

スギ肥培材の機械的性質

畔 柳 鎮

Mechanical Properties of the Forest Fertilized Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) Woods.

Shigeru KUROYANAGI

This work is one of the studies made by the authors on wood properties of forest fertilized Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don). In this paper, the mechanical properties of fertilized trees and those of non-fertilized ones are compared and studied. The sample trees, which were the same ones as we reported before, were produced in the experimental forest of Kyoto University (Shirahama, Wakayama Prefecture), and in Okutsu-cho, Tomada, Okayama Prefecture. The test pieces are sampled from each tree (at 1.2-2.0m height). Considering the application of wood to wooden columns and beams in the case of constructions, the strength determinations are studied on two types; one is bending and the other compression. The test of compression is carried out on short wooden columns. Moreover, in the compression determination, the samples are tested in three directions: (a) Parallel-to-grain. (b) Perpendicular-to-annual ring. (c) Tangential-to-annual ring.

The results may be summerized as follows:

(1) The compression of parallel-to-grain and bending strength of fertilized trees are weaker than those of non-fertilized ones. In view of the fact that the strength depends on the width of annual rings and the ratio of late wood, the above result may be understood. However, the compression and bending strength of some fertilized trees in which many false rings are found in the part of late wood, are not always weak. It is considered that the strength depends on the number of false ring cells.

(2) The significant difference between fertilized trees and non-fertilized ones is recognized at the 5% level in the compression of perpendicular and tangential-to-annual ring. But in the tangetial direction to annual rings, the compression strength of non-fertilized trees is weaker than that of the fertilized trees.

(3) In the bending modulus of elasticity, it is rather hard to recognized the significant difference between fertilized trees and non-fertilized ones. The mechanical properties of cell in false rings which are found in the part of late wood in fertilized trees seem to play an important part in this bending modulus of elasticity.

緒 言

スギ肥培木の材質について、いままで肥培木に出現率の大きい偽年輪状着色帯の構成や年輪構造、特に偽年輪細胞の大きさや数などを対照木と比較して、その構造上の特質を明らかにした¹⁾²⁾³⁾。ここにこれらの肥培スギが材料としてもっとも多く使用されると考えられる建築材としての適性、すなわちその機械的性質に関する実験結果を報告し、特に対照木のそれと比較して、急激な肥大生長がその強度に如何なる影響を及ぼしているかを検討してみたいと思う。

I 肥培スギの強度に関する既往の文献

わが国では、スギは古来から非常に広範な用途に利用されており、建築や船舶などのように、

その強度を目的とした利用も多かったので、比較的その機械的性質に関する研究は早くから行われてきた。しかし、とくに造林中に肥料を施して肥培したものの材質については、まだその報告はない。ところが天然または人工林で、特別に生長の早かったスギ材の材質については、その強度に関する試験結果の報告は、これまで二三ある。このように、とくに肥料はやらないまでも、気候とか土質、地味などの良いところで育ったスギ材の強度が、本質的に肥培木とどう異なるかは問題ではあるが、共に生長の早いために年輪幅は大となり、比重も軽いスギ材の強度がどうなっているかは、興味深いことである。

比留間 (1915)⁶⁾ は 飢肥スギ材について、その強弱試験の結果を報告しているが、飢肥スギは生長が早く、年輪幅が広いので、年輪密度は小さく、比重は軽くなるが、晩材層は比率的に広い。したがって抗圧力(縦圧強度)は一般に比較して低いため、柱や杭その他木材の縦圧を受ける材料には適さず、また曲げ弾性係数も小さくなるので弾性を要する梁や桁材への応用にも適さない。しかし曲げ強度は比較的大で、強靱性には富むので、船体の底板や側板のように、他物に衝突して折損のおそれ多い場所や、一定の形に彎曲させて使用する部材には適することを述べている。そしてこのような強靱性に富む原因としては、比較的広い晩材層をもつことと、その晩材層の構成が、数多くの偽年輪状の成長を繰返してこれを形成している点にあることを指摘されている。

藤林 (1930)⁶⁾ はかねてから東大の台湾演習林に植栽されていた吉野スギ材の強弱試験を行い、台湾において、邦産のスギがきわめて良い生長をするが、これを内地産のものと比較すると抗圧強と硬度においてやや劣るが、曲げと剪断試験では優れていたことを報告している。そしてそれらの結果は、試験木による差が大きくとくに生長の早かった優勢木では、その年輪内に偽年輪を生じ、これがあるものは、比重が軽く、縦圧強度も低いことを認めている。

