

三軸圧縮拘束下のモルタルのクリープ特性

広島大学 正会員 米倉 亜州夫
 広島大学 学生員 角 広幸

広島大学 学生員 周 平
 広島大学 学生員 森本 英樹

1. はじめに

これまでに、CFRP パイプ内にモルタルを打設し、内部モルタルのみに一軸圧縮強度以上のプレストレスを軸方向に導入した梁の曲げ特性は、靱性に富み、曲げ耐力が著しく向上することが明らかになっている¹⁾。しかし、この研究においては、導入されたプレストレスが非常に大きい場合、内部モルタルのクリープ変形による PC 鋼棒の応力減少が短期間で生じ、内部の三軸拘束状態の変化が著しい。そこで本研究では、CFRP パイプで拘束されたモルタルの短期間のクリープ特性とその後の内部モルタルの強度及び細孔に関する検討を行った。

2. 実験概要

2.1. 使用材料および供試体

CFRP パイプは、外径 5.8cm、厚さ 3.0mm、長さ 20.0cm である。使用した CFRP パイプの炭素繊維の積層方法は、パイプの軸方向と繊維方向のなす角度が $\pm 10^\circ$ および 90° の 2 方向で巻かれており、内側から $\pm 10^\circ$ (1.00mm) $\rightarrow 90^\circ$ (0.50mm) の順に交互に 4 層積層している。供試体は、CFRP パイプにモルタルを充填したもので、セメントは早強ポルトランドセメントを使用し、載荷開始材齢は、材齢 7 日とした。また、表-1 に示すように内部モルタルの圧縮強度は 6 種類とし、 20°C 、 $95 \pm 5\% \text{RH}$ の環境にて養生した。クリープ試験の載荷応力強度比は、同一材齢の $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の円柱供試体の圧縮強度を基準とした。

2.2. 実験方法

(1) クリープ試験

測定項目は、ロードセルによる載荷荷重、CFRP パイプに貼付した 2 軸歪みゲージによるパイプの軸方向および円周方向ひずみ、変位計によるモルタルの軸方向変形を測定した。載荷は図-1 に示すように上端、下端ともに十分剛な支持板を介してモルタル断面のみに荷重が加えられるように考慮した。

(2) クリープ試験後の圧縮強度試験

クリープ試験後、CFRP パイプを切断して内部のモルタルを取り出し圧縮強度試験を行い、クリープ試験用供試体と同時に作成した $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体も同じ材齢で圧縮試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1. パイプとモルタルとの合成部材としてのクリープひずみ

図-2 に応力強度比が 0.3, 1.0, 2.0 でのクリープ試験の結果を示す。高応力強度比ほど大きなクリープひずみが生じており、F470-2 では、内部のモルタルは塑性域に達しているためクリープひずみは応力強度比 0.3 の場合の 20 倍以上で非常に大きい。クリープ破壊は生じておらず、それによるひび割れは確認されなかった。

表-1 供試体一覧

Specimen	$\phi 5 \times 10 \text{cm}$	
	圧縮強度 σ_c (kgf/cm^2)	弾性係数 E_c (kgf/cm^2)
F250-1	226	1.44×10^5
F250-2	266	1.54×10^5
F350-03	363	2.29×10^5
F350-1	348	2.22×10^5
F350-2	364	1.96×10^5
F470-03	478	2.26×10^5
F470-1	474	2.23×10^5
F470-2	472	2.31×10^5
F600-1	603	2.58×10^5
F300-2-1	304	1.95×10^5
S500-1	517	2.19×10^5

ex.)

