

# 중형 여객선의 저항성능 향상을 위한 선수벌브의 형상 개선 연구

유진원<sup>1</sup>·이영길<sup>2,†</sup>·이승희<sup>2</sup>  
인하대학교 대학원 조선해양공학과<sup>1</sup>  
인하대학교 조선해양공학과<sup>2</sup>

## Improvement in Resistance Performance of a Medium-Sized Passenger Ship with Variation of Bulbous Bow Shape

Jin-Won Yu<sup>1</sup>·Young-Gill Lee<sup>2,†</sup>·Seung-Hee Lee<sup>2</sup>  
Deptment of Naval Architecture and Ocean Engineering, Graduate School, Inha University<sup>1</sup>  
Deptment of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University<sup>2</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Due to the rise of international oil prices, with the continued increase of vessel operating costs, profitability has gradually deteriorated in the some case of South Korea ferry shipping. Therefore, it is necessary to improve the resistance performance of passenger ship. Goose neck bulb can be one of the methods to improve the resistance performance of passenger ship. Goose neck bulb has been applied to passenger ships operated in Europe and large cruise line. But there is no application example in the passenger ship to be operated on a regular basis in the sea near Korea. It is needed to provide reference data that can be applied efficiently goose neck bulb on the medium-sized passenger ships. This study, intended for the medium-sized passenger ship operated short international routes, presents the design of the hull form that goose neck bulb has been applied. And the resistance performance of the designed hull confirmed by numerical simulation. The numerical simulation is performed while changing the local shape of the goose neck depending on the bulb parameters. This study finds bulb parameters and their range that can affect the resistance performance. Thus, it is possible to provide a foundation to develop the optimal design technique and regression analysis on the resistance performance and goose neck bulb.

**Keywords** : Passenger ship(여객선), Hull form design(선형설계), Gooseneck bulb(거위목 벌브), Bulb parameter(벌브 선형요소), Resistance performance(저항 성능)

## 1. 서론

계속되는 유류비의 상승으로 선박 운영비가 증가하고 있으며, 이는 선박을 운영하는 해운업체의 재무상황을 악화시키는 역할을 하고 있다. 국내 항구를 기점으로 중국, 일본 등을 운항하는 단거리 국제항로와 제주 항로를 이용하여 여객 운송사업을 하고 있는 국내 여객선사의 경우, 유류비 상승으로 인한 여객선 운영비의 증가와 저가 항공사의 등장으로 해마다 여객선을 이용하는 여객 및 화물이 줄어들고 있으며, 이는 여객선사의 재무상황에 불리하게 작용하고 있다. 한 예로, 2012년에 부산-제주 간 여객 화물을 운송하는 여객선사가 여객선의 매각과 함께 여객운송면허를 반납하는 사례가 발생하기도 하였다. 이와 같은 상황을 개선하기 위한 방안으로 저항성능이 우수한 경제적인 선형의 확보가 필요한 실정이다.

최근 유럽을 중심으로 운항하는 크루즈선, 페리선 등과 같은 선박의 동향을 보면, 구상선수로 거위목 벌브(gooseneck bulb)가 주로 적용되고 있다. 거위목 벌브에 관한 연구들에서는, 비교적 고속 선박에 일반적으로 달려 있는 높은 벌브(high nose bulb)에 비하여, 거위목 벌브가 좀 더 저항 성능이 우수한 결과를 보이고 있다 (Heimann & Harries 2003; Maisonneuve, et al., 2003; Valdenazz, et al., 2003; Heimann, 2005; James, 2006; Dominic, 2007; Yu, et al., 2010). 또한 외국의 일부 여객선의 경우, 저항성능을 개선하기 위해 높은 벌브가 달려있는 선수부를 잘라내고 거위목 벌브 선형으로 선수형상을 개조하는 작업이 진행되기도 하였다 (Kim, 2011).

현재 단거리 국제 항로 또는 제주 항로를 운항하는 여객선들을 보면, 길이 150 ~180m의 중형여객선 (Jang, et al., 2003)에 속하며, 일부 선박을 제외하고 거의 대부분 1990년대에 일본에서

건조되어 중고선박으로 국내 여객선사에 도입되어 운항하고 있다. 한국을 중심으로 정기적으로 운항하는 여객선 중에서 거위목 벌브가 적용되어 있는 여객선은 없는 실정으로, 거위목 벌브의 적용이 이들 여객선의 저항성능 개선 방안 중의 하나가 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 현재 국내를 기점으로 단거리 국제 항로를 운항하고 있는 여객선을 대상으로 거위목 벌브를 적용하고 저항성능의 변화를 파악한다. 거위목 벌브를 적용하여 저항성능이 개선된 선수 선형을 개발하기 위한 공개된 참고자료가 매우 부족하여, Heiman (2005)과 Yu, et al. (2010)이 연구한 거위목 벌브 형상을 본 연구의 대상 여객선에 적용하여 저항성능을 파악한 후, 여객선의 주 선체와 거위목 벌브의 상호작용 효과가 효율적으로 나타날 수 있도록 거위목 벌브의 국부적인 형상을 개선하였다 (Yu, et al., 2013). 저항성능은 수정된 밀도함수법(modified marker-density method)을 이용하여 작성된 전산프로그램으로 선체 주위 유동에 대한 수치시뮬레이션 (Lee, 2008; Jeong, et al., 2010)을 수행하여 확인하였다. 기존 여객선형과 거위목 벌브 적용 선형의 저항성능 변화 결과들을 비교분석하여, 중형 여객선의 저항성능이 향상될 수 있는 선수선형설계에 관한 기초적 자료를 마련하고자 한다.

