

통계적 회귀계수를 이용한 어선의 유효 마력 추정법에 관한 연구

이근무* · 박제웅**

*홍익대학교, **조선대학교

(1994년 12월 5일 접수)

A Study on the Estimation Method of EHP of Fishing Boats Use Statistical Regression Analysis

Guen - Moo LEE*, Jai - Woung PARK**

*University of Hong - Ik, **University of Cho - Sun

(Received December 5, 1994)

From the results of model tests, statistical regression analysis of EHP estimation based on hull form parameters is adopted in this study. From this result, the method for estimation of EHP at the initial design stage of fishing boats is developed.

This method is applied to four standard fishing boats with chine lines and two standard fishing boats with round bottom. The EHP's are estimated and compared to experimental results. In the case of six fishing boats, the estimated EHP corresponds well and approximates well with experimental results through out all the range tested. From these results it can be concluded that this numerical method is very efficient in estimating EHP of fishing boats having chine line and round bottom. Therefore, by applying the proposed method to design of fishing boats, we can improve the resistance characteristics. Further, this method can contribute to reduction of design time and thus down the total expenses.

서 론

근래에 이르러 운항 연료비가 선박운영비에서 차지하는 비율이 높아짐에 따라 조선업계에서는 추진성능이 우수한 선형의 설계를 특히 필요로 하게되었다. 따라서 선종 및 크기에 따라 다양한 형

태의 선형을 만들어 나가게 되었으며, 초기계획 단계에서 추진성능을 정확하게 추정하여야 할 필요가 높아지게 되었다. 또한, 선박의 저항추진성능을 추정하는 데에는 모형시험에 의한 방법, 이론계산에 의한 방법, 모형시험 결과의 통계해석에 의한 방법^{1)~6)} 등이 있다. 모형 시험에 의한 방법

은 비교적 정확한 반면 비용과 시간이 많이 들고, 이상유체 이론을 이용한 수치계산은 논리정연하며 비용이 적게들지만, 아직 정상적인 추정치만을 주고 있을 뿐이다. 통계해석에 의한 방법은 비록 물리적인 의미가 약하기는 하나 어느정도까지는 정확하게 추정할 수 있으며, 비용과 시간도 적게 든다는 장점이 있다. 따라서 초기설계 단계에서는 추정 정확도가 다소 미흡하더라도 신속하고도 경제적으로 저항추진성능을 추정할 수 있는 통계해석에 의한 방법이 주로 이용되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 Chine Line이 있는 소형어선 및 Round Bottom형 어선의 초기설계 단계에서 신속하고 성능이 우수한 어선의 유효마력을 추정하기 위하여, 어선의 모형선들의 저항시험 결과들을 통계적 회귀해석법(statistical regression analysis)을 이용하여 정리함으로써, 전산기를 이용하여 짧은 시간에 유효마력을 추정하는 기법을 정립하였으며, 이 기법이 어선의 기본설계시에 이용될 수 있음을 모형선 6척^{7)~11)}에 대한 실증적인 검증을 통하여 입증하고자 하였다.

유효마력추정법 및 검증

본 연구에서 작성된 어선의 유효마력추정의 수치계산 기법은 모형선 저항자료들과 이에 대한 통계적 회귀계수를 이용한 것으로 다음과 같이 2가지로 나누어 작성하였다.

- (1) Chine Line이 있는 소형어선($F_{n\triangledown}=0.6\sim 1.2$)
- (2) Round Bottom형 일반어선($F_{n\triangledown}=0.45\sim 0.88$)

또한, 본 연구에서는 어선의 초기설계시 일반적으로 배수량(∇)과 설계속도(V)가 주어지는 것이 보통이므로, 전저항계수를 아래와 같이 정의하였다.

$$r_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2}\rho\nabla^{23}V^2} \quad (2.1)$$

여기서 크기가 다른 각 선형들의 성능비교와 실선의 유효마력추정을 간편하게 하기 위하여 전저

항계수를 일정한 배수량을 갖는 어선의 것으로 환산시키며, Froude수도 일반적으로 사용하는 F_n 을 이용하면 L 의 변화에 따라 V 가 변화하게 되므로 이 또한 어선의 초기설계시 L 의 변화에 따른 저항에서의 영향을 보이기에 불편하다. 따라서 Froude수를 다음과 같이 정의한다.

$$F_{n\triangledown} = V/\sqrt{\nabla^{1/3}g} \quad (2.2)$$

또한 항복원력이 좋고 나뭇에 기준이 되는 B/T 도 선형요소 L 에 직접적인 영향을 주지 않게 하기 위하여 마력추정식에 일반적으로 많이 쓰는 L/B 대신에 $L/\nabla^{1/3}$ 이라는 변수를 이용하였다.

1. Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법

본 연구에서는 어선 저항성능의 통계해석을 위한 자료로, 일본에서 가장 많이 분포되어 있는 G/T 30톤 미만의 chine line 있는 소형어선($F_{n\triangledown}=0.6\sim 1.2$)을 토대로 1.8m인 12척의 모형선의 계통적 모형시험 자료를 이용하였다^{4),6),12),13)}. 또한, 전저항계수 $_{22.5}r_T$ 를 회귀해석법에 의하여 60가지의 시험상태에 의한 저항시험자료와 6가지의 선형요소들을 이용하여 (2.3)식의 다항식으로 부타구할 수 있게 하였으며 이에 필요한 회귀계수는 Table 1과 같다.

$$\begin{aligned} _{22.5}r_T \times 100 = & a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 \\ & + a_5X_1^2 + a_6X_2^2 + a_7X_3^2 + a_8X_4^2 \\ & + a_9X_1X_2 + a_{10}X_1X_3 + a_{11}X_1X_4 \\ & + a_{12}X_2X_3 + a_{13}X_2X_4 + a_{14}X_3X_4 \end{aligned} \quad (2.3)$$

여기서 X_1, X_2, X_3, X_4 는 선형요소들에 의한 파라미터들을 정규화한 것으로 (2.4)식과 같다.

