

砂質土のダイレイタンス特性に及ぼすひずみ履歴の影響

新潟大学大学院 学生会員 ○清野 泰博
 新潟大学工学部 正会員 保坂 吉則
 新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄

1. はじめに

地震時の液状化による変形を定量的に評価するには、土の動的特性を定式化し、解析を行うことが有効な手段であるといえる。

解析において過剰間隙水圧の挙動は、排水試験により得られるダイレイタンス特性から求めることが多く、より高い精度を追求するためにはその適切なモデル化が必要であるが、定式化に際しては繰返し载荷による履歴効果を把握しておくことが重要と考えられる。

本研究は、履歴ひずみの大きさや载荷方法が砂質土のダイレイタンス特性に与える影響を、三軸試験機を用いて検討する事を目的とした。

2. 供試体の作成方法

試験に用いた試料は豊浦標準砂のみの試料Sと、豊浦標準砂に細粒分として新潟県加茂産の粘土を質量比7:3の割合で混合した圧縮性の高い試料Tの2種類である。各々の物理特性を表-1に示す。

表-1 試料の物理特性

	試料S	試料T
土粒子密度(g/cm^3)	2.634	2.627
圧縮指数	0.0143	0.134

供試体は約 $\phi=50\text{ mm}$ 、 $h=100\text{ mm}$ で空中落下法により相対密度50%程度になるように作成し、脱気水によりほぼ完全に飽和状態にした。

3. 実験条件

作成した供試体を、まず98kPaで初期等方圧密を行う。その後、表-2の拘束圧および载荷条件を設定し、側圧一定の三軸排水せん断試験を行った。

表-2 実験条件および試料

		20kPa	49kPa	98kPa
実験a	0.2%	S T	S T	S T
	0.5%	S T	S T	S T
	1.0%	S T	S T	S T
	5.0%		S	
実験b	0.5%		S	
実験c	0.2→0.5→1.0%		S	

载荷方法は、履歴曲線を1ループ描くように行う実験a、履歴軸ひずみ0.5%の等振幅で2ループ描くように行う実験b、液状化過程を想定し、履歴ひずみを0.2

→0.5→1.0%と段階的に大きくしていきながら3ループ描くように行う実験cの3種類である。

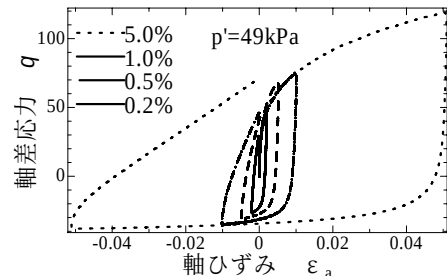


図-1 応力-ひずみ関係 (試料S)

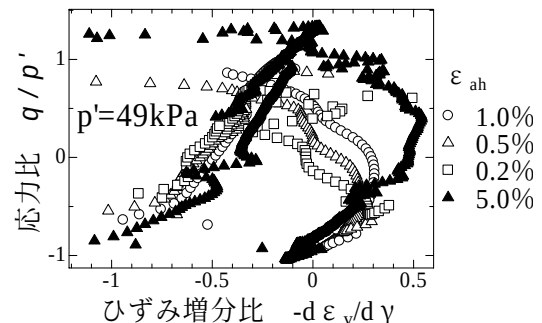


図-2 応力-ダイレイタンス関係 (試料S・履歴ひずみの影響)

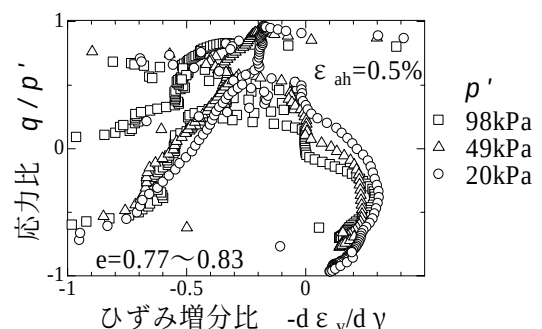


図-3 応力-ダイレイタンス関係 (試料S) (試料S・拘束圧の影響)

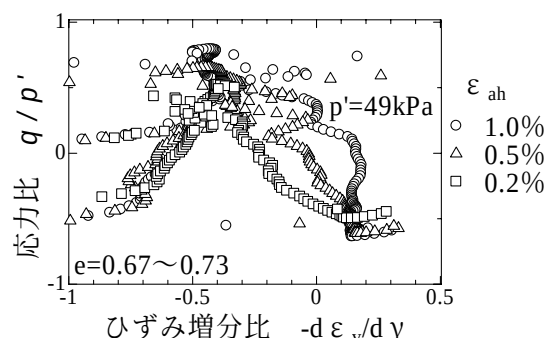


図-4 応力-ダイレイタンス関係 (試料T)

キーワード：液状化、ダイレイタンス、ひずみ履歴、三軸試験

連絡先：新潟大学工学部建設学科 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050 TEL：025-262-7032

