

琉球大学学術リポジトリ

正規圧密粘土の静的平均有効応力一定繰り返し排水せん断試験結果について

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2007-08-23 キーワード (Ja): キーワード (En): Normally Consolidated clay, Static Load, Drained Shear, Cyclic Load, Mean Stress 作成者: 呉屋, 健一, 上原, 方成, 原, 久夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1435

正規圧密粘土の静的平均有効応力一定 繰り返し排水せん断試験結果について

呉 屋 健 一* 上 原 方 成** 原 久 夫**

An Experimental Study of Static Cyclic Drained Shear Test Under Constant Mean Effective Stress on Normally Consolidated Clay.

Kenichi GOYA* Hosei UEHARA** Hisao HARA**

Summary

Static cyclic drained shear tests were performed under constant mean effective stress for normally consolidated clay.

Moreover, undrained shear tests were performed to investigate the influence of the cyclic drained shear on undrained shear characteristics. The following results were obtained.

- 1) Inclination of hysteresis loop is affected by the number of cycles and the rate of loadings. Consequently, shear modulus depends on experimental conditions.
- 2) Undrained stress path is greatly affected by undrained shear rate of loadings. However, undrained stress path is hardly affected by stress history.
- 3) Failure stress state is independent of stress history and undrained shear rate of loadings.

Key words : Normally Consolidated clay, Static Load, Drained Shear, Cyclic Load, Mean Stress

1. まえがき

現在までに多くの研究者によって粘土の変形挙動を表現するために種々の概念や仮説を基にして構成式が導かれている。構成式の主流は土を連続体とみなして弾塑性理論に基づき導かれたものである。土の構成式ではなるべく簡単な仮定を用いて、土の応力～ひずみ関係が示されると便利である。粘土の構成式の式中にはその粘土の特徴を表わすパラメーターが含まれている。一般に構成式を用いてより広い領域で粘土の挙動を説明しようとするパラメーターの数は増加する。

弾塑性理論に立脚する構成式で弾性領域において変形挙動が等方性と仮定するならばパラメーターとしてせん断弾性係数 G 、体積弾性係数 K の 2 個が必要と

なる。体積弾性係数 K は圧密試験の除荷過程で得られる膨張指数により求めることができる。

せん断弾性係数 G を求めるにはその定義から平均有効応力を一定に保ち偏差応力を上げ下げして得られる応力ひずみ曲線の勾配から求めるのが適切である。しかし、平均有効応力一定試験であってもせん断初期から塑性体積ひずみが生じており、処女曲線の部分には塑性変形と弾性変形があるため載荷～除荷をある程度行いそのときの応力ひずみ曲線の勾配からせん断弾性係数を求めるのが妥当である。

ここでは、せん断弾性係数 G を求めるための実験方法を確立するための準備として等方圧密後の正規圧密粘土の供試体に平均有効応力一定の繰り返し排水せん断試験を行なった。また、平均有効応力一定の繰り

受理：1992年11月9日

本研究の一部は平成3年度土木学会西部支部研究発表会にて発表。

*琉球大学大学院工学研究科

Graduate Student, Architectural and civil Engineering

**琉球大学工学部土木工学科

Dept. of civil Engineering, Fac. of Eng.

返し排水せん断試験の後に非排水せん断試験を行い、繰り返し応力経路の差異による非排水せん断特性に及ぼす影響について調べてみた。

2. 実験方法

2. 1 試料および実験装置

実験に用いた試料は沖縄本島中南部などに広く分布する島尻泥岩土である。試料作製は固結状態の島尻泥岩土を砕き、 $2000\mu\text{m}$ ふるい通過分を一昼夜水に浸し液性限界の2倍以上の高含水比状態を保ちながら攪拌機を用いて十分に練り返す。その後、 $420\mu\text{m}$ ふるい通過分を15cm モールドに充填し、鉛直圧密圧力 0.5kgf/cm^2 (49kPa) で20日間 K_0 圧密を行う。このようにして予圧密した粘土試料から直径5cm、高さ10cmの円柱形供試体を作製し実験に用いた。表-1に島尻粘土の物理的性質を示す。

表-1 島尻粘土の物理的性質

比 重	G _s	2.72
液 性 限 界	L.L (%)	53.69
塑 性 限 界	P.L (%)	26.13
塑 性 指 界	P.I (%)	27.56
砂 分	(%)	10.2
粘 土 分	(%)	45.2
シルト分	(%)	44.6

実験装置は通常の軸対称三軸圧縮試験装置である。載荷および除荷には任意に載荷（除荷）速度を設定可能な漸増減載荷装置を使用した。軸力は漸増減載荷装置によって調整した空気圧を復動式のペロフラムシリンダーを通して与え、載荷ピストンに取り付けられたロードセルで測定した。側圧は漸増減載荷装置によって調整した空気圧をセル内の水圧に変換して与え、ひずみゲージ式の圧力計により測定した。軸方向変位はダイヤルゲージで、供試体内部の間隙水圧は供試体上部でひずみゲージ式の間隙水圧計により測定している。供試体からの排水量は供試体側面のペーパードレンを通してビューレットに導き、差圧変換機を用いて測定している。また、試験全過程を通して排水側と側圧側に 1.0kgf/cm^2 (98kPa) のバックプレッシャーを与えている。さらに、軸圧と側圧は偏差応力の載荷速度が全排水せん断過程で $q = 5.8 \times 10^{-4}$ ($\text{kgf/cm}^2/\text{min}$) ($= 0.83\text{kgf/cm}^2/\text{day}$) となるように設定している。

2. 2 実験の種類

実験は平均有効応力を一定に保ちながら間隙水圧の発生のないような速度で静的に偏差応力を載荷、除荷を排水状態で繰り返し平均有効応力一定排水せん断とその後続く非排水せん断試験である。図-1に応力経路概念図を示す。

