

金沢大学工学部 正員 加場重正

シ シ 川村満紀

シ 学生員 ○大浦 隆

1. 目的

路盤材料としてのソイルセメントは、繰返し荷重を受けるので、配合および構造設計上、圧縮繰返し荷重下における変形特性を明らかにすることは非常に重要な問題である。なかで舗装表面沈下量に關係の深い非回復性変形について実験的に検討することは合理的な舗装設計を行うにあたってきわめて重要である。本報告は全ひずみ（回復性+非回復性ひずみ）の繰返し回数による増加状況および圧縮強度、弾性係数、ポアソン比の変化について、粘性土および砂質土を使用したソイルセメントの特徴を実験的に比較検討したものである。

2. 方法

目標強度がアスファルト舗装軽交通条件（ 20 kg/cm^2 ）に相当するように配合設計を行なったが、実際には $23 \sim 27 \text{ kg/cm}^2$ のソイルセメントが得られた。決定されたセメント 表1. 試料の物理的性質

量は、砂質土については7.3%、粘性土では17.5%であった。ここで砂質土、粘性土の物理的性質は表-1の通りである。養生条件は恒温恒湿（ $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $R.H. 80\%$ ）内で7日間非水浸養生した。また供試体の含水比の変化を防ぐために、パラフィンワックスと硫酸紙で密封した。繰返し荷重試験は一軸圧縮荷重繰返し試験機（島津社製サーボ・バルサー）を使用し、試験中の乾燥を防ぐために供試体はゴムスリーブで密封した。応力条件は下限2〜上限10 kg/cm^2 、下限6〜上限14 kg/cm^2 のように平均応力を増加させ、応力振幅は一定（ 8 kg/cm^2 ）とした。そして30、100、300、1000、3000、1万、3万、10万、30万、の各回数ごとに一軸圧縮試験を行ない、圧縮強度、ポアソン比、弾性係数（強度の1/3点における割線弾性係数）を求めた。なお繰返し載荷中の縦方向全ひずみは差動トランスミサミ計によって測定した。

名称	砂質土	粘性土
石分 (%)	33.4	76.3
シルト分 (%)	40.6	15.3
粘土分 (%)	26.0	8.4
L.L (%)	51.14	
P.L (%)	39.20	
P.I (%)	11.92	
O.M.C (%)	27.5	
M.D.D (g/g)	1.417	13.6
比重	2.66	1.903

