

한국 저속 소형 연안어선의 저항성능

지현우*, 이영길^{†**}, 강대선^{***}, 하윤진^{**}, 최영찬*, 유진원*

인하대학교 대학원 선박공학과*
인하대학교 기계공학부 선박해양공학전공**
선박안전기술공단***

Resistance Performance of Korean Small Coastal Fishing Boat in Low-Speed Range

Hyun-Woo Jee*, Young-Gill Lee^{†**}, Dae-Sun Kang^{***}, Yoon-Jin Ha^{**}, Young-Chan Choi*
and Jin-Won Yu*

Dept. of Naval Architecture, the Graduate School of Inha Univ.*
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha Univ.**
Korea Ship Safety Technology Authority***

Abstract

Korean small coastal fishing boats have the different kind of fisheries and customs against Japanese fishing boats. Those bring some influences on the principal parameters of hull form. In same displacement, Korean small coastal fishing boat has generally shorter length, draft and wider breadth than Japanese fishing boat. Furthermore, even though the parameters of each hull form are similar, it is known that the resistance performance of Korean small coastal fishing boat is worse than that of Japanese fishing boat. In this study, the representative hull forms of Korean and Japanese small coastal fishing boats are selected and compared to evaluate the resistance performance of Korean fishing boat in low-speed range. The hull form of the Korean fishing boat is modified as comparison with that of the Japanese fishing boat to confirm the partial characteristic differences between the hull forms and the resistance performances. The representative partial characteristics of hull form are the gradient of chine line, keel shape and stern length. The resistance performances of the modified hull forms are evaluated by INHAWAVE which is one of CFD program and model tests in towing tank. The results of the present study will be used to

improve the resistance performance and to develop the practical hull form of Korean small coastal fishing boats as principal data in the preliminary hull form design of fishing boats.

※Keywords: Small coastal fishing boat(소형 연안어선), Low-speed(저속), Resistance performance(저항성능), Numerical simulation(수치 시뮬레이션), Partial characteristics of hull form(선형의 국부적 특성)

1. 서론

우리나라어선의 설계 및 건조는 비교적 환경이 열악한 소형조선소에서 거의 경험에 의존하여 수행되어 왔으며, 또한 어선의 선주들은 큰 문제가 없는 한 새로운 선형개발에 따른 건조비의 증가보다는 기존의 선형을 그대로 유지하기를 원하였기 때문에 어선의 선형개선 연구에는 어려움이 많았다. 한편, 국내외적 어업 환경은 어업자원의 감소, 유류비 상승에 따른 채산성 악화와 UN의 국제해양법 발효에 따른 배타적 경제수역(EEZ: Economic Exclusive Zone)의 선포, 국제무역기구(WTO : World Trade Organization)체제 출범에 따른 수산물 시장 개방 등의 문제를 겪고 있다(Kang 2006). 하지만 최근 사회 전반에 걸쳐 웰빙(well-being) 열풍이 고조되면서 수산물이 건강식품으로 한층 더 인식되어 수산물 소비가 증가하고 있고, 국내 어업생산량, 특히 양식어업 생산량이 크게 증가함에 따라 수산물 수입의존도가 감소하였다(Park 2007). 그리고 해양 레저 선박의 수요와 연근해 수자원 고갈 문제로 복합어선이 개발되는 추세에 있어 우리나라어선에는 새로운 선형개발이 요구되고 있다(Cho et al. 2002).

국내에서는 연근해 소형어선 근대화 사업 및 소형어선의 마력추정과 선형설계에 관한 연구, 우리나라어선의 저항성능 및 선형요소에 관한 연구 등, 어선의 저항성능 향상에 관한 많은 연구가 진행되었다(Kim and Lee 1984, Lee 1984, Lee et al. 2006, Kang et al. 2007, Yu and Lee 2008). 그러나 최근에는 어선의 안전성, 조업성과 같은 분야 외의 어선에 관한 연구가 미미한 실정이며, 특히 저항성능에 관한 자료나 연구는 매우 드물게 이루어지고 있는 실정이다.

다른 국가의 어선선형에 비하여 우리나라어선과 상대적으로 선형 측면에서 유사성이 많은 일본에서는 이미 1970년대에 어선의 저항추정 및 우수한 저항추진 성능을 가지는 선형개발에 관한 연구가 활발히 수행되었다(Tsuchiya 1972, Kang 2006). 우리나라어선도 선형의 검토를 통한 저항성능 향상이 요구되며, 특히 저항성능이 우수한 어선의 선형에 관한 연구가 선행된 일본어선의 연구결과를 활용하여 새로운 선형개발이 필요하다. 더구나, 우리나라어선은 작업성이나 안전성이 우수한 선형이 선호 받고 있었으나, 최근 유가상승에 따른 선속과 저항성능에 대한 관심이 높아지면서 이와 같은 연구의 필요성이 고조되고 있다.

우리나라어선은 일본어선과 관습적인 선형의 차이, 조수간만의 차이, 갯벌, 파도와 같은 해양환경의 차이, 그리고 어업의 종류 등이 다르기 때문에, 일본어선의 선형을 있는 그대로 참고하여 우리나라어선의 선형개선에 사용할 수는 없다. 하지만 우리나라어선과 일본어선의 선형적 차이점을 고려한 선형설계를 수행하여, 변화된 저항성능을 검토하고 국내의 어업환경조건에 만족여부를 확인함으로써, 저항성능이 보다 우수한 한국형 어선선형의 개발이 가능할 것이라 판단된다.

본 연구는 한국 저속 소형 연안어선과 일본어선의 선형적 특성을 서로 비교하고, 이를 통하여 우리나라어선 선형을 보정한 후 저항성능의 변화를 검토하여, 우리나라어선 선형에 대한 개략적인 선형개선 방향에 대하여 알아보하고자 한다.

2. 한국의 저속 소형 연안어선과 일본어선의 비교

2.1 연구 대상선형 선정

본 연구에서는, 연구대상의 선박을 선정함에 있어서 차인선(chine line)이 있는 한국과 일본의 대표적 어선을 선정하였다. 차인선형의 어선은 둥근 바닥 선형의 어선에 비하여 저항성능은 그리 좋지 못하나, 소형 조선소의 경우에 차인선형의 건조비가 약 30% 정도 더 절약됨과 함께 기타 성능의 차이는 별로 크지 않아(Lee and Lew 2004) 우리나라 연안에 대부분 분포하고 있다.

일본의 대상어선(Japanese fishing boat)으로는, 과거 어선 저항성능의 통계해석을 위한 자료로 사용되었었으며, 일본에서 가장 많이 분포되어 있는, 배수량 22.82톤의 차인선이 있는 소형 FRP 어선선형(Tsuchiya 1972)을 선정하였다.

