

濁濁水流について

正 員 久 宝 保*

ON THE FLOW OF TURBID WATER

(JSCE June 1951)

Tamotsu Kuboo, C.E., Member.

Synopsis The author shows in this paper analyses and experiments on the turbid water flow of such a river as becomes frequently turbid when its level is high. The results are as follows:

- (1) The size of particle of suspended mud affects the flow of turbid water.
- (2) The turbulent viscosity of pure water is often ununiform, but in the case of turbid water it is uniformly distributed. The flow, therefore, tends to be laminar.

It seems that we can rectify the usual knowledge of turbid flow, accordingly the idea above mentioned is preferable to be taken into consideration when a high water work is planned.

要旨 著者は本論において、特に高水時に濁濁し易い河川の濁濁水流の解析及び実験を行い、次のような結果を得たことを示そう。即ち、

(1) 濁濁水流はその浮游泥土の粒子の大きさによつて流れ方を異にすること。

(2) 純水流では乱れの粘性係数が不均等に分布され易いが、濁濁水流では一様に分布し、流れは整流となる傾向を帯びること。

これらは従来の濁濁水流に関する考え方を改めねばならないので、治水計画にも上記の点を考慮してなすべきものであると思われる。

1. 濁濁水の基本的性質

濁濁した河水の中に含まれている泥土量は、予想以外に少量であつて、最大濃度の濁濁水と思われる黄河の洪水期でも重量濃度が1~0.8%であるといわれている¹⁾。著者は土砂路面上の濁濁水の濃度を実測し、Roth²⁾及び野満隆治博士³⁾の説に従い、大体重量濃度0.06%位が普通河川の最大濃度でないかと考えている。

このような微小量の泥土が河水に入つていたとしても、その濁濁水の単位重量 γ_r は極めて純水のそれに近く、重量濃度0.06%の濁濁水が入つているのと、12.3°Cの水が5°Cに低下した場合とが相応し、殆んど無視しても差支えないものと思われる。

次に著者は Du Nouy の表面張力を用いて、蛙目粘土の濁濁水の表面張力を測定した。その結果——

(1) 重量濃度0.06%の濁濁水の表面張力は蒸溜水のそれと大差がない、(2) それより多量の粘土を加わえ

ると抛物線的に表面張力を増大し、(3) 重量濃度約3%よりその増加の割合は小さくなり、(4) その3%を境界として異なつた傾向の曲線を示す。著者の実験方法より考えて、重量濃度3%以下には微粒泥土を含み、それ以上は粗粒泥土を含み易い傾向を示したものと考へている。

又、濁濁水の分子的粘性係数は片山重夫氏⁴⁾によつて、大体 Einstein の式が成立するものといわれるが、その実験結果より1%の粘土を加へた蒸溜水の粘性係数の増加は、10°Cの純水が8.815°Cに低下した場合のその増加に及び、更に0.06%の粘土を加へたとすれば、その粘性係数の変化は極めて小さい。

このように個々の流体としての性質は、濁濁水でも純水でも河川流では大差がないように思われるが、流れとしてそれが綜合されると濁濁水と純水とで差異を生ずるものではないかと思われた。ここに著者は濾紙を用いて濁濁水の毛管分析を行つてみた⁵⁾。この結果——(1)重量濃度3%以下の濁濁水(木節粘土の水)は比較的曲線上に乗るが、(2)3%以上のものは結果が散在し、(3)純水の場合とは異つた毛管上昇速度を示した。この結果は表面張力の測定結果と偶然一致した境界値の3%重量濃度を示し、なお、濁濁水として微粒泥土と粗粒泥土とでは異つた傾向を示すことがいえると思われた。

例えば整流でも容易に運ばれる微粒粘土のあることは、極めて簡単に土砂路面上の流れで目撃することができる。故に粗粒粘土はいわゆる交換係数の大なる乱流によつて運ばれるものと考えて差支えなからう。更に、H.A. Einstein⁶⁾等の研究により、浮游泥土を wash-load (粗粒泥土) と suspended load (微粒土砂)