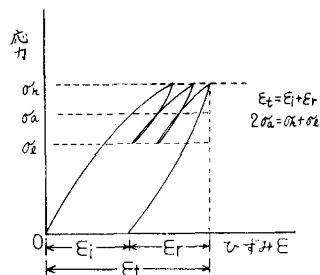


図-1

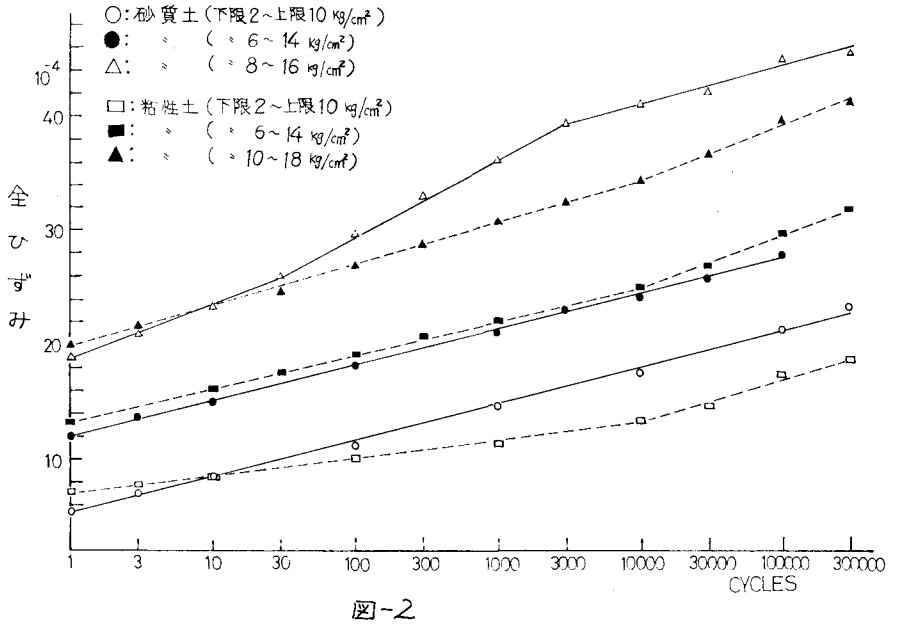
3. 実験結果と考察

(1) 全ひずみ、回復性および非回復性ひずみ

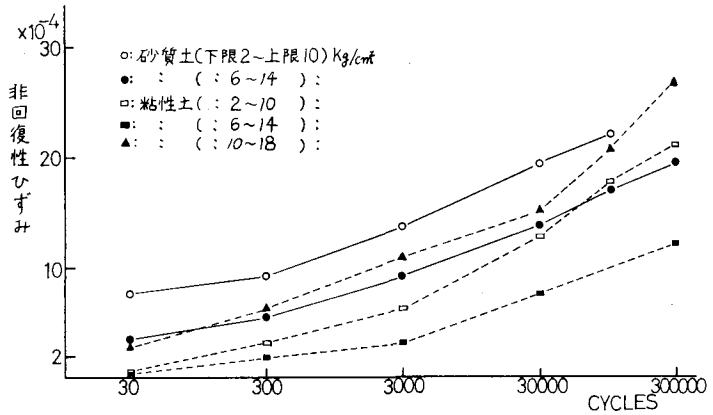
ここで全ひずみ（ ϵ_t ）、回復性ひずみ（ ϵ_r ）、および非回復性ひずみ（ ϵ_s ）を図-1のようにとる。くり返し回数増加にともなう全ひずみの変化をみると図-2のようである。粘性土では本実験の応力条件の範囲内ではたがいにはほぼ平行な曲線となり、1万回前後で増加割合がやや大きくなる。砂質土では低い方の2つの応力条件下ではたがいには平行な直線となるが、最高応力下のものは3000回まで他のものよりこの割合が大となり、その後また低下し、全体として粘性土よりかなり大きな全ひずみを示す

くり返し回数

と非回復性ひずみ(ϵ_i)の関係を
示すと図-3の
ようである。強
度のばらつきの
ために各応力条
件における砂質
土と粘性土の非
回復性ひずみ増
加傾向の厳密な
比較ができない
が全体として砂
質土の強度が粘
性土より約10%
低いことを考慮



に入れても、いずれのくり返
し回数においても砂質土のう
が粘性土よりもかなり大きな
非回復性ひずみをもつことが
わかる。図-3より得られるも
う1つの特徴は砂質土、粘性
土ともに半対数座標紙で下
に凸の曲線となるが、粘性土
の高応力下のものの非回復性
ひずみの増加割合は他のもの
より非常に大きい。さらに各
くり返し回数ごとに横軸に平



均応力(σ_a)の強度に対する比をとり、縦軸に非回復性ひずみ(ϵ_i)をとると図-4のような曲線が得られ
る。これらの曲線を比較すると同じ平均応力(σ_a)/強度比に対していずれのくり返し回数においても
砂質土の非回復性ひずみは粘性土よりかなり大きいことがわかる。平均応力/強度=0.4で比較してみ
ると、30回では砂質土の非回復性ひずみは粘性土の11.3倍、300回では2.7倍、3万回では1.5倍、
10万回では1.3倍となる。このようにくり返し回数増加にしたがって粘性土の非回復性ひずみの増加
割合が大となり砂質土の非回復性ひずみに近づく。つぎに回復性ひずみとくり返し回数の関係を描
くと図-5のようである。いずれの曲線も300回まで増加し、その後30万回まで減少しつづける。特
に粘性土で平均応力/強度=0.4のものはその傾向が著しい。この点について、実験条件は本実験と

