

# 化学工場の廃棄物（石灰カス）を添加材に 利用した土質安定処理の効果について

大原 資生\*・永田 洋文\*

Experiments of Soil Stabilization, using calcic refuse

Sukeo ŌHARA and Hirofumi NAGATA

## Abstract

In this paper, we describe the experimental results of soil stabilization, using the calcic refuse of the chemical industry.

A slaked lime has been used as an addition for the stabilization of cohesion soil.

This calcic refuse consists of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (22.5%),  $\text{CaO}$  (5.8%) and  $\text{CaCO}_3$  (56.8%) and it was mixed in soil at the rate of 5%, 7.5%, 10% and 15% power unit weight.

At this result, it was cleared that this refuse is effective on the soil stabilization as same as a slaked lime is.

## 1. 緒 言

路床ならびに路盤を対称とした添加材による土質安定処理は *A. A. S. H. O (American Association of State Highway Officials)* 道路試験の結果, その効果が確認されるようになって以来安定処理に関する多くの研究がなされている。とりわけ添加材にセメントを用いる方法はアスファルト舗装要綱に示方指針としてその規格は明確化されているが, 石灰あるいは石灰フライアッシュによる方法はセメントに比較した場合に強度の点で劣るという考えからまだ明確化されていないようである。だが石灰を使った場合の土質安定処理ではこれが水硬性といった特異的な性質があることにより長期間にわたってそれによる強度の増加が認められたので最近ではその研究, または施工にも試みられている。これらに使用せられるものは概して純製品によってまかなわれるのが現状のようである。一方化学工場で排出される石灰を主成分とする石灰カスなどは工場においてその処分に苦慮しており, 一般に埋立土として用いられているが, 造られても地盤は軟弱なものとなる。そこでこれが土質安定処理の添加材として使用しうるものであれば廃棄処理による用地確保あるいは経済性の観点から再評価されるものとなる。このような見地からわれわれは実験, 検討を試みた。その結果について述べる。

## 2. 石灰カス, 試料土および実験方法

### 2.1 石灰カス

カルシウムを主成分とするものであろうと予想され, EDTA 滴定によるカルシウム分析を行なった結果,  $\text{Ca}(\text{OH})_2=22.59(\%)$ ,  $\text{CaO}=5.8(\%)$ ,  $\text{CaCO}_3=56.8(\%)$  であった。安定処理用の消石灰は一般に *JIS. R9001* に準拠されたものを使用しているのが現状のようであり, それによると規格成分  $\text{CaO}=65.0(\%)$  以上されている。それと比較すると相当  $\text{CaO}$  の含有率が少ない。Fig.1 でみられるように色は消石灰と同じように白色を呈している。この石灰カスは屋外