川名と川口 (1957)⁷⁾ は九十九里海岸の低地過湿林にスギを置植して施肥した場合、非常によい生長がみられたが、材の一年輪内に多くの着色帯が認められ、これを着色生長帯と表現し、定義的にこれを偽年輪とは区別され、さらに硬度試験を行い、木口の硬度は年輪密度が低いにもかかわらずあまり低くならないことを報告されている。また同時に縦圧試験結果を対照木と比較表示されているが、これによるとこの肥培木の方が25~35%ほど強度は低くなっている。

以上3つの研究報告をみると、試験木の年令や試片の大きさ、採取部位、その他強弱試験の種類もいろいろと異っているので、すぐには比較出来ないが、3つに共通した点はいずれもスギ材のとくに生長の早い材では、偽年輪状の模様が認められることと、縦圧縮強度は対照木に比べて劣る点である。しかし前2者の結果では曲げ強度は比較的強いことが報告されている。以下この点に重点をおき実験を進めてみることにする。

II 供 試 木

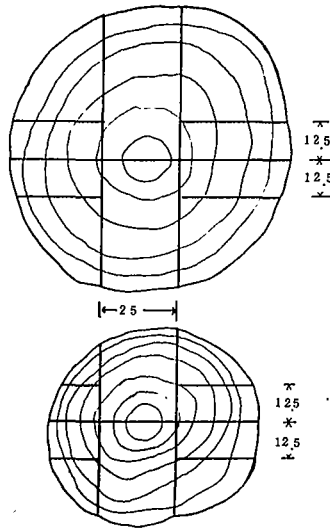
この試験に用いた供試木は第4報³⁾に報告したものと同様で和歌山県京都大学白浜演習林産の肥培木3本(S₁, S₂, S₃)と同一林分より採取した対照木3本(N₁, N₂, N₃)および岡山県苫田郡奥津町産の肥培木2本(S₄, S₅)とその対照木2本(N₄, N₅)の計10本である。いずれも昭和24年植栽、翌年施肥、その後隔年に2回追肥を行っている。苗木は前者は京大生演習林産の榎木苗、後者は兵庫県山崎付近の通称妙見杉の実生苗である。生育地は和歌山は全部が谷筋のもの、岡山の場合はS₄とN₄が谷筋で、S₅とN₅は尾根筋のものである。

III 試片処理ならびに試片形状

供試木の伐採は和歌山では昭和37年7月15日、岡山のものとは同年8月13日、それぞれ林分の材積、林況隣接木の関係などを調査後、地上20cmの部位で伐倒、一番基部のみは2.1m、他は2.0mの丸太として研究室に運搬し、さらに研究室到着直後1.0mづつに切断し、それぞれ所定の位置で円板をとり樹幹析解を行った。またその円板に隣接した位置から前報までに報告した顕微鏡用試片と物理実験用試片を採取し、残部は研究室にて棚積みにして乾燥させ、昭和38年4月20日より各試験片の作製に着手した。

Fig. 1. Saw-Procedure of specimens. (mm)

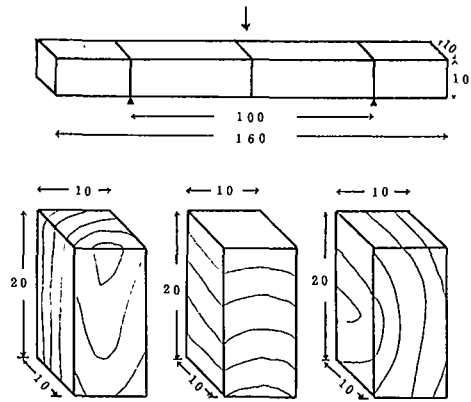
a. Fertilized wood.



b. Non-fertilized wood.

Fig. 2. Specimens form. (mm)

a. Bending



b. Compression Parallel-to-grain. c. Compression radial-to-annual ring. d. Compression tangential-to-annual ring.

