

第二渥美海丘から採取された海底堆積土試料の 繰返し一面せん断特性

日本大学大学院 学生会員 ○浅見 匡俊 豊嶋 祐太
学生会員 高橋 俊博
日本大学生産工学部 フェロー会員 三田地 利之
清水建設技術研究所 正会員 西尾 伸也

1. はじめに

メタンハイドレート(以下MH)回収技術確立に向けた諸課題のある中で、MHをガス化して産出する過程で、MHを含む地層周辺の地盤の応力状態が変化し、大きな変形が生じた場合を想定すると、海底地すべりの発生の可能性がないとは言えない。海底地すべりの可能性の有無について検討するためには、大変形ののちに地盤が発揮し得る強度(残留強度)の把握が必要である。本研究では新規開発の繰返し一面せん断試験装置¹⁾によってピークから残留状態への強度の変化特性を調べた。

2. 試料および試験方法

試験に用いた試料は、第二渥美海丘のAT1-GT1坑井の3深度(海底面下12.5・31.3・62.9m)で採取された不攪乱状態のコア試料(以下、U試料)および、実験後の試料を繰返し再構成した試料(以下、R試料)である。U試料、R試料について定圧・定体積条件で片振りの繰返し一面せん断試験(以下、RCP-U、RCV-U、RCP-R、RCV-R)を行った。圧密応力は、それぞれの試料の採取深度に対応する有効土被り応力をもとに設定した。試料の物理的特性を表-1に、試験条件は表-2に示す。試料についての物理的性質の特徴などについては文献²⁾に詳しい。圧密の打切りは3 t法によった。

RCP試験のせん断時の変位速度は最初の1往復と最終の1往復のせん断過程では0.02mm/minに設定し、中間のせん断過程では0.2mm/minとした¹⁾。

表-1 試料の物理特性

試料名	AT1-GT1	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.684
水深 (m)	997	シルト分 (%)	46.2
深度 bsf (m)	12.5~62.9	粘土分 (%)	50.7
自然含水比 w (%)	35.3	液性限界 w_L (%)	54.9
最大粒径 (mm)	0.425	塑性指数 I_P	28.3

表-2 試験条件

試料	供試体寸法(mm)	せん断変位(mm)	せん断変位速度(mm/min)	圧密応力(kN/m ²)
U	直径 高さ 60 20	6	RCV	99.4・244.1・493.9
			RCP	
R	直径 高さ 60 20	6	RCV	100・200
			RCP	
			0.2	250・350・500
			0.02・0.2・0.02	

3. 試験結果

RCP試験中(RCP-U)のせん断応力 τ - せん断変位 δ の関係の一例として垂直応力99.4kN/m²の試験結果を図-1に示す。なお図-2はその繰返しせん断中の往路・復路のせん断変位を加算して累積せん断変位 $\Sigma\delta$ として表現したものである。往路でせん断応力 τ の最大値(ピーク強度)を迎えた後、 τ は次第に減少してほぼ一定値に収束している(残留強度)。ピークから残留状態への強度低下が12%程度と比較的小さい。これをピークおよび残留状態のせん断抵抗角(ϕ_p , ϕ_r)で表すと、 $\phi_p=37.1^\circ$, $\phi_r=33.7^\circ$ で両者の差は3°程度である。

