

Transactions of the Society of  
Naval Architecture of Korea  
Vol. 32, No. 2, May, 1995  
大韓造船學會論文集  
第 32 卷 第 2 號 1995 年 5 月

## 데이터뱅크를 이용한 선박 저항추진성능 추정 기법 연구

김은찬\* , 강국진\*

### Study on the Prediction Method of Ship's Powering Performance Using the Data Bank

Eun-Chan Kim\* and Kuk-Jin Kang\*

#### 요 약

선박의 초기설계 단계에서 저항 추진 성능을 손쉽게도 정확히 추정하기 위해 통계해석 기법을 유용하게 사용하고 있다. 본 연구에서는 저항추진 성능 추정 프로그램에 필요한 기능들과 데이터 뱅크의 구조를 제안하였다. 개발된 프로그램에는 저항 추진 계수를 추정하기 위한 여러 가지 도표와 회귀식이 포함되어 있으며, 데이터 뱅크를 이용한 일관회귀분석도 포함되어 있다. 또한 프로펠러 주요치수와 단독효율을 추정하기 위한 프로펠러의 간략한 설계 과정도 포함되어 있다. 프로그램의 기능과 데이터 뱅크의 정도를 검증하기 위해 임의의 선형 14 척에 대한 추정을 수행하였으며, 5 % 이내의 좋은 추정 정도를 보여주고 있음을 확인하였다.

#### Abstract

The statistical analysis system is necessary to predict the resistance and powering performance quickly and precisely at the initial design stage. The authors propose the several functions of the performance prediction program and the structures of data bank. The program includes several series charts, regression coefficients and adapted regression analysis method based on the data bank to predict the resistance and propulsive coefficients. The calculation procedure to find out the principal dimensions and open-water efficiency of the optimum propeller is also included. The evaluation for the program and data bank is conducted by the arbitrarily selected 14 ship models. The results show good agreement with experiments within 5 % mean prediction error.

---

발 표 : 1993년도 대한조선학회 추계연구발표회('93. 11. 12.)

접수일자 : 1994년 1월 19일, 재접수일자 : 1995년 4월 7일

\* 정회원, 한국기계연구원 선박·해양공학연구센터

**기 호**

B	Breadth of Ship
BP	Taylor's Propeller Coefficient
CB	Block Coefficient
CR	Residual Resistance Coefficient
Dia	Diameter of a Propeller
Fn	Froude Number
LCB	Center of Buoyancy from Midship Positive for Forward
LPP	Length between Perpendiculars
PD	Delivered Power
P/D	Propeller Pitch Ratio
TA	Draft at A.P.
Tmean	Mean Draft
t	Thrust Deduction Fraction
w	Wake Fraction
$\delta$	Taylor's Advance Coefficient
$\eta_0$	Propeller Open-Water Efficiency
$\eta_R$	Relative Rotative Efficiency

**1. 서 언**

배를 만들기 전에 그 배에 필요한 엔진 동력과 회전수를 미리 예측하는 것은 필수 과정 중의 하나이다. 이를 위해서 모형시험, 이론계산, 통계해석 기법 등이 적절히 활용된다.

저항추진성능의 통계해석에는 조직적인 모형선 계열 자료의 도표를 이용하는 방법과, 이러한 계열자료 도표를 전산화하여 구하는 방법 및 여러가지 선형에 대한 모형시험 결과를 회귀분석하여 구하는 방법 등이 있다. 통계해석에 의한 방법은 손쉬우면서도 논리적으로 성능을 추정할 수 있으며, 나아가 선형개량을 위한 자료 도출도 꾀할 수 있다는 장점이 있으므로 많이 활용하게 된다.

