



Title	Numerical Computation and Analysis for Hydroelasticity of Ship with Forward Speed by Using Orthogonal Polynomials and Cubic B-spline Functions
Author(s)	Hong, Yang
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89635
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 (HONG YANG)	
Title	Numerical Computation and Analysis for Hydroelasticity of Ship with Forward Speed by Using Orthogonal Polynomials and Cubic B-spline Functions (直交多項式と3次Bスプライン関数を用いた前進する船の流力弾性に関する数値計算と解析)
Abstract of Thesis : In the past decade, larger ships have been built with increasing commercial needs of ocean transport and keep relatively high sail speed balanced between economic effectiveness and environmental protection so that ships become more flexible and associated accidents are prone to occur because higher encounter wave frequency approaches the natural frequency of elastic ship motions. Therefore, to compute wave-induced hydroelastic responses with sufficient accuracy gradually becomes of practical importance in naval engineering. This thesis aims to adopt orthogonal polynomials as simpler mode functions to replace the dry eigen-modes of the Timoshenko beam, which includes the effects of shear deformation and rotary inertia and its complex dry modes are non-orthogonal, when the ships are not slender enough. Cubic B-spline functions method is also applied for providing another idea to express ship deformation. Consequently, this thesis consists of the following 6 chapters. Chapter 1 reviews the history of hydroelasticity and recent research and existing issues in the hydroelastic problem. This chapter also contains a brief outline of all chapters. Chapter 2 elaborates the three-dimensional seakeeping performance theory to predict the ship motions with high accuracy using Rankine panel method when considering the mutual interference between constant flow and forward speed effect. Both of pressure distribution and boundary conditions were analyzed, which were separated into time-dependent and -independent parts. The radiation and diffraction problems were introduced. Chapter 3 elucidates the deduction of natural modes of Timoshenko beam and introduction of several numerical orthogonal polynomials to replace natural modes reasonably. Legendre polynomials, two kinds Chebyshev polynomials and natural modes of Timoshenko beam with its orthogonality characteristic were presented. Cubic B-spline methods including modal analysis method and direct method were also adopted. Chapter 4 presents conventional motion equation including rigid and elastic modes using the mode expansion method by integration over ship hull with weights into matrix form. The procedure of a conventional set of motion equation was derived and appropriate boundary conditions were introduced and applied into the stiffness matrix during the procedure. Chapter 5 describes the convergence study at forward speed for a total displacement of ship by a superposition of all modes of motion. The amplitudes of non-dimensional added mass, damping coefficient, exciting force using different mode functions were positive related to its magnitudes. However, the total deflection was demonstrated as same results for each mode function as long as five bending modes are added. The boundary conditions were analyzed in the case of using Legendre polynomials and showed five bending modes are fair enough to satisfy the boundary conditions. The effect of shearing force in Timoshenko beam was studied its resonance amplitude by changing the shear rigidity artificially applying Legendre polynomials for avoiding to solve eigenvalue problems. With shearing force working gradually, the first resonant pick decreases the second increases. The merit and demerit of each mode function and Cubic B-spline function were also pointed out and with comprehensive consideration among them, Legendre polynomials are most suitable and highly recommended. Chapter 6 summarizes the thesis and identifies the major contributions of present research about the hydroelastic forces on a ship with specified bending mode shapes in waves by using Rankine panel method. Possibility for wider ranges of the application using orthogonal polynomials is provided in the future.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (HONG YANG)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主 査	准教授 箕浦 宗彦
	副 査	教授 飯島 一博
	副 査	教授 鈴木 博善

論文審査の結果の要旨

国際的な船舶による海上輸送の経済性向上と環境負荷低減の要求により、輸送効率の高い長大な大型船の建造が促進されるようになってきた。このような船舶は、従来の船に比べて弾性的であり遭遇する波によっては、従来の剛体モデルによる波浪中の運動解析や波浪中の抵抗増加解析では不十分である。このことを論じるために弾性梁で船体を表し、いわゆる流力弾性問題として波浪中の船体挙動を求める手法は従来から提案されてきた。しかし、そのほとんどは曲げ変形の弾性応答解析であるため精度としては十分ではない。そこで、本論では、せん断変形と回転慣性の影響を考慮できるティモシェンコ梁を用いて、その弾性変形を直交多項式による単純なモード関数で表す手法について検討している。さらに、船が十分に細くない場合にはモード関数での表現は難しくなるため、三次 B スプライン関数法による解析手法も検討している。本研究の成果は以下の通りである。

1. 船体の流力弾性問題に関する研究の歴史と最新の研究成果を整理し、これまでの研究の到達点と取り組むべき課題についてまとめている。その中で、せん断変形と回転慣性の影響を考慮することの重要性を述べている。
2. 定常流れと非定常流れの速度ポテンシャルを定義し、前進速度による相互干渉影響を考慮して、ランキンパネル法を使用して船体運動を高精度で予測するための三次元耐航性能理論を示している。ラディエーション問題とディフラクション問題を適用して速度ポテンシャルを決定する基本的な手法を示している。
3. せん断影響を考慮した均一なティモシェンコ梁の弾性運動の運動方程式とその解析解を示している。ティモシェンコ梁の固有モードの推定と、固有モードを合理的に置き換えるためのいくつかの直交多項式としてルジャンドル多項式と二種類のチェビシェフ多項式を採用し、せん断影響のないオイラー梁との比較により、その特性を整理している。直接法である三次 B スプライン法は総変形量を直接に求められることを示している。
4. 弾性変形を含む波浪中を前進する船体の運動方程式を船体全長にわたる重み付き積分によるモード展開法を用いて構築している。
5. 数値解析の結果、それぞれの関数系で五次までのモードを用いれば、関数系によらず同じ結果となることが総変位量の比較で実証されている。また、ティモシェンコ梁のせん断力は共振ピークを減少させることを、ルジャンドル多項式による解析により示している。三次 B スプライン関数での直接解析も含めて評価したところ、総合的に考慮すると、ルジャンドル多項式を適用するのが最適であることを示している。

以上のように、本論文では、せん断変形と回転慣性の影響を考慮できるティモシェンコ梁を用いて、その弾性変形を直交多項式による単純なモード関数で表す手法について示し、ランキンパネル法を用いて、モード形状が指定された船体に作用する流体力の推定を具体的に行ったという点、およびルジャンドル多項式の優位性を客観的に見出したという点で、学術的な新規性がある。ルジャンドル多項式は一般性があるため、波浪中を前進する大型船舶の流力弾性を考慮した耐航性能の評価だけでなく、直交多項式を用いたことにより広い範囲の応用が可能であり有用性も高い。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。