

長崎大学工学部 正員 村山翔郎

〃 〃 〃 〇井上 治

1. まえがき

砂質土と粘性土の分類に関する従来の研究は、それらを混合した混合土についての物理的及び力学的性質に関する各種実験からみた成果の報告<sup>1), 2), 3)</sup>が多い。しかしこの両者の区分について、変形特性からみた説明は、まだ少ないようである。そこで本研究は、土のレオロジー的挙動に注目して、砂と粘土の混合割合の異なる混合土のクリープ特性、応力緩和特性の変化により砂質土と粘性土の変形特性を検討し、両者の境界をみいだすことを試みた。クリープ特性については、二次圧密のぬずみ速度のこう配  $d\varepsilon/d\log t$  で、また応力緩和については、村山・柴田が提案した土のレオロジーモデルの弾性定数  $E_1, E_2$  を求めて、それらを比較検討した。

2. 試料, 実験装置及び実験方法

試料には、豊浦標準砂と藤ノ森粘土(市販)を用いた。この砂と粘土を混合し、混合割合は質量比で、粘土含有率 (clay content ratio, C.C.R. と略称;  $C.C.R. = \{c/(c+s)\} \times 100$ ,  $c$ ; 粘土の質量,  $s$ ; 砂の質量) 100, 80, 60, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10% の10種の混合土を準備した。これらの試料は、CCR 100% (粘土) の液性限界よりやや多い含水比 (65%) にしたものを、ソイルミキサーで9時間練り混ぜた後、大型圧密容器に入れて、0.60, 0.12, 0.25, 0.50  $\text{kg}/\text{cm}^2$  の4段階に分けて荷重増加を行なひ、最終段階で、7日間放置したものを供試体とした。これらの混合土の物性は、図-1, 2に示す。クリープ実験は、三軸室の載荷軸にレバー載荷装置を取り付け、直径3.5cm, 高さ30cm に供試体を成型して、三軸室にセットし、各混合土について圧密排水クリープ試験を行った。実験の手順は、各C.C.R.の試料とも0.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$  で等方圧密を24時間行った後、側圧  $\sigma_2 = 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , 軸差応力  $(\sigma_1 - \sigma_3) = 0.25 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ,  $(\sigma_1/\sigma_3)$  の2.89条件のもとで試験をした。実験では軸方向変位、体積変化及び間隙水圧を測定した。次に応力緩和の実験は、三軸室の載荷軸と応力測定用のロードセルを連結し、ロードセルを上部の載荷フレームに取り付けた装置で、供試体の寸法は、直径5cm, 高さ10cmに成型し、三軸室にセットして、過圧密の状態にある各C.C.R.の試料について、非排水での応力緩和試験を行った。初期に与えるぬずみの大きさは、ぬずみを与えたときに生じる応力  $(\sigma_1)$  が、混合土の先行圧密荷重 ( $P_c$ ) を超えないものとした。これらの実験手順は、各C.C.R.の試料 (15, 10% はセット時に土が乱れたので除く) とも  $P_c = 4 \text{ kg}/\text{cm}^2$  で等方圧密を行って、一次圧密の終了後に  $2 \text{ kg}/\text{cm}^2$  に減圧して、膨潤させる。次に供試体に前者 ( $4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ) の応力を超えたり初期ぬずみ ( $\varepsilon_0$ ) を与えた。

3. 実験結果と考察

(1) クリープ特性の変化

実験結果は、各C.C.R.の試料について軸ぬずみ ( $\varepsilon$ ) を縦軸に、時間を横軸にとりプロットすれば、図-3となる。柴田が行なった実験では、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$  が一定であれば、 $\sigma_3$  の大小にかかわらず、二次圧密領域での  $d\varepsilon/d\log t$  は、ほぼ一定とみなすことができる<sup>4)</sup>と報告されており、また Walker は、拘束圧の影響もみられると述べていることから、ここではさらに  $\sigma_3/\sigma_1$  も一定として、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ ; 一定,  $\sigma_3/\sigma_1$ ; 一定の試験を行った。故に二次圧密において、ぬずみ速度のこう配  $d\varepsilon/d\log t$  は各C.C.R.によって変化するものと仮定した。そこで各C.C.R.の混合土に対して、二次圧密のこう配  $d\varepsilon/d\log t$  を C.C.R. に対して図示すれば、図-4となる。この図によれば、CCR 40% 以上の領域では、 $d\varepsilon/d\log t$  は

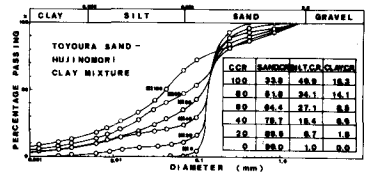


図-1 粒径加積曲線

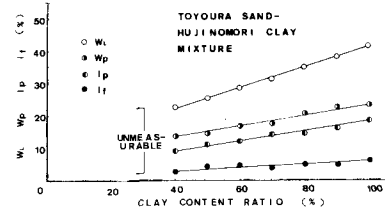


図-2 C.C.R. と  $W_p, I_p, I_u$  の関係

比較的ゆるやかな傾斜を示し、粘性的であり一才 C.C.R 30% 以下の領域では  $de/d\log t$  は、ほぼ一定である。しかし C.C.R 40~30% の領域では急激な変化を示す。この実験を考察すれば、砂質土と粘性土の変形は明確な相違を示し、両者の中間の C.C.R をもつ境界領域的な土性の混合土の存在がみとめられる。

