

高強度コンクリートの引張クリープに関する研究

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 井上 正一 鳥取大学 正会員 黒田 保

鳥取大学 正会員 吉野 公

1. はじめに

近年、高軸力を負担する部材、合成構造、プレストレスト部材などに高強度コンクリートが適用されている。これらの設計では、内部応力や変形量の算定、所定のプレストレスを確保するために、高強度コンクリートのクリープや収縮を正確に予測し、設計に反映させることが重要となる。そこで、本研究では、高強度コンクリートの引張クリープ機構を含めた基本特性を把握するためにコンクリート中の微細構造の変化を観察し、引張クリープひずみとコンクリート中の微細構造の変化を中心に検討した結果について報告する。

2. 実験概要

水セメント比（以下 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水準と

表-1 コンクリートの配合表

G _{max} (cm)	スランブ (フロー) (cm)	air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 C×%	fc' ₂₈ (N/mm ²)
					W	C	S	G		
20	60±5	2.5	25	40	170	680	630	950	1.5 ^{#)}	76.7
			35	46	170	486	796	950	0.9 ^{#)}	68.2
			45	49	170	378	892	950	0.7 ^{#)}	51.0
	8±1	4.5	50	44.5	157	314	821	1041	0.25 ^{##)}	44.4

fc'₂₈ : 材齢 31 日(W/C=0.25 は 21 日)における圧縮強度,#) : 高性能 AE 減水剤, ##) : AE 減水剤

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。クリープ試験はレバー重錘式試験機を用いて恒温室(20℃, R.H.95%)で行った。供試体(10×10×40cm の角柱供試体)は接着剤で載荷盤に固定し、その載荷盤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、含水量の影響を避けるために所定の材齢まで水中養生を行った後直ちにアルミテープを供試体に巻きつけた。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、細孔径分布の測定は水銀圧入法で行った。

3. 実験結果および考察

図-1 に、W/C=0.5、載荷時材齢を3日で一定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以降で引張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線形関係が成立しないことが確認された。

図-2 に各 W/C のコンクリートの引張クリープひずみ載荷期間との関係を示す。図より W/C=0.25, 0.35 の引張クリープひずみがほぼ等しく、特に載荷初期においては W/C=0.25 が W/C=0.35 より大きくなっている。これは、W/C が大きいほど引張クリープひずみも大きくなるという既往の研究に反する結果となった。この原因は後で考察する。

図-3 に、細孔直径分布の測定結果の一例を示す。図より、

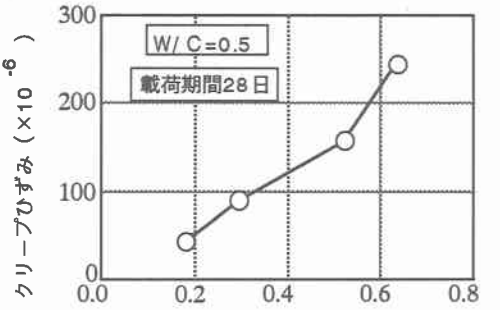


図-1 引張クリープひずみと載荷応力/強度比の関係

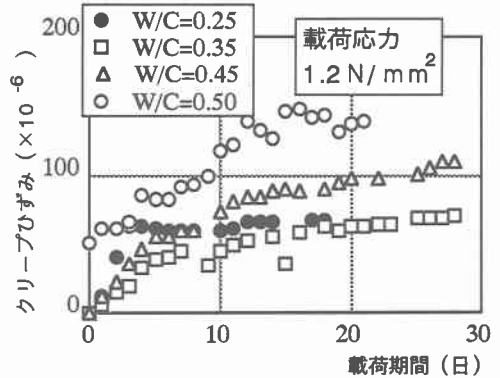


図-2 引張クリープひずみと載荷期間の関係

引張応力を導入したコンクリートの細孔直径分布は、引張応力の影響を受け、無載荷供試体より細孔容積が増加している。この傾向は、特に、細孔直径 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域で顕著に現れており、載荷応力が大きくなるに伴い、細孔容積も増加することがわかる。一般に $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の細孔直径は骨材周りの遷移帯に多く存在する毛細管空隙で、微細ひび割れの発生源と考えられること¹⁾、引張クリープ試験において、載荷応力比を増加させると AE カウント数が増加し、微細ひび割れの発生が多くなるとする報告²⁾等を考え合わせると、この領域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。

