

JIS

UDC 678.6 : 546.26 : 620.172

K 7087

炭素繊維強化プラスチックの 引張クリープ試験方法

JIS K 7087-1996

平成8年3月1日 制定

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

主 務 大 臣：通商産業大臣 制定：平成 8.3.1

官 報 公 示：平成 8.3.14

原案作成協力者：財団法人 高分子素材センター

審 議 部 会：日本工業標準調査会 高分子部会（部会長 三田 達）

この規格についての意見又は質問は、工業技術院標準部繊維化学規格課（〒100 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3-1）へ連絡してください。

なお、日本工業規格は、工業標準化法第15条の規定によって、少なくとも 5 年を経過する日までに日本工業標準調査会の審議に付され、速やかに、確認、改正又は廃止されます。

炭素繊維強化プラスチックの 引張クリープ試験方法

K 7087-1996

Testing methods for tensile creep of carbon fibre reinforced plastics

1. 適用範囲 この規格は、炭素繊維強化プラスチック(以下、CFRPという。)の一般的な引張クリープ試験(以下、クリープ試験という。)方法として一定の試験雰囲気下で、試験片に長時間一定の引張荷重(以下、試験荷重という。)を加えて、試験片の引張クリープ伸びの測定及び/又は試験開始から試験片が破壊若しくはある規定された引張クリープひずみに達するまでの時間の測定を行う方法について規定する。ただし、負荷方向と繊維の軸とを一致させて行う一方向CFRPの引張クリープ伸びを測定する試験には適用しない。

備考1. 試験雰囲気は、3.2の(1)に規定する標準試験雰囲気及び 50 ± 2 °Cの2種類とする。

2. 材料間の引張クリープデータを比較する場合は、原則として同一形状の試験片及び同一試験雰囲気で行う。
3. この規格の引用規格を、次に示す。

JIS B 7502 マイクロメータ

JIS B 7507 ノギス

JIS K 6900 プラスチック用語

JIS K 7010 繊維強化プラスチック用語

JIS K 7072 炭素繊維強化プラスチックの試料の作製方法

JIS K 7073 炭素繊維強化プラスチックの引張試験方法

JIS K 7100 プラスチックの状態調節及び試験場所の標準状態

JIS Z 8401 数値の丸め方

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS K 6900及びJIS K 7010によるほか、次のとおりとする。

- (1) **引張クリープ応力** 試験片に加えられた引張荷重を試験片のゲージ部の元の断面積で除した値。
- (2) **ゲージ部** 試験片のタブ(Tab)はり付け部を除く平行部。タブなし試験片の場合には、つかみ部を除く平行部。
- (3) **標線間距離** 引張クリープ伸びを測定する目的で試験前に試験片のゲージ部に付けた二つの標線の間の距離。
- (4) **引張クリープ伸び** 試験片に試験荷重を加えた後、任意の時間が経過したときの標線間距離から負荷直前の標線間距離を差し引いた値。
- (5) **引張クリープひずみ** 引張クリープ伸びを負荷直前の標線間距離で除した値。

備考 試験の目的によっては、引張クリープひずみを、荷重を加えた瞬間に生じる瞬間クリープとクリープに分離する。瞬間クリープの測定は困難なので、負荷後少したった時間(例えば1分)の引張クリープひずみで代用する。

- (6) **クリープ弾性率** 引張クリープ応力と引張クリープひずみの比。
- (7) **クリープ破壊時間** 試験片に試験荷重を加えてから破壊するまでの時間。
- (8) **クリープ破壊強さ** クリープ破壊時間に対応する引張クリープ応力。

- (9) **クリープ限度時間** ある規定の引張クリープひずみに達するまでの時間。

備考 規定の引張クリープひずみは、試験の目的によって決定するか、受渡当事者間の協定による。

- (10) **クリープ限度** クリープ限度時間に対応する引張クリープ応力。

- (11) **全クリープ回復** クリープ試験において試験荷重を除き、任意の時間が経過した後のひずみを、試験荷重を除く直前の引張クリープひずみから差し引いたひずみ。

備考 全クリープ回復も試験の目的によって、瞬間クリープ回復とクリープの回復に分類する。

3. 試験片の状態調節及び試験雰囲気

- 3.1 **状態調節** 試験片の状態調節は、原則として試験前に、3.2に規定する雰囲気中で88時間以上放置する。ただし、クリープ試験中に物理的、化学的变化などが生じるおそれがある場合には、この限りでない。

- 3.2 **試験雰囲気** 試験雰囲気は、次の2種類とする。

- (1) **標準試験雰囲気** 試験は、JIS K 7100の標準温度状態2級及び標準湿度状態2級[温度 23 ± 2 °C及び相対湿度 $(50 \pm 5)\%$]の雰囲気中で行う。

- (2) **標準試験雰囲気以外の雰囲気** 試験は、 50 ± 2 °Cの雰囲気中で行う。

備考 試験の目的又は受渡当事者間の協定による場合は、上記の雰囲気以外で行ってもよい。

4. 装置及び器具

- 4.1 **試験機** 試験機は、試験片に荷重を加えるときと試験片が破壊するときに、他の試験片に振動などの影響を及ぼさない堅固な構造とし、次のもので構成する。

- (1) **つかみ具** つかみ具は、試験片を試験機の可動部及び固定部に確実に保持でき、試験片に加えられる荷重方向が試験片の長軸と一致するものでなければならない。

長軸にはユニバーサルジョイントを介するのが望ましい。

- (2) **荷重装置** 荷重負荷装置は、試験片に $\pm 1\%$ の精度で試験荷重を加えることができるものとする。

- (3) **伸び測定装置** 伸び測定装置は、試験片の引張クリープ伸びの変化のすべてを時間経過に伴って測定することができ、測定しようとする引張クリープ伸びの $\pm 1\%$ 又はそれ以上の精度で指示できる構造のものとする。

クリープ破壊時間の測定を行う場合、引張クリープ伸びを同時に測定するときは非接触形の伸び測定装置を使用することが望ましい。

- (4) **タイマー** タイマーは、経過時間を測定することができるもので、経過時間の $\pm 1\%$ 又はそれ以上の精度で指示できるものとする。

4.2 寸法測定器具

- (1) **マイクロメータ** マイクロメータは、試験片の厚さと幅を測定するもので、JIS B 7502に規定する外側マイクロメータの測定範囲0~25 mmのもの、又はこれと同等以上の精度のものとする。

- (2) **ノギス** ノギスは、試験片の標線間距離、ゲージ長及び全長を測定するもので、JIS B 7507に規定するノギスのうち最大測定長300 mmで最小読取值0.05 mmのもの、又はこれと同等以上の精度のものとする。

5. 試験片

- 5.1 **試験片の形状及び寸法** 試験片は、次の4種類とし、形状及び寸法をそれぞれ図1、図2及び表1に示す。

- (1) **I形試験片** I形試験片は、一方向強化材料の繊維方向及び異方性の顕著な材料の強度の高い方向・長手方向のクリープ試験に用いる。

- (2) **II形試験片** II形試験片は、一方向強化材料や異方性の顕著な材料の長手方向のクリープ試験を除くクリープ試験に用いる。例えば、織物などによって強化された材料に適用する。

- (3) **Ⅲ形試験片** Ⅲ形試験片は、一方向強化材料のタブ付き90度方向(強度の低い方向・横方向)のクリープ試験に用いる。
- (4) **Ⅳ形試験片** Ⅳ形試験片は、一方向強化材料のタブなし90度方向のクリープ試験に用いる。