* 徳島大学工学部教授

とに分けて、河川の濁濁水の粘土の濃度分布を區別しているのも、泥土の粒子の大きさが濁濁水流のあり方を相異せしめるものと思われる。

2. 濁濁水の流速分布

濁濁河川の浮游泥土の分布はその粒子の大きさによつて異なることが、多くの実測によつて明白である⁷⁾。例えば Christiansen⁸⁾ が、

$$m = m_0 e^{-\frac{w_0}{\eta} y} \dots\dots\dots(1)$$

として示すものは、粗粒泥土に関するものであるといえる。但し、 m は濁濁水の単位体積中の粘土の質量で示した(質量濃度)であり、 w_0 はその粒子の沈降速度であり、 η は交換係数といわれ、 y は河床より上向きに取つた座標である。この式を基本とされた合田健氏⁹⁾の研究結果は微粒泥土の場合を除いて、理論と実際とがよく合つている。更に微粒泥土まで適用せられるような泥土の分布式は、

$$m = m_0 e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} \dots\dots\dots(2)$$

でなければならないと思われる。ここに m_0 は常数であり、正号は微粒泥土、負号は粗粒泥土とすれば、多くの実測による濃度分布と一致する。

次に交換係数 η の分布は極めて厄介であり、多くの人々は¹⁰⁾止むを得ず $\eta = \text{const.}$ として種々の問題を解いていられる。著者はここに次に述べる理論式と実測結果より、 $\eta = \text{const.}$ になる傾向が濁濁水流では当然成立するものと考え、交換係数 η は乱流の乱れの粘性係数 μ_k にも関連するはずである。もしも η 又は μ_k の分布を一定とする場合には、その何れもを一定としなければならないものと考えている。

さて“沖積地における河川流について”(学会誌 36 巻 5 号)に示した濁濁水流の(時間的平均に関する)運動方程式を用いて、二次元流の場合の定流に関して、 x 方向のみに平均流れがある場合には、

$$\overline{\rho_x v'} \frac{d\overline{u'}}{dy} + \overline{\rho_x' v'} \frac{d\overline{u}}{dy} = \rho_x X + \frac{d}{dy} \left(\mu_{xz} \frac{d\overline{u}}{dy} + \mu_{xz}' \frac{d\overline{u'}}{dy} \right) \dots\dots\dots(3)$$

となり、ここに dash(′)は変動値、他は時間的平均値、bar(—)はその積の時間的平均値、 ρ_x は密度、 u は x 方向の速度成分、 v は y 方向の速度成分、 X は質量力、 μ_{xz} は粘性係数を示す。これに連続方程式を用いると、

$$\rho_x X + \frac{d}{dy} \left(\mu_{xz} \frac{d\overline{u}}{dy} + \mu_{xz}' \frac{d\overline{u'}}{dy} + \rho_x \overline{u' v'} + \overline{\rho_x' v'} \right) - \overline{u' v'} \frac{d\rho_x}{dy} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

となり、

$$\frac{d}{dy} \left(\mu_{xz} \frac{d\overline{u}}{dy} + \mu_{xz}' \frac{d\overline{u'}}{dy} + \rho_x \overline{u' v'} + \overline{\rho_x' v'} \right)$$

$$- \overline{u' v'} \frac{d\rho_x}{dy} = \frac{d}{dy} \mu_k \left(\frac{d\overline{u}}{dy} \right) \dots\dots\dots(5)$$

において、 μ_k を総合的な濁濁水流の粘性係数ということにする。故に、

$$\rho_x X + \frac{d}{dy} \left(\mu_k \frac{d\overline{u}}{dy} \right) = 0 \dots\dots\dots(6)$$

として運動方程式を示すものとする。さて質量力 X は

$$X = -g \cos \theta = -g J$$

として、重力の x 軸方向の成分で示されるので、

$$- \rho_x g J = \frac{d}{dy} \left(\mu_k \frac{d\overline{u}}{dy} \right) \dots\dots\dots(7)$$

