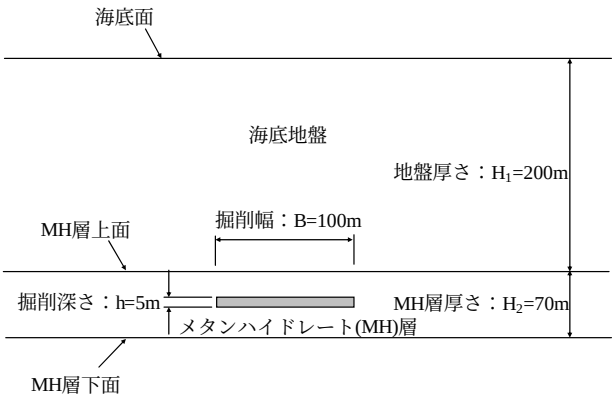


メタンハイドレート生産に伴う海底地盤変形に関する解析的検討

清水建設 フェロー会員 ○荻迫栄治, 正会員 奥野哲夫
清水建設 正会員 西尾伸也, 正会員 傳田 篤
京都大学 フェロー会員 岡二三生, 正会員 小高猛司
京都大学 正会員 木元小百合

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、日本周辺海底にも日本が消費している天然ガスの 100 年分以上の量が存在すると推定されている。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、(財)エンジニアリング振興協会が環境影響評価に関する研究開発を行っており、筆者らは、この中で、メタンガス生産に伴う海底地盤の変形の可能性について検討を進めている。現時点では、メタンハイドレートを含む地盤の物性について明らかになっていない部分が多いため、変形の可能性や変形量等を定量的に評価することは難しい。そこで今回は、ある仮定条件の下に既存の解析手法を用いて地盤の変形解析を実施し、地盤の材料物性が海底地盤の変形に及ぼす影響度を把握することを目的として検討を行った。

2. 解析方法および解析条件 解析手法としては有限要素法による軸対称弾塑性圧密解析（応力－浸透連成解析）である。解析領域としては海底面からメタンハイドレート層下面までを対象とし、外力としては生産に伴うメタンハイドレートの分解を掘削（メタンハイドレートを構成する要素の削除）で模擬し、掘削解放応力を与えることとした。その際、掘削外力は $t=0\sim10$ 日に線形的に载荷した。図－



図－1 解析対象モデルの概要

1に解析対象モデルの概要を示す。地盤の土質としては粘性土と砂質土の2種類を想定し、その構成式としてはそれぞれ代表的な弾塑性モデルである、関口・太田モデルと岡らの提案するひずみ軟化型弾塑性モデル¹⁾を用いた。ただし、メタンハイドレート層については弾性と仮定した。パラメータの設定に際しては、想定される地盤としてメタンハイドレート資源開発フィールド候補海域を念頭に置き、基礎試錐などのデータや過去に日本周辺の海底地盤における土質・地質について調査されたデータに基づいて設定し、それらの値が変化することによる海底地盤変形への影響について検討した。なお、紙面の都合上ここでは表－1および表－2に示したパラメータに基づく結果について述べる。

3. 解析結果および考察 図－2に掘削終了時 ($t=10$ 日) における地盤内の鉛直変位のコンター図を示す。掘削上面に鉛直下向き（沈下）、掘削下面に鉛直上向き（リバウンド）の変位が発生しており、それが地盤内に伝播し、海底面にも変位が生じている。この傾向は粘性土、砂質土ともに同様である。

図－3に海底面における最大沈下量の経時変化を示す。掘削期間 ($t=0\sim10$ 日) はほぼ線形的に沈下量が増加しているが、その後

表－1 材料パラメータ（粘性土）

ポアソン比 ν	0.45
限界応力比 M^*	1.0
圧縮指数 λ	0.55
膨潤指数 κ	0.055
初期間隙比 e_0	1.75
水中単位体積重量 γ' (kN/m ³)	8.0
透水係数 k (m/day)	10^{-4}

表－2 材料パラメータ（砂質土）

ヤング係数 E (MPa)	100
ポアソン比 ν	0.3
ひずみ硬化軟化パラメータ G'	100
ひずみ硬化軟化パラメータ M_f^*	1.2
過圧密境界面パラメータ M_m^*	1.1
塑性ポテンシャルパラメータ σ_{mb} (MPa)	1.0
塑性ポテンシャルパラメータ b (MPa)	0
応力履歴パラメータ τ	0.01
水中単位体積重量 γ' (kN/m ³)	8.0
透水係数 k (m/day)	10^{-3}

キーワード：メタンハイドレート，変形，有限要素法，海底地盤

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 Tel：03-3820-6476 Fax：03-3820-5959

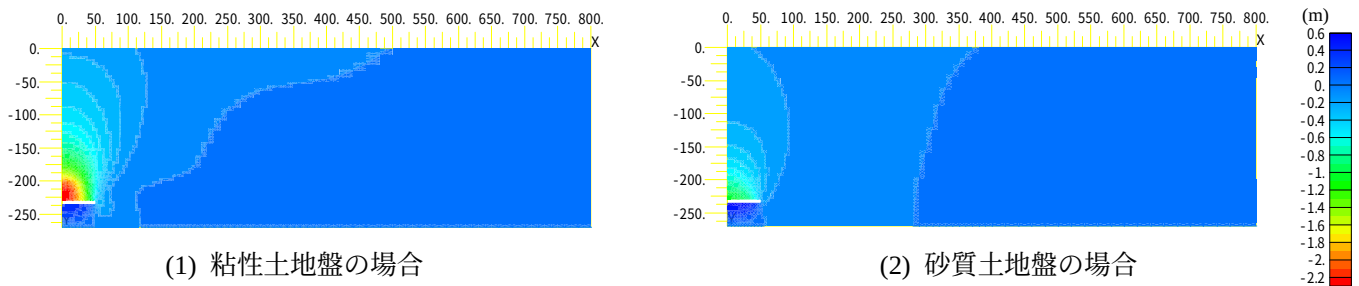


図-2 地盤の鉛直変位コンター (t=10 日)

