

京都大学防災研究所 正 嘉門雅史、正 勝見 武
 京都大学大学院 学 宮武一都
 摂南大学工学部 正 伊藤 譲、学○土森慶三

1. はじめに 従来、軟弱地盤の改良工法として用いられてきた固化処理工法は最近では各種の産業廃棄物にも適用されており、今後は安定処理土の利用はますます増加すると考えられる。一方、固化処理工法には通常、セメント系や石灰系の固化材が用いられるため、安定処理土の pH が高く、高アルカリ性の溶出水による環境影響が懸念されている。過去の研究¹⁾によると安定処理土をジオテキスタイル製の袋に充填し海水に浸せきする（袋詰め固化工法）と養生水の高アルカリ化が抑制されることが明らかになっている。

そこで本研究では、袋詰め固化工法において海水中で試料からのアルカリ溶出特性と抑制効果を検討することを目的として、まず、海水、淡水に浸せきした場合の養生水の pH 特性の比較検討を行い、さらに海水中に含まれる成分に着目してアルカリ抑制機能を把握し、考察を行った。

2. 使用材料と実験方法 本研究では安定処理の対象として碎石粉を用いた。碎石粉の物性値を表 1 に示す。固化材には炭酸アルミネート系塩材料（以下 CAS と略す）と普通ポルトランドセメント（以下 OPC と略す）を使用した。実験で用いた袋への充填試料として固化材のみ（OPC）を用いる場合は、これを粉体のまま袋に充填し、碎石粉と CAS の混合物を用いた場合は、4.75mm ふるいを通過した乾燥状態の碎石粉に CAS を添加し粉体のまま袋に詰めた。碎石粉と CAS の混合割合は 7 : 3 とした。試料を所定の水溶液（後述）に浸せきして、浸せき前、浸せき後 30 分、2、4、8、16、24 時間、1、2、4、7、14、28 日に養生水表面と試料の底面付近において溶液を採取し、pH を測定した。

3. 海水と淡水に関する実験結果 この実験では、養生水として 50l の海水と淡水を、試料としてそれぞれ 1kg の OPC と CAS+碎石粉を用いた。図 1 に OPC を、図 2 に CAS+碎石粉をそれぞれ浸せきした場合の pH 特性を示す。全体的な pH の経時変化の傾向としては、淡水に養生した場合は pH はアルカリを呈するが、海水に養生した場合は pH は 9 以下の中性域に抑制されている。用いた試料の違いについては、海水養生、淡水養生の場合も OPC を浸せきしたほうが CAS+碎石粉を浸せきした場合よりも養生水の pH が高くなっている。これは、OPC と養生水が接すると固化成分が溶出し、流動性を呈した後、硬化反応が開始されるのに対し、CAS は養生水に接した瞬間に硬化と膨張が同時に開始されるためと考えられる。

4. 海水の成分に着目した水溶液に関する実験結果 3. では、試料を海水に浸せきした場合、養生水の pH の上昇が抑制されることが明らかとなった。そこで、本節では表 2 に示す海水の主成分

表1 碎石粉の物性値

ρ_s (g/cm ³)	W _L (%)	W _P (%)	W _{OPT} (%)
2.65	14.3	NP	13.0

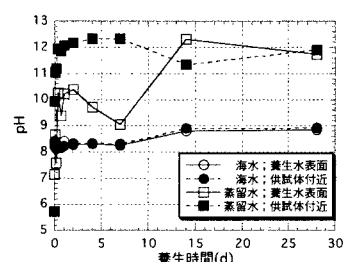


図1 pHと養生時間の関係(OPC)

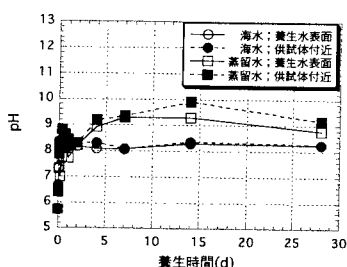


図2 pHと養生時間の関係(CAS+碎石粉)

表2 人工海水の主成分

イオン	Cl ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
濃度 (mol/kg)	0.422	0.367	0.041	0.024

である Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} を含む水溶液(MgSO_4 、 MgCl_2 、 Na_2SO_4 、 NaCl)に、3.でpHが最も上昇したOPCを浸せきして養生水のpH特性を調べた。養生水の水量は10l、試料の質量は200gである。各水溶液は、海水に含まれる Na^+ と同モルの Na_2SO_4 、 NaCl 、 Mg^{2+} と同モルの MgSO_4 、 MgCl_2 を蒸留水に溶解させて作成した。各水溶液の濃度は、 MgSO_4 :5g/l、 MgCl_2 :4g/l、 Na_2SO_4 :50g/l、 NaCl :20g/lとした。図3に実験結果を示す。水溶液の違いによるpH特性の相違をみると、 MgSO_4 に浸せきした場合のみpHが10付近の値を示しておりアルカリ抑制の効果がみられた。これは水溶液中の Mg^{2+} と OH^- が $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を生成しpHの上昇が抑制されたと考えられる。

