

竹材の性質に関する研究(第11報)：膨潤及び乾縮過程から求めた竹材の繊維飽和点について

太田，基

<https://doi.org/10.15017/14961>

出版情報：九州大学農学部演習林報告．24，pp.61-72，1955-01-10．九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11報)

膨潤及び乾縮過程から求めた竹材の繊維飽和点について

太 田 基

Motoi ŌTA: Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 11)

On the Fiber-Saturation Point obtained from the Effect of the Moisture Content on the Swelling and Shrinkage of Bamboo Splint.

I 緒 言

圧縮試験及び引張試験の結果から求めた竹材の繊維飽和点は夫々 $17.2 \pm 1.72\%$ 及び $16.5 \pm 2.03\%$ であつて、木材の繊維飽和点 (20~35%) よりも低い事は既に筆者^{1,2)} が報告したところである。又鈴木³⁾ も同様に竹材の繊維飽和点が木材よりも低い事を予想して居る。

木材の繊維飽和点に関する研究は既に多く行はれ、一般的には測定方法の相違には無関係に殆んど類似した数値を示す事が認められて居る。併し乍ら乾縮による繊維飽和点の測定は、その方法として不適当である^{4,5)} 又膨潤及び乾縮過程から求めた数値は一致しない⁶⁾ とも発表されて居るが、一方において Stamm⁷⁾ は乾縮過程から求めた繊維飽和点を他の方法から求めた数値とよく一致すると発表して居る。

筆者は木材よりも低い数値を示す竹材の繊維飽和点を検討すると同時に予想され得る膨潤、乾縮両過程から求めた数値の差異を確めるために本研究を行つたのである。

本研究に関して御指導を賜つた渡辺教授に謝意を表する。又本研究の経費の一部には文部省科学研究費をあてた事を附記する。

II 実験材料及び方法

1. 実験材料 九州大学農学部粕屋演習林荒平団地から採取して圧縮強度と含水率との関係に関する実験¹⁾ に使用した材料の残部を使用した。種類はモウソウチク (*Phyllostachys pubescens* Mazel) とマダケ (*Phyllostachys reticulata* C. Koch) とである。

2. 試験片 稈壁の厚さを大, 中, 小の3段階に区分して, モウソウチクとマダケから夫々5個宛の節間部分を選び出した。各節間部分の中央から, 構造用竹材試験方法規格⁸⁾ の9章に示された型の試験片を, 繊維方向に連続して2個宛合計20個作製した。

3. 実験方法

a. 試験片の含水率の調整 第9報¹⁾ の実験に使用した試験片の含水率を変化させるために濃度を変へた硫酸を下部に入れたデシケーターの中で, 平衡含水率の差の少ないものを除いて5個 (硫酸の濃度は約0%, 10%, 30%, 50%, 65%及び72%) のデシケーターを使用した。

各節間部分から1個宛従つてモウソウチクとマダケの両者について5個宛計10個を1組とした。先ず気乾状態において重量並びに稈軸方向, 半径方向及び切線方向の長さを夫

々一定した中央部分で測定した。その後1組は温度 $103 \pm 2^\circ\text{C}$ の送風式乾燥機中で重量が一定値に達した時を絶乾状態として同様に測定し、続けて先ず低湿度のデシケーター（下部の硫酸の濃度は約 72 %）中で試験片の含有水分量とデシケーター中の湿度とを平衡状態に達せしめて測定し、順次高湿度のデシケーターに移し、これを繰返しながら膨潤過程を進めて最後には試験片を水中に入れてサッカードで減圧しては常圧に戻して水の浸透を促進し、これを繰返しながら外側の表皮が完全に水の浸透によつて変色し充分水が試験片中に入つたと認められる迄約1週間続けた後、水浸状態での測定を行つた。尚デシケーターに入れた後、平衡状態に達するには約1ヶ月乃至1.5ヶ月を必要とした。他の1組は気乾状態の測定を終えたならば、先ず水中に入れ膨潤過程の最後の段階の処理と同様にして水を充分浸透させて同じ測定を行い、その後は膨潤過程とは逆に乾縮過程をたどりながら測定を繰返した。

b. 測定及び算出方法. 気乾状態にない試験片の測定をする場合には、デシケーターから取り出した後の試験片1個宛について最初に重量を測定しその後直ちに3方向の長さを測定した。重量の測定には感量 1mg の天秤を、又長さの測定には精度 1/20mm のキャリパーを使用した。

