creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000236095

2008年度
碩士學位論文

비대선박에서 구상선수의 길이와 저항성분들과의 상관관계 분석을 위한 수치해석

Numerical Analysis for the correlation analysis between the length of bulbous bow and resistance components for Large Full Form Ship

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金 泰 勳

비대선박에서 구상선수의 길이와 저항성분들과의 상관관계 분석을 위한 수치해석

Numerical Analysis for the correlation analysis between the length of bulbous bow and resistance components for Large Full Form Ship

2008年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金 泰 勳

비대선박에서 구상선수의 길이와 저항성분들과의 상관관계 분석을 위한 수치해석

指導敎授　李　貴　珠

이 論文을 工學碩士學位 申請 論文으로 提出함.

2007年　10月

朝鮮大學校 大學院

船 舶 海 洋 工 學 科

金　泰 勳

金泰勳의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校　敎授　　尹 德 榮　印

委　員　朝鮮大學校　敎授　　李 貴 珠　印

委　員　朝鮮大學校　敎授　　權 寧 燮　印

2006年　5月

朝鮮大學校 大學院

목 차

Nomenclatures

Abstract

제 *1* 장 서 론

1.1 연구배경 ····· 1
1.2 최근 관련 연구 ····· 2
1.3 연구목적 및 내용 ····· 3

제 *2* 장 대상선박 및 수치해석 방법

2.1 대상선박 ····· 4
2.2 수치해석방법 ····· 6
2.5 좌표계 ····· 8

제 *3* 장 수치해석

3.1 격자수에 의한 영향조사 ····· 12
3.2 Bulbs Bow 변화에 따른 유동장 변화 ····· 16

제 *4* 장 결 론

NOMENCLATURES

A_P : Projected planing bottom area

B_M : Midship chine beam

C_A : Incremental resistance coefficient for model-ship correlations

C_{AA} : Air or wind resistance coefficient

C_D : Drag coefficient

C_F : Local friction coefficient based on undisturbed velocity

C_{FO} : Frictional resistance coefficient in two dimensional flow

CG : Center of gravity

C_{PV} : Specific pressure resistance coefficient (or viscous origin)

C_R : Specific residuary resistance coefficient

C_T : Specific total resistance coefficient

$C_{T\nabla}$: Resistance-displacement coefficient

C_V : Specific total viscous resistance coefficient

C_W : Specific wave making resistance coefficient

EHP : Effective horse power

Fn : Froude number

Fnh : Froude depth number

Fn_∇ : Speed-displacement coefficient number

g : Acceleration due to gravity

k : Three-dimensional form factor on flat plate friction

L : Lift (a force)

LCG : Longitudinal center of gravity location

R : Resistance, in general

R_A : Model-ship correlation allowance

R_{AA} : Air or wind resistance

R_{AP} : Appendage resistance

R_{AR} : Roughness resistance

R_F : Frictional resistance

R_{FO} : Frictional resistance in two-dimensional flow

Rn : Reynolds number

R_P : Pressure resistance

R_{PV} : Pressure resistance of viscous origin

R_R : Residuary resistance

R_S : Spray resistance

R_T : Total resistance

R_V : Total viscous resistance

R_W : Wave making resistance

R_{WB} : Wave breaking resistance

S : Area of wetted surface

U : Velocity of a fluid

V_M : Model speed, m/sec

V_S : Ship speed, knots

β : Deadrise angle of planing bottom in degrees

ρ : Mass density of water

λ : Linear ratio, ship to model

τ : Trim angle of hull with respect to attitude as drawn, degrees

ΔC_F : Roughness allowance

$\triangle$: Weight of craft, ton

∇ : Volume of craft, m^3

ABSTRACT

Numerical Analysis for the correlation analysis between the length of bulbous bow and resistance components for Large Full Form Ship

Kim, Taehun
Advisor : Prof. Lee, Kwi-joo, Ph.D.
Department of Naval Architecture
& Ocean Engineering,
Graduate School of Chosun University

The bulbous bow has long been used in reducing the wave making resistance by varying the velocity field near the bow of the ship. The bulb attenuates the bow wave, thereby reducing the total wave making resistance. Studies have shown that effective positioning of the bulb and its length has a probability of reducing the viscous resistance also.

In this paper, resistance calculation of five forms of bulbous bow has been done to find the effect of the bulb length on the resistance of large full form ship.

Five bulbs were designed the length, and theoretical resistance calculation has been carried out for these bulbs by CFD code.

A comparative analysis of calculated results has been made to find out the relationship between the length of bulbous bow and resistance components for large full form ship.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

현대 산업사회는 급격한 화물 수송량의 증가를 가져 왔으며, 이에 따라 화물을 대량으로 신속하게 운송하기 위하여 선박의 대형화 및 고속화가 불가피하게 되었다. 이러한 상황에서 대형선박의 운용 경제성을 향상시키기 위하여 저항을 감소시키고 속도를 향상시키기 위한 연구가 필요하다.

기존의 배수량형 선박 선형개선에서는 선박의 저항성분 중에서 조파저항을 감소시키기 위한 방법 중의 하나로 구상선수 형상이 제안되었다. 구상선수 형상에 대한 연구는 D.W.Taylor에 의하여 최초로 제안되었으며 그 뒤 Wigley, Inui 등에 의해 많은 연구가 수행되었다. 이러한 연구 결과는 이미 많은 선박에 채용되어 그 효과가 입증된 바 있다.

선박이 운항할 때 받는 유체저항 성분들은 마찰저항과 형상저항 등 점성에 기인하는 저항들과 자유수면에서 발생하는 조파저항 성분들이 있다. 현재, 선박의 저항성능 추정을 위한 방법으로는 예인 수조에서의 모형시험을 통해 저항 및 추진특성을 추정하는 방법과 전산유체역학 (CFD) 프로그램을 사용하여 선체 주위의 유동을 해석하는 방법이 있으나 모형시험의 경우, 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 다양한 여러 척의 선형을 개발하는 것에 한계가 있다. 이에 반해, 전산유체역학 시스템은 선형의 유동현상과 저항 특성을 단기간에 예측할 수 있을 뿐만 아니라 초기 설계 단계에서 여러 가지 선형으로부터 우수한 선형을 선택할 수 있도록 도와주는 유용한 수단이라고 할 수 있다.

