

高強度膨張コンクリートの若材齢引張クリープ

広島工業大学大学院 学生会員 ○平上 修史
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
株式会社安部工業所 正会員 伊丹 俊郎

1. まえがき

近年、高強度コンクリートは構造物への利用領域が多様化されてきており強度だけでなく、高耐久性についても期待は大きくなってきている。しかし、低水セメント比の高強度コンクリートは単位セメント量が多いため、自己収縮や水和熱による応力が過大となりやすく、コンクリート構造物にひび割れが発生する場合がある。また、ひび割れの抑制対策は近年益々重要な課題となってきたが、コンクリートの収縮を補償し、コンクリートにケミカルプレストレスを導入することができる膨張コンクリートへの期待が高まりつつある。本研究では、膨張材を混入する事により上記のひび割れ発生を緩和する引張クリープ特性を実験的に検討した。

2. 実験概要

1) 使用材料と配合

本研究で使用したコンクリートの配合を表-1に示す。検討したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを使用し、混和材料を用いないもの（以下 NC）、これに膨張材を使用したもの（以下 NE）の2種類である。セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm³、比表面積：3270cm²/g）、膨張材は石灰系のもの（密度：3.14 g/cm³）を使用した。細骨材は砕砂（密度：2.68g/cm³、吸水率：1.76%、FM3.13）を、粗骨材は碎石（密度：2.66g/cm³、吸水率：0.98%、粗骨材最大寸法：20mm）を使用した。高性能 AE 減水剤は、ポリカルボン酸塩系のものを用いた。コンクリートのスランプフロー値は50±5cmを目標とした。

表-1 コンクリートの配合

配合記号	W/B	s/a	単位量 (kg/m ³)				
	(%)	(%)	W	C	EX	S	G
NC	30	49.2	175	583	0	800	832
NE	30	49.1	175	543	40	798	832

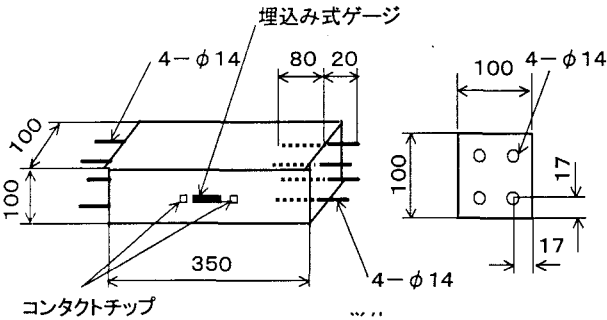


図-1 引張クリープ供試体

2) 引張クリープ試験方法

引張クリープ試験で用いた供試体を図-1に示す。各供試体のひずみの経時変化を測定するため、供試体中央図心部に埋め込み式ゲージを配置し、変化量の測定を行った。引張クリープ試験装置は、図-2に示すようなてこ式（てこ比 1:15）のものを用いた。試験環境は表-2に示す。応力強度比は0.3、試験開始材齢は1日として、载荷は11日間行った。なお、試験開始材齢まではいずれの供試体も室温 20℃の室内でビニールシートで覆いをして、脱枠までのコンクリートの変形が拘束されないように型枠の側面と底面にテフロンシートを配置した。

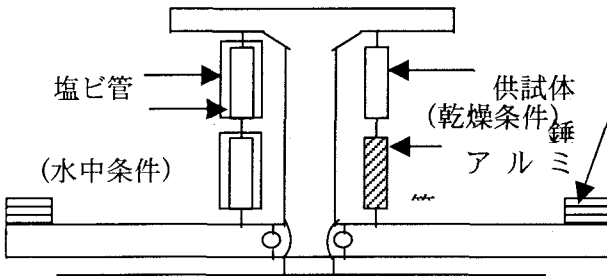


図-2 引張クリープ試験装置

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
封蔵	温度20℃ 供試体全面にアルミニウムを張り養生
水中	水温20℃ 水中において養生

3. 試験結果及び考察

図-3は、載荷後11日の無載荷供試体の全収縮ひずみ・自己収縮ひずみ・乾燥収縮ひずみを示したものである。この図より乾燥収縮ひずみはNEとNCに大きな差が見られなかったことからNEの特徴は自己収縮の他に膨張材による膨張ひずみが重ね合わされ、自己収縮が見かけ上小さくなったと考えられる。

図-4は載荷供試体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単位クリープを算出した水結合材比30%のNC及びNEの各環境下における応力強度比0.3の単位引張クリープを示したものである。この図より単位クリープは、乾燥条件下で値が最も大きく封緘・水中環境下は乾燥に比べ小さくなっていることがわかる。これは、載荷引張応力以外に毛細管張力による応力が実際は作用しているにも関わらず、この応力を無視して単位クリープを算出しているためと思われる。重ね合わせの原理より算出したNEとNCの単位引張クリープは、いずれの環境下であってもNEの場合がNCと比較して約2倍大きくなった。この理由として、NEとNCの載荷供試体のひずみの差を ε_{EX1} 、無載荷供試体の差を ε_{EX2} とした場合、図-5から $\varepsilon_{EX1} > \varepsilon_{EX2}$ となっていることがわかる。これは載荷と無載荷で膨張材の混入によって生じるひずみ変化量が異なることを示し、従来の重ね合わせ則は成立しないと考えられる。

