

Ⅲ - A 203

年代効果を有する粘土の K_0 圧密非排水せん断特性

北大院工学研究科 学正会員 前田 泰平
同 フェロー 三田地利之
茨城県庁 正会員 黒澤 亮一

1.はじめに

実際の地盤内における粘土は、年代効果を受けていることが多く、これをいかに評価するかが重要となる。本研究では不攪乱試料として Bangkok 粘土を、再構成試料として Bangkok 粘土を実験室で練り返し年代効果の影響を除いたものを供試体として用い、 K_0 圧密・非排水三軸圧縮試験を行うことにより両者のせん断過程を比較し、年代効果による影響を調べた。

2.供試体および実験条件

Test No.	$\sigma_{v'ini}$ (kPa)	σ_{vc}' (kPa)	α	$\dot{\sigma}_v$ (kPa/min)
J-5-3	20	50	1	0.2
J-6-3	20	60	1	0.2
J-8-3	40	250	3	0.5
J-8-4	40	250	3	0.2
J-10-3	40	118	1	0.5
Test No.	Consolidation stress σ_{vc}' (kPa)			α
R-1	20(0.5)*-300-100(-0.5)*-400(0.5)*			4
R-2	30-70-100-150-200-250-300-350-400			4
R-3	30-100			1
R-4	30-200			2

$\sigma_{v'ini}$: 原位置土被り応力 σ_{vc}' : 鉛直圧密応力

α : $\sigma_{vc}'/\sigma_{v'ini}$ $\dot{\sigma}_v$: 载荷速度

K_0 圧密・膨張段階では、側方ひずみが $\pm 0.02\%$ 以下に収まるようにコンピューターによって応力を制御している。応力の制御方法として鉛直圧密応力は初期等方圧密状態より所定の応力まで漸増载荷し、その後一定値となるよう制御している。側圧は K_0 条件を満足するようにひずみに応じて自動的に制御できるシステムとなっている¹⁾。

3.実験結果および考察

a). 応力～ひずみ曲線による比較

図1は実験を行ったすべての不攪乱試料・再構成試料の供試体の応力～ひずみ関係を有効応力平面上において限界状態線が p 軸に対して持つ切片 $p_c^*=20$ (kPa) の効果を考慮し²⁾、せん断開始時の平均有効応力 p_c と p_i の合力 $p_c^*=p_c+p_i$ で正規化したものである。ピーク強度についてみると、再構成試料 $\alpha=3$ の不攪乱試料 $\alpha=1$ の不攪乱試料の順に大きくなっている。再構成試料についてみると、 α の違いによらずほぼ一つの曲線になっている。一方、不攪乱試料の場合せん断初期において $\alpha=1$ の供試体と $\alpha=3$ の供試体に大きな差が見られ、 $\alpha=1$ の供試体のピーク強度が著しく増加している。また、限界状態付近の強度は、供試体ごとに多少のバラツキはあるものの、近い値となっている。一般的に圧密降伏応力を超えて、粘土を正規圧密状態にしてしまえば、せん断過程においては年代効果の影響は発揮されないと考えられているが、Bangkok 粘土不攪乱試料においては明らかに正規圧密状態であると考えられる $\alpha=3$ の供試体についても $\alpha=1$ の供試体ほど顕著ではないが、再構成試料よりもピーク強度が増加している。したがって圧密過程において粘土を正規圧密状態にしても、年代効果の影響が残り再構成試料とは同じ状態にならないことがわかる。

b). 有効応力経路による比較

図2および図3は非排水せん断過程の有効応力経路を p_c^* で正規化したものである。再構成試料についてみると α の

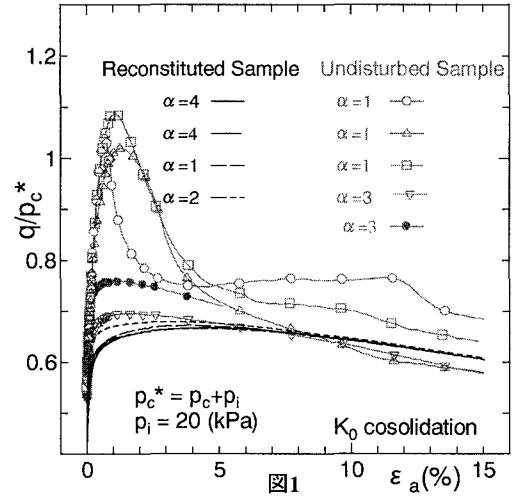


図1

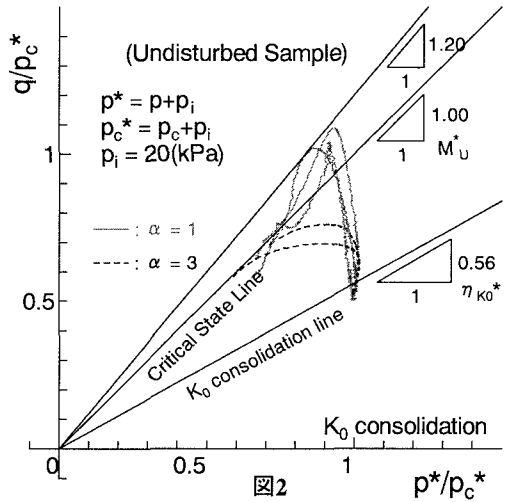


図2

違いによらず、せん断開始点(K_0 圧密終了点)と限界状態はほぼ一致しているが、せん断過程における有効応力経路は、 α の違いによって異なっている。また、再構成試料の応力経路に比べ不攪乱試料の応力経路は、鋭角的に膨らんでいる事が分かる。限界状態線の傾きについて比べると、再構成試料が $M^*_R=0.92$ であることに対し、不攪乱試料は $M^*_U=1.00$ と若干大きくなっている。また $\alpha=1$ の不攪乱試料の応力経路において、せん断初期に限界状態線より上への飛び出しが見られる。

