

大阪大学工学部 正員 伊藤 昌雄

大阪大学工学部 正員 〇松井 保

大阪大学大学院 学生員 古後 健一

[1] きざなき

沖積層、埋立地などの軟弱地盤においてしばしば流動現象がみられ、この現象に伴って生ずる種々の問題を取扱う際に軟弱粘土の流動特性を知ることは大いに必要となる。そこでわれわれは従来のパイプフロー試験によって軟弱粘土の流動特性を調べているが¹⁾、本報告においてはおもに流速の遅い部分について検討を加えるとともに、パイプフロー試験において誤差の原因と考えられる入口損失について考察を加えた結果について述べる。

[2] 実験装置および方法

実験に使用した試料はシルト質ロームで、 $L.L.=72\%$ 、 $P.L.=31\%$ 、 $G_s=2.65$ である。実験装置は図-1に示すように内径11 cm、長さ43 cmのアクリル樹脂製円筒容器の一端に

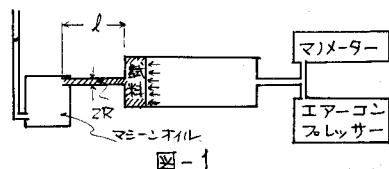


図-1

エアークンプレッサーおよびマノメーターを接続し圧力を測定する。また他端には表-1に示す4種の内面にネジを切ったパイプを取りつけ、その先にマシンオイルを流した管路を接続し、その表面変位を細管で測定することによって流量を測定する。実験は $L.L.$ 以上の含水比の試料について、繰り返して円筒容器につめ、1時間放置してからエアークンプレッサーにより順次圧力を変化させて試験を行なう。流速の遅い場合には、流量測定用の細管をさらに細いものと取り替えて流量を精確に測定する。なお実験Ⅳは、パイプの長さをできるだけ短くして、パイプ入口の圧力損失を測定するためのものである。また流速の遅い場合および入口損失測定の場合の室内温度は 24°C 前後、その他の場合は 12°C 前後に保ってそれぞれ温度変化による影響をできるだけ避けた。

	l cm	R cm	l/R
実験Ⅰ	5.20	0.35	14.9
Ⅱ	7.30	0.51	14.4
Ⅲ	15.12	0.51	29.8
Ⅳ	1.00	0.51	0.96

表-1

て、繰り返して円筒容器につめ、1時間放置してからエアークンプレッサーにより順次圧力を変化させて試験を行なう。流速の遅い場合には、流量測定用の細管をさらに細いものと取り替えて流量を精確に測定する。なお実験Ⅳは、パイプの長さをできるだけ短くして、パイプ入口の圧力損失を測定するためのものである。また流速の遅い場合および入口損失測定の場合の室内温度は 24°C 前後、その他の場合は 12°C 前後に保ってそれぞれ温度変化による影響をできるだけ避けた。

[3] 実験結果および考察

いままでに行なった一連の実験から Krieger-Maron の方法を用いて求めた流動曲線のうち、実験Ⅲの場合を示すと図-2のごとくになる。この図からわかるように壁面のせん断応力 τ_w と変形速度 $\dot{\gamma}(\tau_w)$ の関係は、直線ではなくとも降伏値を有するから非Bingham 塑性流動を示す。

この関係は一般のせん断応力 τ および変形速度 $\dot{\gamma}(\tau)$ についても成立する。この非Bingham 塑性流動は通常 Herschel-Bulkley の式、 $\dot{\gamma}(\tau) = K(\tau - \tau_y)^n$ ……(1)で近似的に表わすことができる。

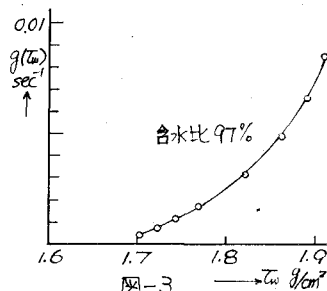


図-3

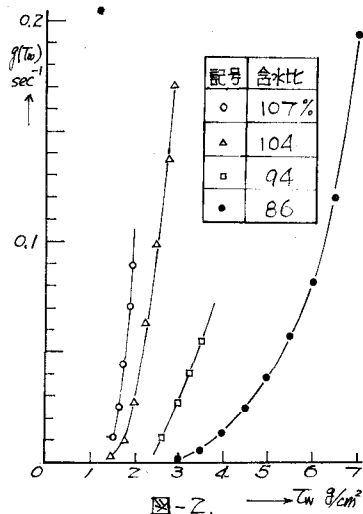


図-2

ここに k, n : 定数, τ_y : 真の降伏値である。この現象がある限られた範囲の流速で流動する場合、あるいは Herschel-Bulkley 式が厳密に適用できない場合などにおいては、多少精度の点を犠牲にして、Bingham 流動