(2) 応力緩和特性の変化

実験結果を縦軸に初期むずみ ( $\epsilon_0$ ) を与えたときの応力 ( $\sigma_{t=0}$ ) と緩和後の応力 ( $\sigma_{t=\infty}$ ) の比  $\sigma_{t=0}/\sigma_{t=\infty}$  をとり、横軸に右 C.C.R でプロットして図示すれば、図-5 となる。この図より右 C.C.R の増加するにつれて、傾斜が減少しており、このことは砂分の多いほど  $\sigma_{t=0}$  と  $\sigma_{t=\infty}$  の差が小さく、また逆に少ないほど差が大きいことを示している。これらのことから、村山・柴田が提案した土のシオロジモデルの弾性係数  $E_1$  (瞬間弾性)、 $E_2$  (遅延弾性) を右 C.C.R についで求めた。すなわち  $\sigma_{t=0} = E_1 \cdot \epsilon_0$ 、 $\sigma_{t=\infty} = \{E_1 E_2 / (E_1 + E_2)\} \cdot \epsilon_0$  の式に実験値の  $\sigma_{t=0}$ 、 $\sigma_{t=\infty}$ 、 $\epsilon_0$  を与えて  $E_1$ 、 $E_2$  を求めた。この結果を縦軸に  $E_1$ 、 $E_2$  を、横軸に右 C.C.R をとり、図示すれば図-6 となる。この図から砂質土と粘性土の区分という観点からみれば、40~30% (C.C.R) 付近に明らかに変化がみられ、境界領域がうかがえる。しかしこれらの弾性係数の算定結果は、初期むずみが大きく関係するので、砂分の多い部分の  $E_1$ 、 $E_2$  の値に対してはさらに検討を要すると思われる。

これらの混合土の特性を、さらに従来から行われてきた実験法のうち粒徑、粘性・塑性から調べた結果は、図-1・2 である。図-1 の粒徑加積曲線は、C.C.R によって急激な変化は、認められない。また図-2 では、ゆるやかな下向の直線を示すが C.C.R < 30% で粘性・塑性の測定値がでない。これよりみれば C.C.R > 40% の場合は、砂粒子は粘土の被膜に包まれて粘土組織の中で、移動するものと思われる。

4. まとめ

混合土のつり一つ、応力緩和特性の変化よりみれば、粘土含有率 40~30% に砂質土と粘性土の境界領域的な特性の混合土の存在が認められた。このことから、砂質土 (C.C.R < 30%)、中間土性 (30% < C.C.R < 40%)、粘性土 (C.C.R > 40%) の三領域に区分することができようである。

なお応力緩和実験については、今後の課題として、載荷速度、供試体の寸法、計測法などの検討が必要である。

5. 参考文献

- (1) 倉田・藤下「砂と粘土の混合土の工学的性質に関する研究」運輸技術研究報告第11巻第9号、1961
- (2) 北御・他「ガラス・ビーズと粘土の混合土の強度特性」第11回土質工学研究発表概要集
- (3) 川上・河部「飽和れき混り粘土のせん断特性」土木学会論文報告集第183号、1970
- (4) 柴田「粘土の圧密に関する二つの問題」京都大学防災研究所年報、第5号A、1962
- (5) 村山・柴田「粘土のシオロジモデルの特性について」土木学会論文報告集第40号、1956

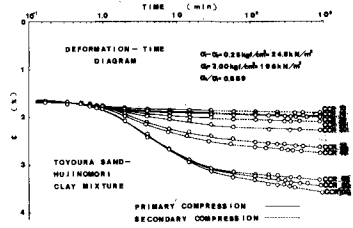


図-3. 変形むずみと時間の関係

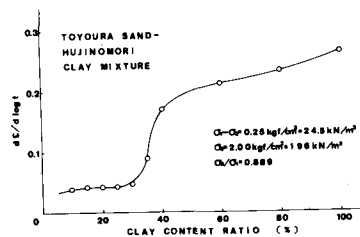


図-4.  $de/d\log t$  と CCR の関係

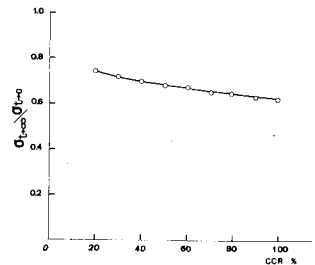


図-5.  $\sigma_{t=0}/\sigma_{t=\infty}$  と CCR の関係

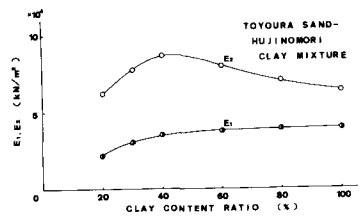


図-6.  $E_1$ 、 $E_2$  と CCR の関係