

公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発

—カラマツ+カラマツ，アカマツ+ヒノキ接着重ね梁の強度性能—

伊東嘉文・吉田孝久

カラマツ+カラマツ，アカマツ+ヒノキ接着重ね梁を作製し，各種強度性能試験（曲げ・圧縮・めり込み・引張り・せん断）を行った。曲げ試験ではカラマツ+カラマツ接着重ね梁で基準値を下回るものが多く，ばらつきも大きかった。圧縮試験では全ての試験体で無等級材の基準強度を満たしていた。めり込み試験はカラマツ+カラマツ接着重ね梁で基準値を下回るものが多く，アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では基準値を満たしていた。アカマツとヒノキではアカマツの方がめり込み量が大きかった。引張り試験では概ね基準値を上回った。せん断試験の結果は，JISブロック法>実大ブロック法 \geq 5点荷重法の順であり，全てが無等級材の基準強度を満たした。5点荷重法でせん断破壊した試験体のせん断強さは実大ブロック法のそれに近似した。

キーワード：接着重ね梁，カラマツ+カラマツ，ヒノキ+アカマツ，強度性能

1 はじめに

接着重ね梁は，間伐材等中目材から断面の大きな構造用材が作製可能であり，これら中目材の利用の幅を拡大させることが期待できる。長野県林業総合センターでは，平成9年度から研究¹⁾を行っており，県内では実用化例²⁾を見るに至ったが，広く全国展開を図るうえでは，公的な認証を得る必要がある。

そこで，平成18～20年度に農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の「公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発」として，長野県林業総合センターを中核機関とし，富山県農林水産総合技術センター・木材研究所，石川県林業試験場，静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター，信州大学工学部，上伊那森林組合を共同機関とする共同研究で，各種性能の基準を求めるためのデータを得た。

対象樹種はスギ，ヒノキ，カラマツ，ヒバ，アカマツで，長野県はカラマツ+カラマツ，及びアカマツ+ヒノキの接着重ね梁を担当した。

ここでは本県担当分の強度試験結果を中心に報告する。

2 試験方法

2.1 試験体

長さ4mの長野県産のカラマツ，アカマツ及びヒノキ丸太から正角材を製材（製材寸法は概ねカラマツ：145～150mm角，アカマツ：148mm角，ヒノキ：138mm角）し，人工乾燥した。

乾燥スケジュールは95℃蒸煮6時間，120℃高温セット24時間の後，90℃乾燥をカラマツが192時間，アカマツが120時間，ヒノキが48時間である。但し，カラマツの平成19年度の試験材17本

は90℃の中温乾燥材，平成20年度の5本は天然乾燥材である。

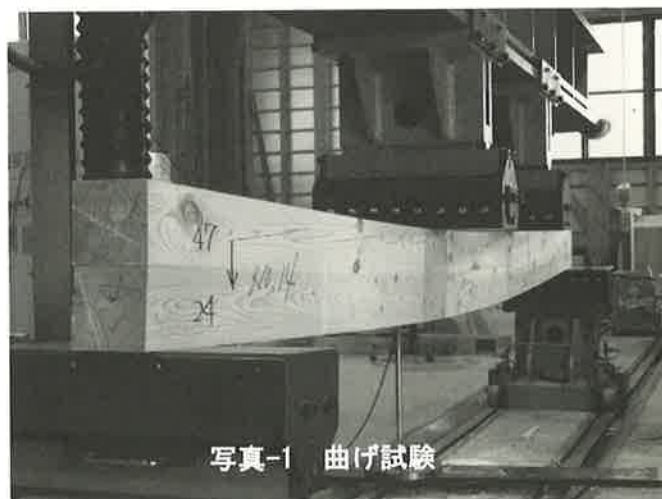
これらを上伊那森林組合伊南工場（駒ヶ根市）で，一部は当センターで125mm角に調整し，接着重ね梁のエレメントとした。

エレメントの状態ではFFTアナライザーを用いて縦振動法による動的ヤング係数(Efr)を測定し，2本のエレメントのEfrが同程度（既存データの一部は高低のペア）のものを組合せ，上記工場，及び一部は当センターでイソシアネート系接着剤を用いて積層接着した。これらを幅120mm，材せい240mmに仕上げて接着重ね梁とした。

2.2 強度試験

2.2.1 曲げ強度試験

接着重ね梁にした状態で縦振動法による動的ヤング係数を測定した後，実大材曲げ試験機「株式会社島津製作所製UH-1000kNA」を用い，下部支点間距離3900mm，上部荷重点間距離1020mmの4点荷重条件，載荷速度15mm/minで曲げ強度試験を行った（写真-1）。



