

パーティクルボードのクリープについて

則元 京*, 山田 正*

Misato NORIMOTO* and Tadashi YAMADA* : On the Creep of Particle Boards

I 緒 言

水分拡散過程における木材および木質材料の粘弾性に関する研究は、家具類あるいは建築部材として使用されている木材および木質材料が、諸種の力を受けた状態で湿度のたえず変化する所謂水分非平衡状態に置かれていることなどから、実際面で重要であると同時に、水分平衡状態と比較して水分非平衡状態あるいは吸湿脱湿繰返しの場合に、木材および木質材料の粘弾性が特異な挙動を示すことから、物性の研究の面からも最近注目されている。

水分が非平衡状態における木材および木質材料の静的粘弾性に関する報告は少ないが¹⁾²⁾、主なものをあげると次のとおりである。南はヒノキ材の曲げおよび引張クリープで、歪が温度よりも湿度変化に敏感に影響され、湿度増加時に歪が増大するが、湿度減少時に歪の一部が回復することを示している³⁾⁴⁾。鈴木はヒノキ材の曲げクリープで、水分拡散過程のクリープ変形増加度が水分平衡状態のそれより大きいことを示し、この原因として単純に水分拡散時に生ずる水分の不均一分布と、その結果生ずる湿応力によつて説明できないことを述べ、水分拡散過程の際に起る木材実質非晶域の構造変化によるものと考えている⁵⁾。山田等は気乾状態のヒノキ材を振り応力緩和させた後に水中に浸漬した場合の緩和曲線が、湿潤状態のそれに漸近せず交わることを示し、水分拡散過程に生ずる一時的な内部応力による鎖間結合の破断と再生を考慮すべきことを述べている⁶⁾。竹村は乾燥過程における応力緩和について一連の実験を行ない、水分平衡状態と比較して著しい緩和が現われることを示し、水分非平衡状態における木材の可塑的特性を微視的な観点から理論的に考察し、水分平衡時の緩和をも記述し得る応力緩和式を導いた⁷⁾。ARMSTRONG と CHRISTENSEN は *Eucalyptus gigantea* と Klinki pine のクリープで、乾湿を周期的に繰返した場合に著しいクリープ変形が現われることを報告し⁸⁾、HEARMON と PATON は ARMSTRONG 等と同様の実験を beech について曲げおよび剪断クリープで行ない、含水率変化の巾が大きいほどクリープ量に大きく影響が現われることを報告し⁹⁾、ERIKSSON と NORÉN も pine 材の引張クリープで同様の実験を行ない、化学レオロジー的な考え方で現象の定性的な説明を与えている¹⁰⁾。一方木質材料については、BRYAN と SCHNIEWIND がパーティクルボードについて乾湿繰返し下における曲げクリープを行ない、素材とは逆に水分脱着過程でクリープ回復が現われることを報告しており¹¹⁾、また集成材について佐々木等の使用環境下における長期曲げクリープに関する研究がある¹²⁾。

本実験ではパーティクルボード、パーティクルボード表面に単板および合板をオーバーレイ

* 木材物理研究部門 (Division of Wood Physics)

したものおよび集成材表面に単板をオーバーレイしたものについて、乾湿繰返し下で曲げクリープを行ない、若干の興味あるデータを得たので資料として報告する。

II 実 験

Fig. 1 に示すA～Hの8種類のボードを試料として用いた。AとBはパーティクルボードで、AはBに較べてパーティクルが大きいものである。CとDはパーティクルボードに1mm厚さの単板をオーバーレイしたもので、それぞれ単板の繊維方向が試料の長さ方向に一致するものと直交するものである。EとFはパーティクルボードに1mm厚さの二層合板をオーバーレイしたもので、それぞれ合板表面の繊維方向が試料の長さ方向に一致するものと直交するものである。GとHは集成材の表面に2mm厚さの単板をオーバーレイしたもので、それぞれ単板の繊維方向が試料の長さ方向に一致するものと直交するものである。試料の長さ、巾および厚さはそれぞれ50.00、2.50および1.50cmであり、測定形式は片持梁とした。応力-歪関係の測定は気乾室温で行ない、クリープ測定は温度 $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の恒温室の中で、湿度を100%、30%および100%の順に2日間隔で変化させて行なつた。用いた装置の略図をFig. 2に示す。