통계해석을 선형 계획 단계에서 이용할 때는 개략적인 저항추진성능의 추정만을 수행하지만, 실제 단계에서는 상세 제원에 따른 정밀한 추정과 선형 최적화 자료를 도출하기도 하며, 모형시험 단계에서는 장비 선정을 위한 계측치 추정에도 쓰이며, 확정된 선형의 저항추진성능을 기존 선형들의 수준과 비교하는 데에도 유용하게 활용하게 된다. 따라서 통계해석 프로그램은 추정 정도의 수준에 따라 다양한 추정법을 가져야 활용성이 커지는 것이다. 또한 최

적 프로펠러 선정기능이 있어야하고, 회귀분석에 이용되는 데이터뱅크의 보완이 손쉬워야 하며, 새로운 추정법의 추가가 가능해야 한다.

본 논문에서는 실선의 저항추진성능을 통계해석으로 추정하는 종합 프로그램에 대해 기술하였다. 통계 추정 프로그램이 가져야할 기능들과 데이터뱅크의 구조를 제안하고, 그에 따라 만들어진 프로그램을 소개하였다.

이 프로그램에는 일관회귀분석에 의해 저항추진계수를 추정하는 방법을 포함시켰는데, 일관회귀분석 기법은 미리 광범위한 회귀식을 만들어 활용하는 것이 아니고, 추정하고자하는 설계선형이 결정되면 이와 유사한 표본자료를 데이터뱅크로부터 적절히 채택하고 회귀분석하여 저항추진계수를 추정하는 방법이다. 아울러 최적 프로펠러의 주요제원과 단독효율을 계산하는 과정도 포함시켰다.

통계해석에 관한 검증에는 두 가지 있다. 그 하나는 통계해석에 의한 추정 결과가 실선의 값과 얼마나 잘 일치하느냐 하는 점이고, 두 번째는 통계해석 프로그램의 구조가 얼마나 논리적이며 활용성이 좋은가 하는 점이다. 추정 결과의 일치성은 표본자료가 얼마나 우수한가 하는 것과 추정하려는 선형이 표본자료와 얼마나 유사한가 하는 것에 좌우된다.

본 논문의 경우는 두 번째 관점인 프로그램의 구조를 다룬 것으로서 어떻게 하면 데이터뱅크를 손쉽게 이용하고, 회귀분석 프로그램과 통합시키며, 실선 추진성능을 계산해 내는가 하는데 초점을 맞추어 연구하였다.

**2. 회귀분석 기법**

1958년 영국 NPL의 D.J.Doust[1]는 트로울선에 대해 최초로 컴퓨터로 저항추진 성능을 회귀분석하여 발표하였다. 1962년 그는 이어서 통계적 방법으로 트로울선의 선형을 최적화 하는 방안을 발표하였고, 1963년에는 고속 화물선에 대해 적용하여 발표한 바 있다. 곧이어 국제연합 식량농업기구(F.A.O.)는 세계 각국으로부터 300 여척의 어선의 저항시험 자료를 모아 회귀분석을 함으로서 저항성능을 쉽게 추정하고, 우수한 어선의 설계를 지원할 수 있도록 하였다. 일본 수산청의 T.Tsuchiya 등도 1964년부터 1980년도에 이르기까지 많은 연구 결과를 발표하였다.

1971년 B.D.W.Wright는 BSRA 도표에 대한 회귀분석 결과를 발표하였으며, A.S.Sabit도 기존의 계

열도표인 BSRA Series, Series 60, SSPA 화물선 Series를 회귀분석하여 잇달아 발표하였다. MARIN의 J.Holtrop은 1974년부터 그곳에서 수행된 모형시험 자료를 모아 회귀분석하여 발표하였다.

1975년 H.Tagano[2]는 조파저항 이론을 통계해석에 적용하였는데, Michell의 얇은배 이론으로부터 선체주요치수와 횡단면적 계수들의 곱으로 표현되는 조파저항계수 방정식을 유도한 후 그 일부를 회귀분석 결과로 대체하는 것이었다. 1991년 S.Fung[3]은 이제까지의 통계해석 기술을 면밀히 검토하고 트랜섬 선미를 갖는 배의 저항추진성능을 추정하는 회귀식을 발표한 바 있다.

우리 나라에는 1980년 서정천,양승일[4]이 기존에 발표된 Series 60, Taylor Series, Series 64, BSRA Series의 저항추진 추정회귀식을 전산화하였고, 1982년 이영길[5]은 Tsuchiya와 Kobayashi의 소형어선 저항추진 회귀식을 전산화하였다.

