

# 構造用集成材ラミナ製造試験

山崎 亨史

中村 修作\*1

## Production of Lamina for Structural Laminated Wood

Michifumi YAMAZAKI

Shusaku NAKAMURA

Keywords : lamina, Japanese larch, todo fir, yield

ラミナ, カラマツ, トドマツ, 歩留まり

### 1. はじめに

近年、大規模木構造導入に対する機運が高まり、これを支える集成材への期待も大きい。昭和62年に建築基準法が改正され、高さ13mまたは軒の高さ9mを超える建築物についても、基準に適合すれば延べ面積3000㎡まで木造とすることが可能となった。そして集成材を用いた公共施設も各地に建設されてきている。その生産量も構造用は昭和63年のピークよりやや少なくなっているが、構造用大断面は年々増加している。しかし、構造用集成材の現状は原材料として安価なベイスギ、ベイツガ、北洋エゾマツ等の外材が約9割を占め、また輸入量も年々増え、平成4年には構造用が2万㎡に上る<sup>1)</sup>。このような状況の中、自然保護運動によりアメリカで原木伐採が制限され、木材の価格が上昇するとともに入手も困難になりつつある。

そこで道産材を用いた集成材の製造試験の一環として、カラマツ人工林材とトドマツ天然林材から集成材用ラミナの製造試験を行った。

なお、本研究は(財)日本住宅・木材技術センターからの受託試験の一部として実施したものである。

### 2. 供試原木および試験方法

供試原木としてカラマツ人工林木とトドマツ天然林木を使用した。

カラマツは上富良野産の45～50年生(主に48年生)で、末口径級22～36cm(平均末口径27.4cm)を105本(材積28.749m<sup>3</sup>)を使用した。原木長は3.8mである。また、実際に集成材を製造するにあたっては上記の原木に加え、追加試験に同様な末口径級24～32cm(平均末口径26.2cm)の原木を32本(材積8.003m<sup>3</sup>)を使用した。両者を区別するため、前者の105本については本試験、後者を追加試験と記述する。

トドマツは猿払産で、末口径級24～44cm(平均末口径31.5cm)を146本(材積51.959m<sup>3</sup>)を使用した。原木長は3.65mである。

供試原木については末口径および元口径、材長、曲がり、材面別の節数(10mm以上)、偏心、目まわり、木口腐れなどを測定した。

製材には、傾斜型全自動送材車付き帯鋸盤(鋸車径1200mm:石田鉄工所製)、自動ローラ帯鋸盤(鋸車径1100mm:三善工業製)を使用した。木取り方法はすべて桝挽きとした。ただし、構造用大断面集成材の日本農林規格(JAS)における挽き板(ラミナ)の品質基準の上で3等以上において心持ちは許されないことから、カラマツ本試験はタイコ落しした後、側面定規挽きとして樹心を外すように製材した。副材としてカラマツは無作為抽出した30本についてパネルボード用原板を採材し、副材歩留まりを求めた。トドマツは全原

木から建築用一般製材の副材（ぬき，たるき，どうぶち，板類）を採材し，副材歩留まりを算出した。

挽き立て寸法は以前行った204材の製材寸法<sup>2-4)</sup>を参考に，以下のとおりとした。

カラマツ

ラミナ寸法 厚さ×幅×長さ 単位：mm

挽き立て寸法

36×180×3800，3650，2730，1820

鉋削後寸法

32×155×3800，3600，2700，2100，1800，1100

縦継ぎ後寸法（集成材の構成）

30×150×3650，7000，13000

副材 パネルボード

挽き立て寸法 16×145×3650，2730，1820

仕上がり寸法 12×125× ”

