

メタンハイドレート生産時の地層変形に及ぼす断層の影響に関する有限要素法解析

清水建設(株) 技術研究所 フェロー会員 ○荻迫栄治
 清水建設(株) 技術研究所 正会員 西尾伸也
 清水建設(株) 技術研究所 正会員 傳田 篤

1. はじめに

メタンハイドレートは次世代資源として注目されており、日本周辺海域においてもその存在が確認されている。経済産業省が策定した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」に従い、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」が組織され、筆者らは、この中で、メタンハイドレートからのメタンガス生産に伴う海底地盤の変形の発生する可能性を評価するための技術について検討を進めている。海底地盤には断層の存在する箇所もあり、それらの存在が生産時の地層変形に影響を及ぼす可能性も考えられる。そこで、減圧法による海洋でのメタンハイドレート(以下 MH と称する)生産を想定し、生産時の地層変形に関する有限要素法解析を実施し、断層に関連するパラメータが地層変形に及ぼす影響について検討を行った。

2. 解析条件

東部南海トラフの海底地盤を対象とし、仮想的に断層を設定したモデルを用いて検討を行った。解析モデルの一例を図1に示す。坑井位置の左側に坑井から所定の距離離れた位置に断層を設定し、そこに薄層の弱層要素を設置した。そして、坑井～断層間の距離を一定(120m)とし、地層厚さと減圧度を変えたケーススタディーを行った。なお、地層厚さを変えたケーススタディーにおいては、海底面から MH 生産層下面までの厚さを一定とし、MH 生産層厚さと上部層厚さの比を変えることとした。また、荷重条件としては、坑井圧を 3MPa に減圧(MH 生産層上面の水圧 12.4MPa→3MPa)することとし、MH 生産層坑井位置の節点の水圧を1日で減圧することとした。一方、減圧度を変えたケーススタディーにおいては、地層厚さを一定とし、坑井圧を何 MPa まで減圧させるかを変化させた。解析ケースを表1に示す。また、地盤物性値については、東部南海トラフ海底地盤から採取されたコア試料の室内試験結果等に基づいて設定した。なお、断層の弾性係数については地層の弾性係数の 1/100 倍とした。

3. 解析結果

図2に地層厚さを変えた各ケースにおける生産期間400日時点の地盤内の鉛直変位分布を示す。なお、変位量については無次元化し、仕上げ区間長に対する割合(%)で表している(以下同様)。いずれのケースにおいても断層面の左右のコンター色に不連続が見られ、断層面において不連続的な変形が生じていることがわかる。また、MH 生産層厚さに対する上部層厚さの比が小さいほど発生する鉛直変位量が大きく、変位の発生する領域も大きい。図3は海底面の断層位置で生じる不連続的な鉛直変位量(段差量)を生産期間に対してプロットしたものである。段差量は生産期間の増加につれて大きくなるが、概ね200日付近で収束する傾向を示している。また、MH 生産層厚さに対する上部層厚さの比が小さいほど段差量も大きくなっている。図4は海底面における最大沈下量

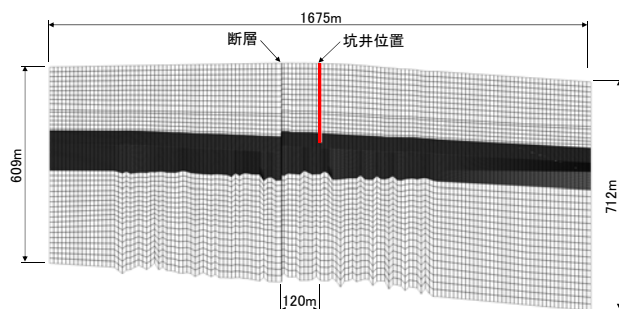


図1 解析モデル図

表1 解析ケース

ケース	MH生産層厚さ	上部層厚さ	上部層厚さ MH生産層厚さ	n	減圧区間(※)	減圧度
1	109m	217m	2		30m	9.4MPa
2	65m	261m	4		30m	9.4MPa
3	47m	279m	6		30m	9.4MPa
4	36m	290m	8		30m	9.4MPa
5	30m	296m	10		30m	9.4MPa
6	60m	266m	4.43		38m	4MPa
7	60m	266m	4.43		38m	6MPa
8	60m	266m	4.43		38m	8MPa
9	60m	266m	4.43		38m	10MPa
10	60m	266m	4.43		38m	12MPa

(※) MH生産層上面からの深さ

キーワード:メタンハイドレート, 海底地盤, 変形

連絡先:〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 Tel:03-3820-6476 Fax:03-3820-5955

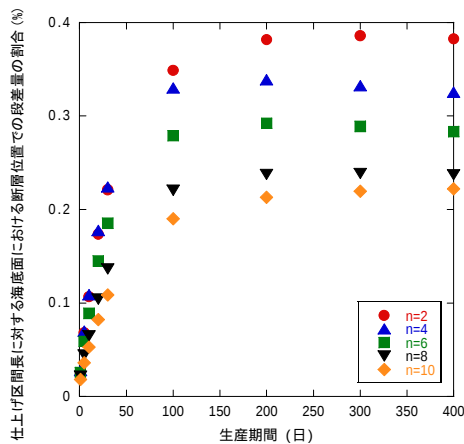


図3 生産期間に対する海底面における断層位置での段差量(地層厚さの影響)

