

初期せん断を受けた土質材料の平均有効応力低下過程における変形特性

茨城大学 フェロー会員 安原一哉
 茨城大学 正会員 村上 哲
 茨城大学 正会員 小峯秀雄
 茨城大学 学生会員 山崎謙吾

1. はじめに

地盤沈下対策としての揚水規制や集中豪雨などにより地盤の地下水位は上昇する。更には、近い将来、海面上昇に伴う沿岸域の地下水位上昇も予想することができる。このような地下水位上昇による地盤の変形問題を考える場合には、地下水位上昇による不飽和土の水浸による変形特性と、水浸後の有効応力低下による変形特性を把握しておく必要があると考える。本研究では、後者の変形特性について、3つの種類の土質材料について三軸試験装置を用いて、軸差応力を作用させた状態で有効応力を低下させる実験を行い変形特性について検討を行った。

表1 材料の物理特性

試料	土粒子密度	液性限界	塑性限界	塑性指数
	ρ_s (g/cm ³)	w_L (%)	w_P (%)	I_p
試料S	2.529	25.4	NP	NP
試料SC	2.643	27.4	17.0	10.4
試料C	2.661	35.2	15.0	20.2

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は非塑性シルト（DL クレー：以下試料 S） 塑性を有するシルト質粘土（クレーサンド：以下試料 C）、両者を乾燥重量比 1:1 で混合したもの（以下試料 SC）である。試料の物理的性質を表 1 に示す。試験は三軸試験装置を用いた。供試体制法は DL クレーが締固め法により初期乾燥密度 1.489g/cm³、クレーサンドおよび両者を混合した試料については、液性限界の 2 倍の含水比で練返した後、圧密応力 48kPa で予圧密を行って作製した。これらの供試体について、三軸試験を用いた平均有効応力減少試験を以下の手順で実施した。三軸試験における有効応力経路を示したものが図 1 である。供試体は飽和した後、等方圧密、軸差応力載荷による異方圧密、軸差応力を一定に保った状態で有効応力を減少させる

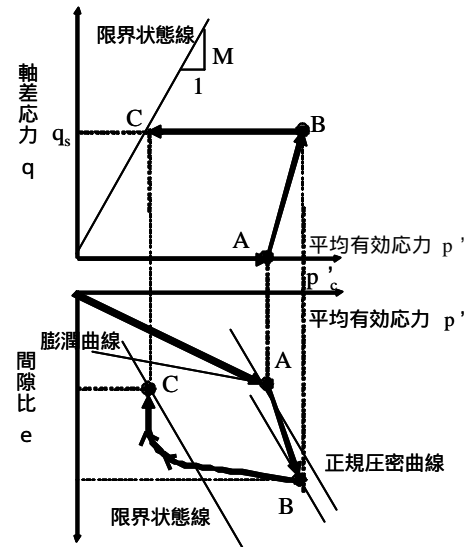


図1 地下水位上昇におけるメカニズム

応力経路で行った。ここで、 q_s/p'_c は初期せん断応力比 (q_s/p'_c) は 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 とした。いずれの初期せん断においても、平均有効応力 (p'_c) は 196kPa とした。この時の各供試体における等方圧密前および異方圧密後の間隙比を表 2 に示す。この過程において減少させる平均有効応力は、軸ひずみが 0.05% 未満では 19.6kPa ずつ減少させ、0.05% 以降は 9.8kPa ずつ減少させるような段階的除荷を行った。各段階では、ひずみが一定値に落ち着くまでその応力状態を保持している。実験は、供試体が破壊するまで行った。

3. 平均有効応力減少実験結果

表2 有効応力減少実験の試験条件

初期せん断応力比	試料S		試料SC		試料C	
	初期間隙比	圧密後間隙比	初期間隙比	圧密後間隙比	初期間隙比	圧密後間隙比
q_s/p'_c	e_0	e_c	e_0	e_c	e_0	e_c
0.2	0.710	0.687	0.652	0.561	0.889	0.647
0.3	0.711	0.682	0.646	0.549	0.879	0.644
0.4	0.705	0.687	0.651	0.553	0.882	0.621
0.5	0.703	0.686	0.632	0.539	0.880	0.608
0.6	0.701	0.680	0.641	0.548	0.880	0.600

3.1 有効応力比 - 軸ひずみ関係

図 2、4、6 より、どの試料においても有効応力比の増加にしたがい正（圧縮）の軸ひずみが単調に

増加することがわかる。また、有効応力比が増加する初期の実験段階では、軸ひずみの増分が小さいが、有効応力比が 1.0 以上になると、軸ひずみの増分が増加していく。そして、初期せん断応力比により若干のばらつきが見られるが、有効応力比 (q/p') が約 1.5 を超えるとどの試料も大きな変形が生じることがわかる。

キーワード：有効応力低下、変形特性、三軸試験、シルト質土

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL0294-38-5174

3.2 平均有効応力 - 体積ひずみ関係

図3, 5, 7より、どの試料においても有効応力が減少すると負の体積変化（膨張）を生じる。そして、有効応力が低下する初期（196kPa から 100kPa 間）段階では体積ひずみ減少への初期せん断応力比の影響はほとんど見られない。しかし、平均有効応力が 100kPa 以下では、初期せん断応力比の違いによる影響が顕著に表れ、せん断応力比が少ないほど体積ひずみが大きくなることわかる。