図1 I形、Ⅱ形及びⅢ形試験片の形状

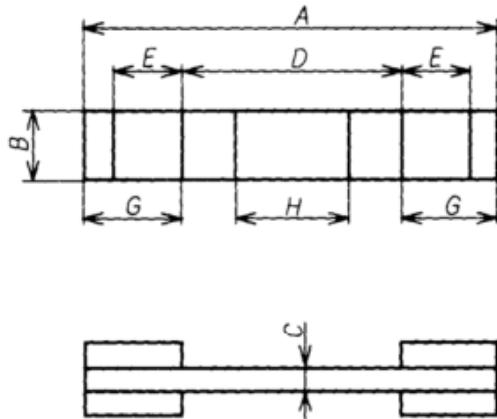


図2 Ⅳ形試験片の形状

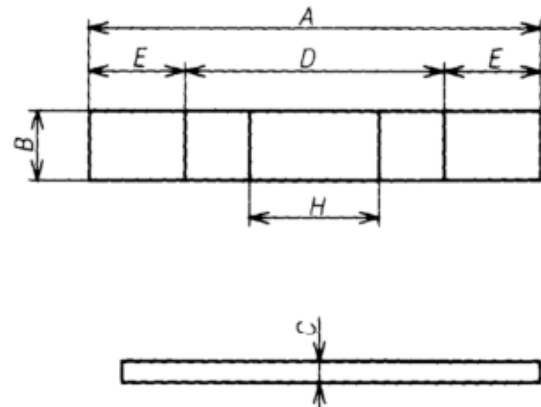


表1 I形、Ⅱ形、Ⅲ形及びⅣ形試験片の寸法

単位 mm

試験片の部位	試験片の種類			
	I 形	II 形	III 形	IV 形
	一方向0度 (タブ付き)	織物 (タブ付き)	一方向90度 (タブ付き)	一方向90度 (タブなし)
A 全長	200 以上		160 以上	130 以上
B 両端の幅	12.5	25	15~25	
C 厚さ	約1	2~3		
D ゲージ部の長さ	100 以上		60 以上	
E つかみ部の長さ	35 以上			
F タブの厚さ	2 程度			-
G タブの長さ	45 以上			-
H 標線間距離	50			

5.2 試験片の作製

5.2.1 試験片の作製方法 試験片の作製方法は、次による。

- (1) 試験片は、JIS K 7072に規定するオートクレープ成形方法、圧縮成形方法などによって作製された試料から機械加工又はこれと同等以上の精度で加工できる方法で作製する。ダイヤモンド工具を用いるのが望ましい。
- I 形、Ⅱ形及びⅢ形試験片は、補強部にアルミニウムのような軟らかい金属のタブを、強化プラスチックを構成する樹脂又は接着剤によって適切な圧力で接着層の厚さが均一になるように固着することが望ましい。試験片が破壊する前に接着層がせん断クリープ破壊しないような接着剤を使用しなければならない。
- (2) 試験片を切削加工によって作製するときは、その切削熱などによって性質が変化しないように、十分に注意しなければならない。

- (3) 繊維配向方向と試験片切り出し方向との角度のずれが、試験結果に影響を及ぼすので、切り出し時には適切なジグを用いるなどして、ずれが生じないように留意する。
- (4) 試験片に標線を付けるときは、供試材料に作用しないものを用い、試験片の面を引っかいたり圧こんを付けてはならない。

5.2.2 試験片採取方向 試験片の採取は、二つの主軸方向から切り取ることが望ましい。ただし、その材料が実際に使用されるときに受ける試験荷重の方向があらかじめ分かっている場合には、この方向と試験片が受ける荷重の方向とが同じ方向になるように試験片を切り取る。

5.3 試験片の数 試験片の数は、5.2.2によって定められた方向について、各応力ごとに最少2個とする。ただし、標線間以外のところで破壊した試験片については、他のデータと比較して明らかに異常とみなされる場合を除き、採用する。この場合、その旨を記録する。

6. 操作

6.1 試験片の寸法測定 試験片の寸法測定は、次によって行う。

- (1) 試験片の厚さ及び幅の寸法測定は、試験前に3.2の(1)に規定する標準試験雰囲気中で行う。
- (2) 試験片の厚さ及び幅は、標線間中央及びそれぞれの標線から5 mm内側の計3か所でそれぞれ0.01 mmの精度で測定し、平均断面積を算出する。
- (3) 標線間距離を0.05 mmの精度で測定する。

6.2 試験応力のレベル 試験応力のレベルは、JIS K 7073に規定する引張強さの10～90 %範囲を選ぶことが望ましい。

6.2.1 試験応力の決定方法 クリープ破壊時間を測定する場合、試験応力の決定が困難なときには、次の手順に従うのが望ましい。

- (1) JIS K 7073に規定する方法で求めた引張強さの60 %に相当する試験荷重で実施する。
- (2) (1)の結果、負荷後30分以内に破壊が生じない場合は、(1)で行った荷重に引張強さの5 %又は2.5 %に相当する荷重を現在負荷している荷重に追加する。この場合、試験片に衝撃的な力や振動が生じないように注意する。
- (3) (2)の結果、負荷後30分以内に破壊が生じない場合は、更に引張強さの5 %又は2.5 %に相当する荷重を追加する。
- (4) 以下、破壊が生じるまで、(3)の操作を繰り返す。
- (5) 破壊が生じた荷重を最初の試験荷重とする。

なお、引張クリープ伸びを測定する場合、試験応力のレベルは、試験の目的に応じて受渡当事者間の協定による。

6.3 試験応力レベルの段階 試験応力レベルの段階は、次による。

- (1) 引張クリープ伸びを測定する場合、3段階以上の応力レベルで試験を行う。ただし、非線形性挙動を示す材料に対しては、5段階以上の応力レベルで試験を行う。
- (2) クリープ破壊時間及びクリープ限度時間の測定をする場合、6.2で求めた試験荷重を参考にして8.4又は8.5に規定する線図が描けるような応力で試験を行う。
- (3) 単純に材料間の比較などをする場合は、クリープ限度時間が1 000時間で引張クリープひずみが0.01(1 %)のクリープ限度を求める。この場合の応力レベルの数は、1 000時間で0.01(1 %)の引張クリープひずみを生じるであろう応力付近で3段階以上とることが望ましい。

6.4 予備荷重 予備荷重は、機械部分のあそびや伸び測定装置によって生じる試験片の不安定さなどの影響を除くために、必要に応じて負荷に先立ってあらかじめ加えてもよい。予備荷重の大きさは、試験荷重の1 %以下とする。

6.5 負荷 負荷は、次による。

- (1) 試験片を偏心しないように試験機に取り付ける。タブ付き試験片の場合は、タブから少しゲージ部に向かって

内側に、はみ出す程度にするほうが望ましい。

- (2) 引張クリープ伸びの測定を行う場合、伸び測定装置を試験片の標線上に装着するなどして、負荷前から伸び測定を開始する。
- (3) 負荷を掛ける時点は、原則として、3.2に規定する試験雰囲気下において、測定に必要な精度に影響しなくなったときとする。

必要ならば、6.4に規定する予備荷重を加えてもよい。この場合、試験片が3.2に規定する試験雰囲気と同じ状態になる前に予備荷重を加えてはならない。

- (4) 負荷は、試験荷重の1 %以上の過負荷を起こさない範囲内で速やかに行い、負荷に要した時間を記録しなければならない。

備考 同一材料を試験する場合は、負荷に要する時間を同じにしなければならない。

6.6 引張クリープ伸びの測定 引張クリープ伸びの測定は、次による。

- (1) 試験開始時期は、試験片に掛ける負荷が試験荷重に達した瞬間とする。
- (2) 引張クリープ伸びの測定は、負荷に要した時間の10倍の時間が経過した時点からの測定値が有効となる。

なお、試験片の引張クリープ伸びを連続記録しないときは、表2に示すタイムスケジュールに従って測定するのが望ましい。

表2 引張クリープ伸びの測定タイムスケジュール

単位	測定時間
分 min	1, 2, 3, 4, 6, 12, 18, 30, 42
時間 h	1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 200, 300, 500, 700, 1 000

備考 1 000時間以上クリープ試験を行う場合には、1か月に1回以上測定を行う。

引張クリープ伸びが不規則に変化するような場合には、表2のタイムスケジュールよりも多く測定する。

6.7 試験雰囲気の記録 試験雰囲気を連続記録しない場合、試験片の引張クリープ伸びの測定と同じタイムスケジュールで読み取る。

6.8 試験の完了 試験片が破壊せずに試験期間を完了したときは、クリープ試験中の他の試験片に除荷の影響を及ぼさないように試験荷重を取り除く。

6.9 全クリープ回復の測定 全クリープ回復の測定を行う場合、6.5に規定する負荷及び6.6に規定する引張クリープ伸びの測定の手順に準じて操作を行う。

予備荷重を加えてクリープ試験を行った場合は、予備荷重を加えた状態で全クリープ回復の測定を行う。

7. 計算

7.1 引張クリープ応力 引張クリープ応力は、次の式(1)によって算出する。

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 σ ：引張クリープ応力(GPa)

