

竹材の性質に関する研究(第14報)：含水率の変化に対する竹材の強度の換算式について

太田，基

<https://doi.org/10.15017/14972>

出版情報：九州大学農学部演習林報告．26，pp.103-115，1955-09-30．九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：



竹材の性質に関する研究（第 14 報）

含水率の変化に対する竹材の強度の換算式について

太 田 基

Motoi ŌTA: Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 14)
On the Moisture Content-Strength Adjustment Formula
for Bamboo.

I 緒 言

竹材の強度的性質と含水率との関係が木材に類似して居る事は圧縮¹⁾, 引張²⁾及び剪断³⁾の各実験結果から明らかになつて居る. 従つて含水率の変化に対する竹材の強度の換算式にも, 木材に対して提出されて居る換算式がその常数を適当に変化させる事によつて採用出来るものと考えられる.

現在含水率の変化に対する木材の強度の換算式は, 実際の或る狭い範囲内に限つて含水率と強度との関係は直線で示されると看做した Bauschinger⁴⁾, Hadek 及び Janka⁵⁾, Newlin 及び Wilson⁶⁾ 及び Kollmann⁷⁾ の諸氏の提出した直線式と, 比較的広い範囲に亘つて曲線で示されるとした Wilson⁸⁾ 及び大沢⁹⁾ の両氏が提出した曲線式とに大別する事が出来るようである.

直線であるとした換算式の中には, その含水率—強度直線の傾斜度が強度に正比例的に変化するとした場合 ④ (Bauschinger) と更にその直線が一点に集中すると看做した場合 ⑤ (Kollmann) 及び傾斜度は強度の変化に拘らず一定であると看做した場合 ⑥ (Hadek 及び Janka) とに区別する事が出来る. 又曲線式についても指数曲線式 ⑦ (Wilson) と拋物線式 (大沢) とに区別される.

竹材の強度についても同様な換算式が求め得られるものと考えて, 強度的性質の中でも最も重要なものである繊維方向に平行な圧縮, 引張及び剪断の 3 種の強度を対象として, 各組の試験片から夫々別個に求めた関係式から算出した含水率 15% の強度を正しい数値であると看做して標準強度とし, この標準強度に対して前記の換算式 ④, ⑤, ⑥ 及び ⑦ から夫々算出した含水率 15% の強度を比較し, モウソウチク (*Phyllostachys pubescens* Mazel), マダケ (*Phyllostachys reticulata* C. Koch) 及びハチク (*Phyllostachys nigra var. Henonis* Stapf) に対して全般的に且つ比較よく適合する換算式を決定するのがこの研究の目的である.

尙この研究には筆者が既に発表した前記 3 種類の強度と含水率との関係に関する実験結果を使用したものである. 従つて実験材料及び実験方法その他についての詳細な内容は第 9¹⁾, 10²⁾, 13³⁾ 報を参照されたい.

終りに御指導を受けた渡辺治人教授に対して厚く御礼を申し上げる.

II 実験材料及び方法

1. 材 料 圧縮及び剪断試験にはモウソウチク (*Phyllostachys pubescens* Mazel), マダケ (*Phyllostachys reticulata* C. Koch) 及びハチク (*Phyllostachys nigra* var. *Henonis* Stapf.) を使用し, 引張試験には前 2 者を使用した.

2. 試験片 引張試験には構造用竹材試験方法¹²⁾に規定してある型の試験片を又圧縮及び剪断試験には筆者が第 4, 12 報^{13, 14)}で夫々決定した型を採用した. 試験時の試験片の含水率は濃度を変化させた硫酸を下部に入れたデシケーターの上で平衡状態に達せしめる事によつて, 圧縮試験では 7 段階に, 又剪断及び引張試験では 4 段階に変化させた.

3. 実験方法 破壊荷重はすべて最大秤量 2 ton, 最小目盛 1 kg に切換えたオルゼン型木材用 10 ton 試験機を使用し, 加重速度を 2.4 mm/min として求めた.

