

乾湿繰り返し条件下での市販ボードの 曲げクリープ特性 (第2報)

- 短期クリープ試験からの設計曲げクリープたわみの提案 -

堀江 秀夫

The Flexural Creep Behavior of Commercial Wood-Based Panels under Cyclic Relative Humidity () - Design Creep Deflection by Short-Term Creep Test-

Hideo HORIE

In a previous report, it was confirmed that long term creep deflections could be predicted generally by regression curves from the data of 3 cycles for flexural creep under cyclic relative humidity at 20% for small specimens of five commercial panels and one trial strand-particle board.

This time, twelve commercial panels and one trial strand-particle board were tested for 3 cycles and 84 days for flexural creep under cyclic relative humidity at 20%.

Design creep deflection parameters for structural wood-based panels based on estimated relative creep were obtained from this and the previous tests.

The design creep deflection for plywood is 3.5 times the initial deflection and for composite panels it is 12.5 times the initial deflection after a ten-year loading period under cyclic relative humidity.

Key words : 木質ボード, クリープ, 乾湿繰り返し, クリープたわみ
wood-based panels, creep, cyclic relative humidity, creep deflection

前報では,市販構造用ボード5種類と試作ストランドパーティクルボード1種類の長期曲げクリープたわみは,小型試験片による非正常環境での曲げクリープ試験を3サイクル行うことによりほぼ予測可能であることを確認した。

本報では,さらに市販構造用ボード12種類と試作ストランドパーティクルボード1種類について,84日間3サイクルの20%乾湿繰り返し環境での曲げクリープ試験を行った。

前報および本報の曲げクリープ試験から得られた相対クリープの予測値から,構造用木質ボードの曲げクリープたわみの設計値を提案した。非正常環境での10年後の設計クリープたわみは,合板では初期たわみの3.5倍,ボード類では初期たわみの12.5倍となった。

1. はじめに

木質ボードを建築材料として適切に使って行くためには、実際の湿度が変化する使用環境を想定した木質ボードの曲げクリープ試験を行い、長期曲げ性能に関する設計データを蓄積する必要がある。このため、市販構造用ボードについて湿度を変化させた非定常環境での曲げクリープ試験を行い、短期間の試験結果から長期曲げクリープたわみを予測した。その結果を基に、木質ボードが最も厳しい長期の非定常環境下において初期たわみの何倍たわむかという設計指標を検討した。

前報¹⁾では、木質ボードの長期曲げクリープたわみは、小型試験片による非定常環境での曲げクリープ試験を、28日間を1サイクルとして3サイクル行うことによりほぼ予測可能であることを確認した。

そこで本報では、温度20℃一定で乾湿繰り返しの非定常環境下で、厚さ12～30mmの市販構造用ボードの84日間3サイクルの曲げクリープ試験を行って供試ボードの曲げクリープ特性を把握した。さらに、前報の供試ボードの結果も加えて市販構造用ボードの長期曲げクリープたわみを予測し、この予測値から構造用木質ボードの曲げクリープたわみの設計値の算出方法を提案した。

2. 実験方法

2.1 供試ボード

第1表に示した市販構造用ボード12種類(3×6尺、各3枚)と、ストランド・パーティクルボード(表層ストランドおよび芯層パーティクルの無配向三層構成ボード、略記号SPB)の厚さ12mm試作品(京都府立大学製造、100×80cm、1枚)の計13種類のボードを供試した。

前報と同様の方法で各種試験片を木取った。厚さ12と15mmのボードからは、ボード長手方向と平行に幅5×長さ50cmの試験片を連続して木取り、隣接部位のものを4点曲げ試験片、クリープ試験片、含水率・厚さ変化測定片、およびJIS A 5908(1994)「パーティクルボード」による基礎物性を測定するための材質試験片とした。厚さ24と30mmのボードからは、ボード長手方向と平行に幅15×長さ100cmの試験片を連続して木取り、隣接部位のものを4点曲げ試験

片、クリープ試験片、含水率・厚さ変化測定片、また幅5×長さ50cmの試験片を採取してJIS A 5908による基礎物性を測定するための材質試験片とした。

2.2 材質試験

材質試験は、試験片を20℃相対湿度65%恒温恒湿室内で調湿したのち行った。結果は、常態曲げと湿潤時曲げB(2時間煮沸、常温水中1時間浸せき)は、ボード1枚当たり3試験片の平均値で表示した。また、はく離強さと吸水厚さ膨張率(1日および7日間水中浸せき)は4試験片の平均値で表示した。

4点曲げ試験はクリープ試験片と同じ3等分点2点荷重方式で行い、3試験片の平均として求めた曲げヤング係数および曲げ強さを、クリープ試験片の曲げヤング係数および曲げ強さとみなした。

すべての曲げ試験は、合板は上質な単板面(フェース)を、OSBは網目のついた面を、PBとFBは購入時の上面を、試作SPBは製造時の上面を、それぞれ荷重面(上面)として試験した。また、曲げ試験では当て板は用いず、厚さ12と15mmのボードでは直径20mmの丸鋼を、厚さ24と30mmのボードでは直径40mmの丸鋼を支点および荷重点とした。

2.3 曲げクリープ試験

クリープ試験は、前報と同様の方法・条件で行った。積載荷重は、建築基準法施行令で定められた住宅床の積載荷重1.77kPa(180kgf/m²)に相当する載荷荷重とした。スパンは、ボード厚さが12および15mmの場合は一般的な床根太間隔(45cm)、ボード厚さが24および30mmの場合は根太なし工法²⁾の床梁間隔(90cm)とした。

