含水比が異なるセメント処理土の劣化前後の強度特性

山口大学大学院　　学生会員　○池田　賢史
山口大学大学院　　正会員　　原　　弘行

１．はじめに

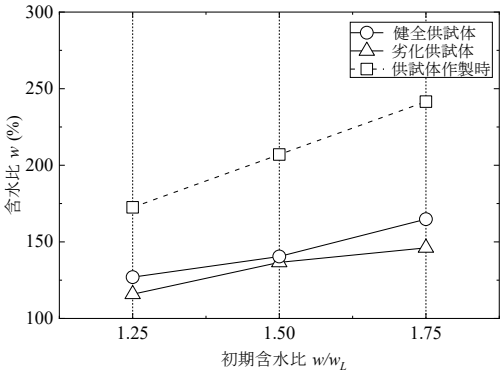
海水環境下において，固化処理土は海水中の Mg 塩によって Ca 成分の溶出が促進され，力学的に劣化することが明らかにされている[1)]．実際に，沿岸域の現場において固化処理土の軟弱化が確認されており，その長期的な安定性が懸念されている．現在，劣化した固化処理土の力学的性質に関する研究事例は少なく，これに関する知見の蓄積が望まれる．本研究では，セメント処理土の劣化後の強度特性に及ぼす密度の影響を調べるために, 含水比を変化させた海水曝露前後のセメント処理土供試体に対して一軸圧縮試験, 蛍光Ｘ線分析(XRF)を行った．

２．実験概要

本研究では，試料土として有明粘土を用いた．固化材には高炉セメント B 種を用い，試料土の含水比を液性限界の 1.25 倍（172.5%）, 1.5 倍（207.0%）, 1.75 倍（241.5%）に調整した．固化材の添加量は 50, 70, 100, 120 kg/m^3 の 4 種類とした．固化材を混合した試料土を直径 5cm, 高さ 10cm のプラスチックモールドに充填し，28 日間養生したものを健全供試体とした．また，健全供試体を Mg 水溶液に浸漬させることで劣化供試体を作製した．Mg 水溶液は $MgCl_2$・$6H_2O$ をイオン交換水に溶解し，Mg^{2+}濃度を有明海水の 25 倍（23.45g/L）に調製した．これは，通常の濃度の海水ではセメント処理土の劣化に長期間を要するということがわかっており，劣化に要する期間を短縮させるためである．浸漬期間中は浸漬水の Ca^{2+}濃度をモニタリングし，その溶出傾向が鈍化したタイミングで完全に劣化したと判断して，それ以降に浸漬を終了させた．健全・劣化両供試体に対して一軸圧縮試験と XRF を実施した．

３．実験結果と考察

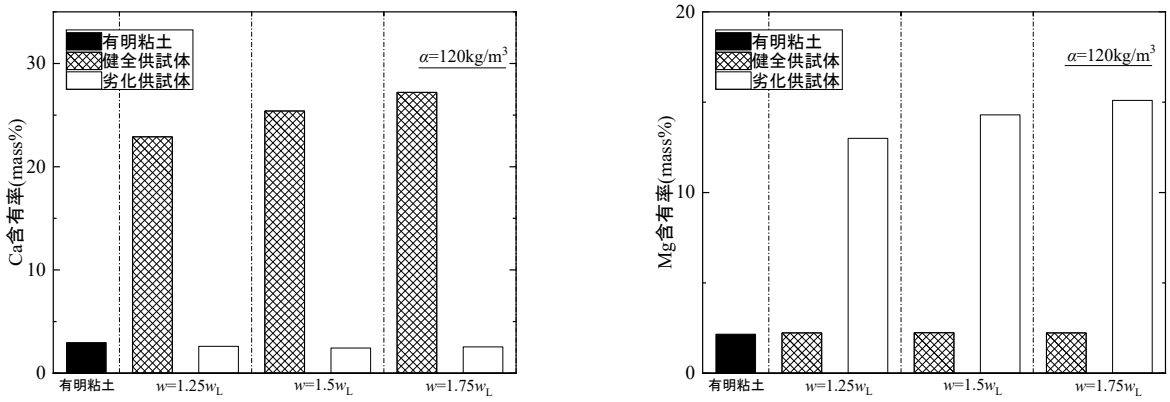
図−1 に一例として固化材添加量 120kg/m^3 の劣化前後の含水比を示す．健全供試体・劣化供試体共に，供試体を作製した際の含水比より低い値を示している．これは，セメント処理により土中の間隙水とセメントが水和反応を起こし, 水が取り込まれたためである．また，健全供試体と比較して劣化供試体の含水比が低い値を示している．これも同様に，劣化過程において新たな反応物質が生成され，それらに含まれる結晶水が 110℃の炉乾燥では蒸発しなかった可能性がある．**図−2** に XRF 結果の一例として固化材添加量 120kg/m^3 の Ca, Mg 含有率を示す．