図-6はNCとNEの引張クリープ試験終了時の細孔径分布の測定結果を示したものである。この図よりNC、NEともに無載荷供試体に比べ載荷供試体の細孔直径 $0.01\mu\text{m}$ 付近で細孔容積が増大する傾向を示した。これは載荷によりCSHゲル構造にマイクロクラックの発生があったものと思われる。

図-7より無載荷供試体のNEの細孔容積がNCより大きくなっているのに対し、載荷供試体の場合は逆に小さくなっていることがわかる。これは膨張材を混入することでセメントペーストの組織がNCのそれより粗大化し空隙が多くなるためであると考えられる。持続引張応力では骨材とセメントペーストとの界面に圧縮のケミカルプレストレスが生じていたため引張応力を打ち消し、その分マイクロクラックの発生が少なかったものと思われる。膨張材を混入したコンクリートはケミカルプレストレスの導入によりひび割れの発生に抵抗する能力は向上するが、同時に粗大な細孔を形成することで持続引張応力の影響によりクリープ変形も大きくなる。この両者の兼ね合いによって載荷と無載荷の膨張ひずみの大きさが異なると思われる。

4. 結論

- 1) 膨張コンクリートの単位引張クリープは普通コンクリートと比較して約2倍程度大きかった。
- 2) 膨張材の混入によって見掛け上自己収縮が大きく低減された。

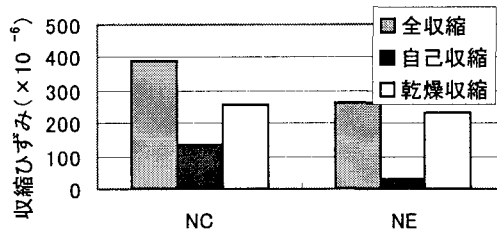


図-3 載荷後13日における全収縮、自己収縮、乾燥収縮

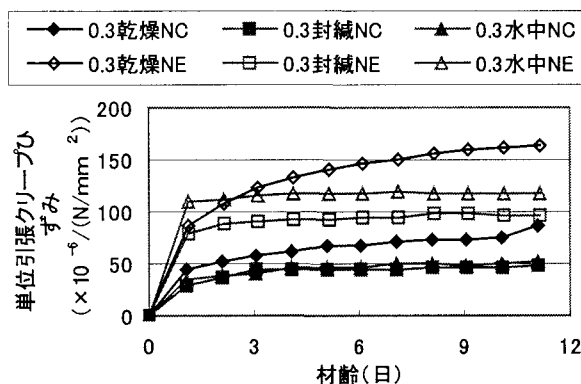


図-4 単位引張クリープひずみ

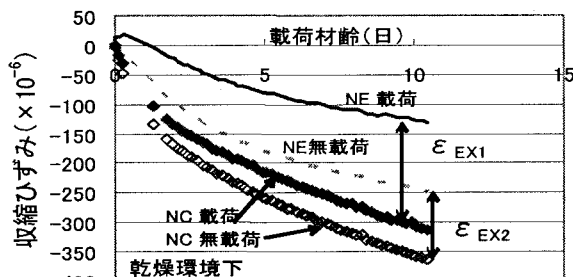


図-5 NE及びNC乾燥環境下におけるひずみ

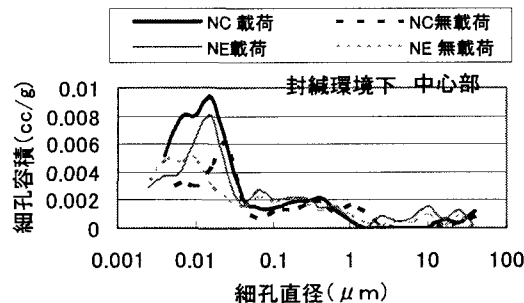


図-6 NE及びNCの細孔径分布

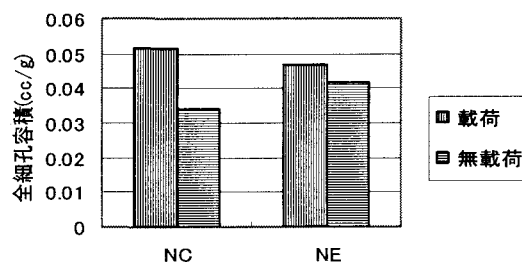


図-7 NC及びNEの全細孔容積