

最上部大阪洪積粘土の微視的内部構造に関する研究

岐阜大学 正会員 ○重松 宏明 岐阜大学学部長 岡田 幸久
 岐阜大学 正会員 八嶋 厚 京都大学 正会員 岡 二三生

1. 緒言 最上部大阪洪積粘土 (Ma12) に関する研究は、関西国際空港の沈下問題、大阪湾パイエリア開発などに関連して、いくつか報告されている。筆者らは、以前から、不攪乱の Ma12 を用いて、一連の室内実験 (標準・等方圧密試験、CIU・CID 試験) を実施し、粘土の強度・ダイレイタンス・降伏特性を明らかにしてきた。本研究では、自然粘土の内部構造破壊に関する室内実験を行うときに、実験に用いる粘土の内部構造を電子顕微鏡を用いて、視覚的に捉え、微視的な立場から検討した。

2. 試料 本研究に用いる試料は、大阪府八尾市西久宝寺久宝寺緑地公園地内および大阪市鶴見緑地公園地内において、ブロックサンプリングより採取された。前者を久宝寺洪積粘土、後者を鶴見洪積粘土と呼ぶ。表-1 にその物理特性を示す。

3. Ma12 の内部構造破壊 沖積粘土のような若い粘土は、粒子間結合力が小さく、粒子骨格も非常に弱い。これに対して洪積粘土は、長い年月における年代効果により、セメンテーションが生じ、疑似過圧密状態となっている。本研究においては、内部構造破壊が洪積粘土にどのような影響を及ぼすのかを検討するために、鶴見洪積粘土を用いて、初期の等方圧密降伏応力 ($=578\text{kPa}$) をはるかに越える大きな応力領域 ($=1274\text{kPa}$) で粘土の粒子骨格を人為的に破壊した。図-1 は、CIU 試験の結果である。縦軸を等方圧密降伏応力で正規化した。図-1 (a) の応力-ひずみ関係より、一度粒子骨格を劣化した粘土は、不攪乱試料 ($p_c=578\text{kPa}$) と比べて明瞭なピーク点が表れず、非常に延性的な挙動を示している。また、ダイレイタンス特性については、図-1 (b) の有効応力径路より、粒子骨格が劣化した粘土は、間隙比が小さいにも関わらず、ピーク強度に達するまでは不攪乱試料と比べて、大きな負のダイレイタンスを示す。ピーク強度を過ぎたあたりから不攪乱試料の負のダイレイタンスが徐々に大きくなり、Critical state に近づくにつれ、両者のダイレイタンスの大きさはほぼ同じになる。

4. Ma12 の微視的な内部構造 粘土粒子は、微細であるため、比表面積が大きく、粒子表面の電気化学的作用 (界面活性) は活発になり、綿毛状に堆積する。したがって、粘土の骨格構造は、土粒子間の粘着力が土の構造を支配し、非常に間隙の大きな構造になる。図-2 は、粘土の基本的な構造モデルを表している²⁾。このうち綿毛化構造は、海水中における自然粘土の一般的な堆積構造であり、ランダム構造は、活性な土粒子が淡水中に堆積した構造であると考えられている。部分配向構造は、綿毛化構造が圧密試験などによって劣化した形状の構造であると考えられる。写真-1 と写真-3 は、久宝寺・鶴見洪積粘土の構造が発達した不攪乱試料で、写真-2 は、久宝寺洪積粘土の練り返し再圧密試料、写真-4 は、鶴見洪積粘土の粒子骨格を劣化した電子顕微鏡の写真を示している。なお、写真は、すべて地盤の鉛直面を表している。間隙比は、写真-4 のみ、圧密後の間隙比であり、他の写真-1 ~ 写真-3 については、すべて供試体作成時の初期間隙比である。倍率は、500 倍である。写真-1 および写真-3 は、土粒子と土粒子が互いに付着し合っており、間隙が大きく、図-2 が示すような綿毛化構造に類似している。写真-2 は、間隙が小さく、部分配向構造にやや似ており、骨格構造はあまりみられない。写真-4 は、間隙が小さく、僅かに骨格構造の形跡がみられ、綿毛化構造が潰れた形状になっている。また、写真-5 (左上)、写真-6 (左下) に示すように、久宝寺・鶴見洪積粘土の中に、同じ種類の微細な単細胞藻類 (珪藻) が沈積されている。また、他の種類の単細胞藻類も確認されている。

5. 結論 本研究で明らかになったことは、①応力領域が圧密降伏応力近傍においては、顕著なひずみ硬化-軟化挙動を示し、負のダイレイタンスが発生する。また、圧密降伏応力をはるかに越えた応力領域においては、間隙比が小さいにも関わらず、より大きな負のダイレイタンスが発生し、明瞭なピーク強度が得られず、ひずみ軟化が顕著でなくなる。②電子顕微鏡写真から、洪積粘土の土粒子の骨格構造は綿毛状を示しており、練り返し再圧密試料は、間隙の小さな部分配向構造、粒子骨格を劣化した試料は、綿毛化構造が潰れた形状を示している。③同じ種類の微細な単細胞藻類 (珪藻) から、久宝寺・鶴見洪積粘土は、同じ年代・環境で堆積されたと考えられる。

参考文献 1) 岡 二三生・八嶋 厚・重松 宏明・岩田 浩幸: 最上部大阪洪積粘土の力学挙動に関する実験的研究, 第 32 回地盤工学研究発表会, pp.591~592, 1997. 2) (社) 土質工学会: 入門シリーズ 5・土の見分け方入門, pp.18~37, 1981.