1988년에 홍성완 등[6]은 저속비대선 자료를 회귀 분석하여 발표하였는데, 이때 조파저항은 H.Tagano 방법으로 구했고, 성능추정과 함께 선형 개발을 수행한 바 있다. 1990년 김은찬[7]은 저항추진계수를 회귀분석하고, 통계적 방법으로 추진성능을 추정하는 프로그램을 만들었다.

근래에 이르러 전산기의 발달과 함께 방대한 자료의 취급이 용이해 지고 계산 속도가 빨라졌으므로, 유사한 표본자료만을 선택하여 회귀분석하는 방법이 개발되고 있다.

이 일관회귀분석은 추정하고자하는 선형의 제원이 주어졌을 때, 미리 만들어 놓은 저항추진계수의 추정 회귀식을 사용하는 것이 아니고, 설계선형에 대하여 매번 데이터뱅크로부터 유사한 표본자료를 일정수 이상 추출하여 회귀분석을 수행한 후 저항추진 계수를 계산하는 것이다. 이 경우 미리 만들어 놓은 회귀식을 사용하는 것에 비해 유사한 선형만을 이용할 수 있으므로 신뢰도가 높고, 회귀식을 미리 만드느라 상관분석, 회귀분석, 회귀계수 입력 등 사전 작업이 필요 없으며, 데이터뱅크 만 수시로 보완해 주면 손쉽게 최근의 자료까지 이용할 수 있다. 반면에 변수 선정에 변화를 줄 수 없으며, 특이한 자료를 배제하지 못함으로 인해 신뢰도 저하를 초래할 수도 있다.

**3. 표본자료의 데이터뱅크**

통계해석을 위한 표본자료의 데이터뱅크는 상용화된 데이터베이스를 쓰지 않고 Fig.1과 같은 화일 형

2	S019507	FULL L.	1	1111						
.79000	.00000	6.00000	2.66667	16.00000	.56667					
.1236	.1359	.1483	.1606	.1730	.1792	.1854	.1915	.1977	.2039	.2101
.685	.774	.870	.950	1.019	1.055	1.105	1.225	1.335	1.500	1.680
.1236	.1359	.1483	.1606	.1730	.1792	.1854	.1915	.1977	.2039	.2101
.2731	.2548	.2310	.2145	.2032	.2014	.1999	.1982	.2092	.2077	.2071
.4131	.4058	.3986	.3925	.3870	.3851	.3847	.3775	.3688	.3607	.3526
1.03081	.03571	.03551	.03921	.03811	.03351	.03111	.02891	.02731	.02381	.0177

Fig. 1 Summary file for adapted regression analysis

태로 만들어 사용하였는데, 이를 결정하기 위해 다음과 같은 검토가 있었다. KRISO 선형시험수조에서 지금까지 수행해 온 모형시험 결과 가운데 저항시험과 저항추진시험을 함께 수행한 경우에 대하여 524개의 화일이 저장되어 있다. 즉 하나의 화일에 저항시험, 저항추진시험, 프로펠러단독시험 결과가 함께 수록되어 있으며, 이러한 화일이 모형선, 홀수 상태별로 각각 만들어져 있다. 재고프로펠러와 설계프로펠러에 대해 각각 실험한 경우 원칙적으로 설계프로펠러에 대한 것 만 저장하였고, 부가물 상태가 달라진 경우에도 가장 일반적인 것 하나만을 저장하였다.

먼저 모형시험 결과를 그대로 상용화된 데이터베이스로 옮기는 방법을 검토하였다. 이 경우에서의 자료의 성격을 Fig.2와 같은 ER 다이어그램(Entity-Relationship Diagram)을 이용하여 구현하였다[8].