한국의 대상어선(Korean fishing boat)으로는 국내 연안어선 중에 가장 많이 건조되어 오고 있는 총톤수 4.99톤, 배수량 13.19톤의 서해안 연안유자망 표준어선(Korea Ship Safety Technology Authority 1995)을 선정하였다. 현재 국내 연안에는 25knots 이상의 비교적 고속영역에 속하는 어선들도 상당수 존재하지만, 기존의 모형선, 실선자료 보유 상태, 25knots 이상의 속력에서 저항추진 성능이 급격히 저하될 수 있는 가능성도 고려하여(Lee and Oh 1997), 본 연구에서는 ‘저속 연안어선’을 대상선형으로 결정하였다. 여기서 ‘저속 연안어선’은 국내에서 많이 건조 또는 분포하는 어선들의 속력 범위 중에서 20knots 미만의 비교적 낮은 속력의 영역에 속하는 어선을 말한다.

2.2 주요 선형요소들을 이용한 저항성능의 비교

Table 1은 본 연구에서 대상어선으로 선정된 우리나라어선과 일본어선의 주요 선형요소들과 그것들에 의한 주요 비율(ratio)들을 나타낸 것이다. 두 선형의 비교 시 배수량을 맞춰주고자 상대적으로 배수량이 큰 일본어선을 우리나라어선의 배수량에 맞춰 축소 한 후에 그 선형과 우리나라어선의 선형을 비교 · 검토하도록 한다. 편의상, 앞으로 본문에서 언급되는 일본어선은 축소된 어선(Table 1의 Japanese-scale down(scale:1/1.2))을 의미한다. Table 1에서 우리나라어선과 일본어선을 비교하면, 우리나라어선이 상대적으로 배의 길이

Table 1 Comparison of the principle dimensions of the hull forms

Principle dimension	Korean fishing boat	Japanese fishing boat	Japanese-scale down (scale:1/1.2)	Minimal Resistance fishing boat
L_{WL} (m)	11.12	14.00	11.66	11.42
B(m)	2.86	3.10	2.58	2.82
B_c (m)	2.76	3.10	2.58	2.72
T(m)	0.676	0.88	0.733	0.66
Δ (ton)	13.19	22.82	13.19	12.82
∇ (m ³)	12.87	22.26	12.87	12.51
L_{CB} (%)	1.28	-0.14	-0.14	-1.13
WSA(m ²)	38.60	56.51	39.21	41.09
C_B	0.574	0.566	0.566	0.565
C_P	0.619	0.647	0.647	0.659
$L_{WL}/\nabla^{1/3}$	4.745	4.977	4.977	4.920
$B_c/\nabla^{1/3}$	1.178	1.102	1.102	1.172
B_c/T	4.083	3.523	3.523	4.096
Design speed (Knots)	15	-	-	15

(L_{WL})가 짧고, 흘수(T)가 깊으며, 폭(B)이 넓고 방형비척계수(C_B)가 크다. 따라서 이러한 차이에 의하면, 일반적으로 우리나라어선이 일본어선에 비하여 저항성능 측면에서 그다지 좋지 못할 것으로 예측 된다.

선형요소를 이용하여 우리나라어선과 일본어선의 저항성능을 각각 추정하고자, 일본어선 선형에 기초한 유효마력 추정프로그램 FISH202(Tsuchiya 1972, Lee 1984)와 한국어선의 특성에 맞는 유효마력 추정프로그램 FISH-K(Kang 2006, Lee et al. 2006)를 사용하였다. Fig. 1에서 프로그램을 이용한 유효마력의 추정결과들과 모형시험을 통하여 얻어진 유효마력들을 그래프로 나타내고 있다. 여기서 $F_{n\nabla}$ 은 정지 시 배수용적의 세제곱근을 이용한 Froude수를 나타낸다. FISH-K에 의한 우리나라어선의 추정 유효마력이 모형시험 값과 전 속력범위, 특히 설계속력($F_{n\nabla}=1.6$)에서 거의 일치함으로써 FISH-K의 정확성을 확인할 수 있다. 한편 일본어선의 모형시험을 수행한 결과 역시, FISH202에 의하여 추정된 값과 유사함을 보여 주었으며, 이로써 FISH-K나 FISH202에 의한 유효

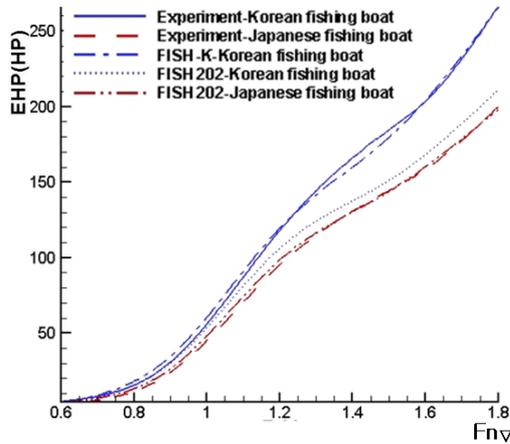


Fig. 1 Comparison of the EHP curves between the Korean and Japanese fishing boats

마력 추정 정도가 비교적 높은 신뢰도를 주고 있음을 확인하였다. 우리나라어선의 유효마력이 일본어선의 그것에 비하여 약 20% 큼으로써 상대적으로 우리나라어선의 저항능력이 좋지 못함을 확인하였다. 각각의 추정 프로그램을 통하여 추정된 우리나라어선과 일본어선의 유효마력 비교에 있어, 마력 추정에 사용되는 선형요소의 비율들은 비슷하나 추정된 유효마력에서는 크게 차이를 보이고 있다. 그러나 우리나라어선의 FISH202에 의한 유효마력 추정값은 일본어선의 추정 및 실험에 의한 값과 매우 근접하고 있어서, 우리나라어선과 일본어선의 저항능력을 비교함에 있어 유효마력의 추정에 사용된 선형요소의 비율들 외의 다른 선형적 특성의 검토가 요구됨을 예측할 수 있다.

2.3 모형시험

우리나라어선과 일본어선의 저항능력을 보다 자세히 파악하기 위하여 모형시험을 수행하였다. 각 선형들의 모형시험은 $F_n∇=0.4$ 에서 2.0까지에 걸쳐서 수행되었으며, 그에 따른 전저항계수(C_T), 잉여저항계수(C_R), 트림(Trim) 그리고 침하량(Sinkage)의 변화들이 비교되었다.