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{L/\nabla^{1/3} - 5.6009}{5.597} \\ X_2 &= \frac{B/T - 4.2945}{13.319} \\ X_3 &= \frac{C_P - 0.5993}{0.550} \end{aligned}$$

Table 1. Coefficients for Statistical Regression Analysis

회귀계수	$F_{n\triangledown}$ 0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
a_0	4.2706	4.8244	5.4663	6.6140	8.6821	10.655	11.131
a_1	-1.6608	-4.1019	-6.8835	-13.927	-22.488	-27.040	-23.268
a_2	2.6236	3.1990	4.3830	6.2632	5.9437	4.2916	2.2408
a_3	2.234	4.8799	7.2743	3.7430	-1.2670	-4.7635	-5.7397
a_4	-2.8917	-0.97670	0.30280	1.0373	0.42152	-1.8053	-0.50669
a_5	11.276	7.9076	20.155	40.266	52.037	43.032	40.248
a_6	12.214	6.7473	10.745	10.653	13.346	6.4376	4.2819
a_7	6.3787	7.3891	18.165	28.760	24.329	18.746	13.266
a_8	27.00	36.490	46.429	51.317	63.184	69.992	70.309
a_9	-10.855	4.9530	-0.86288	-18.523	-25.658	-12.811	-8.5464
a_{10}	0.97256	-18.821	1.4677	32.534	36.133	34.217	27.515
a_{11}	6.5492	3.5392	9.3891	-3.5706	-4.7469	-5.5842	12.580
a_{12}	7.7692	1.3030	15.925	15.263	13.882	19.967	7.9623
a_{13}	10.490	18.977	26.912	27.263	26.957	33.042	22.878
a_{14}	1.3534	-1.3555	31.899	39.892	33.414	35.344	28.661

$$X_4 = \frac{L_{CB} + 2.8595}{39.787} \quad (2.4)$$

$$0.5 \leq C_p \leq 0.7$$

$$-10.0 \leq L_{CS} \leq 2.8$$

실험에 의한 저항계수들은 임의의 어선에 대한 유효마력을 추정을 간편하게 하기 위하여 배수량 22.5톤의 어선에 대한 것으로 다음과 같이 환산하였다.

$$22.5r_T = M r_t - \frac{S}{\nabla^{2/3}} ((M C_{F0} - 22.5 C_{f0}) - C_A) \quad (2.5)$$

따라서, 구하고자 하는 어선의 전저항계수는 (2.6)식과 같이 된다.

$$s r_T = 22.5 r_t - \frac{S}{\nabla^{2/3}} (22.5 C_{F0} - s C_{f0}) \quad (2.6)$$

여기서 C_{F0} 는 Schoenherr의 마찰저항계수이고, C_A 는 모형선-실선 상관계수로 0.0004이다. 그러므로, 유효마력은 (2.7)식과 같이 주어진다.

$$(EHP)_S = 21.399 \times s r_T \nabla^{7/6 F_{n\triangledown 3}} \quad (2.7)$$

여기서, 본 유효마력추정에 있어 각 선형요소들의 적용범위는 다음과 같다.

$$4.3 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 6.8$$

$$2.0 \leq B_c/T \leq 8.0$$

2. Round Bottom형 소형어선의 유효마력 추정법

본 연구에서 사용된 유효마력추정 및 수치계산 기법에 적용할 수 있는 속도의 영역은 $F_{n\triangledown} = 0.45 \sim 0.80$ 인 Round Bottom 어선 선형에 대한 것이고 Chine line이 없는 Round-Bottom형의 일반어선에 대한 저항성능의 통계해석을 위한 자료로서, 우리나라 어선의 선형과 매우 유사한 일본어선의 선형에 대한 많은 모형실험의 자료를 이용하였다^{1),3),6)}. 또한, 전저항계수 $300r_T$ 는 회귀해석법에 의하여 저항시험자료와 11가지 파라메타 즉, 14가지 선형요소들을 이용하여 (2.8)식의 다항식에 의하여 구할 수 있게 하였으며, 이에 필요한 회귀 계수는 Table 2와 같다.