平均有効応力一定排水せん断試験の最終応力状態点は Cam Clay モデル¹⁾における降伏応力 $p_c = 2.0\text{kgf/cm}^2$ の降伏曲線と応力比 $\eta = 0.8$ の直線の交点とした（図-1中の点D）。Cam Clay モデルの降伏曲線は次式で表わされる。最終応力状態点の平均有効応力、偏差応力を p_A , q_A とすると p_A , q_A は次の関係を満たす。

$$\frac{q_A}{(M p_A)} + \ln \left(\frac{p_A}{p_c} \right) = 0 \quad (1)$$

これに条件

$$M = 1.15, \quad \eta = 0.8, \quad p_c = 2.0\text{kgf/cm}^2$$

を代入して、 p_A , q_A を求めると

$$p_A = \frac{p_c}{\exp\left(\frac{\lambda}{M}\right)} = 1.01\text{kgf/cm}^2$$

$$q_A = \eta_A \times p_A = 0.81\text{kgf/cm}^2 \text{ となる。}$$

ここに、M は限界状態線の勾配

q_A , p_A は最終応力状態

η_A は最終応力状態の応力比で $\eta_A = q_A/p_A$

p_c は Cam Clay Model における降伏応力

である。

また、等方圧密終了点は平均有効応力 1.01kgf/cm^2 、偏差応力 0kgf/cm^2 である。

実験は5つのケースについて行った。繰り返し載荷除荷を行わないもの (case 1)、1回繰り返し載荷除荷を行うもの (case 2, 3, 4)、3回繰り返し載荷除荷を行うもの (case 5) である。各ケースで排水せん断試験を行った後に同一の最終応力状態点から非排水せん断試験を軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_s = 0.10\%/min$, $0.01\%/min$ の2種類に設定して行っている。表-2中の試験番号の数値は除荷開始点の応力比 η_{SH} と非排水せん断試験から得られる各供試体の C. S. L (限界状態線) の勾配 M の比率 η_{SH}/M である。なお、3回繰り返しの方 (case 5) については η_{SH}/M をもちいずに A をつけて表示している。

試験番号の最終2文字は非排水せん断試験での軸ひずみ速度を表し高速せん断は HU, 低速せん断は LU と記す。

表-2 試験条件

繰返し 載荷条件	パラメータ γ_{SH}	ひずみ速度 %/min	試験番号	test case	応力経路 (図-1 参照)
CP	00	0.1	CP00HU	case 1	O → A → D → E
	00	0.01	CP00LU		
	36	0.1	CP36HU	case 2	O → A → B → A → D → E
	36	0.01	CP36LU		
	51	0.1	CP51HU	case 3	O → A → C → A → D → E
	55	0.01	CP55LU		
	72	0.1	CP72LU	case 4	O → A → D → A → D → E
	75	0.01	CP75HU		
	A	0.1	CPAHU	case 5	O → B → A → C → A → D → A → D → E
	A	0.01	CPALU		

また、これら一連の平均有効応力一定の繰返し載荷条件 CP と記し、これに非排水せん断まで含めた試験を CPU 試験と呼ぶことにする。表-2 に試験条件を示す。

応力ひずみパラメータは三軸圧縮試験等で通常使用されているパラメータを用いる。

応力パラメータは、平均有効応力 p 、偏差応力 q 、および応力比 η であり、次式で表わされる

CPU test

- case-1 : O → A → D → E
- case-2 : O → A → B → A → D → E
- case-3 : O → A → C → A → D → E
- case-4 : O → A → D → A → D → E
- case-5 : O → A → B → A → C → A → D → A → D → E

$$p = \frac{1}{3} (\sigma_a' + 2 \sigma_r') \quad (2)$$

$$q = \sigma_a' - \sigma_r' \quad (3)$$

$$\eta = \frac{q}{p} \quad (4)$$

ここで、 σ_a' と σ_r' は三軸試験における有効軸圧と有効側圧である。また、ひずみパラメータは、体積ひずみ v とせん断ひずみ γ であって、次式で定義される。

$$\epsilon_a = \ln \left(\frac{H_0}{H} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$v = \ln \left(\frac{V_0}{V} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$\gamma = \epsilon_a - \frac{1}{3} v \quad (7)$$

ここで、 ϵ_a は三軸円柱供試体の軸方向ひずみ (対数ひずみ)、 H_0 と H は初期および試験中の供試体の高さ、 V_0 と V は初期および試験中の体積である。

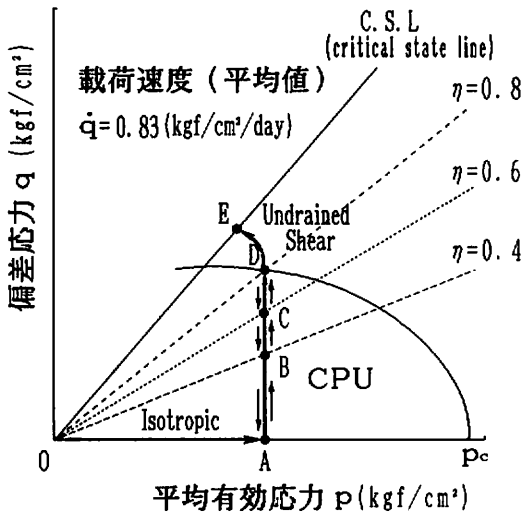


図-1 応力経路概念図

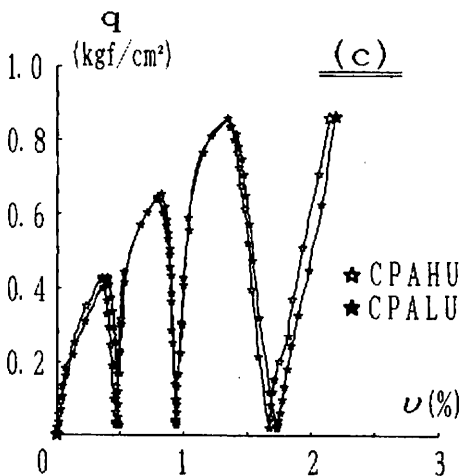
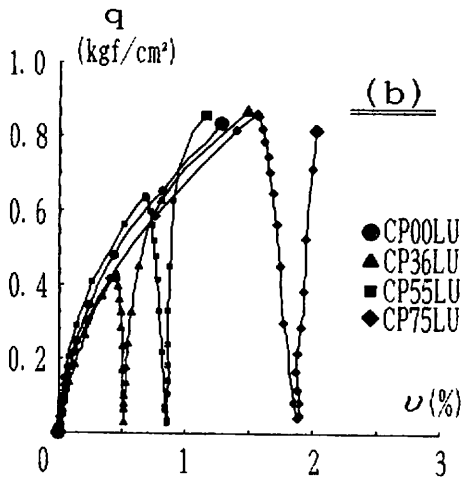
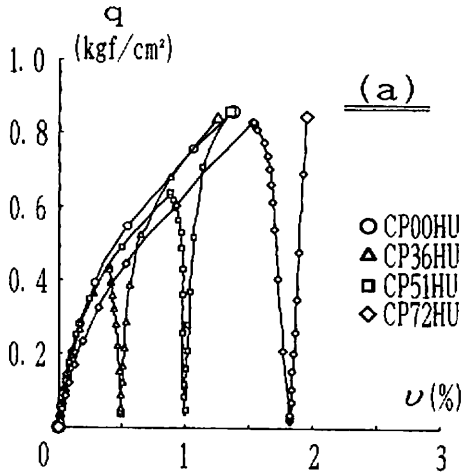