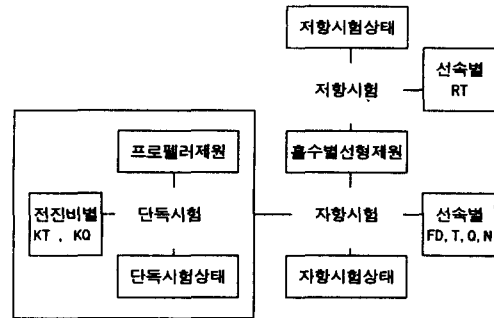


Fig. 2 E-R diagram of the model test result in data bank

이 그림에서 볼 때 직사각형으로 표시된 여러 가지 내용그룹(Entity)이 마름모로 표시된 여러 개의 관계그룹(Relationship)으로 연결되어 있음을 알 수 있다. 그러나 각각의 내용그룹이 동일 표본자료 내에서만 관련이 있을 뿐 다른 자료 즉 다른 모형시험과는 거의 관련이 없다는 점을 주시하여야 하겠다. 즉 다른 모형시험과 관련이 있는 것은 같은 모형선으로서 홀수 상태가 다를 때 주요제원이 동일하다는

것과, 서로 다른 모형선이 동일한 프로펠러를 사용할 때 프로펠러 주요제원과 단독특성이 같은 것에 지나지 않는다. 따라서 저항추진 모형시험 결과를 이러한 데이터베이스로 구축할 경우에는 효율성이 많이 떨어질 것으로 판단되었다.

다음으로 모형시험 결과를 한차례 변환하여 필수의 자료만을 모아 하나의 요약화일로 만드는 방안을 검토하였다. 필수 자료로서는 모형시험 번호, 홀수 상태, 미리 상관분석에 의해 선정해 둔 선형 변수(CB, LCB/LPP, LPP/B, LPP/Tmean, B/Tmean, Dia/TA) 및 속도(Fn) 별 저항계수(CR)와 추진계수(t, w,  $\eta R$ )를 들 수 있다. 이를 ER 다이어그램으로 구현하면 Fig.3과 같다. 이 그림에서 볼 때 세 개의 관계그룹이 직접 서로 연결되어 있음을 알 수 있다. 모형시험 결과가 아닌 저항추진계수를 사용하므로 불필요한 선형변수와 프로펠러 단독특성곡선을 제외시킬 수 있었다. 비록 몇 가지 선형 변수가 중복되고 가끔 요약화일을 만들어 주어야하는 불편함이 있기는 하나, 간결성을 고려하여 이 방법을 채택하였다.

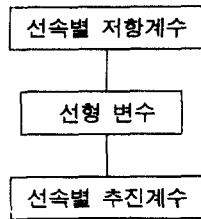


Fig. 3 E-R diagram of the summary file

**4 프로그램 구조**

저항추진성능 추정을 위한 프로그램의 추정 정도와 활용성을 높이기 위해서는 다음과 같은 기능이 갖추어지도록 하였다.

- 현재 널리 사용되고 있는 저항추진계수 추정용 도표와 추정식 등을 손쉽게 수용할 수 있으며, 우선 일반적인 것을 기본적으로 설치.
- KRISO 모형시험결과 데이터뱅크로부터 일관 회귀분석에 의한 저항추진계수를 추정하는 기법을 포함.
- 프로펠러를 간략하게 설계하고 단독효율을 추정하여야 하되, 프로펠러 설계 시 직경, 선속, 기관동

력, 회전수들 중에 각가지 제한조건에 따라 그에 따른 설계를 수행.

- 실적선이나 경험이 많은 사용자를 위해서 저항계수, 추진계수의 일부를 지정할 수도 있으며, 프로펠러 단독특성곡선도 임의로 입력 가능.
- 여러 가지 추정 방법에 대해 동일한 입력 양식을 가지도록 하고, 출력을 표와 그림으로 나타냄.

이러한 기준으로 만들어진 추진성능 추정 프로그램의 계산 내용별 옵션은 다음과 같다.

저항계수는 다음 옵션 가운데에서 선택하도록 하였다.