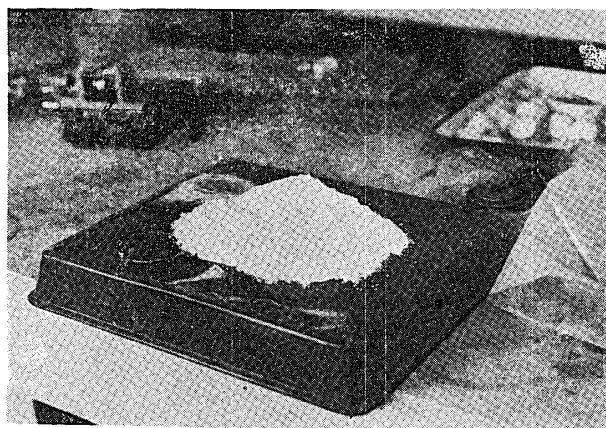


Fig.1 Calcic refuse

\* 土木工学教室

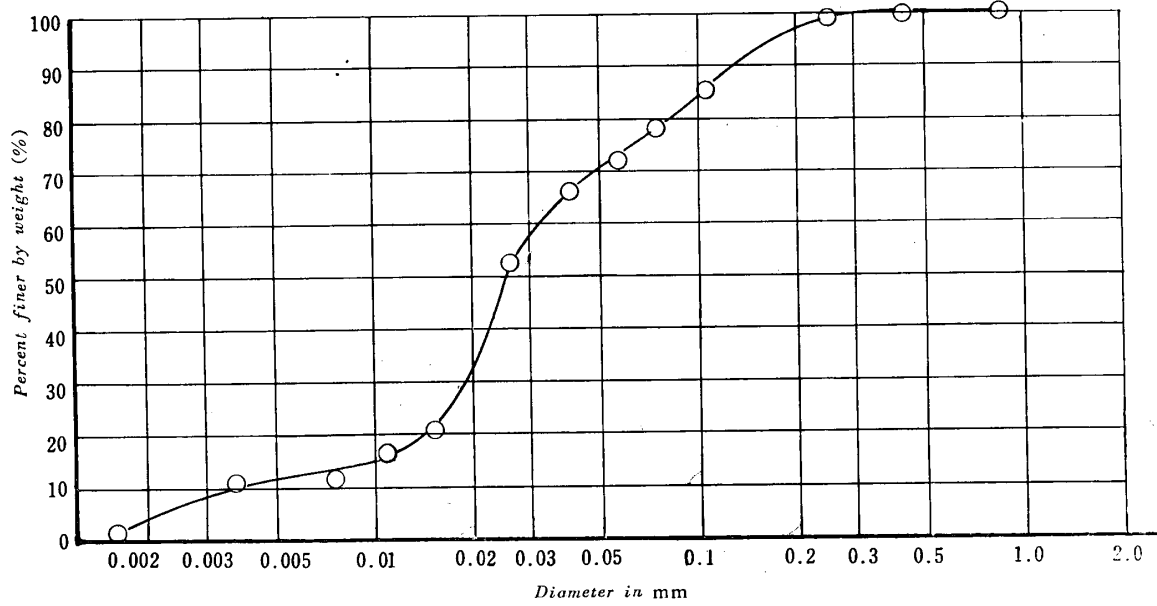


Fig. 2 Grain-size distribution curves

放置されているため自然含水比はほぼ70(%)と高いものであった。これを空気乾燥後粉砕し2.0mm フルイでふるい粗粒のものを除いて乾燥炉で乾燥した後に添加材として使用した。粒度分布は Fig. 2 に示す。粒径からはシルト質となる。また真比重  $G=2.58$ 、液性限界  $WL=60.4(\%)$ 、収縮限界  $Ws=49.7(\%)$  で

あった。

2.2 試料土

真砂土、蛇紋岩風化土、宇部海底粘土の3種の土を使用した。統一土質分類法によればそれぞれ *SP*、*SC*、*CL* であった。それらの粒度分布は Fig. 3 に示した。またこれらの物理的性質は Table 1 に示す。