厚さ12、15mmの場合は、試験片の幅5×長さ50cm、スパン45cm、載荷荷重29N(3kgf)である。厚さ24、30mmの場合は、試験片の幅15×長さ100cm、スパン90cm、載荷荷重186N(19kgf)である。

試験片数は、ボード番号ごとに1片である。

クリープ試験風景を第1図に示す。

2.4 試験環境

前報と同様に、日本で最も厳しい環境である高湿度環境として20℃相対湿度85～90%、低湿度環境として20℃相対湿度35～40%の繰り返しを非定常環境として採用した。

試験期間は、20 相対湿度90%の14日間と20 相対湿度35%の14日間の合計28日間を1サイクルとした3サイクル84日間である。試験中の実測環境は、吸湿時が温度20.0(18.2～20.9) および湿度90(88～92)%、放湿時が温度19.9(17.2～22.2) および湿度35(32～42)%であった。

なお、供試ボードはあらかじめ20 相対湿度65%の恒温恒湿室内で調湿された状態でクリープ試験を開始した。

3. 結果と考察

3.1 材質試験

供試ボードの材質試験結果を第2表に示す。この

結果、比較的強度のパーティクルボードから高強度の針葉樹合板まで、実際に流通している構造用ボードが試験対象となっていることが分かる。

3.2 曲げクリープ特性

ここでは、前報で報告した供試ボードの非定常環境でのクリープ試験結果も加えて市販構造用ボードのクリープたわみについて検討した。なお前報の結果は、20 相対湿度40%の14日間と20 相対湿度85%の14日間の計28日間を5サイクル、20 相対湿度40%の3日間と20 相対湿度85%の3日間の計6日間を5サイクル、合計10サイクルの結果である。

非定常環境でのクリープたわみの回帰曲線とクリープたわみ増加時の環境条件を第3表に示す。こ

第1表 供試ボードの種類

Table 1. Description of the tested panels.

ボードの種類 Panel Type	ボード記号 Panel Symbol	公称厚さ Nominal thickness (mm)	実測密度 Actual density (g/cm ³)	JISまたはJASの等級 Classification by JAS/JIS	樹種 Species	製造国 Manufacturing Nation	
市販品 Commercial products	広葉樹合板 Hardwood plywood	15HPW1	15	0.53	類2級(5プライ) Type I, Class 2 (5ply)	南洋材 Tropical wood	インドネシア Indonesia
		15SPW1	15	0.68	類2級(5プライ) Type I, Class 2 (5ply)	ダフリカカラムツ Dahurian larch	日本 Japan
	針葉樹合板 Softwood plywood	24SPW1	24	0.62	(9プライ) (9ply)	ダフリカカラムツ Dahurian larch	日本 Japan
		24SPW2	24	0.47	外装用(9プライ) Exterior (9ply)	SPF	カナダ Canada
	OSB	15OSB1	15	0.63	3級(粉末フェノール樹脂, ストランド長105mm) Class 3(Powder PF, Strand length 105mm)	アスペン Aspen	カナダ Canada
	PB	12PB2	12	0.77	Type M-18		
		15PB1	15	0.75	Type M-18		日本 Japan
		15PB2	15	0.72	Type M-18		
		30PB1	30	0.75	Type M		
	FB (MDF)	12FB2	12	0.69	Type M		日本 Japan
15FB1		15	0.62	Type M-25			
	15FB2	15	0.65	Type M			
試作品 Trial products	ストランドパーティクルボード ^{a)} Strand-Particle Board ^{a)}	12SPB2	12	0.83	接着剤添加率：表層10%、芯層8% Resin content : Face : 10%, Core : 8% ワックス添加率：表層0.5%、芯層0.8% Wax content : Face : 0.5%, Core : 0.8% ストランドの樹種スギ Strand species : Japanese cedar (<i>Cryptomeria japonica</i>) ストランドの寸法：0.6×20×80mm Strand size : 0.6×20×80mm		

注：a)：配向度：無配向，層構成：表層：芯層：表層=1:4:1，接着剤：メラミン・ユリア共縮合樹脂

Note : a) : Forming : Non-oriented , Construction : Face : Core : Face = 1 : 4 : 1 , Resin : Melamine urea formaldehyde.



第1図 クリープ試験風景
Fig. 1. Creep testing facilities.

の回帰曲線は、前報で示したように、非定常環境の各サイクルでの最大クリープたわみの点を求め、この点(3サイクルなので3点)から最小二乗法で求めたべき関数である。この関数は、定常環境³⁻⁶⁾ばかりではなく非定常環境⁷⁻⁹⁾の長期クリープにも良く適合するもので、今回の試験でも良く適合している。

どのボードも試験環境の変化に対して14日間ではほぼ含水率は安定し、クリープたわみもほぼ安定していた。

ボードの種類によって吸湿時にたわみが増加するものと、逆に放湿時にたわみが増加するものがあった。ただし、合板(12HPW1, 12SPW1, 15HPW1, 15SPW1)、パーティクルボード(15PB1, 15PB2)、試作ストランドボード(12SPB1)では、試験片3片のなかで異なる傾向を示した。このように木質ボードは、ボードの種類のみでクリープ特性が決まるのではなく、単板の品質や原板の位置や製造ロットで特性が変化していた。つまり、本試験のように乾湿繰り返しクリープ試験を行わないと、木質ボードの真のクリープ特性を判断できないことが分かる。