膨潤率及び乾縮率はすべて絶乾状態の長さに対する同一方向の長さの全変化量の百分率で示した。絶乾状態の体積は水銀測容器で測定したが含水率は常法によつて求めた。

含水率と膨潤率並びに乾縮率との関係式は圧縮試験及び引張試験から求めた繊維飽和点の含水率が約 17 %であつた事^{1,2)}を考慮して、含水率 10 %以下の範囲内の数値から求めた。

又繊維飽和点は含水率とその含水率に対応する膨潤率並びに乾縮率との関係式と夫々の膨潤率並びに乾縮率の最大値から算出した。

III 実 験 結 果

A. 膨潤過程 試験片を一旦絶乾状態とした後に徐々に含水率を増加させながら測定した実験結果は第1表に示す通りである。

Table 1. Results of test in swelling process.

specimen		in oven dry		swelling from oven dry to water soaked condition %			fiber-saturation point %		
		thickness cm	specific gravity	longitudinal	radial	tangential	longitudinal	radial	tangential
MŌSŌ-CHIKU	13- 2	1.195	0.772	0.67	4.60	3.52	18.8	19.1	24.5
	7-12	0.640	0.919	0.50	4.69	4.17	16.9	30.7	13.0
	7- 8	0.705	0.854	0.85	5.67	3.57	13.3	13.9	10.6
	3- 9	0.440	0.687	0.50	11.35	7.37	10.2	21.7	15.8
	2- 9	0.600	0.791	0.50	7.50	2.01	8.9	14.0	11.5
MA-DAKE	8- 3	0.555	0.763	0.33	9.91	2.99	8.8	12.7	17.2
	7- 8	0.440	0.731	0.17	7.95	2.01	11.2	13.2	14.5
	5- 4	0.460	0.871	0.33	5.43	4.62	10.9	24.6	17.7
	4- 6	0.430	0.764	0.67	5.81	1.99	11.8	11.5	12.7
	1- 11	0.395	0.919	0.34	3.80	3.65	9.3	26.1	11.2

1. 絶乾比重. モウソウチクは 0.687~0.919, マダケでは 0.731~0.919 で両者の数値はよく類似して居り, 稈壁厚と絶乾比重との間には明瞭な関係の存在は認められなかつた.
 2. 膨潤率. 稈軸方向膨潤率は 0.17~0.85 %, 半径方向は 3.80~11.36 % 又切線方向では 1.99~7.39 % であつた. 稈軸方向の膨潤率が最小値を, 切線方向が中間値を, 又半径方向が最大値を示して居るが, この結果は木材が切線方向が半径方向よりも大である事実とは異なる傾向である.
 3. 繊維飽和点. 全試験片について膨潤率と含水率との間には危険率 5 % で有意な直線関係が存在し, 稈軸方向から求めた繊維飽和点は 8.8~18.8 %, 半径方向は 11.5~30.7 %, 切線方向では 10.6~24.5 % であつて, 稈軸方向の数値は他の 2 方向から求めた数値よりも低いようである.
- B. 乾縮過程** 試験片を一旦水中に沈め充分水分を含有させた後, 徐々に含水率を減少させながら測定した結果は第 2 表に示す通りである.

Table 2. Results of test in shrinkage process.

specimen		in oven dry		shrinkage from water soaked condition to oven dry %			fiber-saturation point %	
		thickness cm	specific gravity	longitudinal	radial	tangential	radial	tangential
MOSŌ-CHIKU	13- 2	1.190	0.731	0.33	4.62	3.02	—	24.8
	7-12	0.640	0.914	0.17	5.47	4.71	33.2	23.6
	7- 8	0.710	0.822	0.17	5.63	4.10	—	20.8
	3- 9	0.445	0.653	0.33	11.24	8.51	39.6	25.7
	2- 9	0.590	0.763	0.50	6.78	3.09	—	24.1
MA-DAKE	8- 3	0.565	0.726	0.50	5.31	4.57	26.7	30.3
	7- 8	0.420	0.704	0.33	7.14	3.08	45.2	23.7
	5- 4	0.460	0.839	0.33	7.61	4.12	—	21.9
	4- 6	0.425	0.729	0.50	7.06	4.00	—	23.1
	1-11	0.445	0.888	0.17	5.62	5.29	37.7	27.7

