



Title	苫小牧演習林産人工植栽ストロームツ, バンクスマツおよびカラマツの材質試験
Author(s)	宮島, 寛
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 19(3), 99-216
Issue Date	1958-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20764
Type	bulletin (article)
File Information	19(3)_P99-216.pdf



[Instructions for use](#)

苫小牧演習林産人工植栽ストローブ
マツ, バンクスマツおよび
カラマツの材質試験

宮 島 寛*

THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF PLANTATION-GROWN WHITE PINE, JACK
PINE AND JAPANESE LARCH IN THE
TOMAKOMAI EXPERIMENT FOREST
OF HOKKAIDO UNIVERSITY

By

Hiroshi MIYAJIMA

目 次

緒 言	100
供 試 木	101
試 験 方 法	103
試 験 結 果 お よ び 考 察	105
I. 円板についての試験	105
1. 樹齡による円板の年輪幅, 面積および全乾重量の変化	105
2. 円板における年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率の変化	108
3. 年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率の統計数値	111
4. 年輪幅の出現状態および年輪幅と比重, 硬さ数, 体積収縮率および秋材率との関係	114
5. 比重の出現状態および比重と硬さ数および体積収縮率との関係	119
6. 硬さ数の出現状態	121
7. 体積収縮率の出現状態	121
II. 圧縮試験	122
1. 圧縮試験結果の統計数値	122
2. 縦圧縮比例限度および縦圧縮強さの出現状態	125
3. 年輪幅と圧縮強さとの関係	126
4. 比重と圧縮強さとの関係	127
III. 曲げ試験	131

* 宮島 寛: 北海道大学農学部助手

1. 曲げ試験結果の統計数値	131
2. 曲げ比例限度, 曲げ強さおよび曲げヤング係数の出現状態	135
3. 年輪幅と曲げ比例限度, 曲げ強さおよび曲げヤング係数との関係	137
4. 比重と曲げ比例限度, 曲げ強さおよび曲げヤング係数との関係	138
IV. 衝撃試験	140
1. 衝撃試験結果の統計数値	140
2. 衝撃吸収エネルギーの出現状態	142
3. 年輪幅と衝撃吸収エネルギーとの関係	142
4. 比重と衝撃吸収エネルギーとの関係	143
結 言	144
文 献	148
Summary	150
図 版	152
附 表	153

緒 言

北海道大学苫小牧演習林において今世紀の初めごろより, いろいろの樹種の人工造林が行われ, すでに樹齢 50 年以上, 伐採利用しうる径級に達しているものもある。樹種としては本道固有のエゾマツ, トドマツの外, 本州産のカラマツ, また外来樹種として, ストローブマツ, バンクスマツ, オオシュウアカマツ, オオシュウクロマツ, オオシュウトウヒ, エンゲルマントウヒ, シットカトウヒ, オオシュウカラマツなどがある。これらの造林木については, いままでに 2, 3 材積生長の調査が行われたが, カラマツを除く樹種については, 材質的な調査研究はあまり行われていない。すでに知られるようにこれらの造林地も 1954 年春秋 2 度にわたる大暴風によつてかなりの被害をうけた¹⁵⁾ので, この機会に風害調査とともに造林木の材質試験を行つた。樹種としてはまずストローブマツ, バンクスマツおよびカラマツの 3 種を選んだ。これらを選んだのは, ストローブマツおよびバンクスマツは北米産のものであり, 苫小牧産と原産地のものとの材質を比較検討するためであり, またカラマツは現在北海道において最も多く造林されている樹種であり, 今後の造林木の撫育と生産される木材の利用上の参考に供しようとするためである。なお苫小牧演習林における造林面積はストローブマツ 1.78 ha, バンクスマツ 10.73 ha, カラマツ 294.80 ha である¹⁵⁾。

従来造林木については主としてその材積生長量とか風害, 雪害, 霜害などの被害に対する抵抗性などが調査されていたが, 次第に材質的研究たとえば平井信二氏⁹⁾⁻¹¹⁾の林木の重量生長, 加納孟氏¹²⁾の材質成長などの研究も行われ造林成績の資料に加えられるようになってきた。このように造林地における材積生長の外, どのような材質の木材がそこに生産されているかということをはっきりと明らかにしなければならないのは当然であつて, かかる見地

にたつて苫小牧演習林の造林木について材質試験を行つたものである。ここにまとめた報告は、その資料には不十分で補足しなければならない箇所もあるが、一応利用上ならびに今後の造林上の参考に供しようと、特に生長の遅速、すなわち年輪幅の広狭と材質との関係について論じたものである。

この研究を行うにあたりその動機をあたえられ御指導、御援助を賜わつた大沢教授に謝意を表す。また材料採取に協力された北大苫小牧演習林所長谷口講師はじめ職員のかたがた、測定に協力された大学院学生奥山君にもお礼を申し上げる。

供 試 木

この試験に供した樹種は上述の3種で、1樹種5本を標準としたが、ストロームツの造材のとき障害となつたストロームツ3本およびトドマツ1本も造材したので試験木に加えた。これらの採取地の概要は次のとおりである。

1. ストロームツ *White pine (Pinus strobus L.)* 幌内事業区 23 林班内 0.744 ha に大正 10 年 (1921) 5 月札幌産 7 年生苗を 2150 本植栽。1953 年 (樹齢 39 年) の調査によれば総本数 794 本、総材積 115 m³、平均材積 0.144 m³、平均胸高直径 16 cm、最大胸高直径 28 cm である。1954 年 9 月までの樹齢 40 年。

2. バンクスマツ *Jack pine (Pinus banksiana LAMB.)* 幌内事業区 13 林班内 2.25 ha に大正 11 年 (1922) 札幌産 5 年生苗 7300 本を植栽、翌大正 12 年に同 6 年生苗 2455 本補植。1954 年 9 月までの樹齢 37 年。

3. カラマツ (*Larix Kaempferi SARG.*) 幌内事業区 3 林班内 1.26 ha に明治 39 年 (1905) 札幌産 3 年生苗 3800 本を植栽、翌明治 40 年に 600 本補植。1944 年 (樹齢 42 年) に 656 本 (76.05 m³) 伐採。1954 年 9 月までの樹齢 52 年。

なお上述のトドマツはストロームツと同一林班内に生育したものである。

供試木は 1954 年 9 月 26 日の第 15 号颱風による風倒木から選んだのであるが、径級は中級より上級の生長を示し、さらに樹幹に裂け目、割れ目、折損箇所などの風害による欠点が見られなかつたもので、造材・製材の結果も内部に風害による材質の変化、すなわち内部組織の破壊 (もめの発生) がみられなかつたものである。

これらの供試木より長さ 12 尺の丸太を 2 丁あて造材し、さらにこの際、この両丸太の中間すなわち地上高約 4 m の位置より厚さ約 5 cm の円板を採取しこれも試験材とした。供試木およびそれよりの造材丸太についての形量を表-1 に、また採取円板の大きさを表-2 に示す。

表-1 供 試 木

Table 1. Trees tested

No.	樹 種 Species	胸高直径 Diam. b. h. cm	樹 高 Height m	採取丸太最小径 Min. diam. of 12 ft.-log		樹 齡 Age year
				1st cm	2nd cm	
1	<i>Pinus strobus</i>	16	11.2	12.5	9.0	40
2	"	21	11.0	16.0	10.0	40
3	"	21	10.0	16.5	—	40
4	"	23	12.0	16.5	11.5	40
5	"	24	12.0	18.0	12.5	40
6	"	26	11.0	21.0	13.5	40
7	"	19	13.7	16.0	12.5	40
8	"	29	15.5	23.0	21.5	40
9	<i>Pinus banksiana</i>	21	12.5	18.5	15.0	37
10	"	15	12.0	13.0	7.5	37
11	"	17	11.5	15.5	9.0	37
12	"	20	12.0	16.0	12.5	37
13	<i>Larix Kaempferi</i>	24	16.9	19.0	16.0	52
14	"	24	16.4	20.0	16.5	52
15	"	27	16.5	21.0	18.0	52
16	"	28	16.7	22.5	18.5	52
17	"	23	17.3	19.5	15.5	52
18	<i>Abies Mayriana</i>	25	12.0	21.0	16.0	40

表-2 円 板 の 大 き さ

Table 2. Sizes of disks, tops of first 12-foot logs from test trees

No.	樹 種 Species	年 輪 数 Number of rings	半 径 の 長 さ (cm) Length of radius without bark			
			a	b	c	d
1	<i>Pinus strobus</i>	26	6.9	6.2	6.5	6.5
2	"	26	7.3	9.2	8.5	7.6
3	"	26	8.8	8.3	7.6	8.7
4	"	26	9.5	8.8	7.9	8.6
5	"	26	9.1	8.4	9.0	9.7
6	"	23	12.3	10.5	8.9	11.4
7	"	23	9.2	8.1	7.2	8.4
8	"	25	12.6	11.5	12.2	12.4
9	<i>Pinus banksiana</i>	24	9.9	8.5	10.2	9.5
10	"	24	7.9	6.4	5.4	6.5
11	"	25	8.9	6.6	6.1	6.9
12	"	24	7.8	7.4	7.7	7.9
13	<i>Larix Kaempferi</i>	45	10.2	9.1	7.8	8.7
14	"	47	11.9	9.7	8.2	8.8
15	"	45	12.1	9.6	9.5	10.4
16	"	45	14.2	10.1	9.5	11.2
17	"	45	10.4	9.7	9.4	9.5
18	<i>Abies Mayriana</i>	21	9.7	10.2	10.5	9.5

試験方法

上述の供試木から長さ12尺の丸太を造材し、これを図-1(A)に示すような方法で製材した。この図でNとあるのは、颱風によつて倒された際地面に接していた側で、およそ立木時の北側にあたる。この側は風によつて曲げられたとき圧縮力を受けた側と考えられるので、ここよりは風害の影響を観察するための板(厚さ約3cm)*を採取した。これと反対側より心・辺材を含む厚さ3cmの板をとり、これを化学分析用に供した。さらにこの製材の際丸太の中央部を幅5cmだけ残し、これより圧縮、曲げおよび衝撃試験用の試片を作成した。この方法は図-1(B)に示すように、その採取位置は各丸太より6カ所、すなわち、1供試木より地上高約0.3—0.7 m, 0.7—1.1 m, 1.6—2.0 m, 2.0—2.4 m, 2.9—3.3 m, 3.3—3.7 m, 4.1—4.5 m, 4.5—4.9 m, 5.4—5.8 m, 5.8—6.2 m, 6.7—7.1 mおよび7.1—7.5 mの12カ所とし、相隣れる部分の地上に近い部分より生材試験片をその他より気乾材試験片を作成した。この作成方法はまず上述の1ブロックを同図(C)に示すように辺材を含む外側と心材を主とする内側に分け、それぞれについて2×2×3cmの圧縮試験片4個、2×2×30cmの曲げおよび衝撃試験片各1個を作成した。気乾材の場合には一部を含水率の調整に使用したため、圧縮試験片の数を2個とした。すなわち原則として1供試木よりの試験片の個数は次のとおりである。

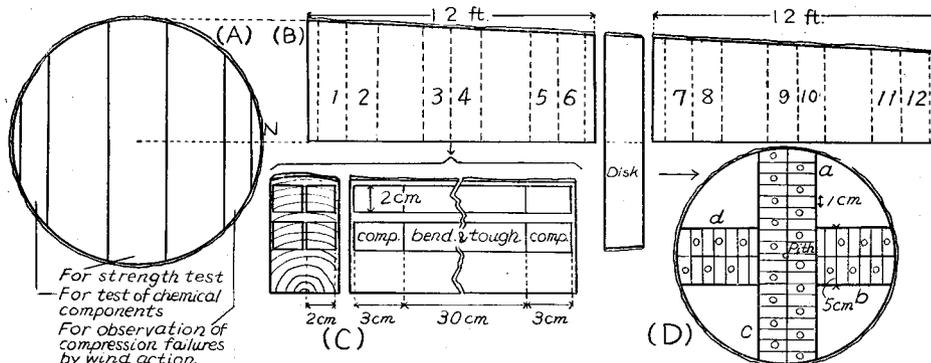


図-1 (A) 供試木の製材方法. (B) 材質試験用材の採取位置 (1, 3…11 は生材, 2, 4…12 は気乾材で試験). (C) 試験片作成法, (D) 円板における試験位置.

Fig. 1. (A) Method of conversion. (B) Location of wood blocks in log (The specimens from Nos. 1, 3…11 blocks were tested in green condition and the remainder being air-dried.). (C) Test pieces in wood block. (D) Location of test on disk.

* この板についてまずその表面をかんなで削り、肉眼的に観察したが、もめは認められなかった。後この板より2×2×30cmの試験片をできるだけ沢山つくり、木裏側をハンマーで衝撃する衝撃試験を行つたが、その数値および破壊形態には内部組織の破壊による影響は認められなかった。

		1ブロックにおける個数			1供試木 における 個数
		辺材	心材	計	
圧縮試験片	生材	4	4	8	48
〃	気乾材	2	2	4	24
曲げ試験片	生材	1	1	2	12
〃	気乾材	1	1	2	12
衝撃試験片	生材	1	1	2	12
〃	気乾材	1	1	2	12

これらの試験片はいずれも、繊維通直で、節・腐れ・割れなどの欠点が入らぬよう作成した。

試験には東京衡機製の4トン木材試験機を用い、圧縮試験はすべて繊維方向とし荷重の100kgごとに、その試片全長の繊維方向における変形を、曲げ試験の場合には荷重の10または20kgごとにスパン(24cm)の中央における変形をともにダイヤルゲージ(1/100mm)により測定し、荷重を破壊するまで増していった。衝撃曲げ試験には同じ試験機を用い、スパンを24cmとし、10kg-mの衝撃エネルギーをもつハンマーで、その中央を衝撃し吸収エネルギーを試験機付属の目盛により測定した。静的曲げおよび衝撃曲げ試験の場合とも試片のまさ目面に荷重を加えた。荷重の速度は圧縮試験の場合には毎分約100kg/cm²、曲げ試験の場合には150kg/cm²を標準とした。この試験では試験機の機構と当実験室における従来の試験成績との比較のため、試験片はこれと同じ寸法に作成し、木材試験方法(JIS A 1005, 7)によらなかつた。

試験時の水分状態は生材ではすべて繊維飽和点以上とし、気乾材では15%を基準とした。

また地上高約4m(1丁目の12尺丸太の末口)の位置より採取した厚さ約5cmの円板については次のような試験を行った。

すなわち、この円板の髄を通る最小直径を基準に互に直交する4半径について、樹皮側より造林台帳により算出した樹齢に従つて5年ごとの定期生長量を測定し、後図-1(D)に示すようにこの半径を中心に幅5cmの試片4個を切り取り、これを樹皮側より1cmごとにその半径線の左右交互に平均年輪幅、生材状態における硬さ数を測定し、それが終了後この部分を切り取つて全乾状態となし、その重量および体積を測定し、さらにその試片を吸温させ、体積が恒量となつたと認められたときの体積を再び測定した。これは体積の測定にBREUILの水銀測容計を用いたので、測定の際、試片に水銀が入り、それが重量の測定に影響することをおそれたためである。これらの測定結果から、この円板について樹齢と年輪幅の関係、円板の面積、全乾重量、年輪幅、硬さ数、全乾比重、容積密度数を求めた。また一部ではあるが秋材率も測定した。

なお硬さ数の測定には東京衡機製の木材硬度試験機を用い、直径1cmの鋼球を試験箇所にて20kgの荷重で圧入し、そのまま3分間放置して荷重をかけたまま、ヘコミの深さを附属のダイヤルゲージ(1/100mm)で測定してBRINELL硬さ数を求めた。ここで荷重時間を3分間としたのは、このぐらいの時間でヘコミの深さはほぼ安定し、これ以上時間を増してもその変化は極めて少なく測定誤差の範囲にはいると考えられるからである。

また前述の全乾状態と飽湿状態における体積の測定により飽湿状態の体積に基づく体積収縮率を求めた。

試験結果および考察

I. 円板についての試験

供試木の項で述べたように、造材の際12尺丸太の1丁目と2丁目の間から採取した厚さ約5cmの円板について、年輪幅、比重、硬さ数および体積収縮率を測定したが、その結果を以下のようにわけて論ずる。

1. 樹齢による円板の年輪幅、面積および全乾重量の変化

樹齢による平均年輪幅の変化 円板について造林台帳に基づく樹齢による樹皮側より求めた5年ごとの平均年輪幅の変化は図-2に示すごとくである。

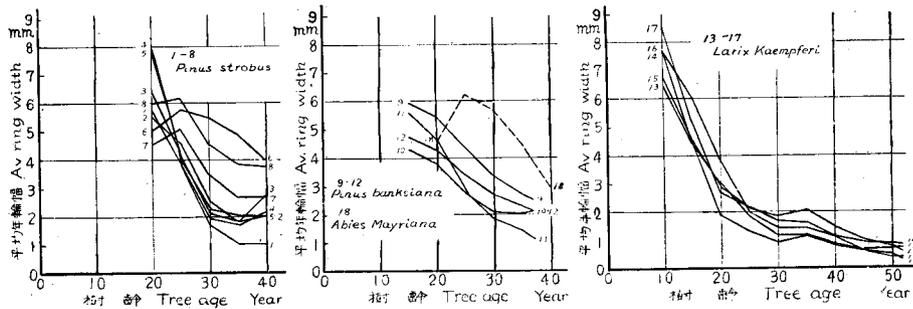


図-2 樹齢による円板の年輪幅の変化

Fig. 2. Variation in width of annual ring on top of first 12-foot log from tree with respect to age of tree.

この図について、ストロブマツではこれを2つに分けて考察しよう。すなわち、径級の大きいものでは、25年附近に年輪幅の最大になる点があり以後年輪幅は少しながら狭くなり、35年と40年で大差ない。またその径級の小さいものでは、20年以後急激に生長が悪くなり、その後30—35—40年とほぼ一定値を示している。バンクスマツは供試木4本ともほぼ同様の傾向を示し、これらは15年以後年輪幅は漸次減少している。カラマツではさらにその傾向が著しく、この円板にみられる最低年10年では平均年輪幅6.5—

8.6 mm であるに対し、以後は急激に年輪幅は狭くなり 20 年では 1.8—3.7 mm, 30 年で 1.0—1.8 mm, 40 年で 0.6—1.5 mm, 50 年で 0.3—0.8 mm とほとんど生長がとまっているといつてよいぐらいに年輪幅は非常に狭くなってくる。これに対し上述のストロブマツの平均年輪幅は樹齢 20 年で 4.5—8.1 mm, 30 年で 1.6—5.4 mm, 40 年で 1.0—3.9 mm, またバンクスマツでは 20 年で 3.9—5.4 mm, 30 年で 1.8—3.3 mm, 37 年で 1.1—2.5 mm であつて、ともに 20 年以後の生長はカラマツより優れている。

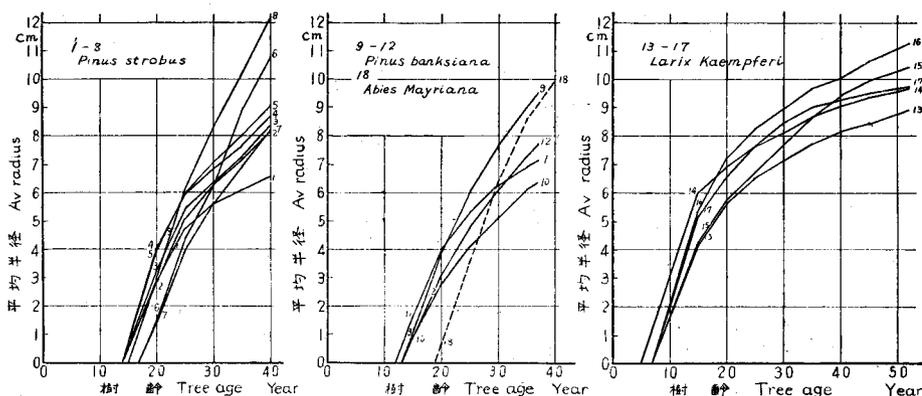


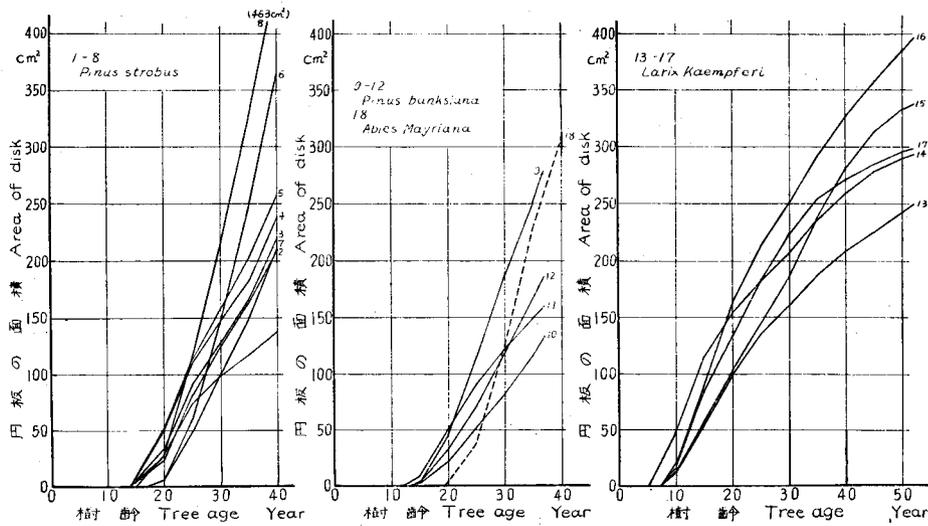
図-3 樹齢による円板の半径の変化

Fig. 3. Variation in radius of top of first 12-foot log with respect to age of tree.

樹齢ごとの平均半径(総生長量)は図-3に示すごとく、カラマツは初期の生長がはなはだよく 15 年においてすでに 4.2—6.1 cm の半径を有しているのに、ストロブマツではこの円板の位置まで達しておらず、バンクスマツでは 0.9—1.7 cm である。また 20 年ではカラマツ 5.6—7.2 cm に対しストロブマツ 1.4—4.0 cm, バンクスマツ 2.8—3.9 cm で、以後この差は漸次少なくなり、35 年ではカラマツ 7.7—9.6 cm に対し、ストロブマツ 6.1—10.2 cm, バンクスマツ 6.1—9.0 cm とほぼ似た径級となる。このようにカラマツは初期において生長極めてよいが、樹齢 25 年ぐらいより生長が急激に悪くなる。これに対しストロブマツ、バンクスマツでは初期生長はカラマツにくらべはなはだ劣るが、20 年前後の生長がよくその後の年輪幅の減少もカラマツほど著しくないので、次第にそれらの径級はカラマツに近くなり、樹齢 35 年では大差なくなる。

ここに掲げたトドマツはきわめて生長のよいもので、その生長の過程はストロブマツの生長のよいものに似ている。またその 5 年ごとの平均年輪幅も 2.3—6.2 mm の範囲で偏差が少ない。

樹齢による円板の面積の増加 樹齢と地上高約 4 m の位置より採取した円板の面積の関係を図-4に示す。このようにストロブマツとバンクスマツはほぼ似た傾向を示し、



図—4 樹齢による円板の面積の変化

Fig. 4. Variation in area of top of first 12-foot log from tree with respect to age of tree.

それらの生長のよいものは下方に凸な曲線の傾向となり、中級のもののはほぼ直線的、また生長の悪いものは上方に凸な傾向を示す。カラマツは一樣に上方に凸であり、ストロブマツ、バンクスマツの生長のよいものとカラマツの生長のややよいものとは35年前後で、その樹齢—円板の面積の曲線は交わる。またそれらより生長の悪いものは40年ではほぼ近くなっているが、まだ交わっておらず、カラマツの方が優位にあることがわかる。

樹齢による円板の全乾重量の増加 上述の円板の面積にそれぞれの箇所の比重（容積密度数=全乾重量/生材体積）を乗ずると厚さ1cmの円板の全乾重量が求められる。この円板の全乾重量の樹齢に対する関係は図-5に示すごとくである。カラマツは比重が大きいので、この樹齢—円板の全乾重量曲線におけるカラマツと他樹種との交わる点は、樹齢—円板の面積のときより遅くなり、ストロブマツ、バンクスマツの生長のよいもので約40年となり、それより生長の悪いものでは、樹齢40年においてカラマツよりはるか下位にある。また同樹齢の円板の面積は一般にストロブマツがバンクスマツより上位にあつたが、その全乾重量ではバンクスマツの方がむしろ上位にある。これはストロブマツの比重がはなはだ小なるためである。

一方野幌産の造林木の材質成長の研究（加納孟¹³⁾によれば、連年容積成長量、重量成長量とも、ストロブマツおよびトドマツはその伐倒時（樹齢約40年）においてもなおほぼ直線的に増加しているが、カラマツではこれらはすでに30年で減少を始めている。このことは上掲の結果と同様であり、苫小牧地方も野幌地方もほぼ似た生長経過をたどつ

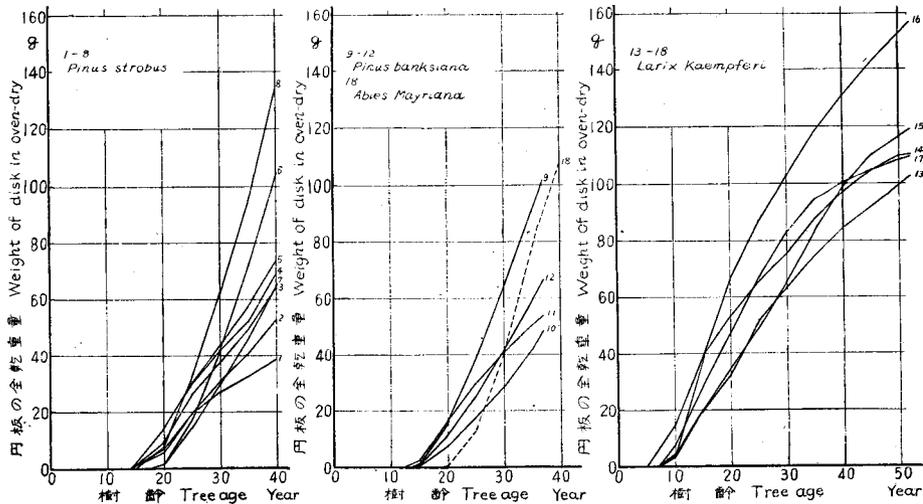


図-5 樹齢による円板(厚さ1 cm)の全乾重量の変化

Fig. 5. Variation in oven-dry weight of 1 cm-height disk cut from top of first 12-foot log from tree with respect to age of tree.

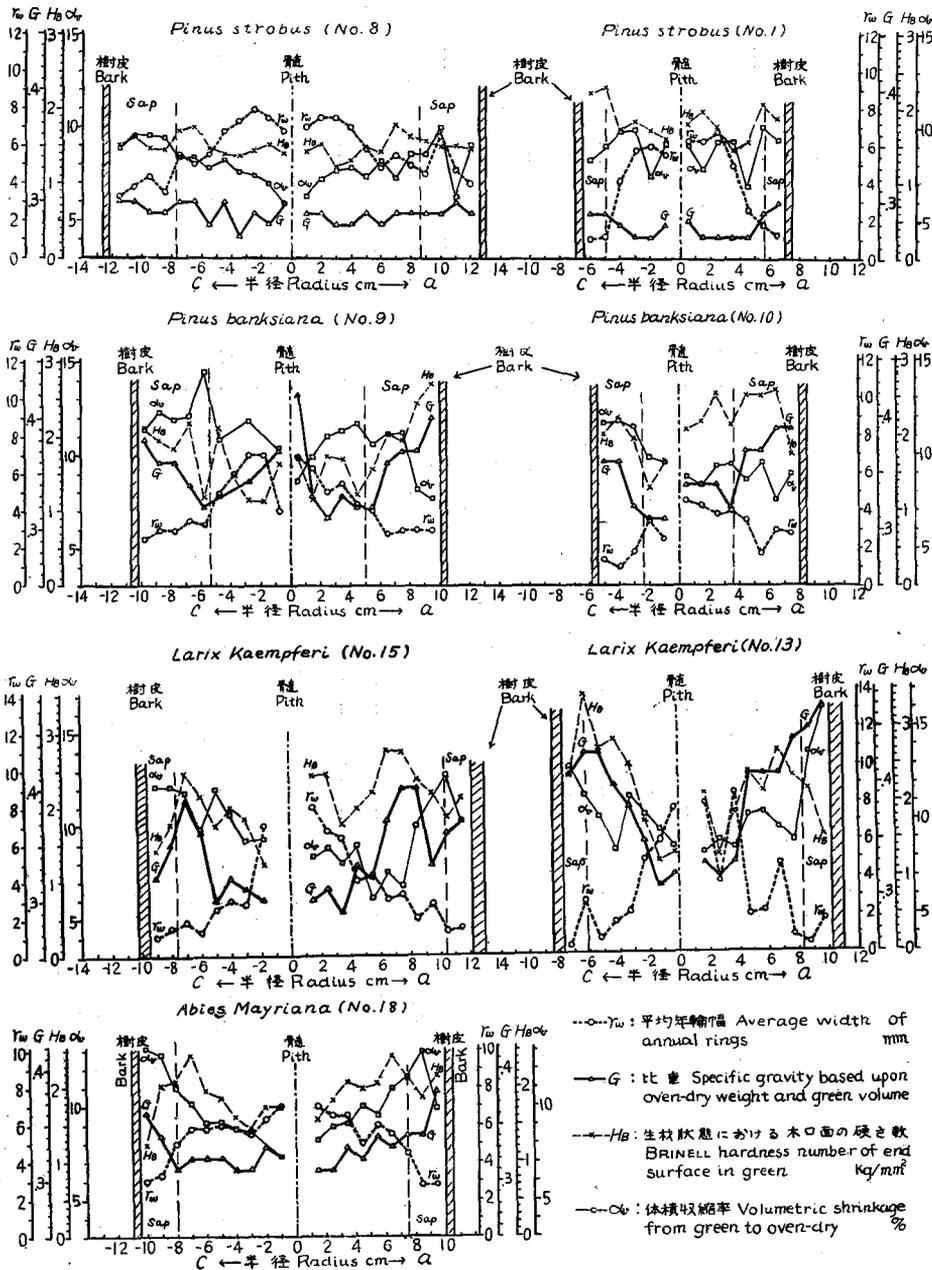
ていることがわかる。

2. 円板における年輪幅, 比重, 硬さ数 および体積収縮率の変化

全資料についての各半径ごとの測定値は一括して附表に掲げられているが、このうちから各樹種について径級の大なるものと小なるものを各1個ずつ選び、それらにおける髓をとる1直径についての平均年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率の変化を図示すれば図-6に示すごとくになる。

前述のように樹齢とともに一般に年輪幅が狭くなる傾向があるので、円板についても外側になるにつれて年輪幅は狭くなる。これによつて比重, 硬さ数および体積収縮率は変化するが、ストロブマツではこれらにおける変化少なく年輪幅との関係も明瞭でない。またその径級の大なる No. 8 と小なる No. 1 との間に大きな差異はみられないが、この両者の平均値を求めると No. 1 は年輪幅 3.6 mm, 比重 0.28 で、No. 8 ではそれぞれ 5.3 mm, 0.29 である。

このように年輪幅の狭い材の方がわずかではあるが、比重が小である。このことは野幌産ストロブマツ(加納孟¹³⁾)についての試験結果〔優勢木は年輪幅(枝下材の算術平均値—以下同じ) 5.00 mm, 容積密度数 271 kg/m³, 劣勢木ではそれぞれ 2.55 mm, 260kg/m³] に似ている。バンクスマツにおいては年輪幅の変化に伴う比重の変化がかなり明瞭にみられ、さらに硬さ数, 体積収縮率も変化する。カラマツにおいては年輪幅の変化に



図—6 円板における年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率の変化

Fig. 6. Variations in width of annual ring, specific gravity, BRINELL hardness number and volumetric shrinkage with distance from pith on top of first 12-foot log from tree.

表-3 円板についての試験結果
Table 3. Summary of results tested on disks

試験の種類 Kind of test	樹種 Species	平均値 Mean value	中央値 Median	モード Mode	標準偏差 σ	変化係数 c.v. %	歪度 Skewness	最大値 Max. value	最小値 Min. value	度数 Number of tests
年輪幅 Av. width of annual rings mm	<i>P. strobus</i>	4.4	4.3	2.0	2.0	45	+1.2	9.0	0.7	226
	<i>P. banksiana</i>	3.6	3.0	3.0	1.5	42	+0.4	8.0	1.0	100
	<i>L. Kaempferi</i>	3.6	2.4	2.0	3.1	86	+0.5	13.3	0.4	153
	<i>A. Mayriana</i>	5.2	5.0	5.0	1.4	27	+0.5	7.0	2.3	33
比重 Specific gravity*	<i>P. strobus</i>	0.29	0.29	0.29	0.016	6.6	0	0.33	0.22	225
	<i>P. banksiana</i>	0.35	0.34	0.34	0.023	6.6	+0.4	0.42	0.30	93
	<i>L. Kaempferi</i>	0.37	0.37	0.41	0.049	13.2	-0.8	0.53	0.27	153
	<i>A. Mayriana</i>	0.34	0.33	0.32	0.028	8.2	+0.7	0.40	0.31	33
硬さ数 BRINELL hardness number kg/mm ²	<i>P. strobus</i>	1.60	1.57	1.40	0.31	19.4	+0.6	2.82	0.97	226
	<i>P. banksiana</i>	1.89	1.90	2.00	0.39	20.6	-0.3	2.81	1.04	100
	<i>L. Kaempferi</i>	2.14	2.18	2.20	0.66	30.8	-0.1	4.25	0.94	153
	<i>A. Mayriana</i>	1.96	2.01	2.00	0.27	13.8	-0.1	2.64	1.22	33
体積収縮率 Volumetric shrinkage** %	<i>P. strobus</i>	8.4	8.3	8.0	1.4	16.7	+0.3	11.7	4.1	215
	<i>P. banksiana</i>	10.4	10.4	10.0	1.4	13.5	+0.3	14.5	6.0	97
	<i>L. Kaempferi</i>	10.2	9.8	9.0	1.8	17.6	+0.7	14.2	6.1	149
	<i>A. Mayriana</i>	10.4	10.0	10.0	1.7	16.3	+0.8	13.6	7.3	32

σ: Standard deviation c.v.: Coefficient of variation in per cent.

* based upon oven-dry weight and green volume.

** green to oven-dry and based upon green volume.

$$\text{Skewness} = \frac{\text{Mean value} - \text{Mode}}{\text{Standard deviation}}$$

よる比重、硬さ数および体積収縮率の変化は一そう明確である。ここに掲げたトドマツは年輪幅の変化が少ないもので、したがって他の諸性質の変化も少ない。

3. 年輪幅、比重、硬さ数および体積収縮率の統計数値

地上高約4mの位置より採取した円板について、その半径方向1cmごとに測定した平均年輪幅、比重(容積密度数=全乾重量/生材体積)、硬さ数および体積収縮率の測定結果は表-3に示すとおりである。

この表から一般的に次のことがいえる。

年輪幅はカラマツが変化多く、これは比重、硬さ数、体積収縮率などの偏異となつてあらわれている。その標準偏差は3.1mmで他の如何なる樹種よりも大きい。これは前述のようにカラマツは初期における生長がはなはだよいが、30年前後より急激に悪くなり、特に40年以後ははなはだ悪くなり年輪幅が狭くなるためである。しかしここに掲げてある数値は試験方法の項に述べたように半径方向1cmについての平均年輪幅の統計数値であるので、算術平均値には他樹種に対する差異はあまりない。ストローブマツおよびバンクスマツも樹齢とともに年輪幅は狭くなる傾向があるが、カラマツほどの著しい変化がないので、その標準偏差も2.0mm、1.5mmとあまり大きくない。また年輪幅のモードは全樹種ともそれらの算術平均値より小である。このため歪度はすべて(+)となる。最大値と最小値の差も標準偏差同様カラマツが著しく大きい。ここに参考として掲げたトドマツ(1本)は特に生長のよいもので、また年輪幅も均一性をもつたものである。したがってその標準偏差、変化係数、歪度および最大値と最小値の差はいずれも小である。

比重の算術平均値はストローブマツ0.29で最も小で、その他バンクスマツ0.35、カラマツ0.37、トドマツ0.34である。これらをそれぞれ天然林産材および人工植栽樹材について行われた他の試験数値と比べると次のようである。

樹種	G_0	G	産地	樹齢	発表者
ストローブマツ	N	0.37	アメリカ		BROWN 外 ⁴⁾
"	N	0.36*	"		BETTS ⁵⁾
"	N	0.34*	"		MARKWARDT 外 ¹⁷⁾
"	N	0.34*	カナダ		ROCHESTER ²³⁾
"		0.36			TRENDELENBURG ²⁷⁾
"		0.37			"
"	P	0.29	山部	39	平井 信二 ¹¹⁾
"	P	0.28 (優)	野幌	38	加納 孟 ¹³⁾
"	P	0.27 (劣)	"	35	"
"	P	0.31	苫小牧	40	宮島

樹種		G_0	G	産地	樹齡	発行者
バンクスマツ	N	0.46	0.40	アメリカ		BROWN 外 ⁴⁾
"	N		0.39*	"		BETTS ³⁾
"	N		0.39*	"		MARKWARDT ¹⁷⁾ 外
"	N		0.43*	カナダ		ROCHESTER ²²⁾
"	P	0.39	0.35	苫小牧	37	宮島
カラマツ	N		(0.47)*			諸戸北郎 ²⁰⁾
"	N		(0.51)*			藤岡光長 ⁶⁾
"		0.87—0.46—0.56				木材工業 90号
"	P	0.40*		手稲		大沢正之 ²¹⁾
"	P	0.39	0.32—0.42	苫小牧	3—32	平井左門 ⁷⁾
"	P		0.39	野幌	41—42	加納孟 ³⁾
"	P		0.40	"	31	平井信二 ⁹⁾
"	P		0.38—0.47	富士	29—30	" ¹⁰⁾
"	P		(0.88)*	朝鮮	17—19	工藤一郎 ¹⁶⁾
"	P		0.46*	イギリス		ARMSTRONG ¹⁾
"	P	0.39—0.55		ドイツ		TRENDELENBURG ²⁷⁾
"	P	0.45—0.56		西ドイツ	41—55	MAYER-WEGELIN ²⁷⁾
"	P	0.42—0.55		"	26—40	"
"	P	0.38—0.53		"	16—25	"
"	P	0.36—0.43		"	0—15	"
"	P	0.42	0.37	苫小牧	52	宮島
トドマツ	N	0.33—0.40*		天塩	86—158	宮井・大沢 ¹⁹⁾
"	N		0.31—0.35	野幌	80—86	平井信二 ⁹⁾
"	N		0.33	"	80	加納孟 ¹²⁾
"	P		0.32 (優)	"	37	"
"	P		0.34 (劣)	"	40	"
"	P	0.38	0.34	苫小牧	40	宮島

(注) G_0 : 全乾重量/全乾体積

G : 全乾重量/生材体積

N: 天然林産材

P: 人工植栽樹材

* 強度試験片の比重の平均値

(): 気乾比重よりの換算値

ストロームツおよびバンクスマツではその比重は原産地のものより1割以上小である。しかし北海道内に植栽されたストロームツについてみると比重(G)は0.27—0.29でこの報告の数値0.29とほぼ同じ値である。これはこれら人工植栽樹材は一般的に年輪幅が広いことによると考えられるが、異郷土樹種ということにも原因があるのかも知れない。カラマツの場合人工植栽樹材についての試験結果は非常に多いが、天然林産材についての

それはあまりなく、両者の比較は困難である。カラマツの人工植栽樹材についてみるとその比重(G)は北海道産材では上掲のごとく0.32—0.42, 0.39, 0.40という数値で、この報告の場合の0.37には近い。しかし東京大学富士演習林産¹⁰⁾29—30年生材では0.38—0.47という北海道産材よりかなり大きい数値が示されている。またMAYER-WEGELIN (TRENDELENBURG²⁷⁾による)が西ドイツの同一地に生育した日本カラマツの地上高3mの位置における同一齢階ごとに求めた年輪幅と全乾比重(G_0)の関係においてもそれらの比重はかなり大である(図-11参照)。このことについてTRENDELENBURGはドイツに植栽された日本カラマツは生長が非常に速く、虫害に対する抵抗も強いが、その平均全乾比重(G_0)は0.46—0.49でドイツカラマツより小さく、さらに日本におけるカラマツの平均全乾比重(G_0)0.52—0.53 (SCHENK 1939)より小であると述べているが、ここに掲げた西ドイツにおける日本カラマツ材の全乾比重は上述のように北海道産材のそれより大である。トドマツの比重においては天然林産材と人工植栽樹材との間にはあまり差がないようである。

比重の0.01ごとに集計してその出現率をもとめたときのモードはストロブマツ0.29で算術平均値に等しく、バンクスマツのモードは0.34と0.36の2カ所にありその算術平均値はこれらの中間にある。カラマツのモードは算術平均値より大で0.41である。この比重も年輪幅同様、カラマツが変化にとみ、その標準偏差および最大値・最小値の差は最も大きい。

生材状態における木口面の硬さ数の平均値はカラマツが最も大きく、 2.14 kg/mm^2 で、ストロブマツは最も小さく 1.60 kg/mm^2 である。この硬さ数のモードはストロブマツのみ算術平均値より小で、したがって歪度は(+)であるが、他はいずれも算術平均値より大で、歪度は(-)である。硬さ数も年輪幅、比重同様カラマツが最もその変化大である。

体積収縮率は一般に比重の大きさに比例する傾向があるが、ここでも比重が一番小であるストロブマツの体積収縮率が最小である。他のバンクスマツ、カラマツ、トドマツの体積収縮率の平均値は10.4, 10.2, 10.4とほぼ同様であるが、これも前に述べた諸性質同様カラマツの標準偏差は最大である。モードはいずれの樹種とも算術平均値より小さく歪度はすべて(+)である。なお他の試験成績をみると、野幌産造林木(蕪木自輔¹³⁾)ストロブマツ5.8(1—11)%, カラマツ10.7(5—16)%, トドマツ8.8(4—15)%であるが、この場合の平均比重(容積密度数)はそれぞれ0.278, 0.385, 0.329である。またさきに行われた苫小牧産(平井左門⁹⁾)カラマツの体積収縮率は辺材部8—13%, 心材部7—9%である。

以上述べた統計数値より、年輪幅、比重、硬さ数および体積収縮率のすべてについてカラマツが最も変化大であること、ストロブマツは比重、硬さ数、体積収縮率が最も小であることがわかる。このカラマツにおける諸性質の偏差は年輪幅の不均一に基づくもの

でこれは前項で述べたように20年前後までは非常に生長よいが、以後急激に生長悪くなっていることによるものである。

4. 年輪幅の出現状態および年輪幅と比重、硬さ数、 体積収縮率および秋材率との関係

年輪幅の出現状態 試片における平均年輪幅を1 mmごとに集計して、出現状態を求めると図-7に示すごとくなる。この図において知られるように、ストロームツのモードは2.0 mmでその平均値4.4 mmよりかなり左に偏している。これは円板の外側に近い部分に年輪幅の狭いものが、かなりあつたからである。その分布範囲は1—9 mmで、パン

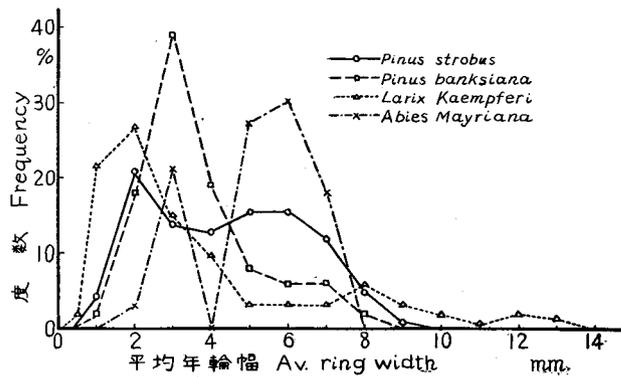


図-7 円板における年輪幅の出現状態

Fig. 7. Distribution of width of annual ring on top of first 12-foot log from tree.

