

画像解析による不均質供試体の変形挙動

山口大学大学院 学生会員 ○川上潤之介
 山口大学大学院 正会員 吉本憲正
 山口大学大学院 正会員 中田幸男
 山口大学大学院 学生会員 中島晃司

1. 目的

メタンハイドレートを含む地盤は数 10cm の間に、砂や粘土が層状に構成されるタービダイト層から成ることが報告されている¹⁾。また、セメント処理土では、海水の影響で劣化することが報告され、健全な状態から劣化した状態へ変化する²⁾。このようにわずかな範囲で不均質な状態になる地盤が存在するため、そのような地盤の力学挙動を調査することが必要と考えられる。本研究では平面ひずみ圧縮試験機を用いて、剛性の異なる試料として豊浦砂及び中空ガラスビーズを用い、不均質な供試体を作製し、変位計または画像解析により求められる応力ひずみ関係について検討した。

2. 平面ひずみせん断試験

本研究では平面ひずみ試験装置を用いて検討を行った。本試験装置の特徴として、観察窓から供試体のデジタル画像を撮影でき、PIV 解析手法³⁾を適用可能なことが挙げられる。豊浦砂のみ、中空ガラスビーズのみ、豊浦砂と中空ガラスビーズの体積比 1:1 で混合したもの、豊浦砂、混合、中空ガラスビーズを体積比 1:1:1 で層状に作製した三層構造の四つの供試体に対して、検討した。供試体サイズは 60mm×80mm×160mm の直方体であり、締固め法を用いて目標相対密度 76.2%となるように作製した。また、表-1 に今回の実験で供試体を作製する際に用いた試料の呼称や体積比等を示す。試験方法として、軸ひずみ速度 0.1%/min で静的せん断試験を行い、その際に軸ひずみ 0.1%ごとに供試体を撮影した。試験は所定の軸ひずみに達した時点で終了した。試験終了後、撮影した写真を用いて PIV 画像解析を実施した。図-1 に、軸ひずみの算出に関する参考図を示す。画像解析より得られた情報からメッシュの格子点の座標値を取得した。その y 方向の任意の高さの座標値を用いて、(1)~(3)式で任意の画像の軸ひずみを算出した。

$$y_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1) \quad y'_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y'_i \quad (2) \quad \varepsilon_{ab} = \frac{(y_b - y_a) - (y'_b - y'_a)}{y_b - y_a} \quad (3)$$

(1), (2)式は、図中の y_a および y'_a の場合を例に示しており、変形前の画像において同じ高さの y 座標の平均値である。また、本試験では体積ひずみに関しても奥行き方向に一定と仮定し、メッシュ図の座標データを用いて(4)式より算出した。

$$\varepsilon_v = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100 \quad (4)$$

ここで、 V_0 は初期状態の供試体の体積であり、各メッシュの面積の合計に奥行きを乗じて算出したものである。 V_1 は変形後の供試体の体積であり、各メッシュの面積の合計に奥行きを乗じて算出している。

3. 平面ひずみせん断試験

三層構造の結果に関して、画像解析により求めた応力ひずみ関係を混合、中空ガラスビーズそれぞれ図-2、図-3 に示す。図-2 より、茶色で示したものが変位計から、青で示したものが画像から算出した応力ひずみ関係を示しており、変形初期の挙動に着目し

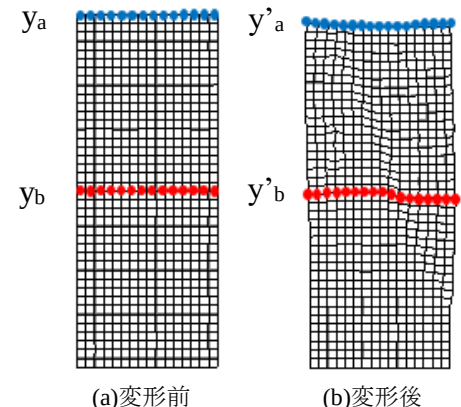


図-1 軸ひずみの算出に関する参考図

表-1 各試料の呼称および配合割合

名称	呼称	内訳	配合割合 (体積比)
豊浦砂	Toyo	豊浦砂	1:1(混合)
中空ガラスビーズ	HGB	中空ガラスビーズ	
混合	Mix	豊浦砂+中空ガラスビーズ	1:1(混合)
三層構造	Three	豊浦砂、混合、 中空ガラスビーズ	1:1:1

キーワード 画像解析 不均質 せん断ひずみ

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9344

てみると軸ひずみがおよそ 0~0.8%にかけては双方ともに比較的類似した挙動を示しているが、その後二つの挙動には違いが生じていく結果となった。図-3 に関しても緑で示したものが変位計から、青で示したものが画像から算出した応力ひずみ関係を示している。図-3 の中空ガラスビーズに関しては載荷初期からすでに異なる挙動を示している。この結果より、挙動が類似、または異なる原因について画像解析によるせん断ひずみのコンター図を用いて検討する。

