三軸試験データ解析法の開発としらすの試験結果への適用

鹿児島大学理工学研究科　正　三隅浩二
同　上　博士前期課程　学○久保信二

１．はじめに

本研究では，三軸試験中の供試体の端面拘束の影響を避けるために，供試体が比較的均質な状態にあるせん断初期のデータから弾塑性パラメータを決定する方法を試みている．なお，過圧密解消のメカニズムに関しては、拘束圧一定三軸試験条件で得られる諸式を用いて求めている。

２．弾塑性パラメータの決定

図１，図２は，しらすの拘束圧一定排水三軸せん断試験より得られた応力比η’，体積ひずみ ε_v，せん断ひずみ ε_S 関係を示す．それぞれの図中には相対密度Ｄｒを示している。

図３は，圧縮指数λの決定法を示している．ｖ～lnｐ’空間において正規圧密線や限界状態線と同じ傾きを持つ平行線 $v=v_\lambda-\lambda \ln p'$ は無数に引くことができる[1]．そこで，本研究では圧縮指数λの決定にこのＡ―Ｂ線を利用する．今回はせん断中に最も圧縮したときの体積ひずみ $\varepsilon_{V\max}$ に着目して $(\varepsilon_{V\max})_A=(\varepsilon_{v\max})_B$ の時に $(v_\lambda)_A=(v_\lambda)_B$ すなわち $(v+\lambda\ln p')_A=(v+\lambda\ln p')_B$ であると考えて，次式より圧縮指数λを決定した．

$$\lambda=((v)_A-(v)_B)/((\ln p')_B-(\ln p')_A)\cdots(1)$$

図４は，今回の試験より得られたせん断開始時点の比体積 v_0 と $\varepsilon_{V\max}$ との関係を示している．図中には、せん断開始時点の拘束圧が $p_0'=98.1$kPa と拘束圧 $p_0'=49.05$kPa の結果に対して，互いに平行な実験公式を当てはめた結果を示している。これより $(v)_A-(v)_B=0.17203$ が得られ，式（１）に用いて $\lambda=0.248$ を決定することができた．すなわち，$y=ax^2+bx+c$，$y=a(x-d)^2+(x-d)+c$，$y=\varepsilon_{V\max S}$，$x=v_0$，$a=0.04527$，$b=-0.1586$，$c=0.14316$，$d=0.17203$．

供試体がせん断中圧縮から膨張に転ずるところの応力比η’より限界状態パラメータ $M=1.58$ を決定した．ここでは弾性体積ひずみの発生を無視している．供試体がせん断中圧縮から膨張に転ずるところの接線勾配 $d\eta'/d\varepsilon_S$ を $v_\lambda=v+\lambda\ln p'$ で整理して $d\eta'/d\varepsilon_S=0$ における v_λ を求めることにより、限界状態線の位置を決めるパラメータ $\Gamma=3.01$ を決定した（線形最小二乗法使用，$y=ax+b$，$a=-23.3938$，$b=70.31975$）．弾性挙動に関わるポアソン比 $\nu'=0.493$ と膨潤指数 $\kappa=0.00211$ は，拘束圧一定条件で除荷を行って直接求めた．正規圧密線の位置を決めるパラメータ $N=3.18$ は，$N=\Gamma+(\lambda-\kappa)\ln 2$ の関係より求めた．

３．過圧密解消のメカニズムの決定

正規降伏面の大きさ p_y^* と下負荷面の大きさ p_y' の比Ｒは，式（２）～式（４）より求めた．

$$p_y^*=\exp\left(\frac{N-v_\kappa}{\lambda-\kappa}\right)\qquad ここに，\ v_\kappa=v+\kappa\ln p'\qquad\cdots(2)$$

$$p_y'=\frac{p'\{M^2+(\eta')^2\}}{M^2}\quad\cdots(3)\qquad R=\frac{p_y'}{p_y^*}\quad\cdots(4)$$

Ｒの ε_S に対する変化率Ｕsは，式（５），式（６）より求めた．

$$m^{-1}=\frac{d(\ln p_y')}{d(\ln p_y^*)}=\frac{\{M^2-(\eta')^2+6\eta'\}(\lambda-\kappa)}{\left\{v_{0.2}(3-\eta')\dfrac{d\varepsilon_V}{d\varepsilon_S}\dfrac{d\varepsilon_S}{d\eta'}-\kappa\right\}\{M^2+(\eta')^2\}}\qquad\cdots(5)$$

$$U_S=\frac{dR}{d\varepsilon_S{}^p}=\frac{R}{DM}\frac{1}{2\eta'}(M+\eta')(M-\eta')(m^{-1}-1)\qquad\cdots(6)$$

