

III-16 締固めた不飽和土の応力緩和について

宮崎大学工学部 正員 藤 本 慶

筆者は先に、粘土のレオロジ的な変形機構に関する研究に、現在高分子材料などの領域にみられるような本格的な物性論的考察に基づき一貫した熱力学ないし統計力学的解析方法を導入することと試み、T.K.Tan の提案した粘土構造にヒントを得て粘土の骨格構造と確率論的に表現するために独自にその仮想網目模型と考察し、さらに弾性の熱力学的表示過程におけるenergy elasticity とentropy elasticity との関係などについて二つの仮定を設定して理論的にその可能性を確かめ、一応分子論的にし、またさらに村山、柴田両氏の提案されてい

るモデルにも適用できるレオロジ方程式と

誘導した。なお本年2月にはこの理論的考察

に対する実証結果の一部と土質工学会九州支部研究発表会で発表した。今回はその後得られた実験資料や新な解析結果と総合して報告する予定である。

表1. 試料土の土性

試料	比重	粒 度		土質分類	L.L.	P.L.	締固めの特性				
		砂	粘土				O.M.C.	max. ρ	min. e	Sr	
加圧砂	2.69	0	8.0	92.0	粘土	52.8	27.2	31.0	1.420	9.825	93.3
ベントナイト	2.40	0	7.0	93.0	粘土	46.5	36.7	54.0	1.018	1.356	95.6
赤土	2.72	50.0	25.0	25.0	粘土	67.5	31.3	31.0	1.425	0.915	92.0

1. 実験方法

試料土には、提案した網目模型の妥当性と検証するために粒子形状の比較的明確な園白カオリンと特に選び、それに対照的なものとしてベントナイト、中間的なものとして志見土と採用した。レオメーターはスプリングにより瞬間的に一定変形を供試体におよぼすようになっている。三軸室には実験時の室温以上 $50 \pm 0.1^\circ\text{C}$ の範囲内で希望の恒温水を循環ポンプで循環させ、供試体の温度と実験中一定に保つようにしてある。その他は通常の三軸圧縮装置と同様である。供試体は高さ7cm、径3.3cmのもので、 e , ρ と一定(はばその試料土の $\text{min. } e$, $\text{max. } \rho$) として飽和度の S_r が75~100%に変化するように気乾土に水を加えて静的に締固めて作

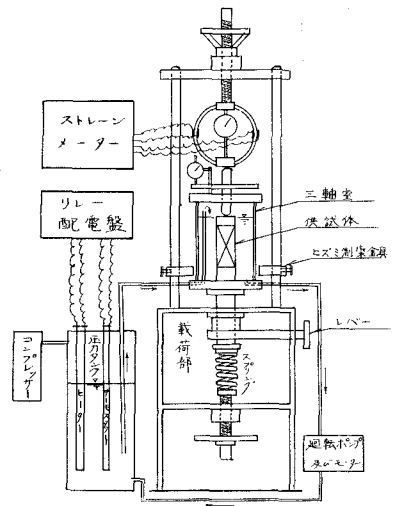


図1. 実験装置(レオメーター)略図

り、スリーブで包んで底部に水と入れた密閉恒温容器中にすべて48時間静置した後実験に使用した。供試体は同一物性のものより本つくり緩和実験と一軸圧縮試験にそれぞれ使用した。緩和実験は今回は一軸圧縮的条件下で試料について(1)含水量変化の影響(温度30, 40, 50°C) (2)初期ヒズミ変化の影響(30°C)とそれぞれ検討した。なお緩和実験終了後一

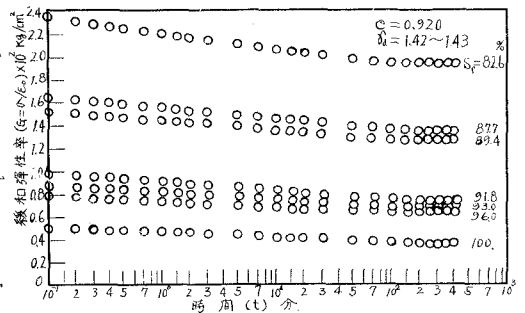


図2. 志見土の緩和曲線(温度 50°C の場合)

註1) Discussion by T.K. Tan, to the soil properties and their measurement. Proc. 4th I.C.S.M.F.E. vol. III, 1958, pp. 87-89.

2) 村山 雅彦, 米田 徹

3) 村山 雅彦, 米田 徹

4) 内田一孝, 藤本 慶

粘土のレオロジ的な特性について, 土木学会論文集, No. 40, 8, 31-12.

粘土の応力緩和機構について, 土木学会論文集, No. 74, 5, 36-5, pp. 34-58.

粘土の応力緩和機構について, 土木学会論文集, No. 74, 5, 36-5, pp. 34-58.

