

東海大学工学部 正員 稲田信徳
金沢工業大学 正員 〇外崎 明

1) まえがき

飽和粘土のせん断特性は(1)土性(2)時間効果(3)応力履歴(4)ダイレタンシー効果等によって大きく左右される。この種の研究は非常に多くあるが、(1)に着目して(2)(3)(4)についての報告は少ないように思われる。そこで今回は Skempton らにならう塑性指数 I_p の異なる4種の試料について、種々の三軸試験を行ない、応力ひずみ時間効果、応力履歴、ダイレタンシーの影響を検討した。

2) 試料および実験方法

実験に用いた試料は石川県および新潟県の地すべり地帯から採取してきたものである。試料の塑性指数 I_p は表-1に示す通りである。この粘土をペースト状に十分にりかえし、三軸室内で $0.2\%/min$ で等方圧密したの高さ $h_0 = 125\text{ cm}$ 至 5.0 cm に供試体を作成した。(なお、 K_0 圧密の試料は大型標準圧密試験機で予圧 (0.2 kg/cm^2) したものでより作成している。) 実験は等方圧密、 K_0 圧密した試料をひずみ制御、応力制御による圧密非排水せん断を行った。ひずみ速度、載荷速度はそれぞれ、 $\dot{\epsilon} = 4.0, 0.4, 0.04, 2.0 \times 10^{-3} \%/min$, $\dot{\sigma} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2/min$ である。また、 K_0 圧密はセル圧を一定に保ち、たまたま側方変位が生じないように軸圧をコントロールして行なっている。排水はドレンーパーを巻いて、半径方向に圧密排水するようにした。セル圧 1 kg/cm^2 で圧密し等量のバックアレッシャーを24時間かけたのち圧縮せん断を行なった。せん断中供試体に生ずる過剰間ゲキ水圧はストレインゲージタイプの間ゲキ水圧計により自記し測定した。

3) 実験結果および考察

(1) 強度定数 ϕ について 図-1は4種の試料についての各試験結果の破壊を有効主応力比最大にとり破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ の関係をプロットしたものである。どの試料もほぼ原点を通る一つの直線上に集まっており Henkel¹⁾ と同様にCU試験から得られる強度定数 ϕ は応力履歴に無関係であり、また時間効果の影響も受けないように思われる。図-2は内部摩擦角 ϕ と塑性指数 I_p の関係を著者らおよび国内・国外のデータをプロットしたものである。図から見て判るように同じ I_p に対する ϕ は国内のデータの方が一般に大きめである。Brooker²⁾ らは $\phi \sim I_p$ (図中の曲線) の関係より、 K_0 OCR の関係を求めてい

るが、このためにはさらにデータの蓄積が必要と思われる。

(2) 有効応力経路 図-3は応力制御せん断試験結果 ($\dot{\sigma} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2/min$) を示したものであるが有効応力経路は試料により経路は非常に異なっている。また図-4に試料 No.2, No.3 と等方、 K_0 圧密した後ひずみ制御せん断を行なった時の有効応力経路を示した。図-3では I_p の大きい試料は初期 α_m において急速に α_m が減じるが I_p の小さい試料では α_m の減がきわめて小さい傾向が認められた。このことは試料によってダイレタンシー特性が非常に異なっており I_p の大きい試料ほどダイレタンシーの影響が大ということを示している。図-4

試料名	WL	Wp	Ip	備考
新潟県産 No.1	164.5	24.1	14.04	文部省より 提供された 粘土
新潟県産 No.2	86.1	16.1	7.00	
新潟県産 No.3	76.3	36.5	39.8	
石川県産 No.4	56.9	37.2	19.7	イライト系粘土

表-1

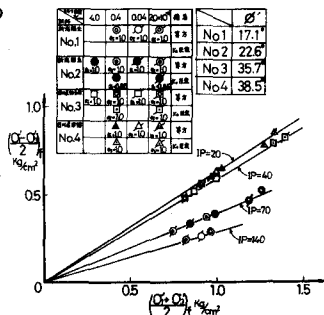


図-1

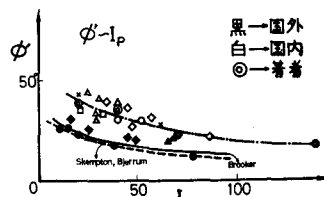


図-2

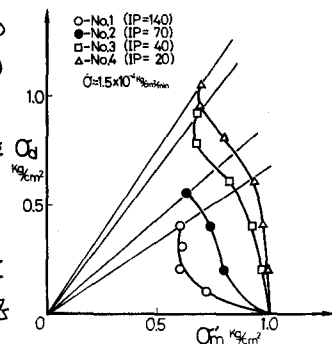


図-3

と比較すると両試料ともセン断速度のおそい図-3に示した経路より立っており、セン断速度が速い条件ではダイレタンシーが発揮できにくいようである。また、 K_0 圧密した試料の経路は等方圧密とはまったく異なった形をしており、No.2の試料ではダイレタンシーが生じないまま破壊にいたっている。この経路のちがいは軸差応力による発生水圧 $\Delta U = (A-1/3)\sigma_v$ が K_0 圧密の場合 K_0 圧密中に生じるセン断に伴ないある程度消散したため等方と比べてセン断過程中、ダイレタンシーの発生が少なくなったものと考えられる。

