



Title	Numerical Analysis on the Dynamic Performance of the Rotating Drill Pipe Model in Uniform Flow due to the Magnus Effect
Author(s)	Hanny, Tun
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/98793
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (HANNY TUN)	
Title	Numerical Analysis on the Dynamic Performance of the Rotating Drill Pipe Model in Uniform Flow due to the Magnus Effect (マグナス効果による回転ドリルパイプモデルの一様流中の非線形動的挙動に関する数値解析的研究)
Abstract of Thesis	
<p>In recent years, drilling operations have been carried out mainly for oil and gas explorations and evaluating scientific research, like extracting the core sample from the deep ocean regions and performing environmental studies including the finding of earthquake occurrence sources. During these operations, many drill pipe failures have been encountered due to the complex drill pipe dynamics during the riserless drilling. If the drill pipes approach the deep-water regions, the more complex dynamics behaviors come out, but the visibility of the pipe behaviors is limited, and it is still difficult to adequately maintain WOB and the rotation of the drill bit.</p> <p>During riser-less drilling operations in oil and gas explorations, the rotation of the drill pipe generates lift forces when operating under ocean currents, which is called the Magnus effect. The Magnus effect, which mainly depends on the pipe rotation and the ocean current velocity, can also lead the pipe structural failures by excessive bending stresses and fatigue.</p> <p>This study investigates the nonlinear dynamic motions of the rotating drill pipe due to the Magnus effect based on numerical simulation. A three-dimensional fully parameterized ANCF beam element is used to account for the rotary inertia of the rotating pipe model. The rotation of the pipe is imposed through a rotation matrix at the top node and transmitted through the twist of the pipe along its length, therefore accounting for the nonlinear coupling of bending and torsional deformations. The three-dimensional hydrodynamics forces in relation to the inflow velocity of water, rotational velocity, and orientation of the pipe were computed using ANSYS Fluent. The obtained forces are applied as an external force vector on the pipe model. The effect of internal viscous damping through the comparative studies of the different material models, on the behavior of the rotating drill pipe model is also investigated. Description of the pipe deformation, including the status of weight on bit (WOB) applied at the pipe bottom position is analyzed and discussed for each condition. Through a comparison of simulation results and experimental results, the applicability of the presented model drill pipe is confirmed. Finally, the present numerical model was applied to analyze the underwater behavior of the actual scale drill pipe, and the dynamic motions of the actual scale drill pipe were proposed as a reference for future drill pipe research.</p> <p>This dissertation has been structured as the following chapter sections.</p> <p>Chapter 1 represents the Introduction of this dissertation including the literature review, objectives, and contributions on the dynamics of the drill pipe in the drilling operations,</p> <p>Chapter 2 presents the Kinematic description of the fully parameterized ANCF beam element for the rotating drill pipe model and the theoretical approach of considering the rotary inertia of the pipe model incorporating the Magnus Effect,</p> <p>Chapter 3 shows the Experimental study of the drill pipe model due to the Magnus effect by considering the hydrodynamic forces and the deformation of the pipe model,</p> <p>Chapter 4 expresses the three-dimensional hydrodynamic force estimation of the drill pipe model by ANSYS Fluent 2020 R2 compared to the previous and present studies,</p> <p>Chapter 5 describes the Computational Set up and constraints for ANCF Simulation and the computational results for the underwater behavior of the rotating drill pipe model under WOB fluctuation,</p> <p>Chapter 6 demonstrates the underwater performance of the actual scale drill pipe due to the Magnus effect by applying the present analytical drill pipe model,</p> <p>Chapter 7 will be the conclusion and future works.</p> <p>Finally, it was mentioned in all the references for this dissertation.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (HANNY TUN)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	鈴木 博善
	副査 教授	箕浦 宗彦
	副査 准教授	千賀 英敬

論文審査の結果の要旨

近年、石油・天然ガス資源の探査の他に、深海からのコアサンプルの採取、地震発生源の調査を含む環境調査など、科学的研究を主な目的として海洋掘削が行われている。このような掘削にはライザーレス掘削が用いられることが多いが、その掘削作業中、ドリルパイプの複雑な力学に起因する多くの事故や故障が発生してきた。深海域でドリルパイプが作動すると、その長さや潮流の影響によりドリルパイプに複雑な力学挙動が現れるが、ドリルパイプの挙動は、上部10m程度しか観察できないため、Weight on Bit (WOB) とドリルビットの回転を適切に維持することが困難であるからである。事故や故障のみならず、WOBの適切な印加は、コアサンプルの正常な取得のための重要な要素である。