荷重-変位曲線の比例域内の荷重と変位の関係から曲げヤング係数(MOE)を,最大(破壊)荷重から曲げ強さ(MOR)を計測した。

試験の前に,接着重ね梁を単一の平角材と見なし,針葉樹構造用製材の日本農林規格(JAS)の目視等級区分の方法を準用して節径比を測定した。また,下部エレメント部分の3面についても,上部荷重点間距離1020mm区間,及び下部支点間距離である3900mm区間の節径比を測定した。

2.2.2 圧縮強度試験

短辺の長さの6倍(72cm)の試験体とし,実大材圧縮試験機「(株)島津製作所製 CCM-2000 kNA」を用い,破壊荷重を断面積で除して圧縮強さを算出した(写真-2)。



写真-2 圧縮試験

試験の前に,4材面について節径を計測すると共に,材端及び材縁からの距離(節の位置)を測定した。また,寸法,重量を測定し,試験時密度を算出した。

2.2.3 めり込み強度試験

長さ1159mm~1440mmの試験体を,実大材圧縮



写真-3 めり込み試験

強度試験機「(株)島津製作所製 CCM-2000kNA」を用い,(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に準拠し,できる限り節を避け,材長の中央部付近を,上下に金属製加圧板を介して加圧した(写真-3)。加圧速度は5mm/minとした。

破壊荷重(明確な破壊が生じなかった場合は,試験体に20mmの変位が生じた時の荷重)を加圧面積(材幅×加圧板幅90mm)で除して,めり込み強さを算出した。

また,荷重-変位曲線の比例部分の直線を変位の増加方向に2mmずらした直線と,同曲線との交点における荷重からめり込み降伏強さを求め,更に,荷重-変位曲線の比例部分における荷重と変位の比を加圧面積で除してめり込み剛性を算出した。試験の前に,4材面について節径を計測すると共に,加圧板から左右への距離,及び材縁からの距離を測定した。また,寸法,重量を測定し,試験時密度を算出した。

2.2.4 引張り強度試験

(独)森林総合研究所(茨城県つくば市)の引張り強度試験機を用い,チャック間距離2160mmで引張り载荷した(写真-4)。

破壊荷重を断面積で除して引張り強さを,荷重-変位曲線の直線部分の変位及び荷重から,引張りヤング係数を算出した。

試験の前に,構造用製材JASの構造用IIの目視等級区分の方法に準拠して,目視等級区分を行った。



写真-4 引張り試験

2.2.5 せん断強度試験

縦振動法による動的ヤング係数を測定した後,せん断強度試験を,以下の3つの方法で行った。

(1) 5点荷重法

試験体の長さ2600mm,せん断スパン長600mm(材

せいの2.5倍)とし、実大材曲げ試験機「榊島津製作所製 UH-1000 kNA」を用いて、上部荷重点2箇所、下部支点3箇所の4等分点5点荷重条件で行った(写真-5)。

試験の前に、構造用製材 JAS の構造用Ⅱの目視等級区分の方法に準拠して、目視等級区分を行った。

(2) 実大ブロック法

接着層がせん断面となるように、いす型に切断・調整したブロックを実大いす型せん断治具(写真-6)にセットし、実大材圧縮試験機「榊島津製作所製 CCM-2000kNA」を用いて加圧した。破壊荷重をせん断面積 $120 \times 120 \text{mm}$ で除して、せん断強さを算出した。

(3) JIS ブロック法

日本工業規格(JIS)のブロックせん断試験法に準拠し、JIS 対応いす型せん断治具を用い、破壊荷重をせん断面積 $25 \times 25 \text{mm}$ で除して、せん断強さを算出した。

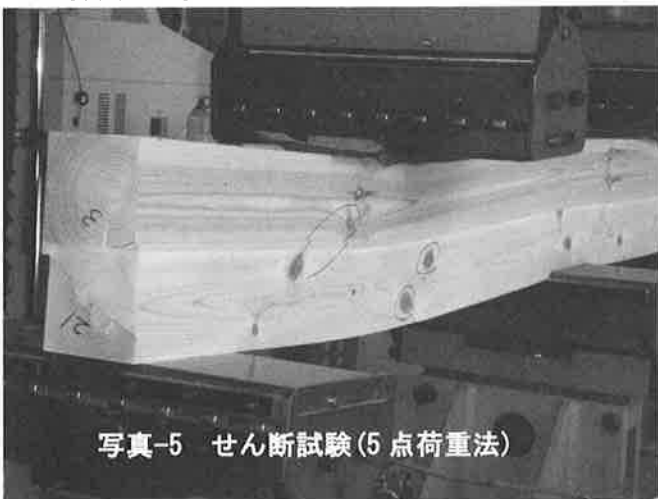


写真-5 せん断試験(5点荷重法)



写真-6 せん断試験
(実大ブロック法)

