

III-5 飽和粘土の種類によるダイレイタンスーの時間依存性の変化

東海大学 学員 ○ 張 惠文
東海大学 正員 森田 定市
東海大学 正員 植田 信徳
東海大学 正員 赤石 勝

1. まえがき

土の応力～ひずみ関係が時間に依存することはすでによく知られている。飽和粘土のせん断中に生じるダイレイタンスーの時間依存性を明らかにすることはきわめて重要な研究である。われわれは飽和粘土の異方圧密中、または非排水クリープ時に生じるダイレイタンスーの経時変化を調べ、発表をした^{1),2)}この研究では、多種類の粘土を用いて非排水クリープ試験を行い、試料の土性によるダイレイタンスーの時間依存性の変化を調べ、検討を加えた。

2. 飽和粘土のダイレイタンスーおよびその時間依存性³⁾

非排水状態の土要素に発生する過剰間隙水圧 Δu_e は、平均主応力増分 $\Delta \sigma_m$ によって即時的に生じる成分 Δu_m と主応力差増分 $\Delta \sigma_d$ による変形に伴うダイレイタンスーによって経時的に生じる成分 $\Delta u_d (=D \cdot \Delta \sigma_d)$ の和としてつぎのように表わせる。

$$\Delta u_e = \Delta u_m + \Delta u_d = \Delta \sigma_m + D \cdot \Delta \sigma_d \quad (1)$$

ここで、 D は非排水条件下のダイレイタンスー係数である。正規圧密飽和粘土の上限降伏値以内の範囲においては、非排水クリープ試験によって得られるダイレイタンスー係数 D は図-1 に示すように経過時間の対数に対して直線的に増加する。この関係は次式で表わせる。

$$D = a + b \log t \quad (2)$$

ここで、 a は時間 $t = 1 \text{min}$ における D の値で、 b は直線の勾配である。

これに対して排水状態の土要素内で増加する有効応力は、土要素内に残留している過剰間隙水圧を Δu とした時、有効平均主応力と排水に伴う変形にもとづくダイレイタンスーによって経時的に生じる有効応力 $\Delta \sigma'_d$ の和としてつぎのように表わせる。

$$\Delta \sigma'_d = \Delta \sigma'_m + D_d \cdot \Delta \sigma'_d - \Delta u = \Delta \sigma'_m + D_d \cdot \Delta \sigma'_d \quad (3)$$

ここで、 D_d は排水条件下のダイレイタンスー係数で、載荷後の経過時間または載荷速度の等しい非排水状態のクリープ試験または圧縮試験から得られる D に一致することが確かめられている。

飽和粘土の圧密において $\Delta \sigma'_d$ の増加に伴う圧密によって土要素に生じる体積ひずみ Δe_v は次式で示される。

$$\Delta e_v = m_v^* \cdot \Delta \sigma'_d = m_v^* (\Delta \sigma'_m + D_d \cdot \Delta \sigma'_d) \quad (4)$$

ここで、 m_v^* は $\Delta \sigma'_d$ に対して定義した体積圧縮係数である。

上述のことからわかるように、ダイレイタンスー係数は土の応力～ひずみ解析には重要な要素である。土の特性を表す要素はいくつかあるが、塑性指数 I_p は簡単な実験から求められ、土性をよく表現できる要素である。この研究では I_p をファクターとして土のダイレイタンスーの時間依存性の変化を調べた。

3. 試料および実験方法

5種類粘土試料を実験に用いた。その物理的特性は表-1 に示すとおりである。試料を液性限界以上の高含水比で十分練返し直径15cmのモールドに入れ、自主する程度に圧密して大型二軸室内に移し 15kgf/cm^2 の圧密圧力で再圧密する。等方圧密終了後、直径5cm、高さ10cmの円柱形供試体を作成

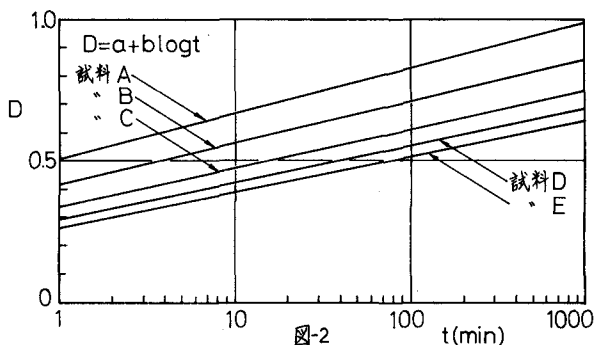
表-1 試料の物理的特性

試料	G_s	W_p	W_L	I_p
A	2.74	9.6	30.4	20.8
B	2.61	16.0	44.4	28.0
C	2.61	33.4	72.6	39.2
D	2.51	24.6	71.0	46.4
E	2.61	50.3	103.1	52.8

