

日本大学理工学部 正員 淺川 美利

〇三 浦 裕 二

東亜道路工業 K.K. 川 野 敏 行

1. まえがき

ソイルセメントの性質改良，特にタワミ性の増大と耐久性の向上に関して，筆者等はリグニンおよびクレイタイプの乳剤に着目し，その利用性と効果について一連の研究を行ってきた。その結果，リグニンの添加は耐水性の改善，特に吸水性の低減という点で効果のあることが認められた。一方，電解質物質にまったく安定な細粒土やセメントとの混合も可能であるクレイエマルジョン（以下乳剤とする）の場合は，一軸圧縮試験，曲げ試験などの静的な荷重条件下においてそのタワミ性，耐水性もかなり改良できることが認められた。⁽²⁾ また，一軸圧縮試験の応力-ひずみ関係からねばり強さと比較した場合も，この乳剤がソイルセメントの改良に役立つことがわかった。

そこで今回は，ソイルセメントが主として舗装材料として利用されることを考え，それが繰返し荷重条件下におかれた場合，破壊に至るまでの繰返し回数と変形特性から乳剤の添加効果，主としてその耐久性について検討を加えた。

2. 実験の概要

a) 材料； 実験に用いた土は砂質土で，この基本的性質は表-1に示す通りである。セメントは普通ポルトランドセメント（アサノ）で

表-1 土の基本的性質

試料土	粒度組成			コンシステンシー			気乾			締固め特性	
	砂分	シルト分	粘土分	L.L.	P.L.	P.I.	含水比	OMC	T_d		
砂質土(千葉県砂)	93.0	2.5	4.5	20.1	19.4	0.7	2.5	16.0	1.60		

添加量は気乾の土に対し重量で5，10，15%とした。また乳剤（アスファルト

濃度50%，ベントナイト濃度6%）添加量は土に対し0，4，8，12%と変化させ，セメント量とのすべての組合わせについて実験した。

b) 混合方法； おのおのの材料条件について，5本の供試体を作製するに要する土と所定のセメント量を1分間ホバード型ミキサーで混合後，所定の乳剤と水を加えさらに2分間混合した。

c) 締固め方法； 供試体（ $5 \times 10 \text{ cm}$ ）の作成は，ダブルプランジャーによる静的な締固め方式による。なお事前に $T_{d \max}$ となるようにモールド容積から試料重量を求め，供試体の密度を管理した。

d) 養生方法； 成形した供試体はポリ袋で密封し， 20°C の恒温室にて6日間養生し，その後1日間水浸させて試験に供した。なお5本の供試体のうち，3本は静的な一軸圧縮試験に，残り2本を繰返しの実験に用いた。

表-2 一軸圧縮強度 (kg/cm^2)

e) 繰返し荷重による圧縮試験； 繰返し応力の条件は，その供試体の平均一軸圧縮強度（表-3参照）の30，45，55，60%の4点としたほか一定応力（ 12 kg/cm^2 ， 9.5 kg/cm^2 ）のふたで行なった。

乳剤 %	0	4	8	12
5 %	13.0	11.9	7.8	8.2
10	26.8	26.0	20.0	21.0
15	34.4	33.5	27.6	28.3

繰返し載荷の周期は1サイクルを3秒とし、1サイクル中の載荷時間と除荷時間はおのおの1.5秒とした。繰返し応力の波形は矩形で、図-1は試験機のロードセルからオシログラフで記録した時間-応力の関係を示したものである。

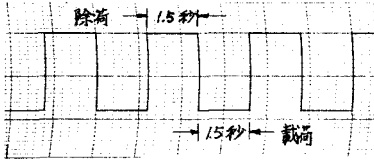


図-1 時間・応力関係

試験中供試体は20℃に保たれ、ヒズミはダイヤルゲージにより載荷時の全ヒズミと、除荷時の残留ヒズミを測定した。

3. 実験結果の考察

実験の結果は図-2にその一例を示すように、すべて繰返し回数($\log N$) - 全ヒズミ(ϵ)の関係で整理した。

$\log N - \epsilon$ 関係はすでにSeedほかの多くの文献にみられるように、ある繰返し回数までは直線的な関係にあることが知られている。しかし荷重強度がある程度大きくなると、ある繰返し回数からはヒズミの増加割合が急激に増大しついに破壊に至る。そこで $\log N - \epsilon$ 関係において単調なヒズミの増加が不規則に増大しはじめるときの繰返し回数を仮りに降伏点(N_i)としそのときのヒズミ(ϵ_i)、ならびに破壊時の繰返し回数(N_f)とそのときのヒズミ(ϵ_f)に着目し、荷重強度を考慮して以下結果の考察を行なう。(注: 図の繁雑さを避けるためセメント量15%については省略した)

3-1. (N_i) と (ϵ_i) について

乳剤添加量と(N_i)の関係をセメント量別に示したのが図-3である。個々の静的一軸圧縮強度に対する同一百分率の繰返し荷重強度のもとでは、乳剤が加えられることによってソイルセメントの耐久性は向上するこが知られる。特にセメント量が10%のとき、乳剤添加量8%で最も大きな効果な期待できるようである。しかし(N_i)の増加には、乳剤の添加よりもセメント量の方がより大きく影響する。