한편, 선체 주위의 난류유동에 대한 정확한 해석과 유체 역학적 성능의 정량적 추정은 복잡한 격자 시스템과 자유수면의 영향, 그리고 난류 이론의 한계성으로 인해 최근까지도 매우 다루기 어려운 과제이다. 이로 인해 선박 설계 과정에서 전산유체역학은 저항성능 해석과 프로펠러면의 속도분포의 정성적 해석 및 평가 등에 국한되어 왔다. 그러나, 최근에는 컴퓨터 성능과 전산유체역학의 발달로 상용 CFD 프로그램인 FLUENT, WAVIS 등이 대부분의 조선소 선형설계 과정에서 사용되고 있으며, 선박의 조파저항 성능 및 점성

저항 성능 그리고 유효반류 추정에서 정성적인 결과 뿐만 아니라 공학적인 견지에서 충분히 유용한 정량적인 결과를 보여주고 있다.

1.2 최근 관련 연구

선박의 저항은 자유 수면상의 조파저항에 의한 조파저항과 물의 점성으로 인한 선체 표면 마찰저항 및 유동 박리 현상에 의한 점성 압력 저항 등을 포함한 점성 저항으로 나누어 볼 수 있다. 현재 대부분 선박의 조파 저항은 포텐셜 유동 이론을 사용하여 해석해 왔다. 또한, 선체 주위 점성 유동장의 해석은 대부분 자유 수면의 조파현상을 무시한 이중 모형 유동에 대해 수행되어 왔으며, Reynolds Averaged Navier-Stokes(RANS) 방정식을 사용하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 현재, 선박에 의해 수면에서 발생하는 조파현상을 포함한 선체 주위의 난류 유동에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, CFD Workshop Gotheburg에서는 조파현상이 포함된 난류 유동장 및 이중 모형 유동에 대한 계산 분야의 현주소와 앞으로의 가능성을 보여주었다.

한편, 국내에서는 선박의 자항성능을 추정하려는 수치해석 연구가 활발히 수행되고 있으며, 박제준 등에 의해 MRF 기법을 이용한 자항성능 추정이 시도 되었으여, 부경태 등은 Body force 분포법을 사용하여 선체-추진기-타를 고려한 유동 해석 및 CFD를 이용한 자항 상태 시뮬레이션의 가능성을 보여주었다. 또한 김기현 등은 수치해석을 통해 저항성능등 해석결과가 실험 결과와 정성적으로 일치하는 것을 보여주었고, 신뢰할 수 있는 결과를 얻기 위해서는 자유수면 고려, 정도 높은 난류 모형 및 효율적인 격자계가 필요함을 제시하였다.

1.3 연구목적 및 내용

전산유체역학(CFD)를 활용한 선박 주위의 유동 해석 결과가 모형시험 결과와 잘 일치하는 경향을 보여줌으로써, 국내 조선소에서는 저항 및 자항성능은 물론 조종성능 그리고 부가물이 부착된 선박 주위 유동 해석 등 그 활용도를 높여가고 있다.

본 논문에서는 저속 비대선에서 구상선수가 발생시키는 파형이 조파저항에 영향을 미치는 것으로 보고 이를 감소시키기 위한 목적으로 구상선수 길이를 변화시켰다. 모형 시험이 수행된 300K VLCC 선박을 대상으로 선체 주위 유동에 대한 수치해석을 상용 CFD code를 사용하여 수행하였다.

구상선수 길이를 다르게 하여 5가지 선형을 설계하였으며, 이렇게 설계된 선형들을 CFD Code를 이용하여 구상선수 길이 변화에 따른 저항성능 변화에 대하여 수치해석을 실시하였다. 계산은 자유수면을 고려하지 않은 이중모형에 대해 선체주위의 수채해석을 수행하였으며 동일 선형에 대해 자유수면 효과를 고려한 수치해석을 수행하였으며, 계산 결과를 MOERI의 예인 수조 시험 결과와 비교, 분석하였다. 본 논문의 2장에서는 대상선박인 KVLCC 선박의 주요제원에 대해 간단히 언급하고 문제의 정식화를 위한 지배방정식 및 난류모형, 수치격자계 및 경계조건 등에 대하여 서술하였다. 3장에서는 구상선수의 길이를 변화시켜 수치해석을 수행한 결과를 도시화하였으며 4장에서는 연구 결과를 요약, 정리하고 본 연구를 통해 얻어진 결론을 기술하였다.

제 2 장 대상선박 및 수치해석 방법

2.1 대상선박

계산을 위한 선형은 MOERI에서 설계된 VLCC 선형으로서 수선장길이(LBP)가 320m, 폭(B) 58.0m, 흘수(T) 20.8m이고, 방형비척계수(CB)는 0.8101이다. 본 절에서는 기본 선형에 대한 제원을 Table.1에 나타내었으며, Body plan을 Fig.1에 도시하였다.