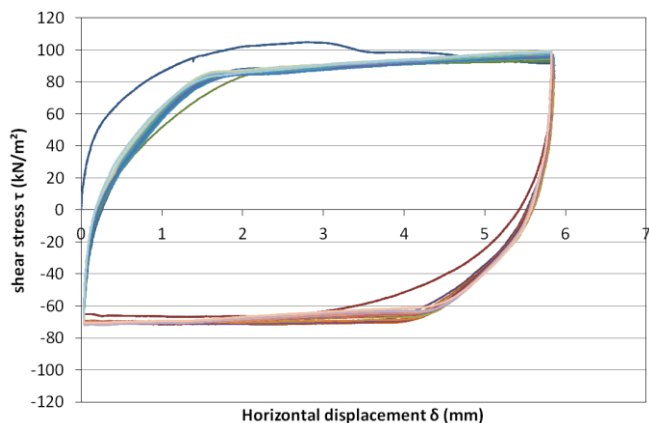


図-1 RCP-U試験中のせん断挙動

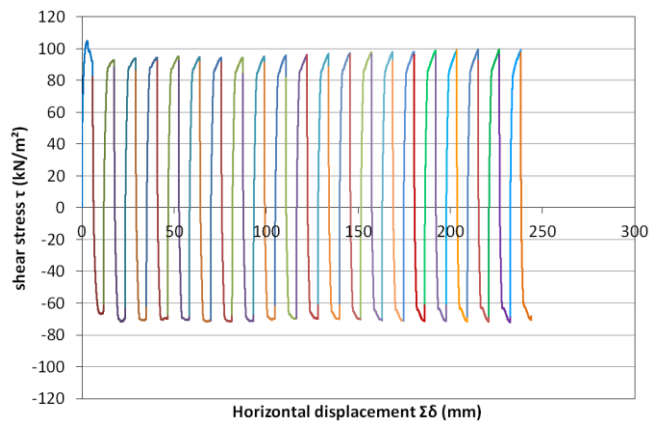


図-2 RCP-U試験中の τ - $\Sigma\delta$ 関係

キーワード メタンハイドレート・繰返し一面せん断試験・残留強度

連絡先 千葉県習志野市泉町 1-2-1, 日本大学生産工学部 土木工学科 TEL047-474-2422

図-3はRCV試験中(RCV-R)のせん断応力 τ -せん断変位 $\Sigma \delta$ の関係の一例として圧密応力 500kN/m^2 の実験結果を示したものである。ピークから残留状態への強度低下は約74%であり、非排水せん断強度が大きく低下することがわかる。図-4は試験中の応力経路を示したもので第一サイクルのせん断における応力経路への原点を通る接線の傾きを ϕ_2' 、第二サイクル以降残留状態までの応力経路への接線の傾きを ϕ_r とすると、両者はほとんど一致することが分かる。ちなみに第一サイクルのせん断応力の最大値と原点を結んで得られる $\phi_1'=31.4^\circ$ である。

RCV試験の τ の最大値(非排水せん断強さ S_u)と圧密応力 p (鉛直圧密応力 σ)、およびRCV試験の残留状態での S_u と圧密応力 p の関係を図-5に示す。U試料のピーク強度については、試料が過圧密状態にあることから、深度毎に S_u/p 値を求めると(12.5m: 0.629, 31.3m:0.548, 62.9m:0.458)となる。この値は、既往のCU三軸圧縮試験結果による値³⁾よりもかなり低い。これは、定体積一面せん断(CV)試験とCU三軸圧縮試験の応力系の違いに加えて、試験結果の応力経路が異なることによるものであり、本試験(CV試験)結果ではせん断抵抗 τ に明瞭なピークが現れているのに対し、CU三軸圧縮試験結果では15%ひずみまで主応力差が増大し続けている。図-5から求められる正規圧密状態のR試料の $S_u/p = 0.284$ で、この値も三軸圧縮試験結果³⁾の $S_u/p=0.38$ より小さい。なお、RCV試験のU,R試料の残留状態での $S_u/p=0.099$ であり、U試料・R試料によらずほとんど一致している。これらからピーク状態での S_u/p は正規圧密(NC)・過圧密(OC)の違い、不攪乱(U)・再構成(R)の違いによって大きく異なるが、残留状態での S_u/p はNC・OC, U・Rに関わらずほとんど一致することがわかる。

4. おわりに

第二渥美海丘でサンプリングされた試料を用いて、繰返し一面せん断試験を行った結果、RCP試験では、ピーク状態から残留状態への強度低下は比較的小さい(約10%)が、非排水条件の繰返し载荷によってせん断強度が大きく低下する(約70%)ことが示された。なお残留強度は試料の初期状態の違いによらないことが分かった。

