

海水環境下におけるセメント混合処理した有明粘土の間隙径分布の変化

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター 正会員 ○原 弘行
 同上 正会員 末次 大輔
 同上 F 会員 林 重徳

1. はじめに

固化処理工法は本格的に使用され始めて数十年しか経過しておらず、長期的な耐久性についての検討が必要である。著者らは海水環境下における固化処理土の性状変化について様々な検討を行ってきた^{1, 2)}。固化処理土は海水との接触面から軟化が進行することが明らかになったが、そのメカニズムについては未解明な点が多い。本研究では、物理性質変化の観点から固化処理土の軟化現象を明らかにするために、海水に浸漬させたセメント処理土供試体に対して、水銀圧入式ポロシメーター試験を実施し、間隙径分布の変化を調べた。

2. 実験概要

本実験に使用した試料土は、佐賀県小城市の感潮河川の河口域から採取した有明粘土である。固化材は普通ポルトランドセメント（以下セメント）を使用した。試料土の物性を表-1 に示す。試料土の含水比 w を液性限界 w_L の 1.5 倍 ($w=237.2\%$) に調整し、固化材を 50, 70, 100kg/m³ の割合で添加し、プラスチック製の円筒型モールド($\phi=50\text{mm}$, $h=100\text{mm}$)に詰めて 20℃に調整した恒温器内で 28 日間養生した。養生終了後、固化材添加量 70kg/m³ の供試体のみ NaCl 濃度 30g/L に調整した人工海水に 79 日間浸漬させた。海水への浸漬条件は、プラスチック容器に人工海水 5L を加えて、供試体 ($V=196.3\text{cm}^3$) を 5 本浸漬させた。このとき、供試体にはゴムスリーブを被せた。なお、ゴムスリーブの下部は密閉し、海水との接触は供試体上面のみとなるようにした。人工海水の交換頻度は 1 回/週である。

ポロシメーター試験に供する試料の採取手順は以下の通りである。まず、浸漬終了後の供試体に対して、小型コーン貫入試験ならびに蛍光 X 線分析による Ca, Mg 濃度の測定を実施して力学的・化学的性質の変化を調べる。それらの結果から、供試体を深さ方向に、劣化状態（力学的・化学的性質変化が認められる範囲）、遷移状態（化学的性質変化が認められる範囲）、健全状態（力学的・化学的性質変化が認められない範囲）の 3 つの範囲に区分する³⁾。次に、各状態の範囲からワイヤーソー、直ナイフ、ピンセット等を用いて試料を採取し、5mm 角程度に整形する。採取した試料を速やかに液体窒素に浸して瞬間凍結した後、真空乾燥機を使用して乾燥させた。乾燥終了後、それぞれの試料に対して水銀圧入式ポロシメーター試験を実施した。また、海水浸漬前（固化材添加量 50, 70, 100 kg/m³）の供試体、セメントを添加する前の有明粘土についても同様の検討を行った。水銀の表面張力 σ および接触角 θ はそれぞれ $484 \times 10^{-3} \text{N/m}$, 140° とした。間隙径の測定は 0.006~210 μm の範囲で、130 点測定した。実験条件を表-2 にまとめて示す。

表-1 試料土の物性

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.65
液性限界 (%)	158.1
塑性限界 (%)	51.4
粒度組成 (%)	
礫	0.0
砂	0.0
シルト	21.9
粘土	78.1

表-2 実験条件

試料土の含水比 (%)	237.2
セメント添加量 (kg/m ³)	0, 50, 70, 100
養生時間 (days)	28
供試体寸法 (mm)	$\phi=50$, $h=100$
人工海水濃度 (NaCl :g/L)	30
供試体と海水の体積比	$\approx 1:5$
浸漬時間 (days)	79

※セメント添加量 0, 50, 100 は海水浸漬なし

キーワード セメント安定処理, 海水, 間隙

連絡先 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町一番地 佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

3. 実験結果と考察

有明粘土および海水浸漬前のセメント処理土の間隙径の増分に対する水銀の圧入容積の増分の比 $dV/d\log d_p$ と間隙径 d_p の関係を図-1 に示す。図には各試料の累積間隙容積を付記している。累積間隙容積 ΣV_{dp} はセメント添加量 50, 70, 100kg/m³ でそれぞれ 1.73, 1.59, 1.47mL/g であり、添加量の増加によって累積間隙容積は減少している。有明粘土は $\Sigma V_{dp}=2.25$ mL/g でありセメント処理を行った試料に対して大きな値を示している。50kg/m³ の場合、0.4 μ m 付近でピークを示しているが 70, 100 kg/m³ の場合 0.1 μ m 付近でピークがみられる。有明粘土は 2 μ m 付近で鋭いピークを示している。有明粘土はセメントを添加すると累積間隙容積が減少し、ピークを示す間隙径が小さくなる。

