

不攪乱粘土と再構成粘土の K_0 圧密非排水せん断特性の比較

京都大学大学院 学生会員 金 榮錫
 大阪大学大学院 正会員 小田和広
 大阪大学大学院 正会員 鍋島康之
 大阪大学大学院 フェロー 松井 保
 大阪大学大学院 学生会員 奥田和友

1. はじめに

自然堆積粘土は堆積時の環境や地質的な履歴の影響を受けているため、その力学挙動は実験室で再構成された粘土のそれとは大きく異なることがよく知られている。ただし、現在までのところ、その違いについて十分解明されていない。その理由は、原地盤から力学的に均一な不攪乱試料を大量にサンプリングすることは非常に困難であるためである。筆者らが開発したミニ三軸試験¹⁾は、この問題点を克服することを目的としたものであり、すでに数多くの成果を上げている。今回の研究ではひずみ経路制御ミニ三軸試験機²⁾による K_0 圧密非排水せん断試験を神戸沖から採取された不攪乱沖積粘土と再構成した大阪湾沖積粘土に適用し、両者の力学特性の違いを明らかにすることを目的としている。

2. 試験試料および試験ケース

表-1 試験試料の物理・力学特性

試料	土粒子比重	液性限界	塑性限界	塑性指数	含水比
	ρ_s (gf/cm ³)	w_L (%)	w_p (%)	I_p	w_n (%)
神戸沖粘土	2.72	85.3	30.2	55.1	78.2
大阪湾粘土	2.73	86.5	31.1	55.4	53.0

表-1 は、今回の試験に用いた神戸沖不攪乱沖積粘土試料および再構成した大阪湾沖積粘土試料の物理特性を示している。両試料とも高塑性であり、ほぼ同一の物理特性を有している。しかし含水比は不攪乱粘土の方が大きい。このため、不攪乱粘土の方が高圧縮性であると考えられる。なお、再構成粘土は、液性限界の約 1.5 倍の含水比で十分に練返した後、圧密土槽において 98.1kPa の圧力下まで圧密することにより作成された。表-2 は試験ケースを示している。

表-2 試験ケース

試料	試験ケース	$\dot{\epsilon}_a$ (%/min)	$\dot{\epsilon}_v$ (%/min)	ϵ_v (%)
神戸沖粘土	U 5	0.01	0.01	5
	U 10	0.01	0.01	10
	U 20	0.01	0.01	20
大阪湾粘土	D 5	0.01	0.01	5
	D 10	0.01	0.01	10
	D 15	0.01	0.01	15

3. 試験結果と考察

図-1 は K_0 圧密過程における平均有効応力 (p') と体積ひずみ (ϵ_v) の関係を示している。両粘土とも、 p' は ϵ_v の増加に伴って、単調に増加している。ただし、 ϵ_v が約 5% に達するまでは、シリーズ U における p' の方がシリーズ D のそれに比べて多少大きい。 ϵ_v が約 5% 以上になると、逆にシリーズ U における p' はシリーズ D のそれに比べ小さくなっている。また、シリーズ U における p' - ϵ_v の曲線の傾きは、 ϵ_v が約 5% に達するまでに徐々に減少し、 ϵ_v が約 5% 以上になるとほぼ一定になるのに対し、シリーズ D では、 ϵ_v の増加とともに単調に増加している。すなわち、 ϵ_v が約 5% 以上では、シリーズ D の体積圧縮剛性はシリーズ U のそれよりも大きく、その差は ϵ_v が大きくなるほど顕著になる。

図-2 は、非排水せん断過程での応力比 (η) とせん断ひずみ (γ) の関係を比較している。いずれのケースにおいても、 γ の増加に伴って、 η は単調に増加している。また、シリーズ U における η の方がシリーズ D におけるそれよりもかなり大きい。

図-3 は、有効応力経路を示している。 K_0 圧密過程では、両シリーズともにほぼ同一の応力経路を通っている。ただし、シリーズ D の体積圧縮剛性の方がシリーズ U よりも大きいため、最終的な到達点における応力

は、シリーズ D の方が大きい。非排水せん断過程において、シリーズ U における軸差応力 (q) は急激に減少している。一方、シリーズ D における D5 および D10 では、 q は増加している。D15 では、 q は一旦増加し、その後減少している。両シリーズとも、 γ の増加に伴って η が単調に増加している（図-2 参照）ことから、この挙動の違いは、過剰間隙水圧の発生量の違いに起因するものと考えられる。また、図中には限界状態線 (C.S.L) を併せて示しているが、シリーズ U における C.S.L の傾きの方がシリーズ D のそれよりも大きい。

