

泥炭性有機質土の物理性と強度について

対馬雅己

Physical Property and Shear Strength for Peat

Masaki Tsushima

(昭和52年10月31日受理)

1 ま え が き

乱した状態における有機質土（黒泥）の物性およびその強度特性については、ある程度著者らによって検討されている¹⁾。しかし、繊維質を多く含む土、いわゆる泥炭性有機質土の工学的問題に関する研究は、未だ少ないようである。

ここでは、なるべく乱さない泥炭性有機質土の物理特性について言及し、さらに室内試験（軸対称三軸圧縮試験）によってその強度と物理定数の相関性について若干の報告を試みたい。

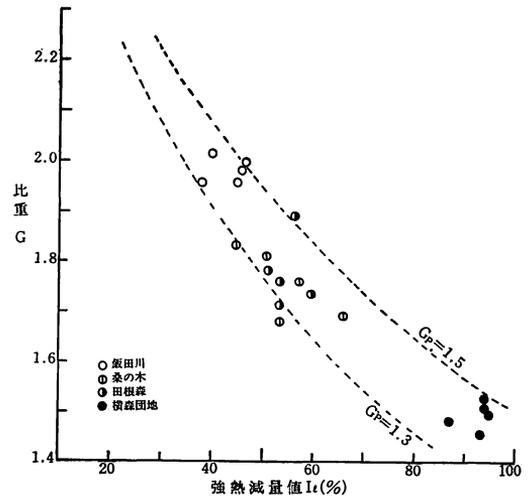
2 試料および実験方法

本実験に用いた試料は、秋田県の雄物川流域および八郎瀧周辺から採取した乱さない泥炭性有機質土であり、自然含水比300~800%、比重1.4~1.9、強熱減量値40~90%程度の範囲である。個々の試料について物理試験を行ない、それと並行してセン断試験を実施した。供試体は直径7.1cm、高さ15.0cmの円柱形であり、圧密を促進するためにペーパードレーンを用いた。また供試体の端面摩擦を軽減するために、シリコングリースを塗ったドーナツ型のゴム膜を使用した。試験は、5段階の圧力で等方圧密した後、非排水セン断試験を行なった。軸変位速度は、約 1.4×10^{-1} mm/minで行ない、発生間ゲキ水圧は供試体の底端部で測定した。なお破壊規準としては、軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ によった。

3 結果および考察

3-1 比重と有機物含有量

泥炭中の有機質部分の含有量を近似的に表示する尺度として、便宜的であるが強熱減量値 I_d をもってその値とした。また測定法は、電気マッフル炉により800℃、



図一 比重と強熱減量値の関係

4時間を原則としている。比重の測定に際しては、ゲリュサック形比重ビンに約10gの試料を入れ、気泡を完全に除くため、約4時間煮沸を行った。図一は、比重 G と強熱減量値 I_d の関係を示したものである。比重が強熱減量値の増大に伴って減少している。泥炭性有機質土の構造模型として、固体相の中に無機質部分（ここでは比重 $G_s = 2.8$ と仮定）と有機質部分（比重 G_p ）との合成体からなると考えられ、 G_p の値を1.3~1.5としたときの $G \sim I_d$ の関係を図示している。この図からわかるように、大部分のデータがこの範囲（ $G_p = 1.3 \sim 1.5$ ）の中に入り、 I_d の増大に伴って G の値がかなり広がりをもつことが注目される。これはほぼ同じ程度の I_d 値をもつ泥炭性有機質土でも、その植物の種類、生成状態の相異を示唆するものではないかと思われる。植物の種類および生成状態をほぼ等しくする場合には、 I_d 値で整理するよりも分解度などによって、 G との関係を示すことがより妥当ではないかと思われる。

