

石灰による土質安定処理についての一研究

森 満 雄*・阿 部 道 雄**

A Study of Lime Stabilization of Soils

by Mitsuo Mori & Michio Abe

1. Introduction.
2. Samples and Experimental Method.
3. Comparison of Test Results.
 - 3.1 Relationships among Dry Density, Water Content and Lime Content.
 - 3.2 Relationship between Lime Content and CBR.
4. Conclusion.

1. はじめに

軟弱土の安定処理の1つに土中の粘土鉱物と石灰の化学反応を利用した石灰安定処理工法がある。この工法の特徴は、土を化学反応の対象とする点にあり、ソイルセメント、歴青安定処理法などが添加剤そのものの接着力を利用するのに対して、土中の細粒分を質的に変化させ改良効果を挙げようとするものである。

石灰添加による土質の改良効果の主なもの、液性限界の低下あるいは塑性限界の増加による塑性指数の低下、吸水作用による含水比の低下、細粒分の団粒化による粒度改良、土の支持力特性の増加などである。従って含水比低下による施工性の向上、強度特性の向上は、軟弱土の盛土材料、路床、路盤材料への改良など、その応用分野は極めて広い。しかしながら多種の土に亘る軟弱土を対象とする安定処理の研究は、土質、含水量、締固め方法、密度、粉碎混合の程度、石灰添加量、養生期間、養生方法などの要因が関連するためいまだ不明な点が多い。

本報告は、ロームについて石灰添加量、養生日数、含水比を変えて処理効果に対する相互の影響を調べ、更に軟弱な自然地盤より採取した砂質土、粘性土に対する石灰添加量の効果を検討したものである。

2. 試料および試験方法

試料は表一に示す砂質土3種、粘性土3種、およびロームの7種類を用いた。砂質土

* 理工学部土木学科教授 土質工学

** 理工学部土木学科助手 土質工学

表-1 試料一覧表

	No.	w_L	w_P	w_N
砂質土	1	N. P	—	41.6
	2	N. P	—	38.9
	3	N. P	—	47.3
粘性土	4	48.7	34.7	77.7
	5	54.0	32.2	71.1
	6	61.4	38.6	95.9
ローム		72.0	35.0	105.0

と粘性土の6種については自然含水比の試料に対して乾燥重量比で生石灰を5, 7, 10, 15%の4段階に分けて加え, 供試体作成(3層67回)後, 3日空気養生, 4日水浸にて CBR 貫入試験を行なった。

ロームについては, 種々の含水比のもとで石灰添加量と CBR 値の関係を検討するため空気乾燥し4.76mm通過試料を用いた。含水比は石灰安定処理が軟弱土に対して行われることを考えて, 最適含水比より乾燥側に1点, 湿潤側に3点の計4点をえらび, 加水後24時間密封放置した後, 4通りの含水比のロームに消石灰を乾燥重量比で, 3, 5, 10, 15%の4段階に分けて加えた。突固めは, 4.5kgランマー3層67回で行ない, 供試体作成後, 3, 7, 14日空気養生後 CBR 貫入試験を行なった。

3. 結果の検討

3.1 石灰配合率と乾燥密度, 含水比の関係

図-1にロームの初期条件 $w_1 < w_2 < w_3 < w_4$ とそれに対応する乾燥密度を示す。図-2, 3は, これらの初期条件に石灰を配合した場合の含水比, 乾燥密度の変化の傾向である。石灰配合率が増加すると, それぞれの試料の含水比が低下し, 乾燥密度が増加する。

