

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04600

研究課題名(和文) 保護物質生成の可否に基づく沿岸域における固化処理土の維持管理の要否判定手法の構築

研究課題名(英文) A method for determining the necessity of maintenance of cement treated soil in coastal areas based on the possibility of producing magnesium hydroxide layer

研究代表者

原 弘行 (Hara, Hiroyuki)

山口大学・大学院創成科学研究科・准教授

研究者番号：00588709

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、海水環境下においてセメント処理土に発生する保護物質の生成条件等について検討し、以下のことを明らかにした。1) 保護物質はMgを含有する水溶液と接触するセメント処理土表面のpHが一定時間およそ10以上を維持できた場合に生成される。2) セメント処理土のpHと接触する水溶液のMg濃度から保護物質の生成を判定できる領域を示した。3) 保護物質の劣化抑制効果は乾湿繰返し条件下では維持されるが透水環境下では消失する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

セメントや石灰を土に添加する固化処理工法は、軟弱地盤対策として広く活用されている。しかし、セメント処理土は海水の化学的浸食によってその性質が劣化することが指摘されている。一方で、セメント処理土に白色の保護物質が生成される場合があり、これが生成されると劣化の進行が極端に遅延される。本研究では、未だ不明瞭であった保護物質の生成条件を解明し、さらにセメント処理土のpHと接触する海水のMgイオン濃度によって生成される領域を示すことができた。保護物質生成の有無は現場におけるセメント処理土の維持管理の要否を判定する重要な指標の一つとなり得る。

研究成果の概要(英文)：In this study, it was investigated that conditions for producing protective sediments, mainly magnesium hydroxide, generated at surface of cement-treated soil in seawater environment, and the following results were obtained. 1) The protective sediments were deposited when the pH at surface of cement treated clay specimen was maintained above 10 for a certain period. 2) It was shown that the region where the precipitation of protective sediments can be determined by the pH of the cement-treated soil and the magnesium concentration in seawater. 3) The effect of suppressing deterioration of the protective sediments were maintained under repeated dry-wet conditions, but it may disappear in a permeable conditions.

研究分野：地盤工学

キーワード：土質安定処理 セメント 劣化抑制 水酸化マグネシウム カルシウム溶出 pH

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

石灰やセメントを土と混合して造成される固化処理土は、海水中のマグネシウム (Mg) を含む塩分の浸透によってカルシウムの溶出が促進され、その性質が劣化する。申請者は、現在まで本テーマの研究を継続し、当該現象に関する知見を蓄積してきた。そのなかで、海水と固化処理土の反応として次の興味深い現象が観測された。固化処理土は、海水との界面付近に白色の析出物が形成される場合がある。このとき、析出物が持つ緻密な構造に起因して Mg の浸透および Ca の溶出が著しく抑制され、処理土の劣化がほとんど進行しなくなるのである。申請者らの研究によると、白色の析出物は処理土と海水の化学反応によって生じた  $Mg(OH)_2$  であることや、固化材量が多く、処理土の pH が比較的高い場合にのみ生成されることが明らかになった。すなわち、特定の条件下では劣化の主要因である海水中の Mg が、あたかも人体における予防接種のようにワクチン効果を発揮して、その後の Mg の浸透や Ca の溶出を抑制する物質へと変貌し、処理土に耐海水性を付与するのである。

### 2. 研究の目的

固化処理土の劣化現象に関する研究は、粘性土を母材とした場合における劣化機構などの検討に留まっており、広範な土質に対応した現象把握には至っていない。本研究は、固化処理土が劣化する条件を明確にして、固化処理土を基礎部に持つ土構造物の維持管理技術の高度化を図ろうとするものである。具体的には、土構造物の機能低下が起こり得るかどうかを事前に予測することができ、既存の固化処理地盤の施工条件等から将来的な補修・補強の必要性の判定や、新規の軟弱地盤の改良工事において原地盤の土質や環境を考慮した適切な工法選定（固化処理工法を選択すべきかどうか）が可能となる。さらに、現在まで提案されている劣化の進行予測の高度化や意図的に保護物質形成を促して耐海水性を付与する固化材の開発などへの展開が期待できる。また、本研究は通常の「土の物質移動」に基づいた化学成分の溶出・浸透挙動から逆転する現象を取り扱うものであり、学術的にも大きな価値がある。そこで、沿岸域における固化処理地盤を含んだ土構造物の維持管理技術を高度化させる観点から改良対象土の土質等に応じて析出物 ( $Mg(OH)_2$  層) が生成される条件を明確にすること、透水または乾湿繰返しなど過酷な環境下においても  $Mg(OH)_2$  層が劣化抑制効果を発揮するかどうかを検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 保護物質の生成要因

