

摩擦特性と変形追従性を有する複合固化処理土の力学特性

九州大学大学院 学○高山英作

九州大学大学院 F 落合英俊 正 安福規之

九州大学大学院 正 大嶺聖 正 小林泰三

1. はじめに

軟弱地盤の代表的な改良工法である固結工法は、固化材の添加量を変化させることで任意の強度に設定でき、かつ、砂質土から高含水比の粘性土、火山灰有機質土等、多くの土質に対して有効である。しかしながら、固化処理土は一般的に引張りによるクラックが生じやすく、また、脆性的な挙動を示すという性質を持っており、破壊後には十分な機能を保持することができない。既往の研究¹⁾において、短繊維などを固化処理土に添加することで粘り強さが向上することが確認されているが、地盤材料が本来有する摩擦特性を持った材料にはならない。また、固化処理土と通常の土質材料は剛性が大きく異なるため、摩擦特性と変形追従性を有する固化処理土を開発することができれば、これまでにない新しい地盤材料となり、その利用用途が広がる。本稿では、摩擦特性と変形追従性を有する固化処理土の開発手法として、固化処理土を破砕した粒状材を利用した複合固化処理土を提案し、その力学特性を明らかにする。

2. 複合固化処理土の概要

新しく開発する手法は、固化処理土または気泡軽量土を破砕して粒状材にし、それをスラリー状の固化処理土（充填材）と混合することにより、新たな複合固化処理土を作製するものである。ここでは、一定期間養生した気泡軽量土を破砕して、9.5mmふるいを通し、2.0mmふるいに残留したものを粒状材として用いる。スラリー状の固化処理土は軟弱な建設発生土または浚渫土にセメントを添加したスラリー状のものをを用いる。図-1に複合固化処理土の簡単なイメージ図を示す。

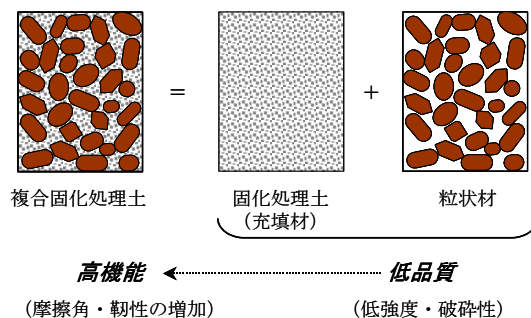


図-1 複合固化処理土のイメージ図

3. 供試体作製方法

表-1に、実験条件を示す。粒状材としては、28日間養生した気泡軽量土を破砕し、粒形 2.0～9.5mm のものをを用いる。また、スラリー状の固化処理土（充填材）はセメント添加量 $C_M=100$ 、 200kg/m^3 の 2 パターンとする。供試体の作製方法として、内径 50mm、高さ 100mm の円柱体モールドに粒状材を密詰め状態になるように軽く突き固め、それと同時にスラリー状の固化処理土で粒状材の間隙を埋めるように流し込み供試体を作製した。作製した供試体は恒温層内において湿潤条件で7日間養生して室内試験を行った。

4. 複合固化処理土の三軸圧縮特性

拘束圧条件下での力学特性を把握するため三軸圧縮試験を行った。試験条件として、圧密非排水（CU）で行い、載荷速度 $0.5\%/min$ でせん断を行った。側圧は 49、98、147kPa の 3 種類で試験を行った。

図-2には、各材料の応力-ひずみ曲線を示す。固化処理土（充填材）は一軸圧縮試験、その他は三軸圧縮試験の結果である。固化処理土、気泡軽量土の粘着性材料は小さいひずみの値で破壊に至っている。一方、粒状材のみの場合は、明確なピーク強度は見られない。しかし、複合固化処理土の場合は両者と違った傾向を持っており、固化処理土や気泡軽量土よりも大きな破壊ひずみの値、粒状材のみよりも大きなピーク強度を示すようになる。図-3には、複合固化処理土の場合におけるセメント添加量 $C_M=100\text{kg/m}^3$ の場合の軸差応力と軸ひずみの関係を示す。一般的な固化処理土とは違いピーク後での急激な応力低下を示さず脆性的挙動の改善が見

表-1 実験条件

試料		有明粘土
固化材		高炉セメントB種
粒状材	種類	気泡軽量土
	固化材添加量	$C_G=200\text{kg/m}^3$
	湿潤密度	0.60g/cm^3
	養生日数	28日
固化処理土（充填材）	母材	有明粘土
	固化材添加量	$C_M=100$ 、 200kg/m^3
供試体寸法		直径50mm、高さ100mm
養生条件		湿潤養生、 20°C 、7日間

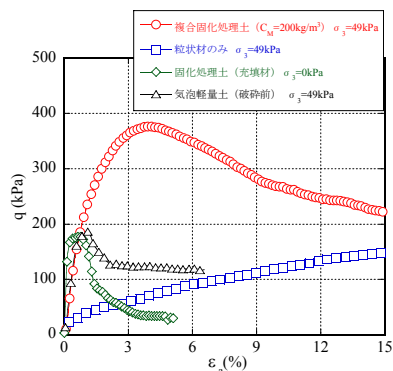


図-2 各材料の軸差応力と軸ひずみの関係

られる。また、**図-4** には、砂質土との比較を行うため、相対密度 $D_r=70\%$ に調整した豊浦砂の軸差応力と軸ひずみの関係を示す。複合固化処理土と豊浦砂の応力-ひずみ曲線の形状は、同じような形状を示すことから、複合固化処理土は砂質土と同様な変形特性を示すことが予想される。次に、**図-5** に最大軸差応力と側圧の関係を示す。

