

# 추진 효율이 높은 선미형상 도출을 위한 기초연구

김효철<서울대학교 교수>

이승희<인하대학교 교수>

이창섭<충남대학교 교수>

선박의 추진효율은 선형에 의하여 결정되는 선체효율, 추진기 단독상태에서의 효율, 추진기가 선박 뒷쪽에 놓여짐으로 인하여 일어나는 효율의 변화 정도를 나타내는 프로펠러의 상대회전효율 등의 곱으로 나타내어지며 이를 준추진효율이라고 부르고 있다. 이들중에서 추진기의 단독효율은 선미 유동장의 특성에 적응할 수 있어야만 바르게 결정할 수 있으며 선체효율과 프로펠러의 상대회전효율은 선체와 프로펠러의 상호작용으로 인한 영향을 포함하여 결정할 수 있는 값이다.

그러므로 선박의 추진효율을 개선하기 위하여서 일차적으로는 추진요소들을 실험적으로 확인할 수 있어야하며 개선의 방향을 모색하는데 있어서는 이론적인 뒷받침이 바람직하게 된다. 실험적인 방법에서 얻어진 결과로 부터는 통계해석으로 포괄적 성향을 확인할 수 있으며 이론적 방법으로 부터는 선형요소들과 추진요소의 관련성을 정성적으로 파악할 수 있게될 것이다. 또한 추진기 자체의 설계법을 개선하여 선체와의 상호작용을 규명하고 선미 유동장속에서 적응하도록 하는 것이 필요하다.

추진효율과 밀접한 관련성을 가지는 추진요소들을 실험적으로 확인하고 통계적으로 해석하는 일을 제1 세부과제에서 시행하였으며, 이론적인 방법으로 선미유동장을 수치해석하여 추진요소의 추정과 프로펠러 설계의 기본적 자료를 확보하는

것을 제2 세부과제에서 시행하였다. 그리고 선체와 프로펠러의 유체역학적인 상호 작용에 의하여 형성되는 유효반류, 추력감소계수, 상대회전효율등을 이론적으로 추정하고 이들에 적용할 수 있는 프로펠러의 설계법을 제3 세부과제에서 구하고자 하였다.

이와같이 실험 또는 이론적인 방법에 의하여 추진요소를 추정하고 추진요소에 영향을 주는 선형요소들을 파악하고 그 관계를 이용하여 보다 나은 성능을 가지는 선미형상을 도출하는 방향을 모색하는 것에 연구의 목적을 두었다.

## 실험적 방법에 의한 선형개량 (제1 세부과제)

저속비대선을 대상선형으로 하기 위하여 계열 60, 방형계수 0.8인 선형을 기준선형으로하여 새로운 계열선형군을 형성하였다. 이들 선형들에 대하여 수조시험을 실시하고 ITTC 방법으로 해석하여 계열시험 자료를 확보하였다. 이 자료와 기존의 계열 60 자료 그리고 미국해사청의 MARAD 자료를 함께 사용하여 통계해석을 실시하였다. 저속 비대선의 형상계수와 조파저항을 통계해석함으로써 회귀 방정식을 도출하였다. 그리고 이들 결과를 사용하고 Hughes의 가설에 따라서 선박의 전저항을 추정할 수 있는 근사식을 구하였다.

선체주위의 유동현상을 조사하여 프로펠러면에 이르는 유동과 반류분포와의 관련성을 조사하였다. 조사결과를 활용하여 프로펠러면에서의 유효 반류를 추정할 수 있는 회귀식을 도출하였으며 반류 영역을 상반부와 하반부로 나누고 이들 각각을 통계해석하여 회귀 방정식으로 추정할 수 있게 하였다. 얻어진 회귀식들로부터는 저항을 최대화하는 선미형상을 구할 수 있는 선형변수들을 구하였으며 반류 이득을 최대로 하며 프로펠러면에서의 유속분포를 평준화시킬 수 있는 조건을 구하고자 하였다. 그리고 추진기의 설계와 반류분포의 이론적인 해석법 개발을 지원하는 정보를 확보하도록 노력하였다.

