

京都大学工学部

正員 岡田 清

〃

〇正員 川村 衛紀

大成建設(株)

正員 吉岡 伸晃

1 まえがき

ソイルセメントを道路舗装用として使用する場合、圧縮強度の大きいソイルセメントはきれつが発生しやすくとされているが、それも現場における現象として把握はされていても、室内実験としてはセメント量が多いほど乾燥収縮ひずみは大きくなるという程度であって、ソイルセメントの乾燥収縮特性をソイルセメント中の水分の移動としてとらえ、力学的に究明したものはないようである。

ここではソイルセメントの持続応力ひずみ関係を考慮に入れて、ソイルセメント路盤中に発生する乾燥収縮応力を求め、きれつ発生について1つの考察を試みた。

2 乾燥収縮応力を解析するにあたって用いた理論と仮定

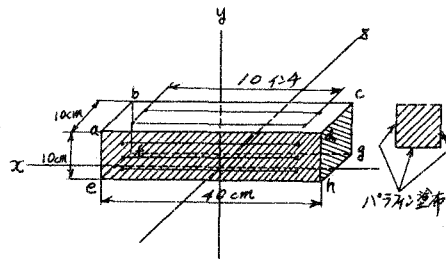
(1) 図-1 において ϵ_x を x 軸方向に生ずるひずみとすれば、

図-1 試験供試体

ϵ_x は収縮ひずみ S と応力によって生ずるひずみとの代数和である。

(2) 乾燥収縮ひずみは熱拡散方程式に従うものとする。

(3) 一面のみから乾燥するスラブまたははりの非拘束収縮ひずみの拡散方程式の解としてつぎの(1)式を用いる。



$$\frac{S}{S_\infty} = \phi\left[\frac{1-\frac{y}{b}}{2\sqrt{T}}\right] - \phi\left[\frac{1-\frac{y}{b}}{2\sqrt{T}} + B\sqrt{T}\right] e^{B(1-\frac{y}{b}) + B^2 T} \quad (1)$$

ここで $B = fb/k$, $T = kt/b^2$, b : はりの幅, S : 収縮ひずみ, t : 時間(day), K : ひずみ拡散係数
 f : 表面係数, K の単位 $\rightarrow \text{cm}^2/\text{day}$, f の単位 $\rightarrow \text{cm}^2/\text{day}$. S_∞ : $t \rightarrow \infty$ における S の値

$\phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-u^2} du$ Gaussの誤差関数

(4) ソイルセメント供試体に荷重をかけたときの瞬間ひずみも含めて、ある時間後のひずみ ϵ は σ/σ_0 (σ_0 :破壊応力) のある関数としてあらわされるものとする。

$$\epsilon = f\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right) \quad (2) \quad \text{ここで } \sigma, \sigma_0 \text{ は時間の関数と考え、} \sigma = \sigma(t), \sigma_0 = \sigma_0(t) \text{ とする。}$$

$\epsilon = f(\frac{\sigma}{\sigma_0})$ は実験曲線として各時間について $\epsilon - \frac{\sigma}{\sigma_0}$ 曲線が求まっているが、これを用いて応力計算を行なう場合つぎのように仮定する。

(a) $\epsilon - \frac{\sigma}{\sigma_0}$ 曲線は圧縮応力に対するものであるが、引張り応力に対しても適用できるものとする。

(b) もソイルセメントに用いる土の種類が同一のものであれば、セメント量が多少異なっても同一の $\epsilon - \frac{\sigma}{\sigma_0}$ 曲線を用いるものとする。

(5) (a) のように仮定した場合、ひずみ ϵ が $t = t_0$ で微小量 $\Delta \epsilon$ だけ変化した場合の $t = t_0$ における応力 σ の微小変化量 $\Delta \sigma$ はつぎのようになる。

$$(\Delta \sigma)_{t=t_0} = \left(\frac{d\sigma}{d\epsilon}\right)_{t=t_0} \frac{d\epsilon}{dt} \bigg|_{t=t_0} (\Delta \epsilon)_{t=t_0} + \left(\frac{d\sigma}{d\sigma_0}\right)_{t=t_0} \left(\frac{d\sigma_0}{dt}\right)_{t=t_0} (\Delta \sigma_0)_{t=t_0} \quad (3) \quad \text{ここで } \sigma = \frac{\sigma(t)}{\sigma_0(t)}$$

$t = t_0$ より単位時間 t_0 だけ経た $t = t_0 + t_1$ における応力 $\sigma(t_0 + t_1)$ は (4) 式のようになる。

$$Q_{t+1} = Q_{t,0} + (\Delta Q)_{t,0} \quad (4)$$

$\frac{dQ}{dt}$ は $E-\frac{Q}{Q_s}$ 曲線から図式的に求まり、 $Q = Q(t)$ は実験曲線が用ゐられている。式(1)によって収縮ひずみが計算されているので S の変化量から、上述の方法によって逐次応力の計算ができる。

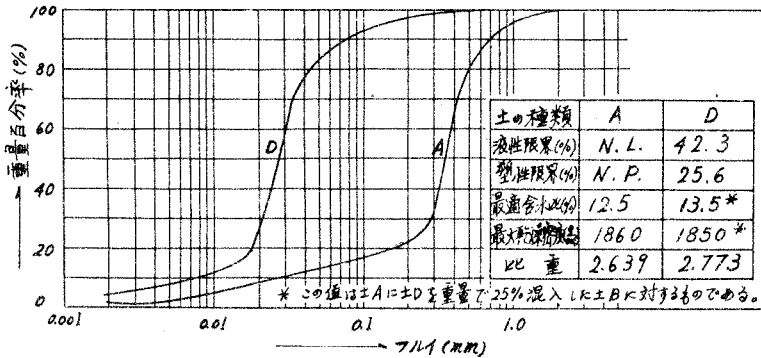
(6) $E-\frac{Q}{Q_s}$ の実験曲線が Q が時間とともに増大する点を考慮に入れていい。 Q の増大を考慮に入れて修正すれば、図-3の曲線より $\frac{dQ}{dt}$ の値が大きい曲線に近くなるので応力増分が小さくなり、図-3を用いて計算したものよりは全体として小さい応力と見るはずである。