## 2. 기준선형

### 2.1 기준선형의 저항성능 파악

국내 항구를 기점으로 운항 중인 여객선을 대상으로 본 연구를 진행하기 위하여, 단거리 국제항로를 정기적으로 운항하며 운송 서비스를 제공하는 국내 여객선사의 여객선들에 관한 자료를 수집하였다. 그 중 주요요목 및 운항속력이 국내를 기점으로 운항하는 여객선들의 평균값에 속하는 여객선(선명 : oriental pearl V)을 본 연구의 기준선형(KF(original))으로 선정하였다. 기준선형은 인천(대한민국)과 단둥(중국)을 정기적으로 운항하는 페리선이며, 기준선형에 관한 자료는 단둥국제항운 유한공사(Dandong int' fery Co.,Ltd)로부터 제공받았다. 기준선형의 주요요목을 Table 1에 나타내었다. 여기서  $L_B$ 는 벌브의 최대길이,  $B_B$ 는 벌브의 최대 폭,  $Z_B$ 는 벌브의 높이방향 중심위치를 나타낸다.

수치시뮬레이션과 모형시험을 수행하여 기준선형의 저항성능을 파악하였다. 수치시뮬레이션은 수정된 밀도함수법을 이용한 직사각형 격자계에서 약 3,600,000개의 격자를 사용하여 계산하였다. 기본 좌표계는 FP를 원점으로 선체 길이방향을 x축, 선체 중심면으로부터 폭 방향을 y축, 수선면을 기준으로 연직 상방향을 z축으로 사용하였다. 선체주위 격자의 크기를 작게 하고, 벌브 근처의 X 방향 격자수와 자유수면 근처와 선체의 곡률이 큰 위치에 Z 방향 격자의 수를 집중시켜 계산의 정도를 높였다. 선박의 항주자세가 고려되지 않은 만재 even keel 상태와 설계속력 ( $Fn=0.333$ )에서 계산을 수행하였다. 모형시험은 축적비 1/75의

크기로 제작된 모형선을 사용하여 인하대학교 선형시험수조에서 수행하였다.

설계속력에서 추정된 기준선형의 유효마력(effective horsepower; EHP) 결과를 Table 2에 나타내었다. 수치시뮬레이션의 결과로 얻어진 압력저항계수( $C_p$ )와 ITTC 1957 Line을 통한 마찰저항계수( $C_f$ )로 기준선형의 유효마력을 추정하였다. 기준선형에 탑재되어 있는 주기관으로부터 추진효율(0.65)과 Sea margin(10%)을 가정하여 유효마력을 산출하였다. 수치시뮬레이션, 모형시험 그리고 주기관으로부터 역산출한 유효마력 결과가 서로 근접한 결과를 보이고 있으며, 설계속력에서 기준선형이 받는 전체 저항 중에서 조파저항의 비율이 약 40%정도 차지하는 것으로 파악된다.

Table 1 Principal parameters of the KF(original)

$L_{BP}(m)$	156.00
$B(m)$	22.00
$T(m)$	6.00
$L_B(m)$	6.29
$B_B(m)$	3.18
$Z_B(m)$	2.87
$\nabla(m^3)$	10519.74
$WSA(m^2)$	3600.10
$C_B$	0.512
Design Speed	25.5 Knots ( $Fn=0.333$ )

Table 2 Estimated effective horsepower of the KF(original)

	EHP(PS) (at 25.5Knots)
Numerical simulation	13250
model test	14326
from main engine	14359

### 2.2 기준선형의 벌브 폭 변화

현재 운항하고 있는 여객선의 저항성능을 개선하는 방법 중의 하나로, 기존의 선수부를 잘라내고 새로운 선수형상으로 개조하는 방법을 들 수 있다 (Kim, 2011). 이 경우, 절단된 선수부 단면형상의 영향으로 개조하려는 벌브의 폭 변화에 제한을 받게 된다. 따라서 벌브의 폭 변화가 크지 않은 상태에서 저항성능의 효과가 극대화 될 수 있는 벌브의 설계가 필요하다. 이에 따라 기준선형을 대상으로 벌브 폭을 변화시켜 저항성능의 변화를 파악하였다.

기준선형과 벌브 폭이 변화된 선형들의 9 station 이후 형상이 동일하므로, 격자의 수와 계산에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 계산 영역에서 선체 후류 부분을 제외하여, 약 1,800,000개의 격자를 사용하여 계산하였다. 선수부 조파저항계수만 고려한 Tahara, et al. (2003)의 연구에서와 같이, 벌브와 선수 일부분만을 제외하고 기준선형과 벌브 폭이 변화된 선형들의 주 선체 형

상이 거의 동일하므로 선미 부분의 압력저항 변화가 거의 없을 것으로 판단된다. 선미부의 저항성능은 기 수행된 기준선형에 대한 수치시뮬레이션의 선미부 계산 결과를 활용하였다. 선체 중앙 이후 부분부터 선미끝단까지 단면형상을 동일한 형상으로 처리하여 x방향 힘의 성분이 걸리지 않게 하였다. 그 외 다른 계산 조건은 기준선형의 저항성능을 파악하기 위하여 수행한 계산의 조건과 동일하다. 기준선형에 대해서 선체 후류 부분을 포함하여 전선체를 계산한 경우(grid 1)와 선수부의 압력저항만을 계산한 경우(grid 2)의 station별 압력저항을 Fig. 1에 표시한 바와 같이 두 경우의 계산 결과에 큰 차이가 없음을 확인하였다.