8.37-10 (詳細は「材料試験」レオロジー特集号(5.38-5)に転載中)

且外力を取り去り変形の回復が止まった後再び一軸圧縮試験を行ない、他の1本は同一条件で単に一軸圧縮試験のみを行なった。

2. 実験結果の考察

(1) 緩和弾性率 ($G_w = \sigma_w / E_0$) は $\log t$ に対し直線的に70~100分まで減少し、200~300分で緩和は停止する。停止の時間は村山、柴田両氏の実験結果³⁾に比べかなり早い。

(2) 緩和曲線の勾配 $-dG_w/d\log t$ (高分子レオロジーで緩和時間の分布函数と称される) は図3に示すように三試料とも S_r に逆比例して減少し、粘土の構成粒子の物性に大きく影響されている。これは粘土粒子の吸着ニ重水層の厚さが S_r に比例的に大きくなり、間隙水の毛管張力が減少するのではないかと考えたときと考慮すれば筆者の提案した理論、つまり応力の緩和は単位変形機構の粒子がその結合エネルギー以上の応力を受けてズレる際、吸着ニ重水層の粘性抵抗などにより与えられた応力が熱エネルギーとして消散していく過程であるということから説明できる。なお特にカオリンの場合 $dG_w/d\log t$ が締固め曲線の wet

side の S_r 近傍から一定値に落着く傾向は Lambe, T.W. の Compacted clay の構造特性についての提案と考慮することにより説明でき、筆者の提案した細目模型の妥当性が確かめられるのではないかと考えている。図4, 6, 7, および8の傾向も上記の考察または村山、柴田両氏のモデルから説明できるようである。

(3) 応力緩和速度と初期ヒズミとの関係は図5に示すような曲線的関係になった。これは $dG_w/d\log t = \frac{1}{E_0} d\sigma_w/d\log t$ の関係より $dG_w/d\log t$ vs. E_0 curve と $d\sigma_w/d\log t$ vs. E_0 curve が $E_0 = 1\%$ で交叉していることを考慮すれば説明可能であるが、モデルの弾性の降伏といった点より反批捌頂ければ幸である。その他の詳細は講演会当日説明する。

終りにこの研究は九大内田教授の直接指導を得て行なっている

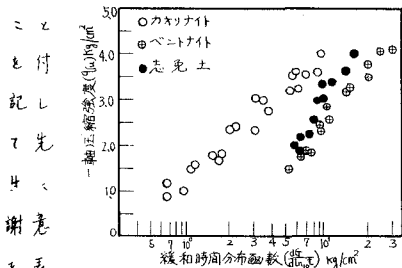


図18. 一軸圧縮強度と緩和時間分布函数との関係

註: 5). Lambe, T.W. The Structure of Compacted Clay. Proc. A.S.C.E., Vol. 84, No. S.M.2, May 1958, PP.1154-1164.

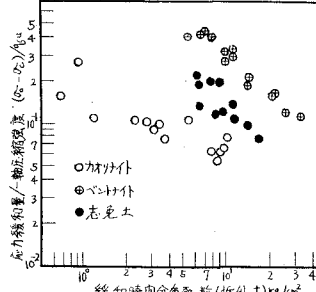


図7. 応力緩和率と一軸圧縮強度との比と緩和時間分布函数との関係

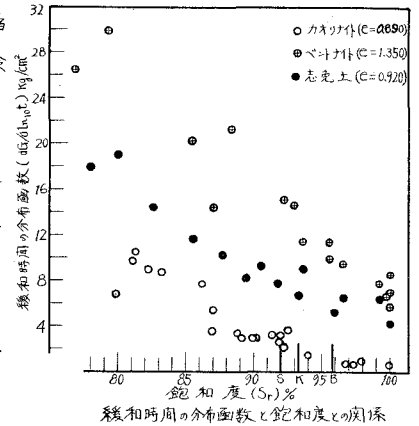


図4. 緩和率と飽和度との関係

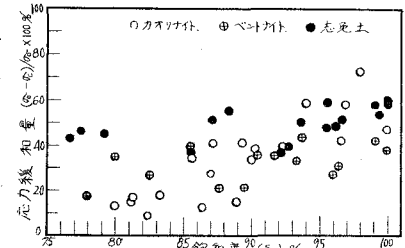


図5. 応力緩和率と初期ヒズミとの関係

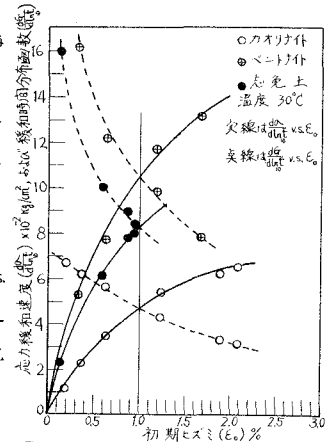


図6. 応力緩和率と初期ヒズミとの関係

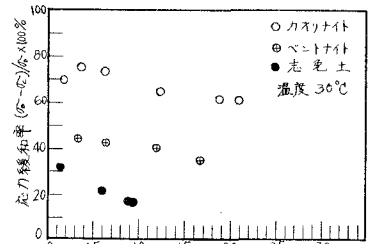


図6. 応力緩和率と初期ヒズミとの関係