

スギ曲り材を利用したストランドランバーの製造 (第1報)

ストランドランバーの強度的性質

高橋 理平*, 栗崎 宏*, 塚本英子**, 水本克夫*

Production of Strand Lumber from Curved Sugi Logs I. Mechanical Properties of Parallel Strand Lumber

Riehi TAKAHASHI*, Hiroshi KURISAKI*, Hideko TSUKAMOTO*, Katsuo MIZUMOTO*

スギのストランドを用いて目標比重0.4, 0.6, 0.8および1.0のストランドランバー(厚さ23mm×幅360mm×長さ390mm)を試作し, それらの強度的性質を調べた。結果は, 以下のとおりである。

- 1) 比重の増大につれて強度的性質が向上し, 比重が0.6の場合, 曲げ強さは839kgf/cm², ヤング係数は116tf/cm²であり, 主な構造用材の無欠点材と同等あるいはそれ以上の値を示した。
- 2) 比重が0.6以上の場合, 肉眼観察による表面性状は平滑であり, また, 反り, ねじれ, カップは認められなかった。
- 3) 異方性は, 曲げ強さとヤング係数では認められなかったが, 5%部分圧縮強さ, 部分圧縮比例限度, せん断強さ, はく離強さ, 吸湿および吸水膨張率では認められた。
- 4) 圧縮方向の吸湿および吸水膨張率が大きいので, 寸法安定性を付与する必要がある。

1. はじめに

本県では, スギは, その植林地の多くが急傾斜, 多雪地帯であることから, 根元曲りを起こしやすい。これら曲り材から軸材や面材を製材すると, 目切れによる強度的性質の低下, 乾燥による狂いの発生, 製材歩留まりの低下などを生じ, 曲り材を利用する場合のマイナス因子となっている。

また, スギは, (1)品種による特性のバラツキがある, (2)樹幹内での特性のバラツキがある, (3)未成熟材のヤング係数が低い, (4)黒心がでることがある, (5)他の針葉樹に比べヤング係数が低い, (6)心辺材の特性が大きく異なる, (7)材質が柔らかい, (8)小節が多い, などの特徴がある¹⁾。

曲り材を利用する際, 以上述べたようなスギに特

有な性質と曲り材のもつマイナス因子のため, その用途に限りがある。そこで, 我々は, 曲り材の用途拡大のため, (1)曲り材を短尺に鋸断し, 通直材に近似させる, (2)木材の欠点を分散して強度性能を平均化する, (3)未成熟材を除去する, (4)比重を高め, 強度性能を上げる, などの条件を満たすスギ再構成木材を製造することとした。

再構成木材には, 集成材, 単板積層材, 合板, パーティクルボードなど多くの種類がある。これらの構成要素が小さくなればなるほど原料がもつ欠点や不均一性が分散し, 均質性の高い製品が得られる反面, 製造に係る設備投資やエネルギー投入量が大きく, また, 大量の原料が必要となる。

一方, 集成材やLVLの他に, 近年, 軸材の再構

成木材として、強度的バラツキが少なく、原料や製品寸法により大きな自由度を持たせた P S L (Parallel Strand Lumber)^{2,4,5,6)} や O S L (Oriented Strand Lumber)^{2,3,4,5)} などが製品化されている。また、日本でも低質木やスギの間伐材から割裂により調整したストランドで軸材を製造する S S T (Superposed Strand Timber)⁶⁾ が開発されている。これらの再構成木材では、比重により強度性能をコントロールすることや強度的バラツキを減少させることができる。さらに、P S L では、丸太をストランドの原料になる単板にする際、未成熟材を剥き心として容易に除去できる。

将来、当県で見込まれているスギ出材量は、約20万m²であるが、パーティクルボード、MDFなどの面材用再構成木材の原料としてとらえるには、十分な量とは思われない。そこで、本研究では、新しく開発された上記の軸材用再構成木材のうち、生産量が比較的小規模でも成立すると考えられる P S L がスギの曲り材で製造が可能かどうかを検討することにした。しかし、スギの P S L についての報告はないので、本報告では、スギ曲り材によるストランドに類似するものとして、市販スギ単板からストランドを製造し、これを用いて試作した P S L の強度的性質を明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