図-2 偏差応力と体積ひずみの関係

3. 試験結果と考察

3. 1 平均有効応力一定排水せん断試験

図-2はCPU試験の偏差応力 q と体積ひずみの関係を排水せん断開始時を0として示したものである。一般に平均有効応力一定経路で発生する体積ひずみはダイレイタンスー成分であると考えられている。図から载荷応力を除荷する際にもダイレイタンスー成分は回復せずにさらに増加をつづけ、蓄積されていくことがわかる。したがって、発生する体積ひずみは塑性体積ひずみとみることができる。

また、Cam Clayモデルのような弾塑性構成モデルでは、降伏面内では弾性挙動をすると仮定している。弾性則に従えば体積ひずみは平均有効応力 p にのみ依存し、偏差応力 q の変化に対しては発生しないはずであるが実際には体積ひずみは発生している。さらに今回のCPU試験で発生している体積ひずみは塑性ひずみであり、降伏面内においても塑性成分があるのでCam Clayモデルのような構成モデルではこのような粘土の挙動は表現できないことがわかる。

図-3は処女载荷終了時までには発生した全体積ひずみと処女载荷終了時の応力比の関係を示したものである。両者の関係はほぼ直線関係にあり、柴田が指摘した結果²と同様の関係が得られた。柴田が指摘したのは、正規圧密粘土の体積変化は圧密圧力による成分とダイレイタンスー成分に分けられ、平均有効応力一定排水試験においては、ある応力比まではダイレイタンスー成分がほとんど発生せず、それ以上になると体積

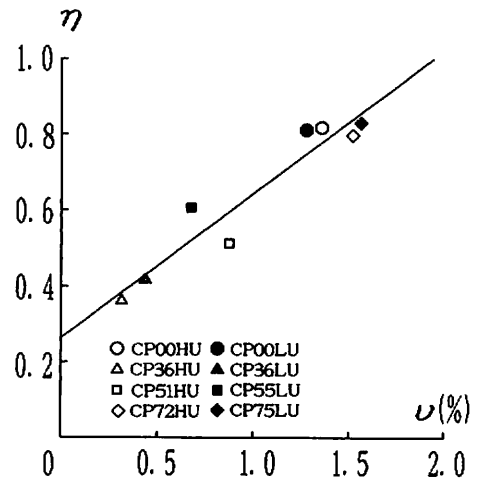


図-3 全体積ひずみと応力比の関係

ひずみは応力比の増加とともに直線的に増加するというものである。図-3においても直線は原点を通らず切片をもつことから、CPU 試験においてはある応力

比（島尻粘土では $\gamma_b=0.25$ ）まではダイレイタンスーはほとんど発生せずに限界の応力比を越えると応力比の増加とともにダイレイタンスーも増加する。この直線の勾配から島尻粘土のダイレイタンスー係数 $D=0.038$ がえられる。また、この体積ひずみと応力比の関係は同一の土であっても排水にかける時間の長短により異なってくるといわれている³⁾。

図-4は偏差応力 q とせん断ひずみの関係を示したものである。排水せん断開始時を0としてある。図から除荷時には回復ひずみがあることがわかる。除荷時の初期部分に注目するとひずみは、除荷しているにもかかわらずある程度まで増加しつづけ、時間的に遅れを伴って、ひずみは減少に転じていく。このことは粘土が完全な弾塑性体ではなく粘性を含む材料であることを示している。また、この傾向は除荷開始時の応力が高いほど、繰り返し回数の多いほど大きくみられる。

このように回復するひずみが時間に依存するためには除荷速度によりヒステリシスループの幅や最終的なひずみの回復量も異なってくると思われる。除荷速度が遅い場合、ひずみの回復に要する時間が長くなり、その分回復するひずみ量が多くなる。その結果ループの下端が原点側よりになる。したがってその時のループ勾配は除荷速度が遅い場合に比べて緩くなると考えられる。

せん断弾性係数は弾性則で次のように表わされる。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (8)$$

$$\delta \gamma^e = \frac{1}{3} G \delta q \quad (9)$$

ここで、 $\delta \gamma^e$ はせん断ひずみの弾性成分増分

δq は偏差応力増分である。

図-5はヒステリシスループの勾配と除荷開始時の偏差応力との関係を示すものである。ここでループの勾配はループ上下端を結ぶ直線の勾配とした。

この勾配は図に示すとおり除荷開始時の偏差応力の大きさに影響されるし、前述したように粘土の時間依存性挙動に起因して除荷速度にも影響され、粘土骨格自体の固有のものとなっていない。けれども(9)式から類推されるように G とも深くかかわっている量であることに変わりない。そこでここでは、この勾配がどのように繰り返し載荷の方法によって変わるのかを調べた。