実験に際してはすべて水分の平衡状態に達した試験片の含水率の変化を出来るだけ少くするために, 先ず試験片の大きさの測定を行い, 再び平衡状態に達せしめた後強度実験を行いその直後に重量測定を行つた.

4. 結果の処理方法 同一竹筒の比較的材質的に変化の少い部分から製作した 1 組の試験片について, 気乾状態に近い含水率と強度との関係が直線的であると認められる含水率の範囲内において, 含水率とそれに対応する強度とから各組別に直線式を求め, その関係式から含水率 15 % における強度を算出してこれをその竹筒の標準強度とした. 但し圧縮においては両者の関係は指数曲線によつて最もよく示されるので指数曲線式を使用して個々の竹筒の標準強度を求めた.

換算式としては前述の 4 種類を取り上げて各換算式の常数を求め, 各換算式別に含水率 15 % に対する強度を竹筒毎に算出した.

換算式として直線式を採用する場合: 一

- ④ 含水率の増減による強度の減増の量が強度に正比例すると考えたもので次式 (A 式と略称する) で示される.

$$\sigma_1 = \sigma_2 \{1 + K(u_2 - u_1)\} \dots \dots \dots \text{④}$$

σ_1 及び σ_2 は夫々含水率 u_1 及び u_2 % に対する強度, 又 K は常数である.

常数 K の 100 倍の数値が含水率 1 % の増減に対する強度の減増する % に相当するものである.

この式を $\sigma_1/\sigma_2 - 1 = K(u_2 - u_1)$ とし $(\sigma_1/\sigma_2 - 1)$ と $(u_2 - u_1)$ との回帰直線式から K の値を算出した.

- ⑤ ④ に更に含水率と強度との関係を示す直線は常に一定点 ($\sigma = l, u = m$) で交はると考えたもので次式 (B 式と略称する) で示される.

$$\sigma_1 = (m - u_1)(\sigma_2 - l)/(m - u_2) + l \dots \dots \dots \text{⑤}$$

含水率 (x) と強度 (y) との関係式を $y = a - bx$ で表はし定点 (l, m) を原点とする座標 (Y, X) に変換すれば, $Y = l + a + bm - bX$ となり $l + a + bm = 0$ でなければならぬ. 従つて a と b との一次式 $a = -l - bm$ が成り立つ訳である. この a と b との回帰直線式から l と m とを求めた.

- ⑥ 含水率と強度との関係を表す直線の傾斜は常に一定であると看做したもので次の式 (C 式と略称する) で示される.

$$\sigma_1 = \sigma_2 + M(u_2 - u_1) \dots\dots\dots \textcircled{C}$$

この式を $\sigma_1 - \sigma_2 = M(u_2 - u_1)$ と書き換えて $(\sigma_1 - \sigma_2)$ と $(u_2 - u_1)$ との回帰直線式から常数 M の数値を求めた。

換算式として指数曲線式を採用する場合：—

- ⑩ 強度の対数と含水率で直線的関係を有する事から C 式の強度の代りにその対数を入れた形の次の式 (D 式と略称する) で示される。

$$\log \sigma_1 = \log \sigma_2 + N(u_2 - u_1) \dots\dots\dots \textcircled{D}$$

N は $b \log e$ で常数である。

この式を $\log \sigma_1 - \log \sigma_2 = N(u_2 - u_1)$ とし $(\log \sigma_1 - \log \sigma_2)$ と $(u_2 - u_1)$ との回帰直線式から常数 N を求めた。

以上の 4 種類の換算式から含水率 15 % に対する強度を算出し、その数値と標準強度とを比較して、強度の種類及び竹の種類を通じてその差がより少く且つ χ^2 検定による適合度の大であるものを最も適当な換算式とした。

但し有意な関係の得られなかつた種類の式については参考のために更に各竹筒別に夫々の常数を算出し、その常数を 5 % の危険率で棄却して平均値を求めた。

III 実 験 結 果

1. 圧縮強度 換算式の常数を求めるための相関関係を図示すれば、A、B 及び C 式に対しては夫々第 1、2 及び 3 図のように、又 D 式に対しては第 9 報¹⁾に示すように、いづれも危険率 5 % において有意な関係が認められ、相関及び回帰関係を検討して第 1 表の結果を得た。