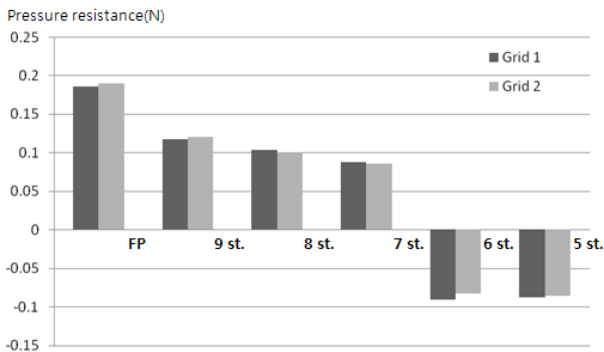


Fig. 1 Comparison of local pressure resistance between grid 1 and grid 2

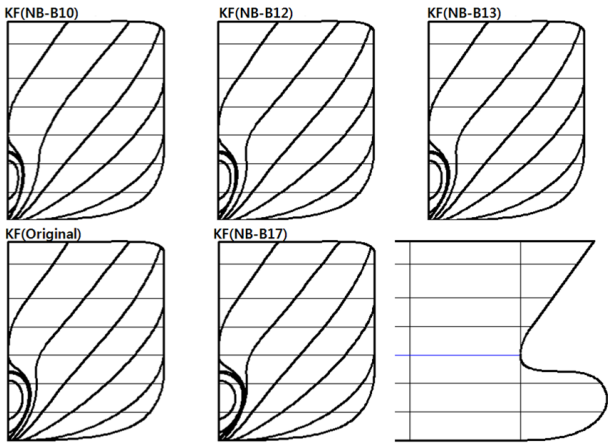


Fig. 2 Ship lines of the KF(Original) and the KF(NB) hull forms

벌브 폭이 변화된 선형들은 기준선형과 구분하여 KF(NB)로 명명하였다. 여기서, NB는 일반 벌브형상(normal bulbous bow type)을 의미하며, 명칭에 첨부된 기호와 숫자는 벌브 폭 비(CBB=벌브 폭/선폭)에 대한 정보를 의미한다. 한 예로 KF(Original)의 경우 벌브 폭 비는 0.145이며, KF(NB-B12)의 벌브 폭 비는 0.12이다. 기준선형과 벌브 폭이 변화된 선형의 형상을 Fig. 2에 나타내었으며, 벌브주요요목(FP 이후 부분)을 Table 3에 나타내었다. 여기서  $A_{BT}$ 은 벌브의 횡단면적을,  $A_{BL}$ 은 벌브의 종단면적을,  $\nabla_{PR}$ 은 벌브의 체적을 각각 나타낸다.

Table 3 Bulb parameters of the KF(Original) and the KF(NB) hull forms

	(NB-B10)	(NB-B12)	(NB-B13)	(Original)	(NB-B17)
$L_B$ (m)	6.10				
$B_B$ (m)	2.21	2.69	2.94	3.18	3.70
$T_B$ (m)	2.87				
$A_{BT}$ ( $m^2$ )	8.20	10.00	10.90	11.71	13.66
$A_{BL}$ ( $m^2$ )	25.64				
$\nabla_{PR}$ ( $m^3$ )	36.10	43.87	48.04	51.94	60.51

기준선형과 벌브 폭을 변화시킨 선형들의 압력저항(pressure resistance)을 비교하여 보면, 기준선형 보다 벌브 폭이 큰 경우 압력저항이 증가하였고, 벌브 폭이 줄어든 경우 압력저항이 감소하는 경향을 보였다. 하지만 폭이 가장 작은 KF(NB-B10)의 압력저항 감소율은 약 2% 정도로 저항성능의 개선 정도는 미비하다. 벌브 폭을 크게 변화시키지 않고 기준선형의 저항성능을 향상시키기 위해서는 기준선형에 적용되어있는 벌브와 다른 형상의 벌브 설계가 필요할 것으로 사료된다.

### 3. 거위목 벌브 적용 선형개발

#### 3.1 거위목 벌브 적용 및 벌브 최대 폭 변화

벌브의 최대 폭을 크게 변화시키지 않고 저항성능을 향상시키기 위하여, 유럽을 중심으로 유행하는 크루즈선, 페리선 등과 같은 선박의 구상선수로 주로 적용되고 있는 거위목 벌브를 기준선형에 적용하였다.

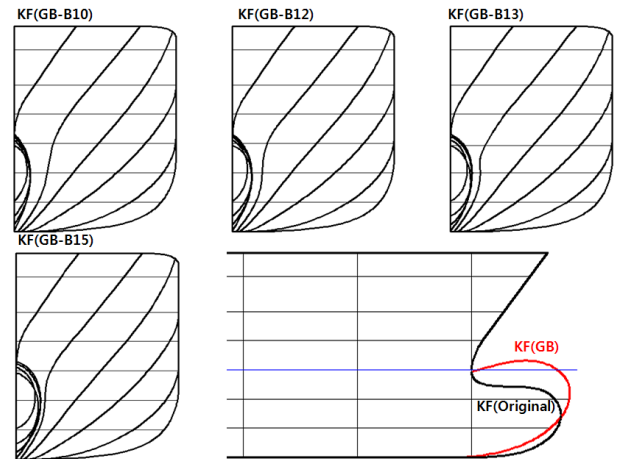


Fig. 3 Ship lines of the gooseneck bulb hull varied with breadth

거위목 벌브 형상은 Heiman (2005)과 Yu, et al. (2010)이 연구한 결과를 참고하여 설계하였다. Yu, et al. (2010)의 연구내용과 구별하기 위하여 설계선형을 KF(GB)로 명명하였다. GB는 거위목 벌브 형상(gooseneck bulbous bow type)을 의미하여, 벌브

폭이 변화된 선형의 명명법과 유사하게 벌브 폭 비에 대한 정보를 기호와 숫자로 첨부하였다. 각 설계선형들은 벌브 체적의 변화량만큼 선수부의 체적을 변화시켜, 선박 전체의 배수용적의 변화를 최소화하였다. 설계선형들의 형상을 Fig. 3에 나타내었으며, 벌브 주요요목을 Table 4에 나타내었다.

