

X線CTデータに基づく異なる拘束圧下での三軸圧縮下における砂のひずみ特性の解明

熊本大学大学院 正会員 ○大谷 順

熊本大学大学院 学生会員 渡邊 陽一

University of Joseph Fourier, France Lenoir Nicolas

1. はじめに

載荷に伴う砂のせん断帯の形成は、土中に発生する局所ひずみの進展により生じると考えられており、せん断帯の発生メカニズムを把握するために、土中内部の局所的な変形を観察する必要がある。著者らはこれまで、X線CTと三軸圧縮試験を連動させ、土中内部の土粒子を抽出する画像解析手法を用いて、土粒子の移動を3次元的に可視化することにより、三軸圧縮下における砂中の変位特性について解明してきた^{1),2)}。本報の目的としては、新たに提案した画像解析手法を適用し、得られた土粒子の変位量からひずみ量の計算を行い、せん断ひずみ量の定量的考察を行うことで、異なる拘束圧下での土中内部の局所的なひずみの現象解明を試みる。

2. 実験概要

本実験では気乾状態での砂の三軸圧縮試験を実施した。試料は粒度のよい山砂とし、高さ100mm、直径50mmの円筒形供試体を、 $Dr=90\%$ になるように予定量の1/5各に突き棒で20回ずつ締め固めて作製した。載荷は0.3%/minの変位制御とし、拘束圧を50kPaと80kPa下で実施した。なお、CT撮影条件は、電圧150kV、管電流4mAおよびX線照射厚を0.3mmとし、供試体を撮影ピッチ0.3mmで供試体下部から上部までを撮影範囲としてCT撮影を実施した。

3. ひずみ量の計算

三軸圧縮試験の供試体に合わせて1要素8節点からなる3次元メッシュ図を作製し、メッシュ図を図-1に示す。新たに提案した画像解析手法より抽出した土粒子の3次元座標をメッシュ図の節点座標に置き換え、その節点座標に土粒子が移動した3次元変位量データを与える。これにひずみ—節点変位マトリクス(Bマトリクス、[B])を積算し、各要素のせん断ひずみ量を計算することで、せん断ひずみ量の定量化および可視化を行った。

4. 実験結果および解析結果の考察

図-2は異なる拘束圧下(50kPaおよび80kPa)で行った三軸圧縮試験における荷重—変位曲線である。図中のInitialを含むA~Dは拘束圧50kPaにおけるX線CT撮影を行った軸変位レベルを示し、また、Initialを含む1~4は拘束圧80kPaにおける軸変位レベルを示す。まず、供試体内部でのせん断帯の発生過程を確認するために、3次元再構成した画像から供試体の直径に相当する位置での鉛直CT断面画像を作成した。図-3および図-4には図-2に示したInitialを含む変位レベルBおよびD(50kPa)、また、Initialを含む軸変位レベル2および4(80kPa)における鉛直CT断面画像である。鉛直CT断面画像は、CT値0~1500の範囲を7色のカラーコンター図により示している。ここでCT値は密度と強い相関関係を示すことから、CT値0~300の範囲を低密度領域とし、CT値1200から1500の範囲を高密度領域と設定する。50kPaにおいて、(b)Bの鉛直CT断面画像を見ると、左上部から中心に向かって低密度領域が発生していることが確認できる。さらに、(c)Dにおいては左上部

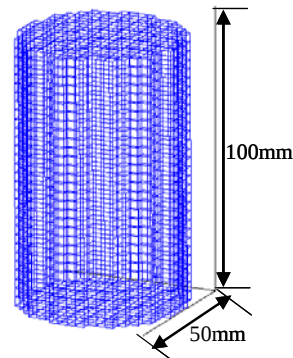


図-1 3次元メッシュ図

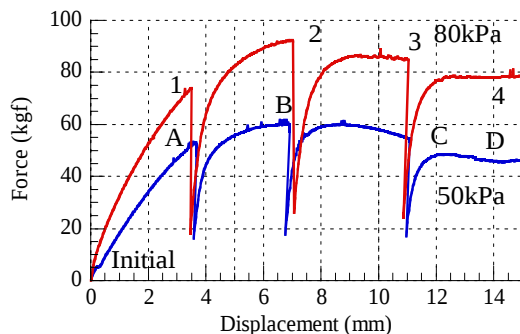


図-2 荷重 - 変位曲線

キーワード X線CTスキャナ, 三軸圧縮試験, 画像解析

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 TEL/FAX 096-342-3535

から中心部を通り右下部まで低密度領域が帯状に形成していることがわかる．80kPa においては，(b) 2 の鉛直 CT 断面画像を見ると，供試体内部で低密度領域が発生していることがわかる．しかし，(c) 4 の断面画像は 50kPa と比較し，供試体上部での密度変化が見られ，低密度領域の分布は小さい．以上の実験結果において，CT 画像から供試体内部のせん断帯形成の発生過程をより詳細に検討可能であると言える．