すなわち, 最も含水比の高い w_4 の石灰配合率0%より石灰配合率の増加に伴って含

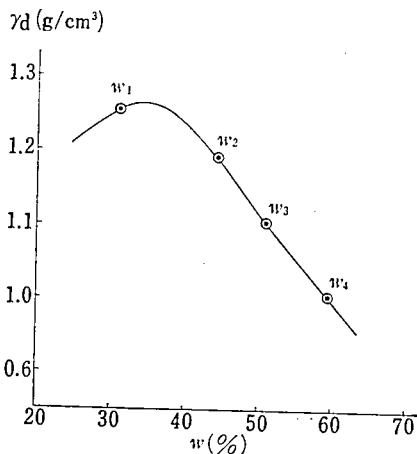


図-1 ロームの初期条件

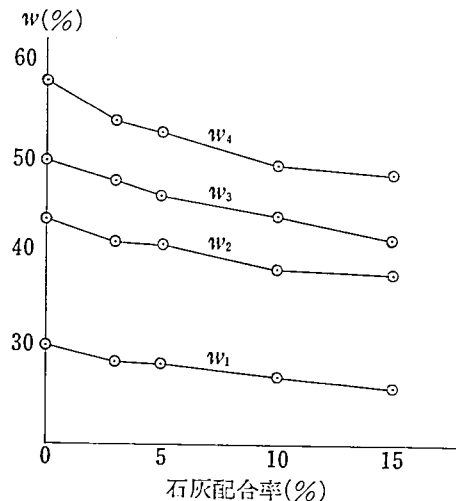


図-2 含水比の変化(ローム)

水比は低下するが、乾燥密度は、 w_4 , w_3 と連続して上昇し、 w_2 の石灰配合率10%においてピークに達し、更に、原試料の最適含水比の乾燥側にある w_1 に石灰を加えてゆくと、乾燥密度は低下し始める。

次に、砂質土 (No. 1, 2, 3) と粘性土 (No. 4, 5, 6) の試験結果について検討する。

まず、図-4において、砂質土と粘性土の乾燥密度の増加傾向に差異が生じていることがわかる。

砂質土において、石灰配合率の変化に対する密度増加の傾向が粘性土のそれに比べて著しく大きい。

このことは、砂質土に石灰を加えることによって、細粒分の増加により粒度が改良され、いわゆる、粒度分布のよい砂となり、その密度増加の傾向を示したものと推測される。

No. 1, 2 と No. 4, 5 の試料の密度増加率が、石灰配合率10%以上になると、やや小さくなるのは、突固め曲線に沿って密度が上昇する割合に比べて、石灰配合率が10%以上になると、単位体積重量の小さい石灰が密度を低下させる割合の方がより大きくなるためと考えられる。

ロームの結果においても、石灰配合率10%の乾燥密度より、15%の乾燥密度が、 w_2 の点において減少している。

以上より、石灰配合率の変化によって描かれる突固め曲線のピークを決定するのは、石灰量の変化に伴う含水比の変化によってできる最適含水比と、石灰量が増加すると単位体積重量が減少する、という二つによると推測される。図-5は、石灰配合率と含水比の変

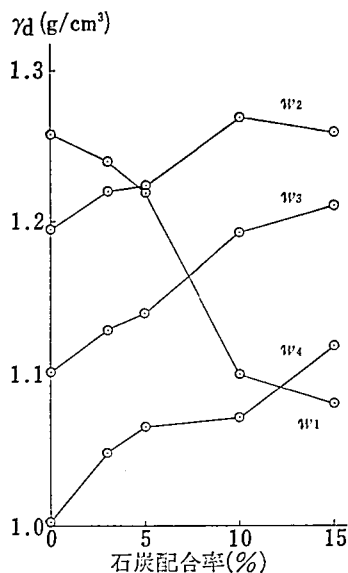


図-3 乾燥密度の変化 (ローム)

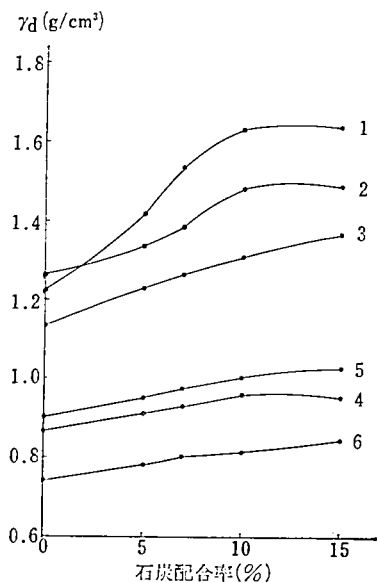


図-4 乾燥密度の変化 (砂質, 粘性度)

