

香川県庁 正会員 白井 智
 横浜国立大学大学院 学生会員 白浜 寛
 横浜国立大学 正会員 山口 隆裕
 横浜国立大学 正会員 池田 尚治

1. はじめに

高強度コンクリートは従来のコンクリートに比べて2～5倍の強度があり非常に有効な材料である。しかし、配合がまちまちであること、骨材の性質がコンクリートの性質に大きな影響を与えること、作用する応力が大きいのでクリープ変形が大きくなることなどの問題点が考えられる。そこで、本研究では高強度コンクリートのクリープ試験を行うこと、および、コンクリートの骨材部とセメントペースト部を分けたクリープモデルを用いた高強度コンクリートのクリープ予測に関する検証を行うことを目的とした。

2. 実験概要

実験は、設計基準強度を800kgf/cm²（MS）、1200kgf/cm²（HS）としたセメントペースト（P）、モルタル（M）、コンクリート（C）の供試体を作製し、それぞれについて持続一定荷重を載荷しクリープを計測した。配合を表-1に示す。載荷材令は3日、7日とし、計測期間は載荷後28日間、除荷後7日間とした。実験に使用した載荷装置を図-1に示す。持続荷重はPC鋼棒の緊張力により載荷し、供試体のクリープなどにより緊張力が減少した場合には緊張力を一定に保つように補正した。

3. クリープ予測モデル

本研究で用いたモデルを図-2に示す。ひずみ全体を骨材部とセメントペースト部に分け、骨材部の弾性的挙動、セメントペースト部の弾性的挙動、

表-1 配合

28日 強度 (kgf/cm ²)	水灰 比 (%)	砂比 (%)	空気量 (%)	骨材の 最大粒径 (mm)	骨材率 ab (%)	単位量 (kg/m ³)							
						水 w	セ メント c	シリカ f	骨材 s	骨材 G	骨材 AE減価率	骨材 AE減価率	骨材 AE減価率
HSC	25	—	—	25	42	156	612	68	649	107	11.56	—	2.72
HSM	25	—	—	—	—	238	934	104	991	—	17.05	—	4.15
HSP	—	—	—	—	—	384	1510	168	—	—	28.52	—	6.71
HSC	38	24	—	25	44	162	402	45	769	989	5.81	—	1.79
MSM	—	—	—	—	—	260	644	72	1232	—	9.32	—	2.87
MSP	—	—	—	—	—	495	1225	137	—	—	17.71	—	5.45

(1) モデルの定式化

コンクリート全体のひずみを ϵ とすると

$$\epsilon = \epsilon_{e1} + \epsilon_{e2} + \epsilon_v + \epsilon_d \quad (1)$$

それぞれのユニットは応力が等しいので

$$\sigma = \frac{E_a}{V_a} \epsilon_{e1} = \frac{E_m}{V_m} \epsilon_{e2} = \eta_m \frac{d\epsilon_v}{dt} = E_k \epsilon_d + \eta_k \frac{d\epsilon_d}{dt} \quad (2)$$

σ : 載荷応力

V_a : 骨材の体積率 ($V_a + V_{cp} = 1$)

V_{cp} : セメントペーストの体積率

t : 載荷期間

(2) Maxwell Unitについての仮定

セメントペーストの水和の影響を考慮し、時間が経過するにしたがってだんだん太さの増すような、無限時間後に粘性係数が無限に増加するようなモデルである。

$$\eta_m = \alpha_1 \text{EXP}[\alpha_2(t-t_1)] \quad (3)$$

α_1, α_2 : セメントペーストの特性によるパラメータ

(3) Kelvin Unitについて

E_k/η_k が時間に依存すること、また、このユニットのひず

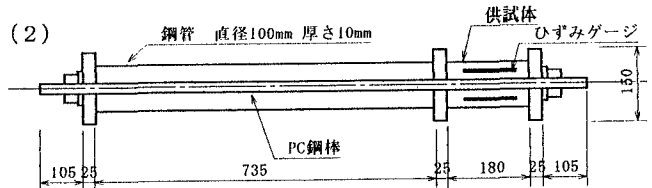


図-1 実験装置

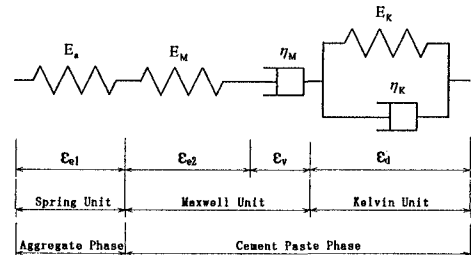


図-2 クリープモデル

みは無限時間後には一定値に近づくと考え、以下の式が仮定された。

$$\eta_k = \frac{1}{\beta} E_k (t - t_1)^{0.5} \quad (4)$$

β, E_k : セメントペーストの特性によるパラメータ

以上のような仮定を用いることにより、式(2)の微分方程式は容易に解くことができる。実際に解を求めると以下ようになる。

$$\epsilon_{s1} = \frac{\sigma V_s}{E_s} \quad (5)$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{\sigma V_s}{E_m(t)} \quad (6)$$

$$\epsilon_v = \frac{\sigma}{\alpha_1 \alpha_2} [1 - \exp\{-2\alpha_2(t - t_1)\}] \quad (7)$$

$$\epsilon_d = \frac{\sigma}{E_k} [1 - \exp\{-2\beta(t - t_1)^{0.5}\}] \quad (8)$$