沈下の増加率は減少し、やがて終息に向かう。砂質土の場合は t=100 日以降ではほぼ一定の沈下量となっているのに対し、粘性土の場合は t=1000 日時点でもまだ沈下は継続しており、t=10000 日程度で終息している。すなわち、沈下の終息までに至る時間は粘性土の場合に比べて砂質土の場合はかなり早いと言える。

図-4 は掘削上面 (GL-210m) 中央部における圧力水頭の経時変化を示している。圧力水頭は掘削により一端減少するが、その後回復に向かい、やがてゼロに終息している。ただし、砂質土の場合は掘削終了後すぐに圧力が回復に転じるのに対し、粘性土の場合は掘削終了後もしばらく減少を続け、t=300 日付近で回復に転じている。また、発生する圧力水頭の値も砂質土の場合は粘性土の場合に比べて小さい。このような図-3 や図-4 に見られる砂質土の場合と粘性土の場合の違いは、砂質土の方が粘性土より透水性が高く、過剰間隙水圧の消散が砂質土の方が粘性土より早いためと考えられる。

図-5 は海底面における鉛直変位分布を示したものである。鉛直変位は掘削中央部の直上で最も大きく、中央から離れるにつれ次第に小さくなり、掘削中央直上部から 400m 程度離れた付近で沈下からリバウンドへ移行している。この傾向は砂質土、粘性土ともに同様である。また、鉛直変位の大きさに違いはあるものの、その分布形状は両者に大きな差異はないと言える。ただし、砂質土の場合は掘削終了時から過剰間隙水圧が消散する時点までの変位の進展が粘性土の場合に比べて小さいと言える。

4. おわりに メタンハイドレートの生産を想定した地盤の圧密解析を実施し、生産に伴う海底地盤変形への影響について考察した。メタンハイドレートを含む地盤の物性が明らかになっていないため、今回は検討の第一歩として既存の構成式を用いて解析を実施した。従って、ここでは変形量の大小等について論じることはできないが、粘性土地盤と砂質土地盤を想定して土質の違いによる地盤変形への影響等について定性的な傾向を検討した。今後は、メタンハイドレートを含む地盤の物性について検討を進め、その結果を解析に反映させることで、より定量的な評価に向けて検討を進めていきたい。

謝辞 本研究を行うにあたり、(株)CRC ソリューションズ岡部氏ならびに上山氏には多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 足立紀尚, 岡二三生 : 軟岩のひずみ軟化型弾塑性構成式, 土木学会論文集, No.445/III-18, pp.9-16, 1992.

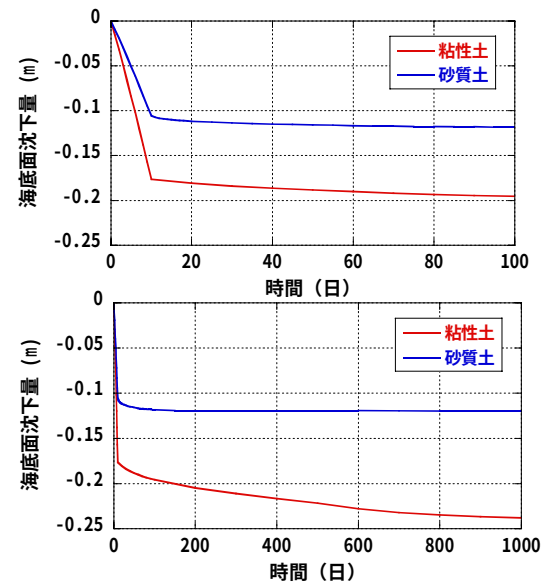


図-3 海底面沈下量の経時変化

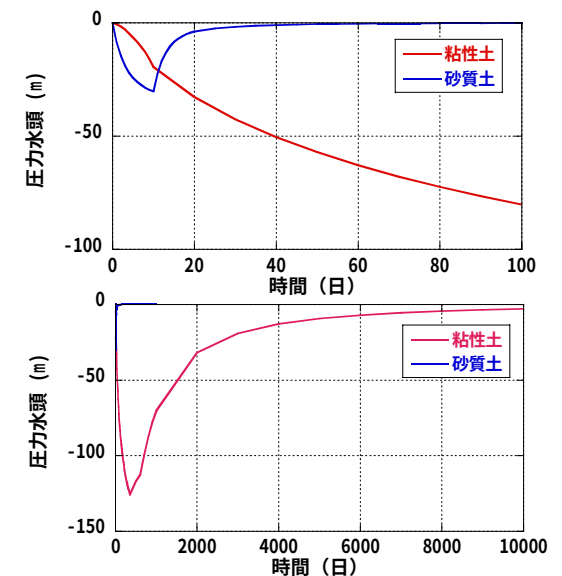


図-4 圧力水頭の経時変化

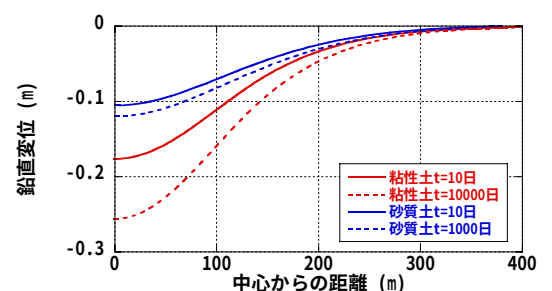


図-5 海底面鉛直変位分布