海水浸漬前および浸漬後の各状態におけるセメント処理土の $dV/d\log d_p$ と間隙径 d_p の関係を図-2 に示す。遷移状態の累積間隙容積 ΣV_{dp} は他の状態の試料に比べて若干小さな値を示したが、状態の変化による大きな差異はみられなかった。健全状態の場合、浸漬前と類似した間隙径分布を示している。遷移状態の場合、健全状態や浸漬前で観測された 0.1 μ m 付近ではピークはみられず 3 μ m 付近でピークがみられる。劣化状態の場合、 $d_p=5\mu$ m 付近でピークを示しており、健全状態、遷移状態、劣化状態の順にピークを示す間隙径が大きい方へシフトしている。

4. 結論

本研究では、海水に浸漬したセメント処理土に対して水銀圧入式ポロシメーター試験を実施し、間隙径分布の変化について検討した。得られた結果は以下の通りである。

- 1) 有明粘土はセメントを添加すると累積間隙容積が減少し、ピークを示す間隙径が変化する。
- 2) 海水に浸漬させたセメント処理土は、累積間隙容積に大きな変化はみられないが、健全状態、遷移状態、劣化状態の順にピークを示す間隙径が大きくなる。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（基盤研究(B)，研究代表者：林重徳，平成 21～23 年度，課題番号 21360228）の補助を受けて実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 原弘行，林重徳，末次大輔，水城正博：海水環境下における石灰処理土の性状変化に関する基礎的検討，土木学会論文集 C，Vol66，No.1，pp21-30，2010.1.
- 2) 原弘行，末次大輔，林重徳：石灰処理土の固化成分の溶出に及ぼす海水の影響，第 9 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.67-70，2010.
- 3) 原弘行，末次大輔，林重徳，水城正博：海水浸漬下における石灰処理土の強度低下に関する実験的検討，第 8 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.65-70，2008.

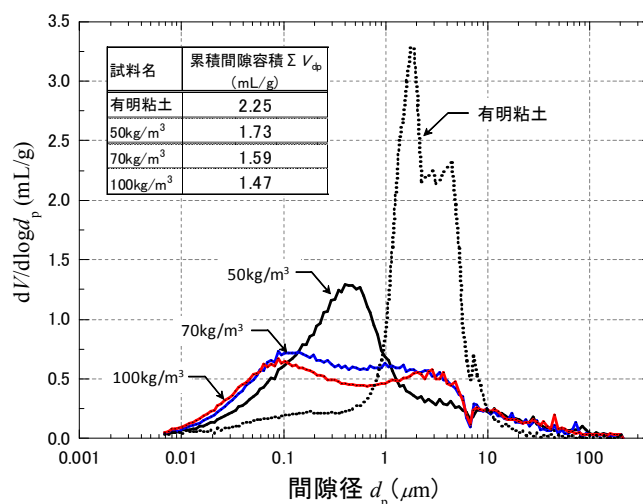


図-1 有明粘土および海水浸漬前のセメント処理土の間隙径分布

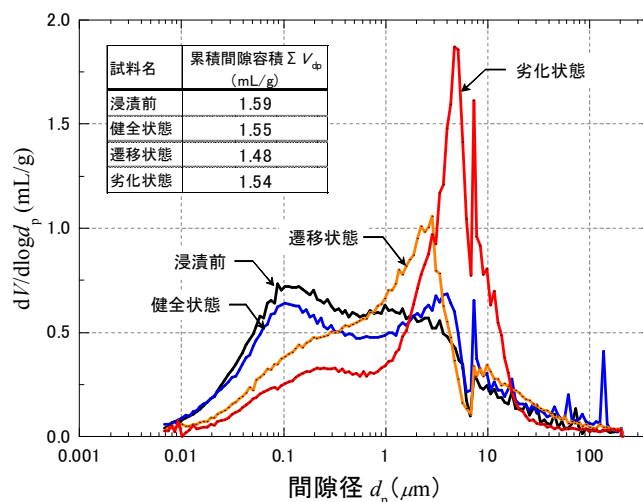


図-2 各状態のセメント処理土の間隙径分布
(セメント添加量：70kg/m³)