3. 実験使用材料および方法

使用土は図-2に示す土

A と土 A に重量比で土 D を 25% 添加したものを土 B とした。セメント量(土の乾燥重量に対する百分率)は 5%, 7.5%, 10% を用いた。試験体の含水比はすべて最適含水比とした。試験体は図-1

図-2 使用土の物理性質

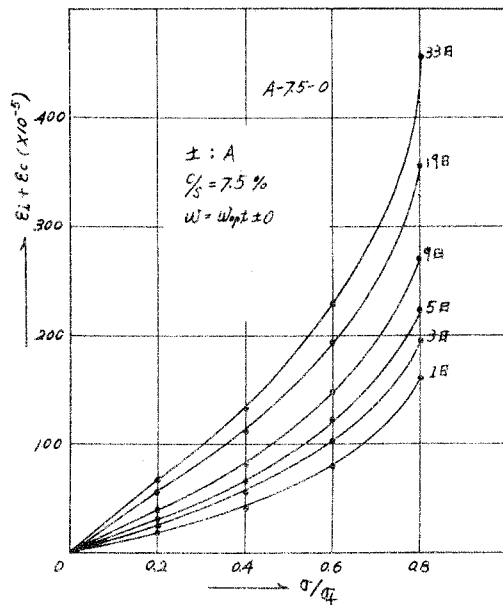


のように 10cm x 10cm x 40cm の立方体であり、突き固め回数 2 層で各層 150 回である。試験体作製後 1 日間湿潤養生を行ない、1 日後図-1に示すように、面 a b c d を残して他の 5 面をパラフィンで塗布することによって水分の蒸発を防止した。つぎに x 軸方向のひずみ ϵ_x の y 方向の分布状況を調べるために、露出表面 a b c d 面に 10mm 間隔に 2 対のプラグをはりつけ、側面の a e f d 面には 5mm 間隔に 3 対、また底面 e f g h 面にも a b c d 面と同様に 2 対のプラグをはりつけた。

その後直ちに温度 20°C、相対湿度 50% の恒温室内に入れ、時間とともにひずみ ϵ_x の変化をプラグゲージで測定した。

$E-\frac{Q}{Q_s}$ 曲線を求めたためのクリープ試験の一定応力は $Q/Q_s = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ の 4 種類であり、結果は図-3に示す通りである。クリープひずみの値は試験体 3 本の平均であり、また収縮ひずみは 2 本の試験体の平均である。

図-3 持続応力-ひずみ曲線



4 応力解析結果と考察

一面のみから乾燥する完全拘束スラブはソイルセメント路盤に相当するものと考え、露出表面に生ずる引張応力 σ_t' を求め $\frac{\sigma_t'}{\sigma_f}$ も併せて示さねばと図-4、図-5のようになる。

これらの図から結論される点を要約するとつぎのようになる。

- (1) 粘土分の少ない土 (A) を用いてつくったソイルセメント路盤ではセメント量が多くなるほど明らかに表面きれつは発生しやすい。
- (2) 粘土分の多い土 (B) を用いると、セメント量が多くなっても、きれつ発生しやすい点ではほとんど差がない。
- (3) セメント量が多いものでは粘土分の少ない土 (A) の方がきれつは発生しやすいがセメント量の少ないものでは反対に粘土分の多い土 (B) の方がきれつが発生しやすい。
- (4) 同一セメント量では粘土分の少ないソイルセメントほど強度が大きい。

したがって一定の圧縮強度を得るにはなるべく粘土分の少ない土を用い、セメント量を少なくした方がきれつ発生点で有利である。

以上を総合して、あまりセメント量の多いソイルセメントは収縮きれつが生じやすいといわれてはいるが、本航路においては土 A (粘土分の少ない土) と土 B (粘土分の多い土) とで露出表面に生ずる収縮引張応力特性が異なっていることからすれば、このような結論は一般的なものではなく、使用する土の性質 (とくに微粒子土の含有量) を考慮に入れて検討される必要があると思われる。

なおこの航路は吉田航路奨励金を受けて行なったものである。

図-4 σ_t'/σ_f - t 曲線

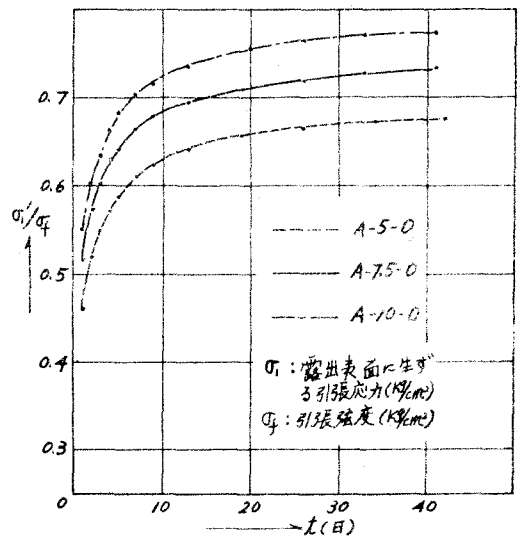


図-5 σ_t'/σ_f - t 曲線