次に各換算式から含水率 15 % に対する夫々の強度を算出して第 2 表に示す結果を得た。

更に標準強度 ⑤ 及び夫々の強度 (A, B, C 及び D) を比較して第 3 表及び第 4 図の結果を得た。

2. 引張強度 繊維飽和点以下の範囲内において、含水率に対する強度の変化は第 10 報²⁾で報告したように非常に狭い範囲でのみ正常な変化状態を示すので、到底 D 式を採用する事が不可能であるから、引張強度に対しては A、B 及び C 式の 3 種類に就てのみ検討を行つた。併し乍ら圧縮強度とは相違して有意の相関及び回帰関係の求められたのは B 式からの換算値のみでその結果を第 4 表及び第 5 図に示した。

別に A 及び C 式の常数を竹筒別に算出してその平均値を求めると換算式としては第 4 表に示すものが得られた。

以上の 3 種類の換算式から含水率 15 % に対する強度を求めて第 5 表に示す結果を得た。

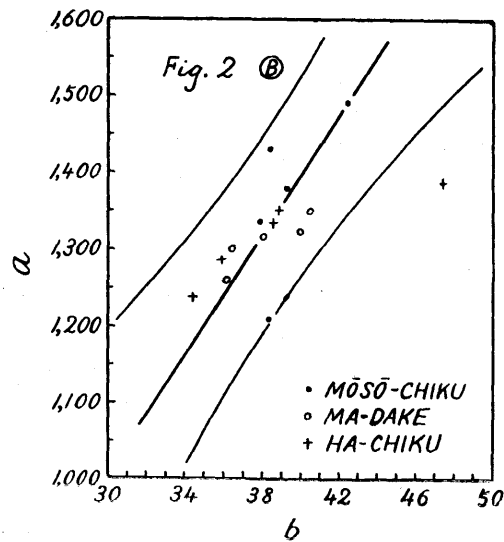
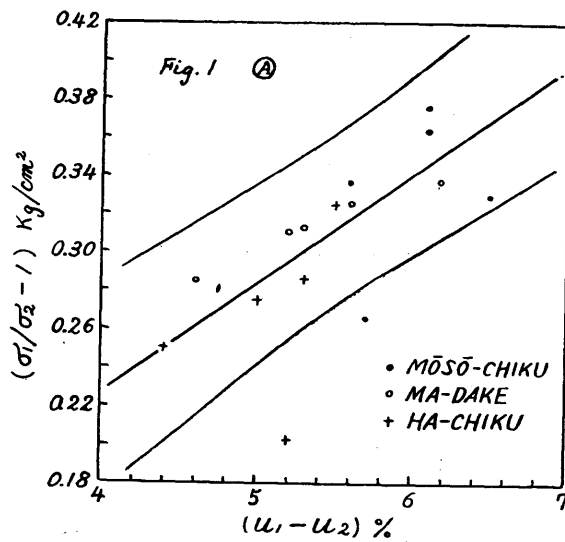
又標準強度と 3 種の換算式から求めた強度とを夫々比較したがどの強度間にも有意差の存在は認められなかつたが、標準強度に対する適合度は第 6 表のように B 式から換算した強度が最も標準強度に近いが、圧縮強度の場合よりも適合度が低い。

3. 剪断強度 引張強度の場合と同様に B 式に対してのみ有意な相関及び回帰関係が得られ、その結果は第 7 表及び第 6 図に示した。

別に A 及び C 式の常数の平均値を引張強度の場合と同様にして求めれば換算式は第 7

Table 1. Compression.

type of formula	number	correlation coefficient	regression coefficient	empirical formula
A	13	0.842***	0.0575***	$\sigma_{e1} = \sigma_{e2} \{1 + 0.0575(u_2 - u_1)\}$
B	14	0.829***	38.9***	$\sigma_{e1} = (\sigma_{e2} + 160.5)(38.9 - u_1) / (38.9 - u_2) - 160.5$
C	13	0.949***	46.7***	$\sigma_{e1} = \sigma_{e2} + 46.7(u_2 - u_1)$
D	15	0.983***	0.0195***	$\log \sigma_{e1} = \log \sigma_{e2} - 0.0195(u_2 - u_1)$