$$g(\tau) = (\tau - \tau_y) / \mu_p \quad \dots \dots \dots (ii)$$

として近似することも可能であると思われる。ここに μ_p : 塑性粘度, τ_y : 降伏値である。

(1) 流速の違いの場合について。

以上の実験において、変形速度が $1 \times 10^{-2} \text{ sec}^{-1}$ 以下の部分については精度が悪く十分明確でない。この部分をさらに精度よく測定した。その結果を図-3に示す。図において最も遅い場合の流速は $6 \times 10^6 \text{ cm/sec}$ であるが、この程度の流速まで測定すればかなり精度に軸との交点（すなわち Herschel-Bulkley 式における降伏値）の値を外挿することも可能であると思われる。

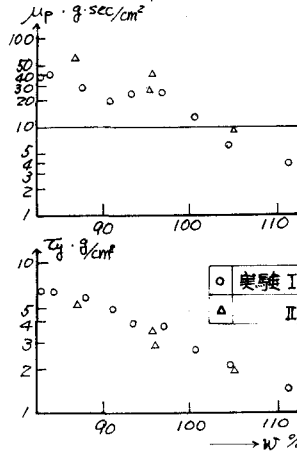


図-4

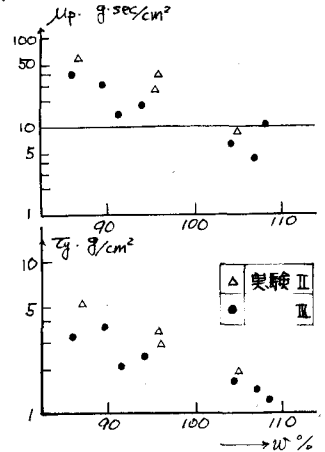


図-5

(2) パイプの入口損失について。

図-4、および図-5、は流動曲線を Bingham 流動として近似した場合の μ_p, τ_y を含水比 w に対して示したものである。実験 I, II, III はいずれも含水比 w が増加するにつれて μ_p, τ_y ともに指数律的に減少すると思われる。図-4 は実験 I および II、すなわち管径は異なるが d/R が同じ場合について比較したものであるが、 μ_p, τ_y ともにほぼ一致した値が得られている。一方図-5 は実験 II および III すなわち管径が同じで d/R が約 1:2 の場合について比較したものであるが、実験 II すなわち d/R が大きい場合に μ_p, τ_y ともにやや小さな値を示すことが認められる。これらの差異はおもに d/R の関数で表わされるパイプの入口損失に起因するものと考えられる。そこで実験 II および III によって以下に示す方法で入口損失の補正を行なった。Krieger-Maron によれば、流動曲線は次式で表わされる。

$$g(\tau_w) = \tau_w (\phi_0 + \tau_w / 4 \cdot d\phi_0 / d\tau_w) \quad \dots \dots \dots (iii)$$

ここに、見かけの流動度 $\phi_0 = 4 U_a / R \tau_w$, 管壁のせん断応力 $\tau_w = R \Delta P / 2L$, U_a : 平均流速。そこで実験 II および III においてそれぞれ l_0 長さで l_0 長さの圧力降下をそれぞれ $\Delta P_0, \Delta P_1$ とし、これらのパイプにおいて重ね合わせを成り立つとすれば、補正後の ϕ_0, τ_w は次式で表わされる。

$$\phi_{0c} = 4 U_a / R \tau_{wc}, \quad \tau_{wc} = R (\Delta P_1 - \Delta P_0) / 2 (l_1 - l_0) \quad \dots \dots \dots (iv)$$

(iii)(iv) 式より求めた $g(\tau_w) \sim \tau_w$ 曲線を図-6に示す。この図より入口損失の影響はほぼ 1.5 割程度と考えられる。図中の表は流動曲線を Bingham 流動として近似した場合の μ_p, τ_y の値を試みに示したものである。
 〈参考文献〉 1) 松井, 竹本「軟弱粘土の流動特性について」43年度関西支部年次学術講演会概要。

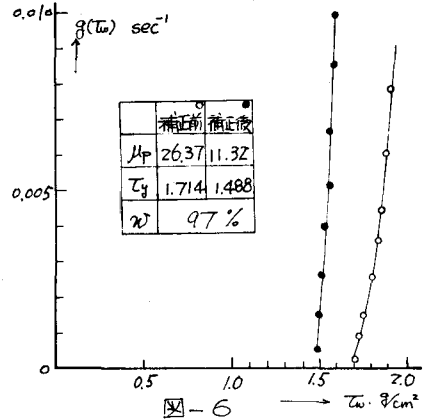


図-6