図-4は、(ϵ_i)と乳剤添加量の関係を示したものである。乳剤の有無にかかわらず(N_i)でのヒズミはほぼ同じであるといえるが、セメント量が増加するに従い、乳剤の影響が現われ

繰返し回数(N)

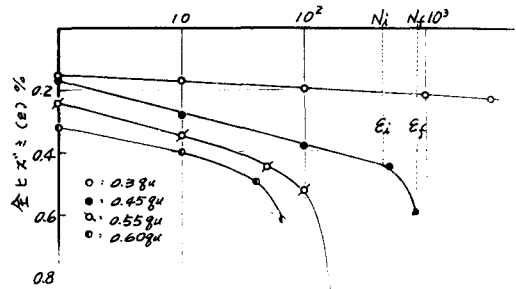


図-2 $\log N - \epsilon$ 関係の一例

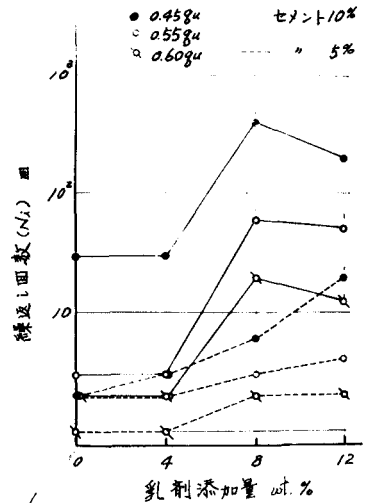


図-3 乳剤添加量と(N_i)の関係

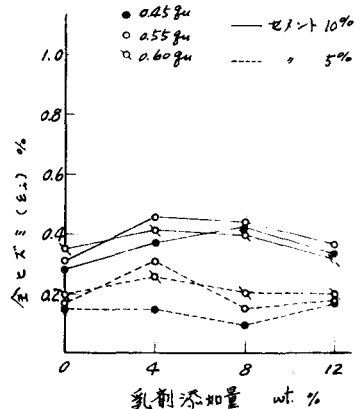


図-4 乳剤添加量と(ϵ_i)の関係

多少ヒズミは増加するようである。これはセメントや乳剤量による影響だけでなく、繰返し回数の増加に伴う影響が大きいものと思われる。

3-2. (N_f) と (E_f) について

乳剤添加量の増加に伴い破壊に至る繰返し回数が増加するのは (N_i) と同様である (図-5 参照)。(N_i) にはセメント量の効果が比較的特著に影響していたが、破壊に近くなると乳剤の効果は高まり、(N_f) の増大に有効に働くようである。

図-6 は乳剤添加量と、(E_f) の関係を示したものである。破壊時のヒズミは、乳剤を加えないものにくらべて、乳剤添加量が増加するに伴い著るしく増大する。特にこの傾向はセメント量の少ない 5% の場合に明瞭に現われる。

また、乳剤が加えられないソイルセメントは、繰返し荷重強度が大なるほど小さいヒズミで破壊するが、乳剤が加えられるとヒズミは大きくなる傾向にある。

3-3 降伏点から破壊に至るまでの繰返し回数について

降伏点から破壊に至るまでの特性を知るために、($N_f - N_i$) と乳剤添加量の関係を示したのが図-7 である。これからわかるように、乳剤添加量が増加するに従って当然のことながらこの回数も増加している。これはソイルセメントがゼイ性的な破壊から、乳剤が加えられたことによって延性的な破壊の様相を呈するためと思われる。

3-4 繰返し荷重強度と繰返し回数について

材料の疲労特性を表わす破壊時における繰返し載荷回数と荷重強度の関係をセメント量 10% の場合について示したのが図-8 である。これから考えられることは、乳剤を加えることによって疲労の傾向がまったく変わることである。たとえば、荷重強度が 10 kg/cm^2 以上では応力による破壊が支配的となり、乳剤添加量が少ないほどすなわち強さの大なるものほど破壊に至る繰返し数は増大する。しかし 10 kg/cm^2 以下の荷重強度にあっては、反対に乳剤添加量の多いものほど破壊に至る繰返し回数は増加する傾向にあり、セメントだけによる欠点乳剤によって改善される。このようにある荷重強度以