クスマツの1—8 mmにはほぼ同じであるがパンクスマツでは5—8 mmの広い部分は少なく、大部分はモード3.0 mmを頂点とする二等辺三角形の形に分布し、標準偏差もストロームツの2.0 mmに対しこれは1.5 mmで小さい。カラムツの年輪幅はきわめて変化にとみ(標準偏差3.1 mm)、そのモードは2.0 mmであるが、5—13 mmのきわめて年輪幅の広い部分もかなりある。これらの年輪幅の広い部分はすべて円板の内側で初期にきわめてよい生長を示したところである。ここに掲げたストロームツおよびカラムツの年輪幅の出現状態はともに野幌産(加納孟¹⁸⁾)のストロームツおよびカラムツの優勢木におけるそれに似ている。

年輪幅と比重の関係 一般に針葉樹材の場合、年輪幅が狭くなれば、その木材の比重は増加する傾向があるといわれているが、またある年輪幅のところに比重の最大値を有するものもあるようである。このような両者間の関係についてはすでに、数多くの発表があるが、この試験で得られた成績から年輪幅と比重の関係を求めると図-8に示すごとくな

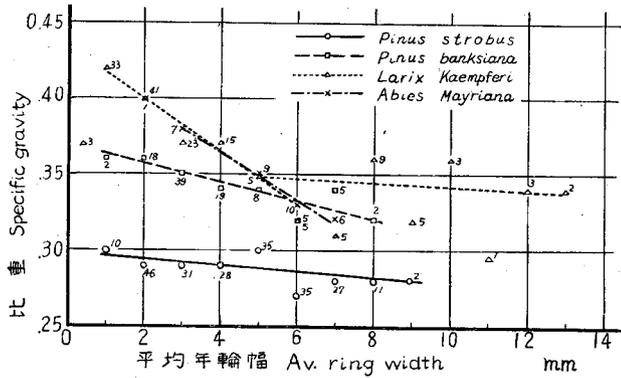


図-8 年輪幅と比重との関係

Fig. 8. Relation between specific gravity and rate of growth.

る。この図において各点は平均値であつて、それらの点のわきについている数の測定値から求めたものである。ここでストロブマツの年輪幅1—5 mmの範囲では、各年輪幅(1 mm ごと)についての平均比重は0.29—0.30で年輪幅の変化による比重の変化はあまりない。またその年輪幅6—9 mmにおいても平均比重は0.27—0.28でここでも比重の変化はあまりない。しかしこの両グループをみると、きわめてわずかであるが、年輪幅の狭い方のグループの比重は大である。これは年輪幅—秋材率の関係(図-9)にみられるようにストロブマツの秋材率は年輪幅1—5 mmの範囲では3 mmのところは17%で最大、あとは16%まででその差は少ないが、年輪幅6 mm以上では秋材率が15—9%と次第に減少していることによつて説明される。このようにストロブマツでは年輪幅が広くなれば比重はきわめてわずかながら減少する傾向がみられるが、年輪幅1—5 mmでは比重はほ

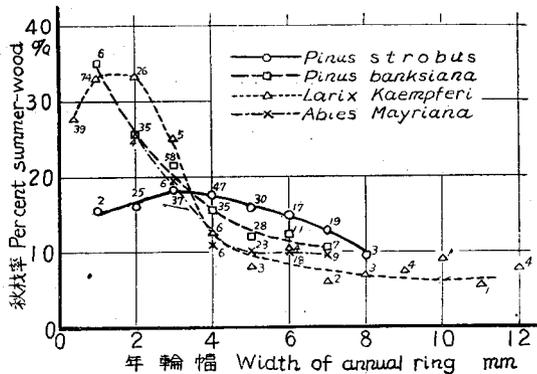


図-9 年輪幅と秋材率との関係

Fig. 9. Relation between percent summerwood and rate of growth.

とんど変化しない。これは野幌産ストロームツ(加納孟¹⁹⁾)についての両者の関係においてもみられる。すなわち、そこで年輪幅0.5 mm以下では比重0.31であるが、1—6 mmでは0.28前後、さらに年輪幅それ以上では0.27—0.26という傾向がみられる。また山部産ストロームツ(平井信二¹¹⁾)についてはこの両者に一次的相関関係は認められないと述べている。このように北海道に植栽された樹齢40年程度のストロームツにおける年輪幅と比重の関係は3地方産とも似た傾向を示し、またその比重の数値も非常に近いものである。しかし原産地(カナダ・ROCHESTER²²⁾)のストロームツについては、図-10に示すごとく年輪幅と比重(容積密度数=全乾重量/生材体積)の間にはかなり明確な関係が求められている。さらに後述のバンクスマツと同様、同一年輪幅のものとの比重を比べると原産地のものが、苫小牧に植栽されたものより約2割大である。

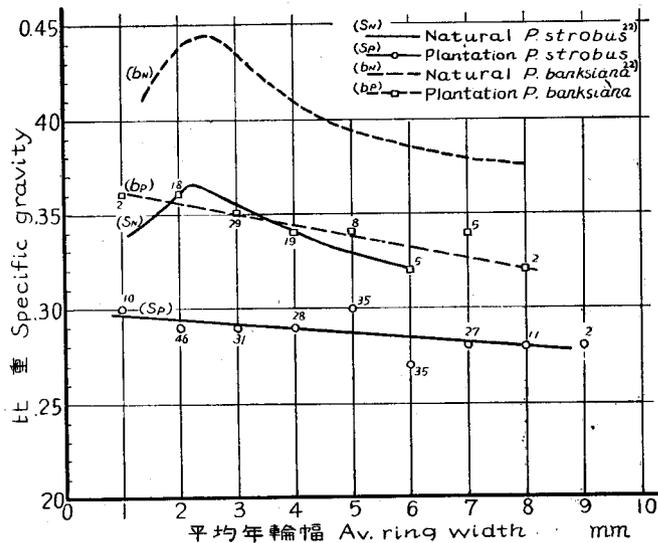


図-10 苫小牧産ストロームツおよびバンクスマツ材とカナダ産材²²⁾との比重の比較

Fig. 10. Comparison of specific gravity of plantation-grown *Pinus strobus* and *Pinus banksiana* in Tomakomai Forest with trees of forest grown origin (Canada²²⁾).

バンクスマツでは図-8にみられるように年輪幅の増加(1—8 mm)により比重は明らかに直線的に減少(0.36—0.32)している。これは年輪幅の増加により秋材率も減少していることから明瞭である(図-9)。また前述のストロームツ同様、原産地材(カナダ・ROCHESTER²²⁾)の比重は同一年輪幅の苫小牧産植栽樹材のそれより約2割大である。

カラマツにおいては年輪幅1—7 mmにおいてその増加とともに比重は急激に減じている(0.42—0.32)。しかしこれ以上年輪幅の広い箇所における比重の変化は明瞭でない。

また年輪幅 0.4 mm の部分の比重の平均値は 0.37 で、年輪幅 1 mm のものの平均値 0.42 よりかなり小である。この関係は野幌産カラマツ (加納孟¹³⁾) について求められた両者の関係とよく似ている。カラマツの各年輪幅における平均秋材率にもこれを裏づける変化がみられる (図-9)。すなわち秋材率は年輪幅 1—2 mm が最大で 33—34%、これより狭い 0.4 mm では 28%、また年輪幅 2—7 mm では秋材率が急激に減少し、さらにそれ以上では秋材率にあまり変化がない。

西ドイツに植栽された日本カラマツについて MAYER-WEGELIN²⁷⁾ が地上高 3 m の位置より採取した材料について、齢階ごとに年輪幅—全乾比重 (G_0) の関係を求めているが、これとこの報告における資料についての両者の関係と比較すれば 図-11 に示すごとくなる。このように年輪幅 6 mm 以下の部分における比重は西ドイツ産材の方が遙かに大である。これも前述のストロブマツ、バンクスマツ同様産地による材質の差を示すものであろう。

トドマツにおいては年輪幅 2—7 mm の範囲で比重は 0.40—0.32 と直線的に減少している。

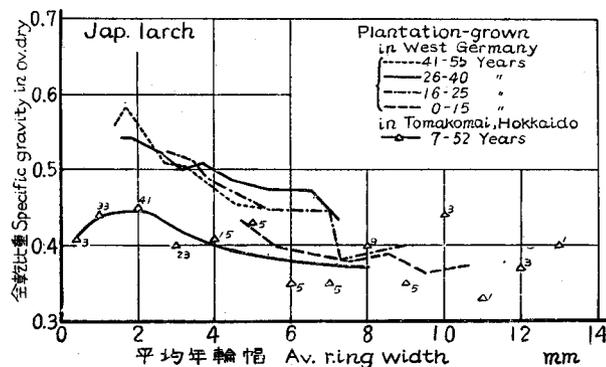


図-11 苫小牧産カラマツ材と西ドイツ産日本カラマツ材²⁷⁾との比重の比較

Fig. 11. Comparison of specific gravity of plantation-grown *Larix Kaempferi* in Tomakomai Forest with "Japanese larch" in West Germany²⁷⁾.

年輪幅と硬さ数との関係 木材の硬さ数はその比重に密接な関係をもっているものであり、また比重が年輪幅と関係あるならば、年輪幅と硬さ数との関係も前者により推定しうるであろう。年輪幅 1 mm ごとに分類して求めた硬さ数の平均値による年輪幅—硬さ数の関係を 図-12 に示す。ここにおける硬さ数は生材状態における木口面のもので、前述のごとく直径 1 cm の鋼球をある一定の荷重で試験面に圧入して測定したものである。この場合試験面に生ずるへコミの直径は 5 mm ぐらいまでであるので、年輪幅の狭い箇所では

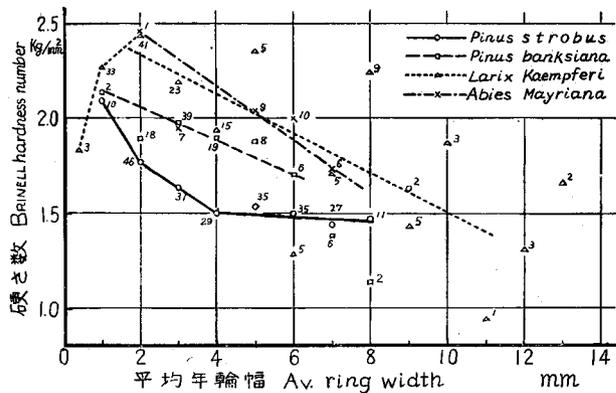


図-12 年輪幅と木口面の硬さ数との関係

Fig. 12. Relation between BRINELL hardness number of end surface in green condition and rate of growth.

はヘコミが春秋両材部にわたるから問題はないが、年輪幅がヘコミの直径より広い箇所では、春材・秋材部のいずれか一方に多くヘコミが生ずるかまたはその一方にのみ生ずることがあり、その測定値の偏差が非常に大きい。このことは図-12において年輪幅6 mm以上の箇所における硬さ数のばらつきが大きいことによつてもわかる。この図において、ストロブマツでは年輪幅1—4 mmにおいて硬さ数は2.09—1.50 kg/mm²とほぼ直線的に減少するが、以後年輪幅の増加による硬さ数の変化はあまりみられない。バンクスマツでは年輪幅1—8 mmにおいて硬さ数は2.14—1.14 kg/mm²とかなり急激に減少している。カラマツでは年輪幅2 mm附近に硬さ数の最大値(2.44 kg/mm²)があり、年輪幅2—7 mmの範囲では硬さ数は年輪幅の増加により相当のばらつきはあるが、減少する傾向がみられる。しかしこれ以上年輪幅が広いところにおける硬さ数の変化は非常に大きく両者の関係はよくわからない。トドマツは資料が少ないので、詳細なことはわからないが、年輪幅2—7 mmの範囲で、硬さ数は2.46—1.73 kg/mm²と減少している。このようにここに掲げた針葉樹材では一般に年輪幅が広くなれば硬さ数は減ずる傾向がみられる。

年輪幅と体積収縮率との関係 平均年輪幅に対する体積収縮率の関係を図-13に示す。この図において、ストロブマツの年輪幅1—3 mmの範囲では体積収縮率にあまり変化なく、年輪幅3—6 mmではその増加により体積収縮率が減少する傾向がみられる。バンクスマツにおいてはこれとは逆に年輪幅1—3 mmではその増加により体積収縮率はかなり急激に減少し、年輪幅3—7 mmではこの減少がごくわずかになる傾向がある。またカラマツもこれに似た傾向を示し、年輪幅0.4—3 mmではこの増加により体積収縮率減少し、年輪幅がこれ以上では体積収縮率は相当ばらつきがやや減少すると考えられる。

て主として0.40以上は生長が遅くなつた辺材部およびこれに近い部分で、0.35以下は中心部の年輪幅の広い部分である。

比重と硬さ数との関係 比重と木口面の生材状態における硬さ数との関係を図-15に示す。一般に比重が増せば硬さ数も増すことが考えられるが、この図においてもほぼその傾向がみられる。しかし前述のようにこの硬さ試験は直径1cmの鋼球を試験面に圧入したもので、そのへこみの直径は5mmぐらいであつたので、年輪幅のこれより広い部分が多いこの資料では測定値にばらつきが多くこの図に示すような結果となつたが、全樹種ともほぼ一定の幅の中で前述の傾向を示すことがわかる。

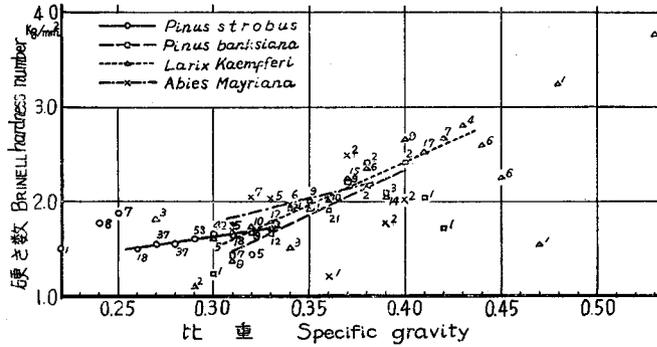


図-15 比重と硬さ数との関係
 Fig. 15. Relation between BRINELL hardness number of end surface and specific gravity.

比重と体積収縮率との関係 図-16は比重と体積収縮率との関係を示す。この図において比重0.36以上のところでは体積収縮率のばらつきが大きい、全樹性とも比重が大

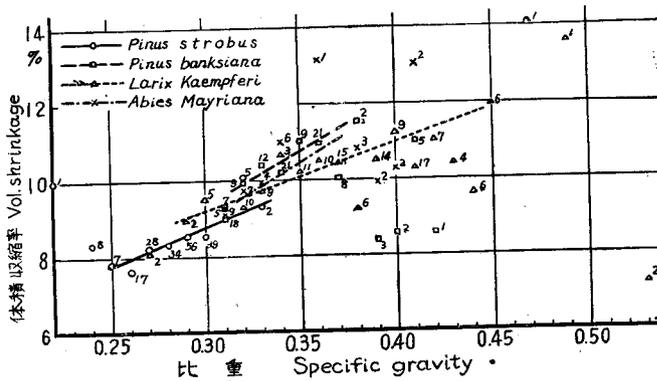


図-16 比重と体積収縮率との関係
 Fig. 16. Relation between volumetric shrinkage and specific gravity.

となれば体積収縮率も増す傾向がある。野幌産造林木(蕪木自輔^{14),15)}については、全樹種を合併すると比重が増せば体積収縮率がほぼ直線的に増加するが、各樹種ごとにはすべての樹種がそれぞれの比較的直線的とみなされる部分とこれからはずれる部分とから成り立っていることが知られると述べられ、そこにおいてはある程度比重が増せば、体積収縮率は逆に減少する傾向が示されている。この報告においてもバンクスマツ、カラマツなどにかかる傾向がみられるようであるが、資料が少ないので明確なことはわからない。

6. 硬さ数の出現状態

生材状態における木口面の硬さ数を 0.2 kg/mm^2 ごとに分類して出現状態を求めると 図-17 に示すごとくなる。ストロブマツは 1.4 kg/mm^2 をモードにやや左偏した分布曲線を示す。バンクスマツはモード 2.0 kg/mm^2 でストロブマツよりややひろがった範囲に分布し、カラマツのモードは 2.2 kg/mm^2 であるがその出現率は 19.6% で、ストロブマツおよびバンクスマツのモードの出現率 30.4%、27.0% に比較して非常に小である。またその分布も $1.0\text{--}4.2 \text{ kg/mm}^2$ のきわめて広い範囲にわたり、材質の不均一性を示す。

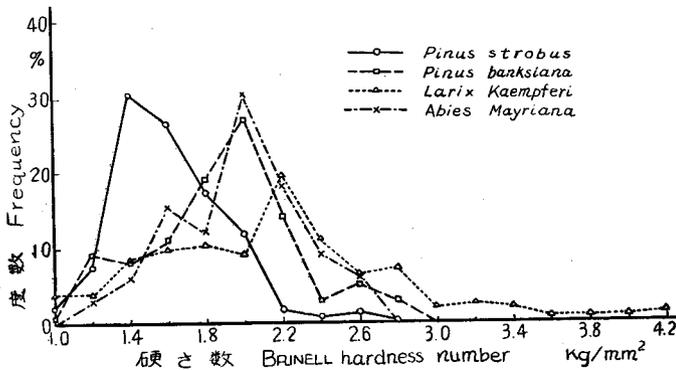


図-17 円板における硬さ数の出現状態

Fig. 17. Distribution of BRINELL hardness number on disk cut from top of first 12-foot log from tree.

7. 体積収縮率の出現状態

体積収縮率を 1% ごとに分類して出現状態を求めると 図-18 に示すごとくで、ストロブマツおよびバンクスマツのモードはそれぞれ 8.0%、10.0% であるがその分布曲線の形はほぼ似ている。これに対しカラマツのモードは 9.0% でバンクスマツより小であるが、その標準偏差はバンクスマツより相当大であり、他の諸性質同様体積収縮率もまたカラマツが最も変化にとむことがわかる。

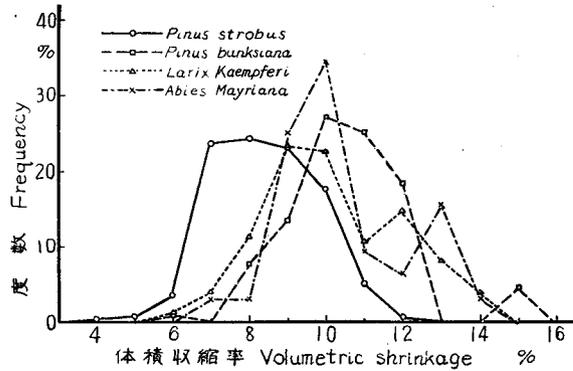


図-18 円板における体積収縮率の出現状態

Fig. 18. Distribution of volumetric shrinkage in disk cut from top of first 12-foot log from tree.

II. 圧縮試験

供試木より造材した 12 尺丸太 2 丁を高さにより 12 カ所に分け、その半分を生材状態のまま、残りを気乾状態としてさらにそれらを辺材部、心材部において採取した $2 \times 2 \times 3$ cm の試験片について縦圧縮試験を行つたが、その結果は次のとおりである。

1. 圧縮試験結果の統計数値 (表 4)

このような試験の場合、供試木の選び方、さらに試験片の採取位置、大きさ、形状、個数などがその結果に影響するものであるが、この試験では同時に風害の影響も調査したため、試験方法の項で述べたように供試木は中一上の径級のものを選び、また試験片は立木時のほぼ西側にあたる部分からのみ採取した。これらの試験片についての平均年輪幅および比重の分布状態は表-4 に示すように前述の円板についてのそれらの分布状態に似ているので、かなりよく供試木の性質を表わしていると思われる。

表-4 について次のようなことがわかる。圧縮強さ (C) の平均値は生材状態においてカラマツ 240 kg/cm^2 で最も大、トドマツおよびバンクスマツは $196, 193 \text{ kg/cm}^2$ でほとんど同じ、ストロブマツは最も小で 143 kg/cm^2 である。これは試験片の比重の平均値の順位と大体同じである。その標準偏差はカラマツ、バンクスマツ、ストロブマツ、トドマツの順でそれぞれ $38, 25, 22, 15 \text{ kg/cm}^2$ で、この試片の比重の標準偏差はまたそれぞれ $0.040, 0.025, 0.022, 0.017$ で両者同じ順位である。このように圧縮強さも円板の試験の場合に述べた諸性質同様カラマツが最もその変化多く、最小値は 147 kg/cm^2 でバンクスマツのそれと同じ、トドマツのそれより小である。ゆえにカラマツはその平均値は大である

表—4 縦圧縮試験結果

Table 4. Summary of results obtained by test of compression parallel to grain

樹種 Species	平均年輪幅 Av. width of annual rings (mm)				比重 Specific gravity				含水率 Moisture content (%)				試験片数 Number of tests
	平均值	標準偏差	最大值	最小値	平均值	標準偏差	最大值	最小値	平均值	標準偏差	最大值	最小値	
	Av.	σ	Max.	Min.	Av.	σ	Max.	Min.	Av.	σ	Max.	Min.	
<i>P. strobus</i> (g)	3.9	1.4	7.3	1.6	0.28	0.02	0.34	0.24	62	27	143	25	319
" (a)	3.8	1.4	7.5	1.4	0.30	0.02	0.35	0.24	14.9	0.5	16.8	13.8	155
<i>P. banksiana</i> (g)	3.5	1.2	6.4	1.3	0.34	0.03	0.42	0.30	39	15	110	28	145
" (a)	3.4	1.5	5.7	1.7	0.36	0.03	0.42	0.32	15.2	0.8	16.7	13.7	67
<i>L. Kaempferi</i> (g)	2.1	1.1	6.6	0.8	0.39	0.04	0.47	0.31	35	8	76	23	238
" (a)	2.0	0.9	5.5	1.0	0.40	0.04	0.50	0.32	15.4	0.6	16.4	14.2	120
<i>A. Mayriana</i> (g)	4.3	1.0	6.3	2.7	0.33	0.02	0.38	0.31	76	43	175	27	43
" (a)	4.4	1.1	6.0	2.7	0.35	0.02	0.39	0.33	14.0	0.4	14.8	13.2	24

(g): 生材 Green test (a): 気乾材 Air-dry test σ : Standard deviation

縦圧縮 Compression parallel to grain	樹種 Species	平均值 Mean value	中央値 Median	モード Mode	標準偏差 σ	変化係数 c.v. %	歪度 Skewness	最大值 Max. value	最小値 Min. value
比例限度 Fiber stress at proportional limit kg/cm ²	<i>P. strobus</i> (g)	94	98	120	20	21	-1.3	137	50
	" (a)	162	152	150	26	16	+0.4	253	121
	<i>P. banksiana</i> (g)	135	143	120	27	20	+0.6	222	74
	" (a)	197	198	210	30	15	-0.4	254	145
	<i>L. Kaempferi</i> (g)	158	160	150	42	27	+0.2	271	61
	" (a)	243	244	240	60	24	-0.1	333	123
最大強さ Maximum crushing strength kg/cm ²	<i>A. Mayriana</i> (g)	126	121	120	21	17	+0.3	132	99
	" (a)	199	198	210	26	13	-0.4	249	148
	<i>P. strobus</i> (g)	143	147	150	22	15	-0.3	195	90
	" (a)	244	246	240	25	10	+0.2	308	136
	<i>P. banksiana</i> (g)	193	190	180	25	13	+0.5	279	147
	" (a)	296	294	300	30	10	-0.1	369	245
	<i>L. Kaempferi</i> (g)	240	228	240	33	16	0	323	147
	" (a)	352	354	360	47	13	-0.2	462	253
	<i>A. Mayriana</i> (g)	196	196	180	15	8	+1.1	224	175
	" (a)	309	313	315	22	7	-0.3	354	273

c.v.: Coefficient of variation in per cent.

が、強さの非常に小なる部分も含むので、利用上不利である。

気乾材の縦圧縮強さの値も生材の場合にほぼ同様の傾向を示すが、その数値は大きく生材についての数値は気乾材の約6割である。

縦圧縮比例限度 (σ_{PL}) も最大圧縮強さ (C) とほぼ同様の傾向を示す。

ここに掲げた数値を他の試験成績と比較すると次のようである。

樹種	N	比重		σ_{PL} kg/cm ²		C kg/cm ²		産地 (樹齡)	発表者
		生材	気乾材	生材	気乾材	生材	気乾材		
ストロブマツ	N	0.34	0.36	145	220*	175	289*	アメリカ	MARKWARDT ^{外17)}
〃	N	0.34	0.35	145	219*	172	278*	〃	Wood handbook
〃	N	0.36				191		〃	BETTS ³⁾
〃	N	0.34		121	197*	169	253*	カナダ	ROCHESTER ²²⁾
〃	P	0.28	0.30	94	161*	143	243*	苫小牧 (40)	宮島
バンクスマツ	N	0.39	0.43	153		210	322*	アメリカ	MARKWARDT ^{外17)}
〃	N	0.40		166	217*	208	327*	〃	Wood handbook
〃	N	0.39				181		〃	BETTS ³⁾
〃	N	0.43		150	212*	215	332*	カナダ	ROCHESTER ²²⁾
〃	P	0.34		135	198*	193	298*	苫小牧 (37)	宮島
カラマツ	N		0.50*				540		諸戸北郎 ²⁰⁾
〃	N		0.53*				638		藤岡光長 ⁶⁾
〃	P	(0.405)	0.39*			193	325	手稲 (27)	大沢正之 ²¹⁾
〃	P		0.46				373	朝鮮 (17-19)	工藤一郎 ¹⁶⁾
〃	P	0.46	0.46			263	455*	イギリス	ARMSTRONG ¹⁾
〃	P	0.39	0.40	158	252*	240	357*	苫小牧 (52)	宮島
トドマツ	N	(0.30-42)				143-223		天塩 (86-153)	宮井・大沢 ¹⁹⁾
〃	N		0.35*				329*	〃	〃
〃	N	0.33				200		野幌	沢田稔 ²³⁾
〃	P	0.33	0.35	126	206*	196	319*	苫小牧 (40)	宮島

(注) 比重: 全乾重量/試験時の体積—ただし () は全乾体積にもとづく, σ_{PL} : 縦圧縮比例限度, C : 縦圧縮強さ, N: 天然林産材, P: 人工植栽樹材, *: 15%の含水率時に換算した値 (それぞれの換算式による)。なおこの試験における各樹種気乾材の平均値に対する含水率1%の増加による強度数値の減少は次のとおりである。

樹種	ストロブマツ	バンクスマツ	カラマツ	トドマツ
σ_{PL} kg/cm ²	6.7	6.3	9.4	6.6
C kg/cm ²	10.0	10.5	11.7	10.3

上掲の比較数値にみられるように苫小牧産の人工植栽樹材中、外来樹種であるストロブマツおよびバンクスマツはともに原産地のものより圧縮強さ小である。これは比重が小であることによると考えられる。カラマツの天然林産材に対する試験成績が非常に少ないので比較は困難であるが、上掲の成績によれば、天然林産のほうが比重・圧縮強さともに

相当大である。またイギリスに植栽された日本カラマツは比重・圧縮強さともに苦小牧産材より大である。これに対しトドマツは天然林産材と比重・圧縮強さともに似た値である。

2. 縦圧縮比例限度および縦圧縮強さの出現状態

縦圧縮試験における比例限度および最大強さを60, 90, 120……と30 kg/cm²ごとに分類するときその出現状態は図-19に示すごとくである。

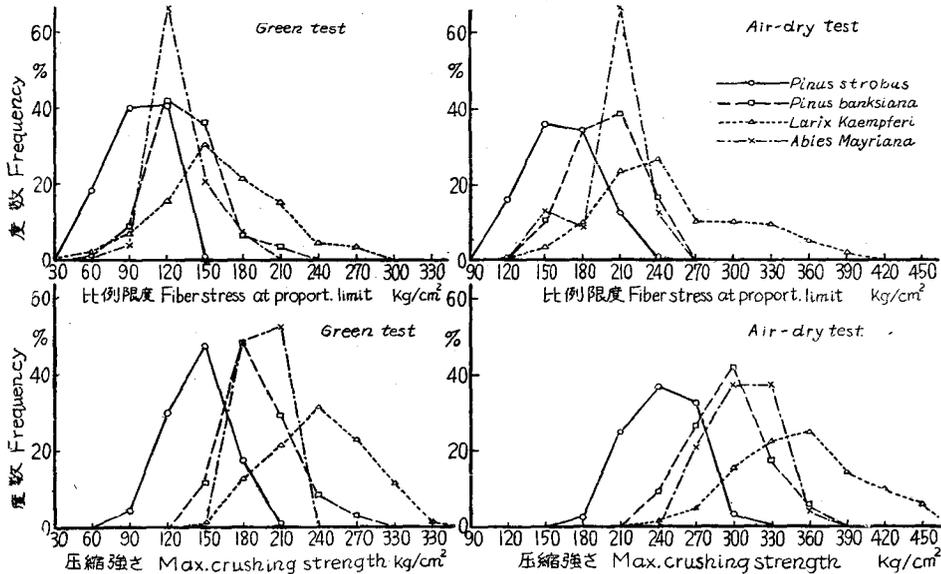


図-19 縦圧縮比例限度および縦圧縮強さの出現状態

Fig. 19. Distributions of fiber stress at proportional limit and maximum crushing strength in compression parallel to grain.

ストロブマツの生材の比例限度強さの出現率は90 kg/cm²に40.4%, 120 kg/cm²に40.8%とそのほとんどがこの範囲内にあり, その気乾材においてもその約70%が150および180 kg/cm²にある。バンクスマツではその生材・気乾材ともストロブマツよりやや強度数値の大なる位置にはほぼ同じ範囲に分布する。これらに対しカラマツはそのモードにおける出現率(生材・150 kg/cm²・30.7%, 気乾材・240 kg/cm²・26.6%)低く, その分布も生材60—270 kg/cm², 気乾材120—390 kg/cm²と非常に広い範囲にわたる。

縦圧縮強さの出現状態も比例限度の場合と同様で, カラマツは生材では150—330 kg/cm², 気乾材では240—450 kg/cm²の範囲に分布する。このようなカラマツ材における強度数値のばらつきは年輪幅の変化に原因しているものである。

ここに試験したトドマツはその縦圧縮比例限度および最大強さの値はともに非常に狭い範囲内にありその材質の均一性を示す。

なおこの試験においては全樹種とも生材・気乾材の両状態において縦圧縮比例限度 (σ_{PL}) は最大強さ (C) の約 65—70% である。

3. 年輪幅と圧縮強さとの関係

試験片をその平均年輪幅 1 mm ごとに分類してそれぞれの圧縮強さの平均値を求める

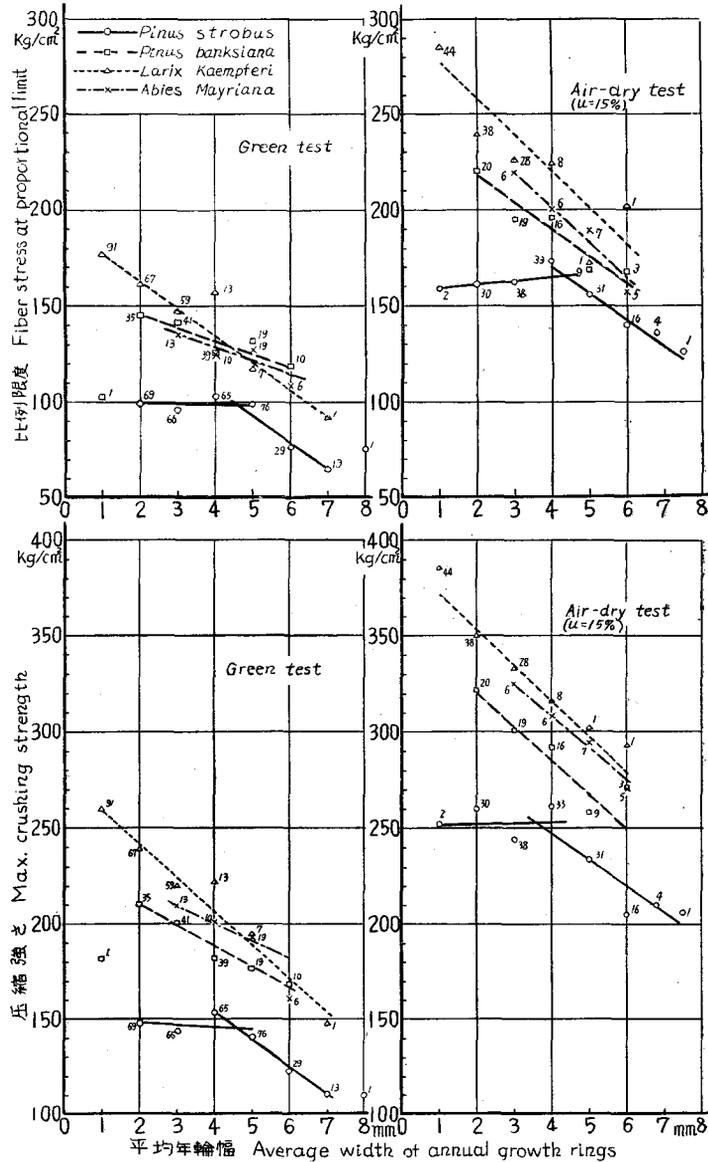


図-20 年輪幅と縦圧縮比例限度および縦圧縮強さとの関係

Fig. 20. Relations of fiber stress at proportional limit and maximum crushing strength to rate of growth.