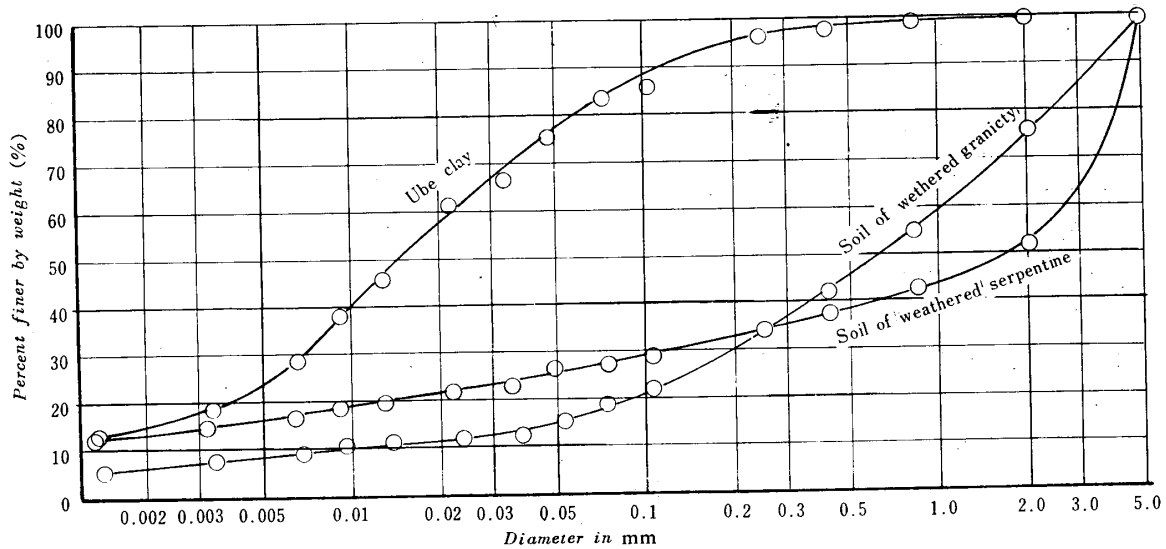


Fig. 3 Grain-size distribution curves

Table 1 The nature of soil

| Soil                         | Specific gravity | Liquid limit (%) | Plastic limit (%) | Shrinkage limit (%) | Unified soil classification system |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| Soil of weathered serpentine | 2.754            | 45.6             | 20.8              | 28.5                | SC                                 |
| Soil of weathered granite    | 2.650            | —                | —                 | 29.8                | SP                                 |
| Ube clay                     | 2.667            | 49.6             | 27.4              | 21.5                | CL                                 |

風化土，真砂土では気乾後4.8mmフルイを通過したしの使用した。

2.3 実験方法

添加はそれぞれ土の乾燥重量に対して添加率が 0, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0(%) となるようにして行なった。これら各添加率よっての強度および物理的性質の変化をみるために修正 CBR 試験，アッターベルグ限界試験を行なった。CBR 試験にさきだって，添加率 0, 7.5, 15.0(%) について各々の混合土について JIS, A1210のうちの呼び名第2の a に示す方法に従って最適含水比 OMC，最大乾燥密度  $\gamma_{dmax}$  を求めた。その結果が Fig.4 である。これらは添加率が増加するにつれ OMC の増加， $\gamma_{dmax}$  の減少がみられ添加材に消石灰を使用した場合と同じような傾向がこの実験でもえられた。各添加率にしたがって，石灰カスを添加した混合土は石灰カスを添加しない同じ試料土の OMC に等しい含水状態にして一昼夜湿潤箱に放置後，各添加率についてそれぞれ92, 42, 17回と落下回数を変え CBR 試験用の供試体を作製し，4日間水浸後，貫入試験を行なった。Fig.4 で明らかのように添加率の増加にともなって混合土の OMC は少しずつ変化するので，本来ならば混合土の OMC を一々求めてそれぞれの OMC で供試体を作製するのが妥当であろうが，われわれは混合土の OMC は見掛けの OMC として考えたので試料土の OMC によって供試体を作製した。