この図から1回繰り返し載荷試験では除荷開始応力

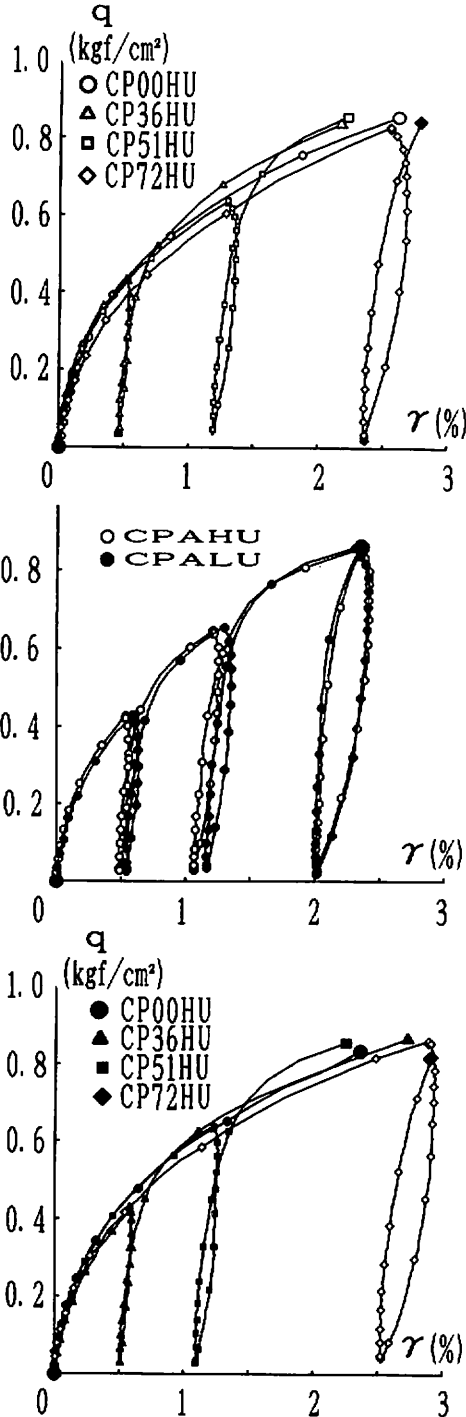


図-4 偏差応力とせん断ひずみの関係

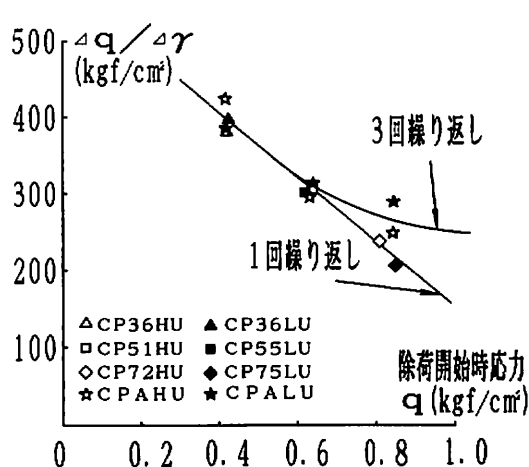


図-5 ループの勾配と除荷開始時応力の関係

が大きくなるとループの勾配は直線的に減少していくことがわかる。それに対して3回繰返し載荷の方はループ勾配は2回目の除荷までは1回繰返しとはほぼ同一であるが3回目の除荷では一定値に近づく傾向がみられる。これは繰返し載荷除荷を行ったため次第に供試体が弾性状態になりつつあるためと考えられる。これからループの勾配は繰返しの影響を受けることがわかる。また、わずかな繰返し回数でも弾性状態になることがわかる。したがって、せん断弾性係数 G を応力ひずみ曲線から求めようとするときには応力ひずみ曲線が同一のループを往復する状態、つまりひずみが完全に回復し蓄積されない弾性状態に達するまで行い求めるべきである。以上のことから単純に応力ひずみ曲線から、せん断弾性係数 G を求めるのは、載荷速度、繰返し回数で異なり、その粘土を代表する値として用いるのは問題があると思われる。

3. 2 非排水せん断試験結果

図-6 に非排水せん断過程における応力～ひずみ～間隙水圧関係を示す。

まず、応力～ひずみ関係におよぼすせん断速度の影響を調べるため同一の応力経路を持つものについて比較を行う。5つの図のいずれをみてもせん断速度の速い (CP**HU; **は任意の数値を意味する) 方が初期の立ち上がり急で、せん断初期において偏差応力が増加していくとそれに対してせん断ひずみはすぐには発生 (増加) しないことがわかる。せん断速度の遅い方 (CP**LU) は偏差応力とともに増加するが、

