

## CFD에 의한 어선 선체 부가물의 저항성능 평가

박동우\*

\* 동명대학교 조선해양공학부

Assessment of the Resistance Performance  
of Hull Appendages Attached to Fishing Vessels Using CFD

Dong-Woo Park\*\*

\* School of Naval Architecture &amp; Ocean Engineering, Tongmyong University, Busan 48520, Korea

**요 약** : 연·근해어선들은 운항 또는 조업시 안정성(복원성능 및 횡동요 저감 성능)을 향상시키기 위해 여러 가지 부가물을 설치하며, 일반적으로 Fig. 1과 같이 세 가지로 분류할 수 있다. Bare hull을 포함하여 각 부가물이 단독으로 부착된 경우 3가지, 복수의 조합으로 부착된 경우 3가지 그리고 3가지 모두 부착된 1가지에 대하여 수치 계산을 수행하였다. Table 1은 Bare hull에 대한 주요치수를 나타낸 것이고, Table 2는 3가지 부가물에 대한 주요치수를 기술하였다. 3가지 선체 부가물에 대하여 CFD에 의한 유체동역학적 성능을 평가하였다. 각각의 부가물에 대하여 단독, 2개씩 조합된 복수 그리고 3개 모두 부착된 경우에 대하여 평가를 하였다. 1번 부가물의 경우 압력저항이 마찰저항보다 차지하는 비율이 큼을 알 수 있었다. 2번과 3번 부가물의 경우 압력저항과 마찰저항이 거의 대동소이 함을 알 수 있었다. 복수조합과 3가지 모두 부착된 경우 부가물 상호간의 상관관계는 매우 작음을 알 수 있었다. 11노트에서 2번 부가물과 모든 부가물이 부착된 경우 유효마력 관점에서 약 9% 차이를 보였다.

**핵심용어** : 어선, 선체 부가물, 부가물 모델링, 저항성능, 전산유체역학, 유효마력

**Abstract** : A variety of appendages are attached to coastal and offshore fishing boats to improve stability during navigation or fishing operations (stability performance and roll reduction). These appendages are generally classified into three types, which are shown in Fig. 1. The numerical calculations were conducted for the following eight cases: one case of a bare hull, three cases where a single appendage attached, three cases of a pair of appendages attached, and one case where all three appendages were attached. Table 1 presents the main dimensions of the bare hull and Table 2 describes the main dimensions of the three appendages. The fluid dynamic performance with regard to the three hull appendages was evaluated via CFD for the following cases: each of the appendages attached independently, a pair of appendages attached, and all three appendages attached simultaneously. The No. 1 appendage showed that pressure resistance was proportionally greater than friction resistances. Both Nos. 2 and 3 appendages showed comparable levels of pressure and friction resistances. The correlation between appendages was minimal in the case of pairs and . Comparing the cases of the No. 2 appendage attached and all appendages attached, at 11 kn, the EHP showed an difference of 9%.

**Key Words** : Fishing vessel, Hull appendages, Appendage modeling, Resistance performance, CFD, Effective horse power

## 1. 서 론

소형 어선 및 낚시·레저어선은 해역별 용도에 따라 다양한 선체 부가물을 부착하여 운항하고 있으며, 부가물에 대한 유체동역학적 성능 확인을 거치지 않고 주관적 경험에 의존하여 부가물을 부착하고 있다.

연·근해어선들은 운항 또는 조업시 안정성을 향상시키기

위해 여러 가지 부가물을 설치하며, 일반적으로 Fig. 1과 같이 세 가지로 분류할 수 있다. 선측 부력통(Fig. 1의 No.1 Appendage)의 경우 선박의 횡경사시 부력 증가로 인해 선박의 급격한 기울기 증가를 방지하고 빌지킬(Fig. 1의 No.2 Appendage)과 선저킬(Fig. 1의 No.3 Appendage)의 경우 횡동요 저감과 운항성을 개선시키기 위해 부착한다고 알려져 있다. 그러나 이들 부가물에 대하여 유체동역학적 성능 검증은 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 총톤수 3톤 급 어선을 대상으로 수행하였

† dwpark@tu.ac.kr, 051-629-1654

다. 총 톤수 5톤 미만은 국내 약 55,000척이며, 이 중 2톤 미만을 제외한 운항 척수의 분포를 보면 2톤 이상~3톤 미만은 약 7,700척, 3톤 이상~4톤 미만은 약 4,500척 그리고 4톤 이상~5톤 미만은 약 6,000척이다. 그리고 2.5톤 급부터 3.99톤 급의 어선 척수 분포를 살펴보면 2.99톤 급 어선이 가장 많은 것으로 확인되었다.

