

模擬メタンハイドレート供試体の圧縮強度及び変形特性の評価

長崎大学工学部 正会員 蔣宇静 フェロー 棚橋由彦
産業技術総合研究所 正会員 青木一男, 緒方雄二, 榊井 明
長崎大学工学部 学生会員 〇大野俊平

1. はじめに

近年、メタンハイドレート (Methane Hydrate、以下はMH と略す) は、化石エネルギーに代わる次世代のエネルギー資源として国際的に注目されている。低温、高圧下で安定する性質を持つ MH を分解し海底 MH 層よりメタンガスを生産する方法としては、MH 層の温度を上昇させる方法 (熱刺激法) や圧力を低下させる方法 (減圧法) 等が考えられているが、MH の分解による堆積層の強度低下、間隙中の流体移動を原因とし、海底地すべりや地盤沈下といった海底地盤の環境変化を及ぼす可能性も危惧されている。MH を安全かつ経済的に産出するためには、MH 堆積層の力学特性や変形特性を解明しておく必要がある。

本研究は、圧密計算モジュールを開発するために、まずはそれにあたって必要な MH 堆積層の力学パラメータである変形係数等の基礎データを得る目的とし、MH 模擬試料を用いた低温下における三軸圧縮試験を実施した。

2. 力学特性試験装置と模擬供試体の作製方法

力学特性試験装置を図-1 に示す。三軸圧縮試験が可能な温度範囲は-30℃から+20℃であり、半径方向の変位はセル内に設けられた2個のギャップセンサーにより計測される。圧力と温度の制御は蓄熱槽と圧力容器の間のナイブライン循環により自動制御される。

本試験に用いた模擬試料については、実際の堆積層で MH が多く存在するとされているのは砂質土であることから、豊浦標準砂と250 μ mふるいを通した微粉氷を混合した土質材料を、-15℃の雰囲気において内径50mmの金属製シリンダーとピストンにより圧力約50MPaで両面より圧縮固結させたものを用いた。模擬試料の寸法は直径50mm、長さ100mmである。

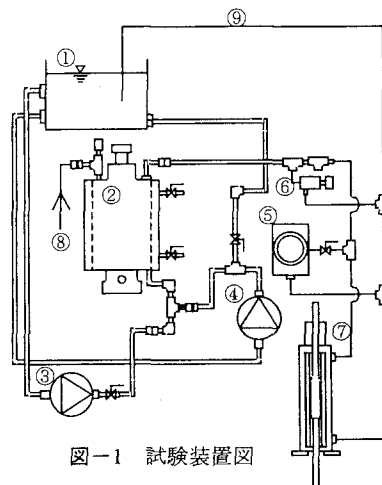


図-1 試験装置図

①蓄熱槽 ②耐圧容器 ③低圧ポンプ ④高圧ポンプ
⑤プロコン ⑥安全弁 ⑦アクチュエーター
⑧エア圧ライン ⑨返送ライン

3. 実験方法および実験結果

3.1 実験方法

豊浦標準砂と供試体の質量比 (以下、砂配合率と略す) が0%、30%、50%、70%、85%の試料を用いて、軸載荷速度1%/min、温度を-5℃の条件下において、側圧の条件を2、6、10MPaとし、三軸圧縮試験を行った (表-1)。

表-1 三軸圧縮試験の試験条件と試料数

砂配合率 (%)	試験温度 (℃)	側圧 (MPa)	試料数 (個)
0	-5	2,6	2
30	-5	2,6,10	3
50	-5	2,6,10	3
70	-5	2,6,10	3
85	-5	2,6,10	3

3.2 試験結果と考察

(1) 軸差応力と軸ひずみとの関係

図-2 は、側圧6MPa時における軸差応力-軸ひずみの関係を砂配合率別に示す。砂配合率の増加に伴い、軸差応力が増加する傾向が見られた。また、砂配合率の低い0%、30%ではひずみ軟化傾向が示されたが、85%の場合はひずみ硬化傾向を示した。以上のことより全体に占める砂の割合は軸差応力-軸ひずみの関係に影響

していることが見られた。図-2 にも対応するが、最大軸差応力と砂配合率の関係を図-3 に示す。砂配合率の増加に伴い最大軸差応力が上昇することが認められた。しかし、砂配合率 70%以下においては、側圧の増加に伴い、最大軸差応力の増加はほとんど見られなかった。図-2、図-3 を通して、砂配合率 85%は他の砂配合率試料とは全く異なった傾向が見られ、模擬試料として、全く異なった特性を持っていると考えられる。

