

3 カラマツ構造用集成材の材端部横圧縮試験

木材部 伊東嘉文、橋爪丈夫

3.1 緒言

構造用集成材の接合は、通常はボルト締めによって行われており、集成材の幅方向に加圧される場合の材端部横圧縮強さが明らかにされている必要がある。そこで、構造用カラマツ集成材の材端部横圧縮試験を、(財)日本住宅・木材技術センターとの共同研究(エンジニアリングウッド性能評価事業)の一環として行った。

3.2 研究の方法

3.2.1 材料

筆者らは既にカラマツ同一等級構成集成材について曲げ試験を行い¹⁾、その非破壊部分から得た材料を用いて行った短柱縦圧縮試験の結果を報告している²⁾。本試験における材料は短柱圧縮用として調製されたものの一部であった。その内訳はL60(連続測定式グレーディングマシンで分割して測定したラミナの曲げヤング係数が $60 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上 $70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 未満のラミナ10枚で構成された集成材)10体、以下同様にL70($70 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上 $80 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 未満)22体、L100($100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上 $110 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 未満)16体、L110($110 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 以上 $120 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 未満)15体の計63体であった。

寸法はラミナ幅15cm、積層方向の厚さ24cm、長さ43.3cmとした。試験体の長さはISOのドラフトに従えば、材せい(15cm)の6倍、即ち90cmが必要であるが、前述の都合によりその半分以下の試験体長とせざるを得なかった。また、(加圧板の幅+材せい/2)の区間には欠点の存在が許されないこととされているが、集成材ではラミナの全てに節を含まない区間は稀であり、本試験では止むを得ず一部に節等が含まれていた。

3.2.2 試験の方法

試験機は(株)島津製作所 CCM-2000kNを用い、ISOのドラフト(DRAFT NO.2: STRUCTUREAL TIMBER-TESTING, SAMPLING, AND EVALUATION OF CHARACTERISTIC

VALUES OF TRESSGRADED TIMBER, 1997,P.14)の方法に準拠して行い、試験の概念図を図3-1に示した。

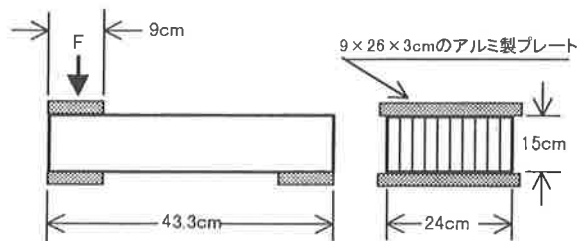


図3-1 試験体と材端部横圧縮試験概念図

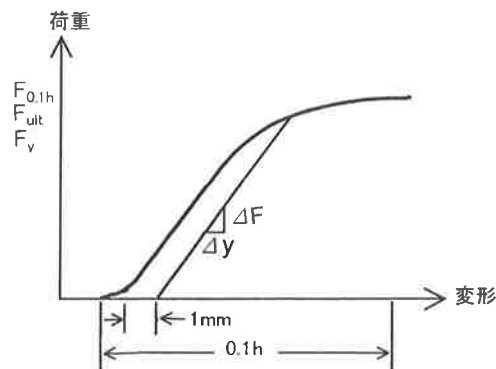


図3-2 横圧縮荷重変位曲線

荷重と変位の関係から比例限度荷重 F_p 、最大荷重 F_m (破壊荷重 F_{ult} 、或いは材せいの10%の変形が生じた時の荷重 $F_{0.1h}$ の小さい方の荷重)、荷重変形曲線及びその直線部分を延長し、更に変形の増加方向に1mmずらした直線との交点における荷重 F_y を測定し(図3-2)、それぞれを加圧面積($90 \times 240 \text{ mm}$)で除して横圧縮比例限度強さ(めり込み比例限度強さ) f_p 、横圧縮強さ(めり込み強さ) f_m 、横圧縮降伏強さ(めり込み降伏強さ) f_y を計算した。また、みかけの材端部横圧縮ヤング係数 E を次式により計算した。

$$E = \Delta F \times d / \Delta Y \times A \quad (\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2)$$