4. 実験結果およびモデルとの比較

HSの実験結果を図-3に示す。図よりセメントペーストのクリープ関数の値が最も大きくなり、セメント量が多い配合のほうがクリープが大きくなる結果が示された。

モデル中の骨材のヤング率 (E_s) とセメントペーストのヤング率 (E_m) は、クリープ試験と平行しておこなったヤング率試験より求めた値を用いて計算し、その他のパラメータは実験値から最小2乗法により求めた。ヤング率試験の実験値より計算した骨材の仮定のヤング率を表-2に、セメントペーストのヤング率を表-3に示す。本モデルの場合、骨材のヤング率は見かけ上、配合や材令によって変化し、骨材のみで計測したヤング率とは異なった値になっている。また、セメントペースト部のヤング率も骨材と同様に変化している。HS-C(7日載荷)の実験結果とモデルによる計算値の比較を図-4に示す。計算値は実験値とよく一致していることが分かる。

5. まとめ

- 1) セメント量の多い配合の方がクリープは大きくなる。
- 2) モデル中に用いたパラメータを実験値を用いて最小2乗法により求めると、モデルによる計算値は実験値に非常に近い値となり、本モデルがクリープの傾向をよく表していることが分かった。

参考文献 : Osama EL-MAHDY, T. Yamaguchi, S. Ikeda, ON PREDICTING CREEP TOWARDS HIGH-STRENGTH CONCRETE,

J. Materials, Conc. Struct., Pavements No. 532/V-30, 173-181, JSCE, February 1996

謝辞 : 本研究に際して、御協力いただいた横浜国立大学技官の森下豊氏に深く感謝いたします。

表-2 骨材の仮定のヤング率

供試体の種類	(kgf/cm ²)	
	載荷時ヤング率	28日ヤング率
MS-M-3	4.15×10^5	4.59×10^5
MS-C-3	4.15×10^5	4.59×10^5
MS-M-7	4.69×10^5	4.89×10^5
MS-C-7	4.69×10^5	4.89×10^5
HS-M-3	1.96×10^5	5.94×10^5
HS-C-3	1.96×10^5	5.94×10^5
HS-M-7	5.92×10^5	5.70×10^5
HS-C-7	5.92×10^5	5.70×10^5

表-3 セメントペーストのヤング率

供試体の種類	(kgf/cm ²)	
	載荷時ヤング率	28日ヤング率
MS-P-3	1.60×10^5	1.89×10^5
MS-M-3	1.67×10^5	2.01×10^5
MS-C-3	1.67×10^5	2.01×10^5
MS-P-7	1.49×10^5	1.90×10^5
MS-M-7	1.46×10^5	1.99×10^5
MS-C-7	1.25×10^5	1.99×10^5
HS-P-3	2.06×10^5	2.50×10^5
HS-M-3	1.20×10^5	2.25×10^5
HS-C-3	1.20×10^5	2.25×10^5
HS-P-7	1.83×10^5	2.54×10^5
HS-M-7	1.94×10^5	2.40×10^5
HS-C-7	1.73×10^5	2.40×10^5

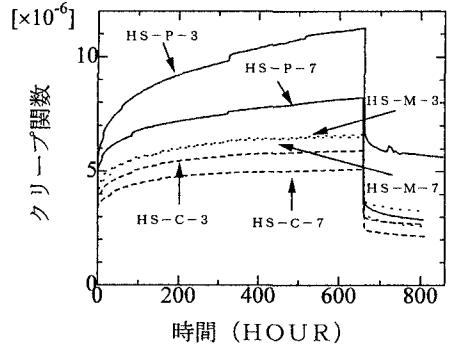


図-3 クリープ実験結果

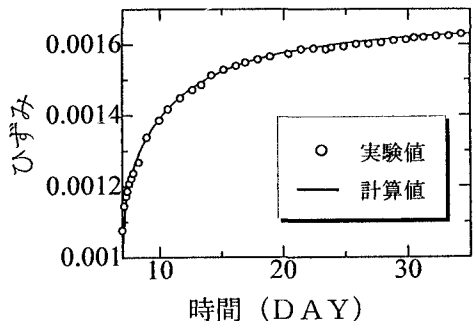


図-4 HSの計算値と実験値