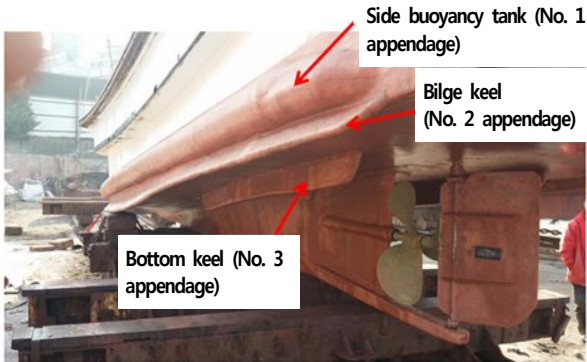


Fig. 1. Examples of various hull appendages attached to fishing vessels.

본 논문의 관심사항은 다음과 같다. 첫째, 각각의 부가물이 전체 저항에 얼마의 양을 차지하는지 그리고 그 양이 생각했던 양만큼 인지를 파악하는 것이다. 둘째, 각 부가물의 총 저항 중 압력저항과 마찰저항 성분이 차지하는 비율이 얼마인지를 분석하는 것이다. 셋째, 부가물 서로 간에 어느 정도의 저항을 주고받는지 그 상관관계를 파악해 보는 것이다. 이러한 결과는 각각의 부가물 설계 단계에서 형상을 고려하여 압력저항을 제어해야 하는지 아니면 형상의 크기 등을 고려하여 마찰저항을 제어해야 하는지 등의 방향성 제시에 활용 가능할 것이다. 이런 분야에 관하여 체계적으로 분석한 연구결과는 현재 없는 실정이다. Lee et al.(2006)은 소형 레저 어선을 대상으로 모형시험과 수치해석을 통해 7톤급 삼동선형에 대하여 검토하였다. Yu et al.(2011)은 9.77톤 규모의 낚시 어선을 대상으로 12.86m/s(25노트)에서 저항성능을 개선하는 선형 개발에 대한 연구를 수행한 바 있다. Lee et al.(2013)는 국내 연안어선 주요제원 변화에 대한 조사에 따라 소형어선의 성능 평가를 수행한 바 있다. Jeong et al.(2015)은 5톤 급 쌍동형 연안어선을 대상으로 저항성능을 개선하는 선형 개발에 대한 연구를 수행한 바 있다. Kim et al.(2017)은 수치해석과 수조모형시험을 통해 소형어선의 선형설계에 대한 연구를 수행하였다.

본 관심사항의 파악을 위해서 상용 CFD 코드인 STAR-CCM+를 사용하여 3가지 선체부가물의 저항성능을 평가하였다. Bare hull을 포함하여 각 부가물이 단독으로 부착된 경우 3가지, 복수의 조합으로 부착된 경우 3가지 그리고 3가지 모두 부착된 1가지에 대하여 수치해석을 수행하였다.

## 2. 대상선박 및 선체 부가물

대상선박은 Fig. 2의 3톤급 어선이며 Bare hull과 선체부가물의 주요제원은 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 선체 부가물은 실태조사를 바탕으로 형상 및 치수를 결정하여 재현하였다. Table 1의 운항흘수를 보면 선수는 0.35m 그리고 선미는 0.53 m로 선미트림인 상태이고 주 운항선속은 11.0 노트이다. Table 2에서  $L_{Append.}$ ,  $B_{Append.}$  그리고  $T_{Append.}$ 는 각 부가물의 길이, 폭 그리고 높이(2번 부가물은 두께를 나타냄)를 나타낸다.

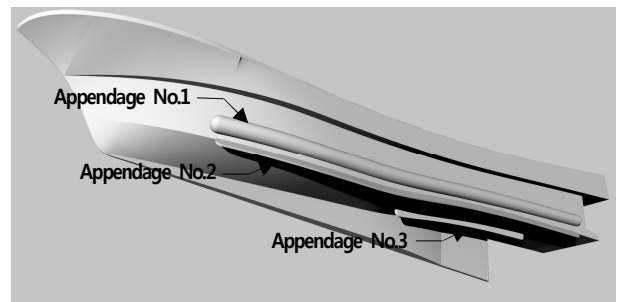


Fig. 2. Three appendages attached to fishing vessels.