図-4 に軸差応力 200kPa 時のせん断ひずみのコンター図、図-5 に軸差応力 300kPa 時のせん断ひずみのコンター図をそれぞれ示す。図-4 に示す軸差応力 200kPa の場合に関して、混合のものでは単体および三層構造の混合部分に関しては双方ともに大きなせん断ひずみの分布は見られない。それに対して中空ガラスビーズの結果では単体のせん断ひずみが三層構造の中空ガラスビーズの部分と比べ、大きなせん断ひずみが分布していることが見て取れる。続いて図-5 に示す軸差応力 300kPa 時の場合に関して、混合では単体の方が三層構造の混合部分より大きなせん断ひずみが見られた。同様に中空ガラスビーズでも三層構造に比べて単体の方が大きなせん断ひずみの分布が確認でき、これらが応力ひずみ挙動の違いとして現れたと思われる。

4. 結論

単体の試料と三層構造の同じ試料の応力ひずみ挙動を比較し、載荷初期に類似した挙動を示しても、その後、変位の増加とともに異なっていくことがわかった。その要因をせん断ひずみのコンター図を用いて検討した結果、せん断ひずみの分布が類似しているものではそれに対応するように、応力ひずみ関係も類似し、せん断ひずみの分布が異なるものでは応力ひずみ関係も異なるという結果となった。このことから、大きなせん断ひずみの分布の存在が応力ひずみ関係に影響を与える要因の一つといえる。

参考文献

- 1) 鈴木清史, 海老沼孝郎, 成田英夫:メタンハイドレートを胚胎する砂質堆積物の特徴とメタンハイドレート胚胎メカニズムへの影響, 地学雑誌, 118(5), pp.899-912, 2009.
- 2) 原弘行, 末次大輔, 林重徳, 松田博:海水に曝露したセメント処理土の劣化機構に関する基礎的研究 土木学会論文集 C (地圏工学) No.4, pp.469-479, 2013.
- 3) 池田清宏, 市村強, 高村浩之, 須藤良清, 堤成一郎: 土の平面ひずみ供試体の変形挙動の分岐メカニズムに基づく画像処理法 土木学会論文集 No.757, pp.167-176, 2004.

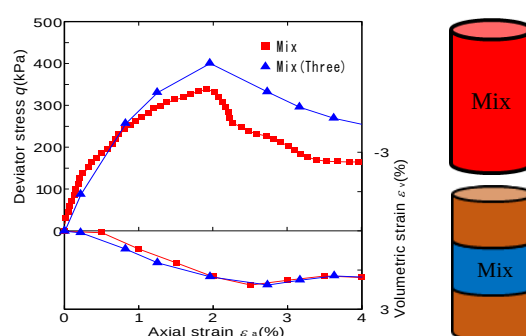


図-2 応力ひずみ関係 (混合)

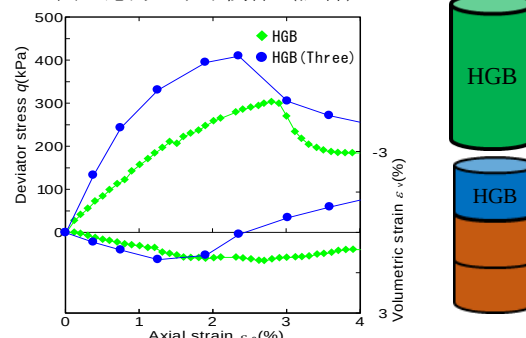


図-3 応力ひずみ関係 (中空ガラスビーズ)

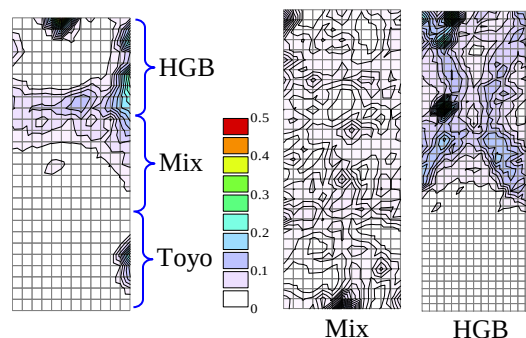


図-4 せん断ひずみのコンター図 (200kPa)

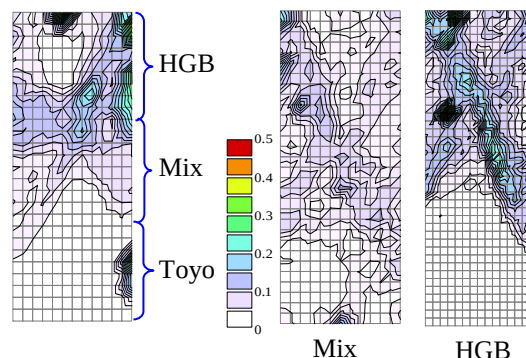


図-5 せん断ひずみのコンター図 (300kPa)