表-1 最上部大阪洪積粘土の物理特性

	久宝寺洪積粘土	鶴見洪積粘土
サンプリング深度	G.L.-20~23(m)	G.L.-40~41(m)
有効土被り圧	188(kPa)	284(kPa)
等方圧密降伏応力	333~343(kPa)	580(kPa)
標準圧密降伏応力	412(kPa)	725(kPa)
圧縮指数 ($\lambda = C_c/2.303$)	0.327	0.507
膨潤指数 ($\kappa = C_e/2.303$)	0.028	0.026
一軸圧縮強度	160~240(kPa)	225~490(kPa)
比重	2.693	2.722
自然含水比	56.9(%)	61.6(%)
液性限界	78.3(%)	94.5(%)
塑性限界	28.2(%)	35.0(%)
液性指数	0.574	0.450
塑性指数	50.1(%)	59.5(%)
活性度	0.86	1.08
粘土分	70(%)	68(%)
シルト分	27(%)	31(%)
砂分	3(%)	1(%)

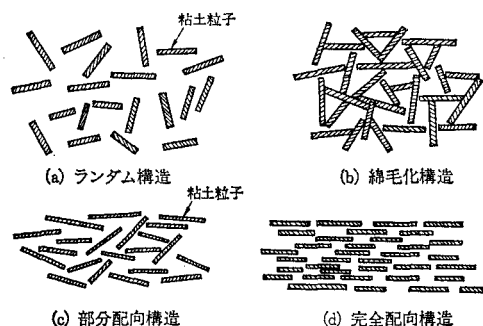


図-2 粘土の構造モデル

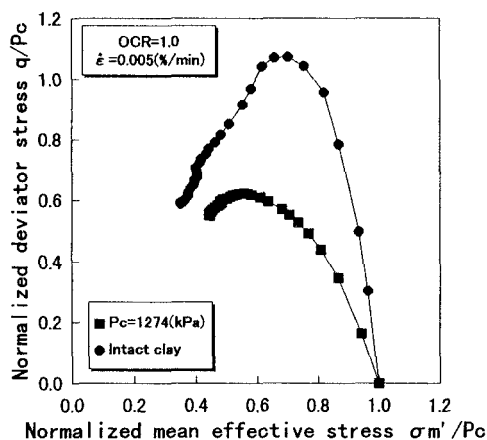
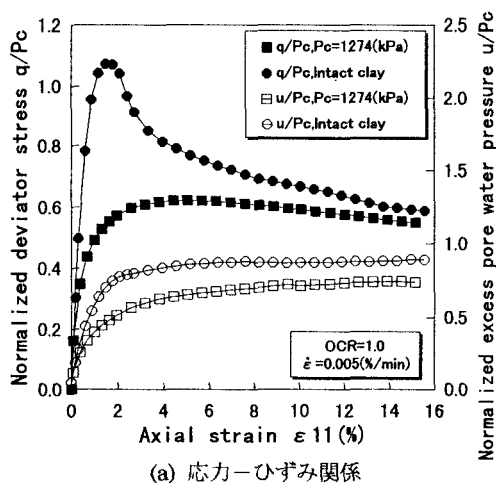
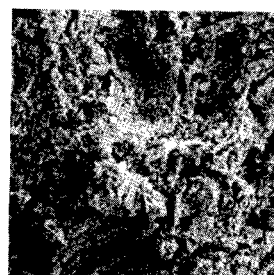
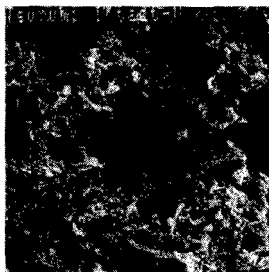
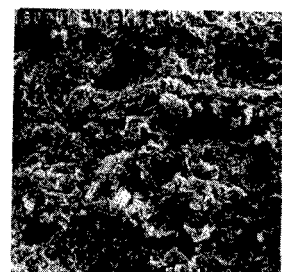
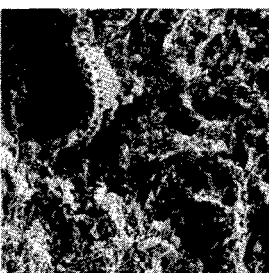
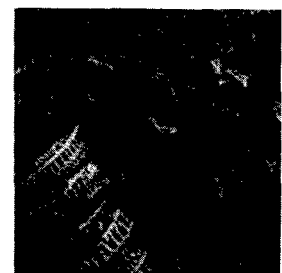


図-1 CIU 試験結果

写真-1 久宝寺洪積粘土
(不攪乱, $e=1.50$)写真-2 久宝寺洪積粘土
(練り返し, $e=1.38$)写真-3 鶴見洪積粘土
(不攪乱, $e=1.69$)写真-4 鶴見洪積粘土
(構造劣化, $e=1.28$)写真-5 久宝寺洪積粘土
(不攪乱)写真-6 鶴見洪積粘土
(不攪乱)