トドマツ

ラミナ寸法 厚さ×幅×長さ 単位：mm

挽き立て寸法 40×170×3650，2730，1820

鉋削後寸法 32×155×3650，2400，1800，1200

縦継ぎ後寸法 30×150×3650，7000，13000

副材

ぬ き 18×105×3650

た る き 45×45×3650，2730，1820

ど う ぶ ち 18×45×3650，2730，1820

板 類

12×50，90，105，120，150，180，210×3650，2730

カラマツ追加試験については，本試験の結果，削り残しが多かったことを踏まえ，挽き立て寸法の厚さについて40mmとした。

歩留まり算出のための原木材積は，各々の丸太の末口の径級値を用いた末口自乗法とし，材長はカラマツ3.8m，トドマツ3.65mとした。また，製材歩留まりのラミナ材積算出には挽き立て寸法を用いた。

製材後，JASに基づき，ラミナの等級調査を行った。なお，集中節径比の算出には挽き立て寸法（カラマツ180mm，トドマツ170mm）を用いた。

第1表 乾燥スケジュール

含水率 (%)	カラマツ		トドマツ	
	乾球温度 (℃)	乾湿球 温度差 (℃)	乾球温度 (℃)	乾湿球 温度差 (℃)
(初期蒸煎*)	100	0	80	0
生材~35	90	3	80	2
~30	90	4	80	3
~25	90	6	80	5
~20	95	9	80	8
~15	95	11	80	11
~10	95	14	80	14
	95	17	80	17
	95	20	80	20

\* 2~3時間

乾燥は蒸気式IF型乾燥機で仕上がり含水率10%まで行った。乾燥スケジュールを第1表に示す。

集成材の製造工程における鉋削後，縦継ぎ後（集成材の構成として）についても歩留まりを算出した。鉋削は多軸かんな盤（モルダー：平安鉄工所製）で行った。

3. 結果と考察

3.1 原木

原木に関する調査結果を第2~5表に示す。

原木等級を決める際に用いられる4つの材面における節の存在について，カラマツでは隣接2材面以上無節の割合が12.4%，4材面有節材が59.0%であった。トドマツについては無作為に抽出した30本についての測定結果であるが，隣接2材面以上無節が6.7%，4材面有節材が73.3%であった。

原木のJAS等級を第6表に，等級格付けの際に最も影響した欠点の出現率（決定要因）を第7，8表に示す。

原木等級はカラマツ，トドマツとも28cm以下では2等が最も多く，30cm以上では3等が最も多くなっている。追加試験に用いたカラマツ原木のJAS等級は素材区分の中（14~28cm）である28本は2等が96.4%，3等が3.6%，大（30cm以上）の3本はすべて3等であった。

カラマツの等級決定要因は，28cm以下で節が最も多く，次に曲がりとなっている。これに対し，30cm以上

第2表 カラマツ本試験原木の原木形質

測定項目	末 口 径			全 体
	22~24cm	26~28cm	30~36cm	
本 数	32	54	19	105
節数(個)	24.8(7 ~43 )	19.7(3 ~67 )	13.9(0 ~51 )	20.2(0 ~67 )
曲がり率(%)	12.5(3.9~20.8)	12.5(5.3~27.0)	14.1(4.9~22.6)	12.8(3.9~27.0)

数値は平均値, ( )内の数値は範囲

第3表 カラマツ追加試験原木の曲がり率

測定項目	末 口 径			全 体
	24cm	26~28cm	30~32cm	
本 数	17	12	3	32
曲がり率(%)	10.1(3.9~19.6)	11.9(3.5~18.5)	12.4(9.7~16.7)	11.0(3.5~19.6)

数値は平均値, ( )内の数値は範囲

第4表 トドマツの原木形質

測定項目	末 口 径					全 体
	24cm	26~28cm	30~32cm	34~36cm	38~44cm	
本 数	12	44	50	21	19	146
節数(個)	25.4(11 ~46 )	24.7( 4 ~47 )	24.0( 5 ~41 )	19.5( 3 ~42 )	20.7( 6 ~41 )	23.3( 3 ~47 )
最大節径(mm)	39.0(17 ~65 )	39.5(20 ~67 )	41.4(20 ~61 )	47.2(22 ~60 )	52.6(25 ~70 )	43.0(17 ~70 )
曲がり率(%)	9.2( 2.4~18.0)	8.6( 3.4~19.6)	8.5( 3.3~15.6)	6.9( 2.9~11.4)	8.2( 3.4~15.9)	8.3( 2.4~19.6)

