

## 海水のアルカリ度を考慮した建設改良土の pH 値計測実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○堤 祥一  
独立行政法人土木研究所 正会員 大下 武志

## 1. はじめに

シーロフトンネル、地盤改良、連続地中壁工事等で発生する建設汚泥を、海面埋立処分等で海洋に投入する際、濁りを防ぐためにセメント等を混入したことにより、海水の pH 値が上昇して、生物環境に影響を及ぼす事が考えられる。そこで、建設改良土が海水の pH に与える影響について検討を行なった。

## 2. 実験概要

pH の影響を把握するため、建設改良土を対象にタンクリーチング試験を行った。タンクリーチング試験とは、試料を、塊状のまま溶媒中に浸し、溶出する pH 値を経過時間ごとに測定するものである\*1。図 1 に実験概要を、表 1 に実験パターンを示す。実験指標は、実験溶媒（真水、塩水、海水）、試料と固液比（1：10、1：100）、セメント混合量（25、100（海水のみ）、200kg/m<sup>3</sup>）とした。試料は、含水比 25%のシルトに所定量のセメントを混合して作成した。pH 値の計測は、30 分後、1、3、5 時間後、1、3、7、14、21、28 日後とし、計測時の温度は 18～19℃の範囲であった。

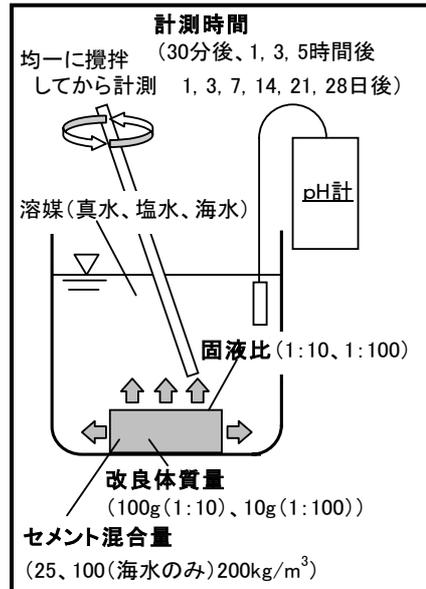


図1 タンクリーチング試験の概要

表1 実験パターン

実験ケース	溶媒	重量比 (改良土:水)	セメント 混合量
Case1	海水	1対10	25kg/m <sup>3</sup>
Case2			100kg/m <sup>3</sup>
Case3			200kg/m <sup>3</sup>
Case4		1対100	25kg/m <sup>3</sup>
Case5			100kg/m <sup>3</sup>
Case6			200kg/m <sup>3</sup>
Case7	塩水	1対10	25kg/m <sup>3</sup>
Case8			200kg/m <sup>3</sup>
Case9			25kg/m <sup>3</sup>
Case10	真水	1対10	25kg/m <sup>3</sup>
Case11			200kg/m <sup>3</sup>
Case12			25kg/m <sup>3</sup>

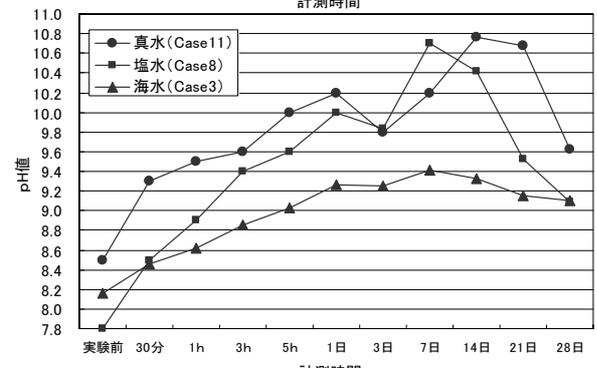
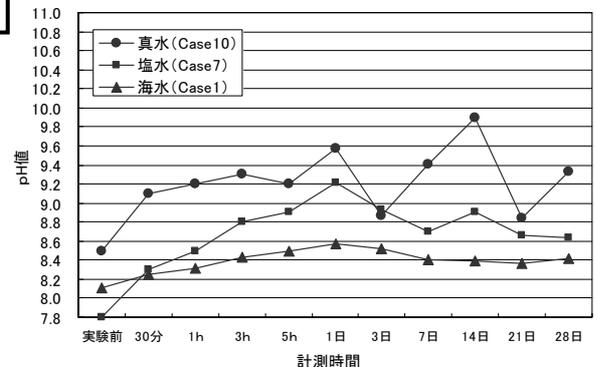


図2 溶液ごとの pH 値の変化  
(固液比 1：10、セメント混合量 25kg/m<sup>3</sup> (上)  
200kg/m<sup>3</sup> (下))

## 3. 実験結果

pH の計測値の一部を図 2 に示す。これより、海水は、塩水、真水の場合にくらべ pH 値を低く抑えていることが分かる。またセメント混合量で比較すると、200kg/m<sup>3</sup> は各溶液で pH の値が上昇するものの、21 日後以降、pH 値は収束する傾向にあることが分かる。続いて、固液比とセメント混合量の異なる海水における pH 値の変化を図 3 に示す。固液比、セメント混合量ともに、pH 値を押し上げる要因であるもの、固液比による影響が大きい様子を見ることができる。またセメント混合量が 25kg/m<sup>3</sup> の場合は 1：10、100、200 kg/m<sup>3</sup> でも 1：100 の条件下では、海面埋立において問題となる pH9.0 に到達していない。これより濁り防止程度の安定処理土であれば、海面埋立てによる海水 pH の上昇を抑制でき、また十分な水深を確保すれば、セメントを多量に含む改良土についても、