2.1 スギストランドの調製方法

ヤマガタウッドテク株式会社（山形県最上郡）から購入したスギ単板（厚さ2mm×幅1000mm×長さ980mm）をリップソーで幅約15mmに鋸断した後、長さ390mmに揃え、スギストランド（以下ストランド）とした。このストランドを約1ヶ月、室温（冬期は約20℃）にて放置してから実験に供した。

2.2 ストランドランバーの製造

フォーミングボックス（幅360mm×長さ390mm×高さ100mm）を用い、以下の実験に供するストランドランバー（以下 S L）をホットプレスにて製造した。すなわち、目標比重が0.4、0.6、0.8、1.0となるように所定の重量のストランドにフェノール系接着剤（大鹿振興（株）、商品名ディアノール100、不揮発性成分約50%）を含脂率8%（w/w）となるように塗布した後、前述のフォーミングボックスにストランドを長さ方向に平行になるように手作業でフォー

ミングし、冷・熱圧により厚さ23mmの S L を製造した。なお、S L の厚さは、ディスタンスバーを使用して制御し、その際の冷・熱圧の設定圧力と圧縮時間は次のとおりとした。

冷圧：30kgf/cm²、20分間、室温

熱圧：72kgf/cm²、20分間、135℃

2.3 試験方法

比重と強度的性質の関係を検討するため、2.1および2.2の方法で製造した S L を適当なサイズに鋸断し、6試験体を各試験に供した。また、これら一連の試験とは別に、異方性を検討する目的で、目標比重0.6の S L を上記と同様に製造し、試験体を調製した。

曲げ試験は、J I S Z 2101-1994⁷⁾ に従って行った。なお、試験体の一边は20mmであり、スパンを280mmとした。

縦圧縮強さを J I S Z 2101-1994⁷⁾ に準拠して求めた。試験体の寸法は、一边を20mm、長さを70mmとした。

部分圧縮試験は、J I S Z 2101-1994⁷⁾ に準拠して行った。すなわち、一边が20mmの正方形の断面を持ち、長さ60mmの試験体に直六面体（厚さ10mm、幅20mm、長さ30mm）の鋼板を用いて荷重を加えた。

水平せん断試験は、構造用単板積層材の日本農林規格（農林水産省告示第1494号）⁸⁾ に規定された方法に準拠して行った。すなわち、一边が20mm、長さ140mmの試験体を用い、スパンを80mmとした。

はく離強さ試験は、以下のようにして行った。20mm四方の鋼ブロックに試験片（縦・横・高さ各20mm）を接着させ、引っ張り荷重速度2mm/minで試験片の表面に垂直に引っ張り荷重を加え、はく離破壊時の最大荷重を測定し、はく離強さを求めた。

吸水膨張率は、以下の方法で測定した。20mmの立方体になるように調製した試験片を恒温・恒湿室（室温20℃、相対湿度60%）に放置し、含水率を平衡にした。次に、この試験体を24時間、水に浸せきした後、水分をふき取り、各面の寸法を測定し、膨張率求めた。

3. 結果および考察

3.1 スギストランドランバーの形状

製造されたスギストランドランバー（S L、厚さ

23mm×幅360mm×長さ390mm) の一例を図-1に示す。各比重のSLでは、製造直後、反り、ねじれ、カップは全く認められなかったが、恒温・恒湿室(室温20℃, 相対湿度60%)で1週間の養生を行っている間に比重0.4のSLのみ、若干のカップが認められた。また、製造したSL表面に溝状の間隙が認められた。比重0.4のSLでは鉋掛けをしても表面性状は改善されなかったが、比重0.6以上のSLでは、肉眼観察の限りでは問題がなかった。