試片の採取部分は、樹高1.2~2.0m間の材から、Fig. 1. a, bに示したように肥培木はN, SおよびE, Wの方向にわけて分割し、対照木はN, S方向を主として、それぞれの寸法の試片を作製した。この場合試片の採取部位は出来るだけ外側皮層に近い方からとるように木取した。そのわけは心材形成は肥培木では極少数しかなかったが、それでも中心部は年輪半径は小となり若干その力学的性質は異ると考えられたので、この部分ははずすようにしたものである。試片の寸法については、とくに対照木はまだ直径の小さいものが多いので、試験規格に示されるような大型試片の採取は難かしく、とくにさきに述べたように、心持ち材にならないように木取りするためには、形は規格のものと同じであるが、寸法は図に示したように、1cm角の小型試片によらねばならなかった。試片作製後は2週間室内に放置したが、予備の含水率測定試片による含水率の測定では、まだいずれも含水率は18から25%もあったので、これを60°±5°Cの定温乾燥器中で30時間、含水率8~10%に乾燥後さらに1週間室内に放置し含水率12~14%にもどして試験した。

IV 試験機および試験方法

強度試験の種類としては、前にも述べたように、供試木の大きさによる材料の不足から、曲げと圧縮試験を中心として、従来のスギの肥大生長材の試験結果と比較することに重点をおいた。

また圧縮試験では、年輪幅の影響がとくに著しく作用すると考えられる、繊維に直角方向の圧縮、すなわち横圧縮試験について、年輪に直角方向の圧縮と切線方向の圧縮試験を行い、前者を柾目方向への圧縮、後者を板目方向への圧縮ということで、それぞれ、横圧柾強と横圧板強とし、また繊維に平行方向の圧縮は縦圧縮強度とした。

試験機としては1cm角の小型試片による試験は東京衝機製の500Kg小型万能試験機を用いた。荷重速度は、曲げ試験では毎分150Kg/cm²、圧縮試験では、縦圧縮では毎分100Kg/cm²、横圧縮では毎分5Kg/cm²とし、弾性係数測定のための変形量の測定は、曲げ試験では1/100cmのダイヤルゲージを用いて試片中央の降下量を測定し、圧縮試験ではストレインゲージの標点間9.9mmのものを接着し、ストレインメーターで1/1000×10⁻⁶cmまでの変形を測定した。また横圧縮ではこれと1/100cmのダイヤルゲージを併用して加圧板間の全変形量も同時に測定し、前者の局部的変形の有無をチェックした。

試験終了後、圧縮試片はそのまま、曲げ試片は2cmの長さの含水率測定試片を切り取り、秤量の後乾燥器内にて乾燥し含水率を測定した。

V 試験結果ならびに考察

1. 試片の年輪幅、気乾比重および試験時の含水率

このたびの強度試験に用いた全試片について測定した平均年輪幅と気乾比重ならびに試験時の含水率を各供試木毎に集計して一括表示したものをTable 1に示す。

a. 平均年輪幅：試片の木取りはFig. 1. で示したように、まづ限られた半径の材から、一定幅の板をとり、それぞれの板から、各試片を所定の方向に切取っていったため、各試片の採取位置によって、その断面における年輪幅は異なるのが当然である。とくに林分の鬱閉が進み、隣接木との間で競争がはげしくなると胸高直径生長は外周に近いものほど年輪幅が狭くなる。そこで各試験ともその試片はなるべく集中をさけ、分散した位置からとるようにしたため、外周に近いものと中心に近いものとは多少試片の断面における平均年輪幅は異なる結果となった。しかしこれは産地および他の供試木間または肥培木と対照木との比較のためには当然考えねばならないことであるので、このようなちがいのおこるのは実際上やむをえないことである。これらの差がどの程度であったかが後の検討には重要となってくる問題である。表で示した結果からみるとS₂の曲げ試片、S₆の縦圧と横圧柾試片に若干年輪幅の狭い試片が入ったようである。対照木では相対的に年輪幅は狭いので、とくにこのように試片によって平均年輪幅が異なることは少なく、平均では0.36~0.38cmであった。これに対して肥培木の試片ではややバラツキ多く、0.50~0.59cmとなった。

b. 気乾比重：気乾比重の測定結果では、肥培木の平均は0.39~0.40、対照木では0.43となり、肥大生長の大きい、年輪幅の広い肥培木の方が、幾分比重が軽くなる。しかし肥培木中でも、和歌山産のS₂とS₃の供試木では、前報にて報告したように晩材層中に2~3層の偽年輪の形成がみられ、したがって晩材細胞を含む厚膜細胞率が高くなるため、その影響で気乾比重も他に比べて高くなっている。特にS₂の横圧柾と、縦圧縮試片はこの部分を含んでいたため、その値は極端に大きい。これが強度とどう影響するかは興味ある問題である。

c. 含水率：試験時の含水率については、特定の含水率測定用試片を用いて、全試片ができるだけ、同じ含水状態で試験出来るよう、たえずチェックして、人工乾燥と乾燥後の室内放置期間を決定したが、最終測定結果において2~3%の差を生じた。この中には当然若干の測定誤差も含まれるとは思いますが、大体に傾向としては、試片の長さが長い曲げ試験片と、年輪密度の高い対

Table 1. Width of annual ring, specific gravity air dry and moisture content of specimens.

