

ガス種類の異なるガスハイドレート含有砂のせん断特性

山口大学 学生会員 ○多岐 涼太
 山口大学 正会員 吉本 憲正
 山口大学 正会員 中田 幸男
 山梨大学 正会員 梶山慎太郎

1. はじめに

天然ガス(主にメタンハイドレート)は、石炭や石油に比べて燃焼時の二酸化炭素発生量が少なく、地球温暖化抑制に寄与する。そのためメタンハイドレート(MH)を効率よく回収する研究が行われており、その結果からホスト砂よりも高いせん断強度を示すことがわかっている。メタンガス回収後の地盤はせん断強度が低下する。地盤内にホスト砂のせん断強度よりも高いせん断応力が作用している場合、MH が分解されるとその地盤は、せん断破壊に至る。せん断破壊により地すべりが発生すると、海底でのこのイベントにより津波のような災害が起こる危険性がある。災害発生の危険性があるサイトでの開発は避けられると考えられるが、深海底地盤では応力状態が推定しにくいいため、MH 回収後の地盤を改良する必要がある。

一般的な地盤改良として、陸上ではセメントを土に混ぜて固化する方法がある。しかし海中ではセメントが流れ出し海洋汚染を引き起こす可能性がある。そのため本研究ではMHに近い特性を持つとされる二酸化炭素ハイドレート(Carbon Dioxide Hydrate : CDH)を利用することを考える。本研究では、CDH 含有砂のせん断特性を調べ、ホスト砂およびMHの結果と比較する。

2. 実験条件

実験には平面ひずみ試験装置を用いる。せん断時の供試体の画像を撮影し、画像解析を行う。実験には豊浦砂($e_{max}=0.973, e_{min}=0.635, \rho_s=2.643\text{g/cm}^3$)を使う。実験はCDHの飽和率を変え、0%, 17%, 27%で行う。実験で使用する供試体は間隙率40%, 含水比9.88%を目標とし、12層に分けて締固めを行う。セル圧は13MPa, 背圧は10MPa, 温度は5℃とした。またすべての実験はひずみ速度は0.1(%/min), 排水条件のもと行われた。

また撮影した写真を用いて PTV 画像解析を行う。画像解析における幾何補正と座標取得は、それぞれ

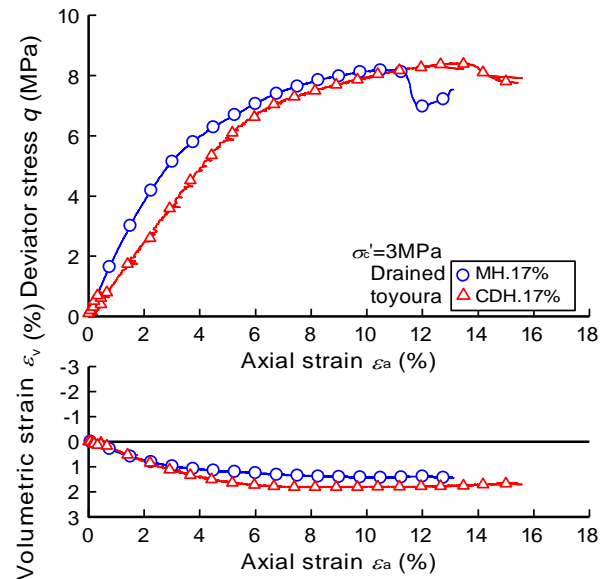


図1 飽和率の近いCDHとMH含有砂の応力-ひずみ関係

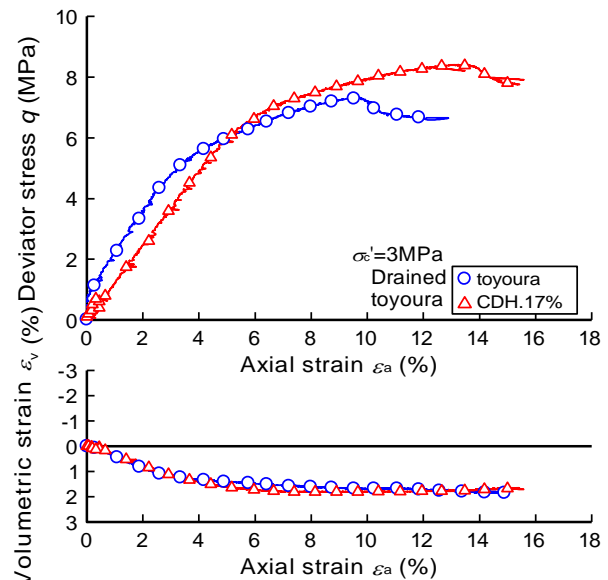


図2 ホスト砂とCDH含有砂の応力-ひずみ関係

キーワード MH, CDH, 飽和率

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

山口大学大学院創成科学研究科 TEL0836-85-9344

MATLAB の関数を利用したプログラムおよび Move-Tr/2D を用いる。

3. 結果

図1と図2にCDHとMHおよびCDHとホスト砂の軸差応力と軸ひずみ、体積ひずみと軸ひずみの関係を示す。図1からMHとCDHのピーク強度は近い値を示している。体積ひずみは少し挙動が異なるが、軸差応力と軸ひずみの関係における剛性およびピークの発現時期の違いが影響すると思われる。図2から、最大軸差応力は飽和率の増加に伴い上方に推移していることがわかる。体積ひずみは2つの条件であまり違いはないように見える。図3にホスト砂におけるピーク時の軸差応力を基準とし、CDHとMHの各飽和率でのピーク軸差応力に対する割合とガスハイドレート飽和率の関係を示す。CDHとMHとも飽和率が高くなると強度が増加する傾向にあり、増加割合も近いと言える。

