



第6図 ヒノキラミナの強度等級分布(410, 204たて継ぎ用)

3.2 強度試験

3.2.1 ヒノキ2×4同一等級構成2枚積層集成材

3.2.1.1 試験材製造

径級18~20cm、長さ3.5m及び2mの原木丸太から木取り断面寸法27×117mmで挽き出された原材料を乾燥後、等級区分機により強度等級区分した。試験用集成材は目標強度等級をE95-F270, E105-F285として、第2図、第3図に強度等級分布を示すロットから、それぞれL100, L110の等級のラミナを使用し、「構造用集成材の適性製造基準」に基づいて、長さ3,000mmの同一等級構成2枚積層集成材を製造した。接着剤は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の構造部材の使用環境区分の使用環境Ⅲ（JAS構造用集成材の使用環境Cと同等と思われる）での使用を想定して、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.1.2 試験方法

試験材E95-F270, E105-F285をそれぞれ100体ずつ合計200体を岡山県農林水産総合センター森林研究所木材加工研究室（以下、試験場とする。）へ持ち込み、測定項目に見合う試験体を切り出した。すなわち、試験材は全て全乾法による含水率を測定するため、その両端部の150mm程内側から厚さ10~20mmの含水率測定用試験体を採材した。その後、試験材E95-F270, E105-F285のそれぞれから無作為に50体ずつを選別して、曲げ試験体（長さ1,780mm）を採り、余尺を付けてたて圧縮試験体（長さ225mmの両端面が平行

になるように、後で再加工)、せん断試験体（せん断面 25×25mm の試験体を再加工）を採材した。残りの試験材各 50 体、合計 100 体は長さ 2,340mm に切断して、引張試験体とした。

① 曲げ試験

曲げ試験は、試験体を組合員企業（院庄林業株）の研究室へ搬入し、インストロン 5588H 型強度試験機で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠した。すなわち、荷重方向はエッジワイズ、荷重方式は 4 点荷重、支点間距離は材せい(89mm)の 18 倍の 1,602mm、荷重点間距離は材せい(89mm)の 4 倍の 356mm、荷重速度は 10mm/min とした。

以下の強度試験は試験場へ依頼した。

② 引張試験

引張試験は飯田工業株製 NET-401 引張試験機で行われた。試験方法は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の試験法に準拠し、引張治具間距離は試験体断面の長辺(89mm)の 9 倍以上とした。この基準の場合、この試験機の仕様では 1,140mm となる。なお、両側の引張チャック部はそれぞれ 600mm である。

③ たて圧縮試験

たて圧縮試験は TKS 社製 WU-3MN 強度試験機で行われた。試験体長さは、本事業技術専門部会委員の指導（座屈の影響を抑えるため、細長比 30 以下）により、225mm（細長比 20.5）とした。

④ せん断試験

せん断試験はインストロン 5588H 型強度試験機で行われた。試験方法は「集成材の JAS」構造用集成材のブロックせん断試験に準拠し、せん断面 25×25mm として、接着層のせん断強さを測定した。

3.2.1.3 測定結果

それぞれの測定結果を集計すると、第 4 表のとおりである。

第 4 表 ヒノキ 2×4 同一等級構成 2 枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)	せん断強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	11.7	11.0	49.2	33.9	43.2	13.3
	標準偏差	0.5	0.6	7.4	5.4	3.8	1.7
	最大値	12.6	12.2	64.5	42.3	54.1	16.6
	最小値	10.7	9.8	33.0	22.8	31.4	9.3
E105-F285	平均値	12.8	12.2	56.3	37.3	45.0	13.1
	標準偏差	0.5	0.6	8.6	6.7	3.0	1.8
	最大値	13.6	13.4	76.7	52.8	53.8	18.3
	最小値	11.5	10.5	36.1	19.3	37.7	9.6