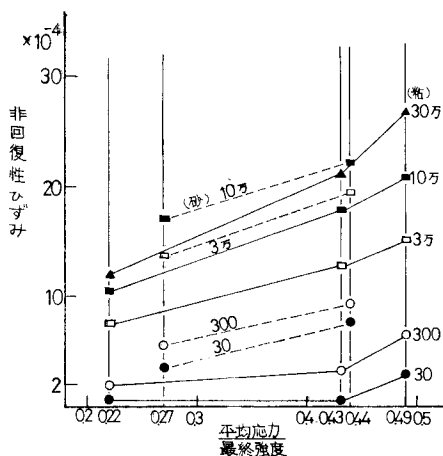


図-4

はかなり異なるが Mitchell は比較的応力くり返し載荷において同様な結果を得ている。粘性土では平均応力増加に比例して回復性ひずみは大きくなっているが、砂質土では平均応力/強度 = 0.27 のものと 0.4 のものと差は粘性土に比べて著しく小さい。このことは砂質土ソイルセメントでは受けるくり返し荷重の平均応力が大きくなっても全ひずみのうち回復性成分の大きさはほとんど変化せず、非回復性成分のみが大きくなることを示している。くり返し回数 30 回以下における非回復性ひずみの大きさという点から考えると、許容沈下量のきびしいコンクリート舗装路盤には砂質土よりも粘性土を使用したソイルセメントを適用する方が望ましいようである。

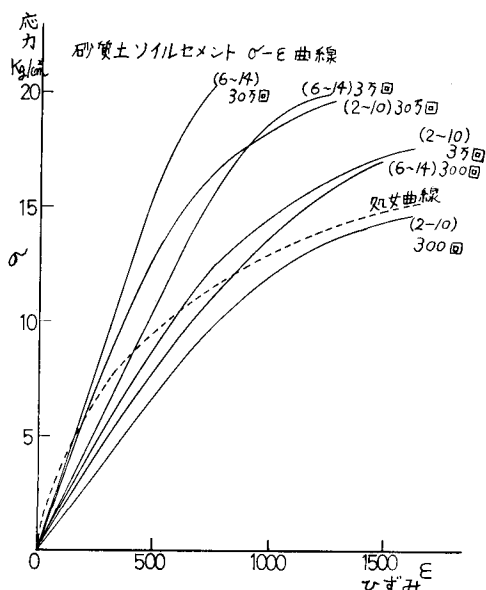


図-5

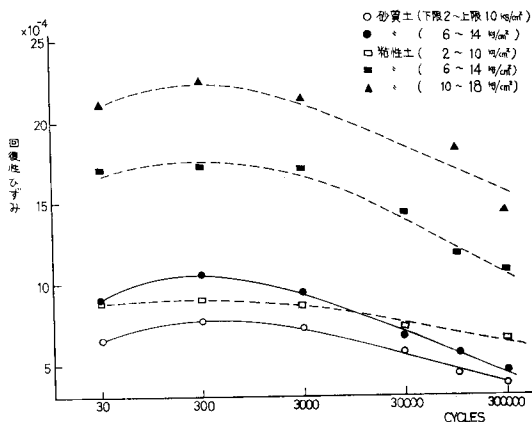


図-6

(2) 応力-ひずみ曲線、弾性係数およびポアソン比

各くり返し回数を受けた供試体の応力-ひずみ曲線を描くと図-6 のようになる。この図から明らかに処女載荷の応力-ひずみ曲線は特有の凸形であるが数 10 サイクルのくり返し荷重を受けるだけで直線化することがわかる。直線化とともに 300 回までは応力-ひずみ曲線のこう配は低下するが、その後くり返し回数増加とともにこう配は急になっていく傾向が顕著にみられる。これらの応力-ひずみ曲線にもとづいて強度の $\frac{1}{3}$ 点における割線弾性係数を求め、それらのくり返し回数による変化を描くと図-7 のようである。弾性係数の値は全体として砂質土ソイルセメントの方が粘性土よりかなり大きい。応力-ひずみ曲線からもある程度推定できるように砂質土ソイルセメントでは各応力条件ともに 300 ~ 1000 回までは弾性係数は減少しその後 30 万回まで著しく増加する。さらに平均応

