

粘性土のときほぐし程度がソイルセメントの力学的諸性質におよぼす影響に関する研究(第1報)

金沢大学工学部 正員 棚場重正

金沢大学工学部 正員 川村喬紀

金沢大学工学部 正員 大塚伸尚

1. まえがき

一般に粘性土をソイルセメントとして使用することは経済的な面から不可能と考えられている。しかしかくなる土も経済的に粉碎することができるならばソイルセメントとして使用可能になるという考えから、粘性土のときほぐし機を作製し、すでに粘性土塊のときほぐしの機構について明らかにした。

また粘性土塊の粉碎の程度と一軸圧縮強度の関係については、その報告がみられるが、粉碎の程度の評価に不明確な点がある。

本研究は種々のときほぐし程度の粘性土をつくり出すことにより、ときほぐしの程度とソイルセメントの力学的性質の関係を明らかにしようとするものであり、ここではおもにソイルセメントを舗装路盤に使用するときの問題となる乾燥収縮ひずみとときほぐしの程度およびときほぐし時の含水比によってどのような影響を受けるかを実験的に明らかにした。また最後に一定荷重下における変形(クリープ変形+乾燥収縮変形)の特性について、砂質土を用いたソイルセメントとの比較として実験データのみをあげた。

2. 実験概要

(1). 乾燥収縮試験

(a). 使用材料の物理性質と配合

使用セメントは普通ポルトランドセメント(5社製)であり、使用土は金沢市卯辰山産粘性土である。使用土の物理性質は表-1に示す通りである。セメント量は10%で締り固め時の含水比は最適含水比である。

表-1 使用土の物理的性質

三角座標による分類	シルト質ローム
液性限界 (L.L.)	63.4 %
塑性限界 (P.L.)	30.9 %
塑性指数 (P.I.)	32.5
最適含水比	31.5 %
最大乾燥密度	1.37 g/cm ³
比重	2.54

(b). 力学試験用粘性土の作製法

現場で採取された粘性土試料を気乾後十分細くときほぐし、それを一定寸法の粘性土塊(一辺4cmの立方体)作製装置によってリモーデングし、本研究用として試作したときほぐし機によって、いろいろなときほぐし程度のソイルセメント用粘性土試料を作製した。

(c). 混合および締り固め

各種の含水比および回転速度(ときほぐし機)でときほぐされた粘性土試料に所定量のセメントを添加後、ミキサーで3分間混合し、さうに最適含水比まで水を加えながら7分間混合した。

締り固め度の決定にはJISA 1210「土の突固め試験方法」を参考にした。締り固められたソイ

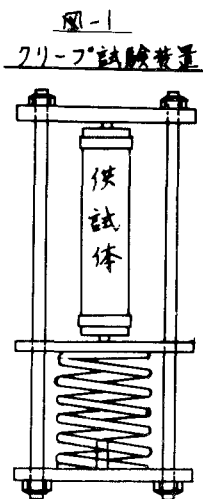
ルセメントの単位容積あたりの突固めエネルギーをJ I S A / 2 / 0 の規定と同一にするという考え
 かう、この規定と同一のランマーを使用し、締固められたソイルセメントの単位容積あたりの突固め
 回数もJ I S A / 2 / 0 の規定と同一とした。本実験に使用した供試体の寸法は幅 10 cm、厚さ、
 10 cm、長さ 40 cm の直方体であり、供試体作製のための締突固め数は 300 (2.5 kg のラン
 マーを使用) であり、一層あたり 150 回の 2 層 (厚さ方向に 2 層) に突固めた。

(d) 実験方法

供試体作製後温度 20℃ の恒温室中でポリエチレン袋に入れて 7 日間養生した。養生後供試体の 4
 面 (10 cm X 40 cm 面) にフラクを貼りつけ、同時に温度 20℃、相対湿度 85% の恒温恒湿室で
 空中にばくろし、ゲージ長さ 30 cm のベリービズミ計により経過時間とともにひずみの進行状
 況を測定した。各種類の供試体は 2 本ずつ作製し実験結果はそれらを平均した。

