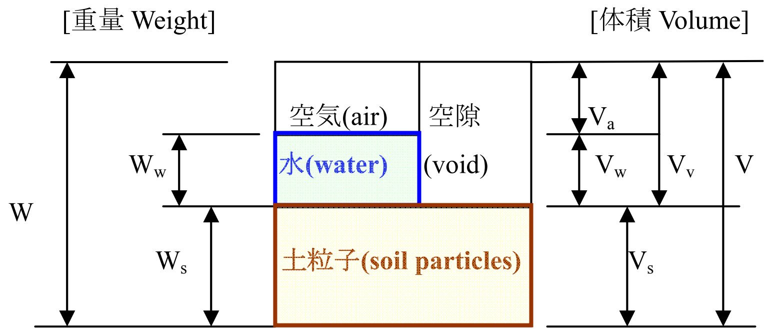
第１章　土の基本的性質

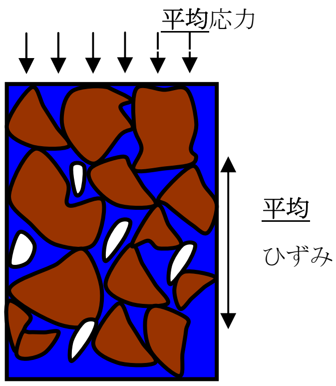
粒子の組合せ

	土塊内部の粒子の幾何学的配置・粒子の性質　→　外部からは見えないが土塊の性質を決定している	連続体+としての土塊の性質 →　工学・技術の対象
粒子の性質	（粒度分布） ・異なる大きさの粒子の混じり具合 （個々の粒子の性質） ・粒子の大きさ ・粒子の比重 ・粒子の形 ・粒子の硬さ・強度	・平均単位体積重量* *必要な例（ビル地下室の役割：演習 2） ・変形・強度特性（例、平均応力～平均ひずみ関係）透水係数 これらは、粒子自身の性質（左の欄参照）と粒子の幾何学的配置*に支配される。
粒子の詰まり方	・粒子が占める体積 ***Vs*** ・空隙が占める体積 ***Vv*** a) 水（間隙水）が占める体積 ***Vw*** b) 空気が占める体積 ***Va*** ・粒子の相互配列（構造）*) a) 個々の粒子の方向 b) 粒子間の相互接触の仕方（接触面の方向）	+土質力学：本来は粒粒（つぶつぶ）の集合体である土を、連続体として仮定して、平均応力～平均ひずみ関係を求めている

*)測定が難しい、従って定量化が難しい。しかし、この特性は連続体としての変形強度特性に反映される。例えば、重力の下で堆積した土は、通常異方的構造を持ち、その結果、異方的変形・強度特性を持つ。

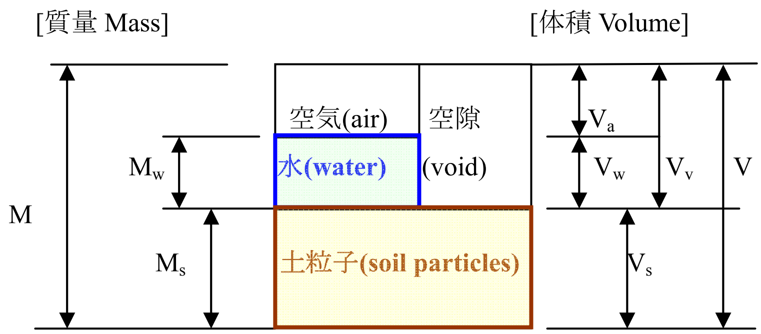
分離した個々の間隙と粒子を集合させると・・・・・





空気、水、土粒子の体積と重量の相互比率が、連続体としての物性（重量・質量、変形強度特性、透水係数等）を決定するので、それを測定する必要がある。

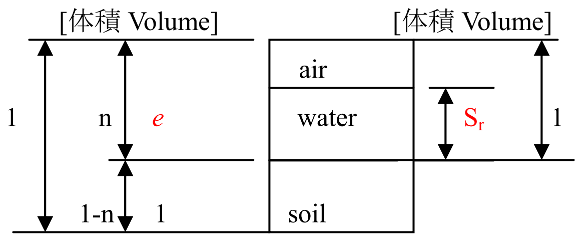
あるいは、



体積に関係した物理量

○土粒子、空気、水の三相からなるので、各相の体積の相対的大きさを表す Index（指標）は二つで十分。

通常、　**間隙比(void ratio)** $e = \dfrac{V_v}{V_s}$ と**飽和度(degree of saturation)** $S_r = \dfrac{V_w}{V_v}$ が良く用いられる。



間隙比(void ratio)　*e*

⇒小さいほど、その土は重く、強く、硬い

例）ロックフィルダムのロック材（大小の粒子が混じっていて良く締め固まっている）　0.2 – 0.3

自然の砂地盤（貧配合であまり締め固まっていない）　0.5 – 0.8

粘土（海底地盤）（良配合であるが、非常に緩い状態にある）　1.0 – 3.0

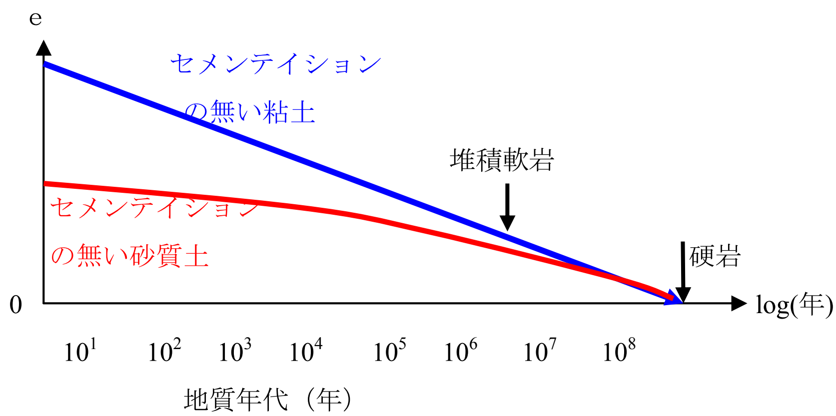
関東ローム*　3.0 程度

*)元々富士山、浅間山等からの火山灰の堆積物。粒子は細かいが、扁平でガラス質であり、自然状態では粒子間にセメンテイションがあり、強い構造を作っている。乱さないと強い。Porous でもある。2-3 階の木造住宅ならば、杭基礎無しで OK。しかし、乱すと非常に軟弱になる。