Differences in fertilized and non fertilized trees	Locality where grown	Number of test trees	Width of annual ring (cm)				Specific gravity air dry ($\times 100$)				moisture content (%)			
			Bending	Compression			Bending	Compression			Bending	Compression		
				Parallel-to-grain	Perpendicular-to-grain			Parallel-to-grain	Perpendicular-to-grain			Parallel-to-grain	Perpendicular-to-grain	
					Radial	Tangential			Radial	Tangential			Radial	Tangential
Fertilized trees	Wakayama	S ₁	0.55	0.55	0.61	37.5	37.2	34.4	39.8	14.1	11.6	12.7	13.1	
		S ₂	0.41	0.50	0.62	39.1	39.7	50.8	37.0	15.0	11.9	12.9	12.8	
		S ₃	0.55	0.51	0.61	42.5	44.8	42.6	42.6	14.4	14.7	13.3	13.4	
	Means		0.50	0.52	0.61	39.7	40.6	42.7	39.8	14.5	12.7	13.0	13.1	
	Okayama	S ₄	0.65	0.60	0.60	36.0	34.7	35.1	37.3	13.9	12.3	13.2	12.5	
		S ₅	0.55	0.37	0.40	40.0	47.0	38.5	36.7	13.4	12.6	13.8	12.7	
	Means		0.60	0.49	0.56	37.8	40.8	36.8	37.0	13.7	12.5	13.5	12.6	
Means of fertilized trees			0.54	0.50	0.55	39.0	40.7	40.3	38.7	14.2	12.6	13.2	12.8	
Non-fertilized trees	Wakayama	N ₁	0.27	0.25	0.30	43.9	42.3	43.9	41.6	13.8	13.8	13.6	14.3	
		N ₂	0.38	0.43	0.38	41.2	40.0	41.2	41.0	14.8	12.7	12.6	12.8	
		N ₃	0.43	0.35	0.47	44.0	47.5	44.0	42.1	15.9	14.8	12.4	13.1	
	Means		0.36	0.34	0.36	43.0	43.3	43.0	41.6	14.8	13.8	12.9	13.4	
	Okayama	N ₄	0.48	0.55	0.38	37.9	41.2	41.3	41.7	14.7	14.8	13.7	13.2	
		N ₅	0.32	0.28	0.30	46.3	48.2	47.0	48.5	15.5	14.1	13.6	13.2	
	Means		0.40	0.42	0.34	42.1	44.7	44.2	45.1	15.1	14.5	13.7	13.2	
Means of non-fertilized tree			0.38	0.37	0.36	42.7	43.8	42.7	43.0	14.9	14.0	13.2	13.3	
Means of moisture content										14.55	13.33	13.10	13.2	

照木に、やや含水率の高いものが多かったので、人工乾燥の程度が若干少なかったように思われる。含水率の総平均は曲げ試片の14.55%に対して他は13.1~13.3%であり、S₁の縦圧縮試片で11.6%、S₂で11.9%というやや低いものもあったが、その偏差は5%を越えるものはなく、同一供試木内でのバラツキは3%以内であったので強度測定値の含水率による補正はとくに行わなかった。

2. 各試験別の肥培木と対照木の比較

強度試験の種類としては、供試木材の直径の制約から曲げ試験と圧縮試験に重点を置き、圧縮試験では繊維に平行方向の縦圧縮に対し、直角方向の横圧縮をさらに、年輪に直角方向(横圧縮強)と切線方向(横圧板強)の2つにわけて実験し、主に建築用材の柱や梁としての利用面を検討しようとしたものである。Table 2. は和歌山県白浜の京大演習林内の肥培スギ材、Table 3. は岡山県奥津の肥培試験材の試験結果を示したものである。ここに併記した年輪幅と比重の測定値は、曲げ試片のものを参考として示したもので、他の試験の試片については、Table 1. を参照していただきたい。またデータは各試験とも供試木あたり3個づつの試験値を一括し、その平均値に対する分散を計算し誤差率として比較表示した。

a 曲げ強度 (Bending strength)

Table 2. の和歌山における肥培スギ材の曲げ強度の試験結果から、各供試木とも3個宛の平

Table 2. Results of test on fertilized Sugi wood at Wakayama.

