

宇都宮大学工学部 学生会員 川崎靖幸

宇都宮大学工学部 学生会員 楊 楊

宇都宮大学工学部 正会員 佐藤良一

1. はじめに

高強度コンクリートのクリープ係数は、普通コンクリートより硬化体が緻密であるため小さいとされているが、データも極めて少なく定量的な評価はほとんどなされていない。高強度コンクリートの場合、特に若材齢においては自己収縮の増加が大きい事が認められており、そのため鉄筋等により拘束応力が生じる。このため通常設計で考慮する材齢に加えて、載荷時材齢として若材齢も含めたクリープ特性を知る必要がある。

そこで、 $f'c=1000\text{kgf/cm}^2$ クラスの高強度コンクリートを対象として載荷時材齢を4種類変えたクリープ実験を行い、併せて自己収縮ひずみを測定した。宮澤ら[1]は、実測値に基づいて、CEB-FIP Model Code1990[2]（以下MC90）のクリープ予測式の改良を試みたが、本研究でも同様の方法で、改良に検討を加えた。

2. 実験概要

使用したコンクリートの配合および使用材料を表-1, 2に示す。

クリープ実験には図-1に示す実験装置を用いた。供試体は断面 $20\times 25\text{cm}$ 、長さ 30cm のものをシールし、ひずみの計測は埋込みゲージにより行った。また、気温の制御は特に行わず、熱電対によりコンクリート温度を計測し、次式により有効材齢を算出し、これを用いて整理した。

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_0} \right] \quad (1)$$

ただし、 t ：有効材齢、 $T(\Delta t_i)$ ：温度($^{\circ}\text{C}$)、 $T_0: 1^{\circ}\text{C}$

Δt_i ：温度が $T(\Delta t_i)$ である期間の日数

載荷時有効材齢は、0.44日、0.85日、1.74日、11.7日と変化させ、載荷時圧縮強度の20%の圧縮応力を導入した。

w/c (%)	s/a (%)	単位量	kg	m ³	Flow (cm)
25	46	W	540	60	766
		C	60	766	940
		SF	13.20	52X53	

表-1 コンクリートの配合

使用材料	仕様
セメント	早強ポルトランドセメント 比重: 3.14 比表面積: $4420\text{cm}^2/\text{g}$
シリカフェウム	比重: 2.2 比表面積: $20\text{m}^2/\text{g}$, SiO ₂ : 91%
細骨材	鬼怒川産川砂 (安山岩) F.M.: 2.69 比重: 2.61
粗骨材	鬼怒川産砕石 (安山岩) F.M.: 6.68 比重: 2.63
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系とポリマーの複合体 (レオピルトSP-8HE)

表-2 使用材料

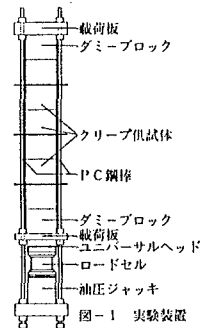


図-1 実験装置

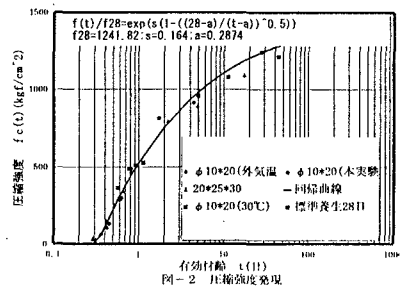


図-2 圧縮強度発現

3. 結果および考察

圧縮強度発現式および弾性係数発現式を $\phi 10\times 20$ 供試体での実測データを自己収縮委員会報告書[2]で提案された式に当てはめて求めた。その結果を図-2, 3に示す。

クリープの予測式の一般的なものとしてMC90があり次式で示される。

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \times \left\{ \frac{(t - t_0)/t_1}{\beta_H + (t - t_0)/t_1} \right\}^{0.3} \quad (2)$$

ただし、 ϕ_0 ：終局クリープ係数、 t_1 ：1日、 β_H ：クリープの進行速度を決める係数

$\phi(t, t_0)$ ：有効材齢 t_0 日で載荷された有効材齢 t 日におけるクリープ係数

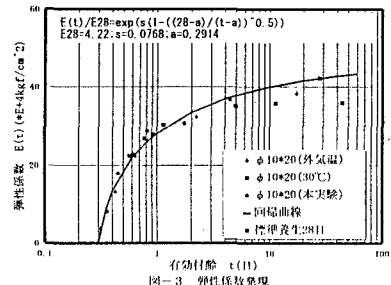


図-3 弾性係数発現

MC90では β_H は荷重時材齢によらず一定としているが宮澤らは終局クリープ係数 ϕ_0 、クリープの進行速度を決める係数 β_H を荷重時材齢 t_0 の関数とすることでクリープ係数を良く近似できているとしている。また、自己収縮委員会報告書では標準養生28日圧縮強度に対する荷重時の圧縮強度の比 f_0/f_{28} および標準養生28日弾性係数に対する荷重時の弾性係数の比 E_0/E_{28} と ϕ_0 、 β_H の関係を提案している。図-2, 3に示した圧縮強度発現式、弾性係数発現式を代入することで ϕ_0 - t_0 、 β_H - t_0 関係を得ることができる。

