

熊本大学大学院 学 ○椋木俊文
運輸省港湾技術研究所 正 菊池喜昭

熊本大学工学部 正 大谷 順
熊本大学工学部 正 尾原祐三

1. はじめに

地盤の軽量化は、その用途に応じて構造物への土圧を軽減し、あるいは基礎地盤の沈下を低減や支持力の安定性など確保できるなどの利点を持つ。近年、材料の軽量性・施工性、さらには建設副産物として発生した汚泥の利用の可能性などの利点から、気泡混合処理土が新しい軽量地盤材料として着目されつつある¹⁾。

一般に、軽量土に関する研究は、材料の軽量化と強度のバランスを考慮した配合条件に関するものが多く、施工中あるいは施工後に生じる軽量地盤の変形や破壊現象に着目した例は少ないという現状がある。そこで、本研究は気泡混合処理土を対象として、その破壊メカニズムを解明することを目的としている。本報では、気泡混合処理土(SGM)²⁾の一軸圧縮試験を行い、産業 X 線 CT スキャナーを用いて一軸圧縮試験過程における供試体内部の密度変化を定量的に評価したのでこれを報告する。

2. X 線 CT 法および試験方法

X 線 CT 法は、供試体の全周方向から X 線を照射し、供試体透過前、透過後の X 線強度から物体内の X 線吸収係数をコンピュータを用いて逆解析し、断面画像を再構成する方法である。CT 画像は、物体の密度に比例する CT 値と呼ばれる量によりデジタル画像として得られる³⁾。実際に、非破壊検査によって Fig.1 に示すような断面画像が数十枚得られ、これらをコンピュータ上で重ねあわせることによって、供試体の 3 次元画像が再構成される。

用いた SGM は川崎粘土、セメントおよび気泡の混合土であり、運輸省港湾技術研究所において作成されたものである。その配合条件を Table 1 に示す。本研究では、SGM 供試体の一軸圧縮試験を行い、初期、ピークおよびピーク後のそれぞれの状態において産業用 X 線 CT スキャナーを用いて非破壊試験を実施した。また、一般に SGM は施工現場において水圧を受けながら養生される場合が多いので、このことを考慮して試験に用いた供試体は、供試体作成時の養生圧が 0.0 と 1.0(kgf/cm²)のものである。供試体の寸法は、直径 50mm、高さ 100mm である。

本報では、特に養生圧 1.0kgf/cm²の供試体の試験結果について述べる。

3. 結果と考察

(1)一軸圧縮試験

Fig. 2 は、養生圧が 1.0kgf/cm²の供試体の一軸圧縮試験結果である。図中の a,b,c は、一軸圧縮試験を中断して、非破壊検査を行った点であり初期ピークおよびピーク後を示している。また、これらは Fig.3 に示す(a),(b),(c)にすべて対応している。Fig.2 のような曲線が得られた理由として、供試体の密度分布が不均質であり、局所的に強度を有する部分が存在したためと考えられる。

(2)3 次元画像

Fig. 3(1),(2)は、養生圧 1.0(kgf/cm²)の供試体に関する初期ピークピーク後の外部および内部の 3 次元画像を示している。内部画像について、

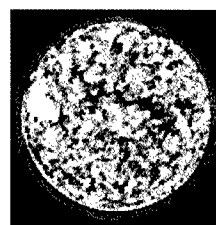


Fig.1 Cross-sectional image

Table 1 Condition of mixing

	Mass(kg)	Volume(l)
Dry soil	441.5	163.5
Water	574.0	574.0
Cement	75.0	24.6
Air form	9.5	238.0
Total	1100.0	1000.1

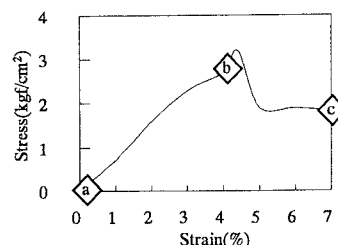


Fig.2 Stress-strain relationship

キーワード：トモグラフィ、画像解析、混合土、一軸圧縮試験、非破壊試験

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: 096-342-3531 Fax: 342-3507）