とこの両者の関係は図-20に示すごとくなる。この図にみられるように生材および気乾材において最大圧縮強さ(C)と比例限度強さ(σ_{PL})はともに年輪幅の変化に対しほぼ似た関係を示す。また同一年輪幅の場合、カラマツが最も強さ大で、ストロブマツが最小である。バンクスマツおよびトドマツはカラマツよりやや小である。最大圧縮強さ(C)についてみると、ストロブマツでは年輪幅2—4 mmの範囲において強さにあまり変化ないが、年輪幅がこれ以上になるとその増加により強さは減少する傾向がある。バンクスマツは年輪幅2—6 mmにおいて年輪幅が増せば強さはほぼ直線的に減ずる。カラマツは年輪幅1—7 mmの範囲において年輪幅が増せば強さは直線的に急激に減少する。またトドマツはバンクスマツに似た傾向を示す。

このうちストロブマツおよびバンクスマツを原産地(カナダ産・ROCHFESTER)のものにおける年輪幅と圧縮強さ(C)の関係と比較すれば図-21に示すごとくなる。このようにストロブマツの年輪幅2 mm附近ではカナダ産材の強さが約2割大であるが、年輪幅3—4 mm附近ではこの両者に大差ない。またバンクスマツでは年輪幅2—5 mmの範囲においてカナダ産材と苫小牧産材の強さはほとんど一致している。しかし

この場合ともに生材状態(繊維飽和点以上の含水率)における繊維方向の圧縮試験であるが、試験片の大きさはカナダ産材(ASTMによる)2"×2"×8', 苫小牧産材2×2×3 cmで、大きさも形状も異なるので厳密なことはいえない。

4. 比重と圧縮強さとの関係

一般に圧縮強さは比重が増せばそれに比例して増加すると考えられるものであり、ここに試験した樹種についても図-22に示すように比重の増加とともに圧縮比例限度、最大強さは増加することが認められる。この場合ストロブマツの生材はその比重0.29—34の範囲がこの関係直線よりずれているが、他は大体この直線に極めて近い範囲内にあるといえよう。このストロブマツ、バンクスマツ、カラマツおよびトドマツの4種を合併したもののについての比重—圧縮強さの関係は比重0.25—0.45の範囲内で次のような直線式で

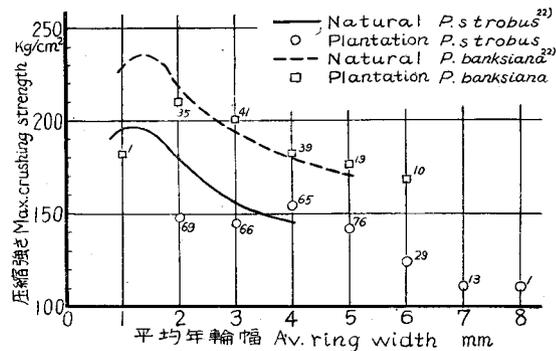


図-21 苫小牧産ストロブマツ材およびバンクスマツ材とカナダ産材²³⁾との縦圧縮強さの比較(生材状態)

Fig. 21. Comparison of maximum crushing strength of plantation-grown *Pinus strobus* and *Pinus banksiana* in Tomakomai Forest with trees of forest grown origin (Canada²³⁾)—in green condition.

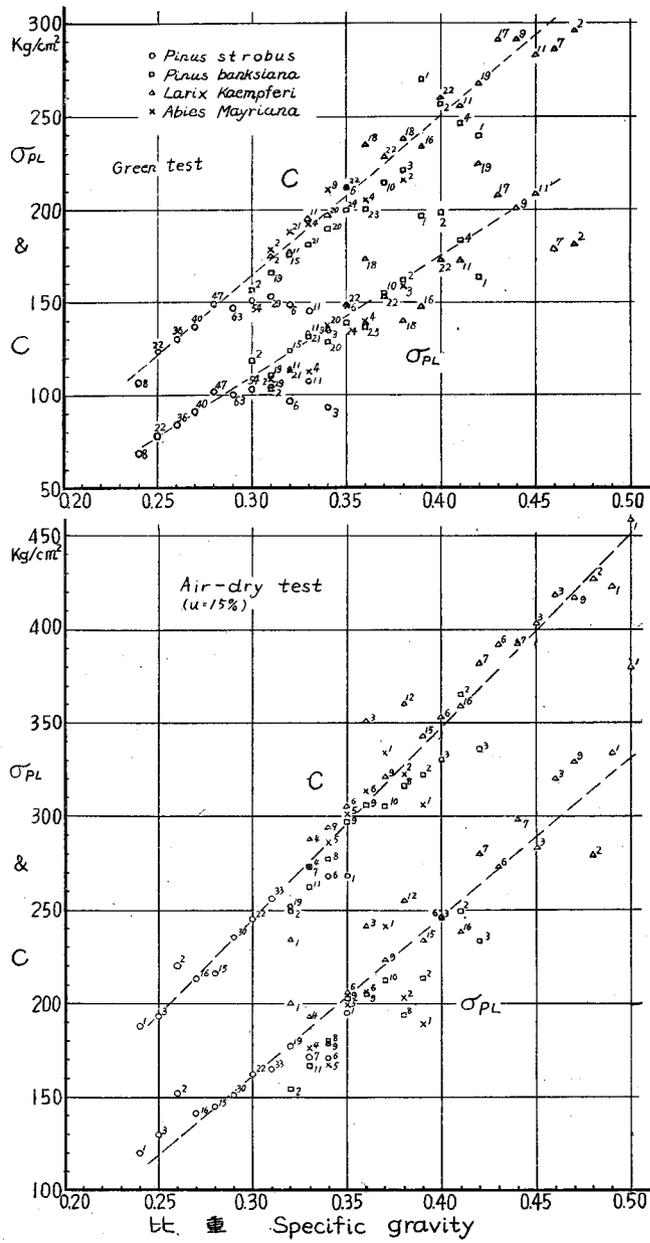


図-22 比重と縦圧縮比例限度 (σ_{PL}) および
縦圧縮強さ (C) との関係

Fig. 22. Relations of fiber stress at proportional limit (σ_{PL}) and maximum crushing strength (C) to specific gravity.

表わされる。

$$\begin{aligned} \text{生材} & \begin{cases} \sigma_{PL} = 660G - 87 \text{ kg/cm}^2 \\ C = 860G - 93 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \\ \text{気乾材} & \begin{cases} \sigma_{PL} = 847G - 93 \text{ kg/cm}^2 \\ C = 1028G - 63 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \end{aligned}$$

ここで σ_{PL} および C は縦圧縮比例限度および最大強さ (kg/cm^2), G は比重 (全乾重量/試験時の体積) である。また気乾材の数値は 15% の含水率時に換算したものである。

さらに樹幹内の位置による年輪幅—比重—圧縮強さの関係を生材について求めると表-5 に示すごとくである。

表-5 樹幹内の位置による比重および圧縮強さの変化 (生材状態)

Table 5. Variations in the specific gravity and max. crushing strength with respect to position in the tree (in green condition)

Tree No.	First 12-ft. log						Second 12-ft. log						
	Block No. 1		3		5		7		9		11		
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	
1	r_w	3.4	3.8	2.7	6.1	2.7	6.2						
	G	0.31	.29	.29	.28	.29	.26						
	C	117	102	124	111	138	115						
2	r_w	2.2	5.7	1.9	5.5	1.9	5.6	4.0	5.8	2.1	3.6	2.9	3.5
	G	0.27	.26	.27	.24	.27	.24	.26	.25	.22	.26	.26	.29
	C	111	94	126	104	125	109	130	98	143	146	147	156
3	r_w	1.9	4.9	2.1	3.6	2.3	5.6						
	G	0.33	.31	.31	.29	.29	.28						
	C	156	124	147	130	153	123						
4	r_w	2.6	6.9	2.1	5.8	2.1	5.0	2.7	7.4	2.3	4.7	2.7	5.0
	G	0.33	.30	.31	.27	.31	.27	.30	.25	.29	.26	.29	.26
	C	115	100	150	108	174	120	167	110	175	181	170	122
5	r_w	2.4	4.2	1.7	3.7	2.0	4.5	2.3	4.9	3.1	6.3	3.1	5.3
	G	0.31	.29	.29	.26	.28	.25	.27	.26	.26	.25	.28	.26
	C	139	117	155	133	146	130	141	133	145	134	157	142
6	r_w	3.0	4.1	2.8	3.2	3.2	3.9	4.0	5.2	4.7	4.7	4.9	5.4
	G	0.29	.31	.29	.30	.29	.29	.27	.29	.28	.27	.27	.27
	C	136	147	153	155	157	164	159	172	155	155	160	150
7	r_w	1.7	4.2	2.0	4.1	2.5	3.0	2.4	3.7	3.5	4.4	4.2	4.3
	G	0.32	.31	.30	.28	.29	.31	.31	.29	.30	.31	.31	.32
	C	161	134	154	132	151	157	174	153	163	175	169	163
8	r_w	4.3	4.7	3.5	4.1	3.7	4.0	4.4	4.9	4.2	5.2	4.4	5.5
	G	0.30	.30	.29	.29	.28	.28	.28	.28	.28	.29	.29	.30
	C	147	150	153	159	153	165	165	162	149	162	173	170
9	r_w	2.6	3.8	2.7	4.5	2.4	5.0	3.4	4.3	3.5	5.5	5.2	4.7
	G	0.33	.36	.36	.35	.35	.33	.34	.33	.34	.31	.31	.32
	C	261	208	229	204	229	175	182	173	186	158	163	166
10	r_w	2.4	3.3	1.9	3.4	1.7	2.8						
	G	0.35	.36	.34	.36	.35	.35						
	C	197	190	184	186	205	133						

Tree No.		First 12-ft. log						Second 12-ft. log					
		Block No. 1		3		5		7		9		11	
		S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
11	r_w	2.9	4.3	2.3	5.7	2.3	6.3	2.1	5.3	2.9	3.9		
	G	0.36	.35	.35	.34	.36	.32	.34	.32	.32	.32		
	C	203	183	196	195	206	167	164	184	184	180		
12	r_w	2.4	4.4	2.0	4.5	2.3	4.1	2.8	3.4	3.3		3.5	4.0
	G	0.39	.41	.38	.35	.36	.35	.23	.33	.31		.32	.31
	C	236	235	214	177	202	178	185	183	189		163	160
13	r_w	1.1	2.7	1.0	3.5	0.9	3.3	0.9	2.3	1.0	2.4	1.1	3.5
	G	0.45	.42	.45	.37	.45	.38	.43	.42	.43	.40	.43	.37
	C	277	248	293	215	293	233	303	295	306	270	313	243
14	r_w	1.1	3.1	1.3	4.5	1.2	2.7	1.1	2.6	1.1	3.0	1.4	2.3
	G	0.47	.41	.44	.36	.44	.40	.42	.37	.40	.34	.41	.36
	C	281	239	283	186	275	253	272	217	256	186	269	220
15	r_w	1.2	2.4	1.4	2.5	1.3	2.5	1.4	2.0	1.4	2.1	1.8	2.2
	G	0.38	.34	.37	.32	.38	.33	.34	.32	.35	.33	.34	.32
	C	214	185	220	168	223	173	199	190	220	196	214	189
16	r_w	1.3	1.8	1.1	3.2	1.7	3.7	1.1	2.2	1.2	2.8	1.7	4.4
	G	0.42	.46	.41	.40	.44	.41	.39	.38	.39	.35	.33	.36
	C	237	294	265	250	236	246	244	225	232	204	223	193
17	r_w	2.0	2.9	1.6	2.6	1.3	2.5	1.1	2.7	1.2	2.9	1.5	3.9
	G	0.42	.37	.40	.37	.38	.36	.36	.36	.37	.35	.36	.34
	C	263	197	273	226	258	237	250	252	255	234	242	214
18	r_w	3.4	4.6	3.1	4.9	2.7	4.9	3.4	5.4	5.0	5.6	4.6	4.4
	G	0.36	.36	.34	.35	.34	.33	.32	.32	.32	.32	.32	.33
	C	216	218	206	204	214	186	200	190	185	180	183	191

S: 樹皮側より作成した試片 Pieces from out side in stem, H: 内側より作成した試片 Pieces from inner part in stem, r_w : 平均年輪幅 Av. width of annual rings in mm, G : 比重 Specific gravity based upon oven-dry weight and green volume, C : 縦圧縮強さ Max. crushing strength in kg/cm², Tree Nos. 1-8: *Pinus strobus*, 9-12: *Pinus banksiana*, 13-17: *Larix Kaempferi* and 18: *Abies Mayriana*.

これは供試木より造材した 12 尺丸太 2 丁についてそれぞれを高さにより 3 つのブロックに分けて作成した試験片の年輪幅 (r_w , mm), 比重 (G) および圧縮強さ (C , kg/cm²) の平均値である。まずこの表において同一年輪幅のものの比重をみると、全樹種とも地上に近い部分 (ブロック No. 1) が比重大で、上方にいくに従って漸次小となるが、地上高約 3 m (ブロック No. 5) 以上ではその変化はあまりみられない。また同一樹種でも供試木によつて比重の比較的大 (ストロブマツの No. 3, 7, バンクスマツの No. 12, カラマツの No. 13, 14) なるものと小 (ストロブマツの No. 2, 5, カラマツの No. 15, 17) なるものがある。このように同一樹種で同一年輪幅のものでも、供試木・樹幹内の位置の相違によつてその比重に 20—30% ぐらいの差がみられる場合がある。

次に同一年輪幅のものの圧縮強さ (C) を比較すると、樹幹内の位置による変化は上述の場合とは異なり、樹種別に違つた関係がみられる。すなわち、ストロブマツにおいては比重とは逆に根部に近い部分 (ブロック No. 1) の圧縮強さは小で、その値は上方にいく

に従つてやや増大するが、地上高約3 m (ブロック No. 5) 以上ではあまり変化しない。バンクスマツでは比重の場合と同様、下部材の圧縮強さは上部材より大である。カラマツでは樹幹内の位置による年輪幅—圧縮強さの関係の変化は明瞭でない。

さらに同一比重のものの圧縮強さを比較すると、ストロームマツでは明らかに根部に近い部分の圧縮強さは小である。このようにストロームマツの樹幹の下部材は比重は大であるが、圧縮強さは小であり、その比重よりもむしろ年輪幅の方が、圧縮強さ推定の目安になりうる場合がある。バンクスマツおよびカラマツでは位置的な変化はあまりみられずそれらの圧縮強さは比重に比例する傾向がある。その他一般に同一比重の場合辺材部より心材部が圧縮強さやや小である。またさきに述べた比重—圧縮強さの関係 (図-22) においてストロームマツの比重0.29—34のものがこの関係直線よりはずれていたが、これは根部に近い部分の材の比重は大であるが圧縮強さは小であるためである。

III. 曲げ試験

供試木より採取した2×2×30 cmの試片に対し生材および気乾材状態で行つた静的曲げ試験の結果をすべて附表に示すが、その統計数値、諸性質との相関関係は次のとおりである。

1. 曲げ試験結果の統計数値 (表-6)

この試験に用いた試片の年輪幅および比重の平均値、標準偏差、最大値、最小値は前述の圧縮試験の場合とほぼ同じである。また生材の試験時の含水率も最小値27%で、繊維飽和点以上の水分状態とみなされる。この静的曲げ試験の結果について次のことがいえる。すなわち生材気乾材とも、曲げ比例限度、曲げ強さ、ヤング係数の平均値はすべてカラマツ、トドマツ、バンクスマツ、ストロームマツの順序で、カラマツが最も大でストロームマツが最も小である。このうちトドマツとバンクスマツの差はあまりなく、上述の平均値はそれらの比重にほぼ比例している。この曲げ試験においてもカラマツの諸性質における標準偏差はすべて最大であり、その材質の不均一性を示す。歪度は樹種によつて異なつた傾向を示すが、その値はあまり大きくない。いまこれらの数値を既往の試験結果と比較すれば次のとおりである (p. 134)。

表-6 曲げ試験結果

Table 6. Summary of results obtained by static bending test

樹種 Species	平均年輪幅 Av. width of annual rings (mm)				比重 Specific gravity				含水率 Moisture content (%)				試験片数 Number of tests
	平均值 Av.	標準偏差 σ	最大值 Max.	最小値 Min.	平均值 Av.	標準偏差 σ	最大值 Max.	最小値 Min.	平均值 Av.	標準偏差 σ	最大值 Max.	最小値 Min.	
	<i>P. strobus</i> (g)	4.0	1.4	7.0	1.7	0.29	0.02	0.36	0.24	61	23	112	
" (a)	3.9	1.7	8.5	1.5	0.30	0.02	0.35	0.25	14.9	1.0	16.2	13.3	84
<i>P. banksiana</i> (g)	3.6	1.2	6.3	1.7	0.35	0.03	0.41	0.30	40	16	84	25	39
" (a)	3.5	1.2	6.3	1.8	0.37	0.02	0.42	0.32	15.1	0.9	16.4	13.0	37
<i>L. Kaempferi</i> (g)	2.1	1.0	5.3	0.8	0.39	0.04	0.48	0.32	36	7	65	28	58
" (a)	2.2	1.0	5.0	0.8	0.40	0.04	0.49	0.32	15.4	0.9	17.9	13.7	58
<i>A. Mayriana</i> (g)	4.5	1.0	6.2	3.0	0.34	0.02	0.38	0.32	81	36	152	27	12
" (a)	4.5	1.2	7.3	2.7	0.36	0.03	0.39	0.34	13.8	0.7	14.7	13.0	12

(g): 生材 Green test (a): 気乾材 Air-dry test σ : Standard deviation.

曲げ Static bending	樹種 Species	平均値 Mean value	中央値 Median	モード Mode	標準偏差 σ	変化係数 c.v. %	歪度 Skewness	最大值 Max. value	最小値 Min. value
比例限度 Fiber stress at proportional limit kg/cm ²	<i>P. strobus</i> (g)	120	119	120	20	17	0	179	86
	" (a)	192	195	210	26	14	-1.3	245	111
	<i>P. banksiana</i> (g)	160	155	150	27	17	+0.4	218	110
	" (a)	245	241	210	38	16	-2.3	332	196

強 Modulus of rupture kg/cm ²	<i>L. Kaempferi</i>	(g)	216	214	180	39	18	+1.1	302	125	
	"	(a)	330	335	360	68	21	-1.5	456	197	
	<i>A. Mayriana</i>	(g)	160	160	150	33	21	+0.3	204	87	
	"	(a)	291	292	300	33	10	-0.9	341	245	
	<i>P. strobilus</i>	(g)	304	312	330	42	14	-0.7	336	212	
	"	(a)	456	454	450	63	14	+0.4	561	251	
	<i>P. banksiana</i>	(g)	380	390	420	73	19	-0.6	500	187	
	"	(a)	602	600	600	87	15	+0.1	784	444	
	<i>L. Kaempferi</i>	(g)	518	522	510	85	16	+0.1	708	318	
	"	(a)	709	704	690	111	16	+1.2	990	488	
	<i>A. Mayriana</i>	(g)	472	424	420	90	19	-0.6	638	271	
	"	(a)	655	660	690	50	8	-4.6	713	566	
	<i>P. strobilus</i>	(g)	39	39	40	8	20	-0.1	51	21	
	"	(a)	48	49	55	8	17	-0.4	55	27	
	<i>P. banksiana</i>	(g)	50	48	45	9	18	+0.6	71	34	
	"	(a)	64	65	65	11	17	-0.01	90	42	
	ヤング係数 Modulus of elasticity 1000 kg/cm ²	<i>L. Kaempferi</i>	(g)	63	62	55	14	22	+0.6	99	38
		"	(a)	78	77	75	13	17	+0.2	108	54
<i>A. Mayriana</i>		(g)	53	53	50	5	9	+0.6	59	43	
"		(a)	76	73	70	10	14	+0.5	91	65	

c.v.: Coefficient of variation in per cent.

樹種		比重		σ_{PL} kg/cm ²		R kg/cm ²		E 1000kg/cm ²		産地	発表者
		生材	気乾材	生材	気乾材	生材	気乾材	生材	気乾材		
ストローブマツ	N	0.34	0.36	218	385*	351	544*	72	85*	アメリカ	MARKWARDT外 ¹⁷⁾
"	N	0.34	0.35	211	341*	345	533*	70	82*	"	Wood handbook
"	N	0.36				373		75		"	BETTS ³⁾
"	N	0.34		208	298*	337	511*	75	74*	カナダ	ROCHESTER ²²⁾
"	P	0.29	0.30	120	191*	304	454*	39	48*	苫小牧	宮島
バンクスマツ	N	0.39	0.43	211	298*	379	488*	65	81*	アメリカ	MARKWARDT外 ¹⁷⁾
"	N	0.40		239	347*	422	613*	75	89*	"	Wood handbook
"	N	0.39				332		65		"	BETTS ³⁾
"	N	0.43		258	381*	451	666*	84	100*	カナダ	ROCHESTER ²²⁾
"	P	0.35	0.37	160	244*	330	600*	50	64*	苫小牧	宮島
カラマツ	N		0.50*				508		77		諸戸北郎 ²⁰⁾
"	N		0.51*				513		77		"
"	N		0.53*				327				藤岡光長 ⁶⁾
"	P		0.39*	235		373		50		手稲	大沢正之 ²¹⁾
"	P	0.46				554	870	92	110	イギリス	ARMSTRONG ¹⁾
"	P	0.39	0.40	216	335	518	717	63	79*	苫小牧	宮島
トドマツ	N		0.36	232		427		76		天塩	宮井・大沢 ¹⁹⁾
"	N	0.33				445				野幌	沢田稔 ²³⁾
"	P	0.34	0.36	160	277	472	636	53	74	苫小牧	宮島

(注) 比重：全乾重量/試験時の体積， σ_{PL} ：曲げ比例限度， R ：曲げ強さ， E ：曲げヤング係数，N：天然林産材，P：人工植栽樹材，*：15%の含水率時に換算した値（それぞれの換算式による）。なおこの試験における各樹種の気乾材の平均値に対する含水率1%増加による強度数値の減少は次のとおりである。

樹種	ストローブマツ	バンクスマツ	カラマツ	トドマツ
σ_{PL} kg/cm ²	7.1	8.6	11.9	11.7
R kg/cm ²	15.0	22.4	19.9	16.3
E 1000 kg/cm ²	0.9	1.4	1.6	2.1

これらの数値が示すように苫小牧産ストローブマツはアメリカ産・カナダ産のものにくらべて比重・曲げ強さともその1割以上小である。特にヤング係数が小さい。バンクスマツもカナダ産材にくらべると苫小牧産材はその比重・曲げ強さとも約1割小である。しかし実際にはアメリカおよびカナダにおける試験では2"×2" systemの試験片を使用しているため、その差はもつと大きいと想像される。カラマツでは他の試験成績はそれに用いた試験片の形状が異なるので、比較は困難である。イギリス産の日本カラマツは圧縮試験の場合と同様、比重・曲げ強さ・ヤング係数ともに苫小牧産材より大である。トドマツは天然林産材とくらべその比重はほとんど同じであり、また野幌産材とは曲げ強さの差も少ない。また天塩産材の曲げ試験は10×10 cmの大型の試験片で行われたものであるから、

実際的には上掲ほどの差はないと考えられる。

2. 曲げ比例限度, 曲げ強さおよび曲げ ヤング係数の出現状態

静的曲げ試験における比例限度 (σ_{PL}), 曲げ強さ (R) を 60, 90, 120 …… と 30 kg/cm² ごとにまたヤング係数を 20, 25, 30 …… と 5・1000 kg/cm² ごとに集計したときのそれぞれの出現状態は 図-23 に示すごとくなる。

生材についての試験では曲げ比例限度の出現状態はストロブマツでは 120 kg/cm² をモードに 60—180 kg/cm² のせまい範囲内にほぼ正規分布し, バンクスマツも 120—210 kg/cm² の範囲に 150 kg/cm² をモードに正規分布に近い型を示すが, カラマツの分布範囲はやや広く 120—300 kg/cm² の範囲にモードは 180 kg/cm² でやや左偏型である。また曲

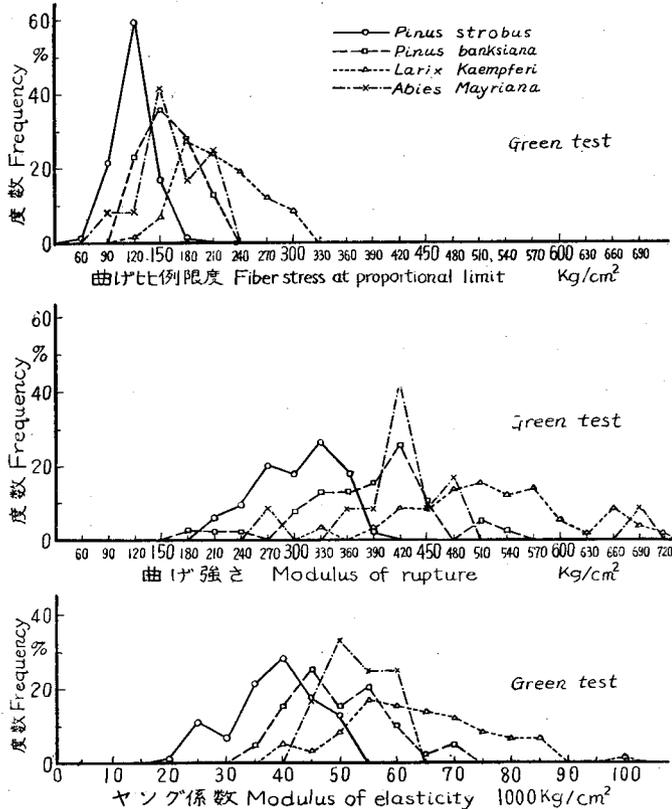


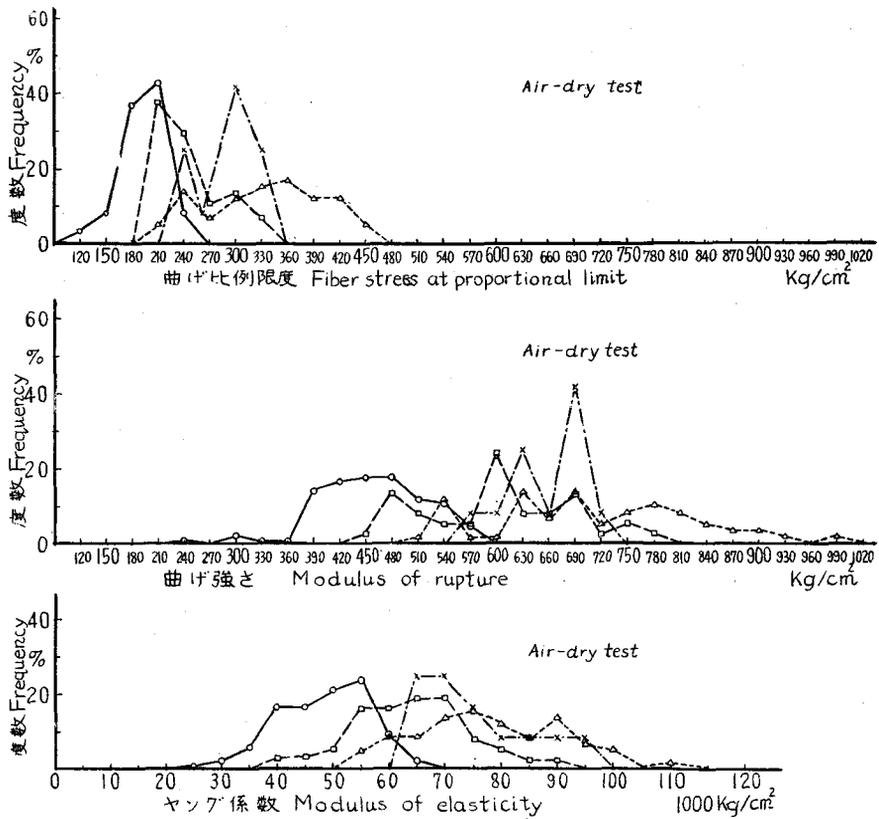
図-23 曲げ比例限度, 曲げ強さおよび曲げヤング係数の出現状態

Fig. 23. Distributions of fiber stress at proportional limit, modulus of rupture and modulus of elasticity in static bending.

げ強さの出現状態はストローブマツでは 210—390 kg/cm² の範囲に、モード 330 kg/cm² で右偏曲線の型であり、バンクスマツでは 180—540 kg/cm²、モード 420 kg/cm² とストローブマツより分布範囲は相当広く右偏型である。カラマツではさらに 330—720 kg/cm²、モード 510 kg/cm² と最も広い範囲に分布するが、この型の偏異は少ない。曲げヤング係数の分布状態もほぼこの曲げ強さの場合に似ている。

気乾材については生材よりも分布の範囲は一般に広がるが、樹種別にみた傾向は似ている。

このようにその平均値では前述のように、カラマツ、トドマツ、バンクスマツ、ストローブマツの順位になるが、それらの出現状態、最小値を考慮に入れると利用の際にはカラマツ、バンクスマツの強さの平均値は相当割引かれねばならない。



図—23—(2)

Fig. 23-(2).

3. 年輪幅と曲げ比例限度、曲げ強さおよび
曲げヤング係数との関係

曲げ試験片の木口面における平均年輪幅に対する曲げ強さの関係を図示すれば 図-24
に示すようになる。

この試験では試験片数が少ないので、年輪幅と曲げ強さとの関係は前述の年輪幅と圧
縮強さとの関係のように明確には現われないが、一応次のようなことがいえる。

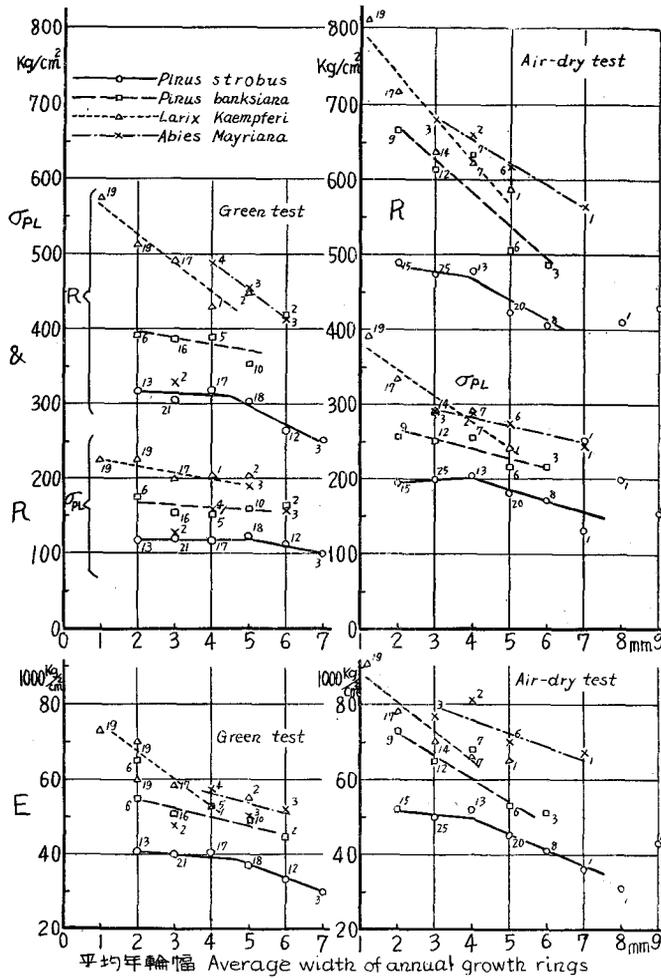


図-24 年輪幅と曲げ比例限度 (σ_{PL}), 曲げ強さ (R) および
曲げヤング係数 (E) との関係

Fig. 24. Relations of fiber stress at proportional
limit (σ_{PL}), modulus of rupture (R) and
modulus of elasticity (E) to rate of growth.

曲げ強さ(R)において、ストローブマツおよびバンクスマツでは年輪幅2—4 mmの範囲内では強さに変化はあまりみられないが、年輪幅がそれ以上に広くなれば、強さは減少する。カラマツでは明らかに年輪幅の増加により曲げ強さは減少し、年輪幅の1 mm前後のものが特に強さ大である。曲げ比例限度(σ_{PL})およびヤング係数についても曲げ強さとほぼ同様の傾向がみられる。

この静的中点荷重の曲げ試験における引張り破壊面の破壊形態はいろいろあつて、樹種・年輪幅・強さなどに関係するが、大別すれば平滑・鋸歯状・繊維状の3つに分けられる(図版参照)。

平滑というのは引張り破壊面が繊維方向にはほぼ垂直に平滑に切断するもので、氷・岩石・ガラスなどを打ち砕いたときの碎片の面のような形態を示すもので、この形態に属するものは一般に曲げ強さが非常に小で、ストローブマツの年輪幅の特に狭いものを除く大部分、バンクスマツ、トドマツ、カラマツの年輪幅の広いものなどである。このうちストローブマツ以外の樹種ではその春材部のみが繊維方向に直角に切断され、秋材部が繊維状になつているのが多数みうけられた。

引張り破壊面が鋸歯状を示すものはストローブマツ、バンクスマツ、トドマツの中で曲げ強さの大きいものおよびカラマツの曲げ強さ中庸のものである。この破壊形態を示すものは一般に年輪幅2—3 mmのものである。

さらに繊維状というのは、カラマツの辺材部から採取した年輪幅のせまいもの(平均年輪幅1 mm前後)で曲げ強さの特に大なるものにみられ、その引張り破壊面は繊維が長くとげ立っている。

このように樹種・年輪幅——破壊形態——曲げ強さにかなり明らかな関係がみられる。

4. 比重と曲げ比例限度、曲げ強さおよび 曲げヤング係数との関係

全樹種について、比重と静的曲げ試験によつてえられた結果との関係を求めれば 図-25 に示すごとくなる。

このように樹種により傾向に少しの相違はあるが、全体としてみれば比重が増せば、曲げ比例限度、曲げ強さおよび曲げヤング係数はともに増加することがわかる。しかしこの場合ストローブマツの生材では比重の増大に伴う曲げ強さなどの増加は少ない。さらに比重0.32—36の範囲において、カラマツおよびトドマツの強さは最大で、ついでバンクスマツ、最小はストローブマツである。これら全樹種について、比重—曲げ諸性質の関係を概略的に直線式で表わせば次のようになる。

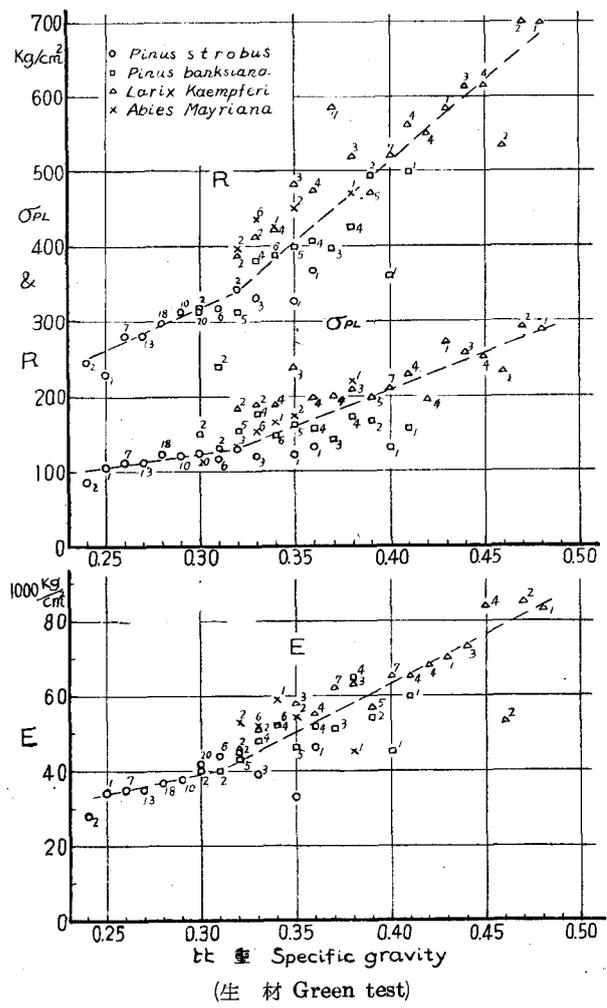
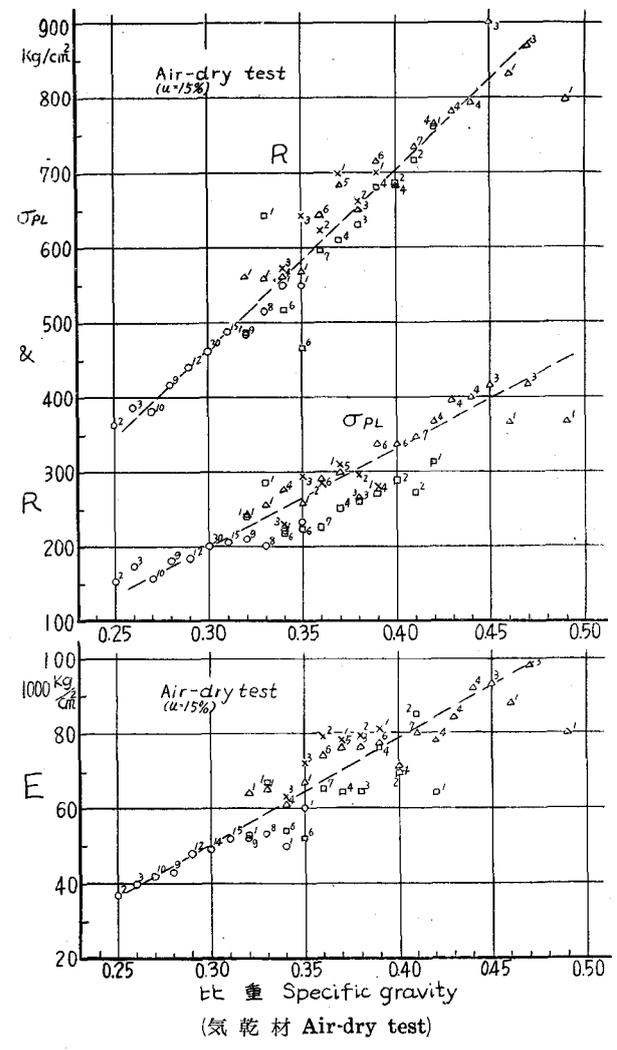


図-25
 比重と曲げ比例限度 (σ_{PL}), 曲げ強さ (R) および曲げヤング係数 (E) との関係
 Fig. 25.
 Relations of fiber stress at proportional limit (σ_{PL}), modulus of rupture (R) and modulus of elasticity (E) to specific gravity.



$$\begin{aligned} \text{生材 (比重 } 0.24\text{—}0.32) \quad \sigma_{PL} &= 375G + 10 \quad \text{kg/cm}^2 \\ R &= 1127G - 20 \quad \text{kg/cm}^2 \\ E &= 100G + 9 \quad 1000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{生材 (比重 } 0.32\text{—}0.48) \quad \sigma_{PL} &= 975G - 182 \quad \text{kg/cm}^2 \\ R &= 2140G - 347 \quad \text{kg/cm}^2 \\ E &= 260G - 41 \quad 1000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{気乾材 (比重 } 0.25\text{—}0.47) \quad \sigma_{PL} &= 1320G - 195 \quad \text{kg/cm}^2 \\ R &= 2410G - 260 \quad \text{kg/cm}^2 \\ E &= 282G - 34.5 \quad 1000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

ここで σ_{PL} , R , E および G はそれぞれ曲げ比例限度, 曲げ強さ, 曲げヤング係数および試験片の比重 (全乾重量/試験時の体積) である。気乾材の数値は 15% の含水率時に換算したものである。

この曲げ試験における各試験片についての成績は一括して附表に示すが, これによると生材の場合ストローブマツでは圧縮試験の場合と同様, 根に近い部分から採取した試験片は同一年輪幅の上部のものより比重はやや大であるが, 曲げ強さは逆にやや小である。

このため上述のような比重—曲げ強さの関係が生じたものである。バンクスマツでは樹幹内の位置による曲げ強さなどの変化は明らかでない。カラマツでは年輪幅のせまいものが, 曲げ強さなどが大で, 位置的な変化はないと思われる。

IV. 衝撃試験

1. 衝撃試験結果の統計数値

前述の曲げ試験片と同様な方法で採材した $2 \times 2 \times 30$ cm の試験片をスパン 24 cm としその中央部を 10 kg·m の衝撃エネルギーをもつハンマーで衝撃した場合の吸収エネルギーの統計数値は表-7 に示すとおりである。

この試験に用いた試験片の年輪幅, 比重, 含水率などは前述の圧縮・曲げ両試験の場合とほぼ同じである。しかしこの衝撃試験においてはえられた数値のばらつきが非常に大きく, その変化係数も圧縮・曲げ両試験の場合より相当大である。衝撃吸収エネルギーの平均値はカラマツが生材 $0.66 \text{ kg} \cdot \text{m/cm}^2$, 気乾材 $0.45 \text{ kg} \cdot \text{m/cm}^2$ でやや大であるが, ストローブマツおよびバンクスマツの衝撃抵抗は小で特にストローブマツの気乾材でははなはだ小である。他の強さの平均値では最小値を示したストローブマツはその生材の場合衝撃吸収エネルギーにおいてわずかではあるが, トドマツ, バンクスマツより大で, またバンクスマツの平均値, 中央値, モード, 最小値はいずれも全樹種中最小であり, またその標準偏差はやや大きく変化係数は 72% で最大である。

表-7 衝擊試驗結果

Table 7. Summary of results obtained by toughness test

樹種 Species	平均年輪幅 Av. width of annual rings (mm)				比重 Specific gravity				含水率 Moisture content (%)				試験片数 Number of tests	
	平均值	標準偏差	最大值	最小値	平均值	標準偏差	最大值	最小値	平均值	標準偏差	最大值	最小値		
	Av.	σ	Max.	Min.	Av.	σ	Max.	Min.	Av.	σ	Max.	Min.		
<i>P. strobus</i>	(g)	3.8	1.4	7.0	1.9	0.29	0.02	0.34	0.24	65	23	133	30	76
"	(a)	3.9	1.6	9.0	1.2	0.30	0.02	0.36	0.25	14.9	0.8	16.8	13.2	72
<i>P. banksiana</i>	(g)	3.3	1.6	8.0	1.7	0.35	0.03	0.41	0.31	43	17	95	30	34
"	(a)	3.5	1.2	5.7	1.6	0.37	0.02	0.43	0.33	15.1	0.8	16.6	13.6	30
<i>L. Kaempferi</i>	(g)	2.2	1.1	6.1	0.9	0.40	0.04	0.45	0.32	35	11	89	27	56
"	(a)	2.0	0.9	6.3	0.8	0.41	0.04	0.50	0.34	15.4	0.5	16.6	14.1	60
<i>A. Mayriana</i>	(g)	4.6	1.2	6.7	2.6	0.34	0.02	0.38	0.32	63	30	123	27	12
"	(a)	4.3	1.2	6.3	2.8	0.36	0.02	0.39	0.33	14.0	0.5	14.8	13.1	12

(g): 生材 Green test (a): 気乾材 Air-dry test σ : Standard deviation.

