

審査の結果の要旨

氏名 藤原 智

海底鉱物資源の揚鉱システムや浮体式 LNG プラントの冷却水システムでは、流体移送用の管を複数本束ねて海水中へ吊り下げ運用する技術要素が含まれている。このような近接配置された複数管に海の流れが作用する時、単管と比べ全体的な回頭運動や管同士が近づいたり離れたりするたわみ振動が特有のモードとして加わり、吊下げ機材の不測の動きや管同士の衝突などの可能性を設計・運用に考慮する必要がある。本研究は、束ねられた 2 本の管を対象に、一様流れ中の流力弾性振動の特性を明らかにすることを目的としたものである。

本論文は 6 章より構成されている。第 1 章は緒言であり、海洋開発分野やその他の工学分野における複数管の利用例、線状構造物の流れ中の振動現象に関する先行研究を概観し、本研究の意義・目的を述べている。

第 2 章では、柱芯間距離、曳航に伴う相対的な流入速度、2 管の中心軸を結ぶ方向に対する流入角度（以下、流向）をパラメータとした両端固定の剛な 2 管模型の曳航実験を行って管に作用する流体力を計測し、抗力係数、揚力係数、流体力変動周波数などの特性について従来研究を照合しながら考察している。2 管の軸間の midpoint 周りのトルクについても整理し、流向が約 45 度を境にトルクの向きが反転することを見出している。

第 3 章では、上端と下端で結束された 2 本の弾性管模型を水中に吊り下げて曳航し、長さ方向中央位置で 2 管それぞれの水平 2 方向の運動を計測するとともに、2 管の midpoint 周りの回頭運動、たわみを伴う離合運動についてデータを変換し整理している。2 管が流れ方向に直列の場合、柱芯間距離 P が管の外径 D の 2~10 倍の全実験条件において単管の場合に比べ上流側の振幅が小さく下流側が大きくなり、互いの運動は逆位相で結果として顕著な回頭運動が発生することを示している。2 管が流れに対して並列の場合、流れと直交する方向への運動が卓越し、互いの運動は逆位相で離合運動となっており、 P/D が 4 以下でその振幅は増大し、柱芯間距離によっては衝突の可能性があるとして述べている。

第 4 章では、第 3 章で得られた 2 管の挙動パターンにもとづき、①流れの直交方向への並進方向運動、②回頭方向運動、③離合方向運動、の 3 つのモードについて、それぞれ周期・振幅を変えて強制加振する装置を製作し、剛な 2 管模型を水中で曳航しながら加振する実験を行って流体力を計測している。特に②③については従来にない機能を実現する実験装置を開発して用いている。流体力は平均的な抗力・揚力、加振と逆位相の付加慣性力成分、加振と位相が 90 度異なる減衰力成分に分けて解析し、無次元係数をパラメータごとに整理している。2 管が流れ方向に直列の場合、回頭方向加振時の上流側の減

衰力係数が負になる加振周期・振幅領域が広く、同モードの運動が発生しやすく成長しやすい現象であること、第 3 章で示した回頭運動発生と符合することを示している。2 管が並列の場合、離合方向加振時の減衰力係数が並進方向加振時に比べて短周期・大振幅の広い領域で負になっており、第 3 章で示した離合運動が本実験データからも説明できるとしている。

第 5 章では、束ねられた 2 本の管に流れが作用する時の流力弾性振動の推定手法として、第 4 章の実験で得られるような流体力データベースを用いたルックアップ・テーブル法の適用性について検討している。この手法は、単管の渦励振挙動推定ではすでに効力を発揮しており、長さ方向に分割した区分ごとに支配的な運動モード・運動周期・振幅に相応する流体力係数を運動方程式に与えつつ有限要素構造モデルの挙動を時系列計算する手法であるが、2 管では単管に比べ運動の自由度や流体力係数に影響を及ぼすパラメタが飛躍的に多くなるため、本研究では長さ方向から 1 区分のみを切り出した二次元モデルを作成して吊下げ弾性模型の曳航実験結果の再現を試みている。減衰力係数が負になる領域が単管の流体力データベースに比べ想定以上に広くデータの拡充が必要なこと、単一の運動モードにおける一次調和振動を支配的な運動と仮定する手法の限界など、今後の課題が示されている。

第 6 章は本論文の結論であり上記内容をまとめている。

要するに本研究は、間隔をあけて結束された 2 本の管に流れが作用する時の流力弾性振動を明らかにするために、①両端固定・剛体模型を用いた曳航・流体力計測実験、②吊下げ弾性模型を用いた曳航・運動計測実験、③剛体模型を用いた曳航・強制加振・流体力計測実験、を行ってデータを取得し、回頭運動や弾性たわみによる離合運動といった 2 管特有の挙動を中心に特性をまとめ、さらに流体力データベースを用いた挙動推定手法の適用可能性と限界を示したものである。複雑な現象について多くの実験と詳しい分析により貴重なデータと知見が得られている。

以上により、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1998 字