をもつて運動方程式とすることができよう。今、 $du/dy = 0$ 、即ち最大流速の位置を $y = H_0$ で示せば、(7)式は、

$$u = g J \int \left\{ \left[\rho_x dy \right]_{y=H_0} - \int \rho_x dy \right\} \mu_k^{-1} dy + u_0 \dots\dots\dots(8)$$

となる。もしも $\rho_x = \text{const.}$ 、 $\mu_k = \text{const.}$ と仮定すれば、

(8)式は、

$$u = \rho_x g J (H_0 y - 1/2 y^2) / \mu_k + u' \dots\dots\dots(9)$$

となり、Christiansen の示す式と一致し、更に拋物線の流速分布を示すいわゆる整流の式となる。[なお(5)式による結果は水流の場合にも用いられて、 u の分布より μ_k を吟味することができるので、これについては既に著者が発表したところである¹¹⁾]。さて(8)式より流速分布を求めるためには、 ρ_x 及び μ_k の仮定が大切である。

さて(2)式より濁濁水の平均密度 ρ_r を求めると、

$$\rho_r = (\rho_b - \rho_w) e^{-\frac{w_0}{\eta} y} + \rho_w \dots\dots\dots(10)$$

但し、 ρ_b は濁濁水の河床における密度、 ρ_w は水の密度である。次に濁濁水の分子粘性係数 μ_r を、片山重夫氏の実測結果⁴⁾及び Einstein の式を用いて著者は、

$$\mu_r = \mu_w \left\{ \alpha (\rho_b - \rho_w) e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} / \rho_w + 1 \right\} \dots\dots\dots(11)$$

但し、 α は常数で 7.1638 となつた。さて濁濁水の総合的粘性係数 μ_k については、

$$\mu_k = \lambda \mu_r \dots\dots\dots(12)$$

とし、ここに $\lambda = \text{const.}$ なる仮定を用いるものとする。

(10)、(11)及び(12)式を用いると(8)式より、

$$u = \frac{\rho_w g J}{\lambda \mu_w} \left\{ \pm \frac{\eta y}{\alpha w_0} + \frac{\eta^2}{w_0^2} \left(\pm \frac{w_0}{\eta} H_0 - \frac{\rho_b - \rho_w}{\rho_w} e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} - \frac{1}{d} \right) \right\} \left(\pm \frac{w_0}{\eta} y + \log \left\{ \frac{\rho_w}{\alpha (\rho_b - \rho_w)} + e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} \right\} - \log \frac{\rho_w}{\alpha (\rho_b - \rho_w)} \right) - \frac{1}{2} y^2 \mp \frac{w_0 y}{\eta} \log \left[\frac{\rho_w}{\alpha (\rho_b - \rho_w)} + e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} \right] \pm \frac{w_0}{\eta} y \log \frac{\rho_w}{\alpha (\rho_b - \rho_w)} - \frac{\alpha (\rho_b - \rho_w)}{\rho_w} \frac{\eta^2}{w_0^2} e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} + \frac{1}{4} \frac{\eta^2}{w_0^2} \left[\frac{\alpha (\rho_b - \rho_w)}{\rho_w} e^{-\frac{w_0}{\eta} y} \right]^2$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{1}{9} \frac{\eta^2}{w_0^2} \left[\frac{\alpha(\rho_b - \rho_w) \pm \frac{w_0}{\eta} y}{\rho_w} e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} \right]^3 \\
 & + \frac{1}{16} \frac{\eta^2}{w_0^2} \left[\frac{\alpha(\rho_b - \rho_w) \pm \frac{w_0}{\eta} y}{\rho_w} e^{\pm \frac{w_0}{\eta} y} \right]^4 \\
 & \dots \dots \dots \} + u_b \dots \dots \dots (13)
 \end{aligned}$$

となり、この計算例を $\rho_s g = 2.65 \text{ gr/c.c.}$, $\rho_w g = 1 \text{ gr/c.c.}$, $w_0/\eta = 0.03 \text{ L/cm}$, $\rho_b g = 1.025 \sim 1.200 \text{ gr/c.c.}$ として計算してみた¹²⁾。その結果、

