

4 県産スギ横架材の強度性能に関する研究（県単：H28～30）

林崎 泰

1．目的

佐賀県内の人工林は、長引く木材価格の低迷により立木伐採が見送られ、齢級構成のピークが9齢級から10齢級へと移行しており、住宅や大規模木造建築物の梁・桁等として利用出来る大径木が数多く存在している。そのため、県産スギ材の強度性能を明らかにすることで、大径材の木造建築物の構造材としての利用促進並びに県産材の需要増加が期待される場所である。

そこで今回、本研究において構造材として使用される県産スギ大径材の強度性能を明らかにし、県産スギ横架材のスパン表を作成することで一般住宅や木造建築物への利用拡大を図ることを目的とした。

2．試験の概要

県産スギ心持ち平角材(255mm×135mm×4,000mm)を60本製材所より購入し、人工乾燥とハウス乾燥の後、モルダ―掛けを行い、材せい(高さ)240mm、材幅120mmの寸法に仕上げたものを用いた。

人工乾燥については、本試験場内の高温蒸気式乾燥機(玄海テック株式会社製)を用いて、高温セットのみの操作を行った。ハウス乾燥については、鉄パイプ等の代用として竹を用いたビニールハウス内(写真-1)で行うこととした。人工乾燥条件及び乾燥工程については表-1に示す。

ハウス乾燥後、県内製材所でモルダ―掛けを行い、陸路で茨城県つくば市の国立研究開発法人森林総合研究所へ運送し、実大強度試験を行うこととした。

なお、各種調査項目については、本試験場内の調査として、人工乾燥前後における長さ、重量、材せい、材幅、固有振動周波数を測定した。また、モルダ―掛け終了後には人工乾燥前後の調査に加えて、日本農林規格の製材品の目視等級調査方法に準じて欠点調査を行った。



写真-1 竹ビニールハウス内での乾燥

表 - 1 試験材人工乾燥条件

	高温セット			試験体数 (体)	乾燥開始 時期	ハウス内乾燥期間 (月数)
	初期蒸煮	高温乾燥				
乾球温度	85°C	120°C	+	20	6月中旬	4.5
湿球温度	85°C	85°C		20	5月中旬	5.5
乾燥時間	8時間 (昇温1時間)	30時間 (昇温1時間)		20	4月初旬	7.0

3 . 試験方法

1) 佐賀県産スギ平角材の動的ヤング係数の測定及び欠点調査

(1) 試験体寸法計測及び動的ヤング係数測定

試験体 60 本について材長、材せい、材幅（材せい及び材幅は試験体中央部で計測）の計測を行った。なお、計測の際に材表面（4材面）にA、B、C、Dを記入し、寸法計測後の欠点調査での作業を効率的に行えるようにした。また、材せい材幅の計測にはデジタルノギスで計測した。

寸法計測後、FFTアナライザ（RION社製）を用いて縦振動法により固有振動周波数を測定した。得られた固有振動周波数により動的ヤング係数を算出した。

(2) 欠点調査

今回の試験体はJAS針葉樹構造材の甲種構造材（構造用）にあたり、製材の日本農林規格で定められている目視等級区分を明らかにするため、日本農林規格における試験体の欠点調査を行った。欠点調査については製材品の目視等級調査方法に準じて行った。



写真 - 2 欠点調査状況

2) 実大曲げ破壊試験

株式会社 東京衡機製造所製の実大曲げ試験機を用いて曲げ破壊試験を行った。曲げ破壊試験については、構造用木材の強度試験マニュアルに準じて行

うこととし、支点間距離 3,900mm (梁せいの 16 倍)、荷重点間距離 1,200mm (梁せいの 5 倍)、荷重点から支点間距離 1,350mm (梁せいの 5.5 倍) の 3 等分点 4 点荷重方式により、A 材面へ最大荷重に達するまで荷重をかけた (写真 3、4)。

荷重点間における真の曲げヤング係数を測定するため、800mm のヨークを用いてモーメント一定区間のたわみを測定し、真のヤング係数を算出した。また、せん断を含んだ試験体全体の曲げヤング係数 (みかけ) を測定するため、中央部に変位計 (東京測器 製 SDP-200D) を設置した (写真 5)。破壊した試験体については、荷重点間における写真をとり、欠点調査を行った野帳に破壊状況を記録した。また、非破壊部から 2cm の試験片を 2 枚切り出し、一つは全体の試験体の含水率調査用とし、もう一つは試験片を写真 - 6 のように 5 分割し、箇所別での含水率調査用として全乾法を行い含水率を推定した。