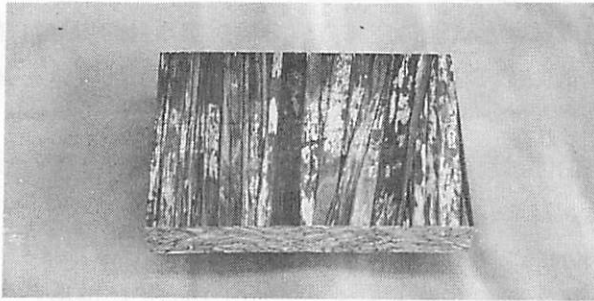


図-1 スギランドランバー

3.2 曲げ強度性能および異方性

SLの比重と曲げ強さ(MOR)およびヤング係数(MOE)の関係を図-2, 3に示した。MOR, MOEとも、比重と高い相関を示し、比重に正比例してMOR, MOEは増大した。このことは、比重が高くなるにつれ、SLの単位断面積当たりのストランドの実質が多くなるため、MORやMOEが増大したものとする。

SLは、比重が高くなると、圧縮方向にストランドの厚さ方向が重なるように積層し、方向性(図-4)を生じる。曲げ試験において、圧縮方向に荷重をかけた場合(平使い)と圧縮方向と直角に荷重をかけた場合(縦使い)を比べると、表-1に示したように、MORとMOEに違いは認められなかった。しかし、5%部分圧縮強さ、部分圧縮比例限度、せん断強さ、はく離強さ(表-1)、吸湿および吸水膨張率(表-2)に関しては、異方性が認められたことから、使用の際には、この点に配慮する必要があると考える。

また、MORとMOEに関して、比重と強度的性質の関係を検討したSLと異方性を検討したSLを比較すると、MORについては前者が、MOEについては後者が約1割低い値を示した。原木が異なるスギ単板からこれらのSLを試作したことを考える