Table 1. Main dimensions of the bare hull

	operating condition
Length between perpendiculars, $L_{PP}$ (m)	9.46
Breadth, B (m)	2.87
Draft at F.P.&A.P, $T_F/T_A$ (m)	0.35/0.53
Displacement ( $m^3$ )	10.7
Wetted surface area, $W_{SA}$ ( $m^2$ )	42.0
Position of longitudinal center of buoyance from mid-ship, $L_{CB}$ (m)	-1.306
Center of buoyancy above base line, $V_{CB}$ (m)	0.232
Design speed (knots)	11.0
Froude number ( $F_N$ )	

Table 2. Main dimensions of the three appendages


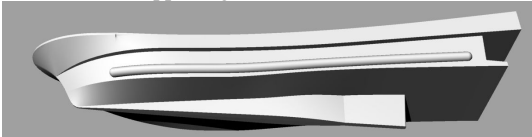


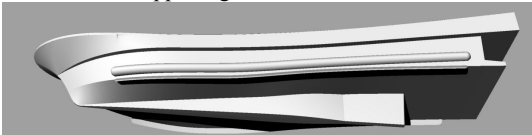
	Appendage No.1	Appendage No.2	Appendage No.3
$L_{Append.}$	8,820	8,500	3,800
$B_{Append.}$	0.160	0.150	0.060
$T_{Append.}$	0.250	0.025	0.170
Displacement ( $m^3$ )	0.53751	0.08125	0.07674
Wetted surface area, $W_{SA}$ ( $m^2$ )	7.873	5.470	3.068

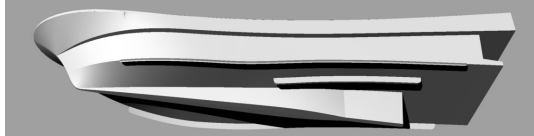
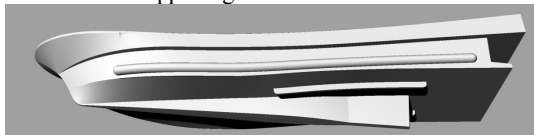
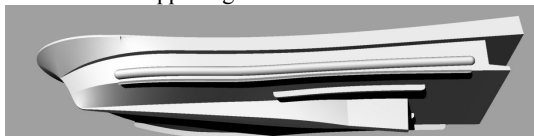
### 3. 수행내용

Fig. 1을 보면 부가물이 부착되지 않은 Bare hull, 각각의 부가물을 독립적으로 부착한 경우, 부가물을 2개씩 쌍으로 부착한 경우 그리고 세 가지 부가물을 모두 부착한 경우인 총 8가지에 대하여 수치해석을 수행하였다. 해석조건은 Table 3에 나타내었다.

관심내용은 다음과 같다. 첫째, 각각의 부가물이 전체 저항에 얼마의 양을 차지하는지 그리고 그 양이 생각했던 양만큼 인지를 파악하는 것이다. 둘째, 각 부가물의 총 저항 중 압력저항과 마찰저항 성분이 차지하는 비율이 얼마인지를 분석하는 것이다. 셋째, 부가물 서로 간에 어느 정도의 저항을 주고받는지 그리고 부가물 간의 상관관계를 파악해 보는 것이다. 넷째, 이러한 결과 바탕으로 각각의 부가물 설계 단계에서 압력저항을 제어해야 하는지 아니면 마찰저항을 제어해야 하는지 등의 방향성을 제시하는 것이다.

Table 3. Modeling of bare hull and appendages

No.	Condition
①	Bare hull 
②	Bare hull+w/ Appendage No.1 
③	Bare hull+w/ Appendage No.2 
④	Bare hull+w/ Appendage No.3 
⑤	Bare hull+w/ Appendage No.1+No.2 

No.	Condition
⑥	Bare hull+w/ Appendage No.2+No.3 
⑦	Bare hull+w/ Appendage No.1+No.3 
⑧	Bare hull+w/ Appendage No.1+No.2+No.3 

### 4. 수치기법

Table 3의 8가지의 저항성능 해석을 위해서 상용 점성 CFD 코드인 STAR-CCM+을 사용하였다. 본 내용에 사용된 수치기법의 상세한 내용은 Park et al.(2013), Park and Yoon (2014), Kim et al.(2016)을 참조하였다.

본 계산을 위하여 적용된 좌표계 및 계산영역은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 유동방향이 양(+)의 x축이고 선박의 우현이 양의 y축이며 중력의 반대방향이 양의 z축으로 하는 직교 우수 좌표계를 사용하였다. 좌표계의 원점은 선체 중심면과 중앙면 그리고 자유 수면(free surface)이 만나는 점에 위치한다. 계산 영역은 원점에서 선수부 방향으로  $1.0L_{pp}$ , 선미부 방향으로  $1.5L_{pp}$ 이며 폭 방향으로  $1.0L_{pp}$ 이다. 자유 수면에서 수심 깊이는  $1.2L_{pp}$ 이며, 공기에 해당하는 영역의 높이는  $0.8L_{pp}$ 이다.