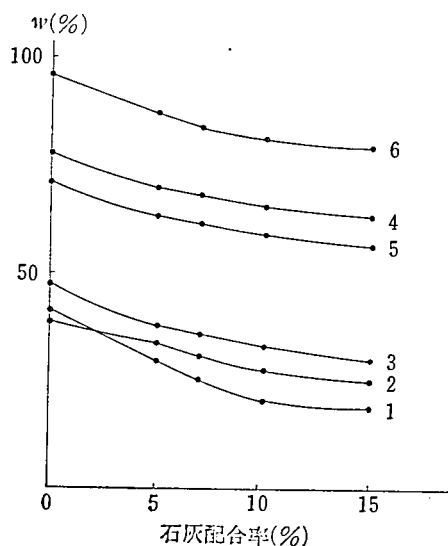
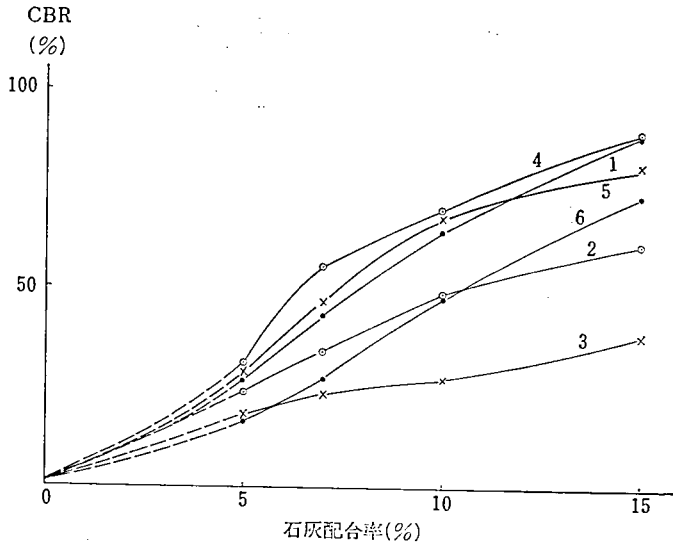


図-5 含水比の変化 (砂質, 粘性土)



図一六 CBR 値の変化 (砂質, 粘性土)

化の関係であるが、いずれもロームの場合と同傾向を示す。

3.2 石灰配合率と CBR 値

石灰配合率が増加するにつれて、CBR 値も増加している。しかし、土が粘性土であるか砂質土であるかによって、CBR 値の増加傾向にちがいが生じている。

図一六に示されるように、石灰配合率0%と15%とを比較すると、石灰配合率0%においては、砂質土も粘性土も CBR 値がほとんど同じであるにもかかわらず、石灰配合率15%においては、粘性土 (No. 4, 5, 6) の CBR 値が砂質土 (No. 1, 2, 3) の CBR 値の2倍近い値を示している。

これは、図一五における含水比の低下の傾向と、図一四で石灰配合率10%以上の密度増加の傾向がほぼ同じであるにも拘わらず、粘性土の CBR 値だけが大きく現われるのは、乾燥重量比で15%の石灰が化学作用を十分に発揮するに足る水を含んでいるか、否か、によると考えられる。

