水準で (1.1114±0.0414) で, 1.0000 との差はやや認められる.

(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) はすべての群 の間に有意差が認められなかった. 修正係数の平均値は 95 %の水準で (1.0998±0.065), で1.0000との差はない.

(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 差は認められない.

曲げ比例限度荷重:

(a) 近似計算値に対する修正係数はすべての群の間に有意差が認められなかった．修正係数の平均値は95%の水準で（0.8260±0.0481）である．

(b) 正確計算値に対する修正係数はすべての群の間に有意差が認められなかった．修正係数の平均値は95%の水準で（0.9337±0.0778）である．

(c) 近似値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た．

曲げ破壊荷重：

(a) 近似計算値に対する修正係数はすべての群の間に有意差が認められなかった．修正係数の平均値は95%の水準で（0.8158±0.0455）である．

(b) 正確計算値に対する修正係数はすべての群の間に有意差が認められなかった．修正係数の平均値は95%の水準で（0.9088±0.0798）である．

(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の差が認められた．

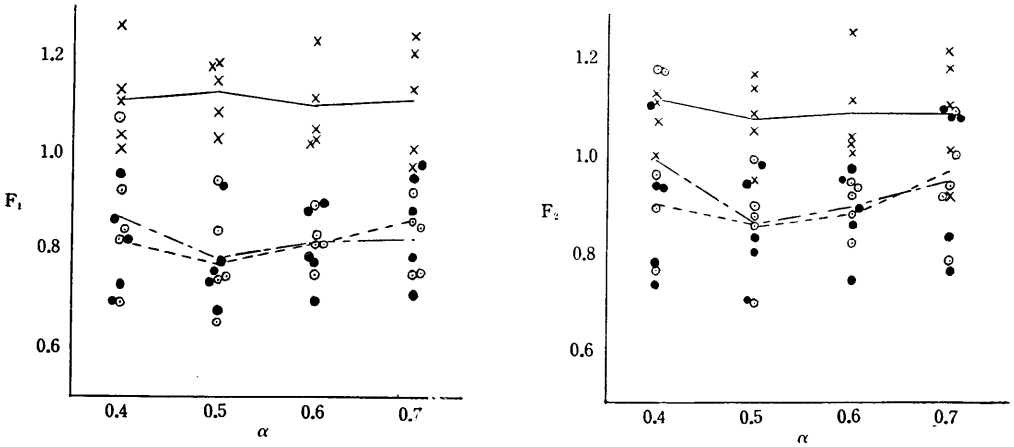
Table 3. correction factors of bending properties of laminated beam.
(ratio of actual value to calculated value)
; the same symbol as defined in Fig. 1 and Table 2.

composition of cross section of beam	number of beam	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}
A $\alpha=0.4$	1	1.2668	1.2682	0.8244	0.8970	0.8643	0.9451
	2	1.1056	1.1197	1.0669	1.1835	0.8235	0.9418
	3	1.1296	1.1329	0.9235	1.1782	0.9584	1.1064
	4	1.0091	1.0079	0.6941	0.7713	0.6919	0.7418
	5	1.0282	1.0759	0.8426	0.9665	0.7325	0.7890
B $\alpha=0.5$	1	1.1872	1.1737	0.7418	0.8627	0.7840	0.8413
	2	1.0829	1.0929	0.6544	0.7055	0.6770	0.7122
	3	1.1494	1.1424	0.9416	0.9985	0.9294	0.9889
	4	1.1772	0.9546	0.8426	0.9012	0.7330	0.8125
	5	1.0328	1.0573	0.7456	0.8818	0.7604	0.9475
C $\alpha=0.6$	1	1.2342	1.2643	0.7532	0.8331	0.8987	0.9830
	2	1.0290	1.0334	0.8146	0.8871	0.8833	0.9573
	3	1.1158	1.1225	0.8143	0.9266	0.7764	0.8698
	4	1.0524	1.0458	0.8923	0.9532	0.6989	0.7554
	5	1.0190	1.0133	0.8305	0.9429	0.7889	0.9027
D $\alpha=0.7$	1	1.2101	1.1899	0.8620	0.9502	0.9537	1.0870
	2	1.2421	1.2236	0.8483	1.0981	0.8843	1.0753
	3	1.1328	1.1158	0.9209	1.0101	0.9792	1.1000
	4	1.0074	1.0227	0.7521	0.9291	0.7098	0.7745
	5	0.9703	0.9295	0.7543	0.7978	0.7889	0.8443

Fig. 2. Relationships between ratios of core depth to beam depth and correction factors.