白い部分が空隙の空間分布を示している。初期状態の外部画像を示す Fig.3(1)(a)を見ると、モールド脱型後に生じたとみられる右下の外傷が、ピーク状態を示す Fig.3(1)(b)においてすべり線となり、供試体の左上方に進展していることが分かる。さらにピーク後の状態を示す Fig.3(1)(c)では、そのすべり線と交差する新たなすべり線が観察される。一方、内部画像を見ると初期状態の示す Fig.3(2)(a)では、低密度領域が広く分布していることが分かる。また、側面が膨らんで見えているが、これは初期状態において供試体全面はパラフィンで被覆されており、初期状態の供試体に限りそのままの状態での非破壊検査を行ったからである。次に、ピーク後の状態を示す Fig.3(2)(c)を見ると、左上部から右下部に向かってすべり領域が現れていることが観察される。これを受けて、このすべり領域と同じ位置の初期状態を示す Fig.3(2)(a)と比較してみると、すべり領域の両端の低密度領域は、初期状態ですでに存在していることが分かる。さらに、ピーク状態を示す Fig.3(2)(b)において、すべり領域上部に相当する低密度領域がほとんど変化しておらず、その下部に相当する低密度領域が拡大していることから、発生したすべり領域は供試体下部から上部に向かって進展したと推測される。

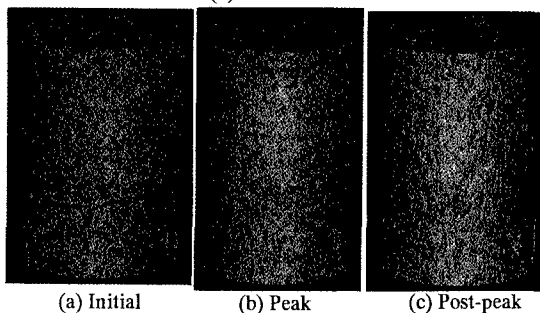
(2)局所密度変化

続いて、SGM の CT 値データの正規分布化を行い、その結果より CT 値 0 以下を低密度領域、200 以上を高密度領域として、画像解析ソフト MacScorp を用いて供試体断面積に対するそれぞれの領域の面積率を求め、圧縮過程における密度変化を定量的に評価した。Fig.4(a),(b)は、それぞれ養生圧 1.0kgf/cm^2 供試体内部の低密度領域、高密度領域の変化を表している。Fig.4(a)では、荷重が増加するにつれて特に供試体下部の低密度領域が増加している。このとき Fig.4(b)では、高密度領域が、初期からピークにかけてほとんど変化しておらず、ピーク後では下部を中心にその領域が減少している。ゆえに、養生圧 1.0kgf/cm^2 の供試体は、圧縮試験過程において圧縮変形はほとんど生じず、供試体下部を中心にせん断変形が進行したと考えられる。

4. おわりに

一軸圧縮試験による密度変化の把握により、X 線 CT スキャナーの有効性が確認された。今後は、X 線 CT 室内で可能な載荷装置を開発し、力学試験の精度を向上させると共に、地盤材料の画像解析に適した CT 画像解析手法を提案していく予定である。

(1) Outside view

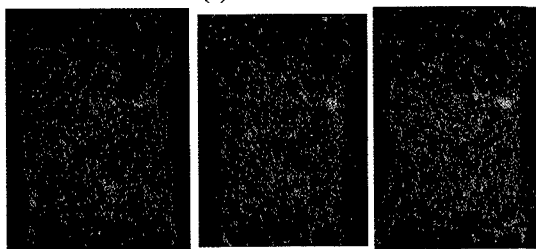


(a) Initial

(b) Peak

(c) Post-peak

(2) Inside view



(a) Initial

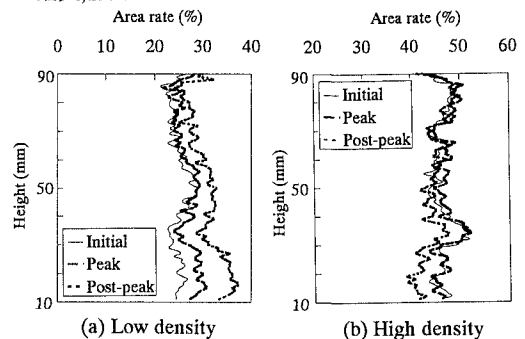
(b) Peak

(c) Post-peak

Fig.3 3-D images of the specimen (Curing pressure= 1.0kgf/cm^2)

参考文献

- 1)三嶋, 長尾 “気泡セメント盛土工法 (FCB 工法) の研究, 土木学会誌, 1 月号, pp.18-21, 1994.
- 2)土田ら “軽量混合処理土に及ぼす養生条件の影響”, 港湾技研資料, No834, 1996.
- 3)棕木, “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 年度熊本大学修士論文, 1998.



(a) Low density

(b) High density

Fig.4 Local density evolution