Table.1 Principal Geometric Characteristics

designer : MOERI
Ship Name : KVLCC
Ship Type : VLCC

Scale Ratio : 58

Hull	Ship	Model
LBP (m)	320.0	5.5172
B (m)	58.0	1.00
T (m)	20.8	0.3586
Trim (m) by stern	0.00	0.00
∇ (m^3)	312737.5	1.6029
S (m^2)	27320.0	8.1213
LCB (%) from Midship	3.74	3.74
L/B	5.5172	5.5172
L/T	15.3846	15.3846
B/T	2.7884	2.7884
C_B	0.8101	0.8101
C_W	0.9082	0.9082
C_M	0.9979	0.9979

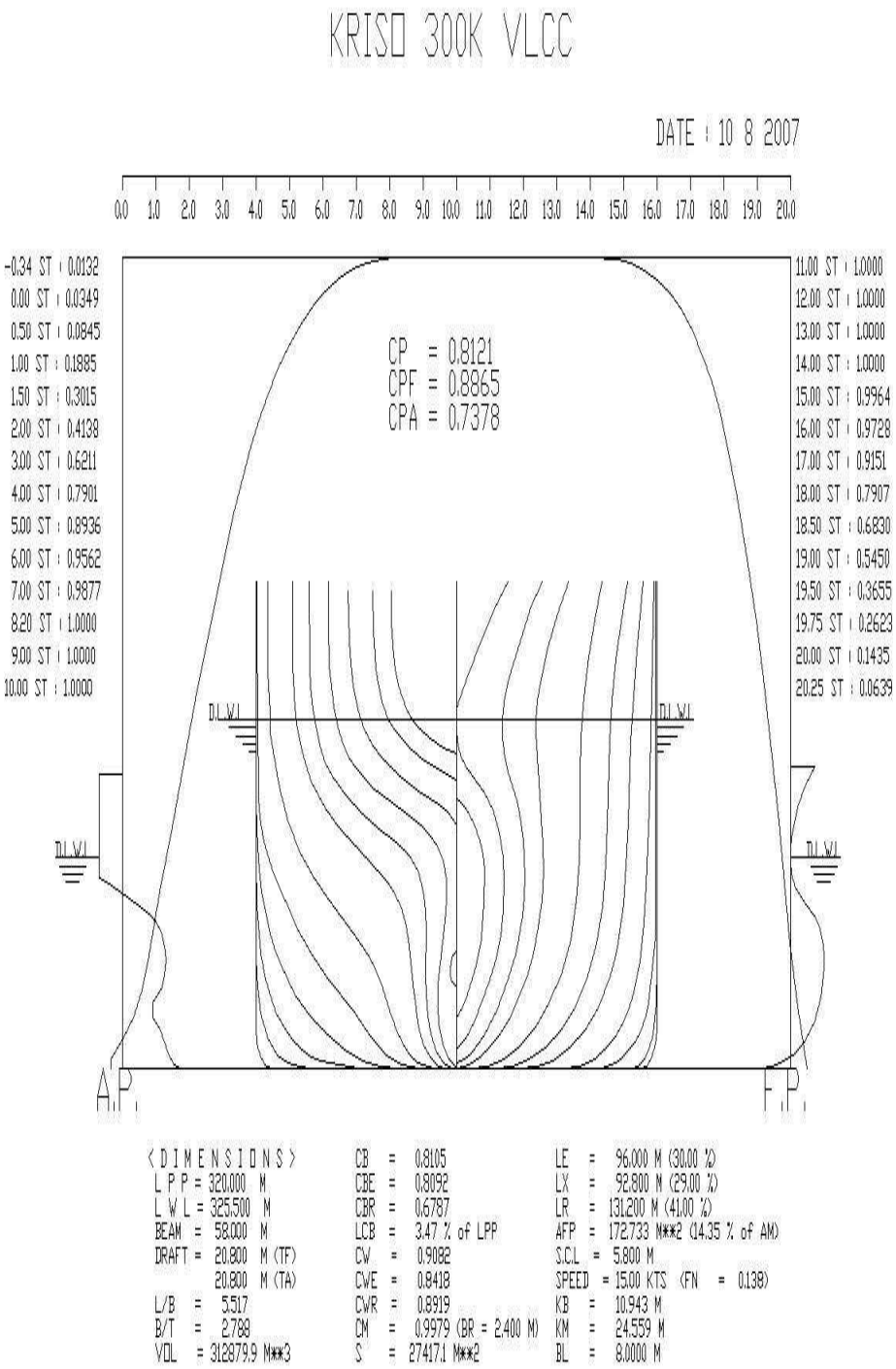


Fig.1 Body plan and Sectional Area Curve

2.2 수치해석방법

2.2.1 지배방정식

수치계산을 위한 기본 좌표계는 선박을 기준으로 하는 좌표계로서 선체 길이방향을 X축, 연직 상방향을 Z축, 그리고 유현방향을 Y축으로 정하였다. 3차원 비압축성 난류유동의 지배 방정식인 연속방정식과 Reynolds averaged Navier Stokes(RANS) 방정식은 직교좌표 $x_i = (x, y, z)$를 사용해서 다음과 같이 쓸 수 있다.

- continuity equation :

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

- x_i Momentum equation :

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_i} = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i}$$

계산에 사용된 모든 변수들은 유입속도 U_∞, 수선간 길이 L_{BP}, 그리고 밀도 ρ로 무차원화하였고, $u_i = (u, v, w)$는 각 좌표축 $x_i = (x, y, z)$ 방향의 평균속도 성분을, τ_{ij}는 점성과 난류에 의한 유효 응력(effective stress)을 나타내며, p는 정압을 나타낸다. 유효응력은 Boussinesq의 isotropic eddy viscosity model을 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau_{ij} = \nu_e \left[\frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right] - \frac{2}{3} \delta_{ij} k$$

여기에서 k는 난류의 운동에너지이고 ν_e는 turbulent eddy viscosity ν_t에 유체의 운동학적 점성계수 ν를 합한 유효점성 계수로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\nu_e = \nu_t + \frac{1}{R_n}$$

R_n은 Reynolds 수이고, turbulent eddy viscosity coefficient ν_t는 Realizable $k-\epsilon$ 난류모형을 사용하였다.

2.2.2 난류모형

본 논문에서는 two-equation turbulence closure의 하나인 $k-\epsilon$난류모형을 사용하였다. 통상 공학 계산에서는 $k-\epsilon$ 모형 중에서 Standard $k-\epsilon$ 모형이 가장 널리 사용되어 왔으나, 본 논문에서는 선체 주위의 유동 계산에서 프로펠러 면의 반류 분포 및 저항 성능에서 좋은 결과를 주는 것으로 알려진 Realizable $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다. 이는 Reynolds stress tensor의 realizability를 고려하여 개발된 Reynolds stress 모형으로부터 얻어진 2개의 편미분 방정식을 풀어야하는 two-equation turbulence model의 하나이다. 비교적 단순한 형태인 standard $k-\epsilon$ 모형에서는 C_u가 통상 0.09의 정해진 값을 갖는 반변, Realizable $k-\epsilon$ 모형에서는 C_u가 shear strain과 vorticity의 함수로 표시된다.

