

南海トラフ海底堆積土の非排水せん断強度の評価

山口大学大学院 学生会員 ○日下部真佑 加藤晃
山口大学大学院 正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

1. 目的

近年、我が国のエネルギーの自給率向上のためメタンハイドレートが新たな天然ガス資源として期待されている。メタンハイドレートの経済的かつ安全な生産を目的として南海トラフを対象に研究開発が行われている¹⁾。メタンハイドレートを生産する中で坑井の安定性を保つために、周辺地盤および深海底表層の力学特性を把握することは、安定したメタンハイドレートの長期生産を行うためには必要不可欠である。本研究の目的は、南海トラフの基礎試錐により得られた試料を基に再構成した供試体を作製し、圧密非排水三軸圧縮試験及び圧密非排水三軸伸張試験を行い、深海底地盤の表層部の力学特性について把握することである。

2. 試料及び試験方法

図-1 に今回用いた試料 ATS-U、ATS-L（以下 U 試料、L 試料と略す）の粒度分布、表-1 に試料の物理特性を示す。ATS は試料採取場所を表しており、U は試料を採取した地層範囲の上部、L は地層範囲の下部であることを表す。南海トラフで採取された試料は、塑性指数 I_p 及び活性度が低い粘土である²⁾。図表に示したように、シルト分及び粘土分を多く含み、塑性を有することから、最終予圧密圧力を 50kPa とし、予圧密により供試体を作製した。予圧密後三軸試験装置に成形した供試体をセットし、試料深度の土被り圧以上の応力となるように、正規圧密状態となるように、背圧を 200kPa、有効拘束圧をそれぞれ 200kPa、300kPa、400kPa で等方圧密を行い、圧密終了は 3t 法により判断した。各試料に対して、軸ひずみ速度を 0.05%/min で制御し、非排水条件で圧縮試験及び伸張試験を行った。

3. 試験結果

図-2 に圧縮試験及び伸張試験の応力ひずみ関係を示す。圧縮試験及び伸張試験について有効拘束圧の増加に伴い、圧縮強度、伸張強度が増加していることがわかる。図-3 に

間隙水圧と軸ひずみの関係を示す。圧縮試験について、有効拘束圧の上昇に伴い、間隙水圧は増加する。軸差応力の増加量が減少するに従って、間隙水圧の値は定常状態に至る。伸張試験について、最小軸差応力に達し、降伏し

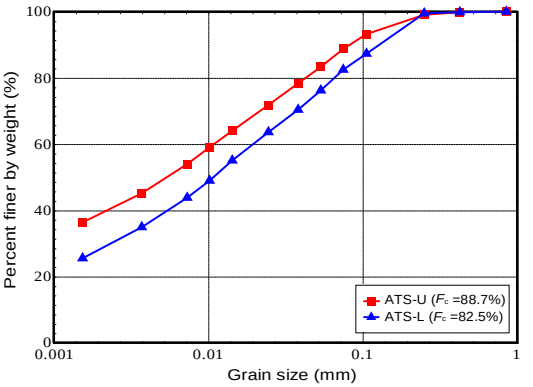


図-1 試料の粒度分布

表-1 試料の物理的特性

試料名	ATS-U	ATS-L
深度 bsf (m)	0~16.58	15~95.07
土粒子密度 (g/cm ³)	2.701	2.713
自然含水比 (%)	42.1	40.5
石分 (%)	0	0
礫分 (%)	0	0
砂分 (%)	11.3	17.5
シルト分 (%)	39.9	43.9
粘土分 (%)	48.8	38.6
最大粒径 (mm)	0.85	0.85
液性限界 (%)	55.7	46.9
塑性限界 (%)	25.7	25
塑性指数	30	21.9
活性度	0.79	0.80

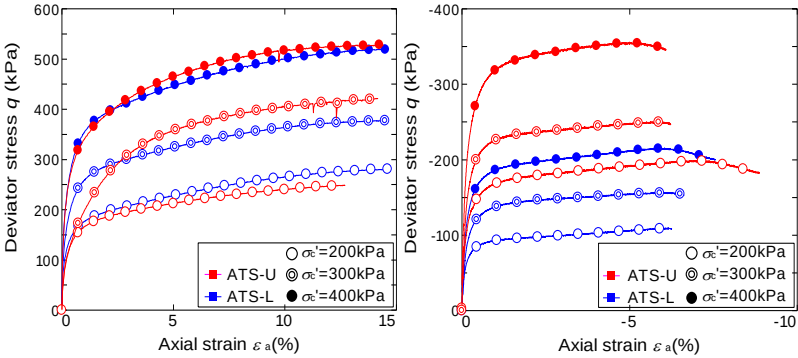


図-2 応力ひずみ関係（左：圧縮試験 右：伸張試験）

キーワード メタンハイドレート、粘性土、非排水せん断

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学

T E L 0836-85-9011

始めると、間隙水圧が再び増加し始める傾向となった。図-4 に有効応力経路を示す。圧縮試験について、せん断の初期段階では、平均有効主応力の増加が確認でき、その後すぐに平均有効主応力は減少に転じ、破壊線に達したあたりから有効応力は再び増加に転じる。伸張試験について、せん断の進行とともに平均有効主応力は減少する。最大軸差応力に達したところから平均有効主応力の減少はほとんど見られず、軸差応力が若干減少した。どの試料とも圧縮及び伸張試験の有効応力経路は、拘束圧の大きさに関係なくほぼ相似形の挙動が見られる。従って、有効応力経路においては、拘束圧条件による違いが認められない。また有効応力経路から限界状態線が得られる。限界状態線は各試験の最大軸差応力も