本実験の実測データを宮澤らの ϕ_0 - t_0 、 β_H - t_0 関係、および自己収縮委員会報告書で提案された ϕ_0 - f_0/f_{28} 、 β_H - f_0/f_{28} 関係および ϕ_0 - E_0/E_{28} 、 β_H - E_0/E_{28} 関係に代入した。宮澤らの提案では、 ϕ_0 - t_0 関係で t_0 が0に近い領域において矛盾が生じた。(図-4参照) また、自己収縮委員会報告書の提案では、圧縮強度比、弾性係数比について共に同じ傾向を示しており、 t_0 が0.85日以後はクリープ係数の実測値と計算値が良く一致しているものの0.44日についてクリープ係数が過大になっている。(図-10参照)

そこで、本実験の実測データを基に提案された関係の回帰曲線を求めた。得られた回帰曲線から t_0 に対する ϕ_0 、 β_H を求め、式(2)よりクリープ係数を計算した。宮澤らが提案した関係、弾性係数比と ϕ_0 、 β_H の関係および本実験データを使った回帰曲線を図-4, 5, 6, 7, に、これらを基に計算したクリープ係数を図-8, 9, 10, 11, に示す。宮澤らが提案した関係の本実験の回帰曲線を基に求めたクリープ係数は、若材齢において計算値のクリープの進行が遅れている。そこで、 β_H を放物線で近似した。 β_H - t_0 関係を図-12に、これより求めたクリープ係数を図-13に示した。

4. 終わりに

本実験の範囲では β_H を t_0 について放物線で近似する事により若材齢で荷重したものに関しては実測値と計算値は一致させる事ができた。これは若材齢で荷重した場合、クリープの進行が急速に進むためだと思われるが、荷重時材齢が遅くなると β_H は急激に増加しクリープの進行速度が遅くなる可能性がある。したがって、若材齢で荷重した場合はクリープの進行速度について別個に考える必要があると思われる。その点について今後、実験を行い検証したい。

参考文献

[1]宮澤伸吾、大谷 博、今本啓一、佐藤良一

超高強度コンクリートの若材齢におけるクリープ特性

第51回土木学会年次学術講演会講演概要集第5部、pp578-579, 1996

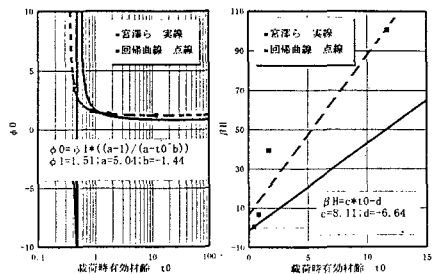


図-4 荷重時有効材齢と ϕ_0 の関係

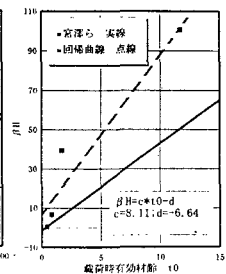


図-5 荷重時有効材齢と β_H の関係

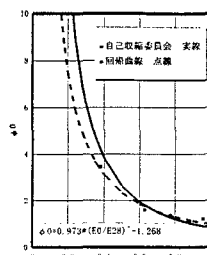


図-6 弾性係数比と ϕ_0 の関係

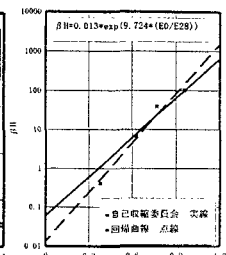


図-7 弾性係数比と β_H の関係

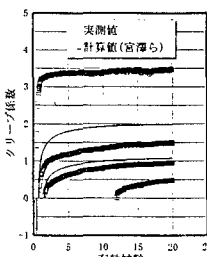


図-8 クリープ係数の実測値と計算値の経時変化

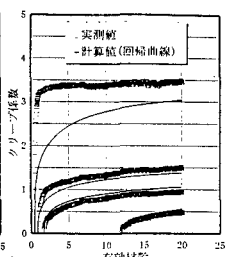


図-9 クリープ係数の実測値と計算値の経時変化

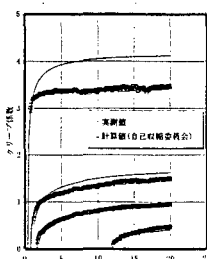


図-10 クリープ係数の実測値と荷重時弾性係数に基づく計算値

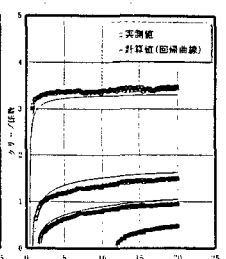


図-11 クリープ係数の実測値と荷重時弾性係数に基づく計算値

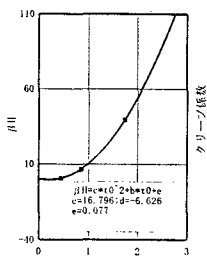


図-12 荷重時有効材齢と β_H の関係

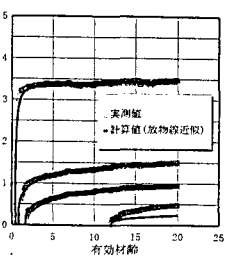


図-13 クリープ係数の実測値と計算値の経時変化

[2]CEB-FIP Model Code1990

[3]自己収縮委員会報告書、pp93-113, 4.3.2