

横浜国立大学 工学部 正会員 ○ 片桐雅明
 横浜国立大学 工学部 正会員 今井五郎

I. はじめに

これまで筆者らは、過圧密状態における粘性土の変形挙動を考察するために、2つの異なる有効応力経路群(等方圧密・膨潤した後非排水状態で軸圧縮する試験(CU-Test),等方圧密した後せん断応力を加えそのせん断応力を加えたまま間隙水圧を増加させる実験(PI-Test))に対して、正規化した全ひずみエネルギー W_p なる量を考え、これとせん断ひずみ ϵ_s および体積ひずみ ϵ_v の関係について調べてきた¹⁾²⁾。その結果、等方圧密終了後の応力状態およびその時の供試体寸法を基準とすると、2つの有効応力経路群が作る $\epsilon_s-\epsilon_v-W_p$ 曲面はほぼ一致するという結論を得た²⁾。今回はさらに、調整した東京湾海成粘土を用いて行ったせん断応力を増加させながら間隙水圧を増加させる間隙水圧増加実験(PI-Test)³⁾とCU-Testおよび三田地らが行った塑性指数30の早来粘土のCU-TestとCU-Testの結果⁴⁾について、同様に整理したので報告する。

II. 正規化した全ひずみエネルギーの定義

正規化した全ひずみエネルギー W_p は次式のように定義される²⁾。

$$W_p = \int d\epsilon_v + \int \eta \cdot d\epsilon_s \quad (1)$$

ここで、 ϵ_v は体積ひずみ($=\epsilon_s + 2\epsilon_r$)、 ϵ_s はせん断ひずみ($=2(\epsilon_s - \epsilon_r)/3$)、 η は応力比($=q/p'$)である。また、 ϵ_v 、 ϵ_s はともに全ひずみであり、回復可能な成分も含んでいる。(1)式の右辺第1項は、図-1に示すように基準点(R.P)からある応力状態(A)までの体積ひずみを示し、第2項は図-2に示すようにR.PからA点までの $\epsilon_s \sim \eta$ 曲線と ϵ_s 軸で囲まれる面積、すなわちせん断変形に関する正規化した仕事量(正規化したとは仕事のせん断応力をその時の平均有効応力で除し、応力比として現わしたことを意味している)を表している。以上のように W_p は体積ひずみに関する量とせん断ひずみに関する量の和として表される。また、(1)式の各ひずみを塑性成分で与えると、(1)式は諸戸(1976)⁵⁾の S_s と同じ定義となる。

変形挙動を把握するための基準点(R.P)は正規圧密状態である等方圧密終了時点とした。それゆえ、その応力状態から除荷して体積が増加した過圧密供試体の W_p は負の値を取ることになる。

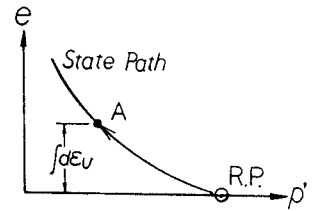


図-1 $\int d\epsilon_v$ の定義(概念図)

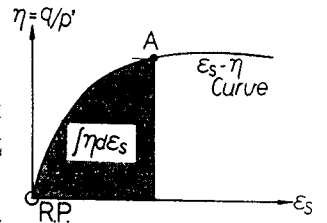


図-2 $\int \eta d\epsilon_s$ の定義(概念図)

III. qを制御した間隙水圧増加実験とCU-Testの比較

図-3にqを制御した間隙水圧増加実験とCU-Testの有効応力経路を示す。これら2つの実験について $\epsilon_s-\epsilon_v-W_p$ 関係を考察する。その方法として、ここでは $\epsilon_s-\epsilon_v$ 面上に(ϵ_s 、 ϵ_v 、 W_p)経路を投影し、 W_p 値のコンター線を描き、そのコンター線に着目した。

図-4は $\epsilon_s-\epsilon_v$ 面上に投影したPI-Testの $\epsilon_s-\epsilon_v-W_p$ 関係(太線)と W_p 値コンター線(実線)およびCU-Testから求めた W_p 値コンター線(一点鎖線)を示している。両実験のコンター線はほぼ一致し、 $\epsilon_s-\epsilon_v-W_p$ 関係は実験経路に依存していないことを示している。

