

名古屋工業大学 学生員 古川 一吉
正員 松岡 元

非排水三軸圧縮・伸張条件下において種々の定ひずみ速度のせん断試験を行ない、空間滑動面(spatial Mobilized Plane; SMP)に基づいた応力・ひずみ・時間関係式による解析値と比較したので報告する。

1. 空間滑動面に基づいた応力・ひずみ・時間関係式

土の変形は、等方圧密成分と方向性をもった土粒子間の相対移動によって生じるダイレイタンシー成分から成ると考えられる。主ひずみ増分ベクトル($d\epsilon_1, d\epsilon_2, d\epsilon_3$)のSMPに平行な成分、垂直な成分を $d\delta_{SMP}^*$, $d\epsilon_{SMP}^*$ とすれば、それは次式で表わされる¹⁾。ここに上添字S, C, tはそれぞれ、せん断、圧密、時間成分を意味する。

$$d\delta_{SMP}^* = d\delta_{SMP}^{*S} + d\delta_{SMP}^{*C} + d\delta_{SMP}^{*t} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} d\delta_{SMP}^{*S} &= \frac{0.434Q_0}{\mu^* - \mu^*} \exp\left(\frac{X - \mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) \ln\left\{1 + \frac{\delta_{SMP}^*}{\delta_{SMP}^*} \exp\left(\frac{\delta_{0\infty}^*}{0.434Q_0}\right)\right\} dX \\ d\delta_{SMP}^{*C} &= 0.434Kc \left\{ \exp\left(\frac{X - \mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) - \exp\left(\frac{-\mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) \right\} \frac{1}{1 + \frac{\delta_{SMP}^*}{\delta_{SMP}^*} \exp\left(\frac{\delta_{0\infty}^*}{0.434Q_0}\right)} \frac{d\sigma_m}{\sigma_m} \\ d\delta_{SMP}^{*t} &= 0.434Q_0 \left\{ \exp\left(\frac{X - \mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) - \exp\left(\frac{-\mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) \right\} \frac{1}{1 + \frac{\delta_{SMP}^*}{\delta_{SMP}^*} \exp\left(\frac{\delta_{0\infty}^*}{0.434Q_0}\right)} \frac{dt}{t} \\ \delta_{0\infty}^* &= \delta_{0b}^* + Cd^* \log_{10} \frac{\sigma_m}{\sigma_{mb}} \\ \delta_{SMP}^* &= 0.434Q_0 \left\{ \exp\left(\frac{X - \mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) - \exp\left(\frac{-\mu^*}{\mu^* - \mu^*}\right) \right\} \frac{1}{t} \\ d\epsilon_{SMP}^* &= \frac{\mu^* - X}{\lambda^*} \cdot d\delta_{SMP}^* \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 λ^* , μ^* , μ^* , δ_{0b}^* , Cd^* , Kc , Q_0 , δ_{SMP}^* は土質パラメータであり、 X はSMP上のせん断・有効垂直応力比 τ_{SMP}/σ_{SMP} である。 $dX < 0$ のとき $d\delta_{SMP}^{*S} = 0$, $d\sigma_m < 0$ のとき $d\delta_{SMP}^{*C} = 0$ とする²⁾。また、主ひずみ増分 $d\epsilon_i$ は等方圧密成分とダイレイタンシー成分の和と考える³⁾、弾性成分も考慮して次式で表わす。

$$\begin{aligned} d\epsilon_i &= \frac{0.434}{3} \frac{Cc}{1+e_0} \frac{d\sigma_m}{\sigma_m} + \frac{1}{2G} (d\sigma_i - d\sigma_m) \\ &\quad + a_i \cdot d\epsilon_{SMP}^* + b_i \cdot d\delta_{SMP}^* \end{aligned} \quad (3)$$