Table 4 Bulb parameters of the gooseneck bulb hull varied with breadth

	(GB-B10)	(GB-B12)	(GB-B13)	(GB-B15)
$L_B$ (m)	6.71			
$B_B$ (m)	2.17	2.70	2.90	3.17
$T_B$ (m)	4.43			
$A_{BT}$ ( $m^2$ )	8.90	11.02	12.08	13.64
$A_{BL}$ ( $m^2$ )	34.52			
$\nabla_{PR}$ ( $m^3$ )	48.30	58.56	65.74	68.92

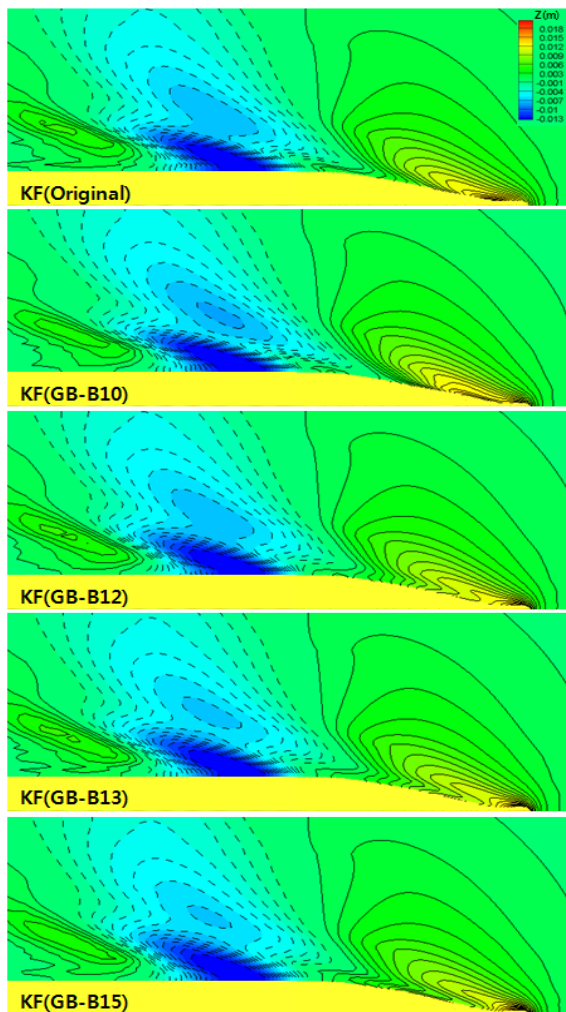


Fig. 4 Wave height contours around the gooseneck bulb hull with breadth

기준선과 거위목 벌브선형에서 발생하는 파형분포(wave height contour)를 Fig. 4에 나타내었다. 벌브의 형상에 따라 형

성되는 발산파(divergent wave)의 파저(wave trough)의 높이가 달라지고 있다. 기준선형보다 벌브 최대 폭이 작은 선형의 경우 발산파의 파저 높이가 높지만, 벌브 폭이 커질수록 파저의 높이가 낮아지는 경향을 보이고 있다. Fig. 5에서 선체표면에서의 선측파형(wave profile)을 비교하여보면, 설계선형들은 기준선형보다 선체 앞에서 파고가 더 높은 파도가 발생하지만, 주 선체의 선수부가 접하는 수면의 높이는 낮다. 거위목 벌브를 적용하면, 벌브 부근에서는 파도를 생성하는데 에너지 손실이 발생하지만, 주 선체의 선수부에서는 접하는 수면 높이의 감소로 주 선체가 받는 저항이 감소된다. 에너지 손실량과 저항 감소량은 벌브의 폭과 체적에 따라 다르게 나타나며, 벌브의 폭과 체적이 클수록 벌브 부근에서의 에너지 손실이 크지만, 선수부에서 받는 저항 감소량도 크다. Yu, et al. (2010)가 연구한 유립 페리선형의 경우, 거위목 벌브 차체의 저항 증가량 보다 주 선체가 받는 저항 감소량이 더 커서 선박 전체의 저항능성이 개선되었다.

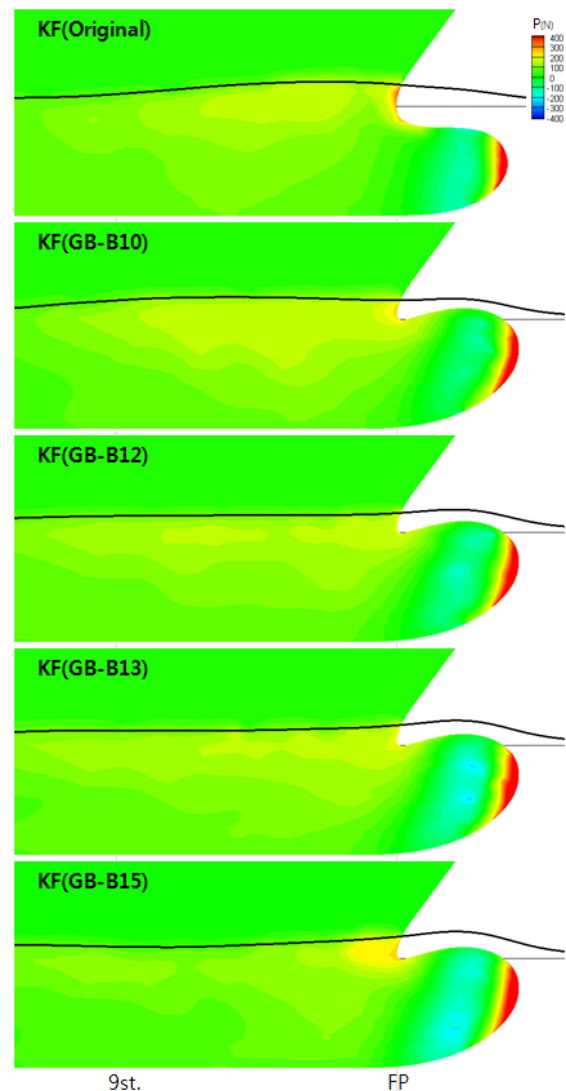


Fig. 5 Pressure distribution of the gooseneck bulb hull with breadth

Fig. 5에 나타나있는 기준선형과 설계선형들의 선체표면 압력

분포를 보면, 기준선형보다 벌브 최대 폭이 작은 선형의 경우 주 선체에 걸리는 양압력이 넓게 분포하지만, 벌브 폭이 커질수록 양압력의 분포가 줄어드는 경향을 보이고 있다. 거위목 벌브 선형에서는 파형의 위상이 변화되어, 기준선형의 FP부근 주 선체에 걸리는 양압력이 거위목 벌브 선형에서는 크게 감소하였다. 이에 따라 FP부근의 양압력이 다시 증가한 KF(GB-B15)를 제외한 나머지 거위목 벌브 선형에서는 기준선형에 비하여 압력저항이 감소하는 결과를 보이고 있다.