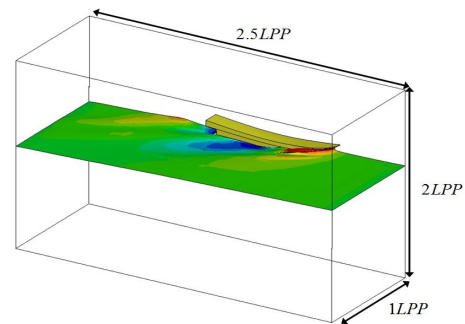


Fig. 3. Numerical area and coordinate system.

유동의 지배방정식인 연속방정식과 운동량 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

여기서  $U_i(i=1, 2, 3)$ 는 각 방향의 속도 성분이다. 비압축성 난류유동에 대한 운동량 방정식인 Reynolds averaged Navier-Stokes 식은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{1}{R_N} \frac{\partial U_i}{\partial x_i} - \overline{u_i u_i} \right) \quad (2)$$

여기서  $p$ 는 정압,  $R_N$ 은 레이놀즈 수이며,  $-\overline{u_i u_i}$ 은 레이놀즈 응력이다. 레이놀즈 응력에 대한 난류 종결(turbulent closure)을 위해 Reynolds stress model을 사용하였다.

선체표면 및 공간격자 생성은 STAR-CCM+에 제공하는 트리머(trimmed mesh)와 경계층 격자(prism layer)를 사용하였다. 생성된 전체 격자수는 약 160만개로써 격자의 구성은 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보듯이 트리머는 유동 특성이 복잡한 영역에서 격자를 조밀하게 구성한다. 단순한 영역에서 격자의 크기를 크게 설정하는 방법으로 전체 격자 수를 감소시킬 수 있으며 격자가 다면체(polyhedron)인 특성을 지닌다. 트리머에 따라 만들어진 다면체 격자에서는 물리량의 공간 구배(spatial gradient)를 계산함에 있어 2차 정확도를 위해 최소 차승법(least square method)을 사용해야 하며, 격자 수준이 변하는 영역에서 격자의 면을 통과하는 플럭스(flux)를 내삽할 때 공간 차분 정도가 감소하는 단점이 있다. 따라서 전단력이 중요하게 작용하는 벽면 근처에서 트리머를 적용할 경우 저항 값에서 오차가 크게 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 선체 주변에 경계층 격자를 적용하였다. 총 6개의 경계층 격자를 생성하였으며, 첫 번째 경계층 격자는 선체 전체의  $y+$  평균값이 30 ~ 40이 되도록 하고 벽함수(wall function)를 사용하였다. 양질의 경계층 격자를 생성하기 위해 선체 갑판부에는 경계층 격자를 적용하지 않았으나, 갑판에 작용하는 힘은 공기에 의한 전단력으로 전체 저항에서 무시할 수 있는 수준이다. 갑판에 경계층을 생성한 경우와 생성하지 않은 경우의 힘의 차이는 전체 저항 값의 0.1% 미만이다.

Yang et al.(2010)은 모형선과 실선 스케일의 저항 추정과 반류분포 등에 대한 차이를 확인하기 위해 난류 유동장에 대한 수치계산을 수행하였다.

자유 수면을 고려하기 위해 VOF(volume of fluid)를 사용하여 다상 유동을 모델링 하였다. 유동장 계산은 동적 트림을 고려하기 위해 STAR-CCM+에서 제공하는 DFBI (Dynamic

Fluid Body Interaction) 기법을 적용하였다. DFBI 기법은 선체의 자세 변화에 따라 계산 영역 전체가 이동 및 회전하는 방법으로, 선체의 침하량(sinkage)은 계산 영역 전체의  $z$  방향 수직 이동으로 나타나며 트림은 계산 영역 전체의  $y$  방향 회전으로 나타난다. 계산 시간 간격(time interval)은  $\Delta t=0.02$ 를 적용하여 총 90초까지 계산을 수행하였다. 매 시간 간격에서 5회의 내부 계산을 반복하였다.

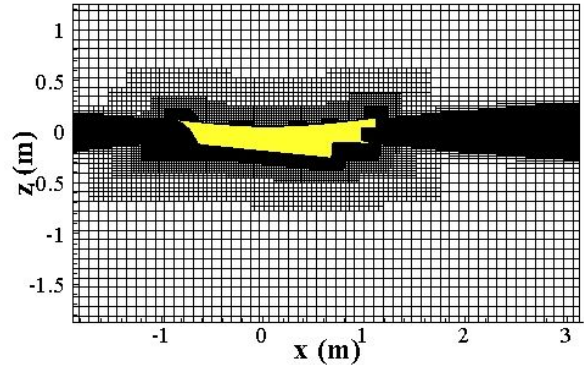


Fig. 4. Mesh system used in fishing vessels.