난류 유동의 경우에서도, 벽면에서는 유체 유동의 속도가 벽면의 이동속도와 같아야 한다는 no-slip 조건이 만족되어야 한다. 이러한 조건 때문에 난류 성분들은 벽면 근처에서는 그 활동이 크게 제약을 받게 되고 low-Reynolds number model 또는 near-wall turbulence model을 사용해야 한다. 그러나 이를 적용하기 위해서는 벽면 아주 가까운 곳까지 유동을 계산하여야 하기 때문에 대단히 많은 수의 격자가 필요하고, 수치 계산을 수행할 때의 수렴도(convergence) 및 안정성(stability 또는robustness)이 크게 떨어지는 등 많은 어려움에 봉착하게 된다. 본 논문에서는 수치 계산의 정도를 유지하면서도 효율성을 보장하기 위해서 벽면에서 적당한 위치에서 난류 경계층 이론에서 널리 알려진 벽법칙(law of the wall)을 사용하기로 하고, 현재 가장 많이 쓰이고 있는 Launder and Spalding's wall function(LSWF)을 적용하였다.

2.3 좌표계

수치계산을 위한 기본 좌표계는 Fig 2에 도시한 바와 같이 선체 길이 방향을 x축, 연직 상방향을 z축, 그리고 폭 방향을 y축으로 하는 직교 좌표계를 사용하였다. 좌표계의 원점은 선체 중심면(center plane)과 중앙면(midship), 그리고 정수면(calm free surface)이 만나는 점에 잡았다.

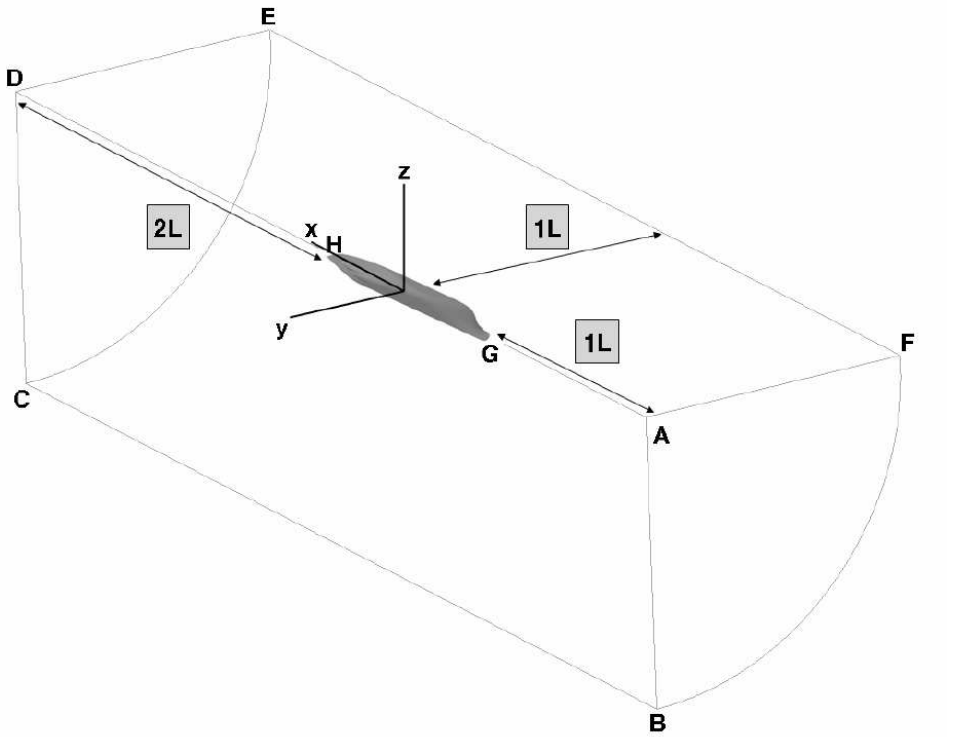


Fig.2 Coordinate system

수치격자계 및 경계조건

선수와 선미의 복잡한 선형을 따라 정규격자를 생성하기 위해서 선체표면의 격자를 선수, 선미방향으로 집중시켜 조밀한 격자를 구성하였다. 단축선의 경우에는 계산영역 전체가 하나의 블록으로 표현되는 공간 격자계 생성이 가능

하였으나 선미 Bulb와 Transom 형상에 따른 격자의 질을 높이기 위해 다중 블록 격자계를 사용하였다. 또한 선체 근처의 격자가 복잡한 형상에 의해 고르지 못하기 때문에 전체격자에 주는 영향을 줄이기 위해서 선체표면으로부터 0.2 LBP 위치에서 내부와 외부로 격자계를 나누었다.

본 논문에서는 박일룡에 의해 제시된 방법에 따라 Gridgen V15.09를 사용하여 수치격자를 생성하였으며, 선수와 선미 모두O-H 형상을 갖도록 구성하였다. 경계조건으로 유입경계는 FP로부터 1Lpp, 외부경계는 현측으로부터 1Lpp만큼 떨어져 있으며, 유출경계는 AP로부터 2Lpp 떨어져 있다. Fig. 2에 도시한 바와 같이 이중모형으로 가정하고 수치계산을 수행할 시 각 경계면에서 주어진 경계조건은 다음과 같다.

(1) 입구면(ABF) : “Velocity inlet”을 선택하여 균일류 조건을 사용하였다. 한편, FLUENT에서 Velocity inlet를 사용할 경우에는 균일류 난류특성을 입력해야 한다. 이러한 난류특성은 수렴성 및 유체력에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며,반복 계산을 통해 적당한 값을 찾아내야 한다.

(2) 출구면(CDE) : Outflow를 선택하여 의 조건을 적용하였다.