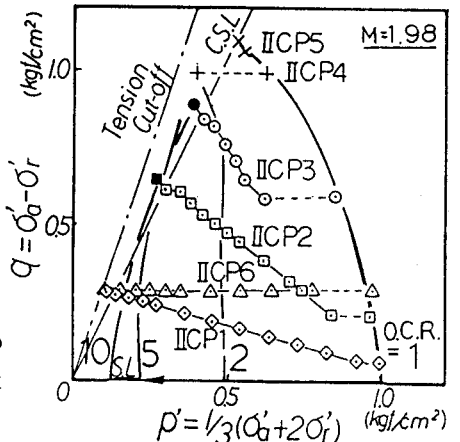


図-3 PI-TestとCU-Testの有効応力経路

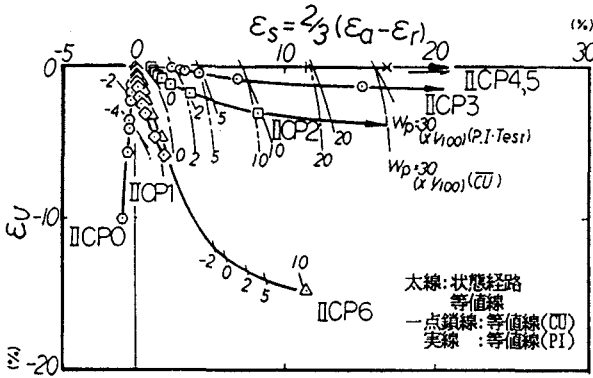


図-4 $\epsilon_s - \epsilon_v$ 関係と等Wp値線

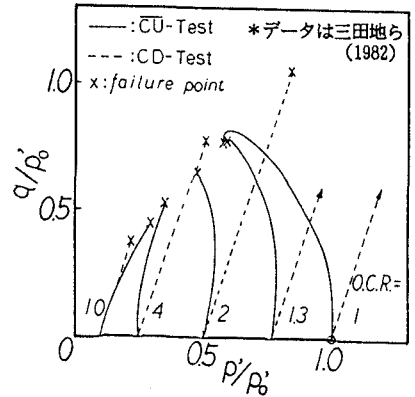


図-5 CU-TestとCD-Testの有効応力経路

IV. CU-TestとCD-Testの比較

PI-Testは特殊な有効応力経路であり、 $\epsilon_s - \epsilon_v - W_p$ 特性に対して一般性に欠ける。また用いた粘性土も高塑性の粘土1種類であった。そこで、三田地ら(1982)が行った塑性指数30の早来粘土を用いて準備した過圧密粘土に対するCD-TestとCU-Testの結果⁴⁾に対して $\epsilon_s - \epsilon_v - W_p$ 関係を求めた。

比較した有効応力経路は、図-5に示すような先行応力(p_0)が600kPaの各種過圧密粘土に対するCU-TestとCD-Testの有効応力経路であり、ひずみ速度は両者とも0.0007%/min.のものを用いた。

図-6にCU-Testの $\epsilon_s - \epsilon_v$ 関係およびある大きさのWp値の位置を示す。膨潤過程では ϵ_v とWpが負となり、非排水せん断過程では ϵ_v 一定で変形が進行している。同じ大きさのWp値を結んだWp値コンター線は交差することなくなめらかである。

図-7はCD-Testの $\epsilon_s - \epsilon_v$ 関係(太線)とWp値コンター線(実線)および 図-6に示したCU-TestのWp値コンター線(一点鎖線)を示している。2つのWp値コンター線は一致していると見なせる。

VI. まとめ

正規化した全ひずみエネルギーを新たに定義し、過圧密粘土の変形挙動について考察した結果、単調に有効応力が変化する場合には、 $\epsilon_s, \epsilon_v, W_p$ が作る曲面は有効応力経路の違いに依存しないと見える。

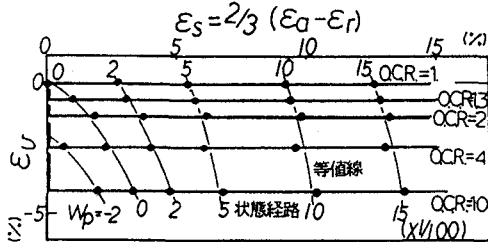


図-6 $\epsilon_s - \epsilon_v$ 関係と等Wp値線(CU-Test)
(データは三田地ら(1982))

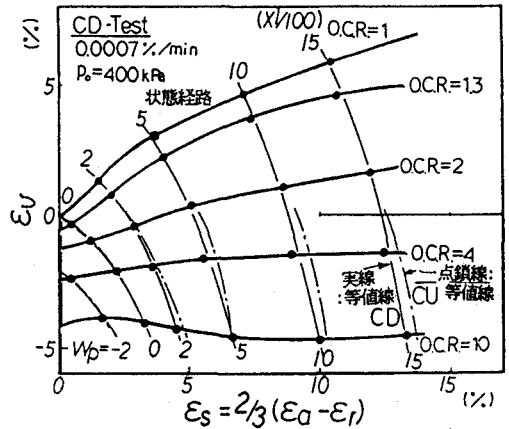


図-7 $\epsilon_s - \epsilon_v$ 関係と等Wp値線(CD-Test)
(データは三田地ら(1982))

[謝辞] 早来粘土のCD-Test・CU-Testの実験結果は、北海道大学教授・三田地利之先生からいただいたものである。また当時北海道大学助手・木幡行宏氏(東大生研助手)には手を煩わせた。記して感謝の意を表す。

[参考文献] 1)今井・片桐(1987):第22回土質工学研究発表会, pp459-462 2)片桐・今井(1988):第23回土質工学研究発表会, pp493-494 3)今井・片桐・吉原(1988):第23回土質工学研究発表会, pp499-500 4)牧田・北郷・三田地(1982):第37回年次学術講演会講演概要集, III, pp187-188 および実験データ 5)諸戸靖史(1976): Soils and Foundations Vol.16, No.4 pp1-9