

Title	船の粘性抵抗に対する形状影響の基礎的研究
Author(s)	田中, 一郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28625
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 3 】

氏名・(本籍)	田 中 一 朗 た なか いち ろう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 457 号
学位授与の日付	昭 和 38 年 11 月 28 日
学位授与の要件	工学研究科 造船学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	船の粘性抵抗に対する形状影響の基礎的研究 (主 査) (副 査)
論文審査委員	教授 笹島 秀雄 教授 千田 香苗 教授 原田 秀雄 教授 寺沢 一雄 教授 大谷 碧

論 文 内 容 の 要 旨

船舶流体力学において船の抵抗を求める問題は最も基礎的な、又最も重要な問題であるが、抵抗理論の精密化が進むとともに、船の粘性抵抗と平板摩擦抵抗との差、いわゆる形状影響が大きな問題となって来た。模型試験から実船の抵抗を推定する場合に、この形状影響は決定的な役割を持ち、従来のフルードの方法ではこれを考えないために試運転成績と模型試験からの推定値とは一致せず、形状影響の考え方を導入して始めて合理的な説明がつくようである。しかしこの重要な形状影響の内容と特性はまだほとんど明らかにされていない。本論文はこれを解明することを目的として境界層理論の立場から論じたもので、船の形状要素を二分し、一つは進行方向に直角な面内の横曲率、他の一つは進行方向の縦曲率とし、おのおのが粘性抵抗に及ぼす影響を検討した。この場合粘性抵抗の内容を摩擦抵抗と圧力抵抗とに分け、前者には横及び縦曲率が、又後者には縦曲率が影響を持つと考えて論じた。全文は次の四章からなる。

- (1) 横曲率が摩擦抵抗に及ぼす影響
- (2) 縦曲率が摩擦抵抗に及ぼす影響
- (3) 縦曲率に伴う圧力抵抗
- (4) 縦曲率が全粘性抵抗に及ぼす影響

結論は大体次の通りである。

(1) 横曲率が摩擦抵抗に及ぼす影響を調べるために、軸方向に一樣な速さで進む円柱の外側表面の摩擦抵抗について論じた。計算は運動量輸送理論に従うもので、曲率半径の影響を運動量方程式、速度分布の両方に考慮した。従来は前者にのみ考慮した方法しかなく、その計算値は実験値よりかなり小さいが、本論文の方法に従えば実験とよく一致する。又船程度の細長比の物体に対しては横曲率の影響は線型近似の取扱いで十分で、形状影響係数は平板の摩擦抵抗係数と物体の細長比の積に比例する。この性質は三次元物体の横曲率に特有のものであると思われる。

(2) 縦曲率が摩擦抵抗に与える形状影響は表面摩擦力が相等平板の値より大きい事によるものであって、圧力勾(こう)配のある境界層を解析した結果、局所摩擦抵抗係数は平板の場合とほぼ等しいと考えてよい事が知れたので、これを用いて形状影響を求めた。その結果縦曲率による形状影響係数はレイノルズ数に無関係に船型のみ関数として表わされ、この関数を具体的に長さ巾比、肥瘠(せき)度によって表現した。

(3) 圧力抵抗は物体表面の圧力分布が、粘性流の場合とポテンシャル流の場合とで異なる事により生ずるもので、流線型の実用物体においては圧力分布差は剥離(はくり)によるものではなく、厚い境界層の生成による流れの変化に起因するものである事を実験で確めた。これを根拠に境界層の圧力分布に及ぼす影響を論じ、後端付近では粘性流体としての表面圧力は境界層外端でのポテンシャル圧力に近似的に等しい事、又その他の領域では排除厚さ影響と圧力厚さ影響とによって粘性影響が説明出来る事を示した。更に圧力抵抗が主として後端付近の圧力分布より決まる事を考慮して、その実用計算法を示した。

(4) (2)章及び(3)章の和として与えられる全粘性抵抗に対する形状影響が、実験値とよく一致する事を示した。

論文の審査結果の要旨

本論文は、船舶のうける水抵抗のうち造波抵抗をのぞいた成分、すなわち粘性抵抗に関し、その船体形状による変化、いわゆる形状影響について、主として理論的立場から行なった研究を論述したものであって、緒論、本論、結論より成っている。