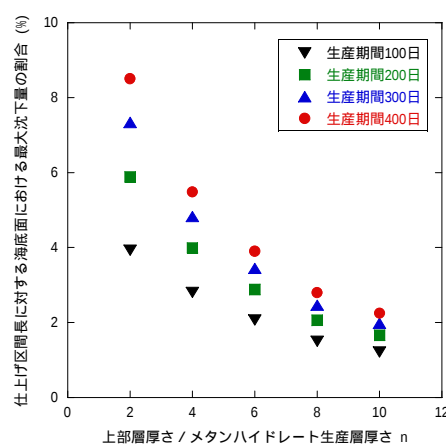


図4 海底面における最大沈下量と上部層厚さ/MH生産層厚さの関係

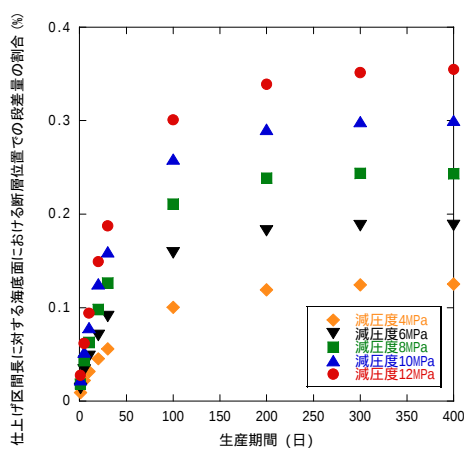


図5 生産期間に対する海底面における断層位置での段差量(減圧度の影響)

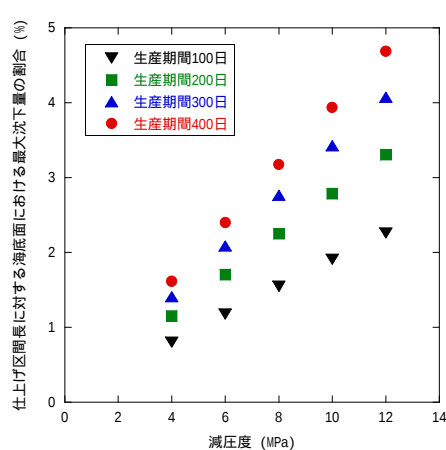


図6 海底面における最大沈下量と減圧度の関係

とMH生産層厚さに対する上部層厚さの比 n の関係をプロットしたものである。いずれの生産期間においても、 n の値が小さくなるほど最大沈下量も大きくなる傾向を示している。

図は省略するが、減圧度を変えたケースにおいても断層面において不連続的な変形が生じているおり、減圧度が大きいほど発生する鉛直変位量が大きく、変位の発生する領域も大きいという結果であった。図5は海底面における断層位置での段差量を生産期間に対してプロットしたものである。段差量は生産期間の増加につれて大きくなるが、概ね300日付近で収束する傾向を示している。また、減圧度が大きいほど段差量も大きくなっている。図6は海底面における最大沈下量と減圧度の関係をプロットしたものである。いずれの生産期間においても、減圧度が大きくなるほど最大沈下量も大きくなる傾向を示し、両者の関係はほぼ線形的である。

4. おわりに

メタンハイドレート生産時の地層変形に関する有限要素法解析を実施し、断層に関連するパラメータが地層変形に及ぼす影響について検討を行った。その結果、MH生産層厚さに対する上部層厚さの比が小さいほど、また、減圧度が大きいほど、断層面に生じる不連続的な変形量や海底面における最大沈下量が大きい傾向を示すことが確認された。

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に係る生産手法開発に関する研究としてメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムで実施したものである。また、解析を行うに際しては京都大学岡二三生名誉教授ならびに木元小百合准教授にご助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。

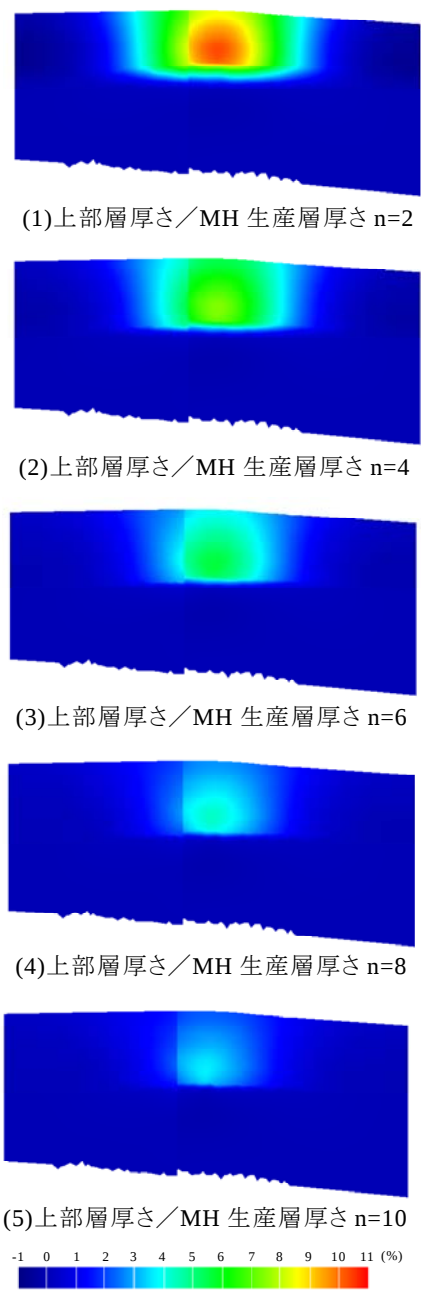


図2 地盤内の鉛直変位分布(生産期間400日:地層厚さの影響)