Ｕs～Ｒの関係は，実験公式，式（７）で表すことができた．$y=a_1\exp(b_1x)+a_2\exp(b_2x)\cdots(7)$ ここに $y=U_s$，$x=R$．例えば，相対密度Ｄｒ＝69.90%の場合，$a_1=12.85376$，$a_2=2568964$，$b_1=-33.5968$，$b_2=-637.639$ である．以上の弾塑性パラメータと過圧密解消のメカニズムの有効性は，増分形弾塑性構成式による試験結果の再現により確かめている．

参考文献

１）J.H.Atkinson, P.L.Bransby, The Mechanics of Soils, McGRAW-HILL Book Company(UK)Limited, Chapter12 The Behaviour of Sands, pp.235-262, 1978
２）三隅浩二，小田原市典，砂質土の三軸試験データ解析法の開発に関する２，３のアプローチ，土木学会第６４回年次学術講演会講演概要集第Ⅲ部門，pp.113-114，2009.9.

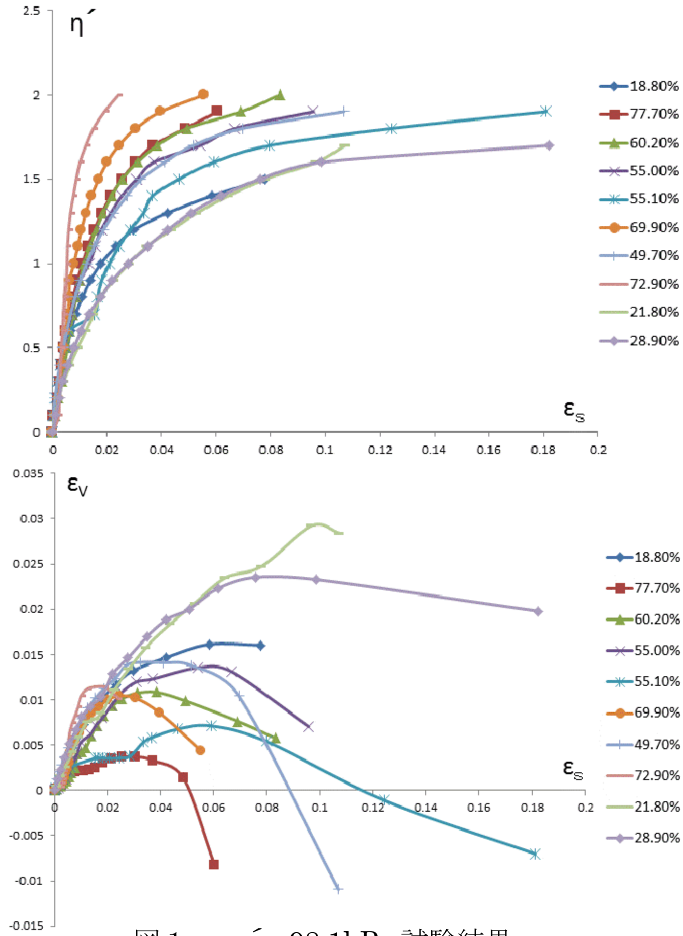

図１　p0´=98.1kPa 試験結果

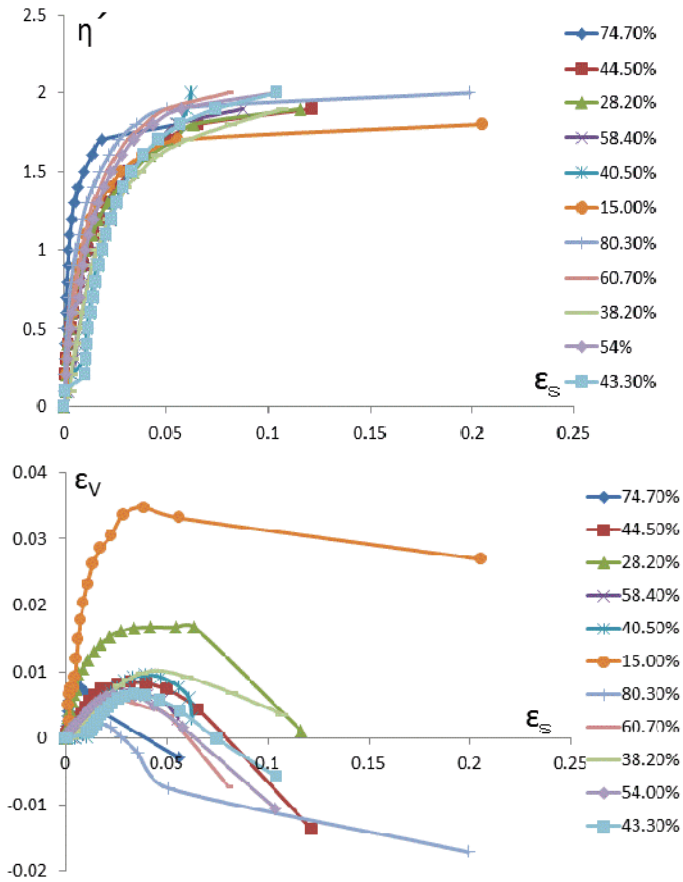

図２　p0´=49.05kPa 試験結果

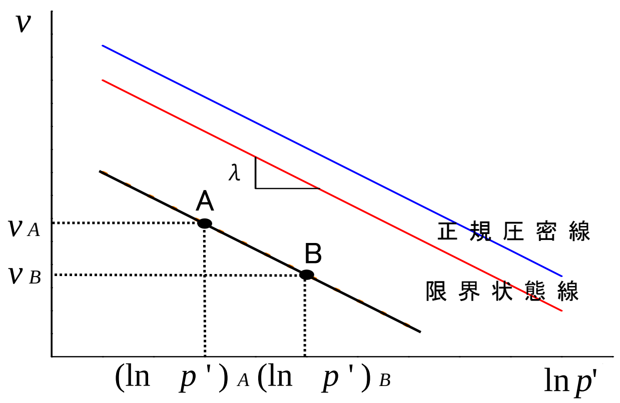

図３　圧縮指数λの決定法

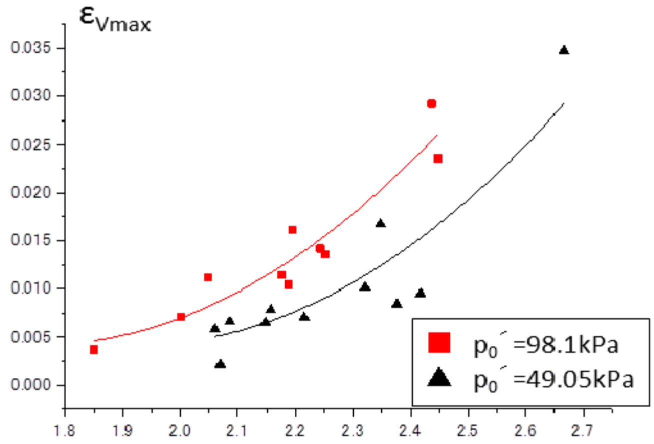

図４　εv max～v0 関係

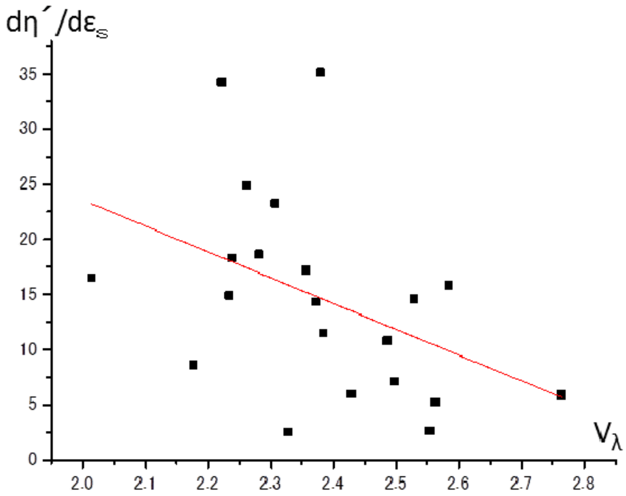

図５　dη´/dεs～vλ関係

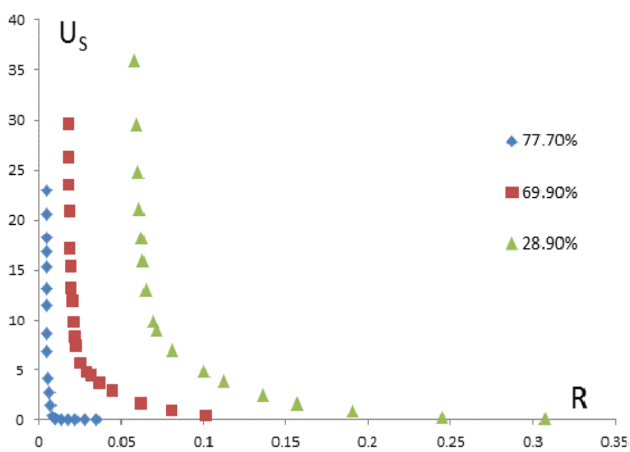

図６　Us～R 関係(p0´=98.1kPa)