

北海道大学工学部 正 会 員 岸 カ

北海道大学工学部 学生会員 ○山口忠男

北海道大学工学部 学生会員 平野 悟

緒言

粘着性河床材料の限界掃流力に関して、E. Partheniades を始め、いくつかの理論的及び実験的研究が行われているが、非粘着性河床材料のそれに比して、土質力学的諸性質との関連において解決されねばならない多くの不明確な問題を持っている様である。

本論文は粘着性河床材料の限界掃流力を研究する第一段階として、各種の土について実験的に限界値を求め、土の性質から E. Partheniades の理論を検討しようとするものである。

表-1 土の諸性質

土	a 種	b 種	c 種	d 種
配合	silt : clay 0 : 1	1 : 3	1 : 2	1 : 1
含水比	71.9%	71.6%	74.4%	62.4%
Vane 値	15.2 $\frac{g}{cm^2}$	9.0 $\frac{g}{cm^2}$	7.3 $\frac{g}{cm^2}$	14.0 $\frac{g}{cm^2}$
比重	2.59	2.65	2.63	2.65
平均径	0.005 mm	0.0024 mm	0.0032 mm	0.0056 mm
5 μ %	70%	58%	55%	48%

実験

図-1 に示す 10 × 15 cm の鉄製矩形断面閉管路を使用し、土を 5 cm の厚さに敷き、30 分間水を流した。

表-1 は a, b, c, d 種の土の諸数値を示す。clay としてカオリン・フレイ、silt として 0.2 mm フリイを通過したものを用いた。土の剪断強度は Vane 試験によった。

底面の剪断力については、動水勾配 "I" を測定し、 $\tau = \omega R I$ より求めた。ヌビト一管により流速分布を測定し、対数分布から求まる u^* より剪断力を求めて、その信頼性を確かめた。

結果

図-2 は剪断力 τ と洗堀量 E (単位: $\frac{g}{cm^2 \cdot hour}$) の実験結果を示す。この図より、剪断力のある値を越えると、洗堀量が急激に増加する限界値が存在し、a 種の土では約 0.042 $\frac{g}{cm^2}$ 、b 種で 0.041 $\frac{g}{cm^2}$ 、c 種で 0.040 $\frac{g}{cm^2}$ 、d 種で 0.025 $\frac{g}{cm^2}$ である。表-1 の Vane 値とこれらの値を比較して、Vane 値は粘着力の真の値を表わしていない様である。

図-1 閉管路の図

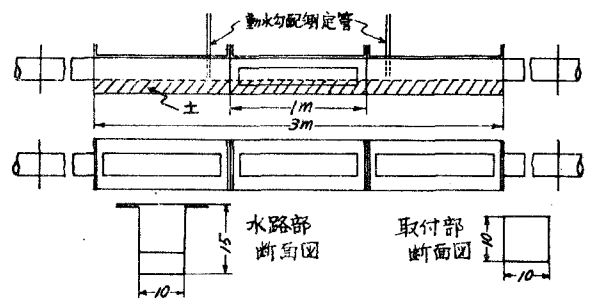
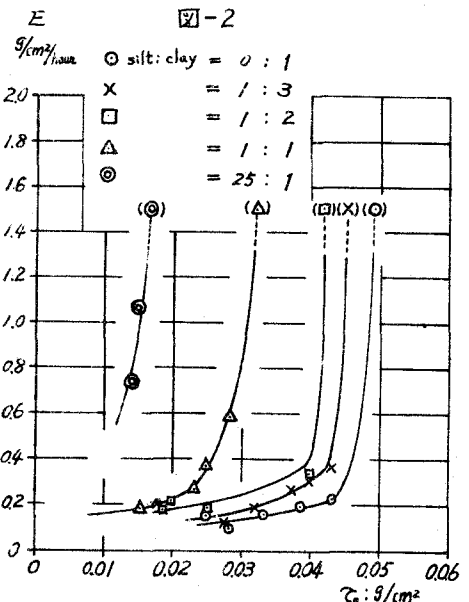