応力 σ および歪 ϵ は式①を用いて計算し、弾性率Eは応力-歪図の直線部の勾配より求め

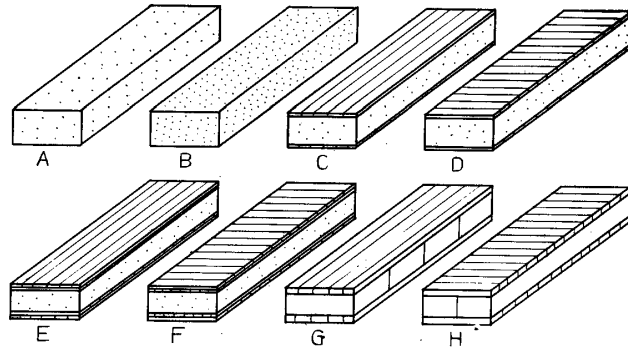
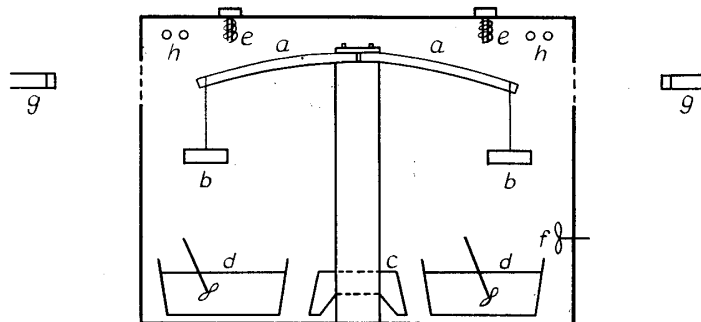


Fig. 1 Specimen

- A, B : particle board C, D : particle board overlaid with a veneer
 E, F : particle board overlaid with a plywood
 G, H : laminated wood overlaid with a veneer



Experimental apparatus

- a : specimen b : load c : heater d : salt solution
 e : thermoregulator f : fan g : telescope h : fluor lamp

た。またクリープ量は式②に示すクリープコンプライアンス $J(t)$ で表わした。

$$\sigma = \frac{6l}{bh^2} \cdot p \quad \epsilon = \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{l^2} \cdot y \quad (1)$$

$$J(t) = \frac{bh^3}{4pl^3} \cdot y(t) \quad (2)$$

ここに l, b および h はそれぞれ試料の長さ, 巾および厚さであり, p および y は荷重および撓み量である。クリープ実験で与えた荷重量は応力-歪図より求めた比例限荷重の約60%である。