F ：試験荷重⁽¹⁾ (kN)

A ：試験片の元の断面積(mm²)

注⁽¹⁾ クリープ破壊時間を測定する場合には、予備荷重を含めた荷重を試験荷重とする。

7.2 引張クリープひずみ 伸び測定装置によって引張クリープ伸びを測定する場合、引張クリープひずみは、次の式

(2)及び式(3)によって算出する。

$$\Delta L = L(t) - L_0 \quad \text{..... (2)}$$

$$\epsilon(t) = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{..... (3)}$$

ここに、 $\epsilon(t)$ ：引張クリープひずみ

ΔL ：引張クリープ伸び(mm)

$L(t)$ ：負荷後 任意の時間経過後の標線間距離(mm)

L_0 ：試験荷重を加える前の標線間距離(mm)

備考 引張クリープひずみは、得られた値に100を乗じてパーセントで表示してもよい。

7.3 クリープ弾性率 クリープ弾性率は、次の式(4)によって算出する。

$$E(t) = \frac{\sigma}{\epsilon(t)} \quad \text{..... (4)}$$

ここに、 $E(t)$ ：クリープ弾性率(GPa)

σ ：引張クリープ応力(GPa)

$\epsilon(t)$ ：引張クリープひずみ

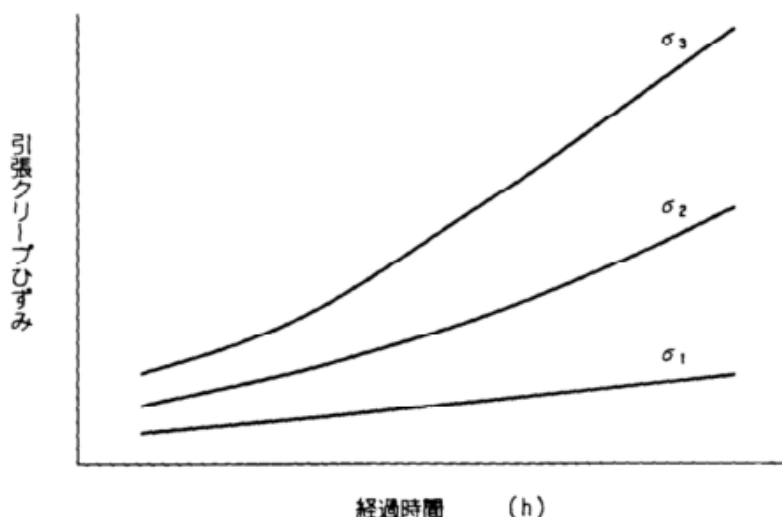
7.4 計算結果 計算結果は、JIS Z 8401によって有効数字3けたに丸める。

8. 試験結果の表し方

8.1 引張クリープひずみ—時間線図 引張クリープひずみ—時間線図は、横軸に経過時間を対数目盛りで、縦軸に引張クリープひずみを等間隔目盛りで取って、引張クリープ応力ごとに図3のように描く。

横軸の単位は、時間(h)を用いる。

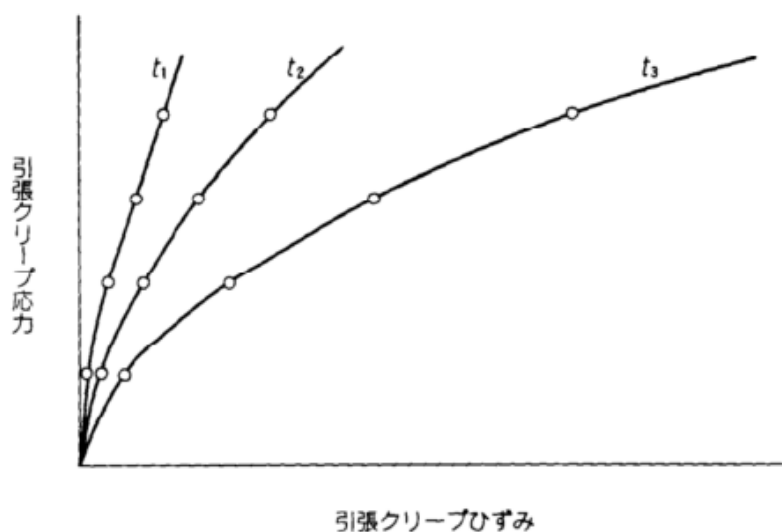
図3 引張クリープひずみ—時間線図



8.2 クリープ弾性率—時間線図 クリープ弾性率—時間線図は、引張クリープひずみ—時間線図の代わりに用いる。この場合、引張クリープひずみの代わりにクリープ弾性率を用いる。

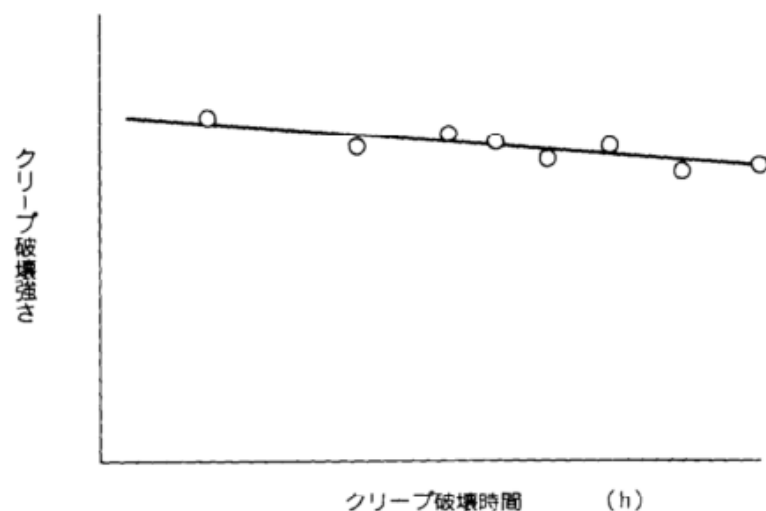
8.3 等時 引張クリープ応力—引張クリープひずみ線図 等時 引張クリープ応力—引張クリープひずみ線図は、引張クリープひずみ—時間線図から、同じ経過時間に対する引張クリープひずみを各引張クリープ応力ごとに読み取り、横軸に引張クリープひずみを、縦軸に引張クリープ応力を共に等間隔目盛りで取って、時間ごとに図4のように描く。

図4 等時 引張クリープ応力-引張クリープひずみ線図



8.4 クリープ破壊線図 クリープ破壊線図は、横軸にクリープ破壊時間を対数目盛りで、縦軸にクリープ破壊強さを等間隔目盛りで取って図5のように描く。横軸の単位は、時間(h)を用いる。

図5 クリープ破壊線図



8.5 クリープ限度線図 クリープ限度線図は、クリープ破壊線図と同様な描き方をし、クリープ破壊強さの代わりにクリープ限度を、クリープ破壊時間の代わりにクリープ限度時間をそれぞれ用いる。この場合、規定された引張クリープひずみを記録しなければならない。

9. 報告 報告には、必要に応じて、次の事項を記入する。

- (1) 材料の種類、等級及び製造業者名
- (2) 試験片の種類、構成及び炭素繊維の体積又は質量含有率
- (3) 試験片の形状、寸法、作製方法及び採取方向
- (4) 試験片の状態調節の温度、湿度及び時間
- (5) 試験機の形式(例えば、レバー形など)及び負荷方式(例えば、油圧方式など)
- (6) 伸び測定装置の形式(例えば、差動変圧器形伸び計など)

