

メタンハイドレート生産時における海底地盤の変形挙動に関する解析的評価

長崎大学大学院 学生会員○福田謙太郎 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦 長崎大学工学部 学生会員 中園雅之

1.はじめに

近年、メタンハイドレート (Methane Hydrate, 以下MHと略す) は、次世代エネルギー資源として国際的に注目されている。MHの生産が実現すれば供給面において高い効果を発揮できると考えられるが、MHの生産・開発を行う際、MHの分解による堆積層の強度低下や間隙中の流体移動に伴い、海底地滑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が危惧されている¹⁾。本研究では、MH生産時における海底地盤の変形特性を把握するため、一般的なMHの生産手法である「熱刺激法」と「減圧法」を対象として、応力 - 浸透流 - 熱移動連成解析によって、MH生産時における海底地盤の変形予測を行うことを目的とする。

2.MH生産時における変形挙動評価の解析手法

2.1 解析概要

MH生産時における海底地盤の変形挙動を高精度で予測するには温度の影響を考慮できる応力-ひずみ関係モデルとMH層の骨格・水・気体・熱を連成した解析が必要である。しかし、本研究ではまず第一歩として、MH層を固液2相状態とし、気体(メタンガス)の影響は考慮しない、またMH層中の水の流れと熱移動現象との相互作用の影響は考慮しないという仮定に基づき、有限差分法解析コードFLAC^{3D}を用いて応力 - 浸透流 - 熱移動連成解析を行った。

2.2 解析モデル

解析モデルの立体図を図-1に示す。解析モデルは、海底面から1000m以深の海底地盤を対象とし、解析領域は水平方向200m、垂直方向300mとし、3次元の軸対称モデルとする。生産坑井(半径1.2m)を1本のみ配置し、図-1は坑井の4分の1を表している。また、解析モデルは上層、MH層及び下層を考慮する。MH相平衡関係図を図-2に示す。MH層付近の坑井の初期状態を、圧力12MPa、温度5°Cに設定し、圧力を固定し温度を増加させる手法(熱刺激法)と温度を固定し圧力を減少させる手法(減圧法)を用いて解析を実施した。物性値・解析ケースは、表-1、表-2のように設定した。

3.海底地盤の沈下量の推移

図-3(a)、(b)に各手法における海底面沈下量を、図-4に減圧法におけるMH層上部の沈下量をそれぞれ示す。図-3を見ると、両手法とも日数が経つにつれ、ほぼ段階的に沈下が進行している様子が

