

審査の結果の要旨

氏名 陳 威

本論文は5章からなり、第1章は Introduction、第2章は Experiment investigation of rotation cylinders in flow、第3章は Two dimensional simulation method for rotating cylinder in flow、第4章は Quasi three dimensional simulation method for rotating pipe in flow、第5章は Summaries and Conclusions について述べられている。

海洋科学掘削や海底資源開発の初期段階掘削作業において、ライザーを用いないライザーレス掘削が用いられる。海洋におけるライザーレス掘削では、海上の作業船と海底の掘削ビットをつなぐドリルパイプが海水と直に接することになり、ドリルパイプには海水の流れに起因する振動（渦励振）の発生に加えて、回転に起因する流体力及び振動特性の変化が生ずる。ドリルパイプに働く流体力の変化や振動は、掘削ビットの働きにも影響を及ぼし、掘削中にドリルパイプが切断される事故も発生している。本論文では、流れ中において回転する円筒構造物に働く流体力、並びに回転が円筒構造物の動揺に及ぼす影響について、実験水槽における模型実験および離散渦法を用いた数値シミュレーション手法により考察を行い、新たな知見を示している。

第1章では、本研究の意義と既存研究のレビュー、及び課題の整理を行った。流れ中において回転する円筒構造物には流れの方向と垂直方向の揚力が発生することは広く知られているが、その大きさは流体運動のポテンシャル理論の値とは一致せず、流れ方向と同じ方向の抗力への影響も明らかになっていない。また、円筒構造物が動揺する場合において、回転が円筒構造物の挙動に及ぼす影響についても不明なところが多いと指摘している。

第2章では、円筒構造物の模型を用いて実験水槽にて実施した、流れ中で回転する固定円筒構造物に働く流体力の計測から、回転が流体力に及ぼす影響についてまとめている。流体運動のポテンシャル理論においては、円筒構造物に働く揚力の平均値は回転比（円筒の周速と流れの流速との比）に比例して増加するが、模型実験から計測された揚力は回転比1付近以上で本格的に増加し、その増加率はポテンシャル理論より小さく、上限値が存在する。抗力は回転比の増加とともに回転比1付近までは減少し、その後増加に転じ、揚力の上限と同程度の値まで増加する。流体力の変動については、回転比の増加とともに弱くなり、流体力が上限値を示す回転比以降再び大きくなる。これらの結果から、本論文では、回転が流体力に及ぼす影響について、回転比をベースに、円筒か

らの渦剥離に起因する流体力が支配する「Initial Area」、回転の影響で渦の発生が抑えられ、揚力と抗力が共に増加する「Increasing Area」、揚力と抗力が同程度の上限值に達し、変動が大きくなる「Equivalent Area」の3つの領域が存在することを示している。また、円筒模型の3次元影響が大きいことを指摘している。

第3章では、離散渦法を用いた流れ中で回転する2次元円柱周りの流動と円柱挙動の数値シミュレーション方法とその結果についてまとめている。回転する2次元固定円柱に働く流体力における回転の影響は、定性的に第2章の模型実験結果と一致する結果を示しているものの、抗力が増加に転じる回転比の値や流体力の上限值において実験結果と異なる値を示している。その原因として円筒模型の3次元影響をあげている。2次元円柱周りの流動に関しては、第2章の「Initial Area」に相当する渦剥離が卓越する領域、渦の発生が弱まる領域、「Increasing Area」に相当する独立した渦がほとんど現れず伴流として流れる領域、「Equivalent Area」に相当する伴流が円柱周りを回転する領域の存在が示され、渦の発生が弱まる領域において「Initial Area」から「Increasing Area」に遷移することが示されている。また、このような流動場の変化は、円柱が動揺する際の付加質量の変化にも現れ、回転比の増加とともに円柱の付加質量が増加することを示している。

第4章では、離散渦法による2次元円柱周りの流動解析と有限要素法による3次元線状構造物の挙動解析法を組み合わせた、流れ中で回転する円筒型線状構造物の準3次元挙動解析方法とその結果についてまとめている。流れ中で回転する円筒型線状構造物は、回転比1程度以下では渦剥離による振動(渦励振: Vortex Induced Vibration)が発生し、回転比が1を超えると渦剥離による振動がなくなり、揚力が支配する円筒の回転方向と反対方向に回転する円筒型線状構造物の1次モードの振動が卓越し、その際の振動周期には第3章で示された付加質量の増加の影響が現れることを示している。

第5章では、本研究の成果と本研究から見えた新たな研究課題をまとめている。回転と円筒構造物周りの流動の変化との関係を実験水槽における模型実験および離散渦法を用いた数値シミュレーション手法から考察し、回転が流れ中の円筒構造物に働に流体力、並びに動揺に及ぼす影響について新たな知見を示している。よって、本研究の目的が達成されたと言える。

なお、本研究は林昌奎との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

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1978字