3-2 含水比と強熱減量値

泥炭性有機質土では、含水比が有機物含有量の増大に伴って増加している(図-2)。この図より W と I_e の比すなわち、宮川²⁾が提案がした含水-強熱減量比 w/I_e ($=f$) なる指数は、有機質部分に対する含水量に相当するものであり、また W と I_e との間に線型関係が成立するとすれば

$$W = f I_e + W_0 \quad (1)$$

となり $W_0 = 0$ としてその値は $f = 8$ となる。一般に圧縮履歴をもたない素地の泥炭地盤に対しては、 $f = 10$ あるいは $f > 10$ とみなしてよく、圧縮泥炭に対しては、その圧縮の度合に応じて $f < 10$ となることが示されている。したがってこの指数によって、泥炭性地盤の圧縮履歴を推定する一つの手がかりとなると考えられ、さらにこの値が非排水強度と結びつく可能性を示唆していると言える。泥炭性土の堆積状態について示せば図-3のようになる。 w/I_e 値は、有機質部分の見かけ比重 I_{erd}/r_w 、水体积率 wrd/r_w (堆積物の内に占める水の体積

割合)のパラメーターとして表わされるものであり、これらの要素によって w/I_e は変化するものである。この泥炭性土が圧縮されれば、 W が減少し wrd/r_w も小さくなり、 w/I_e は減少することとなる。

3-3 コンシステンシー限界

図-4 は泥炭性有機質土の塑性図上の位置を示したものであり、粘性土と異なり液性限界 W_L が高くなるにつれて A Line からはなれる傾向にある。液性限界と強熱減量値の関係を図-5 に示す。強熱減量値が増大すれば液性限界は増大する。これは一般に表示されている性質と一致している。また母材が無機質部分と有機質部からなるため、有機質部分の含有量の増大が泥炭性有機質土の保水性を高める原因となっている。また塑性指数と I_e についても前図と同様な傾向を示すようである。図-6 は、泥炭の自然含水比 W_n と液性限界 W_L の関係を示したものである。 W_n と W_L との間に相関性が認めら