$$300r_T = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6$$

$$+ a_7 X_7 + a_8 X_8 + a_9 X_9 + a_{10} X_{10} + a_{11} X_{11}$$

$$+ a_{12} X_1^2 + a_{13} X_1^3 + a_{14} X_1^4 + a_{15} X_2 X_1$$

$$+ a_{16} X_2^2 + a_{17} X_2^3 + a_{18} X_3 X_1 + a_{19} X_3 X_2$$

$$+ a_{20} X_3^2 X_2 + a_{21} X_3^3 + a_{22} X_3^3 + a_{23} X_4 X_1$$

$$\begin{aligned}
 &+ a_{24}X_4X_1^2 + a_{25}X_4X_2 + a_{26}X_4X_3 & a_{71}X_{11}X_3 + a_{72}X_{11}X_4 & (2.8) \\
 &+ a_{27}X_4^2X_1 + a_{28}X_4^2 + a_{29}X_4^3 + a_{30}X_5X_1 \\
 &+ a_{31}X_5X_2 + a_{32}X_5X_3 + a_{33}X_5X_4 + a_{34}X_5^2 \\
 &+ a_{35}X_5^3 + a_{36}X_6X_1 + a_{37}X_6X_1^2 + a_{38}X_6X_1 \\
 &+ a_{39}X_6X_2 + a_{40}X_6X_2^2 + a_{41}X_6X_3 + a_{42}X_6X_4 \\
 &+ a_{43}X_6X_5 + a_{44}X_6X_5^2 + a_{45}X_5^2X_1 + a_{46}X_6^2X_1^2 \\
 &+ a_{47}X_6^2X_2 + a_{48}X_6^2 + a_{49}X_6^3X_1 \\
 &+ a_{50}X_8X_1 + a_{51}X_8X_1^2 + a_{52}X_8X_2 + a_{53}X_8X_3 \\
 &+ a_{54}X_8X_4 + a_{55}X_8X_5 + a_{56}X_8X_6 + a_{57}X_8^2 \\
 &+ a_{58}X_9X_1 + a_{59}X_9X_2 + a_{60}X_9X_3 + a_{61}X_9X_4 \\
 &+ a_{62}X_9X_8 + a_{63}X_{10}X_1 + a_{64}X_{10}X_2 \\
 &+ a_{65}X_{10}X_3 + a_{66}X_{10}X_4 + a_{67}X_{10}X_8 \\
 &+ a_{68}X_{10}X_9 + a_{69}X_{11}X_1 + a_{70}X_{11}X_2
 \end{aligned}$$

여기서 $X_1 \sim X_{11}$ 은 선형요소들에 의한 파라메타들을 정규화한 것으로 (2.9)식과 같다.

$$\begin{aligned}
 X_1 &= (L/\nabla^{1/3} - 4.8)/4.74 \\
 X_2 &= (B/T - 3.0)/6.85 \\
 X_3 &= (C_M - 0.77)/1.225 \\
 X_4 &= (C_P - 0.62)/0.366 \\
 X_5 &= (L_{CB} + 2.0)/18.86 \\
 X_6 &= (\frac{1}{2}\alpha_E - 25.0)/56.0 \\
 X_7 &= (\frac{1}{2}\alpha_R - 50.0)/131.6 \\
 X_8 &= (\alpha_{BS} - 23.0)/56.5 \\
 X_9 &= (t/L - 0.025)/0.248
 \end{aligned}$$

Table 2-1. Coefficient of Statistical Regression Analysis

Term	Fn= .45	Fn= .50	Fn= .55	Fn= .60
0	.28220E-01	.293468E-01	.299388E-01	.318864E-01
1	-.16084E-03	-.116396E-01	-.113435E-01	-.614305E-01
2	.103416E-01	.137477E-01	.166580E-01	.683569E-02
3	-1.57452E-01	-.126054E-01	-.96991E-02	-.185808E-01
4	-.241992E-01	-.199676E-01	-.935934E-02	-.864173E-02
5	-.892542E-02	-.920161E-02	-.110998E-01	-.837755E-02
6	.314317E-01	.263580E-01	.259445E-01	.312803E-01
7	.106779E-01	.107029E-01	.131227E-01	.112924E-01
8	.100656E-01	.517287E-02	.850951E-02	.988603E-02
9	.107387E-01	.141875E-01	.903303E-02	.142058E-01
10	-.182595E-02	-.856055E-03	-.452110E-03	.296860E-03
11	.173050E-01	.141875E-01	.103950E-01	.707529E-02
12	.501140E-01	.175663E-01	.134814E-00	.233771E-00
13	.164191E-00	.225312E-00	-.174710E-00	-.305529E-00
14	-.489444E+01	-.623650E+01	-.790874E+01	-.903588E+01
15	.124008E-00	.186451E-00	.105454E-00	.132784E-00
16	.325754E-01	.101947E-01	.487256E-01	.442265E-01
17	-.136426E-00	-.862925E-01	-.276240E-00	-.341899E-00
18	-.131482E-00	-.131224E-00	-.109346E-00	-.115261E-00
19	-.681005E-01	-.696247E-01	-.619385E-01	-.785734E-01
20	.379252E-00	-.104863E-00	-.238892E-00	-.255733E-00
21	-.861040E-01	-.665452E-01	-.413696E-02	.480715E-01
22	.157691E-00	.269980E-00	.208053E-00	.200490E-00
23	.224062E-01	.100248E-00	.356209E-01	-.122886E-00
24	.767531E-00	-.792808E-00	.402202E-00	.616648E-00
25	-.157730E-00	-.174153E-00	-.126192E-00	-.954793E-01