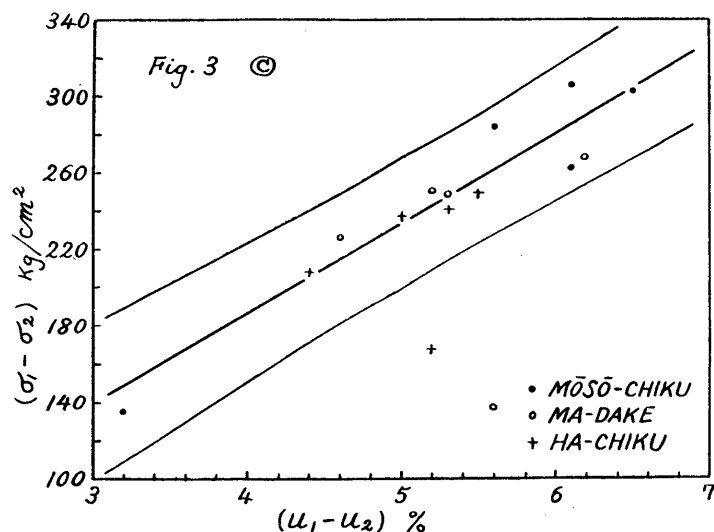


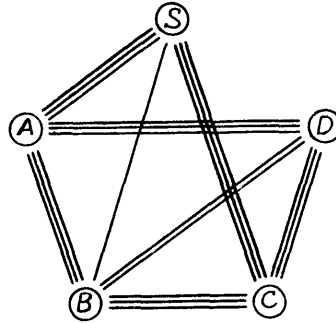
Table 2. Computed compressive strength at 15 % moisture content.

		standard	A	B	C	D
MŌSŌ-CHIKU	A	855.6	851.2	849.4	851.9	851.6
	B	790.5	779.8	777.4	778.3	780.5
	C	767.0	758.9	756.7	756.9	759.4
	E	633.4	638.9	636.4	633.0	639.3
	G	856.4	856.7	854.6	858.0	857.3
MA-DAKE	A	743.6	743.6	741.4	741.1	750.9
	B	716.1	712.1	709.1	706.5	713.7
	D	755.7	745.0	742.7	742.5	745.4
	E	746.5	740.6	747.7	736.9	742.0
	F	723.5	725.1	722.2	720.4	726.8
HA-CHIKU	A	766.0	764.9	762.3	762.7	765.7
	B	677.5	698.4	739.8	736.1	735.9
	C	721.4	714.5	712.0	710.6	715.1
	D	747.4	735.8	733.5	732.0	738.8
	E	756.6	765.7	763.1	763.7	767.4

Table 3. Fitness of computed strength to standard strength.

	number	χ_0^2	fitness
A	15	4.312	$0.99 > \text{Pr} > 0.98$
B	15	1.176	$\text{Pr} > 0.99$
C	15	6.814	$0.95 > \text{Pr} > 0.90$
D	15	0.847	$\text{Pr} > 0.99$

Fig. 4 Variance of strength computed from formula A, B, C and D to standard strength S



≡ Significant at the 0.1 % level of probability

= " " 1 % " "

- " " 5 % " "

Table 4. Moisture content-strength adjustment formula for tensile strength.

type of formula	number	correlation coefficient	regression coefficient	empirical formula
A	10	0.182		$\sigma_{t1} = \sigma_{t2} \{1 + 0.0391(u_2 - u_1)\}$
B	9	0.977***	20.3***	$\sigma_{t1} = (\sigma_{t2} - 1,624.5)(20.3 - u_1) / (20.3 - u_2) + 1,624.5$
C	9	0.004		$\sigma_{t1} = \sigma_{t2} + 106.6(u_2 - u_1)$