Differences of fertilized and non-fertilized	Number of test trees	Number of specimens	Width of annual ring cm	Specific gravity air dry ×100	Bending strength kg/cm ²	Bending modulus elasticity ton/cm ²	Parallel-to-grain Compression kg/cm ²	Perpendicular-to-grain	
								Tangential kg/cm ²	Radial kg/cm ²
Fertilized trees	S ₁	1	0.45	33.6	414	43.2	287	43.3	38.1
		2	0.55	40.4	567	72.0	288	49.1	40.2
		3	0.65	38.6	414	43.2	266	44.5	32.7
	Means		0.55	37.5	465	52.8	280	45.6	37.0
	S ₂	1	0.41	40.2	495	61.7	280	40.9	43.2
		2	0.48	37.0	477	56.0	247	41.3	40.6
		3	0.35	40.2	603	86.4	276	38.7	46.6
	Means		0.41	39.1	525	68.0	268	40.3	43.5
	S ₃	1	0.5	44.6	585	86.4	287	45.7	40.4
		2	0.5	40.2	620	74.4	276	38.5	49.0
		3	0.6	42.7	630	72.0	297	47.0	39.5
	Means		0.5	42.5	612	77.6	287	43.7	42.9
Means of fertilized trees			0.499	39.72	533.89	66.14	278.2	43.2	41.1
Per cent of err			14.17	6.13	12.34	19.03	4.20	7.06	9.68
Non fertilized trees	N ₁	1	0.30	42.8	621	80.0	287	30.1	41.4
		2	0.25	43.4	585	88.0	287	39.0	38.6
		3	0.30	45.5	720	86.4	287	30.8	43.6
	Means		0.28	43.9	642	84.8	287	33.3	41.2
	N ₂	1	0.40	41.6	585	54.0	284	36.6	38.5
		2	0.40	38.2	423	48.0	258	31.6	36.7
		3	0.35	43.8	594	72.0	285	47.9	35.7
	Means		0.38	41.2	534	58.0	276	38.7	37.0
	N ₃	1	0.40	44.6	576	54.0	282	42.7	41.3
		2	0.40	43.7	774	72.0	287	41.3	39.4
		3	0.45	43.8	558	54.0	287	43.0	40.3
	Means		0.42	44.0	636	60.0	285	42.3	40.3
Means of non-fertilized trees			0.361	43.0	60.4	67.6	282.7	38.11	39.50
Per cent of err			13.92	5.30	12.35	17.55	2.23	12.67	4.79
D	5%	*	*						
	1%	**							

Note D: Differences in fertilized and non-fertilized trees

* Significant (5%), ** Significant (1%)

均値を比較すると $S_1 < S_2 < S_3$ となる。一方において気乾比重も同じ傾向にあるので、当然ここには相関々係があることが考えられる。しかしながら試片の平均年輪幅にはこの関係は見出せない。特に曲げ強度の大きい試片、すなわち S_1 の 2、 S_2 の 3、 S_3 の 2 および 3 の 4 個を選び

Table 3. Results of test on fertilized Sugi wood at Okayama.

Differences of fertilized and non-	Number of test trees	Number of Specimens	Width of annual ring cm	Specific gravity air dry ×100	Bending strength kg/cm ²	Bending modulus elasticity ton/cm ²	Parollel-to- grain Compression kg/cm ²	Perpendicular-to-grain	
								Tangential kg/cm ²	Radial kg/cm ²
Fertilized trees	S ₄	1	0.55	37.1	522	72.0	206	39.0	42.1
		2	0.70	35.3	423	61.7	233	40.1	43.6
		3	0.60	35.5	396	61.7	234	44.0	51.0
	Means		0.62	36.0	447	65.1	224	41.0	45.6
	S ₅	1	0.50	37.0	423	73.2	246	50.3	35.5
		2	0.60	43.1	549	61.7	277	39.4	41.7
		3	0.55	38.9	504	86.4	236	46.9	37.2
	Means		0.55	39.7	492	73.8	253	45.5	38.1
Means of fertilized trees			0.58	37.8	469.5	69.45	238.7	43.28	41.85
Per Cent of err			7.477	8.74	14.14	14.93	9.94	11.28	13.68
Non fertilized trees	N ₄	1	0.50	38.6	596	76.6	238	35.5	41.5
		2	0.50	36.5	632	66.0	256	37.8	42.2
		3	0.45	38.7	513	61.7	257	36.5	48.1
	Means		0.48	37.9	580	68.1	250	36.6	43.9
	N ₅	1	0.35	37.3	495	54.0	288	34.1	53.3
		2	0.30	42.8	774	72.0	278	44.7	50.3
		3	0.30	48.7	720	63.0	295	37.9	51.8
	Means		0.32	42.9	663	63.0	287	38.9	51.8
Means of non- fertilized trees			0.40	40.43	621.6	65.55	268.6	37.75	47.86
Per cent of err			24.900	12.02	18.80	12.78	8.92	10.27	11.07
D	5%	*		*		*			
	1%	**		**					