초기 조건에 따른 자세 오차를 배제하기 위해 계산 1초 후부터 선체에 작용하는 힘과 모멘트를 통해 선체의 동적 자세 변화를 고려하도록 설정하였다. 선체의 동적 자세를 고려함에 따라 60초까지 계산을 수행하였음에도 불구하고 저항 값이 완전히 수렴하지 않은 경우가 있는데, 이 경우 마지막 10초 동안의 평균값을 사용하였다.

평균값을 계산하는 시간에 따른 오차는 약 0.3% 미만이다. 난류 모델은 Reynolds stress model을 적용하였고, 입구 경계 조건은 고정 속도 조건( $V_{in}=V_M$ ,  $V_M$ 은 모형크기에서의 선속(m/s) 및 자유수면 높이 고정 조건( $z=0$ )을 사용하였다. 동적 자세 변화가 발생할 경우 계산 영역의 위쪽 및 아래쪽 면에서 속도가 유입되도록 입구 경계 조건과 마찬가지로 고정 속도 조건을 적용하였다. 계산 영역의 측면에 대해서는 대칭(symmetry) 경계 조건을 부과하였다.

## 5. 결과 및 검토

### 5.1 자유수면에서의 파형, 선측파형 및 압력분포

Fig. 5는 Bare hull상태에서 자유수면에서의 파형을 나타낸 것이다. 선속은 11노트이고 정상상태 도달 시 LCB를 기준으로 2.79 degree의 선미트림이 발생하였다. Fig. 5를 보면 선수부, 선수에게 그리고 선미어깨까지 큰 파형이 발생한 것을 확인 하였다.

Fig. 6과 Fig. 7은 Bare hull에서의 선측파형과 압력분포를



## CFD에 의한 어선 선체 부가물의 저항성능 평가

나타낸 것이다. Fig. 6을 보면 선수부와 선수어깨에서 큰 파고가 발생하는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 선체표면에 작용하는 압력분포를 나타낸 것으로 파형 해석에서 보여준 대로 선수부에 큰 압력분포가 형성되는 것을 알 수 있다. Fig. 8은 3가지 부가물이 부착된 상태에서 자유수면에서의 파형을 나타낸 것이다. 선속은 11노트이다. Fig. 9는 정상상태에 도달하였을 때 1번 부가물의 선미부분은 물 밖으로 노출되는 현상을 보여주었다. 2번과 3번 부가물은 물 속에 잠기는 형태이었다. Fig. 9의 모든 부가물이 부착된 상태에서 선측파형은 Bare hull과 유사한 결과를 보여주었다.

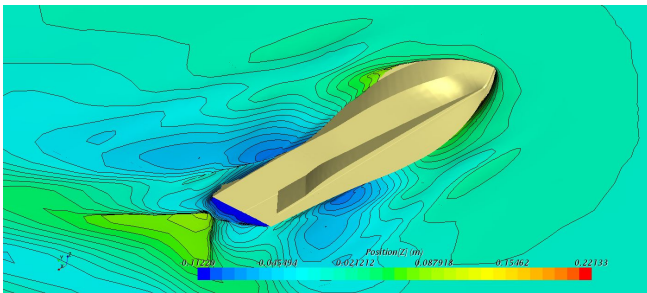


Fig. 5. Wave profile at the free surface (bare hull, 11 kn).

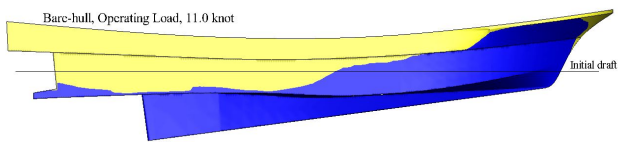


Fig. 6. Hull wave profile (bare hull, 11 kn).

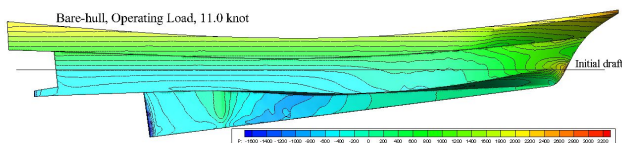


Fig. 7. Pressure distribution applied to the hull surface (bare hull, 11 kn).

