

三重県産スギ材等を利用した高付加価値製品の製造  
- 異等級構成小断面集成材の曲げ及び部分圧縮におけるクリープ挙動 -

辻 直幸\* , 中山 伸吾\*

Development of High-value Manufactures  
Using Prefectural Cedars

- Creep Behavior of Bending and Partial  
Compression Performance on Small-glulam  
Composed of Various Graded Lamina -

by Naoyuki TSUJ I and Shingo NAKAYAMA

〔要 旨〕

ベイマツラミナを最外層に配置し，三重県産スギ材を使用した異等級構成小断面集成材（以下，異樹種集成材）及び同一等級構成スギ小断面集成材（以下，スギ集成材）のクリープ特性を検討するため，定常状態下における9日間の曲げクリープ試験及び部分圧縮クリープ試験を実施した．

主な結果は，以下のように要約される．

- 1) ベイマツ材と同等の弾性的性質をもつ異樹種集成材では，ベイマツ材の性状に近い曲げクリープ挙動を示した．一方，スギ集成材ではベイマツ材と比較して，瞬間ひずみでは1.5倍以上，クリープひずみでは2倍以上の変形挙動を示した．
- 2) 異樹種集成材の部分圧縮クリープひずみは，スギ集成材のおおよそ半分以下で小さい値を示したが，集成材のラミ構成の違いによるクリープ変形挙動の特徴的な差異は確認できなかった．

1. はじめに

スギ材の需要を拡大させるためには，住宅関連部材としての利用を促進させることが肝要であり，その一方策として集成加工による構造材及び内装材の利用が期待されている．

前報<sup>1)</sup>では，比較的低質なスギ材の利用を図る目的で，ベイマツラミナを最外層に配置した異樹種集成材の短期載荷時における曲げ及び部分圧縮特性を調査した．その結果，ベイマツラミナを最外層に用いることによって，曲げの場合では弾性的性質の向上は期待できるが，強度はそれほどでもないこと，部分圧縮の場合では異樹種集成材の比例限強さは，最外層ベイマツ

ラミナの部分圧縮性能に支配される可能性の高いことなどがわかった．

一方，集成材などの木質材料は粘弾性をもつため，長期の応力下状態における使用部位ではクリープなどの物性挙動の把握が重要と思われる．

そこで本研究では，異樹種集成材の長期載荷における曲げ，めり込み挙動を調べ，短期載荷時の場合と比較し，若干の考察を行った．

2. 実験方法

2.1 試験体

曲げクリープ試験体は，前報<sup>1)</sup>と同様にして作製した．

部分圧縮クリープ試験体は，前回の一部を使用，あ

\* 製品開発室

DS4-140	DS4-110	SS4-100	SS4-090	DS5-140	DS5-125
L 140	L 110	L 100	L 90	L 140	L 125
L 50	L 70	L 100	L 90	L 60	L 70
L 50	L 70	L 100	L 90	L 50	L 70
L 140	L 110	L 100	L 90	L 60	L 70
				L 140	L 125

図1 集成材の種類と断面構成

表1 集成材及びベイマツ (Douglas fir) 試験体の短期載荷時の物性及びクリープ試験時の負荷応力比

試験体	曲 げ			部 分 圧 縮		
	$\sigma_{b,p}$	$\sigma_b$	s-level	$\sigma_{c,p}$	$\sigma_{c,s}$	s-level
DS4-140	4.41	83.8	0.50	5.51	8.19	0.69
DS4-110	3.43	70.4	0.59	4.57	7.33	0.84
SS4-100	2.94	70.2	0.60	3.88	5.45	0.98
SS4-090	2.94	64.9	0.64	3.67	5.31	1.04
DS5-140	3.92	82.1	0.51	5.56	8.05	0.69
DS5-125	3.43	82.1	0.51	5.81	8.58	0.66
Douglas fir	4.41	106.4	0.39	5.66	9.39	0.67

注)  $\sigma_{b,p}$ : 曲げ比率限荷重 kN,  $\sigma_b$ : 曲げ強さ N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{c,p}$ : 比例限部分圧縮強さ N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{c,s}$ : 辺長の5%部分圧縮強さ N/mm<sup>2</sup>, s-level: 短期試験による曲げ強さ及び比例限部分圧縮強さに対するクリープ試験時の負荷応力比

るいは今回の曲げクリープ試験終了後に、試験体の健全部より切り出し作製した。

今回使用した集成材の種類と断面構成は図1のとおりある。図中の集成材の試験体名は、(最外層樹種の頭文字)(内層樹種の頭文字)(構成層数)-(最外層ラミナの強度等級)<sup>2)</sup>を示す順に文字付けした。例えば、DS4-140ならば最外層にベイマツ、内層にスギを用いた4層構造の集成材で最外層に強度等級L140のラミナを配置した試験体のことである。