Fig. 2는 설계속력에서 우리나라어선과 일본어선의 모형시험 사진이다. 우리나라어선이 일으키는 파도 및 파고가 일본어선의 그것들 보다 더 큼을 확인할 수 있다. 우리나라어선과 비교하여, 일



(a) Korean fishing boat($F_n∇=1.6$)

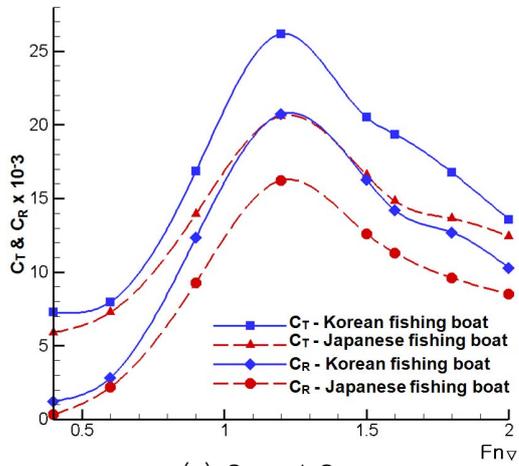


(b) Japanese fishing boat($F_n∇=1.6$)

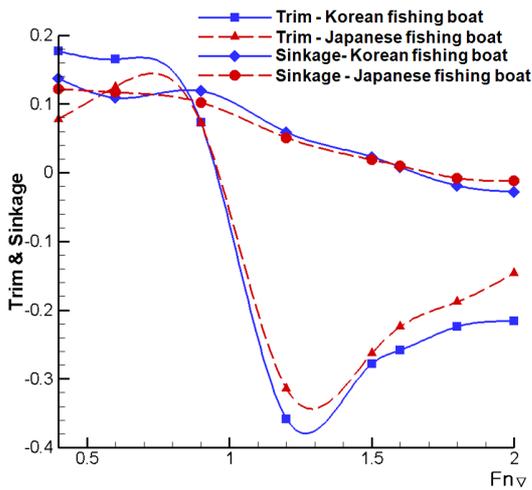
Fig. 2 Photographs of the Korean and Japanese fishing boat during the model test in towing tank

본어선의 경우 선수에서 발생하는 spray가 다소 감소하였다. 이러한 파형 차이의 결과는 Fig. 3(a)의 잉여저항계수에서 확인할 수 있다. Fig. 3(a)는 속력에 따른 전저항계수와 잉여저항계수를 나타낸 것이고, Fig. 3(b)는 트림과 침하량의 무차원 값($T \cdot g/V^2$, $S \cdot g/V^2$)을 나타낸 것이다. 우리나라어선의 전저항계수와 잉여저항계수는 각각 20%, 25% 정도 일본어선보다 크게 계속되었고, 침하 및 트림의 경향은 유사함을 보여주고 있다. 또한 $F_n∇=0.4$ 에서의 잉여저항계수를 보면, 저속영역이므로 조파저항이 거의 없거나 매우 작다고 볼 수 있으므로, 그림에서 보면 우리나라 어선과 일본어선 모두 형상저항이 그리 크지 않음을 알 수 있다. 따라서 설계속력에서는 저항성분들 중에서 형상저항보다 조파저항이 차지하는 부분이 대부분일 것으로 판단된다.

한편, 선행된 연구(Kang et al. 2007, Yu 2007)에서의 저항저감선(Table 1의 Minimal Resistance fishing boat, 참고문헌에서는 저항최소화 선형으로 표현됨)은 우리나라어선에 걸리는 저항을 감소



(a) C_T and C_R



(b) Trim and Sinkage

Fig. 3 Comparison of the model test results between the Korean and Japanese fishing boats

시킬 수 있도록, 선형요소들을 보정하여 선형설계를 수행한 것으로서, 모형시험을 통하여 얻어진 유효마력을 우리나라어선, 일본어선의 유효마력과 비교하면 Fig. 4와 같다. 여기서 저항저감선의 선형요소들은 우리나라어선보다 일본어선의 선형요소에 더욱 근접함을 Table 1에서 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 설계속력에서 저항저감선과 일본어선과의 유효마력 차이가 약 11% 발생한다.

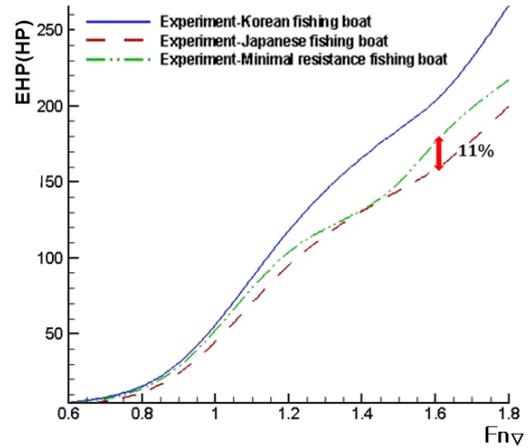


Fig. 4 Comparison of the EHP curves for the three hull forms by ship model test

이를 통하여 우리나라어선의 저항성능을 향상시키기 위해서는 선형요소들 외의 다른 선형적인 특성의 변화가 필요함을 확인할 수 있겠다.

2.4 선형의 비교

우리나라어선과 일본어선의 길이, 폭, 흘수, 방형비척계수 등과 같은 선형요소들 차이 외의 선형특성을 알아보하고자 두 어선의 선형을 직접 비교해 보았다. Fig. 5는 우리나라어선과 일본어선의 선도를 비교한 것이며, 이것을 통하여 가장 두드러지게 구분되는 차인선 형상, 용골 형상, 선미 길이 (stern length)에 따른 선형특성의 차이가 있음을 알 수 있다. 여기서 선미 길이라 함은 용골이 끝나는 위치에서부터 선미 profile과 설계흘수선이 만나는 점까지의 선체길이방향 거리로 정의한다.

Fig. 5(a)에 있는 두 어선의 정면도상에서 선수부 차인선의 형상을 비교해 보면, 우리나라어선은 각 스테이션(station)에서 차인의 폭이 넓은 반면 깊이가 깊지 못하며, 오목(concave)한 형상을 보인다. 반면 일본어선의 경우 차인선이 거의 직선(straight)이며, 선수수선 상에서 차인선의 끝이 설계흘수선과 만나는 형상을 보인다. 또한 용골 형상이 우리나라어선은 일본어선에 비하여 상대적으로 폭이 넓고, 깊이가 깊지 못한 경향을 보인다. Fig. 5(b)를 보면, 우리나라어선은 일본어선에 비

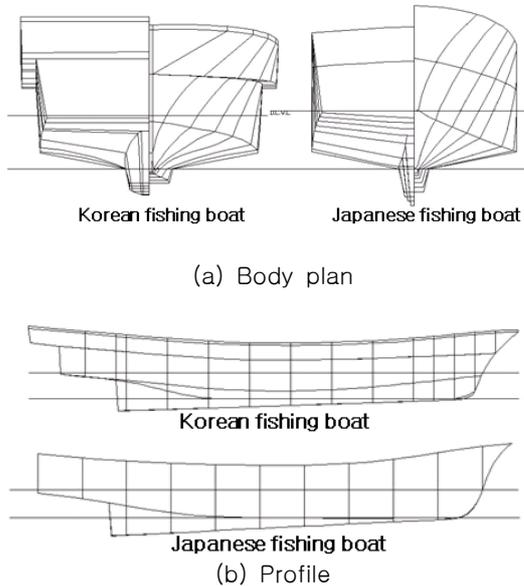


Fig. 5 Comparison of the hull forms between the Korean and Japanese fishing boats

해 선미 길이가 짧으며, 이와 같은 차이가 배의 길이에 영향을 미침을 알 수 있다.