数値は平均値, ( )内の数値は範囲

第5表 有節材面数別の原木の割合 (%)

	カラマツ本試験		トドマツ抽出30本	
	材面数	割合(%)	材面数	割合(%)
4材面無節	1.0	0.0	0.0	0.0
3材面無節	3.8	0.0	0.0	0.0
隣接2材面無節	7.6	6.7	6.7	6.7
2材面無節	1.0	3.3	3.3	3.3
3材面有節	27.6	16.7	16.7	16.7
4材面有節	59.0	73.3	73.3	73.3

第6表 原木のJAS等級 (%)

素材区分	カラマツ本試験			トドマツ		
	中(86本)	大(19本)	全 体	中(26本)	大(90本)	全 体
	14~28cm	30cm以上		14~28cm	30cm以上	
1等	1.2	0.0	1.0	5.4	1.1	2.7
2等	94.2	5.3	78.1	89.3	8.8	39.7
3等	4.7	84.2	19.0	5.4	86.7	55.5
4等	-	10.5	1.9	-	3.3	2.1

第7表 カラマツ本試験の等級決定要因比率 (1等を除く, 重複あり) (%)

素材区分	中			大			全 体		
	2等	3等	4等	2等	3等	4等	2等	3等	4等
節	90.6	1.2	5.3	57.9	10.5	75.0	11.5	1.0	1.0
曲がり	62.4	1.2	5.3	68.4	10.5	51.9	13.5	1.9	1.0
腐れ	1.2					1.0			
割れ		1.2					1.0		
虫食い		1.2					1.0		

第8表 トドマツの等級決定要因比率 (1等を除く, 重複あり) (%)

素材区分	中			大			全 体		
	2等	3等	4等	2等	3等	4等	2等	3等	4等
節	90.6			7.9	85.4		38.7	53.5	
あて	26.4	3.8		1.1	25.8	2.2	11.3	17.6	1.4
曲がり	17.0			7.9	18.0		11.3	11.3	
目まわり	1.9				1.1	1.1	0.7	0.7	0.7
腐れ	1.9	1.9					0.7	0.7	

第9表 カラマツの径級別材積歩留まり (%)

径級区分	本試験原木	30本無作為抽出			追加試験 主材
	主材	主材	主材+副材	副材	
22	41.6				
24	42.3	53.3	62.3	9.0	56.7
26	41.6	50.6	59.1	8.5	53.5
28	50.1	51.2	58.4	7.2	54.6
30	50.3	52.4	58.5	6.2	(30~32)56.2
32~	53.0	55.1	62.5	7.4	
全体	48.7	51.7	59.6	7.8	55.3

第10表 トドマツの径級別材積歩留まり (%)

径級区分	主材	主材+副材	副材
24	58.3	79.6	21.3
26	54.3	72.3	18.0
28	61.2	73.5	12.3
30	61.2	73.0	11.8
32	60.7	73.7	13.0
34	59.8	72.5	12.7
36	58.1	68.2	10.1
38	61.4	71.4	10.0
40~	62.3	72.0	9.7
全体	59.8	72.4	12.6

第11表 試験別平均製品枚数 (枚)

径級区分	カラマツ		トドマツ
	本試験	追加試験	
22	3.1		
24	3.8	4.5	4.9
26	4.3	5.0	5.4
28	6.1	5.9	7.0
30	7.0	7.1	8.1
32	8.0	7.9	9.1
34	9.8		10.2
36			11.1
38			13.0
40			14.6
42			16.3
44			17.5

