

コンクリートの引張クリープに関する一研究

鳥取大学大学院 学生会員○満田 恭輝 清水建設（株）正会員 熊野 知司
鳥取大学 正会員 黒田 保 鳥取大学 正会員 井上 正一
大阪産業大学 正会員 西林 新蔵

1. はじめに

コンクリートの引張クリープは、ひび割れ発生照査においては応力緩和機構として作用する重要な材料物性値である。しかしながら、多くの研究成果が存在し、例えば、土木学会式のような予測式として体系化が図られている圧縮クリープに対して、引張クリープは、十分な研究がなされておらず、圧縮と引張のクリープ特性は等しいとする Davis-Granville の法則を適用しているのが現状である。しかし、若材齢コンクリートでは、Davis-Granville の法則に従わず引張クリープは圧縮クリープよりも小さいことが報告されている。そこで、コンクリートの引張クリープの基本的な特性を明らかにすることを目的に引張クリープ試験を行った。さらに、今後、汎用的な引張クリープ予測手法を開発するためには微視的メカニズムを検討する必要があることから、ここでは持続引張応力を受けたコンクリートの微細構造を観察した結果について報告する。

2 実験概要

載荷応力、載荷時材齢、水セメント比（W/C）を実験要因に選んで、引張クリープ試験を行った。載荷応力は0.45、0.8、1.2、1.6N/mm²の4水準、載荷時材齢は3、7、28、180日の4水準、水セメント比は0.3、0.4、0.5、0.6の4水準とした。本実験に使用したコンクリートの示方配合は、表-1に示すとおりである。クリープ試験は恒温

表-1 コンクリートの示方配合

Gmax (cm)	スラン P (cm)	air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(ml)	
					W	C	S	G	AE 減 水剤	AE 剤
20	8±1	4.5±1	40	43	165	412	756	1011	103	329.6
			50	44.5	157	314	821	1041	78.5	125.6
			60	46	163	272	868	1025	68.0	108.8

室内（20℃、R.H.
95%）で、レバー重
錘式試験装置を用いて
行った。供試体（10×
10×40 cmの角柱供試
体）は接着剤で載荷
板に固定し、その載荷
板を直接引張ることに

よって供試体に引張力を導入した。なお、湿度の影響を避けるため、所定の材齢まで水中養生を行った後、直ちに、アルミ粘着テープを供試体に巻き付けた。ひずみの計測は、所定の材齢においてホイットモア型ひずみ計で行った。また、JCIの細孔径分布測定法に従って、細孔径分布の測定も行った。

3 試験結果および考察

図-1に、載荷時材齢を3日とした供試体の載荷後28日における引張クリープひずみと載荷応力/強度比の関係を示す。図より、載荷応力/強度比0.19～0.63の範囲では、載荷応力/強度比0.52以降でクリープひずみが急増しており、載荷応力と引張クリープひずみとの間に厳密には線形関係は成立しないことが確認された。

図-2に載荷時材齢別に引張クリープひずみと載荷期間との関係を示す。図より、載荷時材齢が大きいほ

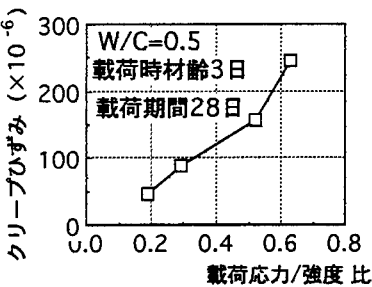


図-1 載荷応力/強度比と引張クリープひずみとの関係

ど引張クリープひずみは小さいことがわかる。これは、材齢の経過に伴い水和が進行し、載荷時材齢が大きくなると、コンクリートの微細構造が緻密になって、強度が大きくなるためと考えられる。