### 3.2 벌브 횡단면 형상 변화

기준선형의 저항성능을 개선시키기 위해 거위목 벌브를 적용한 선형들을 설계하였지만, 저항성능이 오히려 불리해지거나 저항성능의 개선효과가 크지 않다. 이는 Yu, et al. (2010)에서 연구되어진 유럽 페리선형이 기준선형과 선속 및 선형의 차이가 충분히 반영되지 못하고, 주 선체의 길이, 폭, 흘수 차이만 보정된 거위목 벌브를 기준선형에 적용하여 나타난 결과로 사료된다. 이에 따라 기준선형에 적합한 거위목 벌브를 도출하기 위하여 앞서 설계된 선형의 거위목 벌브 형상을 보정하였다. 파도의 상쇄효과를 극대화하기 위하여 체적을 수선면 근처로 분포시키는 거위목 벌브의 특성을 고려하여, 앞서 설계된 거위목 벌브 선형들의 벌브 단면형상을 O타입에서  $\nabla$ 타입으로 보정하였다. 이때, 벌브 최대 폭, 체적, 측면형상, 횡단면적이 변화되지 않도록 하였다. 벌브 단면형상이 보정된 설계선형은 기호 M을 첨부하여 명명하였고, 단면형상을 Fig. 6에 나타내었다.

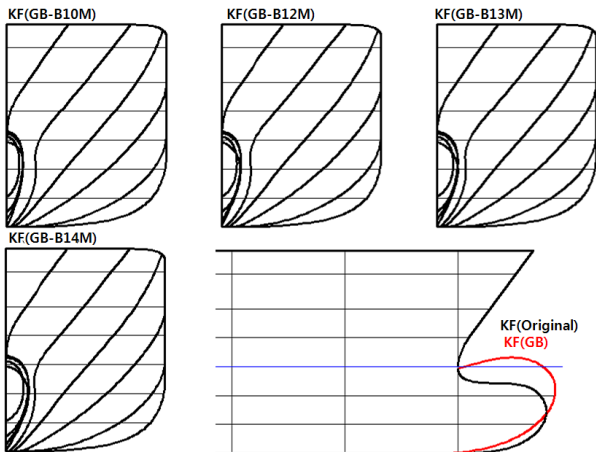


Fig. 6 Ship lines of the gooseneck bulb hull modified section shape

앞선 수치시뮬레이션과 동일한 계산조건을 가지고, 벌브의 단면형상이 보정된 거위목 벌브 선형들의 선체 전반부에 대한 수치시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 7의 파형분포를 보면  $\nabla$ 타입으로 벌브 단면형상이 보정된 거위목 벌브 선형들에서도 벌브 최대 폭에 따라 발산파의 파저 높이가 변화하는 경향을 보이고 있다. 하지만 벌브 단면형상 O타입의 선형과 비교하여 파형의 차이는 보이지 않는다.

Fig. 8의 선체표면 압력 분포에서 주선체에 걸리는 양압력의 분포가 보정 전 O타입의 선형들에 비해 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 벌브의 단면형상을  $\nabla$ 타입으로 하여, 수선면 근처에서의 국부적인 벌브 폭이 증가하여 나타난 결과로 판단된다. 벌브의 단면형상이 O타입인 경우, 벌브 폭이 가장 큰 KF(GB-B15)에서 FP부근의 양압력이 증가하였지만, 벌브의 단면형상  $\nabla$ 타입에서는 그보다 벌브 최대 폭이 작은 KF(GB-B13M)부터 FP부근 양압력 증가하였다. 이로 인하여 KF(GB-B12M)보다 벌브 최대 폭이 큰 선형에서는 벌브 단면형상 보정에 따른 저항성능 개선 효과가 미비할 것으로 예상된다.

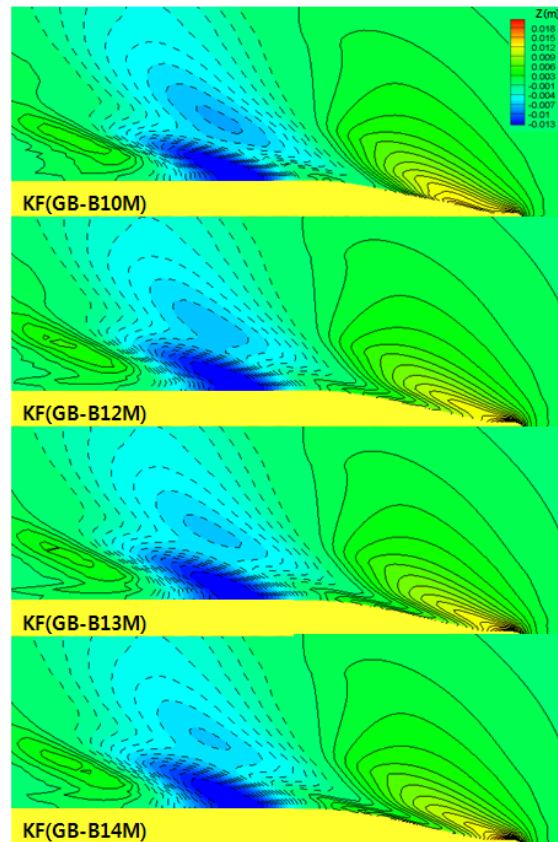


Fig. 7 Wave height contours around the gooseneck bulb hull modified section shape