3.3 長期曲げクリープたわみの予測

今回の荷重条件下での荷重比(載荷荷重/曲げ破壊荷重)はおよそ2~11%の範囲であるため、長期間

のクリープでもクリープ破壊には至らないものと考えて、長期クリープたわみを第3表の非定常環境の回帰曲線を外挿して予測した。

全供試ボードのクリープたわみ(1か月後、1年後、10年後)および相対クリープ(クリープたわみ/初期たわみ)の予測結果を第4表に示す。なお、初期たわみとは、4点曲げ試験で求めた曲げヤング係数(MOE)とクリープ載荷荷重から算出した載荷瞬間の弾性たわみである。また、表中の相対クリープは、クリープ変形により初期たわみの何倍たわむかを示す係数という意味をもっている。

この予測は、84日間という短期間の試験結果に基づいている。しかし、この試験結果は、わが国の建築物の床下^{さら}地材が曝される湿度環境としては最も厳しい環境で得られたものであるため、市販構造用木質ボードの長期クリープたわみを安全側で予測していると考えられる。また、1年後および10年後のクリープたわみの予測値は、精度は低いものの長期クリープたわみの実用的な目安値となる。

第4表における曲げヤング係数と相対クリープの関係を第2図に示す。

図から、曲げヤング係数に関係なく、合板グループと他のボードグループに二分でき、グループごと

第2表 供試ボードの材質

Table 2. Mechanical properties of the tested panels.

