

§1. 前言 土木において土質力学、土質工学では、土のもつ状態の有効な表現の1つとして“単位体積^{重量}”の概念が信頼をもつて用いられていることは周知のことである。重量をその体積で割ったものは密度(Density)で、種々の材料物質間でその特質を表はすことは経験的に明らかである。土の乾燥密度、湿潤密度、水浸単位体積重量等は密度であつてその内容がよくわかる。そうであるから今論じようとする土粒子の比重(specific gravity)もこの普遍性ある Density の概念を全面的に適用して、矢張り 1つの密度であるとして扱い先づ密度式を決定しそれに基づいて比重式を構成するのが自然の成り行きであつて乾燥密度、湿潤密度、水浸土単位体積重量等の単位体積重量と同一の比較基準に立つことになり最も科学的思考であると御賛同を得られるものと信ずるわけがあります。更に便利なことは、日本の土質工学ではメートル単位(metric unit)であり、その利便は密度の数値がそのまま equal 比重(真、みかけ)値であるとし得ることである。即ち 1 gram/cm^3 の密度を比重1と定義することである。これは又 $\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$ という区切りのよい、いつでも再現出来る密度をもつ水という物質が実在するからでもある。この 1 gram/cm^3 の密度の水も English units では どういう単位体積についても数字が1になる重さとは得られない。62.43 ポンド/立方フィート等ということである。JIS A 1202-1970 では metric units でありながら比重について無理な定義づけの結果 $0.999129 \text{ gram/cm}^3$ の密度を比重1と扱うことにおちいり、この system に合わせてデータシートが作られている。従つてここでの比重を使うには常に $\gamma_w = 0.999129 \text{ gram/cm}^3$ を随伴し、これと掛算の必要が生ずるわけで、その定義の目的がどこにあるのかどうしても不明である。

§2. 土粒子比重定義と測定

土粒子の比重試験のよつて立つ原理は温度 $T^\circ\text{C}$ の土粒子が排除した水の容積を知ることにある。容積直接でなく重量から知るのであるがこれを正確に知れば当然これは土粒子の solid volume V_s に equal とおけるわけであるから土粒子の密度 $= \frac{\text{土粒子の乾燥重量}}{\text{排除した水の容積}} = \frac{W_s}{V_s}$ ……(2.1) として密度定義は充分であり問題するところがないわけである。密度として(2.1)式を認めるならば $\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$ とおいて比重 $G_s = \frac{W_s}{V_s} \cdot \frac{1}{\gamma_w}$ ……(2.2) と無 dimension になるからこれを土粒子の比重と定義してよい筈である (JIS A 1202-1970 はこうでない)

つぎに(2.2)式の分母 V_s についてみる。これは比重試験の温度が変る毎に、程度の差こそすくないが膨張(+)があるわけである。同時に媒体たる水の密度も変る。変つた温度での試験をしないで

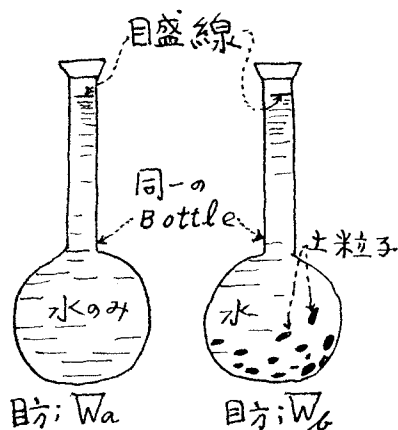


Fig. 2.1

V_s の変化を抽出するのであろうか。この点 Jis A 1202-1970 はあいまいのまゝである。(Fig: 2.1) 以下にこれを解析する。 G_T …… $T^\circ C$ の水の比重 (比重表による)。 V_s …… $T^\circ C$ の土粒子の solid volume (水中においても V_s を保つ)。 V …… Bottle の目盛線迄の容積。 $\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$ 。 W_a ……、 W_b …… 天秤ではかる重量。あるとき W_a 、 W_b の内容については Jis A 1202-1970 と全く一致するから $W_a = V \times (G_T \times \gamma_w) + \text{Bottle の重量}$ …… (2.3) $W_b = (V - V_s) \times (G_T \times \gamma_w) + V_s \cdot G_s \cdot \gamma_w + \text{Bottle の重量}$ …… (2.4) となる。(2.4) - (2.3) を求め、これを (2.2) の V_s を代入すると