(1)底流速 $U_b = 0$ とすると、微粒泥土では流速が水の整流のものより大となり、粗粒泥土では小さくなった。

(2)底床附近の流速は水のみ の 整流の場合に比して、微粒泥土では増加の割合が小さく、粗粒泥土では減少の割合が大きい。

(3)何れの大きさの泥土でも、著者の計算例では水のみ の 整流の場合と大体似ている。

さて(13)式の近似式として全く拋物線分布を仮定すれば、

$$u \doteq \frac{aJ}{\lambda\mu_w} \left(H_0 y - \frac{1}{2} y^2 \right) \left(\frac{a+1}{a} \pm \rho_b g \right) \dots (14)$$

$a \doteq 1.75$

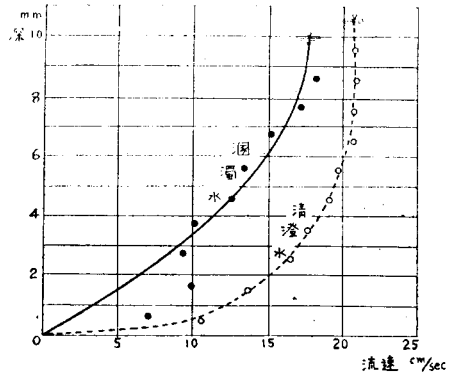
となつた。

写真—1 実験用小水路(前方)
Small flume for experiments (the forward)



この結果を調べるために写真—1 のような実験水路に赤土(真土)の濁濁水を流下して、食塩注射針をピトー管として流速分布を測定した。水路が極めて小さく設備を整えることができない上に、濁濁水の性質が時間的に変化し易いので、多くの実験を期待することができなかつた。然しその結果は図—1 に示すように、水のみ の 流れで乱流となる水路でも、濁濁水流は

図—1 水と濁濁水との流速分布の例
Examples of velocity distributions of water and turbid water



$$u \doteq 3.534(0.01y - 0.5y^2) \text{ 単位 } \text{ m-sec.}$$

となり、(14)式の中の粗粒粘土の傾向と、整流的な流速分布とを示すことが明らかとなつた。故に著者は前述の仮定を一応認めると共に、濁濁水流では交換係数の分布が深さの方向に一様になり、総合的粘性係数 μ_k は濁濁水の分子粘性係数に比例し、乱流効果を失つて整流的な流れ方を示すものと考えている。なお(13)式には2~3の仮説を含むために、実際の濁濁水流では寧ろ(14)式の方が近いものと考えてもよいであろう。

3. 濁濁水の平均流速

従来考えられて来た水流と濁濁水流(体積濃度 m_r の)の平均流速(ある流積の)の比は、

$$\frac{u_{1w}}{u_r} = \frac{\gamma_w}{\gamma_w + m_r(\gamma_s - \gamma_w)} \dots \dots \dots (15)$$

とせられ、 u_{1w} : 水の平均流速、 u_r : 濁濁水の平均流速、 γ_w : 水の単位重、 γ_s : 泥土の空気中の絶対的単位重である。これは著者の考え方によれば粗粒泥土に関するものと思われる。さて(14)式の結果を用いて(15)式を満足せしめようとする、

$$u_r = \frac{JH_0^2}{3\lambda\mu_w} \left\{ \gamma_w \pm m_r(\gamma_s - \gamma_w) \right\} \dots \dots \dots (16)$$

となり、正号は微粒泥土、負号は粗粒泥土に関する平均流速の式を得る。即ち、微粒泥土を含む濁濁水流では流体の重量の増加が著しく、それだけ流速が大となる傾向があり、粗粒泥土ではそれを流下せしめるためのエネルギーが流体の重量の増加として得られるよりも大きなエネルギーを要するために流速が低下すると考えればよいわけである。

