

Ⅲ - 2

土の工学的分類におけるクラスター分析の適用

東北大学工学部 正員 ○柳澤 栄司

同 須藤 良清

同 佐々木 静男

1 はしがき

粒度とコンシステンシー限界を用いた土の判別分類は古くから用いられている簡便な方法であるが、複雑で多様な土の性質を単純に幾つかのグループに分類することは、本質的には困難なことである。本来、土の種類は様々であるので、コンシステンシー限界を塑性図上にプロットすれば、A線を中心に広く分布することは明らかであり、これをCとMに分類することが正しいかどうかすら疑問である。特に現行の日本統一土質分類では、C'Hと言う特殊な分類が存在するが、欧米の分類には存在しないし、これを置くべき積極的な理由があるとは言いがたい面もある。ここでは、分類に際して用いられる指標的性質の中での、類似性を考えたクラスター分析を行ない、分類の妥当性について検討を行なった。

2 デンドログラムを用いた分類の考察

クラスター分析は、各項目間の非近似度を定義された距離を用いて表し、その非近似度で分類する方法である。非近似度はユークリッド平方距離をとることとし、最短距離法および群平均法を用いて計算を行なった。なお、解析には田中らによる計算プログラム¹⁾を用いている。この方法では、ある非近似度の概念に従ってデンドログラムを求めることにより、類似のグループ分けが客観的にかつ視覚的に求められるので、極めて便利な方法である。日本全国の土質試験結果のうち粒度試験並びに力学試験が行なわれているデータ835個を選び、土質分類された結果から一覧表を作成した。用いた標本の個数は、CH 411, C'H 133, CL 62, MH 78, ML 24, OH 96, OL 4, Pt 27個の合計835個である。それぞれの標本は、比重、 $2\mu\text{m}$ 以下の含有百分率、粘土分含有率、シルト分含有率、砂分含有率、礫分含有率、液性限界、塑性限界、塑性指数、自然含水比、間隙比、一軸圧縮強さ、鋭敏比、圧縮指数、圧密降伏応力、強熱減量、流動指数、液性指数、活性度、 $5\mu\text{m}$ 以下で計算した活性度、タフネス指数の21項目の物性値がある。図-1は、この全データを塑性図上にプロットしたものであるが、分類が必ずしも正確でなく、A線の下にCHが現われたり、上側にMHが現われたりして、かなり誤記があることが知られる。特に、MLの分類は誤りが多い。

分類されたデータのなかから代表的な20個の標本をさらに選別して、クラスター分析を行なった。この際標本の選出には、例えばC'Hであれば、粘土分含有量が50%以上であるものを、また、MHであればシルト分含有量が50%以上であるものを選ぶなど、主として粒度の観点から代表的であると思われるものを選び出している。このデンドログラム解析により、同類に想定された標本5つを選び出し、それぞれの土の代表値とした。図-2は、CH, C'H, MH, ML, OH, Ptの6種類の土について、最短距離法および群平均法を用いて解析を行なった結果である。

二つの図を比較しながら見ると、CHはPtと明瞭な区別がないこと、C'HおよびMHは区別することが可能であること、また、MLとOHは分別が困難であることなどが知られる。ここで注目すべきはC'HとMHは、類似のクラスターに属し、MLよりはOHに近い関係にあることである。これは、標本の特殊性もあるが、分類指標である物理的性質と力学的性質において、C'HとMHはあまり大きな差異がないことを示していると考えられる。このことは、後に述べる事実とともに、C'Hの不必要性を示していると考えている。

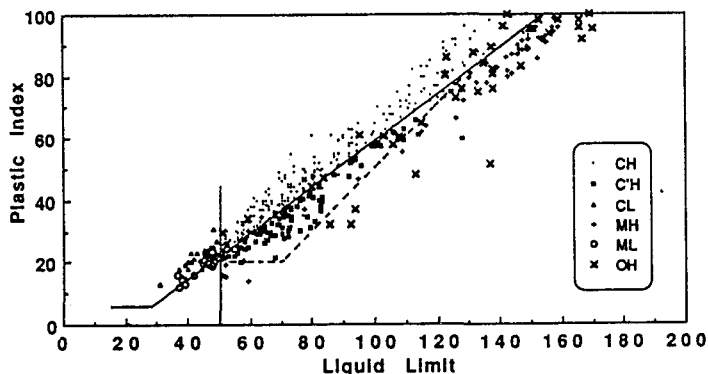


図-1 分析に用いた全データの塑性図上の分布

3 CHの問題点

CHとPtとの判別分類は、実際には簡単に行なうことができる。すなわち、Ptは視覚的にも触覚的にも容易に判別が可能であるし、仮にその記述がなかったとしても、自然含水比 W_n と比重 G_s との関係を求めてみると明かにPtは G_s が小さく、 W_n が大きい傾向が認められるのに対して、CHは G_s が大きく W_n が