写真 - 3 実大曲げ試験機



写真 - 4 実大試験機による载荷状況



写真 - 5 変位計設置状況

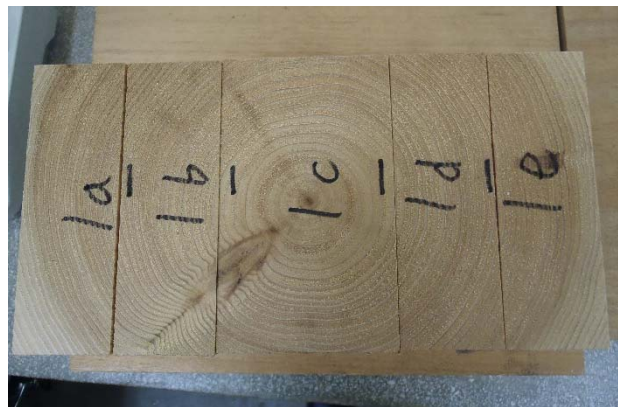


写真 - 6 箇所別での試験体採取

4. 結果と考察

1) 欠点調査結果

欠点調査結果を表 - 2 に示す。

目視等級 1 ~ 3 級のものがみられたが 3 級に格付けされたものの多くが、材縁部の単独節によるものであった (写真 - 7)。

表 - 2 欠点調査による目視等級区分付け

目視等級 区分	試験体数 (体)	割合 (%)
1 級	40	67
2 級	16	27
3 級	4	7



目視等級 1 級の試験体 (破壊試験後)



目視等級 3 級の試験体 (破壊試験後)

写真 7 目視等級区分材 (1 級と 3 級)

2) 含水率分布について

(1) 全体含水率

試験体の含水率について表 - 3 及び図 - 1 に示す。

約 9 割 (52 体) の試験体で、目標含水率 20% を下回っていた。

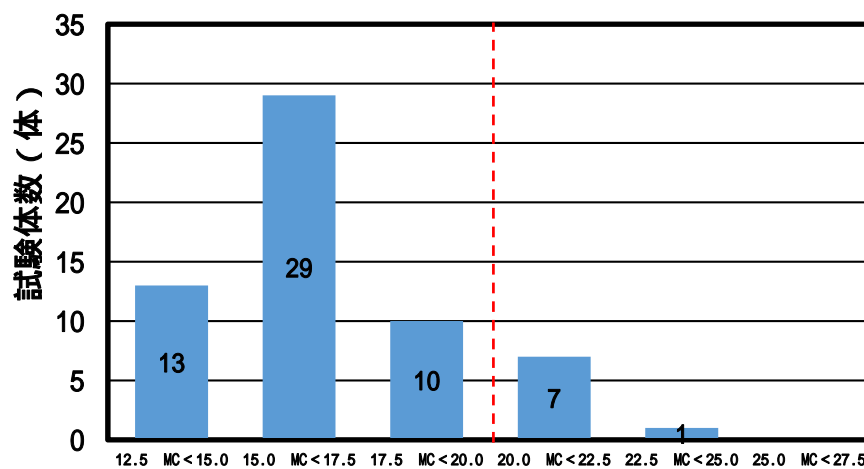


表 3 試験体含水率概要

試験体数	60
平均値	16.97
最小値	13.15
最大値	24.98
標準偏差	2.43
変動係数(%)	14.32

図 - 1 試験体含水率分布

※MC (含水率)

(2) 採取箇所別含水率

試験体から採取した a~e の箇所別の含水率について、表 - 4 及び図 - 2 に示す。全試験体を採取箇所別に分けて、平均したものを全試験体平均含水率傾斜、乾燥期間別に試験体を分け、さらに採取箇所別に分けて平均したものを乾燥期間別含水率傾斜とする。

平均値でみると、全ての箇所で含水率 20%以下であったが、最大値でみると全ての箇所で含水率 20%以上のものがみられている。

なお、今回の試験体については、人工乾燥後のハウス乾燥期間が 4.5 ヶ月、5.5 ヶ月、7 ヶ月（各 20 体ずつ）と異なっており、乾燥期間別で区分した含水率傾斜について図 - 3 に示す。

乾燥期間 4.5 ヶ月のものは採取箇所 c において 20%近い含水率となっていたが、その他の採取箇所並びに乾燥期間 5.5 ヶ月及び 7 ヶ月については含水率 20%を大きく下回っていた。