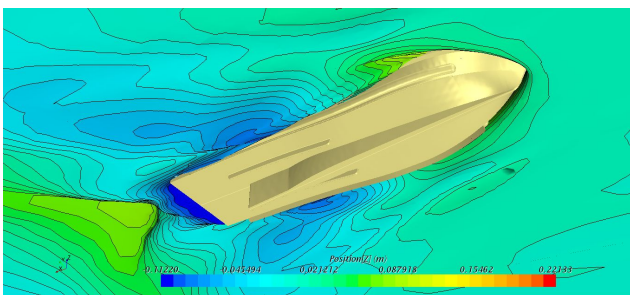


Fig. 8. Wave profile at the free surface (bare hull + all appendages attached, 11 kn).

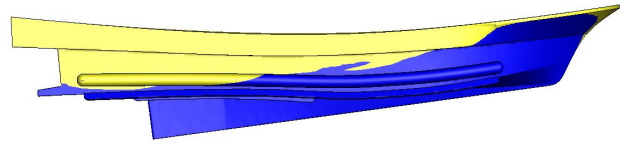


Fig. 9. Wave profile (bare hull + all appendages attached, 11 kn).

Fig. 10은 선체표면에 작용하는 압력분포를 나타낸 것이다. 1번 부가물의 앞부분에서 큰 압력이 작용하는 것을 알 수 있다.

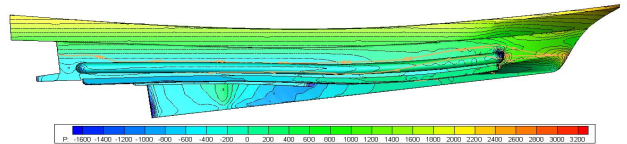


Fig. 10. Pressure distribution applied to the hull surface (bare hull + all appendages attached, 11 kn).

Fig. 11은 부가물 별로 작용하는 압력을 보여주고 있다. Table 4의 Bare hull+1,2,3번 부가물의 결과이고, 전체 저항을 100%로 간주할 경우, 1번 부가물이 5.45%, 2번 부가물이 5.13%, 그리고 3번 부가물이 2.45% 차지를 하였다.

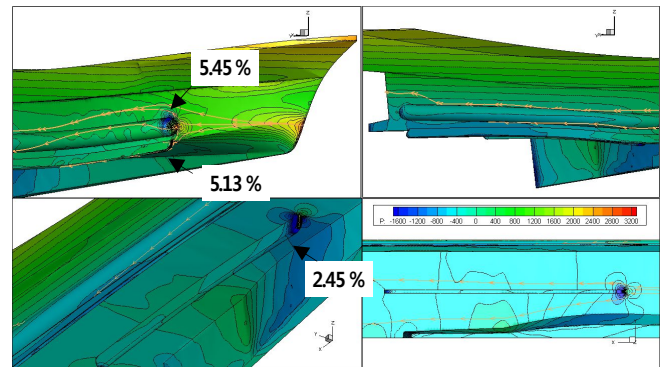


Fig. 11. Pressure distribution by appendage (bare hull + all appendages attached, 11 kn).

### 5.2 전 저항 및 유효마력 분석

Table 4는 CFD에 의한 모형크기에서의 전 저항을 비교한 것이며 그 결과는 다음과 같다.

Bare hull에서 압력저항, 마찰저항 그리고 전 저항을 계산하였다.

Bare hull에 1번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력 저항은 약 4.8%, 마찰저항은 약 6.7% 증가하여 전 저항은 약 5.1% 증가하였다. 1번 부가물만의 저항은 압력저항은 4.30N, 마찰저항은 2.46N을 차지하여 총 저항은 6.76N이었다. 1번

Table 4. Comparison of total resistance at the model size through CFD according to the attachment condition of the appendage

