

土の基本的物理量

岩 => 土

風化：物理的作用(母岩の細粒化)

化学的作用(化学構造の変化:粘土化)

- 形
- 硬さ(剛性)
- 強さ(破碎強度)
- 表面粗度

土粒子の基本物理量：

その他の土粒子の性質？

•粒径 (D) grain size

•密度 (ρ_s)、or 比重 (specific gravity : $G_s = \rho_s / \rho_w$)

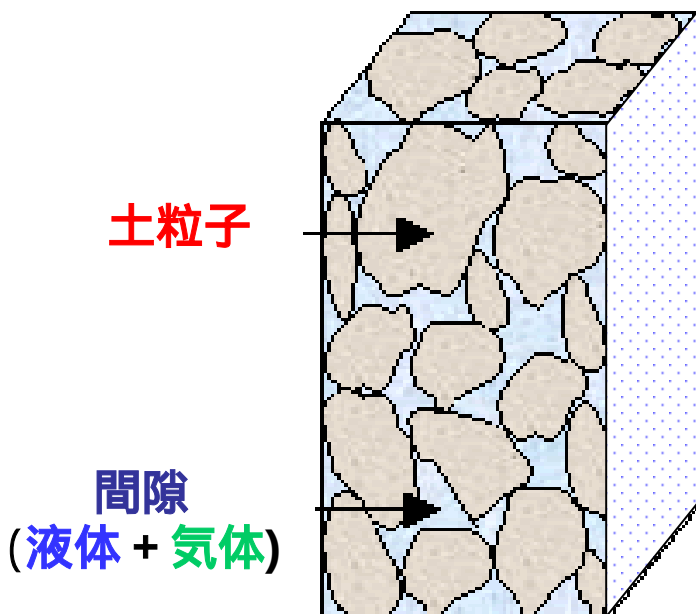
0.005 0.075 0.25 0.85 2.0 4.75 19 75 300 (mm)									
粘土 (clay)	シルト (silt)	細	中	粗	細	中	粗	粗石 (コブル)	巨石 (ボルダー)
		砂(sand)			礫(gravel)			石(stone)	

日本の土粒子粒径区分(JGS)

実際の土、広範囲な粒径を持った土粒子の集合体：

土の状態量

土粒子以外の部分の状態



• 間隙 (void) の大きさ:

- 間隙比 (void ratio: e): 土粒子体積に対する比
- 間隙率 (porosity: n): 土全体積に対する間隙の割合

• 間隙の中の水の量: 乾燥 ⇔ 湿潤

- 含水比 (water content: w):
土粒子質量に対する水の質量比
- 体積含水率 (volumetric water content: θ):
土全体積に対する水体積の割合
- 飽和度 (Degree of saturation: S_r):
間隙体積に対する水体積の割合
- 空気間隙率 (v_a): 土全体積に対する空気体積の割合

