

軟弱粘土の流動特性について

大阪大学工学部 正員 松井 保
建設省北陸地建 正員 ○竹本 雅俊

[1] まえがき

軟弱粘土にはしばしば流動現象が見られ、流動に関する種々の問題を生ずるが、この研究は軟弱粘土の流動特性をパイプフロー試験に就いて調べたものである。軟弱粘土は一般に非Bingham塑性流動を示すことはオズワルドとカウチの学術講演会において既に報告した。ここではさらに流速の違い部分について実験を行うとともに、流動曲線の一部をBingham塑性流動として近似し、パイプの管径・管長等による影響について考察した結果を報告する。

[2] 実験装置及び実験手法

実験に使用した試料はシルト質ロームで、 $L.L.=72\%$
 $PL.=31\%$ 、 $G_s=2.650$ である。実験装置は図-1に示すように内径11mm長さ43cmのアクリル樹脂製円筒容器の一端

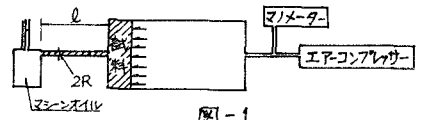


図-1

に表-1に示す3種類の内面にネジを切ったパイプをとりつけ、他端をエア・コンプレッサーおよびマニメータに接続したものである。実験手法はある含水比に調整した試料を繰り返し円筒容器につめ、1時間放置してからエアコンプレッサーによる圧力を加えて試料をパイプから流出させる。圧力を順次変化させてゆき、パイプに連結したマシナイルを満たした容器の表面変位によって各圧力における流量を測定する。表-1に示す3種のパイプについて $L.L.$ 以上の含水比の試料で実験を行った。更に $L.L.$ 以下の含水比の自立可能な試料で、直径5cm高さ10cmの供試体を作製した後、圧速度が $1\%/min.$ の圧制御で単軸圧縮試験を行ってパイプフロー試験による見かけの降伏値と比較した。なおこれらの実験も室内温度を $10-15^{\circ}C$ に保って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
実験Ⅱ	7.30	0.51	14.4
実験Ⅲ	15.12	0.51	29.8

表-1

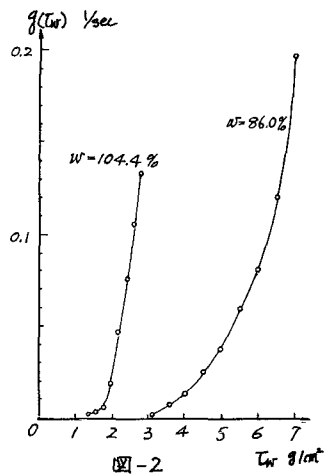


図-2

[3] 実験結果及び考察

図-2は一例として実験Ⅲのパイプで行った実験の結果から、Krieger-Mártonの方法を用いて求めた流動曲線である。図から判るようにせん断応力と変形速度の関係は直線ではなく、しかも降伏値を有するから非Bingham塑性流動を示す。この非Bingham塑性流動は通常Herschel-Bulkley式で表わされるが、Herschel-Bulkley式は複雑で実用計算に都合しないこと、また現実の流動現象では一定の流速で流動することはないこと等の理由から、流動曲線を流速によって分割し、各区間を直線式で表わされるBingham流動として近似した。

(1) Herschel-Bulkley式による表示

Herschel-Bulkley式は $g(\tau) = k(\tau - \tau_y)^n$ で表わされる。ここに $g(\tau)$: 変形速度、 τ : せん断応力、 k, n : 定数

τ_y : 真の降伏値である。 τ_y は流動曲線とx軸との交点の値であるが、図-2から判るように外挿によって明確に求めることはほとんど不可能なので、軟弱粘土中に埋め込み、表面に標準砂を張りつけた板を引き抜くに要する単位面積当りの力を近似的に真の降伏値と見なして他の定数 k, n を求めた。図-3は以上のようにして求めた τ_y と含水比 w の関係を示すがこの図から明らかなように τ_y は含水比が増加するにつれて指数関数的に減少する。また図-4は含水比 w と k, n の関係を示すが、データは少ないけれども含水比が増加するにつれて $1/k$ は指数関数的に、 n は直線的に減少する傾向を持つと思われる。

