

北海道大学工学部 正 会 員 岸 力

“ 学 生 会 員 山 口 忠 男

“ “ 武 内 達 夫



緒言

河道の設計は計画流量と流下とを定めるだけでなく、河床変動をも考慮して行われなければならない。

河床変動については、材料が非粘性であれば、粒々の移動限界と、断力、漂流砂、浮流砂の研究が進み、ある程度予測対策の検討が可能となる。これに対して材料が粘性土である場合、研究の立遅れから、河床変動を考慮する基礎資料を欠いている。

粘性土の限界と断力は非粘性土のそれとは異なり個々の粒々の移動を考慮して決定することは出来ない。粘性土は土粒子が一体となり、流れに抵抗する為、粘着力その他の工質力学的諸特性との関連のものと決めなければならない。

昭和40年度において比較的粘着力の小さい工質について研究した。(41年度年次学術講演会発表)

本年度は粘着力の小さな工質について実験し、粘性土の流路破壊について説明することができた。

実験

実験装置及び方法については41年度年次講演会報告を参照されたい。工の諸特性については昨年度の資料と共に表-1に掲げる。

結果 限界と断力について、

限界と断力を研究する時、限界値の決定が問題となる。普通いわれる全般的な流速が生じる時のと断力と以て限界値としている。しかしながらこの方法によると、観察者の主観により大きな差が生ずると思われる。図-1は流速速度 E と断力とをプロットしたものである。

図1より

$$E > 0.1 \quad E \propto \tau^3$$

$$E < 0.1 \quad E \propto \tau$$

表-1

配合	1:0	3:1	2:1	1:1
含水比	56.0	71.9	54.4	71.6
Vane値	67.9	15.2	73.1	9.0
単位重量	1.52	1.30	1.46	1.27
γ_c	0.060	0.038	0.060	0.034
	0.044	0.028	0.050	0.021
比重	2.59	2.63	2.64	2.65
平均径	0.0001 cm	0.00025	0.00034	0.00061
60% U_f	98	91	86	83
L.L.	58.1	54.4	53.3	52.7

図-1

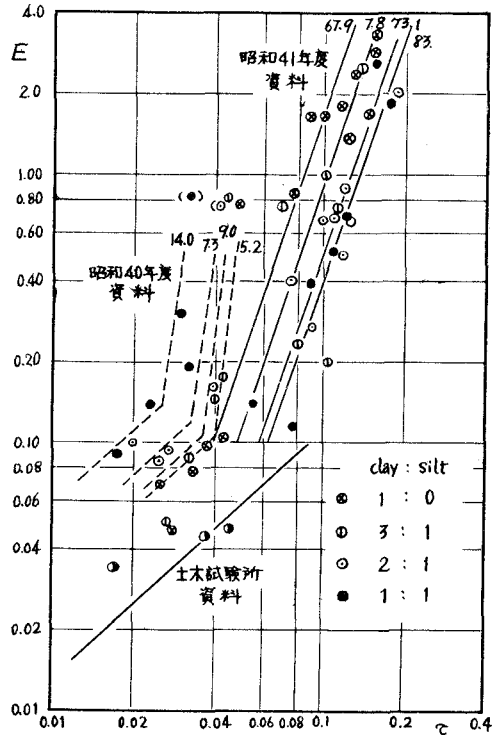
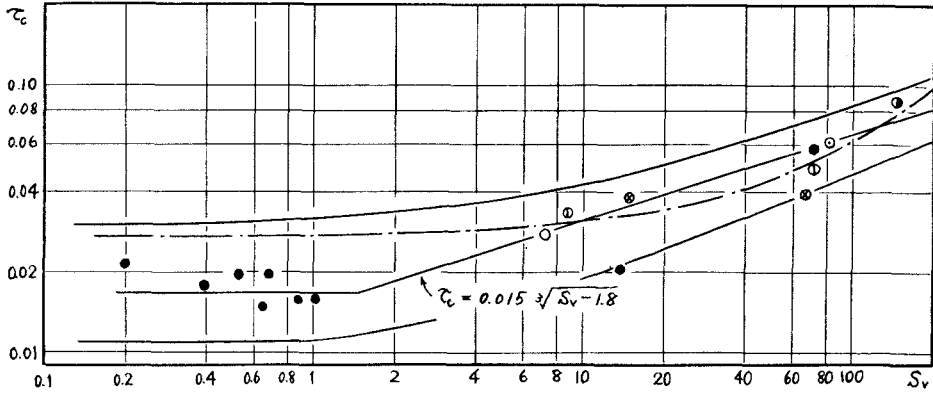