3 試験結果と考察

3.1 曲げ試験

表-1 に曲げ強度試験結果を示した。

カラマツ+カラマツ接着重ね梁の曲げ試験結果は既存のデータを含め 277 体のデータを得た。

MOE の平均値は 9.77 kN/mm^2 で、一般の製材と同程度であった。

MOR の平均値は 33.1 N/mm^2 で、変動係数が 22% と大きくばらつき、5% 下限値は 22.2 N/mm^2 で、製材の無等級材の基準強度 26.7 N/mm^2 (建設省告示 1452 号, H12) を下回った。

また、図-1 に MOE と MOR との関係、並びに、上記無等級材の基準強度及び構造用製材の JAS 機械等級に対応した基準強度(建設省告示 1452 号, H12)を示した。

カラマツ+カラマツ接着重ね梁の MOR は同基準強度を満たさないものが多く、無等級材の基準強度を満たさない試験体は 277 体中 51 体(18%)に達した。

更に、JAS 機械等級に対応した基準強度に対しては半数程度が満たさず、高温乾燥による強度低下が推測された。

しかし、ロットによっては高温乾燥でも十分な強度性能を有する試験体もあり³⁾、更に検討を要する。MOE と MOR との間には相関が認められた。

アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では、60 体の平均値で、MOE が 10.05 kN/mm^2 、MOR は 43.8 N/mm^2 であり、カラマツ+カラマツ接着重ね梁と MOE は同程度であるが、MOR は大きく上回った。MOR の 5% 下限値も 30.5 N/mm^2 と、高い値を示し、無等級材の基準強度に満たない試験体はなかった。

JAS 機械等級に対応した基準強度に対しても殆どが満たしていた。当初の狙い通り、輪生節を有するアカマツの欠点をヒノキを下段に配したことにより、十分に補っていることが確認された。

MOE と MOR との間には、カラマツ+カラマツ接着重ね梁よりも、強い相関が認められた。

図-2 に、2 本のエレメントの Efr の平均値と接着重ね梁の MOE との関係を示す。

両者には高い相関が認められ、エレメントの Efr の組合せで、接着重ね梁の MOE が推定できることが解った。

次に、節との関係であるが、図-3 に狭い材面の集中節径比と MOR との関係、図-4 に荷重点間(1020mm)の下部エレメントの最大節径比と MOR との関係を示した。カラマツ+カラマツ、アカマツ

表-1 接着重ね梁の曲げ試験結果

樹種	統計	エレメント					接着重ね梁			
		上段		下段		Efr 上下段 平均値	密度	Efr	MOE	MOR
		Efr kN/mm ²	含水率 %	Efr kN/mm ²	含水率 %					
カラマツ + カラマツ	平均値	10.30	13.9	10.44	13.6	10.36	497	10.65	9.77	33.1
	最小値	7.05	10.8	6.85	10.5	6.95	420	7.60	6.87	16.9
	最大値	14.15	17.6	15.08	18.0	14.61	601	14.59	13.63	57.2
	標準偏差	1.65	1.8	1.75	1.8	1.70	44	1.53	1.11	7.3
	変動係数(%)	16.0	12.9	16.8	13.1	16.4	8.8	14.4	11.4	22.0
	5%下限値	7.34		7.29		7.31		7.93	L 7.99	L 22.2
	データ数	60	40	61	40	60	69	71	277	277
アカマツ + ヒノキ	平均値	7.34	13.1	11.01	14.9	10.97	501	11.24	10.05	43.8
	最小値	7.28	8.8	7.88	11.3	8.09	433	8.76	7.85	29.6
	最大値	16.50	17.9	14.09	18.7	15.30	607	15.07	13.34	56.7
	標準偏差	1.66	2.1	1.48	1.6	1.42	31	1.36	1.28	7.4
	変動係数(%)	15.7	16.3	13.4	10.7	12.9	6.2	12.1	12.8	16.9
	5%下限値	7.63		8.36		8.42		8.78	L 7.96	2P 30.5
	データ数	60	60	60	60	60	60	50	60	60