따라서 우리나라어선과 일본어선이 큰 차이를 보이고 있는 위의 세 가지 선형특성들을 반영하여, 우리나라어선에 대한 선형특성의 보정을 수행한다.

3. 선형의 보정

우리나라어선과 일본어선과의 비교를 토대로 선형들의 차이를 보정하여, 어선의 저항성능 차이를 파악하고자 한다. 우리나라어선의 보정선형들에 대하여 Table 2에 보정된 부분에 따른 번호 (Modification case)를 붙여 나타내었다.

Fig. 6은 차인선 형상을 오목한 형상에서 직선의 형상으로 바뀌도록 보정한 것이며, 이때 차인선 형상의 변화에 따라 각 스테이션에서 차인의 폭이 좁아지고 깊이가 깊어지게 된다. 선수부의 차인선을 변화시킴으로써 기존의 선형보다 저항성능을 개선시키는 연구는 Lee et al.(2004)에 의하여 선행된 바가 있으나, 본 논문에서는 일본어선의 차인선 형상을 참고하여 변화시킴으로써 보다 구체적으로 저항성능 비교를 하고자 한다. 차인선

Table 2 The cases of the modification of the hull forms

Modification case	Part of modification
#1	chine line
#2	keel shape
#3	stern length
#4	chine line, keel shape and stern length

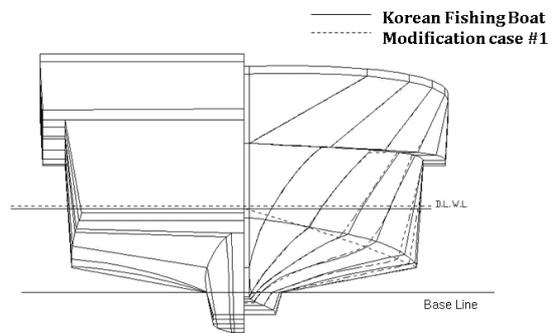


Fig. 6 Comparison of the body plans between the Korean fishing boat and the modification case #1

형상 변화에 따른 각 스테이션에서 차인의 폭과 깊이는 Kim and Lee(1984)의 선체 전반부 횡단면형상을 변화시키는 방법을 참고하여 수정하였다. 우리나라어선과 일본어선을 비교한 결과 선미부의 차인선 형상은 선수부에 비하여 거의 차이가 없어, 선미 차인의 폭과 깊이는 변화시키지 않았다.

Fig. 7은 일본어선의 용골과 같게 되도록 우리나라어선의 용골 형상을 보정한 경우로, 일본어선의 용골 형상을 그대로 우리나라어선의 용골 형상에 적용하여, 용골 폭을 좁히고 깊이를 깊게 보정하였다.

Fig. 8은 우리나라어선의 선미 선형을 일본어선에 근접하도록 선미 길이를 보정한 경우이다. 구체적으로 일본어선의 선미 길이가 우리나라어선보다 0.38m 길이 때문에 우리나라어선의 선미 길이를 이에 맞추어 길게 보정하였다.

선형 보정에 따라 발생하는 배수용적 차이는 선

체의 흘수를 낮추거나 높여주어, 보정 전 후 배수 용적에 변화가 없도록 하였다. Table 3은 보정에 따른 흘수 변화량 및 최종 흘수를 나타내고 있다.

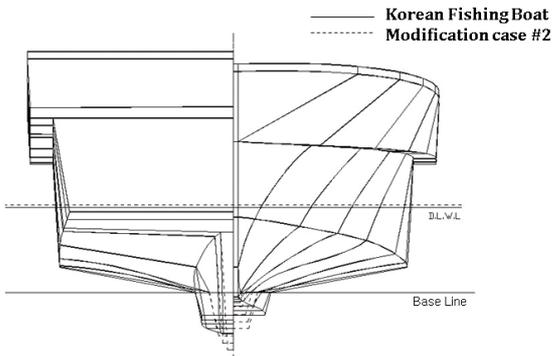


Fig. 7 Comparison of the body plans between the Korean fishing boat and the modification case #2

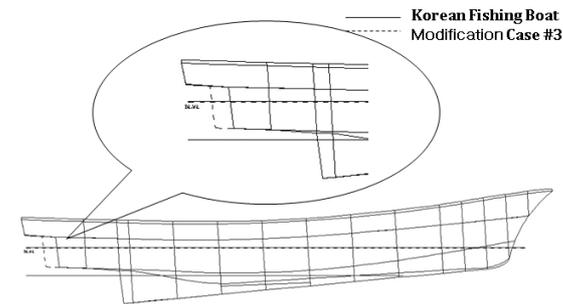


Fig. 8 Comparison of the profile plans between the Korean fishing boat and the modification case #3

Table 3 Differences of the parameters for the modification cases

	Case #1	Case #2	Case #3	Case #4
흘수 변화량(m)	0.017	0.02	-0.008	0.029
변화율(%)	2.5	3.0	-1.2	4.28
최종 흘수(m)	0.693	0.696	0.668	0.707

4. 저항성능 검증

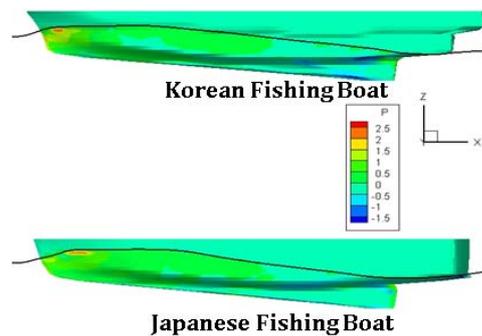
우리나라어선, 일본어선 그리고 보정 선형들에 대한 저항성능의 차이를 확인하기 위해, 수치계산을 수행하였다. 수치계산은 유한차분법(Finite Difference Method)의 하나인 MAC(Marker And Cell)법에 기초를 둔 선체주위의 유동을 계산하는 INHAWAVE(Cho et al. 1991, Kwon and Lee 2007)를 이용하였다.

우리나라어선의 설계속력에 맞춰 수치계산이 수행되었으며, 일본어선과 보정 선형들의 계산조건으로 침하량과 트림은 우리나라어선에 대한 모형 시험 시의 조건과 같게 하였다.

