

西日本工業大学 正員 岸原一哉

西日本工業大学 学員 O大石久雄

九州大学 工学部 正員 山内豊聡

1. まえがき 土の破壊や降伏条件を従来の応力のみからではなく変形の面から規定しようという試みは内外にみられる。これは結局、土の一般的な応力-ひずみ関係式を確立することに帰着する。このひずみ変形のうちでも タンタルン（土のせん断）の果ては他の材料にはみられない特性として重要な位置を占めることは周知の事実がある。強度や変形に対する タンタルン効果の導入は数多くの研究例がみられるが、粘土の異方圧密中に生ずるようなタンタルンの特殊依存性に関する研究は極めて少ないように思われる。筆者らは K₀ 圧密後の三軸異方圧密中体積ひずみとせん断ひずみの場合と有効応力比との間には

$$d\epsilon_v/d\epsilon_r = C_k (\tau/\sigma_m)^n \quad \text{----- (1)}$$

なる関係のあることを示し、これから さらに異方圧密中のせん断ひずみ速度が

$$d\epsilon_v/d \log t = C_k \{ (\tau/\sigma_m)^n - 1 \} \quad \text{----- (2)}$$

で表わされることを示した^{1,2)}。しかし、(1)式は タンタルン効果と無視して考えられているため異方圧密中の体積変化のタンタルン量が大きい場合には(1)式の適用は適切ではない。本論文では異方圧密中のタンタルン量の応力経路や有効応力比依存性と時間依存性を K₀ 圧密後の試料について 平均主応力 σ_m 一定の三軸異方圧密試験の結果から考察する。

2. 平均主応力一定の三軸異方圧密試験

2.1 σ_m 一定試験：タンタルン量ののみを取出すために

に平均主応力 σ_m 一定に保って軸差応力ののみを応力制御により変化させる方法がよく行われる。砂質土においては落合・山内や龍岡・石原らの実験があり粘土においては柴田の研究があり、有効応力比依存性に認められている。とくに柴田の報告では側方流動に関係するせん断ひずみに準じて置いたため体積変化に関する考察が十分でなく、タンタルンの割合を示す $d\epsilon_r/d\epsilon_v$ から (τ/σ_m) に依存するにもかかわらず体積ひずみ速度 $d\epsilon_v/d \log t$

は、図-1 に示す様に σ_m に従属する傾向（一見）矛盾はデータが得られている。本文の実験はこの点を明確にするを目的としている。2.2 実験の概要：今回の試験方法は、図-2 に示すようにできるだけ幅広い応力状態にわたって結果が得られる様にいくつかの K₀ 圧密試験後 σ_m を一定に保って応力制御式に異方圧密させている。用いた試験材料は従来のような高有機質粘土土と力太土を混合して人工的な有機質粘土とするの特性を表-1 に示している。このような試験材料を約 24 時間水中で養生させたのち大型圧密容器で約 10⁻² 2 週間圧密させた後 径 60mm × 高 90mm に整形して実験に供する。K₀ 圧密およびその後の異方圧密は 1 段階的（図-3）にて、試験機はルビー・タイプの三軸圧密試験機で詳細は別紙報告に通りである。

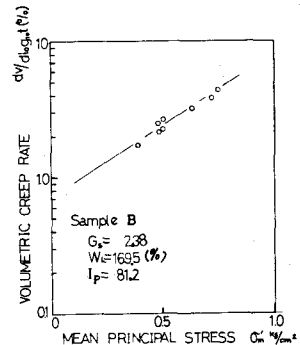


図-1 体積ひずみ速度の平均主応力依存性

3. 試験結果とその考察 3.1 体積ひずみと軸ひずみの

関係：今回行われた σ_m 一定異方圧密試験が K₀ 圧密や等方圧密に比べてどのような変形状態にあるかを調べるために体積ひずみ ϵ_v と軸ひずみ ϵ_r の関係を示したのが図-3 である。図-3 は ϵ_r と ϵ_v の関係のうち初期の直線部分をとり σ_m の関係を示している。3.2 タンタルン量について：柴田³⁾ は σ_m 一定異方圧密が施された圧密粘土の異方圧密中のタンタルン量 τ/σ_m は

$$\Delta \tau / \sigma_m = D (\sigma_1 - \sigma_3 - \sigma_c) / \sigma_m \quad (3)$$

