

海底乱泥流堆積物を模擬した土試料の三軸圧縮試験のシミュレーション

エンジニアリング振興協会(清水建設) フェロー会員 ○荻迫栄治

同上 正会員 西尾伸也

同上 正会員 傳田 篤

京都大学 フェロー会員 岡二三生

京都大学 正会員 木元小百合

エンジニアリング振興協会(伊藤忠テクノソリューションズ) 正会員 岡部直司

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約 100 年分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。メタンハイドレートの資源フィールドの一つとして期待される南海トラフの上部約 500m の海底地盤は、富士川砂を主体とした海底乱泥流堆積物(タービダイト)の砂泥互層が卓越することが知られている。今回、海底地盤のタービダイトを模擬した試料を用いて行った三軸圧縮試験結果について、弾粘塑性構成式を用いてシミュレーションを実施し、試験結果との比較・検討を行った。

2. 三軸圧縮試験とシミュレーションの概要

力学挙動に与えるタービダイト砂層の級化堆積構造の影響を把握するため、タービダイト砂層を模擬した砂質土試料について、等方圧密・排水せん断試験を実施した。用いた試料の配合を表-1 に示す。各試料の最大粒径は 0.425mm である。なお、各試料の骨格間隙比は 0.78 に統一し、試験結果に与える密度の影響を排除した。各試料について、それぞれひずみ速度を 1, 0.1, 0.01%/min の 3 種類に変えてせん断試験を行った。

表-1 タービダイト砂模擬試料の配合

試料名	豊浦砂 (%)	7号硅砂 (%)	8号硅砂 (%)	クローライト (%)	細粒分含有率(%)
A-1	10.5	78.6	10.5	0.4	4.9
A-2	10.2	76.6	10.2	3.0	7.3
C-1	86.9	2.5	2.5	8.0	8.7
C-2	89.8	2.6	2.6	4.9	5.6
C-3	91.4	2.6	2.6	3.3	4.0

この三軸圧縮試験を対象に、岡らの提案する凍結砂のひずみ軟化型弾粘塑性構成式¹⁾を用いてシミュレーションを行った。シミュレーションに必要な材料パラメータは、試験結果から表-2 に示すように設定した。

表-2 シミュレーションに用いた材料パラメータ

試料番号	A-1	A-2	C-1	C-2	C-3
ヤング係数 E (kPa)	87300	95000	137700	120000	154700
体積弾性係数 K (kPa)	97300	105000	153000	132000	172000
ひずみ硬化-軟化パラメータ G'	3.77	9.83	9.97	5.30	10.17
ひずみ硬化-軟化パラメータ M_f^*	1.10	1.25	1.35	1.25	1.40
塑性ポテンシャルパラメータ σ_{mb} (kPa)	200	200	200	200	200
塑性ポテンシャルパラメータ b (kPa)	0	0	0	0	0
過圧密境界面パラメータ M_m^*	1.00	1.00	0.96	1.05	0.99
応力履歴パラメータ τ_0 (sec)	3300	1300	1100	2200	1100
応力履歴パラメータ a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

キーワード:メタンハイドレート, 弾粘塑性構成式, 三軸圧縮試験, 海底地盤

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:03-3820-5959

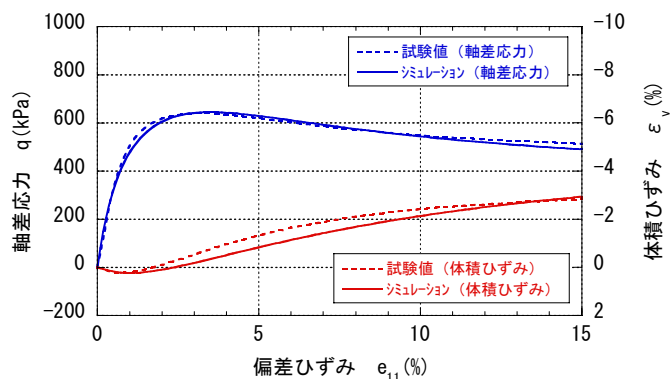


図-1 応力-ひずみ関係(試料 A-1, ひずみ速度 1%/min)

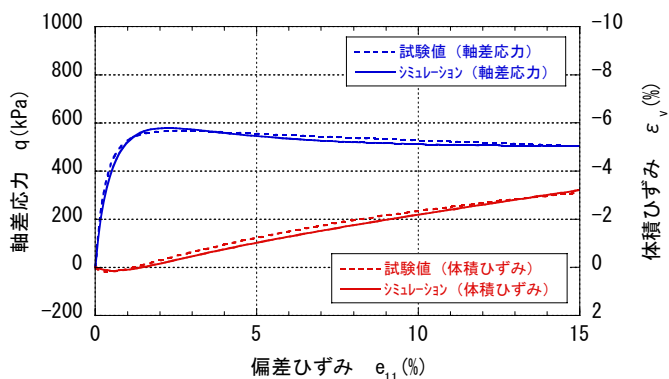


図-3 応力-ひずみ関係(試料 C-1, ひずみ速度 1%/min)