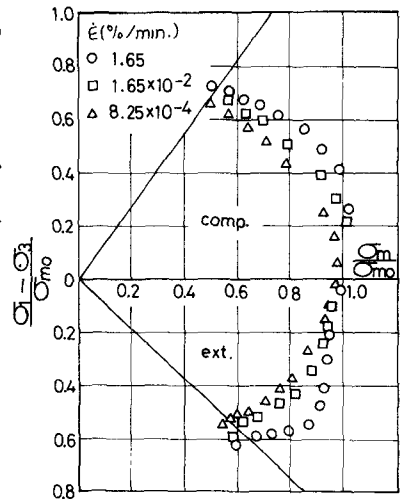


図-1 定ひずみ速度せん断試験の有効応力経路

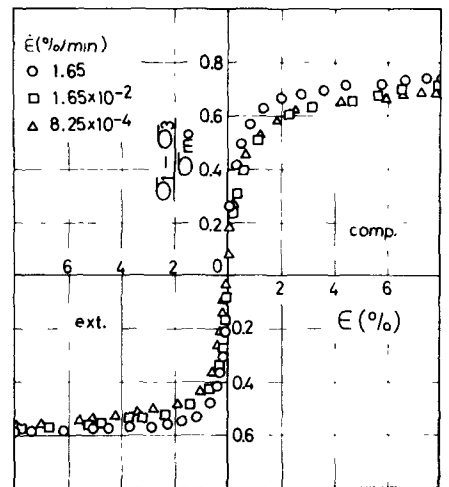


図-2 定ひずみ速度せん断試験の応力・ひずみ関係

ここに、 α_i , b_i はそれぞれ σ_{SMP} , τ_{SMP} の方向余弦であり、 C_c は圧縮指数、 G はせん断弾性係数である。

2. 非排水三軸圧縮・伸張条件下の定ひずみ速度せん断試験

通称藤の森粘土 ($LL = 44.7\%$, $PL = 24.7\%$) を試料として、側圧一定のもとで定ひずみ速度非排水三軸圧縮・伸張試験を行なった。与えた偏差ひずみ速度 $\dot{\epsilon} (= \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_3)$ は、 $1.65\%/min.$, $1.65 \times 10^{-2}\%/min.$, $8.25 \times 10^{-4}\%/min.$ の3種である。図-1に偏差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_{m0}$ ・平均有効主応力 σ_m/σ_{m0} 関係の有効応力径路を示し、図-2に偏差応力・偏差ひずみ $\epsilon (= \epsilon_1 - \epsilon_3)$ 関係の整理を示す。ここに、 σ_{m0} はせん断応力載荷直前の平均有効主応力を表わしている。これらの実測値より、圧縮・伸張共に偏差ひずみ速度が大きくなるにつれて、偏差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_{m0}$ が増加するのがみられる。また、伸張の方が圧縮に比べて破壊時の偏差応力が小さく、有効応力径路も内側に傾くようである。図-1中の実線は排水せん断時の内部摩擦角 ϕ_d による破壊線を示しているが、圧縮・伸張共にその付近で破壊している。

表-1 土質パラメータ

λ^*	μ^*	μ'^*	$\delta\phi_b^*(\%)$	$C_d^*(\%)$	ϕ_{mb}
0.90	0.42	0.60	3.3	0.0	—
$C_c/(1+e_{ol}(\%))$	G/σ_m	$\alpha_0(\%)$	$\dot{\epsilon}_{SMP\phi d}^*(\%/min.)$	ϕ_d	
11.7	67	0.38	10^{-4}	34°	

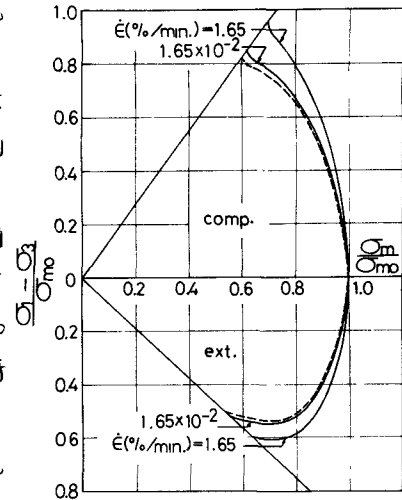


図-3 有効応力径路の解析値

3. 解析

式(3)に基づいた解析結果を図-3, 4に示す。解析に用いた土質パラメータを表-1に示すが、これらの値は等方圧密試験、平均有効主応力一定試験より求めることができる。図-3に有効応力径路、図-4に応力・ひずみ関係を示すが、両図中の破線は平衡状態を表わしており、図-1, 2の偏差ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 8.25 \times 10^{-4}\%/min.$ の実測値に対応すると考えられる。図-3, 4は、図-1, 2に示す実測値の傾向をよく説明しているようである。

上記以外の実験データについては、講演時に発表する予定である。

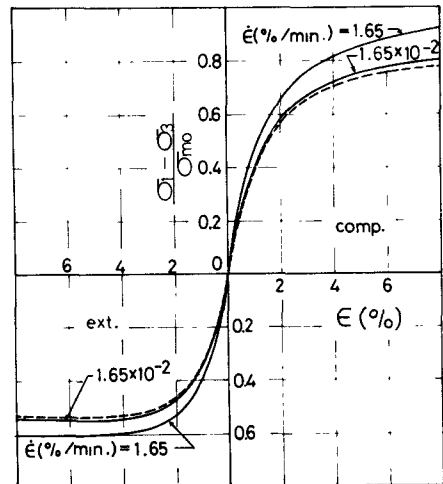


図-4 応力・ひずみ関係の解析値

謝辞 日頃御援助をいただいている本学山内和彦教授、有益

な助言をいただいた中井照夫講師、実験を手伝っていただいた学部生小山浩史君に謝意を表する。

参考文献

- 1) 古川・松岡(1981); 第36回土木学会年次学術講演会, III, pp. 176~177.
- 2) 中井(1980); 第15回土質工学研究発表会, pp. 785~788.
- 3) 中井・松岡(1981); 土木学会論文報告集, 第306号, pp. 23~34.