III 実 験 結 果

Fig. 3 に応力-歪図を, Table I に弾性率の値を示している。パーティクルボードAはパー

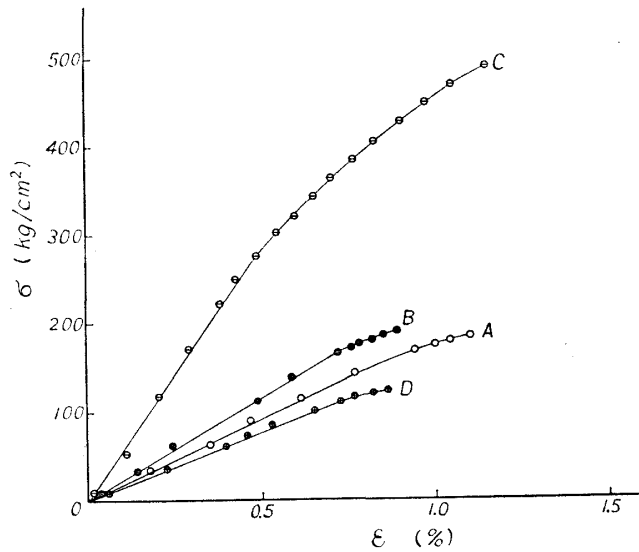


Fig. 3 a. Stress-strain curve

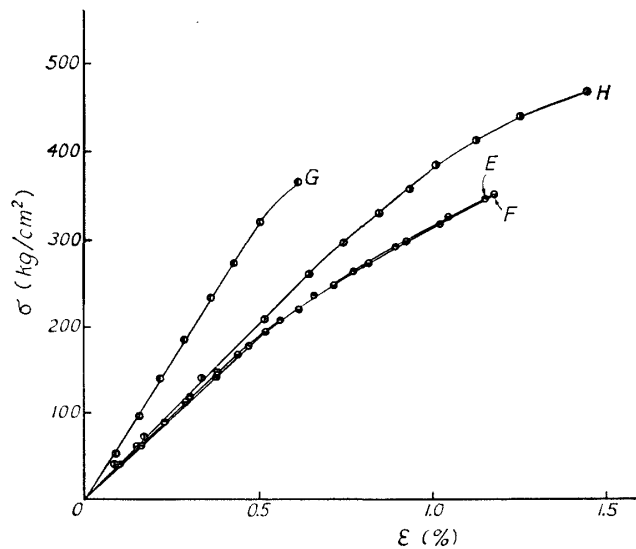


Fig. 3 b. Stress-strain curve

Table I. Elastic modulus of particle boards, particle boards overlaid with a veneer or a plywood and laminated wood overlaid with a veneer

Specimen No.	Elastic modulus ($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)	Specimen No.	Elastic modulus ($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)
A 1	2.06	B 1	2.51
A 2	2.09	B 2	2.37
A 3	2.02	B 3	2.11
A 4	2.23	B 4	2.24
A 5	2.08	B 5	2.13
average	2.10	average	2.27
—	—	D 1	1.69
C 2	5.26	D 2	1.56
C 3	5.68	D 3	1.61
C 4	5.62	D 4	1.59
C 5	5.61	D 5	1.92
average	5.54	average	1.67
E 1	4.79	F 1	3.98
E 2	3.76	F 2	3.88
E 3	3.88	F 3	3.88
E 4	3.36	F 4	3.37
E 5	3.94	F 5	4.17
average	3.95	average	3.93
G 1	6.33	H 1	5.70
G 2	4.66	—	—
G 3	7.09	H 3	3.80
G 4	7.04	H 4	5.47
G 5	7.07	H 5	6.79
average	6.64	average	5.44

ティクルボードBに較べてパーティクル自体が大きなものであるが、弾性率は小さな値を示している。Cでは弾性率が特に大きく、Dでは逆に最も低い値を示している。これは曲げの場合に表面が応力および歪に特に寄与するためと考えられる。EとFは共に全く等しい応力-歪図を示し、弾性率の値にもほとんど差が認められないが、Cに較べると低い値を示している。GとHは共に弾性率が大きく、特にGは最も大きい値を示しているが、反面非常に脆い。

Fig. 4 に乾湿繰返し下におけるクリープコンプライアンス曲線を、Table II にクリープ初期および約6日後におけるクリープコンプライアンス $J(t)$ の値を示している。AおよびBは全体として非常によく似た挙動を示し、最初の2日間でかなりのクリープ増加がみられるが、続く水分脱着過程で一時クリープ回復が生じ、さらに次の吸着過程で急激なクリープ増加がみられる。Cでは若干の脱着過程でクリープ回復と、吸着過程で $J(t)$ の増加がみられるが、全体として乾湿繰返しによつてほとんどクリープに著しい変化が認められない。一方Dでは初期から著しいクリープ増加がみられ、脱着過程の初期においても $J(t)$ は増加し続け、その後若干の減少がみられるが、後に再び増加を始め、次の吸着過程でさらに増大する。EとFはほと