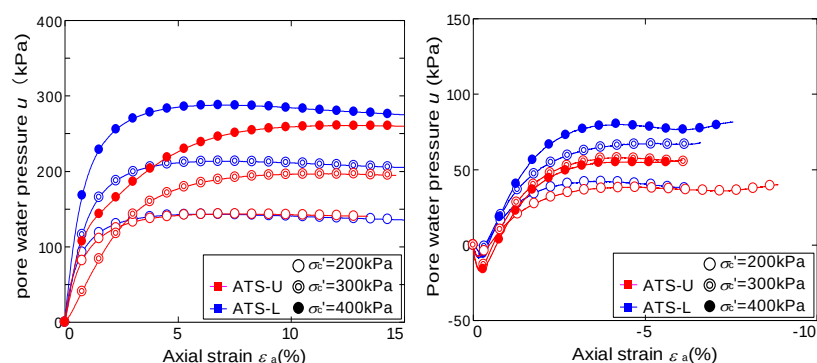


図-3 間隙水圧と軸ひずみ関係 (左：圧縮試験 右：伸張試験)

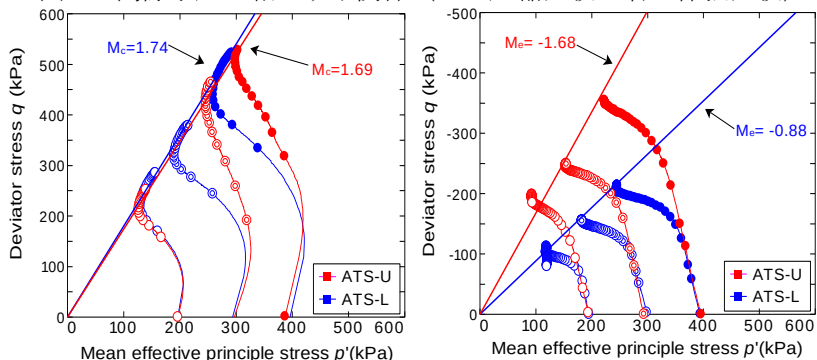


図-4 有効応力経路 (左：圧縮試験 右：伸張試験)

しくは最小軸差応力のプロットに対して、近似線を描いて表現でき、このとき個人差を少なくするために、最小二乗法を適用した。U 試料に関する圧縮試験および伸張試験における限界状態線の傾きはそれぞれ $M_c=1.69$ 、 $M_e=-1.68$ となり、L 試料に関する圧縮試験および伸張試験における限界状態線の傾きはそれぞれ $M_c=1.74$ 、 $M_e=-0.88$ となった。圧縮試験について U 試料と L 試料を比較すると、U 試料の方が微量ではあるがの圧縮強度は高く、間隙水圧が多く発生する。伸張試験については U 試料が大きく伸張強度が高くなる結果となった。これは L 試料が低塑性であること、U 試料の方が若干ではあるが砂分を多く含むことによるものと推察される。

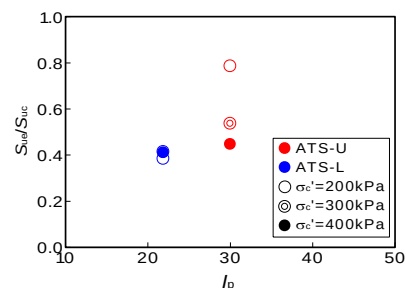


図-5 圧縮・伸張強さの比と塑性指数の関係

図-5 に圧縮強度に対する伸張強度の比を求め、塑性指数との関係を示したものである。伸張強度は圧縮強度の約 40%~80%であり、塑性指数の低い L 試料が伸張強度と圧縮強度の差が大きくなることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、南海トラフの深海底地盤の表層部の試料を再構成し作製した試料を対象に圧縮試験及び伸張試験を行った。有効拘束圧の上昇に伴い、圧縮強度及び伸張強度の増加、間隙水圧が増加した。U 試料と L 試料の比較について U 試料の圧縮強度及び伸張強度が高くなる傾向となり、また塑性指数の低い L 試料が伸張強度と圧縮強度の差が大きくなる。

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・生産手法開発に関する研究開発」の一部として実施された。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム：<http://www.mh21japan.gr.jp/>
- 2) 田中洋行，服部直，西尾伸也，平川博之：大深水における堆積物の地盤特性，第 4 回メタンハイドレートシンポジウム，pp185-188，2012，12，13-14，