

海水に浸漬したセメント処理土の物性変化

佐賀大学大学院 学○原 弘行

佐賀大学低平地研究センター F 林 重徳, 正 末次大輔

1. はじめに 当研究グループでは、固化材に生石灰や高炉セメント B 種を使用した固化処理土は海水の影響により劣化することを明らかにしてきた^{1,2)}。固化処理土の劣化特性は固化材の種類によって異なる可能性がある。本研究では、固化材にポルトランドセメントを使用した固化処理土の海水の影響による物性変化を調べるために、海水に浸漬したポルトランドセメント処理土供試体に対して、コーン貫入試験、pH 試験、元素分析を行なった。

2. 実験概要 本研究では、試料土に佐賀県小城市芦刈町より採取した有明粘土を用いた。試料土の物性を表-1 に示す。固化材には普通ポルトランドセメントを用いた。セメント処理土作製時には、試料土の含水比を液性限界の 1.5 倍($w=270.5\%$)となるように調整した。試料土に固化材 70kg/m^3 を添加し、十分に混合したものを $\phi=50\text{mm}$, $h=100\text{mm}$ のプラスチックモールドに空気が入らないように詰めて気中で静置し、28 日間養生した。養生終了後、モールドから脱型した供試体にゴムスリーブを被せた後、NaCl 濃度 0, 5, 10, 20, 40g/L に調整した人工海水に浸漬させた。海水への浸漬条件は、人工海水 2L に対して、供試体

表-1 試料土の物性

自然含水比 (%)	217.3
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.69
液性限界 (%)	180.3
塑性限界 (%)	51.4
粒度組成 (%)	
礫	0.0
砂	0.3
シルト	25.7
粘土	74.0

($V=196.3\text{cm}^3$)が 2 本である。ゴムスリーブの下部は密閉し、海水との接触面を供試体上面のみとなるようにした。海水に浸漬させる時間は、0, 14, 28, 56, 112, 168, 224 日とした。所定の期間海水に浸漬させた供試体に対してコーン貫入試験、pH 試験、元素分析を実施した。試験の手順は以下のとおりである。まず、浸漬後の供試体にマイターボックス(内径: 50mm)を取り付ける。次に、本試験用に製作した、小型のコーン(径: 6mm, 先端角度: 60°)を、海水との接触面から 3mm/min の貫入速度で 50mm 程度貫入した。貫入試験実施後、供試体を 5mm 毎にカットして、試料の一部を pH 試験に供した。残りの試料を 110°C で炉乾燥し、乾燥後の試料を用いて元素分析を実施した。元素分析には、蛍光 X 線分析装置(SHIMADZU Rayny EDX-800HS)を使用した。

3. 実験結果と考察 NaCl 濃度 0, 20, 40g/L の人工海水に浸漬させた供試体の貫入抵抗 F と貫入深さ d の関係を図-1 に示す。浸漬前の供試体の F - d 関係は、貫入の初期段階では貫入深さとともに貫入抵抗も増加し、貫入深さ 10mm 程度になると貫入抵抗がほぼ一定となる。浸漬水の濃度にかかわらず、貫入抵抗が一定となる深部の貫入抵抗は浸漬前と同程度であり 100N 程度の値を示す。NaCl 濃度 0g/L のイオン交換水に浸漬させた場合、浸漬時間 28 日以外の供試体は貫入抵抗が発現し始める貫入深さが浸漬前のものよりも若干深く、表層の軟化がみられた。NaCl 濃度 5, 10, 20, 40g/L の海水に浸漬させた場合、浸漬時間の増加に伴い、貫入抵抗が増加し始める深さは次第に深くなる。また、同じ浸漬時間において、浸漬する人工海水中の NaCl 濃度が高いものほど、貫入抵抗が増加し始める深さが深いことがわかる。人工海水に浸漬させた供試体では、貫入抵抗がほとんど発現しない範囲と急激に貫入抵抗が発現し始める範囲が確認できる。これら 2 つの範囲をそれぞれ直線で近似し、2 直線の交点の深さを劣化深度 d_n と定義する¹⁾。NaCl 濃度 0, 5, 10, 20, 40g/L の人工海水に浸漬させた供試体の浸漬時間と劣化深度の関係を図-2 に示す。NaCl 濃度 0g/L の場合、浸漬時間が 28 日以外のものは、2.0~2.5mm 程度の劣化深度がみられた。浸漬時間と劣化深度の間に明確な関連はみられなかった。人工海水に浸漬させた場合、浸漬時間が長いものほど劣化深度が大きくなる傾向がある。また、同じ浸漬時間では、NaCl 濃度が高いものほど劣化深度が大きい。

人工海水に 224 日間浸漬させた供試体の pH の深度分布を図-3 に示す。NaCl 濃度 0g/L のイオン交換水に浸漬させた場合、劣化深度がみられた表層部において pH は 10 以下の値を示し、深度 10mm 以深になると 10.5 以上の値を示した。NaCl 濃度 5, 10, 20, 40g/L の海水に浸漬させた場合、劣化深度が浅い pH は 9.7 以下の値を示した。また、供試体の深度が深くなるとともに pH の値が増加して深さ 50mm 程度になると 10.5~11 程度となる。NaCl 濃度

