

若材齢高強度コンクリートの引張クリープ

広島工業大学大学院	学生会員	○伊丹 俊郎
広島工業大学工学部	フェロー	米倉 亜州夫
広島工業大学工学部	正会員	伊藤 秀敏
土木技術コンサルタント	正会員	横関 英雄

1. まえがき

コンクリート部材のひび割れは、外力及び乾燥、自己収縮による自己応力さらには、セメントの水和熱等による温度応力がコンクリートの引張強度以上に達すると発生する。これらの要因によって生じる応力は、引張クリープの影響を受けることになる。また、自己収縮や水和熱による応力は、若材齢時に発生する場合が極めて多いが、研究例は比較的少ない。そこで、本研究ではコンクリートの若材齢時における高強度コンクリートの引張クリープと収縮特性を検討することを目的としたものである。

2. 実験概要

1) 使用材料と配合

セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³，比表面積：3270cm²/g）を使用した。細骨材は砕砂（密度：2.60 g/cm³，吸水率：1.69%，FM3.13）を，粗骨材は碎石（最大寸法：20mm，密度：2.70g/cm³，吸水率：0.58%）を使用した。高性能減水剤は，ポリカルボン酸塩系のものを用いた。本研究で用いたコンクリートの配合の概要及びコンクリートの割裂強度を表1に示す。

2) 引張クリープ試験方法

引張クリープ試験に用いた供試体は、図1に示すように10×10×35cmの角柱供試体である。供試体のひずみの経時変化を測定するため、供試体中央中心部に埋め込みゲージ，表面にはコンタクトチップを取り付けた。引張クリープ試験装置は、図2に示すようにこ式（てこ比1:15）のものを用いた。載荷供試体は引張クリープ試験装置に接続するためにそれぞれの載荷端部に4本ボルトを埋め込んだ。供試体の環境条件は表2に示す通りである。載荷開始材齢は材齢1日及び3日とし、載荷期間を10日間及び14日間とした。なお、引張クリープひずみは載荷供試体の全ひずみより無載荷供試体のひずみを差し引いた重ね合わせの原理より算出した。

3. 実験結果と考察

図3及び図4はW/C=25%で、それぞれ載荷開始材齢1日及び3日の単位引張クリープの経時変化を示したものである。これらの図より、重ね合わせの原理で求めた単位引張クリープはいずれの場合においても乾燥条件が最も大きく、次いで、封緘、水中の

表1 コンクリートの配合及び強度

W/C (%)	C (kg)	環境条件	試験項目	割裂強度(N/mm ²)	
			引張クリープ	材齢1日	材齢3日
25	680	乾燥	○	2.39	3.81
		封緘	○		4.33
		水中	○		5.34
50	340	乾燥	○	1.26	1.87
		封緘	○		1.88
		水中	○		1.89

表2 供試体の環境条件

試験条件	摘要
乾燥	温度20℃、湿度50%、無処理
封緘	温度20℃、供試体前面にアルミホイルを張り養生
水中	水温20℃、水中において養生

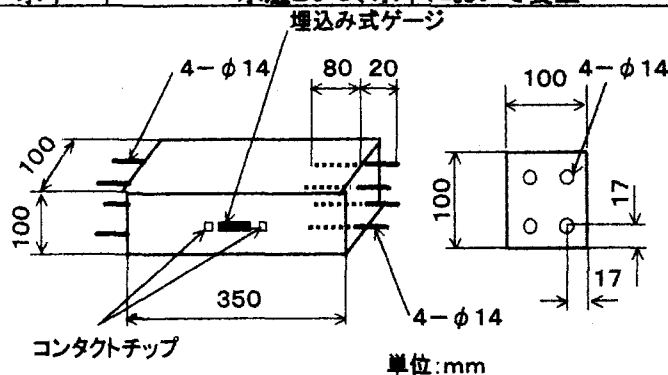


図1 引張クリープ試験供試体

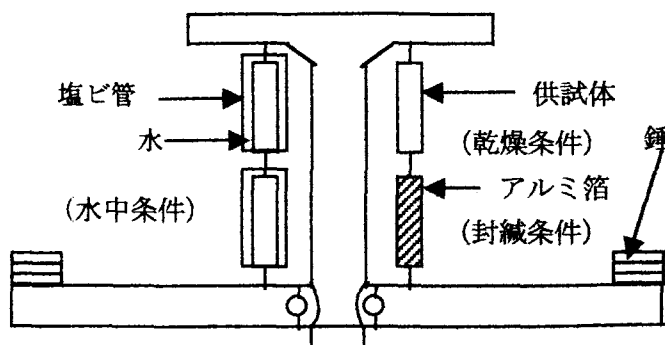


図2 引張クリープ試験装置

順に小さくなっている。これは、環境条件の相違がクリープ挙動に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。この理由として、乾燥環境では水和による自己乾燥と乾燥環境によるコンクリート内部からの水の逸散が加算されているものと考えられる。一方封緘環境では外部への水の逸散がないため水和による自己乾燥のみと考えることができる。また水中環境では外部より水分供給はあるが高強度コンクリートは密実であるため内部への水分の浸透が困難であるため自己収縮のみが起きると考えられる。したがって、各環境下において生じる毛細管張力による応力に差があると考ええる。しかし、重ね合わせの原理により求めた単位引張クリープは、毛細管張力による応力を考慮しておらず、載荷応力のみで計算しているため各環境下で単位引張クリープに差が生じたものと考えられる。そこで毛細管張力による応力を考慮した単位引張クリープは式(1)が成立するものと考えられる。

$$\varepsilon_{sp} = \frac{\varepsilon_c - (\varepsilon_{ce} + \varepsilon_{cp})}{\text{載荷応力} + \text{毛細管張力による応力}} \quad \dots(1)$$