固化処理土の劣化現象が確認された箇所は海水が遡上する感潮河川である。この河川は、河口からの距離や季節によって河川水の Mg 塩濃度が大きく変動する。改良地盤周辺の海水や河川水の Mg 塩濃度が耐海水性物質の生成に及ぼす影響について把握するため、本実験では低濃度である上流側から河口付近、さらに一般的な海水を超える濃度までの 6 種類の Mg 水溶液を作製し、浸漬試験を実施した。浸漬期間中、固体表面に接地できる特殊な電極を使用して、曝露面の pH を計測し、撮影した表面写真とともに保護物質の生成やその維持に必要な条件等について考察した。

#### (2) 種々の土質を用いたセメント処理土における保護物質の生成要因

セメント処理土に用いる母材の土質が  $Mg(OH)_2$  層の生成へ及ぼす影響を把握するため、粘性土から砂質土に至る粒度組成が異なる 6 種類の土質を用いたセメント処理土に対して浸漬試験を実施した。浸漬水の水质分析やセメント処理土に対する pH 試験、コーン貫入試験などから、保護物質の生成による劣化抑制効果や簡易な指標を用いて  $Mg(OH)_2$  層の生成要因について検討した。

#### (3) マグネシウム濃度と pH による保護物質の生成評価指標

(1)、(2) の結果から、セメント処理土表面における保護物質の生成には、処理土の pH と接触する海水や河川水の Mg 塩濃度が大きく影響していることが明らかとなった。そこで、添加する固化材量や接触させる Mg 水溶液の濃度をパラメトリックに変化させた条件で、正方形容器に充填したセメント処理土供試体を使用した浸漬試験を実施した。浸漬期間は 28 日間とした。浸漬終了後に供試体を取り出し、固化材添加量と Mg 水溶液の濃度による  $Mg(OH)_2$  層の析出状況が一瞥して判断できるように供試体を整列させた後、デジタルカメラを用いて表面写真の撮影を行った。表面写真から保護物質生成の有無を確認し、沿岸域におけるセメント処理土表面に出現する保護物質の生成評価指標に関する検討を行った。

#### (4) 通水環境下におけるセメント処理土の劣化特性と保護物質生成の耐久性

本実験では、柔壁型カラム透水試験機を製作して透水試験を実施した。試料土には豊浦砂を用い、固化材は普通ポルトランドセメント (OPC) を用いた。固化材添加量は  $70, 120\text{kg/m}^3$  とした。透水試験中は供試体において、この  $Mg(OH)_2$  層の生成状況を観察することが困難である。そのため、通水状態のセメント処理土の透水特性に及ぼす  $Mg(OH)_2$  層の影響を検討しやすくするために、pH が高くなりやすい固化材添加量  $120\text{kg/m}^3$  の供試体のみ、透水試験前に Mg 水溶液に 3 日間浸漬させ、 $Mg(OH)_2$  層を流入面側にのみ生成させて透水試験に供した。供試体を試験機にセ

ットし、拘束圧として 30kPa を加えた後、給水タンクのコックを開けて通水を開始した。最初にイオン交換水で通水を行い、いくつか動水勾配を変化させて透水係数を算出した。その後、供試体を交換して Mg 水溶液による透水試験を行った。Mg 水溶液を通水したケースについては、試験開始後は採水した流出水に対して流量と  $Ca^{2+}$  濃度を測定した。試験開始から 58 日経過後、供試体を試験機から取り出し、流入面側および排水面側から 0~10mm の箇所から試料を採取した。採取した試料に対して元素分析と水銀圧入式ポロシメーターによる間隙径分布の測定を行った。試料土には豊浦砂を用い、固化材は普通ポルトランドセメント (OPC) を用い、添加量は 70, 120kg/m<sup>3</sup> とした。