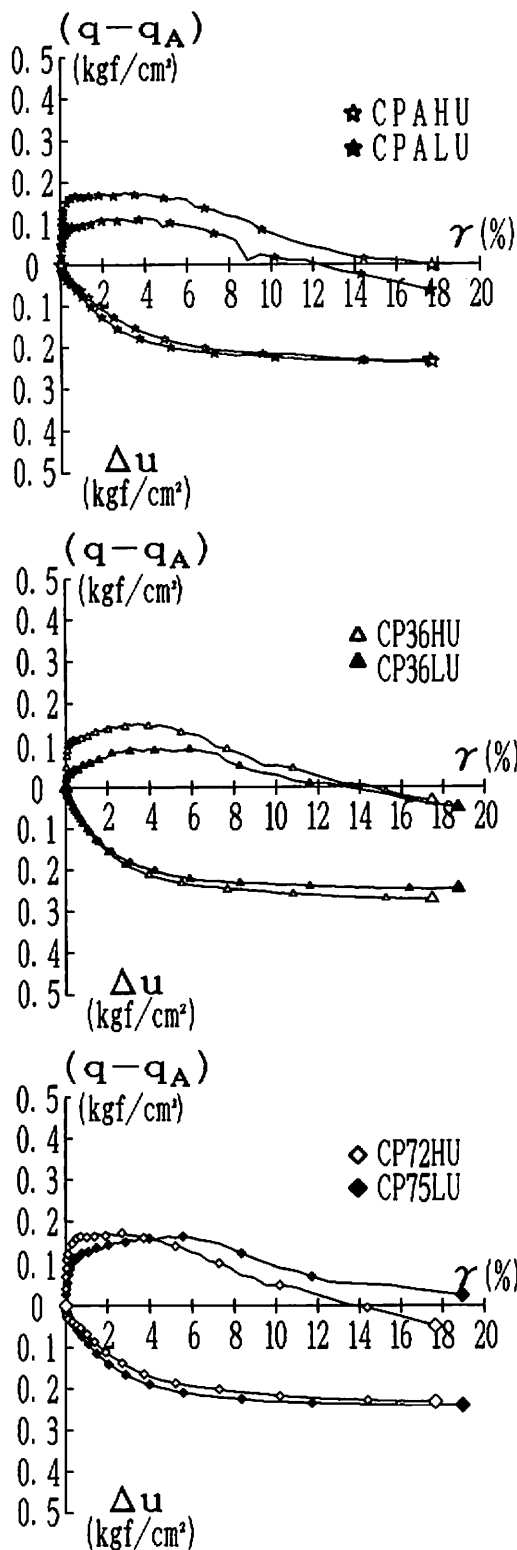


図-6 応力～ひずみ～間隙水圧関係

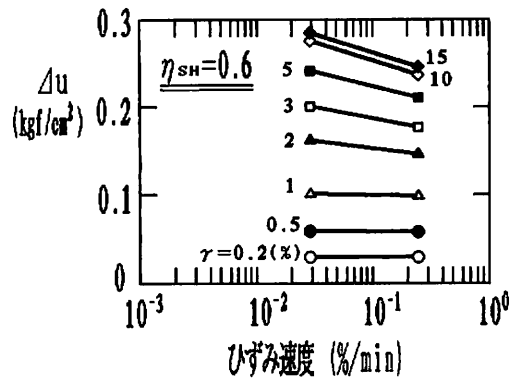
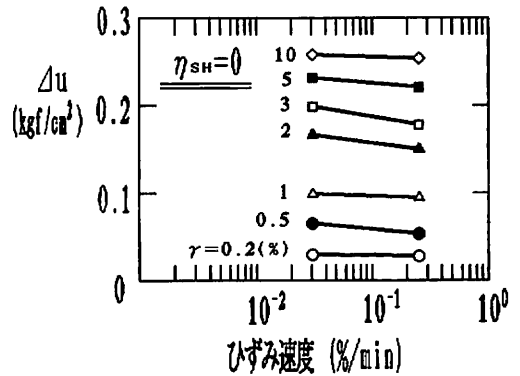
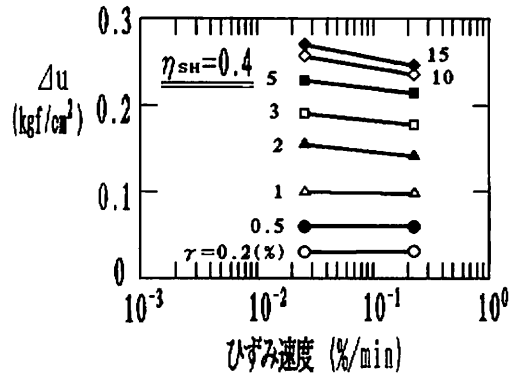
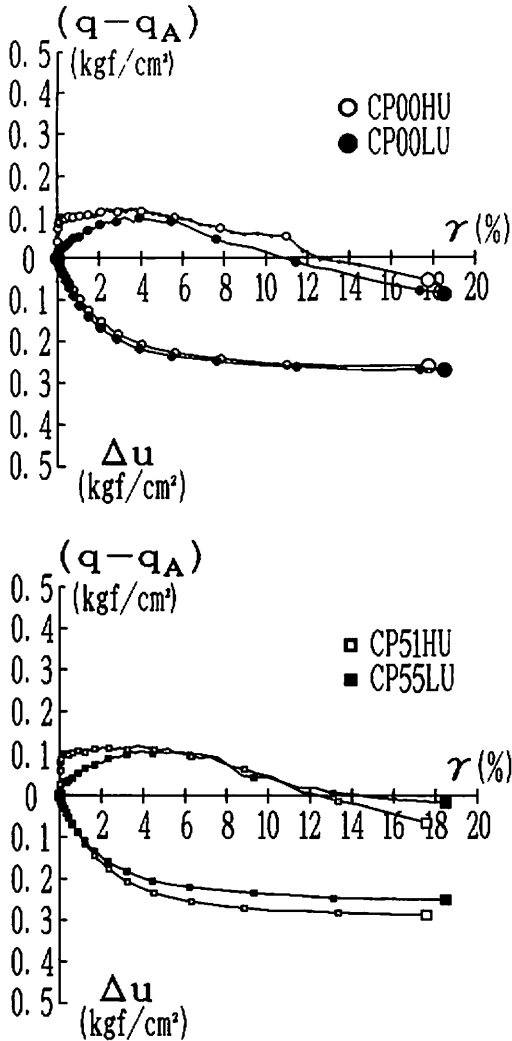


図-6 応力～ひずみ～間隙水圧関係

除荷開始点応力が高まるに連れてせん断ひずみの立ち上がりは急になる。

次に最大強度についてみるとCP**HUはその発生時期は除荷開始点応力が高いほど、せん断開始後わずかなひずみで最大強度を示している。

CP**LUはCP**HUほど最大強度の現れる時期は早くない。また最大強度を示した後は両方ともひずみ軟化により偏差応力は低下し、せん断ひずみは増加し続ける。

間隙水圧におよぼすひずみ速度の影響をみるためひずみ速度を対数軸に間隙水圧を縦軸にとり間隙水圧はひずみをパラメーターとして求めたものが図-7であ

図-7 間隙水圧におよぼすひずみ速度の影響

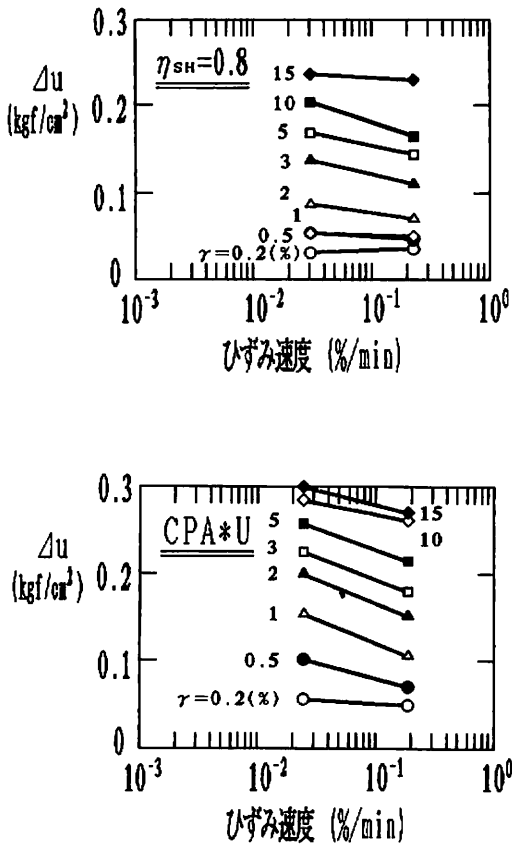


図-7 間隙水圧におよぼすひずみ速度の影響

る。過去の研究では、Lo (1969)⁴、赤井ら (1974)⁵、大西ら (1983)⁶の間隙水圧はひずみ速度に影響されずにひずみと一義的關係があるとするものと中瀬、亀井 (1986)⁷、三田地ら (1989)⁸のように間隙水圧はひずみ速度の増加につれて減少し、その傾向は等方圧密したものよりも異方圧密したものが強いとする結果がある。今回の実験は図からわかるように、ひずみ速度の増加に伴い間隙水圧の発生量は減少していく傾向がみられ、中瀬、亀井 (1986)、三田地ら (1989) と同様な結果が得られた。図-8 にひずみをパラメーターとした間隙水圧の対数ひずみ速度に対する勾配と除荷時の繰返し応力比の関係を示す。図-8 からわかるように3回繰り返し (CPAHU, CPALU) の方が他の応力経路に比べてひずみ速度の増加に伴い間隙水圧の発生量は減少していく傾向が大きい。