No.	Appendage Attachment condition	Resistance (N) to entire ship (including appendage)			Resistance (N) to No. 1 appendage			Resistance (N) to No. 2 appendage			Resistance (N) to No. 3 appendage		
		Pressure resistance	Friction resistance	Total resistance	Pressure resistance	Friction resistance	Total resistance	Pressure resistance	Friction resistance	Total resistance	Pressure resistance	Friction resistance	Total resistance
1	Bare Hull	86.95749	19.52671	106.48420									
2	Bare hull + No. 1 Appendage	91.09793	20.83193	111.92986	4.30	2.46	6.76						
		104.76%	106.68%	105.11%	Pressure resistance > Friction resistance: Resistance of appendage is closely related to the shape.								
3	Bare hull + No. 2 Appendage	89.44246	21.99644	111.43890				3.27	2.96	6.23			
		102.86%	112.65%	104.65%	Pressure resistance ≈ Friction resistance: No correlation between resistance of appendage and shape								
4	Bare hull + No. 3 Appendage	89.75953	20.47661	110.23613							1.63	1.31	2.94
		103.22%	104.86%	103.52%	Pressure resistance ≈ Friction resistance: No correlation between resistance of appendage and shape								
5	Bare hull + Nos. 1 and 2 Appendages	93.35345	23.38337	116.73682	4.26	2.32	6.58	3.05	3.10	6.15			
		107.36%	119.75%	109.63%	No significant correlation between Nos. 1 and 2 appendages.								
6	Bare hull + Nos. 2 and 3 Appendages	90.46878	22.98962	113.45840				3.06	3.01	6.07	1.64	1.30	2.95
		104.04%	117.73%	106.55%	No significant correlation between Nos. 2 and 3 appendages.								
7	Bare hull + Nos. 1 and 3 Appendages	94.36435	21.73784	116.10219	4.40	2.42	6.82				1.64	1.31	2.96
		108.52%	111.32%	109.03%	No significant correlation between Nos. 1 and 3 appendages.								
8	Bare hull + Nos. 1, 2 and 3 Appendages	95.95588	24.29517	120.25105	4.26	2.30	6.56	3.07	3.10	6.17	1.64	1.31	2.95
		110.35%	124.42%	112.93%			5.45%			5.13%			2.45%

부가물의 총 저항 중 압력저항이 60% 이상 차지하며 이는 부가물의 저항이 형상과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

Bare hull에 2번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력 저항은 약 2.9%, 마찰저항은 약 12.7% 증가하여 전 저항은 약 4.7% 증가하였다. 2번 부가물만의 저항은 압력저항은 3.27N, 마찰저항은 2.96N을 차지하여 총 저항은 6.23N이었다.

2번 부가물은 압력과 마찰저항의 비율이 대동소이 하였다. 이는 부가물의 저항이 형상과 거의 관계가 없음을 알 수 있다.

Bare hull에 3번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력 저항은 약 3.2%, 마찰저항은 약 4.9% 증가하여 전 저항은 약 3.5% 증가하였다. 3번 부가물만의 저항은 압력저항은 1.63N, 마찰저항은 1.31N을 차지하여 총 저항은 2.94N이었다. 3번 부가물 역시 압력과 마찰저항의 비율이 대동소이 하였다. 이는 부가물의 저항이 형상과 거의 관계가 없음을 알 수 있다.

Bare hull에 1과 2번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력저항은 약 7.4%, 마찰저항은 약 19.8% 증가하여 전 저항은 약 9.6% 증가하였다. 이 양은 각각의 부가물이 독립적으로 부착되었을 때의 압력과 마찰저항의 합과 거의 유사하다. 즉, 1과 2의 부가물은 저항성능 관점에서 서로 주고받는 상관관계가 없음을 알 수 있다.

Bare hull에 2와 3번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력저항은 약 4.0%, 마찰저항은 약 17.7% 증가하여 전 저항은 약 6.6% 증가하였다. 이 양 역시 각각의 부가물이 독립적으로 부착되었을 때의 압력과 마찰저항의 합과 거의 유사하다. 즉, 2와 3의 부가물은 저항성능 관점에서 서로 주고받는 상관관계가 없음을 알 수 있다.

Bare hull에 1과 3번 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력저항은 약 8.5%, 마찰저항은 약 11.3% 증가하여 전 저항은 약 9.0% 증가하였다. 이 양 역시 각각의 부가물이 독립적으로 부착되었을 때의 압력과 마찰저항의 합과 거의 유사

## CFD에 의한 어선 선체 부가물의 저항성능 평가

하다. 즉, 1과 3의 부가물은 저항성능 관점에서 서로 주고받는 상관관계가 없음을 알 수 있다.

Bare hull에 1, 2, 3의 모든 부가물이 부착된 경우, Bare hull 대비 압력저항은 약 10.4%, 마찰저항은 약 24.4% 증가하여 전 저항은 약 12.9% 증가하였다. 이 양 역시 각각의 부가물이 독립적으로 부착되었을 때의 압력과 마찰저항의 합과 거의 유사하다. 그리고 1번 부가물은 5.5%, 2번 부가물은 5.1% 그리고 3번 부가물은 2.5%를 차지하였다.

CFD에 의해 추정된 모형크기에서의 전 저항을 바탕으로 실선에서의 유효마력(Effective Horse Power, EHP)을 추정하였다. 그 결과는 Table 5에 나타내었다. Bare hull 대비 1번 부가물은 약 6%, 2번 부가물은 약 5% 그리고 3번 부가물은 약 4%를 차지하였다. 그리고 앞의 모형크기에서 논의한 대로 부가물이 2가지 혹은 3가지가 부착된 경우 서로 간의 상관관계가 적어 중첩의 원리가 적용되었다. 모든 부가물이 부착된 경우는 Bare hull 대비 약 14.5% 증가하였다. CFD에 의한 분석 결과 부가물의 저항이 작지 않음을 알 수 있었다.