(3) Keel면(AGHDEF) : 대칭(Symmetry)조건을 선택하였다.

(4) 바깥 경계면(BCEF) : 입구면과 동일하게 균일류 조건을 사용하였다.

(5) 선체 표면 : 선체 표면에서는 경계면의 속도가 영이므로 그 경계면을 통한 대류항의 기여는 없고, 벽면 마찰 응력(wall shear stress)으로 인한 접선방향의 점성 플럭스만을 고려하여 경계조건을 부여하였다. 이 때 벽 마찰 응력의 크기는 Standard wall function을 사용하여 구하였고, 마찰 응력의 방향은 벽으로부터 첫 번째 떨어진 점에서의 속도의 방향과 같다고가정하였다.압력에 대해서는 Neumann 경계 조건을 적용하였다.

(6) 수면(AGHDEFF) : 계산이 자유 수면을 고려하지 않고 이중모형(double

body)으로 근사하였으므로 대칭 조건을 사용하였다.

Fig.3, 4, 5에는 다중 블록으로 구성된 표면 및 공간 격자계를 나타내었다.

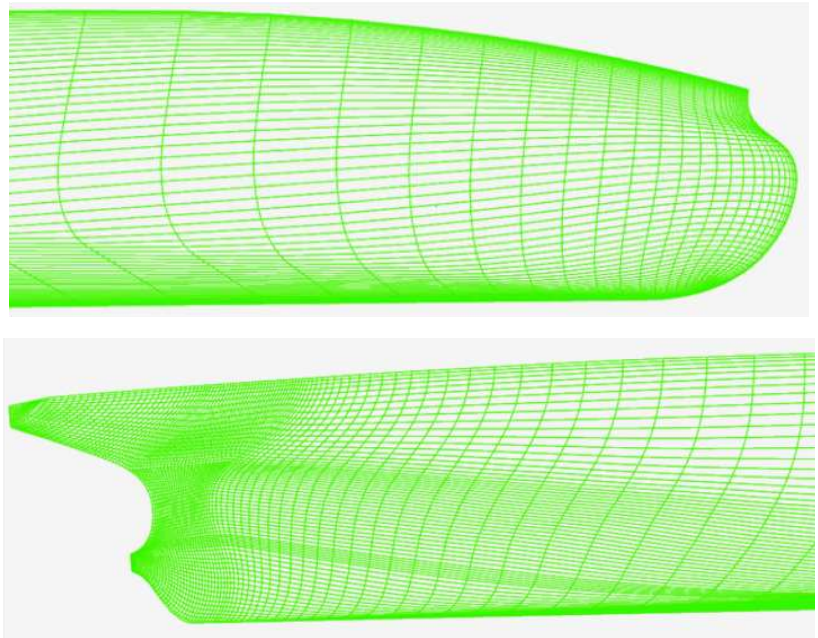


Fig.3 Surface grid on hull surface

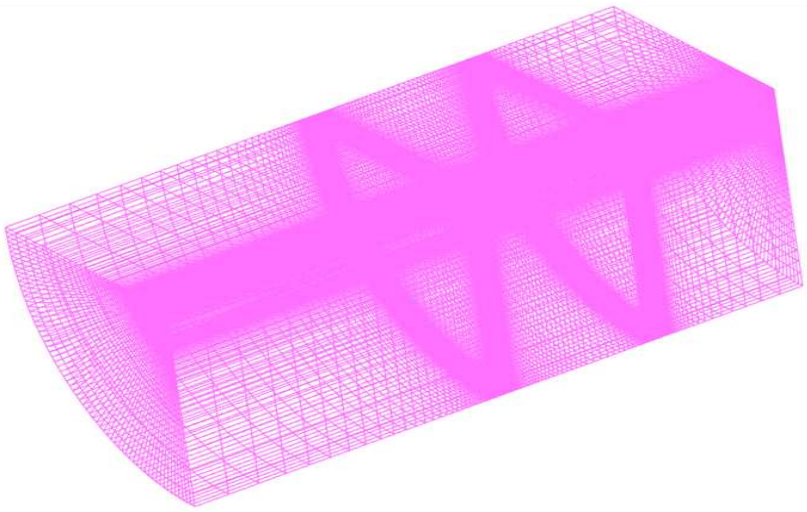


Fig.4 Multi block grid

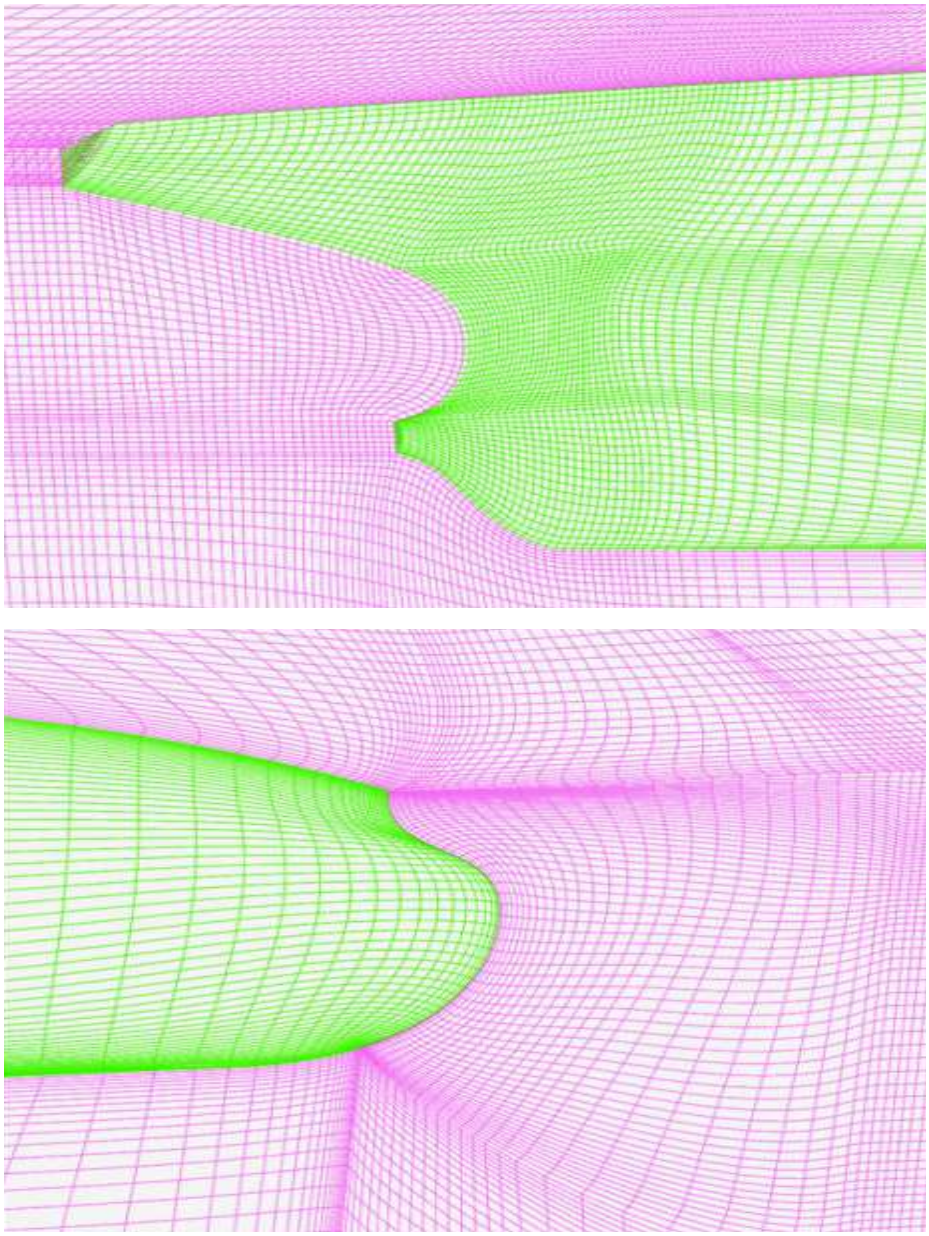


Fig.5 Grid system around the Fore and Aft end

제 3 장 수치해석

3.1 격자수에 의한 영향조사

수치계산의 첫 단계로 격자수에 따른 영향을 조사하였으며, Reynolds number는 모형선에 대한 예인수조시험 조건에 맞추어 4.6×10^6으로 하였다. 격자수는 약 30만개의 격자를 갖는 GridA를 기준으로 축 방향, 깊이 방향 및 폭 방향으로 $\sqrt{2}$배씩 증가시켜 가면서 계산을 수행하였으며, Table.2, 3에 수치계산에 사용된 계산조건 및 격자수를 보이고 있다. 수치계산의 반복 횟수는 3000으로 하였고, 해의 수렴은 u, v, w와 압력의 잔차값이 10^{-5}보다 작게되면 수렴한 것으로 판정하였다.

Table.2 Calculation conditions for checking appropriate number of grid

Reynolds number	4.6×10^6
Minimum grid spacing	0.0003
Upstream Domain	1L
Downstream Domain	2L
Radial domain	1L
Number of Iteration	3000

Table.3 Grid conditions for checking appropriate number of grid

Cases	Number of surface mesh (axial×girth×width)	Number of total cells
Grid A	110 × 72 × 29	305050
Grid B	155 × 72 × 29	389156
Grid C	155 × 72 × 41	563822
Grid D	155 × 100 × 41	758682
Grid E	219 × 100 × 57	990354
Grid F	219 × 100 × 80	1283592
Grid G	219 × 140 × 80	1586123

Table. 4 Comparison of resultant coefficients

Cases	$C_{TM}\times10^3$	$C_{PM}\times10^3$	$C_{FM}\times10^3$
Grid A	3.0650	0.3316	2.7334
Grid B	3.0621	0.3248	2.7373
Grid C	3.0368	0.3148	2.7220
Grid D	3.0266	0.3088	2.7178
Grid E	3.0190	0.3036	2.7154
Grid F	3.0152	0.3031	2.7121
Grid G	3.0142	0.3028	27114