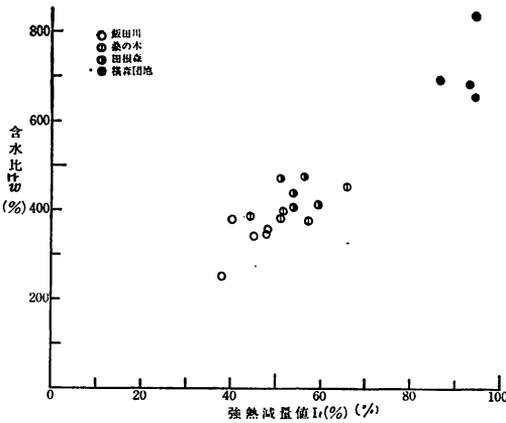


図-2 含水比と強熱減量値の関係

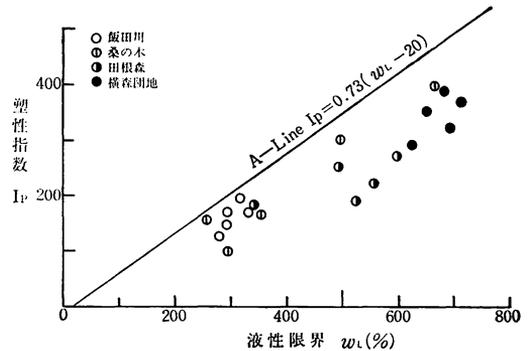


図-4 塑性指数と液性限界の関係

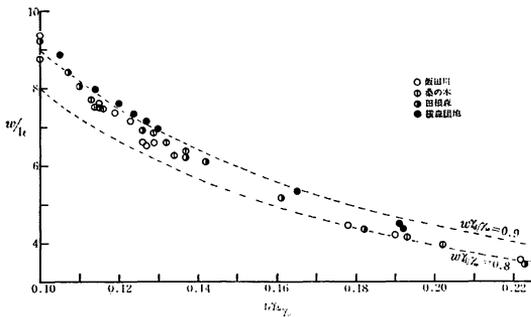


図-3 W/I_e と I_{erd}/r_w の関係

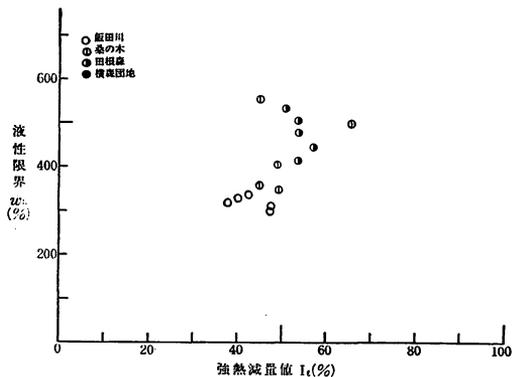
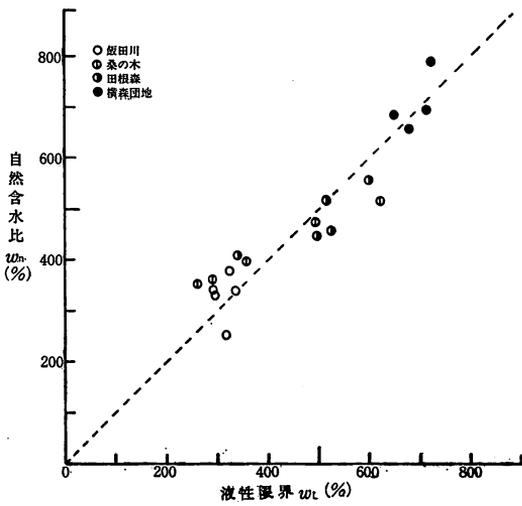


図-5 液性限界と強熱減量値の関係



図一六 自然含水比と液性限界の関係

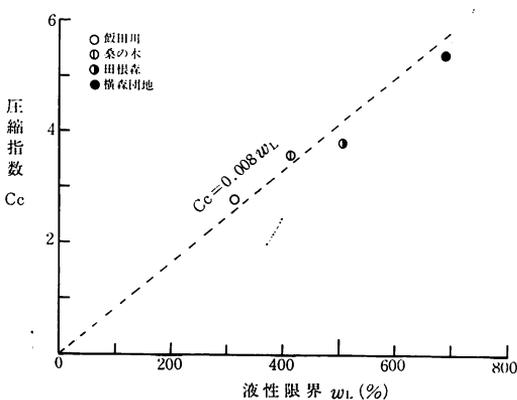
れ、両者の値はほぼ等しいとみることができるようである。この現象が他のデータとともに納得できうるならば、現場から得られた含水比を測定することによって、その物性 (W_L) を推定することが可能と言える。

3-4 圧縮指数

圧縮指数を液性限界から推定する方法が経験的に行なわれている。これを適用してみたのが図一七である。図には、植物の種類および生成状態が異なる乱さない泥炭性有機質土についてプロットしてある。これからスケンプトンなどが行なっているような C_c の推定値、 $C_c = a(W_L - b)$ として係数 a, b を求めてみた。その結果、 $b \approx 0$ として

$$C_c = 0.008 W_L \quad (2)$$

なる関係式が得られた。参考までに乱した試料 (黒泥) については



図一七 圧縮指数と減性界限の関係

$$C_c = 0.007 W_L \quad (3)$$

となる。

3-5 物理定数と強度

泥炭性有機質土の場合にも正規圧密状態における応力と飽和含水比との関係は

$$W_o - W = (C_c / G) \log(\bar{\sigma} / \bar{\sigma}_o) \quad (4)$$

で表わされることが実験的に認められている。

ここに W_o, W は圧密応力 $\bar{\sigma}_o, \bar{\sigma}$ に対応する含水比、 G は比重、 C_c はいわゆる圧縮指数で土質ごとに圧密圧力の異方性に対応した値となる。