また，ひずみ量の解析結果について，実験結果と同様に供試体の直径を通る断面上でのせん断ひずみ分布図を作成した．図-5 および図-6 には，軸変位レベル A，C および D(50kPa)，また，軸変位レベル 1，3 および 4(80kPa)におけるせん断ひずみ分布図を示す．図-6 の(b) C は供試体内部より右上部から左下部に向かって，せん断帯を形成していることがわかる．また，(c) D はせん断ひずみが左上部より右下部方向へせん断ひずみが分布し，せん断帯を形成していることが確認できる．一方，図-7 の(b) 3 はせん断ひずみ分布が供試体上部で発生していることが確認できる．(c) 4 では，さらにせん断ひずみを供試体内部より左上部方向にせん断ひずみが帯状に形成しているがわかる．これらの各変位レベルでのせん断ひずみ分布を，実験結果で示した鉛直 CT 断面画像と比較すると，低密度領域の進展が解析結果のせん断ひずみ分布の発生と同じ傾向を持つと考えられる．

5. まとめ

異なる拘束圧下での X 線 CT データより三軸圧縮下の砂の変位特性をある程度解明するとともに，変位データからせん断ひずみ量の定量的考察を行うことにより，より精度の高い土中内部の変位特性を解明することを可能とした．今後は，3 次元有限要素解析を用いてこれら現象の検証を行う予定である．

参考文献

- 1) 渡邊陽一，大谷順，Lenoir Nicolas: X 線 CT を用いた三軸圧縮下における砂の変位計測その 1— 一軸圧縮下の変位計測 —，第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集，地盤工学会，pp.413-414，2007.7
- 2) 渡邊陽一，大谷順，レノア ニコラ，高野大樹: X 線 CT を用いた三軸圧縮下における砂の 3 次元変位特性の解明，応用力学論文集 Vol.10，土木学会，pp.505-512，2007.8

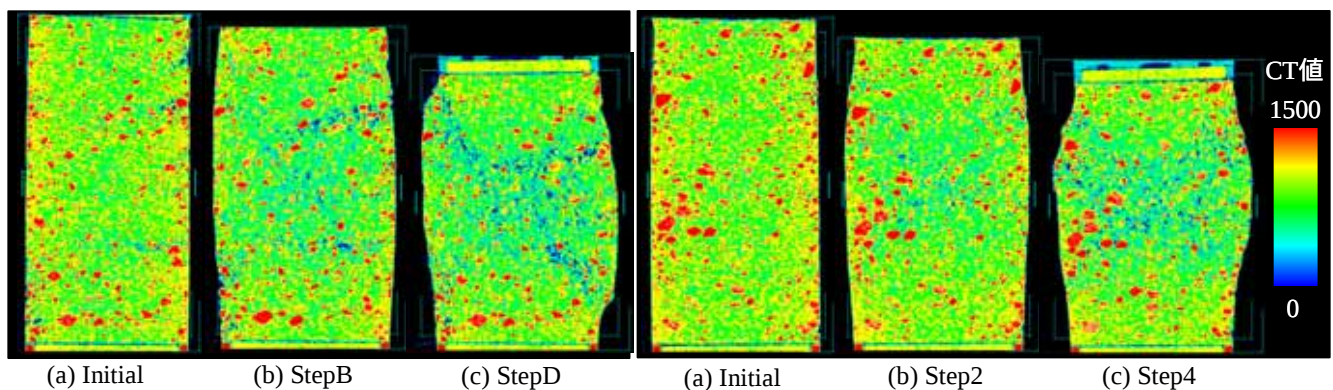


図-3 鉛直CT断面画像 (50kPa)

図-4 鉛直CT断面画像 (80kPa)

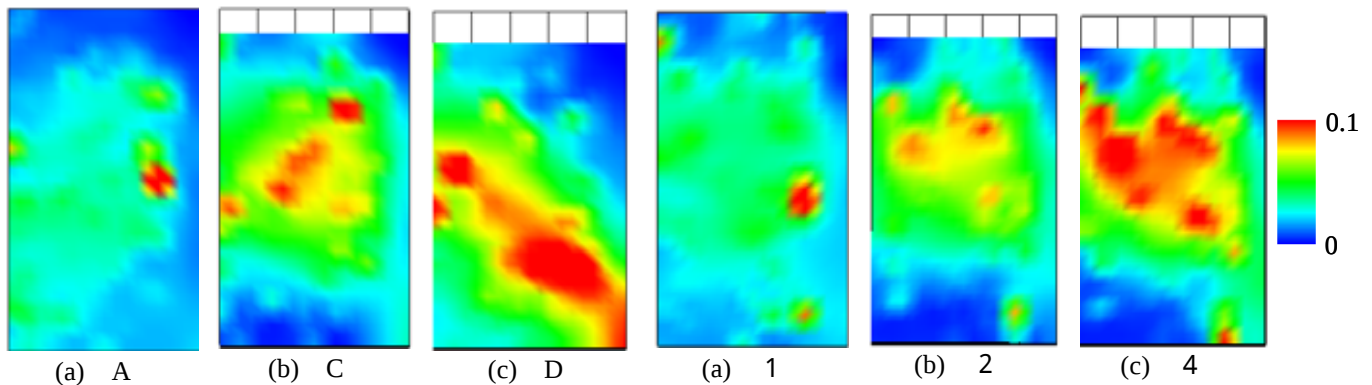


図-5 せん断ひずみ分布 (50kPa)

図-6 せん断ひずみ分布 (80kPa)