

載荷材齢 7 日における FA コンクリートの引張クリープ特性

呉工業高等専門学校 学生会員 ○山田 浩司

呉工業高等専門学校 正会員 三村 陽一

呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至

1. はじめに

コンクリートの初期ひび割れを制御・抑制する方法は多くある。それらを効率的に行うためには、初期ひび割れ発生の可能性を事前に予測することが重要である。ヤング係数は、計測や解析から得られるひずみを応力に換算する際に必要となり、応力算定の精度に直接関与するものである。一般的にヤング係数は、クリープなどの非弾性ひずみによる応力緩和を考慮するため、有効ヤング係数を用いるのが一般的である。

石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ（以下、FA）は、初期ひび割れ対策として使用される。FA をコンクリートに添加することで、セメントの水和熱を抑制できるため、初期ひび割れ抑制の効果を有する。しかしながら、若材齢期における FA コンクリートのクリープに関する報告が少なく、検討が充分でない。

そこで本研究では、普通コンクリートおよび FA コンクリートを用いて、材齢 7 日を載荷材齢としたクリープ実験を実施し、クリープ特性について検討した。

2. 実験方法

本研究における普通コンクリートおよび FA コンクリートの配合を、表-1 に示す。本研究では、図-1 に示すドッグボーン供試体および載荷装置を用いて、クリープ実験を行った。室温が一定（20℃）となっている養生室内において、2 体のドッグボーン供試体を用いて、一方は一定荷重を持続的に載荷し、もう一方は無載荷とし、普通コンクリートおよび FA コンクリートにおいて実験を行った。なお、水中で実験を行ったのは、乾燥収縮などの影響を取り除くためであり、もう 1 体のドッグボーン供試体は無載荷としたのは、載荷以外の要因で生じるひずみ（無載荷ひずみ）を得るためである。Davis-Granville の法則によると、コンクリートの持続応力が強度の 1/3 程度以内であれば、クリープひずみは載荷応力に比例する。そのため、本研究では載荷応力を割裂引張強度の 30% と設定し、普通コンクリートでは 0.990N/mm^2 、FA コンクリートでは 0.701N/mm^2 の荷重を載荷した。載荷開始材齢は 7 日とし、14 日間載荷を行った。載荷開始後は、データロガーによってひずみ、供試体温度、水温および室温を、1 時間ごとに自動測定した。

表-1 コンクリート配合

			普通	FA
水結合材比 (W/B)			57.2%	57.2%
FA 置換率(内割置換)			0%	20%
単位量	水 W	上水道水	169	170
	セメント C	OPC	295	236
	フライアッシュ FA	JIS II 種相当品	0	59
	細骨材 S	砕砂	894	904
	粗骨材 G1	砕石 2015	575	575
	粗骨材 G2	砕石 1505	385	385
	混和剤 Ad1	AE 減水剤	4.13	3.30
	混和剤 Ad2	AE 助剤	0	0.17

(単位量 : kg/m^3)

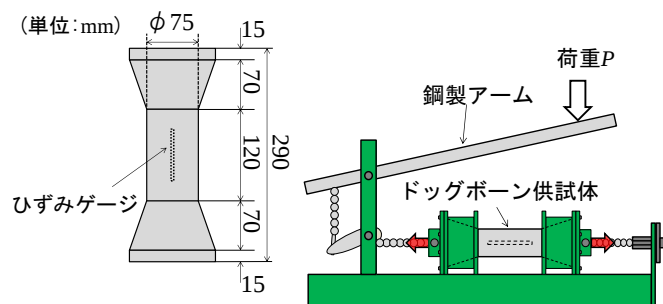


図-1 ドッグボーン供試体寸法および載荷装置

キーワード 若材齢、クリープ、フライアッシュ、応力緩和、引張

連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南 2 丁目 2 番 11 号 呉工業高等専門学校 TEL:0823-73-8476

3. 結果と考察

クリープ実験によって得られた全ひずみを、図-2 に示す。図-2 に示すように、3 日程度までは、普通コンクリートの全ひずみが FA コンクリートの全ひずみより大きかったが、3 日以降では同様の挙動となった。14 日で除荷を行った後の全ひずみは、普通コンクリートではあまりひずみ変化がなかったのに対し、FA コンクリートでは除荷後 7 日間で 8×10^{-6} の全ひずみが減少した。図-3 に、クリープひずみを示す。なお、全ひずみから载荷時弾性ひずみ、無载荷ひずみ、温度ひずみを差し引くことで、クリープひずみを求めた。図-3 に示すように、普通コンクリートと FA コンクリートともに時間の経過とともにクリープひずみは増加し、3 日程度までは普通コンクリートの方がクリープひずみの増大量は大きかったものの、3 日以降のクリープ挙動は同様であった。