d : 試験体の高さ、 ΔF : 比例域内における上限荷重と下限荷重の差、 ΔY : ΔF に対応する変位量、 A : 加圧面積

また、集成材の上辺部で、個々のラミナについて水平方向との年輪角度を測定し、図3-3のよ

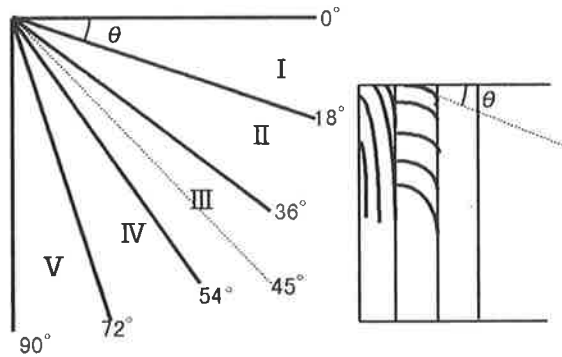


図3-3 ラミナの年輪角度の区分と測定方法

うに角度を I ~ V の 5 段階に区分した。

3.3 結果と考察

3.3.1 試験体の密度

密度は、ラミナがヤング係数によって区分されているため、正の相関が認められている密度とヤング係数との関係を反映して、表3-1のように等級の低いL60、L70が低く、等級の高いL100、L110が高かった。密度と横圧縮強度との関係は、ここでは認められなかった。

3.3.2 構成ラミナの機械等級区分と材端部横圧縮強度との関係

横圧縮比例限度強さ(f_p)は、平均値でL60が50 kgf/cm^2 、L110が41 kgf/cm^2 と、等級の低い集成材ほど高い傾向が認められた(表3-1、図3-4)。

横圧縮降伏強さ(f_y)は、平均値でL60が65 kgf/cm^2 、L110が56 kgf/cm^2 であり、L100が61 kgf/cm^2 とやや例外も見られたものの、全体としては f_p と同様な傾向が見られた(表3-1、図3-5)。

横圧縮強さ(f_m)については、前述のように破壊荷重、或いは材せいの10%の変形が生じた時の荷重の小さい方を最大荷重とした。このうち、10%変形時荷重を最大荷重としたものが63体中42体であり、残り21体については破壊荷重としたが、

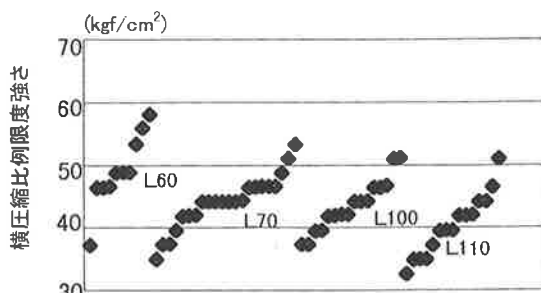


図3-4 機械等級区分別 横圧縮比例限度強さ

表3-1 等級区分別の各種横圧縮強度等

構成ラミナの機械等級区分	L60	L70	L100	L110
試験体数	10	22	16	15
平均値(kg/m^3)	484	462	535	538
最小値(kg/m^3)	473	439	521	508
最大値(kg/m^3)	504	501	553	565
標準偏差	10.0	16.9	9.8	15.1
変動係数(%)	2.1	3.7	1.8	2.8
平均値(kgf/cm^2)	50	45	44	41
最小値(kgf/cm^2)	38	36	38	33
最大値(kgf/cm^2)	59	54	52	52
標準偏差	0.6	0.4	0.4	0.5
変動係数(%)	11.3	9.7	9.4	12.0
平均値(kgf/cm^2)	65	59	61	56
最小値(kgf/cm^2)	55	51	56	47
最大値(kgf/cm^2)	75	72	70	64
標準偏差	0.6	0.5	0.4	0.4
変動係数(%)	9.0	8.1	6.0	8.0
平均値(kgf/cm^2)	94	90	95	89
最小値(kgf/cm^2)	83	81	85	73
最大値(kgf/cm^2)	103	98	107	104
標準偏差	0.5	0.5	0.6	0.8
変動係数(%)	5.5	5.4	6.4	9.5
平均値($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	6.9	6.6	6.3	5.4
最小値($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	5.6	5.3	5.3	4.2
最大値($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)	8.0	9.1	7.5	6.4
標準偏差	0.1	0.1	0.0	0.1
変動係数(%)	11.3	13.7	8.0	9.7

このような試験では明瞭な現象としての破壊が出現しないため、破壊荷重の見極めが困難であり、正確性に欠ける部分もあったことを考慮する必要がある。このことに起因してか、結果は表3-1、図3-6のように等級区分との関係は特に認められなかった。

横圧縮ヤング係数(E)については、平均値でL60が $6.9 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、L70が $6.6 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、L100が $6.3 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、L110が $5.4 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ と、表3-1、図3-7のとおり、下位等級の集成材ほど高く、上位等級の集成材ほど低い傾向が認められた。