1. 絶乾比重. モウソウチクは 0.653~0.914, マダケは 0.704~0.888 で両者の数値はよく類似して居り, 稈壁厚と絶乾比重との間には明瞭な関係の存在は認められなかつた. 併しながら膨潤過程から求めた数値よりは総べて低い数値を示して居る.
2. 乾縮率. 稈軸方向乾縮率は 0.17~0.50 %, 半径方向は 4.62~11.24 % 又切線方向では 3.02~8.51 % であつて膨潤過程と同じく稈軸方向 < 切線方向 < 半径方向の順に大となるようである.
3. 繊維飽和点 繊維方向全部と半径方向の約半数は乾縮率と含水率との間に危険率 5 % で有意な相関関係が認められなかつた. 有意な相関関係が認められた範囲内での繊維飽和点は半径方向が 26.7~45.2 %, 切線方向では 20.8~30.3 % で膨潤過程から求めた数値よりも大で, 木材の繊維飽和点と類似して居る.

IV 検 討 及 び 結 論

1. 異つた過程から求めた絶乾比重の差 小栗⁹⁾ 及び加納¹⁰⁾ は竹材の冷水抽出物質の含有

量を発表して居るが、大体その結果は 2.66~18.60 % である。又モウソウチクについては小栗⁹⁾が 5.33 %, 加納¹⁰⁾が 10.5 %, 鈴木³⁾が内層部で 8.5~18.2 % の数値を得て居る。従つて本結果の示す膨潤過程と乾縮過程とから求めた絶乾比重には第 1, 2 表のように差があり、前者が大である事は当然であると考えられる。両者間の差を検定すれば次のように

$$\bar{x}=0.030 \quad u^2=0.00009529 \quad t_0=9.785 \quad f=9$$

危険率 0.1 % で有意差が認められた。更に冷水抽出物質の割合を算出すればモウソウチクは 0.5~5.3 %, マダケは 3.4~4.9 % で、化学実験から求めた前記の数値よりも小であるのは粉末にせず試験片を使用して得た結果である事から当然であると考えられる。

2. 膨潤率と乾縮率との差 膨潤率と乾縮率とについて処理別、方向別並びに種類別に分散分析を行つた結果を第 3 表に示す。

Table 3. Analysis of variance

		S. S.	f	V	F
MŌSŌ-CHIKU or HA-CHIKU	D	4.2507	1	4.2507	1.33
shrinkage or swelling process	M	1.3410	1	1.3410	—
interaction	D M	0.3154	1	0.3154	—
longitudinal, tangential or radial	T	361.5667	6	60.2611	18.79**
interaction	T(M ₁)	191.1786	3	63.7262	19.88**
interaction	T(M ₂)	170.3881	3	56.7960	17.71**
error	E	153.9035	48	3.2063	—
error	E(M ₁)	67.7891	24	2.8245	—
error	E(M ₂)	86.1144	24	3.5881	—

** significant at the 1 per cent. level of probability

この結果から判断出来る事柄は次の通りである。

a. 処理別即ち膨潤過程と乾縮過程とから別々に求めた膨潤率と乾縮率との間には有意差は認められなかつた。従つて膨潤率と乾縮率とを一緒にして、水分による変形率として同一に取扱つても大きな過ちは無い事になる。

b. 方向別には危険率 1 % で有意差が認められた。これは竹材は木材と同様に方向性を有するから当然である。

c. モウソウチクとマダケとの間には水分による変形率の有意差は認められなかつた。両者の間に差が存在しないとは言へないかも知れないが、差が存在しても僅かであつて、更に多数の実験結果によらなければ明瞭な有意差は認め得ないのであろう。