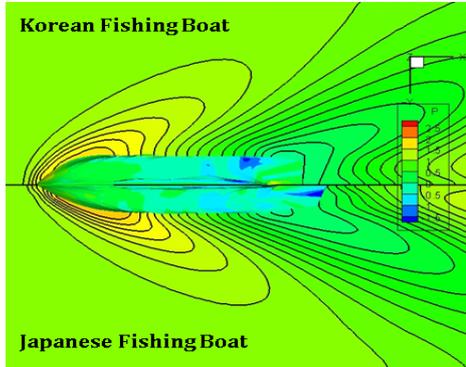
4.1 우리나라어선과 일본어선의 저항성능 검토

Fig. 9(a)는 우리나라어선과 일본어선의 선체측면의 파형과 선체표면 압력분포이며, Fig. 9(b)는 자유수면의 등파고선들을 비교한 것이다. 일본어선의 선수 파정의 위치가 우리나라어선에 비하여 뒤쪽으로 밀려나 있어, 선수부에서의 조파저항이 상대적으로 줄어든 것으로 예측할 수 있다.

수치계산의 시간에 따른 압력저항계수들의 변화를 Fig. 10에 나타내고 있다. 동일한 배수량 하에서 우리나라어선의 압력저항이 일본어선에 비하여 약 25%정도 높음을 확인할 수 있다. 2.3절의 Fig. 3에서와 같이, 모형시험을 통하여 확인된 우리나라어선과 일본어선의 저항성능 차이와 정성적으로 비슷함을 보이고 있다.



(a)Wave height profiles and pressure distributions



(b) Wave contours

Fig. 9 Comparison of the numerical simulation results between the Korean and Japanese fishing boats

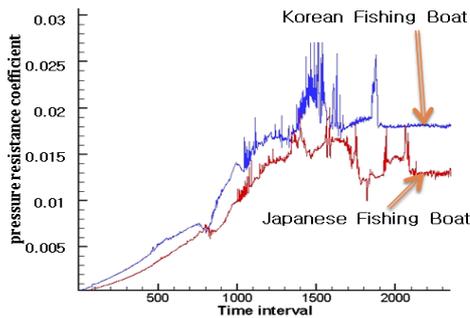


Fig. 10 Comparison of the pressure resistance coefficients between the Korean and Japanese fishing boats

4.2 차인선 형상이 보정된 선형의 저항성능 검토

Fig. 11은 우리나라어선과 차인선 형상을 보정한 선형의 선수부에서 받는 선체표면 압력분포를 나타낸 것이다. 보정된 선형은 정면도에서 보았을 때 차인선의 형상이 직선에 가깝게 변하면서 중앙에서 선수 쪽으로 갈수록 차인 폭이 더욱 좁아졌기 때문에, 그로 인하여 보정 전에 비해 높은 압력의 분포 영역이 선체 앞쪽에 집중되고, 그 면적은 줄어들게 된다. 이것은 선체 표면에 작용하는 압력의 적분값, 즉 압력저항이 줄어들 것임을 의미한다. 또한, Fig. 12(a)의 선수부 파형을 보면 우리나라선보다 보정선형의 파고가 상대적으로 뒤

에 위치함을 알 수 있고, Fig. 12(b)의 파고분포에 있어서 파고가 높은 부분의 면적이 우리나라어선보다 더 적음을 확인할 수 있다. 이러한 원인으로 인하여, 보정 선형이 우리나라어선에 비하여 약 19% 정도 압력저항이 감소되었음을 Fig. 13에서 확인할 수 있다.

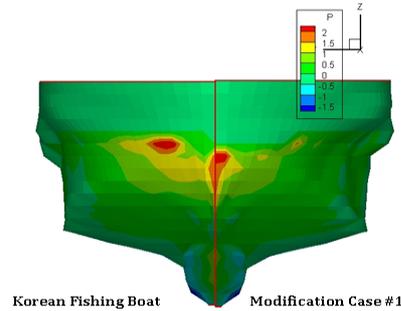
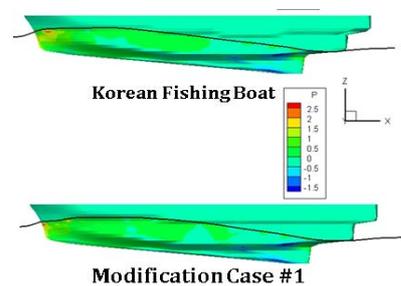
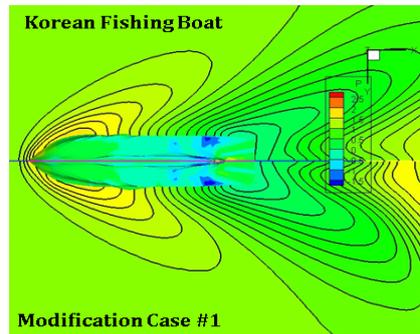


Fig. 11 Comparison of the pressure distributions between the Korean fishing boat and the modification case #1



(a) Wave height profile and pressure distributions



(b) Wave contours

Fig. 12 Comparison of the numerical simulation results between the Korean fishing boat and the modification case #1

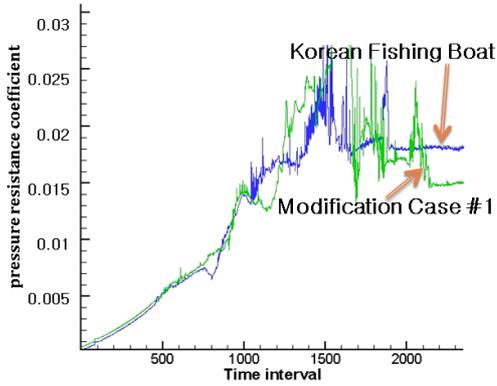


Fig. 13 Comparison of the pressure resistance coefficients between Korean fishing boat and modification case #1

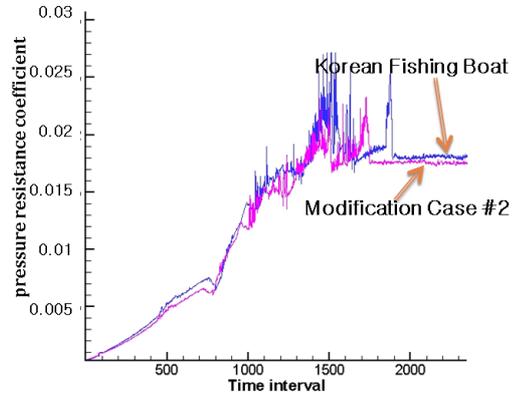


Fig. 15 Comparison of the pressure resistance coefficients between Korean fishing boat and modification case #2

4.3 용골 형상이 보정된 선형의 저항성능 검토

용골 형상을 보정한 선형은 보정 전과 비교하여, 선체 표면 압력분포와 파형 및 파고 분포 등은 거의 일치한다. 하지만, Fig. 14에서와 같이 선미부에서 선체 표면의 유선(streamline)을 보면, 보정 선형은 보정 전에 비하여 선미부에서 유선이 더 부드럽게 되어짐을 확인할 수 있다. 이로 인하여, Fig. 15에서 보여 지는 것과 같이, 보정 전에 비하여 약 4%의 압력저항 저감효과가 발생한 것이라 판단되어진다.