堆積軟岩（泥岩、砂岩）　0.4 – 1.0

硬岩　ほぼ 0.0

続性作用：　地質的な時間スケールで見ると、時間と伴に間隙比は減少してゆく



間隙率(porosity):

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e} \quad \textbf{(x 100 \%)}\ ; \qquad \text{or} \qquad e = \frac{n}{1-n} \quad \textbf{e= n/(1 - n)}$$

間隙比に比較すると、使用されることが少ない（習慣の問題？）

●間隙比 e と間隙率 n の測定：

では、実際にどうやって測定するのか？　意外に難しい。

しかし、　工学は数量を相手にする。測定が全ての基本。

$$e = \frac{V_v}{V_S} = \frac{V - V_s}{V_S} = \frac{V}{V_S} - 1$$

a) 空隙の体積 V_v の直接測定は困難なので、土塊の体積 V と土粒子の体積 V_s を測定する。

b) 土の体積 V は、土の塊の体積を測定できれば、求まる。

しかし、土の塊の体積は、円柱型とか直方体のようなきちんとした形でないと、容易には求まらない。変な形の時は？

実験室；　水銀置換法。

現場では：　砂置換法、水置換法。　（ダムや道路建設の現場：大変な作業）。

c)土粒子の体積 V_s も直接測定は困難。

$V_s = \dfrac{W_s}{\gamma_s}$ のようにして求める。

Ws：　土の塊の重量。土の塊を乾燥させて、W=Ws　として測定する。

γ_s：土粒子の単位体積重量（約 2.7）。

○ $\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w$：

○ G_s:土粒子比重：　$G_s = \dfrac{\gamma_s}{\gamma_w} = \dfrac{W_s / V_s}{\gamma_w}$；単位なし（約 2.7）。（この測定法は、後で説明する）

従って、実際は、

$$\boxed{e = \frac{\gamma_s \cdot V}{W_s} - 1 = \frac{\rho_s \cdot V}{M_s} - 1}$$

の様にして求める。

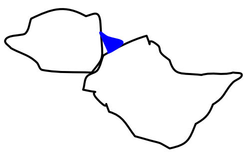
飽和度 S　$S_r = \dfrac{V_w}{V_v}$　(x 100 %)

S_r= 100 %: 飽和土。　地下水位以下の土。毛細管現象のため地下水位の直上の土も飽和している。

S_r < 100 %: 不飽和土。　地下水位よりある程度上にある土。自然に多く存在する。

非常に複雑な挙動をする*。*研究が不十分。*

我が国では　S_r が　100 %　に近い不飽和土が多い。



*）粒子間が、水の表面張力で引きつけられている。

無拘束の土でも、一定の強度を持つ。

→　砂遊び、粘土細工が可能になる。

降雨により S_r が高まると減少する→斜面崩壊

S_r～　0 %：乾燥土。　砂ではあり得る（砂漠）。

我が国では Sr が 0.0 %近くになっている場合は、殆どない。

特に、粘土では自然では殆ど存在しない。

●どうやって、測定するのか？

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \quad (\text{x } 100\ \%)$$

1) $V_w = \dfrac{W_w}{\gamma_w} = \dfrac{W - W_s}{\gamma_w} (= \dfrac{M_w}{\rho_w} = \dfrac{M - M_s}{\rho_w})$

W: 土の塊の重量（測定可能）、　*M*: 土の塊の質量（測定可能）

$\mathbf{W_s}$:　乾燥させた土の重量（測定可能）、M_s:　乾燥させた土の質量（測定可能）、

γ_w: 水の単位体積重量 (= 1.0 gf/cm^3)、 ρ_w: 水の密度 (= 1.0 g/cm^3)

2) $V_v = V - V_s = V - \dfrac{W_s}{\gamma_s} (= V - \dfrac{M_s}{\rho_s})$

V: 土の体積（測定可能）

$\mathbf{W_s}$:　乾燥させた土の重量（あるいは M_s: 質量）（測定可能）

$\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w$ ：土粒子の単位体積重量（あるいは $\rho_s = \gamma_s/g$: 土の密度）。

測定するのは、W, Ws, V,　γ_s

質量と重量の違い

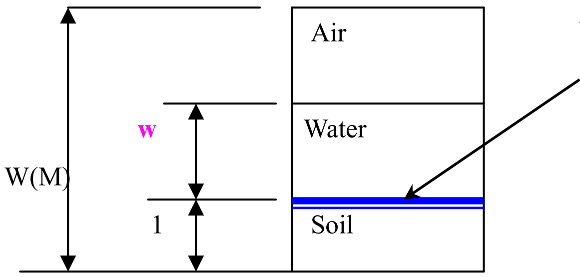
	地球上	Space shuttle
質量	1 g	1 g
重量	1 gf: 1g x 980 cm/sec^2 のこと （地球の重力加速度は場所によって微妙に変化）	0
1g の質量による鉛直力	1 g x 980 cm/sec^2= 980 dyne　(1 g x 1 cm/sec^2= 1 dyne) 0.001 kg x 9.8 m/sec^2=　0.0098 N　(1 kg x 1 m/sec^2= 1 N)	0
便利な換算表	1 kgf = 9.8 N 1 tonf= 9.8 kN 1kgf/cm^2= 98 kN/m^2= 98 kPa　（圧力の単位） 1 tonf/m^2= 0.1 kgf/cm^2= 9.8 kN/m^2= 9.8 kPa 1 m 水深= 1 tonf/m^3 x 1m= 1 tonf/m^2= 0.1 kgf/cm^2= 9.8 kN/m^2= 9.8 kPa 重量は round number なので、重量を用いることが多い	

体重 50 kg と言うならば、体質量 50 kg と言うべき。

重量（あるいは質量）に関する物理量

空気の重量を無視すれば、３相の重量の相対的大きさを表す Index（指標）は、一つで良い。

[重量（質量） Weight (Mass)]



しかし、

曖昧な水がある（自由に動けない水）

a) 粘性土の場合、電気的に粒子の表面に引きつけられている固着水。

b) 大粒径の場合、粒子内部に存在する結晶水。

→これらは土粒子の一部とする

（W_w の定義に、一定の曖昧さがある）

● 含水比(water content)