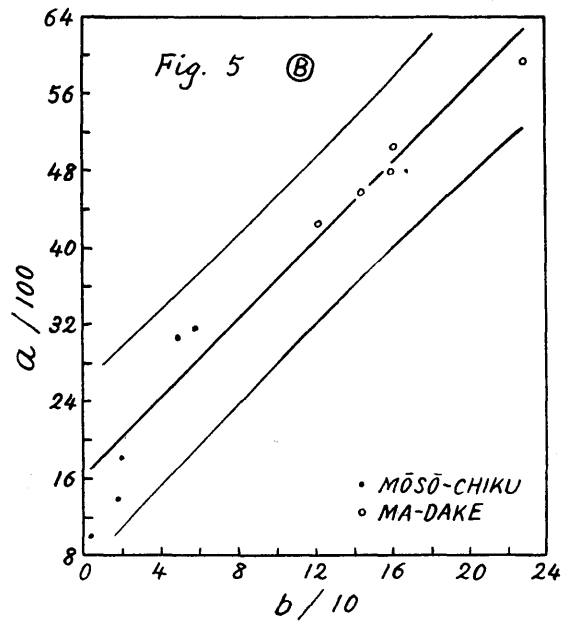


Table 5. Computed tensile strength at 15% moisture content.

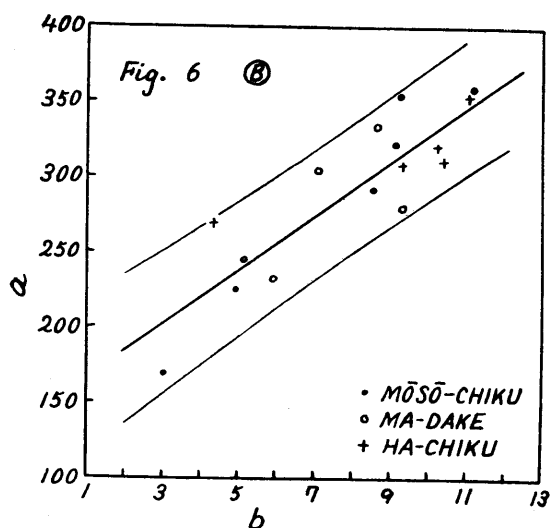
		standard	A	B	C
MŌSŌ-CHIKU	A	1,531.3	1,527.2	1,548.9	1,522.5
	B	1,504.5	1,450.5	1,521.0	1,407.5
	C	1,127.1	1,135.0	1,091.6	1,153.8
	D	2,296.2	2,273.5	2,244.9	2,257.5
	E	2,333.7	2,276.1	2,245.6	2,259.4
MA-DAKE	A	2,408.5	2,431.1	2,405.9	2,426.3
	B	2,417.8	2,436.2	2,398.1	2,429.6
	C	2,535.8	2,632.9	2,574.4	2,632.6
	D	2,642.0	2,714.4	2,605.8	2,723.6
	E	2,416.0	2,490.3	2,426.9	2,485.1

Table 6. Fitness of computed strength to standard strength.

	number	χ^2	fitness
A	10	11.990	0.30 > Pr > 0.20
B	10	7.270	0.70 > Pr > 0.50
C	10	18.336	0.05 > Pr > 0.02

Table 7. Moisture content-strength adjustment for shear.

type of formula	number	correlation coefficient	regression coefficient	empirical formula
A	16	-0.281		$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} \{1 + 0.055(u_2 - u_1)\}$
B	16	0.888***	18.0***	$\sigma_{s1} = (\sigma_{s2} - 148.5)(18.0 - u_1) / (18.0 - u_2) + 148.5$
C	16	-0.279		$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} + 8.46(u_2 - u_1)$



表に示すものが得られた。

これらの3種類の換算式から含水率 15% に対する強度を算出して第8表に示す結果を得た。

又標準強度と換算式から求めた強度とを夫々比較したが、A式とB式から換算した強度の間に危険率5%で有意差が認められただけで、その他の強度間では認められなかった。

標準強度に対する換算式から求めた強度の適合度を χ^2 検定によつて求めた結果を第9表に示す。

Table 8. Computed shearing strength at 15% moisture content.