では曲がりによるものが最も多く、節に関しては28cm以下に比べて少なくなっている。

トドマツの決定要因は28cm以下、30cm以上ともに節が最も多く、90%を超えている。次にあて材が多く、次いで曲がりとなっている。

3.2 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり

第9, 10表に原木径級別の材積歩留まりを示す。また、第11表に径級ごとの平均製品枚数を示す。

カラマツ本試験の歩留まりは、径級による曲がり率の差があまり無いのに対し、26cm以下で平均41.9%、28cm以上では50.7%と約10%の開きがある。これは180mmで枠挽きした場合、28cm以上の原木になると初期の鋸断で得られる(タイコ落しする際に出る背板)部分からも主材が採れるためと思われる。これは第11表において26cmが4.3枚なのに対し、28cmが6.1枚と約2枚の差になっていることからいえる。

追加試験の歩留まりは本試験と比較して多くなっている。これは等級付けの際、樹心があるだけで最低等級の4等になること、さらにカラマツの樹心には細かな割れが多く規格外になるおそれから、本試験では樹心をはずすように側面定規により製材したが、追加試験では中心定規で製材し、心持ちの製品も採材したこ

とによる差と思われる。

トドマツの主材歩留まりは26cmを除き、ほぼ60%となり、カラマツより高い結果となった。平均製品枚数で比較するとラミナ1枚近くの差となっている。ラミナの厚さはカラマツよりトドマツの方が4mm厚いが、幅はカラマツ180mmに対しトドマツは170mmと10mm小さい。この差は寸法よりむしろ、木取りの違い(トドマツは中心定規)によると考えられる。カラマツ追加試験とトドマツの差は幅以外の条件は同じであり、10mmの幅の差に起因すると考えられる。

3.3 ラミナの等級格付け調査

第12表に等級割合(材積比率)を示す。

カラマツは本試験、追加試験とも4等の割合が最も大きく、次いで2等、3等の順であった。また、1等はほとんど得られなかった。追加試験において4等が多いのは、本試験に比べ、樹心を外すものが少なかったためである。

径級別に見ると、径級が大きくなるほど3, 4等が少なくなり、1, 2等が増える傾向がみられる。この原因として、径級が大きくなるにつれて節数が減少していることが関係し、結果的に集中節径も小さくなっ

第12表 ラミナの等級割合

(%)

等級	カラマツ									トドマツ				
	全体	本試験			全体	追加試験			全体	トドマツ				
		22~24	26~28	30~36		22~24	26~28	30~36		~24	26~28	30~32	34~36	38以上
1等	2.5	1.4	2.7	3.2	2.6	0.6	2.7	9.1	5.9	2.5	4.6	4.8	8.6	7.5
2等	26.1	17.5	28.5	27.6	19.7	17.7	22.7	17.8	23.9	13.1	18.0	24.4	26.4	29.5
3等	20.2	24.1	17.5	18.4	15.6	15.8	14.1	19.0	12.5	15.6	13.5	10.2	11.9	14.7
4等	47.2	51.7	46.2	45.4	61.6	65.9	60.5	49.6	53.7	62.0	61.5	55.1	48.1	46.5
格外	4.1	5.2	2.9	5.4	0.6	0.0	0.0	4.5	4.0	6.8	2.4	5.6	5.0	1.8

第13表 等級の決定要因 (重複あり) (%)

要因	カラマツ		トドマツ
	本試験	追加試験	
節	74.4	62.6	52.9
心持ち	15.5	34.9	17.6
あて	10.7	16.4	26.6
割れ	7.9	7.0	4.6
やにつば	3.6	3.0	0.1
入り皮	1.1	1.3	4.2
腐れ	0.8	—	1.4
虫あな	0.6	1.7	0.4
目回り	0.2	—	0.1
水食い	—	—	5.9

第14表 カラマツの最終製品歩留まり (%)

径級区分	本試験		追加試験	
	鉋削後	縦継ぎ後	鉋削後	縦継ぎ後
22	25.5	23.1		
24	24.1	21.8	35.3	32.1
26	22.9	20.8	33.7	30.6
28	30.7	27.9	34.7	31.5
30	30.2	27.4	(30-32)35.0	31.8
32~	36.4	33.0		
全体	26.8	24.3	34.8	31.6