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{M_w}{M_s} \quad \text{(x 100 \%)}$$

1)空気が残っている場合は、含水比 w だけからは、土の塊として変形・強度特性等を決定する「土の粒子の詰まり方（間隙比ｅ、間隙率ｎ）と飽和度」は分からない。従って、(含水比と間隙比)、(含水比と飽和度)、のように、二つ値を一組として記録・報告する必要がある。

2)測定

$W_w = W - W_s$:　W と W_s を測定する。　$M_w = M - M_s$:　M と M_s を測定する。

○W_s (M_s)の測定が問題。

a) 結晶水を追い出すには、350 – 360 度が必要。粒子の外の自由空間には存在してなく、土粒子の一部として挙動する。

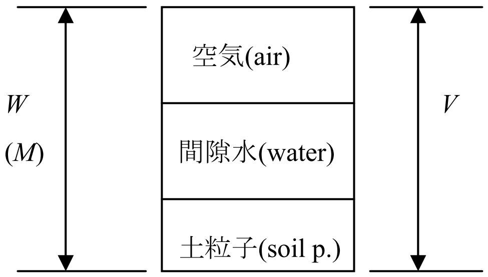
b) 固着水は、土粒子の一部として挙動する。

c) 従って、結晶水、固着水は、土粒子の一部として取り扱う。

d) 約束事：　JIS: 約 50 g 程度の土を 110 度 C で 24 時間炉乾燥して、W_s (M_s)を測定。

体積と重量（あるいは質量）の両方に関係した物理量

[重量 Weight]　　　　　　　　　　[体積 Volume]



○湿潤単位体積重量(wet unit weight)もしくは全単位体積重量(total unit weight)；

$\gamma_t = \dfrac{W}{V}$:　いわゆる土の重さ。様々な工学的設計問題で必要となる物理量。

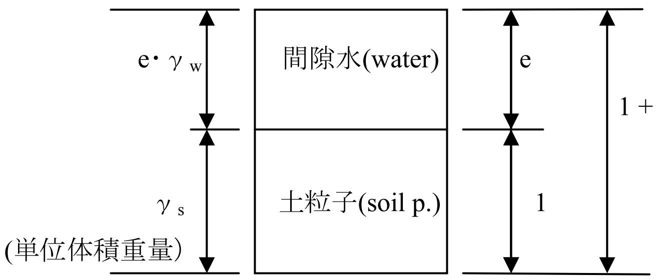
もしくは、$\rho_t = \dfrac{M}{V}$:　全密度，Mは土の塊の質量。

a) 空気が残っている場合、γ_t だけからは、土の塊として変形・強度特性等を決定する「土の粒子の詰まり方（間隙比 e 、間隙率 n ）と飽和度」の値は分からない。次に説明する乾燥単位体積重量(dry unit weight) $\gamma_d = \dfrac{W_s}{V}$ あるいは乾燥密度 $\rho_d = \dfrac{M_s}{V}$ は、間隙比 e 、間隙率 n とより直接に関連しており、土の塊として変形・強度特性等と、より直接関連している。

b) 従って、(γ_t と含水比 w)、(γ_t と飽和度 S_r) のように、二つ組にして記録・報告する必要がある。

c) 仮に、飽和度 S_r= 100 % の時、γ_t(gf/cm^3)、 ρ_t(g/cm^3)の大きさは、どの程度か？

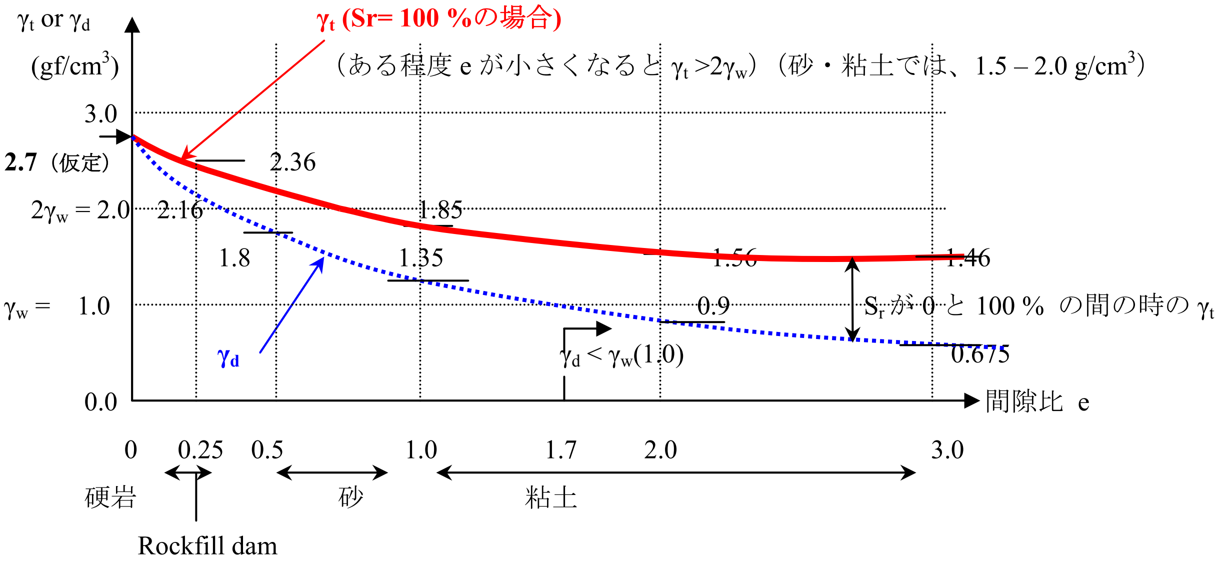
[重量 Weight]　　　　　　　　　　[体積 Volume]



$$\boxed{\gamma_t(gf/cm^3) = \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{1+e} \approx \frac{2.7+e}{1+e} = \frac{1.7+1.0+e}{1+e} = \frac{1.7}{1+e} + 1.0}$$

$$\boxed{\rho_t(g/cm^3) = \frac{\rho_s + e \cdot \rho_w}{1+e} \approx \frac{2.7+e}{1+e} = \frac{1.7+1.0+e}{1+e} = \frac{1.7}{1+e} + 1.0}$$