※ 測定試料数：各試験 50 体

含水率(平均) : E95-F270;10.4%、E105-F285;10.3%

気乾比重(平均) : E95-F270;0.45、E105-F285;0.47

第4表において、曲げ性能の値はすべて構造用集成材のJASの規格を満たしている。したがって、強度性能に関しては、JAS製品として不都合はない。

3.2.2 ヒノキ2×6同一等級構成2枚積層集成材

3.2.2.1 試験材製造

径級20～24cm、長さ3mの原木丸太から木取り断面寸法25×153mmで挽き出された原材料を乾燥後、等級区分機により強度等級区分した。試験用集成材は目標強度等級をE95-F270、E105-F285として、第4図、第5図に強度等級分布を示すロットから、それぞれL100、L110の等級のラミナを使用し、「構造用集成材の適性製造基準」に基づいて、長さ4,000mmの同一等級構成2枚積層集成材を製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.2.2 試験方法

試験材E95-F270、E105-F285のそれぞれから無作為に50体ずつを選別して、合計100体を試験場へ持ち込んだ。全乾法による含水率を測定するため、その両端部の150mm程内側から厚さ10～20mmの含水率測定用試験体を採材した後、引張試験体(長さ2,900mm)、たて圧縮試験体(長さ325mmの両端面が平行になるように、後で再加工)、せん断試験体(せん断面25×25mmの試験体を再加工)を採材した。残りの試験材各50体、合計100体は組合員研究室へ持ち込み、曲げ試験体(長さ2,800mm)とその両側から含水率測定用試験体を採材した。試験は、すべての測定項目で前項の2×4集成材の場合と同じ機材を使用した。

① 曲げ試験

曲げ試験は、「集成材のJAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠して、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。すなわち、荷重方向はエッジワイズ、荷重方式は4点荷重、支点間距離は材せい(140mm)の18倍の2,520mm、荷重点間距離は材せい(140mm)の4倍の560mm、荷重速度は10mm/minとした。

② 引張試験

引張試験は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の試験法に準拠し、引張治具間距離は試験体断面の長辺(140mm)の9倍以上とした。この基準の場合、試験場の試験機の仕様では1,700mmとなる。なお、両側の引張チャック部はそれぞれ600mmである。

③ たて圧縮試験

たて圧縮試験は、本事業技術専門部会委員の指導(座屈の影響を抑えるため、細長比30以下)により、325mm(細長比29.5)とした。

④ せん断試験

せん断試験は、「集成材のJAS」構造用集成材のブロックせん断試験に準拠し、せん断面25×25mmとし、接着層のせん断強さを測定した。

3.2.2.3 測定結果

それぞれの測定結果を集計すると、第5表のとおりである。

第5表 ヒノキ2×6同一等級構成2枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)	せん断強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	11.0	10.7	44.1	29.8	41.8	13.2
	標準偏差	0.6	0.6	6.8	5.2	2.2	2.4
	最大値	12.0	12.1	59.9	38.9	47.3	19.1
	最小値	9.2	9.2	26.2	17.0	37.6	8.5
E105-F285	平均値	11.9	11.9	49.4	31.0	43.7	13.0
	標準偏差	0.8	0.6	6.6	4.1	3.1	2.1
	最大値	13.8	13.2	61.0	40.9	50.4	21.9
	最小値	10.3	10.7	27.4	21.7	35.8	8.8

※ 測定試料数：各試験 50 体

含水率(平均)：E95-F270;10.4%、E105-F285;10.2%

気乾比重(平均)：E95-F270;0.48、E105-F285;0.49

第5表において、E95-F270及びE105-F285の曲げ強さの最小値が構造用集成材のJASの基準値（それぞれ、27.0 MPa, 28.5 MPa）よりも小さい値を示しているが、この基準値を切るものはそれぞれ50個体中1個体のみ(2%)であった。つまり、曲げ性能の数値は構造用集成材のJASの規格を満たしているため、強度性能に関してはJAS製品として不都合はない。