		standard	A	B	C
MŌSŌ-CHIKU	A	123.0	122.8	124.4	122.8
	B	216.2	215.2	213.8	216.5
	C	151.8	142.3	149.6	143.1
	D	185.4	178.1	179.9	181.5
	E	164.7	164.4	167.6	166.3
	F	192.6	189.9	191.1	191.4
MAD-AKE	A	166.9	161.3	164.4	162.8
	B	142.9	151.8	155.9	152.9
	C	139.9	148.1	152.6	149.1
	D	203.7	202.1	206.4	212.4
	E	197.6	202.1	208.4	198.0
HA-CHIKU	A	188.0	184.1	183.9	182.6
	B	203.2	192.0	194.4	195.1
	C	155.5	158.0	153.7	157.0
	D	167.7	161.0	158.0	161.8
	E	169.0	171.6	177.3	179.0

Table 9. Fitness of computed strength to standard strength.

	number	χ_0^2	fitness
A	16	3.370	Pr>0.99
B	16	4.760	Pr>0.99
C	16	3.674	Pr>0.99

第9表の結果から見れば3種類の換算式は皆よく適合するものと認められるが、強いて言えば A→C→B の順序に適合度は低くなつて居るとも考えられる。

IV 結 論

標準強度に対する換算強度の差の有意性を検定した結果によれば、引張強度及び剪断強度では差が認められず圧縮強度においてのみ差が認められた。その圧縮強度においても尙 D式から求めた換算強度では有意差が認められず、B式の換算強度は5%の危険率で又A及びC式では0.1%で有意差が認められた。

更に χ^2 検定による適合度の検定結果からも D 式による換算強度が最もよく適合し、ついで B 式、A 式の順序に従って適合度が低下して居る。

併し乍ら指数曲線式であるところの D 式は圧縮強度については容易に求め得られるが他の 2 種類の強度に対しては求める事が困難であり、又比較的簡単な換算式が望ましい点からも一応 D 式を割愛して別問題とする。

残りの A、B 及び C 式の 3 種類の換算式の中で有意な相関及び回帰関係から求め得られたものは B 式のみである。

又試みに A 及び C 式について個々の竹筒別に算出した常数の平均値を採用した換算式から求めた換算強度と B 式から求めた換算強度を同一に取扱つて標準強度に対する適合度を χ^2 検定によつて検討すれば、引張強度では B 式 > A 式 > C 式、剪断強度では A 式 > C 式 > B 式の順となる。

併し乍ら圧縮強度、引張強度及び剪断強度を綜合して適合度の検定を行つて第 10 表に示すように、B 式による換算強度が標準強度に最もよく適合し A 式がこれに次ぎ C 式による換算強度が最も適合度が低い事が判明するのである。

Table 10. Fitness of computed strength to standard strength.

type of formula	number	χ^2	t
A	40	19.6715	2.616*
B	40	13.2047	3.759***
C	40	28.8235	1.296

従つてこの研究の範囲内では比較的簡単な換算式である事、有意な相関及び回帰関係の存在する事及び適合度の高い事の諸点から B 式が最も適當であると考えられる。併し乍ら B 式の常数 l の値が Kollmann の示した式のように零にはならず、第 1、4 及び 7 表に示すように圧縮強度に対するものは -160.5 、引張強度には $1,624.5$ 又剪断強度には 148.5 となり、圧縮強度は兎も角として引張強度及び剪断強度に対しては現実面において不都合を生ずる恐れが多分に存在する。

故に一般的に広い範囲において使用する換算式としては A 式を採用す可きである。

モウソウチク・マダケ及びハチクに共通する含水率の変化に対する強度の換算式は次に示すものとなる。

$$\text{圧縮強度} \quad \sigma_{c1} = \sigma_{c2} \{1 + 0.058(u_2 - u_1)\}$$

$$\text{引張強度} \quad \sigma_{t1} = \sigma_{t2} \{1 + 0.039(u_2 - u_1)\}$$

$$\text{剪断強度} \quad \sigma_{s1} = \sigma_{s2} \{1 + 0.055(u_2 - u_1)\}$$

これ等の換算式の常数はアメリカの結果では圧縮強度は 6% 又引張強度は 3% であるから本結果と大体一致するが、剪断強度は 3% で本結果との間には差があるようである。