ボード記号 Panel symbol	ボード番号 Panel No.	4点曲げ試験 4-point bending test				JISの3点曲げ試験 3-point bending test by JIS A 5908				4点曲げ / 3点曲げ 4-point bending / 3-point bending ratio	JISのはく離試験 Internal bond test by JIS A 5908		JISの吸水厚さ膨脹率試験 Thickness swelling test by JIS A 5908								
		常態 Air-dry condition		常態 Air-dry condition		湿潤状態 B Wet condition B		湿潤状態 B / 常態 Wet / Air-dry ratio			密度 Density (g/cm ³)	はく離強さ IB (MPa)	密度 Density (g/cm ³)	吸水厚さ膨脹率 TS							
		厚さ Thickness (mm)	密度 Density (g/cm ³)	ヤング係数 MOE (GPa)	曲げ強さ MOR (MPa)	密度 Density (g/cm ³)	ヤング係数 MOE (GPa)	曲げ強さ MOR (MPa)	密度 Density (g/cm ³)					ヤング係数 MOE (GPa)	曲げ強さ MOR (MPa)	ヤング係数 MOE	曲げ強さ MOR	1日間吸水後 1-day immersing (%)	7日間吸水後 7-days immersing (%)		
12PB2	1	12.24	0.797	3.48	21.9	0.808	3.47	27.3	0.810	1.09	8.2	0.31	0.30	1.00	0.80	0.813	1.18	0.818	6.4	9.2	
	2	12.27	0.767	3.28	20.6	0.765	3.15	24.5	0.762	0.96	7.3	0.30	0.30	1.04	0.84	0.777	0.95	0.769	6.4	8.5	
	3	12.26	0.759	3.21	18.9	0.751	3.11	23.1	0.769	1.03	7.6	0.33	0.33	1.03	0.82	0.772	0.98	0.766	6.7	8.8	
12FB2	1	12.13	0.712	3.77	35.4	0.707	3.53	40.4	0.708	1.33	16.3	0.38	0.40	1.07	0.88	0.700	0.75	0.701	1.6	5.4	
	2	12.16	0.673	3.37	31.2	0.669	3.13	34.8	0.668	1.20	14.5	0.38	0.42	1.08	0.90	0.677	0.71	0.673	1.9	5.4	
	3	12.16	0.694	3.49	32.7	0.694	3.34	36.8	0.683	1.23	15.1	0.37	0.41	1.04	0.89	0.698	0.83	0.695	1.6	5.2	
12SPB2	1-1																				
	1-2	10.50	0.828	4.56	25.7	0.824	4.84	39.1	0.847	2.57	22.2	0.53	0.57	0.94	0.66	0.836	0.98	0.825	8.2	21.6	
	1-3																				
15HPW1	1	15.51	0.541	7.41	43.3	0.536	6.21	44.9	0.559	5.55	33.9	0.89	0.76	1.19	0.96	0.527	0.91	0.540	2.2	3.3	
	2	15.30	0.534	7.34	44.8	0.546	6.09	47.8	0.529	5.42	38.4	0.89	0.80	1.20	0.94	0.563	1.29	0.557	1.9	3.0	
	3	15.55	0.513	5.13	34.1	0.519	4.74	39.8	0.514	4.07	28.4	0.86	0.72	1.08	0.86	0.506	0.88	0.506	3.0	3.3	
15SPW1	1	14.42	0.614	9.72	67.3	0.622	6.50	55.4	0.613	3.13	31.4	0.48	0.58	1.50	1.22	0.686	0.91	0.662	3.4	4.5	
	2	14.92	0.741	9.66	40.2	0.746	7.10	64.5	0.736	4.06	32.4	0.57	0.51	1.36	0.62	0.702	1.42	0.720	1.8	3.6	
	3	14.61	0.681	11.96	69.9	0.692	8.71	63.1	0.687	4.56	35.6	0.52	0.57	1.37	1.11	0.689	0.92	0.692	2.9	4.6	
15OSB1	1	15.83	0.620	6.15	31.2	0.623	4.85	37.5	0.637	1.93	15.7	0.40	0.43	1.27	0.83	0.621	0.57	0.624	4.7	14.4	
	2	15.25	0.633	6.05	29.0	0.627	4.66	32.4	0.636	1.86	17.8	0.40	0.57	1.30	0.90	0.662	0.81	0.641	5.0	16.1	
	3	15.58	0.641	5.96	26.5	0.635	4.70	35.5	0.626	2.18	18.4	0.46	0.52	1.27	0.75	0.640	0.72	0.630	5.1	13.7	
15PB1	1	15.19	0.740	3.71	20.3	0.743	3.46	23.0	0.728	0.58	3.6	0.17	0.16	1.07	0.88	0.731	0.66	0.737	4.6	13.8	
	2	15.22	0.768	3.89	21.7	0.765	3.62	23.4	0.774	0.70	4.2	0.19	0.18	1.07	0.92	0.762	0.74	0.759	5.3	15.3	
	3	15.19	0.752	3.75	20.5	0.757	3.60	24.9	0.751	0.71	3.7	0.20	0.15	1.04	0.82	0.767	0.71	0.762	5.1	15.0	
15PB2	1	15.12	0.755	3.70	22.1	0.747	3.45	25.6	0.764	1.00	7.1	0.29	0.28	1.07	0.86	0.762	0.82	0.755	7.4	10.1	
	2	15.11	0.698	3.25	16.5	0.689	2.98	18.9	0.708	0.84	5.6	0.28	0.30	1.09	0.88	0.689	0.70	0.682	7.6	9.5	
	3	15.14	0.700	3.24	17.3	0.702	3.25	23.6	0.685	0.84	4.9	0.26	0.21	1.00	0.73	0.731	0.72	0.720	7.6	10.0	
15FB1	1	15.19	0.623	3.31	33.2	0.632	3.10	35.2	0.625	1.16	13.9	0.37	0.40	1.07	0.94	0.642	0.76	0.641	2.0	5.5	
	2	15.21	0.612	3.09	31.5	0.620	2.94	33.7	0.612	1.08	12.3	0.37	0.37	1.05	0.93	0.630	0.71	0.627	1.9	5.4	
	3	15.18	0.624	3.09	31.7	0.628	2.95	34.1	0.621	1.11	12.7	0.38	0.37	1.05	0.93	0.634	0.64	0.637	1.9	5.4	
15FB2	1	15.06	0.645	3.19	31.3	0.646	3.10	34.1	0.646	1.15	13.6	0.37	0.40	1.03	0.92	0.652	0.58	0.651	1.5	4.8	
	2	15.08	0.656	3.24	32.2	0.656	3.17	35.0	0.658	1.18	14.0	0.37	0.40	1.02	0.92	0.664	0.73	0.662	1.4	4.7	
	3	15.09	0.658	3.35	32.3	0.656	3.23	36.2	0.657	1.20	14.4	0.37	0.40	1.04	0.89	0.655	0.69	0.654	1.4	4.6	
24SPW1	1	24.62	0.646	6.29	37.8	0.641	5.70	47.2	0.647	2.99	23.7	0.52	0.50	1.10	0.80	0.637	0.24	0.635	3.7	5.1	
	2	24.14	0.622	6.00	31.8	0.626	5.41	43.6	0.636	2.81	24.6	0.52	0.56	1.11	0.73	0.625	0.30	0.619	4.3	5.1	
	3	24.47	0.592	6.33	32.3	0.574	6.31	55.8	0.569	3.38	25.1	0.54	0.46	1.00	0.58	0.564	0.58	0.566	3.9	5.1	
24SPW2	1	25.17	0.493	4.75	22.9	0.511	5.52	43.9	0.512	3.13	20.4	0.57	0.46	0.86	0.52	0.496	0.82	0.497	4.0	5.1	
	2	25.26	0.443	4.21	15.8	0.419	4.31	41.0	0.422	2.37	18.4	0.55	0.45	0.98	0.39	0.415	0.63	0.426	3.8	4.9	
	3	25.11	0.484	5.48	29.6	0.491	5.24	44.9	0.491	2.91	20.5	0.56	0.46	1.05	0.66	0.483	0.94	0.482	4.5	5.5	
30PB1	1	30.14	0.752	2.29	12.8	0.734	3.19	21.1	0.734	0.82	3.7	0.26	0.18	0.72	0.61	0.727	0.86	0.730	3.6	11.5	
	2	30.25	0.750	2.25	13.0	0.739	3.25	21.9	0.737	0.91	4.0	0.28	0.18	0.69	0.59	0.728	0.89	0.728	3.6	11.5	
	3	30.21	0.741	2.24	12.2	0.729	3.14	20.5	0.727	0.87	3.9	0.28	0.19	0.71	0.59	0.716	0.87	0.719	3.8	11.7	

にほぼ一定の相対クリープであることが分かる。このことは、ボードの種類が分かれば、曲げヤング係数に関係なく相対クリープが予測できる、つまり初期たわみの何倍たわむかを予測できることを示して

いる。

なお、過去の研究¹⁰⁾では、各試験片の曲げ性能比 (MOE / MOR) と相対クリープには高い相関が見られているが、今回の試験では相関が見られなかった

第3表 供試ボードのクリープたわみの回帰曲線（べき関数）^{a)}

Table 3. Regression curves (power function)^{a)} of creep deflection in the tested panels.

