

一軸圧縮過程における気泡混合処理土コアサンプルの密度変化

熊本大学院 学生員 ○棕木俊文 熊本大学 正会員 大谷 順
運輸省港湾技術研究所 正会員 菊池善昭 熊本大学院 学生員 永留 健

1. はじめに

軟弱地盤対策工法の一つに、現地盤の強度増加と軽量化を目的とした軽量安定処理工法がある。特に経済性及びその施工性を考慮した点から、近年気泡混合処理土による地盤改良が有効であることが指摘されており、様々な研究成果が報告されている¹⁾。しかしながら、一般に地盤改良土に関する研究は、その強度と配合条件に関するものが多く、人工的な混合材料としての変形特性やその破壊メカニズムに着目した研究成果が少ないという現状がある。

著者らは、混合土の破壊メカニズムの解明を目的とし、昨年度より X 線 CT 法 (X-ray Computed Tomography)²⁾を用いて、運輸省港湾技術研究所で提案されている気泡混合処理土 (SGM) の破壊メカニズム解明とその定量的評価に関する研究を進めている³⁾。本報は、コアサンプリングした気泡混合処理土内部の一軸圧縮過程における密度変化を定量的に評価したものである。なお、X 線 CT 法については、参考文献 2)を参照されたい。

2. 一軸圧縮試験

本実験に使用したコアサンプルの配合条件を表-1 に示す。また図-1 は、一軸圧縮試験結果としての応力-ひずみ曲線である。図中の(a),(b)及び(c)は、X 線 CT スキャナーによる非破壊検査を実施した点であり、それぞれ(a)を初期状態、(b)を荷重ピーク前、(c)を荷重ピーク後とする。図-1 では、圧縮ひずみが 0.0~0.1% において圧縮応力の増加率が小さくなっていることが分かる。これは、気泡混合処理土の特徴としてよく現われる現象であるが、載荷初期で供試体端面の気泡が圧縮されたため、強度を発揮しなかったものと考えられる。

3. 画像解析結果

(1) X 線 CT 画像

図-2(a),(b),(c)は、図-1 に示した(a),(b),(c)に対応しており、各状態における水平断面 CT 画像の例を示している。X 線 CT 法では、CT 値と呼ばれる値がコンピュータにより算出され、これが X 線 CT 画像の画素値として与えられている。CT 値は供試体の密度に比例することが知られており、X 線 CT 画像では白が最高密度、黒が最低密度の領域を表している²⁾。図-2(a)を見ると、空隙とみなされる円状の黒い領域がランダムに観察される。また、図-2(a)と(b)を比較すると、初期状態と荷重ピーク前では顕著な変化が見られない。一方、図-2(c)では、亀裂が必ずしも大きな気泡が存在する場所に沿って生じていないことが分かる。さらに図-3 は、荷重ピーク後の供試体上部における水平断面画像の一例を示しているが、亀裂先端が

表-1 配合条件

	Mass(kg/m ³)	Volumetric fraction(L)
Dry mass	367.0	136.0
Water	624.0	606.0
Cement	100.0	32.8
Air Foam	9.3	225.0
Total	1100.3	999.8

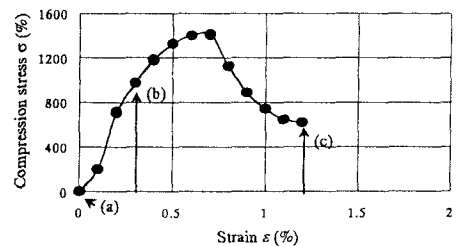
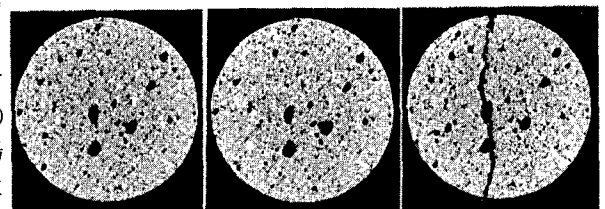


図-1 応力-ひずみ曲線



(a) Initial

(b) Pre-Peak

(c) Post-Peak

図-2 水平断面 CT 画像

供試体内部ほど細くなっていることが分かる。このことは亀裂が供試体側面から内部に向かって進展したことを示唆しており、供試体上部では図-3 に示すような断面画像が多く観察された。

