

結合力をもつ火山灰質粘性土の変形特性に関する考察

北海道大学大学院工学研究科 正会員 楊 俊傑
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 三浦清一
 北海道大学大学院工学研究科 小林 隼

1. はじめに 本研究は、セメンテーションによる結合力をもつ火山灰質粘性土の変形特性を、ベンダーエレメントを組み込んだ圧密試験結果より考察したものである。

2. 実験概要 試料は北海道中標津空港付近の切土斜面から採取した火山灰質粘性土である。不攪乱試料はブロックサンプリング法で採取し、地盤内での深さが3.70~4.00mで、推定有効上載圧 $p_v=49\text{kPa}$ であった。試料の物理的性質は、土粒子の密度 $\rho_s=2.863\text{g/cm}^3$ 、自然含水比 $w_n=66.8\%$ 、液性限界 $w_L=66.8\%$ 、塑性限界 $w_p=42.7\%$ 、塑性指数 $I_p=24.1$ 、液性指数 $I_L=1.0$ 、粘土分=37.1%、シルト分=18.0%、砂分=44.9%である。

圧密試験は標準圧密試験であるが、試験機にベンダーエレメントが組み込まれている。ベンダーエレメントにより、各圧密圧力段階での24時間圧密後の供試体のせん断波速度 V_s を求め、そしてそれらのせん断波速度 V_s から各圧密圧力に対応するせん断弾性係数 G を $G = \rho_s V_s^2$ により求める。また圧密試験は一つの供試体を用いるため、初期間隙比の影響がなく、空隙比に伴うせん断弾性係数の変化を調べられる。

実験は不攪乱試料と攪乱試料の2ケースについて行われ、不攪乱と攪乱供試体の初期状態および試験から得られた不攪乱試料の圧密降伏応力を表-1に示す。不攪乱供試体は、採取してきたブロックからカッターリングとストレートエッジを用いて作成した。攪乱供試体は、不攪乱供試体の湿潤密度となるようモールドに詰め込むことにより作成したが、せん断弾性係数に与える空隙比の影響を調べるために、不攪乱供試体と異なる初期間隙比となるように攪乱試料の初期含水比を小さく調整した(表-1)。また圧密圧力は、9.8、19.6、39.2、78.4、156.8、313.6、そして9.8kPa(除荷)のように設定した。なお、不攪乱試料はセメンテーションを保っていると見なし、攪乱試料はセメンテーションを失ったと考えている。

3. せん断弾性係数 G に及ぼす圧密圧力、応力履歴、セメンテーションおよび空隙比の影響

試験から得られた $e \sim \log p'$ 曲線を図-1に示す。推定有効上載圧が約49kPaであるのに対して、不攪乱試料の圧密降伏

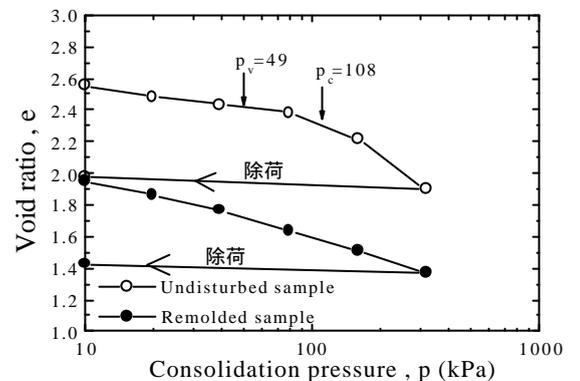


図-1 $e \sim \log p'$ 曲線

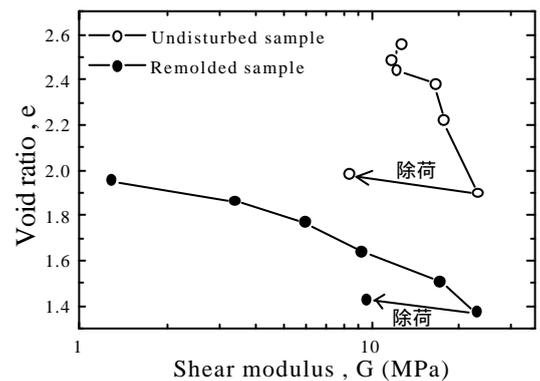


図-2 $e \sim \log G$ 曲線

表-1 圧密試験に用いた供試体の初期状態と不攪乱試料の圧密降伏応力

	初期状態					結果	
	初期含水比 $w_n(\%)$	湿潤密度 $\rho_t(\text{t/m}^3)$	乾燥密度 $\rho_d(\text{t/m}^3)$	初期間隙比 e_0	飽和度 $S_r(\%)$	圧密降伏応力 $p_c(\text{kPa})$	過圧密比 OCR
不攪乱	66.8	1.33	0.80	2.579	74	108	2.2
攪乱	50.5	1.40	0.93	2.078	70		

火山灰質粘性土、ベンダーエレメント、せん断弾性係数、圧密試験、セメンテーション

札幌市北区北13条西8丁目北海道大学工学研究科社会基盤工学専攻 電話：011-706-6203、FAX：011-726-2296

応力が約108kPaと得られた。試料のアロフェン含有率は測定していないが、アロフェンを含んでいることが確認されている。このことから不攪乱試料にはセメンテーションによる結合力をもっていることが推測できる。