$$G_s = \frac{W_s \cdot G_T}{W_s - (W_b - W_a)} \quad \dots\dots (2.5) \quad \text{この(2.5)と(2.2)から } V_s = \frac{W_s \cdot \{ \frac{W_s - (W_b - W_a)}{W_s \cdot G_T} \}}{W_s \cdot G_T}$$

$$\frac{W_s - (W_b - W_a)}{\gamma_w} \cdot \frac{1}{\gamma_w} = \frac{W_s - (W_b - W_a)}{G_T \cdot \gamma_w} \quad \dots\dots (2.6) \quad \text{となる。 (2.5), (2.6) における } (W_b - W_a) \text{ は } T^\circ C \text{ におけるもので、秤量は 2つの重量差である。実測以外に何かの函数として計算のみで求め得られないわけである。}$$

§3. 温度変化による V_s と G_s の変化。 (2.5) 式を求める過程から $W_b - W_a = W_s - V_s \cdot G_T \cdot \gamma_w$ …… (3.1)

にて $\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$ となる。(3.1) 式が $T^\circ C$ の時であるとするれば ΔT の温度上昇があれば水の比重は $G(T^\circ C + \Delta T^\circ) = 1 - 10^{-5} \times 0.7 \{ (T^\circ C - 4^\circ C) + \Delta T \}^2$ …… (3.2)。 $T^\circ C$ の V_s は $T^\circ C + \Delta T^\circ$ において Q_s になるものとするれば $Q_s = V_s \times \{ 1 + 3\alpha \cdot (\Delta T^\circ) \}$ …… (3.4) となる。 3α …… 土粒子の体膨張係数、これを (2.5) に入

ると $G_s = \frac{W_s \cdot G(T^\circ C + \Delta T^\circ)}{W_s - (W_b - W_a)}$ …… (2.5)

$$= \frac{W_s \cdot \{ 1 - 10^{-5} \times 0.7 (T^\circ C - 4^\circ C + \Delta T) \}^2}{W_s - [W_s - V_s (1 + 3\alpha \cdot \Delta T^\circ) \{ 1 - 10^{-5} \times 0.7 (T^\circ C - 4^\circ C + \Delta T) \} \cdot \gamma_w]} \quad \dots\dots (3.5) = \frac{W_s}{V_s (1 + 3\alpha \cdot \Delta T^\circ) \gamma_w}$$

… (3.6) となる。(3.6) 式には水の比重 $G(T^\circ C + \Delta T)$ の項は含まれない。このことは媒体である水の密度変化があってもそれによつて、 $V_s (1 + 3\alpha \cdot \Delta T^\circ)$ を計算し得ないことを示す。

§4. 結言 Jis A 1202-1970 でいう $G_s (T^\circ C / 15^\circ C)$ は $15^\circ C$ の比重であるとしてこのための補正係数 K を用いて

$$G_s (T^\circ C / 15^\circ C) = \frac{W_s}{W_s - (W_b - W_a)} \times K \quad \text{と書いてあるが結局}$$

$$= \frac{W_s}{W_s - (W_b - W_a)} \times \frac{G_T}{G_{15^\circ C}} = \frac{W_s \cdot G_T}{W_s - (W_b - W_a)} \cdot \frac{1}{G_{15^\circ C}}$$

$$= (2.5) \text{ 式} \times \frac{1}{G_{15^\circ C}} = (2.5) \text{ 式} \times \frac{1}{0.999129} \quad \dots\dots (4.1) \quad \text{ということであり、折角}$$

metric unit で得られた土粒子の密度が (2.5) 式で equal 比重である とならうものをわざわざ $0.999129 \text{ gram/cm}^3$ の密度を比重 1 と換算し直した事になり終っている。又一方で Jis A は土粒子温度が $15^\circ C$ であれば (4.1) 式でこの比重を示すことになるのだと補正の意味を説明している如くでもある。前者であれば無意味な unit の変更であり。後者であるとするれば理論的に成立しない。それは (2.5) 式の比重は $T^\circ C$ の比重であり、§3 で解析したように、新たな試験法に $T^\circ C$ の比重を $T^\circ C + \Delta T^\circ$ の比重に換算することが出来ないからである。(2.5) 式の G_s は $\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$ を使っているからとて $4^\circ C$ の比重ではないのである。 $\frac{1}{0.999129} = (1 + 0.000871)$ であるから (2.5) 式の G_s とは小数第3位において変動がある。土の土質分野に携るものとして Jis A 1202-1970 は廃止すべきであると結論される