4.4 선미 길이가 보정된 선형의 저항성능 검토

선미 길이를 보정한 선형은 배수량이 동일한 채로 수면에서의 배 길이가 늘어났기 때문에, 보정 전에 비하여 저항성능이 좋아질 것으로 예측된다. Fig. 16(a)에서 보정 전에 비하여 보정 선형은 선미부 선체표면에서 약간의 자유표면 상승효과를 가져 왔으며, Fig. 16(b)에서 보여 지는 것과 같이 유선들도 더욱 부드럽게 개선되었음을 확인할 수 있다. 이로 인하여, 보정 전에 비하여 보정 선형의 압력저항이 약 4%정도 감소하는 효과가 발생함을 Fig. 17에서 확인할 수 있다.

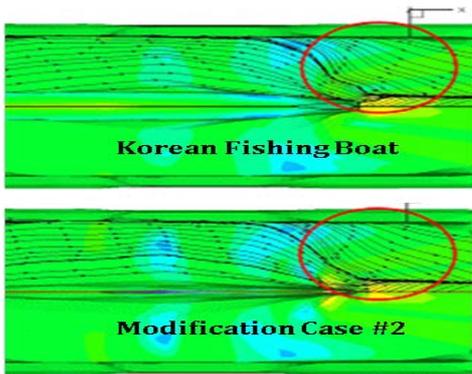
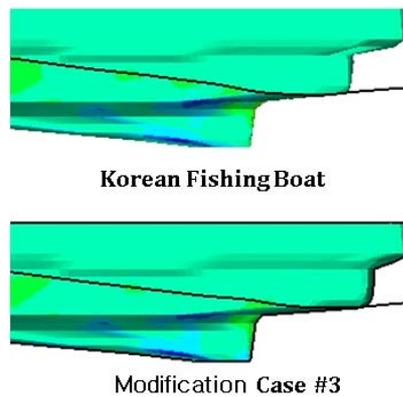
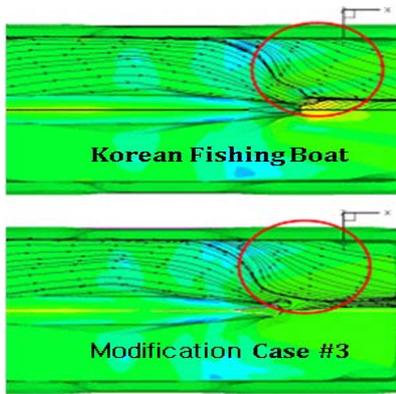


Fig. 14 Comparison of the streamlines near stern between the Korean fishing boat and the modification case #2



(a) Wave height profile



(b) Limited streamlines

Fig. 16 Comparison of the numerical simulation results between the Korean fishing boat and the modification case #3

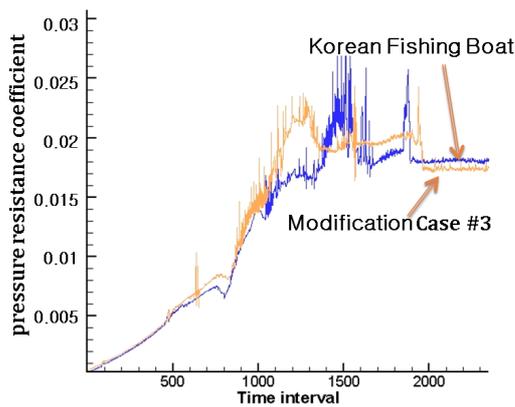


Fig. 17 Comparison of the pressure resistance coefficients between the Korean fishing boat and modification case #3

4.5 세 가지 선형특성이 동시에 보정된 선형의 저항성능 검토

세 가지 선형 특성 차이를 모두 적용하여 보정된 선형의 경우, 선체 표면 압력분포(Fig. 18)를 보면, 차인선 형상만을 보정한 선형과 비슷한 경향을 보인다. 즉 높은 압력의 분포 영역이 선체앞 쪽에 집중되고 면적은 줄어들었다. 또한 선체 주위의 등파고선도를 비교한 그림(Fig. 19)을 보면, 보정 후의 선수부 차인 폭이 좁아짐에 따라, 보정

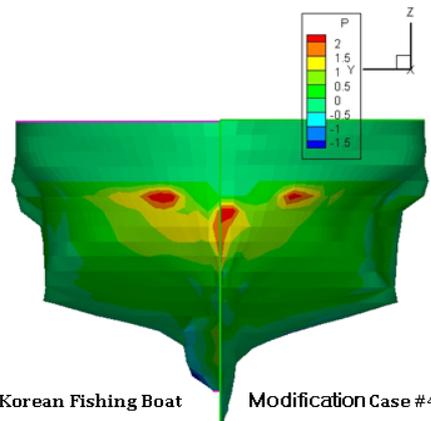


Fig. 18 Comparison of the pressure distributions between the Korean fishing boat and the modification case #4

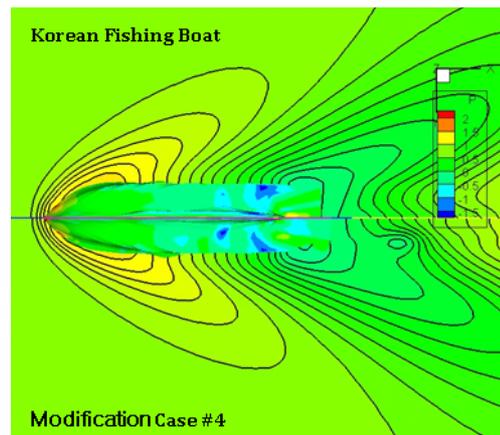


Fig. 19 Comparison of the wave height contours between the Korean fishing boat and modification case #4

전에 비하여 항주 시 선수부에서 파를 적게 생성하며, 파의 발산각도가 작아졌음을 알 수 있다.

Fig. 20에서 보여 지는 것과 같이, 보정 선형의 경우 약 19%의 압력저항 저감효과가 나타난다. 압력저항이 감소된 요인은 차인선 형상이 보정된 선형의 경우와 같을 것으로 판단되며, 용골과 선미 길이에 의한 영향은 크지 않을 것으로 예측된다. 실제로 용골 형상이나 선미 길이만이 각각 보정된 선형의 경우 저항감소 효과가 크지 않기 때

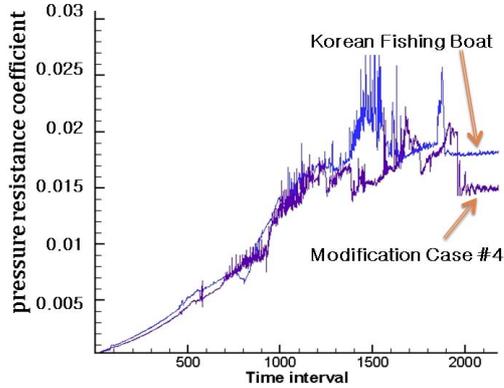


Fig. 20 Comparison of the pressure resistance coefficients between the Korean fishing boat and the modification case #4

문에, 세 가지 경우를 동시에 적용한 경우에도 이들의 영향이 크지 않은 것으로 생각된다. 또한 세 가지 선형특성을 원래의 선형과 같은 흘수를 유지하면서 보정한 경우는 우리나라어선보다 배수용적이 0.73m³ 줄어들어, 보정 선형에 대해서는 우리나라어선과 배수용적을 같게 하기 위하여 흘수를 0.029m 높여 주었다. 이로 인하여 선수부의 파고가 높아져서 용골과 선미 길이 보정에 따른 저항 감소효과를 상쇄시켰을 것으로 생각된다.