また、参考までに前報の結果の一部を使用し、集成材及びベイマツ試験体の短期載荷時における物性値を表1にまとめた、

## 2.2 試験方法

### 2.2.1 曲げクリープ試験

曲げクリープ試験は、温度20℃、湿度65%の定常状態下において、スパン56cmの中央集中荷重方式により行った。試験体に積層方向から一定荷重3.19kN(曲げ応力41.8N/m<sup>2</sup>)を負荷し、これを9日間保持し、試験体の中央下部にて曲げクリープひずみを測定した。

なお、曲げクリープひずみはレーザー式変位センサー(精度1/100mm)を介して記録計に出力し、その値を1/20mmで読み取った。クリープ試験時の負荷応

力は、静的曲げ試験による結果からスギ集成材の曲げ比例限荷重レベルを基準として採用し設定した(表1)。

### 2.2.2 部分圧縮クリープ試験

部分圧縮クリープ試験は、温度20℃、湿度65%の定常状態下において、幅38.5mmに加工した直6面体の鋼板を用い、試験体の中央部に積層方向から一定荷重5.88kN(圧縮応力3.82N/mm)を負荷し、これを9日間保持して行った。圧縮治具台盤の移動量をリニアゲージ(精度1/1000mm)を介して記録計に出力し、これを0.01mm精度で読み取り、部分圧縮クリープひずみを測定した。

なお、部分圧縮クリープ試験時の負荷応力は、静的部分圧縮試験による結果から、スギ集成材の比例限部分圧縮強さレベルを基準として採用し設定した(表1)。

## 3. 結果と考察

### 3.1 集成材の曲げクリープ挙動

各集成材及びベイマツ試験体の曲げクリープ変形曲線の一例を図2に、また、すべての試験体の瞬間ひずみ(D<sub>b0</sub>)と9日間載荷後のひずみ(D<sub>b9</sub>)を表2に示す。

図2から曲げクリープひずみの経時変化は、

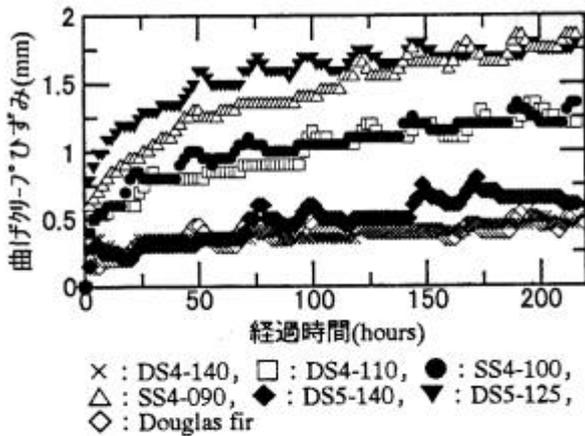


図2 曲げクリープひずみと経過時間の関係

表2 曲げクリープ試験における瞬間ひずみ ( $D_{b,0}$ ) と9日間载荷後のひずみ ( $D_{b,9}$ )

試験体	No.	$D_{b,0}$ (mm)	$D_{b,9}$ (mm)
DS4-140	1	4.45	5.20
	2	4.25	4.70
DS4-110	1	5.70	6.90
SS4-100	1	6.60	7.95
	2	6.75	8.60
SS4-090	1	6.75	8.60
	2	6.90	8.75
DS5-140	1	5.20	6.10
	2	4.70	5.30
DS5-125	1	5.60	7.40
Douglas fir	1	4.30	4.85

DS5-125, SS4-090で最も大きく, SS4-100, DS4-110においてもベイマツ材に比較して2倍以上の曲げクリープひずみの変化を示した。このことは、試験時の負荷荷重が曲げ比例限荷重レベルに相当する試験体では集成材の種類に関係なく、曲げクリープひずみの経時変化が大きくなることを意味している。一方、DS4-140及びDS5-140ではベイマツ材のクリープ挙動と比較し、やや大きめの変形傾向を示しているが、今回の負荷応力下では比較的ベイマツ材に近いクリープ性状であったと判断される。また、表2の結果から9日間载荷後の曲げクリープ変形量 ( $D_{b,9}$ ) は、異樹種集成材に比べてスギ集成材の場合、载荷初期の瞬間ひずみ ( $D_{b,0}$ ) においてベイマツ材の1.5倍以上もある大きな変形を生じたためであると考えられる。

静的曲げ性能が同等の集成材について、短期载荷時の曲げ物性と今回の曲げクリープ試験の結果を比較す

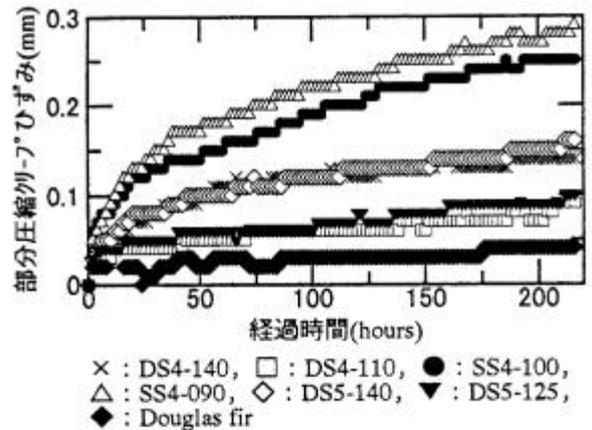


図3 部分圧縮クリープひずみと経過時間の関係

表3 部分圧縮クリープ試験における瞬間ひずみ ( $D_{c,0}$ ) と9日間载荷後のひずみ ( $D_{c,9}$ )

