

資料-138

には、その構成要素のそれぞれにつき、さらにはその組合せによる物理的特性の変化をみなければならない。

粘土-砂系の収縮性に関する研究は筆者らによりまず系に含まれる相の組合せにより検討された。すなわちカオリナイト-砂系、ベントナイト-砂系が扱われ、不活性-不活性系、活性-不活性系としてそれらの相関関係が調べられた。

本研究では、それぞれ単独の粘土ではなく、カオリナイトとモンモリロナイトの両者の相異なる配合比で調整されて、その中に粒としての砂が存在する系について実験を行なった。使用粘土の性質は次表のようである。

表-1 使用粘土の性質

	液性限界	塑性限界	収縮限界
モンモリロナイト	680	58	10
カオリナイト	46	28	24

砂の比重は 2.65、粒度は (-36, +52) メッシュ (B. S.S.) である。表に示されるモンモリロナイトとカオリナイトに対し 10, 25, 50, 75% のモンモリロナイトを混ぜた混合粘土を準備し、この 6 つの粘土のそれぞれで、10, 20, 30, 40, 50, 70% の粘土分を砂に混ぜた粘土-砂系の混合物を用意した。

収縮限界試験を上記の試料のそれぞれについて行ない図のような結果を得た。

図でも明らかのように全体的にモンモリロナイト添加の影響が強く出ていて、カーブ 5 だけがカオリナイトのみと砂との関係曲線 6 に類似している。

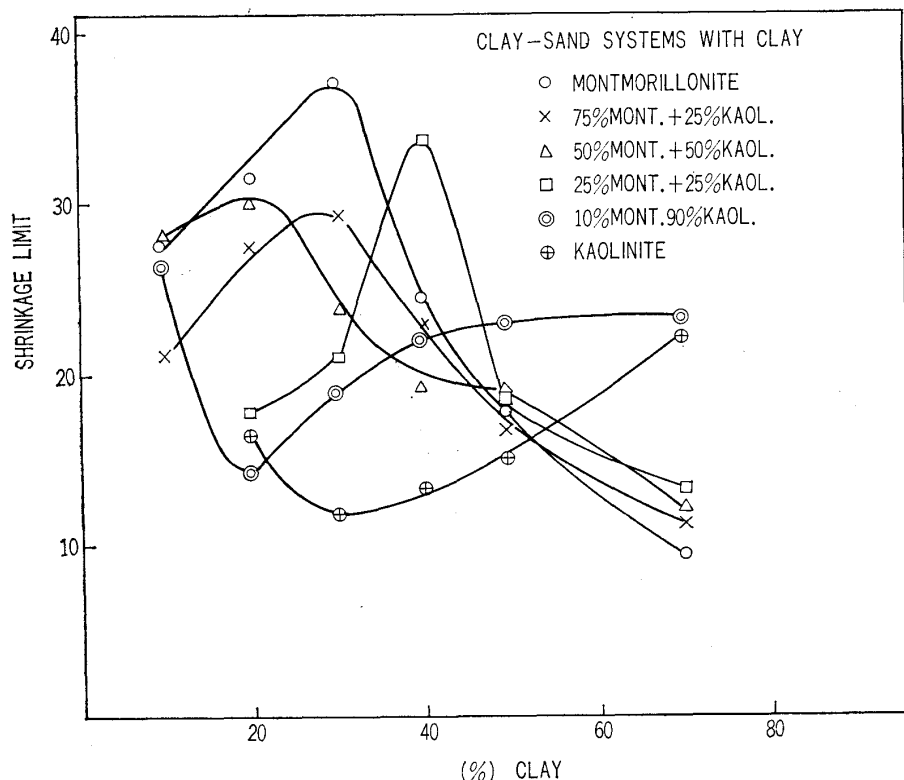


図-1 収縮限界と添加粘土分の関係

以上の結果と現在までの研究の経過より次のように概括することができる。

不活性土であるカオリナイト 25%, 砂 75% の粘土-砂系混合物に 25% のモンモリロナイトが添加されただけでもその系の収縮性に影響を与えるもので、モンモリロナイトの支配はいちじるしいことがわかる。

カオリナイトはその含有率の高い場合をのぞき粘土-砂系の収縮性にほとんど影響を与えない。

今後の研究としては多くの粘土を含み、粒土の異なるさらに複雑な系についての収縮性を測定することにより自然の状態の粘土の収縮に関する工学的基礎を得たい。

土質および岩盤力学における有限要素法の適用に関する回顧

WES 技師 N. Radhekrishan

テキサス大学教授 L.C. Reese

有限要素法は連続体の境界値問題、初期値問題を組織的に数値計算する手法である。近年開発されつつある高速度の電子計算機の出現により、土木工学の各分野で数値計算のいちじるしい発達をもたらされた。有限要素法の利点を他の数値計算法に比べると、その効用は図り知れない程である。すなわち複雑な実際の形状配置のもの、均一層状のものや層状異方性のもの、非線形や粘性特性を持つもの、混合境界値問題、あるいは土構造物の建設のように時間的狀態変動のある場合なども有限要素法によって取扱うことができる。