Table 2-1. Contiuene

Term	Fn=.45	Fn=.50	Fn=.55	Fn=.60
26	.116066E-00	.698321E-01	.185173E-01	.373784E-01
27	.189492E-00	.106133E-00	.278068E-00	.152685E-00
28	-.133524E-02	-.174251E-01	.773735E-02	.441835E-01
29	.651678E-02	-.674045E-02	-.624685E-01	-.968607E-01
30	-.498228E-01	.462410E-01	.459685E-01	.489449E-02
31	.103474E-00	.738244E-01	.926755E-02	.123317E-00
32	.451793E-01	.855119E-03	-.399165E-01	-.830489E-01
33	-.136204E-00	-.104443E-00	-.97263E-01	-.637633E-01
34	.346191E-01	.250428E-01	.610381E-02	.179879E-01
35	.123267E-00	0.147445E-00	.737708E-01	.479579E-01
36	.915055E-01	-.791003E-03	.263178E-01	.204735E-00
37	-.134067E+01	-.892262E-00	-.537701E-00	-.995936E-00
38	.306457E+01	.235177E+01	.323697E-00	-.322388E+01
39	.831621E-01	.999444E-01	.629644E-01	.296172E-01
40	-.544163E-00	-.527951E-00	-.668077E-00	-.568836E-00
41	-.158630E-00	-.982328E-01	-.389765E-01	-.526622E-02
42	.805502E-01	.741080E-01	.679905E-01	-.264477E-01
43	.117782E-00	.894452E-01	.884811E-01	.703509E-01
44	-.146566E-00	-.166622E-00	-.179501E-01	.141249E-00
45	.267566E-00	.239732E-00	.132968E-00	-.138517E-100
46	.982000E+01	.804230E+01	.557179E+01	.330202E+01
47	-.119116E+01	-.101640E+01	-.929866E-00	-.663649E-00
48	-.150970E-00	-.138861E-00	-.103125E-00	-.465313E-01
49	-.351863E-02	-.104515E-00	.903648E-00	.101418E+01
50	-.165078E-00	-.215382E-00	-.208950E-00	-.145648E-00
51	.742788E-00	.605619E-00	.348801E-00	.806009E-01
52	.155502E-00	.173784E-00	.178482E-00	.202721E-00
53	.470992E-01	.370026E-01	.660315E-01	.751251E-01
54	-.267057E-01	-.389936E-01	-.302541E-01	-.495772E-01
55	.173917E-02	.496524E-01	-.160482E-01	-.197320E-01
56	.653558E-01	.923675E-01	.985229E-01	.100334E-00
57	-.344144E-01	-.126724E-00	-.1102126E-00	-.710466E-01
58	.33418E-01	.607547E-01	.658231E-01	.752458E-01
59	.28849E-02	-.152673E-02	.168071E-01	.312023E-01
60	-.848642E-01	.108591E-01	-.29961E-01	-.736730E-01
61	-.110738E-01	.162370E-01	.403881E-02	-.774023E-02
62	.163697E-00	.119000E-00	.863598E-01	.112073E-00
63	-.118872E-00	-.270536E-01	-.259327E-01	-.448603E-01
64	.446751E-01	.345170E-01	.322918E-01	.470832E-01
65	-.189271E-01	-.276780E-01	.141393E-02	.192691E-01
66	.938209E-02	.122749E-01	.799314E-02	.166915E-01
67	-.765635E-02	-.267509E-03	-.672489E-02	-.522319E-02
68	.803873E-02	-.170757E-02	-.104310E-04	-.468053E-02
69	-.302910E-01	-.449249E-01	-.414904E-01	-.229128E-01
70	-.740150E-01	-.846899E-01	-.511751E-01	-.390738E-01
71	.554756E-01	.117091E-00	.888969E-01	.540935E-01
72	.193926E-01	.167689E-01	.101363E-02	-.295986E-01

Table 2-2. Coefficient of Statistical Regression analysis

Term	Fn=.45	Fn=.50	Fn=.55	Fn=.60
0	.370951E-01	.421838E-01	.439787E-01	.524384E-01
1	-.916998E-02	.10195E-01	.321948E-01	-.232503E-02
2	.133007E-02	-.189232E-01	.576838E-02	.388404E-01
3	-.267739E-01	-.43212E-01	-.403223E-01	.462549E-01
4	.196213E-01	.218296E-01	-.570494E-02	.355880E-02
5	-.265716E-03	-.226326E-02	.271939E-02	.16822E-01
6	.426698E-01	.524373E-01	.577459E-01	.559342E-01
7	.704746E-02	.537686E-02	.513303E-02	.123592E-01
8	.184486E-01	.215385E-01	.315110E-01	.273710E-01
9	.1836886E-01	.205061E-01	.138556E-01	.963412E-02
10	.176466E-03	.150156E-03	.306034E-02	.696305E-03
11	.154140E-01	.238819E-01	.100260E-01	.19141E-01
12	.167625E-00	.167791E-00	.200219E-00	.387693E-00
13	-.130467E-00	-.639869E-00	-.144750E+01	-.123586E+02
14	-.631363E+01	-.793846E+01	-.213676E+01	.430092E+02
15	.215172E-00	.200408E-00	.306499E-00	.530042E-00
16	.131909E-00	.164476E-00	.553092E-01	-.131340E-00
17	-.506343E-00	-.472025E-00	-.428660E-00	-.212995E-00
18	-.143615E-00	-.155913E-01	.106937E-00	-.456269E-00
19	-.185118E-00	-.203628E-00	-.40180E-00	-.146824E-00
20	-.182122E-00	-.263609E-00	-.985488E-00	-.179943E+01
21	.125581E-00	.196231E-00	.223877E-00	-.147639E-01
22	.584778E-00	.111729E+01	.108344E+01	-.432674E-00
23	-.258604E-00	-.259508E-00	-.112655E-00	-.397636E-01
24	.352748E-00	-.530908E-00	-.335297E-00	-.152725E+01
25	-.159147E-00	-.307121E-00	-.172296E-00	.460074E-02
26	.148586E-00	.141060E-00	.202418E-00	-.213331E-01
27	-.215468E-01	.879759E-01	-.55802E-01	-.124458E+01
28	.870285E-01	.180196E-00	.139956E-00	.171657E-00
29	-.126154E-01	-.115232E-00	-.642494E-00	-.265889E-00
30	.417004E-01	.664545E-01	.927424E-01	-.958879E-01
31	.826663E-01	.468672E-01	.279728E-01	.342515E-02
32	-.941585E-01	-.863046E-01	-.62612E-01	-.870484E-01
33	-.217362E-02	-.128443E-01	-.290928E-01	-.450129E-02
34	-.194785E-01	-.71487E-02	.431345E-02	-.165863E-01
35	-.252616E-00	-.187136E-00	-.785007E-01	-.163716E-00
36	.247793E-00	.339598E-01	.336238E-00	.326429E-00
37	-.140331E+01	-.199862E+01	-.254366E+01	-.210804E+01
38	-.350146E+01	-.569947E-01	-.927038E-00	-.599523E+01
39	.112457E-00	.267480E-00	.149958E-00	.103680E-00
40	-.517151E-00	-.626411E-00	-.304980E-00	-.206614E-00
41	-.703883E-01	-.261044E-01	-.892714E-02	.654465E-01
42	-.904592E-01	-.195324E-00	-.317972E-01	.109411E-01
43	.115077E-00	.160719E-00	.145874E-00	.908903E-01
44	.166561E-00	.261118E-00	.809725E-01	-.170023E-00