図 - 2 は図 - 1 に対応しているベンダーエレメント試験の結果である。不攪乱と攪乱のいずれの場合においても、間隙比の減少とともにせん断弾性係数が増加する傾向は見られるが、間隙比の減少は圧密圧力の増加によるもので、以下の考察により、せん断弾性係数は間隙比によらず、圧密圧力や応力履歴およびセメンテーションに依存することが指摘される。

図 - 3 はせん断弾性係数 G と圧密圧力との関係である。攪乱試料の場合は、圧密圧力の増加に伴いせん断弾性係数が増加する。不攪乱試料は攪乱試料の場合に比べて、初期間隙比（表 - 1）や各圧密圧力段階の間隙比（図 - 1）が大きいにも関わらず、土被り圧とセメンテーション両者の影響（圧密圧力 $< p_v$ ）を受けた領域（過圧密領域と呼ぶことにする）では、圧密圧力の増加によらずせん断弾性係数はほぼ一定になっており、また攪乱の場合よりも高い。セメンテーションのみの影響（ $p_v < \text{圧密圧力} < p_c$ ）を受けたと考える領域（疑似過圧密領域と呼ぶことにする）においても、不攪乱試料のせん断弾性係数が高くなっている。正規圧密領域（圧密圧力 $> p_c$ ）では、各圧密圧力段階のせん断弾性係数が攪乱試料の場合とほぼ同じになっている。9.8kPaまで除荷された場合、そのせん断弾性係数が攪乱試料の場合とほぼ同じである。ここに、不攪乱と攪乱試料は同じ応力履歴（正確に言えば、不攪乱試料の圧密降伏応力を越えた履歴）を受けていた。なお、同じ圧密圧力（9.8kPa）の下でのせん断弾性係数の大きさについては、不攪乱試料の場合、除荷より載荷のほうが高いのは応力履歴やセメンテーションの影響であり、また攪乱試料の場合、載荷より除荷のほうが高いのは圧密応力履歴の影響として考えられる。

4. セメンテーション効果に起因したせん断弾性係数 G の拘束圧依存性

図 - 3 において、各圧密圧力段階毎の不攪乱と攪乱試料のせん断弾性係数の差を ΔG とし、圧密圧力との関係を図 - 4 のように整理した。土被り圧の影響（圧密圧力 $< p_v$ ）も含まれているが、セメンテーション効果（圧密圧力 $< p_c$ ）に起因したとされるせん断弾性係数 G は圧密圧力の増加とともに減少することが分かる。

5. おわりに

1) 土被り圧とセメンテーション両者の影響を受けた過圧密領域では、圧密圧力によらず不攪乱試料のせん断弾性係数はほぼ一定である。

2) 不攪乱試料は攪乱試料の場合に比べて各圧密圧力段階の間隙比が大きいにも関わらず、過圧密領域とセメンテーションのみの影響を受けた疑似過圧密領域では、そのせん断弾性係数が攪乱試料の場合より高くなっている。

正規圧密領域では、あるいは圧密降伏応力以上載荷して、9.8kPaまで除荷された場合、そのせん断弾性係数は攪乱試料の場合とほぼ同じになっている。

3) セメンテーション効果に起因したせん断弾性係数は拘束圧に依存する。

謝辞： 試料の採取に当たって、八木氏（地崎工業（株））、川村先生・萱場君（室蘭工業大学）、阿曾沼君・前君・伊吹君（北海道大学）に、粒度試験や密度試験に関しては、北海道士質コンサルタント（株）池田氏・藤田氏・荒川氏に、またベンダーエレメント装着型圧密試験の実施に際して、北海道大学三田地先生・澁谷先生・工藤技官・古道君に、ご協力をいただいた。記して各位に謝意を表する。

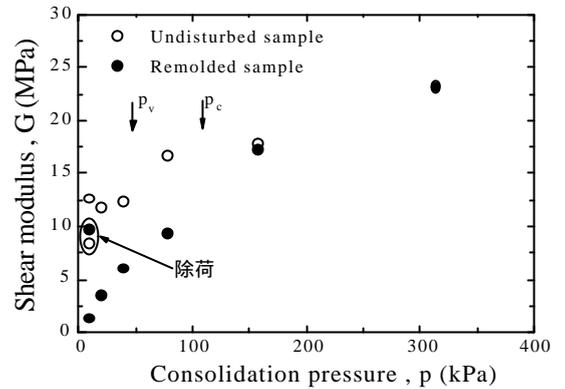


図 - 3 せん断弾性係数と圧密圧力の関係

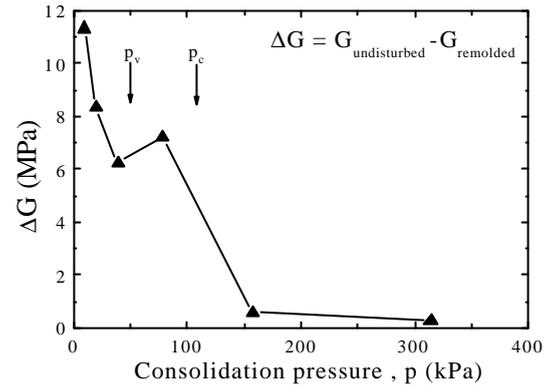


図 - 4 G の拘束圧依存性