

微生物機能を用いたセメント改良土の海水環境下での劣化抑制技術

富山県立大学 学生会員 ○三原 一輝
富山県立大学 正 会 員 畠 俊郎

1, 目的

近年，軟弱地盤対策として，セメント改良土が盛んに利用されている．しかし，セメント改良土は海水環境下に曝露されると固化成分であるCaが溶出しMgが吸収されることで劣化が起こることが明らかとなっている．そのため，海水環境下においてセメント改良土の劣化抑制を図る補助技術が必要である．そこで，本研究では微生物由来の尿素の加水分解酵素に着目した．尿素の加水分解に伴い発生する炭酸イオンとセメント中から溶出するCa イオンを結合させることで炭酸カルシウムとして固化改良土中に再固定する新しい劣化抑制技術の有効性について検討した．また，養生温度の違いによる劣化速度の違いや劣化抑制に対する微生物機能の有効性についても検討を行った．

2, 研究方法

本研究では，砂質土を対象とし，表-1 に示す配合で供試体作成後，図-1 に示す実験フローに従い実験を行った．20℃で 28 日間の気中養生を行った後，供試体を図-2 のように密閉面と曝露面が出来るように側面と底面を密閉し，人工海水による曝露試験（以下試験 1）を行った．人工海水については 2 週間ごとに採水及び曝露水の交換を行い，原子吸光光度計を用いて Ca イオンと Mg イオンの量を分析し，供試体の Ca イオン溶出量及び Mg イオン吸収量を算出した．また，4 週毎に針貫入試験と一軸圧縮試験を行い，劣化促進量及び圧縮応力を算出し，それぞれの関係性を検討した．また，サンプル A については，別途 20℃と 30℃の 2 種類の温度環境下で気中養生，人工海水による曝露試験（以下試験 2）を行った．その際，4 週毎に針貫入試験とせん断波速度の測定を行うことで断弾性係数を求め，非破壊で劣化促進量と強度の推定を行った．

3, Ca, Mg 収支に基づく劣化メカニズムの把握

試験 1 について，原子吸光光度計を用いた分析結果の例として 12 週間の曝露を終えたサンプル A，D の Ca イオン吸収量及び Mg イオン吸収量を図-3, 4 に示す．この結果より，曝露期間が長くなるにつれてカルシウムが溶

表-1. サンプルの詳細

サ ン プ ル	純水	セメ ント BB	粘土	珪砂	尿素	菌体 培養 液
	(g)					
A	346.56	108.3	108.3	1083	0	0
B					5.42	
C	238.26	108.3	108.3	1083	5.42	108.3
D						

※C は *B.pasuteurii*, D は *S.aquimarina* を含む培養液

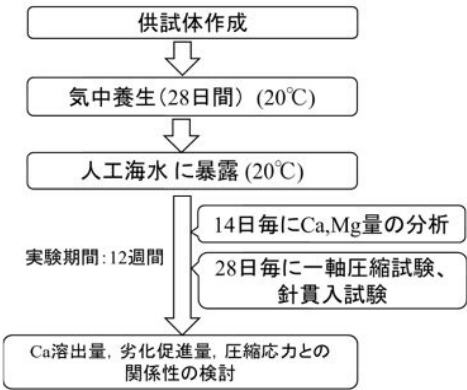


図-1. 実験フロー

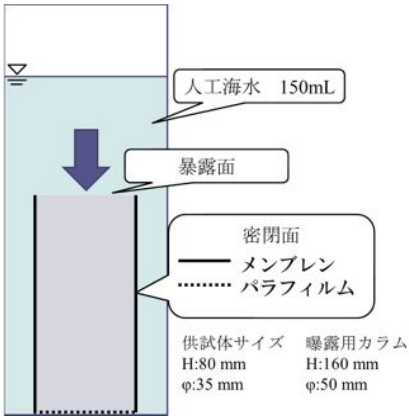


図-2. 曝露の様子

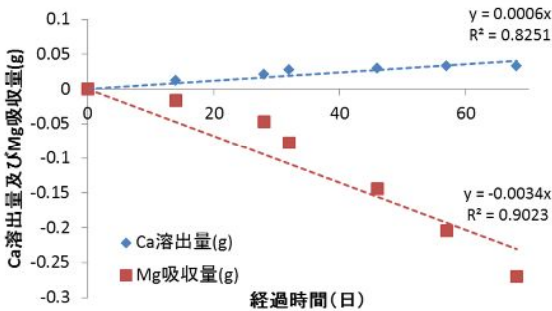


図-3. サンプル A の Ca イオン溶出量及び Mg イオン吸収量(試験 1)

出し、マグネシウムが吸収されることから、供試体の劣化が進行していることがわかる。また、微生物を添加したサンプルDに関してはサンプルAよりもカルシウムとマグネシウムの収支が抑制されていることから、セメント改良土に微生物機能を併用することによって劣化の抑制が期待できることがわかる。