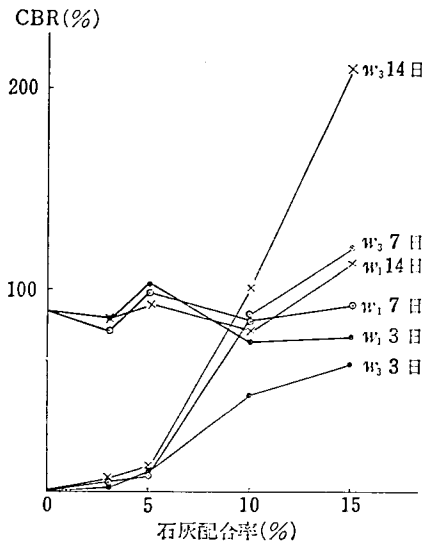
次に、図一七、八でロームの試験結果をみると、石灰配合率が大きく、養生日数が長いほど、CBR 値は大きくなるということが言える。しかし、最適含水比より乾燥側の含水比 (w_1) で作製した試料については、石灰配合率の大小も、養生日数の長短も、CBR 値には、ほとんど影響してないようである。

このことは、前述の、砂質土と粘性土の CBR 値の増加傾向の違いが含水比による、としたことと一致する。

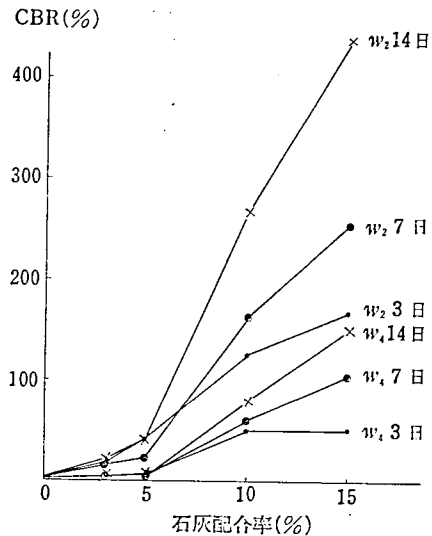
石灰配合率が3%と5%においては、含水比の低下とともに CBR 値は増加しているが、その傾向としては、石灰配合率0%の試料と同じように、湿潤側から乾燥側への移行に伴って、CBR 値は大きくなっていく。

石灰配合率が3%と5%の試料は、養生日数の変化が CBR 値に大きく影響を及ぼさない。これは、石灰の化学作用よりも、乾燥密度の大小の方が CBR 値を左右しているものと考えられる。

石灰配合率が10%、15%となると、どの含水比においても CBR 値は増加しているが、



図一七 養生日数と CBR (w_1, w_3)



図一八 養生日数と CBR (w_2, w_4)

特に、最適含水比よりもわずかに湿潤側の含水比 (w_2) における CBR 値は急激に増加し始め、しかも、養生日数に比例して、CBR 値の変化が明確に現われている。

従って、図一六における石灰配合率10%と15%の CBR 値も、養生日数を更に延長することによって、かなり増加させることができるものと考えられる。

4. む す び

今回の報告では、石灰の安定処理において、①いかなる土質が安定処理効果をよく発揮するか。②いかなる含水状態の試料に石灰を加えたら効果的であるか。の2点について検討した。

その結果は、次のようにまとめることができるであろう。

- 1) 砂質土に石灰を加えると、粘性土に比べて、急激に密度が増加するが、それが、CBR 値を高めることには結びつかない。
- 2) 粘性土に石灰を加えると、砂質土に比べて、自然含水比が高いにも拘わらず、3日間養生に関しては、より大きな CBR 値を示す。
- 3) 砂質土と粘性土では、石灰を加えたことによって生じる密度増加の機構がちがう。
- 4) 石灰配合率が10%と15%の試料については、14日間養生の CBR 値が著しく増加する。
- 5) 最適含水比よりも乾燥側にある試料に石灰を加えても、ほとんど効果はなく、最適含水比よりわずかに湿潤側にある試料に対しては、著しい効果を発揮する。

以上、本報告の結果をまとめてみたが、養生方法の選択、養生時間の延長、密度増加機構の解明、施工現場での混合程度を考えた場合の最適石灰量の選択等、種々の要因を組み合わせ、その相関関係を解明することが、今後の研究課題であると考えられる。