更に膨潤率と乾縮率とを一括して変形率として取扱ひ、方向別の水分による変形率の差を検定すれば、第 4 表に示すように稈軸方向、半径方向及び切線方向の相互間において危険率 0.1 % で有意差が夫々認められた。

3. 方向別の変形率の比 木材の正常材の変形率は軸方向、柾目方向、板目方向に於て大体 0.2:1:2 の比率である事は既に広く認められて居る。竹材についても同様に一定した比率が存在するか否かを検討するために、半径方向変形率 (λ_r) に対する稈軸方向変形率 (λ_l) 及び切線方向変形率 (λ_t) の比を夫々求めた結果を第 5 表に示す。

Table 4. T test of significant variance of directional deformation

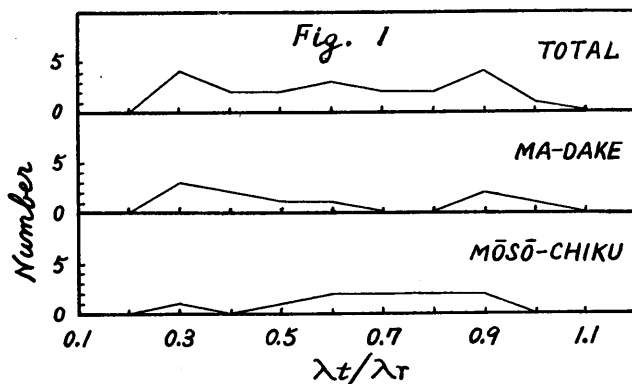
	number of specimen	mean value of deformation		mean of squares	degree of freedom	t_0
λ_l	20	0.39	$\lambda_l - \lambda_r$	5.94347	19	10.869***
λ_r	20	6.32	$\lambda_l - \lambda_t$	2.86317	19	9.519***
λ_t	20	3.99	$\lambda_r - \lambda_t$	5.54777	19	4.411***

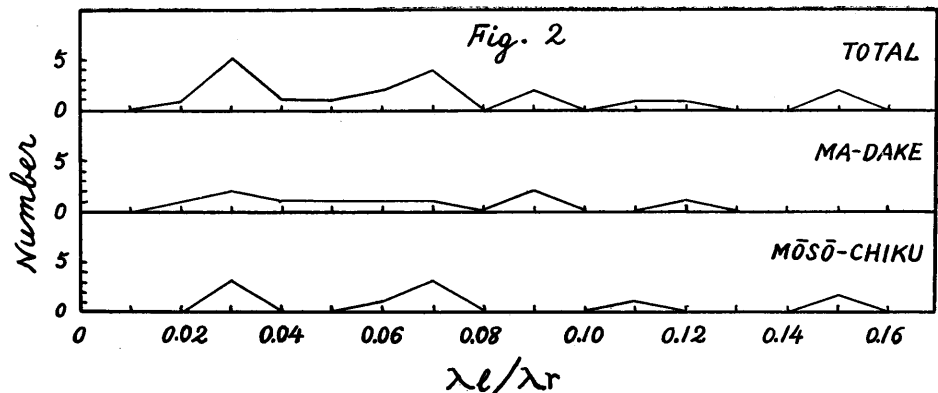
*** significant at the 0.1 per cent. level of probability

Table 5. Ratio of longitudinal and tangential deformation to radial

specimen		shrinkage process		swelling process	
		λ_t/λ_r	λ_l/λ_r	λ_t/λ_r	λ_l/λ_r
MŌSŌ-CHIKU	13-12	0.654	0.0716	0.765	0.1454
	7-12	0.861	0.0305	0.889	0.1068
	7-8	0.728	0.0295	0.630	0.1490
	3-9	0.757	0.0294	0.649	0.0589
	2-9	0.456	0.0736	0.268	0.0589
MA-DAKE	8-3	0.861	0.0947	0.302	0.0337
	7-8	0.431	0.0466	0.253	0.0210
	5-4	0.541	0.0436	0.851	0.0613
	4-6	0.567	0.0705	0.343	0.1151
	1-11	0.413	0.0297	0.961	0.0882