3.2.3 ヒノキ4×4同一等級構成3枚積層集成材

3.2.3.1 試験材製造

径級14~18cm、長さ3mの原木丸太から木取り断面寸法36×100mmで挽き出された原材料を乾燥後、等級区分機により強度等級区分した。試験用集成材は目標強度等級をE95-F285, E105-F300, E120-F330として、第1図に強度等級分布を示すロットから、それぞれL100, L110, L125の等級のラミナを使用した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.3.2 試験方法

試験材E95-F285, E105-F300, E105-F330をそれぞれ20体ずつ合計60体を製造した。試験材は全個体について打音による動的ヤング係数を測定後、それぞれの等級から無作為に10体ずつを選別して、曲げ試験体（長さ1,780mm）と余尺を持たして圧縮試験体（長さ534mmの両端面が平行になるように、後で再加工）を採材した。この試験体の切り出しに先立ち、試験体の全乾法による含水率を測定するため、その両端部の150mm程

内側から厚さ 10～20mm の含水率測定用試験体を採材した。残りの試験材各 10 体、合計 30 体は引張試験体（長さ 3,000mm）として、(独)森林総合研究所へ搬入した。

① 曲げ試験

曲げ試験は、前項と同様に、試験体を組合員企業（院庄林業株）の研究室で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠した。すなわち、荷重方式は 4 点荷重、支点間距離は材せい(89mm)の 18 倍の 1,602mm、荷重点間距離は材せい(89mm)の 4 倍の 356mm、荷重速度は 10mm/min とした。

② たて圧縮試験

たて圧縮試験は岡山県試験場へ依頼した。試験体長さは、「構造用木材の試験方法(住木センター)」に準拠して、試験材断面短辺の 6 倍、534mm（細長比≒20）とした。

③ 引張試験

引張試験は（独）森林総合研究所へ依頼し、前川試験機製作所製 HZS-200LB4 実大木材横型引張試験機で行った。試験方法は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」の試験法に準拠し、引張治具間距離は試験体断面の長辺(89mm)の 9 倍、801mm とした。

3.2.3.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第 6 表のとおりである。

第 6 表 ヒノキ 4×4 同一等級構成 3 枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F285	平均値	11.4	8.1	50.0	34.2	43.2
	標準偏差	0.7	0.4	7.9	4.2	1.9
	最大値	13.1	8.9	60.5	41.3	46.9
	最小値	10.2	7.6	36.7	28.5	40.5
E105-F300	平均値	12.7	10.5	57.0	35.9	45.8
	標準偏差	0.7	0.5	4.3	3.7	1.7
	最大値	13.8	11.0	63.9	41.4	48.9
	最小値	11.0	9.7	51.8	30.8	43.8
E120-F330	平均値	14.7	12.5	64.5	40.1	50.4
	標準偏差	0.9	0.7	15.2	5.3	2.3
	最大値	16.1	13.5	99.3	47.9	54.4
	最小値	12.7	11.4	45.8	33.1	47.8

※ 測定試料数：各強度試験 10 体

含水率(20 体平均)：E95-F285;10.1%、E105-F300;10.1%、E120-F330;10.6%

気乾比重(20 体平均)：E95-F285;0.51、E105-F300;0.50、E120-F330;0.52

第 6 表において、E95-F285 の曲げヤング係数の平均値と最小値が構造用集成材の JAS の平均値 9.5 GPa、下限値 8.0 GPa よりも小さい値を示している。すべての試験体で曲げ強さは十分に満たしていたが、曲げヤング係数が下限値を切るものが半数あった。E105-F300 と E120-F330 はすべての指標で全く不都合はない。

3.2.4 ヒノキ 4×6 同一等級構成 5，7 枚積層集成材

3.2.4.1 試験材製造

径級 14～18cm、長さ 3m の原木丸太から木取り断面寸法 36×100mm で挽き出された原材料(強度等級分布は第 1 図)から、前項と同じ手順で仕上げ厚さ 30mm の L100, L110, L125 の等級のラミナを選別して、目標強度等級 E95-F315, E105-F345, E120-F375 の同一等級 5 枚積層集成材を各 10 体ずつ合計 30 体製造した。