- (7) 標線間距離
- (8) 試験機に取り付けた後、負荷するまでの間の伸び及び雰囲気の変化の記録
- (9) 予備荷重の大きさ
- (10) 引張クリープ応力及び各応力ごとの試験片の数
- (11) 試験開始年月日
- (12) 試験片への負荷に要した時間(例えば、10秒など)
- (13) 試験雰囲気の記録
- (14) 引張クリープひずみ—時間線図
- (15) クリープ弾性率—時間線図
- (16) 等時 引張クリープ応力—引張クリープひずみ線図
- (17) クリープ破壊線図又はクリープ破壊強さ(この場合、クリープ破壊時間を記録する。)
- (18) クリープ限度線図又はクリープ限度(この場合、クリープ限度時間と規定された引張クリープひずみを記録する。)
- (19) この規格に適合しない事項、又は受渡当事者間で協定した事項
- (20) その他特記すべき事項

関連規格 JIS K 7115 プラスチックの引張クリープ試験方法

JIS Z 8203 国際単位系(SI)及びその使い方

ISO/DIS 899-1 Plastics—Determination of creep behaviour—Part 1 : Tensile creep

炭素繊維強化プラスチックの 解説 引張クリープ試験方法

この解説は、本体に規定した事柄、及びこれに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1. 制定の趣旨 炭素繊維(CF)は、強度、弾性率ともに極めて高く、CFを強化材とした炭素繊維強化プラスチック(以下、CFRPという。)は異方性の強い、しかも、せん断強度の低い材料として理解されている。したがって、等方性として扱うことができる材料に比較して、その力学特性の評価に関しては、種々の難しさが指摘されている。しかし、CFRPは軽量化、高性能化、高機能化に対処できる無くてはならない材料であって、製作コストの低減化なども加味され、各種の部材、部品として使用される例が一段と増加している。なかでも薄板状で使用される例が多い。

CFRPの構造部材は、積層材として使用される例が多く、このようなCFRP積層構造に静的破壊荷重より小さな力が連続的に負荷されることによって、時間と共に変形し、最終的に破壊に至ることがある。この現象をクリープといい、実験によってクリープの特性を求めるのがクリープ試験である。クリープ試験は、負荷の仕方によって、引張、圧縮、曲げ、せん断クリープ試験などの単独又はこれらの組合せがある。

引張クリープ試験は、これらCFRP積層板の長期間にわたる引張クリープ特性を把握することによって、材料間の比較や設計のための基礎資料としての使用を可能とする。

CFRPが構造用部材として使用される場合、引張クリープ特性は、設計データとして重要な意味をもつので、この試験方法の早急な標準化が待たれていた。

2. 制定の経緯 CFRPは、機械的特性、耐久性などに特に優れているため、航空機をはじめ電気・電子部品、建築・建設、自動車などの産業分野で必ず(須)の材料として注目されるとともに、基盤素材産業の活性化をもたらすものと関係各方面から開発、実用化に伴う標準化の要望が高まっている。

このような情勢を踏まえて、プラスチック標準試験方法研究会では、昭和58年から3か年計画で炭素繊維懇話会(平成元年4月 炭素繊維協会に改称)から委託を受けて、CFRPの標準化の調査研究を産学官の方々と構成された炭素繊維複合材料研究委員会(委員長 故島村昭治氏 工業技術院 機械技術研究所次長)を設置して開始した。

日本工業標準調査会 工業標準化推進長期計画審議特別委員会 新素材分科会が昭和60年6月にまとめた“新素材分野の標準化の進め方について”では、有機・複合系新素材は、試験・評価方法が確立されていないために、メーカー、ユーザー共に有益な情報や信頼性のあるデータが得られず、このことが開発・実用化の推進の阻害要因の一つとなっており、このため、データの相互比較を可能にする試験・評価方法を整備し、標準化することが必要不可欠であるなど、幾つかの問題が指摘された。

したがって、有機・複合系新素材、特にCFRPなどの開発普及を効果的に促進させるためには、品質の定量的評価方法を明らかにして、設計・製作の際の基礎データを得るための基礎となる試験・評価方法を確立し、標準化することが必要であり、昭和60年7月 工業技術院から当時のプラスチック標準試験方法研究会が“有機・複合系新素材の標準化に関する調査研究”を受託し、炭素繊維複合材料本委員会(委員長 宮入裕夫 東京医科歯科大学医用器材研究所教授)を発足させ、調査研究に入った。その後 プラスチック標準試験方法研究会は、財団法人高分子素材センターの設立(昭和60年10月1日発足)に伴い、昭和60年9月30日に発展的に解散し、センターが承継事業として実施することとなった。

この規格は、平成4年度から、工業技術院から“有機・複合系新素材製品の信頼性評価方法の標準化に関する調査研究”を高分子素材センターが受託し、信頼性評価方法委員会(委員長 宮入裕夫 東京医科歯科大学医用器材研究所教

授)を発足させ、調査研究を行うこととなり、この調査研究は新たに発足したクリープ試験方法分科会が平成4年度から6年度まで行った3か年の調査研究成果、及び上記炭素繊維複合材料本委員会の疲れ試験方法分科会が平成元年度から3年度までの3か年の調査研究に事前特別調査として行われた引張クリープ試験の調査結果に基づいており、内外の規格及び文献調査、試料板の製作、各種の実験結果などから得られた知見を基に作成し、信頼性評価方法委員会の審議を経て、平成7年3月に規格案が工業技術院へ提出された。

工業技術院においては、提出された案に基づいて、高分子部会(平成7年10月)の審議を行い、平成8年3月1日付けで制定した。

3. 審議中特に問題となった事項 硬質プラスチックを対象とした引張クリープ試験方法には、国際規格及びJISがあり、静的引張試験方法にも硬質プラスチックを対象とした国際規格及びJIS、並びに複合材料関係(ガラス繊維強化プラスチック又はCFRP)を対象としたJISがある。これらの規格とどの程度整合性をもたすかについて検討を行った。その結果、CFRPが他の材料にない固有の特性を示すことを考慮して、JIS K 7073(炭素繊維強化プラスチックの引張試験方法)と整合を図ったほうがよいとの結論に達した。

また、試験雰囲気については、引張クリープ試験機が標準試験雰囲気(標準温度及び標準湿度)中に設置されていないことが多いこと、雰囲気炉が引張クリープ試験機に付設されている場合が多いことなどを考慮して、標準試験雰囲気及び標準試験雰囲気以外の雰囲気も採用することとした。

規格の体裁としては、現在ISOでは規格の体系化が進んでいるなかで、引張と曲げクリープ試験規格を一本化にするかどうかについて検討した結果、現時点では、JISの現状を勘案してとりあえず二本立てでいくこととした。

4. 適用範囲(本体の1.) この規格は、一方向強化プリプレグを素材とした直交/斜交積層材、織物材を始め、各種のCFRPに適用される。

なお、炭素繊維とエポキシ樹脂のような熱硬化性樹脂からなるCFRPだけでなく、熱可塑性樹脂を母材としたCFRTPにも適用できる。

また、試験片に長時間一定の引張荷重を加えて、試験片の伸びの時間的変化の測定及び/又は試験開始から試験片が破壊又はある規定されたひずみに達するまでの時間の測定を行う方法について規定したものである。

試験雰囲気は、標準試験雰囲気及び 50 ± 2 °Cとした(6.2.2 参照)。

材料間の引張クリープデータを比較する場合には、同じ形状、同じ試験方式及び同じ試験雰囲気で行わないと正しい比較ができないことがある。

また、同一引張クリープ試験機を用いて比較することが好ましい。

5. 内外規格との比較

5.1 対応する国際規格は、硬質プラスチック(一部強化プラスチックを含む。)を対象とした引張クリープ試験方法として、ISO/DIS 899-1(Plastics—Determination of creep behaviour—Part 1: Tensile creep)があるが、CFRPのような高性能複合材料を対象とした国際規格は、現在存在しない。

5.2 国内規格では、JIS K 7115(プラスチックの引張クリープ試験方法)があるが、この規格は硬質プラスチック(一部強化プラスチックを含む。)を対象としていて、CFRPを対象としていない。外国規格では、ASTM, DIN, NF, GOST, BSなどに規格があり、一部に強化プラスチックが含まれているがCFRPを対象としていない。

6. 各規定項目の補足説明(制定の内容及び理由)