衝擊 Toughness	樹種 Species	平均值 Mean value	中央値 Median	モード Mode	標準偏差 σ	変化係数 c.v. %	歪度 Skewness	最大值 Max. value	最小値 Min. value	
吸収エネルギー Absorbed shock energy kg-m/cm ²	<i>P. strobus</i>	(g)	0.44	0.41	0.40	0.17	39	+0.2	1.09	0.09
	"	(a)	0.30	0.29	0.30	0.08	27	0	0.46	0.11
	<i>P. banksiana</i>	(g)	0.36	0.26	0.40	0.26	72	-0.2	1.16	0.07
	"	(a)	0.35	0.36	0.40	0.07	20	-0.7	0.47	0.19
	<i>L. Kaempferi</i>	(g)	0.66	0.64	0.40	0.30	46	+0.9	1.57	0.23
	"	(a)	0.45	0.43	0.50	0.15	33	-0.3	0.87	0.24
	<i>A. Mayriana</i>	(g)	0.40	0.41	0.40	0.11	27	0	0.64	0.24
	"	(a)	0.43	0.45	0.50	0.08	19	-0.9	0.52	0.30

c.v.: Coefficient of variation in per cent.

このように衝撃抵抗はカラマツにおいてやや大きいが、パルクスマツの生材および気乾材、ストロブマツの気乾材でははなはだ小さい。

2. 衝撃吸収エネルギーの出現状態

衝撃試験によつてえられた吸収エネルギーの値を $0.1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ ごとに集計するとその出現状態は 図-26 に示すごとくである。

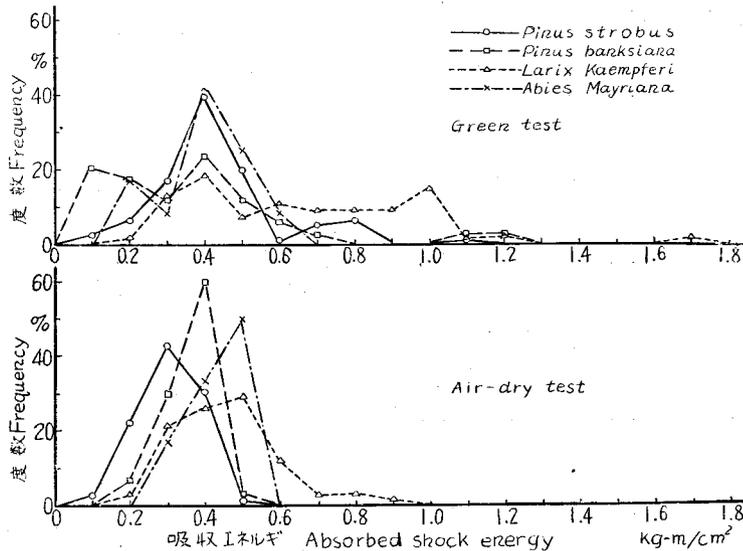


図-26 衝撃吸収エネルギーの出現状態

Fig. 26. Distribution of toughness.

このように衝撃抵抗の値は各樹種とも生材の場合かなり広い範囲に分布するが、その最小値は $0.1-0.2 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ というせまい範囲にあつてしかもその値はいずれもはなはだ小である。気乾材の場合にはその最小値はほとんど変化せず最大値が大きく減少している。またその分布型をみると生材の場合にはストロブマツ・パルクスマツ・カラマツの3種とも衝撃抵抗のはなはだ小なるグループとそれよりやや大なるグループとの二つを含むようにみられる。しかしこれが気乾材の場合には平均された型となるように思われ、その値の偏差は少なくなる。

また他の性質同様衝撃抵抗においても、カラマツは最も広い範囲にその値が分布する。

3. 年輪幅と衝撃吸収エネルギーとの関係

試験片の木口面における平均年輪幅に対する衝撃抵抗の値の関係は 図-27 に示されるが、ここでカラマツにおいては生材、気乾材とも平均年輪幅 1 mm のものが、特に強く以

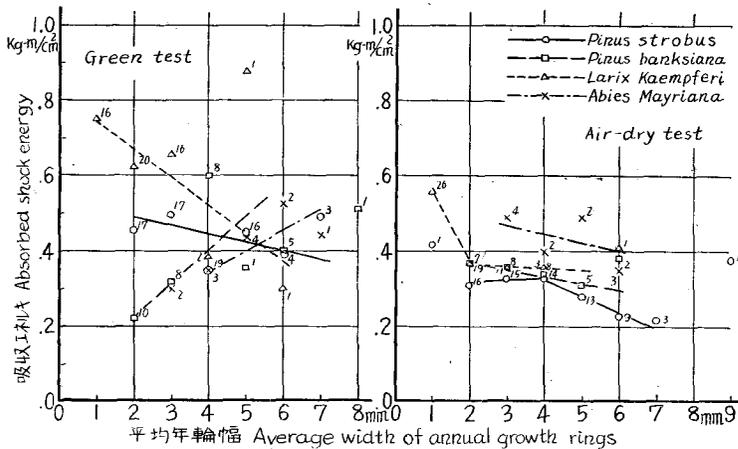


図-27 年輪幅と衝撃吸収エネルギーとの関係

Fig. 27. Relation between toughness and rate of growth.

後年輪幅が増せば衝撃抵抗が減ることがわかる。その他の樹種では衝撃抵抗の値のばらつきが大きく、特に生材の場合にはその両者間の関係はよくわからない。

4. 比重と衝撃吸収エネルギーとの関係

この関係は図-28に示されるが、生材の場合には衝撃吸収エネルギーのばらつきが大きく、圧縮・曲げ両試験におけるような比重—強さの明確な関係はわからない。しかしカラマツにおいては比重の増加により衝撃抵抗も増すことがわかり、特にその比重の大なる部分(比重0.43—43)においては吸収エネルギーは大である。また同一比重の場合、バンクスマツの衝撃抵抗は最低である。気乾材の場合には上述のばらつきは少なくなり、比重の増加により衝撃抵抗も増す傾向が認められる。

この試験の結果はすべて附表に示されるが、これによれば、樹幹内の位置による変化はストロームツでは比重・吸収エネルギーともに根に近い部分は上部よりやや大であるが、バンクスマツのこの部分は上部と同じくらいやや小であり、カラマツの衝撃抵抗は位置的な変化なくほぼ比重に比例し、トドマツにおいてもその変化はみられない。

この衝撃試験においても引張り破壊面の破壊形態は静的曲げ試験の場合のように平滑鋸歯状・繊維状の3つに分けられる。ストロームツの大部分、バンクスマツ、トドマツカラマツの年輪幅の広いものなどの破壊形態は大体平滑であり、ストロームツ、バンクスマツ、トドマツで年輪幅中庸で衝撃抵抗がやや大なるものおよびカラマツの年輪幅中庸のもの破壊形態は鋸歯状となり、さらにカラマツの年輪幅せまく衝撃抵抗大なるものの破壊形態は繊維状である。

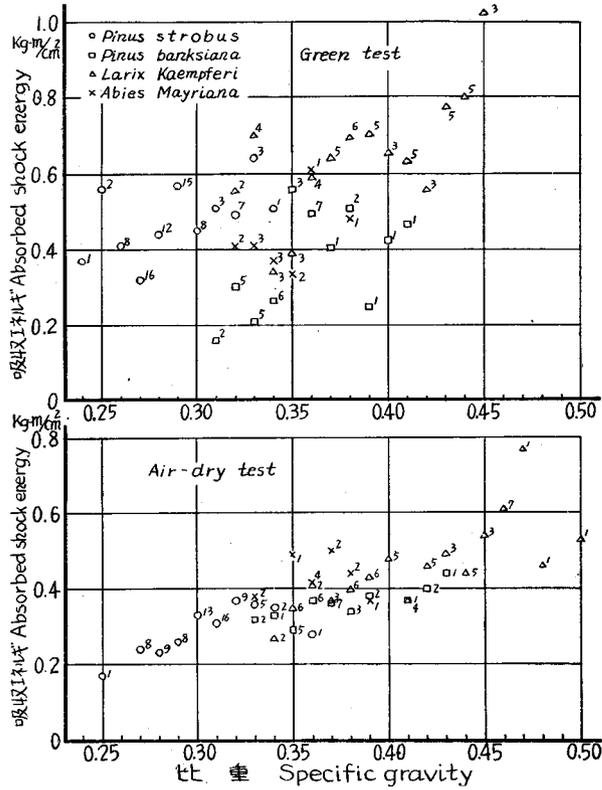


図-28 比重と衝撃吸収エネルギーとの関係
 Fig. 28. Relation between toughness and specific gravity.

結 言

北海道大学苫小牧演習林に植栽されたストロブマツ(40年生), パンクスマツ(37年生)およびカラマツ(52年生)について材質試験を行つたが, まず供試木より12尺丸太を造材したときその1丁目の末口にあたる部分から円板を採取し, これについて生長経過, 年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率を測定し, 別に供試木の地上高約8mまでを高さにより12カ所に分け, それぞれの箇所的心・辺材部から試験片を採取して生材状態および気乾状態における縦圧縮, 曲げおよび衝撃試験を行つた。これらの結果を総括的に述べると次のとおりである。

供試木は一般に中一上の生長を示したものを選んだが, それらの生長経過によると, ストロブマツの生長のよいものでは樹齢30年以後における年輪幅の減少は非常に少なく伐採時も年輪幅4mm程度の良好な生長を示していたが, その生長のそれより劣るものでは樹齢30—40年における年輪幅は1—2mmで, 20年前後の4—8に比べ相当狭い。

表—8 試験結果の総括 (平均値)
Table 8. Summary of all tests (Average values)

No.	樹種 Species	円板について試験 Tests on disk				水分状態 Moisture content condition	強度試験 Strength properties					
		r_w mm	G	H_B kg/mm ²	α_v %		縦圧縮 Comp. //		曲げ Static bending		衝撃 Toughness T kg·m/ cm ²	
							σ_{PL} kg/cm ²	C kg/cm ²	σ_{PL} kg/cm ²	R kg/cm ²		E 1000 kg/cm ²
1	<i>P. strobus</i>	3.6	0.28	1.91	9.1	Green	75	118	112	251	37	0.67
						Air-dry	134	224	178	420	44	0.22
2	"	3.7	0.25	1.83	8.2	Green	74	120	100	248	31	0.48
						Air-dry	145	213	158	362	38	0.20
3	"	4.0	0.29	1.69	8.8	Green	90	139	123	290	36	0.48
						Air-dry	146	243	196	467	47	0.34
4	"	4.0	0.29	1.44	8.3	Green	90	136	120	294	36	0.43
						Air-dry	154	244	196	459	47	0.27
5	"	4.2	0.28	1.70	8.5	Green	93	139	116	302	38	0.43
						Air-dry	153	228	178	441	49	0.27
6	"	5.0	0.29	1.50	8.0	Green	107	156	134	342	42	0.36
						Air-dry	168	243	201	470	49	0.34
7	"	3.5	0.30	1.43	9.0	Green	109	158	115	324	45	0.45
						Air-dry	187	263	202	511	58	0.35
8	"	5.3	0.29	1.49	8.0	Green	114	160	135	324	42	0.35
						Air-dry	177	252	213	483	52	0.35
	All	4.4	0.29	1.60	8.4	Green	94	143	120	304	39	0.44
						Air-dry	161	242	191	454	48	0.30
9	<i>P. banksiana</i>	4.2	0.35	1.78	10.6	Green	147	194	174	340	48	0.24
						Air-dry	192	294	236	600	65	0.30
10	"	2.7	0.35	2.12	10.3	Green	118	189	143	332	46	0.46
						Air-dry	213	306	204	500	70	0.41
11	"	3.6	0.34	1.66	9.7	Green	124	188	160	392	49	0.35
						Air-dry	176	280	226	552	58	0.35
12	"	3.3	0.35	1.95	10.4	Green	139	196	154	412	55	0.48
						Air-dry	215	313	279	662	68	0.39
	All	3.6	0.35	1.89	10.4	Green	135	193	160	380	50	0.36
						Air-dry	193	293	246	604	64	0.35
13	<i>L. Kaempferi</i>	2.0	0.40	2.25	10.5	Green	208	272	240	587	73	0.95
						Air-dry	279	379	361	776	83	0.52
14	"	5.0	0.37	1.82	9.8	Green	143	243	220	553	58	0.73
						Air-dry	247	357	333	723	78	0.47
15	"	2.9	0.34	1.94	9.9	Green	127	200	135	433	53	0.53
						Air-dry	212	320	298	625	71	0.36
16	"	3.1	0.39	2.74	9.7	Green	144	244	213	503	63	0.44
						Air-dry	260	373	331	741	80	0.44
17	"	3.7	0.37	2.02	10.4	Green	132	242	226	540	62	0.58
						Air-dry	258	356	324	722	81	0.46
	All	3.6	0.37	2.14	10.2	Green	153	240	216	513	63	0.66
						Air-dry	252	357	335	717	79	0.45
18	<i>A. Mayriana</i>	5.2	0.34	1.96	10.4	Green	126	196	160	472	53	0.40
						Air-dry	192	299	277	635	74	0.43

(注 Remarks) r_w : 平均年輪幅 Average width of annual rings in mm, G : 比重=全乾重量/生材体積 Specific gravity based upon oven-dry weight and green volume, H_B : 木口面の硬さ数 BRINELL hardness number of end surface in kg/mm², α_v : 体積収縮率=(生材体積-全乾材体積)/生材体積 Volumetric shrinkage from green to oven-dry condition in per cent of green volume, σ_{PL} : 比例限度 Fiber stress at proportional limit in kg/cm², C : 圧縮強さ Maximum crushing strength in kg/cm², R : 曲げ強さ Modulus of rupture in kg/cm², E : ヤング係数 Modulus of elasticity in 1000 kg/cm², T : 吸収エネルギー Absorbed shock energy in kg·m/cm², Green: 繊維飽和点以上の水分状態 Above the fiber saturation point, Air-dry: 気乾材 (T 以外は15%の含水率時に換算) Adjusted to 15 per cent moisture content without T .

バンクスマツは樹齢15—20年において年輪幅4—6 mm, 30—37年において1—3 mmで樹齢による年輪幅の減少は一般にゆるやかである。これに対しカラマツは樹齢による年輪幅の変化がはなはだしく樹齢10年前後では6—9 mmであるが, 20年前後では2—5 mmとなり30年前後では1—2 mm, 40—50年では1 mm以下に狭くなる。このためカラマツでは一様に辺材部は年輪幅はなはだ狭く, また中心部は非常に広く, これが比重その他強さなどの偏異となつてあらわれる。

この円板において樹齢約30年まではカラマツが他の樹種よりその半径・面積は大であるが, 樹齢40年においてはストロームツの生長のよいものがカラマツよりそれらは大となる。しかし円板の全乾重量は40年においてもカラマツが最も大である。

次に円板についての年輪幅, 比重, 硬さ数および体積収縮率の測定結果と供試木より採取した試片についての圧縮・曲げおよび衝撃試験の結果をまとめると表-8に示すようになる。

表に示すように平均値においては比重, 硬さ数, 圧縮強さ, 曲げ強さ, 曲げ弾性係数, 衝撃抵抗においてカラマツが最も大で, バンクスマツがこれに次ぎ, ストロームツは最も小であるが, 実際に木材が構造材として使用されるときはその強さの分布状態が問題となるものである。ここに試験した比重および各種の強さの出現状態は概

略的に図-29に示すような傾向を有する。上述のように平均値が最も大であるカラマツは樹齢による年輪幅の大きな変化によつて比重および各種の強さが広範囲にばらつき, その最小値はバンクスマツの最小値と同じくらいかまたはそれ以下であり, ストロームツの最小値にも近い値を示すことがある。

さらに年輪幅に対する諸性質の関係を樹種別にみると, ストロームツにおいては一般にこの両者に明確な関係は認められないが年輪幅の特に広いものは狭いものより比重・強さやや小である。バンクスマツにおいては年輪幅と諸性質の間にかなり明らかな関係がみられ, 年輪幅が広くなれば比重・強さは減少する。カラマツにおいてはこれらの関係はさらに明確である。

比重に対しては各種の強さは樹種による区別なくほぼ比例する。しかしストロームツの樹幹の下部より採取した試験片は同一年輪幅の上部のものより比重は大であるが, 強さはむしろ小である。

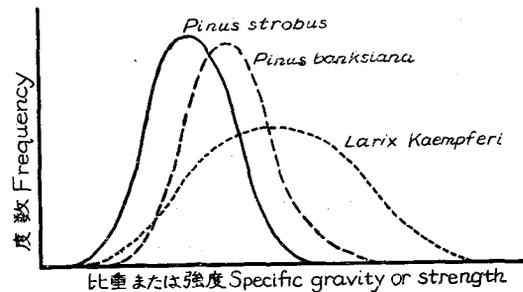


図-29 比重または諸強度の出現状態の傾向

Fig. 29. Schematic curves showing distribution of specific gravity or strength of wood.

以上述べた各種の試験結果より各樹種に対し次のようなことがいえる。

ストローブマツ材 材積生長が比較的よい樹種であるが、その比重は小さく平均値 0.28—29 である。これは道内の山部・野幌両地方に植栽されたものとはほぼ同じ値であるが北米産材の比重 0.34—36 に比べ 1—2 割小である。心材の色が明らかなものとそうでないものがあり辺材の幅は比較的広い。年輪幅の広狭による比重および各種の強度の変化は少なく、材質に均一性があるが、それらの値はすべて小で特に気乾材の衝撃抵抗ははなはだ小さいので、強さを必要とする箇所への利用にはむかない。材は軽く、やわらかく乾燥しやすく、狂いも少ないが多量の樹脂を含む。釘打も容易で、箱材、包装材、コア材などに適する。

バンクスマツ材 この樹種の初期の材積生長はストローブマツに劣るが、以後樹齢の増加による年輪幅の減少のし方は比較的ゆるやかである。比重の平均値は 0.34—35 でストローブマツ同様北米産材の 0.39—43 よりかなり小である。年輪幅の変化に伴う比重および各種の強さの変化はかなり明瞭であるが、供試木における年輪幅の偏異が少ないために、比重および各種の強さにはやや均一性がある。縦圧縮強さはやや強いが、曲げ強さ、特に衝撃抵抗は生材・気乾材ともに小である。心材はオレンジ色を呈し、露出により濃色となる。辺材の幅は非常に広い。

カラマツ材 この樹種は樹齢とともに年輪幅は狭くなるが特に 30 年以後においてこの傾向は著しい。さらにカラマツ材は年輪幅の広狭による比重および各種の強さの変化が非常に明確であるので、年輪幅の偏異によるこれら諸性質のばらつきが非常に大きい。ここに試験した材料の辺材部は年輪幅が狭く、したがって比重および諸強度は大であるが心材部は年輪幅が広くそれらは小である。製材の際には木取り方を、また材を使用する場合には用途によりその年輪幅を考慮しなければならない。北海道に植栽されたものは、本州さらに西ドイツ・イギリスなどに植栽されたものより比重小である。材は針葉樹材としては硬いほうで、乾燥による狂い大きく、釘打により割れることがある。

なおこれら供試木と同時に造材し試験に供したトドマツ（樹齢 40 年）1 本はその植栽地の中で最も径級の大なるものであつたが、樹齢による年輪幅の減少も少なく、したがって年輪幅はほぼ均一で樹幹内の位置による材質の偏異が少なく、また比重および諸強度も天然林産材とほとんど同じである。

文 献
References

- 1) ARMSTRONG, F. H.: The strength properties of timber—The 2-cm standard for tests of small clear specimens. Bull. For. Prod. Res., Lond., 34, 1955.
- 2) BETTS, H. S.: American woods. Forest Service, U. S. Dept. Agr. 1945.
- 3) BETTS, H. S.: The strength of North American woods. U. S. Dept. Agr. Miscell. Pub. 46, 1929.
- 4) BROWN, H. P., PANSHIN, A. J. and FORSAITH, C. C.: Textbook of wood technology. 1 & 2. New York, 1949 & 1952.
- 5) DAVIS, C. M.: Lumber from old-growth versus lumber from second-growth in *Pinus strobus*. Jour. For. 38, 877~880, 1940.
- 6) 藤岡光長 (FUJIOKA, K.): 大蔵省臨時建築部編纂「建築用本邦産木材及び石材第一編木材ノ部」.
- 7) 平井左門: 樹幹内木材容積重の錯列性 (主として落葉松樹幹に就いて) 北大演報, 14, 124~154, 1949.
HIRAI, Sa.: Studies on the variation in density of woods in the green stem of Japanese-larch. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 14, 124~154, 1949.
- 8) 平井左門: 落葉松樹幹内の含水率, 容積密度数, 体積収縮率及び水分・空隙・木材実容積率分布に就いて, 北大演報, 15, 97~150, 1951.
HIRAI, Sa.: Study on the distribution of moisture, "Dichtezahl", shrinkage and moisture-air-space, and wood-substance-volume percentage in the green stem of Japanese larch. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 15, 97~150, 1951.
- 9) 平井信二: パルプ資材としての北海道産樹種の研究並びにその育林学的考察, 第4報, アオトドマツおよびカラマツ林の重量生産成果, 昭17, 日本林学会論文集, 257~269, 1943.
HIRAI, Si.: Researches on pulp woods of Hokkaido, and their silvicultural informations. IV. Weight-producing effects of *Abies Mayriana* MIYABE et KUDO and *Larix leptolepis* GORDON stands. Transact. Meet. Jap. For. Soc., 257~269, 1943.
- 10) 平井信二: 林木の重量生長に関する研究, 第1報, 富士演習林産カラマツ, 東大演報, 35, 91~105, 1947.
HIRAI, Si.: Studies on the weight-growth of forest trees. I. *Larix leptolepis* GORDON of "Fuji" University Forest. Bull. Tokyo Univ. For. 35, 91~105, 1947.
- 11) 平井信二: 林木の重量生長に関する研究, 第5報, 北海道演習林産ストロブマツ, 東大演報, 48, 221~235, 1955.
HIRAI, Si.: Studies on the weight-growth of forest trees. V. *Pinus strobus* LINNAEUS of the Tokyo University Forest in Hokkaido. Bull. Tokyo Univ. For. 48, 221~235, 1955.
- 12) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究, 第3報, 野幌産トドマツ材の年輪幅, 秋材率, 容積密度数の偏異について, 林試報, 52, 23~51, 1952.
KANO, T.: Forest-biological studies on wood quality. Rep. 3. On the variation to the width of annual rings, summer-wood percents, and the bulk density of green *Todo-fir* grown at Noppero district in Hokkaido. Bull. Gov. For. Exp. Stat. 52, 23~51, 1952.
- 13) 加納 孟: 木材材質の森林生物学的研究, 第11報, 北海道野幌地方における造林木の材質成長, 林試報, 90, 37~76, 1956.
KANO, T.: Forest-biological studies on wood quality. Rep. 11, On the growth of wood quality of the afforested trees at Noppero district in Hokkaido. Bull. Gov. Exp. Stat. 90, 37~76, 1956.

- 14) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究，第13報，北海道野幌地方における造林木の容積収縮率のあらわれかた，林試報，90，109~144，1956。
KABURAGI, Z.: Forest-biological studies on wood quality. Rep. 13. On the volumetric shrinkage of wood of the planted trees grown at Nopporo district in Hokkaido. Bull. Gov. For. Exp. Stat. 90, 109~144, 1956.
- 15) 蕪木自輔：木材の容積収縮率と比重との関係，日林誌，38，352~355，1956。
KABURAGI, Z.: The relation of volumetric shrinkage to specific gravity of wood. Jour. Jap. For. Soc. 38, 352~355, 1956.
- 16) 工藤一郎 (KUDO, I.): 天然生テウセンカラマツ及び植栽内地カラマツの強弱試験，日林誌，18，52~64，1936。
- 17) MARKWARDT, L. J. and WILSON, T. R. C.: Strength and related properties of woods grown in the United States. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 479, 1935.
(Cited by WANGAARD, F. F.: The mechanical properties of wood, 1950).
- 18) 三島懋・谷口信一・谷口三佐男：苫小牧演習林における風害状態 (I)，(異郷土樹種の造林地について) 北大演報，17，715~748，1955。
MISHIMA, T., TANIGUCHI, S. and TANIGUCHI, M.: The actual states of wind damage in the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University (1) (On the plantation of strange land species) Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 17, 615~748, 1955.
- 19) 宮井健吉・大沢正之：北海道産木材の弾性及び強度に関する研究，北大演報，3，1~140，1925。
MIYAI, K. and OHSAWA, M.: Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der Bauhölzer Hokkaidos. I. Tanne (*Abies sachalinensis* FR. SCHM.) aus Teshio. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 3, 1~140, 1925.
- 20) 諸戸北郎 (MOROTO, K.): 木材の強弱試験，林試報，6，25~85，1909。
- 21) 大沢正之：人工植栽落葉松材の強度，北大演報，7，51~97，1932。
OHSAWA, M.: Festigkeitsuntersuchungen des Lärchenholzes aus seinem Künstlich begründeten Walde Hokkaidos. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 7, 51~97, 1932.
- 22) ROCHESTER, G. H.: The mechanical properties of Canadian woods together with their related physical properties. Canadian For. Serv. Bull. 82, 1933.
- 23) 沢田 稔：木材梁に関する研究 (第1報)，矩形断面梁の破壊条件と曲げ破壊係数，林試報，71，39~79，1954。
SAWADA, M.: Studies on the mechanics of wood beams. (Rep. 1) Strength and its affecting factor of wood beams of rectangular cross section. Bull. Gov. For. Exp. Stat. 71, 39~79, 1954.
- 24) 扇田正二・佐藤大七郎：林分生長論資料 (II)，いろいろなツヨサの間伐をした北海道のストロブマツ林，東大演報，52，15~31，1956。
SENDA, M. and SATOO, T.: Materials for the study of growth in stands. 2. White pine (*Pinus strobus*) stands of various densities in Hokkaido. Bull. Tokyo Univ. For. 52, 15~31, 1956.
- 25) 高橋延清：北海道に於けるストロブマツの造林の価値，東大演習林，8，1~11，1951。
Takabashi, N.: Sylvicultural values of white pine in Hokkaido. Miscell. Inform. Tokyo Univ. For. 8, 1~11, 1951.
- 26) THUNELL, B.: Gütebestimmung und zerstörungsfreie Prüfung von Bauholz. Holz als Roh- und Werkstoff 13, 101~111, 1955.
- 27) TRENDELENBURG, R./MAYER-WEGELIN, H.: Das Holz als Rohstoff. München, 1955.

Summary

In the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University, some of the plantations containing foreign trees are now attaining merchantable size. The most efficient utilization of them requires a thorough knowledge of their mechanical and physical properties. From the planted areas, some trees of white pine (*Pinus strobus* L.), jack pine (*Pinus banksiana* LAMB.) and Japanese larch (*Larix Kaempferi* SARG.) were selected as material for studying the properties of the wood.

Eighteen trees were selected for testing purposes, eight being taken from a 40-year-old plantation of white pine, four from a 37-year-old plantation of jack pine and five from a 52-year-old plantation of Japanese larch.

The tests were made using disks taken respectively from the top of first 12-foot log from tree selected and small clear specimens made from each tree. On the disk, the annual increment of growth ring, specific gravity, BRINELL hardness number of end surface and volumetric shrinkage were measured; also tests of compression parallel to grain, static bending and toughness were made using 2×2 cm-system specimens in green and air-dry conditions.

The results of tests are briefly stated as follows:

The specific gravity and the various mechanical properties of the plantation-grown white pine are inferior in the three species tested. Especially, the material has a considerable lower shock resistance when dry. On comparing the properties of the clear white pine with those of clear virgin white pine²²⁾, it is found that the former is less dense and shows lower values in the mechanical properties. The relationships of the specific gravity and strength properties of white pine to the rate of growth are not very distinct, but those of the wood with narrow rings are slightly higher than that with wide rings.

The mean values of the specific gravity and the strength properties of the plantation-grown jack pine are higher than those of the white pine, but lower than the figures for virgin jack pine²³⁾ as was also the case of white pine. When green, the shock resistance is very low in these species. In general, it is recognized that there is direct relationship between some of the more important mechanical and physical properties of the jack pine.

The width of annual growth ring of Japanese larch decreases with increase in the age of the tree and especially after it becomes a 40-year-old, the width is generally smaller than 1 millimeter. The mean values of the specific gravity and strength properties are the highest in comparison with the other two species tested, but those values distribute over a very wide range. This reason is as follows; the width of annual growth ring, noted above, varies with increase in the age of the tree and clear direct relationships are found between the specific gravity and mechanical properties in relation to the rate of growth. The narrow-ringed wood block is much denser and higher in strength properties than is one with wide rings. Compared

with plantation-grown Japanese larch in West Germany, the specific gravity of larch grown in the Tomakomai Forest is smaller in the range of about 1-4 millimeters of ring width. The specific gravity and some mechanical properties of the latter are also smaller than those of plantation-grown Japanese larch in England.

図版の説明 Explanation of Plates

Plates 1 & 2.

供試木より造材した1丁目の12尺丸太の末口。

Top of first 12-foot log from tree tested.

Nos. 1, 3 and 8: *Pinus strobus*

Nos. 9, 10 and 11: *Pinus banksiana*

Nos. 13, 14 and 16: *Larix Kaempferi*

No. 18: *Abies Mayriana*

Plate 3.

気乾材試験片における破壊形態。

Typical fractures of air-dry specimens. The numbering system is as follows :

No.	樹種 Species	試験の 種類	Kind of test	破壊 形態	Type of failure on tension side
① 6. 3.2.	<i>Pinus strobus</i>	曲げ	Static bending	鋸歯状	Jagged
6. 8.2.	"	"	"	平滑	Brash
② 10. 2.1.	<i>Pinus banksiana</i>	曲げ	Static bending	繊維状	Fibrous
11. 6.1.	"	"	"	鋸歯状	Jagged
9.12.3.	"	"	"	平滑	Brash
③ 13. 2.3.	<i>Larix Kaempferi</i>	曲げ	Static bending	平滑	Brash
16. 2.3.	"	"	"	鋸歯状	Jagged
16. 2.1.	"	"	"	繊維状	Fibrous
④ 18. 4.1.	<i>Abies Mayriana</i>	曲げ	Static bending	繊維状	Fibrous
18. 2.3.	"	"	"	平滑	Brash
⑤ 7. 2.4.	<i>Pinus strobus</i>	衝撃	Toughness	平滑	Brash
4. 4.2.	"	"	"	鋸歯状	Jagged
6. 2.2.	"	"	"	繊維状	Fibrous
⑥ 12. 2.4.	<i>Pinus banksiana</i>	衝撃	Toughness	平滑	Brash
10. 2.4.	"	"	"	鋸歯状	Jagged
11. 6.2.	"	"	"	"	Jagged
⑦ 13. 2.4.	<i>Larix Kaempferi</i>	衝撃	Toughness	平滑	Brash
15. 6.4.	"	"	"	鋸歯状	Jagged
17. 8.2.	"	"	"	繊維状	Fibrous
⑧ 18. 2.4.	<i>Abies Mayriana</i>	衝撃	Toughness	平滑	Brash
18. 6.2.	"	"	"	繊維状	Fibrous

Plate 1.

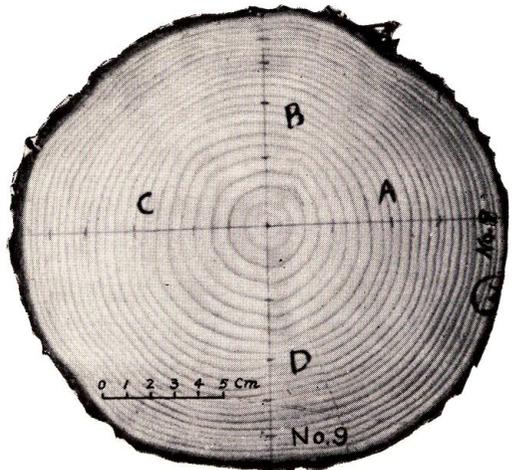
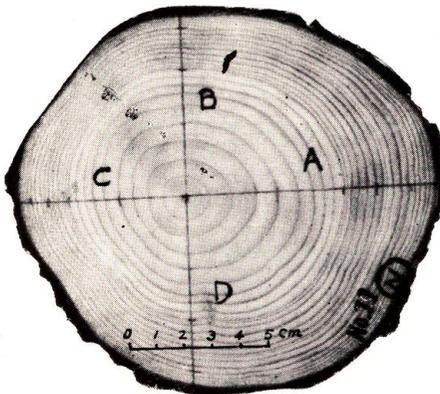
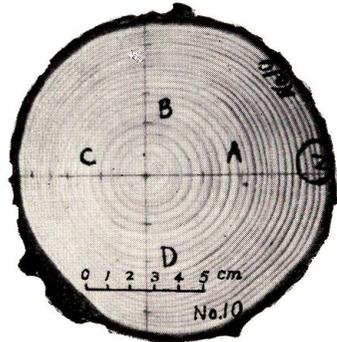
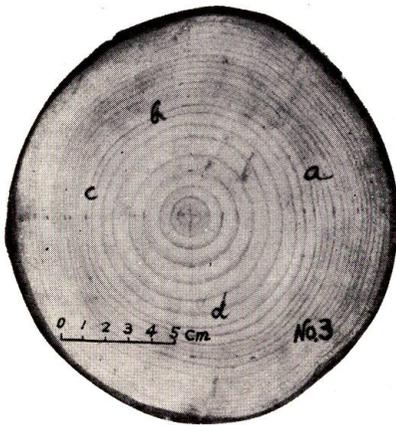
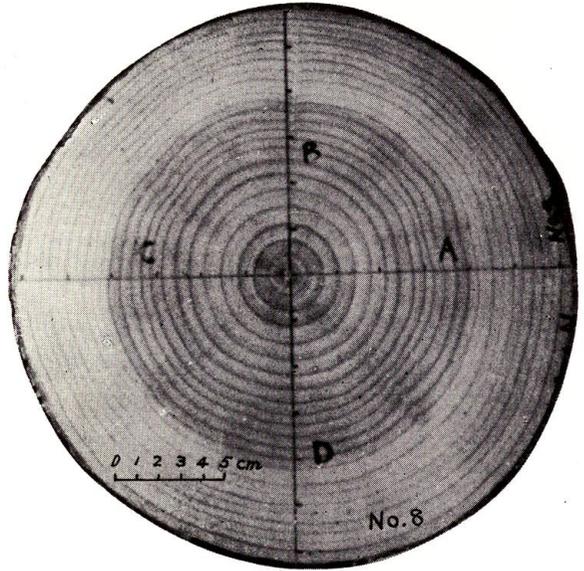
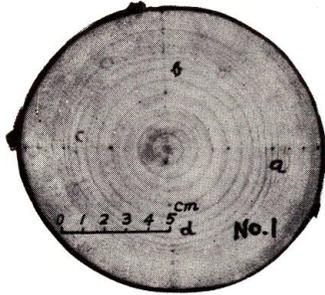


Plate 2.