#### 4. 研究成果

##### (1) 保護物質の生成要因

図-1 に浸漬期間中の供試体表面の pH の経時変化を示す。浸漬水の  $Mg^{2+}$  濃度が高い供試体ほど、表面の pH が浸漬開始直後から大きく低下していることがわかる。青色のプロットは  $Mg(OH)_2$  層が観測されたケースを示しているが、 $Mg^{2+}$  濃度 125, 250, 500mg/L の場合、浸漬開始からおよそ 240 分後から供試体表面に  $Mg(OH)_2$  層の生成が確認された。 $Mg(OH)_2$  層が観測されて以降では観測されなかったケースと比べて、表面の pH の低下がほとんどみられないことから、この  $Mg(OH)_2$  層は処理土の pH の低下を抑える機能を持つことが示唆された。加えて、本実験における条件の下では、イオン交換水 ( $Mg^{2+}$  濃度 0mg/L) を除き、供試体表面の pH が一定時間 10 以上に保持されていた場合において  $Mg(OH)_2$  層が生成する傾向が示された。 $Mg^{2+}$  濃度 500mg/L の水溶液に浸漬させた供試体表面において当該物質が一部消失していたが、これは浸漬期間中に pH が 10 を僅かに下回ったためと考えられる。

図-2 にコーン貫入試験の結果から定量した各濃度の Mg 水溶液に浸漬した供試体の劣化深度を示す。 $Mg(OH)_2$  層の析出が確認できた  $Mg^{2+}$  濃度 125, 250, 500mg/L の水溶液に浸漬させたときとイオン交換水の場合は、劣化深度がゼロであった。一方、 $Mg(OH)_2$  層が観測されなかった  $Mg^{2+}$  濃度 1000, 2000mg/L の水溶液に浸漬させた場合においては、劣化深度がそれぞれ 2.36, 5.20mm となった。以上の結果から、水溶液の  $Mg^{2+}$  濃度によらず、セメント処理土表面に出現する  $Mg(OH)_2$  層は  $Mg^{2+}$  の浸透を抑え、それによってセメント処理土の pH の低下や  $Ca^{2+}$  の溶出、ひいては力学的劣化の進行を抑制する機能を付与することが明らかになった。

##### (2) 種々の土質を用いたセメント処理土における保護物質の生成要因

図-3 に各試料土を用いて作製したセメント処理土の固化材添加量と浸漬前の pH の関係を示す。なお、図中の青塗りのプロットは  $Mg(OH)_2$  層の析出が視認できたケースを表している。いずれの試料土を母材とした場合も固化材添加量が多いときほど供試体の pH が高くなった。また、土質によって同じ固化材量でも pH が異なっていることがわかる。接触する水溶液の  $Mg^{2+}$  濃度が 1,000mg/L のとき、セメント処理土の pH が概ね 12.5 以上で  $Mg(OH)_2$  層が観測され、この傾向は改良対象土の土質に左右されないことが確認できた。

セメント処理土表面に出現する  $Mg(OH)_2$  層の析出には、改良対象土の土質によらず海水接触前の処理土の pH が内的な要因として大きな影響を及ぼしていることが示唆された。一般に、土の pH は粘土鉱物や間隙水の性質など種々の因子によって変動すると考えられるが、セメント処理土の場合は土が元来有している性質よりも添加するセメント量が pH を最も大きく左右すると考えられる。そこで、セメント処理土の pH を推定する指標として水セメント比 W/C に

