

機械工学科

キーワード

非線形振動、流体関連振動、弾性送水管、力学系理論、自励振動、衝突振動、カオス



教授 / 博士 (工学)

山下 清隆

Kiyotaka Yamashita

学歴

慶應義塾大学 理工学部 機械工学科、慶應義塾大学 理工学研究科 機械工学専攻 修士課程、慶應義塾大学 理工学研究科 総合デザイン工学専攻 博士課程

経歴

早稲田大学 理工学研究科 客員講師(専任扱い)、山形大学 工学部 機械システム工学科 助手、福井工業大学 工学部 機械工学科 講師、准教授、教授

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

流体関連振動および非線形振動に関する講演と技術相談

メールアドレス

yamashita@fukui-ut.ac.jp



主な研究と特徴

「内部流による弾性送水管の非線形空間運動」

上端固定下端自由な管は内部流体の影響により自励的横振動を引き起こすことが古くから知られている。この系は、片持ち梁の自由端の接線方向に従動力を受ける古典的な弾性安定性問題に帰着することで知られ、連続体に生じる動的安定問題の代表的な課題である。この問題は数学的に言えば、固有関数が直交関数系でない非自己随伴型の偏微分方程式で記述される系に生じる不安定問題に分類される。

このような問題は、航空機の翼の自励振動、紙送り系の自励振動および列車の蛇行動など機械システムに広く内在する問題である。本研究では、このような特徴を持つ自励振動の代表的な課題として「内部流による弾性送水管の自励的空間運動」を取り上げている。不安定現象が発現後の管の挙動は系の非線形性に深く依存し、とりわけ管の空間運動における水平面内2方向の相互作用の本質的解明には非線形動力学解析が必要不可欠となる。本研究では、系の随伴関数を用いて非線形運動方程式を不安定固有空間に正しく射影する手法を用いて、複素振動振幅の時間的変化を記述する方程式を誘導し、その方程式を分岐解析することにより系の定性的な振る舞いを分類している。

また、理論解析結果の妥当性を検証する目的から実験を行っていることが大きな特徴である。とりわけ、2台の高速ビデオカメラと画像処理システムを利用した3次元非接触測定系を用いる管の空間運動の測定により多様な空間運動の解明を行なっている。

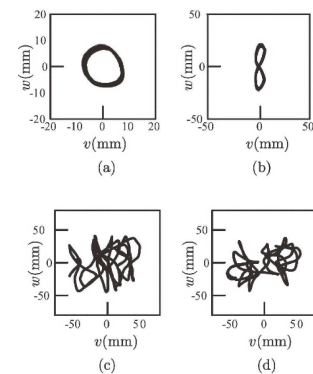


図1. 管の多様な空間運動の一例

「剛体架線とパンタグラフ間の離線低減手法の開発」

鉄道車両の集電系にはパンタグラフと架線からなる系が用いられている。パンタグラフは架線に対して押し付けられ、通常接触状態を維持したまま摺動する。パンタグラフと架線は色々な要因により離れることが知られており、このような状態を離線という。離線が生じた際に生じるアークにより架線表面が摩耗することが知られており、架線のメンテナンスの観点から忌避されている。離線が生じる原因の一つに、架線表面の波状摩耗が挙げられる。波状摩耗が生じると離線が生じ易くなり、このことが原因で摩耗が進むことが指摘されている。本研究では、離線後のパンタグラフの動的挙動を明らかにする観点からパンタグラフと架線の離線問題を衝突振動と捉える理論解析を行い、パンタグラフの動的挙動に与える波状摩耗の大きさ、車速などの影響を調べている。図2に示すように、パンタグラフの弾性振動を考慮すると高次のモードの固有振動数近傍において離線が顕著に抑制され得ることが明らかとなった。また、理論解析モデルを模倣した検証実験を行ない理論解析結果の妥当性を検証している。

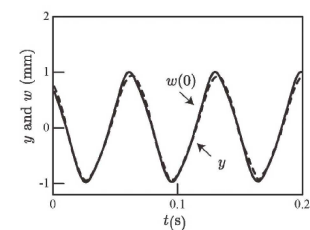


図2. 離線が抑制された場合

今後の展望

以上に述べたように、内部流による弾性送水管の自励的横振動は連続体に生じる不安定振動の代表的な課題として弾性安定論および非線形動力学解析の立場から多くの研究がなされてきた。近年では、研究の主体は管の空間運動の解明や曲管部の振動に移りつつある。今後の課題としては、複数の固有振動が同時に不安定となるDouble Hopf分岐が生じる場合やそれに伴う多様な空間運動の発現メカニズムの解明が挙げられる。

また、剛体架線とパンタグラフの離線メカニズムについては梁の弾性振動を考慮した場合に高次モードの影響により離線が抑制される可能性が示されている。このことから、梁の高次の固有振動数を列車の走行速度と波状摩耗の波長で決まる振動数に追従させることにより離線が顕著に抑制できる可能性がある。今後、固有振動数を可変とする制御を施した実験装置を製作し、離線が抑制できることを検証する予定である。

所属学会

一般社団法人 日本機械学会 (2004年～現在まで)

主要論文・著書

K. Yamashita, N. Nishiyama, K. Katsura, H. Yabuno, Hopf-Hopf interactions in a spring supported pipe conveying fluid, Mechanical Systems and Signal Processing, 151, (2021), 107390.

K. Yamashita, K. Kitaura, N. Nishiyama, H. Yabuno, Non-planar motions due to nonlinear interactions between unstable oscillatory modes in a cantilevered pipe conveying fluid, Mechanical Systems and Signal Processing, 178, (2022), 109183.