次に取得した座標データをもとにひずみコンターを作製する。解析手法の変更により、より細かい範囲でのコンター作製が容易になり、0.2%間隔でひずみコンターを作製した。図4にホスト砂とCDHにおけるピーク時付近の最大せん断ひずみコンターを示す。両コンターに帯状に最大せん断ひずみが分布するせん断帯の発生が見られた。せん断帯の様子はピーク前には完全な帯状ではなく、ピークに向かうにつれはっきりとした帯状に最大せん断ひずみが発生する。図5はホスト砂とCDHにおける最大軸差応力付近の体積ひずみコンターである。コンターは全体的に収縮挙動を示しているが、最大せん断ひずみのせん断帯部分で、収縮よりも膨張が顕著に表れている。最大せん断ひずみと同じく、ピーク軸差応力前から徐々に膨張の割合が増加する傾向が確認できる。またコンター全体をみると、せん断帯および膨張挙動は急激に発生せず、せん断帯の中心から徐々に発達していくことがわかった。

4. 結論

本研究のハイドレート飽和率において、実験結果では、同程度の飽和率において、CDHはMHに近い最大軸差応力を発揮することが確認された。最大せん断ひずみコンターについて、最大軸差応力付近で帯の形に最大せん断ひずみが現れることがわかった。また体積ひずみコンターについて、最大せん断ひずみコンターにおいてせん断帯が発生していた付近では収縮よりも膨張挙動が卓越していることがわかった。

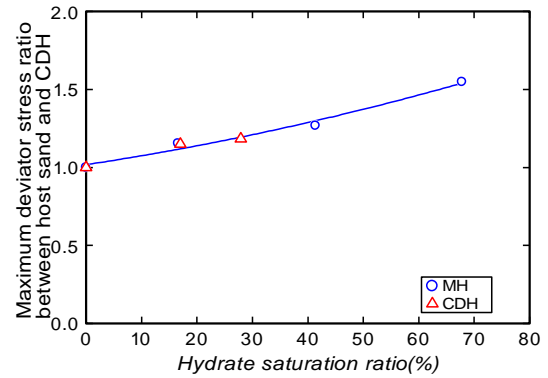
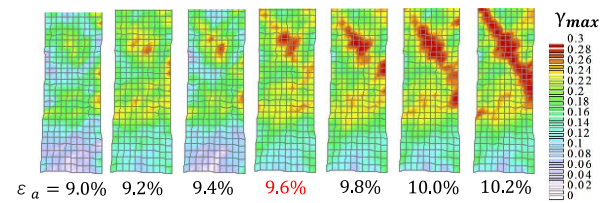
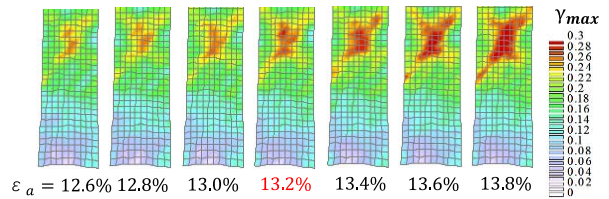


図3 ホスト砂の最大軸差応力に対するハイドレート含有砂の最大軸差応力の比とハイドレート飽和率の関係

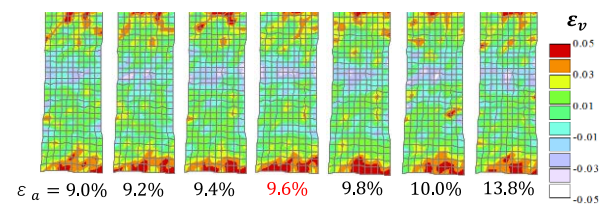


(a) ホスト砂

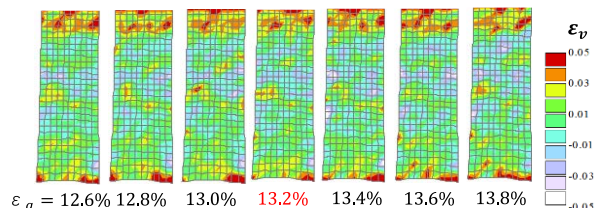


(b) CDH

図4 ホスト砂およびCDH含有砂におけるピーク軸差応力付近の最大せん断ひずみコンター



(a) ホスト砂



(b) CDH

図5 ホスト砂およびCDHにおけるピーク軸差応力付近の体積ひずみコンター