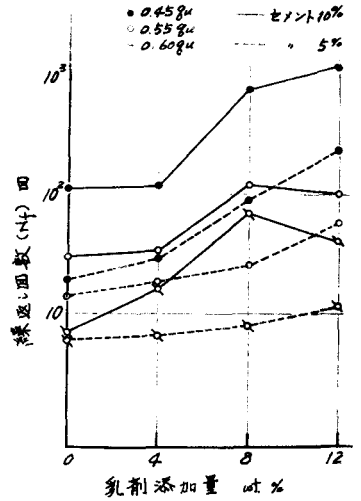


図-5 乳剤添加量と (N_f) の関係

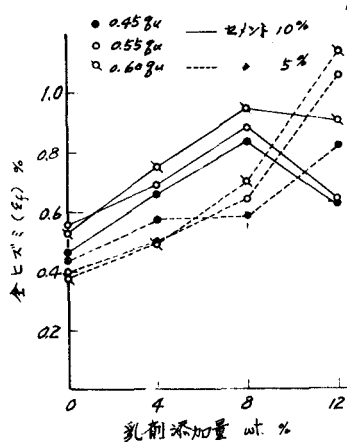


図-6 乳剤添加量と (E_f) の関係

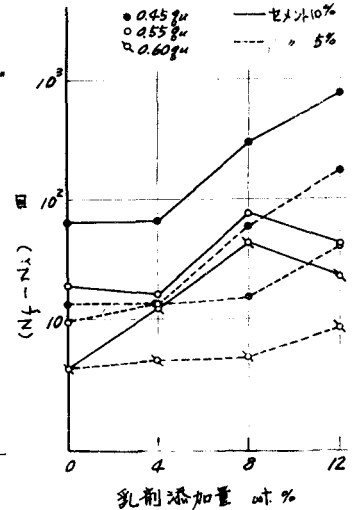


図-7 乳剤添加量と ($N_f - N_i$) の関係

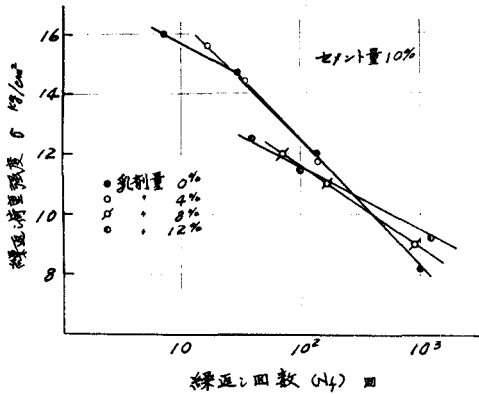


図-8 荷重強度と (N_f) の関係

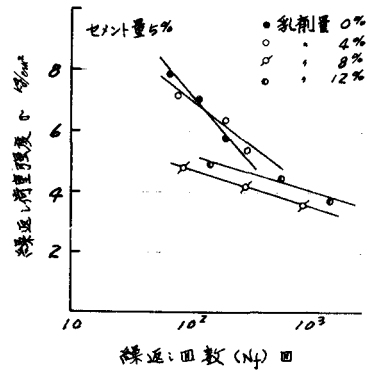


図-9 荷重強度と (N_f) の関係

下で乳剤の効果が現われる傾向はセメント量が5%のときにも認められるようである(図-9参照)。

前にも述べたように供試体への繰返し応力は、その供試体の静的一軸圧縮強度に対する同一百分率によって定めた。したがって乳剤を加えたソイルセメントは、その強さもある程度低下しているため、その百分率は同じであってセメントのみのものにくらべて小さい応力条件下で試験されていることになる。そこで一定

繰返し応力の条件下で試験を行なった結果は図-10に示す通りである。荷重強度の条件は、疲労特性に変化をあたえらると思われる 10 kg/cm^2 の前後で、 12 kg/cm^2 と 9.5 kg/cm^2 を取りあげた。荷重強度が大きいとき、セメントだけのものの方がより長い繰返し載荷に耐え、乳剤添加量が増大するに依って (N_f) は低下している。しかし破壊時のヒズミは反対に増加する傾向にある。一方荷重強度が小さくなると、まったく逆の傾向を示すことがうかがわれ、セメントだけのものは他のものにくらべて比較的急に破壊へと進行する。

以上のことからソイルセメントが微小変形で破壊するという欠点は乳剤によってある程度改善されるものと考えられる。

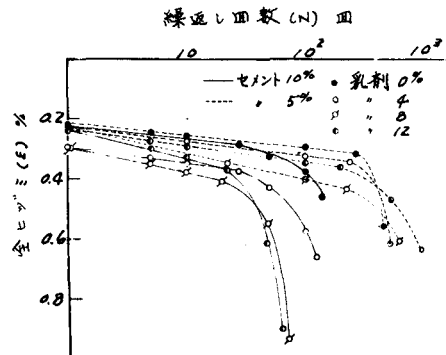


図-10 荷重強度の大小による $\log N_f$ - ϵ 関係の相異

4. あとがき

以上繰返し試験を用いて動的な荷重条件下にあるソイルセメントの性質を調べ、乳剤の効果について検討を加えた。今後とも実験を続行し、載荷周期の影響、疲労問題等を含めてさらに検討を加える予定である。実験にあたって協力下さった本学交通工学科舗装材料研究室の諸兄に深謝の意を表す。

(1) 第20回土木学会年次学術講演会概要集 第14部 61-1~2

(2) 第21回土木学会年次学術講演会概要集 第14部 92-1~3

および第1回土木工学学会土木工学研究発表会講演集 pp. 103 ~ 107