様々なひずみ速度におけるメタンハイドレートを含む深海底模擬試料のせん断特性

山口大学大学院　学生会員　○嶋本涼
山口大学大学院　正会員　兵動正幸　中田幸男　吉本憲正
学生会員　中島晃司

1. はじめに

近年，二酸化炭素の排出量が少なく有害物質も排出されないクリーンなエネルギーとしてメタンハイドレート(以下 MH と略す)が新たな天然ガス資源として期待されている．東部南海トラフ海域を対象として，2012 年から 2013 年の間に世界初の海洋産出試験も行われ，MH から天然ガスの経済的かつ安全な生産を目的として MH 開発に関する研究が世界中で行われている[1]．様々な力学的特性について研究が行われている中でも MH 資源開発を念頭に置くと，MH 生産時及び生産後の地盤変形に及ぼす時間依存性を考慮する必要がある[1]．そこで，本研究では，現地基礎試錐により得られたデータを元に作製した MH 模擬試料を使用し，せん断ひずみ速度を変化させ三軸試験を行い，そのせん断特性の評価を行う．

2. 試験方法

MH 模擬試料及びせん断試験は，当研究室で開発した深海底における応力及び温度条件の制御可能な三軸試験装置(温度可変高圧三軸試験機)を用いた．せん断試験のための模擬試料として，MH 飽和率≒0%，50%試料をそれぞれ作製した．図-1 に東部南海トラフ及びT_a~T_dとおいた MH 濃集層の代表的な粒度分布を示す．本試験ではその中でもT_bをホスト砂として使用した．鉱物及び粒度を近似させるために，8 号・7 号珪砂を混合し，模擬試料を作製した．細粒分含有率は 75um ふるいを用いて 8.9%に調整した．また，南海トラフの天然コアの密度試験の結果から，模擬試料の間隙率は n=45%とした．MH 模擬試料作製にあたって，まず，模擬試料に目標とする MH 飽和率となるよう初期含水比を調節し，不飽和模擬試料を準備し凍結保存する．次に，準備した模擬試料を三軸室内に設置する．MH 安定境界の圧力・温度を保ちながら 24 時間をかけて MH を生成させる．その後，模擬試料を水で飽和させ，有効拘束圧・温度・間隙水圧を制御し，それぞれ，せん断速度 0.1%/min，1.0%/min，10%/min で圧密排水せん断試験を行った．