(謝辞) 本研究は経済産業省「メタンハイドレート開発促進事業」に係るJOGMECからの委託研究の一部として行ったものである。ここに記して、メタ

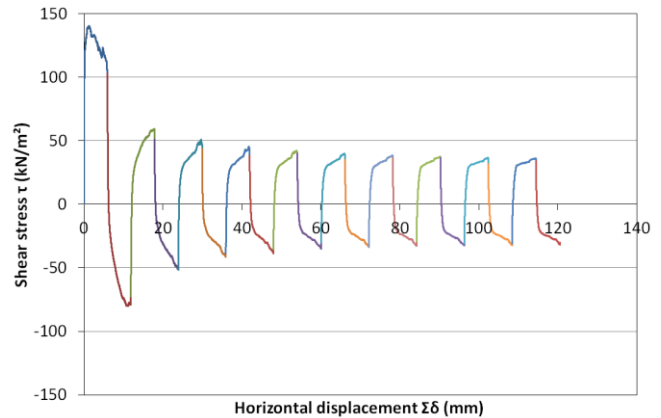


図-3 RCV-R試験中の τ - $\Sigma\delta$ 関係

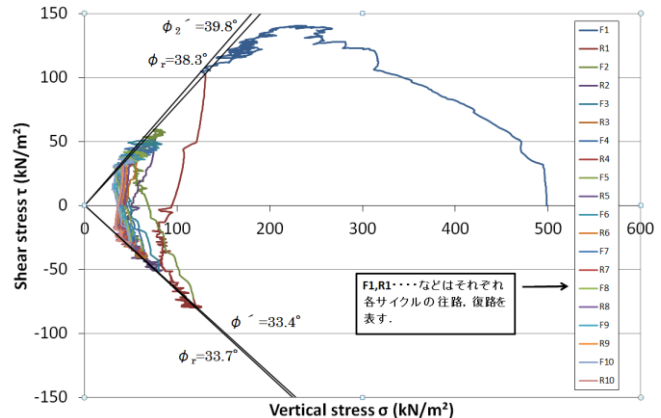


図-4 RCV-R試験中の τ - σ 関係

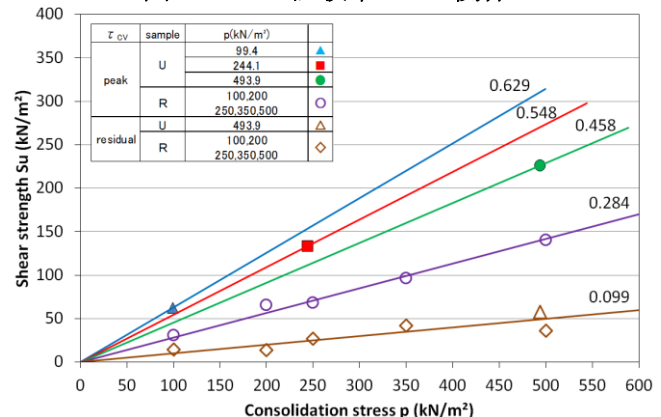


図-5 RCV試験の S_u - p の関係

ンハイドレート資源開発研究コンソーシアムに謝意を表します。

参考文献

- 1) 豊嶋祐太, 三田地利之, 西尾伸也: 第二渥美海丘から採取された海底堆積土コア試料のせん断特性, 第5回メタンハイドレート総合シンポジウム, pp.205~207, 2013.
- 2) 西尾伸也, 荻迫栄治, 傳田 篤, 平川博之, 田中洋行, 兵動正幸, 三田地利之: 第二渥美海丘から採取した海底堆積土コア試料の力学的性質, 第48回地盤工学研究発表会講演集, pp.447~448, 2013.
- 3) 西尾伸也, 荻迫栄治, 傳田篤, 平川博之, 田中洋行, 兵動正幸, 三田地利之: 東部南海トラフ海底堆積土コア試料の力学特性, 第13回岩の力学国内シンポジウム, pp.377~382, 2013.