벌브의 폭과 압력저항 변화의 상관관계를 Fig. 9에 나타내었다. 가로축은 벌브의 폭 비( $C_{BB}$ )로 벌브의 최대 폭을 주 선체의 폭으로 나눈 무차원 값이다. 세로축은 기준선형에 대한 각 선형들의 압력저항 변화율로 (-)값은 기준선형보다 저항성능이 개선된 것을 의미한다. 벌브 폭이 큰 KF(GB-B14M)의 경우, 거위목 벌브에 의해 발생하는 저항감소 효과와 벌브자체의 저항증가량이 거의 같아 기준선형과 압력저항의 차이가 없는 것으로 보인다. 전체적으로 벌브 최대 폭이 감소함에 따라 압력저항이 감소하는 경향을 보이고 있다. KF(GB-B12M)은 거위목 벌브 적용을 통한 저항성능 개선 효과와 더불어 단면형상 보정에 따른 국부적인 벌브 폭 변화 등의 효과가 압력저항 감소에 크게 작용하는 것으로 판단된다. KF(GB-B12M) 보다 벌브의 폭이 작은 선형은 기준선

형에 비하여 압력저항을 적게 받지만, 발산파의 감소와 같은 거 위목 벌브의 이점이 나타나지 않아, 저항성능 개선 효과가 줄어드는 것으로 사료된다.

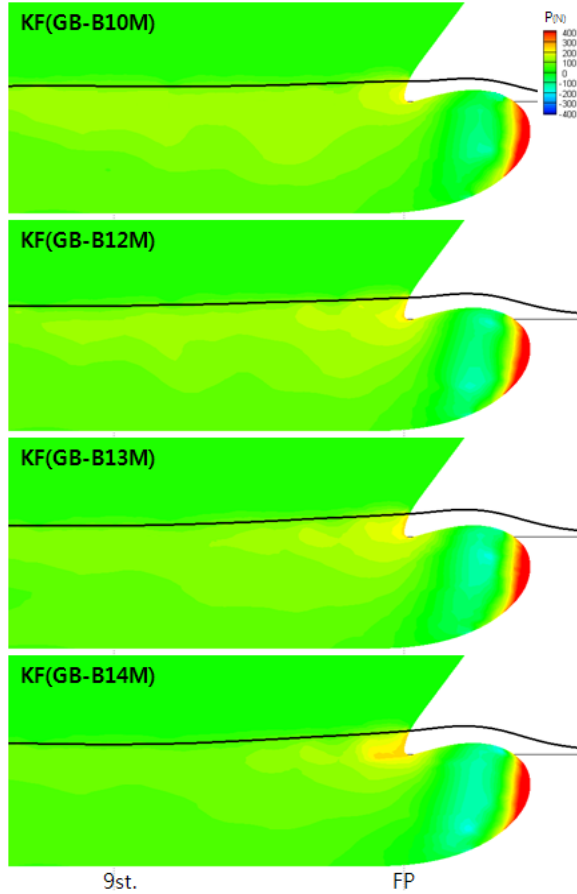


Fig. 8 Pressure distribution of the gooseneck bulb hull modified section shape

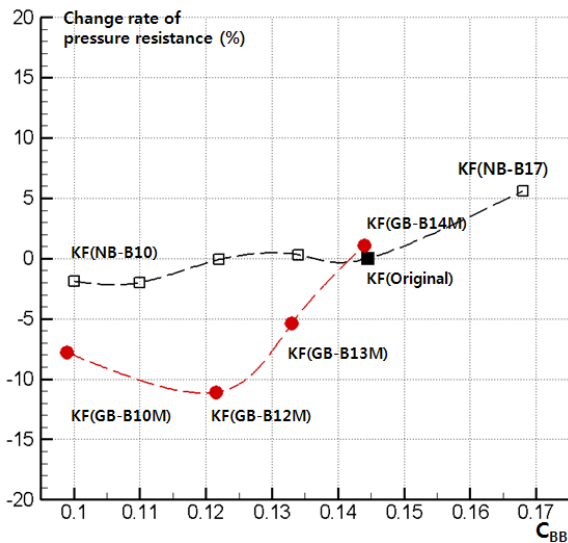


Fig. 9 Percentage change of pressure resistance of the normal bulb and gooseneck bulb hull with varying breadth

### 3.3 벌브 높이방향 중심위치와 길이 변화

저항성능 개선 효과가 가장 큰 KF(GB-B12M)을 기준으로 벌브의 높이방향 중심위치와 길이를 변화시켜 저항성능의 변화를 파악하였다. 높이방향 중심위치를 변화시켜 설계한 선형들은 높이방향 중심위치 비( $C_{BT} = \text{높이방향 중심위치} / \text{흘수}$ )에 대한 정보를 가지고 명명하였고, 벌브 길이를 변화시켜 설계한 선형들은 높이방향 중심위치 변화시켜 설계한 선형들과 구분될 수 있도록 벌브 길이비( $C_{BL} = \text{벌브 최대길이} / L_{BP}$ )에 대한 정보를 이용하여 명명하였다. 한 예로 KF(GB-B12MH68)의 높이방향 중심위치 비는 0.686이고, KF(GB-B12ML34)의 벌브 길이 비는 0.034이다. 설계된 선형들의 벌브주요요목을 Table 5에 나타내었으며, 측면형상을 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다.