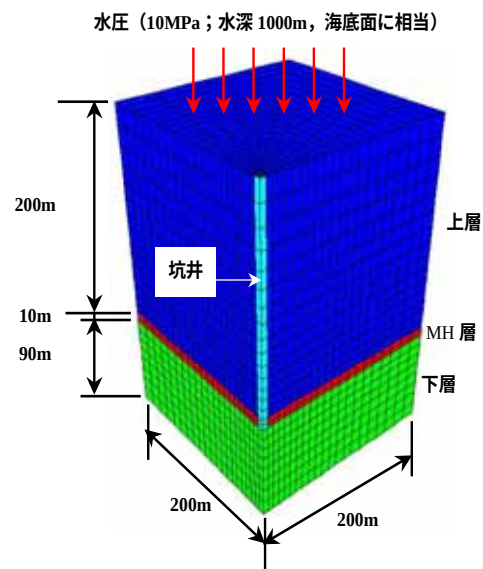


図-1 解析モデル

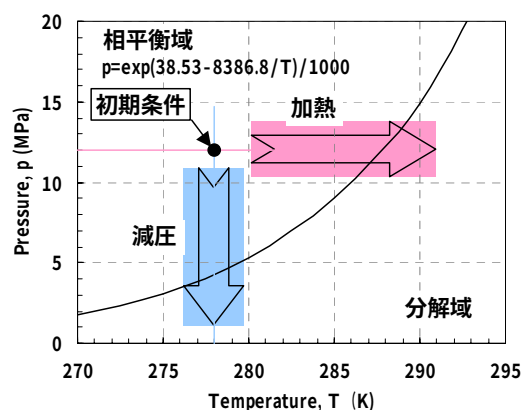


図-2 MH相平衡関係図

表-1 物性値

項目	MH層	上層・下層
変形係数 E (MPa)	400	400
ポアソン比 ν (MPa)	0.3	0.3
内部摩擦角 ϕ (°)	20	20
粘着力 c (MPa)	2.0	2.0
引張破壊応力 σ_t (MPa)	18.8	18.8
土粒子の密度 ρ_s (kg/m ³)	2500	2500
浸透率 k' (m ²)	1.6×10^{-14}	1.0×10^{-14}
孔隙率 n	0.4	0.4
熱伝導係数 C_c (J/m ² ·s·K)	2.09	2.09
比熱 C_s (J/kg·K)	1.05×10^3	1.05×10^3
初期温度 T_0 (°C)	5°C	

表-2 解析ケース

生産手法	温度・圧力の設定
熱刺激法	5°C(278K) → 30°C(303K)
減圧法	12MPa → 2MPa

伺える。また図-3 (b)と図-4を比較すると、全体的にMH層上部より海底面における沈下量が大きいことから圧密現象が生じていると考えられる。熱刺激法においては、2ヵ月後で分解境界が2m程度であり進行していないことから、坑井温度と熱伝導率の改善が必要と考えられる。両手法とも分解による沈下のみでなく圧密による沈下も生じ、また圧密による沈下が大きいと考えられるため、圧密現象を如何に起こさせないようにするかが海底地盤の安定のためのキーになると予想される。

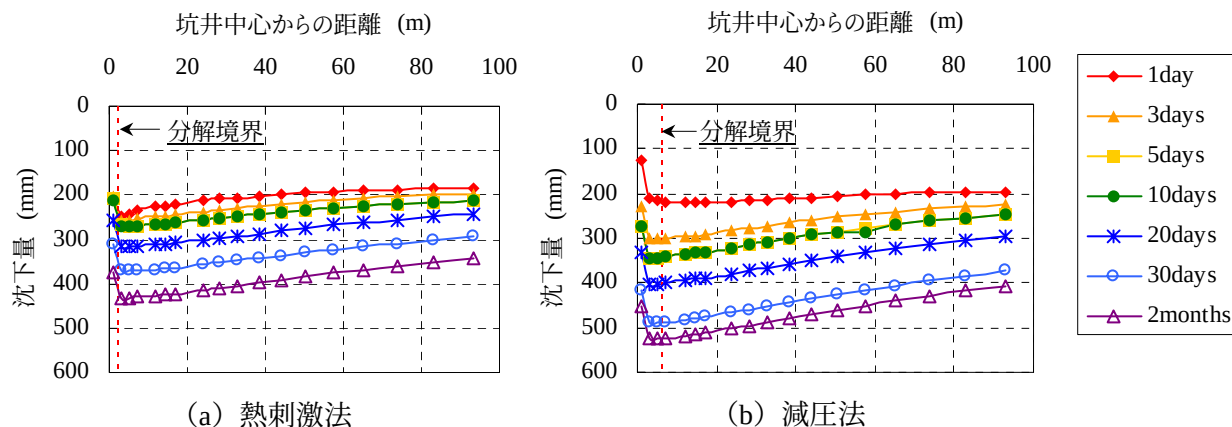


図-3 海底面沈下量

4.坑井の安定性

図-5, 図-6に2ヵ月後の坑井壁面に生じた深さ方向の側方変位と曲げモーメントを示す。図-5を見ると、海底面付近とMH層上部では変位が坑井内側へ生じている。MH層上部の変位が他の深さにおける変位よりも絶対量で大きくなっているのは、MHの分解による強度低下が原因と考えられる。図-6からも海底面とMH層上部の曲げモーメントが絶対量で大きくなっていることが分かる。しかし、全体的には非常に小さい変位なので坑井への影響は小さく安定していると考えられる。