キーワード：アルカリ度、pH、建設改良土、タンクリーチング試験

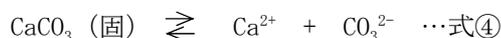
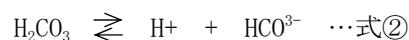
連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 施工技術チーム Tel：029-879-6759

海水 pH の上昇を考慮せずに処分することができるものと考えられる。

#### 4. 海水のアルカリ度

海水には他の塩水、真水と異なり pH の上昇を緩衝する作用がある<sup>\*2</sup>。これは、海水中に多量に含まれる弱塩基イオン（そのほとんどは炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$ ）によるものであり、これらのイオンの含有量をアルカリ度という。改良土に含まれるセメントは、水和反応により多量の水酸化カルシウムを生成するが、海水において、炭酸水素イオン、水素イオンと反応し、炭酸カルシウムを生成する。海水の二酸化炭素、炭酸カルシウムの平衡状態と水酸化カルシウムの中性化の化学式を以下に示す。

海洋の二酸化炭素、カルシウムに関する平衡状態)



水酸化カルシウムから炭酸カルシウム生成)



この式より海水中の炭酸水素イオンが存在する間は、セメントから溶出する水酸化カルシウムを炭酸カルシウムに変え、中和できることが分かる。そこで、Case1、2、3の溶媒と海水に対し、中和滴定試験を行ない、pH緩衝作用の有無と炭酸水素イオンの残量を求めた。試験は供試体の容器から溶媒 50ml を取り出し、0.01mol/L の硫酸を 1.6ml までは 0.2ml ずつ、以後 0.6、1.0ml ずつ滴定して、pH4.8 を下回るまで行なった。中和滴定量ごとの pH 上昇値を図 5 に示す。これより、図 3 で pH の上昇が見られた Case2、3 において、pH の急な上昇を見る事ができた。また Case1 と海水のみでは、pH の上昇曲線に変曲点が見られ、この点まで pH の緩衝作用が作用したものと考えられる。

改良土 100g 中に含まれる水酸化カルシウムは、Case1 において 0.03~0.06mol 程度であり、pH4.8 までの硫酸の滴定量から得られる、海水 1L 当たりの炭酸水素イオンの溶存量（約 0.002mol）に対し、十分に多い事から、タンクリーチング試験中に溶出してきた炭酸カルシウムは総量の 10 分の 1 以下であり、多くは改良土中に閉じ込められているものと考えられる。

#### 5. まとめ

本実験で分かったことを以下にまとめる。

- ① 濁り防止程度のセメント改良（25kg/m<sup>3</sup>程度）であれば、固液比 1:10 でも pH を 9 以下にすることができる。
- ② 海水には pH の緩衝作用があり、緩衝作用の有無は海水中の炭酸水素イオンの残量に大きく依存している。
- ③ 中和滴定試験より、シルトに対するセメント改良土の溶出量は 10 分の 1 以下である。

#### 参考文献

\*1 国土交通省通達「セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領（案）」

\*2 海洋工学ハンドブック 海洋工学ハンドブック編集委員会 p121~125

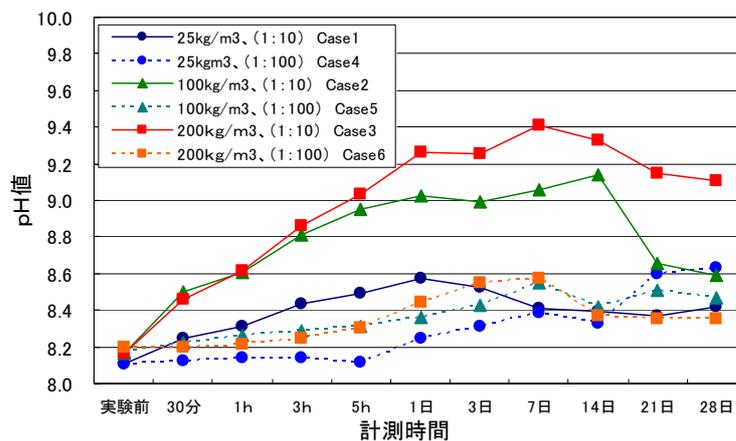


図3 海水における pH 値の変化

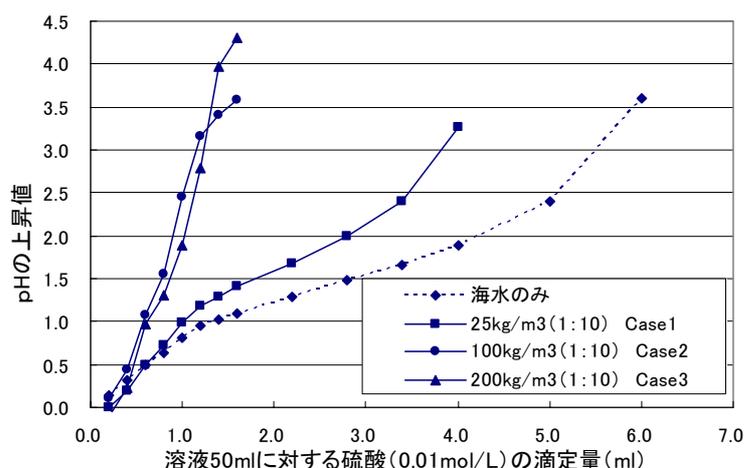


図5 中和滴定量ごとの pH の上昇値