常に、1.0 以上である。また、γ_s以下である。



○　乾燥単位体積重量(dry unit weight)と乾燥密度(dry density)；

$$\boxed{\gamma_d(gf/cm^3) = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s}{1+e} \approx \frac{2.7}{1+e}};\quad \boxed{\rho_d(g/cm^3) = \frac{M_s}{V} = \frac{\rho_s}{1+e} \approx \frac{2.7}{1+e}}$$

a) それぞれ、飽和度 S_r= 0 の時の全単位体積重量 γ_t と全密度 ρ_t に等しい。

b)　飽和度にかかわらず、土の塊として変形・強度特性等を決定する「土の粒子の詰まり方（間隙比　e、間隙率 n）」と直接対応している。

c)　e が 1.7 程度以上だと、γ_d は 1.0 以下になる。粘土のように、粒子間の間隔が小さく、表面張力のために粒子間に水が浸入せず、土内部の気泡を保持できれば、乾燥していれば水に浮く。

例）粘性土で間隙比 e = 3.0, γ_s =2.7　→ γ_d= 0.675 (gf/cm^3)

かちかち山の狸の泥船。

V_sの測定法：

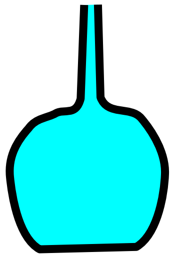
土粒子の形は複雑であり、その体積は直接測定することは出来ない。従って、以下の間接的な方法を用いる。　Page 6 – 7。ピクノメータ。容器。

（既知情報）

重量 W_P（あるいは、質量 M_P），内部の体積 V_P, 土粒子の乾燥重量 W_s（あるいは、乾燥質量 M_s）

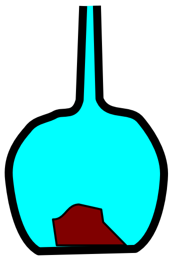
a)この中を、蒸留水で満たす。重量 $W_c = W_P + W_w = W_P + \gamma_w x\, V_P$ (1)

質量 $M_c = M_P + M_w = M_P + \rho_w x\, V_P$



b)この中を、土粒子と蒸留水で満たす。重量 $W_t = W_P + W_s + (V_p - V_s)\, x\, \gamma_w$ (2)

質量 $M_t = M_P + M_s + (V_p - V_s)\, x\, \rho_w$



(1) – (2)= -Ws（既知）＋ $\mathbf{V_s} x\, \gamma_w$(既知)

からを $\mathbf{V_s}$ 求める。

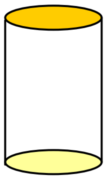
W_c と W_t と W_s から（あるいは、M_c と M_t と M_s から）、V_s を求める。

次に、土の単位体積重量 $\gamma_s = W_s/V_s$、土の密度 $\rho_s = M_s/V_s$ を求める。

演習１：

下記の土塊の単位体積乾燥重量 γ_d (gf/cm^3)、密度 ρ_d (g/cm^3)、間隙比 e、含水比 w、飽和度 S_r (%)を求めよ。

これらの値から、どのような土であるかを想定せよ。



高さ; 20 cm

直径; 7 cm

総重量= 1,280 gf

炉乾燥させたあとの重量= 1,060 gf

粒子比重 G_s= 2.7

[答]

全体積 V= 770 cm^3

土の体積: $$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{W_s}{\gamma_w \cdot G_s} = \frac{1{,}060}{2.7} = 392(\mathrm{cm}^3)$$

間隙比 $$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1 = \frac{770}{392} - 1 = 0.96$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{W_w/\gamma_w}{V - V_s} == \frac{(W - W_s)/\gamma_w}{V - V_s} = \frac{(1{,}280 - 1{,}060)/1.0}{770 - 392} = \frac{220/1.0}{378} = 58(\%)$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{M_w}{M_s} = \frac{220}{1{,}060} = 21(\%)$$

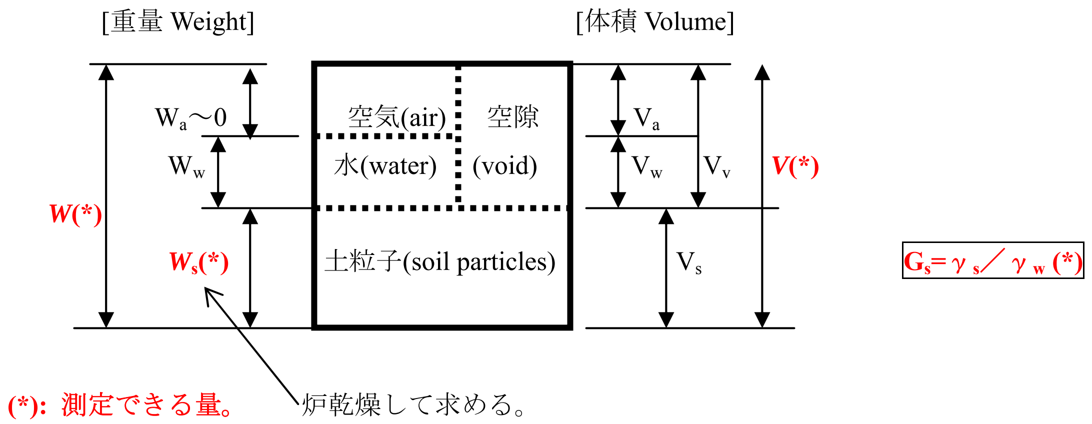
$$\gamma_d(gf/cm^3) = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s}{1+e} = \frac{2.7}{1+0.96} = 1.38(gf/cm^3);$$

$$\rho_d(g/cm^3) = \frac{M_s}{V} = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{2.7}{1+0.96} = 1.38(g/cm^3)$$