次に図-9, 10 に応力経路図を示す。

各ケースにおいて非排水せん断開始点は同一である。図-9 からひずみ速度の影響が現れていることがわか

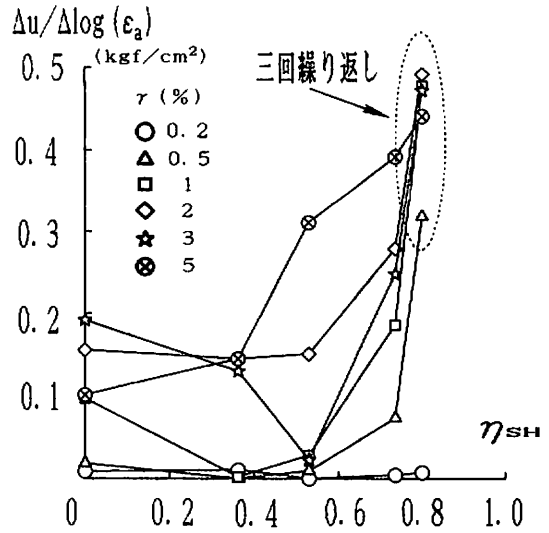


図-8 ひずみをパラメーターとした間隙水圧の対数ひずみ速度に対する勾配と除荷時の繰返し応力比の關係

る。ひずみ速度が0.1%/min の場合 (CP**HU) にはせん断初期に鉛直に立ち上がり、ある点に達すると急に折れ曲がり最大強度を示した後、ひずみ軟化をして限界状態線 (C. S. L) に沿う挙動をする。これに対して0.01%/min の場合 (CP**LU) にはせん断直後から限界状態線 (C. S. L) に向かい、最大強度を示した後はほとんど両者ともに同じ挙動をしている。

図-10 は非排水せん断時のせん断速度で分類した応力経路図である。図から繰り返し応力経路の差異が非排水せん断に与える影響はひずみ速度ほどにはみられないことがわかる。

次に破壊時の供試体の状態について考察する。

ここで言う破壊時とは偏差応力の最大応力点、つまり最大強度を破壊時とし記号には下添字 f をつけて示している。図-11 破壊時の間隙水圧係数 A_f を示す。間隙水圧係数は次式で表される。

$$A_f = \frac{\Delta u}{\Delta q} \quad (10)$$

ここに、 $\Delta u = u_f - u_A$

$$\Delta q = q_f - q_A$$

下添字 f は破壊時、A は非排水せん断開始時を示す。間隙水圧係数は CP72HU, CPAHU を除けばほぼ同一で0.2~0.23の値となっている。このことから間隙水圧係数は応力経路、ひずみ速度の影響を受けないことがわかる。

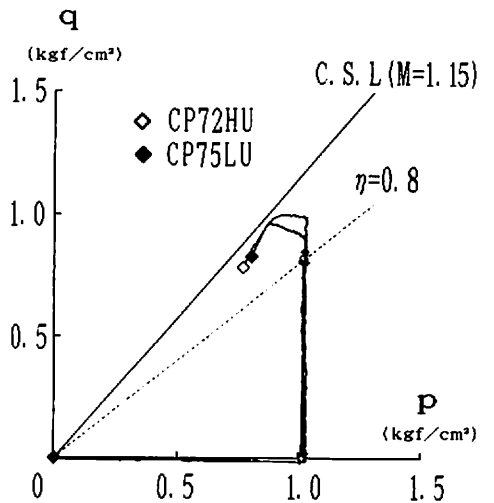
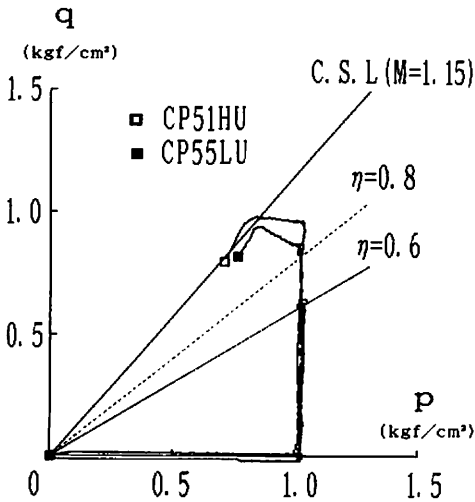
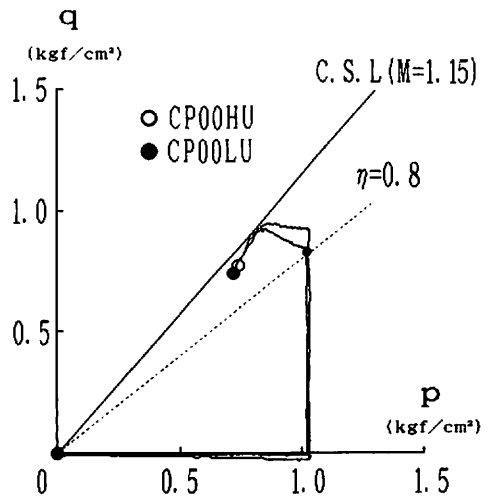
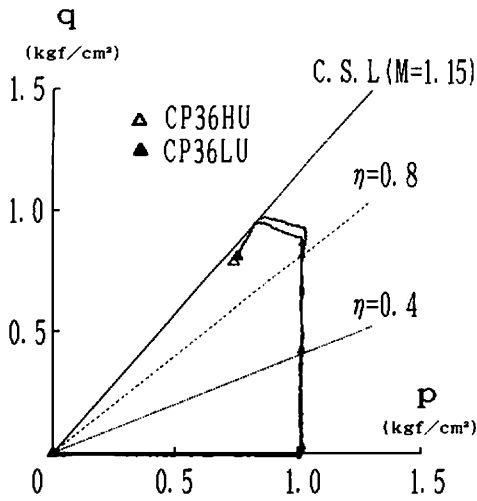