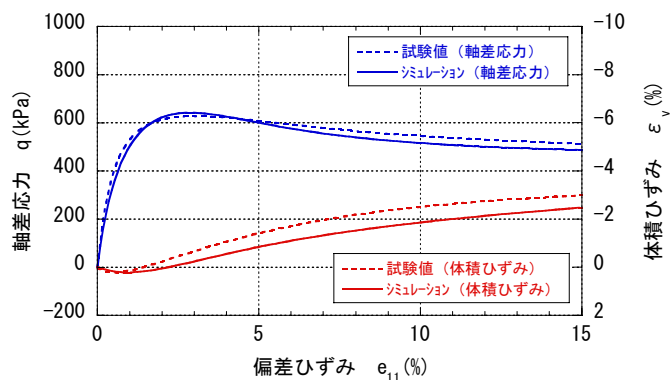


図-2 応力-ひずみ関係(試料 A-2, ひずみ速度 1%/min)

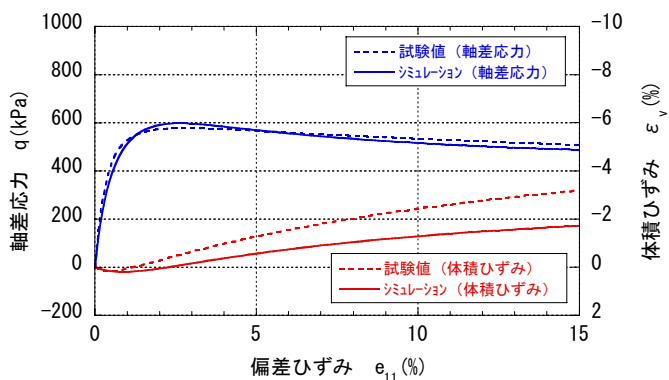


図-4 応力-ひずみ関係(試料 C-2, ひずみ速度 1%/min)

3. シミュレーション結果および考察

図-1 および図-2 は、試料 A-1 および試料 A-2 についての軸差応力-偏差ひずみおよび体積ひずみ-偏差ひずみの関係を示したものである。軸差応力はひずみの増加につれて増大するが、最大強度に達した後はゆるやかに減少しており、いわゆるひずみ硬化-軟化挙動を示している。体積ひずみについては、初期に若干圧縮ひずみが生じるが、その後は膨張に転じている。シミュレーション結果は、このような試験結果の挙動をよく表していることがわかる。

図-3～図-5 は、試料 C-1～試料 C-3 についての軸差応力-偏差ひずみおよび体積ひずみ-偏差ひずみの関係を示したものである。試料 A-1 および試料 A-2 の場合と同様に、軸差応力はひずみの増加につれて増大するが、最大強度に達した後はゆるやかに減少しており、ひずみ硬化-軟化挙動を示している。ただし、試料 A-1 および試料 A-2 に比べて応力-ひずみ関係の初期の接線勾配は若干大きく、最大強度は若干小さくなっている。また、最大強度に達した後のひずみ軟化の度合いも小さい。シミュレーション結果は、このような試験の応力-ひずみ関係をよく表している。体積ひずみについては、試料 A-1 および試料 A-2 の場合と同様に、初期に若干圧縮ひずみが生じるが、その後は膨張に転じている。試料 C-2 のシミュレーション値が試験値に比べて若干小さめではあるが、概ね試験結果の挙動をよく表していると言える。

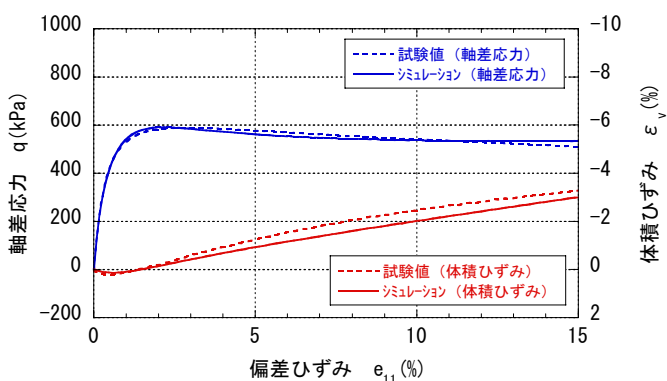


図-5 応力-ひずみ関係(試料 C-3, ひずみ速度 1%/min)

4. おわりに

海底地盤のタービダイトを模擬した試料の三軸圧縮試験について弾粘塑性構成式を用いてシミュレーションを行った。その結果、シミュレーション結果は試験結果の傾向をよく表していることが確認された。

参考文献 1) 足立, 岡: 凍結砂のひずみ軟化型弾粘塑性構成式, 土木学会論文集, No.454/III-20, p.75-81, 1992.