

メタンハイドレートを含む地盤から採取した試料の強度特性

日大生産工(院) ○豊嶋 祐太

日大生産工 三田地 利之

1 はじめに

近年,次世代のエネルギー資源のひとつとして注目されるメタンハイドレート(以下MH)の産出に関する技術開発が盛んに行われている。水中に存在するMHは,その深度によって深層型あるいは表層型と呼ばれる。深層型MHについては,すでに海洋産出試験が始まっている¹⁾。一方,表層型MHについては,ロシアバイカル湖底浅層部のMHから日本の研究グループがガスを解離・回収する実験に成功²⁾した。深層型・浅層型いずれも,MHガス回収技術確立に向けた課題は多く,中でも,MHの生産開発に伴う海(湖)底地盤の強度の減少や地盤の変形の可能性についての検討が重要である。そのため,MHを含む地盤の強度・変形特性を把握する必要がある。

本研究はバイカル湖の湖底浅層部から採取した試料についての強度特性を調べたもので,少量の試料で強度パラメータを得ることのできる一面せん断試験を採用した。

2 試料および試験方法

試料はバイカル湖の南部Malenky(水深1.390 m)の湖底から採取されたもの³⁾で,その一部は現地において船上での簡易な力学試験用試料として用いられた。本研究で用いたのは,室内での力学試験用として保存されていた試料である。試料の採取深度は湖底面から1.56~2.56mであり,土粒子密度 $\rho_s=2.702\text{g/cm}^3$,塑性指数 $I_p=38$,自然含水比 $w=53.3\%$ である。

2.1 一面せん断試験

地盤工学会規準JGS0560およびJGS0561に従い,圧密定体積一面せん断試験(以下CV試験)および圧密定圧一面せん断試験(以下CP試験)を

実施した。図-1は本実験のためにCVおよびCP条件を自動でコントロールできるよう試作された試験機の模式図である。

カッターリングによって成形した供試体(直径60mm高さ20mm)をせん断箱(図-1)に挿入し,以下の条件で実験を行った。

本研究ではせん断抵抗角 ϕ' を求めることを主目的に,少量の試料を有効に用いるねらいから,CP試験主体の実験条件を設定した。すなわち,垂直応力を100,200,300kN/m²の3種類に設定してCP試験を,また非排水条件でのせん断強さを評価するために垂直応力100kN/m²の条件下でCV試験を行った。試験条件の一覧を表-1に示す。

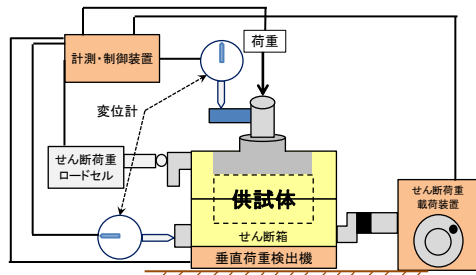


図-1 一面せん断試験機

表-1 試験条件

ケース	case1	case2	case3	case4
試験条件	CP試験			CV試験
垂直応力 (kN/m ²)	100	200	300	100
変位速度(mm/min)	0.02			0.2

3 強度特性

3.1 CP試験結果によるせん断挙動

図-2に,CP試験結果のせん断応力 τ -せん断変位 δ 関係およびせん断中に発生する垂直変位 ΔH -せん断変位 δ の関係を示す。

いずれの試験ケースにおいても $\delta=1\text{mm}$ 程度までは比較的变化が大きいものの,その後はゆるやかな曲線を描いて5~7mmで τ の最大値(τ)_{max}

に達する。 ΔH - δ 関係においては $\delta=0.5\text{mm}$ 前後までは正のダイレイタンス(体積膨張)がみられるが,その後圧縮に転じてゆるやかな曲線を描きながら $(\tau)_{\max}$ 付近でほぼ一定値に収束する.このような挙動は通常の正規圧密粘土の挙動に類似している.

