

コンクリートの引張クリープに及ぼす温度の影響

鳥取大学大学院○学生会員 金子 登志夫 ビー・エス（株） 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 吉野 公 鳥取大学 正会員 黒田 保

1. はじめに

コンクリートの引張クリープに及ぼす温度の影響を明らかにするため、およびコンクリート構造物の温度ひび割れ低減に資するデータを得るために、引張クリープ試験を実施した。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。実験水準は載荷中の温度を20、40、60℃の3水準とし、載荷時材齢を3、28日の2水準とする。引張クリープ試験に用いる供試体は、10×10×50 (cm)の角柱供試体とし、1実験要因につき3本製作した。引張クリープ用角柱供試体については、載荷日の前日に水中から引き上げた後、供試体端面を除く全面にアルミ粘着テープを巻き、載荷の24時間以上前までに接着剤を使用して供試体を載荷盤に接着した。クリープ試験装置には、レバー重錘式試験機を用いた。一枚が約20Kgの分銅を用いて試験機の所定の位置に載荷し、予定の分銅をすべて載荷し終わった時点からコンクリート供試体にガラス製マントルヒーターを巻き付け、供試体が所定の温度になるようにコンクリート供試体温度制御装置により供試体の温度を制御した。なお、載荷盤からの放熱を防ぐため載荷盤のまわりに断熱材を取り付けた。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を用いて行った。

3 結果と考察

図-1に載荷時材齢3日で引張クリープ試験を行った結果を示す。引張クリープひずみは、載荷中の温度を20℃とした場合に最も小さく、載荷中の温度が40℃、60℃と高くなる程大きくなっている。載荷時材齢28日についても同様の結果を得た。このように、載荷中の温度が高くなるにしたがって引張クリープひずみは励起すると考えられる。これは、載荷中の温度が高くなると、セメントペースト中の間隙水の粘性が低下することが影響しているためと考えられる。

図-2に載荷中の温度60℃で引張クリープ試験を行った場合の引張クリープひずみと載荷期間との関係を示す。載荷時材齢を28日とした供試体の引張クリープひずみの方が載荷時材齢を3日とした供試体のそれより小さくなっている。また、載荷中の温度を20℃及び40℃とした場合についても同様の結果を得た。これは、材齢が経過するのに従ってセ

表-1 実験計画

ケース No.	W/C (%)	載荷時材齢 (日)	載荷応力 (N/mm ²)	載荷応力/強度比	載荷中の温度 (℃)	載荷期間 (日)
1	50	3	1.2	0.52	20	0, 7, 28
2	50	3	1.2	0.62	40	
3	50	3	1.2	0.56	60	
4	50	28	1.2	0.39	20	
5	50	28	1.2	0.35	40	
6	50	28	1.2	0.37	60	

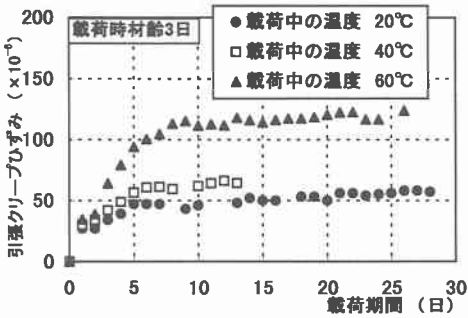


図-1 引張クリープひずみと載荷期間の関係

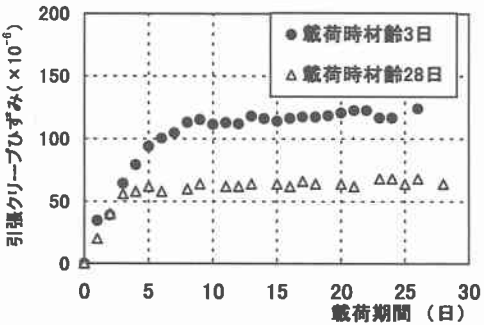


図-2 引張クリープひずみと載荷期間の関係 (載荷中の温度60℃)

メントの水和が進み、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、載荷時材齢が大きい供試体ほど引張クリープひずみが小さくなったものと考えられる。

温度ひび割れ照査において、現行の圧縮クリープをもとにした予測式を用いた有効弾性係数法により応力解析を行うのが一般的である。その場合クリープ係数が必要となる。本研究では、クリープ係数として CEB-90による式(1)を用いて引張クリープひずみを算出し、それとクリープひずみの実測値との比較、検討を行った。

