

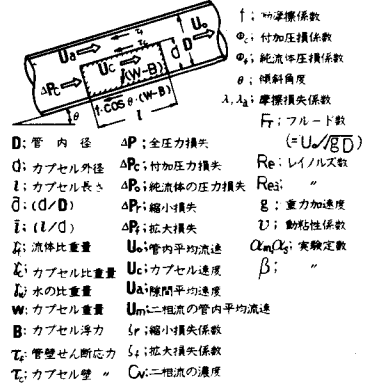
カプセル輸送における圧力損失特性

鴻池組 技術研究所 正員 〇松生隆司

正員 大橋 昭

正員 工藤光威

1. まえがき カプセル輸送における流送特性の解析にあたり、圧力損失特性の推定が最も重要な問題となる。筆者らはすでに、走行実験と浮遊静止実験を行なっており、固体・流体二相流に基づく流体輸送の解析手法を展開して、カプセルを流送するのに必要の圧力損失特性を体系づけている。今回、管路に固定されたカプセルの幾何的條件が流れに与える圧力損失特性について、実験的に解明し、二相流解析に基づく圧力損失特性と比較することから、二、三の重要な知見を得たので報告する。



2. 実験概要 カプセルの流送モデルと主要な記号を図1に示す。図2に固定カプセルによる圧力損失実験の装置概要を示す。図1 カプセル流れのモデルと記号
作動流体は空気、試験管路(φ93mm)と供試カプセル本体は共に市販の透明ポリカーボネート管で作製し、カプセルの前後端部は塩化ビニール樹脂製である。カプセル長さは前後面の形状損失と環状部の摩擦損失が顕著に区別できるよう配慮し、同心と完全偏心の状態で管路に固定した。試験管路の側面に29ヶ所、カプセル前後面の中央部に2ヶ所の圧力測定孔(φ2mm)を設け、水柱形マノメータを用いて圧力分布を測定した。また熱線風速計を用い、管路出口の速度分布を確かめ、かつ風温補正を行なつて流量を求めた。

(1), (2), (3)

3. 定常走行および浮遊静止実験の圧力損失特性に関する基礎式

二相流解析に基づくカプセルの付加圧力損失特性を次式に要約する。

$$\begin{aligned}
 &\left\{ \begin{array}{l} \text{全圧力損失} \quad \Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_c \quad \dots (1) \\ \text{付加圧力損失} \quad \Delta P_c = \phi_c \cdot \bar{d}^3 \cdot l \cdot (\bar{r}_c - \bar{r}_f) \cdot U_c^2 / 2g \quad \dots (2) \\ \text{水平管定常走行} \quad \phi_c = \alpha_m \cdot Fr^{-2} \quad ; \quad \alpha_m = 2f \quad \dots (3) \\ \text{垂直・傾斜管浮遊} \quad \phi_c = \alpha_s \cdot Fr^{-2} \cdot \sin \theta \quad ; \quad (\text{空力}) \alpha_s = 1.75, \quad (\text{水力}) \alpha_s = 2.0 \quad \dots (4) \\ \text{傾斜管定常走行} \quad \phi_c = \alpha_m \cdot Fr^{-2} \cdot \cos \theta + \alpha_s \cdot Fr^{-2} \cdot \sin \theta \quad \dots (5) \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

4. 固定カプセルの圧力損失特性に関する実験結果および考察

水平管路に同心状態で固定したカプセルの、流れ方向に沿った圧力分布を測定した結果の一例を図3に示す。圧力損失は、環状部の摩擦損失(ΔP_a)とカプセル端部における縮小損失

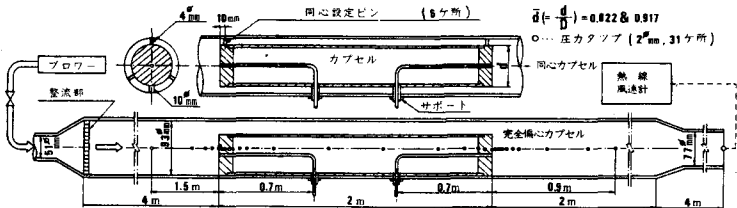


図2 実験装置の概要

Takashi MATSUIKE, Akira OHASHI, Mitsui KUDÔ

(ΔP_r), 拡大損失(ΔP_f)からなり、各損失はレイノルズ数 Re_a , 直径比 $\bar{d}$ に依存する。解析式を次式に示す。

$$\Delta P = \Delta P_r + \Delta P_a + \Delta P_f \quad \dots (6)$$

$$\Delta P_a = \lambda_a \cdot (l/4m) \cdot \delta_f \cdot U_a^2 / 2g, \quad 4m = D-d \quad \dots (7)$$