Table 2-2. Continue

Term	Fn=.45	Fn=.50	Fn=.55	Fn=.60
45	-.580979E-00	-.939051E-00	-.443020E-00	.163516E+01
46	-.121626E+01	-.183426E+01	.952164E-00	-.112086E+02
47	-.464436E-00	-.319007E-00	-.230599E-00	-.101145E+01
48	.147225E-01	.645473E-01	.428049E-01	.125239E-00
49	.127369E+01	.153832E+01	.105969E+01	.541550E+01
50	-.152622E-00	-.246685E-00	-.138027E-00	.360487E-00
51	-.121118E-00	.737970E-01	.800866E-00	-.343213E+01
52	.212167E-00	.227843E-00	.304478E-00	.231886E-00
53	.478039E-01	.861035E-01	.921486E-01	.201924E-00
54	-.537765E-01	-.723259E-02	-.192573E-00	-.118802E-01
55	-.400713E-01	-.530349E-01	-.163297E-01	-.105850E-00
56	.114870E-00	.120436E-00	.171537E-00	.163597E-00
57	-.917413E-01	-.170573E-00	-.145351E-00	-.137757E-00
58	.123024E-00	.156678E-00	.170717E-00	-.146553E-00
59	.723194E-01	.190658E-01	-.914893E-02	.595154E-01
60	-.963493E-01	-.876307E-01	-.308875E-01	.203106E-01
61	.477755E-02	.151105E-01	.328239E-02	-.221969E-01
62	.158408E-00	.166655E-00	.153424E-00	.118346E-00
63	-.427577E-01	-.481739E-01	-.577450E-01	.197425E-01
64	.473645E-01	.511870E-01	.618097E-01	.394494E-01
65	.313441E-01	.507710E-01	.988759E-01	.587187E-02
66	.219288E-01	.275122E-01	.393533E-01	.391716E-02
67	-.724139E-02	-.197523E-01	-.259747E-01	-.757575E-02
68	-.536056E-02	-.548134E-02	-.489547E-03	-.230480E-02
69	-.201278E-01	-.959240E-04	-.287978E-01	-.142632E-00
70	-.940597E-01	-.121195E-00	-.722346E-01	-.121782E-00
71	.613788E-01	.416022E-01	.191225E-00	.115460E-00
72	.232466E-02	.840248E-01	-.476043E-02	.681406E-01

$$X_{10} = \begin{cases} 0 & \text{when } A_{BK} = 0 \\ 1 & \text{when } A_{BK} > 0 \end{cases}$$

$$X_{11} = (A_{BK}/A_{MAXL} - 0.0075) / 0.0828 \quad (2.9)$$

(2.8)식에 의해서 구해진 ${}_{300}r_T$ 로 부터 실선저항 계수 sr_T 는 (2.10)식과 같이 구해진다.

$$sr_T = {}_{300}r_T + 0.075 \times \frac{S}{\nabla^{2/3}} \times [(\log_{10}(2.62634 \times 10^4 \times Fn_{\nabla} \times L \times \Delta^{1/6}))^{-2} - (\log_{10}(45.48956 \times 10^4 \times Fn_{\nabla} \times L / \Delta^{1/3}))^{-2}] \quad (2.10)$$

따라서, 유효마력, 실선의 속도(knots), Reynolds수 등은 (2.11)식과 같이 구해진다.

$$EHP = 20.7884 \times sr_T \times \Delta^{7/6} \times Fn^3 \nabla$$

$$V_K = 6.0614 \times \Delta^{1/6} \times Fn_{\nabla}$$

$$Rn = 2.62634 \times 10^6 \times Fn_{\nabla} \times L \times \Delta^{1/6} \quad (2.11)$$

또한, 유효마력 추정시 각 선형요소들의 적용범위는 아래와 같다.

$$4.2 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 5.5$$

$$1.8 \leq B/T \leq 5.5$$

$$0.45 \leq C_M \leq 0.95$$

$$0.55 \leq C_P \leq 0.71$$

$$-5.0 \leq L_{CB} \leq 1.5$$

$$17.0 \leq \frac{1}{2} \alpha_E \leq 30.0$$

$$20.0 \leq \frac{1}{2} \alpha_r \leq 90.0$$

$$16.0 \leq \alpha_{BS} \leq 35.0$$

$$-0.005 \leq t/L \leq 0.005$$

$$0.0 \leq A_{BK}/A_{MAX} \leq 0.04$$

이상과 같이 작성된 Chine Line이 있는 소형 어선과 Round Bottom 일반어선의 수치계산기법은 어선의 초기설계시 유효마력 추정에 유용하게 이용될 수 있도록 하였다.