- (1) CR : CR 입력 (2차원해석법)
- (2) CW : CW 및 k 입력 (3차원해석법)
- (3) YA : Yamagata Chart[9] (2차원해석법)
- (4) F1 : 홍성완 등 회귀식[6] (3차원해석법)
- (5) F2 : 김은찬의 회귀식 [7] (3차원해석법)
- (6) DB : DB의 일관회귀분석 (2차원해석법)
- (7) DC : DB의 유사선형 평균(2차원해석법)

추력감소율은 다음 옵션 가운데에서 선택하도록 하였다.

- (1) IN : t 입력
- (2) K1 : Takashiro Chart [9]
- (3) S2 : 김은찬의 회귀식 [7]
- (4) DB : DB의 일관회귀분석
- (5) DC : DB의 유사선형 평균

모형선 반류비는 다음 옵션 가운데에서 선택하도록 하였다.

- (1) IN : w 입력
- (2) K1 : Van Lammeren 식
- (3) S2 : 김은찬의 회귀식 [7]
- (4) DB : DB의 일관회귀분석
- (5) DC : DB의 유사선형 평균

상대회전효율은 다음 옵션 가운데에서 선택하도록 하였다.

- (1) IN :  $\eta R$  입력
- (2) K1 : 임의의 경험치 [7]

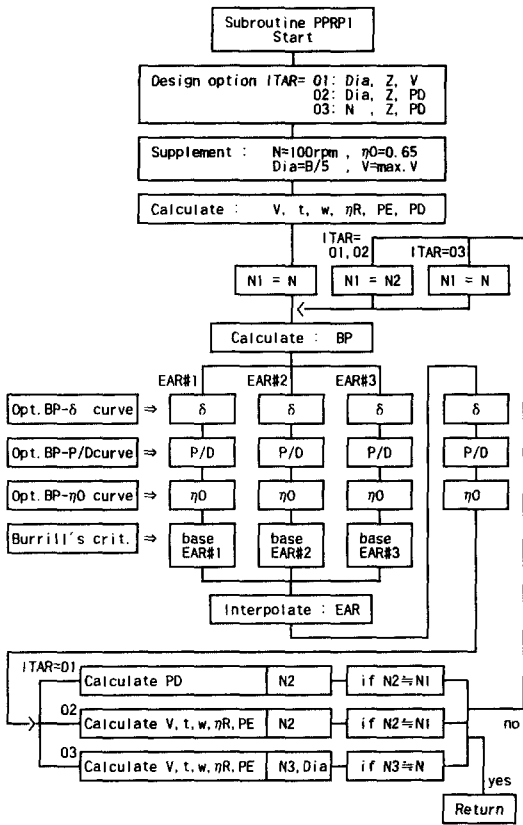


Fig. 4 Flow chart for the prediction of propeller open-water efficiency

- (3) DB : DB의 일관회귀분석
- (4) DC : DB의 유사선형 평균

프로펠러 단독효율을 추정하기 위해서 다음 옵션 가운데에서 선택하도록 하였다.

- (1) IN : 프로펠러제원과 단독특성곡선 입력
- (2) K1 : 최적 BP-δ 곡선과 Burrill의 캐비테이션 허용기준을 이용하여 간략한 설계과정을 거쳐 최적 프로펠러의 주요제원과 단독효율 계산

최적 프로펠러 계산은 다음과 같이 3가지 옵션 가운데에서 선택하도록 하였으며, 각각 Fig.4와 같이 초기 가정치로부터 반복 계산하여 찾아가도록 하였다.