Table 5 Bulb parameters of the gooseneck bulb hull varied with hight and length

	KF (GB-B12MH68)	KF (GB-B12MH77)	KF (GB-B12MH81)
$L_B$ (m)	6.71		
$B_B$ (m)	2.70		
$T_B$ (m)	4.12	4.46	4.87
$A_{BT}$ ( $m^2$ )	11.02		
$A_{BL}$ ( $m^2$ )	33.63	34.26	34.30
$\nabla_{PR}$ ( $m^3$ )	58.56		

	KF (GB-B12ML34)	KF (GB-B12ML38)	KF (GB-B12ML46)
$L_B$ (m)	5.35	6.04	7.38
$B_B$ (m)	2.70		
$T_B$ (m)	4.43		
$A_{BT}$ ( $m^2$ )	11.02		
$A_{BL}$ ( $m^2$ )	27.59	31.04	37.96
$\nabla_{PR}$ ( $m^3$ )	46.80	52.66	64.40

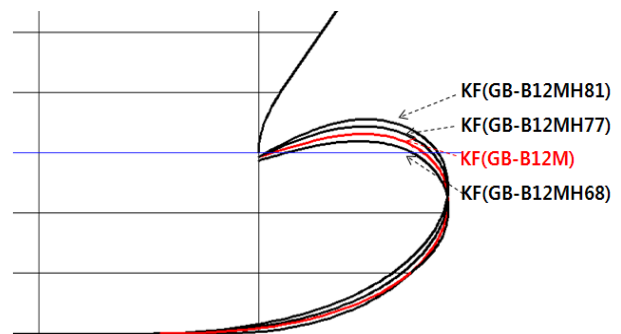


Fig. 10 Profiles of the gooseneck bulb hull varied with hight

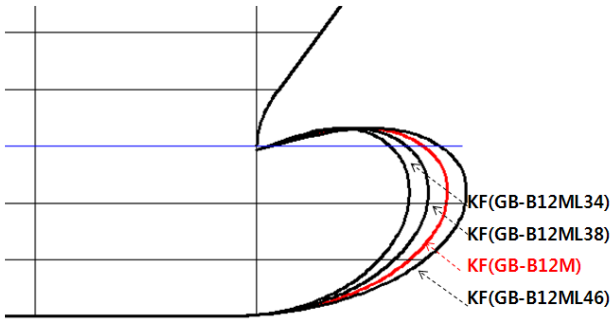


Fig. 11 Profiles of the gooseneck bulb hull varied with length

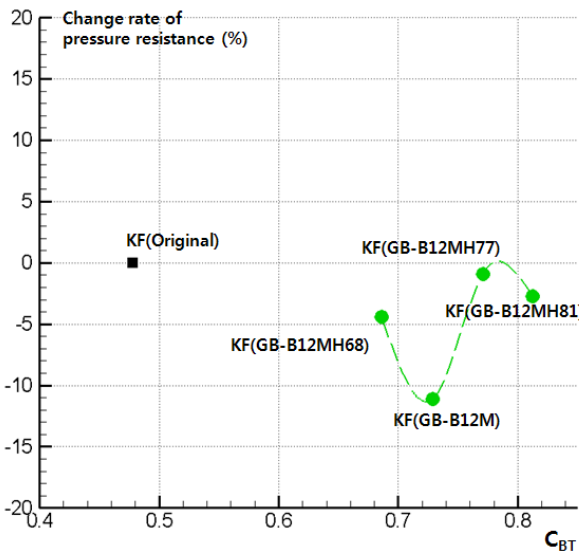


Fig. 12 Percentage change of pressure resistance of the gooseneck bulb hull with varying height

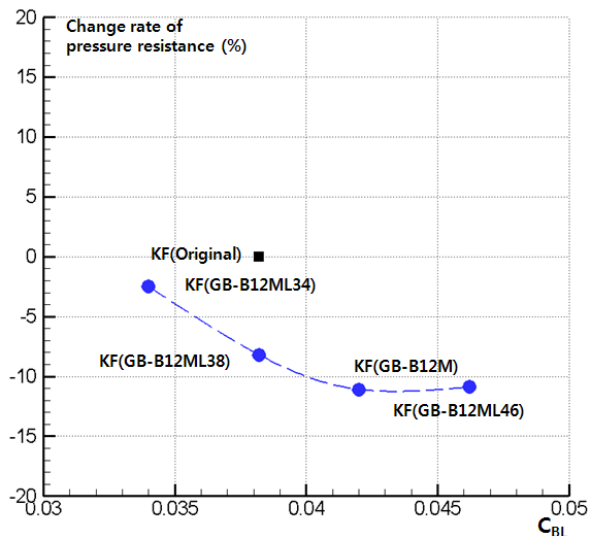


Fig. 13 Percentage change of pressure resistance of the gooseneck bulb hull with varying length

벌브의 높이방향 위치와 길이에 따른 압력저항의 변화를 Fig. 12와 Fig. 13에 각각 나타내었다. 높이방향 중심위치 변화와 저

항성능은 뚜렷한 상관관계를 보이지는 않는다. 거위목 벌브의 높이방향 중심위치 변화에 따른 저항성능을 비교하여 보면, KF(GB-B12M)보다 벌브의 높이 위치가 낮은 KF(GB-B12MH68)은 주선체에 걸리는 양압력의 분포가 증가하고 있어, 벌브에 의한 선수파의 상쇄효과가 감소하는 것으로 사료된다. 벌브의 높이 위치가 높은 경우에는 주선체에 걸리는 양압력의 분포는 감소하였지만, FP부근에서 양압력은 증가하였다. 이는 수선면 근처에서 벌브의 국부적 폭의 변화와 유사한 경향을 보인다.

벌브의 길이에 따른 압력저항의 변화를 보면, 벌브 길이가 가장 짧은 KF(GB-B12ML34)의 압력저항이 기준선형에 근접하고 있지만, 벌브 길이가 길어질수록 압력저항이 감소하고 있다. 일정 벌브 길이 비 이상의 영역에서는 거위목 벌브에 의한 저항개선 효과가 차이를 보이고 있지 않다.