(i). Ratio of actual value to approximately calculated value ; F_1

(ii). Ratio of actual value to accurately calculated value ; F_2



α ; ratio of core depth to beam depth.
×—— ; modulus of elasticity.
⊙-- — ; load at proportional limit.
●---- ; maximum load at rupture.

V 結　　論

(1) 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すべての場合において，集成梁の表板と芯板の割合は修正係数すなわち実測値と計算値との比に無関係であった．

(2) 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すべての場合において，正確計算値と実測値との間には差がなく，近似計算値と実測値との間には差が認められた．

(3) 曲げヤング係数：実測値が計算値より常に大きく，修正係数は平均して近似計算値に対して (1.111)，正確計算値に対して (1.0998) であった．

(4) 曲げ比例限度荷重：実測値が計算値よりも常に小さく，修正係数は平均して近似計算値に対して (0.826)，正確計算値に対して (0.934) であった．

(4) 曲げ破壊荷重：実測値が計算値よりも常に小さく，修正係数は平均して近似計算値に対して (0.816)，正確計算値に対して (0.909) であった．

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) McKean, H. B.: Mechanical properties and design procedure for glued, and laminated beams. Univ. Mich. School of Forestry and Conservation, Bull. 11 (1944).

4) Jorgensen, R. N.: Strength and elasticity properties of two species laminated wood beams. Forest Products Journal, Vol. 4, No. 6(1956)

5) Freas, A. D. : Studies of strength of glued laminated wood construction. Forest Products Laboratory, ASTM, Bull. No. 170.

6) Ylinnen, A. : Über die Beziehungen zwischen Spätholzteil, Rohwichte, Jarringsbreite, Feuchtigkeitsgehalt und den Elastizitätsmoduln beim finnischen Kieferholz. Holz als Roh-und Werkstoff, 7, 12(1954).

Studies on Two-species Laminated Wood Beams. (I)

Relationship between Ratio of Core Depth to Beam Depth and Correlation Factor.

Haruto WATANABE and Yoshihiro MATAKI

Résumé

This study was developed to obtain any relationships between ratios of core depth to beam depth and correction factors necessary to design calculation of two-species laminated wood beam. The term " correction factor " refers to a ratio of actual value to calculated value. The actual values were obtained by static bending tests of laminated specimens. The core material was air-dried Tsuga-wood (*Tsnga Sieboldii* Carr.) and face material was air-dried Kashi-wood (*Quercus spp.*). Ratios of core depth to beam depth were 0.4, 0.5, 0.6 and 0.7, with 5 beams in each ratio group, 20 test specimens of laminated wood beam (5 by 5by 71-cm) were glued by resorcinol-formaldehyde resin adhesive. The static bending tests were made by center loading and a span length of 65 cm. The calculated values were obtained by two groups of equations theoretically developed. One group was derived assuming that both faces had equal mechanical properties (approximately calculated value), and the other was derived using actual mechanical properties of each face lamina (accurately calculated value). Following results were obtained.

(1) In all cases, there were no relationships between ratios of core depth to beam depth and correction factors.

(2) In all cases, there was little difference between actual and accurately calculated values, but some difference between actual and approximately calculated values.

(3) Modulus of elasticity : - Actual values were always more than calculated values. The mean of correction factors was 1.111 for approximately calculated values and 1. 100 for accurately calculated values.

(4) Load at proportional limit : - Actual values were always less than calculated values. The mean of correction factors was 0.826 for approximately calculated values and 0.934 for accurately calculated values.

(5) Maximam load at rupture : - actual values were less than calculated values. The mean of correction factors was 0.816 for approximately calculated values and 0.909 for accurately calculated values.