(2) クリープ試験

(a), (b), (c) の各項は乾燥収縮試験と同じである。ただし供試体寸法は直径 8 cm、高さ 30 cm の
 円柱を用い、供試体作製のための締突固め数は 114 回であり、一層あたり 19 回の 6 層に突固めた。
 同一供試体 5 本成型後、温度 20℃ の恒温恒湿室中でポリエチレン袋に入れて 7 日間養生を行い、3
 本を一軸圧縮強度試験用、2 本をクリープ試験用とした (control specimens として直径 8
 cm、高さ 37 cm の円柱供試体を 2 本作成した)。クリープ試験において
 供試体に加えた持続応力は一軸圧縮強度の 30% とした。クリープ試験装置
 は図-1 に示すようにスプリングにより定荷重を与える型のものである。ひ
 ずみ測定は本実験では温度 20℃、相対湿度 85% の恒温恒湿室にて行った
 が、変形が大きいために標点に特殊の工夫を施し (図-1 に示すように供試
 体両端に鋼製キマツを設置しキマツには約 0.9 mm 間隔に径 0.7 mm の
 小孔を設けた) ベリービズミ計 (ゲージ長さ 30 cm) により行った。また
 各供試体の与荷重の 10% が減少するごとに再載荷を行い、ひずみ進行にと
 もなう定荷重の低減を防いだ。



3 実験結果および考察

(1) 乾燥収縮ひずみ特性

時間経過とともに収縮ひずみの進行状況の例を示すと図-2 (ときほ
 ぐし時の含水比 10%, 回転速度 625 t.p.m., D.N. 4.65, 比表面積 285.8 cm²/cm³) のように
 なる。

収縮ひずみ発生の特徴をより明確にするために収縮ひずみ (ϵ_s) と時間 (t) の間に式 (1) が成
 立するものとする。

$$\epsilon_s = \frac{m t}{n + t} \quad \text{----- (1)}$$

m : $t \rightarrow \infty$ における収縮ひずみ

n : m の 50% に達するに要する時間 (days)

(1)を变形すると

$$t = vm - m \dots (2)$$

$$v = \frac{t}{E_s}$$

通常コンクリートや砂質土を使用したソイルセメントでは t と v の関係は直線になるが、粘性土を使用した本実験の場合では全般に模式的に図-3に示されるようになる。初期時間では単一の直線になり全体として収縮ひずみの発生過程を大きく4段階に分けて考えるのが適當である。ただし以下に述べる第1期が存在するのとはときほぐし時の含水比が30%の場合であり、他の含水比(10%, 0%)では第1期がなく第2期から始まる。

例えばときほぐし時の含水比30%、回転速度625 r.p.m. (D.N. 5.68, 比表面積74.7)では図-

4のようになる。すなわち第1期は収縮ひずみ(E_s)がコンクリートや砂質土を使用したソイルセメントのように双曲線的(1)式で示される)に発生する過程である。第2期は第1期の末期におけるひずみ平衡状態より第3期は直線的なひずみの増大への過渡的な現象である。第3期は普通のコンクリートや砂質土を使用したソイルセメントでは現われない現象であり、収縮ひずみは時間(t)に関して直線的に進行する。

すなわち $v = \text{const.}$ $E_s = C_0 t$ で示される。

第4期は第1期と同様に双曲線的な進行状況を示し、一定値(m)に漸近するものと考えられる。

ときほぐし程度(D.N.または比表面積)とときほぐし時の含水比の影響をみるために各供試体の第3期の定数 C_0 および第4期の m , n を示し、これら係数と粘性土の比表面積の関係を示すと図-5のようになる。(ただしこれは表-2に示す)

(a) m とときほぐし程度との関係

ときほぐし時の含水比、0%の場合 t とときほぐし程度が進むにしたがって(比表面積が大きくなる) m は小さくなるが、含水比0%および30%のときは比表面積が大きくなっても m の値はあまり変化しないようである。一方ときほぐし程度が一定の点についてみると($80 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$)、同程度の比表