ボード 記号 Panel symbol	ボード 番号 Panel No.	回帰曲線の定数 Constant of power function		相関係数 Coefficient of correlation	クリープたわみが 増加した環境条件 Increasing state of creep deflection ^{c)}
		A	n		
12HPW1 ^{b)}	1	1.113	0.079	0.988	1
	2	1.166	0.052	0.743	2
	3	1.397	0.059	0.988	1
12SPW1 ^{b)}	1	1.305	0.093	0.993	1
	2	0.837	0.137	0.992	2
	3	1.355	0.080	0.987	1
12OSB1 ^{b)}	1	1.726	0.243	0.995	2
	2	1.060	0.266	0.999	2
	3	1.228	0.260	0.997	2
12PB1 ^{b)}	1	3.607	0.196	0.998	1
	2	3.895	0.193	0.996	1
	3	3.729	0.208	1.000	1
12PB2	1	3.800	0.195	0.998	1
	2	3.687	0.203	0.998	1
	3	4.858	0.209	0.998	1
12FB1 ^{b)}	1	2.693	0.292	0.998	1
	2	2.760	0.235	0.946	1
	3	2.515	0.302	0.996	1
12FB2	1	3.187	0.221	0.999	1
	2	4.292	0.216	0.998	1
	3	3.854	0.213	0.998	1
12SPB1 ^{b)}	1	2.223	0.147	0.997	1
	2	2.164	0.150	0.997	1
12SPB2	1-1	3.299	0.124	0.999	1
	1-2	4.703	0.139	1.000	1
	1-3	3.832	0.203	1.000	2
15HPW1	1	0.631	0.075	0.997	1
	2	0.963	0.054	1.000	1
	3	0.746	0.134	0.993	2
15SPW1	1	1.283	0.059	1.000	1
	2	0.454	0.175	0.999	2
	3	0.773	0.097	1.000	1
15OSB1	1	1.076	0.216	0.996	2
	2	1.038	0.252	0.996	2
	3	1.317	0.219	1.000	2
15PB1	1	2.167	0.189	0.998	2
	2	2.603	0.179	0.998	1
	3	3.299	0.167	1.000	1
15PB2	1	2.348	0.197	0.998	1
	2	2.080	0.227	0.998	1
	3	2.238	0.311	0.998	2
15FB1	1	2.974	0.182	0.999	1
	2	2.591	0.220	0.999	1
	3	3.317	0.204	0.999	1
15FB2	1	1.739	0.241	0.998	1
	2	1.788	0.242	0.997	1
	3	1.804	0.239	0.998	1
24SPW1	1	3.064	0.085	1.000	2
	2	2.457	0.120	1.000	2
	3	1.727	0.119	1.000	2
24SPW2	1	2.601	0.136	1.000	2
	2	2.097	0.167	1.000	2
	3	2.175	0.142	1.000	2
30PB1	1	4.667	0.145	0.998	1
	2	4.397	0.146	0.998	1
	3	4.529	0.147	0.998	1

注：a)：べき関数の回帰曲線式は次のとおりである。

Note :a) :Regression curve is power function be written as:

$$y = A \cdot t^n$$

ここに、y はクリープたわみ、t は経過時間、A および n は定数である。

where y is creep deflection (mm); t is elapsed time (days); A and n are constant.

b)：前報¹⁾における供試ボード

b) :Tested panels in the previous report¹⁾.

c)：1：吸湿時、2：放湿時

c) :1:At moisture adsorption;2:At moisture desorption.

第4表 回帰曲線から算出したクリープたわみと相対クリープ

Table 4. Creep deflection and relative creep calculated from regression curves in table 3.

