ガラス繊維充てんポリカーボネートの圧縮クリープ特性*

山 田 典 義** 片 山 祐 三*** 米 田 和 彦****

Compressive Creep Properties of Polycarbonate Filled with Glass-Fiber

by

Noriyoshi YAMADA, Yuzo KATAYAMA

(Ibaraki Electrical Communication Laboratory, N. T. T., Ibaraki)

and Kazuhiko YONEDA

(Musashino Electrical Communication Laboratory, N. T. T., Musashino)

Compressive creep tests were carried out using some injection molded cylindrical specimens of polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber and unfilled. Creep properties under various conditions of temperature and compressive stress were discussed.

The results obtained are as follows:

(1) At the condition of temperature under about 60°C, the maximum stress below which creep compliance does not depend on stress is 3~6 kg/mm² on filled polycarbonate and 1 kg/mm² on unfilled.

(2) Creep compliance $D(t)$ is shown in the following equation, when the conditions are not very severe.

$$\log D(t) = a \log t + b \quad (1)$$

where t is time. Creep compliance $D(t)$ after a long time is able to be estimated by using the values of a and b obtained from short period creep tests under conditions being considered.

(3) The value of a in equation (1) increases with temperature, and b is constant. The reinforcement with glass-fiber brings so low values of a and b as to be effective for an increase of dimensional stability under load.

(Received Jan. 26, 1976)

1 緒 言

ガラス繊維充てんポリカーボネートについて、耐クリープ性がすぐれていること、常温における長時間後の曲げクリープ変形量が比較的小時間の測定値から精度よく推定できることを報告したが、本報告では、圧縮クリープ特性に対する温度と応力の影響を把握し、あまり高くない温度と応力の範囲内の任意の条件における長時間後のクリープコンプライアンスを推定する方法について検討した結果を述べる。

2 実 験

2・1 試験片

試験片の成形に用いた材料は、帝人株式会社のパンライト G1030 (ガラス繊維 30 wt %含有) およびパンライト L1250 (ホスゲン法, 分子量 25 000) である。

試験片は寸法 $6\phi \times 10$ (mm) の円柱とし、射出成形した $6\phi \times 40$ (mm) の丸棒の中央から切出した。丸棒の成形にはスクリュインライン型の射出成形機を用い、ガラス繊維充てんポリカーボネートの場合には、ポリカーボネートの標準的な成形条件よりシリンダ温度をやや高く、射出速度をやや遅くして成形した。

試験片内のガラス繊維の分散状態は良好で、表面から約 1 mm の深さまでは軸方向に繊維が並んだ配向層がある。その模様を、丸棒の中心軸を含む厚さ約 0.5 mm の薄切片の軟X線透過像である Fig. 1 に示す。黒く見える部分がガラス繊維である。

試験片の圧縮強度と弾性率を Table I に示す。圧縮試験はインストロン試験機を用いて、20℃、圧縮速度 0.5 mm/min で行なった。繰返し数は 5 である。

2・2 圧縮クリープ試験

圧縮クリープ試験は、レバー式の荷重機構をもつ 2 連式の圧縮クリープ試験機を用い、温度と荷重応力を種々組み合わせて行なった。

* 原稿受理 昭和51年1月26日

** 正 会 員 日本電信電話公社茨城電気通信研究所

茨城県那珂郡東海村

*** 日本電信電話公社茨城電気通信研究所 茨城県那珂郡東海村

**** 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所 武蔵野市緑町

Fig. 1. Flow profile of glass-fiber in an injection molded cylinder of polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber. (Soft X-ray photo of a slice cut from center of the cylinder).