形し、ペーパードレーンを巻いて三軸室内にセットする。おのおのの供試体は 2.0 kgf/cm^2 の周圧を加えて約24時間の等方圧密を行った。このように圧密した試料に対し、非排水状態で側圧を 2.0 kgf/cm^2 に保ち、それぞれの試料について主応力差 σ_1 /破壊時の主応力差 $\sigma_1 = 0.45 \sim 0.7$ の範囲の主応力差を加え過剰間隙水圧の経時変化を測定した。なお、試料を飽和させるためには 1.0 kgf/cm^2 のバックプレッシャーを加えた。

4. 実験結果および考察

いままでの研究によると、正規圧密飽和粘土の非排水クリープ試験における上限降伏応力以内のダイレイタンシー係数 D は周圧 σ_3 および主応力差 σ_1 に関係なく、時間の対数に比例して増加する。この研究では5種類の正規圧密飽和粘土の非排水クリープ試験を行った結果、ほぼ上述のことと同じ傾向を得た。ここではおのおのの試料についての $D \sim \log t$ 関係の平均値を取り図-2のように描いた。図-2に示されるように、 $D \sim \log t$ 関係を示す直線が試料AからEへの順で上から下へ移行し、その勾配も少しずつ減少する。



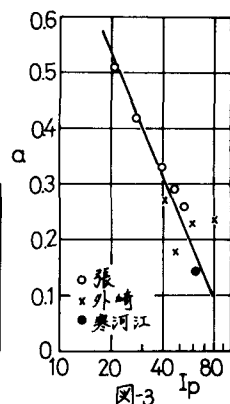
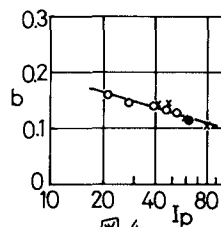
おのおのの試料の $D \sim \log t$ 関係を式(1)で示し、実験定数 a と b の値を求め、塑性指数 I_p に対してプロットしてみると図-3, 4を得た。参考のため、外崎⁴⁾および寒河江⁵⁾の実験データについても本研究の方法で実験定数 a と b を求め、それぞれを図-3, 4に併記した。バラツキはあるが、 a と b はいずれもほぼ直線に集まっている。

図-3からわかるように塑性指数 I_p が小さい場合、 a は大きな値を示す。すなわち、試料のダイレイタンシー現象が大きいことを示している。大きな I_p 値を示す試料につれ、そのダイレイタンシー現象が漸減し、小さな a の値を示す。

図-4に示される実験定数 b の値は a の場合と同じように I_p の増加に対して漸減する傾向を示すが、その変化は小さい。図-3, 4の関係を式で表現すると、つぎのようになる。

$$\begin{aligned} a &= 1.50 - 0.74 \log I_p \\ b &= 0.28 - 0.09 \log I_p \end{aligned} \quad (5)$$

上記のことから I_p によるダイレイタンシーの時間依存性の変化がわかる。これらの関係を明らかにすることによってダイレイタンシー係数は簡単に I_p から求められると思われる。



5. おわりに

正規圧密飽和粘土のダイレイタンシー特性を表わすダイレイタンシー係数を検討した結果、 D 係数は試料の塑性指数とかなり関連することがわかった。しかし、試料はわずかな数種類に限られているので、今後、資料をさらに収集する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 稲田・赤石・張：飽和粘土の異方圧密中に生じるダイレイタンシー，第13回土質工学研究発表会。
- 2) 稲田・赤石・張：非排水せん断の応力-ひずみ-時間関係に及ぼす載荷段階の影響，東海大学紀要，1977。
- 3) 稲田・赤石・張：等価応力にもとづく正規圧密飽和粘土の体積変化に関する考察，土木学会論文集投稿中。
- 4) 稲田・赤石・外崎：飽和粘土の応力-ひずみ関係に及ぼすせん断時間の影響，土木学会第34回年次発表会。
- 5) 稲田・赤石・外崎・寒河江：正規圧密粘土の強度増加率，東海大学紀要，1978。