図-4 に $W/C=0.35$ の細孔直径分布の測定結果を示す。図より、 $W/C=0.5$ と同様に細孔直径 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域において載荷供試体が無載荷供試体より細孔容積が増加する傾向にあるが、 $W/C=0.5$ と比較するとその差は小さくなっている。

そこで、持続引張応力の影響が最も顕著に現れる $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔直径に着目し、持続引張応力による $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔容積の増分と引張クリープひずみの関係を図-5 に示す。図より、 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔容積の増分が大きくなるに伴い、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つになっていると判断される。

ここで、引張クリープは $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔容積と密接な関係があるとする図-2 において $W/C=0.25$ の引張クリープひずみが、 $W/C=0.35$ の引張クリープひずみより大きくなった理由として以下のことが考えられる。

図-6 に $W/C=0.5, 0.35, 0.25$ の載荷開始時(材齢3日)の細孔直径分布を示す。図より、引張クリープと関係があると考えられる $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔容積は $W/C=0.25$ が $W/C=0.35$ より多く、潜在的に微細ひび割れの発生源と考えられる毛細管空隙が多いことを示している。このことが、載荷初期に $W/C=0.25$ の引張クリープひずみが、 $W/C=0.35$ の引張クリープひずみより大きくなった原因であると考えられる。

まとめ

本研究から高強度コンクリートにおいても $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の領域の細孔容積と引張クリープひずみの間には高い相関があることがわかった。

参考文献

- 1) 内川浩：セメントペーストと骨材の界面の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響、コンクリート工学, Vol.33, pp5-17, 1995
- 2) 田中敏継ほか：コンクリートの引張クリープ機構に関する一考察, 土木学会第42回年次学術講演会概要集IV, pp.358-359, 1987

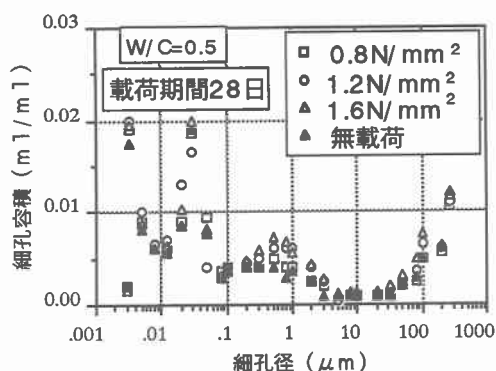


図-3 細孔直径分布測定結果

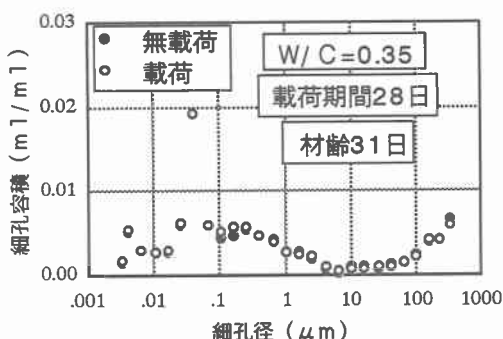


図-4 細孔直径分布測定結果

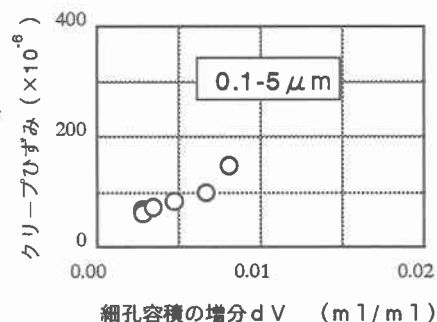


図-5 細孔容積の増分と引張クリープひずみの関係

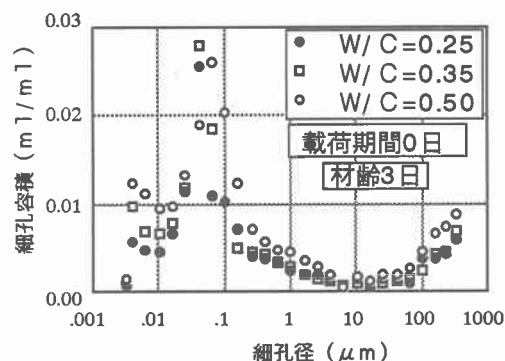


図-6 細孔直径分布測定結果