

III-289

凍結砂の圧縮強度に及ぼす含水比の影響

群馬大学大学院 学生員 亀田淳二

群馬大学工学部 正 員 榎戸源則

1. はじめに

従来、凍結砂の圧縮強度は、不飽和では含水比の増加に伴い増し、飽和では逆に減少すると言われてきた^{1), 3), 4), 5)}。しかし、土を土粒子、水、空気の3相から成るものと考えた場合、不飽和状態の土を、含水比の他に、乾燥密度或いは飽和度を定めることなく、単に一括して不飽和として扱うことは無意味である。これに関連しては、多くの実験データを用いて、圧縮強度 vs. 含水比の図において、等乾燥密度線を考えることによって不飽和状態を整理し、考察した研究^{2), 3)}があるが、等飽和度線を提案するには至らなかった。筆者らは、筆者らの研究室で過去に行われた渡良瀬川砂の実験のデータ⁵⁾を解析し直すことによって、圧縮強度 q_u と含水比 ω との間に実験式が成り立つことを見出し、さらに、豊浦砂の実験によってこれを確認するとともに、この式を用いて、不飽和状態をも含めた、 q_u に及ぼす ω の影響を定性的に把握し得る解析手法を導き出したので、以下、豊浦砂の実験結果を中心にして、これを説明する。

2. 実験式

既に述べたように、 ω だけでは不飽和土を一意的に定めることができないので、乾燥密度 γ_d を加えて、次のような実験式を考えた。

$$q_u = a \omega^m \gamma_d^n \quad (1)$$

ここで、 a, m, n は実験データを最小二乗法で処理して求められる定数である。

さらに、 γ_d は飽和度 S_r を用いて、

$$\gamma_d = \gamma_w / (\omega / S_r + 1 / G_s), \quad \gamma_w: \text{水の単位体積重量}, \quad G_s: \text{土粒子比重}$$

と表されるので、これを(1)式に代入することによって、 γ_d の代りに S_r を用いた表現も可能である。

即ち、

$$q_u = a \omega^m (\gamma_w / (\omega / S_r + 1 / G_s))^n \quad (2)$$

尚、この手法では最小二乗法を用いるので、データに含まれる誤差をある程度排除することができるという益があると考えられる。

3. 実験概要

供試体は、豊浦砂と蒸留水とを5cmφ x 10cmHのモールドに均一になるように詰め、ラップフィルムで覆って、フリーザー(-30℃)の中で3次元的に凍結させ、整形した。この供試体を、アムスラー型万能試験機に設置した保冷箱(-30℃)の中に入れ、載荷速度2~3kgf/cm²/secで一軸圧縮試験を行った。

4. 実験結果

(1)式における a, m, n は、それぞれ、4.66, 0.872, 3.15であり、この実験式の妥当性を図1に示した。 q_u と $\omega^m \gamma_d^n$ との間に線形関係のあることが見出される。

図2は、実験データをプロットし、それに、(1)、(2)式から得られる等乾燥密度線(右上がりの曲線群)、等飽和度線(右下がりの曲線群)を重ねたものである。図中、 γ_{dmax} 、 γ_{dmin} は、相対密度の算出に用いられるところの最大、及び最小乾燥密度である。図の三角形領域の全域に、対応する実験データ

が存在するか否かは未確認であるが、 γ_{dmax} 線と $S_r 100$ 線との交点に対応するものは存在すると思われる。この点で q_u は最大値をとり、その時の含水比は、

$$\omega_{opt} = 100(\gamma_w / \gamma_{dmax} - 1 / G_s)$$

で与えられ、具体的に計算すると($G_s=2.65$, $\gamma_{dmax}=1.645$)、おおよそ23%となる。

5. おわりに

以上の結果によって不飽和状態の概念を明確にすることが可能となり、定温、定載荷速度という試験条件の下では、含水比が大きくなると、(1)乾燥密度が一定ならば強度は増し、(2)飽和度が一定ならば逆に減少する、という結論を得た。この結論を踏まえ、単に、最大の乾燥密度で完全飽和のときの含水比が最大の強度を与える³⁾と言われるだけで、具体的に示されることのなかった最適含水比を、(3)相対密度の算出に用いられる最大乾燥密度という概念を導入することにより、定量的に示した。

尚、(1)式が成り立つ土であるならば、(1)式を変形することにより、 ω の場合と同様の手法によって、 q_u に及ぼす γ_d 及び S_r の影響を定性的に説明することも可能である。

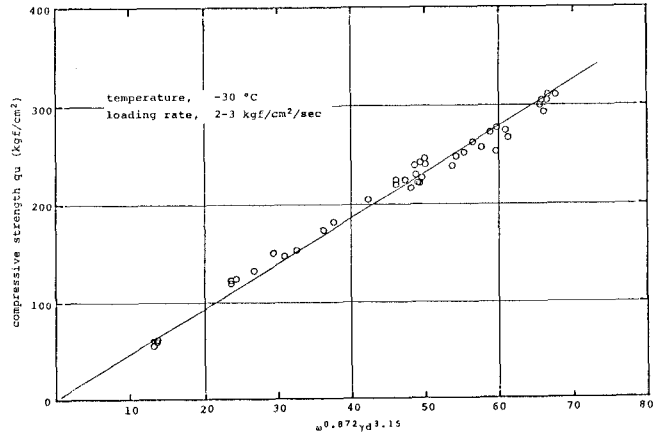


図1. q_u と $\omega^{0.872} \gamma_d^{3.15}$ との関係

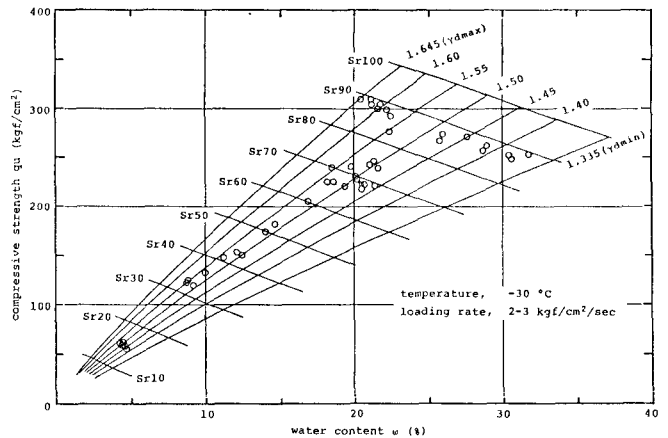


図2. 圧縮強度 vs. 含水比

参考文献

- 1) 井上・木下：凍土の圧縮強度と動的特性、低温科学、物理篇、第33号、pp.243～253、1975。
- 2) 生頼：土の凍結 2章3節、土質基礎工学ライブラリー、vol.23、pp.65～66、1982。
- 3) 高志・生頼・山本・岡本：砂質土の一軸圧縮強さに関する実験的研究、土木学会論文報告集、第302号、pp.79～88、1980。
- 4) Tsytovich, N.A.: The Mechanics of Frozen Ground, McGraw Hill Book Co., pp.149～150, 1973。
- 5) 八木原・吉沢・兎島：凍土の力学的特性に関する研究、群馬大学卒業論文、1984。