図−1 劣化前後の含水比（120kg/m^3）

同添加量であるにもかかわらず，含水比の増加に伴い健全供試体の Ca 含有率が増加する傾向を示した．これは，w=1.25w_L と比較して w=1.75w_L の方が，固体分に占める固化材の割合が高くなるためである．劣化供試体は，健全供試体が有していた Ca が母材である有明粘土とほぼ同等の含有率まで低下していることがわかる．これは，Mg 水溶液中の Mg 成分と処理土内部の水酸化カルシウム($Ca(OH)_2$)が反応することにより水酸化マグネシウム($Mg(OH)_2$)が生成され，セメント由来の Ca 成分が全て系外に溶出していることが原因である．つまり劣化供試体内に残存している Ca 成分は，有明粘土が元来有していた Ca 成分であり，この結果からも固化成分である Ca が完全に溶出し，全層にわたって劣化していることがわかる．また，セメント処理土内で $Ca(OH)_2$

キーワード　含水比，一軸圧縮強さ，劣化，Ca，Mg,
連絡先　〒755-8611　宇部市常盤台 2-16-1　ＴＥＬ0836-85-9325



(a) Ca 含有率　　(b) Mg 含有率

図-2 XRF 結果 (120kg/m^3)

が反応することにより $Mg(OH)_2$ が生成されるため，劣化供試体の Mg 含有率も，健全供試体の Ca 含有率と同様の傾向を示したと考えられる．

図-3 に一例として w=1.25w_L, 固化材添加量 120kg/m^3 における健全・劣化供試体の応力ひずみ関係を示す．健全供試体はひずみが小さい段階から急激に圧縮応力が発現し，ピークに達した後，急激に減少する脆性的な破壊挙動を示している．対して劣化供試体は，健全供試体に比べて圧縮応力が大幅に減少し，破壊ひずみが大きくなっている．**図-4** に初期含水比と一軸圧縮強さの関係を示す．健全供試体・劣化供試体共に，含水比の増加に伴い一軸圧縮強さは減少した．これは，初期含水比が多くなることで間隙中の水分が多くなり，低密度化したことが原因であると考えられる．**図-5** に健全供試体と劣化供試体の強度の関係を示す．劣化供試体の強度は，海水曝露前の健全なときの強度と相関があることがわかる．また，劣化前後の強度の関係は初期含水比によって異なっており，含水比が大きくなるに伴い近似式の傾きが小さくなった．すなわち，海水曝露前の強度が同程度であっても，含水比が高い（密度が低い）供試体の方が，劣化後の強度が低くなることがわかった．

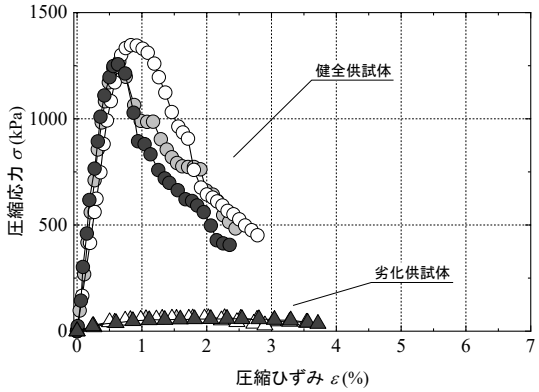


図-3　$\sigma\varepsilon$ 関係（w=1.25w_L, 120kg/m^3）

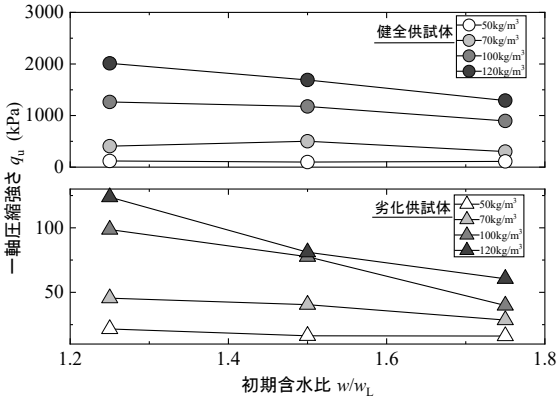


図-4　初期含水比と一軸圧縮強さの関係

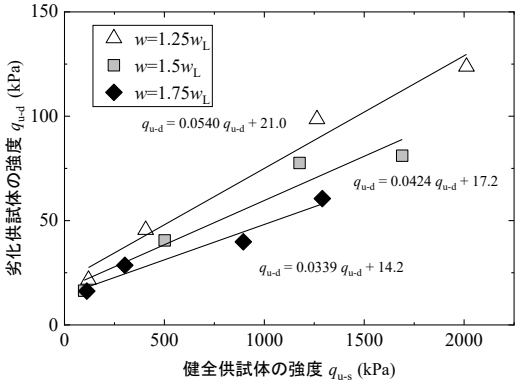


図-5　健全供試体と劣化供試体の強度の関係

４．まとめ

1) 初期含水比にかかわらず，Mg 水溶液に曝露するとセメント処理土の強度は著しく強度が低下する．
2) 密度（含水比）一定の条件では，健全供試体と劣化供試体の強度に一義的な関係が認められた．劣化したときの強度低下は含水比が高い（密度が低い）方が著しい．

【参考文献】

1) 原弘行，末次大輔，林重徳，松田博：海水に曝露したセメント処理土の劣化機構に関する基礎的研究，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol.64, No.4, pp.469-479, 2013.