んど同じ挙動をとり、傾向としてはDにかなり類似しているが、 $J(t)$ の増加量はかなり少ない。GとHも同様に脱着過程でクリープ回復が、吸着過程で $J(t)$ の増加がみられるが、Cと同様非常にわずかである。

乾湿繰返し下におけるパーティクルボードのクリープ挙動は素材のそれと比較して非常に異なる。素材に関しては、ARMSTRONG等の結果によると、水分脱着過程でクリープさせた後に水分を吸着させると急激にクリープ変形が増大し、さらに水分を脱着するとさらに変形が増大し、その後の吸着過程にクリープ回復が、脱着過程にクリープ変形の増大があることが示されている。一方パーティクルボードに関しては、BRYAN等および本実験で得られた結果によると、素材のクリープとは対照的に、水分脱着過程にクリープ回復が、吸着過程にクリープ増加が認められる。

素材と比較してパーティクルボードのクリープ挙動を考える場合、接着剤の効果、パーティクル自体の効果およびパーティクルボード製造工程中に受ける熱と力による処理の効果等を考慮する必要がある。パーティクル自体は破壊を受けた木材と考えられ、種々の機械的性質においても素材とは当然かなり異なっているものと思われる。またその各パーティクルは素材に較べて板面方向においてかなり均一に分布していて含水率変化による異方性が少ないが、厚さ方向では吸湿にともなつて著しく膨脹し、乾燥によつてもとの状態にもどらない。つまり吸湿によつて各パーティクルが圧縮前の状態に復しようとするためであり、当然水分吸着繰返し下のクリープでは、このスプリングバックが大きく影響するものと思われる。パーティクルボードAとBにおいて最初の吸着過程にかなりクリープ量が増加するが、これは吸湿によつてごく表層

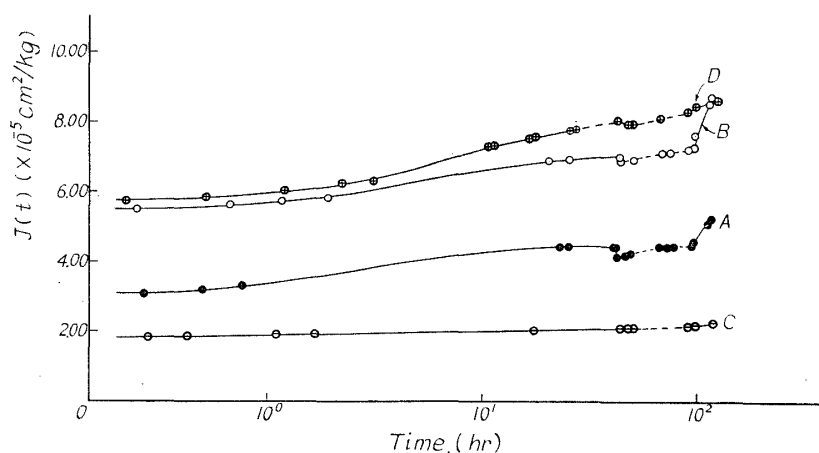


Fig. 4 a. Creep compliance curve

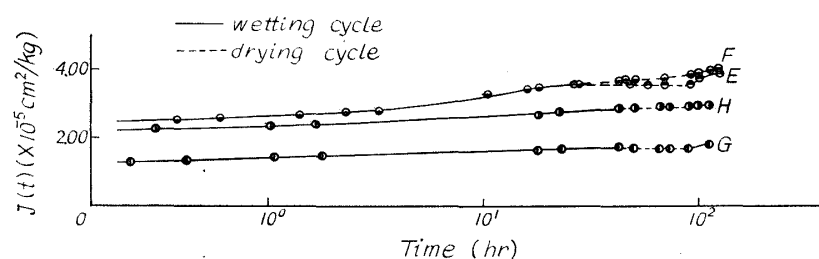


Fig. 4 b. Creep compliance curve

Table II. Creep Compliance $J(t)$ of particle boards, particle boards overlaid with a veneer or a plywood and laminated wood overlaid with a veneer