力が大なるものほど弾性係数の値は大きく、両曲線とも30万回まではほぼ平行に変化する点は非常に興味深い。このことから、図-5に示された砂質土の回復性ひずみが平均応力が異なるにもかかわらずほとんど同じ値をもつのは供試体の弾性係数が相異しているためであることがわかる。

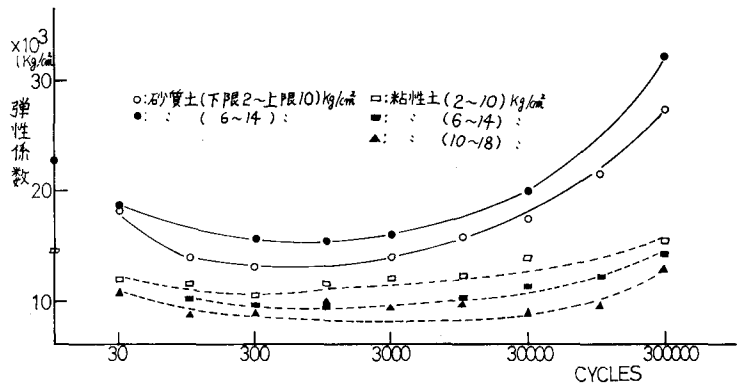


図-7

粘性土も砂質土と同様に、1000回前後までは弾性係数が低下し、その後増加するという傾向を示すが、その変動の程度は砂質土ほど大きくない。図-8はくり返し回数とポアソン比の関係を示したものであるが、くり返し载荷を受けることによるポアソン比の変化はほとんどみられない。

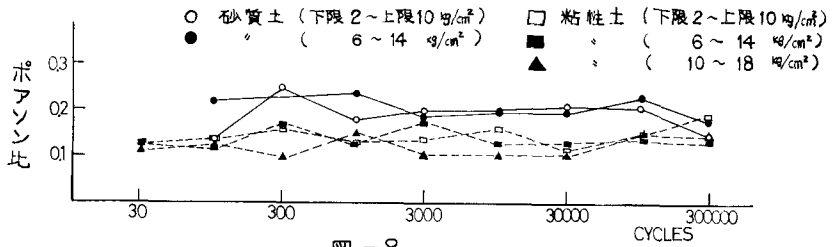


図-8

(3). 圧縮強度

くり返し荷重を受け、

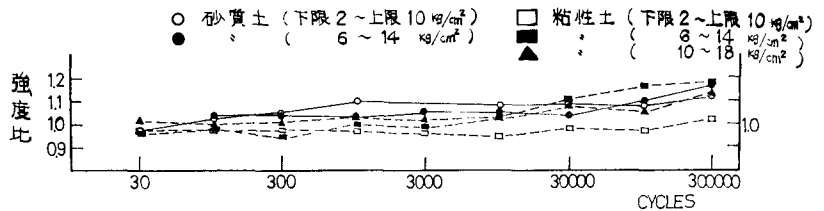


図-9

ない供試体の強度に対する各くり返し回数を受けた供試体の圧縮強度の比をとると図-9のようになる。くり返し荷重回数増加とともに次第に強度は増加しつづけ、30万回において最大約20%の強度増加がみられる。このような圧縮強度の増加は上述の弾性係数の増加に関係あるものと思われるが、この現象をくり返し载荷による供試体の締固めによる密度の増加のみによって説明することは困難なようである。くり返し载荷初期における弾性係数の一時的な低下はソイルセメント路盤のきれつ発生と減ずるよう作用し、また30万回程度のくり返し荷重を受けると、特に砂質土では弾性係数が著しく大きくなり路盤効果を高める結果となる。このようにソイルセメントが破壊に至らない程度のくり返し荷重を受けることはその工学的性質を改善することになる。したがってソイルセメントに有害な損傷を与え、いわゆる疲労破壊に至らしめる限界応力条件を確立することが合理的な舗装設計上重要であり、その方針で現在研究が進行中である。