

豊田高専 (学) ○矢部正明

豊田高専 (正) 赤木知久

1. まえがき

材料の力学特性である一軸圧縮強度、および、変形係数は、載荷速度の違いよりも載荷速度の速い場合においてより大きくなる。この現象は速度効果と呼ばれ、実験的に確かめられている周知の事実である。また、その応力-ひずみ関係曲線は、載荷速度が遅くなればなるほど、より非線形になることも知られている。本報告では、まず、セメントモルタルの一軸圧縮試験によつてこれらの事実を確認した後、これらの現象を線形粘弾性理論によつて解釈できないだろうかということを考えてみることにする。普通、材料のクリープというと、どうしても気の長い時間領域についての現象を考えがちだが、先の報告(本講演会V-12)にも示したように、載荷後短時間内でもクリープは確実に進行している。したがって、載荷を瞬間的でない限り、荷重増加に要した時間に応じてクリープ変形が現われているはずである。以上の考え方に基づいた若干の計算結果と実験結果を紹介する。

2. 線形粘弾性体の応力-ひずみ関係式

Boltzmannによる線形粘弾性体の応力-ひずみ関係式は、クリープ関数 $J(t)$ を用いてつぎのように書き表わされる。

$$\epsilon(t) = \int_0^t J(t-\tau) \frac{d\sigma}{d\tau} d\tau \quad (1)$$

いま、クリープ関数として先の報告(V-11)に示した一般化Voigtモデルから得られる関数を用い、荷重速度 $\frac{d\sigma}{d\tau}$ を $\text{Const. } P_v$ として式(1)の積分を実行すると、ある載荷速度での応力-ひずみ関係式がつぎのように得られる。ここに $P_v = \sigma/t$ とする。

$$\epsilon = \left[J_0 + \sum_{i=1}^n \left\{ J_i - \frac{\tau_i}{\tau_i + t} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}}) \right\} \right] \sigma \quad (2)$$

すなわち、材料が完全弾性体であれば、その応力-ひずみ関係式は $\epsilon = J_0 \sigma$ と線形になるが、粘弾性体であるために第2項が付加項として加わり、載荷時間 t に応じて応力-ひずみ関係が非線形になることがわかる。付加項の大きさは、 $\sum J_i$ と τ_i/t に依存するが、 $\sum J_i$ は全クリープ変形量を支配する定数であり、 τ_i は遅延時間すなわちクリープ変形の時間尺度であるから、 τ_i/t により載荷時間に応じて応力-ひずみ曲線に影響を与えることになる。

そこで、まず、これら2つのパラメータにより応力-ひずみ曲線がどのように変化するかを調べてみた。全クリープ変形量に關しては、 $f_v = \frac{J_0 + \sum J_i}{J_0 + \sum J_i}$ なる無次元量を導入し、載荷時間 t に關しては載荷速度 P_v をパラメータとする。結果を図-1に示すが、計算に用いた定数値は、 $f_v = 0.5 \sim 1.0$ 、 $\tau_i = 10$ 分、 $P_v = 0.04, 0.07, 0.14, 0.21, 0.28, 0.42 \text{ kg/cm}^2/\text{sec}$ である。 $f_v = 1.0$ は完全弾性体を意味し、 $f_v = 0.0$ は粘性流体を意味するが、図から f_v を小さくにしたが、すなわち、粘性的性質が顕著になるにしたが、応力-ひずみ曲線の非線形性ははげしくなつていくのがわかる。また、載荷

