

鉛直管の上端フラッシングにおける管内ボイド率の評価

Evaluation of Void Fraction in Vertical Pipes under Flooding at the Upper End

高木 俊弥¹, 村瀬 道雄¹, 林 公祐^{2}, 富山 明男²

¹原子力安全システム研究所, ²神戸大学

鉛直管の上端フラッシングでのボイド率を評価してドリフト・フラックス・パラメータについて検討し、分布定数 $C_0 = 1.0$ および Kutateladze パラメータの関数として無次元ドリフト速度の相関式を導出した。

キーワード：鉛直管，気液対向流，上端フラッシング，ボイド率，ドリフト・フラックス

1. 緒言 前報[1]では、上端形状が直角の鉛直管（直径 $D = 40$ mm）を用いて空気・水対向流実験を行い、圧力勾配 dP/dz 、落下水制限（CCFL：気相流速 J_G に対する落下水流速 J_L ）およびボイド率 α を測定し、環状流モデルを用いて壁面摩擦係数 f_w と界面摩擦係数 f_i を求め、 f_w の相関式を導出した。本報では、導出した f_w の相関式と従来研究による dP/dz データ（Bharathan et al. [2]; Ilyukhin et al. [3]）を用いて α と f_i を評価し、液膜厚さ δ と f_i の相関式を導出した。また、事故解析コードでは f_i の相関式ではなくドリフト・フラックス・モデルが使用される場合があるため、ドリフト・フラックス・パラメータについて検討した。

2. 評価の方法と結果 前報[1]で導出した f_w の相関式には直径 $D = 20, 40$ mm での空気・水実験データを使用した。 α データは少ないため、本報では、環状流モデル、 f_w の相関式および Bharathan et al. [2] ($D = 50.8$ mm での空気・水) と Ilyukhin et al. [3] ($D = 20$ mm, 圧力 $P = 0.64.1$ MPa での蒸気・水) による dP/dz データを用いて α と f_i を求めた。(1) δ の相関式には層流にヌッセルト式を用い、液相レイノルズ数 Re_L の関数として遷移域と乱流に対する実験式を導出した。(2) f_i の相関式は気相 Kutateladze パラメータ K_G^* 、無次元直径 D^* 、気液密度比の関数として実験式を導出した。(3) ドリフト・フラックス・パラメータの分布定数は $C_0 = 0.98 \sim 1.01$ であったので $C_0 = 1.0$ と近似し、ドリフト・フラックス・プロットからドリフト速度 V_{gj} を求め、無次元ドリフト速度 V_{gj}^* の相関式を導出した。 $V_{gj}^* = \min [\max \{0.26 (\mu_L/\mu_G)^{0.50}, 0.76\} / K_G^{*0.37}, 2.0]$ (1)

気液対向流では環状流になるため $C_0 = 1.0$ になる。空気・水系では V_{gj} は $0.32 \sim 0.38$ m/s、蒸気・水系では V_{gj} は約 0.12 m/s になった。式(1)における $\max$ の 0.76 は高温高压条件に対する制限値、 $\min$ の 2.0 は低 K_G^* に対する制限値である。 $C_0 = 1.0$ と式(1)を用いた計算値 α_c と測定値 α_m の比較を図1に示す。計算値の95%を含む不確かさは ± 0.013 であり、 δ の相関式の不確かさ (± 0.0062) の約2倍になった。

3. 結論 鉛直管の上端フラッシングにおける液膜厚さ δ 、界面摩擦係数 f_i およびドリフト・フラックス・パラメータ (C_0 と V_{gj}) に対する実験式を導出した。

参考文献

- [1] 高木俊弥ほか, 原子力学会 2020 春の年会, 2G09, 2020.
- [2] D. Bharathan et al., EPRI NP-786, 1978.
- [3] Yu.N. Ilyukhin et al., Teplofiz. Vys. Temp., **26**(5), 923-931, 1988.

* Toshiya Takaki¹, Michio Murase¹, Kosuke Hayashi², Akio Tomiyama²

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

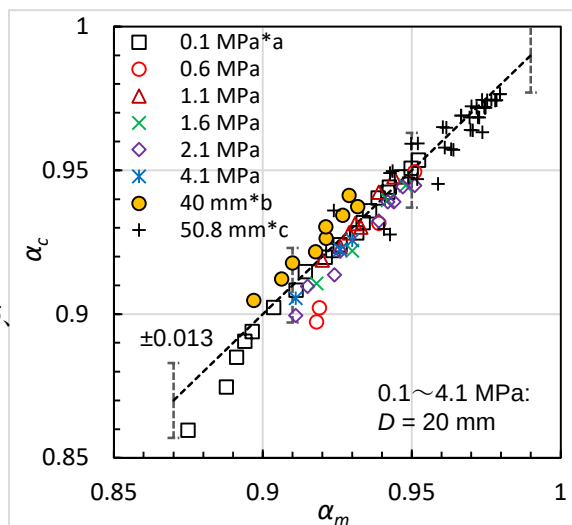


図1 ボイド率の計算値 α_c と測定値 α_m の比較 (*a and *b [1]; *c [2]; others [3])