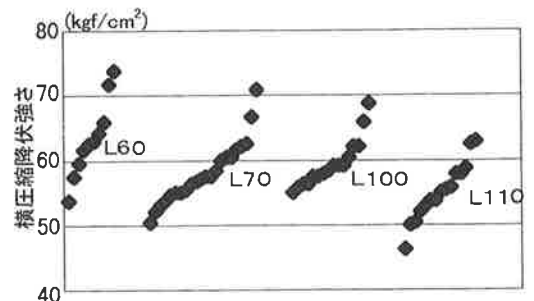


図3-5 機械等級区分別 横圧縮降伏強さ

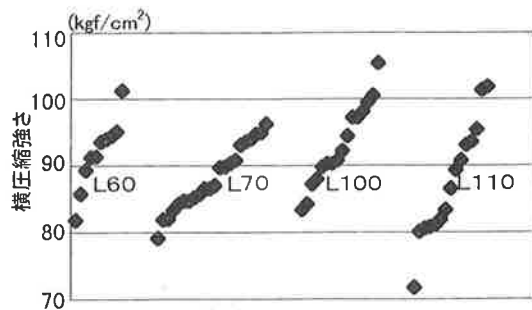


図3-6 機械等級区分別 横圧縮強さ

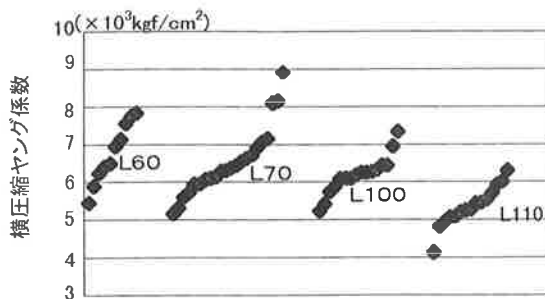


図3-7 機械等級区分別 横圧縮ヤング係数

3.3.3 構成ラミナの年輪角度と機械等級区分及び材端部横圧縮強度との関係

3.3.2から、構成ラミナの等級と横圧縮強度に逆の傾向が認められることについてラミナの年輪の方向と加圧方向との関連が考えられたため、図3-3の方法によりラミナの年輪と幅方向とのなす角度について検討した。表3-2は各試験体のラミナの平均年輪角度を等級区分別に更に平均したもの、及び前述の方法による区分のⅠ及びⅢの占める比率（10層中の枚数）を等級区分別に表したものである。

表3-2 等級区分別年輪角度

構成ラミナの機械等級区分	L60	L70	L100	L110
試験体数	10	22	16	15
平均値(度)	21.1	16.5	29.5	36.5
平均年輪角度				
最小値(度)	13.6	10.3	24.2	29.2
最大値(度)	34.6	25.5	36.0	40.9
標準偏差	7.12	4.44	3.23	3.17
変動係数(%)	33.7	26.8	11.0	8.7
年輪角度のⅠの比率(%)	50.0	57.7	27.5	12.0
構成比率Ⅲの比率(%)	4.0	10.5	34.4	52.6

表3-2のとおり平均年輪角度は下位等級のL60、L70では小さく、上位等級のL100、L110では大きかった。また、同表下欄及び図3-8のとおり、上位等級構成集成材ではⅠの比率が小さく、Ⅲの比率が大きかった。一方、下位等級構成集成材ではⅠの比率が大きく、Ⅲの比率が小さかった。

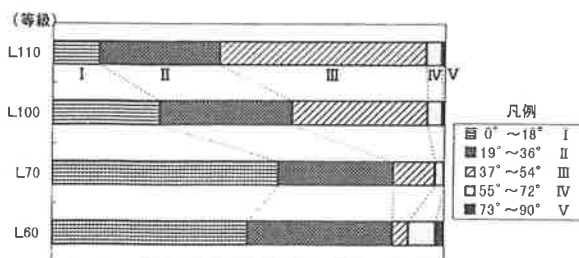


図3-8 等級別ラミナの年輪角度の構成比率

更に、図3-9及び図3-10は10層中でⅠ及びⅢの占める枚数と横圧縮ヤング係数との関係を示したものであるが、ここでもやはり、Ⅰが多い試験体は横圧縮ヤング係数が高く、Ⅲが多い試験体は低い傾向が認められた。