4.6 우리나라어선, 일본어선, 보정 선형들의 저항성능 비교

우리나라어선과 일본어선 그리고 보정 선형들의 저항성능을 비교·정리하였다. 각 선형들의 압력저항계수, 우리나라어선을 기준으로 한 압력저항 감소율과 전저항 감소율(추정)을 Table 4에 나타내었으며, Fig. 21에서 압력저항과 전저항에 대한 상대적인 비교를 보여주고 있다. 설계속력에서 전저항의 70%이상을 압력저항이 차지한다고 가정하여 전저항 감소율을 추정하였으며, 이는 우리나라어선과 일본어선의 모형시험 결과를 통하여 유추하였다. 따라서 우리나라어선의 선형특성을 보정한 경우, 압력저항이 최대 19% 감소함에 따라 전저항은 15%이상 감소할 것으로 예측된다.

Table 4 Comparison of the resistance performances for hull forms

	압력저항 계수값	압력저항 감소율(%)	전저항 감소율(추정, %)
Korean fishing boat	0.0180	-	-
Japanese fishing boat	0.0135	25	20
Modification case #1	0.0145	19	15.2
Modification case #2	0.0173	4	3.2
Modification case #3	0.0173	4	3.2
Modification case #4	0.0145	19	15.2

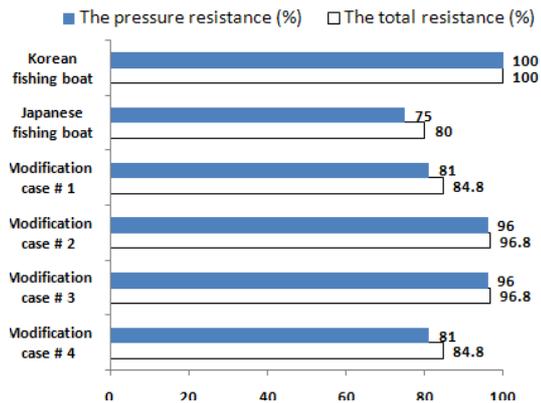


Fig. 21 Comparison of the pressure and total resistance between the Korean fishing boat and the others

5. 보정선형들의 기타성능 검토

보정된 선형들은 우리나라의 복원성 기준, 선박 안전법, 조업성, 관습 및 기타 환경적 요인에 적합한지 검토되어야 할 것이다.

우리나라어선과 보정 선형들과 같은 차인선형은 둥근 바닥형보다 저항추진 성능이 다소 떨어지나, 복원성이나 조업성 등의 측면에서는 유리한 면이 있다. 또한 어민들이 오래전부터 이 선형에 익숙해 있고, 특히 넓은 갑판면적과 우수한 복원성의 장점으로 아직도 많은 어민들이 선호하고 있는 실

정이다(Lee and Oh 1997).

복원성 및 안정성을 알아보기 위하여 GoM(횡 메타센터), 한계 경사각 등을 직접 계산해야 하는데, G/T 5톤 미만 어선의 경우 '소형여객선기준'을 적용받아 별도로 만들어진 조건식에 의하여 승선인원을 한정하는 방법으로 복원성평가를 대체하였다(Kang 2006). 본 연구에서는 선형요소를 보정한 것이 아니므로, 조건식을 통한 보정선형들에 대한 복원성 평가는 대상선과 크게 차이가 없음을 예측할 수 있다.

또한 Kwon and Lee(2007)에 의하여 선박길이 24미터 미만에 속하는 한국의 저속 소형 연안어선인 경우, GoM은 0.35m 또는 식(3)에 의한 값 중 큰 값 이상이어야 한다.

$$G_0M \geq 0.117B \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + \left[1.773 \left(\frac{T}{D} \right)^2 - 2.646 \frac{T}{D} + 1.016 \right] B \quad (1)$$

보정 선형들의 선형요소를 식(1)의 우변에 대입하여 얻어진 값들은 0.35m보다 작아, 보정 선형들은 0.35m 이상의 GoM값이 요구된다. 우리나라 어선의 보정 전 GoM값은 0.67m이며, 보정 선형들이 우리나라어선의 선형요소가 아닌 선형특성만을 보정하였기 때문에, 보정 선형들의 GoM값이 보정 전과 크게 다르지 않을 것이라 예측된다. 보정 전의 GoM값은 위의 복원성 기준 보다 상당히 큰 수치이므로, 보정 선형들 역시 복원성에 문제가 없을 것이라 판단된다.

조업성 측면에서는 속력, 조종성, 내항성, 항행범위 등 고려해야 할 사항들이 여러 가지이다. Kang(2006)의 연구를 참고하여, 내항성을 중심으로 조업성을 검토해 보도록 한다. 내항성은 파도의 파장과 배의 선형요소와 관계를 갖게 되는데, 파장이 배의 크기에 비하여 비교적 상대적으로 길면 선박은 파면과 같이 움직이게 되어 움직임이 커지고, 파장이 매우 짧아지면 배의 움직임이 거의 없어지게 된다. 이것은 선박의 길이 등에 대한 상대적인 파장의 길이에 따라 변하는 것이기 때문에 선박의 톤수가 같더라도 길이가 긴 선박이 내항 성능에서 유리하다. 길이가 같은 경우는 뚝뚝

한 선박이 유리한데 이는 파랑하중과 관련되어 있다. 이러한 것들을 계수화 하여 정리한 것에 Seakeeping index가 있다. 본 연구에서는 Andrew and Liu(1992)의 Seakeeping에 대한 회귀해석 식을 활용하였다.

