

III-257 締固め土の p F と強度特性に関する研究

日本大学大学院 正会員 広井哲也

まえがき

土の強度特性を考えていく上で、その構成要素の一つである水分の取り扱いが、現在みなおされつつある。これまでこうした水分は、単に量的に「含水比」としてとり扱われてきたが、この水分の変動が土の構造や強度に密接に関係していることから、水分の変動から土の構造上の強度をとらえる方法が、今日検討されている。こうしたなかで、従来のように水分を土の骨格、密度等の二次的指数とは無関係の「含水比」としてとらえていたのでは、その変動から直接に、土構造の強度を導きえないという考えから、土中水を力学的に有効な水分と有効でない水分とに区別して取り扱う必要があると考えられる。このため、本研究では土中水の負圧(サクション)の研究をとりあげた。サクションの単位としては (dyne/cm) や、通常の工学的圧力単位があるとともに、土中水の平衡を定量的に表す、化学ポテンシャルの単位があるためこれらについて、共通に変換しやすい単位、p F (potential Free Energy) を用いることとした。p F についてスコーフールド(Schofield:1935年)の定義を引用すると、溶質の存在を無視したとき、土中水が保持されている力{吸引力: S (kgf/cm²)}を出すのに必要な水柱高さ{毛管上昇高: h (cm)}の常用対

$$p F = \log_{10} (S / \gamma_w) = \log_{10} h \text{----- (式-1)}$$

ここに、 γ_w : 水の単位体積重量 (g/cm³)

数をもって(式-1)のように表す。この p F と土の物理的諸量の関係を求め、かつ力学的に有効なかたちに整理し、土の強度特性との関係を求めてみるのが、本研究のねらいである。

研究目的

p F と土の物理的諸量(含水比、乾燥密度等)の関係をもとめ、さらに p F 値の変動が土の力学的ファクターに、どのような影響を与えるかを明らかにすることから、土構造の強度を物理的諸量より求める方法を導きだす。

実験方法

実験に使用した試料は、日本大学理工学部二和校地より採取した火山灰質粘性土(関東ローム、V H₂)である。p F と物理的諸量の関係については、遠心分離機を用いた遠心法に従って求めた。最初に p F

$$p F = 2 \log_{10} N + \log_{10} R - 4.95 \text{----- (式-2)}$$

ここに、N: 回転速度 (r.p.m.), R: 回転半径 (cm)

値を(式-2)より求め、次に、遠心分離後の物理的諸量(含水比、乾燥密度)を測定することにより、両者の関係が求められる。この結果に従って、各 p F 値に対する物理的諸量をみだす試料を締固め曲線より作成し、強度試験に用いた。この強度試験としては、せん断抵抗(粘着力 c, せん断抵抗角 ϕ) と p F の関係を求めるために、一面せん断試験を行ない、さらに p F 値が地盤の舗装等に対する支持力と、どのように関係してくるのかを調べるために、CBR 試験を行なった。

結果と考察

p F と物理的諸量の関係は、図-1 に示すとうり、各 p F 値を一定にして含水比と乾燥密度を整理すると、各々の間に同様の直線勾配を示す傾向にあることから、p F - w - ρ_d の三要素について重回帰分析を行なった

$$p F = -0.515w + 9.000\rho_d - 3.917 \text{----- (式-3)}$$

ここに、w: 含水比、 ρ_d : 乾燥密度 (g/cm³)

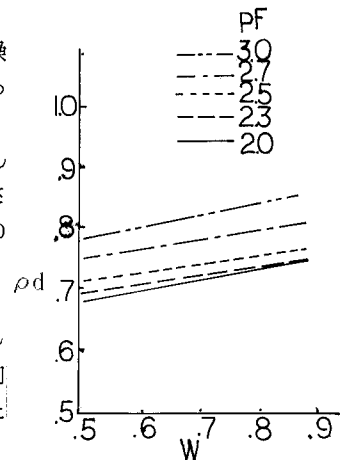


図-1 W- ρ_d の関係

ところ、寄与率： $R^2=0.756$ で（式-3）のような結果となった。この結果から、 pF は乾燥密度に比例し、含水比に反比例することが確かめられた。この現象は、これまで pF を規定する要因の1つとされていた、土壌水凹面の曲率半径が影響していると考えられる。 pF とせん断強度の関係について今回の測定範囲では、各 pF 値に対する $\sigma-\tau$ 曲線が、段階ごとに定量的に変化することから、 $pF-\sigma-\tau$ の三要素についても重回帰分析を行ない整理したところ、寄与率： R^2