細粒分を含んだ土であろう。

1．1．　2　　基本的物理量の間の関係

式を丸暗記しないで、次の図から理解する。



(*): 測定できる量。

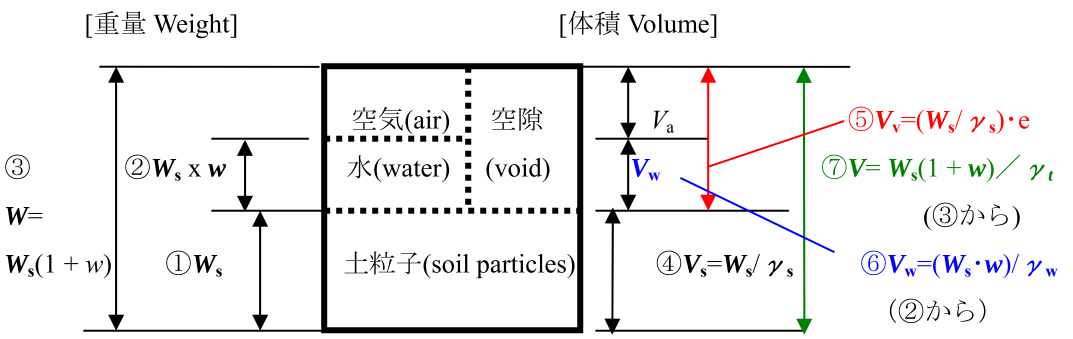
○測定できる W, V, G_s を用いて、基本的な物理量を表現すると、

含水比； $w = W_w/W_s = (W - W_s)/W_s$　（$w = M_w/M_s = (M - M_s)/M_s$）

全単位体積重量； $\gamma_t = W/V$

○(w, γ_t)と(Ws, Gs, e)を用いて、上図を表現し直すと、

①、②…は、求める順序。



従って、

1)　$\gamma_d = W_s/V = W_s/⑦ = \gamma_t／(1 + w)$

2)　$e = V_v/V_s = V/V_s - 1 = ⑦／④ - 1 = [\gamma_s(1 + w)]／\gamma_t - 1$

　または、1), 2)から、

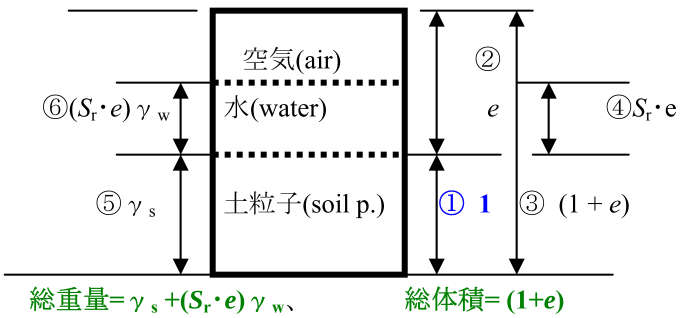
　　$e = \gamma_s／\gamma_d - 1$

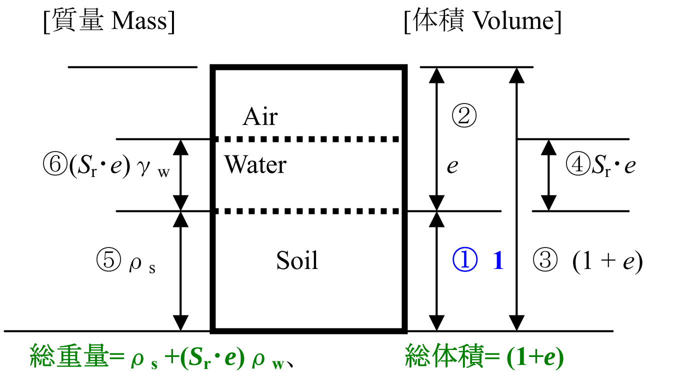
3)　$S_r = V_w/V_v = ⑥／⑤ = (w \cdot \gamma_s)／(\gamma_w \cdot e) = (w \cdot G_s)／e$

(1.11)

別法（間隙比 e と飽和度 Sr を基本に考える方法）

多くの技術者が用いている方法。　土粒子体積を 1.0 として考える。





$$\gamma_t = \frac{W}{V} = \frac{\gamma_s + (S_r \cdot e)\gamma_w}{1+e} = \frac{G_s + (S_r \cdot e)}{1+e}\gamma_w \qquad (1.16)$$

$$\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{\rho_s + (S_r \cdot e)\rho_w}{1+e} = \frac{G_s + (S_r \cdot e)}{1+e}\rho_w \qquad (1.16a)$$

1) S_r= 100 % の時； $\gamma_t = \dfrac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{1+e} = \dfrac{G_s + e}{1+e}\gamma_w$ (1.18)

$$\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{\rho_s + e \cdot \rho_w}{1+e} = \frac{G_s + e}{1+e}\rho_w \qquad (1.18a)$$

2)S_r= 0 % の時； $\gamma_t = \gamma_d = \dfrac{\gamma_s}{1+e} = \dfrac{G_s}{1+e}\gamma_w$ (1.17)

$$\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{G_s}{1+e}\rho_w \qquad (1.17a)$$

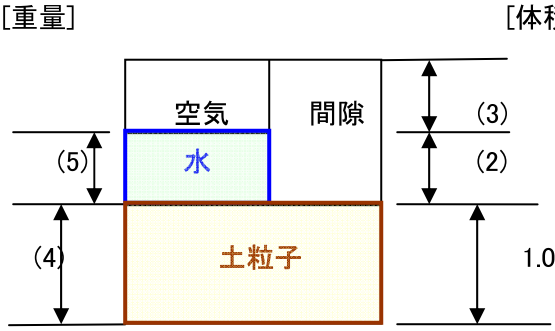
演習 2:

図は土の構成である。土粒子の体積を 1.0 として、以下の問いに答えよ。

a) 間隙比 e, 飽和度 S_r, 土粒子比重 G_s, 含水比 w、単位体積重量 γ_t 、乾燥単位体積重量 γ_d、水中単位体積重量 γ'を、記号(1)〜(5) 及び水の単位体積重量 γ_w を用いて表現せよ。

b) e= 1.3, G_s= 2.70、S_r=40 %の土の単位体積重量 γ_t(gf/cm^3)の値を示せ。その土を締固めて空気を完全に追い出した後の単位体積重量 γ_t * (gf/cm^3)を示せ。

図−1



[答]

a) 間隙比 $e=(2)+(3)$，飽和度 $S_r=\dfrac{(2)}{(2)+(3)}(\times 100\%)$，土粒子比重 $G_s=(4)/\gamma_w$，

含水比 $w=\dfrac{(5)}{(4)}(\times 100\%)$、単位体積重量 $\gamma_t=\dfrac{(4)+(5)}{1.0+(2)+(3)}(gf/cm^3;\ \ tonf/m^3)$ 、

