

連続繊維補強材のクリープ特性に関する研究

名古屋工業大学 学生員 ○三田 一成
 名古屋工業大学 正 員 上原 匠
 名古屋工業大学 正 員 梅原 秀哲

1. はじめに

非磁性で錆びないという特徴を持った連続繊維補強材は、鉄筋に比べ強度が高く弾性係数が小さいという性質を有する。したがって、プレストレストコンクリートの緊張材としての利用が有効であるとされ、連続繊維補強材を用いたPC構造に関する研究が盛んに進められている。ところが、連続繊維補強材の材料特性の分野での研究においては、強度特性を調べるものは多くみられるものの、クリープ性状やリラクゼーション性状については、実験を行うのに専用の装置が必要で時間もかかるため、まだ十分な情報が得られていないのが現状である。そこで本研究では、市販されている各種の連続繊維補強材を対象としたクリープ試験を行うことによってクリープに関するデータの蓄積を図り、その特性を明らかにすることを目的としている。

2. 実験の概要

実験には図-1に示すような、自動水平調節機能を備えた1:50の重錘テコ式クリープ試験機を用い、恒温恒湿器により試験中の温度を20℃、湿度は60%一定に保っている。実験を行った試験片はφ8のビッチ系炭素繊維丸棒、φ5のPAN系炭素繊維棒材、φ6の組紐状アラミド繊維(ケブラー49)棒材、φ6のアラミド繊維(テクノーラ)棒材、φ6のガラス繊維棒材、φ6のビニロン繊維棒材の6種類で、図-2に示すとおり試験片の全長を97cmに統一しており、それぞれの試験片の概要は表-1に示すとおりである。クリープ試験における載荷荷重は各試験片の破断荷重の50%とし、試験片の表面に貼りつけたひずみゲージによって試験期間7日間のひずみの増分を計測した。ただし、連続繊維補強材を引張試験する場合、同じ繊維であっても試験長や定着方法の違いが破断荷重の大きさを左右することが予想されるため、載荷荷重を決定するときの基準となる破断荷重は、クリープ試験に用いるものと同じ形状の試験片で行った引張試験の実測値(各3本の平均)とした。また、除荷した後の試験片に対して引張試験を行い、持続荷重を受けた連続繊維補強材の強度低下の有無を調べた。

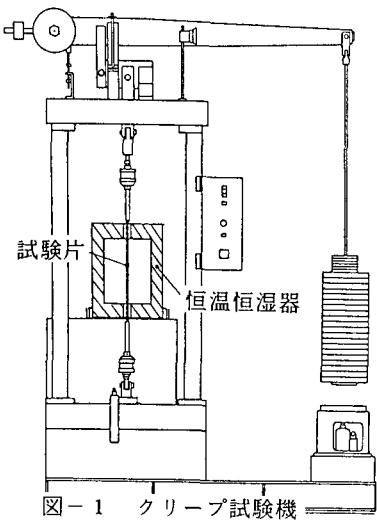


図-1 クリープ試験機

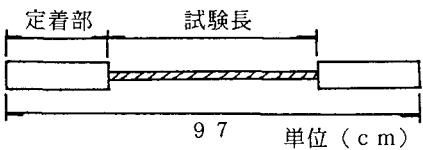


図-2 試験片の形状

3. 実験結果および考察

(1) クリープひずみ量

表-1 試験片の概要

	炭素繊維棒材		アラミド繊維棒材		ガラス繊維棒材	ビニロン繊維棒材
番号	C-1	C-2	A-1	A-2	G	V
形状	単純丸棒φ8	綾巻加工φ5	組紐状φ6	綾巻加工φ6	砥粒固着φ6	綾巻加工φ6
使用繊維	炭素(ビッチ系)	炭素(PAN系)	アラミド(ケブラー49)	アラミド(テクノーラ)	ガラス(E-ガラス)	高強度ビニロン
マトリックス	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	ビニルエステル樹脂	熱可塑性樹脂	エポキシ樹脂
破断荷重	9.29 ton	3.13 ton	3.67 ton	5.44 ton	2.39 ton	1.91 ton
破断ひずみ	1.2%	1.2%	2.4%	3.8%	2.0%	2.4%
試験長	56 cm	57 cm	67 cm	47 cm	47 cm	47 cm
定着部	くさび方式	膨張材充填	樹脂充填	樹脂充填	樹脂充填	樹脂充填