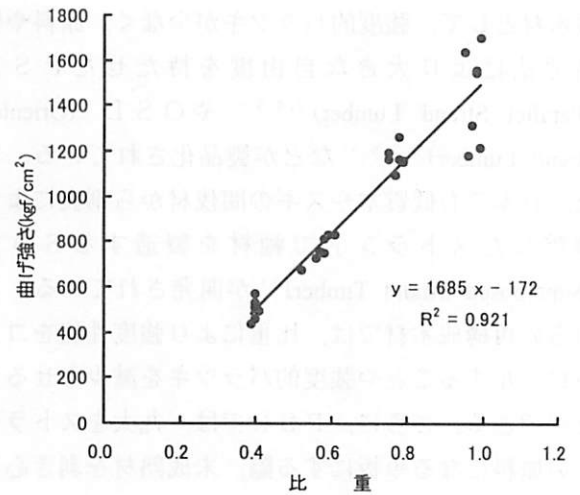


図-2 比重と曲げ強さの関係

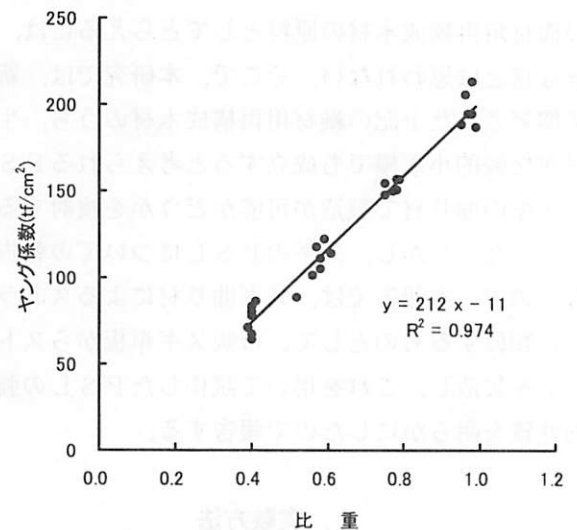


図-3 比重とヤング係数の関係

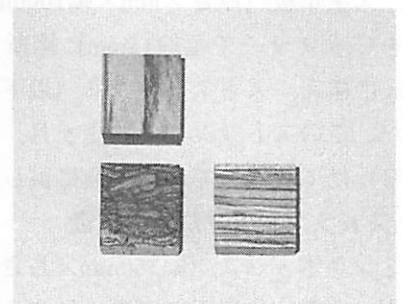


図-4 スギストランドの積層の方向性

と、即断はできないが、今回の結果は、スギ特性のバラツキが影響したものと推察する。今後、スギ原木の違いに起因するSLの強度的バラツキについても検討する必要があると思われる。

董ら⁹⁾は、ラワンおよびスギ単板からLSB

表-1 ストランドランバーの諸性質

曲げ強さ (kgf/cm ²)	平使い	913	(789~956)
	縦使い	918	(776~1012)
ヤング係数 (tf/cm ²)	平使い	103	(94.3~108.7)
	縦使い	110	(98.9~126.7)
縦圧縮強さ (kgf/cm ²)		600	(565~634)
部分圧縮比例限度 (kgf/cm ²)	平使い	57.7	(56.1~62.4)
	縦使い	79.7	(64.1~100.1)
5%部分圧縮強さ ⁷⁾ (kgf/cm ²)	平使い	71.8	(61.5~74.0)
	縦使い	110.6	(90.2~135.8)
せん断強さ (kgf/cm ²)	平使い	85.2	(77.9~88.1)
	縦使い	100.8	(95.2~102.0)
はく離強さ (kgf/cm ²)	平使い	8.6	(7.6~9.5)
	縦使い	22.4	(18.6~27.2)

平使い：圧縮方向から荷重をかけた場合
縦使い：圧縮方向に対し直角に荷重をかけた場合

表-2 ストランドランバーの膨張率

吸湿膨張率 (%)	材幅	1.9
	材せい	6.1
	材長	0.2
吸水膨張率 (%)	材幅	2.9
	材せい	10.6
	材長	0.2

材せい：圧縮方向
吸湿膨張率：気乾状態の試験片を相対湿度90%で吸湿させた時、気乾状態に対し実際に膨張した寸法の%。

(Long Stick Board) を試作し、その強度的性質を検討している。構造用面材料としてのLSBと我々が試作・検討しているSLとは、それぞれの目的とする用途は異なるが、董ら⁹⁾は、その研究報告の中で、スギLSBは、比重0.4のときMORが約200kgf/cm²、0.6のとき約600kgf/cm²、MOEがそれぞれ約50tf/cm²、約90tf/cm²であると報告している。また、宮武⁶⁾は、スギ製材端材を割裂して得られたストランドで製造したSSTのMORが比重0.66で722kgf/cm²、0.72で882kgf/cm²、0.75で885kgf/cm²、MOEが比重0.66で99tf/cm²、0.72で113tf/cm²、0.75で112tf/cm²であると報告している。我々が試作した比重0.6のSLは、MORが839kgf/cm²、MOEが116tf/cm²であった。これらの値は、董ら⁹⁾や宮武⁶⁾の報告より高い値である。このことから、スギ単板から製造したSLが新しく考案されたスギのLSBやSSTと少なくとも同等以上の曲げ強度性能を有するものと考えられる。また、比重0.6のSLは、現在一般に梁桁として使用されているベイマツと同等の曲げ強度性能を有する(表-3)。

3.3 圧縮強さ

圧縮強さについては、縦圧縮強さと部分圧縮強さを測定した。その結果を図-5と図-6に示す。SLの縦圧縮強さは、比重と高い正の相関を示した。SL(比重0.6)の縦圧縮強さは、ベイマツと同等以上の値を示しており、SLは、高い縦圧縮性能を有するものと考えられる。