ボード 記号 Panel symbol	ボード 番号 Panel No.	試験片の材質 Mechanical properties of specimen			荷重比 Stress level (%)	MOEから算出した 初期たわみ Initial deflection calculated from MOE (μm)	算出されたクリープたわみ (c) Calculated creep deflection (μc)			相対クリープ (c/ μc) Relative creep ($\mu\text{c}/\mu\text{c}$)		
		厚さ Thickness (mm)	密度 Density (g/cm^3)	曲げヤング係数 MOE (GPa)			経過時間 Time period			経過時間 Time period		
							1か月 1 month (mm)	1年 1 year (mm)	10年 10 years (mm)	1か月 1 month	1年 1 year	10年 10 years
12HPW1	1	12.12	0.690	10.7	3.4	0.59	1.46	1.78	2.13	2.45	2.99	3.59
	2	12.08	0.663	7.6	3.6	0.84	1.39	1.59	1.79	1.66	1.89	2.13
	3	11.75	0.494	7.8	4.8	0.89	1.71	1.98	2.27	1.91	2.22	2.54
12SPW1	1	11.81	0.602	8.8	4.9	0.77	1.79	2.26	2.80	2.32	2.93	3.63
	2	11.90	0.584	8.9	4.5	0.75	1.33	1.88	2.58	1.78	2.50	3.43
	3	11.72	0.604	10.3	3.4	0.68	1.78	2.17	2.62	2.61	3.19	3.84
12OSB1	1	11.94	0.656	6.6	6.2	1.00	3.94	7.23	12.64	3.96	7.26	12.70
	2	11.96	0.674	6.2	6.5	1.06	2.62	5.08	9.36	2.47	4.79	8.83
	3	11.86	0.691	7.5	5.6	0.91	2.98	5.70	10.38	3.28	6.29	11.45
12PB1	1	11.99	0.785	3.9	9.4	1.68	7.02	11.44	17.95	4.18	6.82	10.70
	2	11.95	0.764	3.7	9.6	1.79	7.51	12.17	18.98	4.20	6.80	10.60
	3	11.97	0.773	3.7	9.2	1.77	7.56	12.71	20.52	4.26	7.17	11.57
12PB2	1	12.22	0.795	3.5	8.1	1.80	7.37	11.99	18.78	4.10	6.67	10.44
	2	12.25	0.783	3.3	8.6	1.90	7.36	12.24	19.55	3.87	6.44	10.28
	3	12.22	0.736	3.2	9.5	1.97	9.88	16.64	26.91	5.03	8.47	13.69
12FB1	1	11.99	0.640	3.3	6.0	1.99	7.27	15.08	29.55	3.65	7.57	14.82
	2	11.98	0.673	3.6	5.5	1.80	6.14	11.04	18.96	3.41	6.13	10.53
	3	11.96	0.654	3.4	6.0	1.96	7.03	14.97	30.02	3.59	7.63	15.31
12FB2	1	12.13	0.716	3.8	5.1	1.70	6.76	11.74	19.52	3.97	6.89	11.47
	2	12.15	0.662	3.4	5.8	1.90	8.96	15.39	25.34	4.72	8.11	13.35
	3	12.14	0.695	3.5	5.5	1.84	7.94	13.50	22.03	4.32	7.34	11.98
12SPB1	1	12.40	0.602	4.5	8.1	1.33	3.67	5.30	7.45	2.75	3.98	5.58
	2	11.94	0.648	5.0	7.3	1.33	3.60	5.23	7.39	2.70	3.92	5.53
	1-1	10.62	0.854	4.6	9.1	2.09	5.02	6.84	9.10	2.41	3.28	4.36
12SPB2	1-2	10.59	0.810	4.6	9.2	2.10	7.54	10.66	14.67	3.59	5.07	6.98
	1-3	10.65	0.811	4.6	9.1	2.07	7.63	12.66	20.19	3.69	6.12	9.75
	1	15.75	0.548	7.4	2.5	0.39	0.81	0.98	1.16	2.06	2.49	2.95
15HPW1	2	15.43	0.530	7.3	2.6	0.44	1.16	1.32	1.50	2.63	3.01	3.41
	3	15.66	0.515	5.1	3.2	0.58	1.18	1.64	2.23	2.03	2.83	3.85
	1	14.55	0.602	9.7	1.9	0.38	1.57	1.82	2.08	4.09	4.75	5.44
15SPW1	2	14.89	0.736	9.7	3.0	0.36	0.82	1.27	1.90	2.28	3.52	5.26
	3	14.75	0.656	12.0	1.8	0.30	1.08	1.37	1.72	3.60	4.58	5.73
	1	15.95	0.610	6.1	3.3	0.46	2.24	3.85	6.33	4.93	8.45	13.90
15OSB1	2	16.61	0.615	6.1	3.3	0.41	2.44	4.58	8.19	5.97	11.20	19.99
	3	15.48	0.639	6.0	4.2	0.52	2.77	4.80	7.94	5.38	9.30	15.40
	1	15.32	0.732	3.7	5.6	0.86	4.12	6.61	10.21	4.79	7.68	11.86
15PB1	2	15.22	0.762	3.9	5.3	0.84	4.79	7.49	11.32	5.69	8.91	13.46
	3	15.16	0.736	3.7	5.7	0.88	5.82	8.83	12.96	6.60	10.01	14.70
	1	15.16	0.733	3.7	5.2	0.89	4.60	7.53	11.86	5.17	8.46	13.33
15PB2	2	15.18	0.707	3.3	7.0	1.01	4.50	7.93	13.36	4.46	7.86	13.24
	3	15.17	0.689	3.2	6.6	1.01	6.44	13.99	28.61	6.40	13.92	28.46
	1	15.41	0.621	3.3	3.4	0.95	5.53	8.71	13.24	5.83	9.18	13.96
15FB1	2	15.39	0.607	3.1	3.6	1.02	5.47	9.47	15.72	5.36	9.29	15.41
	3	15.21	0.619	3.1	3.6	1.05	6.65	11.07	17.73	6.34	10.56	16.91
	1	15.06	0.648	3.2	3.7	1.05	3.95	7.21	12.56	3.76	6.86	11.96
15FB2	2	15.07	0.663	3.2	3.6	1.03	4.08	7.48	13.07	3.94	7.23	12.64
	3	15.12	0.658	3.3	3.6	0.99	4.07	7.41	12.86	4.10	7.46	12.94
	1	24.57	0.634	6.3	4.9	2.08	4.09	5.06	6.16	1.97	2.43	2.96
24SPW1	2	24.19	0.630	6.0	6.1	2.29	3.70	4.99	6.59	1.62	2.18	2.88
	3	24.65	0.576	6.3	5.7	2.05	2.59	3.49	4.59	1.26	1.70	2.24
	1	25.20	0.488	4.7	7.7	2.56	4.13	5.79	7.91	1.61	2.26	3.09
24SPW2	2	25.28	0.443	4.2	11.1	2.85	3.70	5.61	8.24	1.30	1.97	2.89
	3	25.07	0.485	5.5	6.0	2.25	3.52	5.02	6.95	1.57	2.23	3.09
	1	30.18	0.754	2.3	9.6	3.08	7.64	10.97	15.32	2.48	3.56	4.98
30PB1	2	30.28	0.749	2.2	9.4	3.12	7.22	10.41	14.57	2.32	3.34	4.67
	3	30.24	0.739	2.2	10.1	3.13	7.46	10.77	15.10	2.39	3.44	4.83

