定ひずみ速度圧密試験における計測データの吟味方法

鳥取大学工学部　正　清水　正喜
鳥取大学大学院　学○今村　乗仁

はじめに：定ひずみ速度圧密試験において，学会基準 1)で推奨された最大の測定時間間隔より短い間隔で測定した場合，測定したデータをすべて用いて結果の整理を行うと，試料の圧縮・圧密に関するパラメータの関係が非常にばらつくことがある．その原因を考慮して，データを吟味する方法について実例を挙げて考察する．

試験条件：練り返し再圧密粘土試料に対して，異なった圧縮速度（r）で定ひずみ速度圧密試験を行った．供試体は予め先行圧密圧力 80kPa で圧密している．ここでは r=0.005，0.5(%/min)の場合を例にとって考察する．各試験における計測条件を表 1 に示す。軸圧縮荷重はひずみゲージ式荷重変換器とA／D変換機能を有したデータロガーにより計測した．計測器出力は 10^{-6} ひずみ単位の整数値である．

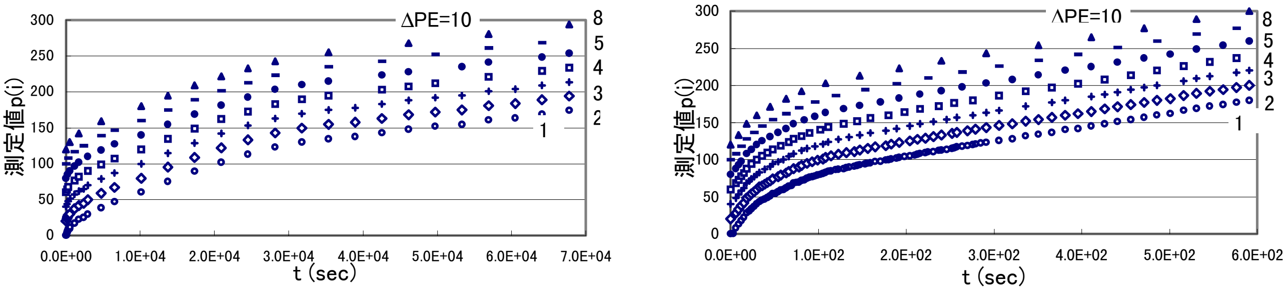
地盤工学会基準 1)では荷重計は供試体に作用する軸圧縮力をその最大値の±0.5%の許容差で測定できることとある。軸圧縮力は出力値に一定の較正係数（K）を掛けて算定したが，使用変換器の非線型性に伴う最大誤差を考慮してもこの条件をクリアーしている．

表１：計測の条件

r	RC	K	P_{max}	P_{max}x0.5%	測定間隔⊿t			
%/min	kN	N	kN	kN	sec			
0.005	4.9	1.63	4.4	0.022	0≤t<10min 60s	10≤t<30 600	30≤t<60 1800	60≤t 3600
0.5	9.8	3.27	7.0	0.035	0≤t<5min 3	5≤t<25 15	25≤t<35 30	35≤t 60

r：圧縮速度，RC：荷重計定格容量，K：$1x10^{-6}$ ひずみ当たりの荷重，P_{max}：測定された圧縮力の最大値

データ整理の方法：JGS 基準の方法に準拠した．測定したN個の軸圧縮荷重データを P(i)(i=1,2,..,N)とする．まず始めに，同じ値のデータが連続するとき,例えば P(i)=P(i+1)=..=P(i+k)であれば k 個のデータ P(i+1),,P(i+k)を除かなければならない．これは体積圧縮係数を計算する場合に，時間Δt 間に生じた軸圧縮圧力の変化量Δp(=K*ΔP/A；A は供試体断面積)で除するためである。よって一般に定ひずみ速度圧密試験の結果の整理に使用する測定データは，P(1)と P(j)-P(j－1)≥1　(j≥2)となるものである(以下初期データと呼ぶ)。図 1(a),(b)に初期データを時間に対して示す（図中初期データはΔPE=1，その他のデータについては後述）．



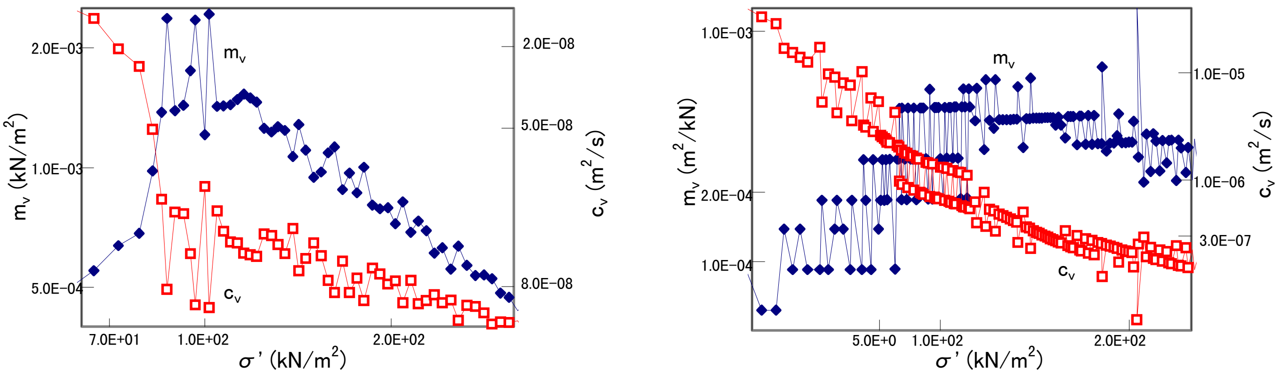
(a)r=0.005%/min　　(b)r=0.5%/min

図１：荷重測定値と時間の関係

図２(a)，(b)は初期データを用いて計算された体積圧縮係数 mv と圧密係数 cv を平均有効応力σ'($=p-2u_b/3$)に対してプロットしたものである.ここに，u_b は底面間隙水圧．図を見易くするため結果の一部分のみを示している．図より mv と cv はσ'に対して振動的に変化していることがわかる．このような振動的挙動は土の性質として本来あり得ないものと考えられる．以下，mv のみを取り上げて議論することにする．