• その他、

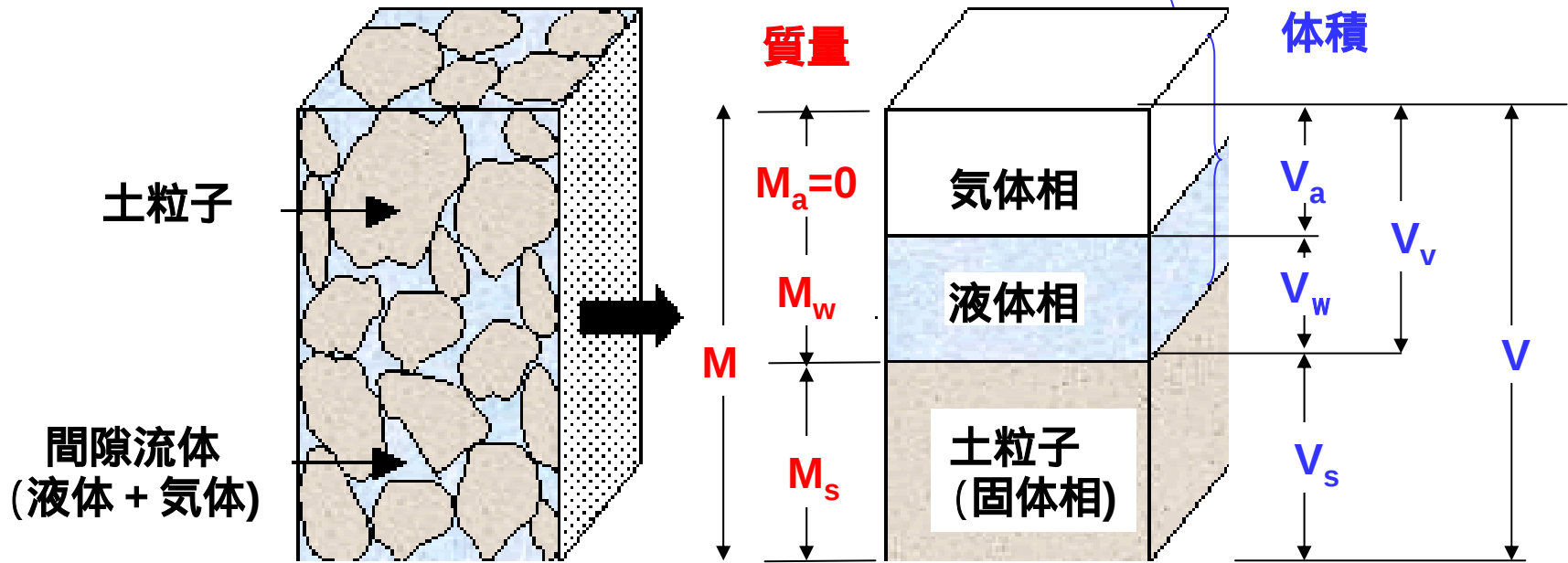
水の性質:

密度 (ρ_w)、

粘性 (μ)

堆積圧縮係数 (m_v)

土の構成



間隙の相対的な大きさの指標

間隙比(void ratio): $e = \frac{V_v}{V_s}$, 間隙率(porosity): $n = \frac{V_v}{V}$

流体(水)の相対的な量

含水比: $w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 (\%)$

•飽和土(saturated soil): $V_v = V_w$ ($V_a = 0$)

•不飽和土(unsaturated soil): $V_v \neq V_w$ ($V_a \neq 0$)

飽和度: $S_R = \frac{V_w}{V_v} \times 100 (\%)$

土の状態量の関係

• e と n の関係:
$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{eV_s}{V_s + eV_s} = \frac{e}{1+e} \quad (1)$$

• e と w の関係 $\leq S_r, \rho_s/\rho_w (=G_s)$
$$eS_r = G_s w \quad (2)$$

土の状態量は最も基本的な情報: Why?

- 詰まり具合 (密度)
=> 地盤内の応力、土構造物の重さ (荷重=>外力)
- 水の通しやすさ (透水性)
- 締め固めさすさ (締め固め特性)
- 土としての強度 (強さ)、剛性 (変形のし難さ)



土の力学特性は、eとwの影響を強く受ける

土の密度、単位体積重量

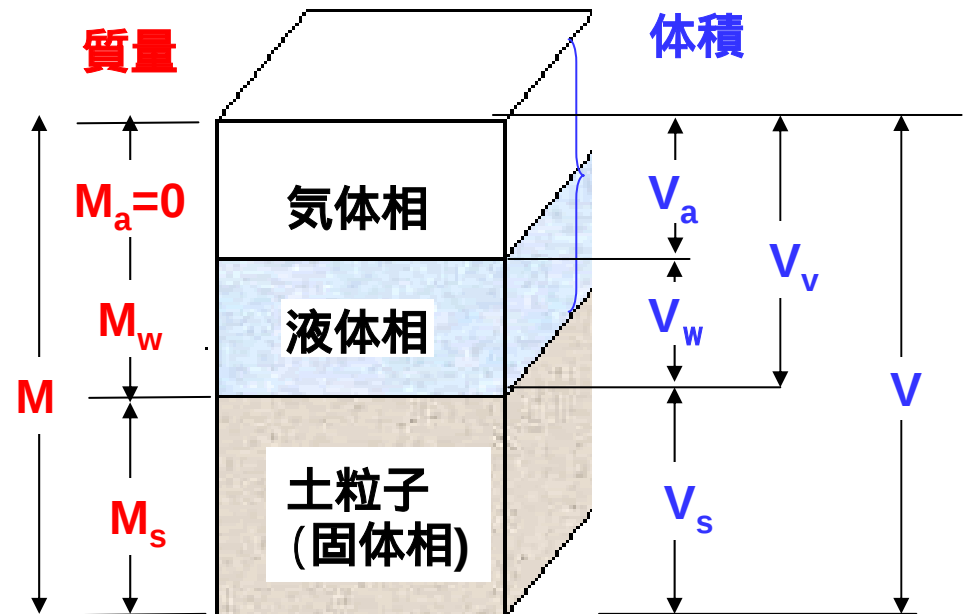
•土の密度: $M/V = f(\rho_w, \rho_s \text{ (or } G_s), e, S_r) = g(\rho_w, \rho_s \text{ (or } G_s), e, w)$