6.1 用語の定義(本体の2.) 用語の定義について、次のように補足する。

クリープは、種々の文献を調査した結果、ひずみが時間と共に増加する現象と時間依存性のひずみの二種類の表現

があるが、ここではJIS K 6900(プラスチック用語)の規定に従い、時間依存性のひずみとした。

- (1) **引張クリープ応力** ISO/DIS 899-1では初期負荷応力、JIS K 7115では呼び応力となっているが、静的応力と区別するためにあえてクリープの用語を付加した。ただし、“引張クリープ応力”と“クリープ引張応力”とでどちらの表現がよいかについて検討した結果、“応力”に“クリープ”をつなげた“クリープ応力”としたほうが一般的であると解釈し、引張は接頭語として用いることとした。
- (4) **引張クリープ伸び** ISO/DIS 899-1では伸びとなり、JIS K 7115では規定していないが、上記と同様の理由で引張クリープ伸びとした[(1)参照]。
- (5) **引張クリープひずみ** JIS K 7115ではクリープひずみとなっているが、ISO/DIS 899-1と同様に引張クリープひずみとした。
また、備考で引張クリープひずみをより理解しやすいように、引張クリープひずみは荷重を加えた瞬間に生じる瞬間クリープとクリープ(時間依存性のひずみ)に分離できることを付記した。
- (7) **クリープ破壊時間** ISO/DIS 899-1では、time to ruptureと表現されているが、今までのJISの慣例に従い、クリープ破壊時間とした。
また、破壊の用語については、一般には壊れるのが破壊であり、二つに分離するのが破断とされているが、英語を日本語に訳す場合、break, rupture, fracture, failureなどが混同して訳されていること、引張クリープ試験方法と曲げクリープ試験方法の間で用語を統一したほうがよいとの結論からあえて破壊とした。
- (8) **クリープ破壊強さ** ISO/DIS 899-1ではcreep strength limitとなっていて、クリープ破壊強さと次に述べるクリープ限度が含まれているが、ここではJISの慣例に従って分離した。
- (9) **クリープ限度時間** ISO/DIS 899-1では規定していないが、破壊するまでの時間と、ある規定されたひずみに達するまでの時間を区別するために入れた。
- (10) **クリープ限度** 既に述べたように、ISO/DIS 899-1ではcreep strength limitにクリープ破壊強さと同時に含まれているが、JISの慣例に従って分離した[(7)参照]。
- (11) **全クリープ回復** ISO/DIS 899-1及びJIS K 7115でも規定しているので規定した。ただし、JIS K 6900が改正されたことから、JIS K 7115の用語を変更した。

また、備考で引張クリープひずみと同様に、全クリープ回復は瞬間クリープ回復とクリープの回復に分離できることを付記した[(5)参照]。

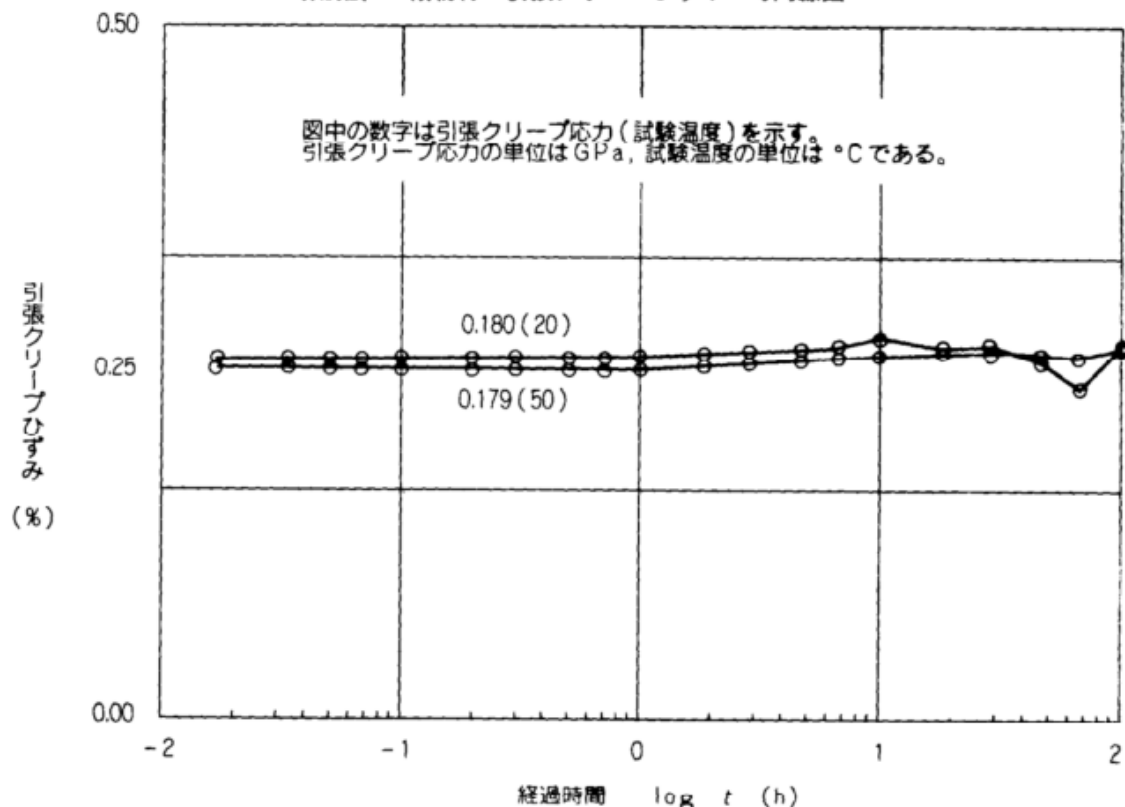
6.2 試験片の状態調節及び試験雰囲気(本体の3.)

6.2.1 状態調節(本体の3.1) JISの多くは状態調節は48時間となっているが、試験材料の重合が完全に完了する時間が不明なこと、クリープ試験は長時間かかるため、初めの状態調節をおろそかにして試験結果を無効にすることを防ぐため、国際規格の状態調節ISO 291(Plastics—Standard atmospheres for conditioning and testing)及びJIS K 7115に整合させるために88時間とした。

6.2.2 試験雰囲気(本体の3.2) 試験雰囲気は、ISO/DIS 899-1及びJIS K 7115では標準温度及び標準湿度状態となっているので、標準試験雰囲気として規定した。しかし、引張クリープ試験機が標準温度及び標準湿度の雰囲気室に設置されていないことが多いこと、現実の引張クリープ試験機には温度制御のできる雰囲気炉が付設されている場合が多いことなどの理由で標準雰囲気以外の雰囲気をも採用した。標準雰囲気以外の雰囲気の雰囲気温度は、夏季でも温度制御が精度よくできること、解説図1⁽¹⁾の例にみられるように、ばらつきを考慮すれば、標準試験雰囲気下での試験結果と50℃での結果に大きな差がないことから、50℃を採用した。

また、本体の試験雰囲気が確保できるならば、試験機を試験雰囲気中の室内に設置するか、試験雰囲気を発生させることができる雰囲気炉を付設している試験機を用いるかについては、特に規定しなかった。

解説図1 織物材の引張クリープひずみ-時間線図



注(1) 平成6年度通商産業省工業技術院委託、有機・複合系新素材製品の信頼性評価手法の標準化に関する調査研究成果報告書、平成7年3月、財団法人高分子素材センター

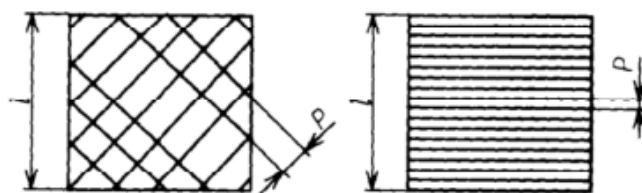
6.3 装置及び器具(本体の4.) 負荷機構には、負荷中の荷重状態を把握するために、荷重計「コードセル」を取り付けることや、負荷速度を制御できる装置を装備することが好ましい。

つかみ具は、試験片に荷重を掛けた場合、つかみ具と試験片の間で滑りがないようなやすり面を使用する。例えば解説図2(2)に示すような斜交粗目やすりを用いた場合、やすりの先端が点であるためにタブ材との接点が点接触となり、滑りが生じることがある。それに反し、平行やすりはタブ材と線接触するため、滑りを生じにくい(解説6.5 参照)。