4. 考察

従来の土の弾塑性モデルでは、平均有効応力が低下する段階（図1の参照）において、限界状態線に達するまでは、降伏曲面の内向きの応力増分方向となる。この状態は、下負荷面の概念を導入しても同様であり、弾塑性理論を用いれば、弾性除荷状態となる。そのため通常、弾塑性モデルにおいては等方弾性体と仮定し、数値計算に用いられる。本文の実験結果では、体積ひずみについては、有効応力低下に伴う体積膨張が理論と同じように現れているが、軸ひずみについては、軸差応力一定にも関わらず、正のひずみが生じていることが分かる。この点は、従来、弾塑性モデルにおいて導入されている弾性変形の理論式とは異なることから、有効応力が低下するような地盤の変形解析を精度よく行うためには、このことを考慮した弾性変形のモデルの導入が不可欠であると考える。

4.まとめ

非塑性シルト、塑性を有するシルト質粘土において、初期せん断を加えた状態で有効応力を低下させる三軸試験を行った。応力除荷過程において、せん断応力が作用するため軸ひずみが正（圧縮側）の方向に生じ、土要素が等方弾性体とは異なる挙動を示すことが分かった。今後は、この変形特性について定量的な評価を行っていきたい。

<参考・引用文献>

- 1) 出尾陽一：平均有効応力の低下を受ける飽和土の変形特性，第36回地盤工学研究発表会，2001，pp263～264，
- 2) 根岸智和：基礎地盤の変形におよぼす地下水位上昇の影響評価，茨城大学修士学位論文，平成13年度

試料 S

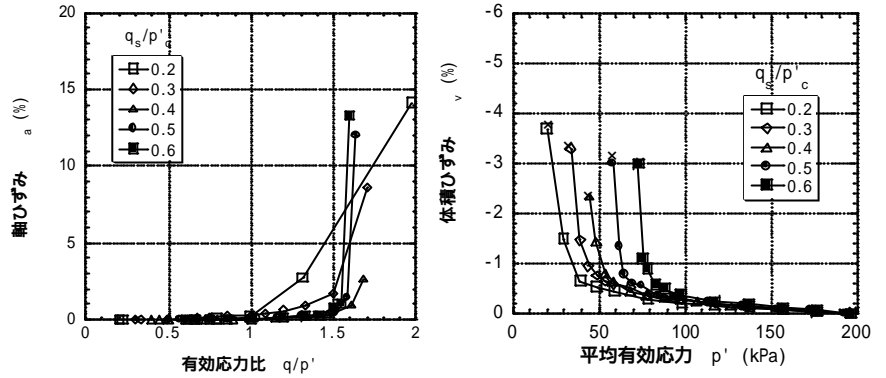


図2 有効応力比-軸ひずみ関係 図3 平均有効応力-体積ひずみ関係

試料 S C

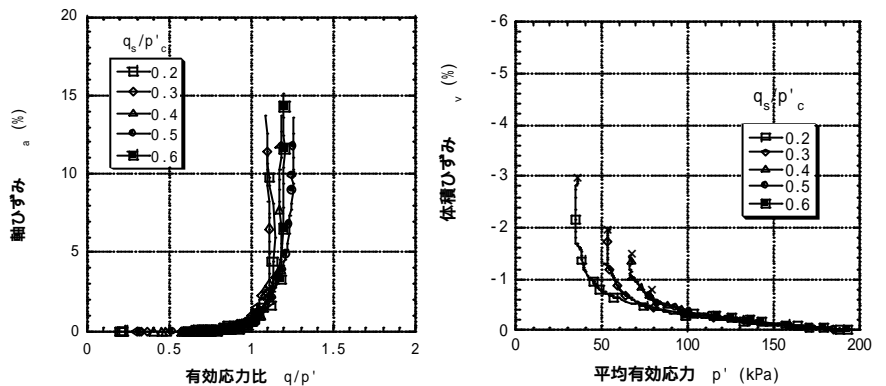


図4 有効応力比-軸ひずみ関係 図5 平均有効応力-体積ひずみ関係

試料 C

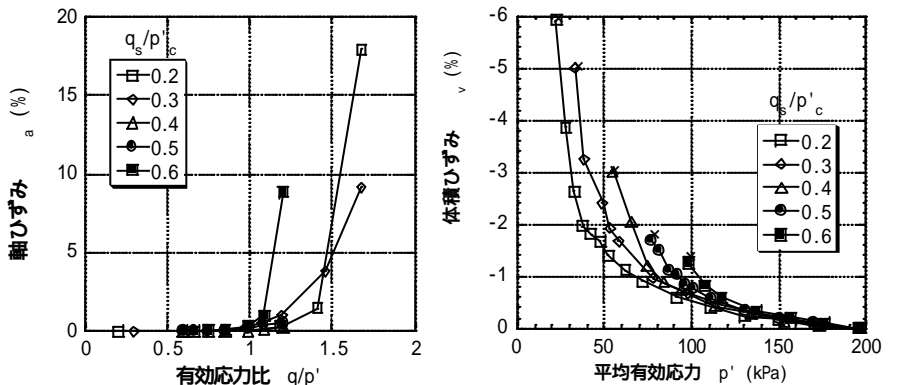


図6 有効応力比-軸ひずみ関係 図7 平均有効応力-体積ひずみ関係