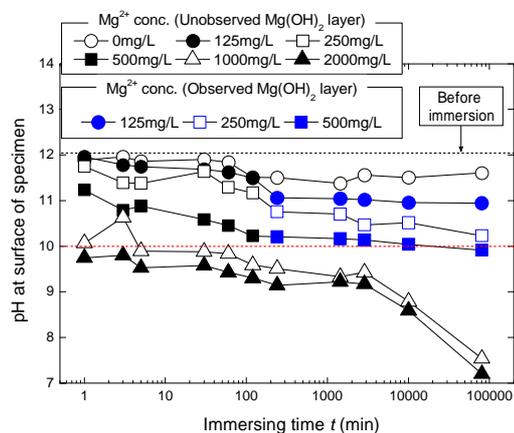


図-1 供試体表面の pH の経時変化

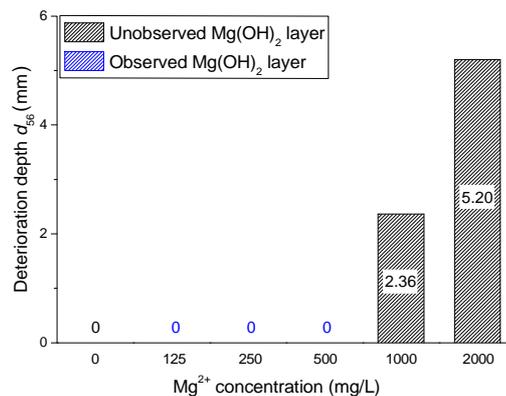


図-2 各供試体の劣化深度

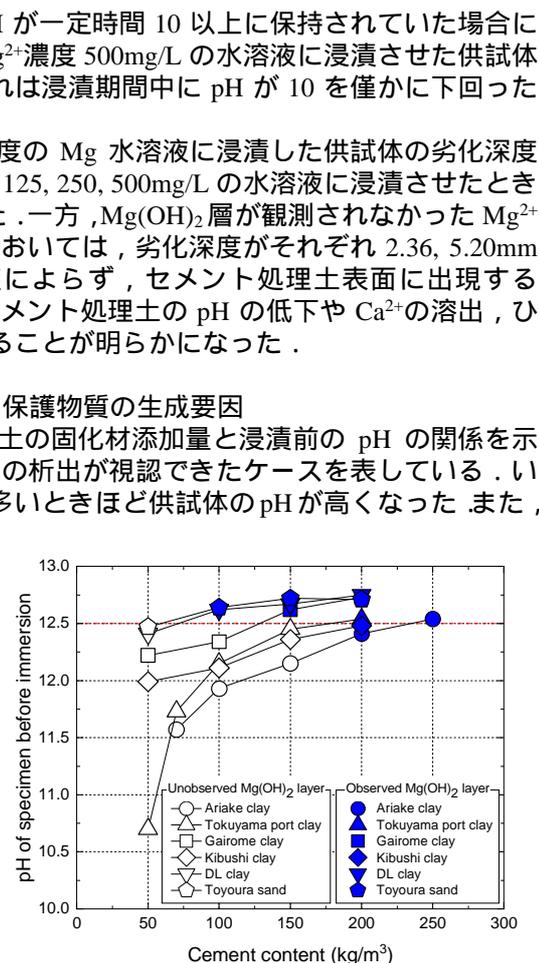


図-3 添加量と浸漬前の pH の関係

着目した . 図-4 に水セメント比  $W/C$  と浸漬前の処理土の pH の関係をまとめて示す . 図中に示した式は近似直線を表しており , 相関係数も併せて示している .  $W/C$  が小さいときほど高い pH を示している . 相関係数  $R$  は  $-0.84$  となり強い負の相関が確認できた . また ,  $W/C$  が概ね 5 以下の場合にセメント処理土供試体の pH が 12.5 を上回り ,  $Mg(OH)_2$  層が析出されていることがわかる . 材齢によって多少の変動は生じると考えられるが , 改良地盤の含水比や固化材量から求めることのできる  $W/C$  からセメント処理土の pH を簡易に推定できる可能性がある .