そのため、乾燥期間を長く（今回の調査では 6 か月以上）設けることで、試験体内部の乾燥も図ることができると考えられた。

表 - 4 採取箇所別含水率

採取箇所	平均値 (%)	最小値 (%)	最大値 (%)	標準偏差	変動係数 (%)
a	15.29	12.32	22.78	2.50	16.35
b	17.46	14.32	25.89	2.45	14.03
c	17.97	14.42	27.93	2.97	16.53
d	17.59	14.27	25.19	2.71	15.40
e	15.41	12.54	21.23	2.71	17.59

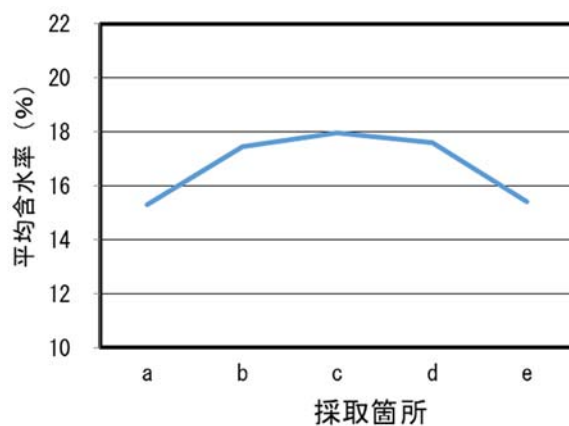


図 - 2 全試験体平均含水率傾斜

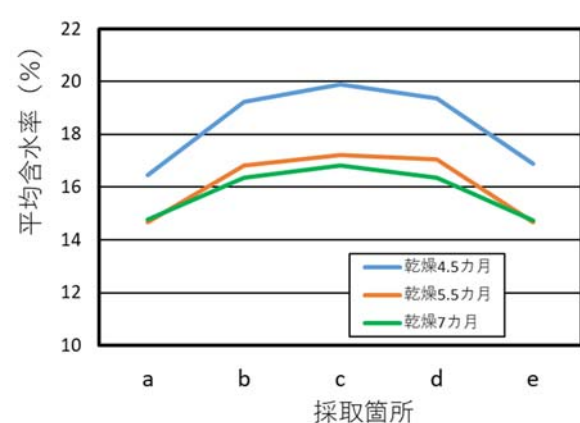


図 - 3 乾燥期間別含水率傾斜

3) 強度特性値調査結果

曲げ強度とヤング係数の調査結果について表 - 5 及び図 - 4 に示す。

なお、今回使用した試験体について、すべて気乾状態（含水率 15%）への含水率補正を行うこととした。

曲げ強度とみかけの曲げヤング係数の間に正の相関がみられた。

また、動的ヤング係数とみかけの曲げヤング係数の間に高い相関がみられた。そのため、非破壊による動的ヤング係数の測定結果を用いて、ある程度の曲げヤング係数の判別が可能と考えられる。

表 - 5 強度特性値調査結果

	Densi-15 (kg/m ³)	Efr-L 動的ヤング (kN/mm ²)	E-app みかけ (kN/mm ²)	MOR 曲げ強度 (N/mm ²)
試験体数(体)	60	60	60	60
平均値	434	7.12	7.13	38.8
最小値	361	5.02	5.26	31.0
最大値	534	11.59	10.90	48.2
標準偏差	36	1.18	1.04	4.0
変動係数(%)	8.3	16.6	14.7	10.3