部分圧縮比例限度は、SLの比重が0.8まで高い正の相関を示すが、比重1.0では、この正の相関が

表-3 スギストランドランバーと木質材料の強度性能比較

木質材料	項目	比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	縦圧縮強さ (kgf/cm ²)	部分圧縮比例限度 (kgf/cm ²)	せん断強さ (kgf/cm ²)
スギストランドランバー		0.60	839	116	607	74	65
スギ		0.38	650	75	350	—	60
ヒノキ		0.41	750	90	400	—	70
カラマツ		0.60	1025	120	455	55	89
ベイマツ		0.54	858	137	522	61	82
スギLVL(3mm15プライ) ¹⁾		—	415~568	—	—	—	—
SST ⁶⁾		0.66	722	99	—	—	—
LSB ⁹⁾		0.60	600	90	—	—	—

スギストランドランバー：比重0.6
木材工業ハンドブック改訂3版(1982), p188, p194

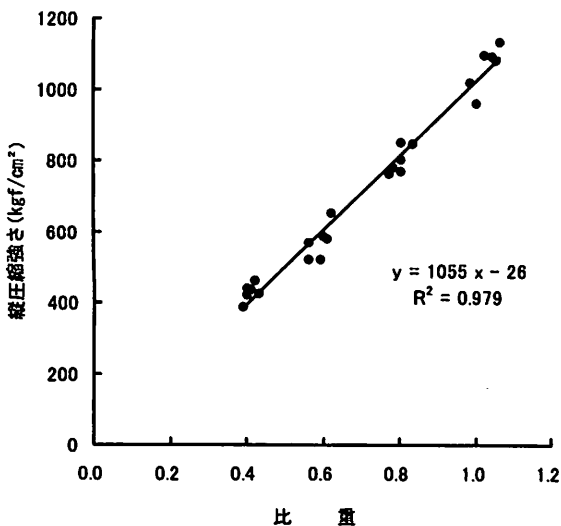


図-5 比重と縦圧縮強さの関係

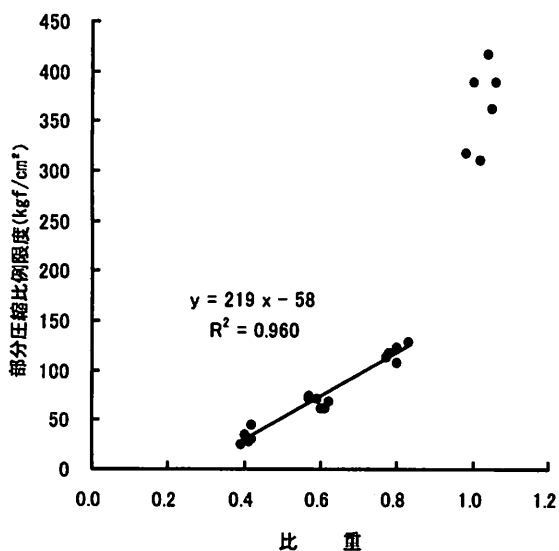


図-6 比重と部分圧縮比例限度の関係

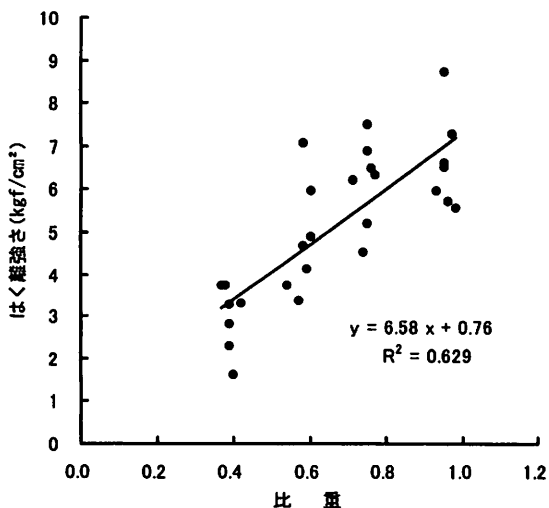


図-7 比重とはく離強さの関係

ら大きくはずれ、かなり高い値を示した。この原因は不明であるが、比重1.0のSLは、製造時に相当な圧力で圧密していることが一因と考えられる。

また、比重0.6のSLの部分圧縮比例限度は、表-3に示したいずれの樹種よりも高い値を示した。現在、主に土台として使用されているシベリヤ産カラマツの1.3倍以上、梁として用いられているベイマツの1.2倍以上の値を示したことから、SLは、土台や梁としての使用も考えられる。