今、“沖積地における河川流について”(学会誌前号)に示したエネルギー方程式によつてそれを説明すること、しよう。即ち、その表層のみの濁濁水の等速定流では、水と泥土とが同じ速度で流れるものとする、夫々流量は、

$$Q_{1w} = u_r F_{1w}, \quad Q_{1s} = u_r F_{1s}$$

とすれば、

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left[(y_0 + y_1)(1 + \gamma_s' S) + \frac{1}{2} S(\gamma_s' - 1)y_1'' \right] \\ + \frac{1}{2} \left\{ u_r^2(1 + \alpha_{1w} + \xi_{1w}/\rho) + \gamma_s' S u_r^2(1 + \alpha_{1s} \right. \\ \left. + \xi_{1s}/\rho) + (1 + \beta)\gamma_s u_0^2 u_r S \right\} / 2g + u_r^3 U_{1w} C_{1w} / F_{1w} \\ + \gamma_s' u_r^3 U_{1s} C_{1s} / F_{1w} + h^2 \omega (B_{1w} \\ + \gamma_s' B_{1s}) / \kappa F_{1w} u_r = 0 \dots \dots \dots (17) \end{aligned}$$

となり、水面勾配を J とすると、

$$-J = \frac{d}{dx} (y_0 + y_1)$$

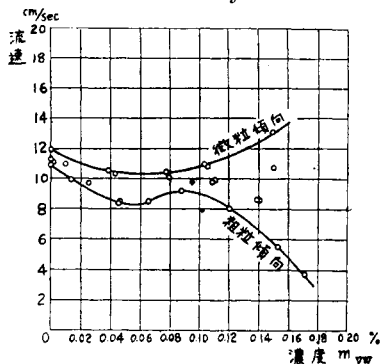
であるから、

$$\begin{aligned} u_r = \left[\left\{ 2gJ(1 + \gamma_s' S) + g S \gamma_s' y_1'' / dx - 2 \frac{d}{dx} \left\{ h^2 \omega (B_{1w} \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \gamma_s' B_{1s}) / u_{1w} F_{1w} \kappa \right\} \div \frac{d}{dx} (\alpha_{1w} + \xi_{1w}/\rho) \right. \right. \\ \left. \left. + \gamma_s' S \frac{d}{dx} (\alpha_{1s} + \xi_{1s}/\rho) + \gamma_s' S (u_0^2 / u_r^2) \alpha \beta / dx \right. \right. \\ \left. \left. + 2g u_r^3 (U_{1w} / F_{1w}) dC_{1w} / dx + 2g u_r^3 \gamma_s' \right. \right. \\ \left. \left. (U_{1s} / F_{1w}) dC_{1s} / dx \right\}^{1/2} \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

となる。著者はこの式の中の分子を加速度部分といい、分母を減速度部分ということにする。(但しその附号の説明は“沖積地における河川流について”(学会誌前号)に示しておいたが、 $\gamma_s' = \gamma_s / \gamma_w$ で泥土の比重、 $S = F_{1s} / F_{1w}$ 、 F_{1s} 及び F_{1w} は泥土及び水の実質的流積、 h は波高、 ω はその伝播速度、 $B_{1w} + \gamma_s' B_{1s}$ は水面幅、 κ は波形による係数、 α_{1w} は水流の内部で失われるエネルギーの割合、 α_{1s} は同じく泥土のそれ、 ξ_{1w}/ρ は水の蛇行部における偏心率、 ξ_{1s}/ρ は泥土のそれ、 u_0 は泥土の沈降速度、 β はその係数、 U_{1w} は水の潤辺長、 U_{1s} は泥土の潤辺長、 C_{1w} は水の潤辺において失う摩擦係数、 C_{1s} は泥土のそれ、を示す。(18)式より明らかに、加速度部分においては、

- (1) 泥土を含むことによつて流速は増大する。
- (2) 表面波が減衰することによつて流速は増大する減速度部分においては、

図-2 泥土含有量と平均流速との関係
Relation between the mud quantity and the mean velocity



- (3) 泥土を含むことによつて流速は減少する。
- (4) 河川が蛇行することによつて流速は減少する。
- (5) 泥土の沈降速度が大になると流速は減少する。
- (6) 流れの実質部分が内部及び潤辺部で失うエネルギーの割合が増大すれば流速は減少する。

