

住友金属 (株) 山 本 親 志

住友建設 (株) 上 原 精 治

○ 住友建設 (株) 山 本 隆 治

I. まえがき 筆者らは数年来、産業廃棄物の再利用という事で排煙脱流石膏を土木材料に用いる研究を行ってきた。このうち、製鉛業でやはり副製される高炉水砕スラグ及び石灰等を用いた複合材料とし、地盤改良効果とあわせて、製造方法においてコストダウンにも務め地盤改良材を開発した。ここではこの安定処理材の脱水固化の原理、及び実験結果について述べ、この材料の可能性について検討したものである。尚、当材料の単価は既製の材料の半分程度の見込みである。

II. 地盤改良材の概要 本改良材(以下SGL材と呼ぶ)は水砕、排脱石膏(2水石膏)、消石灰より成っている。その土壌固化作用は水砕中、さらには土粒子中のアルミナ源が石膏、消石灰、及び土壌中の水分と反応しエトリングアイトを生成する。この反応によって土粒子と固結し混合土の強度増加を図るものである。さらにその際、多量の水分を結晶水として固定するので含水比を低下させ強度増加に寄与している。この反応性状を検討する為に当材料を $\omega_c=0.5$ のペーストとし20℃で所定の養生を行った試料をX線回析及びSEM(走査型電子顕微鏡)により観察を行った。X線回析により求めたエトリングアイト生成量の経時変化を図-1に示す。エトリングアイト生成量が時間とともに増加しているのが見られる。図-2は試料のSEMによる破面の写真例である。エトリングアイト針状結晶が水砕表面に2 μ m程度生成しているのがわかる。尚、SGL材の成分からエトリングアイトの固化作用の他に下記のような反応も起きている事が充分に考えられるが現在の所この反応による水和物の定量には成功していない。(現在検討中である。)

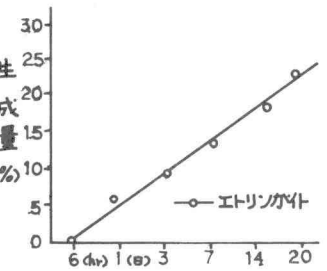


図-1 反応物の経時変化

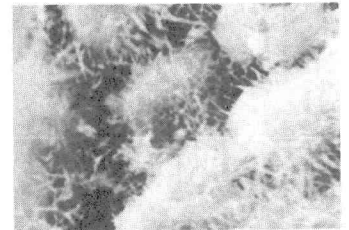


図-2 試料のSEMによる写真

1. SGL材自身がバトベルモライトゲル アルミン酸カルシウム等を生成する。

2. 消石灰、石膏がアロフェン、ハロイサイト等の土壌成分と反応し、いわゆる広義のポズラン反応を起す。

III. 各種土に対する室内改良実験 これまで室内において4種の土に対しSGL材の混合による改良効果の試験を一軸圧縮試験及び室内CBR試験によって行った。その結果を以下に述べる。また試験に用いた土の土性値を表-1に示す。

(1) 砂に対する実験 (1)実験方法 一軸圧縮試験----試料土の含水比を最適含水比より2~3%湿润側に、又、湿润密度を1.9 γ_w になるよう5 ϕ の供試体作成用モールドに、プランジャーにて圧縮し作成した。養生は試料の含水比が変化しないようパラフィンで包み、20℃の室内にて養生した。尚、改良材の添加は、試料の乾燥重量に対し、3%、5%、10%の3種とし、モルタルミキサーにて攪拌した。

CBR試験----試料の調整及び改良材の添加方法は一軸圧縮試験と同様にし、15 ϕ のモールドに3層92回突き固め 20℃の水の中に養生した。

(2) 試験結果 一軸圧縮試験結果を図-3に示す。SGL材については添加率3%材令1週で6%、5%で7%の強度が得られた。また、添加率及び材令に比例して強度の増加が見られ、材令28日以上においても、強度

表-1 試料土の土性値

	砂	マサ土	凝灰岩風土	沖積シルト
最適含水比(%)	13.6	11.7		
比重	2.661	2.672	2.654	2.65
粒度	砂	50	0	2.4
シルト	9	8	75	56.6
粘土	1	2	25	40.6
液性限界(%)			42.5	71
塑性限界(%)	N.P	N.P	37.5	37
日本統一分類	S M	S M	S M	CH
採取位置		広島県	岩手県	東京都

が増加するものと思われる。CBR試験結果を図-4に示す。図が示すように無処理土においてCBR値は20%程度であるが、添加率3%材令1週で100%以上の値を示し、4週においては200%の値を得た。以上の結果より砂質土については3~5%の添加によって充分な改良効果が得られると思われる。