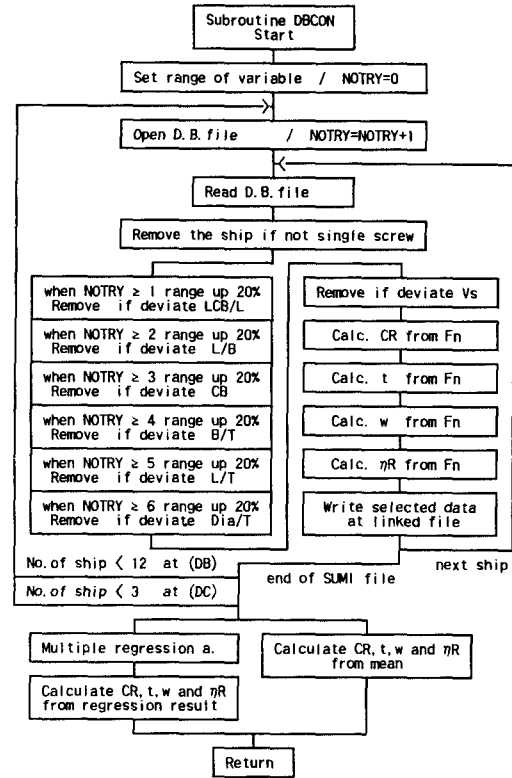


Fig. 5 Flow chart for the prediction by adapted regression analysis

- (1) 01 : 프로펠러의 직경, 날개수, 선속 입력
- (2) 02 : 프로펠러의 직경, 날개수, 동력 입력
- (3) 03 : 프로펠러 날개수, 동력, 회전수 입력

위의 프로그램 옵션 가운데 일관회귀분석(옵션 DB)의 경우는 Fig.5와 같은 과정으로 12척 이상의 모형시험 자료를 채택하도록 하였다. 그러나 일관회귀분석의 경우 회귀분석 시 계산을 못해 주거나 추정 결과가 크게 빗나가는 경우를 대비하여 추정선형과 아주 유사한 표본자료를 몇 척 추출하여 그대로 산술평균하는 기능이 병행되어야 한다고 판단되었다. 따라서 경우에 따라 유사선형을 3척 이상 선정하여 저항추진계수를 그대로 평균하여 얻는 과정(옵션 DC)을 만들었다.

모든 프로그램은 FORTRAN 으로 만들었으며, 회귀분석 프로그램 또한 참고문헌 [10]에 실린

FORTTRAN 프로그램을 사용하였다. 프로그램의 크기는 4,000 줄 가량이다.

### 5. 계산 에 및 검증

한 예로서, KRISO 모형시험 데이터뱅크를 적용한 본 프로그램으로 4만4천톤급 선형의 추진성능을 계산한 결과 표를 Fig.6에 실었다. 이는 저항계수와 추진계수를 구할 때는 일관회귀분석 기법을 적용하였고, 프로펠러 단독효율은 프로펠러를 설계하여 추정하였다.

프로펠러 회전수를 보다 정확히 추정하기 위하여 실제로 배에 붙일 설계 프로펠러의 단독특성곡선을 입력해 줄 수도 있다.

일반적인 회귀분석, 즉 일정한 표본자료로부터 회귀식을 도출한 경우의 정확성은 회귀분석 시의 증상관계수를 통해 쉽게 판단할 수 있으나, 일관회귀분석에 의한 정확성은 표본자료의 우수성과 함께 추정하려는 선형과의 유사성에도 크게 기인하므로 쉽게 판단할 수는 없다고 본다. 따라서 여기서는 다음과 여러 가지 선형 14척에 대해 추정을 하여 전반적인 경향만을 검토해 보고자 한다. 본 프로그램으로 14척의 선형에 대해 저항추진계수 모두 DB 옵션을 써서 다음과 같이 설계속도에서의 전달동력을 추정, 비교하여 보았는데, 이 선형들은 데이터뱅크에는 포함되지 않은 것들이다.

위의 추정 결과를 볼 때 오차가 유난히 큰 선형을 볼 수 있는데, 이는 독특한 형태의 선형으로서 유사한 선형이 데이터뱅크 내에는 없는 때문이다. 이러한 경우를 제외하면 5% 이내의 정도로 추정할 수 있다고 판단된다.

일관회귀분석, 유사선형평균, Yamagata도표에 의한 방법을 서로 비교해 볼 때, 표준편차는 큰 차이가 없으나 평균값은 차이가 있는 것을 알 수 있다. 일관회귀분석의 경우가 역시 오차의 평균이 가장 작았으며, 특별히 다른 형태를 갖는 선형을 제외하면 보다 좋은 일치를 보이는 것을 알 수 있다.

