

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	KAI ZHANG
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博甲第1943号
学位授与年月日	2017年9月15日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	A numerical investigation on the aerodynamic properties of the wavy circular cylinders
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 勝地 弘 横浜国立大学 教授 山田 均 横浜国立大学 教授 早野 公敏 横浜国立大学 准教授 西尾 真由子 横浜国立大学 准教授 Dionysius M. Siringoringo 上海交通大学 教授 Dai Zhou

## 論文及び審査結果の要旨

本論文は、構造物や動物にしばしば見られる空気力や流体力の低減を目的とした波動形状に着目し、数値流体解析によって軸方向に波動形状を有する円柱(wavy cylinder)の静的空気力特性、物体周りの渦構造、流体励起振動を詳細に検討したものである。

第1章は、Introductionとして、wavy cylinderの適用事例の紹介と研究の動機、位置づけを述べるとともに、論文の構成を示した。

第2章は、研究背景と既往研究レビューとして、円柱周りの流れと渦励振の概説、流体振動の制御法の概説とそれらに関連した既往研究のレビューを行った。特に、円柱周りの流れの制御にはいくつかの観点があり、剥離境界層制御による空気力低減、軸方向形状変化による渦構造の制御例などを示し、本研究の位置づけを行った。

第3章は、本研究で用いた数値流体解析手法に関する理論と適用手法の説明を行っている。解析は3次元cylinderを対象にしたLESによる解析であり、本解析に先立ち、解析メッシュの妥当性などの検証を行った。

第4章は、静止した2種類（波長2と6）のwavy cylinderを対象として、流れ直角と流れと傾斜角を有するケースに対して、数値流体解析を行い、wavy cylinder周りの流れ構造の解析、静的空気力係数の算出を行うとともに、渦の空間構造を分析した。また、比較として通常の円柱の解析を行い、wavy cylinderの特異性を明らかとした。その結果、wavy cylinderにおいては、カルマン渦放出が全般に抑制され、特に流れ直角ケースにおいて顕著であった。また、wavy cylinderの抗力係数は、通常円柱よりも大きく低減するものの、波長2の場合には偏角依存性が顕著であることも分かった。これは、波長2の場合には偏角が大きくなるにつれて、カルマン渦の周期性が強くなることが要因と考えられる。

第5章では、バネ支持状態のwavy cylinderを対象として、渦励振応答の解析を行った。その結果、静止状態ではカルマン渦が抑制されていたにも関わらず、バネ支持状態では通常円柱と同様に渦励振が生じることを見出した。振動の発現に伴い揚力の軸方向相関も高くなり、また距離に依存した相関の変動も認められた。ただし、wavy cylinderの渦励振は、通常円柱よりもわずかな質量比の増加で振動が抑制できることが判明した。

以上より、本研究は、wavy cylinderの流れ解析によって、その流体力低減メカニズムと流力振動特性を明らかとすることで、今後の適用にあたっての基礎資料を提供しているものであり、構造物の流力振動の分野に有用な知見を与えるものである。

さらに、提出された論文に対して、iThenticateにより剽窃、盗用の不正行為を確認したが、専門用語や短い一般的な現象の定義表現、短い文献引用箇所を除き、剽窃や盗用に該当するものは無いことを確認した。

除く審査委員が出席のもとに約 1 時間にわたり、Kai Zhang 氏の学位論文の公聴会を開催し、学位論文の内容の発表と質疑応答を行った。その後引き続き午後 2 時より、同室において学位論文の審査を行った西尾准教授においては、8 月 3 日（木）午後 1 時より環境情報 1 号棟 6 階談話室において、約 1 時間にわたって学位論文の審査を行った。その結果、本論文は学位論文に相応しい内容を有しており、質疑にも的確に対応していると判断された。また各審査員により、関連する土木工学の科目について口頭試問を行い、博士（工学）にふさわしい十分な学力を有することを確認した。さらに、修了に必要な単位は取得済である。

外国語については、学位論文が英語で執筆されており、また英語による口頭発表によって、十分な英語力を有していると判定した。

対外発表論文については、以下に示す査読付き論文 2 編と他に 3 編の国際会議での論文発表があり、内規を十分に満たしている。

- 1) Zhang, K. , Katsuchi, H. , Zhou, D. , Yamada, H. & Han, Z., Numerical study on the effect of shape modification to the flow around circular cylinders, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 152(2016), pp. 23-40.
- 2) Zhang, K. , Katsuchi, H. , Zhou, D. , Yamada, H. , Zhang, T. & Han, Z., Numerical simulation of vortex induced vibrations of a flexibly mounted wavy cylinder at subcritical Reynolds number, Ocean Engineering, 133(2017), pp. 170-181.

以上より、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められ、Kai Zhang 氏は土木工学の分野において博士の学位を得るにふさわしい学識を有するものと認められるよって審査委員会として最終試験に合格であると判定した。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。