注) 5%下限値のLは対数正規分布、2Pは2Pワイル分布、その他は正規分布

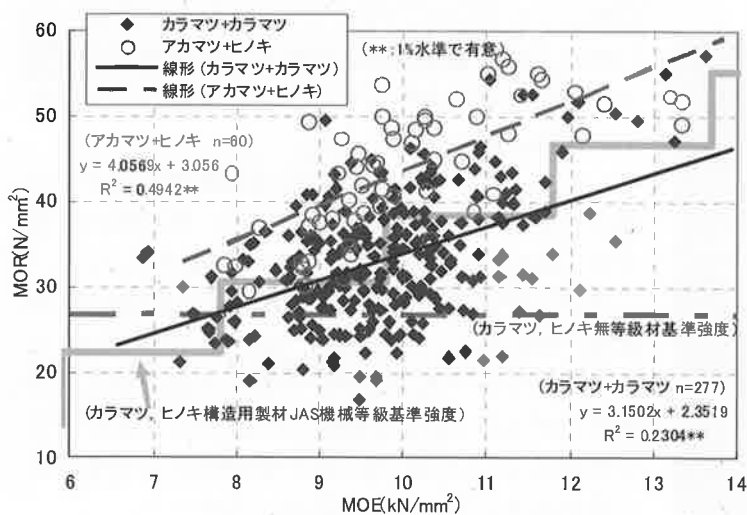


図-1 接着重ね梁のMOEとMORとの関係

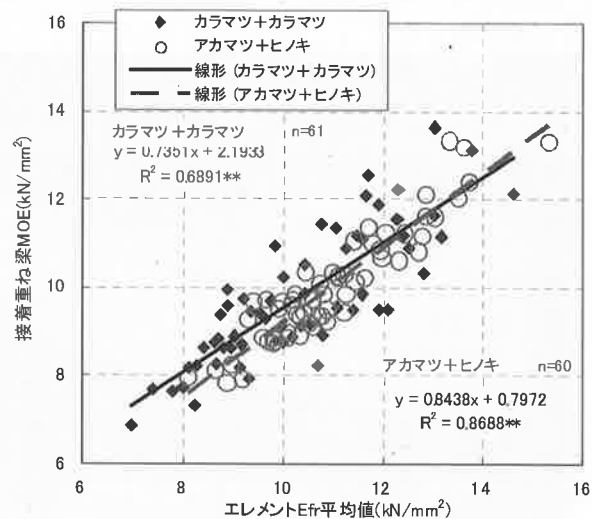


図-2 エレメントEfr平均値とMOEとの関係

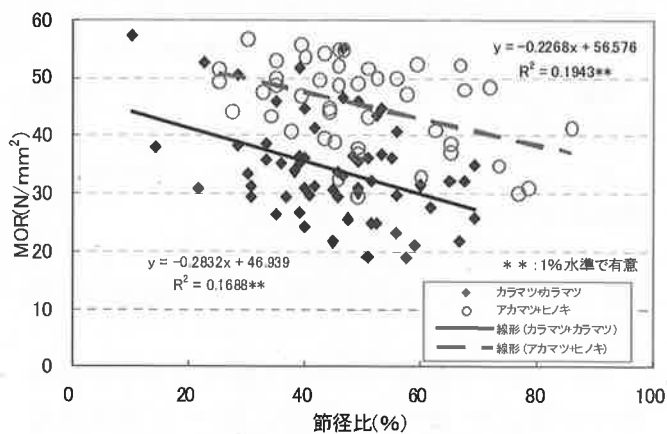


図-3 狭い材面集中節径比とMORとの関係

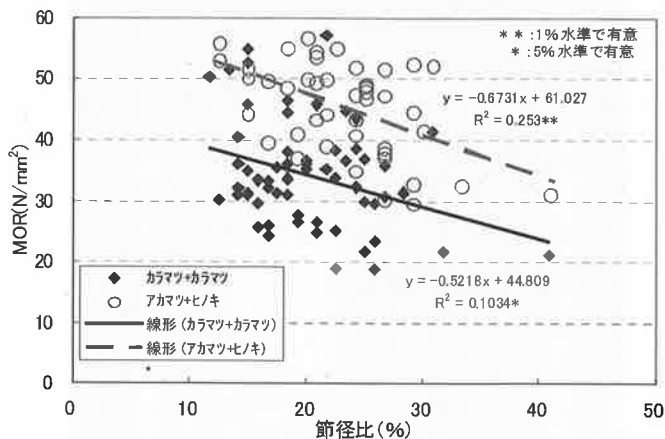


図-4 節径比(下部1020mm区間単独節)とMORとの関係

+ヒノキ接着重ね梁とも、節径比と MOR との間には負の相関が認められた。

3.2 圧縮試験

表-2 に試験結果を示した。

カラマツ+カラマツ接着重ね梁の圧縮強さの平均値は 29.1N/mm²、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁のそれは 31.6N/mm²、5%下限値でも前者が 22.5N/mm²、後者が 25.6 N/mm²であり、無等級材の基準強度(建設省告示 1452 号)を上回っていた。

図-5 に縦振動法による動的ヤング係数(Efr)と圧縮強さとの関係を示した。カラマツ+カラマツ接着重ね梁では両者に弱い相関が見られた。アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では、平成 18, 19 年度の試験結果で 1%水準で有意な相関を報告⁴⁾したが、平成 20 年度を含めたところ、無相関であった。

