土木学会第47回年次学術講演会（平成４年９月）

III-278　クリープ過程におけるポアソン比の経時変化について

豊田高専　（正）○ 赤木知之
豊田高専　（正）　伊東　孝
川崎地質（株）（正）　川村泰資

1．まえがき

構造物の時間依存変形を解析的に扱う場合、その材料定数として、クリープ関数のせん断成分 $C(t)$ および体積成分 $B(t)$ 、あるいは、緩和関数のせん断成分 $G(t)$ および体積成分 $K(t)$ が必要となる。これら物性関数の陽な表示はレオロジーモデルによるのが便利で、たとえば図-1 に示す Maxwell 型３要素モデルを適用すると次式が得られる。

$$G(t) = G_0 + G_1 e^{-t/T_{G1}}, \quad T_{G1} = \eta_{G1}/G_1 \tag{1}$$

$$K(t) = K_0 + K_1 e^{-t/T_{K1}}, \quad T_{K1} = \eta_{K1}/K_1 \tag{2}$$

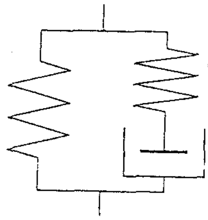

図-1　Maxwell 型３要素モデル

一方、地盤構造物の時間依存変形は、圧密沈下を別とすればせん断変形を主とする場合が多く、体積変形は瞬間的と考えられるので、地盤構造物の解析ではせん断成分を式 (1) で表し体積成分は弾性バネとして次式を仮定する場合が多い。

$$K(t) = K_0 \tag{3}$$

ところが、現実問題としてこれらのパラメータを実際に決定するとなると、実験上の制約から $G(t)$ および $K(t)$ を直接求めることが難しく、普通は単軸クリープ試験によってクリープ関数 $J(t)$ を決め、ポアソン比 (ν) の値を時間的に変化しないものと仮定して、せん断成分 $C(t)$ を次式

$$C(t) = 2(1+\nu)J(t) \tag{4}$$

によって求め、逆算して緩和関数のせん断成分 $G(t)$ を求め、ν とともに解析に適用される。

しかし、このような手順を踏んだ場合、我々は重大な誤りを犯していることを認識しなければならない。材料の変形とはその形状変化と体積変化という２つの互いに独立した変形成分の組合せとして現れるものであるから、それらを規定する特性関数も２個だけが独立で、他は誘導関数でなければならない。したがって、実験的にクリープ関数を定め、ポアソン比の値を仮定して、さらに体積変形を弾性的とすることは３個の特性関数を規定することになるから不合理である。

そこで、本報告では、緩和関数のせん断成分 $G(t)$ と体積成分 $K(t)$ が定められた場合、ポアソン比は如何なる値となるべきかを粘弾性理論によって明かにし、その結果を実験的事実によって検証するものである。

2．ポアソン比の経時変化

弾性論におけるポアソン比と体積弾性係数 (K) とせん断弾性係数 (G) の関係は、次式で表される。

$$\nu = \frac{3K - 2G}{2(3K + G)} \tag{5}$$

粘弾性論においては、それぞれをラプラス変換して同形の関係式となるから、

$$\bar{\nu}(s)=\frac{3\bar{K}(s)-2\bar{G}(s)}{s\{6\bar{K}(s)+2\bar{G}(s)\}} \tag{6}$$

いま、$G(t)$ を式(1)で、$K(t)$ を式(3)で表すと、$\bar{K}(s)=K_0/s$ 、$\bar{G}(s)=G_0/s+G_1/(s+\frac{1}{T_{G1}})$ であるから、

$$\bar{\nu}(s)=\frac{3K_0-2G_0}{6K_0+2G_0}\cdot\frac{1}{s}+\left\{\left(\frac{3K_0-2G_0-2G_1}{6K_0+2G_0+2G_1}\right)-\left(\frac{3K_0-2G_0}{6K_0+2G_0}\right)\right\}\Big/\left\{s+\frac{6K_0+2G_0}{6K_0+2G_0+2G_1}\cdot\frac{1}{T_{G1}}\right\} \tag{7}$$

となる。式(7)の逆変換をとると次式を得る。

$$\nu(t)=\nu_0+\nu_1(1-e^{-t/T_{\nu1}}) \tag{8}$$

ここに、

$$\nu_0=\frac{3K_0-2G_0-2G_1}{6K_0+2G_0+2G_1},\qquad \nu_1=\frac{3K_0-2G_0}{6K_0+2G_0}-\frac{3K_0-2G_0-2G_1}{6K_0+2G_0+2G_1}$$

$$T_{\nu1}=\frac{6K_0+2G_0+2G_1}{6K_0+2G_0}\cdot T_{G1}$$

である。

すなわち、体積成分を弾性的とすれば、ポアソン比は一定とはならず、式(8)にしたがって経時的に増加する。漸近値は $t=\infty$ として$\nu(\infty)=\nu_0+\nu_1=(3K_0-2G_0)/(6K_0+2G_0)$ である。

3．実験事実[1)]

神戸層凝灰岩の単軸クリープ試験を行い、軸ひずみと横ひずみを測定してポアソン比の経時変化を求めた結果を図-2に示す。図においてσ_sは一軸圧縮強度で、クリープ応力として$0.32\sigma_s$ ～ $0.61\sigma_s$の4種類についてまとめたものである。

$0.46\sigma_s$までの応力では経時変化は見られず、$0.57\sigma_s$ でわずかな増加傾向を示し、$0.61\sigma_s$では指数関数的に増加している。試料の応力－ひずみ曲線では、$0.57\sigma_s$ 付近で降伏点が見られるので、$0.61\sigma_s$では完全にせん断変形が主体となっているものと考えられ、前節の理論式を裏付ける結果と言えよう。

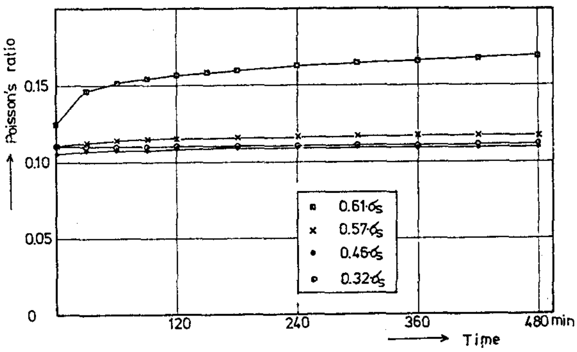

図-2　ポアソン比の経時変化[1)]

参考文献

1) 赤木知之：岩石のクリープ特性と一般化レオロジーモデルの適用、材料、Vol.30 、No.336 、pp.898 ～904 、1981