従つて、(1)の加速度部分と(3)及び(5)の減速度部分の何れが大きいかによつて、平均流速は純水流よりも増大することもあれば減少することもある。

これを実験するために前述の小水路で種々の泥土含有量の流速を測定すると図-2 のような結果を示した。本実験でも微粒泥土と粗粒泥土の分離設備がないために整然たる結果が得られなかつたが、なお上の曲線は微粒傾向を示し、下は粗粒傾向を示し、粒子の大きさによつてその流速が異なつたものとなることを示していると考へている。

4. 濁濁水の不等速定流

直線水路において表面波を考へない場合の濁濁水流のエネルギー方程式に関して、周辺で失うエネルギーの割合を無視して、それだけ内部の摩擦で失われるエネルギーの割合を増加して(α_{1w}'' 及び α_{1s}'')考へるものとし、更に簡単にするため矩形水路における定流であるとするとエネルギー方程式を x について積分し、

$$\begin{aligned} (y_0 + y_1)(\gamma_w u_r y_{1w} + \gamma_s u_r y_{1s}) - \frac{1}{2} \gamma_w u_r y_{1w}^2 \\ + \frac{1}{2} \{ \gamma_w u_r^3 y_{1w} (1 + \alpha_{1w}'') + \gamma_s u_r^3 y_{1s} (1 + \alpha_{1s}'') \} \\ + (1 + \beta) \gamma_s u_0^2 u_r y_{1s} / g = E \dots \dots \dots (19) \end{aligned}$$

となり、 $x=0$ で $y_1 = y_{10}$ として既知の水位を用いれば E が計算せられ、その値を用いて、 y_1 を x の函数として求めることができる。これによつて濁濁水流の水面曲線が求められるはずである。(水のみの流れに関する水面曲線の求め方は既に本間博士¹⁴⁾によつてなされ、著者も又、著者の示すエネルギー方程式を用いて求める方法を発表する予定である。¹⁵⁾

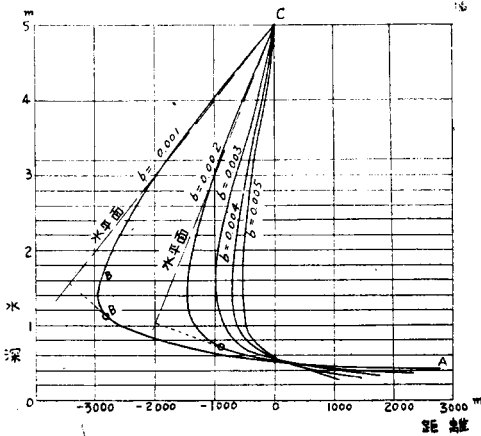
今、(19)式の計算例として、

$$\begin{aligned} 1 + \alpha_{1w}'' = 1.1 \text{ (Bélangier 係数使用)}, \alpha_{1s}'' = 0, \\ u_0^2 = 0, Q_{1w} = 5 \text{ m}^3/\text{sec}, Q_{1s} = 0.0005 \text{ m}^3/\text{sec}, \\ \gamma_s / \gamma_w = 2.6, y_{10} = 5 \text{ m}, y_0 = 5 - bx \end{aligned}$$

として計算すると、図-3 のような結果となつた、

なお図中の点線は夫々の底勾配に対する水平面を示したものである。これより見て明らかのように、 $x < 0$ でその近くにおいてわずかに水面降下の部分があり、 $x > 0$ では射流となる傾向を示しているものと思われる。 $x=0$ で常流であつたものが $x > 0$ で射流になることは、いわば濁濁水流が著しく加速せられた結果を示し、著者のいう微粒泥土を有するものにはその傾向が著しいであろう。なおこれらは矛盾のある