유효마력 추정 및 검증

1. Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정 및 검증

본 연구에서는 개발된 Chine line이 있는 어선에 대한 수치계산기법을 1987년도 부터 1992년도 까지 어선협회와 현대선박연구소 공동으로 회류수조에 의한 어선 모형시험^{7)~10)} 결과를 토대로 하여 선형개선된 어선협회의 표준어선¹¹⁾중 G/T 6.7톤급 연안 채낚기 어선, G/T 7.93톤급 연안 연승어선, G/T 29톤급 근해 통발어선, G/T 29톤급 근해 연승어선에 적용하여 보았다(Table 3). 그 실험한 결과와 추정값이 Fig. 1 및 Fig. 2에 실려있다.

먼저, 그림에서와 같이 G/T 6.7톤급 연안 채낚기어선(KF90-6.7)의 경우 만재 상태일 때 추정값이 전속도 범위에 걸쳐 실험값과 잘 일치하는 것으로 나타났으며, G/T 7.93톤급 연안 채낚기어선 (KF89-7.93)의 경우 만재 상태일 때 추정값이 실험값보다 전반적으로 낮지만 설계속도에서는 4.6%, 그외의 속도에서는 약 3.6% 정도의 차이로 예측되고 있어 통계 추정이라는 면에서 만족할 수 있는 결과를 보이고 있다. 그리고, G/T 29톤급 근해 통발어선(KF88-29)의 경우 만재 상태일 때 추정값이 실험값 보다 전속도 범위에 걸쳐 5% 감소된 값으로 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 유효마력이 감소된 이유는 이 어선의 선수미 부분의 Chine line을 곡선화

Table 3. Principal characteristics of G/T 6.7Ton (KF90-6.7), G/T 7.93Ton(KF89-7.93), G/T 29Ton(KF88-29) and G/T 29Ton(KF91-29) Class Fishing Boat

Discription	KF90-6.7	KF89-7.93
	Full Load Condition	Full Load Condition
$L_{w/L}$ m	12.10	12.830
∇ m ³	17.780	22.60
B_c m	3.00	3.20
T m	0.936	0.989
C_B	0.5571	0.556
C_P	0.6213	0.6480
C_M	0.8471	0.8585
L_{CB} %	1.950	1.493
m^2	45.266	52.4
Δ m ²	3.1	5.798
Desing Speed(knot)	9.0	10.0

Discription	KF88-29	KF91-29
	Full Load Condition	Full Load Condition
$L_{w/L}$ m	21.29	21.24
∇ m ³	108.7	86.80
B_c m	4.80	4.60
T m	1.65	1.38
C_B	0.644	0.644
C_P	0.713*	0.705*
C_M	0.8682	0.8862
L_{CB} %	-7.538	-7.740
S m ²	143.6	135.20
ΔS m ²	0	0
Sea Speed(knot)	8.8	9.7

* : out of range

하였기 때문이라고 생각되며, 최근 설계된 G/T 29톤급 근해 연승어선(KF91-29)의 경우 만재 상태일 때 추정값이 실험값 보다 전속도 범위에 걸쳐 3% 증가된 값으로 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다. 그러므로 이 어선은 현재 저항면에서

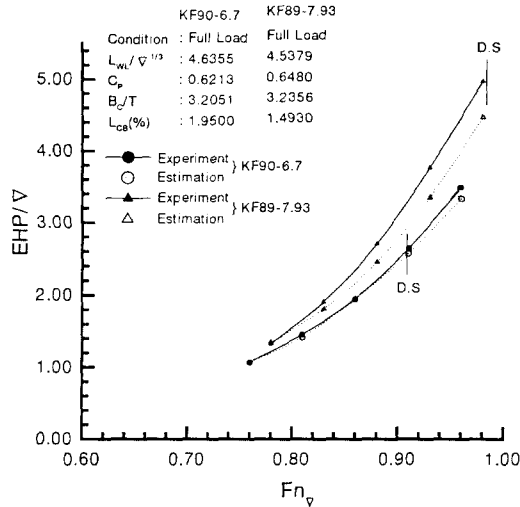


Fig. 1. Curves of Effective Horsepower for G/T 6.7Ton (KF90-6.7) and 7.93Ton(KF89-7.93) Class Fishing Boat

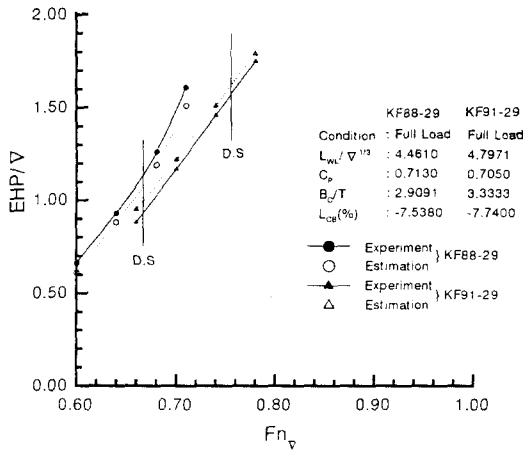


Fig. 2. Curves of Effective Horsepower for G/T 29Ton (KF88-29) and 29Ton(KF91-29) Class Fishing Boat

최적 상태 임을 알 수 있다.