3. 実験結果および考察

Fig.4 から各添加率に相当する  $\gamma_{dmax}$  (5.0, 10.0

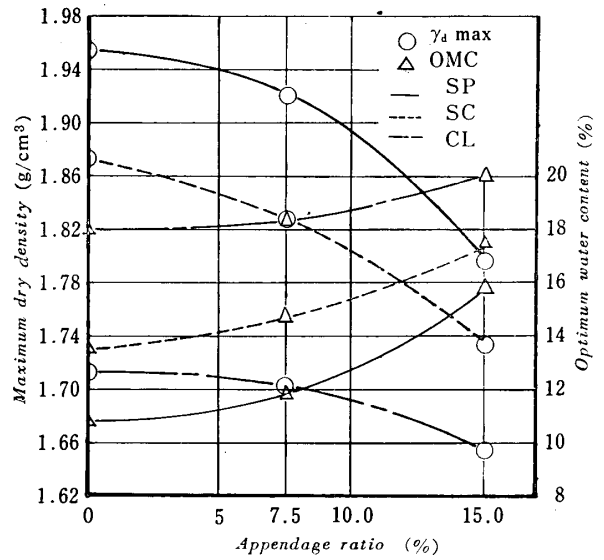


Fig. 4 The relation between  $\gamma_{dmax}$ , OMC and Appendage ratio

(%)については推定) がえられたので乾燥密度  $\gamma_d$ ，含水比  $w$ ，CBR 各値よりおのおの  $\gamma_{dmax}$  の95(%) に対応する CBR 値を修正 CBR として Fig.5 に一例を示した。また各添加率について修正 CBR をまとめたのが Fig.6 である。これよりわかるようにある添加率までは添加材の効果は顕著に現われないといった結果が見られ，最適添加率といったものが考えられる。これは各添加率ごとに混合土の OMC が変化することを考えずに供試体作製を行なったためという疑問もあるが，図中の□印は3種類の試料について添加率が15.0(%)でその添加率での OMC の状態で供試体を作製し CBR 試験を行なったときの修正