図-2 時間と乾燥収縮ひずみ

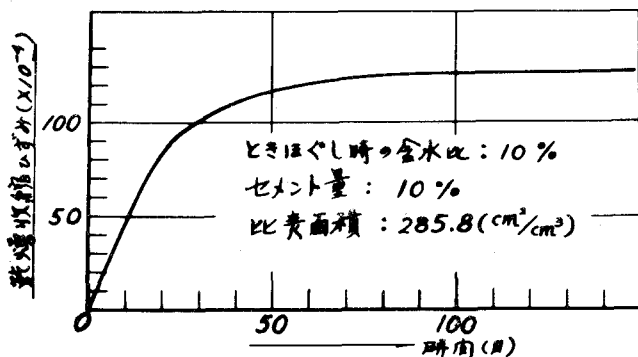


図-3 E_s-t 関係の模式図

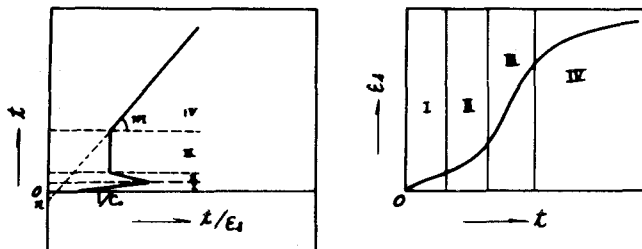


図-4 t と C_0/E_s との関係

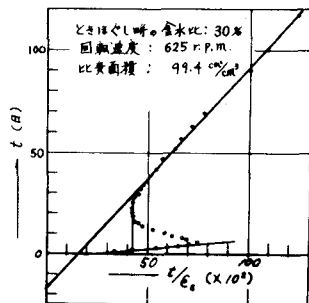


図-5 ときほぐし程度と収縮収縮特性

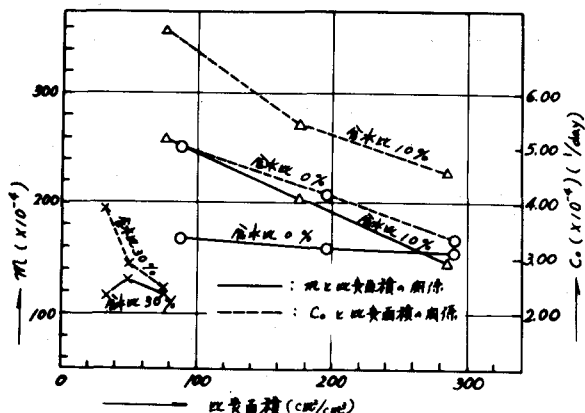


表-2 比表面積と n の関係

含水比 (%)	固相速度 (K.F.R.)	比表面積 (cm²/cm³)	n (days)
0	125	88.2	5
	375	194.3	6
	625	282.7	6
10	125	76.1	12
	375	174.1	15
	625	285.8	14
30	125	32.8	12
	375	48.8	14
	625	74.7	17

面積をもつ試料でもときほぐし時の含水比によって極限収縮ひずみが異なることがわかる。この現象はときほぐし時の含水比によってソイルセメントの水分の保持状態および内部組織が異なることを示している。

(b) 係数 C_s とときほぐし程度との関係

ときほぐし時の含水比が0%、10%の場合比表面積の増大とともにほぼ同じ勾配で C_s 値は小さくなるが、30%の場合0%、10%に比べて比表面積の増大とともに急激に C_s 値が小さくなる。すなわらときほぐし程度が進むにしたがって第3期の収縮ひずみ速度が小さくなる。また同程度と同様に同程度の比表面積をもつ試料(80 cm²/cm³)でもときほぐし時の含水比によって C_s 値が著しく異なる。砂質土を使用したソイルセメントの極限収縮ひずみの1例として 265×10^{-5} がある。本実験の粘性土では $(258 \sim 112) \times 10^{-4}$ であるので粘性土を使用したソイルセメントの収縮ひずみは砂質よりも1オーダー大きい。ときほぐし時の含水比が最適含水比程度にすれば5倍程度まで減少させることができる。このようにときほぐし時の含水比が大きいほど極限収縮ひずみが小さいということは実用面からも非常に望ましい現象である。

(c) n とときほぐし度との関係

表-2が示すように比表面積と n の間には、きりきりした関係はないが含水比0%のものほ他のものに比べて著しく小さい。このことはときほぐし時の含水比0%のものは他に比べて収縮ひずみが速く進行して n に近づくことを示している。

(2) 一定荷重下における変形特性

砂質土を使用したソイルセメントの一定荷重下の時間ともなう変形状況については図-6の破線が得られている。本実験で得られる実験線で示されるデータによると150日で 174×10^{-4} であり、砂質土セメントのそれは 24×10^{-4} となり両者の間に著しい差のあることがわかる。

図-6 一定荷重下における変形の時間ともなう進行