Table 5. Comparison of EHP by attachment condition of appendage (CFD)

Condition	Effective Horse Power (EHP, PS)	Percentage (%)
Bare hull	112.414	100.00
Bare hull+No.1 Appendage	119.087	105.94
Bare hull+No.2 Appendage	118.206	105.15
Bare hull+No.3 Appendage	116.623	103.74
Bare hull + Nos.1 & 2 Appendages	124.733	110.96
Bare hull + Nos.2 & 3 Appendages	120.707	107.38
Bare hull + Nos.1 & 3 Appendages	123.709	110.05
Bare hull + Nos.1, 2 & 3 Appendages	128.707	114.49

※ Percentage (%) = (Bare hull+Appendage)/Bare hull×100

## 6. 결론

본 연구의 관심사항 각각의 부가물이 전체 저항에 얼마의 양을 차지하는지 그리고 그 양이 생각했던 양만큼 인지를 파악하는 것이다. 그리고 각 부가물의 총 저항 중 압력저항과 마찰저항 성분이 차지하는 비율이 얼마인지를 분석하는 것이다. 아울러 부가물 서로 간에 어느정도의 저항을 주고받는지 그 상관관계를 파악해 보는 것이다. 이러한 결과는

각각의 부가물 설계 단계에서 형상과 관련된 압력저항을 제어해야 하는지 아니면 형상의 크기와 관련된 마찰저항을 제어해야 하는지 등의 방향성 제시에 활용 가능할 것이다.

- 1) 3가지 선체 부가물에 대하여 CFD에 의한 유체동역학적 성능을 평가하였다. 각각의 부가물에 대하여 단독, 2개씩 조합된 복수 그리고 3개 모두 부착된 경우에 대하여 평가를 하였다.
- 2) 1번 부가물의 경우 압력저항이 마찰저항보다 차지하는 비율이 크을 알 수 있었다. 2번과 3번 부가물의 경우 압력저항과 마찰저항이 거의 대동 소이 함을 알 수 있었다. 복수조합과 3가지 모두 부착된 경우 부가물 상호간의 상관관계는 매우 작음을 알 수 있었다.
- 3) 11노트에서 2번 부가물과 모든 부가물이 부착된 경우 유효마력 관점에서 약 9% 차이를 보였다. 속도로 환산하면 0.45 노트의 차이를 보였다.

## 사 사

이 논문은 2018학년도 동명대학교 교내학술연구비(II형) 지원에 의하여 연구되었습니다.

## References

- [1] Jeong, U. C., H. S. Kim, S. Y. Kwon and J. H. Choi (2015), Study of Hull Form Development of 5-Ton-Class Catamaran-Type Coastal Fishing Boat for Welfare Accommodation of Fishing Crew. Journal of Ocean Engineering and Technology Vol. 29, No. 6, pp. 405-410.
- [2] Kim, I. S., D. G. Go and D. W. Park(2017), A Study on the Hull Form Design for Small Fishing Vessels, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 41, No. 4, pp. 316-322.
- [3] Lee, S. H., Y. G. Lee and D. S. Kang(2006), A Study of Multi Hull Form Design for Small Leisure Fishing Vessels. Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, Vol. 9, No. 2, pp. 98-108.
- [4] Lee, H. J., K. W. Kim, K. H. Lee, S. Y. Kim, S. H. Kim, C. J. Kim, K. I. Choi and H. J. Jeon(2013), A Study on the Advanced Schemes on the Welfare Accommodation of Fishing Crew. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.
- [5] Park, D. W., S. B. Lee, S. S. Chung, H. W. Seo and J. W. Kwon(2013), Effects of Trim on Resistance Performance of a Ship, Journal of the Society of Naval Architects of Korea,

Vol. 50, No. 2, pp. 88-94.

- [6] Park, D. W. and H. S. Yoon(2014), Effects of Grid, Turbulence Modeling and Discretization on the Solution of CFD, Journal of the Korean Society for Marine Environmental & Safety, Vol. 20, No. 4, pp. 419-425.
- [7] Yu, J. W., Y. G. Lee, A. S. Park, Y. J. Ha, C. K. Park and Y. C. Choi(2011), A Study on the Resistance Performance of Korean High-Speed Small Coastal Fishing Boat. Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 48, No. 2, pp. 158-164.

---

Received : 2018. 02. 09.

Revised : 2018. 04. 19.

Accepted : 2018. 04. 27.