

ゴムチップ混入固化処理土の力学的挙動における混入材料特性の影響

熊本大学 ○学生会員 八反田周吾
熊本大学 学生会員 中村 祐

熊本大学 正会員 大谷 順
東亜建設工業(株) 正会員 御手洗義夫

1. はじめに

著者らは、これまでにゴムチップ混入固化処理土についての研究において、ゴムチップによる靱性改善効果を確認しつつある。しかし、ゴムチップ混入固化処理土におけるゴムチップの役割については、未だ解明されていない。そこで本報では、靱性改善効果をより定量的に評価するため弾性体であるゴムチップ、弾塑性体である EPS ビーズ、剛体である珪砂を固化処理土に混入することにより混入材料特性の違いを利用して、ゴムチップ混入固化処理土の力学的挙動の解明に関する報告を行うものである。

2. 実験概要

使用材料の諸言を表-1 に示す。本研究では、混入材料はすべて平均粒径 2mm に統一した。ゴムチップは、引張り強度：15～35MN/m²、弾性係数： $E_R=1\sim5$ MN/m²、ポアソン比 $\nu_R=0.5$ 、伸び性能：300～600%、EPS ビーズは圧縮強度：ひずみ 15%で 400kN/m²、珪砂はJISG5901 による粒度 10 号のものである。供試体は、一軸圧縮強度(q_u)=400kN/m² になるようにセメント水比(c/w)=0.09 を決め、材令は 7 日とした。実験は、円柱供試体($\phi=5$ cm, $h=10$ mm)にX線CT 用三軸圧縮試験装置を用いて、載荷速度=0.005mm/sで圧密非排水試験($\overline{CU}$ 試験)を行った。実験中の供試体内部の挙動を把握するためにX線CTスキャナを用いて、供試体底部より 10, 30, 50, 70, 90mmの 5 断面について各ひずみレベルで撮影した。供試体の強度が応力ピークを越えるまで撮影を繰り返し、応力ピーク後は試験終了時(ひずみ 15%)のCT撮影を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 三軸圧縮試験結果

図-1 は三軸圧縮試験結果としての応力-ひずみ関係である。図-1 において、各ケースの試験終了時はひずみ 15%とした。図-1 で固化処理土の応力-ひずみ(黄色)は、ひずみ 2%で応力ピークに達し、その後急激な応力低下を示した。試験終了時までには、ひずみの増加とともにひずみ軟化を示す。試験終了時における応力は約 330 kN/m²であった。このように通常の固化処理土は脆性的な破壊性状を示す。続いて図-1 で珪砂混入率 20%の応力-ひずみ(赤色)は、ひずみ 1%で応力ピークに達し、その後固化処理土のケースと同様に急激な応力低下を示す。試験終了時における応力は約 350 kN/m²であった。これは珪砂自体が剛体であるため固化処理土内において珪砂自体の変形が生じることなく、荷重を珪砂全体で受け持ったと考えられ、通常の固化処理土と同様に脆性的な破壊性状を示す。続いて図-1 でEPS ビーズ混入率 20%の応力-ひずみ(青色)は、ひずみ 2%で応力ピーク(第 1 次ピーク)に達し、その後固化処理土のケースと比べ、緩やかな応力低下を示すが、ひずみ 7%で徐々にひずみ硬化が進行して再び、ひずみ 9.5%で応力ピーク(第 2 次ピーク)に達した。試験終了時における応力は約 400 kN/m²であった。これはEPS ビーズ

表-1 使用材料

使用材料		物性値	
原料土	東京湾新海面浚渫土	土粒子密度(t/m^3)	2.72
		液性限界WL	100.3
		塑性限界WP	42.2
		分類記号	(MH)
固化材	普通ポルトランドセメント	密度(t/m^3)	3.16
使用水	海水	密度(t/m^3)	1.03
混合物	破碎古タイヤ(平均粒径2mm)	粒子密度(t/m^3)	1.15
	EPSビーズ(平均粒径2mm)		0.03
	珪砂(平均粒径2mm)		2.7



(ゴムチップ)

(EPS ビーズ)

(珪砂)

写真-1

写真-2

写真-3

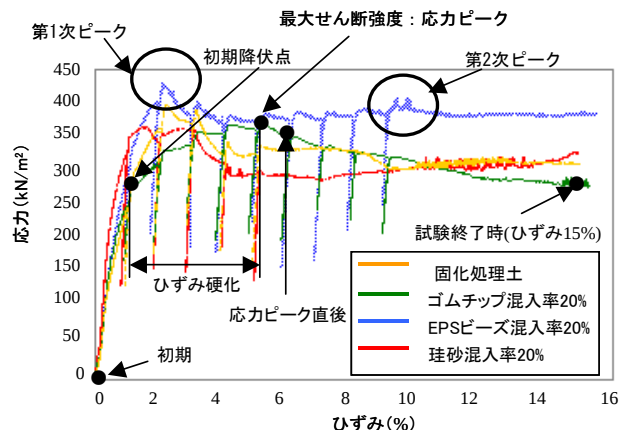


図-1 応力-ひずみ関係(4 ケース)

自体が弾塑性体であるという性質のため固化処理土内において初期降伏までは弾性の挙動を示し、その後は荷重の増加に伴いビーズ自体が潰れ、剛体のような挙動を示したと推測される。続いて図-1 でゴムチップ混入率 20% の応力-ひずみ(緑色)は、ひずみ 1%で初期降伏に達し、ひずみ硬化を示した後に応力ピークに達した。その後固化処理土のケースと比べ、緩やかな応力低下を示す。試験終了時における応力は約 300 kN/m²であった。ゴムチップ混入率 20%は、他の 3 ケースと比較して、初期降伏から応力ピークまでのひずみ硬化が最も長く、靱性的な破壊性状を示している。