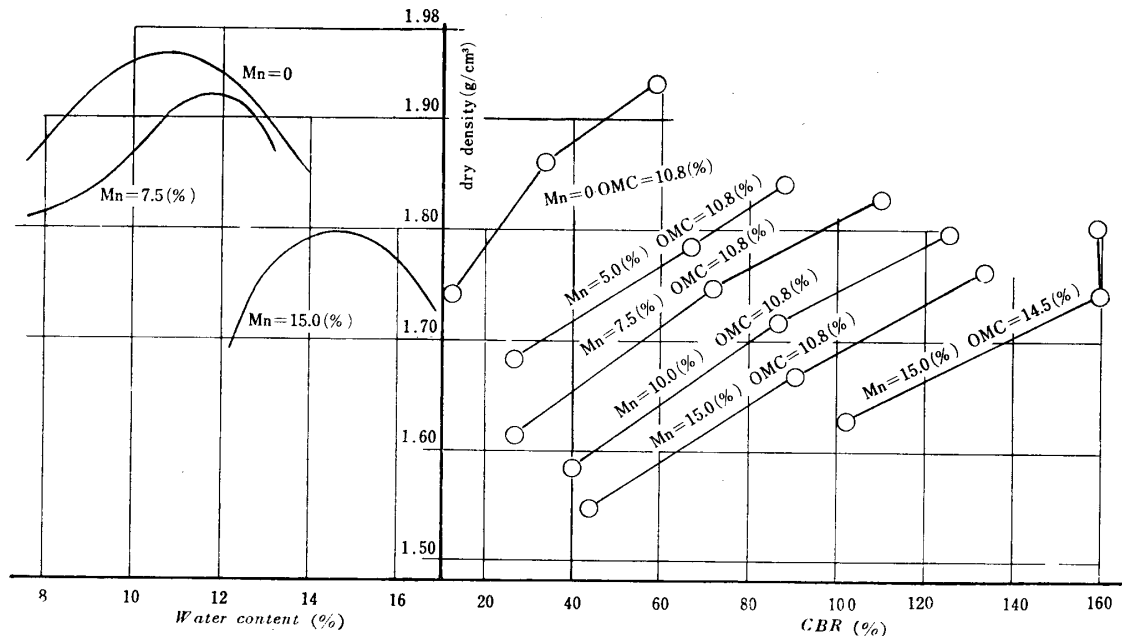


Fig. 5 The relation between  $w$ , CBR and  $\gamma_d$

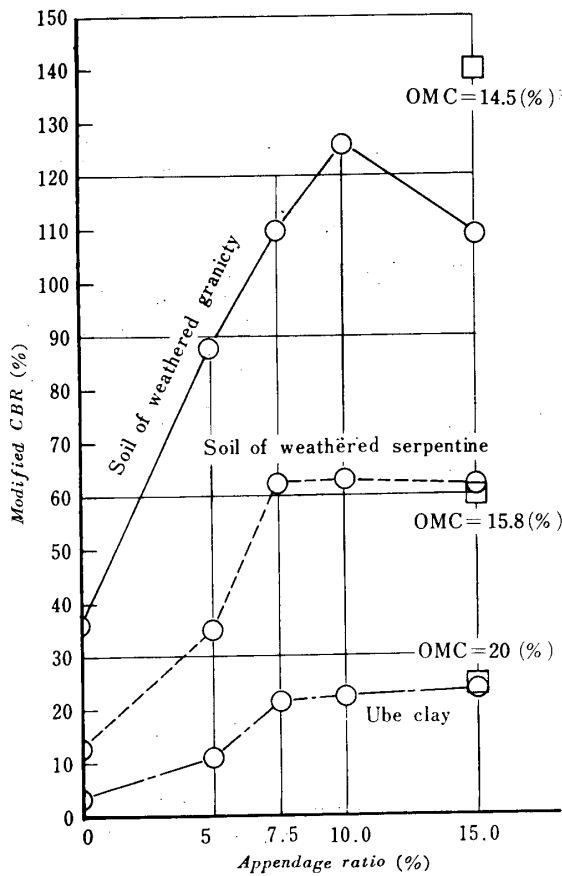


Fig. 6 The relation between modified CBR and appendage ratio

CBR 値を示したものである。真砂土を除いては両方の修正 CBR 値はほとんどよく一致しており、OMC のちがいによる影響はみられなかった。これから強度増加にともなう化学的な因子としては<sup>1)</sup>、石灰法による場合にあってはポゾラン反応といわれ、石灰が土粒子間ゲキに充填された状態で転圧をうけ比較的長い時間のうちに土と石灰とは接着反応を起こすものと考えられており、この石灰カスも石灰法にもとづくものと推測される。間ゲキ比の減少が生じるときは一般的の土質にあっては、強度は増加されるが、Fig. 4 からの  $\gamma_{dmax}$  の 95(%) と石灰カスの添加による真比重  $G$  の減少変化は次式で示されると考え、 $G = (nG_p + G_s) / (1+n)$ 、( $G_s$ : 試料土の真比重、 $G_p$ : 石灰カスの真比重、 $n$ : 添加率) この式からそれぞれの添加率に相当する比重より各添加率について間ゲキ比を計算し、その結果を図示したものが Fig. 7 である。Fig. 4 の  $\gamma_{dmax}$  曲線でみられた密度の減少の傾向と Fig. 7 の結果はよく一致するものであり、添加率の増加によつての CBR 値の増大は間ゲキ比の減少ではなく、添加材の化学的反應が原因と考えざるをえない。結局、添加率の増大は添加材の化学的反應によつて混合土の