振動的挙動の主な原因として(1)A／D変換の精度や，(2)測定系の電気的不安定を挙げることができる．原因の(1)は，基本的には変換のビット数が有限である限り解消できないが，ビット数の多い計測器を使用することによって改善できる．(2)については，通常，計測器指示値の最下位桁が±１程度は変動するのでこの影響を避けることは困難である．実際，本研究で使用した計測器においても指示値の最小桁は±１程度変動していた．このような計測システムに起因する問題点を回避するためにはデータを吟味する必要がある．

キーワード：圧密，体積圧縮係数，定ひずみ速度圧密試験
連絡先：〒680-8552 鳥取市湖山町　鳥取大学工学部　清水正喜　TEL：0857-31-5290；FAX：0857-28-7899



(a)r=0.05%/min　(b)r=0.5%/min

図２：初期データを用いて得た結果（mv および cv とσ'の関係）

データの吟味方法：計測誤差の影響をできるだけ小さくするためには，計算に用いるΔP を大きくとることによって，そこに含まれた計測誤差の割合を小さくすることが有効であると想像できる．ここでは計測誤差の影響を無視できるような連続データの差（変動量）を有意な変動量と呼ぶことにする．ただし，有意な変動量を予め推定できないので試行的に定めなければならない．有意な変動量をΔP_Eと書くと計算に使用するデータは

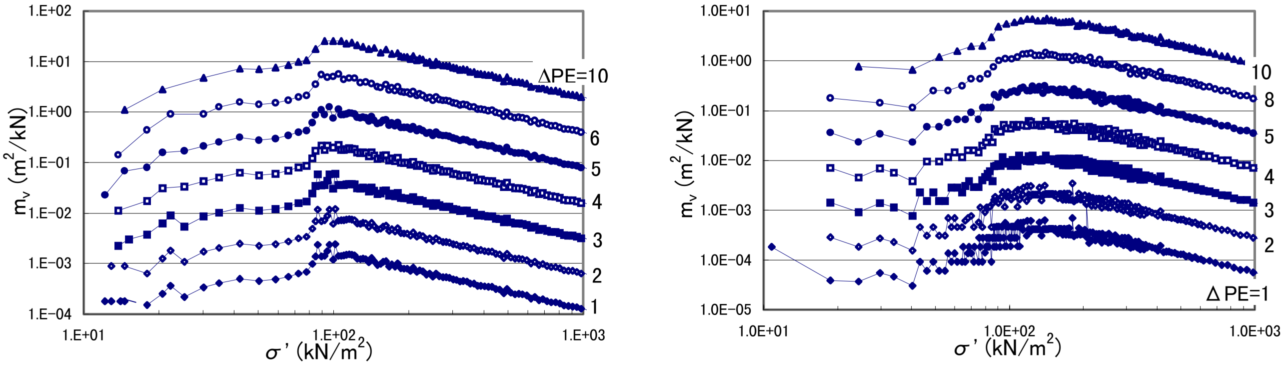
$\Delta P(j)= P(j)-P(j-1)\geq\Delta P_E$ $(j\geq2)$

の条件を満足すべきである．この条件を満足するデータを２次データと呼ぶ．先に述べた初期データは$\Delta P_E=1$の場合に相当している．

２次データとして，$\Delta P_E=2$，3，4，5，8 または 10 の６つのケースを考えて試験結果を整理した．２次データを先の図１に示した．ここで図を見やすくするため、2 次データは一定量（=20）だけ縦方向に順にシフトさせた．

これらの図で見る限り，軸荷重は，ΔP_Eの大きさに関わらず，滑らかな時間変化を示している．なお，当然ながら，２次データの個数はΔP_Eが大きいほど減少する．

図 3(a)，(b)に，初期データと 6 種類の 2 次データから求めた体積圧縮係数と平均有効応力の関係を示す。ここでも，煩雑さを避けるため，2 次データから計算した体積圧縮係数には一定量(=5)だけ順に乗じて縦方向にシフトさせた．両図から、振動現象はΔP_Eの値が大きくなるにつれて消えていく様子が見られる．両図を比較すると，ΔP_Eが同じであっても振動の程度が異なっているように見える．これは，２次データの個数が圧縮速度の速い場合（図３(b)）に多い（測定時間間隔が短い）からである（表１参照）．勿論，圧縮速度によって挙動は異なるものではあるが，そのような本質的な問題ではなくて，計測時間間隔の違いを反映したものである．



(a)r=0.005(%/min)　(b)r=0.5(%/min)

図３：2 次データから計算した結果（mv とσ'の関係）

おわりに：定ひずみ速度圧密試験において短い時間間隔で測定した場合，すべてのデータを用いるのではなくて，計測システムの誤差を考慮してデータを吟味する必要がある．誤差の影響が少なくなるように，連続した 2 つのデータの差をある大きさ（有意な変動量）以上にすればよいことを実例を挙げて示した．有意な変動量の値は計測システムと計測方法によって異なるので試行的に決定する必要がある．

参考文献：地盤工学会(1994)：土の定ひずみ速度圧縮試験方法(JSF T 412-1993)、新規制定土質工学会基準・同解説(1994 年度版)