

上端での気液対向流制限下における鉛直管内ボイド率の評価

Evaluation of Void Fraction in a Vertical Pipe under Countercurrent Flow Limitation at Upper End

*村瀬 道雄¹, 西田 浩二¹, 高木 俊弥¹, 合田 頼人², 島村 長幸², 富山 明男²

¹原子力安全システム研究所, ²神戸大学

鉛直管上端での気液対向流制限 (CCFL) 条件における鉛直管内でのボイド率について検討し、圧力勾配の測定値と圧力損失係数の 1/4 の壁面摩擦係数を用いるとボイド率を精度よく算出できることを確認した。

キーワード : 鉛直管, 気液対向流制限, ボイド率

1. 緒言 鉛直管の気液対向流制限 (CCFL) 条件におけるボイド率を直接測定した例は極めて少なく、一般的には管内での圧力勾配の測定値からボイド率が求められているが使用される壁面摩擦係数の相関式の影響が大きい。本報告では、CCFL 条件におけるボイド率の評価を目的として、島村ら[1]による直径 20 mm の鉛直管上端での空気・水 CCFL 実験データを用いてボイド率の評価方法について検討した。

2. 評価の方法と結果 本報告では環状流モデルを使用する。環状流モデルでの計算には、ボイド率 α 、壁面摩擦係数 f_w 、界面摩擦係数 f_i に対する相関式が必要である。 α の評価が目的であり、 α に対する測定値や相関式はないものとする。上端 CCFL では壁面摩擦係数 f_w は圧力損失係数 λ (Re_L) の 1/4 とほぼ一致する [1] ことから $f_w = \lambda/4$ を使用する。CCFL 特性 (J_G と J_L の関係) の測定例は多いことから、 J_G に対する J_L の値は CCFL 相関式で与える。 α の計算方法として、(a) CCFL 測定値にフィットする f_i 相関式と $f_w = \lambda/4$ および α 相関式の代わりに最大流量条件 ($dJ_G/d\alpha = 0$) を使用、(b) 全流路に対する力の釣り合い式(1)および圧力勾配測定値と $f_w = 0$ を使用、(c) 式(1) および圧力勾配測定値と $f_w = \lambda/4$ を使用、について検討した。

$$(dP_T/dz) = \{\rho_G \alpha + \rho_L (1 - \alpha)\}g - (f_w/2) \rho_L [J_L/(1 - \alpha)]^2 (4/D) \quad (1)$$

液相体積率 ($1 - \alpha$) の計算値を測定値と比較して図 1 に示す。測定値[1] の “Smooth” は上端 CCFL、“Rough” は下端 CCFL、“Transition” は上端から下端への遷移状態である。(a) CCFL 計算では ($1 - \alpha$) を若干過大に計算し、(b) $f_w = 0$ を使用すると計算値は測定値と大きく異なり、(c) $f_w = \lambda/4$ を使用すると計算値は測定値とほぼ一致した。 $f_w = \lambda/4$ での計算値が $f_w = 0$ での計算値と一致している範囲では $J_L = 0$ である。下端 CCFL と遷移域では全ての計算値が測定値と一致せず、 f_w の相関式を変更する必要がある。

3. 結論 圧力勾配の測定値と壁面摩擦係数の相関式を用いると鉛直管上端 CCFL 条件での管内ボイド率を精度よく計算できることを確認した。

参考文献

[1] 島村長幸ほか, 混相流シンポジウム 2018 (2018), D212.

* Michio Murase¹, Koji Nishida¹, Toshiya Takaki¹, Raito Goda², Takeyuki Shimamura², Akio Tomiyama²

¹Institute of Nuclear Safety System, Inc., ²Kobe University

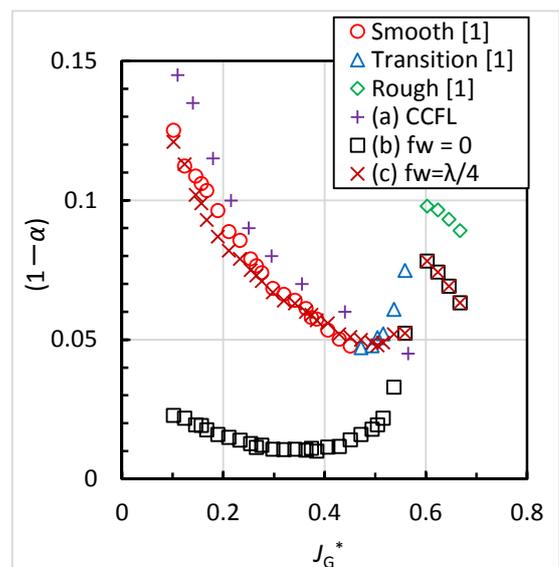


図 1 液相体積率 ($1 - \alpha$) の比較