Yamagata 도표를 사용하는 경우 비록 오차의 평균이 크기는 하나 표준편차가 크지 않은 것을 보아, 이 도표를 사용자가 적절히 수정하여 사용하면 비교적 안정된 추정 결과를 얻을 수 있으리라 보인다.

### 6. 결 언

선 형	P <sub>D</sub> 설계속도 (모형시험)	P <sub>D</sub> 오차 (%)		
		일관회귀 분석	유사선형 평균	Yamagata 도표
280K	25,267	- 0.04	- 1.35	5.80
135K	16,379	12.24	13.43	14.87
126K	8,888	9.25	15.64	7.55
200K	10,669	12.55	11.45	1.93
50K-A	7,903	0.51	5.34	7.00
50K-B	7,711	2.23	4.94	10.56
44K-A	8,487	- 2.06	- 3.11	- 0.07
44K-B	8,026	3.73	2.49	5.43
37K	8,057	- 0.29	5.40	1.66
1400TEU	15,118	1.25	- 1.74	11.99
2500TEU	16,660	0.70	- 3.36	- 0.11
2670TEU	23,432	3.39	4.24	3.15
2200TEU	14,830	8.16	4.15	4.32
4200TEU	27,980	-11.78	6.01	4.05
오차 평균		2.85	4.54	5.58
표준편차		6.34	5.90	4.48

(1) 통계해석에 의해 실선의 저항추진성능을 추정하는 종합 프로그램의 기능을 제안하고, 이에 의한 전산 프로그램을 만들고, 그 활용성을 검증하였다.

(2) 일관회귀분석에 의해 저항추진계수를 추정하는 방법과 함께 데이터뱅크의 구축 방안을 정립하였다.

(3) 일관회귀분석의 경우 추정 오차의 평균값은 비교적 적은 것으로 판단되나, 특별한 형태의 선형의 경우에는 유사한 선형이 데이터뱅크에 없으므로 추정 오차가 커지므로, 특별한 선형의 경우에는 다른 방법으로 추정하는 것이 합당하다고 판단된다.

(4) 앞으로 Yamagata 도표 등 기존의 추정식에 대해 데이터뱅크에 있는 선형시험자료를 이용하여 수정량을 계산해 주면 활용성을 높일 수 있으리라 보인다.

### 참 고 문 헌

[1] Doust,D.J. and O'Brien,T.P., "Resistance and Propulsion of Trawlers", Trans.NECl, Vol.75, 1958.

[2] Tagano,H., "A Study on the Prediction of Ship Resistance", Ph.D. Thesis, Osaka University, 1975. (Japanese).