(2) X 線 CT 画像

図-2 はクラックの発生が最も顕著であった供試体底部から 30mm の CT 画像を掲載した。画像において、CT 値は密度に比例し、黒い部分ほど低密度領域、白い部分ほど高密度領域を示す。図-2(a)の白色領域はセメントの塊、図-2(b)の白色領域は珪砂、図-2(c)の黒色の丸は EPS ビーズ、図-2(d)の薄い黒色領域はゴムチップを示している。次に、図-2(a), (b)の画像を観察すると、初期から応力ピークにかけての画像に変化はほとんどなく、応力ピーク直後で亀裂が発生し、ひずみの増加とともに亀裂が進展している。このように CT 画像からも固化処理土と珪砂混入率 20%は脆性的な破壊性状を示した。一方、図-2(c), (d)の画像を観察すると、初期から応力ピーク、応力ピーク直後、試験終了時と画像にほとんど変化がなく、目視での亀裂が困難であった。これは弾塑性体の EPS ビーズ、弾性体のゴムチップが固化処理土内において荷重を吸収したためと推測され、CT 画像からは EPS ビーズ混入率 20%とゴムチップ混入率 20%は靱性的な破壊性状を示した。しかし、EPS ビーズ混入率 20%とゴムチップ混入率 20%の定性的な評価については限界があるため、今後画像解析を実施することにより、さらに解明していく必要がある。

4. おわりに

1) 三軸圧縮試験結果より、固化処理土、EPS ビーズ混入率 20%、珪砂混入率 20%は応力ピーク時のひずみがほとんど同じであり、ゴムチップ混入率 20%のみ応力ピーク時のひずみが異なる。また、初期降伏から応力ピークまでのひずみ硬化が最も長く、靱性的な破壊性状を示している。

2) CT 画像より、固化処理土と珪砂混入率 20%では脆性的な破壊性状を示し、EPS ビーズ混入率 20%とゴムチップ混入率 20%では靱性的な破壊性状を示した。

今後は EPS ビーズ混入率 20%とゴムチップ混入率 20%の CT 画像に対して、画像解析手法を用い、より詳細な破壊性状について解明していく予定である。

【参考文献】

- 1) 中村、大谷、御手洗：X 線 CT 法を用いたゴムチップ固化処理土における三軸圧縮特性の解明、人工地盤材料の利用技術に関するシンポジウム発表論文集、地盤工学会九州支部, pp129-134, 2005. 10
- 2) 森沢、御手洗、安原、菊池、大谷、アショカ・K・カルモカル：ゴムチップや他種材料を混合した固化処理土の靱性改善効果、第 40 回地盤工学会発表会講演集、地盤工学会, pp643-644, 2005. 7

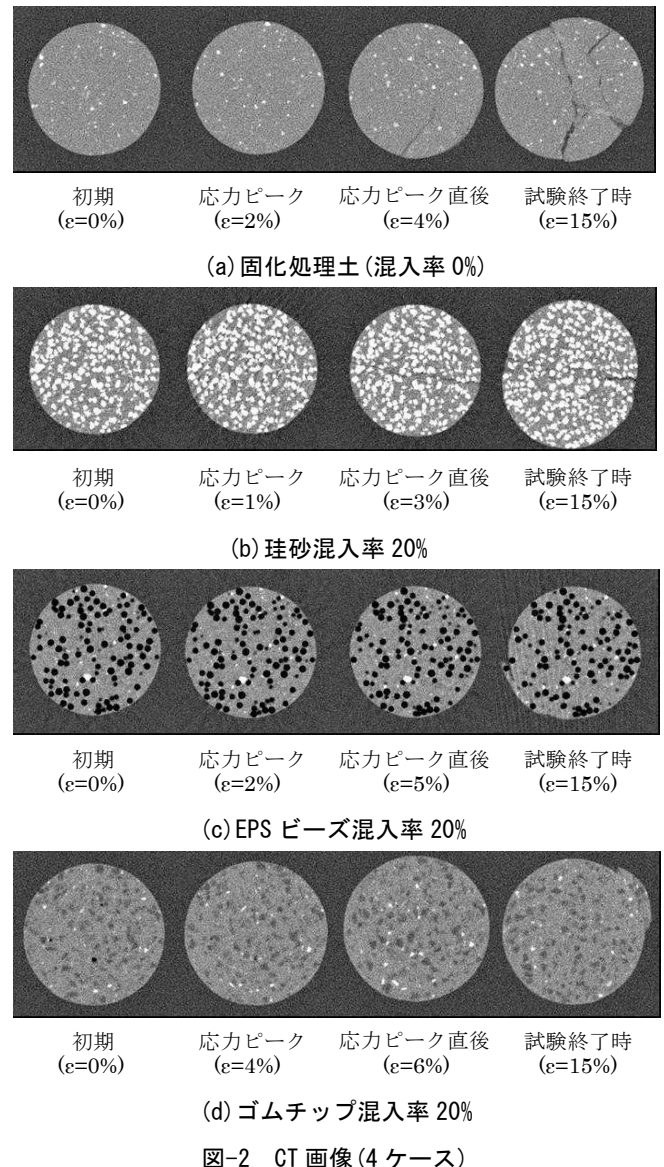


図-2 CT 画像(4 ケース)