회귀해석 식은 아래와 같으며 heave와 pitch의 움직임에 한하여 일반적인 선형에 적용 가능하고, 두 가지 움직임에 대하여 상대적인 자료로서 활용 가능하며, Rf값이 클수록 두 가지 움직임이 안정적인 것으로 알려져 있다.

$$R_f = -11.624 + 111.409C_b^4 + 5.042LCB - 20.064C_{\text{sw}} - 3.236L/B + 1.743L/T - 5.663LCF \quad (2)$$

여기서, Rf : Seakeeping Index

Cw : Waterplane coefficient

LCF : Longitudinal center of Floatation

(Fwd. $L_{WL}/2$, LCF(x)/ $L_{WL} \times 100$)

위의 회귀해석 식(Andrew and Liu)에 의하여, 본 연구의 우리나라어선과 유사한 선형들의 Rf값은 17.4에서 52.2에 걸친 값들을 보이고 있으며, 보정 선형들은 29.9에서 30에 걸친 값들을 보이고 있다. 보정 선형들의 Rf의 값은 비교적 평균적인 범위에 속하는 것으로, 이를 통하여 보정 선형들의 내항성에도 문제가 없을 것으로 판단되어진다.

6. 결 론

우리나라 저속 소형 연안어선의 저항성능을 향상시키고자 일본어선과의 비교를 통하여 선형을 보정하였고, 수치시뮬레이션을 수행하여 변화된 저항성능을 검토하였다. 이하 그 과정과 결론을 요약하였다.

1. 우리나라 저속 소형 연안어선의 저항성능을 향상시키기 위해 주요 선형요소를 보정하는 방법이 선행되었으나, 더 높은 저항성능 향상을 위해서는 선형특성도 보정되어야 한다.
2. 우리나라어선이 일본어선과 선형특성의 차이가 큰 부분은 차인선 형상, 용골 형상, 선미

길이이다. 이 특성들에 대해 보정한 후 저항 성능의 변화를 검토한 결과, 선수부 차인선 형상을 보정한 경우가 19% 정도의 가장 큰 압력저항 감소효과를 볼 수 있었다. 우리나라 라어선의 용골 형상과 선미 길이를 보정한 경우 각각 약 4%의 압력저항감소를 확인할 수 있어, 차인선 형상을 보정한 경우에 비하여 그 영향이 미미하며, 3가지 경우를 동시에 보정한 경우에도 그 효과들이 별로 크지 않음을 알 수 있었다.

3. 보정선형들의 모형시험을 통하여 저항성능에 관한 정도 높은 검토가 필요하며, 또한 수치 계산 결과와 비교해 볼 필요가 있다. 또한, 최근 20knots 이상의 비교적 고속영역의 어선이 많이 건조되는 추세이므로, 이러한 속력 범위의 대표적인 선형을 선정하여 선형특성의 보정을 통한 저항성능의 변화를 확인할 필요가 있다. 그리고 선행연구에서 우리나라어선의 선형요소들을 보정함으로써 저항성능 향상 효과를 얻은 저항저감선형에 선형특성의 보정을 추가함으로써 보다 큰 저항성능의 향상을 기대해 본다.
4. 선형의 보정으로 저항성능이 향상된 어선이 한국의 어업환경과 복원성, 안전성, 조업성 등의 요건에 만족할 수 있는지의 여부에 대하여 좀 더 연구를 진행한다면, 본 연구의 선형 보정 방법이 저항성능이 우수한 한국형 소형 연안 어선의 설계에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

이 논문은 2008학년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류 연구비 지원에 의한 것이다.

참 고 문 헌

- Andrew, Z. and Liu, S.J. 1992 "Optimization of hull form for seakeeping performance," The Fifth International Symposium on Practical Design of Ship and Mobil Units.
- Cho, J.H., Park, C.H., Back, Y-S. and Kang, B.Y., 2002, "A Study on The Hull Form Development Plan of Multi-purpose Coastal Small Ship," Proceeding of the Annual Spring Meeting, KSOE, pp. 237-242.
- Cho, K.J., Lee, K.H. and Lee, Y.G., 1991, "A Numerical Simulation of Ship Waves by Finite Difference Method," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 28, No. 2, pp. 77-94.
- Kang, D.S., 2006, "A Study on the Estimation of Effective Horsepower and a Design Method of Hull Form with Minimal Resistance for Korean Small Fishing Vessels," A doctoral dissertation, Graduate school of Inha University.
- Kang, D.S., Yu, J.W. and Lee, Y.G., 2007, "A Study on the Hull Form Design with Minimum Resistance for Domestic Coastal Fishing Boats," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 4, pp. 349-359.
- Kim, H.C. and Lee, Y.G., 1984, Research on the modernization of small fishing boats, KIMM.
- Korea Ship Safety Technology Authority, 1995, "A STUDY FOR THE DEVELOPMENT OF STANDARD FISHING VESSEL(III)," 1995, MARITIME AFFAIRS & PORT OFFICE.
- Kwon, S.Y. and Lee, H.J., 2007, "A Study on the Stability Criteria of Small Vessels," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 3, pp. 189-197.
- Lee, D.H. and Lew, J.M., 2004, "A Study on the Characteristics of Hull Form of Small Fishing Boat," Proceeding of the Annual Spring Meeting, SNAK, pp. 72-77.
- Lee, D.H., Lew, J-M., Kim, B.M., Kim, M.H., Yang, Y.H. and Lee, S.Y., 2004, "Improvement of Hull Form of a Small Fishing Boat and Development of Three-Dimensional Digital Mock-Up," Proceeding of the Annual Spring Meeting, SNAK, pp. 72-77.

Meeting, SNAK, pp. 1-5.

- Lee, K.J. and Oh, H.T., 1997, "A Study on the development of resistance and pitching improving device for high speed fishing vessel," Bulletin of the Korean Society of Ocean Engineers, Vol. 11, No. 3, pp. 89-94.
- Lee, Y.G., 1984, "A Study on the EHP Estimation and Design Procedure of Small Fishing Boat's Hull Form," Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 21, No. 3, pp. 1-10.
- Lee, Y.G., Yu, J.W., Kim, K.S. and Kang, D.S., 2006, "A Study on the Effective Horsepower Estimation for Domestic Coastal Fishing Vessels," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 43, No. 3, pp. 313-321.
- Park, G.O., Kim, D.J., Park, J.H. and Choi, B.M., 2005, "A Study on the Performance of the Traditional Korean Fishing Boats from the View Point of Modern Sailing Boat Design," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 1, pp. 50-56.
- Park, K.S., 2007, "A trend of the marine products(written by Korean)," Korea Maritime Institute, No. 1247, pp. 1-7.
- Tsuchiya, T., 1972, "New Statical Regression Analysis for Fishing Boat Hull Resistance," Journal of Soc. Nav. Architects of Japan, Vol. 132, pp. 63-80.

- Yu, J.W., 2007, "An analysis on the resistance performance of minimal resistance hull form for a fishing boat," A master's dissertation, Graduate school of Inha University.
- Yu, J.W. and Lee, Y.G., 2008, "A Study on the Bow Wave Characteristics for the Resistance-Minimized Hull Form of Small Fishng Boat," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 45, No. 2, pp. 124-131.



< 지 현 우 >



< 이 영 길 >



< 강 대 선 >



< 하 윤 진 >



< 최 영 찬 >



< 유 진 원 >