乾燥単位体積重量 $\gamma_d=\dfrac{(4)}{1.0+(2)+(3)}(gf/cm^3;\ \ tonf/m^3)$、

水中単位体積重 $\gamma'=\dfrac{(4)-\gamma_w}{1.0+(2)+(3)}(gf/cm^3;\ \ tonf/m^3)$

b) $$\gamma_t=\frac{(4)+(5)}{1.0+(2)+(3)}=\frac{(G_s+e\cdot S_r)\cdot\gamma_w}{1.0+e}=\frac{(2.7+1.3\cdot 0.4)\cdot\gamma_w}{1.0+1.3}=1.4\cdot\gamma_w=1.4(gf/cm^3;\ \ tonf/m^3)$$

この土を締固めて空気を完全に追い出した後の間隙比は $e^*=(2)$ である。

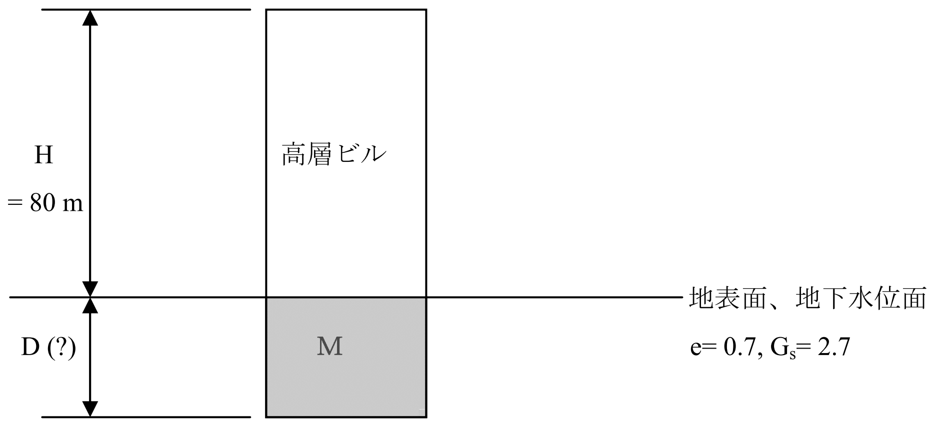
$S_r=\dfrac{(2)}{(2)+(3)}=\dfrac{(2)}{e}=\dfrac{(2)}{1.3}=0.4$ なので、 $e^*=(2)=0.4\times 1.3=0.52$

その時の単位体積重量 γ_t * (gf/cm^3)は、

$$\gamma_t^*=\frac{(G_s+e^*)\cdot\gamma_w}{1.0+e^*}=\frac{(2.7+0.52)\cdot\gamma_w}{1.0+0.52}=2.12\cdot\gamma_w=2.12(gf/cm^3;\ \ tonf/m^3)$$

演習 3：

下図のような地盤に、地表高さ H= 80 m、断面積 BxB= 10 m x 10 m、単位体積重量 γ_B= 0.4 tonf/m^3 の高層ビルを建築したい。地下室の深さ D (m) をどれだけにしたら、高層ビルの底面より下の基礎地盤に加わる荷重が、高層ビルを建設しても変化しないか、計算せよ。



次に、高層ビルの地表面以下の地下室部分内部の全体積の 90 % に地下水が完全に浸入するとして、「地下室の深さ D (m) をどれだけにしたら、高層ビルの底面より下の基礎地盤に加わる荷重が、高層ビルを建設しても変化しないか」、計算せよ。

[答]：土を連続体と考える。

Ⅰ）高層ビルの地下室内に地下水が浸入していない場合。

1）全荷重で考える。

地下室部分 M の土の重さ= $B^2 \cdot D \cdot \gamma_t$

$\gamma_t = \{(G_s + e)/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 2.0 \cdot \gamma_w$

ビルの総重量= $B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B$

$B^2 \cdot D \cdot \gamma_t = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B$ を解いて、$D = \{\gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B)\} \cdot H = 20$ m。

2）地下の部分の地盤と地下室に作用している浮力を考慮して考察する。

「M の部分の土の全重量」－「M の部分の土に作用する浮力」

$= B^2 \cdot D \cdot \gamma_t - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w = B^2 \cdot D \cdot (\gamma_t - \gamma_w)$

「ビルの総重量」－「ビルの地下室に作用する浮力」= $B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w$

$B^2 \cdot D \cdot \gamma_t - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w$

を解いて、$D = \{\gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B)\} \cdot H = 20$ m。

Ⅱ）高層ビルの地下室内に地下水が浸入した場合。

1）　全荷重で考える。

地下室部分 M の土の重さ= $B^2 \cdot D \cdot \gamma_t$

$\gamma_t=\{(G_s+e)/(1+e)\}\cdot\gamma_w=2.0\cdot\gamma_w$

ビルの総重量= $B^2\cdot(D+H)\cdot\gamma_B+\boldsymbol{B^2\cdot D\cdot 0.9\cdot\gamma_w}$

$B^2\cdot D\cdot\gamma_t=B^2\cdot(D+H)\cdot\gamma_B+B^2\cdot D\cdot 0.9\cdot\gamma_w$ を解いて、$D=\{\gamma_B/(\gamma_t-\gamma_B-0.9\cdot\gamma_w)\}\cdot H=45.7$ m。

２）　地下の部分 M の地盤と地下室に作用している浮力を考慮して考察する。

「M の部分の土の全重量」－「M の部分の土に作用する浮力」

$=B^2\cdot D\cdot\gamma_t-B^2\cdot D\cdot\gamma_w=B^2\cdot D\cdot(\gamma_t-\gamma_w)$