即ち λ_t/λ_r はモウソウチクでは0.268~0.889(平均値0.666),マダケは0.253~0.961(平均値0.552),又 λ_l/λ_r はモウソウチクでは0.0294~0.1490(平均値0.0762),マダケは0.0210~0.1151(平均値0.0604)である。モウソウチクとマダケとの間に於て比率の差の検定を行つたが有意差は認められなかつた。従つて綜合して平均値及び変異関係を一応求めると信頼度95%に於て λ_t/λ_r は 0.609 ± 0.1052 と36.0%, λ_l/λ_r は 0.068 ± 0.01792 と54.6%となり、夫々の平均値は大体中央値に近いが変異係数が大で、比率の分布状態は第1,2図に示すように判然としなない。





強い数値を示すならば稈軸方向，半径方向及び切線方向の変形率の比率は 0.07:1:0.6 となるが，確定的な数値は更に多くの実験結果によらなければならない。

4. 繊維飽和点 膨潤過程と乾縮過程とから求めた繊維飽和点の数値の間には第1，2表に示すように相当な差の存在する事が推察される。最も数値の多数な切線方向について両者間の平均値の差を検定すると，第6表のように危険率 0.1% で有意差の存在が認められ，木材に関する既発表の結果⁶⁾と一致する。

この場合絶乾比重の項で冷水による抽出される物質が相当多量である事が明かになった以上，乾縮過程から求めた繊維飽和点の数値は以後の検討からは除外しなければならない。

故に膨潤過程において各方向の変形率から求めた繊維飽和点の数値を，方向別並びに種類別について差の検定を行つたが，その結果は第7表に示すように，モウソウチクとマダケとの間には有意差の存在は認められなかつたが，方向別には第8表に示すように，稈軸方向から求めた数値との間には危険率 5% で有意差が認められた。稈軸方向の変形率は他の

Table 6. T test of significant variance of fiber-saturation point from tangential deformation

process	number of specimen	mean value	mean of squares	degree of freedom	t_0
swelling	10	14.9	20.7400	9	6.735***
shrinkage	10	24.6			

*** significant at the 0.1 per cent. level of probability

Table 7. T test of significant variance of fiber-saturation point from swelling process

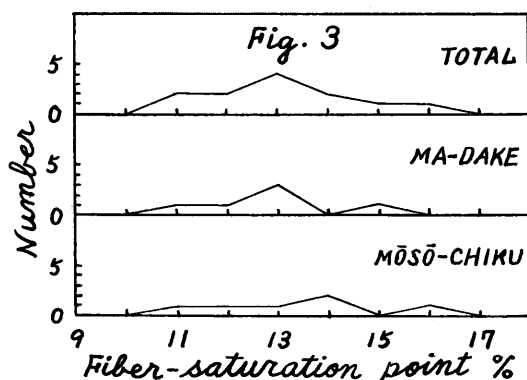
species	number of specimen	mean value	mean of squares	degree of freedom	variance ratio	mean square estimate	degree of freedom	t_0
MŌSŌ-CHIKU	15	16.2	35.5186	14	1.34	31.0346	28	0.968
MA-DAKE	15	14.2	26.5507	14				

Table 8. T test of significant variance of fiber-saturation point of
MÖSÖ-CHIKU and MA-DAKE from swelling process

direction	number of specimen	mean value		mean of squares	degree of freedom	t ₀
longitudinal	10	12.0	<i>l-r</i>	15.8739	9	2.262*
radial	10	14.9	<i>l-t</i>	42.8223	9	3.252*
tangential	10	18.8	<i>r-t</i>	59.6396	9	1.589

* significant at the 5 per cent. level of probability

2 方向に比較して僅少であるから、それから算出した繊維飽和点は充分信用するに足るも



のとは言へない。従つて変形率から竹材の繊維飽和点を求めるためには、半径方向と切線方向とから求めた膨潤率を採用すればよい事が判明する。

半径方向と切線方向の膨潤率から求めた繊維飽和点の平均値は信頼度 95 % に於て $12.9 \pm 0.97 \%$ で変異係数は 11.29 % となり、その分布状態は第 3 図に示す通りである。