これは、試験体数が 35 体と少なく、平成 20 年度試験体に、Efr が低い割に圧縮強さが高いものが含まれていたためと思われる。

圧縮による皺曲は無垢の製材品と同様な破壊形態を示し、節や目切れ付近から始っており、接

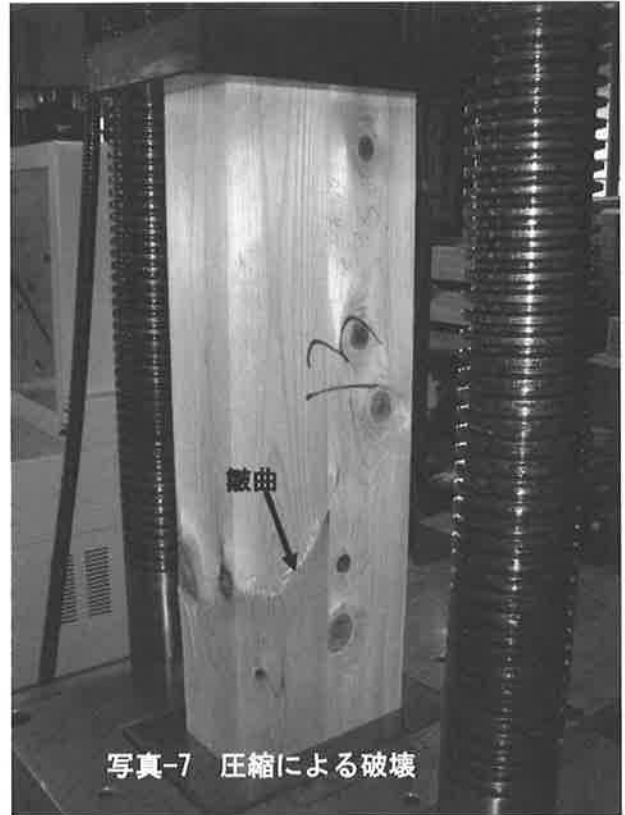


写真-7 圧縮による破壊

表-2 圧縮及びめり込み試験結果

樹種 上下段 組合わせ		圧縮試験			めり込み試験			両試験共通		
		縦圧縮 強さ (N/mm ²)	最大単 独節径 (mm)	最大集 中節径 (mm)	めり込 み剛性 (N/mm ³)	めり込み 降伏強さ (N/mm ²)	めり込み 強さ (N/mm ²)	Efr (kN/mm ²)	試験時 密度 (kg/m ³)	含水率 (%)
カラマツ + カラマツ	平均値	29.1	28	55	2.78	5.14	7.69	11.06	494	15.0
	最小値	23.9	12	25	2.18	4.16	6.10	7.95	421	11.7
	最大値	38.0	40	74	3.59	7.36	10.42	13.98	572	18.9
	標準偏差	3.6	7	11	0.34	0.65	1.01	1.53	34	1.4
	n=35 5%下限値	22.5			2.15	3.94	5.82	8.23		
アカマツ + ヒノキ	平均値	31.6	35	64	3.14	6.62	9.57	10.48	490	15.0
	最小値	25.6	20	31	2.06	5.08	7.42	7.45	440	12.5
	最大値	39.8	77	126	4.44	8.95	13.13	13.20	545	17.4
	標準偏差	3.3	11	23	0.55	1.03	1.21	1.38	25	1.2
	n=35 5%下限値	25.6			2.12	4.72	7.33	7.93		

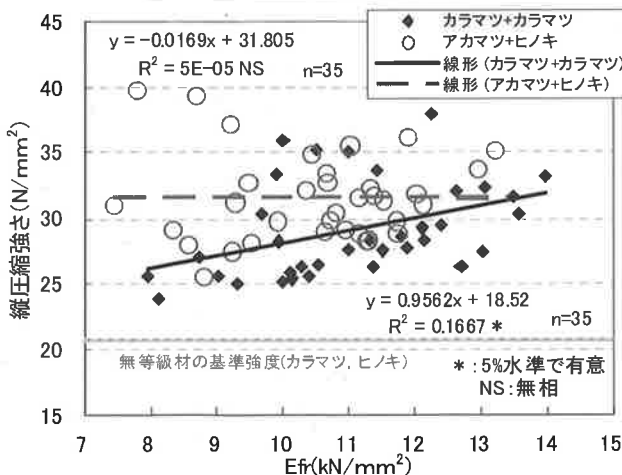


図-5 Efrと縦圧縮強さとの関係

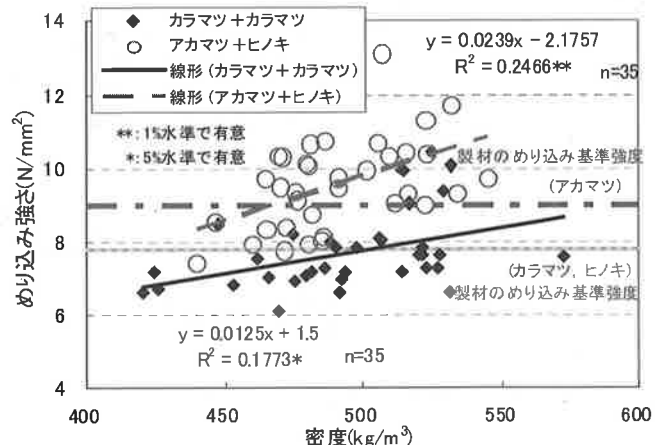


図-6 密度とめり込み強さとの関係

着層が起因したものではなかった(写真-7)。

3.3 むり込み試験

表-2 に試験結果を、図-6 に密度とむり込み強さとの関係を示した。カラマツ+カラマツ接着重ね梁は大部分が無等級材のむり込み基準強度 7.8N/mm^2 を満たさなかった。アカマツ+ヒノキ接着重ね梁は、殆どがヒノキの基準強度 7.8N/mm^2 を満たしていたが、35 体中 10 体がアカマツの基準強度 9.0N/mm^2 には達しなかった。