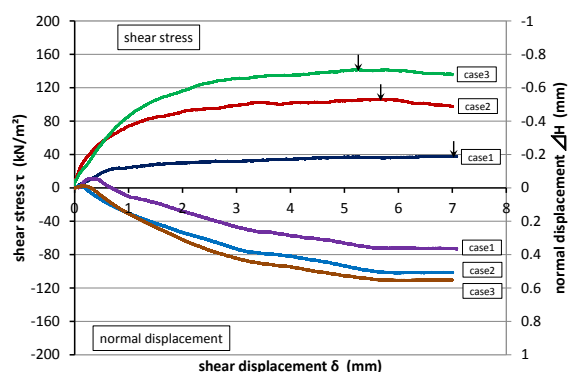


図-2 CP試験結果

3.2 CPおよびCV試験による強度パラメータ

図-3はCPおよびCV試験によるせん断応力 τ -垂直応力 σ の関係を示したものである.3種類の垂直応力でのCP試験の $(\tau)_{\max}$ を示す3点を結ぶ直線上に,CV試験の応力経路の終点が到達している.そこで,CV試験結果を含めた4点のデータからせん断抵抗角を求めると, $\phi'=25.8^\circ$ を得た.

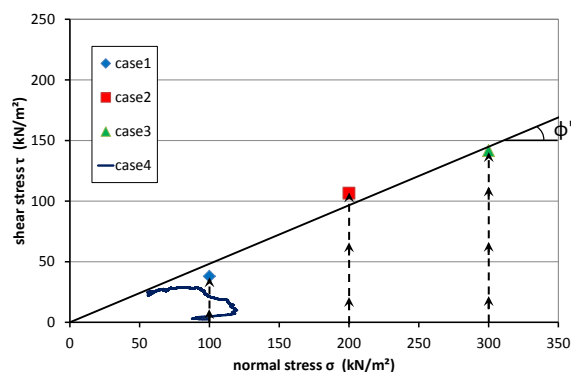


図-3 垂直応力とせん断変位の関係

図-4, 5はそれぞれ塑性係数 I_p とせん断抵抗角 ϕ' および圧密による非排水せん断強度の増加率 Su/p の関係を示したものである.本実験の ϕ' は図-3で求めた値であり, Su/p 値は図-3のCV試験における τ の最大値 Su を圧密応力 $p=100\text{kPa}$ で除したものである.図-4, 5中の $(\bullet)$ のプロットは, Mayne⁴⁾が集めたおよそ100種類の世界各国の粘性土のデータに基づくもので,この図からバイカ

ル湖から採取された粘土の ϕ' および Su/p は通常の粘土と同様の値を示すことがわかる.

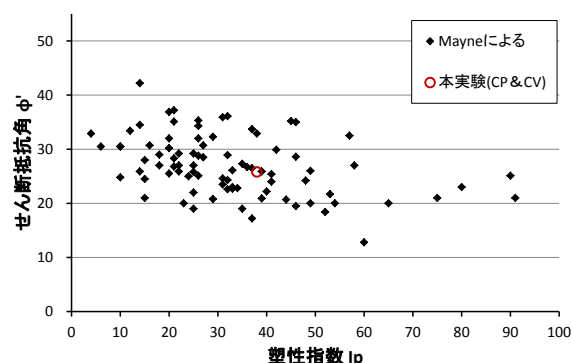


図-4 ϕ' と塑性指数の関係

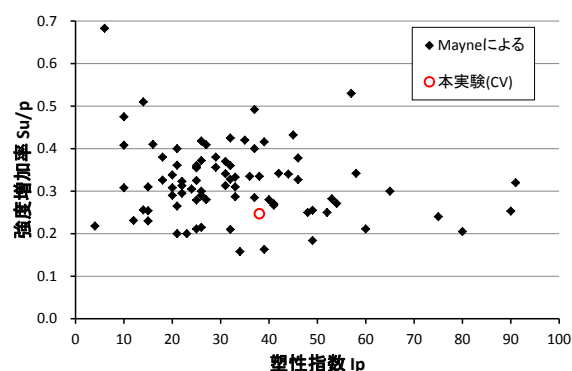


図-5 Su/p と塑性指数の関係

4 結論

バイカル湖の湖底浅層部より採取された試料について実施した一面せん断試験の結果,その強度特性は通常の正規圧密粘土の強度特性とほとんど変わらないことがわかった.今後は,深層型のMHを含む地盤についての強度特性について研究を進める予定である.

参考文献

- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム: フェーズ2実行画,<http://www.mh21japan.gr.jp/2009>
- 杉山・西尾 他:バイカル湖のガスハイドレート層からのガス回収実験,第44回地盤工学研究発表会講演集,(2009), pp.1973-1974.
- 西尾・安部 他:バイカル湖における表層型メタンハイドレート堆積地盤の力学的性質, 第42回地盤工学研究発表会講演集,(2007), pp.343-344.
- Mayne, P.W.: Cam-Clay Predictions of Undrained Strength, Proc., ASCE, Vol.106, GT11, (1980),pp.1219~1242.