

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：32706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05878

研究課題名(和文) 管群気柱共鳴発生予測手法の実用化研究

研究課題名(英文) Study on Practical Prediction Method of Acoustic Resonance in Heat Exchanger Tube Bundles

研究代表者

西田 英一(NISHIDA, Eiichi)

湘南工科大学・工学部・教授

研究者番号：70410032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：熱交換器設計における共鳴騒音問題に関し、設計時点での事前予測を可能にする実用性の高いシミュレーション方法を開発する。そのため、共鳴発生実験を援用した、現象論的な数値計算モデルを提案し、その信頼性を検証した。設計予測のための数値モデルの特徴は、渦放出挙動の単振動モデル化、渦放出の同期化現象を組み込むための確率論的なモデル化、渦-音場フィードバック形式の組み込み、である。これらの点について、管群設計上の主要パラメータである管ピッチ比を変化させた場合の妥当性を実験検証した。以上の結果、提案する計算法により共鳴発生予測が実現可能であることが示されたといえる。

研究成果の概要(英文)：Acoustic resonance may occur in heat exchangers such as gas heaters or boilers which contain tube bundles. Our study is concerned with the development of practical simulation tool suitable to predict the resonance attack in the design stage. For this purpose, we proposed a phenomenological simulation model with the assistance of wind tunnel resonance test. In order to develop the simulation method, several ideas are incorporated; (1) In order to express the behavior of a vortex, we adopt wake oscillator model. (2) The behavior of a huge number of vortex is expressed by statistical model. (3) One of the main issues is the identification of feedback type between vortex shedding and acoustic resonance.

In order to investigate the validity of these ideas, experimental measurements were conducted for various tube pitch ratio. Based on these results, the proposed resonance prediction method appears to be effective as a practical tool in the design of heat exchangers.

研究分野：工学

キーワード：共鳴 熱交換器 伝熱管群 カルマン渦 渦-音響相互作用 自励振動

1. 研究開始当初の背景

熱交換器設計者にとっての長年の懸案事項である共鳴騒音問題は多くの研究者により取り上げられてきた。トラブルシューティングの面では解決手段に関する見通しも得られてきたが、設計時点での予測に関しては依然として隘路となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、このような共鳴問題の発生の有無に関し、設計時点での事前予測を可能にし、かつ汎用のパソコンで実施可能な、実用性の高い(特に、計算負荷の軽い)シミュレーション方法を提案することにある。

3. 研究の方法

共鳴発生実験を援用した、現象論的な数値計算モデルを提案することにより、上記目的を達成する。

4. 研究成果

(1) 設計予測のための数値モデルの考案：共鳴発生予測法に関する計算モデルを開発した。その特徴として、以下の項目があげられる。

渦放出挙動の単振動モデル化(後流振動子)

渦放出の同期化現象を組み込むための確率論的なモデル化

渦-音場フィードバック形式の同定(加速度フィードバック)

これらの点について、管群設計上の主要パラメータである管ピッチ比を変化させた場合の妥当性を実験的に検証した。

(2) 各ピッチでの共鳴発生状況実験結果：種々の管群配置条件、種々の高次の気柱共鳴モードにおいて検証すべく、抗力方向の管配列のピッチ比を 1.4~4.0 の間で変化させた格子配列管群において、気柱共鳴現象発生前後の渦放出と共鳴音圧変動などの実験結果を図1に示す。この図より、各ピッチ比における共鳴周波数、共鳴音圧の流速に対する変動の特徴、特にロックインの発生状況が基本的には同様な傾向を示すことが明らかとなった。

(3) 渦放出の単振動モデルの妥当性検証；単振動モデルの妥当性は共振点前後での位相変化を調べることにより明らかとなる。図2は1次、2次共鳴モードにおける流速に対する渦放出の位相の変化状況であるが、共鳴発生点前後で大きな位相のジャンプが発生しており、その妥当性を示している。また、図3は、代表的なピッチ比における揚力変動の音場(音響粒子速度)に対する位相遅れの実験結果であるが、この結果から、重要な懸案事項の一つであるフィードバック形式(加速度フィードバック)が明らかとなった。