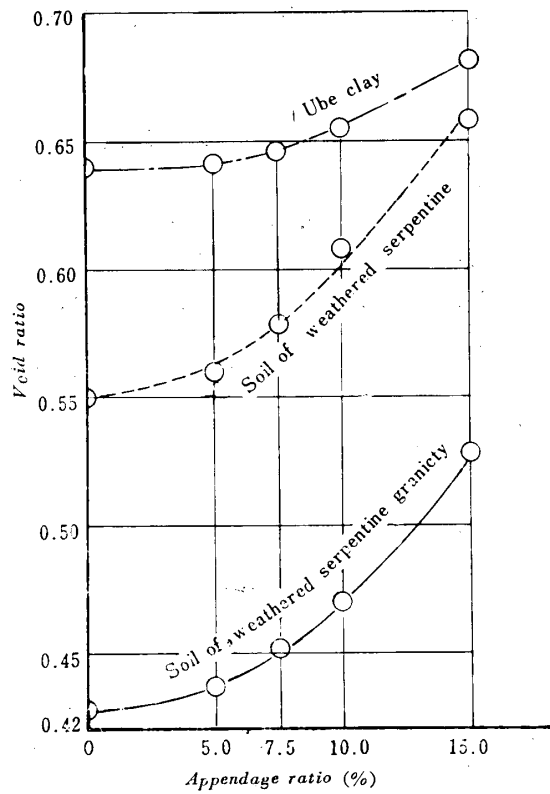


Fig. 7 Void ratio of  $\gamma_{dmax} \times 0.95$

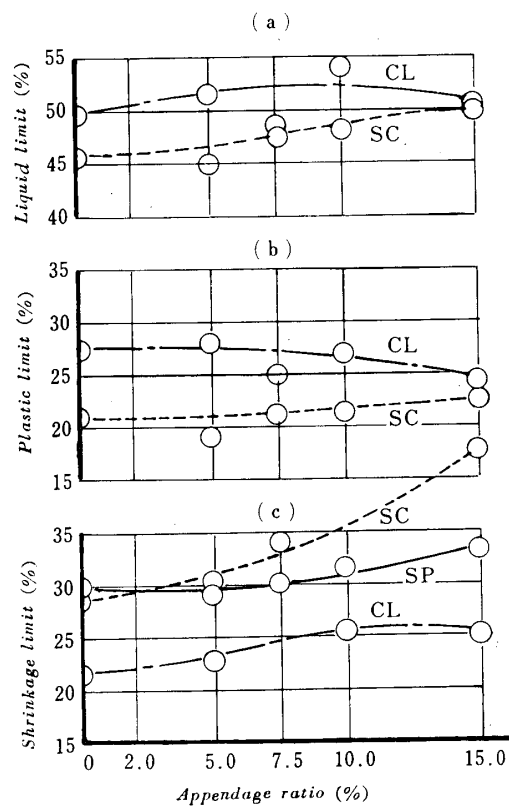


Fig. 8 Atterberg limit (%)

強度を増大する一方、間ゲキ比の増大の原因ともなり、前者の強度増加と後者の強度の減少とのかねあい

によって限界添加率が生じるものと考えられる。また Fig. 8 (C) に示した添加率と収縮限界 *WS* の関係にあつては添加率が增大すると収縮限界も増大することがわかり、このことから添加率が大となると間ゲキ比の増大することがわかるが、間ゲキ比の大きいままの状態に固体状になるということを示すことでも興味のあることで、化学反応説をうらづけるものであろう。

#### 4. 結 語

以上述べたように本実験の結果よりこの石灰カスは

土の安定処理のための添加材としてかなりの効果のあることが考えられる。そしてこの石灰カスを土の添加材として使用する場合には<sup>2)</sup>、道路路盤の支持力設計指針に従って定めると、それに必要な石灰カスの添加率は Table 2 のようになる。現在化学工場の廃棄物として捨てられている石灰カスの有効な利用として簡単な実験を試みたが、石灰法にもとづく安定処理の添加材としてはそれとほぼ同じような結果がえられ、この石灰カスの土の安定処理への利用も充分に考えられるものと思われる。

Table 2 Appendage ratio which makes itself at subgrade

|                | Soil of weathered<br>serpentine | Soil of weathered<br>granicty | Ube clay |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| Lower subgrade | 2 (%)                           | 0 (%)                         | 7.5(%)   |
| Upper subgrade | —                               | 4 (%)                         | —        |

本実験の定量分析は現通産省（元衛生工学講座助手）松尾信氏によって行なわれたものであり、また実験については本学土木工学科学学生崎本君の助力を得たことを付記し謝意を表す。

- 1) 土質工学ハンドブック, 「土質改良と安定処理」土質工学会, (1965) p.761
- 2) アスファルト舗装要綱, 日本道路協会, (1967) 付録p. 4, p.1

(昭和45年9月12日受理)