5. 他の方法から求めた繊維飽和点との比較 本実験から求めた繊維飽

和点の平均値は $12.9 \pm 0.97 \%$ であるが、これを圧縮強度¹⁾と引張強度²⁾とから求めた夫々の数値 $1.72 \pm 1.72 \%$ と $16.5 \pm 2.03 \%$ とに比較すれば第 9 表に示すように、強度的性質から求めた数値の間には危険率 5 % で有意差が認められなかつたが、膨潤率から求めた数値と強度的性質から求めた数値との間には危険率 0.1 % で有意差が認められた。

Table 9. T test of significant variance of fiber-saturation point from compressive strength, tensile strength and swelling deformation

	number of specimen	mean value	mean of squares		variance ratio	mean value estimate	degree of freedom	t ₀
compression	39	17.2 ± 1.72	2.9776	<i>c-t</i>	1.25	3.0651	43	0.912
tension	6	16.5 ± 2.03	3.7300	<i>c-s</i>	1.29	2.8695	49	7.690***
swelling	12	12.9 ± 0.97	2.3142	<i>t-s</i>	1.61	2.7567	16	4.337***

*** significant at the 0.1 per cent. level of probability

この有意差が認められた原因が、繊維飽和点を求める手段として本質的に膨潤率によるのが不適当である事であるのか、或いは試験片の形並びに実験方法が不適当であつた事にあるのか直ちに解決は出来ない。

併し乍ら本結果の繊維飽和点は強度的性質から求めた数値よりも確かに低いのであるか

ら、竹材の繊維飽和点が木材よりも低い事を立証する一つの資料となり得るものと考へられる。

6. 含水率に対する比重の換算式

a. 繊維飽和点以下の場合. 一般に木材の含水率に対する比重の換算式は次式¹¹⁾で示される。

$$S_2 = S_1(100 + u_2) / \{100 + u_1 - KS_1(u_1 - u_2)\}$$

但し S_1 及び S_2 は夫々含水率 u_1 % 及び u_2 % 時の比重

K は常数 (木材では 0.84)

竹材の膨潤乾縮に関する性質は前記のように木材によく類似して居り、又理論的にも上式が竹材に適用されなければならない。故に上式の常数 K の値を求めれば、竹材の含水率に対する比重の換算式は得られる筈である。

含水率 3.6~11.2 % の範囲内の数値から K の値を算出して、第 10 表に示す結果を得た。求めた K の値の範囲は相当に広いが、両種類共に類似し、更にその平均値は近似値を示して居る。モウソウチクとマダケとの間に於て危険率 5 % で K の値の差の検定を行つた結果、両者は異つた母集団に属しては居らず有意差は認められなかつた。故に両者を一括して平均値 0.841 ± 0.1378 , 変異係数 21.74 % を得た、これによつても K の値に相当なバラツキのある事が判る。併し乍ら F. Kollmann¹¹⁾ が木材に対して採用して居る K の値 (0.84) によく一致する。

Table 10. The value of K.

MŌSŌ-CHIKU		MA-DAKE	
cylinder number	K	cylinder number	K
13 - 2	0.701	8 - 3	0.827
7 - 12	0.528	7 - 8	0.789
7 - 8	0.960	5 - 4	0.675
3 - 9	1.087	4 - 6	1.121
2 - 9	0.989	1 - 11	0.734
average	0.853		0.829

故に竹材の含水率に対する比重の換算式中の常数 K の値として 0.841 を採用しても大過はないであろう。

b. 繊維飽和点以上の場合. この場合には木材と同様に竹材の体積に変化はないから含水率に対する比重の換算式には当然次の直線式が採用されねばならない。即ち

$$S_2 = S_1(100 + u_2) / (100 + u_1)$$

この式の適否及び実験結果の正確度を調べるために、各竹筒毎に比重と含水率との実験式 ($S = C + Du$) を求めて第 11 表に示す結果を得た。常数 C 及び D の値の間には危険率 0.1 % で高度な相関関係 (係数は +0.994) が存在し、求めた関係式は $D = -0.0003 + 0.0104C$ で理論式 $D = 0.01C$ との間には有意差は認められなかつた。

故に前記の理論式は含水率に対する比重の換算式としては適合し、且つ実験値も充分信

Table 11. The values of C and D .