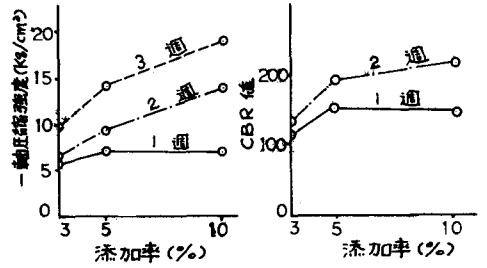


図-3 砂質土の試験結果

(2) 凝灰岩風化土に対する実験 (1)実験方法 (1)と同様の方法で行い、湿潤密度は 1.8 g/cm^3 に、添加率は試料土の乾燥重量に対し5%、10%の2種行なった。

(ロ) 実験結果 一軸圧縮試験結果を図-5に示す。添加率5%材令1週で15%、2週で18%の値を得た。以上の結果、凝灰岩風化土に対しても、かなりの改良効果があると思われる。

(3) マサ土に対する実験 (1)実験方法 (1)と同様の方法で行い、添加率は3%、5%、7%の3種とした。

(ロ) 実験結果 一軸圧縮試験結果を図-6に示す。添加率3%材令1週で4%、5%で8%、7%で12%の強度が得られ、添加率の増加に伴って、かなりの強度増加が見られた。

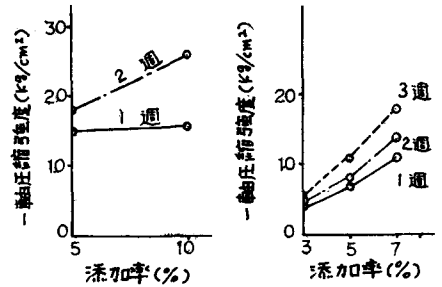


図-4 砂質土の試験結果

(4) 沖積シルトに対する実験 (1)実験方法 試料土の含水比を $LL=71\%$ に調整し、 5×10^6 のモールドにつめ20℃の水中にて養生した。尚、添加率は試料土乾燥重量に対し5%、7%、10%、15%の4種行なった。

図-5 凝灰岩風化土の試験結果

(ロ) 実験結果 一軸圧縮試験結果を図-7に示す。供試体湿潤密度は全供試体とも 1.6 g/cm^3 程度であった。一軸圧縮強度は、添加率7%以下では、材令4週を通じて強度増加が見られなかったが、10%、15%では、材令1週で0.6%、3.2%、2週で1.2%、4.7%の値を得た。沖積シルトの場合、低い添加率では強度増加は得られなかったが、添加率を10%以上することにより、地盤の改良は可能であると思われる。

図-6 マサ土の試験結果

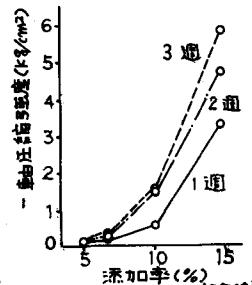


図-7 沖積シルトの試験結果

Ⅳ. 路床、路盤材としての施工例 昭和52年、岩手県一関において路床改良材としてSGL材を用い現場実験を行った。改良面積は 160 m^2 、改良厚50cm、添加率は5%、10%の2種行いバックホウで攪拌後、タイヤローラーにて転圧した。試験結果を図-8に示す。その結果、材令一週にて、添加率5%でCBR値60~100%、10%で100~150%という高い値を示し、また、タワミ測定においても両者ともタワミ量は0~0.2mmという小さい値を示した。その他、材令2週時において、ダンブによる走行試験も行なったが、改良地盤におけるクラックや地表面の変形などは全く見られなかった。

Ⅴ. まとめ 以上、SGL材について、種々の試験を行ってきたが、これら材料間の反応及び土壌中のアルミナも含んだ広義のポズラン反応によって、土の脱水固化作作用を行うエトリンがイトが生成される。その結果前述の土に対しては、添加率を適宜かえることによって種々の地盤安定処理材として利用できる見通しが得られた。しかしながら、その生成物であるエトリンがイトは、土の固化作作用に対して寄与しないと言われる一面もあり、これらの事実を踏まえて、今後この種の材料の強度発源の解明(トベルモライトゲル、アルミン酸カルシウム等の生成確認)及び前述以外の土に対しての改良効果の試験を行って行く予定である。

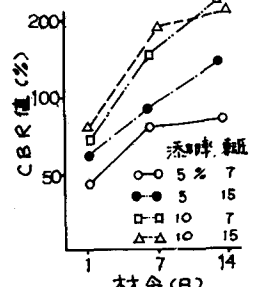


図-8 材令-CBR値

尚、この実験において、住友金属(株)、中央技術研究室の方々に御協力いただいていることを付記し、感謝の意を表します。