解説図2 チャックフェイスのやすり形状

斜交粗目やすり

平行細目やすり



ピッチ (mm)	$P: 4$	1.5
深さ (mm)	2	1
つかみ部長さ (mm)	$L: 40$	50

注(2) 平成3年度通商産業省工業技術院委託、有機・複合系新素材の標準化に関する調査研究成果報告書、炭素繊維複合材料編、平成4年3月、財団法人高分子素材センター

負荷装置の精度は、実際のメーカーが作る試験機の精度が良いので高い精度にすべきであるとの意見も出たが、他

の規格でも1 %が多いことから、 ± 1 %の精度で試験荷重を加えることができるものとした。

伸び測定装置は、温度や時間ドリフトの少ない装置が好ましい。電気抵抗線ひずみゲージは、温度や時間のドリフトが大きいため使用しないことが好ましいが、もし使用する必要が生じた場合は短時間の引張クリープ試験に限る。

クリープ破壊時間の測定と引張クリープ伸びを同時に測定する場合には、光学式(レーザー式も含む。)や光電子式(CCD式も含む。)などの非接触型の伸び測定装置を使用することが望ましい。

6.4 試験片(本体の5.) ISO/DIS 899-1及びJIS K 7115は硬質プラスチック(一部強化プラスチックを含む。)を対象としたものであるが、この規格においては、CFRPを対象としているので、JIS K 7073と整合性をもたせた試験片形状及び寸法とした。ただし、タブの形状は後に述べるタブ材の関係から長方形とした(6.5 参照)。

6.5 試験片の作製(本体の5.2) タブ材としてガラスクロス強化プラスチックを使用した場合、つかみ具のやすり面やつかみ具の締付け力などが起因して、試験片とつかみ具の間で滑りが生じて、引張クリープを行うには相当の困難がつきまとう。しかしアルミニウム合金などの軟らかい金属の場合、やすり面を傷つけない、解説表1⁽³⁾のようにやすり面の食い込みが容易であるなどの理由から、タブ材としてアルミニウム合金のような軟らかい金属を採用した(6.4 参照)。

解説表1 タブの違いによる食い込み状況

材質	保持時間	備考
ガラス繊維強化プラスチック	0時間	負荷時に滑り開始
アルミニウム	25時間以上	食い込み良好
真ちゅう(鉛)	30時間以上	食い込み良好
クロムモリブデン鋼	41時間以上	負荷に少しの滑りあり

注⁽³⁾ 平成3年度通商産業省工業技術院委託、有機・複合系新素材の標準化に関する調査研究成果報告書、炭素繊維複合材料編、平成4年3月、財団法人高分子素材センター

タブの接着剤は、接着剤に多くの種類があること、接着剤よりも接着技術に起因する割合が高いことの理由で、“試験片が破壊する前に接着層がせん断クリープ破壊しないような接着剤”とした。

6.5.1 試験片の数(本体の5.3) 各応力ごとの試験片の数は、ISO 527-1(Plastics—Determination of tensile properties—Part 1: General principles)、JIS K 7161(プラスチック—引張特性の試験方法 第1部: 通則)、JIS K 7113(プラスチックの引張試験方法)及びJIS K 7073のように5個以上、又は3個以上との意見があったが、引張クリープ試験は長時間を要すること、試験する機関で多数の引張クリープ試験機を設置していないこと、JIS K 7115で最少2個と定められていることを考慮して、最少2個とした。ちなみに、ISO/DIS 899-1には試験片の数は規定していない。

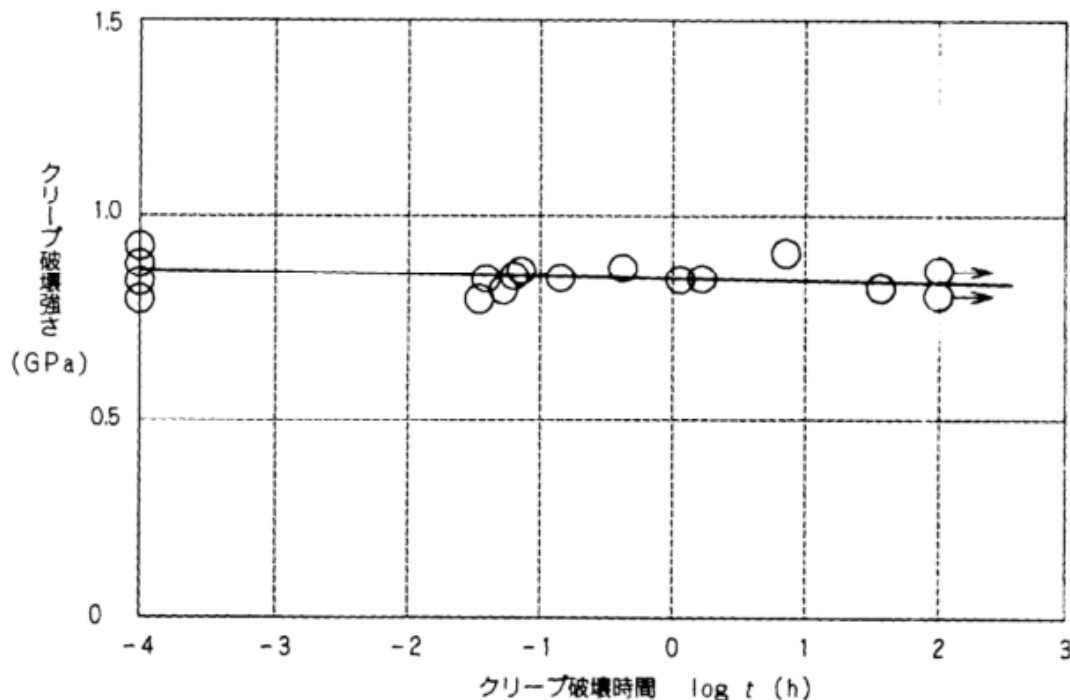
6.6 操作(本体の6.)

6.6.1 試験応力の決定方法(本体の6.2.1) クリープ破壊時間を測定する場合、クリープ破壊強さを決定するための試験応力が不明なことが多い。これを簡単に求める方法を規定した。

6.6.2 試験応力レベルの段階(本体の6.3) ISO/DIS 899-1には規定していないが、JIS K 7115に規定しているために採用した。ただし、1000時間で引張クリープひずみが0.01(1 %)と規定しているが、CFRPが構造用部材として使用される場合の設計指針としてのひずみが確定していない現状で、0.01(1 %)ひずみが最適であるかどうかは不明であるので、今度の動向によっては変更する必要がある。