(3) 渦-音場相互作用の実験/計算結果の比較；多数の管群の挙動を表すべく、確率論的モデルを考案した。その妥当性を実験的に検証すべく、渦放出の位相と流速(実際には音響粒子速度の変動振幅)の関係をコヒーレンスの大きさを評価した。その結果として、代

表的な管ピッチ比における実験結果を計算結果と比較して図4に示す。両結果は良好に一致していることから提案する計算法は音場の増大とともに同期化する渦群の放出挙動を予測可能であることが明らかとなった。

(5) まとめ；

以上の結果より、提案する計算法により、共鳴発生予測が実現可能であることが示されたといえる。

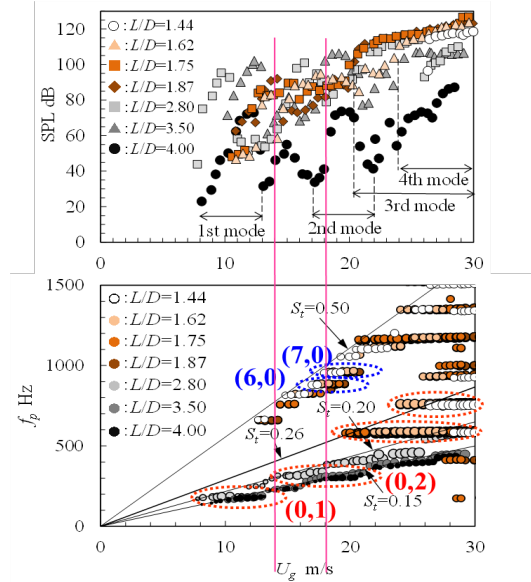


図1 種々のピッチ比における流速とピーク周波数、音圧レベルの関係

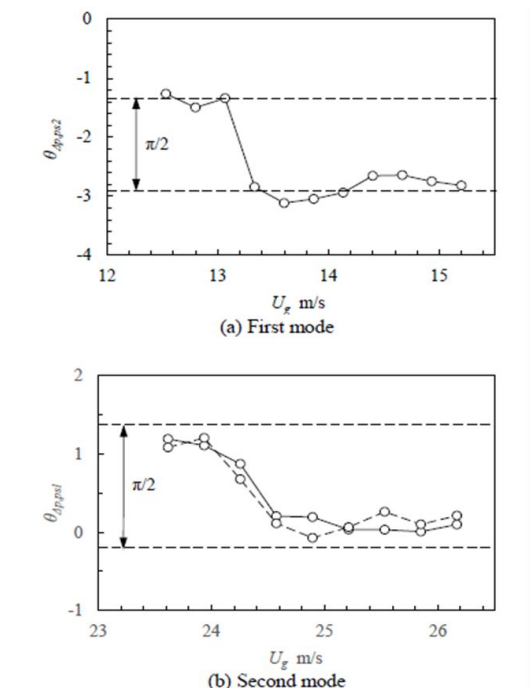


図2 1, 2次共鳴モードにおける渦放出の位相差変動状況

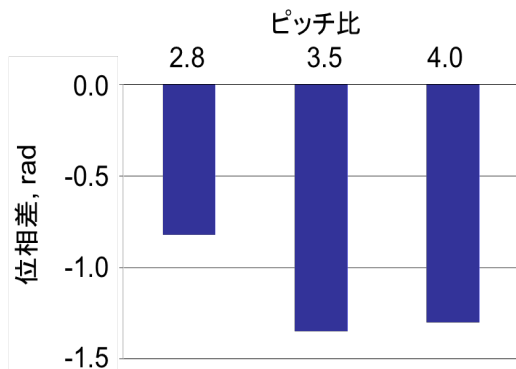


図3 揚力変動の位相差:[揚力/粒子変位]