また、径級 18～20cm、長さ 3.5m 及び 2m の原木丸太から木取り断面寸法 27×117mm で挽き出された原材料(強度等級分布は第 2 図、第 3 図)から仕上げ厚さ 21mm の L100, L110, L125 の等級のラミナを選別して、目標強度等級 E95-F315, E105-F345, E120-F375 の同一等級 7 枚積層集成材を各 10 体ずつ合計 30 体製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.3.2 試験方法

試験材は全個体について打音による動的ヤング係数を測定後、5 枚積層集成材から曲げ試験体(長さ 2,800mm)と余尺を持たしてたて圧縮試験体(長さ 534mm の両端面が平行になるように、後で再加工)を採材した。この試験体の切り出しに先立ち、試験体の全乾法による含水率を測定するため、その両端部の 150mm 程内側から厚さ 10～20mm の含水率測定用試験体を採材した。7 枚積層集成材は引張試験体(長さ 3,000mm)として、(独)森林総合研究所へ搬入した。

① 曲げ試験

曲げ試験は、前項と同様に、試験体を組合員企業(院庄林業株)の研究室で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠した。すなわち、荷重方式は 4 点荷重、支点間距離は材せい(140mm)の 18 倍の 2,520mm、荷重点間距離は材せい(140mm)の 4 倍の 560mm、荷重速度は 10mm/min とした。

② たて圧縮試験

たて圧縮試験は岡山県試験場へ依頼した。試験体長さは、試験材断面短辺の 6 倍、534mm とした。

③ 引張試験

引張試験は、前項と同じく、(独)森林総合研究所へ依頼した。引張治具間距離は試験

体断面の長辺(140mm)の9倍、1,260mmとした。

3.2.3.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第7表のとおりである。

第7表 ヒノキ 4×6 同一等級構成 5, 7枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F315	平均値	11.8	9.3	46.2	29.1	44.6
	標準偏差	0.9	0.4	6.6	3.1	1.1
	最大値	13.1	9.8	58.1	35.4	46.9
	最小値	10.2	8.5	34.2	25.4	42.4
E105-F345	平均値	12.8	10.7	49.4	36.7	45.0
	標準偏差	1.2	0.3	5.6	5.8	1.6
	最大値	15.7	11.1	58.0	43.8	47.2
	最小値	11.1	10.2	39.0	22.9	42.7
E120-F375	平均値	14.6	12.2	52.5	36.9	50.3
	標準偏差	0.7	0.5	3.7	5.0	1.5
	最大値	16.0	13.1	57.0	43.8	52.3
	最小値	13.2	11.4	45.8	27.1	47.7

※ 測定試料数：各強度試験 10 体

含水率(20 体平均)：E95-F285;10.6%、E105-F300;10.9%、E120-F330;10.6%

気乾比重(20 体平均)：E95-F285;0.49、E105-F300;0.49、E120-F330;0.50

第7表において、E95-F315の小径木から切り出した厚手ラミナ5枚積層集成材の曲げヤング係数の平均値が構造用集成材のJASの平均値9.5GPaよりも小さい値を示しているが、下限値を8.0GPaを切るものはない。その他、すべての試験体で構造用集成材のJASの曲げ性能は満たされており、強度性能に関してはJAS製品として不都合はない。

3.2.5 ヒノキ 4×8 対称異等級構成 6枚積層集成材

3.2.5.1 試験材製造

径級14~18cm、長さ3mの原木丸太から木取り断面寸法36×100mmで挽き出された原材料(強度等級分布は第1図)、及び径級18~20cm、長さ3.5m及び2mの原木丸太から木取り断面寸法27×117mmで挽き出された原材料(強度等級分布は第2図、第3図)から、前項と同じ手順で、目標強度等級E95-F270、E105-F300、E120-F330の対称異等級6枚積層集成材を各10体ずつ合計30体製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.5.2 試験方法