以上の結果より MgSO_4 のpH抑制への効果がみられたので、pHを海水レベルまで抑制するために、水溶液中の MgSO_4 の濃度を6、7、8、9および10g/lに変化させ、OPCを浸せきした。養生水の水量は10l、試料の質量は200gである。図4にpHの経時変化を示す。これによると、 MgSO_4 の濃度が6~9g/lの場合は養生初期でpHが9以上の高い値を示しているが、 MgSO_4 の濃度が10g/lの場合はpHが8~9に収まり、pHが海水レベルまで抑制されていることが示されている。しかし、この MgSO_4 水溶液の濃度は海水に含まれる Mg^{2+} の2倍の濃度であり、pH抑制の効率を考えると、海水養生の場合、養生水のpHは Mg^{2+} と他のイオンとの相互作用によって抑制されたと考えられる。

5. MgSO_4 + NaCl 水溶液のpH抑制に関する実験 MgSO_4 を効果的に電離させるため、 MgSO_4 に NaCl を添加した溶液にOPCを浸せきし、養生水のpH特性を調べた。養生水は6、7、8、9および10g/lの MgSO_4 にそれぞれ10g/lの NaCl を蒸留水に溶解させて作成した。養生水の水量は10l、供試体の質量は200gである。図5をみると、 MgSO_4 の濃度が10g/lの場合、 NaCl を添加すると逆にpHが上昇した。これは MgSO_4 と NaCl を添加した時、電離しやすい NaCl が先に電離して MgSO_4 の電離を逆に妨害したためと考えられる。

6. まとめ 試料を海水と淡水に浸せきした場合、養生水のpHは海水では9以下の値を示すが、淡水では10以上の高い値を示した。海水の主成分を含んだ水溶液に試料を浸せきした場合、 MgSO_4 がpHの上昇を抑制する効果を持つことがわかり、 MgSO_4 の濃度が10g/lのときpHの上昇は海水レベルまで抑制されることがわかった。そこで、海水中でpHを抑制しているのは Mg^{2+} と他のイオンとの相互作用によると考え、 MgSO_4 と NaCl を含んだ水溶液に試料を浸せきしたが、 MgSO_4 水溶液の場合と比べpHは逆に上昇した。

今後は、 Mg^{2+} と他のイオンとの相互作用についてさらに詳しく検討した上で、海水のpHの抑制メカニズムを究明し、更にpHの抑制に対する炭酸化の影響を考察したいと考えている。

参考文献 1) 嘉門雅史・勝見 武・大山 将・中島 晃: Bagged WRP Methodによる碎石粉の海洋構造物への有効利用、第1回環境地盤工学シンポジウム、pp.207~212、1994。

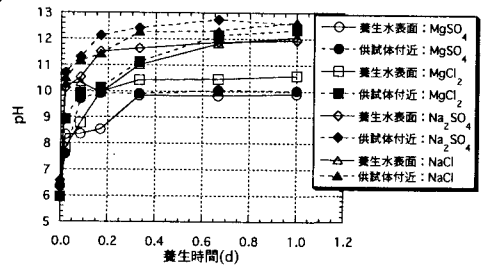


図3 pHと養生時間の関係 (OPC)

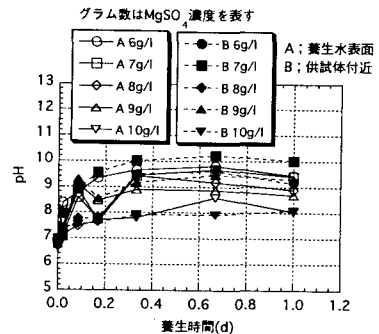


図4 pHと養生時間の関係 (OPC、 MgSO_4 水溶液)

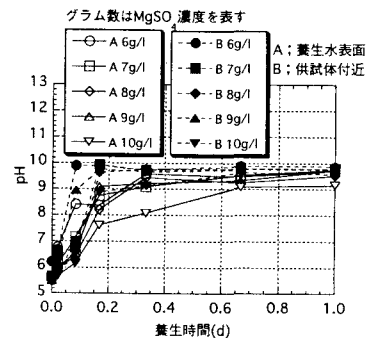


図5 pHと養生時間の関係 (OPC、 MgSO_4 + NaCl 水溶液)