3.4 はく離強さとせん断強さ

はく離強さは、図-7に示したとおり、他の強度的性質に比べ、比重との正の相関は低い。董ら⁹⁾は、SLBの比重が高くなるにつれ、はく離強さが増大するのは、比重が高くなるにつれて接着状況が改善されるためであると述べているが、SLの場合もバラツキは大きいものの同様の傾向が認められた。

図-8に示したように、せん断強さは、平使いでは、比重と高い正の相関を示した。はく離強さと比重の間の正の相関性が低いにもかかわらず、せん断強さと比重の間に高い相関性がある原因については不明であるが、今後、この点に関して検討する必要がある。

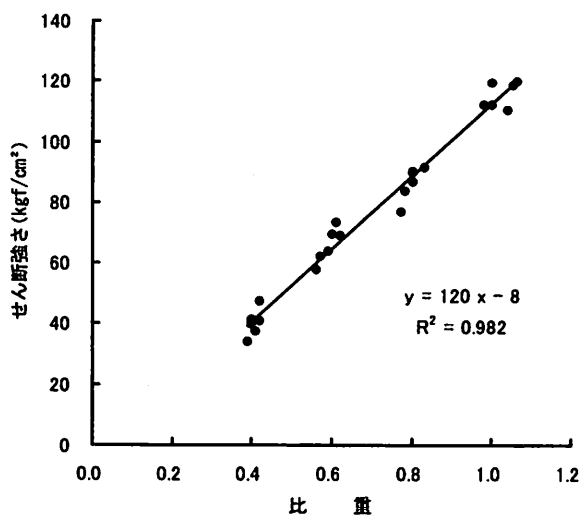


図-8 比重とせん断強さの関係

また、測定方法が異なるので、主な針葉樹のせん断強さと安易に比較はできないが、比重0.6のSLで比較してみると、総じて表-3に示した樹種よりやや低い値を示している。しかし、構造用単板積層材の日本農林規格の水平せん断性能⁸⁾による区分に従えば、この値は最高ランクの区分に入る。

3. 5 吸水膨張率

各方向の吸水膨張率を図-9に示した。材幅、材長方向での吸湿膨張率は小さいが、材せい方向（圧縮方向）の吸水膨張率は、比重と高い正の相関を示した。宮武⁶⁾は、スギSSTの寸法安定性について、煮沸・乾燥後の膨潤率が25~40%と大きく、今後、改善する必要があると述べている。SLの場合も比重0.6の場合、材せい方向の吸水膨張率が16%と、比較的高い値を示した。LSB、SST、パーティクルボードなど圧縮により原材料を圧縮して製造する製品は、往々にして圧縮方向の吸水膨張率が大きく、使用に際し問題となる場合がある。汎用製品であるパーティクルボードでは、JIS規格¹⁰⁾で、吸水厚さ膨張率が規定されている。しかし、この規定は、面材として使用するパーティクルボードが対象であるから、柱などの軸材としての使用を目的としているSLにそのまま適用するには疑問がある。今後、軸材の場合にはどの程度までの膨張率なら実際の使用に問題がないか、検討する必要がある。また、相対湿度90%の環境下にSLの試験体を置き、膨張するだけさせた場合の膨張率は（表-2）、材せい方向（圧縮方向）6.1%、材幅方向1.9%、材長方向0.2%であり、材せい方向の膨張率が大きい。このように、SLは、吸水および吸湿による材せい方向（圧縮方向）への膨張率が大きいので、住宅部材として使用する際、問題が生じないように製造時に寸法安定性を付与しておく必要があると考える。