V 摘 要

竹材について比較的簡単で併も信頼性のある含水率の変化に対する強度の換算式を求めるために、繊維方向に平行な圧縮、引張及び剪断試験において強度と含水率との関係を求

めた実験の資料を利用して、木材に関して提出されて居る換算の中で次の4種類を採用してその適・不適を検討した。

$$\begin{aligned} \text{A 式} \quad & \sigma_1 = \sigma_2 \{1 + K(u_2 - u_1)\} \\ \text{B 式} \quad & \sigma_1 = (\sigma_2 - l)(m - u_1)/(m - u_2) + l \\ \text{C 式} \quad & \sigma_1 = \sigma_2 + M(u_2 - u_1) \\ \text{D 式} \quad & \log \sigma_1 = \log \sigma_2 + N(u_2 - u_1) \end{aligned}$$

実験材料は我国において広く使用されて居る大型の稗を有するモウソウチク・マダケ及びハチクである。

得られた結果を次に示す。

1. 圧縮強度に関しては第1, 2, 3図及び第1表のように、総べて有意な回帰方程式が求められたが、夫々の換算式から算出した含水率15%に対する強度と個々の竹筒の含水率—強度関係式から求めた同一含水率に対する標準強度との間には、B式から求めたものは0.5%の危険率で、A及びC式からのものは0.01%で有意差が認められたが、D式から求めたものでは有意差が認められなかつた(第2表及び第4図参照)。 χ^2 検定による標準強度の適合度は第3表のようにD>B>A>Cの順序であつた。

2. 引張強度では有意な回帰方程式の得られたものは第5図及び第4表のようにB式丈けであり、標準強度に対する換算強度の有意差が認められたものは無かつた(第5表参照)。又適合度は第6表に示すように低くB>A>Cの順序であつた。

3. 剪断強度では引張強度と同様に有意な回帰方程式の得られたものは第6図及び第7表のようにB式丈けであり、標準強度に対する換算強度の有意差が認められるものは無かつた(第8表参照)。併し乍ら適合度は第9表に示すように高くA>C>Bの順序であつた。

以上の結果から次の結論を得た。

4. D式は引張強度及び剪断強度では求める事が困難であり且つ式の構造が簡単でないから一応除外すれば、残りの3種類の換算式中で3種類の強度的性質を通じて有意な回帰方程式が求め得られ且つ第10表に示すように適合度の高いのはB式であるが、広い範に亘つて含水率の変化に対する強度の換算式として採用するには不都合を生ずる場合があるので、反つてA式の方が適當である。

5. 求めた換算式は次に示すものである。

$$\begin{aligned} \text{圧縮強度} \quad & \sigma_{c1} = \sigma_{c2} \{1 + 0.058(u_2 - u_1)\} \\ \text{引張強度} \quad & \sigma_{t1} = \sigma_{t2} \{1 + 0.039(u_2 - u_1)\} \\ \text{剪断強度} \quad & \sigma_{s1} = \sigma_{s2} \{1 + 0.055(u_2 - u_1)\} \end{aligned}$$

参 考 文 献

- 1) 太田 基, 九州大学農学部演習林報告, 第22号, 1953.
- 2) 太田 基, 九州大学農学部演習林報告, 第23号, 1954.
- 3) 太田 基, 九州大学農学部演習林報告, 第25号, 1955.
- 4) Bauschinger. 10) による.
- 5) Hadek, A. und G. Janka. 7) による.
- 6) Newlin, A. J. and Wilson, T. R. C. 11) による.
- 7) F. Kollmann. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2 Aufl. 1 Band 1951.
- 8) Wilson, T. R. C., U. S. D. Agr. Tech. Bull., 282, 1932.
- 9) 大沢正之, Jour. Coll. Agr. Hokkaido Imp. Univ. 27, 1930.
- 10) 関谷文彦, 木材強弱論, 1939.
- 11) A. Koehler, The Properties and Uses of Wood. 1924.
- 12) 日本規格, 建築(3101) 構造用竹材試験方法, 1947.
- 13) 太田 基, 日本林学会誌, 第33巻, 第2号, 1950.
- 14) 太田 基, 九州大学農学部演習林報告, 第24号, 1955.