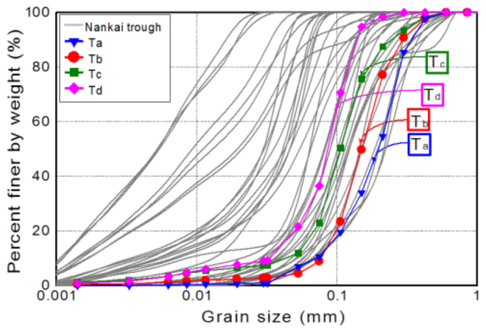

図-1　模擬試料の粒度分布

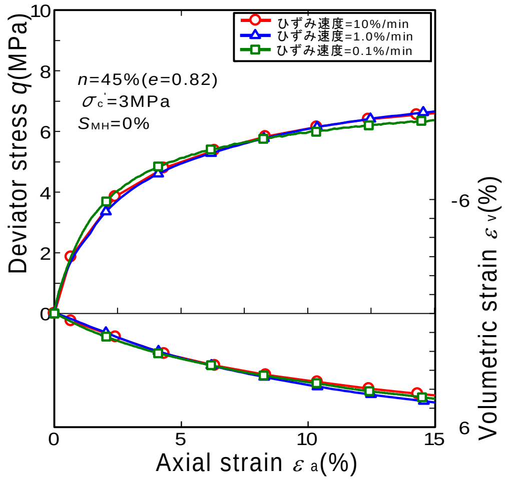

図-2　ホスト砂模擬試料の応力-ひずみ関係

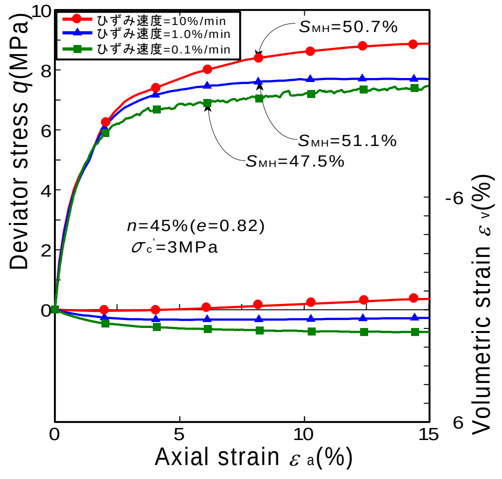

図-3　MH 模擬試料の応力-ひずみ関係

3. 実験結果

図-2 に初期間隙率 45%のホスト砂模擬試料(S_{MH} = 0%)について，ひずみ速度 0.1%/min，1.0%/min，10%/min の応力ひずみ曲線を示す．図-2 より，ホスト砂模擬試料の応力ひずみ曲線を見ると，0.1%/min，1.0%/min，10%/min の試験結果はすべて，はじめ応力は軸ひずみとともに増加するが軸ひずみが増加していくと，曲線の傾きは減少していく．ひずみ硬化挙動を示した．体積変化は軸ひずみ 15%まで収縮傾向にあることが認められる．また、ひずみ速度が 0.1%/min，1.0%/min，10%/min の試験結果は類似していることが認められる．

次に，図-3 に初期間隙率 45%の MH 模擬試料(S_{MH} = 50%)について，ひずみ速度 0.1%/min，1.0%/min，10%/min の応力ひずみ曲線を示す．図-3 より，MH 模擬試料において，ひずみ速度を変化させると，せん断初期段階である軸ひずみが 2.0%付近まではひずみ速度による応力の変化は見られないが，その後は，ひずみ速度が大きくなるほど強度が大きくなり，体積変化は体積収縮量が減少していき，ひずみ速度が大きくなるほど，収縮から膨張傾向に移行することが認められる．

図-4 にホスト砂模擬試料と MH 模擬試料について，ひずみ速度 0.1%/min，1.0%/min，10%/min と変形係数の関係を示す．図-4 より，ホスト砂模擬試料についてはひずみ速度が変化しても変形係数の値は類似した結果になった．また，MH 模擬試料についても，ひずみ速度を変化させてもホスト砂と同様に変形係数の値は類似した結果になった．

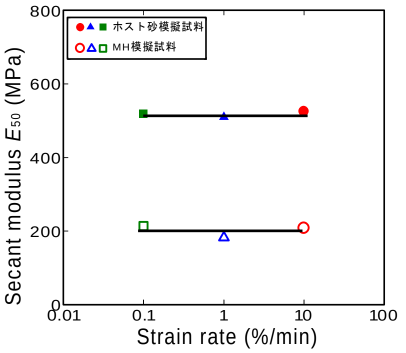

図-4 ひずみ速度と変形係数の関係

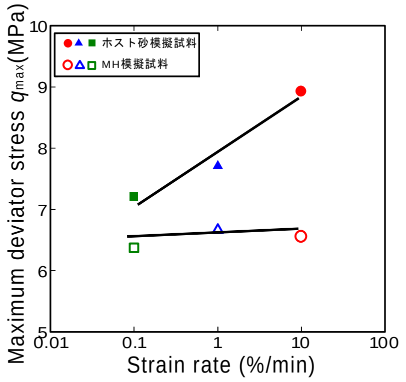

図-5 ひずみ速度とピーク強度の関係

図−5 にホスト砂模擬試料と MH 模擬試料について，ひずみ速度 0.1%/min，1.0%/min，10%/min とピーク強度の関係を示す．図−5 より，ホスト砂模擬試料についてはひずみ速度が変化してもピーク強度の値は類似した結果になった．MH 模擬試料については，ひずみ速度が大きくなるほどピーク強度の値が大きくなることが認められる．これは，模擬試料中の間隙に MH が存在すると，時間依存性の影響が大きくなること示している．

4. まとめ

本研究では，南海トラフ MH 濃集層付近の堆積土の鉱物組成と細粒分含有率を考慮して作製した模擬ホスト砂とその中に MH を生成させた MH 模擬試料を対象に圧密排水三軸圧縮試験を行った．ホスト砂模擬試料において，ひずみ速度を変化させても強度や変形係数，体積変化などの力学的特性に変化は見られず，ひずみ速度依存性がないことが分かった．また，MH 模擬試料において，せん断初期段階ではひずみ速度を変化させても応力に変化が見られず，ひずみ速度を変化させても変形係数に変化が見られないが，せん断が進むと，ひずみ速度が大きくなるほど応力が大きくなり，ピーク強度も大きくなることが分かった．体積変化は収縮量が減少し，ひずみ速度が大きくなるほど収縮から膨張傾向に移行した．このことから，MH 模擬試料では，せん断初期段階ではひずみ速度依存性があまり見られないが，その後はひずみ速度が大きくなるほどひずみ速度依存性が大きくなることが分かった．

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

2) 宮崎 晋行，桝井 明，坂本 靖英 [他]，羽田 博憲，緒方 雄二，青木 一男，山口 勉，大久保 誠介：メタンハイドレートを含む模擬堆積物の三軸圧縮特性におよぼすひずみ速度の影響，journal of the Mining and Materials Processing Institute of Japan 123(11), 537-544, 2007-11-25