

綿固めを伴わない安定処理工の細孔径分布と反応過程について

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 鳥居 和之

金沢大学 正員 初場 重正 同 学員 近堂 繁和

1. まえに 近年、深層混合安定処理工法が海底軟弱地盤の改良に積極的に採用されている。深層混合安定処理工法のような綿固めを伴わない安定処理工は、綿固めによる安定処理工とは異なり、高含水比で、かつ大きな間隙を有しており、このような状態の下で、化学反応および土粒子間の固結に伴って進行しているのが特徴である。したがって、綿固めを伴わない安定処理工の強度発現を理解するためには、高含水比の状態での水和反応過程および綿固めを伴わない場合の土粒子の構造について明確にすることが必要である。

このような観点より、本研究は、セメントおよび消石灰-高炉水砕スラッグ処理工の細孔径分布および反応過程を比較検討することにより、綿固めを伴わない安定処理工の強度発現機構について微視的立場より考察を行うものである。

2. 実験概要 3種類の試料土の物理的性質を表-1に示す。普通ポルトランドセメントおよび消石灰-高炉水砕スラッグ（重量比3:7）の添加量が試料土の乾燥重量の10%、20%および30%であり、両安定材は水-結合材比60%のスラリー状にして試料土に添加した。安定材と試料土とは表-1に示す含水比でホバート型ミキサーにより十分に混合し、綿固めを伴わない安定処理工の試験方法（土質工学会¹⁾）に基づいて供試体（ $\phi 5 \times 10 \text{ cm}$ ）を作成した。供試体は密封養生（温度20℃）後所定材令にて一軸圧縮強度試験（すみ速度：1%/mm）に供した。また、示差熱分析、X線回折およびSEM観察により安定処理工の反応過程および反応生成物の特徴について調べるとともに、水銀圧入式ポロシメータにより凍結乾燥（温度-55℃で48時間）後の供試体断片（5mm程度の立方体）の細孔径分布を測定した。

3. 実験結果および考察 綿固めを伴わないセメント処理土の全相孔量を表-2に示す。綿固めを伴わないセメント処理土の全相孔量は混合時の含水比が大きければ粘性土ⅡおよびⅢは含水比の小さい粘性土Ⅰより大きくなり、また全体の傾向として同一試料土を使用した綿固めの処理土と比較すると全相孔量が50%程度増大する。さらに、20%以上の比較的大きな強度発現が得られるような場合を除くと、綿固めを伴わないセメント処理土の材令の経過とともに全相孔量の減少はあまり顕著ではない。

セメント処理土における材令およびセメント添加量による細孔径分布の変化を図-1および2に示す。セメント処理土の細孔径分布は材令の経過とともに0.16~1.25 μm 程度の粗い相孔が減少し、0.01~0.04 μm 程度の微細な相孔が顕著に増大する。この点

表-1 試料土の物理的性質

	粘性土Ⅰ	粘性土Ⅱ	粘性土Ⅲ
比重	2.614	2.776	2.477
含水比	70%	130%	130%
土質分類	シルト質 粘土ローム	粘土	砂質 粘土ローム
構成 粘土鉱物	カオリナイト ハロイサイト	カオリナイト	モンモリロナイト
備考	土壌粘土	蛭目土 粘土	ベントナイト +機車砂

表-2 セメント処理土における全相孔量 (cc/g)

		10%	20%	30%
粘性土Ⅰ	7日	0.449	0.411	0.414
	28日	0.451	0.459	0.410
	90日	0.298	0.409	0.256
粘性土Ⅱ	7日	0.834	0.763	0.688
	28日	0.836	0.796	0.690
	90日	0.743	0.686	0.541
粘性土Ⅲ	7日	0.850	0.770	0.707
	28日	0.942	0.869	0.760
	90日	0.858	0.730	0.656

め、セメント処理土の細孔径分布におけるローフ位置は材令の経過とともに $0.48\mu\text{m}$ から $0.03\mu\text{m}$ へと細かい径の方向に移動する。また、セメント添加量と細孔径分布に及ぼす影響については、セメント添加量の増加とともに $0.04\mu\text{m}$ 以下の細孔径が増加して行く傾向が認められる。このようにセメント処理土において認められる細孔径分布の特徴は強度発現の状況ともよく一致している。

セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土における一軸圧縮強度と微細細孔径量（ $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細細孔径の割合）との関係を図-3および4に示す。セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土のいずれの場合も、一軸圧縮強度と微細細孔径量との間には比較的良好な関係が認められ、材令の経過および添加量の増加とともに微細細孔径量が増加し、それに伴って強度が増大している。このことは、全細孔径量の変化が小さい場合でも、写真-1および2に示すように、セメントおよび高炉水砕スラグの水和反応過程で生成した反応生成物により工粒子間の空隙の相分比が進行しており、緻密な土粒子構造が形成されていることを示している。また、セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土における一軸圧縮強度と微細細孔径量との関係は、各試験土に対してほぼ同一の曲線上に存在している。すなわち、この

種の安定処理土においては、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔径量と一軸圧縮強度との間に相関性が存在するといえる。

4. まとめ セメントおよび高炉水砕スラグの水和反応過程で生成される反応生成物と土粒子とにより形成される $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔径量とセメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土の強度との間の相関性の良好なことが判明した。

1). 安定処理土の試験方法に関するシンポジウムの発表論文集、昭和55年10月

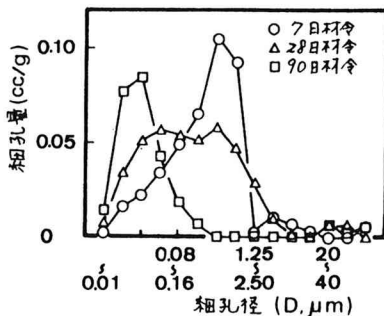


図-1 粘性土工を使用したセメント処理土の細孔径分布(添加量30%)

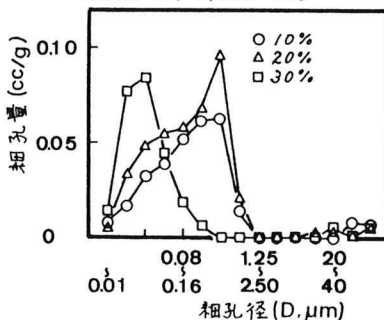


図-2 粘性土工を使用したセメント処理土の細孔径分布(90日材令)

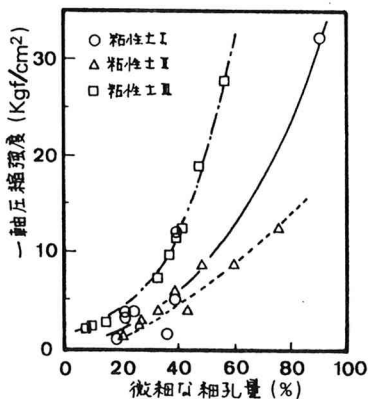


図-3 セメント処理土の一軸圧縮強度と微細細孔径量との関係

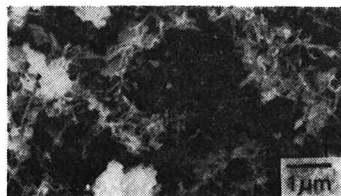


写真-1 粘性土工を使用したセメント処理土(添加量30%, 90日材令)

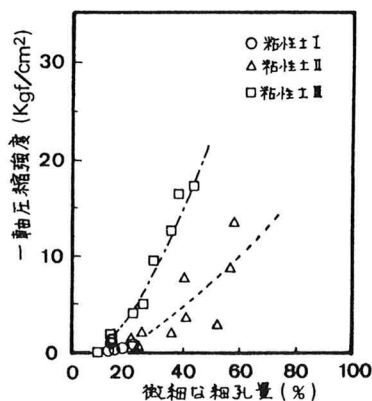


図-4 消石灰-高炉水砕スラグ処理土の一軸圧縮強度と微細細孔径量との関係

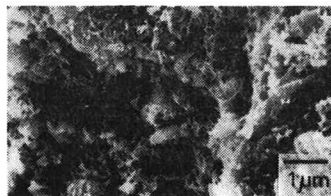


写真-2 粘性土工を使用した消石灰-高炉水砕スラグ処理土(添加量30%, 90日材令)