

有明粘土の石灰改良における塩分添加の影響

佐賀大学 理工学部 学〇阿部 勇次 見浦 浩徳
同 上 正 三浦 哲彦 松田 応作

1. まえがき 佐賀平野の超軟弱な海成粘土地盤においては、道路築造・水路掘削等に際して基礎地盤の改良を余儀なくされることが多い。最近では、石灰系の改良材を用いた種々の地盤改良工法がよく採用されており、さらに適量の塩分を同時に添加することにより、改良体の強度を改善できることも知られるようになってきた。¹⁾ 本報告は、佐賀平野の数カ所から採取した有明粘土について、石灰改良における塩分添加の影響に注目して実験結果を示したものである。

2. 実験試料及び実験方法

(a) 石灰混合量及び塩分濃度 佐賀市兵庫町、諸富町、蓮池町の地表面下 2~3m の地点において採取した有明粘土を実験に用いた。その含水比は 135~152% であった。改良材として一般試薬の消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を使用し、その混合量は粘土乾燥土重量に対して 5%、10%、15% とした。また、塩分として試薬の NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 を使用し、その濃度は海水中の塩分量 (NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 の合計量) に対する割合で 0~1.0 の範囲で変化させた。

(b) 一軸圧縮試験 有明粘土に所定の消石灰及び塩分を添加し、5 分間混合する。その後直ちに円筒形のモールド (内径 5cm、高さ 10cm) に、空隙ができないように詰め込み、乾燥防止を施して 3 日間保存した後、供試体をモールドより取り出しサランラップに包み約 20℃ の恒温室内で養生した。

(c) 粘土鉱物と消石灰の反応 図-1 は、蓮池粘土に消石灰を混合し密閉養生した場合の反応生成物を示したものである。²⁾ ポゾラン反応において生じる CSH 、 CAH の生成が認められる。その他、早期に CaCO_3 、 $\text{C}_3\text{ACaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ などの炭酸塩も検出された。その原因を調べるために光学顕微鏡観察を行ったところ、粘土中に微生物の生存が確認されたところから、その生活廃棄物としての炭酸ガス発生が炭酸塩生成の原因になったと考えた。微生物が自然地盤中において存在していたのか、試料保存中に発生したのかは不明であるが、本実験結果から粘土改良においては微生物の作用は無視できないことが明らかとなった。兵庫粘土に対する実験では、少なくとも好気性微生物の発生を抑える意味で試料を小分けしてビニール袋に密閉して保存したものを用いた。

	CaO 5wt%				CaO 10wt%				CaO 20wt%			
Reaction Products	3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14	28
CaCO_3												
$\text{C}_3\text{ACaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$												
$\text{C}_3\text{ACaCO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$												
C_2SH												
$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}$												
$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_n$												
$\text{C}_4\text{S}_3\text{H}$												

Note : C = CaO
S = SiO_2
H = H_2O
A = Al_2O_3

図-1 有明粘土と消石灰との反応生成物

3. 実験結果及び考察

(a) 実験結果 図-2 は、石灰混合量 5%、10% の時の兵庫粘土 (塩分濃度 0.002%)、蓮池粘土 (塩分濃度 0.002%)、及び諸富粘土 (塩分濃度 0.004%) の一軸圧縮強度の違いを比較したものである。この図から見られるように、石灰混合量 5% の場合は、3 試料とも有意な強度変化は認められないが、石灰混合量 10% の場合は、蓮池・諸富粘土は兵庫粘土と比べて強度が数 10% 程度高い。図-3 は、3 種類の塩分別の石灰改良効果への影響を示したものである。この図から、塩分の種類によって多少の強度変化が見られるものの、いずれの塩分もその添加により改良体強度を数 10% 増加させることが認められる。図-4 は、有明粘土の石灰改良に及ぼす NaCl 添加の影響を海水と同程度の場合をも含めて調べたものである。石灰混合量 5%、10% の時は、塩分添加効果は小さいが、石灰混合量 15% の時は、海水塩分比 0.03~0.06 間で一軸圧縮強度は最大となり、無添加の場合と比べて数 10% の強度増