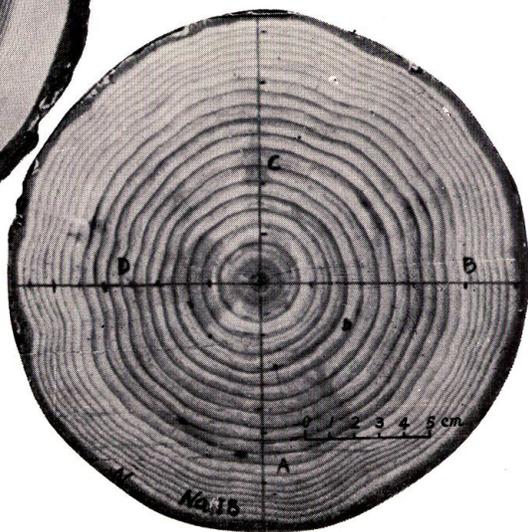
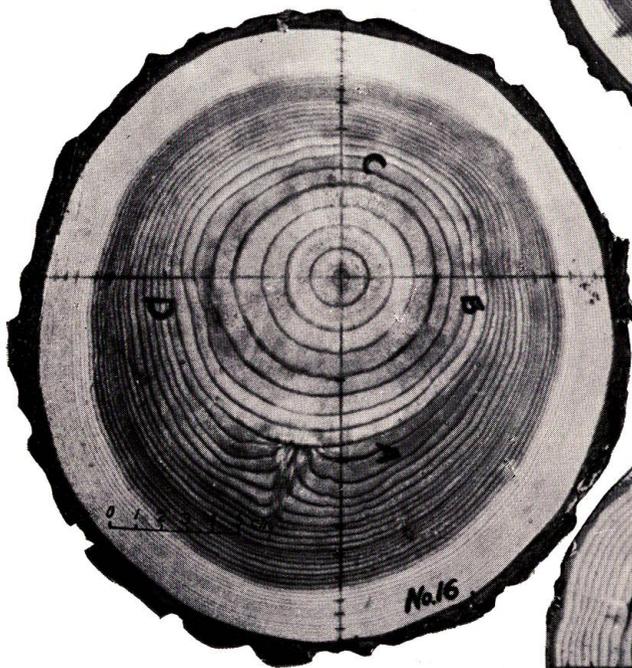
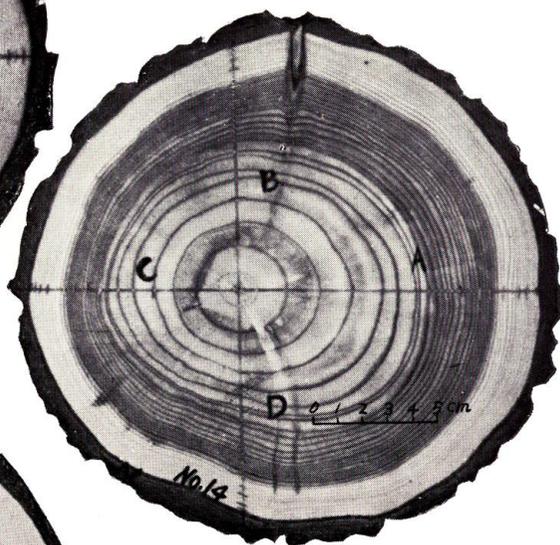
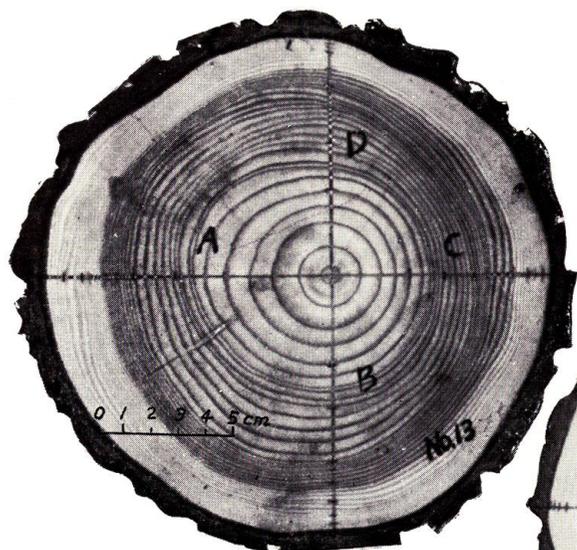
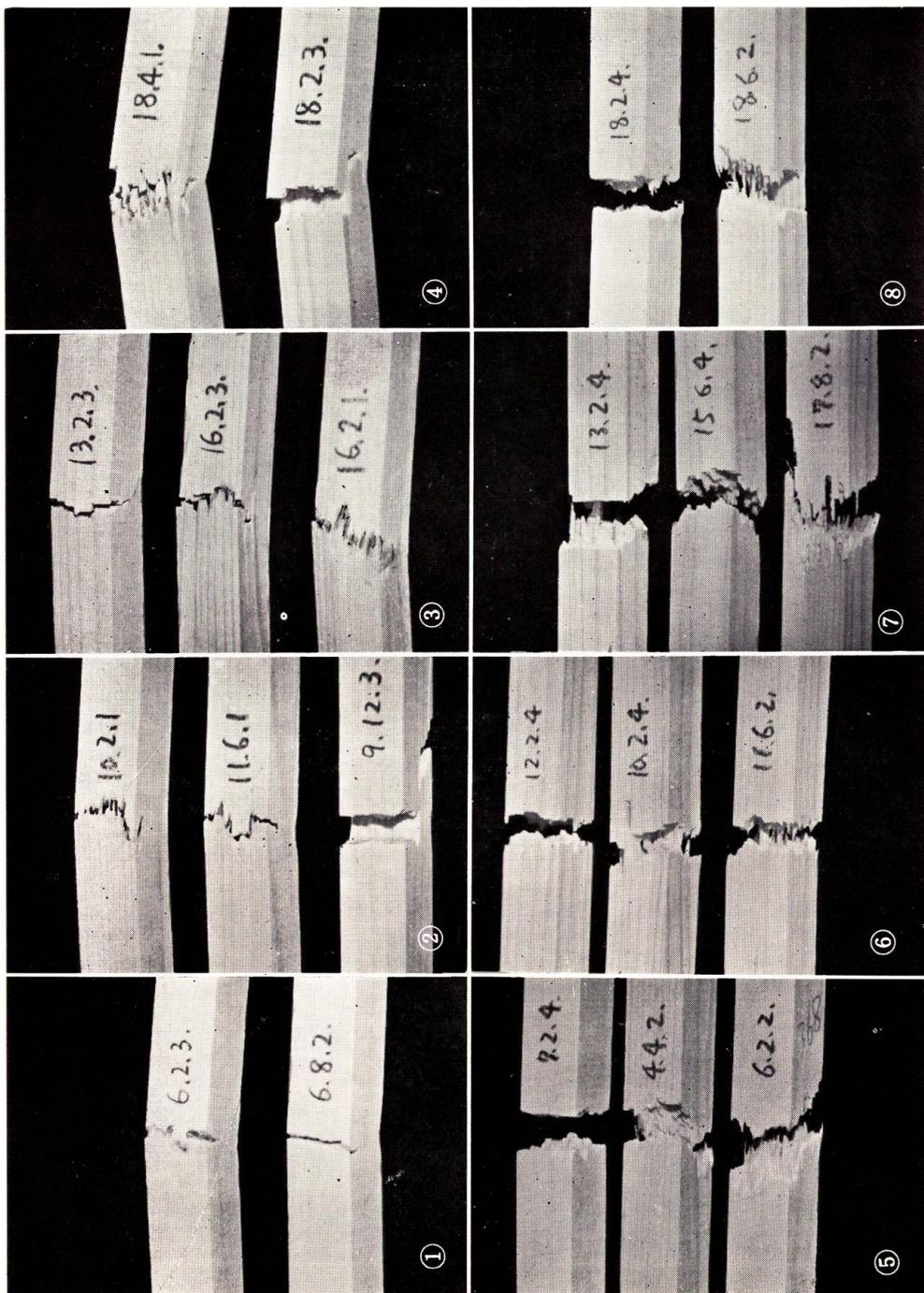


Plate 3.



附 表

1) 円板についての試験成績

No.: 供試木, 半径, 試片番号

1A1—8D9 ストローブマツ
 9A1—12D5 バンクスマツ
 13A1—17D6 カラマツ
 18A1—18D7 トドマツ

r_w : 平均年輪幅 mm

G : 比重 (全乾重量/生材体積)

H_B : 生材状態の木口面の硬さ kg/mm^2

a_v : 体積収縮率 (生材体積の百分率)

2) 強度試験成績

2.1) 縦圧縮試験

No.: 供試木, ブロック, 試片番号

1.1.1.—8.12.4. ストローブマツ
 9.1.1.—12.12.4. バンクスマツ
 13.1.1.—17.12.4. カラマツ
 18.1.1.—18.12.4. トドマツ

f : 木取り (r : 2方まさ, cg : 4方まさ)

sap : 辺材率%

u : 含水率%

G : 比重 (全乾重量/試験時の体積)

σ_{PL} : 比例限度 kg/cm^2

C : 縦圧縮強さ kg/cm^2

2.2) 曲げ試験

R : 曲げ強さ kg/cm^2

E : 曲げヤング係数 $1000 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$Fail.$: 引張り面の破壊形態 (F : 繊維状, J : 鋸歯状, B : 平滑)

2.3) 衝撃試験

T : 衝撃吸収エネルギー $\text{kg-m}/\text{cm}^2$

APPENDIX

1) Tests on disk.

The disk that has been taken from each test tree at about 4 m height above ground, is provided materials for tests to determine the average width of annual growth rings, the specific gravity, the BRINELL hardness number and the volumetric shrinkage of the wood.

No.: Tree No., mark of radius and piece No.

1A1—8D9	<i>Pinus strobus</i> L.
9A1—12D5	<i>Pinus banksiana</i> LAMB.
13A1—17D6	<i>Larix Kaempferi</i> SARG.
18A1—18D7	<i>Abies Mayriana</i> MIYABE et KUDO.

r_w : Average width of annual growth rings in mm.

G : Specific gravity based upon oven-dry weight and green volume.

H_B : BRINELL hardness number of end surface in green condition in kg/mm².

a_v : Volumetric shrinkage from green to oven-dry condition in per cent of green volume.

2) Tests of strength properties.

2.1) Compression test, parallel to grain.

The 2×2×3 cm specimen is tested with its longest axis in the vertical position. The load is applied at a constant rate of descent of the loading head.

No.: Tree, stick and piece Nos.

1. 1. 1.—8. 12. 4. *Pinus strobus* L.

9. 1. 1.—12. 12. 4. *Pinus banksiana* LAMB.

13. 1. 1.—17. 12. 4. *Larix Kaempferi* SARG.

18. 1. 1.—18. 12. 4. *Abies Mayriana* MIYABE et KUDO

f : Grain of specimen.

r : Specimen with two edge-grained faces.

cg : In the case used this mark, each face of specimen extends approximately at an angle of 45° to the annual growth rings.

sap : Sapwood in per cent.

u : Moisture content at time of test in per cent.

G : Specific gravity based upon oven-dry weight and volume at time of test.

σ_{PL} : Fiber stress at proportional limit in kg/cm².

C : Maximum crushing strength in kg/cm².

2.2) Static bending test.

The 2×2×30 cm specimen is tested as a beam supported at each end of a span of 24 cm. The center load is applied on the radial surface of the specimen at a constant rate of descent of the loading head.

R : Modulus of rupture in kg/cm².

E : Modulus of elasticity in 1000 kg/cm².

$Fail.$: Type of tension failure, and F , J and B represent “fibrous” “jagged” and “brash”, respectively.

2.3) Toughness test.

The 2×2×30 cm specimen is tested as a beam supported at each end of a span of 24 cm. The center load is suddenly applied on the radial surface of the specimen by means of a freely falling hammer with 10 kg-m energy. In this test, toughness is a measure of the loss of energy required to cause complete fracture of a test specimen, and represented in kg-m/cm².

T : Absorbed shock energy in kg-m/cm².

App. 1. Tests on disk

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
1A1	1.3	0.30	1.89	9.4	2C2	1.8	0.26	2.07	9.2
1A2	1.8	29	2.07	10.1	2C3	2.0	25	2.03	8.3
1A3	2.6	27	1.56	6.9	2C4	3.8	24	1.85	7.8
1A4	5.0	27	1.46	9.3	2C5	6.3	22	1.51	10.0
1A5	6.8	27	1.77	9.3	2C6	6.0	25	1.60	7.1
1A6	6.3	27	1.98	7.8	2C7	6.0	27	1.31	6.9
1A7	6.3	28	1.81	9.1					
					2D1	2.3	0.27	1.85	9.2
1B1	0.7	0.30	1.60	9.6	2D2	1.6	24	1.69	8.9
1B2	1.8	29	1.86	9.5	2D3	2.0	26	2.61	7.0
1B3	5.0	27	1.62	10.0	2D4	4.8	24	1.60	7.4
					2D5	7.0	25	1.67	6.0
1C1	1.1	0.29	2.22	8.3					
1C2	1.2	29	2.30	9.0	3A1	2.3	0.30	1.98	9.5
1C3	4.1	28	1.71	9.8	3A2	1.8	29	1.90	9.9
1C4	5.8	27	1.88	9.9	3A3	3.3	31	2.15	8.7
1C5	6.0	27	1.73	7.4	3A4	3.0	30	1.96	9.3
1C6	5.6	28	1.69	9.2	3A5	6.5	29	1.14	8.2
					3A6	6.5	26	1.41	11.7
1D1	1.1	0.30	2.55	11.5	3A7	7.0	29	1.36	6.9
1D2	1.3	30	2.82	7.4	3A8	6.8	29	1.60	7.1
1D3	3.8	27	1.79	9.3					
					3B1	2.5	0.30	1.90	10.7
2A1	2.5	0.28	2.28	10.4	3B2	2.0	29	1.75	10.5
2A2	2.0	27	1.67	7.1	3B3	4.0	30	2.06	7.6
2A3	3.3	25	1.48	6.5	3B4	1.6	30	2.07	7.7
2A4	2.3	26	2.07	9.3	3B5	5.0	28	1.64	8.2
2A5	5.3	25	1.95	9.3					
2A6	5.8	24	1.65	7.3	3C1	2.3	0.27	1.81	11.2
2A7	7.0	24	1.73	9.7	3C2	2.0	28	1.56	10.0
2A8	5.5	26	1.48	6.6	3C3	1.5	31	2.02	7.3
					3C4	5.0	28	1.42	8.1
2B1	1.8	0.26	1.54	7.1	3C5	6.3	27	1.61	8.2
2B2	1.9	24	1.89	10.0	3C6	7.0	28	1.22	7.6
2B3	3.0	27	2.03	8.2	3C7	7.0	29	1.27	8.0
2B4	3.0	25	1.95	7.6					
2B5	3.9	24	1.73	7.4	3D1	2.8	0.29	1.50	10.3
					3D2	2.3	29	1.57	10.6
2C1	1.4	0.25	2.50	9.9	3D3	3.3	30	1.84	7.3

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
3D4	1.4	0.31	1.85	7.8	5A 7	9.0	0.26	1.13	5.3
3D5	6.5	29	1.71	7.7	5A 8	8.0	29	2.37	
					5A 9	6.5	29	1.54	6.7
4A1	2.7	0.30	1.31	8.6					
4A2	2.3	31	2.11	8.7	5B 1	1.8	0.29	1.78	10.3
4A3	2.3	31	1.91	8.5	5B 2	2.2	28	1.85	
4A4	3.3	30	1.61		5B 3	2.3	28	1.90	9.0
4A5	5.3	26	1.37	7.0	5B 4	3.0	27	2.00	8.0
4A6	7.0	27	1.10	7.5	5B 5	6.0	26	1.73	7.4
4A7	8.3	26	1.21	6.9					
4A8	8.0	27	1.07	7.3	5C 1	2.0	0.31	1.81	10.0
4A9	4.3	28	1.39	7.3	5C 2	1.9	30	1.83	
					5C 3	1.8	29	1.95	9.3
4B1	2.2	0.29	1.58	9.7	5C 4	2.3	28	1.65	8.5
4B2	1.8	29	1.46	9.3	5C 5	5.8	26	1.46	6.6
4B3	2.3	30	1.99	6.6	5C 6	7.5	26	1.43	6.6
4B4	1.2	30	1.52	8.0	5C 7	9.0	29	1.92	10.2
4B5	6.3	26	0.97	7.4	5C 8	8.0	29	1.83	6.7
4C1	1.8	0.30	1.31	10.9	5D 1	2.0	0.30	1.93	8.5
4C2	1.6	29	1.67	10.2	5D 2	2.1	29	1.86	9.6
4C3	1.6	30	1.51	8.1	5D 3	2.9	29	1.78	9.0
4C4	4.5	27	1.46	7.9	5D 4	2.3	29	1.77	7.9
4C5	6.8	26	1.03	8.4	5D 5	4.0	26	1.50	7.4
4C6	7.3	26	1.35	8.0	5D 6	5.0	26	1.31	7.5
4C7	6.0	28	1.04	7.7					
					6A 1	4.0	0.32	1.01	10.1
4D1	2.2	0.31	1.55	10.4	6A 2	5.0	31	1.44	9.0
4D2	1.2	32	1.61	10.4	6A 3	5.5	28	1.46	9.0
4D3	2.0	33	2.03	7.5	6A 4	6.3	28	1.42	9.3
4D4	3.5	28	1.20	7.6	6A 5	5.3	29	1.51	8.5
4D5	7.3	28	1.16	8.0	6A 6	6.3	31	1.39	6.8
					6A 7	5.8	29	1.71	6.5
5A1	1.6	0.30	1.19	11.1	6A 8	4.8	30	1.39	6.7
5A2	2.5	28	1.61	9.4	6A 9	6.5	28	2.03	
5A3	2.5	29	1.98	9.8	6A10	6.5	27	1.52	7.1
5A4	2.2	29	1.65	7.9	6A11	5.8	27	1.35	6.4
5A5	4.9	27	1.76	7.9	6A12	6.0	27	1.51	6.0
5A6	7.0	26	1.13						

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
6B1	3.8		1.39		7B 3	2.3	0.30	1.42	9.5
6B2	3.3	0.28	1.59	9.2	7B 4	3.0	31	1.40	8.6
6B3	4.8	27	1.50	8.9	7B 5	3.8	29	1.42	8.3
6B4	5.8	28	1.42	8.9					
6B5	6.0	30	1.47	7.2	7C 1	2.0	0.31	1.45	10.7
6B6	4.3	30	1.57	7.4	7C 2	3.3	31	1.49	10.4
6B7	2.8	29	1.32	7.2	7C 3	3.8	30	1.63	9.2
					7C 4	2.3	30	1.45	8.2
6C1	2.5	0.27	1.12	8.8	7C 5	4.5	29	1.24	8.5
6C2	2.5	27	1.38	9.3	7C 6	5.0	29	1.37	
6C3	4.8	27	1.57	9.4	7C 7	6.0	30	1.16	7.3
6C4	4.5	28	1.97	8.1					
6C5	4.8	30	1.74	7.6	7D 1	2.7	0.32	1.77	10.8
6C6	5.0	28	1.53	6.0	7D 2	2.7	33	1.75	11.0
6C7	5.5	27	1.25	7.0	7D 3	2.5	31	1.51	9.9
6C8	5.5	27	1.31	6.6	7D 4	2.3	31	1.51	7.0
6C9	6.0	29	1.31	6.2	7D 5	4.0	30	1.52	8.6
6D1	3.5	0.28	1.64	10.0	8A 1	4.0	0.29	1.46	9.1
6D2	3.8	29	1.55	9.9	8A 2	4.7	30	1.50	6.3
6D3	4.8	28	1.53		8A 3	6.5	29	1.50	10.0
6D4	4.8	28	1.46	9.5	8A 4	4.5	29	1.56	8.6
6D5	5.3	30	1.75	8.1	8A 5	5.0	29	1.62	8.6
6D6	6.5	30	1.73		8A 6	5.5	29	1.79	7.3
6D7	5.3	30	1.55	8.2	8A 7	4.8	28	1.41	8.2
6D8	6.0	29	1.69	7.3	8A 8	5.8	29	1.49	7.4
					8A 9	7.0	28	1.31	7.8
7A1	3.0	0.31	1.40	10.5	8A10	7.5	28	1.22	7.7
7A2	3.8	29	1.36	8.8	8A11	7.5	29	1.53	7.2
7A3	3.0	30	1.31	10.2	8A12	7.0	29	1.43	6.3
7A4	3.8	31	1.42	9.3					
7A5	2.3	32	1.29	8.8	8B 1	3.5	0.33	1.33	
7A6	4.8	30	1.35	5.4	8B 2	4.0	30	1.49	9.2
7A7	5.8	29	1.46	7.9	8B 3	4.5	29	1.43	8.7
7A8	3.0	29	1.33	7.7	8B 4	3.3	29	1.45	8.3
7A9	6.5	29	1.31	7.0	8B 5	4.3	31	1.75	8.9
					8B 6	4.0	28	1.52	4.1
7B1	2.5	0.32	1.46	10.5	8B 7	5.5	28	1.47	7.4
7B2	3.3	31	1.44	10.3	8B 8	7.0	29	1.49	6.5

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
8B 9	7.5	0.28	1.35	7.5	9B 4	3.3	0.33	1.79	10.7
					9B 5	4.3	32	1.46	10.3
8C 1	3.3	0.30	1.51	8.8	9B 6	5.0	33	1.45	10.0
8C 2	3.8	30	1.63	9.5					
8C 3	4.3	29	1.45	9.5	9C 1	2.5	0.38	2.11	11.4
8C 4	3.5	29	1.44	9.4	9C 2	3.0	36	1.95	12.3
8C 5	5.5	30	1.70	8.4	9C 3	3.0	36	1.84	11.9
8C 6	5.0	30	1.75	8.3	9C 4	3.5	34	2.18	12.1
8C 7	5.5	28	1.46	7.8	9C 5	3.3	32	1.19	14.5
8C 8	6.8	30	1.39	8.1	9C 6	5.0	33	2.21	10.8
8C 9	7.3	27	1.36	7.6	9C 7	6.0		1.48	
8C10	8.0	29	1.43	7.4	9C 8	7.0	34	1.15	11.8
8C11	7.5	28	1.52	7.0	9C 9	7.0		1.12	
8C12	6.8	30	1.40	5.9	9C10	4.0	37	1.62	10.4
8D 1	4.0	0.30	1.45	9.3	9D 1	2.3	0.36	1.68	10.8
8D 2	3.8	29	1.73	9.1	9D 2	4.0	34	1.61	9.0
8D 3	4.5	29	1.38	9.6	9D 3	3.0	36	1.90	10.2
8D 4	3.8	28	1.57	9.6	9D 4	3.8	34	2.08	10.0
8D 5	5.0	29	1.58	7.6	9D 5	4.5	34	2.01	11.0
8D 6	5.3	28	1.61	8.4	9D 6	5.0	40	1.74	9.4
8D 7	4.5	28	1.56	7.4	9D 7	7.0	34	1.85	10.1
8D 8	5.8	28	1.22	8.2					
8D 9	7.5	29	1.27	7.8	10A 1	2.8	0.39	1.75	9.0
					10A 2	3.0	39	2.60	7.6
9A 1	3.0	0.40	2.69	7.7	10A 3	1.7	37	2.52	9.6
9A 2	3.0	37	2.43	8.1	10A 4	3.5	37	2.52	8.7
9A 3	3.0	37	1.93	11.2	10A 5	4.0	32	2.15	9.5
9A 4	2.8	36	2.03	11.1	10A 6	3.8	34	2.56	9.4
9A 5	4.0	32	1.56	10.6	10A 7	4.3	34	2.17	8.4
9A 6	4.3	32	1.21	11.7	10A 8	4.5	34	2.06	8.8
9A 7	5.5	33	1.70	11.3					
9A 8	5.0	31	1.74	11.0	10B 1	1.7	0.41	2.02	11.0
9A 9	6.3	32	1.15	9.9	10B 2	2.5	36	2.00	12.0
9A10	7.0	42	1.72	8.6	10B 3	2.5	35	2.25	11.4
9B 1	2.3	0.35	2.06	10.2	10C 1	1.4	0.36	2.02	11.7
9B 2	2.5	36	1.76	9.9	10C 2	1.0	36	2.25	11.8
9B 3	2.7	34	2.21	10.3	10C 3	1.8	32	1.96	11.5

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
10C4	3.5	0.31	1.30	9.8	12A6	4.0	0.35	2.27	10.1
10C5	2.5	31	1.68	9.6	12A7	5.0	34	2.26	10.0
10D1	2.0	0.37	2.72	11.6	12B1	2.5	0.36	1.61	11.6
10D2	2.2	36	1.86	11.7	12B2	2.2	33	1.95	11.4
10D3	3.3	35	2.01	11.6	12B3	2.2	35	1.81	12.0
10D4	2.5	34	1.94	11.7	12B4	2.5	33	1.58	11.0
					12B5	4.0	34	1.73	11.1
11A1	2.0	0.36	1.97	8.8					
11A2	2.8	33	1.76	9.5	12C1	2.3	0.37	1.52	11.5
11A3	2.8	34	1.90	8.3	12C2	2.7	36	2.23	9.6
11A4	2.3	33	1.77	10.6	12C3	2.5	36	1.86	10.4
11A5	4.0	35	2.32	10.2	12C4	3.0	35	1.98	11.6
11A6	7.5	33	1.18	8.0	12C5	3.5	34	2.01	9.9
11A7	7.0	31	1.04	8.5	12C6	4.3	34	2.06	9.4
11A8	8.0	31	1.10	9.6	12C7	5.8	32	2.23	9.5
11A9	7.0	31	1.36	7.8	12C8	5.5	34	1.83	9.7
11B1	1.7	0.37	1.92		12D1	2.5	0.39	1.90	8.4
11B2	1.7	35	1.63	10.2	12D2	3.0	37	2.81	9.1
11B3	3.3	33	1.45	10.5	12D3	2.8	36	2.20	10.7
					12D4	2.5	34	1.87	10.3
11C1	1.7	0.36	1.11	11.3	12D5	4.0	36	1.38	10.9
11C2	1.8	34	1.83	10.3					
11C3	3.2	32	2.12	10.6	13A1	1.8	0.47	1.56	14.1
11C4	4.5	33	1.60	9.4	13A2	0.5	45	2.19	13.7
11C5	3.3	30	1.24	6.0	13A3	0.9	44	2.36	9.0
11C6	5.5	31	1.78	9.0	13A4	4.8	41	2.70	9.7
					13A5	2.2	41	2.16	10.5
11D1	2.5	0.36	2.45	10.7	13A6	2.0	41	2.42	10.4
11D2	2.2	33	1.98	11.1	13A7	8.5	33	1.89	8.6
11D3	1.8	35	1.67	11.9	13A8	3.8	32	1.32	9.0
11D4	2.8	34	1.42	11.0	13A9	8.0	33	2.13	8.4
12A1	2.8	0.36	1.60	9.1	13B1	0.7	0.45	2.23	13.4
12A2	2.5	34	1.95	10.2	13B2	1.2	49	3.25	13.6
12A3	2.5	33	2.70	11.6	13B3	2.0	41	1.82	9.0
12A4	3.5	36	1.94	12.4	13B4	3.5	40	2.44	9.9
12A5	3.3	36	1.97	10.6	13B5	2.3	37	1.64	9.9

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
13B 6	2.8	0.36	1.50	10.1	14C 2	1.7	0.41	3.52	12.7
					14C 3	1.2	39	1.59	10.3
13C 1	0.4	0.41	2.40	13.0	14C 4	4.0	32	1.67	9.8
13C 2	2.8	48	3.48	11.5	14C 5	7.0	35	1.79	9.0
13C 3	0.8	43	2.75	10.4	14C 6	8.0	27	0.98	
13C 4	1.7	40	2.88	8.6	14C 7	9.0	31	1.50	9.3
13C 5	2.2	38	2.52	11.4	14C 8	10.5	29	0.94	9.7
13C 6	5.0	35	1.75	10.4					
13C 7	6.0	31	1.23	9.6	14D 1	0.8	0.42	2.31	12.7
13C 8	7.8	32	1.33	8.7	14D 2	0.6	41	2.20	12.7
					14D 3	2.5	39	1.96	9.8
13D 1	0.7	0.42	2.43	12.9	14D 4	2.5	37	2.52	10.4
13D 2	1.6	44	2.73	11.6	14D 5	5.5	36	1.16	9.2
13D 3	1.9	44	2.65	9.6	14D 6	5.0	35	1.32	11.0
13D 4	2.2	41	2.29	8.4					
13D 5	5.0	41	2.89	9.3	15A 1	1.5	0.37	2.12	10.3
13D 6	3.8	36	2.19	8.8	15A 2	1.3	36	1.86	12.7
					15A 3	2.8	33	2.17	
14A 1	0.7	0.39	1.05	12.1	15A 4	2.0	40	2.36	10.0
14A 2	1.8	42	2.03	13.3	15A 5	3.3	40	2.72	6.8
14A 3	2.0	44	3.08	10.1	15A 6	3.0	37	2.76	7.5
14A 4	2.5	41	2.40	7.5	15A 7	4.3	32	1.69	6.1
14A 5	4.0	44	2.52	8.3	15A 8	4.0	33	1.43	8.9
14A 6	6.0	31	1.03	8.9	15A 9	6.3	29	1.23	8.0
14A 7	9.8	32	2.43	7.3	15A10	6.7	31	1.97	8.8
14A 8	12.5	35	1.45	8.5	15A11	8.0	30	1.93	8.4
14A 9	12.0	34	0.99	8.6					
14A10	11.5	33	1.39	8.2	15B 1	0.7	0.31	1.25	11.9
14A11	11.5	35	1.55	8.4	15B 2	1.8	33	1.31	12.3
					15B 3	1.8	36	2.23	11.7
14B 1	0.6	0.45	1.95	12.3	15B 4	1.3	35	1.37	10.0
14B 2	0.7	41	2.02	13.3	15B 5	3.0	32	1.65	10.4
14B 3	1.5	44	2.12	9.1	15B 6	3.0	33	1.53	
14B 4	2.0	41	2.73	9.5	15B 7	3.0	33	1.40	8.5
14B 5	4.0	39	1.31	10.3					
14B 6	4.0	32	1.68	9.6	15C 1	1.1	0.32	1.42	12.1
14B 7	10.0	39	1.61	10.5	15C 2	1.5	35	1.77	12.1
					15C 3	1.8	39	2.47	11.8
14C 1	0.6	0.39	1.47	12.6	15C 4	1.3	36	2.14	9.8

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_a	No.	r_w	G	H_B	α_v
15C 5	2.5	0.30	1.75	12.0	16D 2	1.3	0.37	2.18	12.4
15C 6	3.0	32	2.00	10.6	16D 3	1.3	42	3.09	10.2
15C 7	2.8	31	1.83	9.2	16D 4	1.6	36	2.55	8.3
15C 8	7.0	30	1.21	9.3	16D 5	1.9	39	3.12	8.7
					16D 6	4.0	41	1.99	8.4
15D 1	1.0	0.34	1.97	12.7					
15D 2	1.5	39	2.50	8.4	17A 1	0.6	0.35	1.82	11.9
15D 3	2.5	38	2.38	9.7	17A 2	2.5	40	2.42	11.8
15D 4	2.0	36	1.79	10.0	17A 3	2.3	39	2.71	9.5
15D 5	2.3	38	2.17	6.5	17A 4	2.5	39	2.12	9.1
15D 6	1.8	35	2.31	9.2	17A 5	2.0	38	2.11	7.0
15D 7	3.3	33	2.33	9.5	17A 6	3.7	40	1.77	9.4
					17A 7	8.5	31	1.09	8.6
16A 1	1.2	0.39	2.03	14.2	17A 8	4.0	45	1.91	13.6
16A 2	1.3	40	2.02	13.7	17A 9	8.5	30	1.13	9.3
16A 3	1.4	43	2.12	11.2	17A 10	9.0	34	1.55	10.7
16A 4	1.7	45	2.88	7.9					
16A 5	2.9	43	2.84	8.5	17B 1	0.5	0.33	2.36	11.2
16A 6	3.0	42	3.75	6.7	17B 2	2.0	41	2.73	10.0
16A 7	7.5	53	3.30	6.4	17B 3	2.5	37	2.12	8.7
16A 8	8.0	53	4.22	7.9	17B 4	3.5	37	2.36	10.7
16A 9	13.3	32	1.86	9.6	17B 5	2.5	36	1.94	9.5
16A 10	6.5	31	1.35	8.0	17B 6	6.3	33	1.59	
16A 11	8.0	27	2.26	6.8					
					17C 1	0.4	0.36	1.75	11.8
16B 1	1.1	0.37	2.14	12.2	17C 2	1.7	37	2.69	10.8
16B 2	0.9	35	2.63	12.4	17C 3	2.0	41	2.22	10.7
16B 3	1.7	41	4.03	9.2	17C 4	3.0	37	2.21	9.5
16B 4	1.0	39	3.37	9.1	17C 5	2.3	37	2.59	10.0
16B 5	2.2	38	3.18	8.8	17C 6	7.8	30	2.17	8.7
16B 6	4.0	37	3.22	8.3	17C 7	10.0	37	1.51	12.0
					17C 8	3.0	37	1.33	11.4
16C 1	0.6	0.36	2.23	12.3	17C 9	7.8	33	1.87	11.7
16C 2	1.4	40	4.25	11.3					
16C 3	1.8	39	2.45	9.4	17D 1	0.4	0.33	1.36	11.4
16C 4	1.9	42	2.27	8.8	17D 2	1.5	42	2.64	12.1
16C 5	4.6	40	3.09	8.3	17D 3	1.8	40	2.23	10.9
					17D 4	2.3	45	2.25	10.2
16D 1	0.7	0.37	2.16	11.6	17D 5	3.5	35	2.00	9.9

App. 1. Tests on disk—Continued

No.	r_w	G	H_B	α_v	No.	r_w	G	H_B	α_v
17D6	7.0	0.27	2.21	9.4	18C 1	3.0	0.36	1.22	13.1
					18C 2	3.3	34	2.01	12.8
18A1	2.8	0.38	2.16	9.9	18C 3	5.0	31	2.07	11.0
18A2	2.8	34	1.86	12.9	18C 4	5.8	32	2.43	10.2
18A3	4.5	34	2.12	11.6	18C 5	5.8	32	1.96	9.2
18A4	5.5	33	2.43	11.0	18C 6	6.0	32	1.85	9.2
18A5	6.0	34	2.06	9.5	18C 7	5.8	31	1.61	8.8
18A6	5.0	32	1.98	10.0	18C 8	5.5	31	1.41	8.7
18A7	6.5	33	2.08	9.1	18C 9	6.3	33	1.73	
18A8	6.5	31	1.82	8.9	18C10	7.0	32	1.74	7.3
18A9	7.0	31	1.56	8.2					
					18D 1	2.8	0.40	1.53	13.3
18B1	3.3	0.37	2.64	13.6	18D 2	2.3	40	2.46	12.6
18B2	2.8	34	1.91	13.0	18D 3	4.8	34	2.08	10.5
18B3	4.5	32	2.28	12.0	18D 4	4.5	39	2.07	10.2
18B4	5.0	33	2.19	9.7	18D 5	5.0	37	2.15	9.6
18B5	5.5	32	1.94	10.0	18D 6	4.8	39	1.46	10.0
18B6	7.0	34	1.55	8.7	18D 7	5.5	37	2.61	9.2
18B7	6.5	33	1.63	9.7					

App. 2. 1. Compression test

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
1.1.1	cg	5	3.2	33	0.31	73	122
1.1.2	cg	5	3.1	33	30	73	116
1.1.3	r	0	3.6	34	30	64	117
1.1.4	r	0	3.8	33	31	64	112
1.1.5	r	0	4.7	35	30	63	105
1.1.6	r	0	5.2	34	29	62	94
1.1.7	cg	0	2.7	32	29	62	110
1.1.8	cg	0	2.7	32	29	63	100
1.3.1	r	10	2.4	72	30	86	127
1.3.2	r	10	2.4	46	29	85	122
1.3.3	r	20	3.1	75	29	74	123
1.3.4	r	10	2.9	70	29	74	123
1.3.5	r	0	5.5	55	28	74	113
1.3.6	r	0	5.7	63	29	74	116
1.3.7	r	0	7.0	49	28	76	111
1.3.8	r	0	6.0	51	28	75	105
1.5.1	r	30	2.9	48	29	75	129
1.5.2	r	30	2.7	51	29	75	140
1.5.3	r	35	2.9	44	28	88	131
1.5.4	r	35	2.2	35	30	100	150
1.5.5	r	0	6.7	64	27	74	114
1.5.6	r	0	6.0	50	26	87	114
1.5.7	r	0	6.0	70	26	75	117
1.5.8	r	0	6.0	80	26	74	113
Avg.			4.1	49	29	75	118
2.1.1	r	30	2.2	72	0.28	50	111
2.1.2	r	30	2.1	44	26	74	110
2.1.3	r	30	2.0	71	28	74	112
2.1.4	r	30	2.3	85	27	61	109
2.1.5	r	0	5.9	120	26	50	92
2.1.6	r	0	6.1	136	27	50	90
2.1.7	r	0	5.3	106	25	62	98
2.1.8	r	0	5.3	113	25	75	97
2.3.1	r	40	2.1	61	28	75	125
2.3.2	r	40	1.8	62	27	87	134
2.3.3	r	30	2.2	116	26	74	118
2.3.4	r	20	1.6	89	26	85	127
2.3.5	r	0	5.2	136	24	71	105

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
2. 3.6	r	0	5.2	122	0.24	74	108
2. 3.7	r	0	5.5	91	24	61	102
2. 3.8	r	0	6.0	89	24	62	100
2. 5.1	r	20	1.9	89	26	60	128
2. 5.2	r	30	2.3	66	28	63	110
2. 5.3	r	30	1.7	39	26	74	133
2. 5.4	r	30	1.7	40	27	88	132
2. 5.5	r	0	5.8	69	24	74	111
2. 5.6	r	0	5.2	69	24	61	108
2. 5.7	r	0	5.8	85	24	74	107
2. 5.8	r	0	5.4	76	24	73	111
2. 7.1	r	70	5.0	52	25	99	129
2. 7.2	cg	70	2.9	37	26	89	181
2. 7.3	r	0	5.5	41	25	63	102
2. 7.4	cg	0	6.0	39	25	63	98
2. 9.1	r	80	2.0	28	25	85	137
2. 9.2	r	80	2.1	28	25	86	148
2. 9.3	cg	0	3.6	47	25	85	144
2. 9.4	cg	0	3.6	40	26	86	147
2.11.1	r	100	2.6	36	25	88	146
2.11.2	r	0	3.4	45	27	114	147
2.11.3	r	0	3.6	43	30	113	164
2.11.4	r	100	3.2	52	26	101	147
Avg.			3.7	71	26	74	120
3.1.1	r	50	1.9	59	0.33	113	153
3.1.2	r	50	2.1	66	33	113	155
3.1.3	r	60	1.9	54	33	79	156
3.1.4	r	60	1.8	51	34	110	161
3.1.5	r	0	4.6	102	31	95	120
3.1.6	r	0	4.8	95	30	88	120
3.1.7	r	0	5.0	114	31	90	127
3.1.8	r	0	5.1	100	31	60	124
3.3.1	r	50	2.0	64	30	73	143
3.3.2	r	50	2.0	66	30	97	141
3.3.3	cg	60	2.3	81	31	98	151
3.3.4	cg	60	2.0	85	31	92	149
3.3.5	r	0	3.6	97	29	93	128
3.3.6	cg	0	3.2	111	23	100	129

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
3.3.7	r	0	4.0	88	0.29	82	133
3.3.8	cg	0	3.7	88	29	99	131
3.5.1	cg	65	2.3	77	29	92	152
3.5.2	cg	65	2.2	70	29	108	149
3.5.3	cg	65	2.3	64	29	83	155
3.5.4	r	70	2.2	67	29	98	154
3.5.5	r	0	5.6	100	28	74	129
3.5.6	r	0	5.6	98	28	69	119
3.5.7	r	0	5.5	103	27	85	122
3.5.8	r	0	5.5	67	27	62	123
Avg.			3.4	82	30	90	139
4.1.1	r	20	2.6	31	0.33	88	120
4.1.2	r	20	2.4	39	30	75	120
4.1.3	r	5	2.6	32	34	75	110
4.1.4	r	5	2.7	33	33	73	109
4.1.5	r	0	6.6	62	29	61	103
4.1.6	r	0	6.9	58	29	49	99
4.1.7	r	0	6.9	33	32	50	95
4.1.8	r	0	7.1	65	29	61	103
4.3.1	r	60	2.1	51	31	99	150
4.3.2	r	60	2.2	48	31	99	144
4.3.3	r	70	2.0	39	32	120	169
4.3.4	r	70	2.1	53	30	100	135
4.3.5	r	0	5.0	70	27	75	110
4.3.6	r	0	5.0	66	27	50	106
4.3.7	r	0	6.5	113	27	73	108
4.3.8	r	0	6.5	114	27	61	107
4.5.1	r	70	2.0	32	31	122	195
4.5.2	r	70	2.1	34	31	112	174
4.5.3	r	60	2.2	39	31	111	163
4.5.4	r	55	2.2	39	30	100	165
4.5.5	r	0	4.3	52	26	99	113
4.5.6	r	0	5.0	62	27	86	113
4.5.7	r	0	5.3	52	27	87	122
4.5.8	r	0	5.2	48	27	86	120
4.7.1	r	10	2.5	52	30	110	166
4.7.2	r	20	2.2	46	30	121	166
4.7.3	r	20	3.1	43	30	109	167