試験材は全個体について打音による動的ヤング係数を測定後、それぞれの等級から無作為に 5 体ずつを選別して、曲げ試験体（長さ 3,680mm）と余尺を持たしてたて圧縮試験体（長さ 534mm の両端面が平行になるように、後で再加工）を採材した。この試験体の切り出しに先立ち、試験体の全乾法による含水率を測定するため、その両端部の 150mm 程内側から厚さ 10~20mm の含水率測定用試験体を採材した。残りの試験材各 5 体、合計 15 体は引張試験体（長さ 4,000mm）として、(独)森林総合研究所へ搬入した

① 曲げ試験

曲げ試験は、前項と同様に、試験体を組合員企業（院庄林業株）の研究室で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠した。すなわち、荷重方式は 4 点荷重、支点間距離は材せい(184mm)の 18 倍の 3,312mm、荷重点間距離は材せい(184mm)の 4 倍の 736mm、荷重速度は 10mm/min とした。

② たて圧縮試験

たて圧縮試験は岡山県試験場へ依頼した。試験体長さは、試験材断面短辺の 6 倍、534mm とした。

③ 引張試験

引張試験は、前項と同じく、(独)森林総合研究所へ依頼した。引張治具間距離は試験体断面の長辺(184mm)の 9 倍、1,656mm とした。

3.2.5.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第 8 表のとおりである。

第 8 表 ヒノキ 4×8 対称異等級構成 6 枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	10.6	9.9	43.4	30.4	45.7
	標準偏差	0.5	0.4	7.1	3.5	1.4
	最大値	11.2	10.1	52.9	35.6	47.7
	最小値	9.9	9.2	34.9	25.7	43.9
E105-F300	平均値	12.3	10.9	47.3	34.7	46.4
	標準偏差	0.56	0.36	1.9	3.6	2.1
	最大値	13.0	11.2	49.3	39.9	47.8
	最小値	11.4	10.3	44.9	30.8	42.9
E120-F330	平均値	14.3	12.5	49.8	35.1	50.0
	標準偏差	0.6	0.7	7.2	2.8	1.9
	最大値	15.4	13.3	60.8	37.6	51.9

	最小値	13.6	11.7	41.5	30.4	47.2
--	-----	------	------	------	------	------

※ 測定試料数：各強度試験 5 体

含水率(10 体平均)：E95-F285;10.2%、E105-F300;10.2%、E120-F330;10.4%

気乾比重(10 体平均)：E95-F285;0.50、E105-F300;0.50、E120-F330;0.52

第 8 表においては、どの強度等級の集成材も曲げ性能の値はすべての指標で構造用集成材の JAS の規格を満たしている。したがって、強度性能に関しては JAS 製品として不都合はない。

3.2.6 ヒノキ 4×8 対称異等級構成 9 枚積層集成材

3.2.6.1 試験材製造

径級 18～20cm、長さ 3.5m 及び 2m の原木丸太から木取り断面寸法 27×117mm で挽き出された原材料（強度等級分布は第 2 図、第 3 図）から、前項と同じ手順で、目標強度等級 E95-F270, E105-F300, E120-F330 の対称異等級 9 枚積層集成材を各 10 体ずつ合計 30 体製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.6.2 試験方法

試験材は全個体について打音による動的ヤング係数を測定後、それぞれの等級から無作為に 5 体ずつを選別して、曲げ試験体（長さ 3,680mm）と余尺を持たしてたて圧縮試験体（長さ 534mm の両端面が平行になるように、後で再加工）を採材した。この試験体の切り出しに先立ち、試験体の全乾法による含水率を測定するため、その両端部の 150mm 程内側から厚さ 10～20mm の含水率測定用試験体を採材した。残りの試験材各 5 体、合計 15 体は引張試験体（長さ 4,000mm）として、(独)森林総合研究所へ搬入した

① 曲げ試験

曲げ試験は、前項と同様に、試験体を組合員企業（院庄林業株）の研究室で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ性能試験に準拠した。すなわち、荷重方式は 4 点荷重、支点間距離は材せい(184mm)の 18 倍の 3,312mm、荷重点間距離は材せい(184mm)の 4 倍の 736mm、荷重速度は 10mm/min とした。