c). η^* ～ひずみ関係による比較

図4は応力比 $\eta^* (=q/p^*)$ とひずみの関係を、再構成試料と不攪乱試料について比較したものである。限界状態の応力比 M^* は不攪乱試料の方が若干大きくなっている。また、再構成試料や $\alpha=3$ の不攪乱試料の場合、せん断開始点より徐々に応力比が増加し、限界状態の応力比 M^*_R および M^*_U に漸近していることに対し、 $\alpha=1$ の不攪乱試料については、せん断初期において応力比が急激に増加し、軸ひずみ $\varepsilon_a=2\%$ 付近でピーク ($\eta^*=1.20$) を示した後、応力比が減少し限界状態の応力比 M^*_U に至る。一般的には、非排水せん断過程の η^* ～ひずみ関係は大きな過圧密比を持つ粘土でなければ、限界状態の応力比を超えることはないと考えられている。 $\alpha=1$ の供試体ではそれほど大きな過圧密比であることは考えられないので年代効果が η^* ～ひずみ関係を変化させていると考えられる。

d). 年代効果に対する考察

Bangkok 粘土については年代効果が、粘土の非排水せん断過程の応力比について 2 つの効果をもたらしていると考えられる。1 つは、粘土の限界状態の応力比 M^* について、再構成のものより増加させる効果である。これは両者の限界応力比 M^* を比べれば明らかである。

もう 1 つは $\alpha=1$ の供試体のせん断初期において応力比 η^* を著しく増加させ、 η^* ～ひずみ関係に明瞭なピークを持たせる効果である。なぜ $\alpha=1$ の供試体のみ、このような変化が見られるのかということを考えてみると、 $\alpha=1$ の供試体の応力状態が圧密降伏応力を超えていないことが理由として考えられる。不攪乱試料の限界状態の応力比 M^* が、圧密降伏応力の前後で異なると考えると、 $\alpha=1$ の供試体は、非排水せん断初期において仮定の限界応力比 $M^*_{UV}=1.20$ を目指して応力比が増大し、 $M^*_U=1.00$ と考えられる $\alpha=3$ の供試体よりも急激に応力比 η^* が増加する。非排水せん断過程の粘土の破壊を、圧密過程における降伏と同様なものと考え、ピーク後の粘土の限界応力比は圧密降伏応力を超えて圧密された粘土に対する応力比 $M^*_U=1.00$ になり、応力比 η^* は 1.2 より 1.0 に減少すると考えられ、 $\alpha=1$ の供試体の η^* ～ひずみ関係はピークを持つ曲線となる。

4.まとめ

Bangkok 粘土の K_0 圧密非排水せん断特性に関する研究を通じて以下のような知見が得られた。

粘土の限界状態について図 5 のように以下の 3 つの状態を想定する挙動を説明可能である。

1. 年代効果を受けていない粘土の限界状態
2. 年代効果を受けた粘土の降伏前の仮定の限界状態
3. 年代効果を受けた粘土の降伏後の限界状態

参考文献:1)前田ら 三軸試験機による新しい K_0 圧密制御方法の提案 第32回地盤工学研究発表会 p.353-354 1997.

2)富永・笠間・落合・安福 限界状態に着目した人工固結粘土の非排水せん断特性 土木学会第 51 回学術講演会Ⅲ-A73 1997-9.

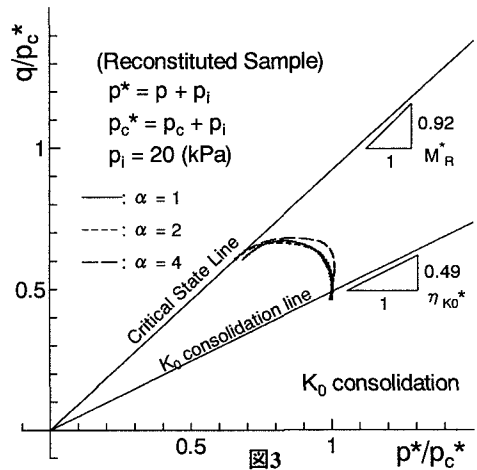


図3

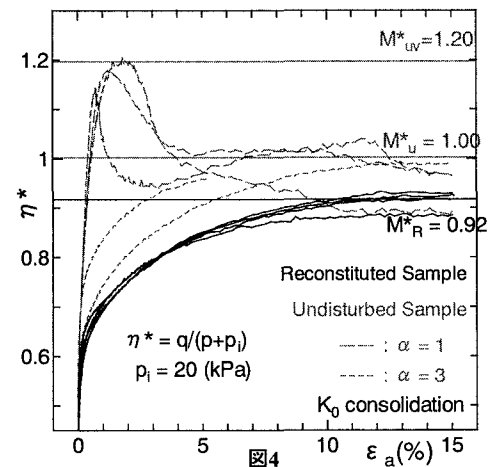


図4

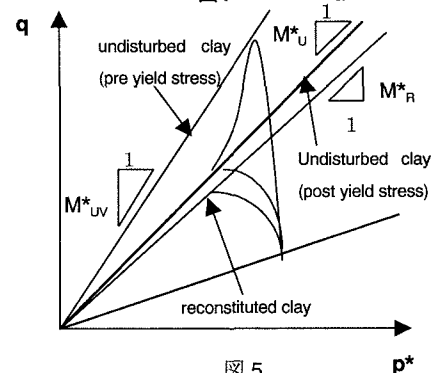


図5