### (3) マグネシウム濃度と pH による保護物質の生成評価指標

浸漬 28 日後における供試体表面の様子を写真-1 に示す . 図中には , 浸漬前の供試体の pH も併せて示している . 表面が白く変色している供試体は ,  $Mg(OH)_2$  層が析出した条件である .  $200\text{kg}/\text{m}^3$  以上の比較的固化材添加量が多い供試体では ,  $Mg^{2+}$ 濃度が  $125\text{mg}/\text{L}$  から  $1750\text{mg}/\text{L}$  もしくは  $1500\text{mg}/\text{L}$  の広い範囲で  $Mg(OH)_2$  層が析出されていることがわかる . 一方 , それよりも固化材添加量が少なく , pH も低い供試体では  $Mg^{2+}$ 濃度が高い場合 ,  $Mg(OH)_2$  層が観測されなかった . また , 添加量  $100\text{kg}/\text{m}^3$  は , 他の添加量の供試体では生成されなかった  $Mg^{2+}$ 濃度  $50\text{mg}/\text{L}$  の水溶液で  $Mg(OH)_2$  層が観測された . 先に示したとおり , セメント処理土表面に  $Mg(OH)_2$  層が析出されるためには , 溶液と処理土との界面の pH が一定期間高い値を維持する必要がある . また ,  $Mg^{2+}$ には pH の緩衝作用があり , それは濃度に依存することが知られている . したがって , 添加量の多いケースでは , 緩衝作用が大きい高濃度の Mg 水溶液を使用した場合でも高い pH を維持できたため , 低添加量の条件に比べて広い範囲で析出されたものと推察される . さらに ,  $Mg(OH)_2$  層の生成量について表面写真の濃淡から判断したところ , 比較的 low 濃度の  $Mg^{2+}$ 濃度  $250\text{mg}/\text{L}$  のケースで多量に析出しているようであった . これは先に述べた  $Mg^{2+}$ の pH 緩衝作用が小さく , 処理土表面の pH が中性化しにくかったためと考えられる . この条件よりも  $Mg^{2+}$ 濃度が低い  $50, 125\text{mg}/\text{L}$  のケースでは , pH 緩衝作用は小さいと考えられるが ,  $Mg(OH)_2$  層の生成に必要な  $Mg^{2+}$ 量が少なく , 今回の実験条件では  $Mg^{2+}$ 濃度  $250\text{mg}/\text{L}$  で最も析出し易かったと推察される . そのため , 河川感潮域における改良地盤では  $Mg^{2+}$ 濃度が比較的低い上流において  $Mg(OH)_2$  層が析出されやすいことが示唆された . 以上より , 固化材添加量によって pH が変化し  $Mg(OH)_2$  層が析出する  $Mg^{2+}$ 濃度の範囲も変動することが示された .

図-5 に浸漬前の処理土の pH と接触する水溶液の  $Mg^{2+}$ 濃度の関係を示す . この結果から , 処理土の pH によって  $Mg(OH)_2$  層が析出する水溶液の  $Mg^{2+}$ 濃度には下限値および上限値が存在することが窺える . また , 図中には本実験における結果を基に推定した  $Mg(OH)_2$  層の析出領域を併せて示している . これは , 本実験の結果から推定したものであり , 特にその境界付近は不確実な可能性も考えられるが , 処理土の pH と接触する海水や河川水の  $Mg^{2+}$ 濃度から  $Mg(OH)_2$  層の析出を判断できることが示唆された .