アカマツとヒノキではアカマツの方が高い基準強度が与えられている(国土交通省告示 1024 号, H13)が、基準強度とは逆に、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁ではアカマツのむり込み量がヒノキより大きい傾向にあった(写真-8)。

密度とむり込み強さとの関係では、密度の高い試験体ほどむり込み強さが大きい傾向が認められた(図-6)。

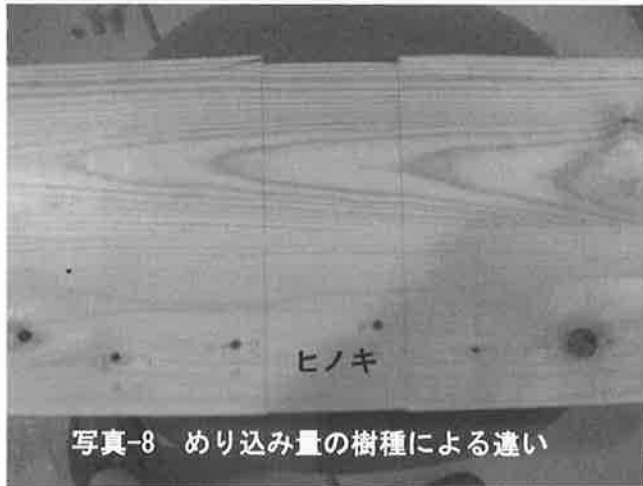


写真-8 むり込み量の樹種による違い

3.4 引張り試験

表-3 に試験結果を示した。無等級材の基準強度に対しては、概ね満たしていたが、カラマツ+カラマツ接着重ね梁で 10 体中 2 体、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では 10 体中 1 体が下回った。引張り

表-3 引張り試験結果

樹種・上下段組合せ		密度 (kg/m^3)	最大荷重 (kN)	縦振動ヤング係数 (kN/mm^2)	引張りヤング係数 (kN/mm^2)	引張り強さ (N/mm^2)
カラマツ + カラマツ (n=10)	平均値	530	727	11.70	10.72	24.7
	最小値	457	443	9.02	8.06	14.7
	最大値	631	1056	16.09	15.16	36.4
	標準偏差	48	206	2.02	2.02	7.3
	変動係数(%)	9.0	28.4	17.3	18.9	29.7
アカマツ + ヒノキ (n=10)	平均値	508	760	11.44	10.54	26.3
	最小値	467	397	9.35	8.91	13.7
	最大値	544	1073	14.43	13.02	37.0
	標準偏差	26	201	1.43	1.27	6.9
	変動係数(%)	5.0	26.5	12.5	12.0	26.4