直接求められる量:

密度、 w 、 ρ_s 、 ρ_w から計算する量

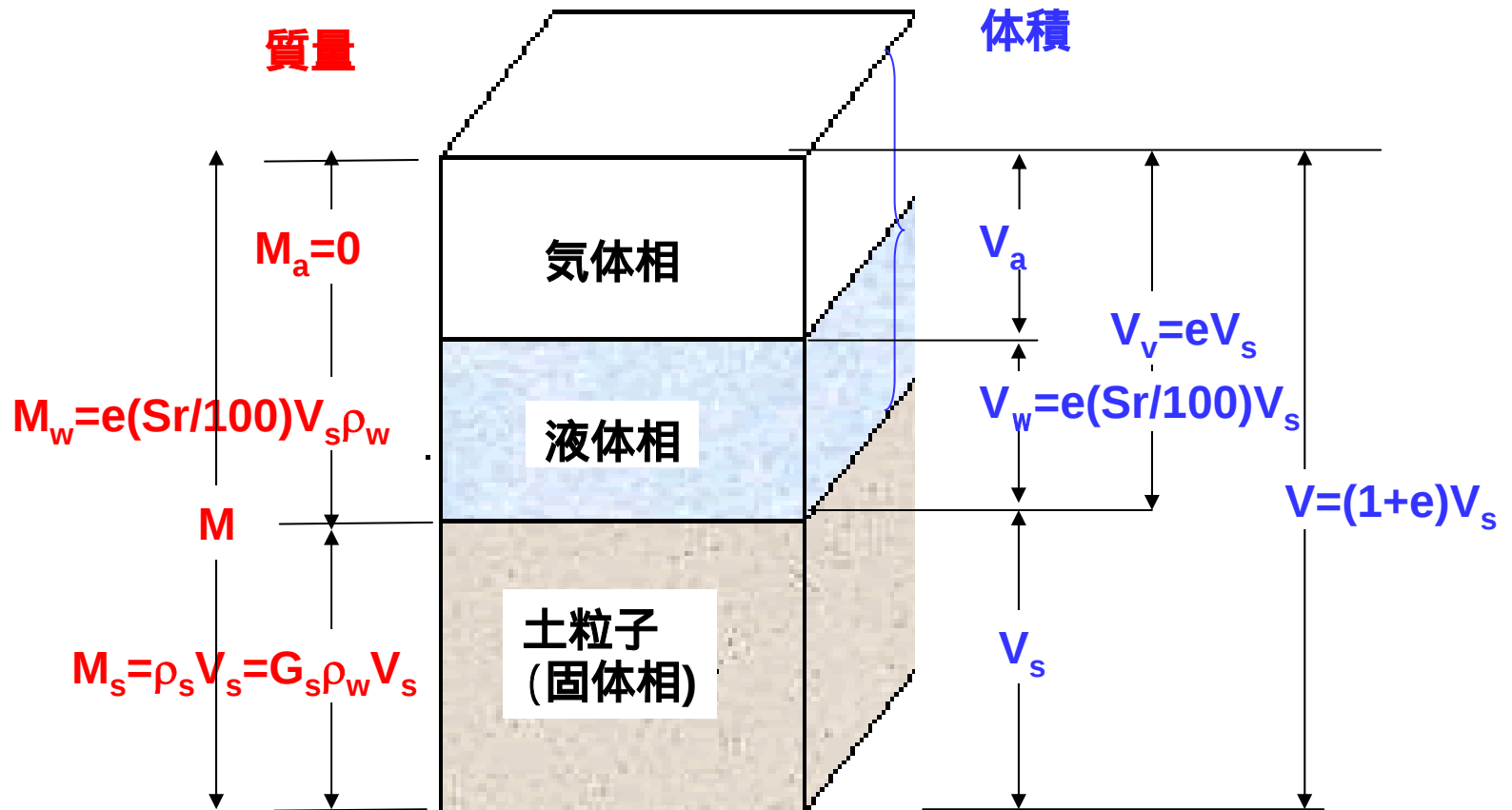
4種類の密度

- 飽和密度: ρ_{sat} ($S_r=100\%$)
(saturated density)
- 湿潤密度: ρ_t ($0 < S_r < 100\%$)
(bulk density)
- 乾燥密度: ρ_d ($S_r=0\%$)
(dry density)
- 水中(有効)密度: ρ'
(浮力分を差引く)
(submerged effective density)



単位: g/cm^3 , kg/m^3 , t/m^3

土要素の体積、質量と状態量の関係



$$\rho_{sat} = \frac{M_s + M_w (S_r = 100\%)}{V} = \frac{V_s \rho_s + V_v \rho_w}{(1+e)V_s} = \frac{\rho_s + e\rho_w}{1+e} = \frac{G_s + e}{1+e} \rho_w \quad (3)$$

$$\rho_t = \frac{M_s + M_w (S_r \neq 100\%)}{V} = \frac{V_s \rho_s + \frac{S_r}{100} V_v \rho_w}{(1+e)V_s} = \frac{\rho_s + \frac{S_r}{100} e \rho_w}{1+e} = \frac{G_s + \frac{S_r}{100} e}{1+e} \rho_w \quad (4)$$

$$= \frac{M_s + M_w}{V} = \frac{M_s + \frac{w}{100} M_s}{V} = \frac{(1 + w/100) \rho_s}{1+e} = \frac{(1 + w/100) G_s}{1+e} \rho_w = (1 + w/100) \rho_d \quad (5)$$

$$\rho_d = \frac{M_s + M_w (S_r = 0\%)}{V} = \frac{V_s \rho_s}{(1+e)V_s} = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{G_s}{1+e} \rho_w \quad (6)$$