Note D: Differences in fertilized and non-fertilized trees.

* Significant (5%), ** Significant (1%)

木口断面の年輪構造を見るに、いずれも晩材部に2~3層の偽年輪を有し、晩材細胞を含めた厚膜細胞数が他のものより多いことを発見した。これは前述の比留間氏が飼肥スギの試験結果で述べられていることと本質的には一致を示している。ただ比留間氏が、これを飼肥スギ材の特性として上げられているのに対し、この場合は和歌山県の白浜における声生スギの肥培木に、生長のよい飼肥スギにみられたと同様な特殊な厚い晩材層が見られ、且つその構成が、数多くの偽年輪状の成長を繰返して形成されている点に違いがある。このことは声生スギと呼ばれるスギは実はいろいろな系統の集合体であって、たまたま今回の供試木が飼肥スギに類似の系統であったか、または、育種的な系統とは別に、飼肥スギにかぎらず、肥大生長の旺盛なスギ全体に通づる共通の性質かその二つのうちの一つであろう。筆者のこれまでの実験結果だけではまだ即断は出来かねるが、肥培木は必ずしもその曲げ強度を低下するものばかりでなく、晩材層における偽年輪状の生長の繰返しがみられるものは、年輪幅はかなり広くなっても、それほどひどい強度の低下はな

いことがわかった。そのために、和歌山における肥培スギと対照木の曲げ強度の平均値の間の差の検定を分散分析法によって行った結果はそれぞれの平均値において、肥培木の平均値が 534 Kg/cm^2 に対して、対照木では 60.4 Kg/cm^2 を示し明らかに肥培木の方が曲げ強度が低いのに、差の検定では5%水準でも1%水準でも共に有意とは認められなかった。これに対して Table 3. に示した岡山の試験結果では肥培木と対照木の曲げ強度の比較では明らかに肥培木の方が強度が低く、差の検定では5%でも1%でもいづれも有意の差が認められた。さらに以上の各供試木毎の平均値について、それぞれの平均年輪幅との間の関係を図示したのが Fig. 3. の上の部分である。こ

Fig. 3. Relation of strength of bending and Parallel-to-grain Compression to width of annual ring of specimens.

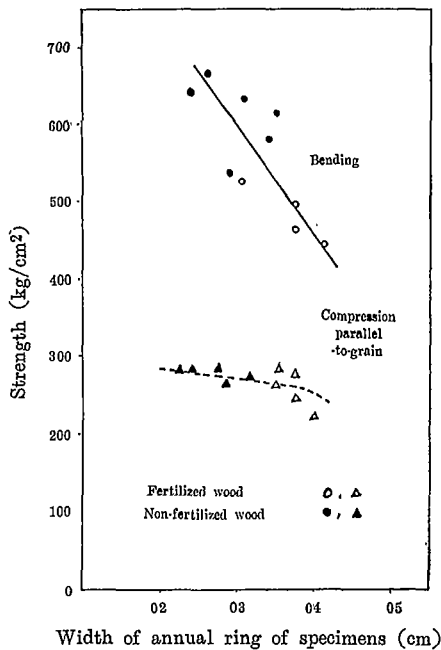
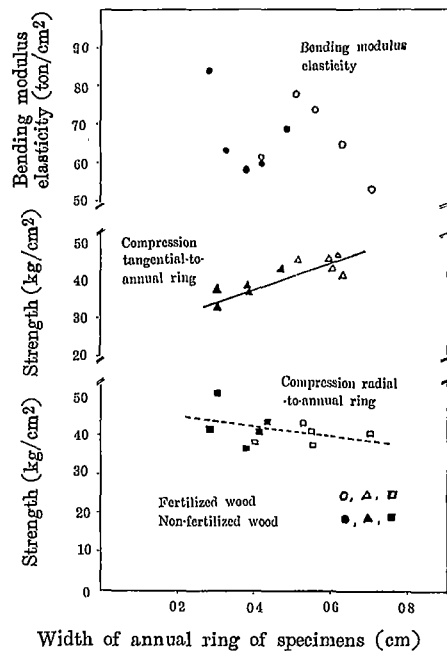


Fig. 4. Relation of modulus elasticity of bending, radial and tangential-to-annual ring compression to width of annual ring of specimens.