ため、曲げ性能比から相対クリープを予測することはできなかった。

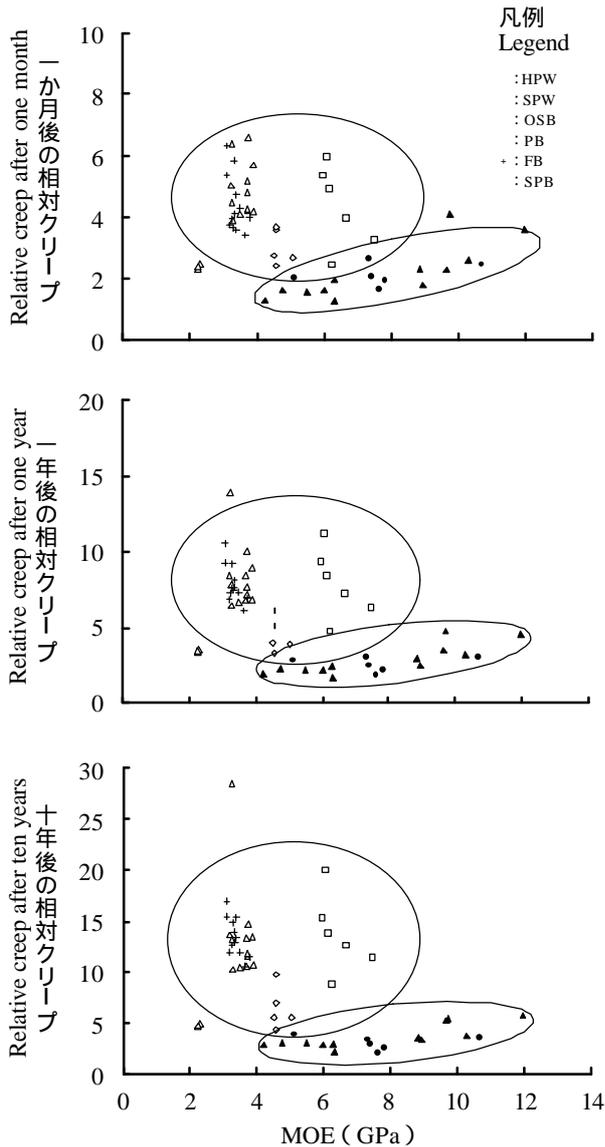
第3図は、この相対クリープのヒストグラムである。図から、合板グループおよびボードグループとも、予測期間が長くなると分布の幅が広がるものの、ほぼ平均値の周りに分布していることが分かる。つまり、グループの代表値として平均値を用いることが妥当であることを示している。

3.4 曲げクリープたわみの設計値

既往の研究によると荷重比が30%位まではパーティクルボード等の相対クリープは荷重比に関係な

くほぼ一定値であり、粘弾性的挙動としてはいわゆる線形と見なすことができる⁴⁻⁶⁾。今回の実験での荷重比は、既に述べたように2~11%と小さく線形の範囲にある。したがって84日間と短期間ではあるが、このクリープ試験の結果を外挿することにより長期クリープたわみを予測することが可能である。

今回行ったクリープ試験の非定常環境は、日本での木質材料使用環境の最大の含水率変化幅に対応した湿度(20 相対湿度90% = 含水率約20% ,20 相対湿度35% = 含水率約7%)であり、小型の試験片全面から吸放湿させていることから14日間とはいえ



第2図 MOEと相対クリープの関係
Fig. 2. Relationship between MOE and relative creep in table 5.

ども含水率変化は速やかに起こり,最も厳しい環境といえる。一方 実際のボードの使用状況は実大サイズであり,また何らかの被覆がなされた状態で使用されるために大きな含水率変化が起きにくく¹¹⁾,結果としてクリープたわみも抑制される^{8,12,13)}ことになる。このため,今回の試験結果から予測する市販構造用ボードの長期クリープたわみは,設計上安全側の予測値である。

二つに区分された市販構造用木質ボードのおおよその相対クリープたわみの代表値は,第3図に示したように,予測された相対クリープたわみの平均値を用いることが实际的である。

以上の考えから「湿度が大きく変化する環境下に被覆されない状態で,一般的な設計条件で使用される構造用木質ボードの曲げクリープたわみの設計値は,支持条件および荷重条件にかかわらず第5表に示したように,合板とその他ボード別に設計条件で算出した初期たわみの値に相対クリープ予測値(今回の試験から得られた平均値)を乗じて求める」ことを提案する。

