

名古屋大学工学部	学生会員	安藤 直樹
名城大学理工学部	正会員	石川 靖晃
名古屋大学工学部	正会員	田邊 忠顕

1 序論

練り混ぜ終了後から完全硬化に到る遷移材令時のコンクリート物性は極めて大きな変化を遂げる。これらの数学的記述方法は、今までに確立されておらず粘弾性、粘塑性のどちらか一方でしか考えられていなかったが、それらのモデルでは挙動を十分にとらえることができない。そこで本研究では、それら両方を取り入れたモデルの構築を行った。

2 構築モデルの定式化

一般のコンクリートにおいて、粘弾性および粘塑性を考慮した場合、一軸状態における全ひずみ増分 $d\varepsilon$ は次式で表される。

$$d\varepsilon = d\varepsilon^e + d\varepsilon^p + d\varepsilon^{ve} + d\varepsilon^{vp} + d\varepsilon^0 \quad (1)$$

ここで $d\varepsilon^e$ は弾性ひずみ増分、 $d\varepsilon^p$ は塑性ひずみ増分、 $d\varepsilon^{ve}$ は粘弾性ひずみ増分、 $d\varepsilon^{vp}$ は粘塑性ひずみ増分であり、 $d\varepsilon^0$ は温度ひずみなどのような応力に依存しないひずみ増分である。

粘弾性ひずみ成分に関しては、一般的にクリープ関数 $J(t, t')$ を用いて次式で表される。

$$\varepsilon^{ve} = \int_0^t J(t, t') d\sigma(t') \quad (2)$$

ここで t, t' はそれぞれ、材令および載荷材令である。

これは第2種 Volterra の積分方程式と呼ばれ、この中には核が存在する。この核が、分離核であるならば遅延時間 τ_μ 等を使って、クリープ関数 $J(t, t')$ は dirichlet 級数の形で次のように書くことができる。

$$J(t, t') = \sum_{\mu=1}^N \frac{1}{C_\mu(t')} \left\{ 1 - \exp\left\{-\frac{(t-t')}{\tau_\mu}\right\} \right\} \quad (3)$$

これにより粘弾性ひずみ成分は増分の形で次のように書ける。

$$d\varepsilon^{ve} = \frac{\Delta\sigma}{E''} + \Delta\varepsilon'' \quad (4)$$

$$\Delta\varepsilon'' = \sum_{\mu=1}^N \{1 - \exp(-\Delta y_\mu)\} \gamma_{\mu(r)} \quad (5)$$

次にこれを3次元に拡張する。1次元と類似の関係が成り立つとして、体積クリープひずみ、偏差クリープひずみに分けて考えると最終的に粘弾性ひずみ成分は次のように書ける。

$$d\varepsilon_{ij}^{ve} = \frac{1}{E''} D_{ijkl} \Delta\sigma_{kl} + D_{ijkl} \Delta\varepsilon_{kl}'' \quad (6)$$

$$\{D\} = \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & 1 & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & -\nu & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1+\nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1+\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1+\nu \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\Delta\varepsilon_{ij}'' = \sum_{\mu=1}^N \{1 - \exp(-\Delta y_\mu)\} \gamma_{\mu(r)ij} \quad (8)$$

また、粘塑性成分に関しては田邊、石川らの研究を用いた¹⁾。

3 電研における若材令クリープデータの適用

前節で述べた解析理論の下で、実際に数値解析を行うためには、式(3)における $C_{\mu}(t')$ や τ_{μ} などのパラメータを、実験的に得られた $J(t, t')$ から適切に決定する必要がある。そのために、ここでは Bažant らが提案する Double Power 則によるクリープ関数表示を用いることにする²⁾。

ここではまず、電研のデータ³⁾と Double Power 則をマッチングさせ、それにより各パラメータを決定した。次にそのマッチングさせたものから今回定式化したパラメータを決定することにする。その結果を図 3.1、図 3.2 に示す。

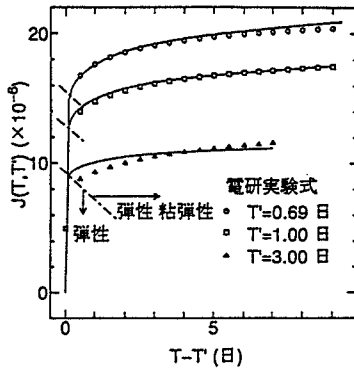


図 3.1 電研の実験式と
Double Power 則とのマッチング

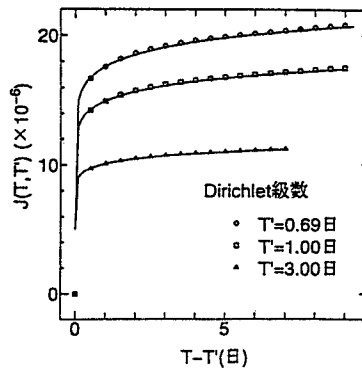


図 3.2 Double Power 則と
Dirichlet 級数型との比較

材令 0.69 日のコンクリートというのはまだ完全に硬化しておらず、押せば中から水が出てくるような状態であるが、材令 3.0 日になるとほぼ硬化した状態になる。今回提案した式というのは、このような全く違う状態のものを一つの式で表さなくてはならないのであるが、図 3.2 からわかるように非常に良く表している。

次に、電研のデータは応力レベルが低いために粘塑性の影響が現れていない。そこで、今回定式化したものを用いて三軸圧縮試験のシミュレーションを行った。その結果を図 3.3 に示す。

図 3.2、図 3.3 のいずれにおいても時間依存性の粘弾性や粘塑性成分を良く表している。

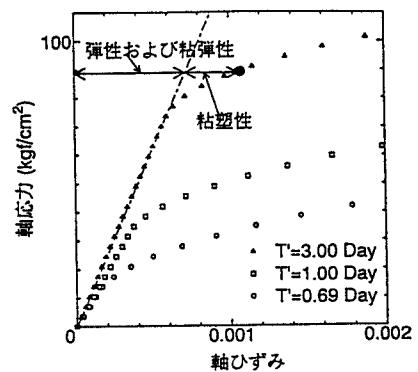


図 3.3 三軸圧縮試験シミュレーション

4 結論

以上、遷移過程のコンクリートの構成則を粘弾性及び粘塑性の影響を考慮に入れて定式化した。そして、電研で行われたクリープ試験をもとに数値的検討を行った。その結果、まだまだ課題は残るものの、統一的に変形挙動を捉えることが可能と思われる。

参考文献

- 1) 石川靖晃、大下英吉、田辺忠頭：粘塑性飽和透水材料としての若材令コンクリートの変形挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16，No.1，pp.603-608，1994.
- 2) Z.P.Bažant and F.H.Wittmann: Creep and Shrinkage in Concrete Structures, John Wiley & Sons Ltd., pp.163-256, 1982
- 3) 原口、河角、田辺、岡沢：黒田ダム嵩上げ工事におけるコンクリート打設計画の検討（その 1）ーコンクリートの力学的、熱的性質の実験検討ー，電力中央研究所報告，No.3775561，July，1976.