こに白丸は肥培木であり、黒丸は対照木であって、肥培木は対照木に比べて年輪幅が広く、年輪幅が広くなれば強度も低くなることが現わされている。また Table 4. は和歌山と岡山の肥培試験地毎の肥培木と対照木の比較を示したもので、両地区を合せた総平均値でも、その差の検定では5%でも1%でもその差は有意であった。すなわち肥培木の曲げ強度は低くなる。その割合は両者の平均値を比べると、20.4%程肥培木の平均値の方が低い。

b. 縦圧縮強度 (Compression strength of parallel-to-grain)

繊維に平行方向の圧縮すなわち縦圧縮試験の結果は曲げ試験の結果と同様に肥培木の方が対照木よりも低くなる。しかし、晩材層の偽年輪の多いものではそれ程ひどく低下しないこともよく似ている。したがって和歌山の結果では肥培木と対照木の間には有意の差が認められなかった。岡山の場合は5%水準のみが有意で両者の総合では1%水準でもその差は有意と認められた。またその低下率は5.7%となった。

c. 横圧縮強度 (Compression strength of perpendicular-to-grain and radial-to-annual ring)

繊維に直角方向の圧縮は、建築の梁材の結合部分にみられるもので、荷重に対する早材細胞の

Table 4. Differences of mechanical Properties in fertilized and non-fertilized trees.

Locality where grown	Differences in fertilized and non-fertilized trees.		Hight of test trees m	Diameter at breast height cm	Width of annual ring cm	Specific gravity air dry ×100	Bending strength kg/cm ²	Bending modulus elasticity ton/cm ²	Compression strength		
									Parallel-to-grain kg/cm ²	Perpendicular-to-grain	
										Tangential-to-annual ring kg/cm ²	Radial-to-annual ring kg/cm ²
Wakayama	Fertil.		8.3	10.7	0.499	39.72	533.9	66.14	278.2	43.2	41.1
	Non-fertil.		5.7	6.3	0.361	43.0	60.4	67.6	282.3	38.11	39.50
	D	5% 1%			*	*					
Okayama	Fertil.		9.05	12.02	0.58	37.8	469.5	69.45	238.7	43.28	41.85
	Non-fertil.		6.6	7.2	0.40	40.43	621.6	65.55	268.6	37.75	47.86
	D	5% 1%			*	*	*	*	*		
Total means of fertilized trees			8.58	11.05	0.533	38.96	508.1	67.5	262.4	43.3	41.4
Total means of non-fertilized trees			6.06	6.60	0.377	42.0	611.4	66.8	277.1	38.0	42.9
D	5% 1%				*	*	*	*	*	*	*

Note D: Differences in fertilized and non-fertilized trees

* Significant (5%) ** Significant (1%)

抵抗がその主体をなすもので、肥培木のように生長の早いものでは、当然その細胞膜は軟弱となって抵抗を減ずると一般に考えられていたが、筆者らは前報¹⁾で、生長の早かった肥培木の早材細胞は、細胞の大きさが大きくなって年輪幅が広がるのではなく、その数が多くなることが原因であることを報告したが、今度の圧縮試験でも、肥培木は年輪幅が広いにもかかわらず、この横圧強度は対照木に比べて著しい低下はない。平均値では3.6%の低下であって、全体としては5%でその差は有意であるが、各試験地毎の検定では有意の差は認められなかった。これはやはり早材細胞の大きさは余り変らないことが、同時に強度の低下を来さない因と考えられる。

d. 横圧板強 (Compression strength of perpendicular-to-grain and tangential-to-annual ring)