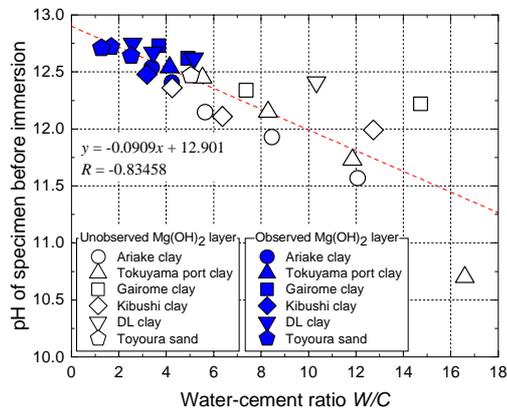


図-4 水セメント比と pH の関係

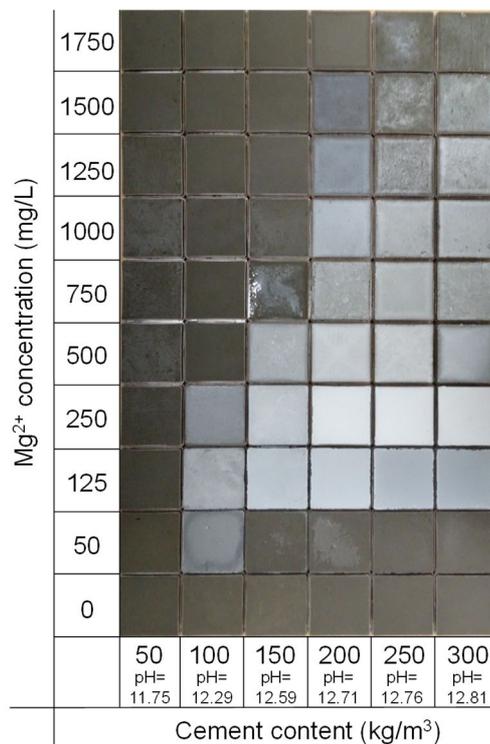


写真-1 供試体表面写真

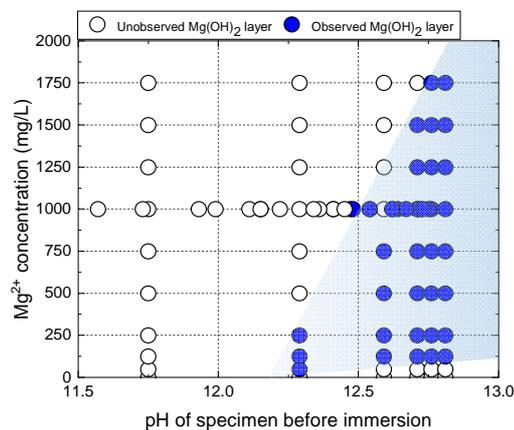


図-5 pH と  $Mg^{2+}$ 濃度による  $Mg(OH)_2$  層の析出判定指標

(4) 透水環境下におけるセメント処理土の劣化特性と保護物質生成の耐久性

写真-2 に通水前および Mg 水溶液通水終了後における流入面側の様子を示す。OPC120kg/m<sup>3</sup> の場合、通水前に Mg 水溶液への浸漬過程で Mg(OH)<sub>2</sub> 層が生成され、白く変色していることが確認できる。しかし、透水試験後には Mg(OH)<sub>2</sub> 層は消失していた。

Mg 水溶液を用いたときの試験期間中における透水係数の経時変化を図-6 に示す。図中には、イオン交換水を通水した時の透水係数も併記している。イオン交換水を通水した時の透水係数は OPC70kg/m<sup>3</sup> の条件で  $2.02 \times 10^{-6}$  m/s、OPC120kg/m<sup>3</sup> の条件で  $1.83 \times 10^{-7}$  m/s であった。未処理の豊浦砂の透水係数は  $1.0 \times 10^{-3}$  m/s 程度であり、セメント処理によって透水性が低下していることがわかる。Mg 水溶液を通水すると、OPC70、120kg/m<sup>3</sup> とともに徐々に透水性が低下することが確認された。OPC120kg/m<sup>3</sup> は試験開始から 29 日以降は流量がほとんどゼロとなり、透水係数が算出できなかった。両添加量とも Mg 水溶液の通水によって、著しく透水性が低下しており、試験終了時点の透水係数はイオン交換水の場合に対して OPC70kg/m<sup>3</sup> は約 60,000 分の 1、OPC120kg/m<sup>3</sup> は約 180,000 分の 1 まで低下した。

図-7 に OPC120kg/m<sup>3</sup> の通水前および通水終了後における供試体の累積間隙曲線を示す。通水前の処理土の間隙容積は 0.20mL/g 程度であった。通水後の流入面側では間隙容積の減少 (0.17mL/g) が確認できた。排水面側では流入面側よりも間隙容積がさらに減少し、0.15mL/g 程度を示した。図-8 に OPC120kg/m<sup>3</sup> の通水前および通水終了後における供試体の間隙径分布を示す。通水前はピークの値は小さいが、60-70μm で鋭いピークがみられ、さらに 25μm にもう一つのピークが確認できる。排水面側・流入面側の両者とも通水前の大きな間隙径のピークはほとんど消失し、10μm 付近の間隙が通水前と比較して増加している。また、排水面側では 3μm 以下の径の間隙が増加していることもわかる。

Mg 水溶液 (海水) を通水したセメント処理土の透水性の著しい低下は、間隙容積が減少すると同時に、大きな径の間隙が減少して浸透しにくい小さな径の間隙が増加したことによって生じたと考えられる。改良対象土の土質やセメントの添加量などの改良条件によって左右されると考えられるが、本実験の条件では海水浸透によって、セメント処理土の透水係数は著しく低下し、遮水性能はむしろ向上することが確認された。また、通水前に析出させた Mg(OH)<sub>2</sub> 層は消失していた。Mg(OH)<sub>2</sub> 層の維持には高い pH が必要であるが、Mg 水溶液の持つ pH の緩衝作用によって供試体表面の pH が低下して消失したのと考えられる。本実験では、Mg(OH)<sub>2</sub> 層の影響を検討しやすくするために透水試験前に流入面側に意図的に生成させ、試験前後に目視で観測した。この操作がなかった場合、通水とともに処理土表層内部に Mg(OH)<sub>2</sub> 層が析出した可能性があるが、新たに流入する Mg 水溶液によって pH が低下し、いずれ消失していた可能性が高い。したがって、通水される環境では Mg(OH)<sub>2</sub> 層による大きな Ca 溶出抑制効果は期待できないと考えられる。なお、ここでは示していないが、Mg 水溶液を使用した乾湿繰返し試験を実施したところ、一度生成された Mg(OH)<sub>2</sub> 層の劣化抑制効果は乾湿繰返し後も維持されていた。