クリープ破壊時間を測定する場合、解説図3⁽⁴⁾の例に示すようにクリープ破壊強さの低下率が少ないため、試験応力の決定に相当の困難性が付きまとう。

解説図3 織物材のクリープ破壊線図



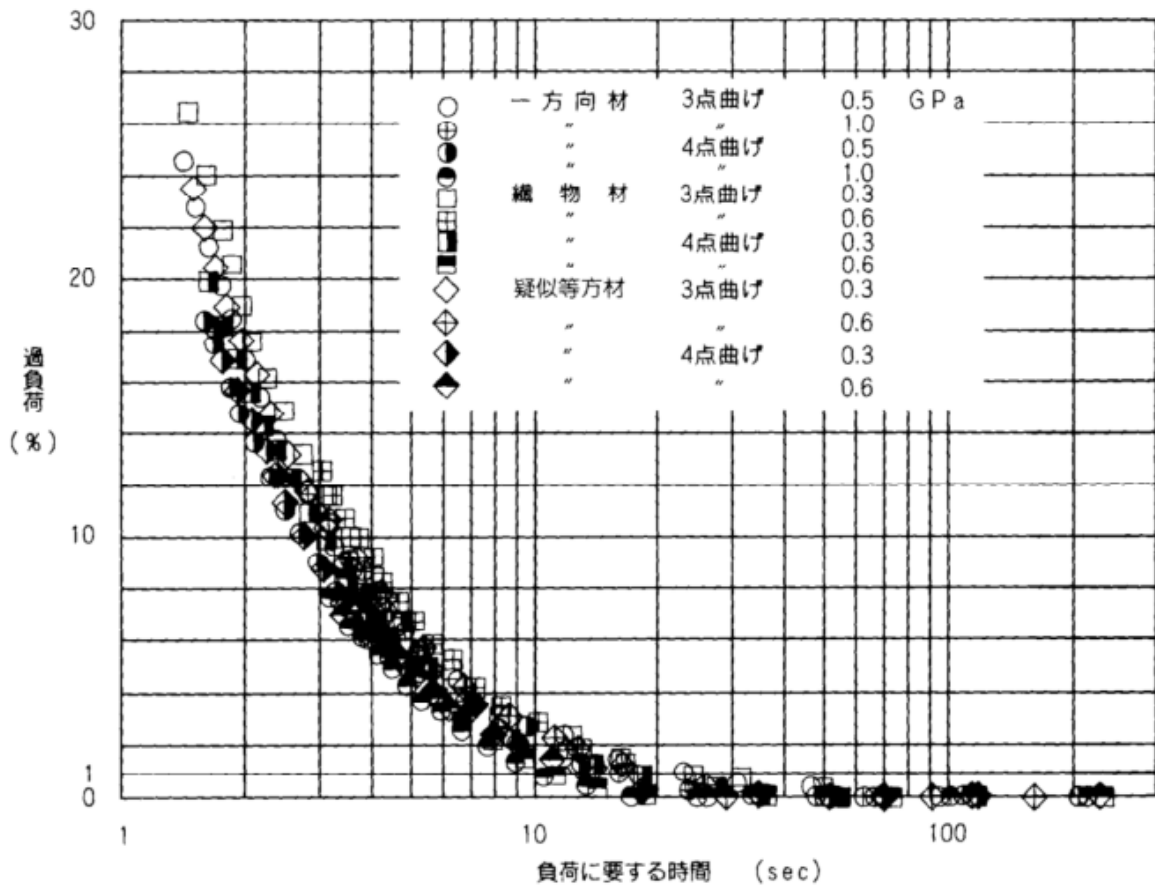
注⁽⁴⁾ 平成6年度通商産業省工業技術院委託、有機・複合系新素材製品の信頼性評価方法の標準化に関する調査研究成果報告書、平成7年3月、財団法人高分子素材センター

6.6.3 予備荷重(本体の6.4) 予備荷重を使用する場合、クリープ破壊時間を測定するときは試験荷重に予備荷重を含めるが、クリープ伸びを測定するときは試験荷重に予備荷重を含めない〔6.7 参照〕。

6.6.4 負荷(本体の6.5) 負荷を掛ける時点は、試験雰囲気下において測定に必要な精度に影響しなくなったときとあるが、この測定に必要な精度に影響しなくなったときとは、JIS K 6900に規定するクリープに比べて温度による変化が少ないことを意味する。同様に予備荷重を加える場合においても、予備荷重による引張クリープひずみがある一定値に安定した時点で試験荷重をかける。

負荷に要する時間は、ISO/DIS 899-1及びJIS K 7115では1秒から5秒となっているが、これは硬質プラスチック（一部複合材料を含む。）を対象としたものであり、CFRPの場合は、高強度であるが故に試験機の容量が大きくなる。したがって、レバー型の試験機ではレバー比が大きくなって、試験荷重を掛け終えた瞬間の振動が大きくなり、解説図4⁽⁵⁾の曲げクリープ試験の一例のような過負荷が生じる。このような現象は硬質プラスチック引張クリープの場合でも生じ、引張クリープ試験機の容量その他の関係で、5秒以内で1%以下の過負荷で収まるが、この例では、負荷に要する時間が5秒でも4%以上の過負荷が生じる。したがって、引張クリープ試験機の構造、容量によって異なるために、あえて“1%以上の過負荷を起こさない範囲”とした。

解説図4 過負荷と負荷に要する時間の関係(曲げクリープ)



注⁽⁹⁾ 平成6年度通商産業省工業技術院委託、有機・複合系新素材製品の信頼性評価方法の標準化に関する調査研究成果報告書、平成7年3月、財団法人高分子素材センター

6.6.5 引張クリープ伸びの測定(本体の6.6) 引張クリープ伸びの測定タイムスケジュールは、測定間隔が対数でなるべく等間隔になるようにするため、ISO/DIS 899-1よりも多くし、JIS K 7115と同様にした。

また、引張クリープ伸びの測定の開始時期と引張クリープ伸びの測定タイムスケジュールでは、時間が短いところでは、本体の“負荷に要した時間の10倍の時間が経過した時点からの測定値が有効”と矛盾するようであるが、測定することと有効になることは関係がない。例えば、負荷に要する時間が10秒であった場合、引張クリープ伸びが有効となるのは、負荷が完了してから1分40秒(10秒×10倍=100秒)後であるが、負荷完了後1分から測定してもそのデータが有効とならないだけであって測定することは差し支えない。

6.7 計算(本体の7.) 引張クリープ伸びだけを測定する場合、引張クリープ応力及びクリープ弾性率に用いる試験荷重は、JIS K 7073に規定する引張強さに比較して小さな荷重であるので重畳の法則が採用できるため、予備荷重を掛けて状態調節を行った後に負荷する荷重とした。しかし、クリープ破壊時間を求める場合は、試験する荷重が大きいため、少しの荷重がプラスされても破壊に敏感に効いてくるので、予備荷重を加算した荷重を試験荷重とした(6.6.3参照)。

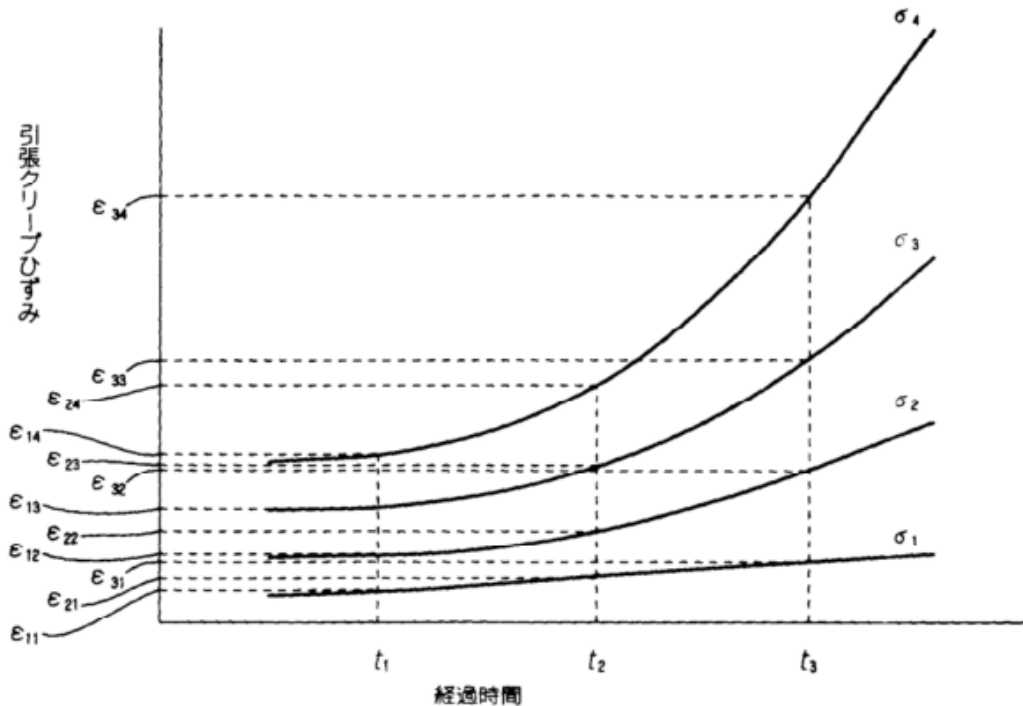
6.8 試験結果の表し方(本体の8.) ISO/DIS 899-1に比べて、引張クリープひずみ-時間線図の表現が違ふこと、クリープ限度線図がないなど多少異なるが、JIS K 7115と整合性を図った。

等時 引張クリープ応力-引張クリープひずみ線図の描き方は、解説図5のような引張クリープひずみ-時間線図が得られているとき、ある一定の経過時間ごとに、各引張クリープ応力に対する引張クリープひずみを読み取り、経過時間をパラメータとして縦軸に引張クリープ応力を取り、横軸に引張クリープひずみをとって、解説図6のようにす