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t - t_0) E_c(t_0) / E_c(28) \quad (1)$$

ここで、 ϕ_0 : 見かけのクリープ係数

$\beta_c(t - t_0)$: 載荷後の時間経過に伴うクリープの進行度を表す係数

$E_c(t_0)$, $E_c(28)$: t_0 日, 28日における弾性係数

一例として図-3に、載荷時材齢を3日, 28日とし、載荷中の温度を60℃として引張クリープ試験を行った供試体の引張クリープひずみの実測値と式(1)から算出された計算値とを比較して示す。載荷時材齢3日, 28日ともに計算値は実測値より小さい値を示しており、式(1)より算出した計算値は実測値と一致しないことが分かる。

次に載荷中の温度の影響を活性化エネルギーを変化させて求めた式(2)による修正等価水和期間(t_{eq})を用いて評価することを試みた。

$$t_{eq} = \sum \left\{ \exp \left[\frac{\Delta U}{R} \left(\frac{1}{273+20} - \frac{1}{273+T} \right) \right] \right\} \Delta t \quad (2)$$

ここで、 R : 気体定数(8.315J/k)

ΔU : 温度による活性化エネルギー変化量(J/mol)

Δt : 載荷期間(日), T : Δt 間における平均温度(℃)

図-4より、載荷時材齢28日の供試体において、式(2)の $\Delta U/R$ を6000, 8000, 10000と変化させた時、 $\Delta U/R=10000$ とした場合にすべての載荷中の温度で引張クリープひずみは、ほぼ一致した。このことにより修正等価水和期間を用いれば載荷中の温度の影響を評価できる可能性があると考えられる。

4. まとめ

引張クリープひずみに及ぼす載荷中の温度、載荷時材齢の影響は、それらに見合った活性化エネルギーを求めることにより、修正等価水和期間を用いて評価できる可能性があると推察される。しかし、本研究の範囲内では、活性化エネルギーの定量的意味については十分解明できなかった。この点については今後の検討課題としたい。

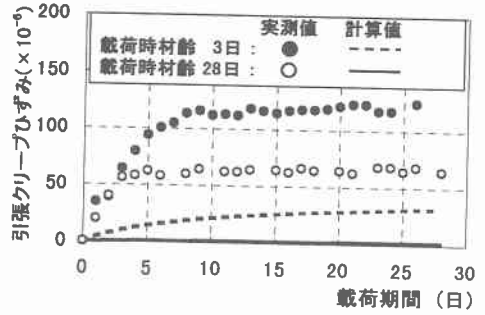


図-3 実測値と計算値の比較

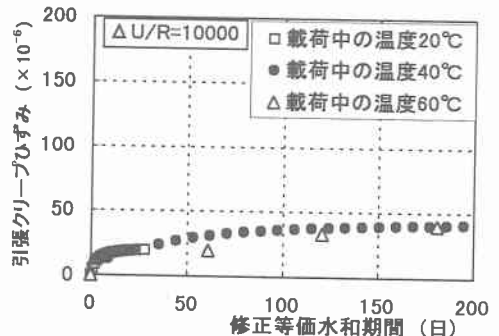
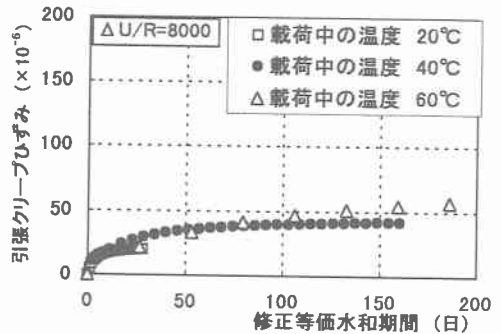
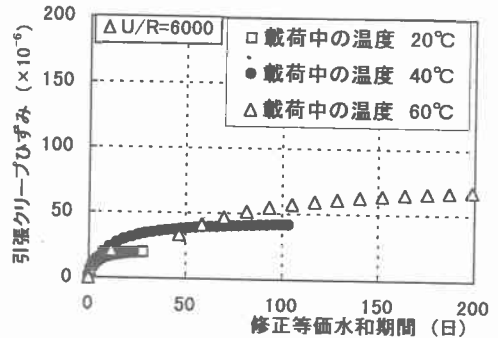


図-4 載荷中の温度の影響 (載荷時材齢28日)