② たて圧縮試験

たて圧縮試験は岡山県試験場へ依頼した。試験体長さは、試験材断面短辺の 6 倍、534mm とした。

③ 引張試験

引張試験は、前項と同じく、(独)森林総合研究所へ依頼した。引張治具間距離は試験体断面の長辺(184mm)の 9 倍、1,656mm とした。

3.2.6.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第 9 表のとおりである。

第9表 ヒノキ 4×8 対称異等級構成 9 枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	11.7	10.8	44.3	34.4	40.8
	標準偏差	0.2	0.3	5.2	3.9	1.4
	最大値	12.2	11.2	49.6	38.8	42.6
	最小値	11.6	10.4	35.9	28.2	38.9
E105-F300	平均値	13.0	11.6	54.6	34.7	43.5
	標準偏差	0.38	0.16	5.4	4.7	1.1
	最大値	13.6	11.7	61.6	40.0	44.4
	最小値	12.5	11.3	47.1	27.7	42.3
E120-F330	平均値	14.9	13.6	47.6	36.6	47.8
	標準偏差	0.4	0.7	5.4	3.1	1.2
	最大値	15.7	14.2	54.1	40.2	49.2
	最小値	14.4	12.6	41.8	33.0	46.5

※ 測定試料数：各強度試験 5 体

含水率(10 体平均)：E95-F285;11.2%、E105-F300;11.3%、E120-F330;11.2%

気乾比重(10 体平均)：E95-F285;0.46、E105-F300;0.47、E120-F330;0.49

第9表においては、どの強度等級の集成材も曲げ性能の値はすべての指標で構造用集成材の JAS の規格を満たしている。したがって、強度性能に関しては JAS 製品として不都合はない。

3.2.7 ヒノキ 4×10 対称異等級構成 6 枚積層集成材

3.2.7.1 試験材製造

径級 20~24cm、長さ 3m の原木丸太から木取り断面寸法 45×100mm で挽き出された原材料（強度等級分布は第6図）から、前項と同じ手順で、目標強度等級 E95-F270、E105-F300、E120-F330 の対称異等級 6 枚積層集成材を各 10 体ずつ合計 30 体製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.7.2 試験方法

試験材は全個体について打音による動的ヤング係数を測定後、それぞれの等級から無作為に 5 体ずつを選別して、曲げ試験体（長さ 4,450mm）とした。曲げ試験後、試験体の両側の非破壊部から圧縮試験体（長さ 534mm の両端面が平行になるように、後で再加工）と含水率測定用試験体（厚さ 10~20mm）を採材した。残りの試験材各 5 体、合計 15 体は引張試験体（長さ 4,450mm）として、(独)森林総合研究所へ搬入した

① 曲げ試験

曲げ試験は、前項と同様に、試験体を組合員企業（院庄林業株）の研究室で実施し、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「集成材の JAS」構造用集成材の曲げ

性能試験に準拠した。すなわち、荷重方式は4点荷重、支点間距離は材せい(235mm)の18倍の4,230mm、荷重点間距離は材せい(235mm)の4倍の940mm、荷重速度は10mm/minとした。

②たて圧縮試験

たて圧縮試験は岡山県試験場へ依頼した。試験体長さは、試験材断面短辺の6倍、534mmとした。

③引張試験

引張試験は、前項と同じく、(独)森林総合研究所へ依頼した。引張治具間距離は試験体断面の長辺(235mm)の9倍、2,115mmとした。

3.2.7.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第10表のとおりである。

第10表 ヒノキ4×10対称異等級構成6枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	10.5	9.9	33.9	25.3	37.9
	標準偏差	0.4	0.2	8.0	4.2	1.7
	最大値	10.9	10.2	43.4	30.6	39.7
	最小値	9.8	9.7	25.2	19.9	36.3
E105-F300	平均値	11.9	10.8	39.4	28.9	39.9
	標準偏差	0.3	0.2	3.3	2.3	0.5
	最大値	12.7	11.1	43.4	32.2	40.4
	最小値	11.6	10.6	34.3	26.2	39.2
E120-F330	平均値	13.0	11.9	34.3	24.3	41.1
	標準偏差	0.9	0.8	2.4	4.7	3.8
	最大値	14.2	12.7	38.4	29.6	47.3
	最小値	11.7	10.6	32.3	18.2	37.7