図-2



となす事が認められる。従って著者の実験の範囲内で $E = 0.1$ の時のせん断力と限界せん断力と決定する。

Carlson & Enger は Vane 値の小さい土について実験を行い、限界せん断力と土の粘性値と関連づけた。図-2 は Carlson & Enger、及び著者の資料と両方数値をプロットしたものであり、

$$S_v \geq 1.5 \quad \tau_c = 0.015 \sqrt{S_v - 1.8} \quad \text{----- (1)}$$

図より、粘着力の小さい土に対して限界せん断力は土の強度に無関係である。

著者の実験の範囲で $S_v - \tau_c$ の関係をプロットすると図-3 となり、次の実験式を得る。

$$\tau_c = 3.6 \times 10^{-4} (S_v + 75) \quad \text{----- (2)}$$

但し、 τ_c : 限界せん断力 gr/cm^2

S_v : Vane 値 gr/cm^2

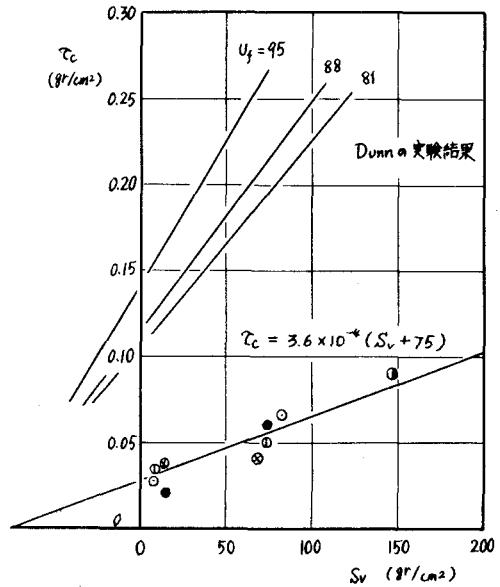
(2)式は図-2 とおいて実験線を示す。

この事は、 $10 < S_v < 200$ の範囲において $\tau_c = 3.6 \times 10^{-4} (S_v + 75)$ で近似できる事を示している。一般的に粘土の強度は $10 < S_v < 200$ である事を考えると、一般的には限界せん断力は

$$\tau_c = 3.6 \times 10^{-4} (S_v + 75) \text{ の実験式で表わす事ができる。}$$

図-2 及び図-3 より、Vane 値 S_v が 0 に近くなると、限界せん断力 τ_c はかなり大きな値を示す。土の流れに対する抵抗が Vane 値で示される粘着力以外の他の要素を考慮してはならない事を示している。Carlson & Enger の実験は粘着力が小さい土が Vane 値の影響はほとんど与えられず、Liquid Limit, Density 等 Vane 値以外の土の特性により、限界せん断力が求められるものである。従って、粘着力が小さい場合、Carlson & Enger の実験式と、すなわち $S_v \geq 1.5$ において図-2 の

図-3



実験式を用いるのは、全般的な粘土について限界せん断力を説明することができず。

$$\tau_c = 0.01124 D + 0.00058 LL + 0.015 \sqrt{S_v - 1.8} - 0.04946 \quad \text{----- (3)}$$

τ_c : 限界せん断力 $9t/cm^2$

D : Density $9t/cm^3$

LL : Liquid Limit %

S_v : Vane 値 $9t/cm^2$

沈下速度 K について (E. Partheniades の理論)

Einstein & El-Samni は粒子的作用する圧力の変動が正規分布をなすことを実験的に調べた。

従ってせん断力の変動も又正規分布をなすと考えられる。今、 $\bar{\tau}_0$ とせん断力の平均値、 $\bar{\tau}_0/\eta_0$ と標準偏差とすれば

$$f(\tau_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \bar{\tau}_0/\eta_0} \exp. \left\{ -\frac{(\tau_0 - \bar{\tau}_0)^2}{2(\bar{\tau}_0/\eta_0)^2} \right\} \quad \text{----- (4)}$$

η^* と $N(0,1)$ の正規分布の変数とすれば

$$\frac{\tau_0 - \bar{\tau}_0}{\bar{\tau}_0/\eta_0} = \eta^* \quad \text{----- (5)}$$

$$\therefore \tau_0 = \bar{\tau}_0 \left(1 + \frac{\eta^*}{\eta_0} \right) \quad \text{----- (6)}$$