横圧縮の中でも年輪に切線方向の圧縮の場合は、主に晩材層の細胞膜の横方向の抵抗が主体となるので、前の横圧強度とはその本質を異にする。そして試験結果でみられるようにこの場合は肥培木の方が逆に強くなる。そして Fig. 4. にみられるように年輪幅の広いもの程その強度は高くなる。その原因について考えられることは断面における厚膜細胞比は、年輪の狭い程多くなりその抵抗力も増すはずである。またかりに肥培木の方が晩材率が高いかと思うが、かならずしもそうとはかぎらない。試片の変形状態を注意してみると対照木の年輪幅の狭いものでは、当然直径も小さく、年輪の曲率半径も小さいので、年輪の内側へ向けての坐屈が容易におこりやすく、これに対して年輪の広い肥培木では、年輪の直径も大きく曲率半径も大であるので、ほとんど荷重方向に平行に晩材層が立つ結果、その抵抗も大きくなると考えられる。すなわちこの場合は対照木の総平均値 38 Kg/cm^2 に対し肥培木では 43.3 Kg/cm^2 となって、13.9%だけ肥培木の方が強度が高い結果が得られた。

e. 曲げ弾性係数 (Bending modulus elasticity)

比留間氏の飼肥スギの結果では生長の早い飼肥スギはこの曲げ弾性係数が著しく低くなるとさ

れているが、今回の肥培木の試験では、必ずしも肥培木の方が低いとは言えない結果が得られた。Table 4 でみられるように対照木との間の有意の差は認められずまた Fig. 4. の上段の図にみられるように年輪幅との間にも関係がないようである。この点については加圧部分の材変形に原因する測定誤差の介在も考えられるので、その塑性変形との関連も考慮に入れて、今後さらに詳しく実験して検討を加えたいと思う。

総 括

この研究は著者等が行っているスギ肥培木の材質に関する研究の一つである。この報告では肥培木と対照木の機械的性質を比較研究した。供試木は前報と同じく、和歌山県白浜京大演習林と岡山県苫田郡奥津町産のものである。試片は各供試木とも樹高 1.2m~2.0m までの部分からとった。強度試験の種類は、主として建築における柱や梁としての応用を考えて、曲げ試験と圧縮試験の2つを研究し、圧縮試験は短柱について実験した。圧縮試験は次の3つの方向の試験をした。

(a) 繊維に平行方向 (b) 年輪に直角方向 (c) 年輪に切線方向

その結果は次のように要約できる。

(1) 繊維に平行方向の圧縮と曲げ強度は対照木に比べて肥培木の方が弱い。これらの強さが年輪幅と晩材率に左右されるということから納得できるであろう。しかしながら同じ肥培木でも、その木の晩材の中に多くの偽年輪が見出されるものでは、それらの強度は必ずしも弱くならなかった。これらの強度に偽年輪細胞の数が関係していると考えられる。

(2) 年輪に直角方向と切線方向の圧縮では肥培木と対照木との強度差はいずれも5%水準で有意であった。しかし年輪に切線方向では対照木の方がその圧縮強度は弱くなる。

(3) 曲げ弾性係数は肥培木と対照木との間には有意の差は見い出せなかった。この係数には肥培木の晩材中に見い出される偽年輪細胞の機械的性質が大きく作用していると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 畔柳鎮・石川達芳 (1962) : スギ肥培木の材質に関する研究。第1報。白浜産スギ肥培木の生長と年輪幅、容積密度数との関係。日本林学会第73回大会講演集。p.172~177.
- 2) 石川達芳・畔柳鎮 (1963) : スギ肥培木の材質に関する研究。第2報。スギ肥培木の年輪構造。岡山大学農学部学術報告。第21号 pp.17~25.
- 3) 畔柳鎮・西田晃昭 (1964) : スギ肥培木の材質に関する研究。第4報。スギ肥培木と対照木の年輪構成の差異について。岡山大学農学部学術報告。第23号 pp.7~11.
- 4) 畔柳鎮 (1963) : スギ肥培木の材質。山林。第952号。p.24~29.
- 5) 比留間重次郎 (1916) : 餵肥産スギ材強度試験。林業試験報告。第14号。p.69~102.
- 6) 藤林誠 (1929) : 台湾演習林産スギ、ヒノキおよびチークの強弱試験。東京大学農学部演習林報告。第9号。p.1~116.
- 7) Akira KAWANA & Masao KAWAGUCHI (1957) Several aspects of the over-moist forestry on the sea coast of Kujukuri (III) On the Colored growth bands appearing in the well-grown planted Sugi Seedlings. 日本林学会誌。第39巻。第9号。p.323~327.