$$\Delta P_r = \zeta_r \cdot \delta_f \cdot U_a^2 / 2g \quad \dots (8)$$

$$\Delta P_f = \zeta_f \cdot \delta_f \cdot (U_a - U_o)^2 / 2g \quad \dots (9)$$

損失係数 λ_a , ζ_r , ζ_f の測定結果を図4、5に示す。

同心固定カプセルの λ_a と浮遊静止実験で使用した試験管路 ($\phi 52 \text{ mm}$) の λ は、滑らかな円管に対する Blasius の関係式 ($\lambda = 0.316 / Re^{1/4}$) にほぼ一致している。完全偏心と同心状態の λ_a に関する比率は 0.688 となり、二重円管流れにおける偏心効果に近似した結果を示した。一方、 ζ_r と ζ_f については図中の実験式で示される測定結果を得ることができ、これらを適用して固定カプセル全体の圧力損失を算定した。同心固定カプセルの算定結果を図6の破線に示す。

さらに、同心固定カプセルと垂直管浮遊静止実験におけるカプセルの懸垂状態とが対応するため、同図において実験値と比較した結果、両実験の圧力損失が整合することを確認した。また実線で示した二相流解析に基づく圧力損失特性と破線の交点は、流体速度に関する解析値を示すものであり、実験値にほぼ一致している。なお、割愛した完全偏心固定カプセルと傾斜管浮遊静止実験についても同様な結果を得ている。一方、定常走行カプセルの二相流解析に基づく圧力損失特性についても、固定カプセル実験から裏付けることができ、加えて走行カプセルが惹起する Couette 的な流れ効果を考慮することにより、走行時のカプセル速度も合理的に推定できるものとする。

5. むすび 本研究において得た知見を以下に要約する。

- (i) 図、液二相流の解析に基づくカプセルの流送に必要な圧力損失特性と、固定カプセル実験においてカプセル廻りに形成される圧力損失特性とが、流体力学的に表裏一体の関係にあることを確かめ得た。
- (ii) 二種の圧力損失特性を比較することにより、浮遊静止カプセルにおける浮遊速度を理論的に推定することができる。

御高配を賜わった。大阪府立工専柳井田教授に謹んで謝意を表します。

参考文献(1) 大橋, 柳井田, 工藤; 土木学会年次講義集, II-54, (1979)

(2) 大橋, 柳井田, 工藤; 土木学会年次講義集, II-221, (1980)

(3) Yanaida, Ohashi, Kudo, Matsuike; Hydrotransport 7, Paper K2, BHRA, Sendai, (1980)

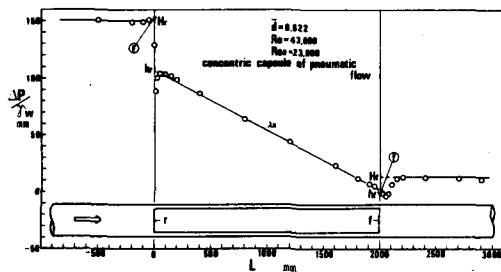


図3 圧力分布の測定例(同心固定カプセル)

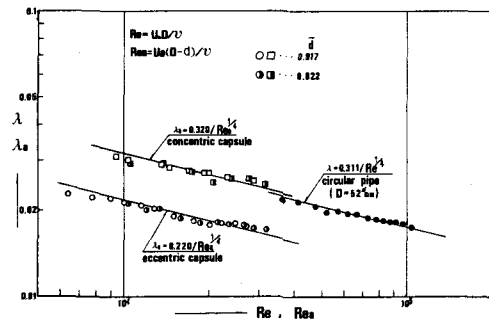


図4 摩擦損失特性(円管と固定カプセル)

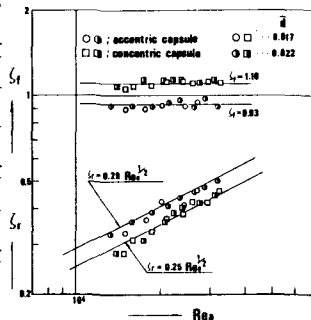


図5 形状損失特性

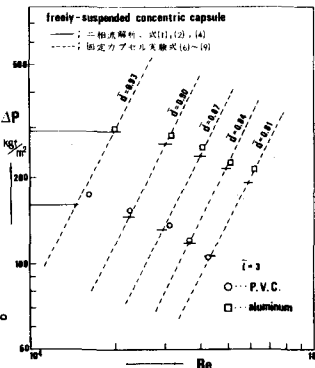


図6 垂直管浮遊時の圧損特性