圧密による非排水強度の増加率が土質について圧密条件に対応した定値とみなされたとすれば

$$W_o - W = (C_c / G) \log(C_u / C_{u0}) \quad (5)$$

となる。 C_{u0}, C_u は $\bar{\sigma}_o, \bar{\sigma}$ に対応する非排水強度である。式(4), (5)は $\bar{\sigma}$ の変化に伴なう W, C_u の推移を示すもので、 W の変化を通じて $\bar{\sigma}$ または C_u の値の推移が知れる。初期値の知れている土質の圧密に伴なう $\bar{\sigma}, C_u$ の値の推移は、 W の値を追跡測定することによって推定できることを示すものであり、ほぼ一様とみなされるような地盤では大まかな意味では実用的な意味をもつかもしれない。普通の無機質粘性土で C_c / G の値にさほど大きな変異がなければ、 W と $\log C_u$ との間に線形関係が認められることは従来のデータからも示される。

泥炭性地盤では不均質性の著しいことがその特徴の一つであり、このことがその土質工学的取扱いを非常に困難にしている一要素である。したがって上述の関係は、供試体ごとの圧密過程に適用を限定して考えた方がよい。有機質土に対する粘土の混入による試料の圧縮指数 C_c と有機物含有量の代替指標としての強熱減量値 I_θ との間には、既に定性的に示されているように³⁾ ほぼ

$$C_c = m I_\theta \quad (6)$$

なる関係がある。(6)式の $m (= C_c / I_\theta)$ は、試料中の有機質部分の圧縮指数に相当することになり、この値は当然植物の種類、生成の履歴などによって異なると思われる。しかし、今回用いた4種の泥炭性有機質土の C_c / I_θ は、図一八よりほぼ定値とみなされ、 $C_c / I_\theta \approx 6.4$ となる。

$$G = G_s G_p / [G_p + I_\theta (G_s - G_p)] \quad (7)$$

ここに G_s は無機質部の比重、 G_p は有機質部の比重、と表わせば³⁾、

$$C_c / G = m I_\theta / G \quad (8)$$

となり、 C_c / G は G_s, G_p が定値とみなせる場合には I_θ のみによって変化することになり、 $G_s = 2.8, G_p = 1.5$ に対してデータと共に図に示す (図一八)。 $C_c / G \sim I_\theta$ は当然線形とはならないが、