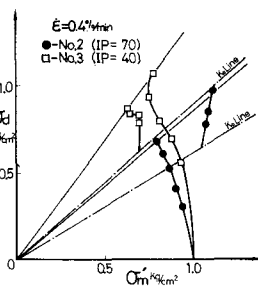


図-4

(3) 発生水圧とひずみ速度 図-4は破壊時における発生水圧 ΔU とひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ の関係を示したものである。赤井⁴⁾は発生水圧はひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ に無関係にひずみに一義的に関係すると主張している。本実験では I_p の小さいものでもひずみ速度が遅くなるにつれて幾分高くなっており、 I_p の大きいものになるとかなり時間効果の影響を受けている。

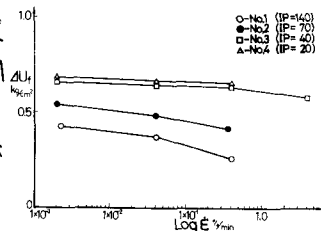


図-5

(4) 間キ水圧係数 図-3の結果より間キ水圧係数 A とひずみ ϵ の関係を図-6に示す。これから見て明らかに I_p の大きいもの程間キ水圧係数 A は大きく、特に初期のダイレタンシーの影響が非常に大きいことがわかり、 I_p の低い No.3, No.4, と全く異なった変化を示している。図-7は破壊時の間キ水圧係数 A_f と塑性指数 I_p の関係を載荷速度 $\dot{\epsilon}$ 、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ とともにプロットしたものである。非常にゆっくりしたセン断 ($\dot{\epsilon}=1.5 \times 10^{-4}$ h/min) では I_p の大きい試料ほど A_f 値はほぼ直線的に増加する結果が得られた。しかし、セン断速度が速くなるに従いバラツキは大きくなり、 I_p の大きい No.1 では A_f 値に非常に大きな差が見られる。これは I_p の大きい試料は初期ひずみにおけるダイレタンシーの影響が非常に大きく、ひずみ制御試験の場合⁵⁾、載荷当初の軸差応力増加速度が大きいためダイレタンシーが生じ得なかったものと思われる。 I_p の大きい試料はセン断速度の影響大のようである。図-8は K_0 圧密後セン断を行なった時の A_f と I_p の関係を示したものである。 I_p の小さい試料では等方圧密の場合とほとんど A_f 値に差はないが、 I_p の大きい試料になるとかなり異なり A_f 値は非常に小さい値となっている。これは前に述べたように、 I_p の大きい試料は初期ひずみにおいてダイレタンシーの影響が大きいいため、結局 K_0 圧密中の消散割合が大きいためと考えられる。これらの結果より類推すると⁶⁾、現場の盛土工事などで行われる載荷速度は一般に 1×10^{-5} h/min 程度と言われ、また盛土期間中完全な非排水条件を満足していることはまれであるとしても、 I_p の大きい土は圧密速度も非常に遅く、この種の粘土を取り扱う場合は時間効果を十分に考慮した試験を行うべきであると考ええる。

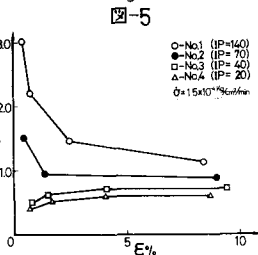


図-6

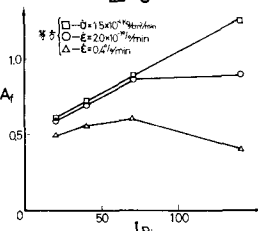


図-7

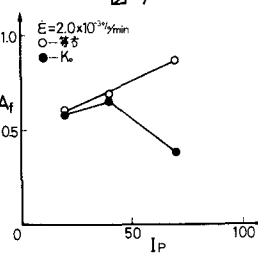


図-8

4) むすび 得られた結果を要約すると次のようになる。1) $I_p \sim \phi$ の関係を、Brooker⁷⁾の示した関係と比較すると傾向は類似しているが国内の ϕ はかなり大きい。2) I_p の大小によ、有効応力経路は非常に異なり、特に I_p の大きい試料は初期ひずみにおいてダイレタンシーの影響を大きく受ける。3) I_p の大きい試料の発生水圧には、セン断速度が著しく影響するが I_p の小さい試料に対しては影響小である。4) 等方圧密、 K_0 圧密の A 係数は I_p の小さい試料では両者に差はないが、 I_p の大きい試料になると、等方の A 以下となり応力履歴がダイレタンシーに及ぼす影響は大である。最後に日頃より御助力賜っている本学宮北教授、東海大学赤石勝講師、また実験を補助した卒研究生、鹿田正昭、西田安信、中村進君に深謝します。

参考文献

- 1) Henkel, D.J.; ASTM, spsn 1963
- 2) 鹿田正昭; 土木学会論文 2028 1972
- 3) E.W. Brooker; Canadian geotechnical 1965
- 4) 赤井 孝; 土木学会論文 No.225 1974
- 5) 鹿田 孝; 第30回年次学術講演会 1975
- 6) 鹿田 孝; 東海大学研究紀要 1975