第15表 トドマツの最終製品歩留まり (%)

径級区分	鉋削後	縦継ぎ後
24	38.6	35.0
26	33.6	30.5
28	34.5	31.3
30	35.6	32.3
32	33.4	30.3
34	34.8	31.6
36	33.6	30.5
38	34.8	31.6
40~	34.3	31.2
全体	34.7	31.5

たためと考えられる。また、4等に限っては樹心の有無に影響されるため、径扱が大きくなると全製品に対して樹心を含むものの割合が低くなることも関係していると思われる。

トドマツはカラマツの結果同様、4等、2等、3等の順であるが、24cm以下では2等と3等が逆転している。また、カラマツ同様に径扱が大きくなると1、2等の割合が増す傾向がみられる。これもカラマツで述べたことと同様の理由である。

第13表に等級格付け(2等以下)の際の決定要因を示す。ここで節以外は4等、規格外の決定要因である。

このように、カラマツ、トドマツともに等級を決定する要因として節が最も多かった。これは、原木の等級決定要因で節が最も多かったことに通じる。

次に多かった要因は、カラマツでは心持ちであった。カラマツ本試験では製材する際、樹心の入らないよう側面定規による木取りを行ったが、格外となるわけではないためすべて除外するというのではなく、また、原木の曲がりや偏心などによって心がまっすぐ通っていないため、2枚の製品にまたがって存在したりすることが起こるためである。追加試験で多いのは心の部分を除外しなかったことによる。なお、格外は欠点により規格からはずれたものであるが、この原因と

なる欠点として最も多かったのは材面割れ、次に節で、他にあて材や腐れであった。

トドマツの場合、あて材によるものが2番目に多く、心持ちはその次であった。カラマツと比較すると心持ちによるものが少なかった。これは原木の曲がり率からも推測されるが、トドマツの伸長生長はカラマツに比べ通直であり、ラミナ1枚に樹心が収まったものが多かったためと考えられる。規格外となったものの原因は割れ、腐れ、水食い、節の順であった。

### 3.4 集成材の歩留まり

第14、15表に最終製品の歩留まりを示す。トドマツについては曲げヤング係数が $85 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 未満のものを除外している。これは全体の約5%である。

カラマツ、トドマツとも製材直後の歩留まりから20%から25%程度低くなっている。この中には乾燥および鉋削による寸法の減少、割れ、削り残しなどによ

第16表 カラマツのラミナ残存率と優良率 (%)

径級区分	本試験			追加試験		
	鉋削後	縦継ぎ後	優良率	鉋削後	縦継ぎ後	優良率
理論値	76.5	69.4		68.9	62.5	
22	61.6	55.9	80.5			
24	56.7	51.4	75.6	62.9	57.1	91.4
26	55.1	50.0	72.0	63.1	57.2	91.5
28	61.3	55.6	80.3	63.8	57.9	92.6
30	60.7	55.0	79.3	(30-32)62.4	56.6	90.6
32~	68.6	62.2	90.0			
全体	58.7	53.3	77.2	63.0	57.2	91.5

残存率=鉋削後(縦継ぎ後)材積÷製材直後材積×100  
 優良率=縦継ぎ後残存率÷理論値×100

第17表 トドマツのラミナ残存率と優良率 (%)

径級区分	鉋削後	縦継ぎ後	優良率
理論値	72.9	66.2	
24	66.6	60.5	91.4
26	62.1	56.4	85.2
28	55.3	50.2	75.9
30	57.8	52.5	79.3
32	54.6	49.6	74.9
34	58.0	52.6	79.6
36	56.6	51.4	77.6
38	56.7	51.4	77.7
40~	54.5	49.5	74.8
全体	57.8	52.5	79.3