図-3 に、各 W/C のコンクリートの引張クリープひずみと載荷期間との関係を示す。一般に、W/C が大きい方が、クリープひずみは大きいといわれているが、図より、W/C=0.5 の供試体の引張クリープひずみが、W/C=0.6 の引張クリープひずみより大きく、既往の研究結果に反した結果となった。これは、W/C=0.6 の供試体の方が、W/C=0.5 の供試体より打込み温度が 5.5℃ 高かったため、若材齢時の水和が進み、微細構造が緻密となって、相対的に引張クリープひずみが小さくなったものと考えられる。

メカニズムに立脚した引張クリープ予測手法を開発するためには、まず、引張持続応力がコンクリートの微細構造にどのように物理的な影響を与えるのかを観察する必要があると考え、水銀圧入式ポロシメータによって空隙構造の変化を測定した。

図-4 に、細孔直径分布測定結果の一例を示す。図より、引張応力を導入したコンクリートの細孔直径分布は、引張持続応力の影響を受け、無載荷のコンクリートより細孔容積が増加している。この傾向は、特に、0.1~5 μm の領域の細孔直径で顕著に現れており、載荷応力が大きくなるのに伴い、細孔容積は増加することがわかる。この細孔容積の増加は、毛細管空隙を起点とした微細ひび割れの発生および進展によるものと考えられる。

そこで持続引張力の影響が最も顕著に現れる 0.1~5 μm の領域の細孔直径に着目し、引張持続応力による 0.1~5 μm の領域の細孔容積の増分と引張クリープひずみとの関係を図-5 に示した。図より、0.1~5 μm の領域の細孔容積の増分が大きくなるのに伴い、引張クリープひずみは大きくなることがわかる。このことより、細孔容積の増加（微細ひび割れの進展）が引張クリープの重要なメカニズムの 1 つになっていることが伺える。

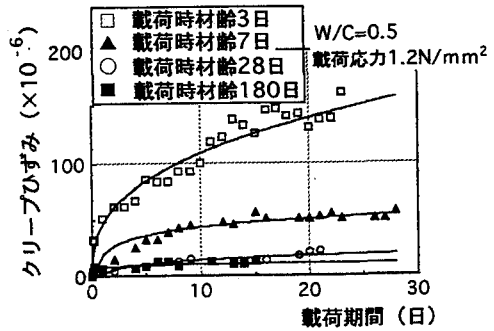


図-2 引張クリープひずみと載荷期間との関係

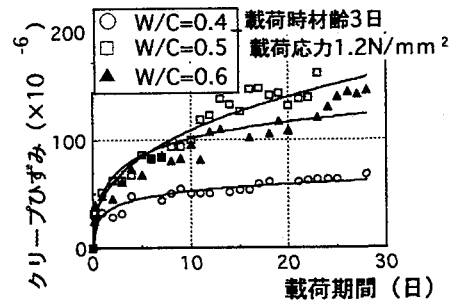


図-3 引張クリープひずみと載荷期間との関係

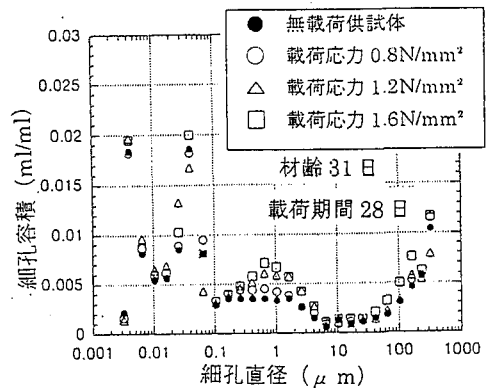


図-4 細孔直径分布の測定例

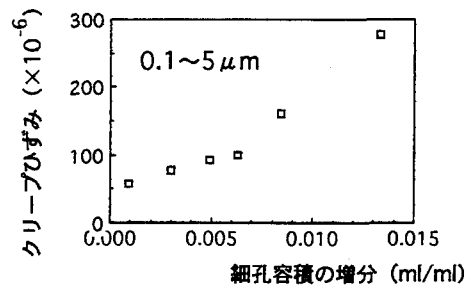


図-5 細孔容積の増分と引張クリープひずみとの関係