ε_{sp} : 単位引張クリープ ($\times 10^{-6}/(\text{N}/\text{mm}^2)$)

ε_c : 全載荷ひずみ ($\times 10^{-6}$)

ε_{cp} : 毛細管張力によって生じる弾性変形

ε_{ce} : 載荷による弾性変形

図5は、載荷後240時間の単位引張クリープを載荷開始材齢について示したものである。この図より、載荷開始材齢が大きくなることによって乾燥環境では単位引張クリープが若干増大する傾向を示すが、水中環境ではほとんど変化が見られなかった。乾燥環境下での引張クリープは毛細管張力による応力の影響を受けるものと考えられる。すなわち乾燥環境下では、材齢増に伴う水和生成物の骨格構造の緻密化ならびに形成された毛細管内の水の不連続性が進行し、他の環境条件下より大きく毛細管張力による応力が載荷力に加算されたためと考えられる。

図6は W/C=25%、載荷開始材齢3日で、応力強度比0.3及び0.5のときの単位引張クリープについて示したものである。この図より、各環境下で応力強度比が大きくなるにつれて単位引張クリープも増大する傾向になった。これは載荷力が大きくなることによって供試体内部に微細なひび割れが生じること、あるいは載荷応力が大きくなることによって水和物の細孔構造が変形することにより発生する毛細管張力が異なることも考えられるが、このことについては細孔径分布等を測定し、検討する必要がある。

4. 結論

- (1) 単位引張クリープは、応力強度比0.5, 0.3の時、乾燥状態が大きな値を示した。これは毛細管張力による応力で生じるクリープひずみの増大があるのにこの応力を無視して計算しているためと考えられる。
- (2) 単位引張クリープは、各環境下で応力強度比が大きくなるにつれて増加する値を示した。これは載荷することにより水和物の細孔構造が変形し、毛細管張力による応力が増大したためと考えられる。

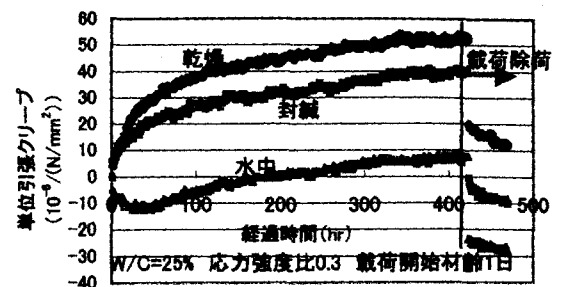


図3 引張クリープ試験結果

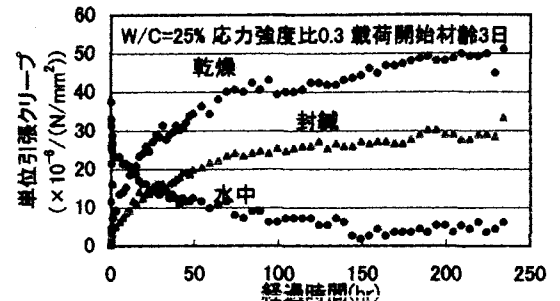


図4 引張クリープ試験結果

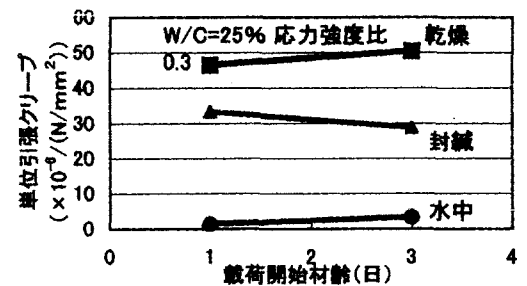


図5 載荷後240時間の単位引張クリープ
載荷開始材齢による単位引張クリープ比較

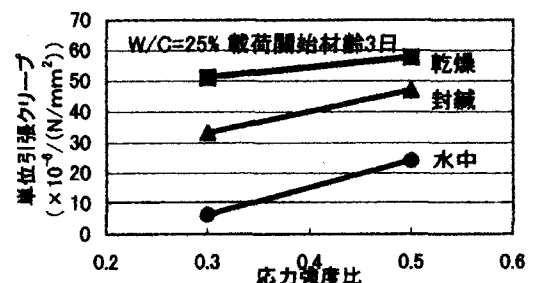


図6 載荷後240時間の単位引張クリープ
応力強度比による単位引張クリープ比較