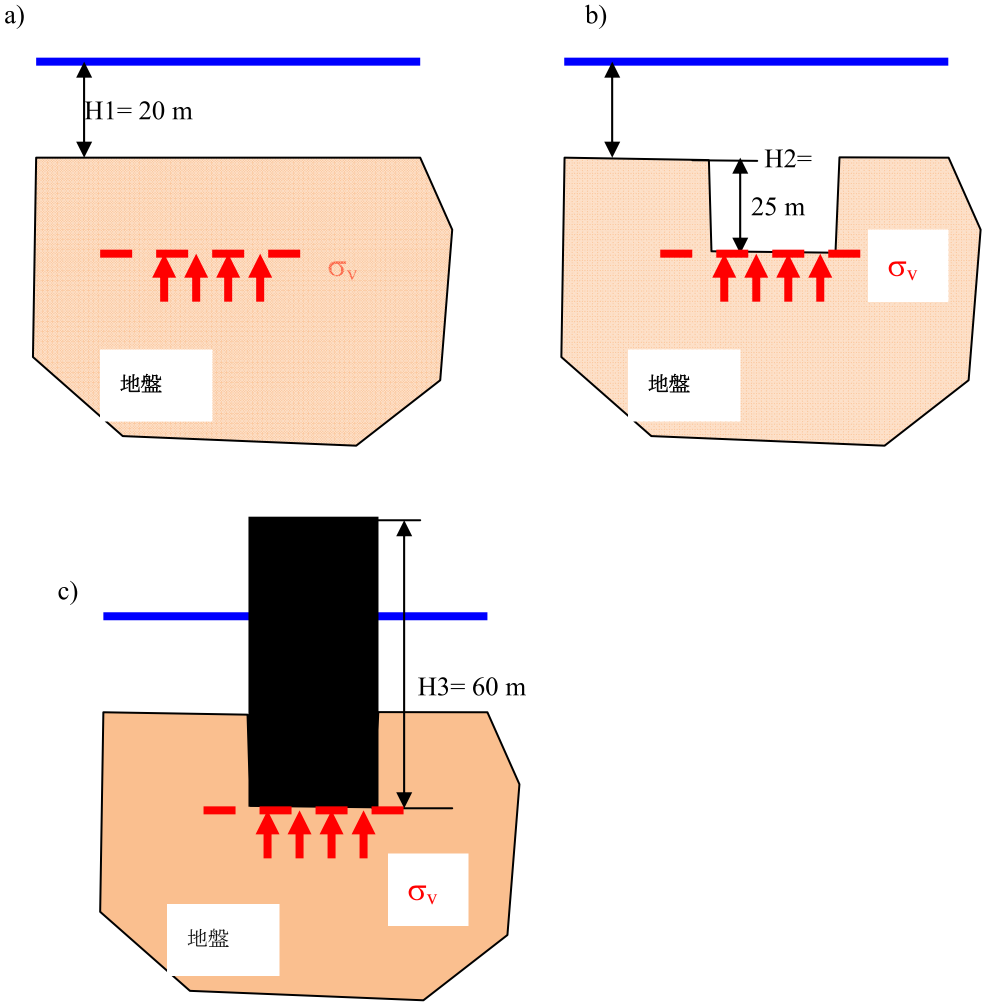
$\gamma_t=\{(G_s+e)/(1+e)\}\cdot\gamma_w=2.0\cdot\gamma_w$

「ビルの総重量」 ***－「ビルの地下室に作用する浮力」*** $=B^2\cdot(D+H)\cdot\gamma_B-\boldsymbol{B^2\cdot D\cdot 0.1\cdot\gamma_w}$

$B^2\cdot D\cdot(\gamma_t-\gamma_w)=B^2\cdot(D+H)\cdot\gamma_B-B^2\cdot D\cdot 0.1\cdot\gamma_w$

を解いて、$D=\{\gamma_B/(\gamma_t-\gamma_B-0.9\cdot\gamma_w)\}\cdot H=45.7$ m。

演習 4：　下図 a)の様な海底地盤を図 b)の様に掘削した後、図 c)のように大型橋梁のための重量式基礎を建設する。地盤の平均間隙比は 0.7、粒子比重は 2.65 である。基礎の空中での単位体積重量は 2.5 tonf/m^3 である。、a)から b)への過程と b)から c)への過程での、**橋梁基礎直下のレベルで地盤に作用する鉛直応力 σ$_v$ (tonf/m^2)**の変化量を計算せよ。



a)　から b)：　土の全重量から浮力を引いた有効重量分だけ鉛直荷重が減少する。

減少する鉛直応力=$\gamma' \cdot H2 =$ 1.03 x 25= 25.8 tonf/m^2

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0}{1+e}\gamma_w = \frac{2.7-1.0}{1+0.65} = 1.03 \text{ tonf/m}^3$$

b)　から c)：　基礎構造物の全重量から浮力を引いた有効重量分だけ鉛直荷重が増加する。

増加する鉛直応力=$\gamma_{structure} \cdot H3 - \gamma_w \cdot (H1+H2) =$ 2.5 x 60 – 1.0x(20 + 25)= 105 tonf/m^2

a)　から c)：　増加する鉛直応力=$\gamma_{structure} \cdot H3 - \gamma_w \cdot (H1+H2) - \gamma' \cdot H2 =$ 105 – 25.8= 79.2 tonf/m^2

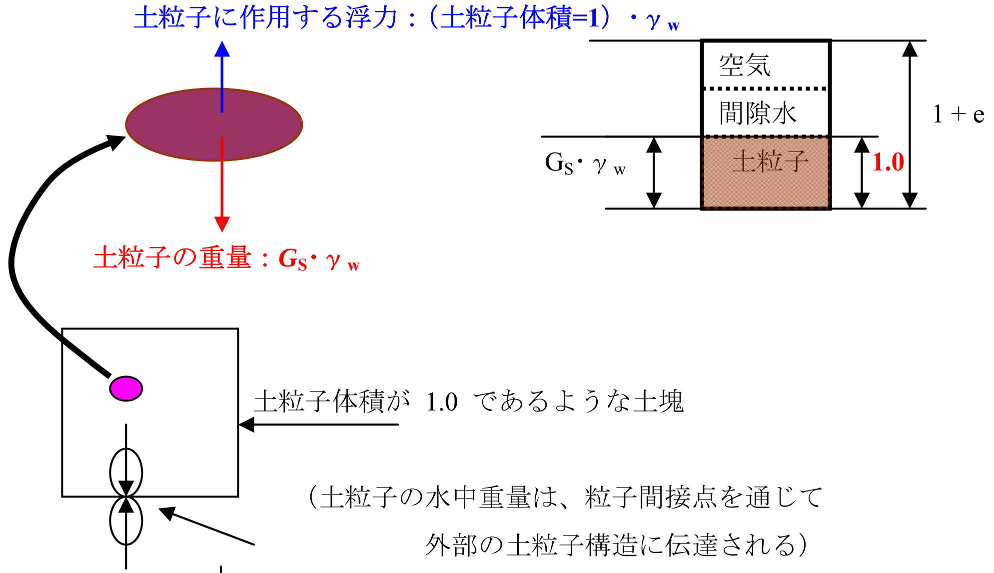
土の水中単位体積重量(Buoyant or submerged unit weight)　γ’ あるいは、水中密度 ρ’