통계해석법등으로 얻어지는 결과로부터 개량된 선미 형상을 구하였으며 이들로부터 추진성능의 개선이 이루어질 수 있게 되어 실험적인 방법에 의한 확인을 계획하게 되었다.

## 선미유동장의 점성유동해석 (제2 세부과제)

선박의 프로펠러가 놓여지는 선미부에서의 유동은 유체의 점성을 고려한 상태에서 선수로부터 해석하여야만 이론적으로 구할 수 있게 된다. 첫째에는 선체주위의 삼차원적인 난류 경계층 문제의 해석법을 조사 분석하고 유한차분법을 이용하여 수치해석하고자 하였다. 선체주위에 대하여 비직교 좌표계를 구성하는 문제와 Navier-Stokes 의 방정식의 해석법에 대한 기초를 구축하였다. 두번째 해에는 이를 토대로하여 타원형 편미분 방정식을 이용 선체고정 비직교 좌표계를 구성하였으며 유한차분법을 이용한 Reynolds 방정식의 수치계산조직을 완성하였다. 이들 수치계산조직을 이용하여 Wigley선형과 Series 60,  $C_b=0.8$ 인 선형에 대하여 선체주위의 점성유동을 이론계산하고 그 결과를 실험자료와 비교 검토하였다. 마지막 연도에는 개발된 계산조직을 실험계측 자료들과 비교검토하여 보다 높은 정도를 가지도록 개량하는데 노력을 집중하였다.

선박의 선미유동장을 점성을 고려하여 해석하는

계산조직은 선수 및 선미부에서 형상표현등에 개선의 여지를 남겨놓고 있으나 제1세부과제에서 계측된 실험결과와 비교검토하면 선미부의 형상변화의 영향을 민감하게 반영하고 있음이 확인되었다. 또 추진기의 설계에 이용할 수 있는 반류분포에 관한 정보를 제시할 수 있음이 확인되었다.

## 선미유동장과 추진기의 상호작용해석 (제3 세부과제)

선미유동장의 특성을 보오텍스의 분포형식으로 나타내고 프로펠러와의 상호작용을 이론적으로 설명하였다. 불균일한 선미 유동장을 적분방정식의 형태로 나타내고 이를 수치해석하여 선미유동장을 이론 모형화하였으며 이를 실험계측 결과와 비교검토하여 유용성을 입증하였다. 이와같이 유효속도장을 추정함으로써 프로펠러의 설계와 성능 추정에 직접 활용될 수 있는 유동정보를 얻게 되었다. 프로펠러에 유입되는 유동을 실제와 거리가 있는 균일 유동으로 생각하는 현행의 방법을 개선하는 매우 중요한 결과로 판단된다.

쌍곡면 요소에 의한 패널법을 도입함으로써 프로펠러 주위의 유동현상을 보다 정확하게 추정할 수 있게 되어 정상 또는 비정상 상태에서 작동하는 프로펠러에 대한 성능 해석이 보다 엄밀하게 이루어지게 되었다. 즉 지금까지 양력면 이론으로는 올바른 성능 추정이 어렵다고 생각되어 오던 스큐우가 큰 프로펠러의 추진성능의 해석이 가능하게 되었다. 불균일한 유동장에서의 엄밀한 비정상 성능을 추정하는 이론적기법이 확보되어 추진기에 의하여 유기되는 기진력의 규명이나 상대회전효율의 추정이 가능하게 되었다.

쌍곡면 판요소를 사용하는 경계치문제의 해법을 전산화하여 Series 60,  $C_b=0.8$  선형에 적용하여 추력감소 계수를 이론적으로 추정할 수 있으리라는 것을 보였다. 또한 기존의 패널법을 확장하여 압력분포에 적합되는 형상을 찾아내는 방법을 개발함으로써 기존의 유선 추적법에 대치될 수 있는 새로운 기법을 창안하였다.