図-9 応力径路図

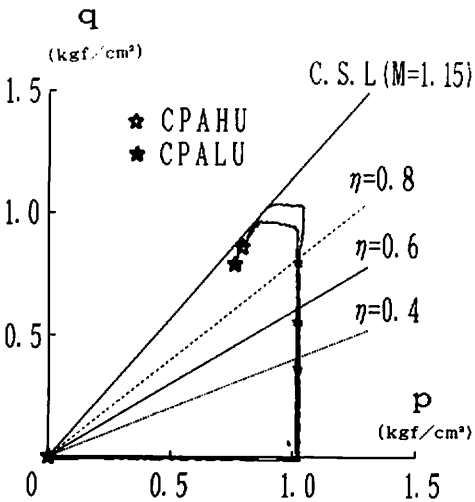


図-12に次式で求めた非排水せん断強さを示す。

$$C_u = \frac{1}{2} (q_1 - q_A) \quad \text{————— (11)}$$

せん断強さは、一般にせん断速度が遅いとより大きな間隙水圧が発生するため、それに伴いせん断強度も低下する。つまり、せん断速度が速いと強度は高くなり速度が遅いと強度は低くなる。今回の場合、図からわかるようにCP51HU, CP55LUを除いてせん断速度が速い方がせん断強度は高い。また、せん断強度に対して除荷開始応力点が高くなるとせん断強さは強くなり、繰り返し応力の大きさの影響を受けていることが

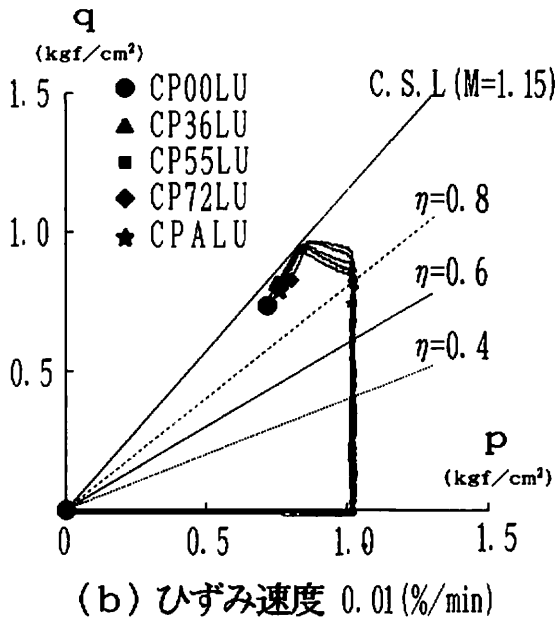
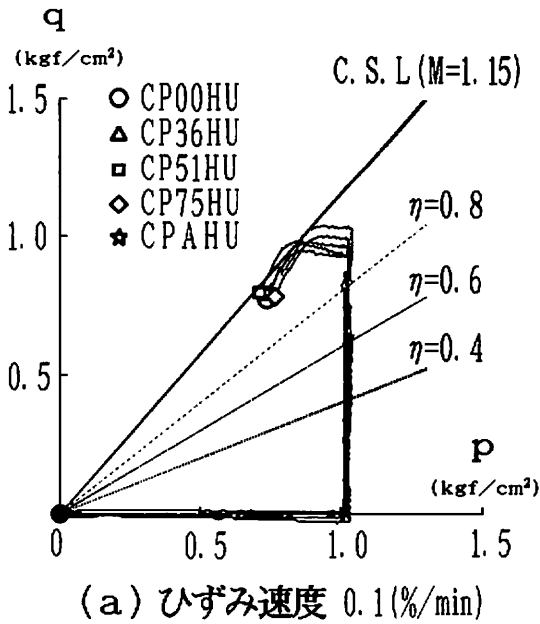


図-10 応力経路図

わかる。

図-13に破壊時の偏差応力を示す。ひずみ速度、応力経路の差異があるにもかかわらず、破壊時の偏差応力は各ケースほぼ同一の値である。図-14は

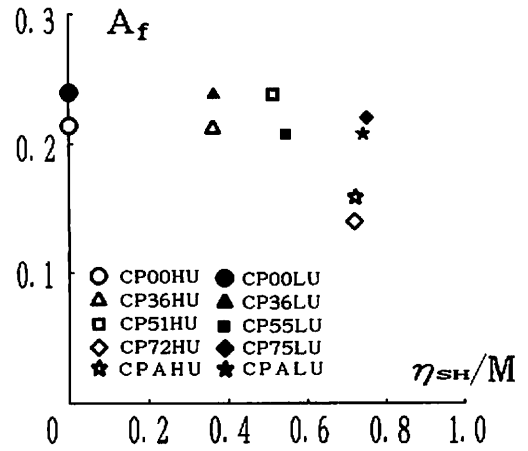


図-11 破壊時の間隙水圧係数

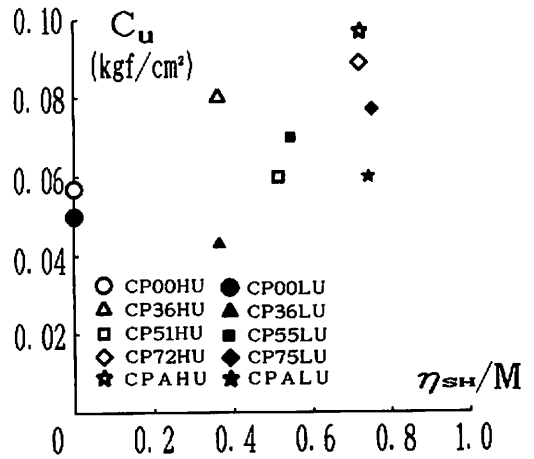


図-12 非排水せん断強さ

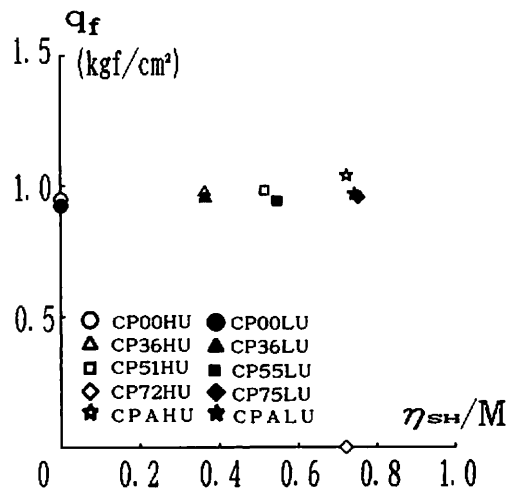


図-13 破壊時の偏差応力

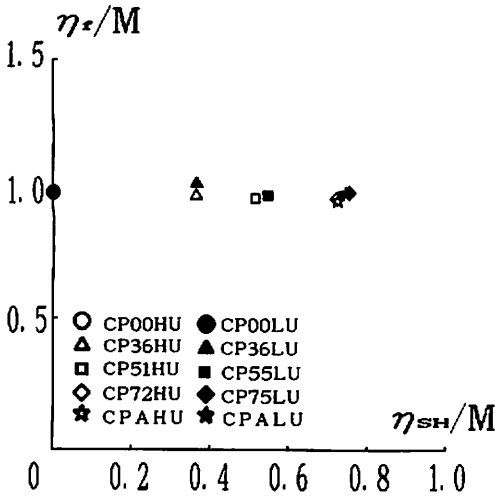


図-14 破壊時の応力比

破壊時の応力比を示している。これも偏差応力と同様に各ケース同一である。よって各ケースについて破壊時の応力状態は同じといえる。過去の研究⁹⁾によると同一の等価圧密圧力をもつ粘土の破壊状態は非排水せん断以前の排水条件、応力経路に依存せず同一になることがわかっている。したがって、今回の応力経路に対しても同じことがいえる。