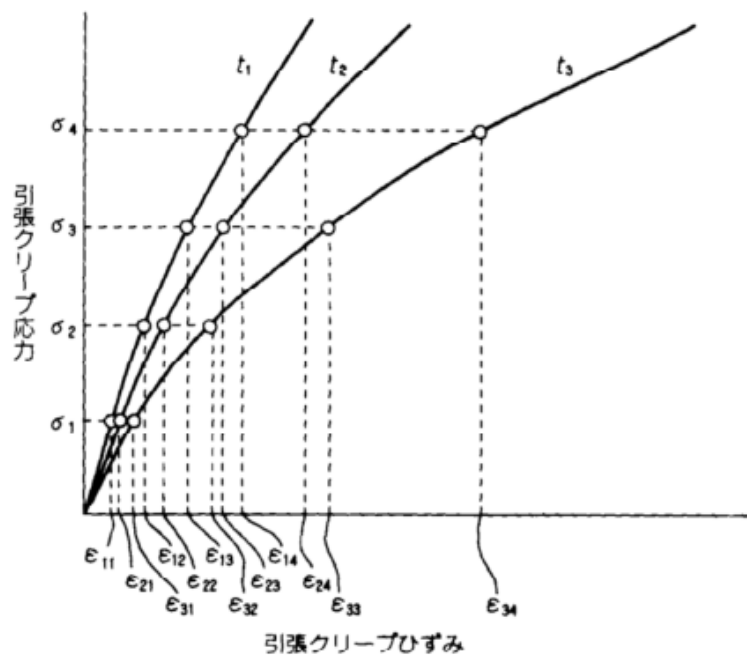
る。

これは、ある経過時間での引張クリープ応力を変えた場合の引張クリープひずみの予測に役立つ。

解説図5 引張クリープひずみ—時間線図



解説図6 等時 引張クリープ応力—引張クリープひずみ線図



7. 懸案事項 この規格の改正の際に、再検討されることが望ましい懸案事項を、次に述べる。

- (1) CFRPの静的引張試験方法がISO規格になったとき、試験片形状などがJIS K 7073と大幅に異なった場合は、この規格とかけ離れることになる。
- (2) ISO/DIS 899-1がJISになった場合、CFRPとプラスチックは性質が異なるとの理由でこの規格を見直ししなく

てもよいのかどうか。

- (3) 現在, 対応する国際規格は制定されていないので, 将来ISOの場でCFRPの引張クリープ試験方法の規格化が検討されるときには, この方法を提案したい。

8. 原案作成委員会の構成表 最終的な原案作成委員会の構成表を, 末尾に示す。

9. その他解説事項 特になし。

信頼性評価方法委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	宮 入 裕 夫	東京医科歯科大学医用器材研究所
	井 田 久 雄	通商産業省基礎産業局
	富 田 育 男	通商産業省生活産業局
	岡 林 哲 夫	工業技術院標準部
	金 原 勲	東京大学工学部
	河 野 嗣 男	東京都立科学技術大学工学部
	一 條 久 夫	工業技術院物質工学工業技術研究所
	小 牧 和 夫	工業技術院大阪工業技術研究所
	中 村 孔三郎	NTT境界領域研究所
	代 田 忠	代田技術事務所
	大 庭 敏 之	日産自動車株式会社
	天 城 滋 夫	株式会社日立製作所
	三 好 一 雄	三菱電機株式会社
	目 崎 正 和	古河電気工業株式会社
	町 田 邦 郎	株式会社ブリヂストン
	橋 本 輝 国	株式会社日本触媒
	本 間 清 一	住友化学工業株式会社
	齋 藤 英 隆	株式会社オリエンテック
	須 田 勉	昭和電工株式会社
	北 沢 清 一	大日本インキ化学工業株式会社
	藤 本 隆	三菱化学株式会社
	三 原 観 治	株式会社東洋精機製作所
	松 岡 慶 典	三菱レイヨン株式会社
(事務局)	鹿 毛 紀久雄	財団法人高分子素材センター
	新 鍋 秀 文	財団法人高分子素材センター

クリープ試験方法分科会 構成表

	氏名	所属
(分科会長)	小 牧 和 夫	工業技術院大阪工業技術研究所
	古 江 治 美	工業技術院機械技術研究所
	宮 野 靖	金沢工業大学材料システム研究所
	福 田 武 人	大阪市立大学工学部
	中 田 政 之	金沢工業大学材料システム研究所
	加 地 秋 好	大阪市立工業研究所
	犬 竹 紀 弘	石川島播磨重工業株式会社
	北 沢 清 一	大日本インキ化学工業株式会社
	田 中 常 雄	三菱化学株式会社
	齋 藤 英 隆	株式会社オリエンテック
	小 林 勝	工業技術院標準部
	宮 入 裕 夫	東京医科歯科大学医用器材研究所
	久保村 健 二	新日本製鐵株式会社
	山 口 富三雄	財団法人日本ウエザリングテストセンター
(事務局)	鹿 毛 紀久雄	財団法人高分子素材センター
	新 鍋 秀 文	財団法人高分子素材センター

JIS 規格票の正誤票が発行された場合は、下記の要領でご案内いたします。

(1) 当協会発行の月刊誌「標準化ジャーナル」に、正・誤の内容を掲載いたします。

(2) 毎月第3火曜日に、「日経産業新聞」及び「日刊工業新聞」の JIS 発行の広告欄で、正誤票が発行された JIS 規格番号及び規格名称をお知らせいたします。

発行された正誤票をご希望の方は、下記(営業)へご連絡頂ければご送付いたします。

なお、当協会の JIS 子約者の方には、予約された部門で発行された正誤票は自動的に送付されます。

日本工業規格 炭素繊維強化プラスチックの 定価 824 円
引張クリープ試験方法 (本体 800 円)

平成 8 年 3 月 31 日 第 1 刷発行

編集兼 福 原 元 一
発行人

発 行 所

財団法人 日 本 規 格 協 会

〒107 東京都港区赤坂 4 丁目 1-24

電話 東京(03)3583-8071 (規格出版)

FAX 東京(03)3582-3372

電話 東京(03)3583-8002 (営 業)

FAX 東京(03)3583-0462

振替口座 00160-2-195146

札幌支部 〒060 札幌市中央区北 3 条西 3 丁目 1 札幌大同生命ビル内
電話 札幌(011)261-0045 FAX 札幌(011)221-4020
振替: 02760-7-4351

東北支部 〒900 仙台市青葉区本町 3 丁目 5-22 宮城県管工事会館内
電話 仙台(022)227-8336(代表) FAX 仙台(022)266-0905
振替: 02200-4-8166

名古屋支部 〒460 名古屋市中区栄 2 丁目 6-12 白川ビル内
電話 名古屋(052)221-8316(代表) FAX 名古屋(052)203-4806
振替: 00800-2-23283

関西支部 〒541 大阪市中央区本町 3 丁目 4-10 本町野村ビル内
電話 大阪(06)261-8086(代表) FAX 大阪(06)261-9114
振替: 00910-2-2636

広島支部 〒730 広島市中区基町 5-44 広島商工会議所ビル内
電話 広島(082)221-7023、7035、7036 FAX 広島(082)223-7568
振替: 01340-9-9479

四国支部 〒760 高松市寿町 2 丁目 2-10 住友生命高松寿町ビル内
電話 高松(0878)21-7851 FAX 高松(0878)21-3261
振替: 01680-2-3359

福岡支部 〒810 福岡市中央区渡辺通り 2 丁目 1-82 電気ビル第 3 別館内
電話 福岡(092)761-4226 FAX 福岡(092)761-7466
振替: 01790-5-21632

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Testing methods for tensile creep of carbon fibre reinforced plastics

JIS K 7087⁻¹⁹⁹⁶

Established 1996-03-01

Investigated by

Japanese Industrial Standards Committee

Published by

Japanese Standards Association

1-24, Akasaka 4-chome, Minato-ku

Tokyo, 107 JAPAN

Printed in Japan

定価 824 円 (本体 800 円)