

X-線CTスキャナーを用いた地盤材料の局所変形の解明

熊本大学工学部 正会員○大谷 順
 熊本大学工学部 学生員 水田貴夫
 熊本大学工学部 正会員 尾原祐三

1. はじめに

今日、土および地盤の破壊メカニズムは、変形およびひずみの局所化と関連付けて議論されており、すべり面としてのせん断帯の構成則に、地盤全体の変形特性が強く影響していると考えられる。現在このような問題に対して実験的または解析的研究が数多く実施されており、その解明について広く注目されている。本報告は、このような現状を鑑み、特にX-線CTスキャナーを用いて、粘土の一軸圧縮試験実施後の供試体の内部の密度変化や変形性状を観察することにより、粘土の破壊メカニズムについて解明することを目的とするものである。この方法の特徴は、いわゆる非破壊で土の内部を観察することや、後述するCT値を用いて局所的な密度変化や間隙率の変化を定量的に把握することにより、土内部での形状変化を供試体を壊すことなく把握できることである。

2. X-線CTスキャナー装置の概要

本装置では、供試体の全周方向からX-線を照射し、物体内のX-線吸収係数の程度により変調された透過データを多数収集し、コンピュータを用いて断面像の再構成をすると共に、多数の断面像により3次元画像を構成することが可能である。本装置のシステム構成を図-1に、またその仕様を表-1に示す。CT画像は、水のX-線吸収係数を0、空気のそれを-1000とし次式で表されるCT値で構成される。

$$CT値 = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} K$$

ここで、 μ_t は求める点の吸収係数、 μ_w は水の吸収係数、 K は定数である。 $K=1000$ とすると空気の吸収係数はゼロとなり、CT値は-1000となる。CT画像では、CT値の低い部分を黒、高い部分を白として256階調の白黒の濃淡像として表示される。

3. 実験結果

吸収係数は物体の密度に比例するので、CT画像から物体の単位体積重量の推定が可能と考えられる。図-2は実験に使用した粘土の単位体積重量とCT値の関係をプロットしたものである。この図には比較のために、その他岩石、コンクリートおよび金属の関係もプロットしている。これらはほぼ線形関係があり、CT値から単位体積重量、ひいては密度変化の評価が可能であると言える。

図-3は、実施した一軸試験結果の応力-ひずみ関係を描いたものである。今回の試料はシルト質粘土の不攪乱試料であり、このピーク時(a)と残留時(b)の供試体についてスキャナーを2mmピッチで実施した。図-4の構成図は、ピーク時および残留時の供試体について3次的に再構成したものである。また、図-5は、それぞれについて縦断面での供試体内の状況を示している。それぞれ3次に再構成したものは、実際の写真撮影のものと大変類似しており、加えて内部の密度変化およびすべり面の状況が十分な精度で可視化できると言える。図-6はいくつかの断面における供試体内の状況を示したものである。ピーク時では中央と上面より3.5cmの断面、また残留時では中央と下面より3.5cmの断面である。残留時においてはすべり面は顕著に現われているが、ピーク時ではそれほど明らかに現われていない。また、全体の滑り面の分布状況も実際現象をうまく表現していると言える。

4. おわりに

今後は、これらのデータを用いて、それぞれの荷重段階における供試体内部の密度変化、特にすべり面付近の間隙率の変化等について定量的に評価してゆきたい。

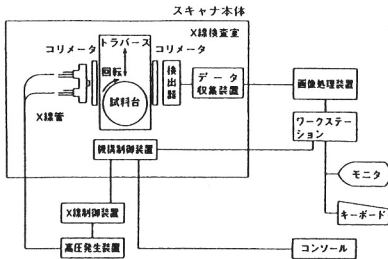


図-1 X-線CTのシステム構成

表-1 X-線CTスキャナー (TOSCANER-2320min : 東芝製) の仕様

スキャン方式	トラバース/ローテーション方式
X線発生装置	300kV/200kV 2段切替式
X線ビーム形状	扇状、広がり角度30度
X線検出器	176チャンネル (固体検出器)
検査対象	φ400mm×H600mm、100kg
スライス厚	0.5mm、1mm、2mmの3段切替
マルチスキャン	最大1000画像
空間分解能	0.2mm (鉄20mmに対し)