$$e S_r = G_s w \quad (2)$$

(2),(5)式から
(3),(4)式は導出

$$\rho' = \frac{M_s + M_w (S_r = 100\%)}{V} - 1 \cdot \rho_w = \frac{\rho_s - \rho_w}{1+e} = \frac{G_s - 1}{1+e} \rho_w \quad (7)$$

単位体積重量(γ :unit weight)

比体積(f) = $1+e$

Specific volume

単位: [F]/[V]=g[M]/[V]:

重力単位系: gf/cm^3 , kgf/cm^3 , tf/m^3

SI単位系: kN/m^3

e.g., $\rho_t = 1\text{g/cm}^3$ の土の $\gamma_t = 9.81\text{kN/m}^3$

本日のTechnical terms

粘土: **clay**; シルト: **silt**; 砂: **sand**; 礫: **gravel**

密度: density; 比重: **specific gravity**

間隙比: **void ratio**;

間隙率: porosity;

含水比: **water content**;

飽和度: **degree of saturation**;

飽和密度(ρ_{sat}): saturated density;

湿潤密度(ρ_t): **bulk density**;

乾燥密度(ρ_d): dry density;

水中(有効)密度(ρ'): submerged effective density;

比体積(f): specific volume

課題:

- (1) 湿潤状態で質量60gの土を炉乾燥したら40gとなった。この土の含水比 w はいくらか。
- (2) ある土の湿潤状態での密度 ρ_t と含水比 w がそれぞれ、 1.5g/cm^3 と50%であった。この土の土粒子密度(ρ_s)が 2.5g/cm^3 として、この土の間隙比(e)、間隙率(n)と飽和度(S_r)を求めよ。
- (3) 土粒子密度 2.6g/cm^3 の土が、間隙比が1で含水比が30%の状態にある。この土の湿潤密度(ρ_t)、飽和密度(ρ_{sat})、乾燥密度(ρ_d)を求めよ。