図-4 こんだく水の不等速流
Nonuniform flow of turbid water



点があり、表面波のエネルギーについて考慮しなければ説明し難い多くの問題を含んでいると考えている。

特に河川流に泥土が他より加わつた場合には、その泥土を浮游運搬するためのエネルギーが水流から与えられねばならないので、流速が低下し、水面が逆勾配になろうとする傾向があることも説明せられる。これも表面波のことを考慮すれば容易に説明せられるのであるが、今後の研究によつてその点を更に確めたいと考えている。(例えば山腹の崩壊が乱流効果を収め、

流速を減じ、水面を上昇せしめ、表面波を減衰せしめることが説明されるが、こゝでは省略したい。)¹⁶⁾

参考文献

1) 野満隆治, 「河川学」182頁, その他。2) Hogentogler, "Engineering properties of Soil," (宇都宮寿夫訳, 20頁。3) 1) - 200頁。4) 松尾新一郎, 片山重夫, 「土粒子分散系の流体学的性質について」, 関西工学連合講演会, 昭和24年10月。5) 久宝保, 「潤濁水の毛管分析について」, 建設工学, 第3巻, 第4号。6) H. A. Einstein, A. G. Anderson, "A distinction between bed-load and suspended load in natural streams," Trans. Am. Geo. Union, 1940, p.628。7) L.G. Straub, "Hydraulic and sedimentary characteristics of rivers," Trans. Am. Geo. Union, 1932, p. 375. 等。8) J. E. Christiansen, "Distribution of silt in open channels," Trans. Am. Geo. Union, 1935, p. 478。9) 合田健, 「開水路における浮游流砂の分布について」, 土木学会誌, 第35巻, 第10号, 17頁。10) Y.L. Chang, "Laboratory investigation of flume traction and transportation," Pro. A.S.C.E., 1937, p. 1701. 等。11) 久宝保, 「開水路における乱流の縦平均流速分布について」, 土木学会誌, 第35巻, 第7号, 9頁。12) 久宝保, 「乱流の流速分布に関する提案(第II報)」, 徳島大学研究報告, 第2巻, 第1号。13) 赤木正雄, 「溪流及砂防工学」, 72頁。14) 本間仁, 「不等流の系統的な計算法」, 土木学会第6回年次学術講演会。15) 久宝保, 「堤防の高さについて」, 土木技術。16) 久宝保, 「沖積地の河川流概説」, 徳島大学研究報告, 第2巻, 第2号。

(昭.25.11.21)

DUC 624.131:539 215.9

土質力学体系への一試案

正員 工学博士 最上武雄*

AN APPROACH TO THE SYSTEM OF THE SOIL MECHANICS

(JSCE June 1951)

Dr. Eng. Takeo Mōgami, C.E. Member,

Synopsis A proposal to obtain the systematic views to the soil mechanical phenomena which is based on the principle of thermodynamics was suggested.

It consists in that two types of mechanism of deformation must be recognized, one is due to the change of configuration of particles, the other is due to the change of the internal energy. The mechanism of the former type which is supported by the author's theory of the mechanics of grains is considered to be due to the non-uniform distribution of the porosities or the moisture content in soil.

This proposition explains reasonably the effects of the compaction of soil, the behaviour of the motion of sand which has been studied by the author and the change of the mechanical properties of soil due to that of the moisture content.

1. 現在の土質力学は力学と言う言葉であらわされる内容とは可成り隔りがある事は多くの人に言われている所である。土質力学と言うよりは土質物理学又は土質工学と呼ばれた方が適切なのである。我々が土質力学の教科書を読んだ場合に痛感する事は、この学問に包括されている諸内容が統一的内容となつていな

い事である。例えば粘土は透水性が悪い事及び粘土は粘着力に富んでいる事は知られているけれども、この二つの現象を統合して説明する原理を欠いている。恐らくは粘土粒子の大きさ小さく且つ鱗片状である事から両方の性質が導き出されるのであろうけれども、現在の処は一種の予想に止つている。このような統一原

* 東京大学教授, 工学部土木教室