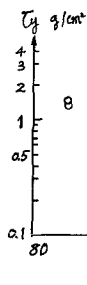


図-3

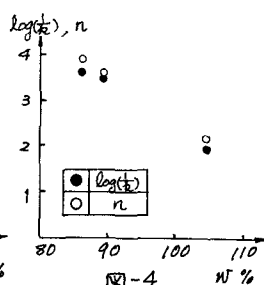


図-4

(2) Bingham 塑性流動としての表示

Bingham 塑性流動は、 $g(t) = (t - \tau_y) / \mu_p$ で表わ

される。ここに、 μ_p : 塑性粘度、 τ_y : 降伏値である。非Bingham 塑性流動をこの式で表示する場合に μ_p, τ_y は夫々見かけの塑性粘度、見かけの降伏値である。図-2に示す実験Ⅲの流動曲線をBingham流動として表示すると μ_p, τ_y は流速によって表-2に示すようになる。即ち流速が速くなる程 μ_p は大きく、 τ_y は小さくなる。

	流速 (cm/sec)	μ_p (g-sec/cm²)	τ_y (g/cm²)
実験Ⅲ w=104.4%	$1.8 \times 10^{-2} \sim 1.3 \times 10^{-1}$	49.4	0.79
	$4.0 \times 10^{-2} \sim 3.0 \times 10^{-1}$	7.1	1.86
	$3.4 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-1}$	6.7	1.89
実験Ⅲ w=86.0%	$1.5 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$	119.5	2.96
	$4.0 \times 10^{-2} \sim 3.0 \times 10^{-1}$	39.5	3.48
	$3.8 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$	10.8	5.07

表-2

1) 管径及び管長の変化による影響

図-5は流速が $4 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-3}$ cm/sec の部分の流動曲線をBingham塑性流動として表示した場合の含水比 w と μ_p, τ_y の関係を示すが、実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲは1)が1も含水比が増加するにつれて μ_p, τ_y とも指数関数的に減少すると思われる。又実験Ⅲの τ_y は実験Ⅰ, Ⅱの τ_y に比べてやや小さな値を示すことが認められるが、その他の点で特に明確な差を認められず、従って管径及び管長の変化による影響は少なく、この実験に

用いた程度のパイプを用いしは、入口損失等の影響は少ないと考えられる。

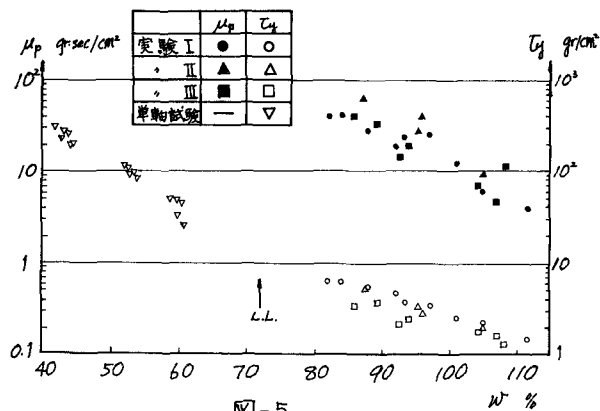


図-5

2) 単軸圧縮試験との比較

図-5に示すように単軸圧縮試験によるせん断強度も含水比が増加するにつれて指数関数的に減少するが、パイプフロー試験による τ_y の減少の割合とは異なり、その境界がL.L.付近であることからL.L.付近を境として流動特性が変化することと予想される。

最後に、御指導いただいている本学専任教授、並びに実験に協力された古後健一君(阪大・大学院)に対し、謝意を表する次第である。

<参考文献> 1) 伊藤・松井・若谷・竹本「軟弱地盤の流動に関する実験」第22回年次学術大会 1967