緒論では、船の粘性抵抗を推定する場合の問題点が結局形状影響の推定法の正否に集約されることを述べ、現在の方法の不備の原因が主に形状影響に対する基礎知識の欠如にあることを指摘して、本論文の目的が、この基礎的特性の解明にあると説いている。実際の取扱いにあたっては三次元船体に対して厳密に論ずることは不可能であるため、船体形状の流体力学的特徴を、船の長さ方向に直角な面内の表面曲率、すなわち横曲率と、長さ方向のもの、すなわち縦曲率とに分け、おのおのが独立に抵抗に及ぼす影響を別個に考察することによって、理論的取扱いを可能にしている。

本論第1章は「横曲率が摩擦抵抗に及ぼす影響」と題して、横曲率が粘性抵抗のうちで摩擦抵抗に対してのみ影響するものと考えてその影響を調べたものである。計算モデルとして細長い円柱が軸方向に一律な速度で進む場合をとり、その外側表面の乱流摩擦抵抗を計算している。従来この種の問題を扱った研究は、一、二を数えるのみで、その計算方法は横曲率を代表する円柱半径の影響を運動量関係式に対してのみ考慮したものにすぎず、同じ程度の重要性を持つ速度分布に対する影響は無視しているため、計算結果は実験に比較してかなりの差異があった。著者は横曲率の影響を、運動量関係式の外に速度分布、従って又局部摩擦抵抗係数に対しても考慮し、計算結果と実験値との良好な一致を得て、その妥当性を立証している。又実用船程度の細長比の場合、形状影響係数は定性的には平板の摩擦抵抗係数と細長比との積に比例するが、定量的にはほとんど無視しうるものであることを明らかにしている。

第2章は「縦曲率が摩擦抵抗に及ぼす影響」と題して、二次元物体の縦曲率が摩擦抵抗に与える影響について論じたものである。この問題に対してはすでにかかなりの数の研究があるが、これらはすべて特定の形状を取扱ったものか、あるいは複雑な計算を必要とするもので、船体形状の変化に應ずる抵抗変化を

系統的に、簡明に把握するには不適當である。著者は圧力勾配のある乱流境界層の解析から、物体表面上の局部摩擦抵抗係数は平板上の対応点における値にほぼ等しいことを導き、この近似の下に表面摩擦力を積分している。その結果、縦曲率の影響が、船体表面上の速度増加に比例する船体形状のみの関数と、平板摩擦抵抗係数との積で表わされることを見出し、実用上有益な計算式を提出している。

第3章は本論文中最も主要な部分をしめるもので、「縦曲率に伴う圧力抵抗」と題し、縦曲率のある二次元物体に必然的に附随する圧力抵抗の性質と、その計算方法について論述したものである。圧力抵抗は、物体後端付近で表面圧力分布が実際の粘性流体中の場合と完全流体中の場合とで異なることに起因するものであるが、その原因についての合理的な説明は今日まで与えられておらず、ただ観念的に境界層の剝離によって生ずるものとされているようである。本章において著者は、まず実用物体における圧力差は必ずしも流れの剝離に基づくものではなく、船型の場合、厚い境界層の生成によるものであることを実験的に確認した後、境界層の存在による圧力分布の変化、およびそれによる圧力抵抗について論じている。すなわち、表面圧力に対する境界層の影響を、境界層全体がその外部領域に与える影響と、境界層内部での影響とに分けて考え、壁に直角方向の境界層方程式を基礎に、特にその粘性項に注目しつつ、従来不明であった粘性影響について力学的に論じている。その結果、物体後端付近では境界層内部の粘性影響が顕著であり、粘性流体中の表面圧力は、近似的には境界層外端の位置における完全流体中の圧力に等しいこと、又後端を除く領域では、排除厚さ影響と、新しく定義された圧力厚さ影響とによって粘性影響が説明できること、などの重要な結論を得ている。さらに実用船型の場合には主として後端付近の圧力抵抗のみを考慮すれば十分であることを根拠にして、圧力抵抗の実用計算式を導いている。

第4章は「縦曲率が全粘性抵抗に及ぼす影響」と題して、第2、第3両章に得た結果からただちに帰結される全粘性抵抗に対する縦曲率の影響について論述したものである。ここでは著者の公式による計算値が実験値とよく一致することを述べ、その方法の妥当性を裏付けている。

結論では、本論で得た研究結果の重要なものを要約している。

以上述べたように、著者の論文は、現下船舶流体力学において最も重要でありながら、未解決な問題の一つである粘性抵抗に対する形状影響に関し、主としてその理論的基礎を研究したものであり、得られた結果は、今日なお造船界で懸案となっている形状影響の相似則の解明に重要な指針を与え、さらに試験水槽で慣用されている低速域実験による形状影響の導出に対して、合理的な解析方針を提供するものであって、造船学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。