それぞれの連続繊維補強材の7日間のクリープひずみ量の変化を図-3に示す。載荷荷重が破断荷重の50%であるので、初期のひずみ量はおよそ表-1の破断ひずみの50%の値となる。炭素繊維(PAN系)補強材とガラス繊維補強材はほぼ同じ傾向のクリープひずみ量の変化を示し、7日間で約100 μ となる。一方、炭素繊維(ピッチ系)補強材は、ほとんどクリープ変形を示さない。組紐状のアラミド繊維(ケブラー49)補強材は7日間で約600 μ のクリープひずみ量を示すのに対し、アラミド繊維(テクノーラ)補強材は約750 μ となる。また、ビニロン繊維補強材は、7日間で約2200 μ のクリープひずみ量を示す。このように、素材繊維の種類と成形方法の違いによって、各連続繊維補強材のクリープひずみ量に差が生じている。これは、連続繊維補強材のクリープ変形が、結晶の転移等で説明される素材繊維自体のクリープ変形に加えて、それらの繊維を樹脂等で集束し複合材として成形するという加工の段階で付加された性質にも大きく影響されているためと考えられる。なお、各補強材のクリープひずみ量の経時変化の様子は、時間軸を対数表示することにより図-4に示すようにほぼ直線に近似することができる。したがって、この関係が長時間継続するものと仮定すれば表-2に示すように将来のクリープひずみ量の予測が可能となり、1000時間(6週)後で7日間のクリープひずみ量の1.15~1.25倍、1年(52週)後で1.3~1.6倍となる。

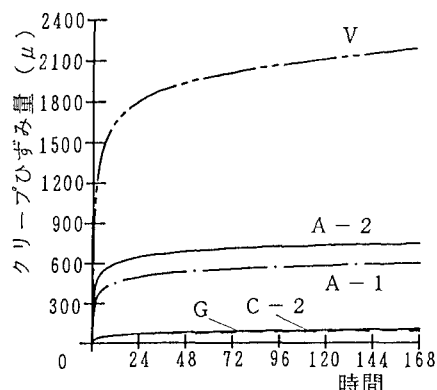


図-3 クリープ量と時間の関係
(時間-flat、ひずみ量-flat)

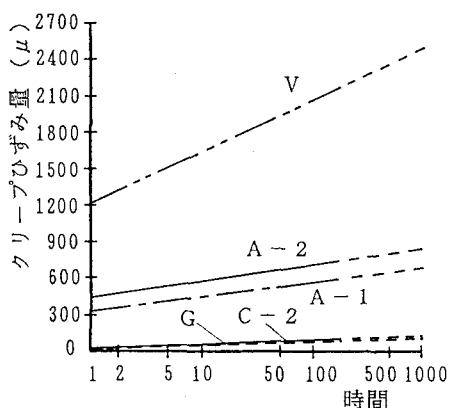


図-4 クリープ量と時間の関係
(時間-log、ひずみ量-flat)

(2) 持続荷重載荷後の強度保持率

持続荷重を載荷した後の試験片の強度保持率を表-3に示す。表よりアラミド繊維補強材とガラス繊維補強材は強度保持率が

ほぼ100%で、7日間の持続荷重載荷で

は強度の低下はないものと思われる。

しかし、炭素繊維補強材においては、

PAN系・ピッチ系ともに85%程度の

強度保持率となり、また、破断箇所が

定着部付近に集中するという特徴が現

れた。この結果に関しては試験本数が

少ないため補強材の強度のばらつきまでを考慮した評価は難しいが、炭素繊維補強材は他の繊維補強材と比べて、持続荷重載荷による局所的な破壊が進展しやすいと考えることもできる。

4. まとめ

今回行った各種連続繊維補強材のクリープ試験により、以下のことが確認された。

(1) 6種類の連続繊維補強材に対して温度20℃、湿度60%の統一された条件のもとで載荷荷重を破断荷重の50%とする7日間のクリープ試験を実施した結果、炭素繊維(ピッチ系)補強材はほとんどクリープ変形を示さず、また、炭素繊維(PAN系)補強材とガラス繊維補強材は100 μ 程度、アラミド繊維補強材は600~750 μ 、ビニロン繊維補強材は約2200 μ のクリープひずみ量を示すことが明らかとなった。

(2) アラミド繊維補強材とガラス繊維補強材においては、載荷荷重を破断荷重の50%とした7日間の持続荷重載荷では強度低下が現れなかったものの、炭素繊維補強材では15%程度の強度低下が認められた。

表-2 長期クリープひずみ量の推定値

番号	C-1	C-2	A-1	A-2	G	V
1000時間後(μ)	0	115	700	861	133	2505
1年後(μ)	0	142	818	988	168	2909

表-3 持続荷重載荷後の破断荷重および強度保持率

番号	C-1	C-2	A-1	A-2	G	V
破断荷重 (ton)	7.94	2.68	3.61	5.24	2.53	1.69
強度保持率 (%)	85.5	85.6	98.2	96.3	105.9	95.2