ライザーレス掘削作業では、潮流下での作業時にドリルパイプの回転により揚力が発生する。この揚力はマグナス効果と呼ばれる。マグナス効果は主にドリルパイプの回転速度と潮流速度に依存し、過大な曲げ応力や疲労によってドリルパイプの破壊を引き起こす可能性もある。

本研究では、模型スケールのドリルパイプの数値シミュレーションに基づき、回転するドリルパイプのマグナス効果による非線形運動について検討している。回転するドリルパイプの回転慣性を考慮するために、ドリルパイプを3次元完全パラメータ化梁要素で表現し、Absolute Nodal Coordinate Formulation(ANCF)を適用した運動方程式を構築し、ドリルパイプの水中挙動数値モデルを得ている。この数値モデルでは、ドリルパイプの回転は、上部ノードの回転マトリックスを通して課され、ドリルパイプの長さ方向にドリルパイプ自身のねじれを通して伝達されることにより、曲げ変形とねじり変形の非線形結合が考慮されている。ドリルパイプに作用する流体力は、ANSYS Fluent を使用して、水の流入速度、ドリルパイプの回転角速度、ドリルパイプの一様流に対する斜航角、傾斜角に対する3次元成分の計算を行い算出し、得られた流体力を外力ベクトルとして数値モデルに適用している。ドリルパイプの水中挙動に及ぼす内部粘性減衰の影響についても、異なる材料モデルの適用結果による比較検討を通じて調査している。ドリルパイプの変形については、パイプの下端部で加えられるWOBの状態を含めて、それぞれの条件について解析し、それらの結果を検討および考察をしている。さらに、模型スケールでのシミュレーション結果と模型実験結果の比較を通じて、提案したドリルパイプの水中挙動数値モデルの適用性を確認している。最後に、この数値モデルを基礎とした実機ドリルパイプの動的挙動推定手法を提案し、実機ドリルパイプの水中挙動の解析に適用しており、今後のドリルパイプの水中挙動研究の参考としている。

本論文は以下の章立てで構成されている。

第1章は、本論文の序論であり、文献のレビュー、本研究の目的、掘削作業におけるドリルパイプの力学に関する本研究の予想される貢献について述べている。

第2章では、回転するドリルパイプのための3次元完全パラメータ化梁要素を用いたANCFによる運動方程式を導出し、マグナス効果を組み込んだドリルパイプの回転慣性に関する理論的アプローチを示している。これらに基づき、ド

リルパイプの水中挙動数値モデルを得ている。

第3章では、模型スケールにおけるマグナス効果を含む流体力およびドリルパイプの変形量の計測に関する実験的研究の結果を示している。

第4章では、模型スケールでのANSYS Fluent によるドリルパイプに作用する3次元流体力推定について、本研究で計算した結果を示し、先行研究との比較を示している。

第5章では、模型スケールでのANCF によるシミュレーションの計算セットアップと制約条件、および WOB 変動下における回転するドリルパイプの水中挙動の計算結果を示し、前述の計測結果との比較において、ドリルパイプの水中挙動数値モデルが正しいことを確認している。

第6章では、実スケールのドリルパイプの水中変形挙動に対し、ドリルパイプ水中挙動数値モデルを適用した例を示している。

第7章では、結論と今後の課題について述べている。

以上のように、本論文は、ドリルパイプの水中挙動推定のための計算手法を提案しており、模型スケールでの計算および実験との比較を実施し、実験結果を説明できる結果を得ている。さらに、開発した手法を実機ドリルパイプ水中挙動への適用も試みている。以上より、本研究は、ドリルパイプの水中挙動推定精度の向上による WOB の推定精度向上、すなわち、ドリルパイプの折損などの事故確率の低減、コアサンプル取得確率の向上など、今後の大水深海底の掘削技術の高度化に大きく貢献することが期待できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。