気泡軽量土は一般的な固化処理土と同様に側圧増加に伴う強度増加は見られず、粘着性材料の特性を示している。

しかし、複合固化処理土は砂質土と同様に側圧増加に伴う大きな強度増加が見られ、複合固化処理土は大きな摩擦特性を有している。また、ピーク強度も気泡軽量土と比較すると、セメント添加量 $C_M=100, 200\text{kg/m}^3$ どちらの場合においても大きなピーク強度を示すようになり、強度の改善効果が見られる。次に、変形追随性の考察を行うため、**図-6** に破壊ひずみと側圧の関係を示す。気泡軽量土は 1%以下の小さな値で破壊を起こし

ているが、複合固化処理土は大きな破壊ひずみの値を示している。セメント添加量 $C_M=200\text{kg/m}^3$ の場合は、砂質土と同程度の破壊ひずみの値を示している。さらに、セメント添加量 $C_M=100\text{kg/m}^3$ の場合

においては砂質土よりも大きな破壊ひずみの値を示しており、複合固化処理土は砂質土と同程度以上の変形追随性を有している。**表-2** に、三軸圧縮試験より得られた試験結果を示す。複合固化処理土の湿潤密度は約 1.0g/cm^3 と、一般的な固化処理土と比べて軽量である。また、強度定数に着目すると、気泡軽量土は粘着力が卓越しており、豊浦砂は内部摩擦角が卓越している。複合固化処理土の強度定数に着目すると、粘着力、内部摩擦角ともに大きな値を示しており、複合固化処理土は粘着性だけではなく摩擦特性をも有している地盤材料であることが言える。

5. おわりに

- 1) 粒状材を混合した複合固化処理土は、地盤材料が本来有する摩擦特性を持った材料であり、粒状材として気泡軽量土を用いることで軽量でもあり、これまでにない新しい固化処理土である。
- 2) 複合固化処理土の破壊ひずみは豊浦砂と同程度以上の大きな値を示すようになる。よって、複合固化処理土は大きな変形追随性を有しており、粘着性材料で見られるクラック等が発生しにくいと考えられる。

参考文献

- 1) 高山英作・落合英俊・安福規之・大嶺聖・小林泰三：短繊維材添加による気泡混合軽量土の脆性的挙動の改善、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、p55～58、2005

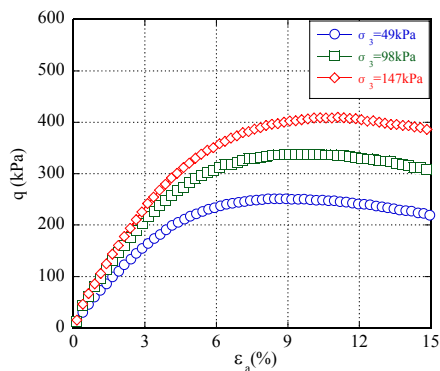


図-3 複合固化処理土 ($C_M=100\text{kg/m}^3$)

軸差応力と軸ひずみの関係

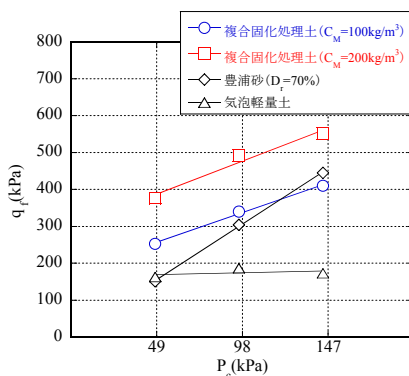


図-5 最大軸差応力と側圧の関係

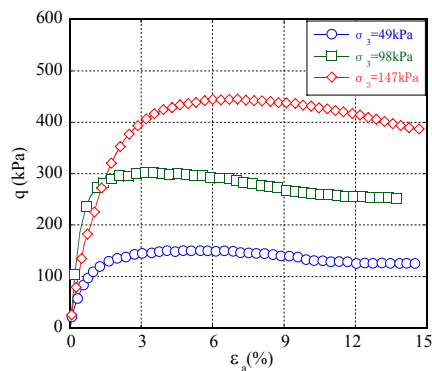


図-4 豊浦砂 ($D_r=70\%$)

軸差応力と軸ひずみの関係

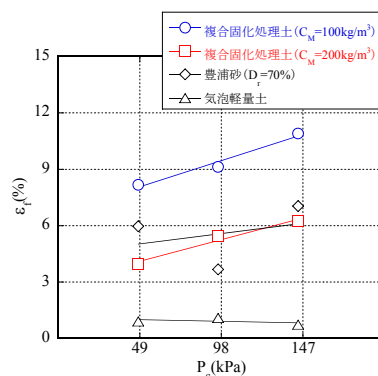


図-6 破壊ひずみと側圧の関係

表-2 三軸圧縮試験結果表

	セメント添加量 (kg/m^3)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	側圧 P_c (kPa)	最大軸差応力 q_f (kPa)	破壊ひずみ ε_f (%)	変形係数 E50 (Mpa)	粘着力 c_{cu} (kPa)	内部摩擦角 ϕ_{cu} ($^\circ$)
複合固化 処理土	100	0.959	49	253.0	8.174	5.65		
		0.964	98	340.2	9.133	7.40	54.9	26.42
		0.968	147	410.2	10.899	8.10		
	200	1.082	49	377.0	3.972	24.86		
		1.053	98	492.0	5.438	18.64	89.5	28.13
気泡軽量土		1.028	147	551.9	6.233	19.22		
		0.562	49	162.9	0.907	22.02		
		0.569	98	186.5	1.092	31.12	74.6	5.40
豊浦砂 ($D_r=70\%$)		0.564	147	173.3	0.742	27.33		
		1.566	49	150.9	5.970	16.84		
		1.544	98	304.3	3.680	45.70	1.45	36.89
		1.542	147	445.3	7.050	21.55		