[3] Fung, S., "Resistance and Powering Prediction for Transom Stern Hull Forms During Early Stage Ship Design", Trans.

```

-----
POWERING PERFORMANCE PROGNOSIS [PN7]
FILE NAME: sts40y3.eun 11-may-93
SHIP NAME: 40K - YAMAGATA ... LWL (M): 183.000 CB:0.7900 BLR:0.0242
SCALE : 28.0000 LOAD : FULL LOAD S (M2): 8100.0 CM:0.9952 BBR:0.1851
LPP (M): 174.500 TF (M): 11.000 SBK (M2): 84.0 CW:0.0000 BHR:0.6364
B (M): 32.200 TA (M): 11.000 AT (M2): 0.0 CP:0.7938 BAR:0.1000
NOPROP : 1 TMEAN(M): 11.000 DISV(M3): 48900.0 LCB(M)[FWD:+] : 2.611
PROPELLER DIMENSION
FILE : DIA. (M): 7.122 PRO70 : 0.7657 NPB: 4 EAR:0.4021
SEA WATER CONDITION
TEMP(D.): 15.00 DENS. (KG/M3): 1025.87 K. VIS. (M2/S): 1.1873E-6
PROPELLER DESIGN CONDITION
DELIVERED POWER (PS): 8000. NPB: 4
PROPELLER REV. (RPM): 80.00 SHAFT IMERSION (M): 7.300
SHIP SPEED VK(KNOT): 10.000 11.000 12.000 13.000 14.000 15.000 16.000
FROUDE NUMBER FN : 0.1214 0.1336 0.1457 0.1579 0.1700 0.1821 0.1943
EFFECTIVE POWER PE(PS): 1711. 2299. 3037. 3960. 5099. 6544. 8418.
DELIVERED POWER PD(PS): 2353. 3161. 4175. 5442. 7006. 8991. 11563.
REVOLUTION N(PRM): 55.08 60.57 66.07 71.56 77.05 82.54 88.03
RESIDUAL RES. CR(E-3): 0.765 0.805 0.861 0.934 1.021 1.139 1.302
TOTAL RES.C. CTS(E-3): 2.225 2.246 2.285 2.344 2.416 2.521 2.672
PROP. ADVANCED C. JA : 0.549 0.549 0.549 0.549 0.549 0.549 0.549
THRUST DEDUCTION THDF: 0.224 0.224 0.224 0.224 0.224 0.224 0.224
M. WAKE FRACTION WFTM: 0.353 0.353 0.353 0.353 0.353 0.353 0.353
S. WAKE FRACTION WFTS: 0.302 0.302 0.302 0.303 0.303 0.303 0.303
HULL EFFICIENCY ETAH: 1.113 1.113 1.113 1.113 1.114 1.114 1.114
RELATIVE ROT.E. ETAR: 1.020 1.020 1.020 1.020 1.020 1.020 1.020
PROPELLER O-W.E. ETAO: 0.641 0.641 0.641 0.641 0.641 0.641 0.641
QUS1-PROPULS.E. ETAD: 0.727 0.727 0.728 0.728 0.728 0.728 0.728
ANALYSIS METHOD
* MODEL-SHIP CORREL. LINE: 1957-ITTC * WITH AIR RESISTANCE : CAA= 0.001000
* 2-DIMENSIONAL METHOD * WITH BILGE KEEL RESISTANCE
* CORREL. ALLOWANCE(2-D): CA=-0.000130 * WITH CP-CN CORRECTION: CP= 1.0000
CN= 1.0000
PROGNOSIS FORMULA
= RESISTANCE PREDICTION : YA : MODIFIED YAMAGATA [JKSNA NO.177]
= THRUST DEDUCTION FRACTION : K1 : TAKASHIRO [JKSNA NO.177]
= WAKE FRACTION OF MODEL SHIP : K1 : MODIFIED LAMMEREN
= RELATIVE ROTATIVE EFFICIENCY : K1 : KIMM
= SCALE EFFECT OF WAKE FRACTION : IT : 1978 ITTC METHOD
= PROPELLER SELECT. AND CHARACT. : K1 : REFORMED MAU BY OPTIMUM BP-DELTA
= PROPELLER CAVITATION CRITERIA : K1 : BURRILL'S CRITERIA
= WETTED SURFACE AREA : IN : SAME AS INPUT DATA

```

Fig. 6 A sample of output table for the 44K hull form

- NAME, Vol.99, 1991.
- [4] 서정천, 양승일, "Estimation of Effective Horsepower from the Resistance Data of the Standard Series Using a Computer Program", KIMM Technical Note No.3-80, 1980.
- [5] 이영길, "어선의 유효마력 추정법 및 최소저항을 갖는 선형요소들의 최적화에 관한 연구", 한국 기계연구소보고서, 1982년.
- [6] 홍성완 외, "통계해석에 의한 저항추정 및 선형 개량", 대한조선학회지 제25권 4호, 1988년.
- [7] 김은찬, "저항추진성능의 통계추정법과 비대선에 의 적용", 인하대학교 박사학위논문, 1990년.
- [8] Ullman, J.D., "Principles of Database Systems", Computer Science Press, U.S.A., 1982.
- [9] Takashiro, K., "Power Prediction Based on Modified Yamagata Resistance Chart and Newly Introduced Thrust Deduction and Wake Factors", 일본 관서조선협회지 제177호, 1980년.
- [10] 박성현, 허문열, "전산통계", 경문사, 서울, 1984.