MÖSÖ-CHIKU			MA-DAKE		
cylinder number	$S=C+Du$		cylinder number	$S=C+Du$	
	C	D		C	D
13- 2	0.712	0.00706	8- 3	0.681	0.00660
7- 12	0.831	0.00843	7- 8	0.662	0.00663
7- 8	0.767	0.00783	5- 4	0.794	0.00776
3- 9	0.575	0.00569	4- 6	0.705	0.00702
2- 9	0.718	0.00722	1- 11	0.852	0.00853

頼するに足るものである事が判明した。

V 摘 要

強度的性質から求めた竹材の繊維飽和点が木材の数値よりも低い事を認めたので、今回は膨潤過程及び乾縮過程から繊維飽和点を求める事によつてその事実を確め、更に両過程からの夫々の数値に差が存在するか、又その方法が不適當であるかを再検討するために本研究を行つた。

モウソウチク及びマダケを材料とし、試験片の含水率を8段階に変化させ、膨潤過程と乾縮過程とから膨潤率及び乾縮率を求め繊維飽和点を算出した。実験結果は第1, 2表に示す通りであつて次の事項が明かになつた。

- (1) 乾縮過程から求めた絶乾比重は膨潤過程から求めた数値よりも小である。即ち竹材を水中に浸すとその中に含まれて居る水溶性物質が浸出されて重量が減少する。
- (2) 絶乾状態から水浸状態迄の膨潤率と水浸状態から絶乾状態迄の乾縮率との間には第3表のように有意差が認められず、変形率として同一に取扱ひ得る。
- (3) 変形率においてモウソウチクとマダケとの間には第3表のように有意差が認められなかつたが、稈軸、半径及び切線の3方向別には第4表のように有意差が認められた。変形率の最大値は半径方向に出現し、切線方向がこれに次ぎ、稈軸方向が最小値を示し、その比率は第5表並びに第1, 2図のように明瞭な分布状態は示さないが、大体1:0.6:0.07と考えてよさそうである。
- (4) 膨潤過程と乾縮過程とから求めた繊維飽和点は第6表に示すように前者が低い。絶乾比重の項からだけ考えても膨潤過程から求めた数値が正しいものである。
- (5) モウソウチクとマダケの繊維飽和点の間には第7表のように明瞭な差は認められなかつた。
- (6) 稈軸、半径及び切線の3方向の膨潤率から求めた繊維飽和点の間には第8表のように後2者の数値が前者よりも高く有意差が認められ信頼するに足るものである。
- (7) 膨潤過程から求めた繊維飽和点の平均値は信頼度95%で $12.9 \pm 0.97\%$ で、その分布状態は第3図に示す通りである。
- (8) 膨潤過程から求めた繊維飽和点は第9表のように圧縮強度及び引張強度から求めた数値よりも更に低く、竹材の繊維飽和点は木材よりも低い事実を立証する一資料となり得

るものと思はれる。

- (9) 竹材の含水率に対する比重の換算式は、繊維飽和点以下に於ては木材に対して採用されて居る式に殆んど一致し、次式が求められた。

$$S_2 = S_1(100 + u_2) / \{100 + u_1 - 0.841KS_1(u_1 - u_2)\}$$

- (10) 繊維飽和点以上では、含水率に対する竹材の比重の換算式は理論的に $S_2 = S_1(100 + u_2) / (100 + u_1)$ が採用される筈であるが、それを実験値から確認し、且つ実験値を信頼するに足るものである事を認めた。

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) 鈴木 寧：— 東京大学農学部演習林報告 第44号 1953
 - 4) J. E. Meyer and L. W. Rees：— U. S. D. A. Technical Bulletin, No. 19.
 - 5) Tiehman H. D.：— U. S. D. A. (Forest service) Technical Bulletin, No. 70. 1906
 - 6) 田中文雄：— 日本林学会誌. 第17巻, 第7号. 4), 5) はこれによる. 1935
 - 7) A. J. Stamm：— U. S. D. A. Technical Bulletin, No. 929. 1946
 - 8) 商工省工業技術庁：— 構造用竹材試験方法規格. 1947
 - 9) 小栗捨藏・奈良正章：— 工業化学雑誌. 第33篇, 第6冊, 第388号. 1930
 - 10) 加納 全：— シルビア. 第4巻, 第1号. 1933
 - 11) F. Kollmann：— Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2 Aufl., 1. Band. 1951
-

