温度 - 応力 - 浸透流連成解析モデルの妥当性の検証

長崎大学工学部 学生会員 宮城 卓史 長崎大学大学院 学生会員 中園 雅之 長崎大学工学部 正会員 蒋 宇静 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋 由彦

1.研究の背景と目的

メタンハイドレート(以下MH)は、水分子がつくる籠状の結晶中にメタン分子が閉じ込められている物質 であり、永久凍土や海底の堆積層中に氷状で広く分布されている。日本近海においてもその存在が確認されて おり、1999年比で日本の年間天然ガス消費量の約100年分に相当するといわれている¹⁾。もしMHの生産が 実現されると、今までエネルギー資源のほとんどを海外に依存してきた我が国での供給が可能になる。しかし、 MHの生産・開発を行う際、地層中におけるMH分解を起因として、MHを失った地盤全体は不安定となり、 海底地盤の環境変化を引き起こすことが危惧される²⁾。MHを安全かつ経済的に生産するため、MH生産に おける海底地盤の挙動を正しく評価する手法の確立が必要である。

本研究では、その予備検討として、加熱ドレーン圧密実験のシミュレーション解析を行い、解析値と実験値³⁾を比較することで、温度 - 応力 - 浸透流連成解析による圧密挙動評価モジュールの妥当性を検証することを目的とする。

2.実験・解析方法

<u>2.1 実験概要³⁾</u>

加熱ドレーン圧密実験装置を図-1 に示す。模型ドレーンは多孔性合成樹脂製であり、中心に加熱用ヒーターと温度センサーが内蔵されている。49kPaの圧密応力を載荷し、ドレーン温度を80、他の外周面を恒温水槽にて25 に一定に設定することにより、透水性の低い粘土地盤に加熱ドレーンを打設した改良地盤がモデル化されている。 圧密中は、沈下量と粘土内温度の経時変化が測定されている。

<u>2.2 解析条件</u>

三次元有限差分法解析コード FLAC3D により、応力 - 浸透流 - 熱 移動連成解析を行う。粘土と載荷板を 60 個の軸対称要素に分割する。 要素分割と荷重・排水・温度の境界条件を図-2 に示す。粘土内の初期 温度は 22.5 に設定し、載荷重、ドレーン温度(ドレーン・粘土境界 面 r=10mm)は実験における値と一致させ、A~Eの各地点において 計測を行う。粘土は弾性体とし、二次圧密の影響を無視する。

解析に用いた物性値は、実現場の計測データや既往研究³⁾などを参考にして設定した。

<u>3.解析結果と考察</u>

図-3に200分、600分、1000分と10000分後の時間経過に伴う間隙 水圧の変化を示す。間隙水圧の分布は、時間が経つにつれて、右下が 大きくなってきている。流速は、左方向を向いており、ドレーンに近 づくにつれて、速くなっていることもわかる。これらは、ドレーン側

(左)のみが、排水となっており、上からの載荷状況のことも考慮すると 図-妥当な結果と考えられる。



図-1 加熱ドレーン圧密装置³⁾



図-2 解析モデル(軸対称)

図-4に、沈下量の経時変化を示す。実験値と解析値を比べると全体的に大きな変化は見られない。また、 A~E各地点における、沈下量の誤差はわずかなものである。しかし、A点の100分時はドレーンとの距離と 他地点の変化を考慮すると、本来、沈下が大きくなると推測されるが、本解析では、沈下がゼロに近い値とな った。その原因は今後解明する必要がある。

図-5 に、粘土内温度の経時変化を示す。実験値と解析値を比べると、B~E地点において多少の誤差は見 られるが、同様の傾向を示していると言える。どの地点においても、時間の経過と共に、温度が上昇傾向にあ るが、100分を超えたあたりからは、ほぼ変化が見られず一定になる。





<u>4.おわりに</u>

粘土内温度の経時変化に伴う沈下量の解析結果と実験値の比較を行った結果、同等の傾向が見られたため、 本研究で示した、温度 - 応力 - 浸透流連成解析による圧密挙動評価モジュールの妥当性がほぼ検証できた。し かし、解析結果の一部では、実験値と異なる挙動を示した点もあり、より精度の高い解析結果を得るためにパ ラメータ固定などの検討が必要である。今後は、本研究で検討した解析手法を元に、MH生産に伴う海底地盤 の変形挙動の解明に適用していく。

〔<u>参考文献</u>〕

- 佐藤幹夫:ガスハイドレート() メタンハイドレートの分布とメタン量及び資源量,日本エネルギー学会誌, Vol.80, No.895, pp.1064-1074, 2001
- 2) 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秋季講演会論文集, B41, pp.235-236, 2003
- 3) 足立格一郎他:加熱ドレーン改良地盤の圧密変形メカニズム,土木学会論文集,No.596/ -43,pp.39-48,1998.6