위와 같이 4척의 Chine line이 있는 어선에 수치계산 기법을 적용시켜 유효마력을 추정하여 본 결과 전반적으로 추정값과 실험값이 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 최근에 설계된 표준 어선은 추정값과 실험값이 잘 일치하고 있는 것은 현재의 선형이 저항면에서 최적상태 임을 알 수

있다. 그러므로 이 방법으로 Chine line이 있는 소형 어선의 초기 기본설계시 유효마력 추정에 매우 효과적으로 활용될수 있음이 확인되었다.

2. Round Bottom형 어선의 유효마력 추정 및 검증

본 연구에서는 개발된 Round Bottom형 어선에 대한 수치계산기법을 1987년부터 1992년까지 어선협회와 현대 선박연구소 공동으로 회류수조에 의한 어선모형시험^{8),9)} 결과에 의해 선형 개선된 어선협회의 표준어선¹¹⁾ G/T 39톤급 중형기선 저인망어선, G/T 39톤급 근해 유자망어선에 적용해 보았다(Table 4). 그 실험한 결과와 추정값이 Fig. 3 및 Fig. 4에 실려있다.

Table 4. Principal Characteristics of G/T 39Ton(KF89-29) and G/T 39Ton (KF90-39) Class Fishing Boat

Description	KF89-39	KF90-39
$\nabla(m^3)$	118.40	114.13
$\nabla_{BK}(m^3)$	2.692	2.400
$L_{pp}(m)$	20.00	19.50
$L_{WL}(m)$	22.70	21.33
B (m)	4.80	5.10
T (m)	1.764	1.672
C_p	0.657	0.672
C_M	0.9380	0.9332
$L_{CB}(\%)$	-3.258	-3.117
$\frac{1}{2}\alpha_E$ (deg.)	30.0	33.0
$\frac{1}{2}\alpha_R$ (deg.)	88.0	88.0
α_{RS} (deg.)	20.0	19.0
t	0.171	-0.267*
$A_{MAY}(m^2)$	7.942	7.957
S (m^2)	150.6	146.350
Design Speed(knot)	10.0	9.3
Keel	1	1
A_{RX}	0.136	0.136

* out of range

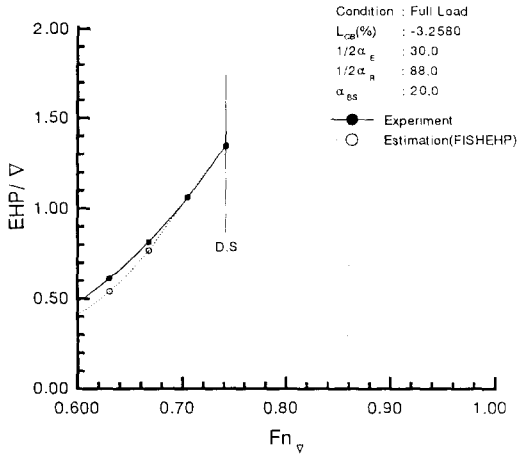


Fig. 3. Curves of Effective Horsepower for G/T 39Ton (KF88-39) Class Fishing Boat

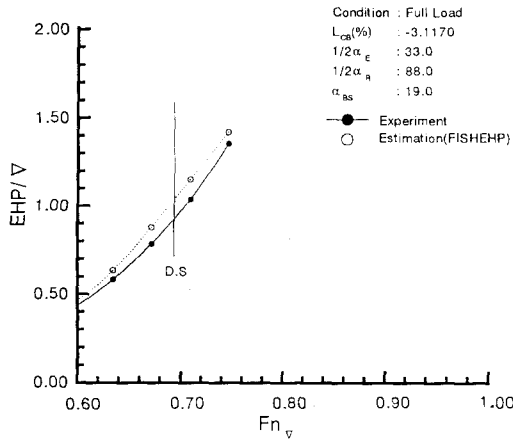


Fig. 4. Curves of Effective Horsepower for G/T 39Ton (KF90-39) Class Fishing Boat

그림에서와 같이 G/T 39톤급 중형기선 저인망 (KF89-39)의 경우 낮은 속력에서 추정값이 실험값 보다 7%정도 낮은 값으로 나타났고, 설계속도에서는 추정값은 잘 일치하고 있는 것으로 나타났으며, G/T 39톤급 근해 유자망어선(KF90-39)의 경우 추정값이 실험값 보다 전반적으로 10%정도 높은 값으로 근접하여 일치하고 있는 것으로 나타났다. 그러므로 이 추정값은 통계 추정이라는 면에서 만족할 수 있는 결과를 보이고 있고, 이 어선은 현재 저항면에서 볼때 최적 상태의

선형 임을 나타내고 있다.

