

III-88

セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土の細孔径分布と強度について

金沢大学正員 〇島居和之 金沢大学正員 川村満紀
石川工専正員 初陽重正 前田建設正員 近壁榮和

1. まえがき 近年、深層混合処理工法が海底軟弱地盤の改良などに積極的に採用されている。深層混合処理工法における締固めを伴わない安定処理工法は、安定材の添加量が比較的多量であること、および高含水比で、かつ大きな間隙を有した状態で安定材の水和反応が進行していることが特徴である。したがって、締固めを伴わない安定処理工法の強度発現を理解するためには、高含水比の状態での安定材の水和反応過程および締固めを伴わない場合の土粒子間の構造について十分に明確にすることが必要である。本研究は、深層混合安定処理工法に適用されているセメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土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、締固めを伴わない安定処理工法の強度発現機構について微視的立場より考察を行ったものである。

2. 実験概要 本研究に使用した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-高炉水砕スラグ（重量比3:7）の添加量は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混合し、 $\phi 5 \times 10$ cmの供試体を締固めを伴わない安定処理土の試験方法に従って作成した。供試体は密封養生後所定材令にマ-軸圧縮強度試験に供した。また、示差熱分析、X線回折およびSEM観察により安定処理土の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後（温度-55℃で48時間）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. 安定処理土の細孔径分布 セメント処理土（添加量：30%）の材令の経過に伴う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試料土の種類によってもかなり相違する。しかし、セメント処理土の細孔径分布はいずれの場合もセメントの水和反応の進行とともに0.16~1.25 μ m程度の粗い細孔が減少し、0.01~0.04 μ m程度の微細な細孔が増加する。このため、セメント処理土の細孔径分布におけるピーク位置は材令の経過とともに、0.48 μ mから0.03 μ mへと細かい径の方向に移行する。また、セメント添加量が処理土の細孔径分布に及ぼす影響についても、セメント添加量の増加とともに0.04 μ m以下の微細な細孔が増加する傾向が認められる。消石灰-高炉水砕スラグ処理土（添加量：30%）の材令の経過に伴う細孔径分布の変化を図-3および4に示す。消石灰-高炉水砕スラグ処理土の材令の経過に伴う細孔径分布の変化はセメント処理土の場合ほど明確ではないが、強度発現の比較的大きな消石灰-高炉水砕スラグ処理土（粘性土ⅡおよびⅢ）の細孔径分布は材令の経過とともに0.16~1.25 μ mの粗い細孔量が減少し、0.01~0.08 μ mの微細な細孔が増加する。

一方、強度発現の小さな処理土（粘性土Ⅰ）ではこのような細孔径分布の細かい径への移行がまったく認められない。

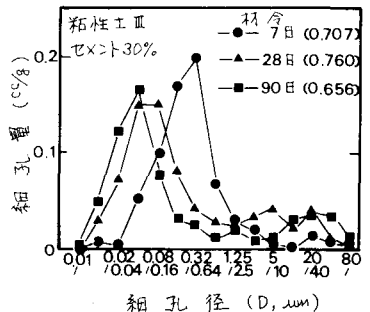
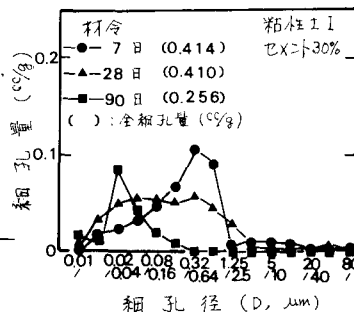
4. 安定処理土の強度と細孔量の関係

セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理土の強度と細孔量との関係を

図-5および6に示す。セメントおよび図-1 細孔径分布（セメント30%、粘性土Ⅰ） 図-2 細孔径分布（セメント30%、粘性土Ⅱ）

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	2.716	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 ハロイナイト	カオリナイト	モンモリロナイト
備考	土壌粘土	畦目産粘土	ベントナイト +標準砂



