

審査の結果の要旨

氏名 廣田和生

学位請求論文は、「蒸気発生器伝熱管 U 字管部の流力弾性振動評価手法」と題し、全 6 章から構成されている。

本論文は、加圧水型軽水炉プラントの大型熱交換器である蒸気発生器の伝熱管 U 字管部で発生した水-蒸気二相流による流力弾性振動を対象として、流力弾性振動が発生する限界流速を評価する手法を開発したものである。実寸大の U 字型伝熱管群モデルを用い、模擬流体として HCFC-123 二相流を流して流動実験を行い、AVB による支持点を外した計測管の振動応答から限界係数を取得して安定比の評価手法を開発した。本研究により、気液二相流の場合は管軸方向の流力弾性力の相関が小さいことから、従来のような短い管群に比べると限界係数が大きいことを確認した。また、実寸大管群の実験とは別に短い管群を用いた流動実験を行い、HCFC-123 二相流の限界係数に関する模擬性、計測管のみ AVB の支持を外した柔支持管で取得した限界係数の実機伝熱管群への適用性、及び流体付加質量や二相減衰比を確認した。さらに、従来考慮されていなかった設計パラメータのばらつきを考慮した安全率を設定することにより、流力弾性振動の安定比を精度よく評価できる手法を開発した。

第 1 章は、「研究の必要性と問題点」と題し、関連する研究についての概観と本論文中で展開されている研究の位置付けについて述べている。

第 2 章は、「蒸気-水二相流による正方配列管群の二相減衰比及び流力弾性振動」と題し、流力弾性振動の安定比評価に必要な設計パラメータとして流体付加質量、二相減衰比、流力弾性振動の限界係数、及び管の振動に起因する流力弾性力を調査するための実験について記述している。実験によって後の安定性評価に使用されるパラメータを取得しただけでなく、実寸大 U 字管群モデルで 1 本だけ振動管にし、隣接管を固定にして限界係数を取得し、これを蒸気発生器伝熱管群の安定比評価に使用することは妥当との結果を得ている。

第 3 章は、「二次元 U 字管群を用いた HCFC-123 二相流による流力弾性振動実験の妥当性確認」と題し、第 2 章の蒸気-水二相流による流力弾性振動限界流速を取得したものと同一の短い管群モデルを用い、HCFC-123 二相流を流して流動実験を行い、限界係数を確認している。その結果、HCFC-123 二相流に

対する限界係数は、蒸気-水二相流に対する限界係数と良好な一致を示し、蒸気-水二相流の代わりに模擬流体として HCFC-123 二相流を流して限界係数を取得し、これを蒸気発生器伝熱管群の安定比評価に使用することは妥当であるとの見解を得ている。

第4章は、「実寸大二次元 U 字型管群モデルを用いた流力弾性振動評価」と題し、U 字管の面外方向に 5 コラム、実機と同じ最大曲げ半径を持つ実寸大の U 字型管群モデルを用い、模擬流体として HCFC-123 二相流を流して流動実験を行った。本実験では、計測管自身のみ AVB による支持を故意に外して流力弾性振動を発生させて限界流速を取得し、限界係数に換算している。この実験により、流速やボイド率として見かけの値ではなく、二相流の実質の流速やボイド率を表し、かつ、直接的に計測できる気液界面速度やボイド率を安定比評価に使用することで従来のものと比べて評価精度を高めることが可能となった。

第5章は、「蒸気発生器 U 字型伝熱管群の流力弾性振動に対する設計手法」と題し、蒸気発生器の伝熱管 U 字管部の流力弾性振動の安定比の評価に関して、Connors の安定判別式に基づく最確安定比 SR_t の算定とそれに対する安全裕度 χ の考慮の 2 段階で設計安定比 SR_{design} を評価することを提案した。

第6章は、結論と題し、本研究で得られた知見について纏めて述べている。

以上を要約すると、本論文は、蒸気発生器の伝熱管 U 字管部で発生した水-蒸気二相流による流力弾性振動を対象として、流力弾性振動が発生する限界流速を評価する手法を開発したもので、これらの研究成果により、蒸気発生器の伝熱管の振動低減技術の確立に貢献した。本研究は、機械工学、特に振動学の発展に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。