強さの変動係数は、両者とも非常に大きかった。

図-7 に引張りヤング係数と引張り強さの関係を示した。両者に高い相関が認められた。

また、図-8 に Efr と引張りヤング係数との関係を示したが、高い相関があり、Efr の測定で引張りヤング係数や引張り強さが推定できることが解った。

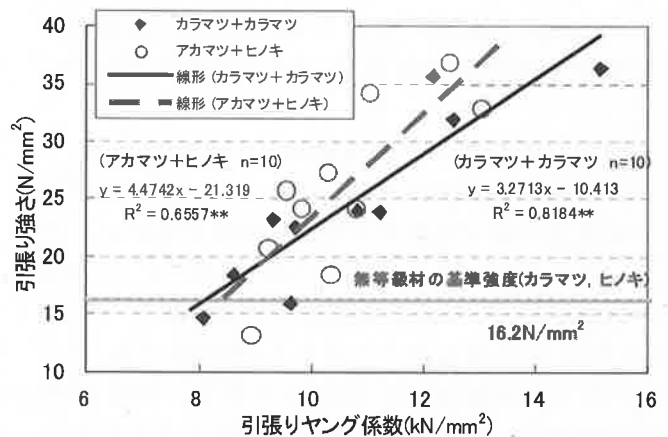


図-7 引張りヤング係数と引張り強さとの関係

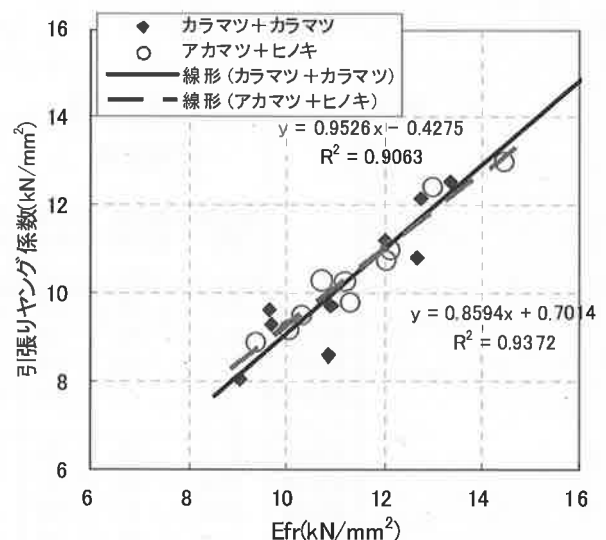


図-8 Efrと引張りヤング係数との関係

3.5 せん断試験

表-4 に 3 種類のせん断試験法による試験結果を示した。せん断強度の平均値は JIS ブロック法に比して、実大ブロック法は 0.6 強、5 点荷重法は 0.5 強であった。また、5 点荷重法と実大ブロック法の比はカラマツ+カラマツ接着重ね梁が平均値で 0.84、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁は同様に 0.92 と、近い値であった。

表-4 せん断試験結果

樹種 組合せ	試験 体No.	5点荷重法(5P)		実大ブロック(FB)		JISブロック(JB)		5P/JB	FB/JB	5P/FB
		せん断強さ N/mm ²	破壊 形態	せん断強さ N/mm ²	せん断強さ N/mm ²	せん断強さ N/mm ²	せん断強さ N/mm ²			
カラマツ + カラマツ n=10	KK1	4.68	曲げ	6.41	11.43	0.41	0.56	0.73		
	KK2	5.19	曲げ	8.00	11.97	0.43	0.67	0.65		
	KK3	6.31	曲げ	8.09	10.60	0.59	0.76	0.78		
	KK4	4.77	曲げ	6.73	9.44	0.51	0.71	0.71		
	KK5	3.76	曲げ	5.99	9.57	0.39	0.63	0.63		
	KK6	4.13	曲げ	6.24	10.27	0.40	0.61	0.66		
	KK7	5.38	せん断	5.95	10.82	0.50	0.55	0.90		
	KK8	6.25	曲げ	5.28	11.54	0.54	0.46	1.18		
	KK9	6.46	曲げ	5.44	8.67	0.75	0.63	1.19		
	KK10	7.05	せん断	7.02	12.05	0.58	0.58	1.00		
平均値		5.40		6.52	10.64	0.51	0.62	0.84		
標準偏差		1.03		0.91	1.09	0.11	0.08	0.20		
アカマツ + ヒノキ n=10	AH1	7.30	せん断	7.23	12.81	0.57	0.56	1.01		
	AH2	5.83	せん断	7.03	11.39	0.51	0.62	0.83		
	AH3	5.22	せん断	5.74	10.70	0.49	0.54	0.91		
	AH4	6.58	せん断	7.80	10.75	0.61	0.73	0.84		
	AH5	6.97	せん断	6.87	7.87	0.89	0.87	1.01		
	AH6	6.97	せん断	7.57	11.31	0.62	0.67	0.92		
	AH7	6.66	曲げ	5.75	11.02	0.60	0.52	1.16		
	AH8	7.30	せん断	7.47	12.24	0.60	0.61	0.98		
	AH9	4.93	曲げ	7.79	13.38	0.37	0.58	0.63		
	AH10	5.61	曲げ	6.20	12.80	0.44	0.48	0.90		
平均値		6.34		6.95	11.43	0.57	0.62	0.92		
標準偏差		0.83		0.75	1.49	0.13	0.11	0.13		

注)ブロックせん断は2つの試験片の平均値

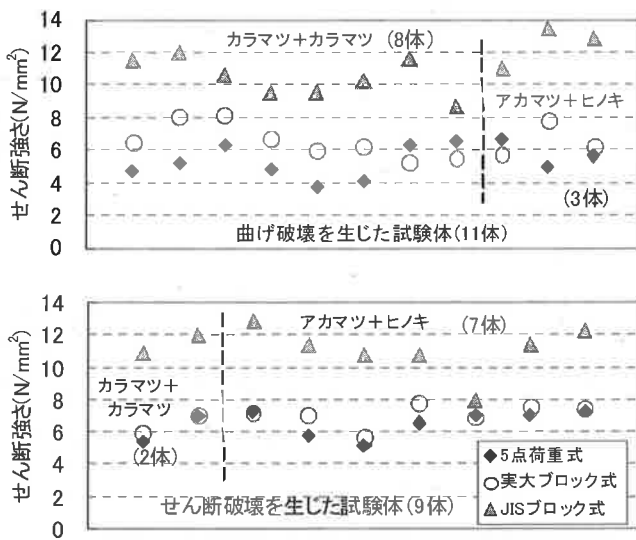


図-9 5点荷重法での破壊形態別の各試験法による比較

図-9 は2種の接着重ね梁20体の5点荷重法での試験において、せん断を生じて破壊した試験体と、せん断が生じる前に曲げ破壊(この値もせん断強さと見做した)した試験体とに分けて、試験法別にせん断強さを比較したものである。