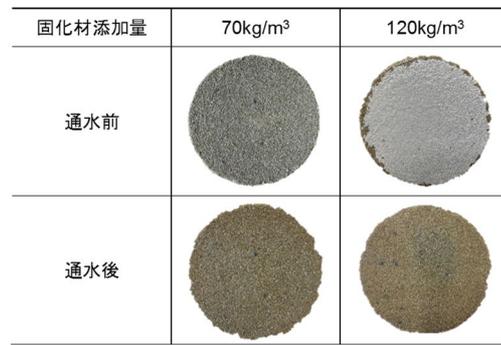


写真-2 通水前後の流入面側の表面写真

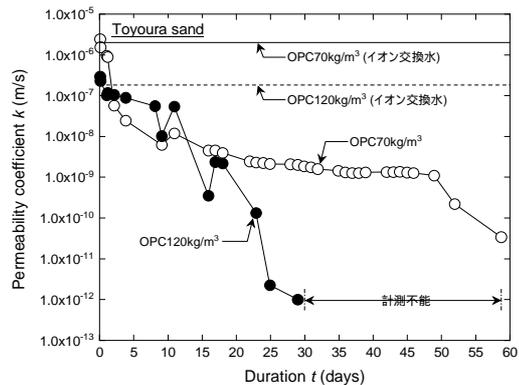


図-6 Mg 水溶液通水時の透水係数の変化

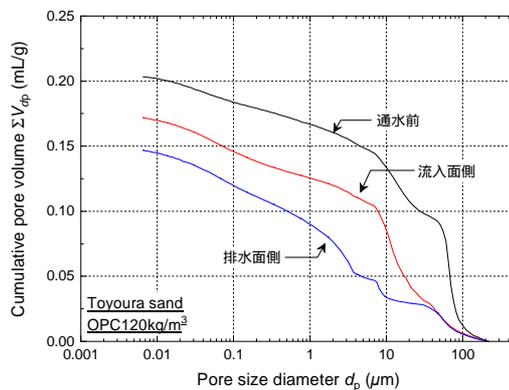


図-7 通水前後の供試体の累積間隙曲線

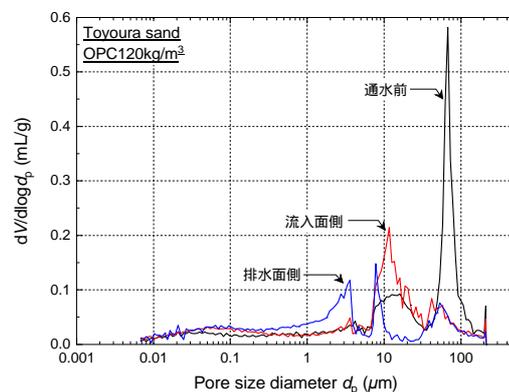


図-8 通水前後の供試体の間隙径分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 FUJIE Yudai, HARA Hiroyuki	4. 巻 78
2. 論文標題 EVALUATION FOR THE DEPOSITION OF MAGNESIUM HYDROXIDE LAYER ON THE SURFACE OF CEMENT-TREATED SOIL BY MAGNESIUM CONCENTRATION AND PH	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. C (Geosphere Engineering)	6. 最初と最後の頁 72～82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejge.78.2_72	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 HARA Hiroyuki, YOSHIMOTO Norimasa, KARIU Takaaki	4. 巻 77
2. 論文標題 PROMOTING METHOD FOR DETERIORATION OF CEMENT STABILIZED SOIL UNDER MARINE ENVIRONMENT AND ITS REPRODUCIBILITY OF STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. C (Geosphere Engineering)	6. 最初と最後の頁 325～333
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejge.77.4_325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 FUJIE Yudai, HARA Hiroyuki	4. 巻 77
2. 論文標題 DEPOSITION CONDITION OF MAGNESIUM HYDROXIDE LAYER ON THE SURFACE OF CEMENT TREATED CLAY IN TIDAL RIVER AREA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_517～I_522
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejoe.77.2_I_517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 弘中稔基, 原弘行, 吉本憲正	4. 巻 39
2. 論文標題 海水環境下で劣化した初期固化材量が異なるセメント処理土の強度特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地盤と建設	6. 最初と最後の頁 75-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 藤江佑大, 原弘行	4. 巻 39
2. 論文標題 マグネシウム塩を含有する粘性土のセメント改良効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地盤と建設	6. 最初と最後の頁 97-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 藤江 佑大, 原 弘行	4. 巻 14
2. 論文標題 マグネシウム濃度とpHに着目したセメント処理土表面に現れる水酸化マグネシウム層の析出条件	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 環境地盤工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 403-406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安井賢太郎, 原弘行	4. 巻 38
2. 論文標題 海水のマグネシウム濃度と温度によるセメント固化処理土の劣化促進効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地盤と建設	6. 最初と最後の頁 69-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 末次大輔, 井上徹郎, 原弘行	4. 巻 14