4. 結論

今回、正規圧密粘土を用いて静的な平均有効応力一定繰返し排水せん断試験を行った。その結果、以下の結論が得られた。

- 1) 静的平均有効応力一定繰返し排水せん断中に発生する体積ひずみは荷重を除荷しても回復せずに蓄積されていく。
また、除荷開始までに発生する体積ひずみと除荷開始点の応力比には直線関係が見られた。
(ダイレイタンス係数 $D=0.038$, $\eta_D=0.26$)
- 2) 繰返しによるヒステリシスループの勾配は繰返し回数の影響を受け、繰返し回数が多いほど緩くなり、また載荷除荷の速度によっても影響を受けると考えられる。これからせん断弾性係数 G を求めると条件より値が異なることになる。このため単純に応力ひずみ曲線から求めることはできない。
- 3) 非排水せん断速度が速い場合、応力ひずみ曲線の立ち上がりは急で、最大強度は速い段階で現れる。この傾向は除荷開始点応力の大きいもの

ほど強い。

- 4) 非排水応力経路に対して非排水せん断速度の影響は強くみられるが繰返し応力経路の影響はあまりない。
- 5) 破壊時の応力状態は非排水せん断開始点が同一であればどの応力経路、非排水せん断速度においても同一である。

謝 辞

最後に、卒業研究として精度の高い実験を行い、データ整理をしてくれた平成3年度卒業生 瑞慶覧長賢(応用地質)君に深く感謝します。

記号説明

σ_a'	(kgf/cm ²)	:	軸方向有効応力
σ_r'	(kgf/cm ²)	:	径方向有効応力
p	(kgf/cm ²)	:	平均有効応力 $p=1/3(\sigma_1'+2\sigma_3')$
q	(kgf/cm ²)	:	偏差応力 $q=\sigma_1'-\sigma_3'$
η		:	応力比 $\eta=q/p$
ϵ_a	(%)	:	軸方向ひずみ
ϵ_r	(%)	:	径方向ひずみ
γ	(%)	:	せん断ひずみ $\gamma=2/3(\epsilon_a-\epsilon_r)$
ν	(%)	:	体積ひずみ $\nu=\epsilon_a+2\epsilon_r$
M		:	限界状態線の勾配
p_A	(kgf/cm ²)	:	平均有効応力一定排水せん断終了時の平均有効応力
q_A	(kgf/cm ²)	:	平均有効応力一定排水せん断終了時の偏差応力
U_A	(kgf/cm ²)	:	平均有効応力一定排水せん断終了時の間隙水圧
η_A		:	平均有効応力一定排水せん断終了時の応力比
η^{SH}		:	除荷開始応力点の応力比
q_c	(kgf/cm ²)	:	破壊時の偏差応力
η_c		:	破壊時の応力比
A_c		:	破壊時の過剰間隙水圧係数
u_c	(kgf/cm ²)	:	破壊時の過剰間隙水圧
Δu	(kgf/cm ²)	:	非排水せん断時の過剰間

		隙水圧増分
Δq	(kgf/cm ²)	: 非排水せん断時の偏差応力増分
C_u	(kgf/cm ²)	: せん断強さ
$\Delta \gamma$	(kgf/cm ²)	: 非排水せん断時のせん断ひずみ増分
$\delta \gamma$	(%)	: せん断ひずみ増分
γ_D		: ダイレイタンスーの生じない限界応力比
D		: ダイレイタンスー係数
H	(cm)	: 試験中の供試体の高さ
H_0	(cm)	: 初期の供試体の高さ
V_0	(cm ³)	: 初期の供試体の体積
V	(cm ³)	: 試験中の供試体の体積
λ		: 圧密試験による $e - \ln p$ 線の勾配
p_c	(kgf/cm ²)	: Cam Clay モデルにおける降伏応力
G	(kgf/cm ²)	: せん断弾性係数
K	(kgf/cm ²)	: 体積弾性係数
E	(kgf/cm ²)	: 弾性係数
ν		: ポアソン比
\dot{q}	(kgf/cm ² /day)	: 載荷速度
δq	(kgf/cm ²)	: 除荷時の偏差応力増分
$\delta \gamma^e$	(%)	: せん断ひずみの弾性成分増分

<参考文献>

- 1) Roscoe, K. H, Schofield, A. N. and Thurairajah, A. : Yielding of clay in states wetter than critical, *Geotechnique*, Vol. 13, No. 3, pp. 211~240, 1963.
- 2) 柴田 徹 (1963); 粘土のダイレイタンスーについて, 京都大学防災研究所 6号, pp.128-134
- 3) 柴田, 太田, 関口; 土の応力, 変形, 強度特性土と基礎, Vol.24 No. 8 pp.11-22.
- 4) Lo, K. Y. (1969); The Pore Pressure - Strain Relationship of Normally Consolidated Undrained clays, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 6, pp. 383~412.
- 5) 赤井, 足立, 安藤 (1974); 飽和粘土の応力-ひずみ-時間関係, 土木学会論文報告集, 第225号, pp. 55-61.
- 6) 大西有三・梅田和男 (1983); K_0 圧密粘土のせん断特性について, 第18回土質工学研究発表会講演概要集. pp.419~422.
- 7) Nakase, A. and Kamei, T. (1986); Influence of strain rate on undrained shear characteristics of K_0 -consolidated cohesive soils, "soils and Foundation Vol. 26, No 1, pp. 85~95.
- 8) 三田地・小田・藤原・池浦 (1986); 異方圧密粘土の構成式と土質パラメーター決定法に関する研究昭和63年度科学研究費用補助金研究成果報告書 pp 1~17.
- 9) 原 久夫; 正規異方圧密粘土の非排水せん断特性 琉球大学工学部紀要 第31号, 1986.