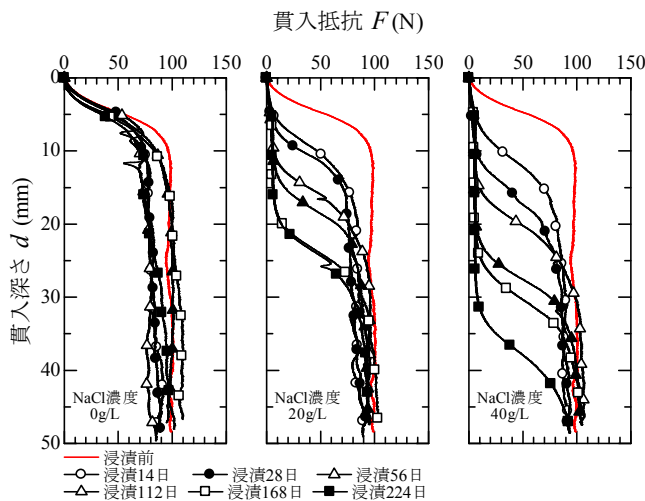


図-1 貫入抵抗の深度分布

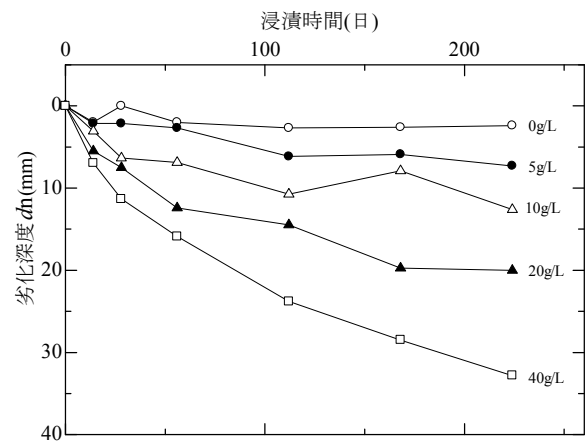


図-2 劣化深度の経時変化

0, 5, 10, 20, 40g/L の人工海水に浸漬させた供試体表層部の pH はそれぞれ pH=9.8, 9.1, 8.7, 8.5, 8.0 であり, 浸漬水の海水濃度が高いものほど低い値を示しており, pH の低下量が大きいことがわかる。

人工海水に 224 日間浸漬させた供試体の Ca 濃度の深度分布を図-4 に示す。浸漬時間にかかわらず健全であると考えられる供試体深部の Ca 濃度は 25~30wt% であった。NaCl 濃度 0g/L のイオン交換水に浸漬させた場合, 劣化深度がみられた表層部において Ca 濃度の低下がみられる。NaCl 濃度 5, 10, 20, 40g/L の海水に浸漬させた場合, 海水との接触面に近い箇所ほど Ca 濃度の低下がみられる。また, 浸漬水の海水濃度が高いものほど Ca 濃度が低下した範囲が広い。劣化深度が浅い Ca 濃度は 20wt% 以下の値を示しており著しい Ca 濃度の低下がみられる。

4. まとめ 本研究で得られた知見をまとめると以下のようになる。

- 1) 海水に浸漬させたセメント処理土は, 浸漬時間が長く海水濃度が高いものほど劣化深度が大きい。
- 2) 海水に浸漬させたセメント処理土は, 海水との接触面に近い箇所ほど pH の低下量が大きい。劣化深度が浅い pH は 9.7 以下の値を示す。
- 3) 海水に浸漬させたセメント処理土は, 海水との接触面に近い箇所ほど Ca 濃度の低下量が大きい。また, 浸漬水の海水濃度が高いものほど Ca 濃度が低下した範囲が広い。
- 4) ポルトランドセメント処理土においても, 固化材に石灰や高炉セメント B 種を使用した場合と同様な劣化の傾向がみられた。

【参考文献】

- 1) 原ら: 海水浸漬下における石灰処理土の性質変化に関する実験的検討, 地盤改良シンポジウム, Vol.8, pp. 65-70, 2008.
- 2) 島戸ら: 海水浸漬下におけるセメント処理土の性質変化に及ぼす養生時間の影響, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, pp.563-564, 2009.

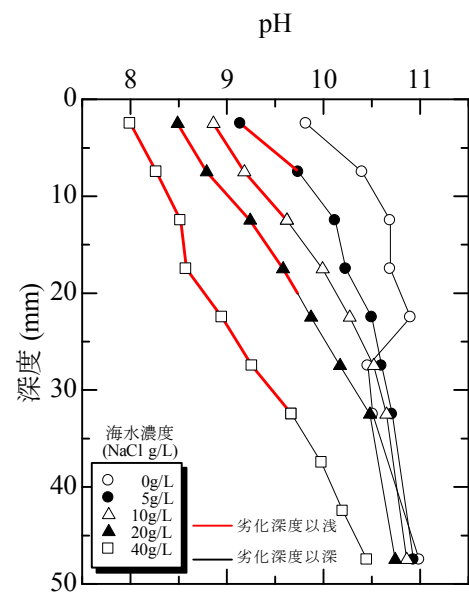


図-3 pH の深分布

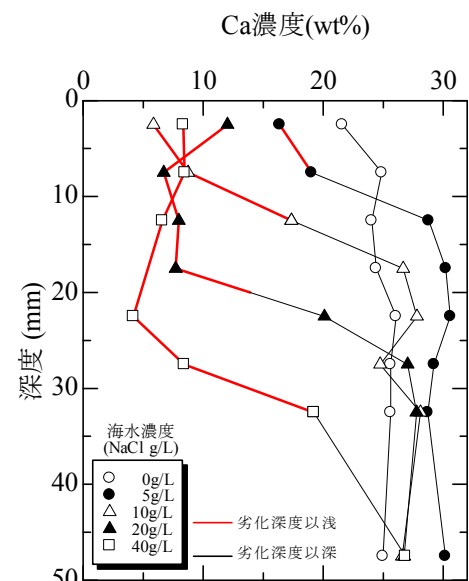


図-4 Ca 濃度の深度分布