び消石灰-高炉水砕スラグ処理工の全細孔量は供試体作成時の含水比によつて相違し、作成時の含水比の異なる粘性土ⅡおよびⅢは含水比の小さい粘性土Ⅰよりも全細孔量ばかり増大する。また、同一試料工を使用した締固め処理工の全細孔量(0.15~0.3%)の範囲)と比較すると、締固めを伴わない場合の全細孔量は締固めの場合の2~3倍程度となる。さらに、比較的大きな強度発現が得られるような場合を除くと、セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理工の材令の経過に伴う全細孔量の減少はあまり顕著ではなく、強度との間に図-3 細孔径分布(新灰-スラグ30%, 粘性土Ⅰ) 図-4 細孔径分布(新灰-スラグ30%, 粘性土Ⅲ)

明確な関係が認められない。一方、全細孔量が変わらない場合にも細孔径分布は細かい径の方向に移行している状況が認められるので、微細な細孔量の割合(0.1 μ m以下の微細な細孔量が全細孔量に占める割合)と強度との関係について検討した。その結果、セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理工のいずれの場合も、一軸圧縮強度と微細な細孔量の割合との間には比較的良好な関係が存在し、材令の経過および安定材の添加量の増加とともに微細な細孔量が増加し、それにともなう強度が増大している。また図-5 セメント処理工の強度と細孔量の関係

に、セメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理工における一軸圧縮強度と微細な細孔量の割合との関係は、安定材の種類には関係なく各試料工に対してほぼ同様の曲線上に存在している。このことは、全細孔量の変化が小さい場合でも、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つて工粒子間の空隙の細分化が進行しており、工粒子間の構造が緻密になっ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工において生成する反応生成物の種類および形態は試料工の種類によつて相違するが、反応生成物としては繊維状または網目状のC-S-Hゲル、針状のエトリンガイト、および板状のアルミン酸石灰水和物の集合体などが観察される(写真-1参照)。

5. まとめ 締固めを伴わないセメントおよび消石灰-高炉水砕スラグ処理工では、セメントおよび高炉水砕スラグの水和反応の進行とともに処理工の細孔径分布が細かい径の方向に移行しており、反応生成物と工粒子とによつて形成される0.1 μ m以下の微細な細孔量の割合と処理工の強度発現との間の相関性が良好なことが判明した。

参考文献 1)小林他、深層混合処理用セメントの強度発現性、セメント技術年報、No.39

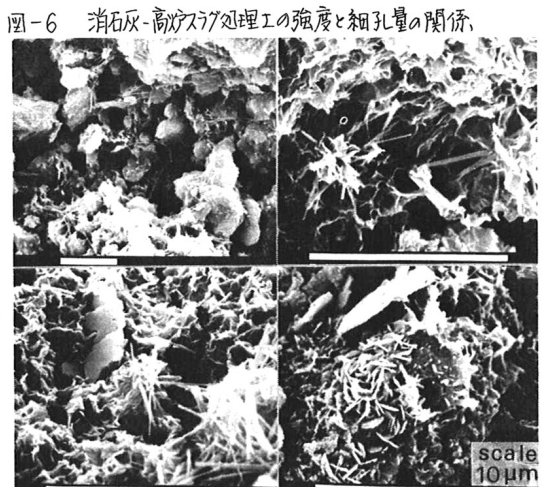
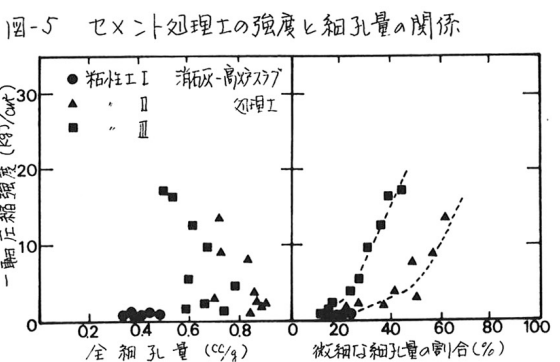
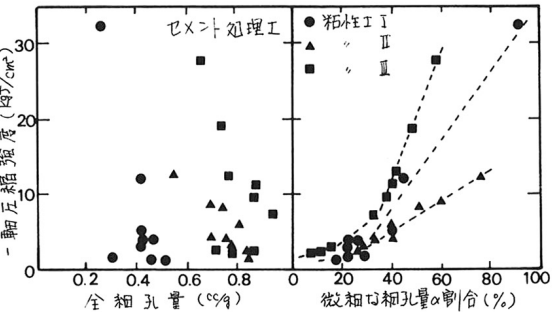


写真-1 工粒子間の構造および反応生成物の形態