※ 測定試料数：各強度試験5体

含水率(10体平均)：E95-F285;14.7%、E105-F300;14.9%、E120-F330;14.6%

気乾比重(10体平均)：E95-F285;0.52、E105-F300;0.53、E120-F330;0.54

第10表において、E95-F270の曲げ強さに構造用集成材のJASの基準値27.0MPaを割るものが1個体あった。また、E120-F330の曲げ強さに構造用集成材のJASの基準値33.0MPaをわずかではあるが、割るものが2個体あった。

3.2.8 ヒノキ4×10対称異等級構成12枚積層集成材

3.2.8.1 試験材製造

径級18~20cm、長さ3.5m及び2mの原木丸太から木取り断面寸法27×117mmで挽き

出された原材料（強度等級分布は第2図、第3図）から、前項と同じ手順で、目標強度等級 E95-F270, E105-F300, E120-F330 の対称異等級 12 枚積層集成材を各 10 体ずつ合計 30 体製造した。接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.8.2 試験方法

前項の 4×10 対称異等級構成 6 枚積層集成材の場合と全く同じ方法で実施した。

3.2.8.3 測定結果

それぞれの測定結果をまとめると、第 11 表のとおりである。

第 11 表 ヒノキ 4×10 対称異等級構成 12 枚積層集成材の強度性能

強度等級	集計値	動的ヤング 係数 (GPa)	曲げヤング 係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)
E 95-F270	平均値	11.7	10.8	39.4	30.7	41.3
	標準偏差	0.6	0.2	7.3	3.5	1.4
	最大値	12.2	11.0	47.5	35.3	43.1
	最小値	10.4	10.5	31.1	26.1	39.4
E105-F300	平均値	12.7	11.7	48.9	33.6	43.4
	標準偏差	0.4	0.1	8.4	3.7	0.9
	最大値	13.0	11.8	56.0	39.3	43.9
	最小値	12.1	11.6	35.7	29.0	41.8
E120-F330	平均値	14.4	13.2	47.3	34.8	45.1
	標準偏差	0.4	0.3	4.4	3.5	1.3
	最大値	14.8	13.4	52.1	38.9	46.1
	最小値	13.5	12.8	41.7	29.5	43.5

※ 測定試料数：各強度試験 5 体

含水率(10 体平均)：E95-F285; 11.3%、E105-F300; 11.1%、E120-F330; 11.5%

気乾比重(10 体平均)：E95-F285; 0.46、E105-F300; 0.46、E120-F330; 0.49

第 11 表においては、どの強度等級の集成材も曲げ性能に関してはすべての指標で構造用集成材の JAS の規格を満たしている。したがって、強度性能に関しては JAS 製品として不都合はない。

3.2.9 ヒノキ 2×4 たて継ぎ材

3.2.9.1 試験材製造

径級 20~24cm、長さ 3m の原木丸太から木取り断面寸法 45×100mm で挽き出された原材料（強度等級分布は第 6 図）から 2×4 たて継ぎ材を製造した。これを枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS の規格に準拠して目視等級区分し、甲種たて継ぎ材 2 級以上と乙種たて継ぎ材スタンダード以上の 2 種類の等級に区分した。

たて継ぎのための接着剤は、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。ただ、現行の『枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS』では、たて継ぎに使用する接着剤は、甲種、乙種ともに「レゾルシノール樹脂、フェノール・レゾルシノール共縮合樹脂又はこれと同等以上の性能を有するものであること。」と規定されている。「同等」について、現状では同等と見なす判断基準が存在しないということで、レゾルシノール樹脂およびフェノール・レゾルシノール共縮合樹脂以外の使用は認められていない。ここでは、前述の集成材と同様に「枠組壁工法建築物構造計算指針」の構造部材の使用環境区分の使用環境Ⅲでの使用を想定して製造した材料の強度性能を検討するため、水性高分子イソシアネート系樹脂を使用した。