Table I. Compressive strength and modulus of specimens, (n=5)

Material	Strength (kg/mm ²)	Modulus (kg/mm ²)
PCG	16.9	780
PC	7.5	250

PCG: Polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber
PC: Polycarbonate

所定の応力を負荷するための試験荷重は20℃における試験片の断面積を基準にして計算した。荷重の負荷は恒温槽内に設定温度になってから数〜約20時間（高温では短時間，低温では長時間）後に行なった。

変位の測定は差動トランスを利用した変位計，またはダイヤルゲージ（1/100 mm 目盛）を用いて行ない，試験荷重を負荷する直前に約 0.01 kg/mm² の応力を負荷して測定した変位を初期値として，負荷後の変位量を求め，変位量からひずみを算出するにあたっては20℃における試験片の寸法を基準にした。

3 結 果

圧縮クリープ試験の結果の代表例を，クリープコンプライアンス（ひずみ／初期負荷応力）の対数と時間の対数の関係として，Figs. 2〜5（初期負荷応力一定で，温度をパラメータとした図）および Figs. 6, 7（温度一定で，初期負荷応力をパラメータとした図）に示す。

Fig. 4. Creep compliance of polycarbonate. (Effects of temperature under stress of 3 kg/mm²)

Fig. 2. Creep compliance of polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber. (Effects of temperature under stress of 6 kg/mm²)

Fig. 5. Creep compliance of polycarbonate. (Effects of temperature under stress of 1 kg/mm²)

Fig. 3. Creep compliance of polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber. (Effects of temperature under stress of 3 kg/mm²)

Fig. 6. Creep compliance of polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber. (Effects of stress at 100°C)

Fig. 7. Creep compliance of polycarbonate. (Effects of stress at 100°C)

4 考 察

4・1 温度の影響

初期負荷応力一定で温度を変えた場合、130℃以上では、ガラス繊維の充てんの有無にかかわらず、クリープコンプライアンスの曲線の形は温度が異なってもほぼ相似形であり、温度-時間の重ね合わせができる。一方、120℃以下の温度範囲では、荷重を荷重した後、数～約20時間経過すれば、時間 t における圧縮クリープコンプライアンス $D(t)$ は次式で表わせる。

$$\log D(t) = a \log t + b \quad (1)$$

ここで、 a と b は材料、温度、応力によって決まる定数である。

4・2 応力の影響

クリープコンプライアンスに対する負荷応力の影響は、温度とも関連するので、一概には述べられないが、Fig. 6 に示すように、ガラス繊維 30 wt % 充てんポリカーボネートでは、100℃のとき、3 kg/mm² 以下であれば応力依存性を無視してもよいと考えられる。

常温～60℃程度の実用的な温度範囲において、長時間にわたり応力依存性を無視できる負荷応力は、ガラス繊維 30 wt % 充てんの場合 3～6 kg/mm² 以下、無充てんの場合 1 kg/mm² 以下と考えられる。

4・3 長時間後のクリープコンプライアンスを表わす式

ガラス繊維 30 wt % 充てんポリカーボネート (PCG)、無充てんポリカーボネート (PC) とともに 120℃以下の温度および負荷応力の小さい範囲では、負荷後 5～24 時間経過すれば、クリープコンプライアンス $D(t)$ の対数は時間 t の対数と直線関係になり、(1)式で表わせる。PC で 100℃、負荷応力 3 kg/mm² の場合のように、 $D(t)$ が 5×10^{-2} mm²/kg 近くまで大きくなっても直線関係が保たれるので、 $D(t)$ が小さい場合は、(1)式の直線を長時間側に延長して、長時間後の $D(t)$ を推定することは妥当なことと考えられる。

(1)式の a および b を $D(t)$ の測定値から求めると、Table II および Fig. 8 に示すようになる。クリープ速度に関係する a の値は PCG の方が PC より小さく、

Table II. Values of a and b in equation (1).

