

神戸大学 正員 松梨順三郎
○神戸市役所 藤岡 洋

要旨 表題の研究については、昨年の年次講演會でその一部を発表した。その二に引續いて実験的研究を進めたが、ここでは、その二に於ける研究の概要と実験結果に関する若干の考察について述べる。

研究の概要 土砂による高濃度濁流の管内流れに関する流動特性を一般的に、

$$(-\tau/\tau_y)^n = -\mu(dU/dr) \quad (1)$$

とすると、流速 U 、平均流速 U_m 、及び心栓部の流速 U_c はそれぞれ、

$$U = (r_w \tau_y^n / \mu) \cdot \{(1-a)^{n+1} - (R-a)^{n+1}\} / \{a^n(n+1)\}, \quad (2)$$

$$U_c = (r_w \tau_y^n / \mu) \cdot \beta = (r_w \tau_y^n / \mu) \cdot \{(1-a)^{n+1}\} / \{a^n(n+1)\}, \quad (3)$$

$$U_m = \frac{r_w \tau_y^n}{\mu} \cdot \alpha = \frac{r_w \tau_y^n}{\mu} \cdot \frac{(1-a)^{n+1}}{a^n(n+1)} \left\{ 1 - \frac{2(1-a)}{n+2} + \frac{2(1-a)^2}{(n+2)(n+3)} \right\}. \quad (4)$$

ただし、 $\tau_y/r_w = \tau_y/\tau_w = a$ 、 $r/r_w = R$ であり、 τ_y 、 τ_w はそれぞれ降伏値及び心管の壁面におけるせん断応力であり、 r_y 、 r_w はそれぞれ τ_y 、 τ_w に対応する半径である。また濁流の見掛け粘度 M_a は、

$$M_a = (D^2/16aU_m)(U_m\mu/\alpha)^{\frac{1}{n}}(2/D)^{\frac{n+1}{n}} \quad (5)$$

で与えられる。つぎにこの流体の構造粘性指数 n 、降伏値におけるせん断応力 τ_y 、粘性係数 μ を実験値から求める方法を述べよう。流量 Q_1 、 Q_2 に対する ΔL 区間の圧力降下及び心栓部の速度をそれぞれ ΔP_1 、 ΔP_2 、及び U_{c1} 、 U_{c2} とすると、

$$(\Delta P_1/\Delta L)/(\Delta P_2/\Delta L) = (2\tau_y/r_{y1})/(2\tau_y/r_{y2}) = r_{y2}/r_{y1} = (r_{y2}/r_w)/(r_{y1}/r_w) = a_2/a_1 \quad (6)$$

$$Q_1/Q_2 = (\pi r_w^3 \tau_y^n \alpha_1/\mu)/(\pi r_w^3 \tau_y^n \alpha_2/\mu) = \alpha_1/\alpha_2 \quad (7)$$

$$U_{c1}/U_{c2} = (r_w \tau_y^n \beta_1/\mu)/(r_w \tau_y^n \beta_2/\mu) = \beta_1/\beta_2 \quad (8)$$

となる。(6)、(7)、(8) 式に示された比の値は実験値によって与えられる。いまこれらをそれぞれ e 、 f 、 i とおくと、 $a_2 = ea_1$ 、 $\alpha_1 = f\alpha_2$ 、 $\beta_1 = i\beta_2$ となる。ここには、 α_1 、 β_1 はともに n 、 a_1 のみの関数であり、 α_2 、 β_2 はともに n 、 a_2 のみの関数である。これを三式より a_2 を消去すると、

$$f/i = \{(n+2)(n+3) - 2(1-a_1)(n+3) + 2(1-a_1)^2\} / \{(n+2)(n+3) - 2(1-ea_1)(n+3) + 2(1-ea_1)^2\} \quad (9)$$

$$i = e^n \{(1-a_1)/(1-ea_1)\}^{n+1} \quad (10)$$

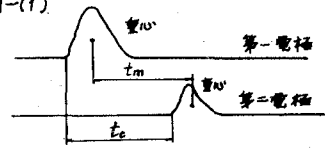
をうる。(9)、(10) 式はともに a_1 と n の関係を表わす方程式であるが、解析的な解をうることは困難であるから、ここでは図解法によつて、これを解くことにした。 n 、 a_1 が求められると、 τ_y 、 μ は、

$$\tau_y = (1/2)(\Delta P/\Delta L) \cdot r_w a_1 \quad (11)$$

$$\mu = \frac{\pi r_w^3 \tau_y^n}{Q_1} \cdot \frac{(1-a_1)^{n+1}}{a_1^n(n+1)} \left\{ 1 - \frac{2(1-a_1)}{n+2} + \frac{2(1-a_1)^2}{(n+2)(n+3)} \right\} \quad (12)$$

で与えられる。以上によつて濁流の流動特性を規定する諸常数 n , τ_y , M は乃流状態における二組の実験値 $\{\Delta p/\Delta l = w'(\Delta h/\Delta l), U_c, U_m\}_{1,2}$ を測定すればよいことがわかる。 $\Delta h/\Delta l$ は差圧計, U_c, U_m は塩水濃度法を用いた。塩水濃度法で, 両電極の記録が図-(1)のように得られた

図-(1)



とする。おのおのの波形の先端が現われるに要する時間, すなわち栓部が両電極間を通過するに要する時間 t_c と, おのおのの波形面積の重心が現われるに要する時間 t_m を測定すると, U_c, U_m は次式で

図-(2)

$\Delta h/\Delta l$ と U_m との関係
 $D=3''$

与えられる。 $U_c = \Delta l/t_c$,
 $U_m = \Delta l/t_m$.

実験結果の考察

濁流の製作に用いた土粒子は $d_{50}=3.7 \times 10^{-2} \text{ mm}$ である。単位重量 $w'=1.45, 1.50$ の場合の実験結果を示すと, それぞれ図-(2), (3)のようになる。測定の番号は, 同じ w' の両図の測定において, 同一の $\Delta h/\Delta l$ に対する U_c, U_m の対応をあらわす。

これらの資料を基礎にし, 乃流と考えられる二測定の資料から n, Q を計算すると次表のようになる。 n の値は $0.7 \sim 0.27$ となり, かなり散乱している。二三の計算結果によると, $\tau_y =$

図-(3)

$\Delta h/\Delta l$ と U_c との関係
 $D=3''$

$2.2 \sim 6.2 \text{ dyne/cm}^2$, $M = 0.022 \sim 0.072 \text{ (C.G.S.)}$ であり, $M_a = 0.4 \sim 0.9 \text{ (C.G.S.)}$ である。なお $U_m = 5 \sim 20 \text{ cm/s}$ とする。与えられる w' をもつ濁流の n を最終的に決定するには, さまざまな数の正確な実験値, 及び他の測定方法による検証が必要であるように思われる。

	n		a			
w'	n	比較した実験番号	番号	a	番号	a
1.45	2.34	(6)	(3)	0.27	(3)	0.18
	1.81	(6)	(3)	0.55	(3)	0.46
	2.44	(5)	(2)	0.17	(2)	0.11
	2.66	(5)	(3)	0.26	(3)	0.21
	0.73	(7)	(4)	0.70	(4)	0.44
1.50	0.65	(5)	(4)	0.55	(4)	0.27
	2.05	(5)	(2)	0.72	(2)	0.62
	0.90	(5)	(7)	0.55	(7)	0.26
	1.84	(5)	(7)	0.26	(7)	0.20