山口大学大学院	学生会員	長通譲二
山口大学大学院	正会員	兵動正幸,中田幸男,吉本憲正
山口大学大学院	学生会員	米田 純,濱 慶子,宮北志野

1.まえがき 近年,日本近海の水深,約 1000m~2000mの深海底に埋蔵されているメタンハイドレート(以下 MH: Methane Hydrateと略す)が,次世代の資源として注目され研究開発が進められている^{1),2)}.MHとは水分子と メタンガス分子の水和化合物であり,水分子が構成する籠状の結晶構造の内部にメタンガス分子が内包された固 体状の物質であり,低温,高圧下で安定する性質を持つ.MH堆積地盤が持つ性質は本研究機関をはじめ各研究 機関でこれまで行われてきた様々な研究によって明らかになってきた.しかし,深海底から天然の試料を採取す ることは困難であることから,一般には室内で模擬試料を作成し,実験が行われてきた.本研究機関においては, 深海底の温度圧力条件で砂の間隙中に所定の飽和度のMHを生成させ,その後間隙内に通水を行い水で飽和した 供試体に対し実験を行ってきた.しかし,MHの周囲に純水を注入することによりMHの一部が分解することが懸

念された.そこで本研究においては,MH生成後通水を行わず, 乾燥状態の供試体と通水により飽和状態とした供試体について の違いを調べてみた.さらに,それぞれの状態でのMHによる固 結力に及ぼす要因を調べるために,種々の,MH飽和度,温度, 圧力下において実験を行った.

2.実験方法

2.1 実験装置 本研究では,深海底を想定し温度、圧力を変化対応できる三軸試験装置⁴⁾を用いている.なお,供試体の間隙をメタンガスで満たした状態での実験も実施するため,せん断中の体積ひずみを計測する目的で二重セル構造を採用している.その配管系統図を図-1に示す.

2.2 供試体作成および実験方法 供試体は目標のMH飽和度 S_{MH}(%)になるよう含水比を調整した豊浦砂をタンピング法によ り作製した.使用した試料の物理的性質を表-1 に示す.S_{MH}は供 試体中の水が全てMHに置換されるとして,試験終了後に供試体 に含まれる水分量より算出した.なお,本研究において,MH生 成後通水を行う供試体をwet,通水を行わないものをdryとする.



Material	Specific gravity	Maximum	Minimum	Uniformity
	of soil particle	void ratio	void ratio	Coefficien
	Gs	e _{max}	e _{min}	Uc
Toyoura sand	2.643	0.973	0.635	1.20

3.実験結果 既往の研究より,MH固結砂はS_{MH}が増加するほど,背圧が増加するほど,温度が低下するほど初 期剛性,ピーク強度が増加し,体積ひずみに関してはS_{MH}が増加するほど,背圧が増加するほど,温度が低下す るほどせん断中の収縮量が低減されることが分かっている.図-2(a),(b),(c)に示す軸差応力-軸ひずみ-体積ひず み関係より,dryにおいても既往の研究と同様に初期剛性,ピーク強度の増加を示し,体積ひずみに関しても既往 の研究結果と同様な挙動を示していることがわかる.以下には各試験条件におけるdry,wetの軸差応力-軸ひずみ -体積ひずみ関係を比較する.まず図-2(a)に,S_{MH}の異なる試験結果を示す.同等なS_{MH}の場合,wetよりdryの方 が高いピーク強度を示している.体積ひずみも同様にdryの方がより顕著な膨張傾向を示した.S_{MH}の違いによる 軸差応力の差はdryの方が大きくなっている.続いて図-2(b)に,背圧の異なる試験結果を示す.図よりwetよりdry の方が初期剛性,ピーク強度とも高い値を示している.体積ひずみも同様にdryの方がより顕著な膨張傾向を示した た.背圧の違いによる軸差応力の差はdryの方が大きなっている.続いて図-2(c)では温度の異なる試験結果を示す. 図よりwetよりdryの方が初期剛性,ピーク強度とも高い値を示している.体積ひずみも同様にdryの方がより顕著 な膨張傾向を示した.温度の違いによる軸差応力の差はdryの方が大きい. 全ての同等な試験条件において,軸差応力はwetよりdryの方が大きい. このことからdryの軸差応力はwetよりS_{MH},背圧,温度に影響されやすい と考えられる.

続いて条件をそろえたdry, wet, 豊浦砂単体のモールの応力円を図-3 に示す.drvの軸差応力がピークを示す $\varepsilon_n=2\%$ を基準として,同じ軸ひず みでの軸方向応力を最大主応力σ₁として全てのモールの応力円を描い た.図中の豊浦砂の包絡線に見かけの粘着力が生じているのは,有効拘 東圧が高圧域のために土粒子が破砕したためと考えられる.MH固結砂 のモールの応力円を見ると, dry, wetとも豊浦砂の包絡線を越え見かけ の粘着力が大きくなることがわかる.豊浦砂との違いはMHの有無だけ であるため,MHには見かけの粘着力を生じさせることができると考え られる.このMHにより生じる見かけの粘着力を,ここでは固結力と表 現する.また,dryとwetを比較した場合,dryはwetより大きなcの値を示 している.両者の違いの一つに間隙を満たす物質のメタン濃度がある. 通水を行うとMH固結砂の間隙は純水に置換される.物質は平衡状態を 保とうとするため,純水にMH内のメタン分子が溶け込むような作用が 起きる.そのためMH内にあるメタン分子が格納されている箇所が少な くなり,固結力の低下を引き起こす一つの要因になっていると考えられ る. øについて着目すると, dry, wet, 豊浦砂とも同様な値を示している. 以上のことより,初期のひずみレベルにおいてMHの周囲のメタン濃度 は,MH固結砂の固結力に影響を与えていると考えられる.また軸差応 力-軸ひずみ関係より,dryの軸差応力はwetよりS_{MH},背圧,温度に影響 されやすいことから,dryはwetより試験条件がMH固結砂の固結力に影響 しやすいと考えられる.

4. まとめ 本研究において以下の知見が得られた.

同等の試験条件において dry と wet では dry の方が高いピーク強度, 初期剛性を示し,体積ひずみについては, dry は wet よりも顕著に膨張挙 動を示した.初期のひずみレベルにおいて MH の周囲のメタン濃度は, MH 固結砂の固結力に影響を与えていると考えられる.また dry は wet より試験条件が MH 固結砂の固結力に影響しやすいと考えられる.

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/japanese/index.html, 2) D.L. Katz, D. Cornell, R. Kobayashi, F.H. Poettmann, J.A. Vary, J.R. Elenbaas and C.F. Weinaug: Handbook of Natural Gas Engineering, McGraw-Hill Inc., New York, USA, 1959, 3) Kvenvolden, K. A.: Methane hydrate—a major reservoir of carbon in the shallow geosphere, Chemical Geology, 71, pp.41-51, 1998, 4) 米田純,兵動正幸,中田 幸男,吉本憲正,海老沼孝郎:深海底地盤を模擬したガスハイドレート堆積砂の三軸圧縮特性,地盤工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」,Vol.25