4. 結果と考察

応力-ダイレイタンシー関係は式(1)の一次関数で定式化されることが多い。

$$\left(\frac{q}{p'}\right) = \lambda \left(-\frac{d\varepsilon_v}{d\gamma}\right) + \mu \quad (1) \quad \begin{array}{l} \lambda, \mu: \text{定数} \\ \gamma: \text{せん断ひずみ} \\ p': \text{平均有効主応力} \end{array}$$

実験 a の結果を図-2 と図-3 に示す。図から応力-ダイレイタンシー関係は、ひずみ増分比の符号の関係と三軸試験特有の異方性によって、圧縮過程と伸張過程それぞれに対応した(1)式の一次関数で近似される直線区間と、応力反転時の移行区間から成り、圧縮→伸張の移行区間は、液状化過程で生じるような拘束圧の低下や、履歴ひずみの増大によって右上方向にシフトする傾向が読み取れる。なお、拘束圧による影響に比べ、履歴ひずみによる影響の方が顕著に現れている。

図-2 と図-4 によって、2種類の試料による応力-ダイレイタンシー関係を比較すると、両者ともに上記のような性質を示している。しかし、試料Tは伸張側の直線区間が不明確となっており、移行が完全になされないまま次の応力反転へと移っている。このような試料の違いによるダイレイタンシー特性への影響については今後更なる検討が必要である。

次に図-5、図-6 に実験 b) の結果を示す。当初は、特に応力反転時において、1 回目のひずみ履歴の影響で2回目のダイレイタンシー特性が大きく変化すると予想していたが、ひずみが等振幅の場合はあまり変化が見られない。今回与えた履歴軸ひずみが0.5%と小さかったことや、繰返し回数が2回と少なかったことが要因と考えられる。

最後に図-7、図-8 に実験 c) の結果を示す。1 サイクルずつ行った図-2 と3サイクル連続して行った図-8 とでは結果に大きな差は見られなかった。液状化過程初期の小ひずみ領域での履歴はその後の大変形を伴ったダイレイタンシー特性にはあまり影響が現れないといえる。

なお、図-6 と図-8 における直線区間を見ると、1 回目に比べて2、3 回目の方が若干座標原点の方へ移行していることがわかる。これは載荷過程において生じた相対密度の増加によって、変形が抑えられたためと考えられるが、液状化過程において相対密度は一定であるので、解析に際して繰返し載荷の回数による影響をどの程度考慮すべきかに関しては今後検討が必要である。

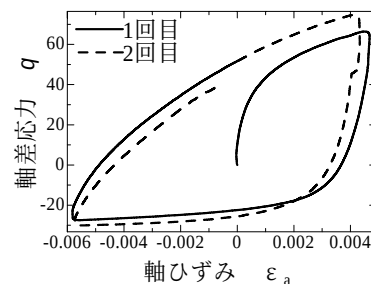


図-5 応力-ひずみ関係 (実験 b)

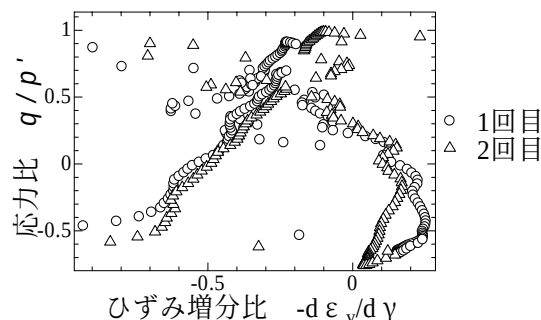


図-6 応力-ダイレイタンシー関係 (実験 b)

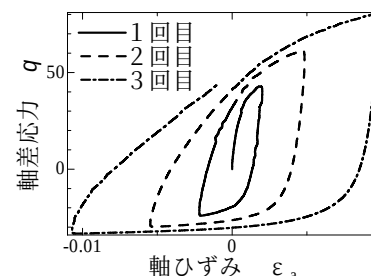


図-7 応力-ひずみ関係 (実験 c)

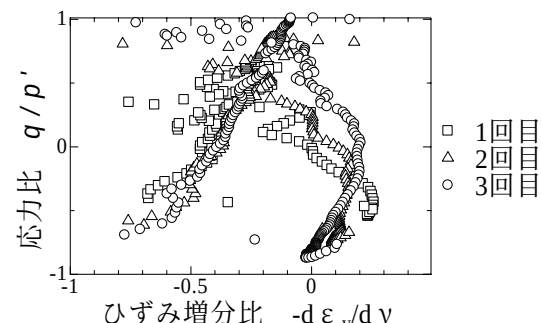


図-8 応力-ダイレイタンシー関係 (実験 c)

5. まとめ

・液状化過程におけるダイレイタンシー特性は拘束圧の低下による影響は比較的小さく、ひずみ履歴による影響が大きい。しかし、繰返し回数については明確な影響は見られなかった。

・細粒分を含む試料Tを用いた場合の応力-ダイレイタンシー関係は、試料Sと同様に履歴ひずみの影響を受ける。

<参考文献>

- 1) 清野・保坂: 砂質土の液状化過程における応力反転時のせん断特性, 第22回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集 pp93-94(2004)
- 2) 保坂・三浦: 液状化を考慮した拘束条件における砂質土の応力-ダイレイタンシー関係, 土木学会第56回年次学術講演会 pp180-181(2001)