4. おわりに

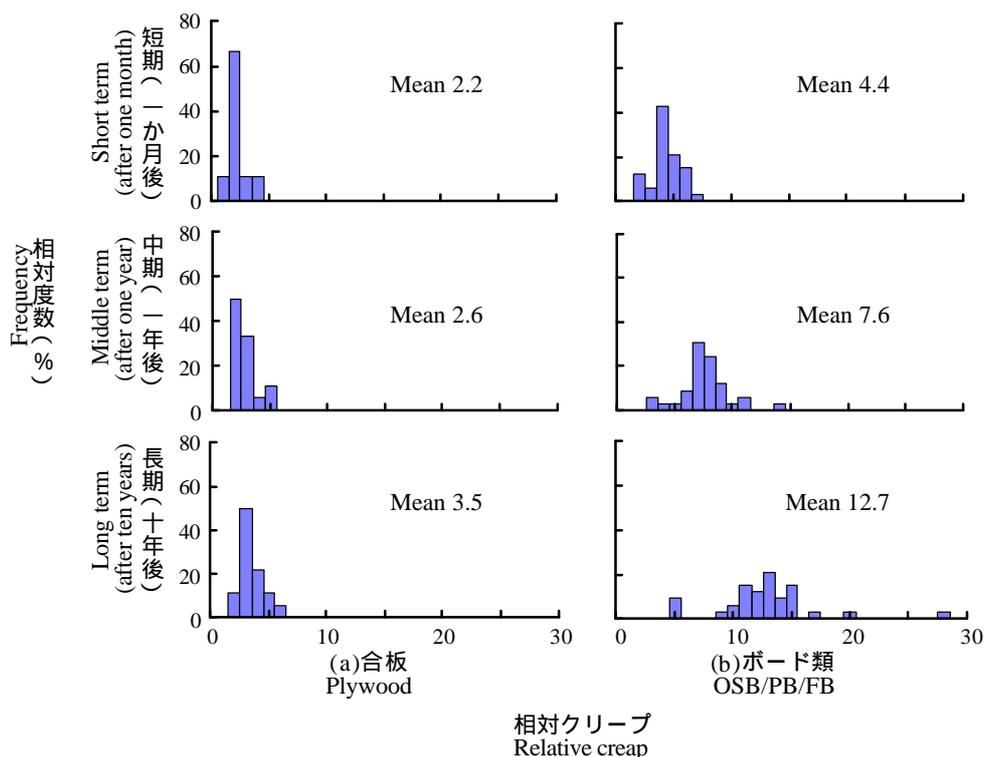
本研究では,市販構造用ボードの非正常環境の短期クリープ試験(84日間)を行った。この試験結果を外挿することによって1年後および10年後の木質ボードの相対クリープを予測し,この予測値から曲げクリープたわみの設計値の算出方法を提案した。この算出方法は,厳しい使用環境で使われる床下地材の長期クリープたわみの目安を簡便に予測できる

第5表 構造用木質ボードの設計クリープたわみ

Table 5. Designed creep deflection of structural wood-based panels.

経過時間 Time period	相対クリープの予測値 Estimated relative creep		設計クリープたわみ Designed creep deflection	
	合板 Plywood	ボード類 OSB/PB/FB	合板 Plywood	ボード類 OSB/PB/FB
短期(1か月程度) Short term (about one month)	2.0	4.0	2.0 * äi	4.0 * äi
中期(1年程度) Middle term (about one year)	2.5	7.5	2.5 * äi	7.5 * äi
長期(10年程度) Long term (about ten years)	3.5	12.5	3.5 * äi	12.5 * äi

注: äi: ボードのMOEとクリープ荷重から算出した初期たわみ(弾性たわみ)
設計クリープたわみ = 相対クリープの予測値 × äi
Note: äi: Initial deflection(elastic deflection) calculated by MOE and creep load for panel.
Designed creep deflection = estimated relative creep × äi.



第3図 合板とボード類の相対クリープのヒストグラム
Fig. 3. Histogram of relative creep for plywood and OSB/PB/FB.

ことから，木質構造物の設計に役立つものと思われる。

文 献

- 1) 堀江秀夫：林産試験場報，**15**(2), 1-8 (2001).
- 2) 高野一義：建築技術, No.547, 160-161 (1995).
- 3) 三輪雄四郎, 有馬孝禮, 北原覚一：木材工業, **25**, 314-316 (1970).
- 4) 中井 孝：木材工業, **33**, 158-160 (1978).
- 5) 中井 孝：木材工業, **33**, 247-249 (1978).
- 6) 斉藤藤市, 池田正行, 小川克己：木材学会誌, **26**, 714-718 (1980).
- 7) Hall, H. ; Haygreen, J. ; Neisse, B. : *Forest Prod. J.*, **27**(5), 23-32 (1977).
- 8) Hall, H. ; Haygreen, J. : *Forest Prod. J.*, **28**(6), 19-22 (1978).
- 9) Haygreen J. ; Hall H ; Yang K. ; Sawicki , R. : *Wood and Fiber*, **7**(2), 74-90 (1975).
- 10) 柳 建, 鈴木滋彦, 斉藤藤市：木材学会誌, **41**, 393-398 (1995).

- 11) 関野 登：岩手大学農学部演習林報告，No.21，85-112 (1990).
- 12) 岩下 睦：林業試験場研究報告, No. 263 ,65-72 (1974)
- 13) Bach, L. ; Zhao, N. W. ; Cheng, J. J. R. : *Forest Prod. J.*, **43**(6), 43-44 (1993).

- 再生利用科 -
(原稿受理：01.1.4)