加が認められた。

(b) 考察 上記のことから、消石灰に対して数%、すなわち粘土試料の乾燥重量に対しては1%以下の僅かな塩分を添加するだけで供試体の一軸圧縮強度は数10%も増加することがわかる。しかし、粘土水分中の塩分濃度が海水濃度に近づくと、塩分添加の効果は減少する傾向が見られる。石灰改良における塩分添加の作用については明かではないが、Lees等³⁾の研究報告によれば、モンモリロナイトを含む粘土においては、石灰添加のみでは低結晶性のCSH (I)、アルミン酸カルシウム水和物 C_4AH_{13} (or CAH_{10})を生じること、これに対して石灰とNaClを添加した場合には、ケイ酸ソーダ・カルシウム水和物とアルミン酸カルシウム塩化物の水和物を生成し、またカオリナイトに石灰とNaClを添加するとカオリナイトの分解とCSH (I)の早期生成を促進するようだと述べている。このことは、本研究の塩分添加効果に関係あると思われる。

4. まとめ 以上の実験結果をまとめると次の通りである：石灰で有明粘土を改良する場合には、土中塩分濃度の影響について考慮する必要がある；塩分濃度が低い粘土地盤では適量の塩分を加えることにより、地盤改良をより一層促進させることができる；しかし、粘土中の塩分濃度が海水のそれに近づくとかえって効果は低下する；粘土中に微生物が生存する場合には、その生活廃棄物である炭酸ガス発生によってポゾラン反応とは異なった反応生成物を生じることがあるので、粘土の石灰改良において微生物の生存の有無は一つの重要な影響要因となり得る。

最後に、本実験の一部は本学土木工学科卒業生山内長則氏（現村本建設（株））によって行われたことに記し、感謝の意を表します。

* 参考文献

- 1) 中村六史・三浦哲彦・松田応作：有明粘土地盤に対する地盤改良材の適用上の問題と改良地盤についての現地調査，土と基礎，Vol.35, No.5, pp9~14, 1987
- 2) 見浦浩徳：粘土のポゾラン反応，昭和63年度佐賀大学工業化学科卒業研究報告書，1989
- 3) G. Lees et al.: Jour. of the Institution of Highways and Transportation, 1983, Dec.

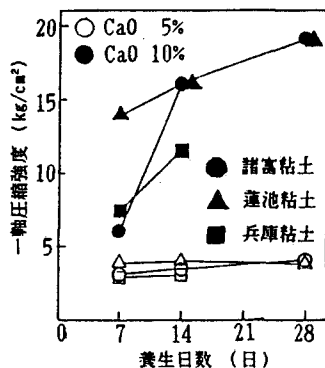


図-2 粘土別の石灰改良における一軸圧縮強度と養生日数との関係

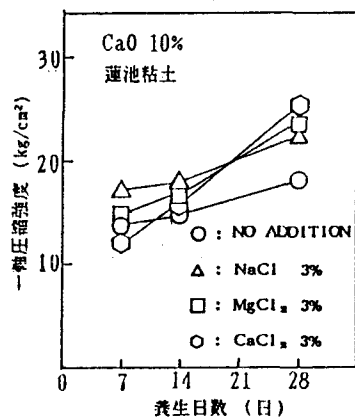


図-3 塩分別の石灰改良効果への影響

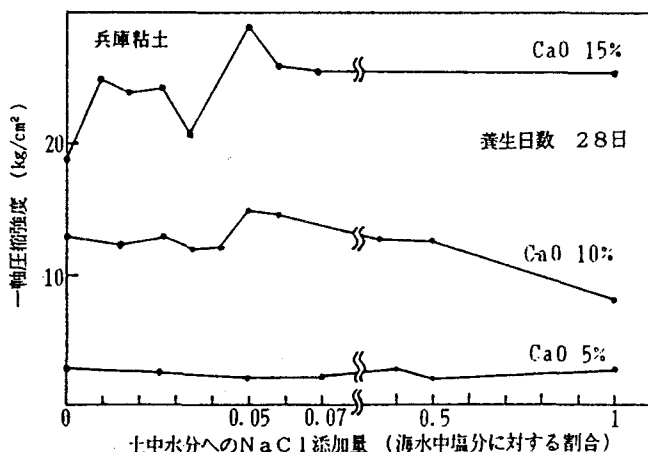


図-4 有明粘土の石灰改良に及ぼす塩分添加の影響