

超高強度コンクリートの若材齢時力学特性の実験的検討

広島大学大学院	学生会員	○尼丁将太
(株) ピーエス三菱	正会員	鈴木雅博
名古屋大学大学院	正会員	丸山一平
広島大学大学院	フェロー会員	佐藤良一

1. 背景・目的

近年、構造物の高層化や長スパン化、部材の軽量化や断面縮小等の目的のため、超高強度コンクリートの開発が行なわれている。超高強度コンクリートは、水結合材比を小さく、混和材としてシリカフュームを利用することで緻密な構造を有し、耐久性に優れる。しかし、超高強度コンクリートは、大きな自己収縮が生じるために、それに起因する鉄筋コンクリートの耐力低下やひび割れによる耐久性の低下が問題となっている⁽¹⁾。したがって、高強度コンクリートのひび割れを検討する際には、自己収縮による拘束応力の影響を考慮する必要がある。また、クリープにより拘束応力が緩和されることから、精度の高い拘束応力の推定には、クリープによる応力緩和の影響が顕著な若材齢時のクリープ特性の把握が必要となる。

そこで本研究では、超高強度コンクリートの強度特性、自己収縮特性及び若材齢時に注目した圧縮クリープ特性を実験的に検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントには、低熱ポルトランドセメント(密度 3.22g/cm^3 , 比表面積 $3540\text{cm}^2/\text{g}$, C_3S 30.2%, C_2S 49.2%, C_3A 4.0%, C_4AF 9.2%)の重量の 10.6%をシリカフューム(密度 2.23g/cm^3 , 比表面積 $18.6\text{m}^2/\text{g}$)にあらかじめ置換したプレミックス材(記号 SFLC, 密度 3.08g/cm^3 , 比表面積 $6330\text{cm}^2/\text{g}$)を使用した。細骨材には、山梨県大月産の砕砂(表乾密度 2.62g/cm^3 , 吸水率 2.53%, 粗粒率 2.53, 実績率 54%), 粗骨材には、岩手県盛岡産の碎石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.94g/cm^3 , 吸水率 0.38%, 粗粒率 6.19, 実績率 59.9%)を使用した。

2.2 配合

配合を Table.1 に示す。SFLC は低熱ポルトランドセメントベースのシリカフュームプレミックスセメント、SP は高性能減水剤、D は空気量調整剤を示す。

なお、単位水量 W には、高性能減水剤と空気量調整剤を加えた量を示す。

Table.1 配合

W/B	単位量 (kg/m^3)				SP/SFLC	D/SFLC
	SFLC	W	S	G		
0.15	1033	155	451	931	0.025	0.00002

2.3 実験方法

Table.1 の配合で計 5 回作製したコンクリートをそれぞれシリーズ 1~5 と名づけ、シリーズごとに圧縮・割裂引張強度試験、クリープ試験、自己収縮試験、鉄筋拘束試験を行った。すべての供試体は、温度 20°C 、湿度 60%の恒温・恒湿室にて、封緘養生とした。クリープ試験は、若材齢のコンクリートを載荷するため新規開発の横置き型クリープ試験機 (Fig.1 に変位量測定方法を示す) を用い、圧縮強度をパラメータとし、目標圧縮強度 15, 30, 50, 100N/mm^2 に設定し、計測期間は、載荷より 7 日間とした。供試体の寸法は $200 \times 200 \times 890\text{mm}$ とし、測定区間長を 600mm とした。

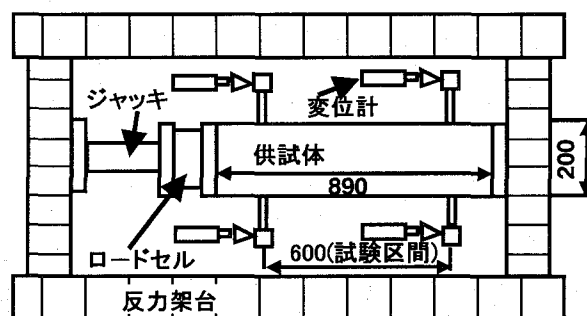


Fig.1 変形量測定方法(クリープ試験)

3. 実験結果及び考察

圧縮試験結果を Fig.1, 自己収縮試験結果を Fig.2, 鉄筋拘束試験結果を Fig.3, クリープ試験によって求めたクリープ係数を Fig.4, 修正 MC90 法を用いたクリープの評価における B_H , $\phi_0 - E_c(t)/E_{c,28}$ 関係を Fig.5 に示す。