比較的小さい傾向にあるので、分類は問題なく行なえる。

一方、図-3は、CH、MHおよびMLについて粘土含有率とシルト含有率を示したものであるが、三者ともに全体に広く分布して傾向が認められず、あまり粒度に明瞭な区別はないことが知られる。この三種の土について、力学的性質のなかで比較的重要と思われる圧縮指数 C_c および一軸圧縮強さ q_u について見てみた。図-4は、シルト含有率と圧縮指数 C_c との関係を示したものであるが、CHは必ずしもMHおよびMLと区別することはできない。あえて言えば、MLは C_c が著しく小さいことが挙げられよう。

図-5は、これら三種の土について、自然含水比と一軸圧縮強さとの関係を示したものである。ここでは、MHの自然含水比が比較的大きく、一軸圧縮強さが小さい傾向がみられるが、全体的に分布していて、あえてCHと区別することはできない。このことは、これら三種の土は粒度的にも力学的にも、あまり顕著な差異はなく、分類上は区別して考える必要性が認められないことになる。

4 あとがき

結論として、CH

はMHと区別する必要はなく、欧米の基準と同様にA線の下側はMに分類することで何ら支障はないと考える。日本統一土質分類においては、かつて、日本の特殊な事情としてCHとして分類すべき海成粘土があると言う理由で、欧米の基準にない土質記号を作成した。しかし、最近のデータによれば、海成粘土においてもA線を中心に広く分布することが知られており、従来の基準を見直す可能性も出てきている。その議論のための基礎資料となれば幸いである。

参考文献

- 1) 田中 豊、垂水共之、脇本和昌：パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編、PP226-257、共立出版

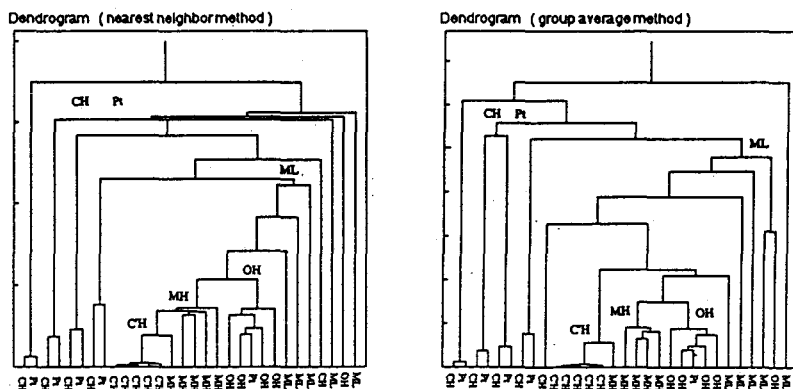


図-2 デンドログラムによるクラスター分析

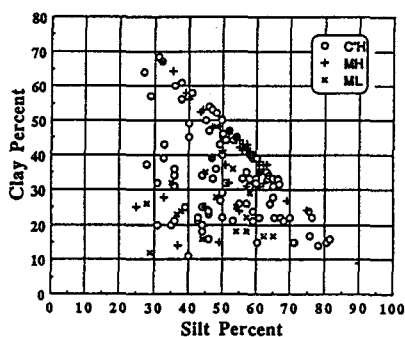


図-3 粘土分およびシルト分含有量

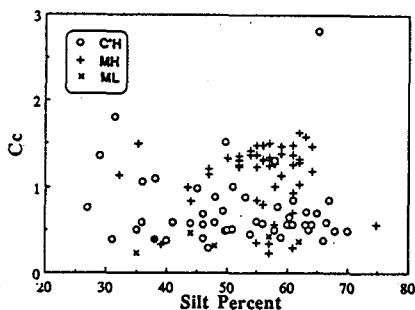


図-4 シルト分と圧縮指数

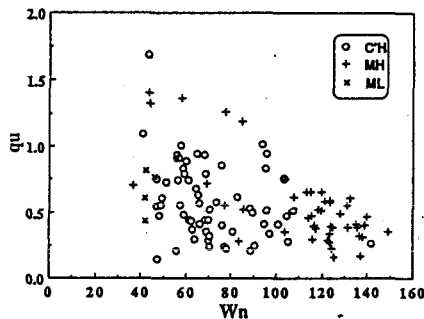


図-5 自然含水比と一軸圧縮強さ