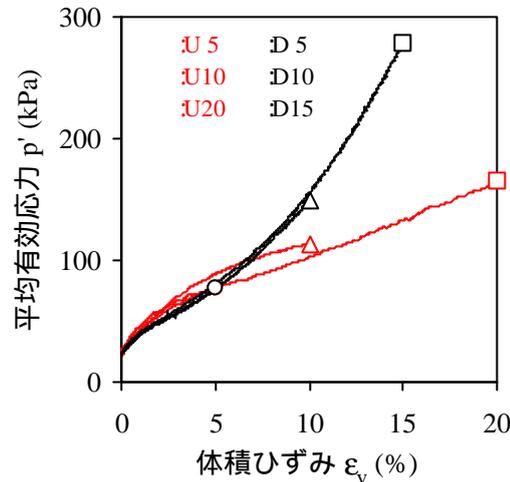


図-1 平均有効応力と体積ひずみの関係

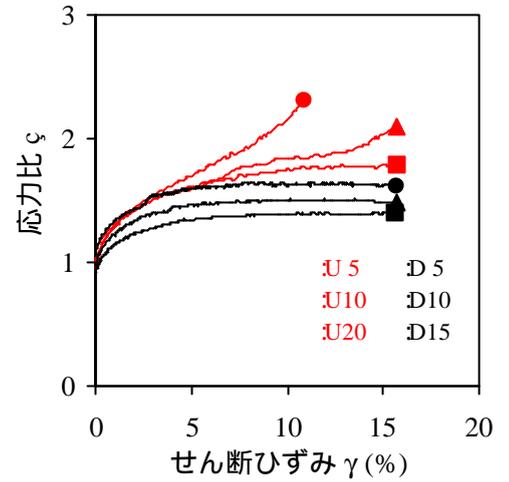


図-2 応力比とせん断ひずみの関係

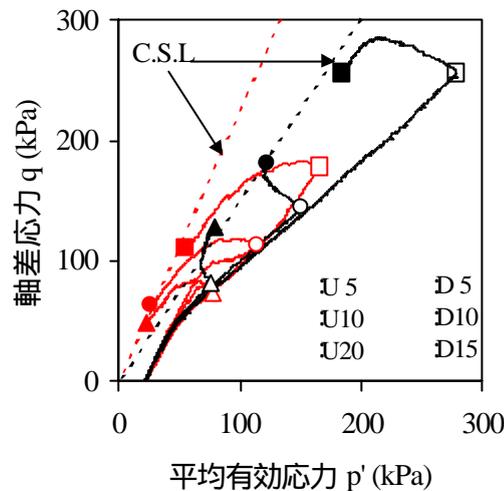


図-3 有効応力経路

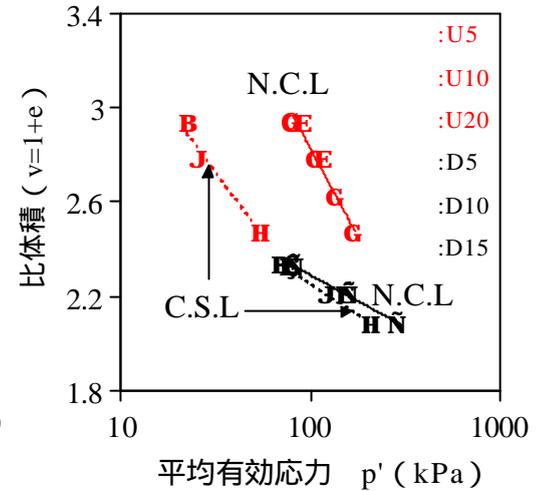


図-4 比体積と平均有効応力の関係

図-4 は、比体積 (v) と p' の関係を示している。再構成粘土に比べて不攪乱粘土の方が大きな v を持っており、高位の構造を有している。不攪乱粘土においては、N.C.L と C.S.L はほぼ平行な位置関係にある。ここで、再構成粘土でも N.C.L と C.S.L はほぼ平行である。ただし、不攪乱粘土の C.S.L および N.C.L と再構成粘土のそれらを比較すると、その傾きは不攪乱粘土の方が急である。この理由としては、粘土の違いに加え、再構成粘土を作成する際、乾燥試料も用いたため、微化石やペレットといった鉱物以外の粘土の構成要素が破壊されてしまったことが考えられる。ところで、図-3 において指摘したように、不攪乱粘土の方が再構成粘土より非排水せん断中に大きな過剰間隙水圧が発生するのは、N.C.L と C.S.L が離れているためである。したがって C.S.L と N.C.L の相対的な位置関係は粘土のダイレイタンスー特性を表す指標として有効であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、神戸沖不攪乱沖積粘土と再構成大阪湾沖積粘土の力学挙動の比較した。その結果、不攪乱粘土は再構成粘土よりも高い圧縮性を有しているとともに、限界状態における応力比も大きい。また両粘土とも、N.C.L と C.S.L はほぼ平行な位置関係にあるが、その傾きについては、再構成粘土よりも不攪乱粘土の方が大きい。さらに、N.C.L と C.S.L との相対的な位置関係はダイレイタンスー特性を表す指標として有効であることがわかった。

6. 参考文献

1) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1993) : Development of mini-triaxial compression apparatus, Proc. 11th SEAGC, pp.171-176. 2) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1999) : Development of strain path controlled mini-triaxial apparatus and strain path dependent behavior of clay, Proc. 11th ARCSMFE, pp.121-124.