粒子的沈下速度 K は平均して

$$K \frac{\tau_0}{c} > 1 \quad \text{----- (7)}$$

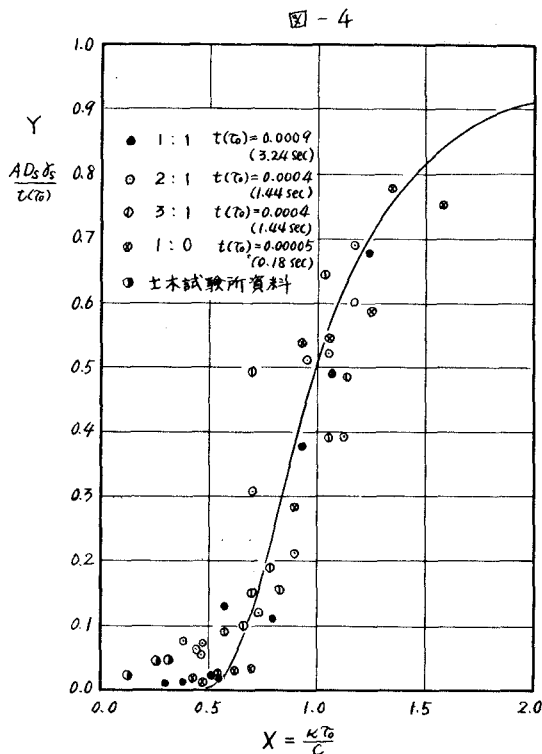
c : 粘着力, τ_0 : せん断力

沈下を越す条件を確率で表し、(3) を代入すると

$$\begin{aligned} P_r &= \text{Probability} \left\{ \eta + \eta^* > \frac{c\eta_0}{K\tau_0} \right\} \\ &= P_r. \left\{ \eta + \eta^* > \frac{c\eta_0}{K\tau_0} \right\} \\ &= 1 - P_r. \left\{ -\frac{c\eta_0}{K\tau_0} < \eta + \eta^* < \frac{c\eta_0}{K\tau_0} \right\} \\ &= 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-(\frac{c}{K\tau_0} + 1)\eta_0}^{(\frac{c}{K\tau_0} - 1)\eta_0} \exp. \left\{ -\frac{W^2}{2} \right\} dW \quad \text{----- (8)} \end{aligned}$$

単位河床面の有効粒子数は、粒径を D_s とすれば $1/A_s D_s$ と表わされる。粒子1個がはき取られる時間 $\tau(\tau_0)$ とすると $P_r/\tau(\tau_0)$ 回粒子がはき取られる。従って単位面積、単位時間当り粒子がはきとられる数は $\frac{1}{A_s D_s} \frac{P_r}{\tau(\tau_0)}$ となる。

これを (8) を代入して、



浸透速度 E は次式で表わされる。

$$E = \frac{AD_s \delta_s}{t(\tau_0)} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\left(\frac{c}{k\tau_0} + 1\right)\eta_0}^{\left(\frac{c}{k\tau_0} - 1\right)\eta_0} \exp\left\{-\frac{W^2}{2}\right\} dW \right] \quad \text{----- (9)}$$

ここで、 $E: 9\text{r/cm}^2/\text{hour}$, $D_s: \text{cm}$, $\delta_s: 9\text{r/cm}^3$, $c: 9\text{r/cm}^2$
 $\tau_0: 7\text{r/cm}^2$, $\eta_0: 2.75$, $A: 0.575$

以上は Partheniades の理論であるがこれについて考えてみる。

(1) 式の分子が浸透した量は全行が k であり τ_0/c は、着者の実験からは、 c と Vane 値が示す粘着
 力とするとおこすことができる。(2) 式で示した $S_v + 75$ を用いて $\tau_0/S_v + 75$ としたければなる。こ
 れ、 τ と τ_0 の無次元式 $X = \frac{k\tau_0}{c}$ のバリエーション $X = \frac{k\tau_0}{S_v + 75}$ を使用すれば $k = \text{const.}$ とするであ
 る。これと、浸透速度 $Y = \frac{t(\tau_0)}{AD_s \delta_s} E$ を実験資料からプロットする。図-4 の実験は
 Partheniades の理論曲線であり $X = 0.5$ で曲線は立ち上がる。 $k = 1500 = \text{const.}$ とすれば、
 理論曲線と同様 $X = 0.5$ で立ち上がる傾向がみられることを 図-4 は示している。

Partheniades の理論曲線 k が同様 $k, t(\tau_0)$ で決まると、図-4 の数値を得る。図-4 より浸透速
 度 E と τ との関数が理論曲線に近い傾向は説明
 することができる。

限界値 $X = 0.5$ 付近においては、あまり良一致を示さ
 ない。限界値の決定のときは述べたように $E > 0.1$ で
 $E \propto \tau^3$ であり、 $E < 0.1$ で $E \propto \tau$ であるから、
 理論曲線がみられる 0 を示さないものである。

$t(\tau_0)$ は種子1個が浸透する時間であり、粒径の
 関数であると推察される。平均粒径 d_m と $t(\tau_0)$ と
 両対数 k をプロットすると 図-5 の関係を得る。資料の
 土の種類は少ないが、ほぼ推察通りの結果を示している。

以上、浸透速度について、数少ない資料の点とで考えて
 みる。資料の蓄積により、数多くの資料の点とで、研究す
 ることが望まれるものである。

本研究の一部は、文部省特定研究、内水災害の防止・軽減に関する総合的研究（代表者、
 京都大学 南屋 隆 教授）による。