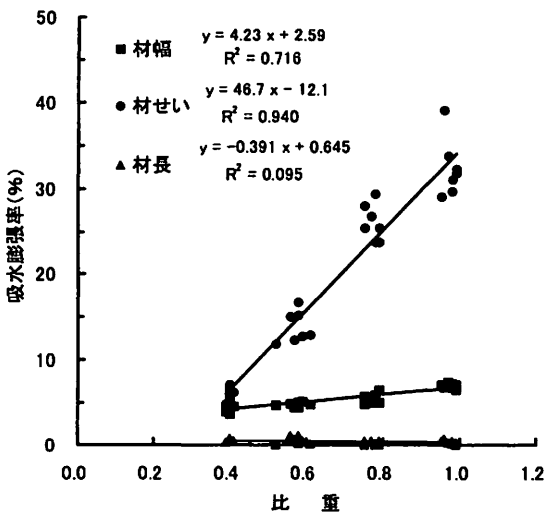


図-9 比重と吸水膨張率の関係

4. まとめ

以上の結果から次の結論を得た。

- 1) SLの比重が0.6以上であれば、曲げ強さ、ヤング係数、縦圧縮強さなどは、現在構造材として使用されている主な樹種と同等あるいはそれ以上の値を示した。
- 2) SLの比重が0.6以上であれば、表面性状に問題がなく、養生時に反り、ねじれ、カップなどの発生は認められなかった。
- 3) SLの異方性は、曲げ強さとヤング係数では認められなかったが、横圧縮強さ、せん断強さ、はく離強さ、吸湿および吸水膨張率では認められた。
- 4) 圧縮方向への吸水および吸湿膨張率が大きいので、寸法安定性を付与する必要がある。

今後は、SLの長さ方向への寸法を増加させるため、ストランドの適正ジョイント条件ならびにストランドが積層面からずれる角度が強度性能に及ぼす影響などについて、さらに検討する予定である。また、スギ原木の違いにより、試作したSLの強度性能にバラツキが生じると考えられるので、この点についても検討する必要があると考える。

文 献

- 1) 林 知行：木材工業 54(2), 60-65 (1999).
- 2) 鷲見博史：“新しい木質建材”，日本木材新聞，1995, p76-79.
- 3) 川井秀一，佐々木光：材料 37(423), 1479-1478 (1988).
- 4) 川井秀一：木材研究 33, 26-32 (1997).
- 5) 辻 健：木材工業 53(3), 136-139 (1998).
- 6) 宮武 敦：研究ジャーナル 19(9), 17-23 (1996).
- 7) 日本規格協会：“日本工業規格 (JIS)”，Z2101-1994.
- 8) 日本合板検査会：“構造用単板積層材の日本農林規格”。
- 9) 董志浩，大熊幹夫：木材工業48(9), 417-420 (1993).
- 10) 日本規格協会：“日本工業規格 (JIS)”，A-5908-1994.

Summary

Parallel strand lumber with specific gravities of 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0 were made from strands prepared from commercially available sugi plywood, and the mechanical properties were examined. Results are as follows;

- 1) Mechanical properties were improved in accordance with an increase in specific gravity. Bending strength and Young's modulus in bending of the parallel strand lumber with a specific gravity of 0.6 were 839 kgf/cm², 116 tf/cm², respectively, and these values were equivalent to or more than those of principle structural timbers obtained from defect-free pieces.
- 2) Parallel strand lumber with a specific gravity above 0.6 had smooth surfaces, and showed no warping, twist or cupping after curing.
- 3) Parallel strand lumber did not show anisotropy on bending strength and Young's modulus in bending, but did on 5% compressive strength perpendicular to the grain, compressive strength parallel to the grain, shearing strength, peeling strength, coefficient of swelling by vapor sorption and water absorption.
- 4) Coefficient of swelling by vapor sorption and water absorption in the press direction was large. Thus, the addition of dimensional stability to the parallel strand lumber was necessary.