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
4. 7.4	r	20	2.8	43	0.30	120	168
4. 7.5	r	0	7.3	59	25	74	108
4. 7.6	r	0	7.5	60	26	74	110
4. 7.7	r	0	7.3	64	25	60	111
4. 7.8	r	0	7.3	67	25	50	111
4. 9.1	cg	75	2.4	32	29	109	174
4. 9.2	cg	75	2.4	31	29	121	174
4. 9.3	r	40	2.2	34	29	122	171
4. 9.4	r	40	2.2	32	29	109	181
4. 9.5	r	0	5.2	45	26	85	125
4. 9.6	r	0	5.0	56	26	86	122
4. 9.7	cg	0	4.3	46	26	95	138
4. 9.8	cg	0	4.4	43	27	84	139
4.11.1	r	20	2.9	51	29	122	169
4.11.2	r	15	2.6	50	29	86	173
4.11.3	r	15	2.6	49	29	134	168
4.11.4	cg	0	5.3	81	25	84	113
4.11.5	cg	0	5.2	71	26	85	124
4.11.6	cg	0	4.6	71	27	86	130
4.11.7	cg	0	4.7	88	26	84	119
Avg.			4.1	58	29	90	136
5.1.1	r	100	2.0	30	0.31	125	146
5.1.2	r	100	2.1	30	31	123	153
5.1.3	r	60	2.2	29	34	98	132
5.1.4	r	10	3.2	57	29	87	124
5.1.5	r	0	3.2	55	30	74	116
5.1.6	cg	100	4.2	40	26	85	128
5.1.7	r	0	4.2	38	29	63	112
5.1.8	r	0	5.1	37	30	76	112
5.3.1	r	80	1.7	29	29	122	155
5.3.2	r	90	1.7	30	28	108	157
5.3.3	cg	65	1.6	30	30	110	152
5.3.4	r	100	3.3	46	27	108	139
5.3.5	r	100	3.3	54	27	85	134
5.3.6	r	100	3.3	49	27	98	141
5.3.7	cg	0	4.6	41	25	85	124
5.3.8	cg	0	4.0	40	26	84	127
5.5.1	r	50	1.9	39	27	76	147

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{RL}</i>	<i>C</i>
5. 5.2	r	50	1.8	36	0.27	98	145
5. 5.3	r	60	2.0	34	28	86	146
5. 5.4	r	50	2.1	36	29	113	146
5. 5.5	r	0	4.6	58	25	87	127
5. 5.6	r	0	5.0	66	25	75	125
5. 5.7	cg	0	4.4	53	26	74	131
5. 5.8	cg	0	4.1	50	25	85	136
5. 7.1	r	80	2.1	37	27	85	138
5. 7.2	r	90	2.1	42	27	74	148
5. 7.3	r	40	2.5	39	27	100	136
5. 7.4	r	50	2.5	40	26	100	141
5. 7.5	r	0	4.8	63	26	101	142
5. 7.6	r	0	5.0	55	26	88	130
5. 7.7	r	0	4.8	75	26	104	139
5. 7.8	r	0	4.8	59	27	103	140
5. 9.1	r	50	3.8	64	26	88	151
5. 9.2	r	50	3.8	62	26	113	150
5. 9.3	r	50	1.7	42	26	100	133
5. 9.4	r	50	3.0	36	25	87	145
5. 9.5	cg	0	5.8	62	25	87	134
5. 9.6	cg	0	6.2	53	25	88	133
5. 9.7	r	0	6.5	61	25	64	133
5. 9.8	r	0	6.5	48	25	89	137
5.11.1	r	60	3.6	35	29	114	157
5.11.2	r	60	3.6	31	27	88	152
5.11.3	r	70	2.8	31	27	88	157
5.11.4	r	70	2.5	30	27	100	162
5.11.5	r	0	5.6	61	26	88	136
5.11.6	r	0	6.0	54	26	88	141
5.11.7	r	0	4.8	67	26	102	145
5.11.8	r	0	4.8	58	26	89	146
Avg.			3.7	46	27	93	139
6.1.1	r	100	2.9	113	0.29	73	122
6.1.2	r	100	2.9	112	29	85	129
6.1.3	r	100	3.0	72	29	86	153
6.1.4	r	100	3.1	106	29	86	150
6.1.5	r	0	2.9	118	30	88	159
6.1.6	r	0	3.0	116	31	124	169

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
6. 1.7	r	0	4.8	121	0.32	100	135
6. 1.8	r	0	5.6	136	30	75	124
6. 3.1	r	100	2.7	85	28	86	150
6. 3.2	r	100	2.6	103	28	97	158
6. 3.3	r	80	2.8	66	30	97	152
6. 3.4	r	80	2.8	75	29	96	151
6. 3.5	r	0	2.9	115	30	109	161
6. 3.6	r	0	3.2	114	30	109	158
6. 3.7	cg	0	3.5	120	30	99	153
6. 3.8	cg	0	3.0	110	30	111	148
6. 5.1	r	100	3.1	70	30	87	154
6. 5.2	r	100	3.3	73	23	99	149
6. 5.3	r	100	3.2	64	23	114	162
6. 5.4	r	100	3.0	77	23	113	161
6. 5.5	r	0	3.6	106	29	112	175
6. 5.6	r	0	3.4	107	30	125	162
6. 5.7	cg	0	4.2	86	29	110	152
6. 5.8	cg	0	4.2	127	27	109	165
6. 7.1	r	100	4.5	30	27	124	152
6. 7.2	r	100	4.5	30	27	112	156
6. 7.3	r	100	3.5	30	27	123	133
6. 7.4	r	100	3.5	29	27	113	163
6. 7.5	r	0	5.6	54	29	123	174
6. 7.6	r	0	5.3	55	30	124	182
6. 7.7	r	0	5.0	38	23	111	165
6. 7.8	r	0	4.8	37	23	123	167
6. 9.1	r	100	4.8	29	28	110	152
6. 9.2	r	100	4.5	29	28	110	157
6. 9.3	r	50	5.0	31	27	124	154
6. 9.4	r	50	4.3	30	27	100	155
6.11.1	r	100	5.0	25	27	113	162
6.11.2	r	100	4.8	29	28	99	172
6.11.3	r	100	4.8	29	27	99	153
6.11.4	r	100	5.1	30	27	110	147
6.11.5	r	70	5.0	31	28	112	159
6.11.6	r	40	5.0	30	28	112	160
6.11.7	cg	0	5.7	31	26	87	139
6.11.8	cg	0	5.8	32	26	87	142
Avg.			4.0	69	23	107	156

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
7.1.1	r	60	1.7	36	0.33	134	165
7.1.2	r	60	1.6	33	33	137	165
7.1.3	r	80	1.7	41	31	123	150
7.1.4	r	80	1.8	33	31	110	162
7.1.5	r	0	2.9	52	30	110	150
7.1.6	r	0	2.8	63	32	113	145
7.1.7	r	0	5.7	58	31	85	120
7.1.8	r	0	5.3	62	31	73	119
7.3.1	r	100	2.2	33	29	110	156
7.3.2	r	100	2.2	31	30	122	160
7.3.3	cg	50	1.9	37	30	123	151
7.3.4	cg	50	1.7	38	30	99	148
7.3.5	r	0	2.8	53	29	89	139
7.3.6	r	0	3.3	72	29	101	141
7.3.7	cg	0	4.8	61	28	87	124
7.3.8	cg	0	5.3	60	27	87	122
7.5.1	r	100	2.6	90	29	109	155
7.5.2	r	100	2.6	38	29	109	141
7.5.3	r	80	2.4	43	29	124	156
7.5.4	r	80	2.5	50	30	111	153
7.5.5	r	0	2.9	66	30	88	152
7.5.6	r	0	2.7	73	31	111	157
7.5.7	cg	0	3.1	97	31	125	158
7.5.8	cg	0	3.2	80	30	113	160
7.7.1	r	60	2.4	93	31	110	172
7.7.2	r	65	2.3	90	31	102	176
7.7.3	cg	90	2.4	91	30	112	174
7.7.4	cg	90	2.4	87	30	136	173
7.7.5	r	0	3.6	143	26	99	141
7.7.6	r	0	3.5	110	29	114	139
7.7.7	cg	10	4.0	84	30	98	164
7.7.8	cg	10	3.7	89	30	112	167
7.9.1	r	100	4.0	78	30	124	159
7.9.2	r	100	3.1	64	31	116	165
7.9.3	r	100	3.1	64	30	105	167
7.9.4	r	100	3.8	78	30	90	159
7.9.5	r	0	5.0	49	31	110	171
7.9.6	r	0	4.9	75	29	110	174
7.9.7	r	0	3.7	67	33	98	177

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r₉₀</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_PL</i>	<i>C</i>
7. 9.8	r	0	3.8	78	0.32	100	179
7.11.1	r	40	4.2	64	32	110	170
7.11.2	r	100	4.3	86	30	110	171
7.11.3	r	40	4.5	57	32	111	171
7.11.4	r	0	4.0	72	31	122	171
7.11.5	r	100	4.0	48	31	123	167
7.11.6	r	100	3.9	48	31	98	167
7.11.7	r	0	4.3	124	33	125	163
7.11.8	r	0	4.5	114	33	113	169
Avg.			3.4	68	30	109	158
8.1.1	r	20	5.0	86	0.30	98	151
8.1.2	r	20	4.5	89	30	122	156
8.1.3	r	40	4.6	84	30	97	145
8.1.4	r	40	4.6	70	30	96	149
8.1.5	r	100	4.5	45	30	109	143
8.1.6	r	100	4.5	34	29	110	147
8.1.7	r	50	4.8	80	30	109	150
8.1.8	r	100	3.2	52	30	110	146
8.3.1	r	10	4.2	88	29	111	168
8.3.2	r	10	4.2	67	29	110	161
8.3.3	r	5	4.0	75	28	121	157
8.3.4	r	5	4.0	83	28	108	154
8.3.5	r	100	3.5	40	29	111	153
8.3.6	r	100	3.3	33	29	110	159
8.3.7	r	100	3.6	36	28	110	152
8.3.8	r	100	3.5	58	28	110	146
8.5.1	r	10	4.0	72	29	121	164
8.5.2	r	10	3.8	76	29	109	163
8.5.3	r	5	4.4	76	28	110	163
8.5.4	r	100	4.0	32	28	110	160
8.5.5	r	100	3.6	43	28	122	161
8.5.6	r	100	3.6	33	29	111	152
8.5.7	r	0	4.0	92	28	123	172
8.5.8	r	0	4.0	85	28	110	168
8.7.1	r	0	4.3	93	29	122	164
8.7.2	r	100	4.2	30	28	107	165
8.7.3	r	0	4.6	98	28	122	161
8.7.4	r	100	4.3	29	28	105	167

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
8. 7.5	r	80	4.0	30	0.28	109	164
8. 7.6	r	80	5.3	32	28	108	163
8. 7.7	r	0	5.3	88	28	109	160
8. 7.8	r	0	5.3	80	28	122	161
8. 9.1	r	100	4.0	44	28	121	145
8. 9.2	r	100	4.1	47	28	109	143
8. 9.3	cg	0	5.3	83	29	110	146
8. 9.4	cg	100	4.4	57	29	121	160
8. 9.5	r	0	5.0	90	28	121	163
8. 9.6	r	0	5.3	92	28	123	170
8. 9.7	r	0	5.3	83	29	122	163
8. 9.8	r	0	5.3	79	29	122	163
8.11.1	r	0	5.3	49	30	123	164
8.11.2	r	0	5.3	49	30	123	171
8.11.3	r	100	4.2	30	29	122	170
8.11.4	r	100	4.2	29	29	120	176
8.11.5	r	0	5.7	105	31	120	174
8.11.6	r	0	5.5	100	30	119	171
8.11.7	r	100	4.6	30	29	124	176
8.11.8	r	100	4.6	32	28	122	171
Avg.			4.4	63	29	114	160
9.1.1	r	100	2.8	28	0.37	219	243
9.1.2	r	100	2.6	28	37	198	250
9.1.3	r	100	2.6	28	39	197	270
9.1.4	r	100	2.4	28	40	222	279
9.1.5	r	0	4.0	30	36	158	216
9.1.6	r	0	3.8	30	36	170	218
9.1.7	r	0	3.5	31	36	159	201
9.1.8	r	0	3.8	31	36	147	196
9.3.1	r	100	2.3	28	36	159	228
9.3.2	r	100	2.4	28	38	184	234
9.3.3	r	100	3.0	28	35	183	236
9.3.4	r	100	3.0	28	35	171	219
9.3.5	r	30	4.2	29	35	172	211
9.3.6	r	20	4.6	30	35	170	218
9.3.7	cg	0	4.6	31	34	122	192
9.3.8	cg	0	4.6	31	35	147	196
9.5.1	r	100	2.4	28	35	156	223

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
9. 5.2	r	100	2.4	30	0.84	155	224
9. 5.3	r	100	2.4	28	84	192	230
9. 5.4	r	100	2.3	28	85	158	234
9. 5.5	r	0	5.2	31	33	136	181
9. 5.6	r	0	5.0	31	33	123	170
9. 5.7	r	0	4.8	31	33	146	178
9. 5.8	r	0	4.8	31	33	110	171
9. 7.1	r	100	2.9	30	36	160	202
9. 7.2	r	100	3.7	38	33	145	182
9. 7.3	r	100	3.8	32	33	98	147
9. 7.4	r	100	3.1	42	33	146	195
9. 7.5	r	0	3.8	32	36	186	195
9. 7.6	r	0	5.0	32	32	135	167
9. 7.7	cg	0	4.2	32	31	108	159
9. 7.8	cg	0	4.0	32	32	134	171
9. 9.1	r	100	3.3	48	34	147	189
9. 9.2	r	100	3.1	76	33	146	190
9. 9.3	r	100	3.8	60	35	150	200
9. 9.4	r	100	3.8	31	33	122	166
9. 9.5	cg	0	5.8	32	32	122	151
9. 9.6	cg	0	5.8	32	31	110	156
9. 9.7	r	40	6.0	32	31	123	172
9. 9.8	r	50	4.4	32	30	110	152
9.11.1	r	100	5.2	33	30	127	162
9.11.2	r	100	5.2	33	31	127	163
9.11.3	r	100	5.2	32	31	127	163
9.11.4	r	30	5.2	28	32	129	165
9.11.5	cg	40	4.5	30	31	124	169
9.11.6	cg	50	4.6	30	32	128	174
9.11.7	cg	60	4.4	31	31	127	155
9.11.8	cg	0	4.8	31	32	127	165
Avg.			4.0	33	34	147	194
10.1.1	r	100	2.4	38	0.34	100	187
10.1.2	r	100	2.5	41	34	100	189
10.1.3	cg	100	2.3	36	35	100	196
10.1.4	cg	100	2.2	42	36	113	216
10.1.5	r	10	2.9	56	36	109	187
10.1.6	r	10	2.8	46	35	97	188

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	r_{20}	<i>u</i>	<i>G</i>	σ_{PL}	<i>C</i>
10.1.7	r	10	3.7	32	0.36	122	195
10.1.8	r	10	3.8	29	36	121	193
10.3.1	cg	100	2.0	48	34	136	188
10.3.2	cg	100	2.0	45	34	134	186
10.3.3	r	100	1.8	38	34	122	171
10.3.4	r	100	1.7	40	34	134	190
10.3.5	r	20	3.1	29	36	123	187
10.3.6	r	20	3.1	29	36	109	190
10.3.7	cg	10	3.8	30	35	125	187
10.3.8	cg	20	3.6	30	35	110	179
10.5.1	r	100	1.7	70	35	160	216
10.5.2	r	100	1.7	81	35	151	201
10.5.3	cg	100	1.7	90	35	100	198
10.5.4	r	20	1.3	33	34	101	182
10.5.5	r	20	3.2	40	33	112	174
10.5.6	r	10	3.1	29	36	130	190
10.5.7	r	10	2.9	29	36	115	187
10.5.8	r	0	3.3	28	35	116	180
Avg.			2.6	42	35	118	189
11.1.1	r	70	2.7	30	0.36	147	206
11.1.2	r	60	3.3	30	36	186	198
11.1.3	r	80	2.8	30	37	186	198
11.1.4	r	100	2.8	30	36	136	208
11.1.5	r	0	4.6	31	34	137	180
11.1.6	r	0	4.8	31	35	136	188
11.1.7	cg	0	3.3	33	34	137	179
11.1.8	cg	0	4.1	32	36	136	186
11.3.1	r	80	2.5	30	36	162	222
11.3.2	cg	100	2.1	29	34	135	194
11.3.3	cg	100	2.2	30	34	124	181
11.3.4	r	0	6.0	33	33	133	184
11.3.5	r	0	6.0	33	33	122	178
11.3.6	cg	0	5.5	32	35	161	209
11.3.7	cg	0	5.2	31	35	137	210
11.5.1	r	60	2.5	30	37	137	204
11.5.2	r	80	2.0	29	34	159	208
11.5.3	r	0	6.3	31	33	134	171
11.5.4	r	0	6.3	31	31	111	163

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
11.7.1	r	100	1.9	39	0.34	124	195
11.7.2	r	100	2.0	48	34	110	210
11.7.3	r	100	2.2	72	33	146	205
11.7.4	r	100	2.3	59	33	110	198
11.7.5	cg	0	4.4	33	32	123	173
11.7.6	cg	0	4.3	33	32	111	180
11.7.7	r	0	5.9	35	31	87	152
11.7.8	r	0	6.4	33	31	74	149
11.9.1	r	100	2.8	110	32	186	193
11.9.2	r	100	2.7	98	32	111	192
11.9.3	r	100	3.0	107	31	98	178
11.9.4	r	100	2.9	97	31	98	171
11.9.5	cg	60	3.7	32	32	97	189
11.9.6	cg	40	4.2	32	33	123	187
11.9.7	r	30	3.6	33	31	110	171
11.9.8	r	30	3.9	34	31	74	172
Avg.			3.8	42	34	124	188
12.1.1	r	100	2.6	68	0.37	147	212
12.1.2	r	100	2.1	68	41	198	260
12.1.3	r	100	2.7	67	37	135	207
12.1.4	r	100	2.0	68	41	198	265
12.1.5	r	50	3.4	78	42	164	240
12.1.6	r	70	3.4	29	40	175	235
12.1.7	r	60	3.5	31	41	165	228
12.1.8	r	50	3.1	29	41	176	236
12.3.1	r	100	2.1	58	37	137	212
12.3.2	r	100	2.4	58	37	163	210
12.3.3	r	100	1.8	35	38	138	213
12.3.4	r	100	1.8	35	38	163	215
12.3.5	r	0	4.4	32	36	136	193
12.3.6	r	0	4.4	32	36	123	193
12.3.7	cg	0	4.6	35	34	102	163
12.3.8	cg	0	4.4	35	34	102	160
12.5.1	r	100	2.1	65	36	136	200
12.5.2	r	100	2.2	62	35	135	197
12.5.3	r	100	2.4	59	37	135	212
12.5.4	r	100	2.3	52	37	147	199
12.5.5	r	0	3.8	32	35	126	176

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
12. 5.6	r	0	4.0	30	0.35	125	176
12. 5.7	r	20	4.3	30	35	126	176
12. 5.8	r	20	4.2	32	35	113	185
12. 7.1	cg	70	2.7	32	32	183	179
12. 7.2	r	100	2.4	34	33	159	191
12. 7.3	cg	70	2.7	32	32	183	177
12. 7.4	cg	80	3.3	32	33	185	191
12. 7.5	r	60	3.6	32	32	184	183
12. 7.6	r	50	3.3	31	33	145	184
12. 7.7	cg	70	3.3	32	33	184	177
12. 7.8	cg	70	3.3	32	33	184	187
12. 9.1	r	100	3.3	30	31	132	188
12. 9.2	r	100	3.3	30	31	144	190
12.11.1	r	100	3.5	33	31	110	162
12.11.2	r	100	3.5	33	32	112	164
12.11.3	cg	40	3.8	31	31	112	156
12.11.4	cg	30	4.2	29	31	111	165
Avg.			3.2	41	35	139	196
13.1.1	r	30	1.2	37	0.46	233	285
13.1.2	r	30	1.1	33	45	207	278
13.1.3	r	35	1.0	33	45	222	262
13.1.4	r	35	1.0	34	45	211	283
13.1.5	cg	0	2.7	45	42	183	257
13.1.6	cg	0	2.7	38	42	185	254
13.1.7	r	0	2.6	42	43	189	246
13.1.8	r	0	2.8	44	42	162	234
13.3.1	r	50	0.8	58	45	210	283
13.3.2	r	50	0.9	57	45	222	277
13.3.3	r	30	1.2	47	44	246	306
13.3.4	r	30	1.2	31	44	249	304
13.3.5	r	0	2.5	43	39	143	230
13.3.6	r	0	2.5	44	39	182	240
13.3.7	r	0	5.0	36	35	125	192
13.3.8	r	0	4.0	33	36	136	193
13.5.1	r	55	0.8	56	44	172	236
13.5.2	r	55	0.8	55	45	198	230
13.5.3	r	45	0.9	47	45	255	303
13.5.4	r	45	1.0	45	45	249	296

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
13. 5.5	r	0	3.8	40	0.37	184	280
13. 5.6	r	0	3.6	38	37	184	227
13. 5.7	cg	0	2.9	41	39	197	244
13. 5.8	cg	0	2.8	39	39	188	282
13. 7.1	r	50	0.9	29	43	206	297
13. 7.2	r	40	0.8	29	43	255	297
13. 7.3	r	60	0.9	30	43	268	319
13. 7.4	r	60	0.9	31	44	257	294
13. 7.5	r	0	2.2	29	43	229	313
13. 7.6	r	0	2.2	30	43	229	313
13. 7.7	r	0	2.3	30	40	210	270
13. 7.8	r	0	2.4	30	41	232	282
13. 9.1	r	50	1.0	31	42	243	287
13. 9.2	r	55	0.9	30	42	231	299
13. 9.3	r	50	1.1	31	44	249	323
13. 9.4	r	40	1.0	29	44	198	314
13. 9.5	r	0	2.3	30	40	159	274
13. 9.6	r	0	2.2	31	40	185	281
13. 9.7	cg	0	2.4	29	40	214	262
13. 9.8	cg	0	2.5	30	40	212	263
13.11.1	r	40	1.2	30	43	258	312
13.11.2	r	40	1.1	30	43	271	307
13.11.3	r	40	1.1	30	43	258	313
13.11.4	r	35	1.0	30	43	257	318
13.11.5	cg	0	3.6	30	36	173	246
13.11.6	cg	0	3.6	30	37	185	244
13.11.7	r	0	3.6	31	37	162	242
13.11.8	r	0	3.0	30	37	151	238
Avg.			2.0	36	42	208	272
14.1.1	r	20	1.1	31	0.47	175	282
14.1.2	r	25	1.1	35	46	165	279
14.1.3	r	0	3.0	30	42	181	253
14.1.4	r	5	1.5	31	41	163	275
14.1.5	r	0	1.6	31	46	176	262
14.1.6	r	0	2.9	35	40	154	224
14.1.7	r	0	6.6	31	34	91	147
14.1.8	r	0	2.9	28	42	123	273
14.3.1	r	20	1.3	31	43	150	288

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
14. 3.2	r	10	1.4	31	0.44	148	286
14. 3.3	r	10	1.4	30	44	179	284
14. 3.4	r	10	1.2	31	43	204	275
14. 3.5	r	0	3.3	38	37	131	196
14. 3.6	r	0	4.9	33	35	123	174
14. 3.7	r	0	4.7	31	35	125	175
14. 3.8	r	0	5.0	34	35	124	197
14. 5.1	r	25	1.3	33	42	163	261
14. 5.2	r	25	1.2	32	43	175	278
14. 5.3	r	30	1.2	32	44	153	275
14. 5.4	r	30	1.2	38	45	179	287
14. 5.5	r	0	3.2	30	38	132	233
14. 5.6	r	0	2.8	30	38	132	233
14. 5.7	r	0	2.3	34	41	180	263
14. 5.8	r	0	2.3	34	42	187	263
14. 7.1	r	65	1.0	53	42	172	265
14. 7.2	r	65	1.0	51	43	169	263
14. 7.3	r	30	1.2	36	42	161	230
14. 7.4	r	30	1.2	34	42	150	273
14. 7.5	cg	0	2.2	31	40	125	253
14. 7.6	cg	0	2.3	33	42	123	274
14. 7.7	r	0	2.9	42	32	103	167
14. 7.8	r	0	2.8	33	34	102	173
14. 9.1	r	40	0.9	42	39	175	243
14. 9.2	r	40	0.9	40	39	147	254
14. 9.3	r	30	1.2	32	40	179	263
14. 9.4	r	30	1.2	33	41	165	254
14. 9.5	r	0	3.2	33	33	100	133
14. 9.6	r	0	3.2	33	34	110	132
14. 9.7	r	0	2.9	33	34	122	135
14. 9.8	r	0	2.7	33	34	122	193
14.11.1	r	40	1.6	34	40	139	269
14.11.2	r	40	1.6	33	40	149	259
14.11.3	r	50	1.2	32	43	178	275
14.11.4	r	50	1.3	37	42	151	271
14.11.5	r	0	2.1	31	37	143	226
14.11.6	r	0	2.1	31	33	152	250
14.11.7	r	0	2.3	33	35	127	203
14.11.8	r	0	2.8	32	34	124	195
Avg.			2.2	34	40	143	243

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
15.1.1	r	30	1.2	39	0.39	94	208
15.1.2	r	5	1.3	39	38	110	216
15.1.3	r	30	1.1	40	38	120	217
15.1.4	r	30	1.1	39	38	109	216
15.1.5	r	0	2.4	65	33	87	175
15.1.6	r	0	2.3	76	33	61	166
15.1.7	r	0	2.7	66	35	61	201
15.1.8	r	0	2.2	59	34	73	196
15.3.1	r	30	1.3	38	37	98	212
15.3.2	r	30	1.3	41	36	135	213
15.3.3	r	5	1.4	36	38	137	232
15.3.4	r	2	1.6	36	37	137	222
15.3.5	r	0	2.5	35	32	85	168
15.3.6	r	0	2.5	39	32	85	168
15.3.7	r	0	2.5	37	32	86	172
15.3.8	r	0	2.5	36	32	73	165
15.5.1	r	2	1.3	39	37	111	221
15.5.2	r	2	1.4	39	38	110	220
15.5.3	r	2	1.3	35	38	86	226
15.5.4	r	2	1.3	34	38	121	226
15.5.5	cg	0	2.2	37	34	96	183
15.5.6	cg	0	1.9	37	34	96	173
15.5.7	r	0	3.0	47	32	98	169
15.5.8	r	0	3.0	44	31	86	166
15.7.1	r	20	1.5	31	34	146	165
15.7.2	r	20	1.5	31	34	153	209
15.7.3	r	30	1.3	31	33	169	200
15.7.4	r	35	1.4	31	34	133	220
15.7.5	r	0	2.0	31	32	147	186
15.7.6	r	0	2.1	32	31	122	183
15.7.7	r	0	1.9	31	33	143	200
15.7.8	r	0	2.0	31	32	143	192
15.9.1	r	30	1.5	30	35	195	224
15.9.2	r	20	1.3	31	35	146	214
15.6.3	r	30	1.4	30	34	169	213
15.9.4	r	30	1.4	32	34	157	223
15.9.5	r	0	2.0	32	33	163	195
15.9.6	r	0	2.1	32	32	133	191
15.9.7	r	0	2.1	31	33	160	202

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
15. 9.8	r	0	2.1	30	0.34	136	195
15.11.1	r	10	1.8	29	34	193	218
15.11.2	r	10	2.0	31	35	171	210
15.11.3	r	10	1.7	31	35	171	220
15.11.4	r	20	2.1	32	34	172	209
15.11.5	r	20	1.5	32	34	149	212
15.11.6	r	0	1.8	33	33	135	194
15.11.7	r	0	2.5	32	32	121	185
15.11.8	r	0	2.3	32	32	158	187
Avg.			1.8	37	34	127	200
16.1.1	r	50	1.3	58	0.43	89	242
16.1.2	r	55	1.2	55	41	108	236
16.1.3	r	70	1.3	63	41	147	235
16.1.4	r	70	1.4	75	41	146	234
16.1.5	r	0	1.9	32	46	160	292
16.1.6	r	0	1.9	31	46	149	296
16.1.7	r	0	1.7	34	47	186	300
16.1.8	r	0	1.7	33	45	143	287
16.3.1	r	50	1.1	31	40	181	263
16.3.2	r	50	1.2	31	41	188	263
16.3.3	r	50	1.1	31	42	148	268
16.3.4	r	0	3.4	32	40	138	246
16.3.5	r	0	3.1	32	40	161	249
16.3.6	r	0	3.1	34	40	175	255
16.5.1	r	25	1.6	32	42	148	274
16.5.2	r	25	1.6	31	42	198	282
16.5.3	r	0	1.8	30	46	132	299
16.5.4	r	0	1.7	30	46	135	239
16.5.5	r	0	3.0	32	41	159	267
16.5.6	r	0	3.1	32	40	146	243
16.5.7	r	0	4.9	36	42	159	234
16.5.8	r	0	3.7	36	44	108	235
16.7.1	r	40	1.2	34	40	162	244
16.7.2	r	45	1.1	36	39	167	253
16.7.3	r	75	1.1	37	39	176	242
16.7.4	r	75	1.1	36	39	113	237
16.7.5	r	0	2.4	35	39	139	242
16.7.6	r	0	2.8	37	39	139	222

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
16. 7.7	cg	0	1.9	33	0.37	141	230
16. 7.8	cg	0	1.7	33	37	153	204
16. 9.1	r	50	1.3	34	39	124	240
16. 9.2	r	60	1.2	35	40	150	245
16. 9.3	r	70	1.1	46	39	124	228
16. 9.4	r	65	1.1	40	38	124	214
16. 9.5	r	70	1.3	34	40	149	231
16. 9.6	r	0	3.0	33	36	128	218
16. 9.7	r	0	2.6	40	35	112	197
16. 9.8	r	0	2.8	35	35	149	196
16.11.1	r	50	1.8	33	38	139	228
16.11.2	r	70	1.5	32	37	126	222
16.11.3	r	50	1.9	34	39	113	226
16.11.4	r	70	1.4	32	37	112	217
16.11.5	r	0	5.0	33	38	113	198
16.11.6	r	0	4.6	33	35	87	184
16.11.7	cg	0	4.0	33	36	123	210
16.11.8	cg	0	4.0	31	36	124	200
Avg.			2.1	36	40	144	244
17.1.1	r	5	2.0	30	0.41	200	245
17.1.2	r	5	1.8	30	42	200	270
17.1.3	r	0	2.0	30	45	202	273
17.1.4	r	0	2.0	29	41	200	253
17.1.5	r	0	2.7	31	38	149	196
17.1.6	r	0	2.9	31	39	150	205
17.1.7	r	0	3.0	32	35	153	194
17.1.8	r	0	3.0	32	37	139	191
17.3.1	r	30	1.4	30	40	172	270
17.3.2	r	30	1.3	30	39	210	265
17.3.3	r	5	1.8	30	40	214	283
17.3.4	r	5	2.0	30	40	228	276
17.3.5	cg	0	2.7	32	37	176	227
17.3.6	cg	0	2.7	32	37	174	229
17.3.7	cg	0	2.6	33	36	163	222
17.3.8	r	0	2.5	32	37	175	225
17.5.1	r	40	1.1	30	38	186	255
17.5.2	r	40	1.1	30	38	199	254
17.5.3	r	30	1.4	29	38	208	265

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PI}</i>	<i>C</i>
17. 5.4	r	20	1.5	30	0.38	210	259
17. 5.5	cg	0	2.5	30	36	173	240
17. 5.6	cg	0	2.6	30	36	198	237
17. 5.7	r	0	2.3	31	35	171	232
17. 5.8	r	0	2.5	31	36	187	239
17. 7.1	r	50	1.2	39	36	200	253
17. 7.2	r	50	1.2	37	36	200	245
17. 7.3	r	40	1.1	33	37	157	249
17. 7.4	r	40	1.0	49	36	133	252
17. 7.5	r	0	2.9	31	36	199	248
17. 7.6	r	0	2.9	31	35	160	244
17. 7.7	r	0	2.5	32	36	195	256
17. 7.8	r	0	2.6	31	36	195	259
17. 9.1	r	40	1.0	31	35	197	242
17. 9.2	r	40	1.0	31	37	200	250
17. 9.3	r	5	1.3	31	37	204	254
17. 9.4	r	5	1.4	30	37	193	273
17. 9.5	r	0	3.0	33	34	147	228
17. 9.6	r	0	3.2	32	35	160	233
17. 9.7	cg	0	2.6	32	34	160	225
17. 9.8	cg	0	2.6	33	35	199	244
17.11.1	r	20	1.5	29	36	199	246
17.11.2	r	20	1.6	29	36	194	247
17.11.3	r	30	1.6	30	35	198	242
17.11.4	r	50	1.3	31	35	150	232
17.11.5	r	0	3.6	30	33	151	208
17.11.6	r	0	3.8	31	35	152	217
17.11.7	r	0	4.0	31	33	149	216
17.11.8	r	0	4.2	30	33	152	214
Avg.			2.2	32	37	182	242
18.1.1	r	100	3.0	40	0.34	168	215
18.1.2	r	100	3.3	40	36	145	208
18.1.3	r	100	2.9	38	35	145	224
18.1.4	r	100	4.2	27	38	146	216
18.1.5	r	0	4.8	27	35	182	221
18.1.6	r	0	4.4	27	36	135	212
18.1.7	cg	0	4.4	27	38	172	216
18.1.8	cg	0	4.6	27	35	148	222

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	f	sap	r_w	u	G	σ_{PL}	C
18. 3.1	r	100	3.2	37	0.34	124	204
18. 3.2	r	100	2.9	59	34	158	207
18. 3.3	r	80	3.0	41	34	132	207
18. 3.4	r	80	3.3	54	34	131	204
18. 3.5	r	0	4.9	42	35	145	202
18. 3.6	r	0	4.8	51	35	121	212
18. 3.7	r	0	4.8	84	35	145	198
18. 3.8	r	0	5.0	53	36	153	208
18. 5.1	r	100	2.7	56	34	125	218
18. 5.2	r	100	2.7	43	34	124	210
18. 5.3	r	100	2.8	38	34	173	220
18. 5.4	r	100	2.7	33	34	110	208
18. 5.5	r	0	4.9	84	33	123	196
18. 5.6	r	0	5.3	71	32	131	191
18. 5.7	r	0	4.6	70	32	135	175
18. 5.8	r	0	4.8	64	33	108	193
18. 7.1	r	100	3.2	83	32	110	202
18. 7.2	r	100	3.3	69	32	109	192
18. 7.3	r	100	3.6	74	32	109	202
18. 7.4	r	100	3.6	72	33	112	202
18. 7.5	r	0	5.3	175	32	112	184
18. 7.6	r	0	6.3	141	32	112	190
18. 7.7	r	0	5.4	136	32	122	195
18. 7.8	r	0	4.4	142	32	113	190
18. 9.1	r	100	5.0	67	32	110	190
18. 9.2	r	100	5.0	66	32	110	190
18. 9.3	r	50	4.2	78	32	111	180
18. 9.4	r	50	5.7	162	33	109	179
18. 9.5	r	0	6.0	161	32	121	175
18. 9.6	r	0	6.0	64	31	109	182
18. 9.7	r	0	5.5	154	32	99	184
18. 9.8	r	0	4.8	113	32	99	178
18.11.1	r	70	4.5	71	32	123	191
18.11.2	r	60	4.0	76	32	110	186
18.11.3	r	0	3.7	53	36	122	191
18.11.4	r	0	3.6	52	32	121	213
18.11.5	r	70	4.8	137	32	109	179
18.11.6	r	40	5.0	114	31	109	176
18.11.7	r	0	5.3	138	32	113	176

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
18.11.8	r	0	5.0	127	0.32	112	179
Avg.			4.3	76	33	126	196
1.2.1	r	0	3.0	15.0	0.31	149	234
1.2.2	cg	5	2.9	14.7	32	122	238
1.2.3	r	0	6.3	15.0	31	123	212
1.2.4	r	0	7.5	15.1	32	125	205
1.4.1	r	10	2.7	14.7	29	123	243
1.4.2	r	5	2.4	14.9	29	128	220
1.4.3	r	0	6.6	15.1	31	124	214
1.4.4	cg	0	6.6	15.0	28	149	209
1.6.1	r	5	3.2	14.2	31	171	263
1.6.2	r	0	6.2	14.8	28	150	218
1.6.3	cg	0	6.2	14.6	29	124	226
Avg.			4.9	14.8	30	135	226
2. 2.1	r	5	1.6	14.8	0.27	124	206
2. 2.2	r	3	1.5	14.8	26	146	212
2. 2.3	cg	0	6.0	14.6	28	121	202
2. 2.4	r	0	5.3	14.2	25	124	189
2. 4.1	r	20	1.6	14.9	27	146	241
2. 4.2	r	15	1.4	14.0	28	171	242
2. 4.3	r	0	5.7	14.5	24	123	192
2. 4.4	cg	0	5.7	15.0	29	169	218
2. 6.1	r	30	2.0	14.6	28	174	249
2. 6.2	r	25	2.0	14.6	27	171	231
2. 6.3	r	0	5.3	15.0	25	148	193
2. 6.4	r	0	3.2	15.0	25	123	205
2. 8.1	r	70	2.5	15.6	27	126	206
2. 8.2	cg	0	4.4	14.8	26	150	213
2.10.1	r	70	2.9	15.5	26	152	223
2.10.2	r	0	4.8	15.2	29	147	241
2.12.1	r	60	2.9	16.0	27	150	220
2.12.2	r	0	3.4	16.0	31	152	258
Avg.			3.5	15.0	27	145	218
3.2.1	r	50	1.4	15.1	0.34	153	268
3.2.2	r	20	2.0	14.4	34	146	267
3.2.3	r		5.0	14.0	31	147	215

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
3.2.4	r	0	5.5	14.0	0.30	123	216
3.4.1	r	50	1.9	15.0	33	173	278
3.4.2	cg	40	2.2	14.3	31	149	308
3.4.3	r	0	5.0	14.8	29	146	220
3.4.4	cg	0	5.2	14.2	28	147	219
3.6.1	r	60	2.9	15.0	33	150	272
3.6.2	r	40	2.1	14.8	30	177	275
3.6.3	r	0	4.7	14.8	29	151	227
3.6.4	r	0	5.8	14.6	29	124	224
Avg.			5.8	14.6	31	149	249
4. 2.1	r	45	1.8	14.2	0.34	154	254
4. 2.2	r	30	1.9	14.2	32	149	250
4. 2.3	r	0	6.0	14.2	23	147	208
4. 2.4	r	0	7.0	15.0	30	123	186
4. 4.1	r	80	1.7	15.7	34	173	296
4. 4.2	r	70	2.1	16.3	33	172	232
4. 4.3	r	0	6.0	14.2	27	123	211
4. 4.4	r	0	5.0	14.2	27	122	212
4. 6.1	r	90	2.1	15.8	33	197	287
4. 6.2	r	80	2.3	15.2	32	146	278
4. 6.3	r	0	5.0	14.2	28	149	223
4. 6.4	r	0	5.3	13.8	28	125	225
4. 8.1	r	60	1.9	14.7	31	176	271
4. 8.2	r	60	2.2	15.0	31	149	278
4. 8.3	r	0	4.0	15.0	29	126	214
4. 8.4	r	0	4.2	14.8	30	149	229
4.10.1	r	90	6.0	15.0	30	175	273
4.10.2	r	70	2.2	15.8	31	173	262
4.10.3	r	0	4.5	14.2	29	123	230
4.10.4	r	0	3.8	14.7	32	198	269
4.12.1	r	80	2.9	15.0	29	173	252
4.12.2	r	70	2.7	15.0	29	172	264
4.12.3	cg	0	3.0	14.0	29	173	247
4.12.4	r	0	3.3	14.1	29	152	223
Avg.			3.6	14.8	30	155	247
5.2.1	r	80	1.6	14.7	0.31	195	261
5.2.2	r	70	1.7	14.7	31	173	254