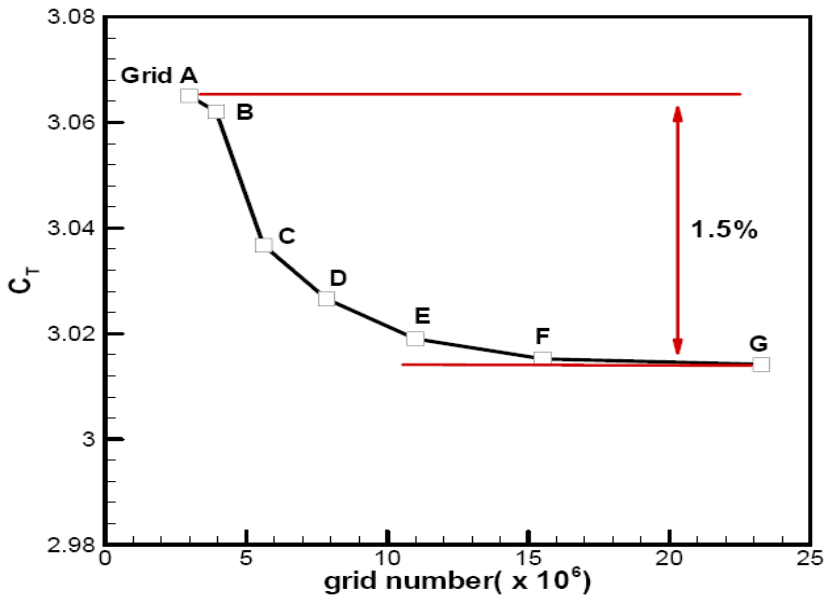


Fig.6 Total resistance coefficient

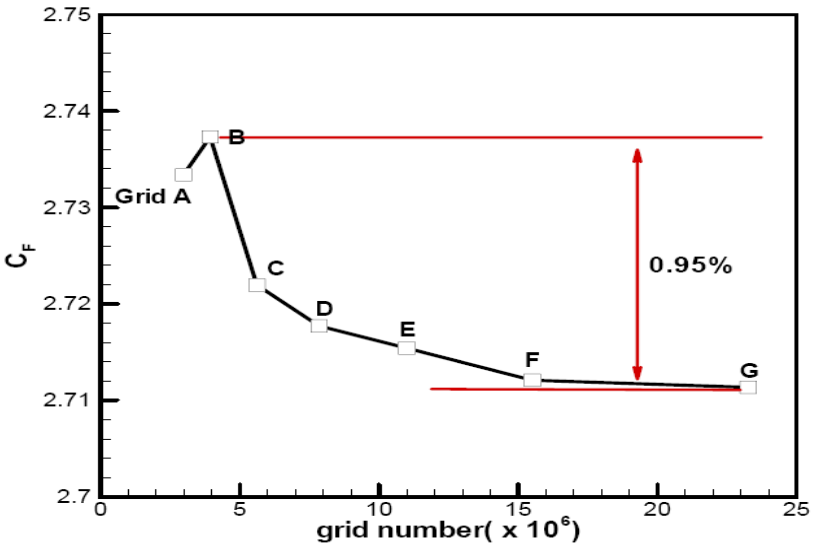


Fig.7 Friction resistance coefficient

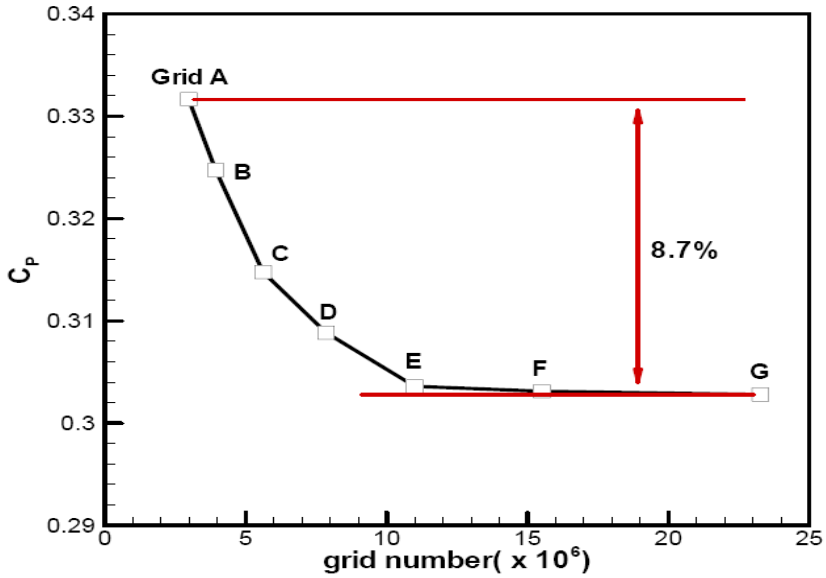


Fig.8 Pressure resistance coefficient

Table.4 및 Fig6~8에서는 수치계산에서 구해진 저항값을 비교하여 보이고 있다. Fig.6 의 전저항 계수 값을 보면 격자수가 증가함에 따라 수치해가 일정한 값으로 수렴하는 것을 볼 수 있으며, Fig.7의 마찰저항의 경우 최대치와 최소치의 차이가 0.95%로 그 차이가 크게 나타나지 않음을 알 수 있다. 한편 Fig.8의 압력저항 계수의 경우 최대치와 최소치의 차이가 약 8.7%로 그 차이가 크게 나타나지만 Grid E 이후부터는 일정한 값으로 수렴하는 것을 확인하였다. 이를 통해 Grid E 수준의 격자수 정도면 유체력을 평가하는데 적당하다고 판단되며 이후 모든 수치 계산은 격자 생성 및 계산시간 등을 고려하여 Grid E의 격자 분포를 사용하여 생성된 격자계를 사용하였다.

3.2 Bulbs Bow 선형변화에 따른 유동장 변화

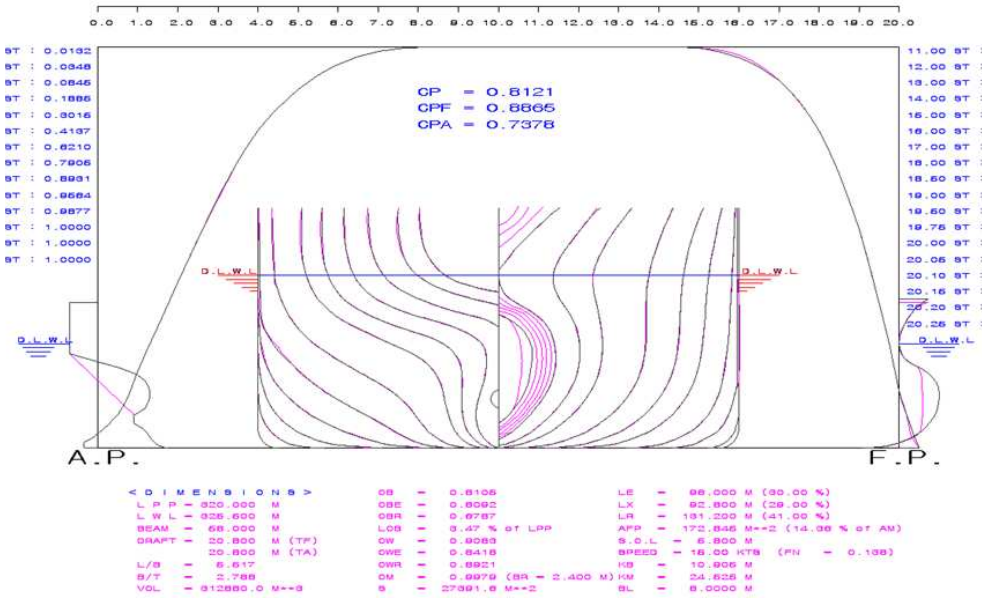
3.2.1 Bulbs Bow 설계

구상선수는 선박의 선수에서 발생하는 파계를 각각 독립적으로 생각하고 각각에 소오스와 싱크같은 특이점계를 첨가시켜서 이들이 형성하는 파계가 선수와 선미에서 발생하는 자유파와 근사적으로 진폭이 같고 위상이 역이 되도록 하여 파계가 서로 상쇄되도록 함으로써 조파저항을 감소시키는 목적을 가지고 설계되었다.