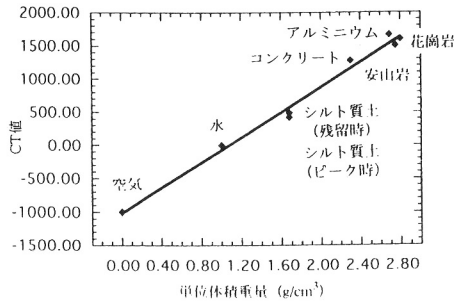


図-2 CT値-単位体積重量の関係

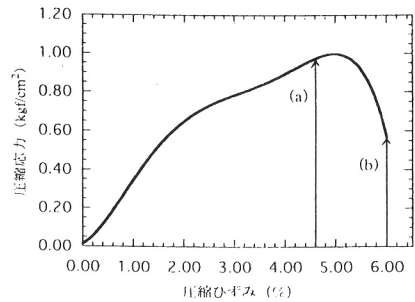


図-3 応力-ひずみ関係

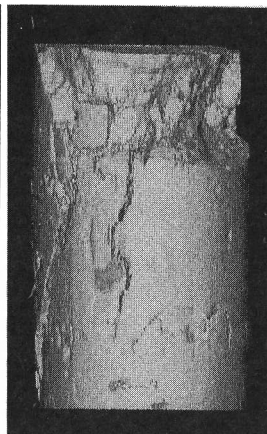
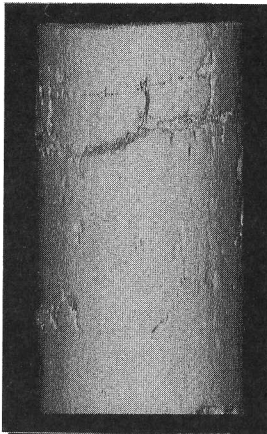
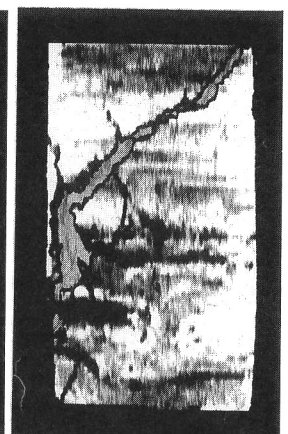
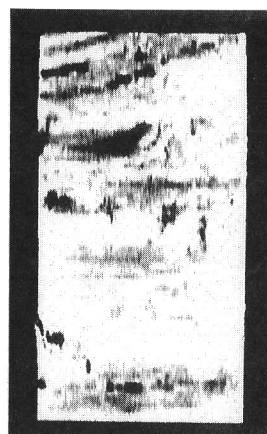


図-4 3次元構成図

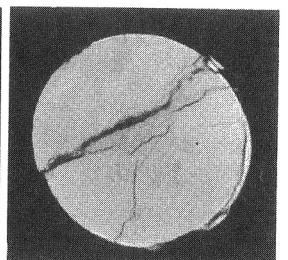
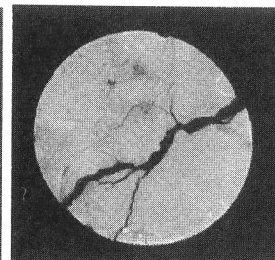
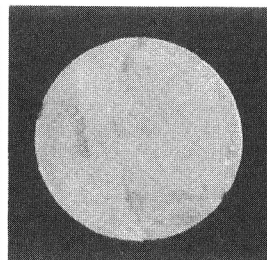
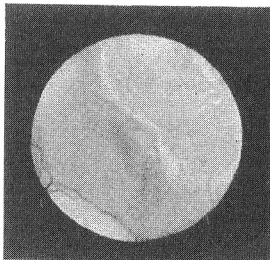
(シルト質土 : 直径6.99cm, 高さ14.16cm)



(a) ピーク時

(b) 残留時

図-5 中心部における縦断面図



(1) 上面より3.5cm

(2) 上面より7.0cm (中心)

(1) 上面より7.0cm (中心)

(2) 下面より3.5cm

(a) ピーク時

(b) 残留時

図-6 水平断面図