3.2.9.2 試験方法

甲種たて継ぎ材（2級以上）と乙種たて継ぎ材（スタンダード以上）の2種類の等級について、それぞれ100体ずつ計200体を曲げ試験に供した。このうち、各等級の半数の50体からエッジワイズ荷重試験体（長さ2,047mm）を、残りの50体からフラットワイズ荷重試験体（長さ874mm）及び、たて圧縮試験体、めり込み試験体を採材した。また、別に甲種・乙種それぞれ50体ずつ合計100体を引張試験用（長さ2,340mm）に準備した。

① 曲げ試験

曲げ試験は、組合員企業（院庄林業株）の研究室で実施し、エッジワイズ荷重及びフラットワイズ荷重方式で、曲げヤング係数と曲げ強さを測定した。試験方法は、「枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS」に規定している曲げ試験に準拠した。すなわち、荷重方式は4点荷重、荷重速度は10mm/minで同じにしたが、エッジワイズ荷重の場合は、支点間距離を1,460mm、荷重点間距離を130mm、フラットワイズ荷重の場合は、支点間距離を700mm、荷重点間距離を130mmとした。

以下の強度試験は試験場へ依頼した。

② 引張試験

引張試験は2×4集成材の場合と同じ条件で行われた。

③ たて圧縮試験

たて圧縮試験も2×4集成材の場合と同じ条件で行われた。

④ めり込み試験

試験体寸法は25×25×100mmとし、「枠組壁工法建築物構造計算指針」に準拠して行った。

3.2.9.3 測定結果

それぞれの測定結果を集計すると、第12表のとおりである。

第12表 ヒノキたて継ぎ材の強度性能

種 別	曲げ試験 荷重方向	集計値	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)
甲種 2級	エッジワイズ	平均値	11.5	46.1

		標準偏差	1.0	6.6
		最大値	13.8	60.5
		最小値	9.6	27.1
	フラットワイズ	平均値	11.8	57.7
		標準偏差	1.4	9.6
		最大値	14.8	90.1
		最小値	8.8	33.2
乙種 スタンダード	エッジワイズ	平均値	11.4	42.2
		標準偏差	1.2	8.9
		最大値	14.3	64.1
		最小値	8.6	22.1
	フラットワイズ	平均値	11.9	56.6
		標準偏差	1.1	7.9
		最大値	14.2	79.6
		最小値	8.7	39.7

種 別	集計値	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)	めり込み強さ (Mpa)	
				5%変形時応力	比例限度応力
甲種 2級	平均値	28.8	42.4	10.2	7.1
	標準偏差	5.3	3.7	2.8	1.8
	最大値	38.5	53.7	18.2	13.4
	最小値	17.5	36.0	6.4	4.5
乙種 スタンダード	平均値	27.4	41.3	10.1	7.3
	標準偏差	5.0	3.9	2.7	2.0
	最大値	40.6	49.3	18.3	13.1
	最小値	14.1	30.4	5.3	3.5

※ 測定試料数：各強度試験 50 体

含水率(150 体平均)：甲種たて継ぎ材 12.5%、乙種たて継ぎ材 12.6%

気乾比重(100 体平均)：甲種たて継ぎ材 0.53、乙種たて継ぎ材 0.54

第 12 表においては、甲種、乙種ともに、すべての指標で枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS に求めている強度性能も基準強度も満たしている。接着剤のため JAS 製品としては規格外であるが、強度的には不都合はない。

4 事業の成果と今後の課題

地域材の新しい用途開拓をめざして、2×4 住宅部材への活用の可否を検討したが、強度性能の面に限れば、ヒノキ材の進出は十分に可能であることがわかった。集成化やたて継ぎにより、地域の山林に取り残されている間伐小径木や曲がり材、育林施業の不