4. 力学試験による劣化抑制効果の検討

供試体の劣化促進量を算出するために、繰り返しを3回とし劣化深さを測定可能な針貫入試験を行った。結果を表-2に示す。本試験では、曝露面からの貫入量と密閉面の貫入量を比較し、劣化促進量として評価した。その結果から、曝露期間が長くなるにつれ劣化促進量は増えるが、微生物を添加した供試体は8週以降に劣化促進量の増加を抑制した。針貫入後、劣化した範囲を取り除き成形し、一軸圧縮試験を行って圧縮応力を算出した。各サンプルの気中養生4週から12週曝露した供試体の全期間の強度の平均を比較すると、サンプルDの供試体が最も強度が高く、微生物機能による炭酸カルシウムの析出が強度にも影響を与えていることが分かった。また、図-6に示す曝露期間12週経過した時のカルシウム溶出量と一軸圧縮応力の関係図から、カルシウム溶出量が少ない供試体ほど強度が高くなるという関係性が明らかになった。そのため、カルシウム溶出量を計測することで強度の推定が可能であると考えられる。

5. 養生温度の違いによる劣化速度の違いについて

20℃、30℃で養生した供試体のCaイオンの溶出量とMgイオンの吸収量を図-6に示す。結果より、20℃で養生したサンプルよりも30℃で養生したサンプルのCa溶出量及びMg溶出量の方が多く、より劣化が促進されることがわかった。そのため、海水温が夏期で30℃前後になり、ビーチロックの存在が確認されており、ビーチロックを生成に関与する菌の存在が期待できる東シナ海域等においては微生物機能を用いた劣化抑制技術が有効であると考えられる。

6. まとめ及び今後の予定

本研究では、セメント改良土の海水環境下での微生物機能を用いた劣化抑制技術について検討を行い、海域由来の微生物を添加したサンプルDでカルシウム溶出、劣化促進量について劣化の抑制、供試体の一軸圧縮強度の増加が期待できることが明らかとなった。加えて、セメント改良土は養生温度が30℃の環境下でより劣化促進が期待されることが明らかとなった。今後の予定として、より劣化促進が期待される養生温度30℃の条件下で、サンプルDが持つ劣化抑制の有効性を確認する試験を行う予定である。

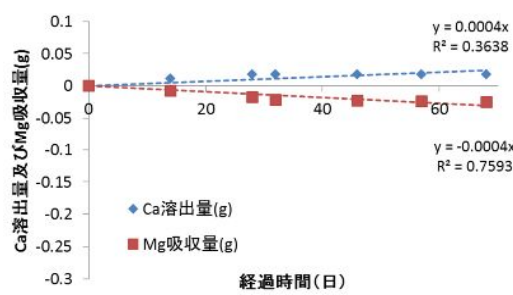


図-4.サンプル D の Ca イオン溶出量及び Mg イオン吸収量(試験 1)

表-2. 劣化促進量及び一軸圧縮応力

サンプル	劣化促進量(mm)			圧縮 応力 (MPa)
	4週	8週	12週	
A	0.265	0.334	1.60	1.84
B	0.074	0.112	0.110	2.03
C	0.353	0.249	0.165	2.00
D	0.202	0.343	0.0640	2.45

※一軸圧縮応力は気中養生 4 週から

海中養生 12 週までの全期間の圧縮応力の平均値

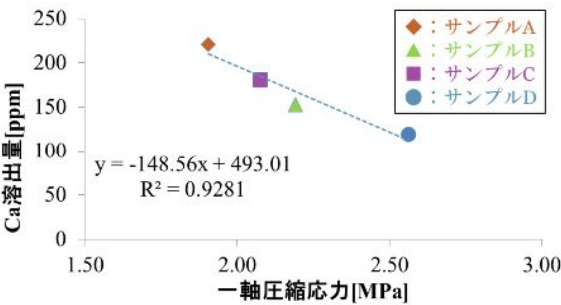


図-5.Ca 溶出量と一軸圧縮応力の相関図

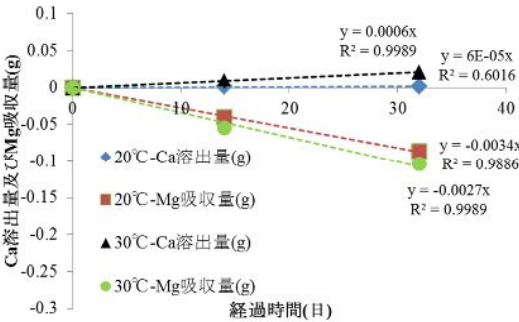


図-6.養生温度の違いによる Ca イオン溶出量 及び Mg イオン吸収量(試験 2)