2. 論文標題 カルシウム溶脱を受けたセメント処理粘土のせん断強度特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 IRIGUCHI Souichirou, HARA Hiroyuki, FUKAGASAKO Naoto	4. 巻 75
2. 論文標題 FORMATION CONDITIONS AND EFFECTS OF ALKALINE AID ON WHITE SEDIMENTS OF CEMENT TREATED SOIL UNDER SEAWATER	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_881 ~ I_886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.I_881	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 入口宗一朗, 原弘行, 深ヶ迫直人	4. 巻 13
2. 論文標題 水酸化ナトリウムの添加によるセメント処理土表面に発生する白色析出物の生成促進手法の検討とその劣化抑制機能	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第13回環境地盤工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 417-424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計13件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 弘中稔基, 原弘行
2. 発表標題 養生期間が異なるセメント処理土の劣化前後の強度変化
3. 学会等名 第73回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤江 佑大, 原 弘行
2. 発表標題 マグネシウム水溶液を通水したセメント処理土の劣化特性に関する考察
3. 学会等名 第73回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 弘中稔基, 原弘行, 吉本憲正
2. 発表標題 海水環境下で劣化した固化材量と養生期間が異なるセメント処理土の強度特性
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤江 佑大, 原 弘行
2. 発表標題 マグネシウム濃度とpHによるセメント処理土の耐海水性物質の表面析出条件
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 弘中稔基, 原弘行, 吉本憲正
2. 発表標題 マグネシウム水溶液に浸漬したセメント処理土に対する一面せん断試験
3. 学会等名 第72回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤江佑大, 原弘行
2. 発表標題 河川感潮域においてセメント処理土表面に現れる耐海水性物質の生成条件
3. 学会等名 第72回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 弘中稔基, 原弘行, 吉本憲正
2. 発表標題 Mg水溶液に曝露した固化材量が異なるセメント処理土の強度変化
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤江佑大, 原弘行
2. 発表標題 種々の土質を用いたセメント処理土表面に現れる耐海水性物質の生成要因
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入口宗一朗, 原弘行
2. 発表標題 pHに着目した高炉セメントB種を用いた改良土に発生する白色析出物の生成条件
3. 学会等名 第71回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 狩生卓玲, 原弘行, 吉本憲正
2. 発表標題 塩化マグネシウム水溶液を用いたセメント処理土の劣化促進実験手法の開発とその再現性
3. 学会等名 第71回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 入口宗一朗, 原弘行
2. 発表標題 固化材が異なる2種のセメント処理土におけるCa 溶出抑制効果を持つ析出物の発生条件
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原弘行, 吉本憲正
2. 発表標題 Mg水溶液に曝露したセメント処理土の強度変化とその機構に関する考察
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 入口宗一朗, 原弘行
2. 発表標題 セメント処理土に発生する耐海水性を付与する白色析出物の生成促進手法
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------