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_{co}</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
5. 2.3	r	0	3.3	14.0	0.28	149	221
5. 2.4	r	0	3.0	14.0	28	174	219
5. 4.1	r	90	2.0	15.0	30	151	249
5. 4.2	r	70	1.6	15.1	31	171	256
5. 4.3	r	0	3.8	14.7	27	124	226
5. 4.4	r	0	3.8	14.5	28	124	223
5. 6.1	r	60	2.7	15.7	31	150	250
5. 6.2	r	60	2.1	15.1	31	146	263
5. 6.3	r	0	4.0	14.2	27	150	202
5. 6.4	r	0	3.3	14.2	27	146	214
5. 8.1	r	30	2.7	14.4	28	147	245
5. 8.2	r	50	2.4	14.5	29	148	256
5. 8.3	r	0	3.8	14.1	27	173	217
5. 8.4	r	0	5.7	14.3	27	148	219
5.10.1	r	40	2.7	14.8	29	173	249
5.10.2	r	40	2.8	14.9	29	174	246
5.10.3	r	0	5.3	14.2	27	145	206
5.10.4	cg	0	5.3	14.2	27	171	215
5.12.1	r	60	2.9	14.9	29	147	240
5.12.2	r	80	3.3	14.6	29	145	233
5.12.3	r	0	4.8	14.2	28	148	216
5.12.4	cg	0	4.4	14.4	28	172	240
Avg.			3.3	14.6	29	156	234
6. 2.1	r	100	3.0	14.6	0.31	174	246
6. 2.2	r	90	3.2	16.0	30	147	250
6. 2.3	r	0	3.0	16.0	30	173	249
6. 2.4	r	0	3.6	14.2	31	171	232
6. 4.1	r	100	3.0	15.8	30	170	246
6. 4.2	r	100	2.7	16.1	30	172	254
6. 4.3	r	0	4.0	14.9	31	176	254
6. 4.4	r	0	3.4	14.9	31	176	262
6. 6.1	r	80	2.6	16.0	29	196	247
6. 6.2	r	80	3.4	15.9	29	195	246
6. 6.3	r	0	4.0	14.8	31	200	265
6. 6.4	cg	0	5.2	14.2	32	200	275
6. 8.1	r	90	3.6	15.6	29	149	233
6. 8.2	r	0	5.3	14.2	29	122	241
6.10.1	r	100	4.3	15.8	29	146	243

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
6.10.2	r	0	5.0	14.2	0.29	148	235
6.12.1	r	100	5.7	16.1	27	148	196
6.12.2	cg	0	6.7	14.9	30	151	234
Avg.			4.2	15.2	30	167	245
7. 2.1	r	80	2.4	15.7	0.32	194	260
7. 2.2	r	50	1.8	15.2	32	169	264
7. 2.3	r	0	3.4	14.2	30	147	217
7. 2.4	r	0	5.0	14.8	29	146	214
7. 4.1	r	70	2.2	15.2	31	172	268
7. 4.2	r	80	2.2	16.8	31	193	265
7. 4.3	r	0	4.0	15.8	30	194	252
7. 4.4	r	0	5.0	14.7	30	147	262
7. 6.1	r	80	2.5	15.2	31	171	257
7. 6.2	r	90	3.0	15.2	31	194	255
7. 6.3	r	0	4.3	14.5	30	150	260
7. 6.4	r	0	3.6	14.5	31	172	263
7. 8.1	r	100	4.0	14.8	32	174	272
7. 8.2	r	90	2.4	14.7	32	253	234
7. 8.3	r	0	3.4	14.2	32	195	292
7. 8.4	cg	0	3.0	13.8	32	204	231
7.10.1	r	100	3.6	15.0	32	199	274
7.10.2	r	100	3.4	15.8	33	175	252
7.10.3	r	0	3.5	14.1	35	201	277
7.10.4	r	0	5.0	14.4	34	195	263
7.12.1	r	100	4.0	14.8	32	223	230
7.12.2	r	100	4.5	14.9	32	193	277
7.12.3	r	0	5.3	14.2	32	215	260
7.12.4	r	0	4.5	13.9	34	225	232
Avg.			3.6	14.9	32	188	264
8.2.1	r	100	4.3	14.8	0.32	196	231
8.2.2	r	100	3.4	15.0	31	176	261
8.2.3	r	30	5.0	13.7	31	198	253
8.2.4	r	10	4.0	13.0	33	173	261
8.4.1	r	100	3.8	14.8	32	194	237
8.4.2	r	100	3.6	14.8	31	197	262
8.4.3	r	30	4.5	14.0	29	171	244
8.4.4	r	5	4.8	14.0	30	143	247

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
8. 6.1	r	100	4.0	14.6	0.30	194	255
8. 6.2	r	100	4.0	14.9	30	169	263
8. 6.3	r	5	4.3	13.7	29	173	246
8. 6.4	r	10	4.0	13.2	32	218	278
8. 8.1	r	100	4.8	16.0	31	201	259
8. 8.2	r	100	4.0	16.0	30	175	248
8. 8.3	r	0	4.2	15.2	30	175	235
8. 8.4	r	0	4.8	15.0	29	150	231
8.10.1	r	100	4.0	16.1	30	176	236
8.10.2	r	100	4.0	15.8	31	172	253
8.10.3	r	0	5.7	15.3	29	149	237
8.10.4	r	0	5.5	15.1	31	147	245
8.12.1	r	100	5.3	16.0	30	149	240
8.12.2	r	100	5.3	15.0	31	172	258
8.12.3	r	0	5.3	16.0	33	151	262
8.12.4	r	0	5.8	15.7	31	151	252
Avg.			4.5	14.9	31	178	254
9. 2.1	r	100	2.6	15.9	0.38	206	326
9. 2.2	r	100	2.4	15.8	41	244	364
9. 2.3	r	90	3.6	16.0	37	179	307
9. 2.4	r	80	3.8	15.3	36	171	292
9. 4.1	r	100	2.4	15.1	39	231	346
9. 4.2	r	100	3.2	15.4	38	174	324
9. 4.3	r	50	4.8	15.1	37	202	278
9. 4.4	cg	40	4.0	15.2	37	200	282
9. 6.1	r	100	2.7	15.8	37	198	322
9. 6.2	r	70	3.5	15.1	35	199	282
9. 6.3	r	60	3.3	15.0	35	195	290
9. 6.4	cg	40	5.3	14.8	33	173	252
9. 8.1	r	100	3.4	16.2	35	198	297
9. 8.2	r	100	4.0	16.2	35	197	288
9. 8.3	r	30	5.0	15.1	33	173	249
9. 8.4	r	40	4.7	15.1	33	170	253
9.10.1	r	100	3.6	15.8	37	222	293
9.10.2	r	100	3.8	16.0	36	193	303
9.10.3	r	70	5.0	15.9	33	170	260
9.10.4	r	60	4.3	15.2	33	173	259
9.12.1	r	100	4.0	15.6	35	221	295

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
9.12.2	r	100	4.4	15.4	0.33	171	261
9.12.3	r	60	4.2	15.0	33	149	247
9.12.4	cg	50	5.0	15.0	34	173	262
Avg.			3.9	15.5	36	189	239
10.2.1	r	100	1.8	16.3	0.36	221	295
10.2.2	r	100	2.2	16.4	33	222	340
10.2.3	r	100	2.3	16.3	38	172	307
10.2.4	r	60	2.3	15.0	38	175	260
10.4.1	r	100	1.9	16.1	37	247	311
10.4.2	r	100	1.7	15.8	37	221	311
10.4.3	r	60	3.2	15.4	36	174	238
10.4.4	r	5	4.2	15.1	39	193	296
10.6.1	r	100	1.8	16.0	37	245	319
10.6.2	cg	70	3.2	15.7	36	224	236
10.6.3	r	60	2.7	15.1	35	221	292
10.6.4	cg	20	3.1	14.8	34	199	279
Avg.			2.5	15.7	37	209	299
11. 2.1	r	5	4.3	15.2	0.36	198	270
11. 2.2	r	40	2.6	15.8	33	176	302
11. 2.3	r	0	5.0	15.0	35	148	266
11. 4.1	r	50	2.3	16.6	36	221	303
11. 4.2	cg	0	5.5	15.6	34	173	276
11. 4.3	r	0	5.7	15.9	34	174	258
11. 6.1	r	50	2.4	16.0	34	171	271
11. 6.2	cg	90	1.8	16.7	36	173	314
11. 6.3	r	10	5.5	15.4	34	145	261
11. 8.1	r	100	1.7	15.1	33	203	296
11. 8.2	r	100	2.2	15.0	34	179	293
11. 8.3	cg	5	5.0	13.8	32	172	270
11. 8.4	cg	0	5.3	14.0	33	149	245
11.10.1	r	100	2.1	14.6	34	212	297
11.10.2	r	100	3.0	14.6	33	154	235
11.10.3	r	20	3.2	13.8	32	152	253
Avg.			3.6	15.2	34	175	273
12.2.1	r	100	2.1	14.7	0.40	249	338
12.2.2	r	100	2.4	13.9	40	254	337

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
12. 2.3	r	40	3.0	14.3	0.42	248	342
12. 2.4	r	0	3.5	13.7	42	232	332
12. 4.1	r	100	2.1	13.8	42	240	369
12. 4.2	r	100	2.0	14.8	41	252	360
12. 4.3	r	5	3.3	13.8	38	201	309
12. 4.4	r	5	4.0	14.1	40	249	338
12. 6.1	r	100	2.4	14.6	38	199	331
12. 6.2	r	100	2.6	14.6	36	219	328
12. 6.3	r	40	3.2	14.1	37	199	292
12. 6.4	r	30	3.8	14.0	37	173	294
12.10.1	r	100	3.4	14.8	33	151	277
12.12.1	r	100	3.2	14.8	35	195	310
12.12.2	r	100	3.0	14.7	35	222	303
Avg.			2.9	14.4	38	219	324
13. 2.1	r	30	1.2	14.8	0.43	252	380
13. 2.2	r	10	1.3	14.7	47	329	411
13. 2.3	r	0	4.5	14.8	37	174	304
13. 2.4	r	0	2.9	15.0	40	178	328
13. 4.1	r	40	1.0	14.6	47	350	453
13. 4.2	r	5	1.2	14.4	46	355	451
13. 4.3	r	0	2.4	14.8	38	249	338
13. 4.4	r	0	5.5	14.9	35	203	294
13. 6.1	r	40	1.2	14.9	47	373	448
13. 6.2	r	50	1.4	15.0	48	253	415
13. 6.3	r	0	3.5	15.0	37	232	322
13. 6.4	r	0	2.8	14.8	33	223	333
13. 8.1	r	40	1.1	14.5	44	324	404
13. 8.2	r	50	1.1	14.2	46	318	433
13. 8.3	r	0	2.3	14.9	39	246	344
13. 8.4	r	0	2.8	14.5	43	315	406
13.10.1	r	35	1.5	14.5	44	346	410
13.10.2	r	50	1.2	14.5	38	329	400
13.10.3	r	0	3.2	14.7	39	245	352
13.10.4	r	0	2.4	14.7	41	254	389
13.12.1	r	40	1.0	14.7	45	319	417
13.12.2	r	30	1.2	14.2	44	373	443
13.12.3	r	0	2.9	14.3	33	272	363
13.12.4	r	0	3.1	14.2	38	247	350
Avg.			2.2	14.7	42	282	383

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
14. 2.1	r	50	1.0	15.3	0.47	350	405
14. 2.2	r	50	1.1	15.2	49	332	421
14. 2.3	r	0	3.0	15.3	39	204	298
14. 2.4	r	0	2.9	15.5	41	207	331
14. 4.1	r	40	1.1	15.0	46	302	392
14. 4.2	r	40	1.1	15.4	47	334	404
14. 4.3	r	0	2.4	15.2	41	208	318
14. 4.4	r	0	2.7	15.7	44	197	337
14. 6.1	r	40	1.1	15.5	45	230	388
14. 6.2	r	45	1.0	15.6	47	296	390
14. 6.3	r	0	2.7	15.9	41	198	327
14. 6.4	r	0	2.6	15.9	45	288	388
14. 8.1	r	25	1.1	15.2	42	297	388
14. 8.2	r	30	1.2	15.0	42	297	404
14. 8.3	r	0	3.3	15.4	34	149	258
14. 8.4	r	0	2.6	15.3	37	224	292
14.10.1	r	0	1.6	15.0	41	195	368
14.10.2	r	5	1.5	14.8	43	243	403
14.10.3	r	0	4.3	15.9	33	193	253
14.10.4	r	0	2.5	14.7	35	179	283
14.12.1	r	5	1.4	14.9	43	220	298
14.12.2	r	40	1.3	15.1	44	347	411
14.12.3	r	0	4.0	15.2	39	123	254
14.12.4	cg	0	2.6	15.2	40	271	354
Avg.			1.8	15.3	42	244	353
15.2.1	r	20	1.3	15.2	0.41	269	347
15.2.2	r	5	1.4	15.3	40	296	345
15.2.3	r	0	2.5	15.3	34	149	260
15.2.4	r	0	2.2	15.3	37	220	306
15.4.1	r	10	1.3	15.7	39	247	346
15.4.2	r	10	1.2	15.7	40	244	361
15.4.3	r	0	2.6	15.8	34	197	271
15.4.4	cg	0	2.2	15.4	34	194	296
15.6.1	r	5	1.4	15.8	39	249	367
15.6.2	r	5	1.5	15.8	39	224	364
15.6.3	r	0	2.5	15.8	34	147	311
15.6.4	r	0	2.4	15.9	33	174	290
15.8.1	r	10	1.4	15.2	38	197	324

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
15. 8.2	r	10	1.8	15.5	0.37	195	327
15. 8.3	r	0	2.7	15.3	33	171	281
15. 8.4	r	0	2.0	15.3	34	146	288
15.10.1	r	25	1.4	15.3	36	245	341
15.10.2	r	20	1.4	16.0	35	194	299
15.10.3	r	0	2.1	15.6	32	194	277
15.10.4	r	0	2.0	15.9	34	171	285
15.12.1	r	20	1.9	15.2	25	197	307
15.12.2	r	30	1.5	15.2	35	222	325
15.12.3	r	0	2.0	15.7	33	205	295
15.12.4	r	0	1.9	16.0	34	175	295
Avg.			1.1	15.6	36	206	313
16. 2.1	r	50	1.4	15.0	0.47	299	365
16. 2.2	r	45	1.5	15.0	47	303	439
16. 2.3	r	0	1.9	14.7	50	383	462
16. 2.4	r	5	1.5	14.9	48	305	439
16. 4.1	r	15	1.7	14.9	47	322	424
16. 4.2	r	20	1.4	15.1	42	275	405
16. 4.3	r	0	3.6	15.0	42	256	358
16. 4.4	r	0	2.8	15.0	41	249	362
16. 6.1	r	40	1.6	15.0	43	323	411
16. 6.2	r	60	1.2	15.1	42	326	384
16. 6.3	r	0	4.0	14.4	44	260	388
16. 6.4	r	0	2.6	14.6	42	256	374
16. 8.1	r	70	1.2	15.3	41	223	373
16. 8.2	r	65	1.2	15.6	40	251	361
16. 8.3	r	0	1.8	15.0	41	260	364
16. 8.4	r	0	2.1	15.1	39	179	332
16.10.1	r	60	1.4	16.0	41	202	344
16.10.2	r	75	1.3	16.1	40	226	333
16.10.3	r	0	2.3	15.2	39	200	325
16.10.4	r	0	2.3	15.2	41	227	330
16.12.1	r	40	2.0	15.7	41	202	333
16.12.2	r	70	1.6	15.9	39	201	324
16.12.3	r	0	2.9	14.9	37	207	297
16.12.4	cg	0	2.3	15.2	42	251	363
Avg.			1.7	15.2	42	258	371

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
17. 2.1	r	40	1.1	15.5	0.41	244	361
17. 2.2	r	30	1.3	15.4	44	247	373
17. 2.3	r	0	2.5	16.2	39	242	330
17. 2.4	cg	0	2.4	15.8	39	247	343
17. 4.1	r	30	1.2	15.8	41	271	374
17. 4.2	cg	20	1.3	15.4	43	293	375
17. 4.3	r	0	2.3	16.1	38	196	305
17. 4.4	cg	0	2.2	15.7	40	249	348
17. 6.1	r	25	1.5	16.0	41	267	332
17. 6.2	r	30	1.1	16.3	39	241	367
17. 6.3	r	0	2.6	16.8	36	200	312
17. 6.4	r	0	2.5	16.0	38	250	334
17. 8.1	r	20	1.5	16.0	41	278	374
17. 8.2	r	30	1.3	16.0	39	295	350
17. 8.3	r	0	2.7	16.4	38	238	352
17. 8.4	r	0	2.5	16.2	36	249	362
17.10.1	r	15	1.7	16.0	38	239	332
17.10.2	r	20	1.5	16.0	37	244	337
17.10.3	r	0	3.5	16.4	35	219	293
17.10.4	cg	0	2.9	16.1	37	251	345
17.12.1	r	20	1.3	16.0	37	225	328
17.12.2	r	30	1.3	15.8	38	270	363
17.12.3	r	0	3.5	16.2	35	223	295
17.12.4	r	0	3.5	16.1	38	247	320
Avg.			1.5	16.0	39	249	344
18.2.1	r	100	2.7	14.6	0.36	198	327
18.2.2	r	100	3.2	14.2	35	199	313
18.2.3	r	0	4.5	13.2	38	176	315
18.2.4	r	0	4.5	13.4	39	200	322
18.4.1	r	90	2.7	14.2	37	246	342
18.4.2	r	40	2.6	14.2	38	249	354
18.4.3	r	0	4.5	13.7	36	222	336
18.4.4	r	0	6.0	13.9	36	202	302
18.6.1	r	70	3.2	14.2	36	223	331
18.6.2	r	70	3.2	14.1	36	225	327
18.6.3	r	0	5.0	13.7	33	196	237
18.6.4	r	0	5.3	13.7	33	196	295
18.8.1	r	70	3.6	14.8	35	224	314

App. 2. 1. Compression test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>C</i>
18. 8.2	r	70	3.8	14.5	0.35	200	300
18. 8.3	r	0	5.8	13.9	35	198	313
18. 8.4	r	0	6.3	13.8	34	176	275
18.10.1	r	100	4.2	14.2	34	198	324
18.10.2	r	100	4.2	14.2	34	198	329
18.10.3	r	0	5.0	14.0	33	196	280
18.10.4	r	0	6.0	14.0	34	149	280
18.12.1	r	70	4.2	14.3	36	199	309
18.12.2	r	70	4.0	14.3	35	198	300
18.12.3	r	0	5.5	14.0	34	149	273
18.12.4	r	0	5.8	14.0	33	148	274
Avg.			4.4	14.0	35	199	309

App. 2. 2. Static bending test

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail</i>
1. 1.1	r	100	3.4	37	0.30	102	232	46	<i>J</i>
1. 1.3	r	0	5.8	39	28	96	224	25	<i>F</i>
1. 1.1	r	100	2.9	54	30	153	286	48	<i>F</i>
1. 3.3	r	0	6.3	79	28	100	232	32	<i>J</i>
1. 5.1	r	100	2.5	61	29	132	237	36	<i>F</i>
1. 5.3	r	0	6.3	71	26	91	241	34	<i>F</i>
Avg.			4.5	57	28	112	251	37	
2. 1.1	r	20	2.6	91	0.29	121	264	31	<i>F</i>
2. 1.3	r	0	6.0	108	28	96	219	23	<i>J</i>
2. 3.1	r	20	1.7	68	27	108	281	35	<i>J</i>
2. 3.3	r	0	5.0	89	24	72	214	25	<i>F</i>
2. 5.1	r	20	2.1	67	27	108	260	36	<i>F</i>
2. 5.3	r	0	6.2	73	27	101	221	25	<i>B</i>
2. 7.1	r	30	2.9	33	27	133	320	32	<i>B</i>
2. 7.3	r	0	5.1	32	30	89	254	27	<i>B</i>
2. 9.1	cg	70	2.9	32	24	98	275	31	<i>F</i>
2. 9.3	cg	0	3.5	39	27	90	256	33	<i>B</i>
2.11.1	r	0	3.0	31	25	106	229	34	<i>B</i>
2.11.3	r	0	4.2	49	28	77	312	40	<i>B</i>
Avg.			3.8	59	27	100	248	31	
3. 1.1	r	70	2.3	38	0.35	122	325	33	<i>B</i>
3. 1.3	r	0	5.0	64	31	132	268	26	<i>J</i>
3. 3.1	r	70	2.2	68	30	119	279	42	<i>B</i>
3. 3.3	r	0	2.7	97	30	127	260	35	<i>B</i>
3. 5.1	r	65	2.0	68	27	122	336	39	<i>B</i>
3. 5.3	r	0	4.5	88	28	115	276	34	<i>B</i>
Avg.	r		2.0	43	30	123	290	36	
4. 1.1	r	30	3.0	31	0.33	107	312	32	<i>B</i>
4. 1.3	r	0	6.8	49	30	89	212	21	<i>F</i>
4. 3.1	r	60	2.4	55	31	87	339	50	<i>J</i>
4. 3.3	r	0	6.0	93	27	86	240	33	<i>B</i>
4. 5.1	r	70	2.2	38	30	96	350	51	<i>F</i>
4. 5.3	r	0	5.3	39	27	87	268	40	<i>B</i>
4. 7.1	r	50	2.7	35	30	179	354	40	<i>J</i>
4. 7.3	cg	0	5.5	54	27	136	254	26	<i>B</i>
4. 9.1	r	40	2.5	33	30	162	327	44	<i>B</i>

App. 2 2. App. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>F_{crit.}</i>
4. 9.3	r	0	4.9	54	0.26	128	266	28	<i>J</i>
4.11.1	r	20	3.3	53	29	145	339	36	<i>J</i>
4.11.3	r	0	5.5	87	28	131	271	26	<i>B</i>
Avg.			4.2	52	29	120	294	36	
5. 1.1	r	80	2.1	38	0.32	129	348	43	<i>F</i>
5. 1.3	r	0	4.4	58	29	111	259	26	<i>B</i>
5. 3.1	r	100	2.0	32	28	123	321	43	<i>F</i>
5. 3.3	r	0	3.6	52	30	109	306	39	<i>J</i>
5. 5.1	r	100	2.2	33	28	119	328	41	<i>B</i>
5. 5.3	r	0	5.1	52	26	109	288	38	<i>J</i>
5. 7.1	r	100	2.4	40	26	124	292	34	<i>J</i>
5. 7.3	r	0	5.7	59	26	115	285	39	<i>B</i>
5. 9.1	r	100	2.6	58	26	119	322	39	<i>J</i>
5. 9.3	r	0	7.0	61	26	92	266	35	<i>B</i>
5.11.1	r	80	5.8	32	27	125	346	49	<i>J</i>
5.11.3	r	0	6.7	48	27	116	278	35	<i>B</i>
Avg.			4.1	47	28	116	302	38	
6. 1.1	r	100	3.5	106	0.29	116	349	45	<i>J</i>
6. 1.3	r	0	3.3	83	36	132	368	46	<i>J</i>
6. 3.1	r	100	3.3	110	28	100	333	50	<i>J</i>
6. 3.3	r	0	2.8	96	33	120	331	43	<i>F</i>
6. 5.1	r	100	2.6	80	28	148	345	45	<i>B</i>
6. 5.3	r	0	3.7	89	33	135	352	43	<i>B</i>
6. 7.1	r	100	5.7	57	28	158	344	42	<i>B</i>
6. 7.3	r	0	4.7	52	29	144	346	41	<i>J</i>
6. 9.1	r	100	4.6	30	30	154	386	39	<i>B</i>
6. 9.3	r	0	4.9	31	28	134	326	36	<i>B</i>
6.11.1	r	100	5.3	36	28	146	333	37	<i>J</i>
6.11.3	cg	0	4.7	37	27	123	296	38	<i>B</i>
Avg.			4.1	67	30	134	342	42	
7. 1.1	r	100	2.2	98	0.32	131	340	47	<i>F</i>
7. 1.3	r	0	4.3	79	30	110	254	34	<i>B</i>
7. 3.1	r	100	2.2	32	30	149	332	42	<i>J</i>
7. 3.3	r	0	3.0	43	29	91	305	41	<i>J</i>
7. 5.1	r	100	2.8	77	30	111	334	50	<i>J</i>
7. 5.3	r	0	2.6	62	28	110	277	40	<i>J</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r₁₀</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
7. 7.1	r	100	2.7	64	0.30	113	341	49	<i>J</i>
7. 7.3	r	0	3.6	112	31	111	318	46	<i>J</i>
7. 9.1	r	100	3.7	94	29	112	350	48	<i>B</i>
7. 9.3	r	0	5.0	72	31	130	370	48	<i>J</i>
7.11.1	r	100	4.0	66	30	108	323	51	<i>J</i>
7.11.3	r	0	4.3	87	31	110	325	50	<i>J</i>
Avg.			3.4	74	30	115	324	45	
8. 1.1	r	100	4.9	51	0.30	119	295	48	<i>B</i>
8. 1.3	r	40	5.2	64	29	108	292	38	<i>B</i>
8. 3.1	r	100	3.5	63	28	131	276	33	<i>B</i>
8. 3.3	r	0	4.0	82	31	130	347	48	<i>B</i>
8. 5.1	r	100	3.8	64	27	120	297	39	<i>B</i>
8. 5.3	r	0	4.0	92	30	121	376	48	<i>J</i>
8. 7.1	r	100	4.0	32	23	162	336	41	<i>B</i>
8. 7.3	r	0	4.9	82	29	131	330	41	<i>J</i>
8. 9.1	r	100	4.6	41	23	147	312	42	<i>B</i>
8. 9.3	r	0	5.0	84	30	151	362	42	<i>B</i>
8.11.1	r	100	6.2	98	23	127	314	37	<i>B</i>
8.11.3	r	0	4.3	30	30	128	370	46	<i>J</i>
Avg.			4.5	65	29	135	324	42	
9. 1.1	r	100	2.0	30	0.38	214	308	56	<i>F</i>
9. 1.3	r	0	3.5	29	39	153	458	47	<i>F</i>
9. 3.1	r	100	2.9	29	37	218	393	54	<i>J</i>
9. 3.3	r	40	4.6	45	33	215	417	47	<i>J</i>
9. 5.1	r	100	2.5	47	32	196	387	53	<i>B</i>
9. 5.3	r	0	4.9	29	32	175	394	45	<i>B</i>
9. 7.1	r	100	2.9	45	34	180	432	57	<i>B</i>
9. 7.3	r	0	5.1	35	34	158	333	48	<i>B</i>
9. 9.1	r	100	3.7	84	35	130	342	57	<i>B</i>
9. 9.3	r	0	5.0	36	31	133	187	37	<i>B</i>
9.11.1	r	100	4.4	42	32	135	198	41	<i>B</i>
9.11.3	cg	20	4.6	32	32	135	225	34	<i>B</i>
Avg.			3.8	40	34	174	340	48	
10. 1.1	r	100	2.3	60	0.35	158	407	42	<i>B</i>
10. 1.3	r	75	3.2	40	40	131	358	45	<i>B</i>
10. 3.1	r	90	2.4	33	33	151	346	52	<i>B</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
10. 3.3	r	10	3.2	28	0.35	145	406	43	<i>J</i>
10. 5.1	r	100	1.7	66	34	151	431	56	<i>B</i>
10. 5.3	r	0	3.1	27	36	121	343	40	<i>J</i>
Avg.			2.7	42	36	143	332	46	
11. 1.1	r	100	5.0	31	0.37	177	415	50	<i>F</i>
11. 1.3	cg	30	4.8	31	36	177	446	53	<i>F</i>
11. 3.1	r	70	2.8	32	37	176	326	48	<i>B</i>
11. 3.3	r	0	5.7	32	35	174	414	45	<i>J</i>
11. 5.1	r	80	1.9	32	36	214	420	53	<i>F</i>
11. 5.3	r	0	6.3	30	35	155	422	44	<i>J</i>
11. 7.1	cg	100	3.1	41	34	133	390	43	<i>J</i>
11. 7.3	cg	30	4.8	34	34	127	355	49	<i>J</i>
11. 9.1	r	100	2.8	78	34	133	380	61	<i>J</i>
11. 9.3	r	0	4.9	33	32	131	354	43	<i>J</i>
Avg.			4.2	37	35	160	392	49	
12. 1.1	r	70	2.6	79	0.33	137	455	66	<i>B</i>
12. 1.3	r	0	3.3	47	41	156	500	60	<i>B</i>
12. 3.1	r	100	3.0	75	33	158	496	71	<i>J</i>
12. 3.3	r	0	3.6	29	39	133	530	60	<i>J</i>
12. 5.1	r	100	2.3	25	33	181	444	71	<i>J</i>
12. 5.3	cg	30	4.2	25	36	110	417	62	<i>B</i>
12. 7.1	cg	70	3.1	37	33	167	352	48	<i>B</i>
12. 7.3	cg	0	3.2	36	31	131	306	42	<i>B</i>
12. 9.1	r	90	3.3	43	30	145	320	39	<i>J</i>
12.11.1	r	100	3.4	34	30	152	313	40	<i>B</i>
12.11.3	r	60	5.0	35	33	176	404	43	<i>J</i>
Avg.			3.4	43	35	154	412	55	
13. 1.1	r	30	1.1	32	0.46	276	596	60	<i>F</i>
13. 1.3	cg	0	2.3	41	46	190	463	45	<i>B</i>
13. 3.1	r	40	0.8	47	47	302	708	85	<i>F</i>
13. 3.3	r	0	2.4	38	40	218	532	60	<i>F</i>
13. 5.1	r	60	0.8	50	47	232	639	85	<i>F</i>
13. 5.3	cg	0	2.6	31	42	166	530	69	<i>J</i>
13. 7.1	r	70	1.0	31	44	234	663	75	<i>F</i>
13. 7.3	r	0	2.7	30	42	237	645	79	<i>F</i>
13. 9.1	r	50	1.1	30	44	254	646	76	<i>F</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>F_{fail}</i>
13. 9.3	cg	0	2.4	29	0.40	226	534	65	<i>F</i>
13.11.1	r	50	1.3	30	45	240	515	99	<i>F</i>
13.11.3	r	0	2.7	52	38	155	521	76	<i>F</i>
Avg.			1.8	37	43	240	537	73	
14. 1.1	r	40	1.3	30	0.43	287	698	83	<i>F</i>
14. 1.3	r	0	3.3	28	41	233	524	43	<i>B</i>
14. 3.1	r	50	1.6	30	45	302	660	85	<i>F</i>
14. 3.3	r	0	3.3	31	37	175	452	52	<i>J</i>
14. 5.1	cg	40	1.4	31	43	273	532	70	<i>J</i>
14. 5.3	cg	0	2.7	31	39	214	512	49	<i>F</i>
14. 7.1	r	30	1.3	35	45	170	632	81	<i>F</i>
14. 7.3	r	0	2.6	31	42	159	523	61	<i>F</i>
14. 9.1	r	20	0.9	37	41	188	563	81	<i>F</i>
14. 9.3	r	0	3.6	32	34	202	431	53	<i>F</i>
14.11.1	r	30	1.7	32	41	231	568	76	<i>F</i>
14.11.3	r	0	2.7	32	36	199	485	62	<i>F</i>
Avg.			2.2	32	41	220	553	58	
15. 1.1	r	30	1.1	39	0.39	125	478	63	<i>F</i>
15. 1.3	r	0	2.6	65	36	174	435	53	<i>F</i>
15. 3.1	r	20	1.1	39	37	153	430	67	<i>J</i>
15. 3.3	r	0	2.1	40	32	172	344	38	<i>J</i>
15. 5.1	r	0	1.3	33	39	218	459	56	<i>J</i>
15. 5.3	r	0	2.6	45	34	151	342	40	<i>B</i>
15. 7.1	r	20	1.6	32	35	216	474	55	<i>F</i>
15. 7.3	r	0	2.1	32	33	199	425	54	<i>F</i>
15. 9.1	r	20	1.5	33	35	258	502	57	<i>F</i>
15. 9.3	r	0	2.6	33	32	193	430	53	<i>F</i>
15.11.1	r	40	1.5	36	33	177	399	48	<i>F</i>
15.11.3	r	0	2.2	36	34	179	413	53	<i>J</i>
Avg.			1.9	39	35	185	433	53	
16. 1.1	r	60	1.4	51	0.44	233	558	68	<i>F</i>
16. 1.3	r	0	1.8	34	45	292	643	73	<i>F</i>
16. 3.1	r	50	1.3	33	40	194	539	68	<i>F</i>
16. 3.3	r	0	2.8	39	40	194	473	61	<i>F</i>
16. 5.1	r	20	1.7	35	42	170	508	64	<i>F</i>
16. 5.3	r	0	3.1	40	40	192	435	54	<i>F</i>

App. 2 .2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
16. 7.1	r	40	1.1	32	0.40	212	510	68	<i>F</i>
16. 7.3	r	0	1.6	38	38	211	459	51	<i>F</i>
16. 9.1	r	50	1.2	33	39	248	500	68	<i>F</i>
16.11.3	r	0	4.5	31	39	180	400	50	<i>B</i>
Avg.			2.1	37	41	213	503	63	
17. 1.1	r	0	2.1	34	0.41	260	589	60	<i>F</i>
17. 1.3	r	0	3.2	34	36	178	430	41	<i>F</i>
17. 3.1	r	30	1.5	30	40	231	605	80	<i>F</i>
17. 3.3	r	0	2.3	31	37	202	560	63	<i>F</i>
17. 5.1	r	50	2.6	29	38	262	577	62	<i>F</i>
17. 5.3	r	0	2.4	29	37	246	559	56	<i>J</i>
17. 7.1	r	40	1.3	33	37	202	542	69	<i>J</i>
17. 7.3	r	0	3.3	33	37	222	565	64	<i>J</i>
17. 9.1	r	40	1.3	33	37	197	531	65	<i>F</i>
17. 9.3	r	0	2.6	34	35	243	477	61	<i>F</i>
17.11.1	r	40	1.5	32	36	244	542	65	<i>J</i>
17.11.3	r	0	5.3	31	34	224	493	60	<i>F</i>
Avg.			2.4	32	37	226	540	62	
18. 1.1	r	40	3.3	33	0.33	178	388	52	<i>B</i>
18. 1.3	r	0	4.9	27	33	220	470	45	<i>J</i>
18. 3.1	r	30	3.7	61	34	166	425	59	<i>B</i>
18. 3.3	r	0	4.7	93	35	195	468	54	<i>J</i>
18. 5.1	r	100	3.0	48	33	87	271	43	<i>J</i>
18. 5.3	r	0	4.8	67	33	153	419	52	<i>J</i>
18. 7.1	r	100	3.7	72	33	139	683	59	<i>J</i>
18. 7.3	r	0	6.2	152	35	151	431	53	<i>J</i>
18. 9.1	r	100	5.5	133	33	204	439	49	<i>J</i>
18. 9.3	r	0	4.3	83	32	159	422	52	<i>J</i>
18.11.1	r	70	4.2	97	33	162	413	58	<i>J</i>
18.11.3	r	0	5.6	93	32	109	367	53	<i>J</i>
Avg.			4.5	81	34	160	472	53	
1. 2.1	r	50	2.6	13.5	0.32	193	443	42	<i>B</i>
1. 2.3	r	0	7.5	15.0	30	199	411	31	<i>B</i>
1. 4.1	r	10	2.5	15.0	23	174	414	43	<i>B</i>
1. 4.3	r	0	6.3	14.8	23	176	378	38	<i>B</i>
1. 6.1	r	5	2.9	13.9	30	195	493	57	<i>J</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	σ_{PL}	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
1. 6.3	cg	0	6.0	15.0	0.29	156	428	50	<i>B</i>
Avg.			4.6	14.5	30	182	428	44	
2. 2.1	r	5	1.5	14.2	0.28	152	385	43	<i>J</i>
2. 2.3	r	0	6.3	15.0	27	111	312	27	<i>B</i>
2. 4.1	r	10	1.6	14.8	27	175	428	44	<i>B</i>
2. 4.3	r	0	6.5	15.0	32	131	251	36	<i>B</i>
2. 6.1	r	25	2.0	15.0	27	174	416	42	<i>B</i>
2. 6.3	r	0	5.3	15.0	25	130	326	31	<i>B</i>
2. 8.1	r	40	1.8	15.1	26	174	388	37	<i>B</i>
2. 8.2	r	0	4.8	15.1	27	155	314	37	<i>B</i>
2.10.1	r	70	2.6	15.3	25	176	396	42	<i>B</i>
2.10.2	cg	0	4.1	14.8	26	173	381	41	<i>J</i>
2.12.1	r	50	3.3	16.0	23	174	374	36	<i>B</i>
2.12.2	r	0	2.9	14.8	29	137	381	39	<i>B</i>
Avg.			3.6	15.0	27	158	362	38	
3. 2.1	r	50	1.8	15.0	0.34	222	550	50	<i>B</i>
3. 2.3	r	0	5.3	14.3	31	203	438	41	<i>B</i>
3. 4.1	r	50	1.8	14.9	32	177	488	53	<i>B</i>
3. 4.3	r	0	5.0	14.9	29	195	407	40	<i>B</i>
3. 6.1	r	60	2.3	15.5	31	199	481	51	<i>B</i>
3. 6.3	r	0	4.7	14.8	29	197	452	44	<i>B</i>
Avg.			3.5	14.9	31	197	469	47	
4. 2.1	r	70	2.1	14.3	0.35	238	561	61	<i>J</i>
4. 2.3	r	0	5.7	14.7	30	235	427	38	<i>B</i>
4. 4.1	r	70	2.4	14.8	33	239	556	55	<i>J</i>
4. 4.3	r	0	6.0	13.7	27	177	399	42	<i>B</i>
4. 6.1	r	80	2.2	15.2	33	197	561	55	<i>B</i>
4. 6.3	r	0	5.0	13.8	23	202	400	37	<i>B</i>
4. 8.1	r	65	2.3	15.2	31	200	510	60	<i>J</i>
4. 8.3	r	0	5.3	14.0	27	159	380	41	<i>B</i>
4.10.1	r	80	2.1	15.0	30	224	515	57	<i>B</i>
4.10.3	r	0	2.1	13.8	29	181	444	46	<i>B</i>
4.12.1	r	70	2.7	14.8	29	178	446	48	<i>B</i>
4.12.3	r	0	3.1	13.7	31	175	416	41	<i>B</i>
Avg.			3.4	14.4	30	200	463	48	