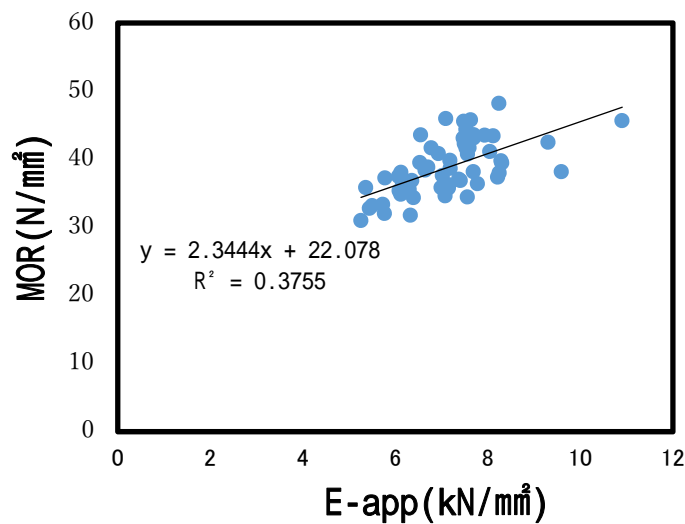


図 - 4 曲げ強度とみかけの曲げヤング係数との関係

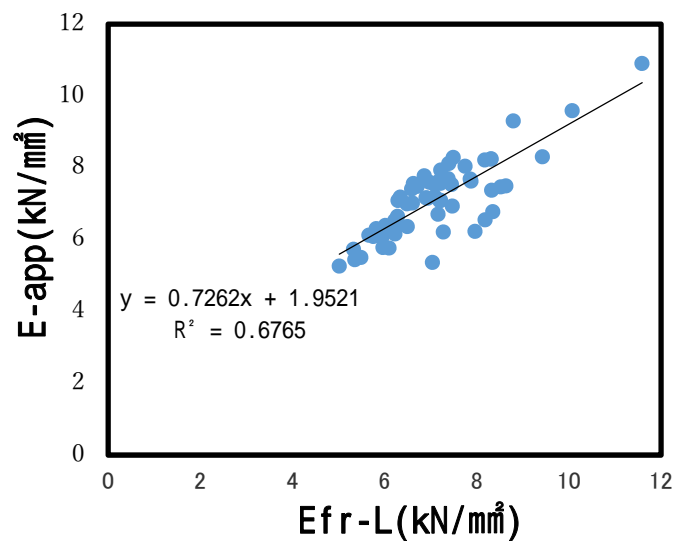


図 - 5 動的ヤング係数とみかけの曲げヤング係数との関係

4) その他(曲げ強度及びヤング係数の補正)

今回の試験体について「構造用木材の強度試験マニュアル」P90の含水率補正式及び「製材品の強度性能に関するデータベース」P5 4.2.4 荷重条件による曲げヤング係数の補正及び P6 4.2.5 荷重条件による曲げ強度の補正により、含水率及び荷重条件による強度特性値の補正(3等分点4点荷重方式の標準荷重条件への補正)を行い、補正前後における曲げヤング係数と曲げ強度の比較を行った。なお、今回の試験結果については、構造用木材の強度試験マニュアル P90に記載されている含水率補正式を用いた。

○補正内容

含水率 平均含水率 18.7% → 含水率 10%以上 18%未満の試験体は気乾状態含水率 15%へ補正
含水率 18%以上の試験体は気乾状態含水率 18%に補正

荷重条件 支点間距離 3,900mm → 4,320mm へ補正
荷重点間距離 1,200mm → 1,440mm へ補正
荷重点から支点間距離 1,350mm → 1,440mm へ補正

5. 試験結果まとめ

今回の試験において、佐賀県産スギ平角材 60本の動的ヤング係数、曲げヤング係数、曲げ強度の試験及び調査を行ったが、そのとりまとめデータのみかけの曲げヤング係数より日本農林規格に定められた機械等級区分に基づき評価した結果を表 - 6 に示す。

その結果、規格外のものは無く、全ての試験体で E-50 以上であった。少なくとも今回の試験においては JAS に規定された基準強度性能を有していることが確認された。

表 - 6 本試験結果に基づく機械等級区分評価

機械等級区分	試験体数(体)	割合(%)	等級別曲げ強度(N/mm ²)		
			平均	最小	最大
E50未満	0	0.0%	-	-	-
E50	7	11.7%	33.6	31.0	37.2
E70	43	71.7%	39.0	31.8	46.0
E90	9	15.0%	40.9	38.0	48.2
E110	1	1.7%	45.7	45.7	45.7

6.今後の計画

今回の試験では、平角材 60 本の強度試験を実施したが、大きく外れ値をとるような試験体は見られず、機械等級区分で見ると、ほとんどの試験体が E50 ~ E90 の間に分布していた。昨年度の平角 40 本の結果においても、同様の傾向がみられた。平成 30 年度についても、新たに平角材 60 本の強度試験を行い、強度分布やばらつきを調査したい。

この課題の最終的な出口については、県産スギ横架材のスパン表の作成としている。そのため、蓄積した調査データを用いてスパン表の作成について取り組んでいきたい。

また、強度試験の主旨と若干異なるが、ハウス乾燥期間の違い（長さ）により、試験体の含水率（特に内部含水率）が大きく異なっていたことから、今後とも試験体作製における乾燥方法とその期間や時期について分析・検討を行っていきたい。