速度が遅くなる程、変形係数が小さくなることも、明確に現われている。

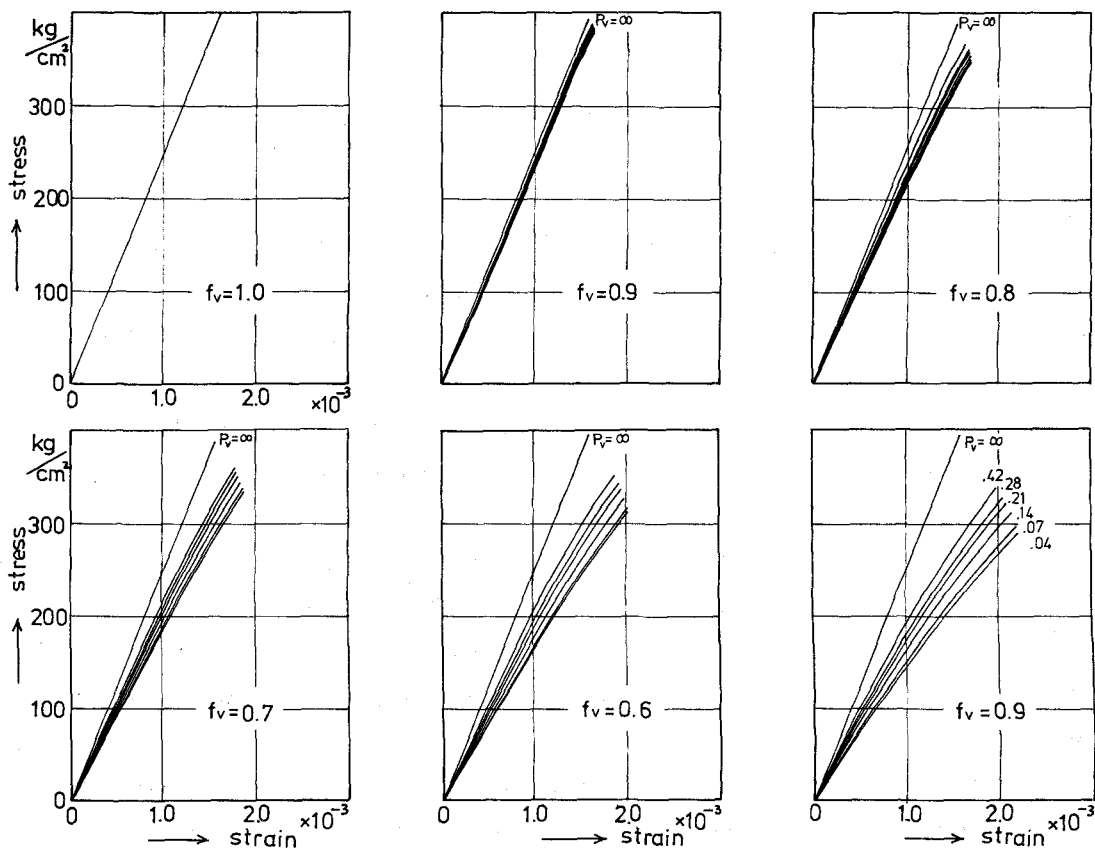


図-1 線形粘弾性体の応力-ひずみ曲線

3. 実験結果

以上のパラメトリックスタディに基づき、実際の実験結果がこの理論どの程度解釈できるかを解析してみた。実験供試体は先の報告(V-12)のものと同じで、載荷速度は $P_v = 0.04, 0.07, 0.14, 0.28$ $\text{kg/cm}^2/\text{sec}$ の4種類である。その結果を図-2に示す。結果によれば、載荷速度が遅い程非線形性が顕著になる事実が明確に現われている。つぎに、クリープ試験によつて決められたモデル定数を式(2)に適用し、その応力-ひずみ曲線を計算してみた。結果を図に重ねて描いてみたが、高応力ではかなりのズレが見られる。これは、線形粘弾性理論を適用したからで、やはり、高応力レベルでは、非線形粘弾性理論の適用が必要と思われる。それには、高応力でのクリープ評価法が研究されなければならない。

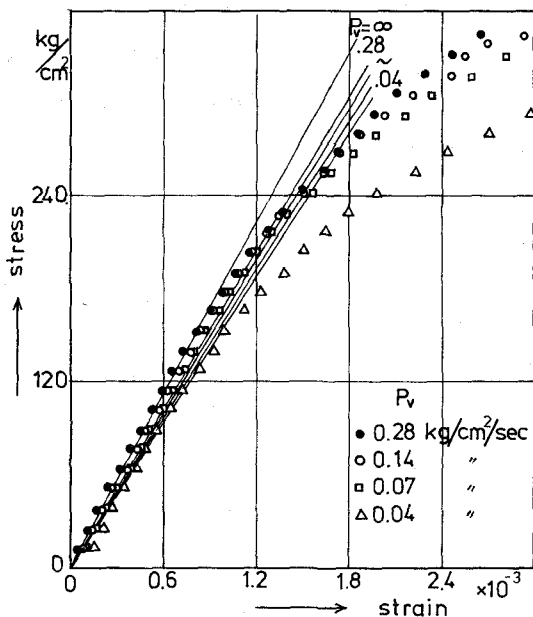


図-2 モルタルの応力-ひずみ曲線