# 三軸圧縮過程におけるせん断帯形成過程の可視化

# 熊本大学(日本学術振興会特別研究員) 学生会員 椋木 俊文 正会員 大谷 順 福岡県庁(元熊本大学大学院生) 吉村 匡弘 正会員 尾原 祐三

#### <u>1.はじめに</u>

著者らは、地盤の破壊現象を三次元的に解明するために、X線 CT 法(X-ray Computed Tomography method) を用いて載荷に伴う土中の内部挙動を非破壊状態で可視化し、かつその物性変化を定量的に評価する研究を 進めている。この一連の研究として、昨年度 X線 CT 室内で力学試験と CT 撮影が一貫して実施可能な X線 CT 用三軸圧縮試験装置を開発し、その有用性を検証した<sup>1)</sup>。今回は本装置を用いて三軸圧縮試験を行うと共 に、産業用 X線 CT スキャナを用いてせん断過程における供試体内部を逐次非破壊検査し、進行性破壊現象 の解明を試みる。

#### 2.実験概要

本実験で用いた試料は豊浦標準砂である。供試体は凍結法により作成しており、その寸法は直径50(mm)、 高さ100(mm)で、乾燥密度は1.5(t/m<sup>3</sup>)である。本報では、拘束圧を73.6(kPa)とする圧密排水試験結果を対象と する。実験手順としては、圧密後を初期状態とし、そのX線CT撮影を行う。これが終了次第、所定のひず みに達するまで載荷速度1mm/min.で載荷し、目標ひずみに到達後直ちに除荷速度0.3mm/min.で除荷する。そ の後、主応力差が0を示す軸ひずみにおいてX線CT撮影を実施する。これは、撮影中の応力緩和の影響を考 慮して、供試体を等方応力状態に戻してからCT撮影を行うためである。この載荷・除荷・CT撮影のサイク ルを軸ひずみ3%毎に実施し、軸ひずみが15(%)に至るまで繰り返す。一方X線CT撮影では、供試体の密 度に依存するX線吸収係数を基にしてCT値が算出され、それを画素値とするデジタル画像がX線CT画像 となる。X線CT画像では、黒から白の256階調において低密度領域は黒く、高密度領域は白く表示される。

# 3.実験結果及び画像処理結果

X線 CT 画像をより定性的かつ定量的な評価を行う場合、原画像に対し局所単純平滑化処理<sup>3)</sup>の有効性が知 られている。局所単純平滑化とは、画像中の局所領域において平均 CT 値を算出し、それを局所領域の中心 画素に与えるものであるが、今回は局所領域を11×11(画素)とした。本報で示す CT 画像解析結果はすべ てこの処理を行っている。図-1は、得られた主応力差・体積ひずみ - 軸ひずみ関係であり、図中の A~F は それぞれ軸ひずみが0,3,6,9,12,15(%)に達するまで載荷し、除荷後に非破壊検査を実施した点を示してい る。図-2は、初期状態(step A)における鉛直断面画像であり、50階調の白黒濃淡レベルで表示している。こ れより本供試体は、初期状態において不均質な密度分布になっていたことがわかる。図-3は、図-2に示す底 面から高さ(A)85mm と(B)70mm の断面画像の各 CT 値を初期状態の平均 CT 値で除したものとしてコンター 表示したもので、stepA~stepFの変化を示している。これは、数字が大きいほど密度が高いことを示してい る。図-3(A)を観察すると、初期状態において供試体左中央に存在する低密度領域は step B においていったん 減少するが、軸ひずみが進むにつれてその領域を拡大していることがわかる。ところが、step Eにおいて紙 面右上の方向にさらに低密度な領域が三日月状に発達していることがわかる。また、図-3(B)においても同様 な観察が得られる。図-4は、stepFにおけるせん断帯に垂直な一鉛直断面画像( - 平面)を示したものであ る。図-4では図-3の考察に加えて、初期状態から左方上部にあった低密度部分が影響して先に1つのせん断帯 (1)を形成しようとするが、step E より発達してきたせん断帯(2)によりその進展を妨げられていることがわか る。図-5は、step F 時に得られた2次元断面画像よりせん断帯のみを再構成した3次元 CT 画像とその表面形状

キーワード:X線CT法、三軸圧縮試験、画像解析、進行性破壊 連絡先:(〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科、 Phone & FAX 096-342-3535) を3次元グラフィックスで表示したものである。これらより、せん断帯は供試体中心軸と中央付近で交わって おり、その上部・下部共に軸から外側へ緩やかな凸状の形をしていることが分かる。この原因は、供試体の 形状が円柱であることと載荷板と載荷棒の接点がヒンジ条件であることなどが考えられる。

## <u>4.おわりに</u>

本研究において、新たに X 線 CT 用三軸圧縮試験装置を開発し、せん断帯形成過程及びその性質について いくつかの見解を得た。今後はさらに画像解析を進め、せん断帯の進展現象について追求する所存である。

### 【参考文献】

1) 大谷 順ら:X線 CT スキャナ用三軸圧縮試験装置の開発,第34回地盤工学研究発表会講演集,pp. 499~ 500,1999.

2) 高木幹雄・下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, pp. 538~539, 1995.





図 3 平面CT値分布の変化