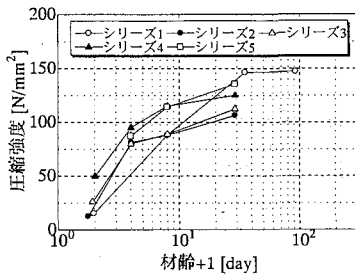


Fig.1 圧縮強度履歴

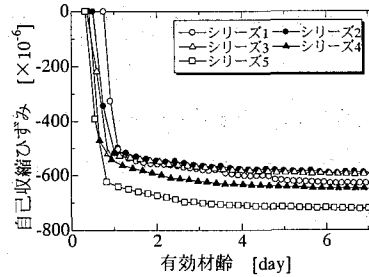


Fig.2 自己収縮ひずみ

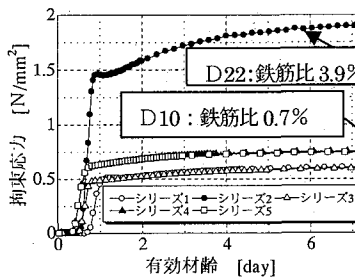


Fig.3 鉄筋拘束試験による拘束応力

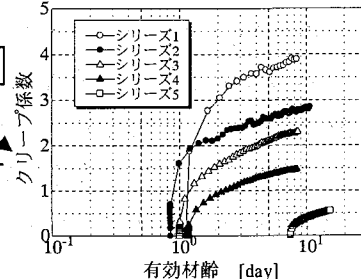


Fig.4 クリープ係数

～ $E_c(t_0)/E_{c,28}$ により算出する修正 MC90 法を用いたクリープの評価～

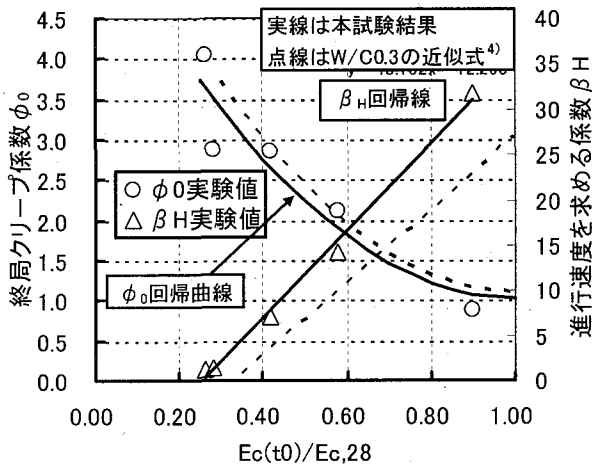


Fig.5 β_H , ϕ_0 - $E_c(t_0)/E_{c,28}$ 関係

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \left(\frac{(t - t_0)/t_1}{\beta_H + (t - t_0)/t_1} \right)^{0.3} \dots (*)$$

ここで、 $\phi(t, t_0)$: クリープ係数
 ϕ_0 : クリープ係数の終局値
 β_H : クリープ進行速度を表す係数
 t : 有効材齢[日]
 t_1 : 1日
 t_0 : 荷重時有効材齢[日]

$$\phi_0 = 4.81(E_c(t_0)/E_{c,28} - 1)^2 + 1.03$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < E_c(t_0)/E_{c,28} < 0.255 \\ \beta_H = 0.000001 \\ 0.255 < E_c(t_0)/E_{c,28} \\ \beta_H = 48.132(E_c(t_0)/E_{c,28} - 0.255) - 0.01 \end{array} \right.$$

(1) 強度特性

Fig.1 に示すように、圧縮強度履歴にばらつきはみられたが、材齢 28 日で圧縮強度 100N/mm²を越えていることから、超高強度コンクリートの圧縮強度を確保できた。

(2) クリープ特性

若材齢時超高強度コンクリートのクリープひずみ計測に成功し、求めたクリープ係数(Fig.4)より、クリープ関数を提案し、(Fig.5)より、若材齢時超高強度コンクリートのクリープの終局値は、水結合材比 0.3 としたシリカフェームを使用しない高強度コンクリートと比較した場合、同等のものとなるが、クリープの進行は早くなることがわかった。

(3) 収縮特性

Fig.2 より、実部材を仮定した供試体に生じる有効材齢 7 日での自己収縮ひずみは、600～700 μ 程度であった。

Fig.3 に示すように、鉄筋により自己収縮が拘束され、鉄筋比が 0.7%、3.9%の超高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリートには、それぞれ 0.6～0.75、1.90N/mm²程度の拘束応力が発生する。

4. 結論

対象とした超高強度コンクリートの若材齢時の強度特性、収縮特性を把握できた。また新規開発の横置き型クリープ試験機により、若材齢時クリープ特性を把握することができた。しかし本研究では、計 5 回の同配合のコンクリートを対象としているが、Fig.1 に示すように、コンクリートの圧縮強度発現にばらつきが生じており、今後精度よくクリープ特性を把握するには、安定したコンクリートを対象とする必要があるため、材料の温度管理や実験の回数を積み重ねることによるクリープデータの蓄積が重要となる。そして、把握したクリープ特性を用いて拘束応力の予測を行い、鉄筋拘束試験で得た実測値と比較検討し、クリープ特性の照査を行い、予測精度の向上を図る必要がある。

【参考文献】

- (1) (社) 日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書, pp.81, 1996 年