せん断を生じた5点荷重法による値と実大ブロック法による値が近似しており、実大ブロック法による試験結果は、小試験片で行うJISブロック法よりも、実大材のせん断強さを反映すると推

測された。無等級材の基準強度 2.1 N/mm²(建設省告示 1452号)は、全ての試験体が満たしていた。

4 まとめ

カラマツ+カラマツ及びアカマツ+ヒノキの接着重ね梁を作製し、曲げ、圧縮、めり込み、引張り、せん断試験の主な結果は次のとおりである。

4.1 曲げ試験

カラマツ+カラマツ接着重ね梁のMOEは平均値で9.77 kN/mm²(変動係数11.4%)、5%下限値で7.99 kN/mm²、MORは平均値で33.1 N/mm²(変動係数22.0%)、5%下限値で22.2 N/mm²であった。

無等級材の基準強度やJAS機械等級に対応した基準強度を下回るものが多くあり、高温乾燥の影響による強度低下がうかがわれた。しかし、ばらつきが大きく、強度低下が少ない

ロットも存在したことから、どのような材で高温乾燥の影響が少ないのか、今後検討する必要がある。

アカマツ+ヒノキ接着重ね梁のMOEは平均値で10.05 kN/mm²(変動係数12.8%)、5%下限値で7.96 kN/mm²、MORは平均値で43.8 N/mm²(変動係数16.9%)、5%下限値で30.5 N/mm²であった。

ヒノキを下段に配したことで、輪生節等を有するアカマツの欠点を効果的に補っていた。

4.2 圧縮試験

カラマツ+カラマツ接着重ね梁の圧縮強さは平均値で29.1 N/mm²(変動係数12.3%)、5%下限値で22.5 N/mm²であり、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では同様に31.6 N/mm²(変動係数10.3%)、25.6 N/mm²で、2種類の接着重ね梁とも、無等級材の基準強度を満たしていた。

4.3 めり込み試験

カラマツ+カラマツ接着重ね梁のめり込み強さは、平均値で7.69 N/mm²(変動係数13.1%)、5%下限値で5.82 N/mm²であり、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では同様に9.57 N/mm²(変動係数12.6%)、7.33 N/mm²で、カラマツ+カラマツ接着重ね梁に基準強度を満たさないものが多かった。

4.4 引張り試験

カラマツ+カラマツ接着重ね梁の引張り強さは、平均値で 24.7 N/mm^2 (変動係数 29.7%)、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では同様に 26.3 N/mm^2 (変動係数 26.4%) で、概ね基準強度を満たしていた。ばらつきは大きかった。

Efr と引張りヤング係数や引張り強さとの相関は高かった。

4.5 せん断試験

カラマツ+カラマツ接着重ね梁のせん断強さは、平均値で5点荷重法 5.40 N/mm^2 、実大ブロック法 6.52 N/mm^2 、JISブロック法 10.54 N/mm^2 で、アカマツ+ヒノキ接着重ね梁では同様に 6.34 N/mm^2 、 6.95 N/mm^2 、 11.43 N/mm^2 で、せん断を生じた5点荷重法による値と実大ブロック法による値が近似した。

4.6 全体のまとめ

カラマツ+カラマツ接着重ね梁は、主に曲げ及びめり込み強度性能について、高温乾燥の影響と思われる強度低下がうかがわれた。一方で、影響の少ないと思われる試験体も少なからず存在したので、その原因について今後検討する必要がある。

アカマツ+ヒノキ接着重ね梁は、ヒノキがアカマツの欠点を補い、概ね満足でき得る強度性能を有していた。

5 謝辞

実大材引張り試験機をお借りし、引張り試験に御協力いただいた、独立行政法人森林総合研究所材料接合研究室の長尾博文室長、加藤英雄氏、井道裕史氏に深甚なる謝意を表します。

引用文献

- 1) 橋爪丈夫, 吉田孝久, 馬渡栄達: 合わせ貼り軸材の製造技術とその品質評価, 長野県林業総合センター業務報告, 54-55(1997)
- 2) 伊東嘉文: 長野県で広がる接着重ね梁の利用, Journal of Timber Engineering, Vol. 18, NO. 4 118-126(2005)
- 3) 伊東嘉文, 吉田孝久: 公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発(1), 長野県林業総合センター業務報告, 104-105(2009)
- 4) 伊東嘉文, 吉田孝久, 橋爪丈夫: 公的認証取得を可能とする高信頼性接着重ね梁の開発(3), 長野県林業総合センター業務報告, 116-11(2008)