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
5. 2.1	r	80	1.8	15.0	0.32	203	524	55	<i>J</i>
5. 2.3	r	0	3.4	14.0	28	177	430	43	<i>B</i>
5. 4.1	r	90	1.7	13.3	29	175	472	52	<i>J</i>
5. 4.3	r	0	4.0	15.0	27	179	398	49	<i>B</i>
5. 6.1	r	60	2.6	16.2	31	200	489	48	<i>B</i>
5. 6.3	r	0	3.5	15.0	26	174	392	42	<i>B</i>
5. 8.1	r	30	2.5	15.3	28	195	476	53	<i>J</i>
5. 8.3	r	0	6.0	14.5	27	155	417	45	<i>B</i>
5.10.1	r	40	2.9	15.1	28	177	454	54	<i>B</i>
5.10.3	r	0	5.3	14.9	27	153	385	46	<i>B</i>
5.12.1	r	60	3.3	14.9	29	195	471	53	<i>B</i>
5.12.3	r	0	5.3	14.2	27	172	422	43	<i>B</i>
Avg.			3.5	14.8	28	179	444	49	
6. 2.1	r	10	2.9	14.1	0.32	223	521	54	<i>J</i>
6. 2.3	r	0	3.0	15.8	31	220	475	55	<i>J</i>
6. 4.1	r	100	3.0	16.0	30	220	492	55	<i>J</i>
6. 4.3	r	0	4.0	14.2	31	198	474	50	<i>B</i>
6. 6.1	r	70	3.1	15.8	29	200	457	50	<i>J</i>
6. 6.3	r	0	3.6	14.4	31	223	513	49	<i>B</i>
6. 8.1	r	80	5.7	15.8	23	221	464	41	<i>B</i>
6. 8.2	r	0	5.2	14.6	29	196	472	54	<i>B</i>
6.10.1	r	70	4.5	14.6	33	170	436	50	<i>J</i>
6.10.2	r	0	5.3	14.6	33	197	446	43	<i>B</i>
6.12.1	r	50	8.5	15.2	29	176	426	43	<i>B</i>
6.12.3	r	0	5.5	16.0	30	152	441	49	<i>B</i>
Avg.			4.5	15.1	30	200	463	49	
7. 2.1	r	80	2.1	15.4	0.31	189	538	61	<i>J</i>
7. 2.3	r	0	3.8	14.7	30	190	459	47	<i>B</i>
7. 4.1	r	90	2.9	15.4	31	193	526	59	<i>J</i>
7. 4.3	r	0	4.0	14.8	30	174	470	53	<i>B</i>
7. 6.1	r	90	2.7	15.5	31	219	512	59	<i>J</i>
7. 6.3	r	0	3.3	14.5	31	218	454	48	<i>B</i>
7. 8.1	r	100	3.8	15.0	32	219	548	64	<i>B</i>
7. 8.3	r	0	3.4	14.5	33	240	553	53	<i>J</i>
7.10.1	r	100	3.4	15.2	33	220	547	59	<i>J</i>
7.10.3	r	0	3.3	14.2	33	180	525	63	<i>B</i>
7.12.1	r	100	3.6	15.8	31	219	478	53	<i>B</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
11. 2.1	r	80	3.8	16.2	0.33	246	578	62	<i>J</i>
11. 2.3	r	5	5.0	14.8	36	202	480	54	<i>B</i>
11. 4.1	r	60	2.4	16.0	37	217	586	64	<i>B</i>
11. 4.3	r	0	6.0	15.7	35	218	444	42	<i>B</i>
11. 6.1	r	60	2.3	16.0	36	196	610	69	<i>J</i>
11. 6.3	r	0	6.3	15.6	34	202	515	58	<i>B</i>
11. 8.1	r	100	2.5	14.5	36	202	594	57	<i>F</i>
11. 8.3	r	0	5.3	13.2	37	224	534	53	<i>J</i>
11.10.1	r	95	2.1	14.5	33	290	655	63	<i>J</i>
11.10.3	r	0	4.8	14.2	32	248	504	54	<i>B</i>
Avg.			4.1	15.1	35	225	550	58	
12. 2.1	r	100	2.5	15.0	0.40	332	736	76	<i>B</i>
12. 2.3	r	5	3.3	14.0	42	324	784	65	<i>F</i>
12. 4.1	r	100	2.1	14.0	41	310	753	90	<i>F</i>
12. 4.3	r	10	3.6	13.0	40	264	677	63	<i>J</i>
12. 6.1	r	100	4.0	14.6	39	315	711	86	<i>J</i>
12. 6.3	r	20	3.5	13.8	38	288	692	66	<i>J</i>
12. 8.1	r	10	3.0	15.0	34	262	588	49	<i>B</i>
12.10.1	r	70	3.2	14.9	34	222	484	59	<i>J</i>
12.12.1	r	70	3.0	14.9	35	242	647	66	<i>J</i>
Avg.			3.1	14.4	38	284	675	69	
13. 2.1	r	30	1.1	13.7	0.45	405	990	89	<i>F</i>
13. 2.3	r	0	4.0	14.5	36	270	617	71	<i>B</i>
13. 4.1	r	40	0.8	14.0	47	415	922	108	<i>F</i>
13. 4.3	r	0	1.9	14.6	41	318	755	83	<i>J</i>
13. 6.1	r	50	0.9	14.8	47	428	892	100	<i>F</i>
13. 6.3	r	0	2.5	15.0	37	360	697	70	<i>J</i>
13. 8.1	r	35	0.9	14.2	43	392	805	88	<i>F</i>
13. 8.3	r	0	2.2	15.0	39	365	778	76	<i>J</i>
13.10.1	r	30	1.4	14.3	44	442	791	93	<i>J</i>
13.10.3	r	0	2.9	14.8	40	335	631	70	<i>B</i>
13.12.1	r	20	1.0	14.0	45	416	865	93	<i>J</i>
13.12.3	r	0	3.3	14.2	38	311	661	69	<i>J</i>
Avg.			1.9	14.4	42	368	788	84	
14. 2.1	r	30	1.3	15.0	0.46	366	832	88	<i>F</i>
14. 2.3	r	0	2.9	15.6	41	315	697	62	<i>B</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
14. 4.1	r	35	1.1	15.0	0.45	456	900	100	<i>F</i>
14. 4.3	r	0	2.1	15.8	42	287	693	63	<i>B</i>
14. 6.1	r	40	1.2	15.2	44	360	751	85	<i>F</i>
14. 6.3	r	0	4.0	16.0	40	248	572	54	<i>B</i>
14. 8.1	r	30	1.1	15.5	43	423	861	93	<i>F</i>
14. 8.3	r	0	3.8	16.2	34	286	550	56	<i>B</i>
14.10.3	r	0	1.5	15.1	42	430	791	81	<i>J</i>
14.10.3	r	0	4.3	16.3	35	241	543	65	<i>B</i>
14.12.1	r	10	1.4	15.5	44	336	817	98	<i>J</i>
14.12.3	r	0	2.9	16.0	37	197	635	79	<i>B</i>
Avg.			2.3	15.6	41	333	720	77	
15. 2.1	r	5	1.3	14.9	0.41	362	704	81	<i>F</i>
15. 2.3	r	0	2.6	16.2	36	236	587	66	<i>B</i>
15. 4.1	r	0	1.3	15.4	39	367	716	77	<i>J</i>
15. 4.3	r	0	2.6	16.1	34	278	531	57	<i>J</i>
15. 6.1	r	10	1.3	15.2	40	353	698	81	<i>J</i>
15. 6.3	r	0	2.6	16.0	32	229	541	62	<i>B</i>
15. 8.1	r	10	1.7	16.0	36	310	655	77	<i>J</i>
15. 8.3	r	0	2.9	16.1	38	199	538	71	<i>J</i>
15.10.1	r	10	1.8	15.7	36	344	657	73	<i>J</i>
15.10.3	r	0	2.5	16.4	33	236	533	62	<i>B</i>
15.12.1	r	20	1.8	16.0	36	288	635	75	<i>J</i>
15.12.3	r	0	2.0	15.8	34	248	513	59	<i>B</i>
Avg.			2.0	15.8	36	288	609	70	
16. 2.1	r	40	1.4	15.2	0.43	423	850	92	<i>F</i>
16. 2.3	r	0	1.9	14.0	49	380	819	82	<i>J</i>
16. 4.1	r	25	1.7	14.0	47	438	841	88	<i>J</i>
16. 4.3	r	0	3.8	14.3	43	352	616	63	<i>B</i>
16. 6.1	r	30	1.6	14.7	44	397	820	91	<i>F</i>
16. 6.3	r	0	3.8	14.2	42	376	790	74	<i>B</i>
16. 8.1	r	50	1.3	15.2	42	374	774	94	<i>F</i>
16. 8.3	r	0	3.2	15.1	41	315	630	72	<i>B</i>
16.10.1	r	60	1.5	16.2	39	276	644	73	<i>F</i>
16.10.3	r	0	2.4	15.7	39	286	650	66	<i>B</i>
Avg.			2.3	14.9	43	362	743	80	
17. 2.1	r	45	1.1	15.8	0.41	330	795	86	<i>J</i>

App. 2. 2. Static bending test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>σ_{PL}</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>Fail.</i>
17. 2.3	r	0	2.4	17.9	0.40	322	705	70	<i>B</i>
17. 4.1	r	30	1.2	16.0	41	384	742	88	<i>J</i>
17. 4.3	r	0	3.0	16.0	39	318	700	77	<i>J</i>
17. 6.1	r	20	1.5	16.0	41	378	778	87	<i>J</i>
17. 6.3	r	0	2.9	16.3	37	343	644	69	<i>B</i>
17. 8.1	r	20	1.4	16.2	39	348	713	88	<i>J</i>
17. 8.3	r	0	2.9	15.7	37	308	667	78	<i>J</i>
17.10.1	r	20	1.7	16.5	38	263	745	86	<i>J</i>
17.10.3	r	0	5.0	17.1	34	216	545	62	<i>B</i>
17.12.1	r	20	1.7	16.2	37	236	694	80	<i>J</i>
17.12.3	r	0	3.6	16.2	36	238	620	75	<i>B</i>
Avg.			2.4	16.3	38	303	696	79	
18. 2.1	r	80	2.7	14.7	0.37	314	704	79	<i>F</i>
18. 2.3	r	0	5.0	13.3	38	341	696	72	<i>B</i>
18. 4.1	r	70	2.9	14.2	39	290	713	83	<i>F</i>
18. 4.3	r	0	4.4	13.2	38	291	634	91	<i>J</i>
18. 6.1	r	80	3.2	13.9	35	292	660	73	<i>F</i>
18. 6.3	r	0	5.3	13.0	34	245	592	65	<i>J</i>
18. 8.1	r	70	4.5	13.8	36	334	677	96	<i>F</i>
18. 8.3	r	0	5.3	13.1	36	269	613	63	<i>J</i>
18.10.1	r	60	3.6	14.0	35	312	631	76	<i>J</i>
18.10.3	r	0	5.0	13.2	34	245	623	65	<i>J</i>
18.12.1	r	80	4.8	13.9	35	317	643	72	<i>J</i>
18.12.3	r	0	7.3	14.9	34	245	566	67	<i>B</i>
Avg.			4.5	13.8	36	291	655	76	

App. 2. 3. Toughness test

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
1. 1.2	r	30	3.4	38	0.30	0.68	<i>B</i>
1. 1.4	cg	0	5.1	34	28	1.09	<i>B</i>
1. 3.2	r	50	2.9	68	29	0.75	<i>B</i>
1. 3.4	r	0	6.3	75	27	0.51	<i>B</i>
1. 5.2	r	20	2.6	52	28	0.51	<i>J</i>
1. 5.4	r	0	6.5	60	26	0.49	<i>B</i>
Avg.			4.5	55	28	0.67	
2. 1.2	r	20	2.1	87	0.29	0.70	<i>B</i>
2. 1.4	r	0	5.2	121	25	0.65	<i>B</i>
2. 3.2	r	20	2.2	90	27	0.40	<i>J</i>
2. 3.4	r	0	5.0	108	24	0.37	<i>B</i>
2. 5.2	r	30	2.0	59	27	0.41	<i>B</i>
2. 5.4	r	0	6.0	55	27	0.34	<i>B</i>
Avg.			3.8	88	27	0.48	
3. 1.2	r	60	1.9	41	0.33	0.72	<i>B</i>
3. 1.4	r	0	4.8	77	32	0.54	<i>B</i>
3. 3.2	r	40	2.0	56	30	0.36	<i>B</i>
3. 3.4	r	0	4.2	102	29	0.53	<i>B</i>
3. 5.2	r	40	2.1	74	29	0.38	<i>B</i>
3. 5.4	r	0	6.0	102	27	0.35	<i>B</i>
Avg.			3.5	74	30	0.48	
4. 1.2	r	20	2.7	30	0.32	0.75	<i>J</i>
4. 1.4	r	0	6.7	63	28	0.75	<i>B</i>
4. 3.2	r	40	2.3	47	31	0.34	<i>B</i>
4. 3.4	r	0	5.8	64	27	0.49	<i>B</i>
4. 5.2	r	40	2.2	33	31	0.44	<i>J</i>
4. 5.4	r	0	5.0	48	26	0.39	<i>B</i>
4. 7.2	r	20	2.9	38	30	0.36	<i>J</i>
4. 7.4	r	0	7.0	59	27	0.23	<i>B</i>
4. 9.2	r	60	2.4	31	29	0.41	<i>J</i>
4. 9.4	cg	0	4.4	41	28	0.37	<i>B</i>
4.11.2	r	30	2.1	55	29	0.34	<i>B</i>
4.11.4	cg	0	5.2	70	27	0.27	<i>B</i>
Avg.			4.1	48	29	0.43	
5. 1.2	r	60	2.6	76	0.29	0.81	<i>B</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>R</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
5. 1.4	r	60	2.3	50	0.34	0.51	<i>J</i>
5. 3.2	r	50	1.9	34	30	0.45	<i>B</i>
5. 3.4	cg	0	4.0	42	26	0.60	<i>B</i>
5. 5.2	r	50	2.2	38	27	0.31	<i>B</i>
5. 5.4	r	0	5.1	47	26	0.41	<i>B</i>
5. 7.2	r	5	2.8	43	26	0.31	<i>B</i>
5. 7.4	r	0	4.5	63	26	0.34	<i>B</i>
5. 9.2	r	80	3.3	46	26	0.28	<i>B</i>
5. 9.4	r	0	5.0	67	26	0.43	<i>J</i>
5.11.2	r	80	2.2	32	27	0.32	<i>B</i>
5.11.4	cg	0	5.5	55	27	0.40	<i>B</i>
Avg.			3.5	50	28	0.43	
6. 1.2	r	80	3.3	88	0.30	0.52	<i>B</i>
6. 1.4	r	0	5.3	130	28	0.42	<i>B</i>
6. 3.2	r	80	2.8	88	29	0.44	<i>J</i>
6. 3.4	r	0	1.9	133	29	0.54	<i>J</i>
6. 5.2	r	90	3.2	63	27	0.34	<i>J</i>
6. 5.4	r	0	4.2	107	30	0.43	<i>J</i>
6. 7.2	r	100	4.0	32	27	0.33	<i>J</i>
6. 7.4	r	10	3.6	31	27	0.24	<i>J</i>
6.11.2	r	100	4.2	31	27	0.17	<i>J</i>
6.11.4	r	0	4.5	32	27	0.21	<i>J</i>
Avg.			3.7	64	28	0.36	
7. 1.2	r	80	2.1	43	0.32	0.40	<i>J</i>
7. 1.4	r	5	2.9	53	31	0.79	<i>B</i>
7. 3.2	r	50	1.9	35	29	0.40	<i>F</i>
7. 3.4	cg	75	4.6	50	28	0.41	<i>J</i>
7. 5.2	cg	70	2.1	46	29	0.49	<i>B</i>
7. 5.4	cg	0	3.0	104	29	0.44	<i>J</i>
7. 7.2	r	80	2.3	89	30	0.33	<i>J</i>
7. 7.4	r	0	3.4	115	29	0.43	<i>B</i>
7. 9.2	r	100	3.6	65	32	0.33	<i>B</i>
7. 9.4	r	0	3.8	111	33	0.47	<i>B</i>
7.11.2	r	100	3.6	57	30	0.36	<i>J</i>
7.11.4	r	0	3.6	133	32	0.41	<i>J</i>
Avg.			3.1	76	30	0.45	

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r₉₀</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
8. 1.2	r	100	3.7	72	0.29	0.44	<i>B</i>
8. 1.4	r	0	4.7	89	32	0.52	<i>B</i>
8. 3.2	r	100	3.5	75	28	0.13	<i>B</i>
8. 3.4	r	0	4.4	122	25	0.47	<i>B</i>
8. 5.2	r	100	4.0	48	27	0.23	<i>B</i>
8. 5.4	r	0	4.0	98	29	0.39	<i>B</i>
8. 7.2	r	100	3.6	34	28	0.09	<i>B</i>
8. 7.4	r	0	4.8	69	28	0.36	<i>B</i>
8. 9.2	r	100	4.2	53	28	0.27	<i>J</i>
8. 9.4	cg	0	4.8	114	32	0.52	<i>J</i>
8.11.2	r	100	4.5	43	28	0.33	<i>J</i>
8.11.4	r	0	6.0	86	30	0.39	<i>B</i>
Avg.			4.4	75	29	0.35	
9. 1.2	r	100	2.4	31	0.36	0.12	<i>J</i>
9. 1.4	r	0	3.6	30	38	0.66	<i>B</i>
9. 3.2	r	100	3.2	30	36	0.11	<i>B</i>
9. 3.4	r	0	4.7	31	36	0.55	<i>J</i>
9. 5.2	r	100	2.4	31	34	0.09	<i>B</i>
9. 5.4	r	0	5.3	32	34	0.43	<i>J</i>
9. 7.2	r	80	3.3	56	32	0.16	<i>B</i>
9. 7.4	r	60	4.4	36	31	0.20	<i>B</i>
9. 9.2	r	100	3.5	57	34	0.12	<i>B</i>
9. 9.4	r	0	4.2	34	32	0.18	<i>B</i>
9.11.2	r	100	4.0	61	33	0.11	<i>B</i>
9.11.4	cg	0	4.7	32	31	0.13	<i>J</i>
Avg.			3.8	38	34	0.24	
10. 1.2	cg	100	2.0	58	0.36	0.07	<i>B</i>
10. 1.4	cg	0	4.3	29	36	1.16	<i>J</i>
10. 3.2	r	100	2.3	59	34	0.21	<i>B</i>
10. 3.4	cg	10	3.7	30	35	0.64	<i>J</i>
10. 5.2	cg	100	1.7	65	33	0.18	<i>B</i>
10. 5.4	r	20	2.9	42	34	0.49	<i>F</i>
Avg.			2.7	47	35	0.46	
11. 1.2	r	70	3.0	32	0.36	0.26	<i>B</i>
11. 1.4	r	80	2.7	31	37	0.41	<i>B</i>
11. 3.2	r	80	2.4	32	33	0.18	<i>B</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_c</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
11. 3.4	cg	0	6.2	30	0.35	0.51	<i>F</i>
11. 7.2	r	100	2.3	54	34	0.26	<i>B</i>
11. 7.4	r	20	8.0	36	32	0.44	<i>J</i>
11. 9.2	r	100	5.0	95	32	0.36	<i>J</i>
11. 9.4	r	20	5.5	33	33	0.36	<i>J</i>
Avg.			4.4	43	34	0.35	
12. 1.2	r	100	2.0	76	0.40	0.43	<i>J</i>
12. 1.4	r	60	3.4	30	41	0.47	<i>B</i>
12. 3.2	r	100	2.2	44	39	0.25	<i>B</i>
12. 3.4	r	0	4.6	36	35	0.53	<i>B</i>
12. 5.2	r	100	2.2	87	38	0.36	<i>J</i>
12. 5.4	r	0	3.6	30	36	1.13	<i>F</i>
12. 7.2	r	100	3.2	42	33	0.26	<i>J</i>
12. 7.4	r	0	3.4	33	32	0.40	<i>J</i>
Avg.			3.2	47	37	0.48	
13. 1.2	r	30	1.4	34	0.45	1.07	<i>F</i>
13. 1.4	r	0	2.5	56	43	0.88	<i>F</i>
13. 3.2	r	30	1.4	40	42	0.84	<i>F</i>
13. 3.4	r	0	4.7	30	37	0.88	<i>F</i>
13. 5.2	r	30	1.0	50	45	1.04	<i>F</i>
13. 5.4	r	0	3.0	36	38	0.90	<i>F</i>
13. 7.2	r	50	0.9	31	45	0.95	<i>F</i>
13. 7.4	r	0	2.2	31	40	0.90	<i>F</i>
13. 9.2	r	60	0.9	33	43	0.96	<i>F</i>
13. 9.4	r	0	2.6	31	39	1.04	<i>F</i>
13.11.2	r	50	1.3	30	44	1.00	<i>F</i>
13.11.4	r	0	3.1	31	39	0.96	<i>F</i>
Avg.			2.1	36	42	0.95	
14. 1.2	r	25	1.0	31	0.44	0.96	<i>J</i>
14. 1.4	r	0	2.6	31	37	0.69	<i>J</i>
14. 3.2	r	20	1.1	30	44	0.96	<i>F</i>
14. 3.4	r	0	2.8	30	38	0.99	<i>F</i>
14. 5.2	r	20	1.2	30	43	0.64	<i>F</i>
14. 5.4	r	0	2.7	28	43	0.81	<i>J</i>
14. 7.2	r	20	1.7	33	40	0.72	<i>F</i>
14. 7.4	r	0	4.2	32	33	0.52	<i>B</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
14. 9.2	r	5	1.3	67	0.32	0.77	<i>J</i>
44. 9.4	r	0	3.2	32	36	0.65	<i>J</i>
14.11.2	r	45	1.7	32	42	0.55	<i>F</i>
14.11.4	r	0	2.3	37	41	0.49	<i>F</i>
Avg.			2.1	34	39	0.73	
15. 1.2	r	30	1.2	40	0.39	0.50	<i>J</i>
15. 1.4	r	0	2.4	89	35	0.39	<i>F</i>
15. 3.2	r	20	1.5	38	38	0.88	<i>J</i>
15. 3.4	r	0	2.6	40	33	0.31	<i>J</i>
15. 5.2	r	10	1.6	41	38	0.59	<i>F</i>
15. 5.4	r	0	2.2	42	33	1.67	<i>J</i>
15. 7.2	r	25	1.5	31	35	0.39	<i>J</i>
15. 7.4	r	25	1.3	32	35	0.33	<i>J</i>
15. 9.2	r	0	2.6	32	32	0.32	<i>J</i>
15. 9.4	r	0	2.4	32	34	0.33	<i>J</i>
15.11.2	r	15	1.6	32	34	0.29	<i>J</i>
15.11.4	r	0	2.0	34	33	0.29	<i>J</i>
Avg.			1.9	39	35	0.53	
16. 1.2	r	40	1.8	61	0.43	0.59	<i>F</i>
16. 1.4	r	0	1.9	37	44	0.71	<i>F</i>
16. 5.2	r	5	2.0	37	44	0.44	<i>J</i>
16. 5.4	r	0	4.0	40	41	0.23	<i>J</i>
16. 7.2	r	70	1.3	33	37	0.46	<i>F</i>
16. 7.4	r	0	2.8	33	38	0.37	<i>J</i>
16. 9.2	r	40	1.2	34	41	0.43	<i>F</i>
16.11.4	r	0	6.1	35	42	0.29	<i>J</i>
Avg.			2.6	39	41	0.44	
17. 1.2	r	0	1.9	30	0.41	1.20	<i>J</i>
17. 1.4	r	0	2.8	31	36	0.73	<i>J</i>
17. 3.2	cg	5	1.6	31	41	0.80	<i>B</i>
17. 3.4	cg	0	2.8	33	37	0.84	<i>J</i>
17. 5.2	cg	5	1.4	29	39	0.60	<i>J</i>
17. 5.4	cg	0	2.3	29	36	0.64	<i>J</i>
17. 7.2	r	10	1.2	36	39	0.33	<i>B</i>
17. 7.4	r	0	2.8	31	38	0.42	<i>J</i>
17. 9.2	r	10	1.5	29	37	0.33	<i>B</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
17. 9.4	cg	0	2.8	31	0.36	0.35	<i>J</i>
17.11.2	r	10	1.5	27	40	0.33	<i>B</i>
17.11.4	r	10	3.4	30	34	0.35	<i>B</i>
Avg.			2.2	31	38	0.58	
18. 1.2	r	100	3.2	41	0.35	0.33	<i>B</i>
18. 1.4	r	0	6.2	27	36	0.61	<i>J</i>
18. 3.2	r	70	3.6	36	35	0.24	<i>J</i>
18. 3.4	cg	0	5.0	54	38	0.48	<i>J</i>
18. 5.2	r	80	2.6	39	34	0.24	<i>B</i>
18. 5.4	r	0	4.7	82	33	0.36	<i>J</i>
18. 7.2	r	100	4.0	57	33	0.42	<i>J</i>
18. 7.4	cg	0	5.1	123	34	0.49	<i>J</i>
18. 9.2	r	100	4.6	83	32	0.38	<i>J</i>
18. 9.4	cg	0	6.7	110	32	0.44	<i>J</i>
18.11.2	r	100	3.9	72	34	0.39	<i>J</i>
18.11.4	r	0	5.7	92	33	0.45	<i>J</i>
Avg.			4.6	68	34	0.40	
1. 2.2	r	0	3.0	14.3	0.31	0.24	<i>B</i>
1. 2.4	r	0	6.3	14.3	31	0.29	<i>B</i>
1. 4.2	r	5	2.9	14.5	30	0.31	<i>B</i>
1. 4.4	r	0	6.3	15.0	28	0.16	<i>B</i>
1. 6.2	cg	0	6.0	14.8	28	0.11	<i>B</i>
Avg.			4.9	14.6	30	0.22	
2. 2.2	r	3	1.6	14.3	0.28	0.15	<i>J</i>
2. 2.4	cg	0	6.3	14.5	29	0.20	<i>B</i>
2. 4.2	r	20	1.7	14.4	27	0.26	<i>B</i>
2. 4.4	r	0	6.0	14.5	29	0.15	<i>B</i>
2. 6.2	r	30	1.8	14.3	27	0.25	<i>B</i>
2. 6.4	cg	0	5.0	14.7	25	0.17	<i>B</i>
Avg.			3.7	14.5	28	0.20	
3. 2.2	r	40	2.4	14.2	0.34	0.37	<i>B</i>
3. 2.4	r	0	2.0	13.2	36	0.28	<i>B</i>
3. 4.2	cg	40	1.2	14.6	31	0.42	<i>B</i>
3. 4.4	cg	0	5.8	14.4	29	0.31	<i>B</i>
3. 6.2	r	40	2.0	15.0	30	0.34	<i>B</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
3. 6.4	r	0	5.5	14.8	0.28	0.33	B
Avg.			3.2	14.4	31	0.34	
4. 2.2	r	70	1.9	15.1	0.33	0.35	B
4. 2.4	r	0	9.0	14.3	33	0.38	B
4. 4.2	r	80	2.4	15.7	33	0.29	J
4. 4.4	r	0	6.5	13.8	27	0.21	B
4. 6.2	r	90	2.4	15.0	33	0.39	J
4. 6.4	r	0	4.5	13.7	28	0.25	B
4. 8.2	r	60	2.2	15.2	31	0.30	B
4. 8.4	r	0	6.3	14.0	27	0.24	B
4.10.2	r	80	2.4	15.4	30	0.26	B
4.10.4	r	0	3.3	13.8	31	0.27	B
4.12.2	r	80	2.6	15.7	29	0.23	B
4.12.4	r	0	3.8	13.9	29	0.12	B
Avg.			3.9	14.6	30	0.27	
5. 2.2	r	50	1.8	15.0	0.31	0.25	J
5. 2.4	r	0	3.7	13.2	28	0.22	B
5. 4.2	r	60	1.5	14.5	31	0.29	B
5. 4.4	r	0	3.8	14.5	27	0.22	B
5. 6.2	r	50	1.9	16.0	31	0.24	B
5. 6.4	r	0	3.3	15.0	27	0.27	B
5. 8.2	r	50	3.0	15.3	28	0.36	B
5. 8.4	r	0	6.7	15.0	27	0.24	B
5.10.2	r	40	2.6	15.0	28	0.31	B
5.10.4	r	0	5.3	14.9	27	0.27	B
5.12.2	r	80	2.9	15.7	29	0.36	B
5.12.4	r	0	5.3	14.8	28	0.22	B
Avg.			3.5	14.9	29	0.27	
6. 2.2	r	90	3.0	15.9	0.30	0.40	F
6. 2.4	r	0	3.8	14.0	30	0.34	B
6. 4.2	r	100	2.7	16.0	30	0.40	J
6. 4.4	r	0	3.7	14.2	32	0.35	B
6. 6.2	r	70	2.9	16.0	29	0.31	J
6. 6.4	r	0	4.4	14.2	32	0.37	B
6.12.2	r	0	6.5	15.6	30	0.21	B
Avg.			3.9	15.1	31	0.34	

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
7. 2.2	r	60	1.9	15.0	0.32	0.46	<i>J</i>
7. 2.4	r	0	4.6	14.8	30	0.32	<i>B</i>
7. 4.2	r	40	2.2	15.4	31	0.41	<i>J</i>
7. 4.4	r	0	5.0	14.4	30	0.27	<i>B</i>
7. 6.2	r	80	3.2	15.9	31	0.36	<i>J</i>
7. 6.4	cg	0	3.3	14.9	31	0.30	<i>B</i>
7. 8.2	r	80	3.0	15.4	32	0.43	<i>J</i>
7. 8.4	cg	0	3.0	14.6	32	0.34	<i>B</i>
7.10.2	r	100	4.5	15.7	32	0.24	<i>B</i>
7.10.4	r	0	4.5	15.2	34	0.33	<i>B</i>
7.12.2	r	100	5.5	15.8	31	0.29	<i>B</i>
7.12.4	cg	0	4.2	15.4	32	0.44	<i>B</i>
Avg.			3.7	15.2	32	0.35	
8. 2.2	r	100	4.0	16.1	0.33	0.37	<i>J</i>
8. 2.4	r	10	4.8	14.4	31	0.28	<i>B</i>
8. 4.2	r	100	3.5	16.2	32	0.41	<i>J</i>
8. 4.4	r	10	4.2	14.6	29	0.36	<i>B</i>
8. 6.2	r	100	3.5	16.0	31	0.33	<i>B</i>
8. 6.4	r	10	4.2	14.8	30	0.33	<i>B</i>
8. 8.2	r	100	4.2	16.0	30	0.37	<i>B</i>
8. 8.4	r	0	4.5	14.7	30	0.35	<i>B</i>
8.10.2	r	100	4.0	16.0	30	0.40	<i>B</i>
8.10.4	r	0	4.8	14.8	30	0.27	<i>B</i>
8.12.2	r	100	5.3	14.8	31	0.33	<i>B</i>
8.12.4	r	0	5.3	16.8	31	0.33	<i>B</i>
Avg.			4.4	15.4	31	0.35	
9. 2.2	r	100	2.5	15.2	0.39	0.38	<i>B</i>
9. 2.4	r	80	3.8	15.1	36	0.30	<i>B</i>
9. 4.2	r	100	2.6	15.4	38	0.25	<i>B</i>
9. 4.4	cg	20	4.8	15.2	36	0.39	<i>B</i>
9. 6.2	r	50	5.0	14.1	39	0.37	<i>B</i>
9. 6.4	cg	0	5.3	14.4	35	0.24	<i>J</i>
9. 8.2	r	100	3.8	16.2	37	0.37	<i>B</i>
9. 8.4	r	10	4.8	15.3	37	0.34	<i>B</i>
9.10.2	r	100	3.6	16.2	36	0.26	<i>J</i>
9.10.4	r	10	5.0	15.2	35	0.19	<i>J</i>
9.12.2	r	100	3.8	16.6	35	0.26	<i>J</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r₁₀</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
9.12.4	cg	10	4.2	15.8	0.33	0.29	<i>B</i>
Avg.			4.1	15.4	36	0.30	
10. 2.2	cg	100	2.7	16.0	0.37	0.38	<i>J</i>
10. 2.4	r	80	2.7	15.8	38	0.47	<i>J</i>
10. 4.2	r	100	1.6	16.2	37	0.39	<i>J</i>
10. 4.4	r	70	4.4	15.1	37	0.44	<i>B</i>
10. 6.2	r	70	2.4	15.5	35	0.36	<i>B</i>
10. 6.4	r	20	3.4	15.8	36	0.39	<i>B</i>
Avg.			2.9	15.7	37	0.41	
11. 2.2	r	70	2.7	15.7	0.38	0.29	<i>B</i>
11. 4.2	r	100	5.7	15.7	35	0.42	<i>F</i>
11. 6.2	r	70	1.9	16.2	36	0.43	<i>J</i>
11. 8.2	r	70	2.3	13.6	37	0.26	<i>J</i>
11. 8.4	r	0	5.5	13.9	34	0.33	<i>B</i>
11.10.2	r	100	2.9	14.9	33	0.35	<i>B</i>
Avg.			3.5	15.0	36	0.35	
12. 2.2	r	100	2.3	14.8	0.41	0.37	<i>B</i>
12. 2.4	r	0	4.0	14.0	42	0.42	<i>B</i>
12. 4.2	r	100	1.7	14.8	43	0.44	<i>B</i>
12. 4.4	r	0	4.0	13.6	42	0.33	<i>J</i>
12. 6.2	r	100	2.4	15.0	37	0.35	<i>B</i>
12. 6.4	r	20	3.1	14.3	36	0.35	<i>J</i>
Avg.			2.9	14.4	40	0.39	
13. 2.2	r	10	1.3	15.1	0.47	0.77	<i>F</i>
13. 2.4	r	0	2.7	15.2	39	0.45	<i>B</i>
13. 4.2	r	25	1.1	15.0	45	0.52	<i>F</i>
13. 4.4	cg	0	6.3	16.0	26	0.41	<i>J</i>
13. 6.2	r	40	1.3	15.7	46	0.81	<i>F</i>
13. 6.4	cg	0	3.7	15.4	41	0.43	<i>J</i>
13. 8.2	r	40	0.8	15.8	46	0.87	<i>F</i>
13. 8.4	cg	0	2.7	15.3	42	0.30	<i>J</i>
13.10.2	r	40	1.1	15.1	46	0.64	<i>F</i>
13.10.4	cg	0	2.7	15.0	44	0.32	<i>J</i>
12.12.2	r	40	1.0	15.1	46	0.37	<i>J</i>
13.12.4	r	0	3.3	15.6	38	0.35	<i>B</i>
Avg.			2.3	15.4	47	0.52	

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
14. 2.2	r	20	1.0	14.9	0.48	0.46	<i>F</i>
14. 2.4	r	0	2.8	15.0	44	0.51	<i>B</i>
14. 4.2	r	20	1.1	15.1	50	0.53	<i>J</i>
14. 4.4	r	0	2.2	15.2	44	0.34	<i>B</i>
14. 6.2	r	25	1.2	15.0	46	0.70	<i>B</i>
14. 6.4	cg	0	3.6	15.2	46	0.28	<i>B</i>
14. 8.2	r	20	1.3	15.1	43	0.59	<i>J</i>
14. 8.4	r	0	2.6	15.8	35	0.28	<i>J</i>
14.10.2	r	5	1.1	15.0	44	0.63	<i>F</i>
14.10.4	r	0	2.3	16.0	35	0.32	<i>J</i>
14.12.2	r	20	1.2	15.2	45	0.63	<i>F</i>
14.12.4	cg	0	2.5	15.8	41	0.32	<i>B</i>
Avg.			1.9	15.3	43	0.47	
15. 2.2	r	10	1.4	15.6	0.42	0.40	<i>B</i>
15. 2.4	r	0	2.2	15.8	38	0.24	<i>B</i>
15. 4.2	r	10	1.2	16.0	40	0.56	<i>J</i>
15. 4.4	r	0	2.2	16.0	37	0.31	<i>J</i>
15. 6.2	r	5	1.5	15.9	39	0.43	<i>J</i>
15. 6.4	r	0	2.9	15.9	34	0.24	<i>B</i>
15. 8.2	r	5	1.3	15.3	36	0.40	<i>J</i>
15. 8.4	r	0	2.0	15.6	34	0.29	<i>J</i>
15.10.2	r	10	1.4	15.4	35	0.43	<i>J</i>
15.10.4	r	0	2.0	15.4	35	0.32	<i>B</i>
15.12.2	r	10	1.5	15.4	35	0.35	<i>J</i>
15.12.4	r	0	2.1	15.4	35	0.36	<i>J</i>
Avg.			1.9	15.6	37	0.36	
16. 2.2	r	50	1.2	14.6	0.46	0.61	<i>F</i>
16. 2.4	r	0	1.7	14.1	45	0.47	<i>J</i>
16. 4.2	r	5	1.4	15.0	42	0.50	<i>F</i>
16. 4.4	cg	0	2.2	14.3	44	0.33	<i>B</i>
16. 6.2	r	50	1.2	15.3	42	0.54	<i>F</i>
16. 6.4	r	0	2.6	15.2	40	0.34	<i>B</i>
16. 8.2	r	50	1.1	16.0	41	0.44	<i>F</i>
16. 8.4	r	0	2.4	14.8	43	0.28	<i>B</i>
16.10.2	r	60	1.5	16.6	39	0.49	<i>B</i>
16.10.4	r	0	2.4	15.8	40	0.25	<i>J</i>
16.12.2	r	60	1.5	16.6	40	0.70	<i>F</i>

App. 2. 3. Toughness test—Continued

No.	<i>f</i>	<i>sap</i>	<i>r_w</i>	<i>u</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>Fail.</i>
16.12.4	r	0	2.4	15.3	0.41	0.27	B
Avg.			1.8	15.3	42	0.44	
17. 2.2	r	30	1.1	16.1	0.43	0.61	B
17. 2.4	cg	0	2.4	15.2	39	0.35	B
17. 4.2	r	30	1.2	15.2	42	0.54	B
17. 4.4	cg	0	2.3	15.3	40	0.56	B
17. 6.2	r	40	1.2	15.4	39	0.45	B
17. 6.4	r	0	2.4	15.8	38	0.41	B
17. 8.2	r	20	1.3	15.4	38	0.49	F
17. 8.4	r	0	2.5	15.2	38	0.41	J
17.10.2	r	5	1.4	14.8	39	0.41	B
17.10.4	cg	0	2.8	16.2	37	0.42	J
17.12.2	r	30	1.2	16.2	38	0.50	J
17.12.4	r	0	3.7	16.2	37	0.37	B
Avg.			1.9	15.6	39	0.46	
18. 2.2	r	30	3.3	14.0	0.37	0.47	F
18. 2.4	r	0	3.6	13.1	39	0.37	B
18. 4.2	r	70	2.9	14.0	38	0.49	F
18. 4.4	r	0	5.0	13.2	37	0.52	B
18. 6.2	r	70	2.8	14.0	35	0.49	F
18. 6.4	r	0	5.7	13.6	33	0.34	B
18. 8.2	r	70	3.5	13.7	38	0.42	F
18. 8.4	r	0	6.3	13.9	36	0.30	B
18.10.2	r	90	3.4	14.3	36	0.52	F
18.10.4	r	0	5.3	14.1	36	0.45	B
18.12.2	r	70	4.0	14.7	36	0.40	J
18.12.4	r	0	5.5	14.0	33	0.41	B
Avg.			4.3	14.0	36	0.43	