STUDIES ON THE PROPERTIES OF BAMBOO STEM (Part 11)

On the Fiber-Saturation Point Obtained from the Effect of Moisture Content on the Swelling and Shrinkage of Bamboo Splint

Motoi ÔTA

(R é s u m é)

Since it had been observed by the author that the fiber-saturation point obtained from the effect of moisture content on the compressive strength and the tensile strength of bamboo is lower than that of wood, this study was projected to corroborate the aforementioned fact by calculation of the fiber-saturation point from swelling and shrinkage of bamboo and to discuss the existence of the difference between the values from swelling and shrinkage processes and the impropriety of the swelling and the shrinkage process method to obtain the value.

The fiber-saturation point is calculated from the equation of swelling- and shrinkage-moisture content (ranging below about 10%) relations, and swelling and shrinkage after soaking in water, with MÔSÔ-CHIKU (*Phyllostachys pubescens* Mazel) and MA-DAKE (*Phyllostachys reticulata* C. Koch).

The data of test are shown in Tables 1 and 2.

The results obtained from this study are summarized as follows:

(1) The specific gravity at the oven dried condition calculated from the shrinkage process is lower than that from the swelling process, namely the weight of bamboo splint decreases markedly with extraction of the soluble substance into cold water.

(2) There is no significant difference between the swelling rate (%) calculated from oven dried condition to water soaked condition and the shrinkage rate (%) from water soaked condition to oven dried condition as shown in Table 3. Therefore, the swelling and the shrinkage can be regarded as having the same value as the deformation rate (%).

(3) There is no significant difference between MÔSÔ-CHIKU and MA-DAKE, but there is a significant difference among axial, radial and tangential directions, in the deformation as shown in Table 3. The maximum deformation occurs in the radial direction and the minimum deformation in the axial direction, and the ratio of deformations in the tangential, axial and radial directions is 1:0.6:0.07 as shown in Tables 4 and 5 and Fig's. 1 and 2.

(4) There is a significant difference between the value of fiber-saturation point obtained from swelling process and that from shrinkage at 0.1 % level of probability and the former shows the correct value as shown in Table 6.

(5) There is no significant difference between the fiber-saturation point values of MÖSÖ-CHIKU and MA-DAKE as shown in Table 7.

(6) The fiber-saturation points obtained from swelling in the radial and the tangential directions are higher than that from swelling in the longitudinal direction as shown in Table 8.

(7) The mean value of the fiber-saturation point obtained from the effect of moisture content on the radial and the tangential swelling of bamboo is $12.9 \pm 0.97\%$ with the coefficient of variance of 11.29 % and its distribution is shown in Fig. 3.

(8) The fiber-saturation point calculated from swelling in the radial and the tangential directions is lower than that from compressive strength and tensile strength as shown in Table 9. This may be regarded as one of the evidences to prove that the fiber-saturation point of bamboo is lower than that of wood.

(9) The value of constant (K) in the formula of moisture content-specific gravity adjustment [$S_2 = S_1(100 + u_2) / \{100 + u_1 - KS_1(u_1 - u_2)\}$, where u_1 and u_2 are values of moisture content, S_1 and S_2 are corresponding specific gravity values and K is constant] below the fiber-saturation point ranges from 0.528 to 1.121 as shown in Table 10, and there is not significant difference between the values from MÖSÖ-CHIKU and MA-DAKE and, what is more, the average value (0.841 ± 0.1378) agreed with that of wood.

Therefore, the formula of moisture content-specific gravity adjustment of wood is applicable to bamboo splint.

(10) The theoretical formula of moisture content-specific gravity adjustment [$S_2 = S_1(100 + u_2) / (100 + u_1)$] must be applicable for adjusting the specific gravity of bamboo splint above the fiber-saturation point, and this has been experimentally ascertained and also it has been confirmed that the experimental values are reliable.