で表わされる。ここで、D はタンタルン係数、 σ_c はタングステン（タングステン）の応力である。今回の K₀ 圧密後の異方圧密試験

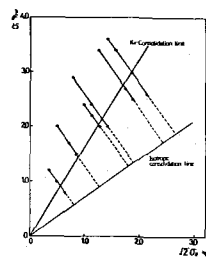


図-2 レットアップの応力図

表-1 試験材料の特性

粒状比重 G_s	2.34
液性限界 W_L (%)	153.0
塑性指数 I_p	65.8
有機物含量 (%)	10.0
粘土鉱物	カオリン

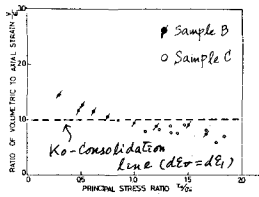


図-3 $d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ の有効応力依存性

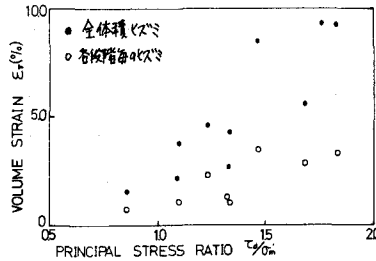


図-4 体積ひずみの有効応力依存性

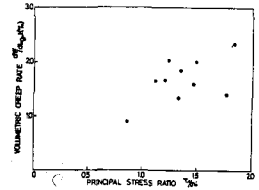


図-5 体積増加率の有効応力依存性

の結果から得られたタイルテンシーによる体積ひずみと有効応力比の関係を図-4に示している。K₀圧密から出発しているため、 $(\sigma_1/\sigma_3)_K$ に相当する応力比は明らかに存在し、K₀値から算出される応力比 $(\tau_1/\sigma_3)_K$ である。よって (3) 式を、

$$\Delta V_1/V_0 = D_K \{ (\tau_1/\sigma_3) - \tau_{K0} \}^n \quad (\tau_{K0} = (\tau_1/\sigma_3)_K) \quad (4)$$

のように書き改めれば、等方圧密開始時の応力状態が等方的であれば $\tau_{K0} = 0$ となると考えられ、(6) 式として (3) 式で表示する必然性はないように思われる。この点は理論的考察の段階で橋口も指摘しており、また松岡も実験データを示している。

(4) 式で累乗の形に表わせば、等方圧密開始時に圧密は必ずしも直線状とはならないと推定したためである。この点は等方圧密材料についての検討結果に待つ必要がある。

3.3 タイルテンシーの時間依存性について： σ_m -定試験も σ_1 -定試験と同様に、その体積ひずみ-時間曲線は後半部分は直線性を示す。この部分をタイルテンシー定度として $d\varepsilon_v/d \log t$ で表わし (τ_1/σ_3) との関係を示し、図-5のようになる。従来の報告には等方圧密中の体積増加率の有効応力比による一定値をとるという傾向を示しているが、今回の実験ではタイルテンシー量同様 (τ_1/σ_3) に依存する傾向を示している。これらの量はいずれも K₀ 圧密時の二次圧密速度よりも小さく、 (τ_1/σ_3) 依存性が顕著ではない。

3.4 タイルテンシーとせん断ひずみの関係： タイルテンシーをせん断ひずみに伴う体積変化と定義するから $d\varepsilon_v/d\varepsilon_d$ なる値がタイルテンシーの相対割合を示す値となる。この値は $\varepsilon_1 = \varepsilon_d + \frac{1}{3}\varepsilon_v$ なる関係から先の $\varepsilon_v/\varepsilon_1$ と連続した関係にある。図-6は、 $d\varepsilon_v/d\varepsilon_d$ の (τ_1/σ_3) 依存性を示している。軸差応力による体積変化のみが生ずるような三軸受圧装置においても、(1) 式の関係が成り立つことが確かめられる。(1) 式が成り立つことから (1) 式を拡張して、

$$\frac{d\varepsilon_d/d \log t}{d\varepsilon_v/d \log t} = C_h \left(\frac{\tau_d}{\sigma_m} \right)^n$$

において、 $d\varepsilon_v/d \log t \propto (\tau_1/\sigma_3)^n$ から、

$$d\varepsilon_d/d \log t = C_h' (\tau_d/\sigma_m)^{n+1} \quad (5)$$

と表わしうる。とかがわかる。

これらの傾向はさらに等方圧密材料についても検討し、タイルテンシーに及ぼす stress path の影響を議論する必要がある。

4. おわりに 以上をまとめると次のようになる。(1) 正規圧密から出発した正規圧密粘土の等方圧密中のタイルテンシー量は有効応力比の関数として (4) 式のように表わすことができ、タイルテンシーを越え限界の応力の存在の必然性には疑問がある。(2) また、等方圧密中のタイルテンシー定度 (τ_1/σ_3) において一定値にはなり得ず、 (τ_1/σ_3) に依存するところから従来とは異なる結論が得られる。このことは、十分に内部摩擦角が影響されていることを示している。(3) 等方圧密中の体積ひずみとせん断ひずみの関係から (1) 式の成り立つことが確かめられ、さらにそこから前報と同様 (5) 式が成り立つ。**引用文献** (1) 山内 寿康 (1973): 有限変形工の K₀ 圧密と排水特性について, 第2回土質工学研究発表会講演集, pp. 129-133 (2) 山内 寿康 (1973): 粘土の排水特性, 第2回土質工学研究発表会講演集, pp. 47-50 (3) 落合 山内 (1970): 砂土の圧密とタイルテンシーについて, 土木工学集報, pp. 102-108 (4) Tatsunaka, F. and K. Ishihara (1971): stress Dilatancy Characteristics of Sand in Triaxial Tests, Proc. 4th Conf. SHFE, pp. 337-351 (5) 柴田 (1963): 粘土の圧密特性について, 土木工学集報, pp. 12-14 (6) 橋口 (1973): 土の圧密とせん断ひずみの関係, 第2回土質工学研究発表会講演集, pp. 15-16 (7) Walker, L. K. (1969): Secondary Compression in the Shear of Clay, Proc. ASCE, SM-1, pp. 147-155.