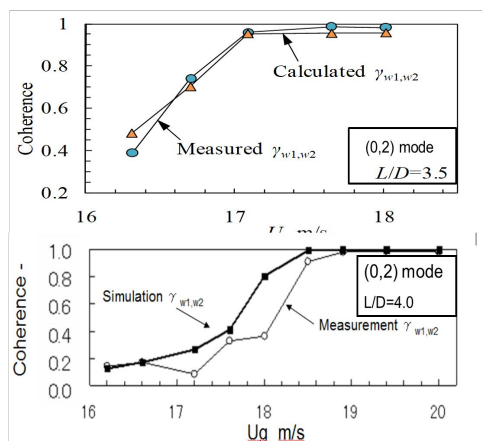


図4 渦-音場の相関性に関する実験・計算結果の比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

濱川 洋充, 西田 英一, 林 秀千人, 管軸方向の渦の同期特性のモデル化によるボイラ管群気柱共鳴現象の発生予測法の高精度化、ボイラ研究、Vol. 399, 2016, 10, pp21-26

H. Hamakawa, H. Matsuoka, T. Yamai, K. Asakura, T. Otsuru, R. Tomiku, E. Kurihara, E. Nishida, Acoustic Absorption Characteristics of Perforated Thin Plate with Air Jets and Cavity, Open Journal of Fluid Dynamics, 2015, 5, pp.1~9

〔学会発表〕(計 10件)

H Hamakawa, S. Hino, E Nishida, E Kurihara, Phase Characteristics of Vortex shedding From Tube banks on Acoustic Resonance, Proceedings of ASME 2017 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2017-65913, Hawaii, USA, (2017.7)

H Hamakawa, M Miyazak, Y Asai, E Kurihara, E Nishida, H Hayash, Prediction of Acoustic Absorption Characteristics of

Perforated Plate with Air Jets, Proceedings of 6th Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science, Guilin, China, September 20-23, 2016.

H Hamakawa, E Nishida, Y Asai, K Mimura, H Hayashi, E Kurihara, Characteristics of Vortex-acoustic Interaction in In-line Tube Banks of Heat Exchanger, Proceedings 11th, Conference on Flow-Induced Vibration and Noise, Hague, Netherlands, 4-6 July 2016.

H. Hamakawa, T. Yamai, T. Otsuru, R. Tomiku, E. Nishida, H. Hayashi, E. Kurihara, Effect of Geometry of Perforated Plate with Air Jets on Acoustic Absorption Characteristics, Proceedings of the 12th International Symposium on Experimental Computational Aerothermodynamics of Internal Flows, ISAIF12-61, 13-16 July 2015, Lercici, Italy, pp.1~6

日野, 溝口, 濱川, 西田, 栗原, 管群から放出される渦の同期化に及ぼす管群配列の影響, 日本機械学会, Dynamics and Design Conference 2017, No.12-12, Paper No.616 2017/9

⑥ 濱川 洋充, 西田 英一, 日野 聡志, 浅井 悠太, 栗原 央流, 林 秀千人, 気柱共鳴現象発生時の管群から放出される渦の同期化に関する研究, 日本機械学, Dynamics and Design Conference 2016, No.616, 2016

⑦ 大里 佑太郎, 濱川 洋充, 宮崎 真昇, 西田 英一, 栗原 央流, 林 秀千人, 背後空気層を有する多孔板の吸音特性に及ぼす微小噴流の影響, 日本機械学会, 第 26 回環境工学総合シンポジウム 2016, No.119, 2016

⑧ 濱川 洋充, 西田英一, 他 4 名, 管群気柱共鳴現象の発生予測に関する研究, 日本機械学会九州支部長崎講演会論文集, 2015 年 9 月, Paper No. C08

⑨ 濱川 洋充, 西田英一, 他 5 名, キャビティを有する多孔板の吸音特性に及ぼす気流の影響, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2015 年 11 月, Paper No.1209

⑩ 西田英一, 濱川洋充, 管群気柱共鳴予測のための安定判別法の研究: 共鳴実験データによる渦/音場相互作用形式の同定, 日本機械学会, Dynamics and Design Conference 2015, Paper No.614(2015)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:

番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西田 英一 (NISHIDA Eiichi)
研究者番号：70410032

(2) 研究分担者

濱川 洋充 (HAMAKAWA Hiromitsu)
研究者番号：30243893

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()