(2) 変形係数と砂配合率の関係

図-4 は、試験温度が-5℃で、各側圧における最大軸差応力の 50%時に対応する変形係数 (E_t は接線係数を、 E_s は割線係数) と砂配合率の関係を示す。

砂配合率による変形係数の値には、ばらつきが見られるが、全体の傾向として、砂配合率が増加するほど、変形係数が減少する傾向にある。

(3) 多段階载荷三軸圧縮試験による評価

現状として MH 堆積物試料の取得は限られており解析に必要なパラメータをより多く、効率的に求めるためには、多段階载荷試験方法について検討する必要がある。本研究での側圧の载荷段階は、通常の三軸圧縮試験で得られた結果との関連性から、側圧 2MPa、6MPa、10MPa の三段階において試験を行った。図-5 は配合率 85%の模擬供試体の軸差応力と軸ひずみとの関係を示す。この図より変形係数を求めることが出来る。

4. おわりに

本研究では、低温自動制御三軸圧縮試験装置を用いて、模擬供試体の試験温度を-5℃と設定した場合の三軸圧縮試験を実施し、砂配合率と模擬供試体の変形係数、強度定数との関係を考察することにより、将来の数値シミュレーションのための基礎データを一部得ることができた。又、低温多段階载荷三軸圧縮試験の可能性についても検討した。

参考文献

- 青木一男，緒方雄二，榊井明，森二郎，方火浪：メタンハイドレート生産に伴う地盤変動について，資源・素材 2003(字部)秋季講演会論文集，B4-1，pp.235-236，2003
- 松尾知佳，兵動正幸，中田幸男，吉本憲正，上野俊幸，海老沼孝郎：質量百分率の異なるメタンハイドレートの力学特性に及ぼす温度及び拘束圧の影響，第 58 回土木学会年次学術講演会概要集，Ⅲ-393，pp.785-786，2003

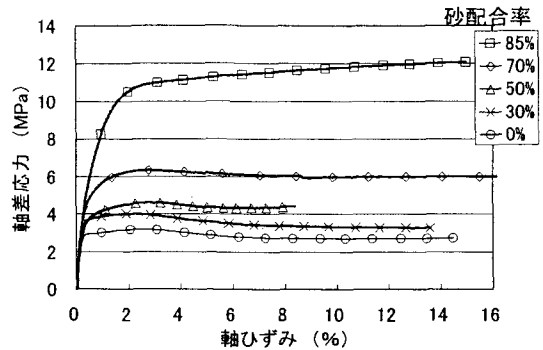


図-2 側圧 6MPa における軸差応力-軸ひずみの関係

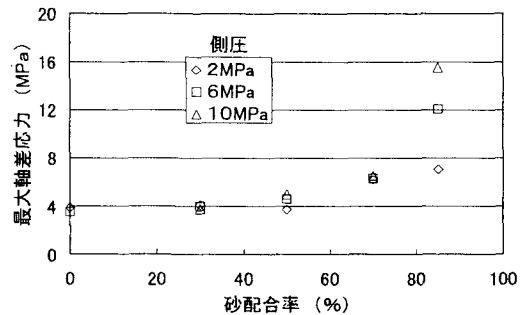


図-3 最大軸差応力と砂配合率の関係

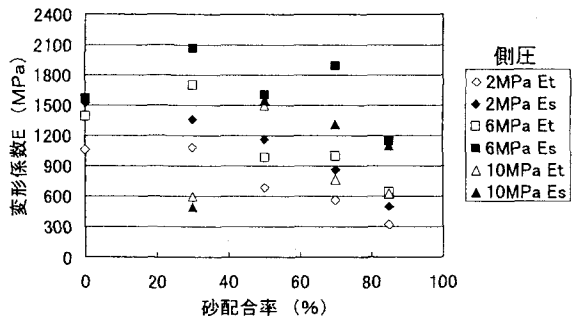


図-4 変形係数と砂配合率の関係

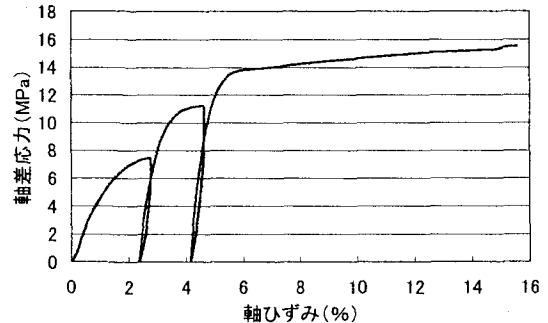


図-5 配合率 85% における多段階試験の結果