$$pF = -0.506\sigma + 0.811\tau + 1.923 \text{ --- (式-4)}$$

ここに、 σ ：垂直応力（ kgf/cm^2 ）， τ ：せん断応力（ kgf/cm^2 ）
 $=0.558$ で（式-4）のような結果となった。この式から、 pF はせん断強度 τ と比例することが解り、同時に pF が土構造の強度と関係することが示された。そこで実際に、 pF の変動が地盤の支持力強度と、どのような関係にあるかを調べるため、 pF 値と水浸前のCBR値と水浸後のCBR値の関係をプロットしたものが、図-4である。この図で、水浸による pF 値の低下とともにCBR値が低下していく様子がよく解る。また pF -CBR分布を水浸前の乾燥側と、水浸後の湿潤側と比較するとき、乾燥側が負の相関を示すのに対し、湿潤側は正の相関を示すことが解った。そこで、工学的に重要と思われるCBR値の低い湿潤側について一次回帰分析をほどこしてみると、回帰係
 $pF = 0.034CBR + 2.474 \text{ --- (式-5)}$

数 $R=0.650$ で、（式-5）のように表された。

結 論

以上のような結果から、 pF は物理的諸量のうち含水比と乾燥密度を力学的に有効に整理しうるファクターであり、 pF を用いることにより、物理的諸量から土の構造や強度が定量的に換算しやすくなる。とくに pF は、物理的には乾燥密度に比例し含水比に反比例する。そして力学的強度との関係については、垂直応力を一定としたとき、せん断強度に比例した。さらに、CBR値との関係については、 pF は乾燥側と湿潤側で正反対の性質を示し、その対応は一對一ではなかった。しかしながら、工学的に重要視される湿潤側では pF とCBRとの間に正規分布の関係がみられ、今後、水の出入りが自由な地盤条件については、 pF に伴う物理的諸量の変化から、地盤の支持力強度の変動を追跡することを可能にすると考えられる。また逆に pF 値から、水分の侵入に対する地盤の支持力強度の安定性を判断することを可能にすると考えられる。

参考文献

- 1) Road Research Laboratory: Soil Mechanics for Road Engineers p.298

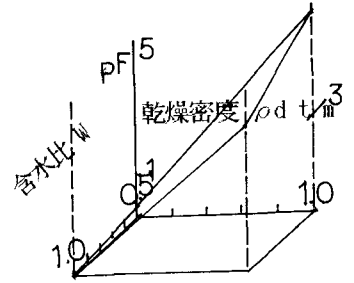


図-2 $pF-\rho d-w$ の関係

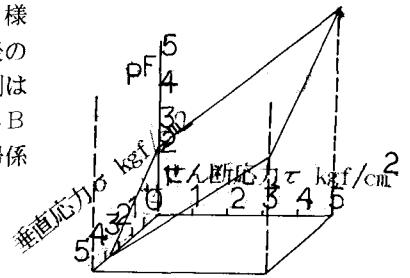


図-3 $pF-\tau-\sigma$ の関係

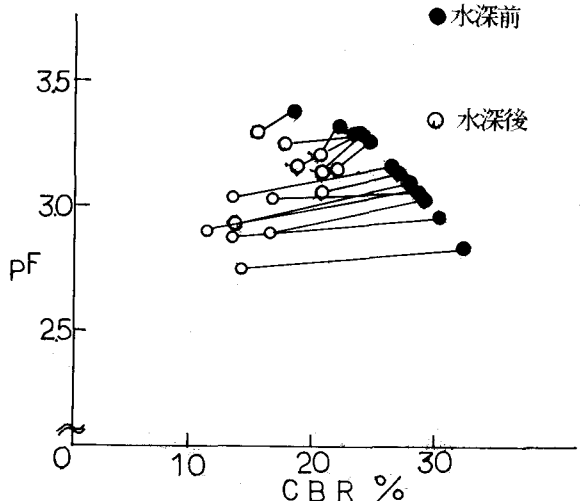


図-4 CBR- pF の関係