(2) 密度変化

図-4 は、一軸圧縮過程における供試体高さ方向の平均湿潤密度変化を示している。まず、初期から荷重ピーク前の変化に着目すると、供試体上部での密度減少量は、下部のそれと比較すると小さく、わずかに密度増加を示している部分も観察される。次に、荷重ピーク前からピーク後の過程では、供試体上部で密度が大きく減少していることが分かる。この変化した領域は、すべり面が現われた領域に相当している。図-5 は、荷重ピーク後における供試体の直径を含む縦断面画像と、その任意箇所の CT 値分布を示している。図-5 の画像より、供試体中央付近においてすべり線が不連続であることが分かる。このことより、圧縮過程において生じた局所変形は、一方向に集中せずに複雑に進展したと考えられる。また、CT 値の分布を見ると、すべり面が現われた箇所において CT 値が大きく低下している場所が一致しているが、そのすべり線近傍では CT 値が徐々に低下しているのではなく急激に変化していることが分かる。

以上をまとめると、圧縮過程において湿潤密度が全体的に減少傾向を示しており、主にせん断変形が生じたと推測される。また、密度の減少は供試体下部において顕著にみられるが、荷重ピーク前の状態から供試体上部において複雑な局所変形が急速に進行し、最終的に図-5 に示すようなすべり線が生じたと考えられる。

4. おわりに

図-6 は、昨年度に実施した室内試験用供試体の初期状態における水平断面 CT 画像の例であり、図-2 の CT 画像と同じレベルで示したものである。図-2(a)と比較すると、大きな空隙はほとんど見られず局所的に高密度な部分が存在していることが分かるが、詳細については現在検討中である。また本研究では、土被り圧の異なるコアサンプルの一軸圧縮試験とその画像解析も進めており、今後は室内試験用供試体の結果も考慮しながら、気泡混合処理土の三次元的な破壊メカニズムの解明に迫る。最後に、試料を提供して頂いた運輸省第四港湾建設局にこの場を借りて厚くお礼申し上げる。

<参考文献>

- 1) 軽量地盤材料の物性評価に関する研究委員会, “軽量地盤材料の物性と適用の現状”, 社団法人 地盤工学会, 平成 10 年 7 月.
- 2) 椋木俊文, “X 線 CT 法を用いた土および地盤の破壊メカニズム解明に関する研究”, 平成 9 年度熊本大学大学院修士論文.
- 3) J. Otani, T. Mukunoki, and Y. Kikuchi “Evaluation of engineering property on light-weight soil with air foam using X-ray CT scanner”, 国際地盤工学会第 11 回アジア地域会議, 1999 (印刷中).

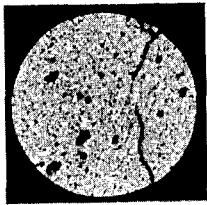


図-3 荷重ピーク後における供試体上部の水平断面 CT 画像

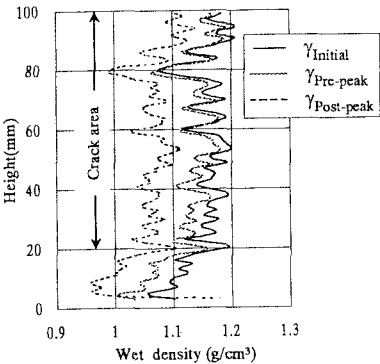


図-4 一軸圧縮過程における密度変化

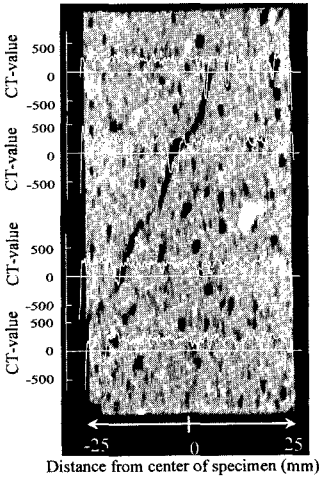


図-5 荷重ピーク後の二次元縦断面画像とその CT 値分布

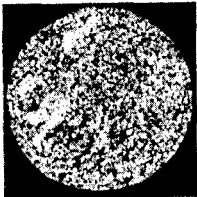


図-6 室内試験用供試体の水平断面 CT 画像