### 4. 결론

국내를 기점으로 단거리 국제항로를 운항하는 중형여객선을 대상으로 벌브 형상에 따른 수치시뮬레이션을 수행하였고, 기존 여객선에 적용되어 있는 일반벌브 형상보다 거위목 벌브 형상이 기준선형의 저항성능 개선에 좀 더 유리한 결과를 보이고 있다.

거위목 벌브의 폭을 변화시켜 몇 가지 선형을 설계하여 저항성능을 파악한 결과, 벌브의 최대 폭이 클수록 수면 높이의 감소로 주 선체가 받는 저항과 발산파가 감소하지만, 벌브 부분에서의 압력저항이 증가하는 경향이 나타났다. 파도의 상쇄효과를 극대화하기 위하여 체적을 수선면 근처로 분포시키는 거위목 벌브의 특성을 고려하여, 거위목 벌브의 단면형상을 O타입에서  $\nabla$ 타입으로 보정하면, 일부 선형에서 거위목 벌브 적용을 통한 저항성능 개선 효과와 더불어 단면형상 보정에 따른 국부적인 벌브 폭 변화 등의 효과가 압력저항 감소에 크게 작용하는 결과가 나타났다. 이와 같은 거위목 벌브의 폭과 단면형상에 따라 기준선형에 비하여 압력저항이 최대 약 11%(전 저항 약 4.5%) 정도 감소하였다.

거위목 벌브 최대 폭 및 단면형상에 따른 저항성능의 개선효과가 가장 큰 선형을 기준으로, 벌브를 정지 시의 수선면 위로 좀 더 올릴 경우에는 압력저항이 증가하였고, 벌브의 높이를 낮추면 벌브에 의한 선수파의 상쇄효과가 줄어드는 경향을 보였다. 거위목 벌브 선형들이 기준선형에 비하여 압력저항이 감소하였지만, 높이방향 중심위치 변화와 저항성능은 뚜렷한 상관관계를 보이고 있지 않다. 실제 거위목 벌브 적용하는데 있어, 벌브의 높이방향 중심위치의 최적점을 탐색하기위한 추가적인 연구가 필요하겠다.

벌브의 길이에 따른 저항성능의 변화를 보면 벌브 길이가 길어질수록 압력저항이 감소하지만, 일정 벌브 길이 이상에서는 거위목 벌브에 의한 저항개선 효과가 차이를 보이고 있지 않다. 이와 같은 경향을 바탕으로 과도하게 큰 벌브의 부착을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

추후 여객선에 거위목 벌브를 효율적으로 적용할 수 있는 참고 자료를 마련하고자 한다. 이를 위하여 저항성능에 영향을 미치는 거위목 벌브의 선형요소를 추가적으로 파악하고, 거위목 벌브의

선형요소와 저항성능에 대한 회귀방정식의 도출 및 최적 요소 산출을 위한 추가 연구를 진행할 예정이다.

## 후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A2044939).

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

## References

- Dominic, S.C., 2007. *Joint High Speed Sealift (JHSS) Baseline Shaft & Strut (Model 5653) Series 1: Bare Hull Resistance, Appended Resistance, and Alternative Bow Evaluations*. West Bethesda: Naval Surface Warfare Center Carderock Division of USA.
- Heimann, J. & Harries, S., 2003. Optimization of the wave-making characteristics of fast ferries. *7th International Conference on Fast Sea Transportation FAST'03*, Ischia, Italy, 7–10 October 2003.
- Heimann, J., 2005. CFD Based Optimization of the Wave-Making Characteristics of Ship Hulls. PH.D Thesis. Technical university of Berlin, Germany.
- James, R., 2006. The modern superyacht; enlarged yacht or smaller ship?. *Proceedings of 19th International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction*, Netherlands, 13–14 November 2006, pp.21–32.
- Jang, H.S. Lee, H.J. Joo, Y.R. & Chun, H.H., 2003. Review on the Hull Form Characteristics of a High-Speed Large Passenger Feey. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 40(4), pp.1–7.
- Jeong, K.L. Lee, Y.G. & Kim, N.C., 2010. A Fundamental Study for the Numerical Simulation Method of Green Water Occurrence on Box Deck. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(2), pp.188–195.
- Kim, Y.S., 2011. A Study on the Tendency on Conversion of Passenger ship. *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*, 14(1), pp.32–39.
- Lee, Y.G., 2008. *Development of a Numerical Computation Method Simulating the Wave Breaking Phenomenon around a Ship*. Gwacheon: Ministry of Science and Technology of Korea.
- Maisonneuve, J.J. Harries, S. Marzi, J. Raven, H.C. Viviani, U. & Piippo, H., 2003. Towards optimal design of ship hull shapes. *8th International Marine Design Conference IMDC'03*, Athens, Greece, 3–5 June 2003.
- Tahara, Y. Sugimoto, S. Murayama, S. Katsui, T. & Himeno, Y., 2003. Development of CAD/CFD/Optimizer-Integrated Hull-Form Design System. *Journal of the Kansai Society of Naval Architects, Japan*, 240, pp.29–36.
- Valdenazzi, F. Harries, S. Janson, C.E. Leer-Andersen, M. Maisonneuve, J.J. Marzi, J. & Raven, H.C., 2003. The FANTASTIC RoRo: CFD optimisation of the forebody and its experimental verification. *Proceedings of the International Conference on Ship and Shipping Research NAV'03*, Palermo, Italy, 23–27 June 2003, pp.3.7.1–3.7.14.
- Yu, J.W. Lee, Y.G. & Jeong, K.L., 2010. A Study on the Resistance Performance of the Goose Neck Bulbous Bow by Numerical Simulation Method. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(5), pp.689–696.
- Yu, J.W. Lee, Y.G. & Park, Y.H., 2013. A Fundamental Study on Bulbous Bow Design for the Resistance Reduction of Domestic Passenger Ships. *Proceedings of the Annual Spring Meeting of the Society of Naval Architects of Korea*, Jeju, Korea, 23–24 May 2013, pp.1150–1155.



유진원

이영길

이승희