5.おわりに

有限差分法による応力 - 浸透流 - 熱移動連成解析を実施し、分解や圧密現象による沈下挙動等を解析的に表現することができた。しかし、MHを取り

り巻く環境は非常に複雑であり、今後は気体の影響を考慮した3相モデルの構築や坑井が複数存在する場合での相互影響などを表現していくことが課題として挙げられる。

【参考文献】

- 1) 青木一男他：メタンハイドレート生産に伴う地盤変形について，資源・素材2003（宇部）秋季講演会論文集，B4-1，pp.235-236，2003

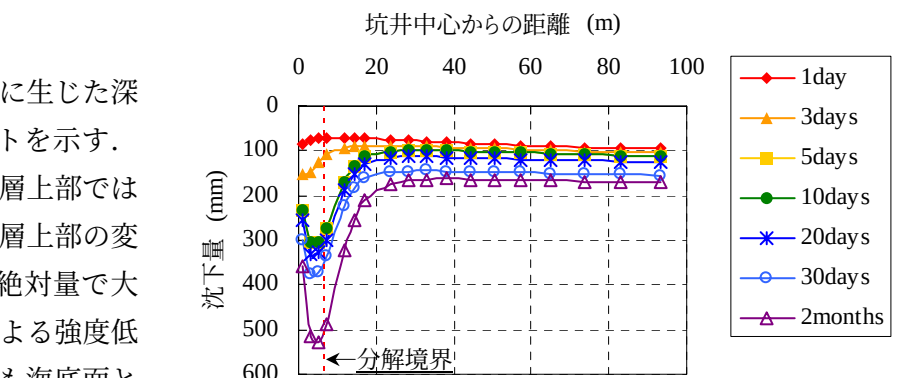


図-4 MH層上部の沈下量（減圧法）

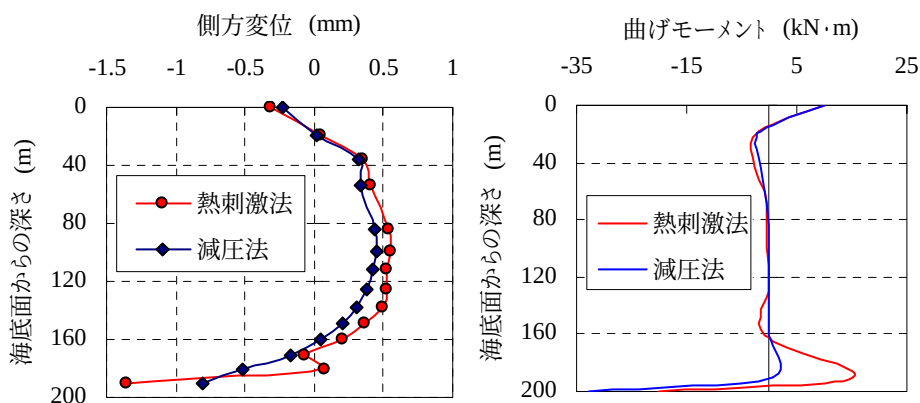


図-5 坑井壁面の側方変位

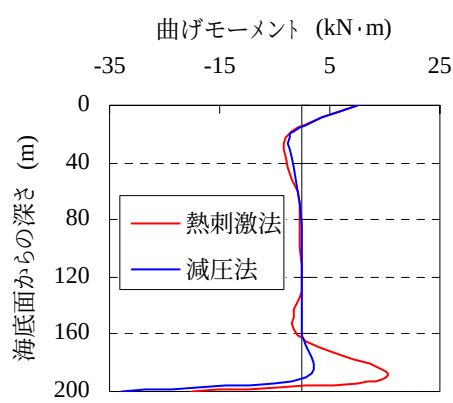


図-6 坑井壁面の曲げモーメント