この特性は土や岩盤力学の解析において特に有用であって、この数年内、この種の問題について相当数の研究が行なわれてきた。

有限要素法は単に弾性問題のようなものばかりでなく変分原理によって他の分野、すなわち透水、熱伝導など土質力学で興味ある問題への応用も可能とされている。また静力学の問題を拡張して動力学を取扱うことができる。応用分野の例としては盛土、斜面安定、土圧、支持力、クイ舗装、カルバート、動力学、透水、岩盤力学などがあげられよう。このレビューは土質、岩盤力学において著者らの眼についた有限要素法あるいは数値解析法に関する論文 (60 数編) を引用して、内容の意義を述べ土質力学者の参考に供したものと

である。

(山口柏樹記)

土質力学における極限解析法と極限平衡法による解について

Lehigh 大学助教授 W.F. Chen
同助手 C.R. Scawthorn

極限平衡法は長い間、土質力学におけるいろいろな安定問題を解く方法として重要なものとされてきた。しかしこの方法は土の方法は土の応力～ヒズミ関係を全く無視する点で問題がある。他方、極限解析法は降伏規準と関連した流れ法則を通じて土の応力～ヒズミ関係を考慮に入れている。したがって今後、土の安定問題を極限解析の手法で論ずることがますます多くなるものと思われる。

応力～ヒズミ 関係に関する 直交流れ法則は Drucker らによって確立され、これを基礎とした極限解析の手法は、厳密さと容易さにおいて極限平衡法に勝るものとして認められつつある。このことをレビューしながら本論文では現存する極限平衡による解の意味を調べ、日時に有用な極限解析法の例示を行ない、極限解析法の効力を述べたものである。なお本論文で取扱った例は (1) 鉛直切取りに対する安定高、(2) 主、受働土圧、(3) 支持力に関するものである。

極限解析法の基本定理は次の二つであることが知られている。

下界定理：外力とつり合い、どこでも降伏条件 (Mohr-Conlomb の条件) を破らないような平衡出力が見出されれば、土は正に破壊せんとするか、あるいは破壊しないかのいずれかである。

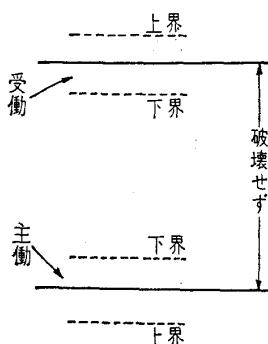
上界定理：適当な塑性変形のパターンが見出され、外力の仕事率が内部のエネルギー消散率を超えれば、土は確かに崩壊する。

著者らは引張りに耐えない土の鉛直切取り高さ (H_{cr}) を上界定理によって解析した結果

$$H_{cr} \leq \frac{2C}{\gamma} \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)$$

なることを導いている (これは Drucker が始めて論じているが明確な解析を与えていない)。他方平衡応力を考え下界定理によって得られた H_{cr} も上式に等しいので、上の値が引張キ裂を考えた土の鉛直極限高さであるとしている。

横土圧に関して著者らは次の見解を述べている。すなわち主働土圧は上界の上と下界



図—1

の下で限られることである (図—1)。それは上、下界の定義に属する事柄であって、下界は構造物が破壊しないような荷重であるからである。したがってまた受働土圧は下界の上、上界の下にはさまれたものとなる。すなわち真の主、受働土圧を求めるには、上界の最大値、下界の最小値を求めなければならないことがわかる。

以上のことを基本として主、受働土圧を極限解析した結果、Conlomb 土圧の物理的意味がより明確にされた。また傾斜地表面で壁摩擦を考えた場合の横土圧の極限解析上界値を求め、極限平衡法によるものと比べ土圧の上界範囲を定めている。

支持力問題については帯基礎の破壊のパターンをいろいろ考えて上界値を求めている。この場合、概念的にみて妥当と思われる形である程、正解値に近いことを示している。また下界値を解析するため Drucker, Chen によって発展されたトラス状不連続応力場を用いた例が述べられている。これらによって粘土層の非排水状態での破壊荷重は (5.0～5.14)°C の間にあることが示された。

(山口柏樹記)

掘削の過程と解の唯一性との関係

東京大学土木 石原 研 而

建設工事で掘削の占める割合は大きい。山岳トンネルや山腹の切削は素堀りで行なわれるが、軟弱地盤中のオープンカット、ケーソン、およびシールドトンネル工事等では、支保工を用いるのが普通である。ボーリングや柱列工法による掘削に関しては泥水が壁の崩壊を防ぐ支柱の役目を果たしている。このような多くの種類の掘削工事にとって一般的に問題になるのは、各種の支保工に作用する土圧の大きさ、および掘削周辺の地盤の沈下、側方移動量等であろう。施工に先立ってこれらの量を推定しようとする場合、一つの方法として応力解析を行なうことが考えられる。最近では電子計算機を用いて数値解析が容易に行なえるようになったので、有限要素法等を用いれば、このような問題を数値的に解くことは比較的容易にできる。この時、構造力学の分野で行なわれている考えを単に機械的に借用してぼう大な計算を行なっても無意味であって基礎工学の特異性を吟味検討して、実状にそぐった使い方を考える必要があろう。

さて、掘削工事は一挙に行なわれるものではなく、工事の経済性と安全性を考慮した一定の施工順序にのって逐次的に進められる。つまり施工は step-by-step に行なわれるわけで、この過程を simulate した段階的計算を何度も繰返し、それらの結果を加え合わせて最終的段階での挙動を推定する、といった方式を採用するのが望ましい。以上の考えにもとづいて計算をしようとする