■ S_r〈100% の場合の水中単位体積重量は？

気泡が土の中に entrap されている状態を想定する。

今、土粒子体積が 1.0 であるような土塊を考える。

地下水位以下の土粒子に作用する力（土塊の単位体積当たり）



体積	浮力を考慮しない重量(a)	浮力 (b)	水中重量(a-b)		
$e\cdot(1-S_r)$	0	$e\cdot(1-S_r)\cdot\gamma_w$	$-e\cdot(1-S_r)\cdot\gamma_w$	空気	体積
$e\cdot S_r$	$e\cdot S_r\cdot\gamma_w$	$e\cdot S_r\cdot\gamma_w$	0.0	間隙水	
1	$G_S\cdot\gamma_w$	$1.0\cdot\gamma_w$	$(G_S-1)\cdot\gamma_w$	土粒子	1.0
1+e	$(G_s+e\cdot S_r)\cdot\gamma_w$		$\{G_S-1-e\cdot(1-S_r)\}\cdot\gamma_w$		

土粒子に作用する浮力　　空気に作用する浮力

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0 - e\cdot(1-S_r)}{1+e}\gamma_w = \frac{G_s + e\cdot S_r}{1+e}\gamma_w - \frac{1+e}{1+e}\gamma_w = \gamma_t - \gamma_w \qquad \text{(A)}$$

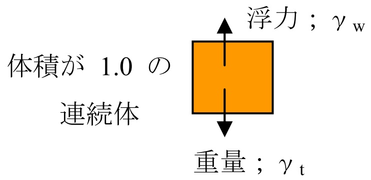
<u>飽和度 Sr= 100%の場合</u>

土粒子に作用する浮力

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0}{1+e}\gamma_w = \frac{G_s + e}{1+e}\gamma_w - \frac{1+e}{1+e}\gamma_w = \gamma_t - \gamma_w \qquad \text{(A)}$$

$\gamma' = \gamma_t - \gamma_w$(即ち、$\rho' = \rho_t - \rho_w$)は、土の飽和度 S_r に関わらず成り立っている。

(A)式の意味：γ’は、土を連続体として扱った時の「単位体積重量が γ_t である土」の水中での重量。



■S_r= 100 % の時（飽和土）

（地下水位以下では、通常 S_r= 100 %）

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0}{1+e}\gamma_w = \frac{G_s + e}{1+e}\gamma_w - \frac{1+e}{1+e}\gamma_w = \gamma_t - \gamma_w$$

例）砂の典型的な値である e= 0.7, G_s= 2.7, S_r= 100 % の時、

$\gamma_d = \{G_S/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 2.7/1.7 = 1.59$ (gf/m^3)

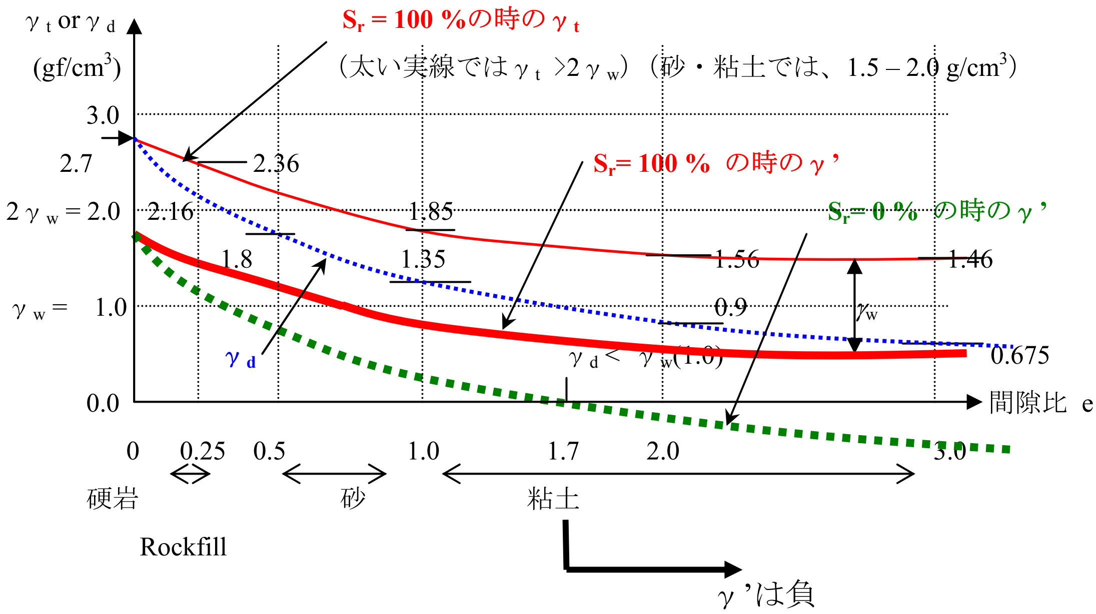
$\gamma' = \{(G_S - 1.0)/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 1.7/1.7 = 1.0$ (gf/m^3)

$\gamma_t = \{(G_S + e)/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 3.4/1.7 = 2.0$ (gf/m^3)

必ず、$\gamma_t > \gamma_d > \gamma'$ の関係になる。

■S_r= 0 % の時（乾燥土）

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0 - e}{1+e}\gamma_w = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w - \frac{1+e}{1+e}\gamma_w = \gamma_d - \gamma_w \qquad \text{（注：この場合}\gamma_d = \gamma_t\text{）}$$



演習 5)

e= 3.0, G_s= 2.7 である粘性土を、飽和度 S_r が 0 % になるまで炉乾燥したとする（かちかち山の狸が作った泥船を、良くたき火で乾燥させていた場合）。この土塊は、水に浮くか？

[答]水中単位体積重量を求めると、

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0 - e}{1+e}\gamma_w = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w - \frac{1+e}{1+e}\gamma_w = \gamma_d - \gamma_w = 0.675 - 1.0 = -0.325(gf/cm^3)$$

マイナスの水中単位体積重量。従って、水に浮く。