Specimen No.	time (hr)	$J(t)$ ($\times 10^{-5}$ cm ² /kg)	time (hr)	$J(t)$ ($\times 10^{-5}$ cm ² /kg)
A 6	0.30	6.25	119.67	9.00
A 7	0.25	5.50	119.60	8.75
A 8	0.23	5.08	119.57	7.45
B 9	0.20	4.87	117.12	7.18
B 10	0.27	3.09	116.85	5.22
B 11	0.13	5.04	113.85	7.36
C 6	0.20	1.67	119.53	1.91
C 7	0.18	1.58	119.50	1.68
C 8	0.18	1.84	119.48	2.22
D 6	0.10	6.73	123.55	11.32
D 7	0.08	6.89	123.53	12.91
D 8	0.07	5.54	123.52	8.64
E 6	0.17	2.39	123.72	3.89
E 7	0.17	2.70	123.70	4.39
E 8	0.15	2.75	123.70	4.54
F 6	0.07	2.43	123.52	3.78
F 7	0.20	2.57	123.73	4.14
F 8	0.18	2.48	123.72	4.01
G 6	0.13	1.27	114.98	1.80
G 7	0.13	1.47	114.97	2.36
G 8	0.12	1.42	114.97	2.14
H 7	0.07	2.21	114.93	2.93

における各パーティクルが膨潤を起し、スプリングバックによつて成型前の形にもどろうとするために接着部分ですべりを起すためと考えられ、続く脱着過程では水分の脱着だけが起つてパーティクルボードは再びもとの構造にはもどらず、含水率の低下によつてパーティクルボード表層の弾性率が増加し、従つてクリープに一時回復が現われるものと思われる。さらに次の吸湿過程で水分の吸収によつてパーティクルは再び膨潤を起し、スプリングバックによつて構造を変化させ、その結果異常なクリープ増加を示すものと思われる。一方表面に単板をオーバーレイしたボードの場合には吸湿によるパーティクルのスプリングバックが阻止されるためにC、EおよびFの結果から明らかなように上述の現象はそれほど顕著に現われない。Dにおいては脱着過程で最初クリープ量は増加し続けるが、水分脱着による素材の効果とパーティクルボードの効果とが重なつて現われたものと考えられ、後にパーティクルボードの効果が優勢となり、一時クリープ回復が現われるものと考えられる。

Summary

In this report the effects of cyclic humidity changes on creep of the boards shown in Figure 1 are investigated. The results obtained are shown in Figure 4 and summarized as follows:

- (1) The creep compliance of the boards increases during wetting cycle and decreases during drying cycle.
- (2) In the boards A and B the effects of humidity cycle on creep are very large, but, on the other hand, it is very small in the boards C, G and H.
- (3) There is no difference in creep between the board E and F.
- (4) The increase in the creep compliance of the board D with time is very large.

文 献

- 1) 山田他, 木材研究, No. 34, 205 (1965).
- 2) 山田他, 木材研究, No. 37, 49 (1966).
- 3) 南 義夫, 東大航研彙報, No. 136, 1090 (1935).
- 4) 南 義夫, 東大航研彙報, No. 174, 17 (1939).
- 5) 鈴木 寧, 日林講, 210 (1952).
- 6) 山田, 浦上, 宮野, 材料, **12**, 745 (1963).
- 7) 竹村富男, 京都大学学位論文, (1965).
- 8) ARMSTRONG, L. D. and G. N. CHRISTENSEN, Nature, **191**, 869 (1961).
- 9) HEARMON, R. F. S. and J. M. PATON, Forest Prod. J., **14**, 357 (1964).
- 10) ERIKSSON, L. und B. NORÉN, Holz als Roh-und Werkstoff, **23**, 201 (1965).
- 11) BRYAN, E. L. and A. P. SCHNIEWIND, Forest Prod. J., **15**, 143 (1965).
- 12) 佐々木, 満久, 木材研究, No. 31, 41 (1963).