Material	Temp. (°C)	Stress (kg/mm²)	a	b
PCG	30	3	0.01626	-2.8256
	60	3	0.04158	-2.8358
	100	1	0.07719	-2.7889
		3	0.08922	-2.7960
		6	0.08610	-2.7285
		6.79	0.07564	-2.7315
	120	3	0.09713	-2.6904
		6	0.17718	-2.6779
PC	30	1	0.01681	-2.2683
	60	1	0.06754	-2.3202
		3	0.08901	-2.3569
	100	1	0.1657	-2.3895
		3	0.2486	-2.2131
	120	1	0.2517	-2.3392

PCG: Polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber
PC: Polycarbonate

PCG: Polycarbonate filled with 30 wt % glass-fiber
PC: Polycarbonate

Fig. 8. Values of a and b in equation (1).

b の値も PCG の方が小さい。 b の値は温度および負荷応力に無関係にほぼ一定で、材料固有の値と考えられる。

負荷応力が PCG で 3～6 kg/mm² 以下、PC で 1 kg/mm² 以下の場合には、Fig. 8 の a 、 b の値を用いて、(1)式から、60℃程度までの任意の温度における長時間後のクリープコンプライアンスを求めることができる。

なお、(1)式において、時間 t を 1 および 10 とすることにより、 $D(1)$ および $D(10)$ の測定値から a と b を求めることができるが、この時間範囲では $D(t)$ の対数と t の対数が直線関係にないため、Table II に示した a 、

b の値とは一致しない。

4・4 ガラス繊維の補強効果

クリープ変形が樹脂部分のみで生じると仮定すると、ガラス繊維 30 wt % 充てんポリカーボネート (PCG) および無充てんポリカーボネート (PC) の t_1 から t_2 までの間のクリープコンプライアンスの増加 $\{D(t_2) - D(t_1)\}$ は、ガラス繊維の体積分率を v_f とし、次のように表わせる。

$$\{D(t_2) - D(t_1)\}_{PCG} = (1 - v_f) \{D(t_2) - D(t_1)\}_{PC} \quad (2)$$

ここで、(1)式を短時間側に延長して、 $t_1=1$, $t_2=10$ とすると、(2)式は次のように表わせる。

$$a_{PCG} = \log \{1 + (1 - v_f) (10^{a_{PC}} - 1) \cdot 10^{b_{PC}} / 10^{b_{PCG}}\} \quad (3)$$

Table II の a および b の値をあてはめると、(3)式の右辺の値は左辺より大きくなる。したがって、PCG の a は、単純な複合則を仮定して PC のクリープ特性から予想するよりも小さい値を示し、ガラス繊維による耐クリープ性の向上が認められる。この傾向は高温になるほど著しい。

5 結 言

ガラス繊維 30 wt % 充てんポリカーボネート (PCG) および無充てんポリカーボネート (PC) の圧縮クリープ特性について、次のような結論を得た。

(1) クリープ特性に対する温度の影響はガラス繊維

を充てんしてもあまり変わらないが、常温～60℃程度の実用的な温度範囲で、クリープコンプライアンスに応力依存性を生じない負荷応力の範囲は PCG で 3～6 kg/mm² 以下、PC で 1 kg/mm² 以下と考えられる。

(2) クリープコンプライアンス $D(t)$ に応力依存性が現われないような温度と応力の範囲では、 $D(t)$ は時間 t の関数として次式で表わせるので、比較的短時間の実験で得られる a と b の値を用いて、長時間後の $D(t)$ を推定することができる。

$$\log D(t) = a \log t + b \quad (1)$$

(3) (1)式の a は温度とともに増大するが、 b は温度によらずほぼ一定である。 a と b の値はガラス繊維の充てんにより小さくなる。

(昭和46年5月22日 日本材料学会第20期総会学術講演会にて講演)

参 考 文 献

- 1) 山田典義, 米田和彦, 材料, **19**, 84 (1970).
- 2) Yamada, N., K. Yoneda, and S. Takada, Proceedings of the 13th Japan Congress on Materials Research, p.189 (1970).
- 3) 山田典義, 米田和彦, 材料, **24**, 726 (1975).
- 4) 山田典義, 米田和彦, 飯塚武雄, 第13回材料研究連合講演会講演前刷集, p.141 (1969).