이와 같이 Round Bottom형의 어선 마력추정에 최적화 수치계산법을 적용시켜 그 결과를 보면 선형요소 적용범위 내에서 잘 일치하고 있음을 알 수 있고, 최근의 어선들의 선형은 저항면에서 최적 상태임을 알 수 있다. 그러므로 작성된 수치계산기법은 초기설계 단계에서 어선의 유효마력추정 및 선형요소 결정에 매우 효과적으로 볼 수 있다.

결론

본 연구를 통하여 전산기를 이용한 어선 선형의 유효마력추정에 대한 한가지 방법을 제시하였으며, 그 활용성을 검토한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유효마력추정에 있어서 chine line이 있는 선형 G/T 6.7톤급 연안 채낚기어선의 경우 전속도 범위에서 추정치와 실험치가 잘 일치를 보였으며, G/T 7.93톤급 연안 채낚기어선의 경우 전속도 범위에서 추정치와 실험치가 근접하게 나타났으며, G/T 29.0톤급 근해 통발어선의 경우 전속도 범위에서 추정치가 실험치보다 5% 감소된 값으로 좋은 일치를 보였으며, G/T 29.0톤급 근해 연승어선의 경우 전속도 범위에서 추정치와 실험치보다 3% 증가된 값으로 좋은 일치를 보였다. 그러므로 작성된 수치계산기법은 Chine line이 있는 소형 어선에서 유효마력 추정에 매우 유용하게 쓰일수 있음이 입증되었다.

2) 유효마력추정에 있어서 Round Bottom형 G/T 39톤급 중형기선 저인망 어선(KF89-39)의 경우 설계속도에서 추정값과 실험값이 좋은 일치를 보였으며, G/T 39톤급 유자망어선(KF89-39)의 경우 추정값이 실험값 보다 전반적으로 10%정도 높은 값으로 근접하여 일치하고 있음을 보였다. 그러므로 작성된 수치계산기법은 Round-Bottom형 어선에서 유효마력 추정에 매우 유용하게 쓰일 수 있음이 입증되었다.

3) 적용 속도범위 내의 Chine line이 있는 소형어선 및 Round Bottom형 어선들에 이 수치계

산기법 이용이 가능함을 알았다. 따라서, 제안된 방법을 어선설계에 적용할때, 직접적으로 저항 성능을 개선할 수 있을 뿐 아니라, 설계공수 단축, 원가 절감 등에 기여할 수 있음이 확인되었다.

요 약

모형저항시험 자료를 토대로 선형요소들에 대한 통계 회귀계수를 만들고, 이를 이용하여 새로운 어선의 기본설계 단계에서 유효마력을 추정할 수 있는 방법을 정립하였다.

이러한 방법을 Chine Line이 있는 소형 표준 어선 4척과 Round Bottom형 표준어선 2척에 적용하여 유효마력을 추정하였으며, 이를 실험값과 비교하였다. 이 6척 어선의 경우 전속도 범위에서 추정치와 실험치가 잘 일치하고 있는 것과 근접한 것으로 나타났다. 그러므로 작성된 수치계산법은 어선의 유효마력추정에 매우 유용하게 쓰일 수 있음이 입증되었다. 따라서 제안된 방법을 어선설계에 적용하면, 직접적으로는 저항성능을 개선할 수 있을 뿐 아니라, 설계공수단축, 원가절감 등에 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Tsuchiya, T.,(1972) "New Statistical Regression Analsis for Fishing Boat Hull Resistance", Jour. of Soc. Nav. Architect of Japan, Vol.132, 63-80.
- 2) 土屋 孟(1973), "漁船性能의 有效馬力에 관한 統計解析과 그의 實用化에 대하여" 日本水産廳漁船研究室 研究報告書 第6號.
- 3) 小林 務, 藤井 巖, "小型 FRP船型の 系統的 模型試驗結果에 관하여", 日本造船學會誌 第579號, 390-398.
- 4) Kobayashi, T.,(1978) Ariji, M. and Suzuki, S., "The Resistance Test Results of some Small fishing Boats made of FRP Japan Fishery Agency, Technical Report of Fishing Boat Vol.31.
- 5) 小林 務, 土屋 孟, et al.,(1981), "小型 FRP船型の 高速域에서 系統的 模型試驗 結果에 관하여", 日本造船學會誌 第630號, pp.598-606.
- 6) 이영길(1984), "소형어선의 유효마력추정 및 선형설계법", 대한조선학회, 제21호.
- 7) 이귀주 외(1987), "회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G.T 29톤급, G/T 16톤급)", 현대선박해양연구소 보고서.
- 8) 이귀주 외(1988), "회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 7.9톤급, G.T 39톤급)", 현대선박해양연구소 보고서.
- 9) 이귀주 외(1989), "회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 6.7톤급, G/T 39톤급)", 현대선박해양연구소 보고서.
- 10) 이귀주 외(1989), "회류수조에서의 모형시험과 선형개선(G/T 29톤급)", 현대선박해양연구소 보고서.
- 11) 이현수 외, "표준선형어선형 설계 해설", 한국어선협회 어선 36호(1988.9), 42호(1990.3), 43호(1990.6), 44호(1990.9), 45호(1990.12), 48호(1991.10), 52호(1992.10).
- 12) 이근무·홍성완(1993), "어선의 저항성능 개선을 위한 선형연구", 대한조선학회 추계학술 발표.
- 13) 이근무(1994) "Chine Line이 있는 소형어선의 유효마력 추정법 및 최소 저항을 갖는 선형요소들의 최적화에 관한 연구", 한국어업기술학회지 제30집 4호.