これらのことから考察すると、本試験材を構成するラミナは中小径材からの採材であり、上位等級ラミナ（ヤング係数の高いラミナ）は丸太の外側に近い成熟材の多い部分から採材された板目材が多く、下位等級ラミナは未成熟材の多い内部の髄付近から採材された柾目に近い材が多い。従って、これを集成材としラミナの幅方向（平使い）への加圧であれば、上位等級ラミナは年輪の方向が斜め～接線方向へ横圧縮され、下位等級ラミナでは半径方向へ横圧縮される場合が多くなる。

針葉樹の場合、横圧縮では年輪の半径方向への加圧に対して最も強度が高く、次いで接線方向、最も低いのが45度方向とされており³⁾、本試験ではこのことを反映した結果となった。このことから、集成材の平使い方向の横圧縮強さは、構成するラミナの機械等級よりも、木取りからくるラミナの年輪角度と加圧方向の関係による影響が大であると推測されたが、限られた試験体数であり、更なる検討が必要であると考えられた。

3.4 要旨

長野県産カラマツの同一等級構成構造用集成材の材端部横圧縮試験を行い、横圧縮強さを求めた。加圧方向は積層方向に平行（平使い方向）とした。

その結果、4つの等級区分（L60、L70、L100、L110）のラミナ10枚から構成された同一等級構成の集成材試験体では、横圧縮比例限度強さ・横圧縮降伏強さ・横圧縮ヤング係数について、上位等級構成集成材よりも、下位等級のそれの方が大きい値となる傾向が認められ、ラミナの等級とは

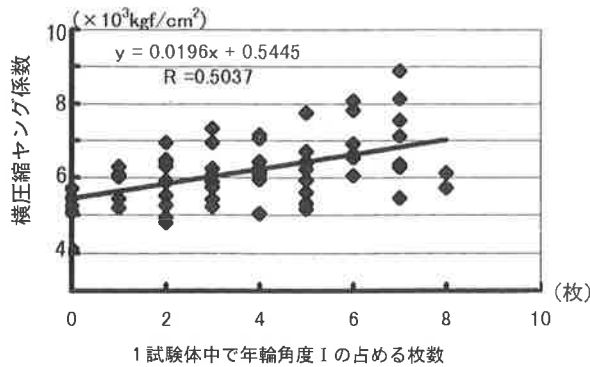


図3-9 年輪角度Ⅰ (0° ~18°) とEとの関係

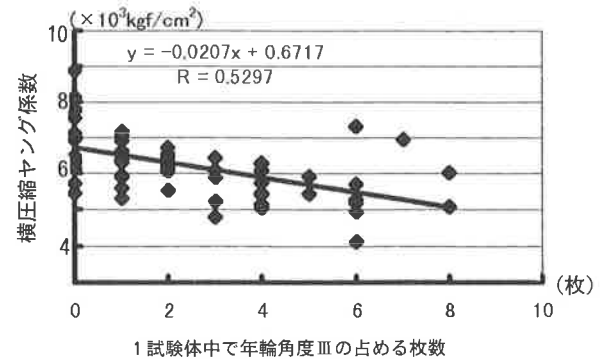


図3-10 年輪角度Ⅲ (37° ~54°) とEとの関係

逆の結果となった。

この原因として、次のようなことが考えられた。

中小径材からの採材の場合、上位等級ラミナは丸太の外側部分から採材された板目材が多く、下位等級ラミナは内部の髓付近から採材された柾目に近い材が多い。従って、これを集成材としラミナの幅方向 (平使い) への加圧であれば、上位等級ラミナは年輪の方向が、ヤング係数が最も低い斜め方向、及び、次いで低いとされている接線方向へ横圧縮され、下位等級ラミナでは最も高いとされている半径方向へ横圧縮される場合が多くなる。

このことから、集成材の平使い方向の横圧縮強さは、ラミナの機械等級よりも木取りによる年輪角度の影響を受けると推測された。

キーワード

加圧方向、カラマツ同一等級構成集成材、
年輪角度、等級区分、材端部横圧縮

引用文献

- 1) 橋爪丈夫、斉藤健、武田孝志、石原茂久 (1997) : カラマツ同一等級ラミナ構成集成材の強度性能、材料46(4)、395-400
- 2) 門脇太郎、武田孝志、橋爪丈夫、徳本守彦 (1998) : カラマツ同一等級構成集成材の縦圧縮強度性能、材料47(6)、631-636
- 3) 農林水産省林業試験場監修 (1982) : 改訂3版木材工業ハンドブック、丸善、132