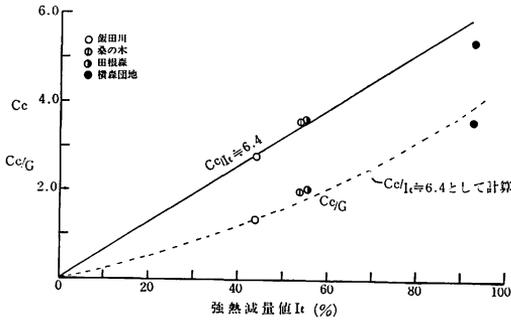


図-8 Cc, Cc/Gと強熱減量値の関係

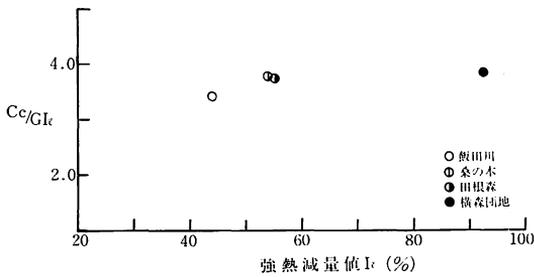


図-9 Cc/GI_thetaと強熱減量値の関係

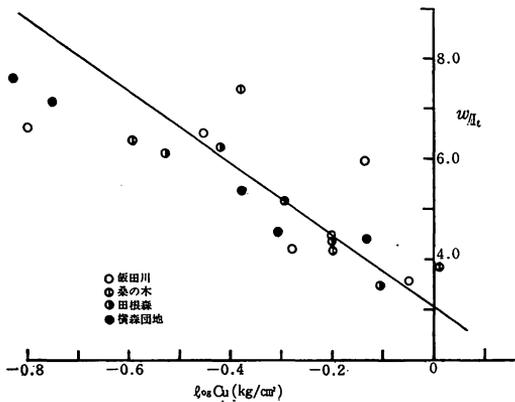


図-10 W/I_thetaとlog Cuの関係

$$C_c/GI_\theta = m/G \quad (9)$$

(9)式を I_θ に対応して図-9に示したところ、 I_θ の変化による C_c/GI_θ 値の変動幅は比較的小さいようである。そこで(4)式を書き改めて、

$$W_o/I_\theta - W/I_\theta = (C_c/GI_\theta) \log (Cu/Cu_o) \quad (10)$$

とすれば、 C_c/GI_θ を近似的に定値とみなすことが許される範囲では、 Cu は W/I_θ によって統一的に整理される可能性があることになる。泥炭性地盤では少なくとも

ある地点では、 W/I_θ 値の経過によって Cu 値 ($\bar{\sigma}$ 値) の推移を知る可能性のあることを示すものである。そこで今回の試料について、 $\log Cu$ と W/I_θ との相関性について検討したのが図-10である。これらの等方圧密供試体 ($I_\theta = 40 \sim 90\%$, $\bar{\sigma} = 0.3 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$) について回帰分析を行なった結果、相関係数0.82を得た。ところで水体積率 Wrd/γ_w は、

$$Wrd/\gamma_w = (W/I_\theta) / [(1/Gp - 1/Gs) + 1/Gs I_\theta + W/I_\theta] \quad (11)$$

のように I_θ によっても変化し、強度へ与える一つの要素と成りうるから、この状態量をも併せ考慮して、 W/I_θ と Wrd/γ_w の2状態量の関数として表示すると重相関係数は0.85となった(図-11)。

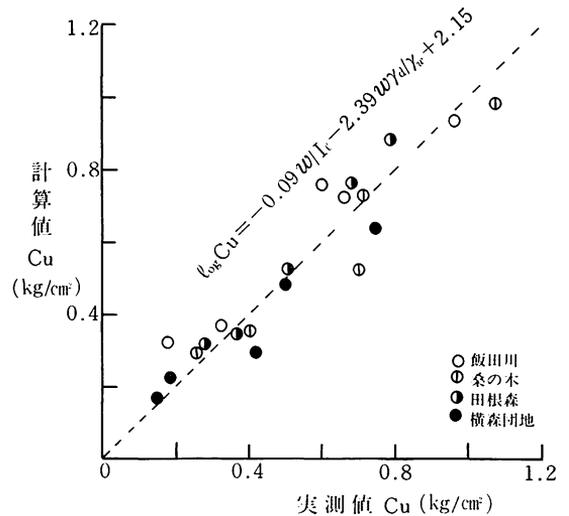


図-11 Cuの計算値と実測値

4 結 論

乱さない泥炭性有機質土についてその物性、さらに強度と物理定数の一端を示したものであり、それらを要約すると以下ようになる。

- 1) 比重Gは有機物含有量と密接に関連し、 I_θ の増大に伴ってGの値がかなり広がりをもつ。
- 2) 自然含水比と有機物含有量の間には線形関数が成立し、 $f (= W/I_\theta)$ の指数によって泥炭の圧縮履歴を推定する一つの手がかりが示された。
- 3) 自然含水比は液性限界とよい対応性を示すようであり、その両者の値はほぼ等しくなる関係が得られた。
- 4) 非排水強度と含水-強熱減量比の間には、よい相関性が得られ W/I_θ 値の経過によって Cu 値の推移を知る可能性を示唆した。

終りに本研究を行はうにあたり御指導いただいた秋田大学鉱山学部宮川勇教授に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 宮川・三浦・岩崎：有機質土の強度特性とダイレクタンスー性状についての実験的考察，第11回土質工学
- 研究発表講演集，pp.263～266，1976年
- 2) 宮川勇：泥炭地の土質工学的調査研究，第3報，北海道開発局，1958年
- 3) 宮川勇：泥炭性土の2，3の物理性と有機質，第6回土質工学研究発表会講演集，pp.97～100，1971年
- 4) 対馬・岩崎・宮川：有機質土の強度試験結果に関する二，三の考察，「土と基礎」pp.13～18，1977年