STUDIES ON THE PROPERTIES OF BAMBOO STEM (Part 14)

On the Moisture Content-Strength Adjustment Formula for Bamboo.

Motoi ÔTA

(R é s u m é)

Many methods (approximate, equation and graphical) of moisture content-strength adjustment have been reported for wood, and there are exponential formula and straight-line formulas in the equation method.

The equation methods of moisture content-strength adjustment for the compression, tension, and shear tests parallel to the grain of bamboo splint are studied in this report based on the moisture content-strength adjustment formulas for wood, to find simpler and more reliable formulas.

The moisture content-strength adjustment formulas studied are as follows:

Straight-line formulas:-

$$A. \sigma_1 = \sigma_2 \{1 + K(u_2 - u_1)\}$$

$$B. \sigma_1 = (\sigma_2 - l)(m - u_1)/(m - u_2) - l$$

$$C. \sigma_1 = \sigma_2 + M(u_2 - u_1)$$

Exponential formula:-

$$D. \log \sigma_1 = \log \sigma_2 + N(u_2 - u_1)$$

where u_1 and u_2 are values of moisture content, σ_1 and σ_2 are corresponding strength values, and K , l , m , M and N are constants.

The species used in this study are MÔSÔ-CHIKU (*Phyllostachys pubescens* Mazel), MA-DAKE (*Phyllostachys reticulata* C. Koch) and HA-CHIKU (*Phyllostachys nigra* var. *Henonis* Stapf.).

The results obtained are summarized as follows:

1. There are significant correlation and regression relations between the strength and the moisture content at 5% level of probability with Formulas A, B, C, and D in the compression test as shown in Fig's. 1-4, and Table 1.

There is no significant variance between the standard compressive strengths at 15% moisture content calculated from the data of the same bamboo splints respectively, and the compressive strengths at 15% moisture content computed by Formula D, but significant variances are recognized at the 5% level of probability with the strengths computed by Formula B, and at 0.1% level of probability with those by Formulas A and C as shown in Table 2.

The order of fitness of the computed strength to the standard strength by χ^2 -test is $D > B > A > C$ as shown in table 3.

2. There are significant correlation and regression relations between the

strength and the moisture content at 5% level of probability with Formula B only in the tension test as shown in Fig. 6 and Table 4, but no significant variance between the standard strength and the computed strength by three Formulas A, B and C at 5% level of probability as shown in Table 5.

The order of fitness of the computed strength to the standard strength by χ^2 -test is $B > A > C$ as shown in Table 6.

3. Significant correlation and regression relations between the strength and the moisture content in the shearing test at 5% level of probability are found with Formula B only, as in the tension test, as shown in Fig. 7 and Table 7, and there is no significant variance between the standard strength and the strengths computed by three Formulas A, B and G as shown in Table 8.

The order of fitness of the computed strength to the standard strength by χ^2 -test is $A > C > B$ as shown in Table 9.

The following conclusions are drawn from the aforementioned results.

4. Excepting Formula D because it is difficult to determine the value of constant N in Formula D for tension and shear tests, the Formula B is the suitable moisture content-strength adjustment formula for bamboo from the stand point of the significance of correlation and regression relations between the strength and the moisture content, and the fitness of the computed strength to the standard strength regarding the species and the strength properties of bamboo, but since the values of constant l in Formula B is not suited for the general use, formula A must be used for the adjustment of the strength for the moisture content.

5. The following moisture content-strength adjustment formulas are decided as a result of this study.

$$\text{Compressive strength: } \sigma_{c1} = \sigma_{c2} \{1 + 0.058(u_2 - u_1)\}$$

$$\text{Tensile strength: } \sigma_{t1} = \sigma_{t2} \{1 + 0.039(u_2 - u_1)\}$$

$$\text{Shearing strength: } \sigma_{s1} = \sigma_{s2} \{1 + 0.055(u_2 - u_1)\}$$