図-3 に示すクリープひずみより求めた単位クリープ(クリープひずみ/载荷応力)を図-4 に示す。図-4 に示すように、FA コンクリートの方が普通コンクリートに対し、载荷を終了した経過日数 14 日段階で、約 1.3 倍の差が生じた。これは、若材齢期における FA コンクリート内でのポゾラン反応が緩慢であったことが一因として挙げられる。

本研究では実験により得られた単位クリープを用いて、式(1) および式(2)により、応力残留率の試算を行った。なお、試算を行う時間ステップ Δt を、クリープ実験にあわせて 1 時間とした。

$$\Delta\sigma_n = \varepsilon_{spn} \times \sigma_{n-1} \times E_n \quad \text{式(1)}$$

$$\sigma_n = \sigma_{n-1} - \Delta\sigma_n \quad \text{式(2)}$$

ここに、 $\Delta\sigma_n$: Δt 間で変化した応力、 ε_{spn} : Δt 間で変化した単位クリープ、 E_n : 経過時間 n におけるヤング係数、 $\Delta\sigma_n$: 経過時間 n における応力を表す。

载荷時の応力 σ_0 を 100%としたときの応力残留率を、図-5 に示す。なお、 σ_0 はクリープ実験の载荷応力とした。図-5 に示すように、载荷直後は普通コンクリートよりも、FA コンクリートの方が応力残留率は高かった。しかしながら、载荷を終了した 14 日段階では、普通コンクリートで応力が初期载荷応力の 28%に、FA コンクリートでは 21%となり、FA コンクリートの方が応力残留率は小さくなった。このことから、FA を混和することで、水和熱抑制による応力減少を図れるとともに、応力緩和による応力減少を期待できる可能性がある。

4. まとめ

本研究で得られた知見を、以下に要約する。

- 1) 14 日载荷終了時における FA コンクリートの単位クリープは、普通コンクリートの約 1.3 倍であった。
- 2) 14 日载荷終了時点で、普通コンクリートの応力残留率は初期载荷応力の 28%で、FA コンクリートの応力残留率は 21%であった。

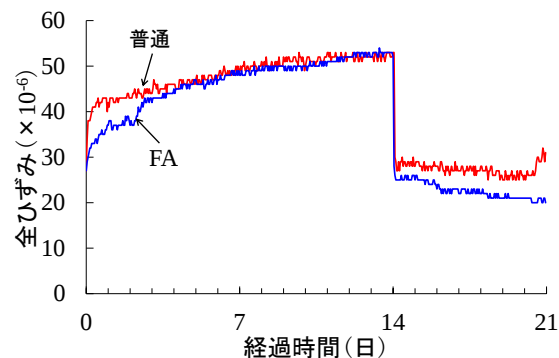


図-2 全ひずみの経時変化

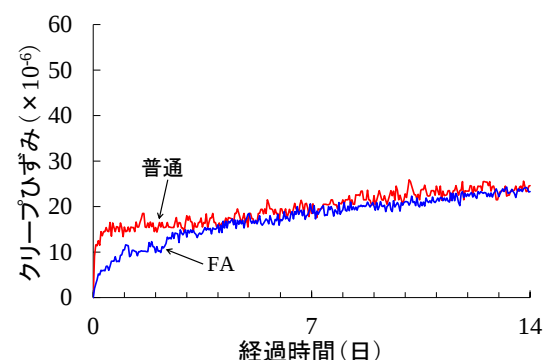


図-3 クリープひずみの経時変化

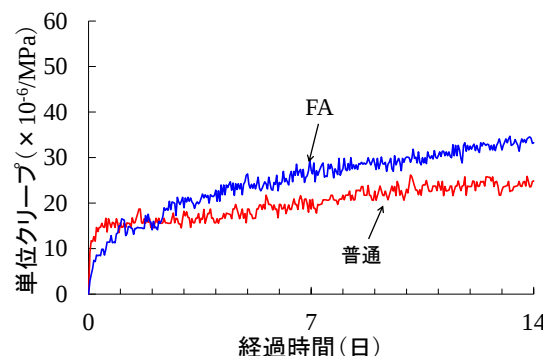


図-4 単位クリープの経時変化

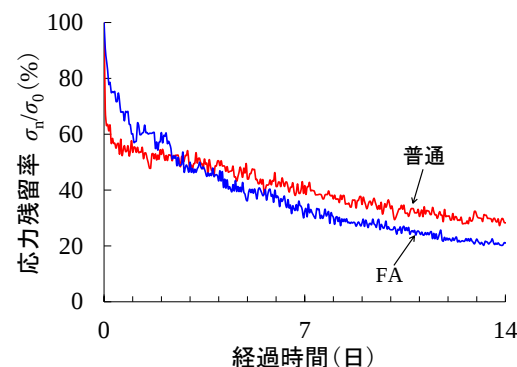


図-5 応力残留率(σ_n / σ_0)