F

F:CFRP Pipe

S:Steel Pipe

250

圧縮強度

03

応力強度比

03:0.2~0.3

1:0.8~1.0

2:1.5~2.0

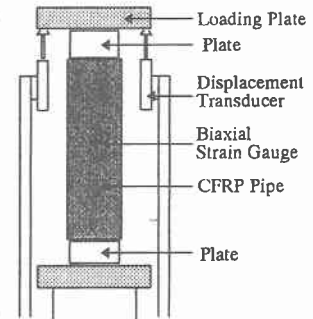


図-1 載荷方法

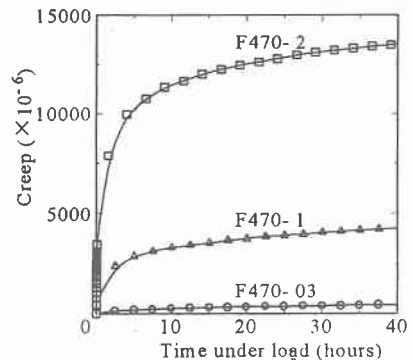


図-2 応力強度比とクリープの関係

3.2. 高応力履歴を受けた後のクリープ

三軸拘束 PC 部材の開発において、パイプ軸方向に導入するプレストレスが内部コンクリートの一軸圧縮強度以上の場合、急激なクリープ変形を生じるということは大きな問題である。図-3は、応力強度比 2.0 で 20 時間クリープ試験した後、除荷し再び応力強度比 1.0 でクリープ試験を行った F300-2-1 と応力強度比 1.0 でクリープ試験を行った各強度の供試体の合成部材としてのクリープひずみの比較である。これより、明らかに再載荷によるクリープひずみは非常に小さいことが明らかで、三軸拘束 PC 部材の開発において多大なクリープひずみを生じさせないためにこのような再緊張は有効な手段だと考えられる。

3.3. 単位クリープ

本研究ではモルタルのみを載荷しているが、内部のモルタルが半径方向に拡がり、モルタルがパイプに押しつけられる状態となるため、両者間に付着が生じ、それによって応力が伝達される。このため CFRP パイプが応力を分担することになり、内部モルタルの応力は減少する。そこで、減少した応力を考慮して単位クリープ求め、図-3 と同様な供試体について単位クリープを示したの図-4 である。これより、低強度のものほど単位クリープは大きく、一軸圧縮強度程度の応力強度比では、低強度のものほど大きいクリープひずみが生じているのが分かる。

3.4. クリープ試験後の内部モルタルの圧縮強度

図-5 はクリープ試験後に内部モルタルの圧縮強度試験を行ったものと、同時に作成した $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体の圧縮強度を比較し、その増加率と未載荷の供試体の圧縮強度との関係を示したものである。供試体の圧縮強度が低いほどクリープ試験後のモルタルの強度増加率は大きく、高強度になるにしたがって強度増加率が減少している。また、F350-1 とクリープ試験をしていない供試体の細孔径分布の測定を行った結果、前者が 0.077cc/g 、後者が 0.099cc/g である。これから、クリープ試験によって内部空隙がつぶされ緻密になり、圧縮強度が増加したと考えられる。

4. まとめ

(1) CFRP パイプで横拘束されたモルタルのクリープは、応力

強度比が 1.0 を越えた場合、非常に大きい、クリープ破壊はみられない。また、再載荷を行うことによりクリープひずみは小さくなる。

(2) 単位クリープは応力強度比がおおよそ 1.0 では、内部モルタルの強度が低いものほど大きい。

(3) クリープ試験後の内部モルタルの圧縮強度試験の結果、クリープ試験を行っていない場合より圧縮強度は増加してしており、低強度ものほど増加率は大きく 300kgf/cm^2 の場合、約 1.4 倍にもなる。

【参考文献】 1) 米倉亜州夫・田澤栄一他：三軸方向に圧縮拘束を受ける PC 梁の曲げ特性，セメント・コンクリート論文集，No48，pp.618-623，(1994)

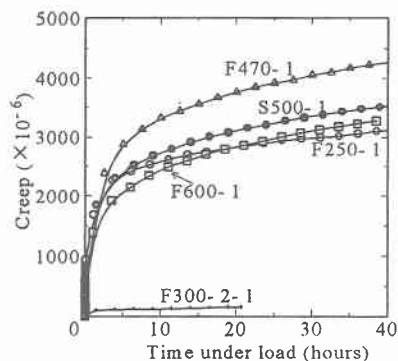


図-3 応力強度比 1 での各強度のクリープ

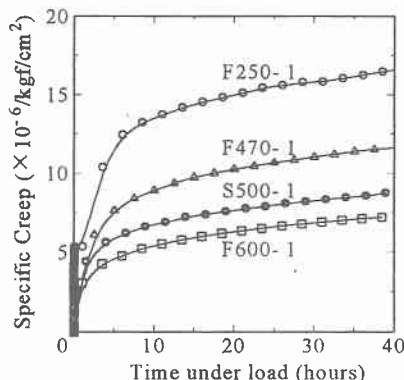


図-4 各強度での単位クリープの比較

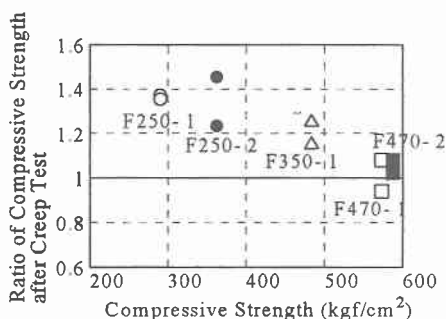


図-5 クリープ試験前後の圧縮強度増加率