試験体	No.	$D_{c,0}$ (mm)	$D_{c,9}$ (mm)
DS4-140	1	0.81	0.88
	2	0.68	0.82
DS4-110	1	0.65	0.72
	2	0.71	0.80
SS4-100	1	1.08	1.33
	2	0.71	1.41
	3	0.92	1.69
SS4-090	1	0.88	1.17
	2	0.66	0.93
	3	0.86	1.30
DS5-140	1	0.90	1.06
	2	0.81	0.93
DS5-125	1	0.84	0.94
Douglas fir	1	0.54	0.57
	2	0.67	0.71

ると、5層構成では4層構成の集成材に比べ、瞬間ひずみと、曲げクリープひずみの和であるクリープ変形量 ( $D_{b,9}$ ) がやや大きいように見受けられた。このことから、長期载荷の場合には集成材の構成層数の違いが曲げ性状に影響を及ぼす可能性があるかと推察される。この点については、負荷応力比や集成材断面寸法の影響、水分非定常状態における性状などを調べた上で確認することが必要と思われる。

### 3.2 集成材の部分圧縮クリープ挙動

各集成材及びベイマツ試験体の部分圧縮クリープ変形曲線の一例を図3に、また、すべての試験体の瞬間ひずみ ( $D_{c,0}$ ) と9日間载荷後のひずみ ( $D_{c,9}$ ) を表

3に示す。

図3から、スギ集成材の部分圧縮クリープひずみの経時変化は最も大きい挙動を示しており、試験終了時に至るまでクリープ変形が抑制状態に達することもなく進行している。一方、異樹種集成材ではスギ集成材に比較し、部分圧縮クリープひずみの変化がおおよそ半分以下となっており、最外層に配置したベイマツラミナのめり込み抑制効果によると思われる。異樹種集成材のラミナ構成の違いによる影響を見ると、図2ではDS5-125及びDS4-110に比べて、DS4-140及びDS5-140の方が部分圧縮クリープひずみの経時変化が大きくなっている。この比較の一例は、本実験の結果の中では極端なものであるが、異樹種集成材のすべての試験体による傾向を考慮しても試験体の曲げ性能と部分圧縮クリープ性能との相関関係は、それほど高くないと推測される。このことは、スギ集成材の場合においても見受けられた。したがって、集成材の長期負荷状態におけるめり込み特性は、集成材の種類による影響だけでなく、個々の集成材のめり込み特性によるバラツキの影響が比較的大きいものと考えられる。しかし、異樹種集成材の場合はクリープ試験時の負荷荷重が比例限部分圧縮強さの範囲内であったことから、異樹種集成材におけるラミナ配置の違いが部分圧縮クリープひずみの経時変化に及ぼす影響は、比較的小さかったものと思われる。

一方、表3の瞬間ひずみ( $D_{0.0}$ )の結果では、曲げクリープ試験の結果で見られた、スギ集成材と異樹種集成材の違いによる初期ひずみ挙動の差異を確認することはできなかった。これは、個々の集成材のめり込み特性の違いによるバラツキの影響も考えられるが、本実験では圧縮治具台盤の移動量を部分圧縮クリープひずみとして測定したため、初期の測定誤差がかなり

含まれている可能性も否定できない。よって、この点については今後の検討課題としたい。

#### 4. まとめ

スギ材を用いた集成材の長期間にわたる強度性能を予測する基礎的データを得るために、最外層にベイマツラミナを用いた異樹種集成材、ならびにスギ集成材の曲げクリープ及び部分圧縮クリープ試験を行い、定常状態下における性状を検討した。

曲げクリープ試験の結果、スギ集成材のみならず異樹種集成材の場合においても、本実験時の負荷荷重が試験体の静的曲げ比例限荷重に近い集成材タイプでは比較的大きな曲げクリープ変形傾向を示した。しかし、瞬間ひずみは、このタイプの異樹種集成材であってもスギ集成材に比較して小さな値であった。静的曲げ試験において、ベイマツ単体と同程度の弾性特性をもつ異樹種集成材は、曲げクリープ試験においてもベイマツに近い挙動を示した。

異樹種集成材の部分圧縮クリープ挙動では、スギ集成材と比較し、めり込み抑制傾向が認められた。これは、ベイマツラミナを最外層に使用したことによる補強効果と推測される。しかし、今回の実験では、異樹種集成材のラミナ配置の違いが部分圧縮クリープひずみの経時変化に及ぼす影響について明確にすることはできなかった。

#### 参考文献

- 1) 辻直幸, 岸久雄, 斎藤猛, 中山伸吾: 三重県工技セ研報, 21, 63 - 66 (1997)
- 2) (財)日本合板検査会: 構造用集成材の日本農林規格 (1996)