図-2



E. Partheniades は剪断力 τ_0 の変動を次式とした。

$$\tau_0 = \bar{\tau}_0 (1 + \eta^* / \eta_0) \quad (1)$$

η^* : $N(0,1)$ の変数, η_0 : 定数 $\bar{\tau}_0$ の平均値

又個々の粒子に働く剪断力が粘着力より大きい時に粒子が運ばれるとし、その確率を次式とした。

$$P_r = P \{ K \bar{\tau}_0 / C \geq 1 \} \quad (2)$$

(1) 式と (2) 式より洗堀量を表わす次式を導いた。

$$E = \frac{A' D_s \gamma_s}{t(\tau_0)} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{275C}{K \bar{\tau}_0} - 2.75}^{\frac{275C}{K \bar{\tau}_0} - 2.75} e^{-\frac{w^2}{2}} dw \right] \quad (3)$$

B.A. Christensen は, Partheniades の理論をもとにし、河床付近の流速が変動するとの立場から

$$u = \bar{u} (1 + w \sigma_u / \bar{u})$$

とし、洗堀量を表わす次式を導いた。

$$E = \frac{A' D_s \gamma_s}{t(\tau_0)} \left[0.5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{6.10}{\sqrt{K \bar{\tau}_0}} - 6.10}^{\frac{6.10}{\sqrt{K \bar{\tau}_0}} - 6.10} e^{-\frac{w^2}{2}} dw \right] \quad (4)$$

Partheniades 及び Christensen が導いた式において、粘着力 C は土の種類により、又含水量により著しく異なる為簡単に表わす事が出来ないが、

I.S. Dunn が導いた様に、細粒の含有量と比例関係にあるとすれば、着目するは実験値より、図-3 に示す直線と仮定した。

更に K 及び $t(\tau_0)$ を定数と看し、剪断力及び洗堀量と無次元表示して $X = K \bar{\tau}_0 / C$, $Y = t(\tau_0) \cdot E / A' D_s \gamma_s$

とすると、図-4 は $K, t(\tau_0)$ に妥当な値を選んだ時の実験値及び理論曲線を表わす。この時 $K = 250$

$t(\tau_0) = 0.0002 \text{ hr} (0.72 \text{ sec})$ であつた。

$X = 0.6$ を限界とすれば、その前後において X の 0.2 の変化に対し、 Y は 0.025 と 0.185 であり、多くの仮定が含まれているにもかかわらず、かなり良好な一致を示している。

$A' = 0.575$, $D_s = 0.0005$, $\gamma_s = 2.65$ を用いてそれぞれの理論式を書けば、次の実験式を得る。

$$E_{(Par)} = 3.62 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-0.011 \frac{C}{\bar{\tau}_0} - 2.75}^{0.011 \frac{C}{\bar{\tau}_0} - 2.75} e^{-\frac{w^2}{2}} dw \right]$$

$$E_{(Chr)} = 3.62 \left[0.5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{0.386}{\sqrt{K \bar{\tau}_0}} - 6.10}^{\frac{0.386}{\sqrt{K \bar{\tau}_0}} - 6.10} e^{-\frac{w^2}{2}} dw \right]$$

但し E の単位は $g/cm^2/hr$, C 及び τ_0 については g/cm^2

粘着性河床材料と扱う時、特に粘着力が問題となろう。本論文では単に u_b との直線関係と仮定したが、実際には多くの factor が組み合っているであろう。又 $t(\tau_0)$ を定数と考えたが、 τ_0 の関数である事も考えられる。 $t(\tau_0)$ の意味する物理的現象が解明され、粘着力の問題が一步一步解決される事が、粘性土の洗堀問題解決に対する今後の課題であろう。

図-3

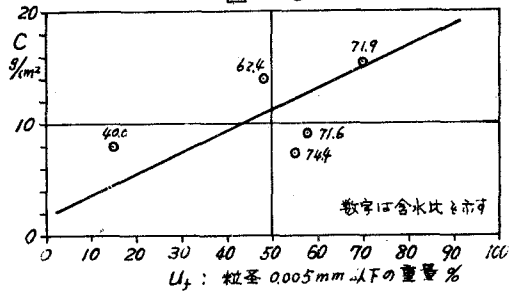


図-4