残存率=鉋削後(縦継ぎ後)材積÷製材直後材積  
 優良率=縦継ぎ後残存率÷理論値×100

の不良廃棄が含まれる。トドマツにはさらに曲げヤング係数による除外が含まれる。

カラマツの本試験と追加試験の差は、製材直後の歩留まりの差だけではなく、4mmの厚さの違いによる削り残し等の不良廃棄の発生に違いが起きたためと考えられる。

トドマツはカラマツと比較してやや高い値となっている。これは製材後の主材歩留まりと同様、挽き立て寸法が影響していると思われる。

次に製材直後の材積に対する集成材に利用可能となる製品の材積の割合を第16、17表に示す。ここでの理論値とは製材挽き立て寸法に対する仕上がり寸法を表す。優良率は実際に作られたラミナ原板のうち集成材

に利用できた割合を示す。

カラマツはこの優良率をみると追加試験が90%を超えているのに対し、本試験は32cm以上を除いて80%程度である。この差は製材時の厚さ設定の違いによるもので、本試験では丸身の残りや削り残しによるものが多いためである。このほかに除外された原因としては割れ、節である。

次に、最終製品の等級割合を第18表に示す。ただし、格外的ものを横切りして復帰させたものは除いている。トドマツは曲げヤング係数により除外したものを含まない。

製材直後の等級割合と比較して、カラマツ、トドマツともに良くなったものと悪くなったものがあり、はっきりした傾向がみられない。良くなった原因としては、鉋削によりその欠点を取り除かれたことによる。逆に悪くなった原因として、一つは材幅の変化により集中節径比による節の許容値が小さくなるが節自体は鉋削により小さくなることがなかったためである。もう一つは、乾燥により割れが増加したことである。

#### 4. まとめ

今回、カラマツの試験で仕上がり寸法150×30mm(集成材の仕上げ寸法におけるラミナ1枚当たり)に対し

第18表 カラマツラミナの最終等級割合 (%)

径級	カラマツ													
	本試験				追加試験				トドマツ					
	全体	22-24	26-28	30-36	全体	22-24	26-28	30-36	全体	24	26-28	30-32	34-36	38以上
1等	3.0	1.4	3.3	3.7	2.2	1.4	2.6	3.9	7.7	4.7	6.6	6.9	10.9	8.2
2等	22.4	17.2	22.8	24.9	23.2	22.3	27.8	12.6	21.9	6.5	16.1	20.6	22.4	33.9
3等	22.0	23.0	22.3	20.7	18.0	19.0	11.5	33.7	14.3	18.6	16.1	13.0	14.5	13.0
4等	52.6	58.4	51.5	50.7	56.6	57.3	58.1	49.9	56.1	70.2	61.2	59.5	52.2	45.0

て製材寸法を幅について30mmの歩増しを行った。これは曲がりなどの狂いを見込んだことによるが、モルダー鉋削の際に狂いの大きいものは横切りして通すため、実際には30mmの歩増しは歩留まりを悪くするだけとなっている。したがって、幅に対する歩増し量は20mm程度（製材幅170mm）が妥当と考えられる。厚さについては、本試験と追加試験の結果の差から10mm（製材厚40mm）が妥当である。

トドマツについても歩増量は同程度必要である。

心持ちは4等になるため、径級の小さいものは4等の割合が高くなる。したがって、径の小さい原木に偏ると、集成材の製造の際、必要な等級の割合とに差が出る可能性が出てくることが考えられる。

したがって、ある程度異なる径級の原木を使用することで必要となる等級割合に近づけることが可能とな

ると考えられる。

## 文 献

- 1) 林野庁監修：木材受給と木材工業の現況（平成5年度版）
- 2) 林産試験場：平成元年度枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発業務報告書（1990）
- 3) 林産試験場：平成2年度枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発業務報告書（1991）
- 4) 林産試験場：平成3年度枠組壁工法用住宅部材の生産技術開発業務報告書（1992）

—技術部 製材科—

—\*1現北海道林務部林産振興課—

(原稿受理 H 6. 7. 28)