저속비대선인 경우는 구상선수로 인하여 선수파의 방향이 바뀌게 되고 이로 인하여 저항에도 영향을 주게 된다. 구상선수 설계시 고려해야할 형상특성에는 구의 체적, 구의 잠긴 깊이, 구의 길이, 구와 주선체의 연결, 구의 횡단면 형상이 있는데 이러한 구상선수 형상 특성 중 특히 구상선수 길이는 구의 횡단면적과 함께 구상선수 크기를 결정하며 구상선수에서 발생되는 파에 영향을 주게 된다. Bulb의 길이는 선수 Bulb에 의해 발생하는 파장을 고려하여 결정하여야 하나, 최근에는 선수 Bulb의 용적을 크게 하기위해 최대한 길게 하는 추세이다. 최근에는 조파저항값이 비교적 적은 저속비대선에 대해서도 큰 벌브를 붙임으로써 저항성능을 개선시키는 효과를 거두고 있다. 그 이유는 선수 벌브가 선수파의 소멸작용 이외에도 선체주위의 유속 감소를 초래하여 마찰저항 감소에도 기여하게 되며, 또한 선수부의 정류작용에 기여하여 전체적인 점성저항 감소에도 유리한 효과를 주는 것으로 알려져 있다. Bulbs bow는 기준선형 KVLCC 선박을 기준으로 약 2m 간격으로 길이를 변화시켰으며, 길이 변화에 따른 단면 형상의 변화는 최소화 하였다. 구상선수는 FP station의 형상은 그대로 유지하고 구상선수 형상만 교체하는 방식으로 설계하였다. 각 선형의 Body plan과 Bulb 형상을 기준 선형과 비교하여 각각 Fig.11~ Fig.15에 나타내었다. 선형별 구상선수 길이는 Table.5 에 나타내었으며 길이를 변화시킨 구상선수 선형(Bulb01~Bulb04)의 단면적 곡선과 선수 Profile을 Fig 16 ~ Fig 20에 나타내었다.

Table.5 Comparison of Bulbous Bow Length

선형	Bulb01	Bulb02	KVLCC	Bulb03	Bulb04
구상선수 길이 (m)	4	6	8	10	12



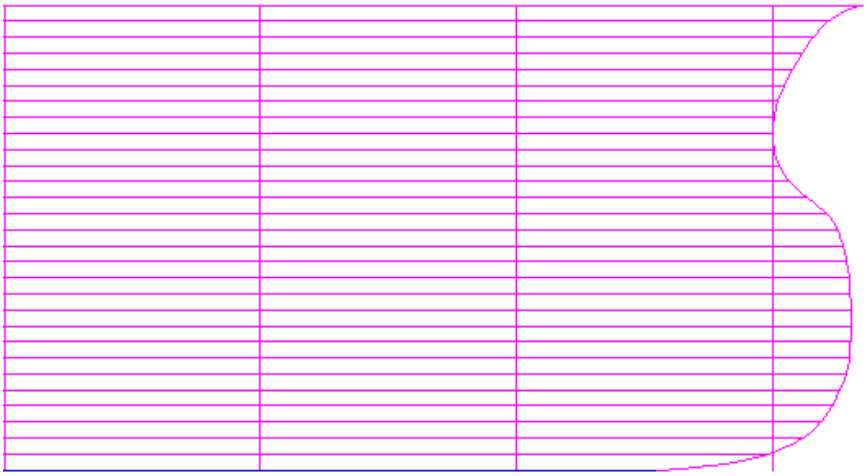


Fig.9 Configuration of bulb01

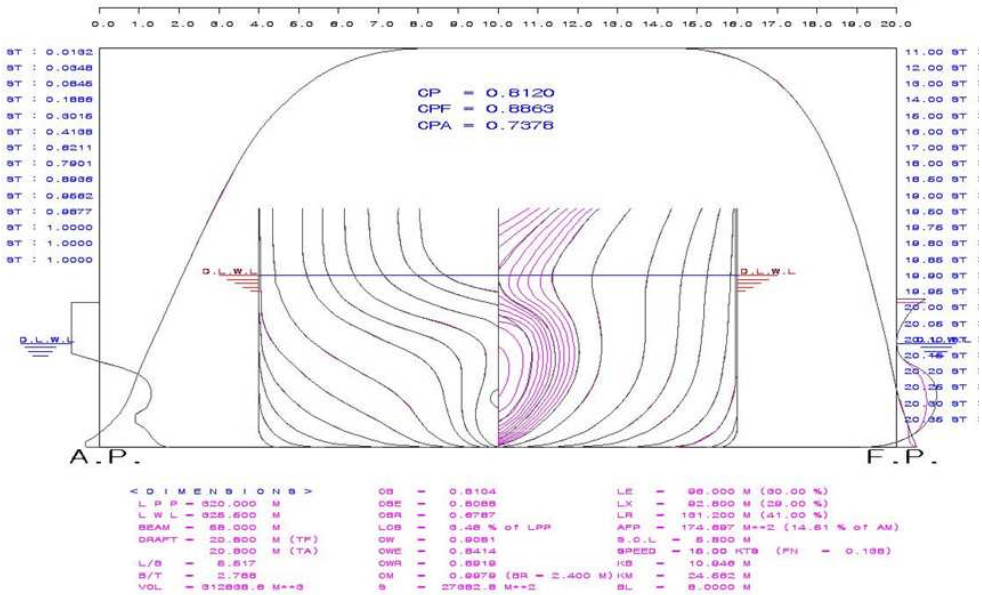


Fig.10 Configuration of bulb02

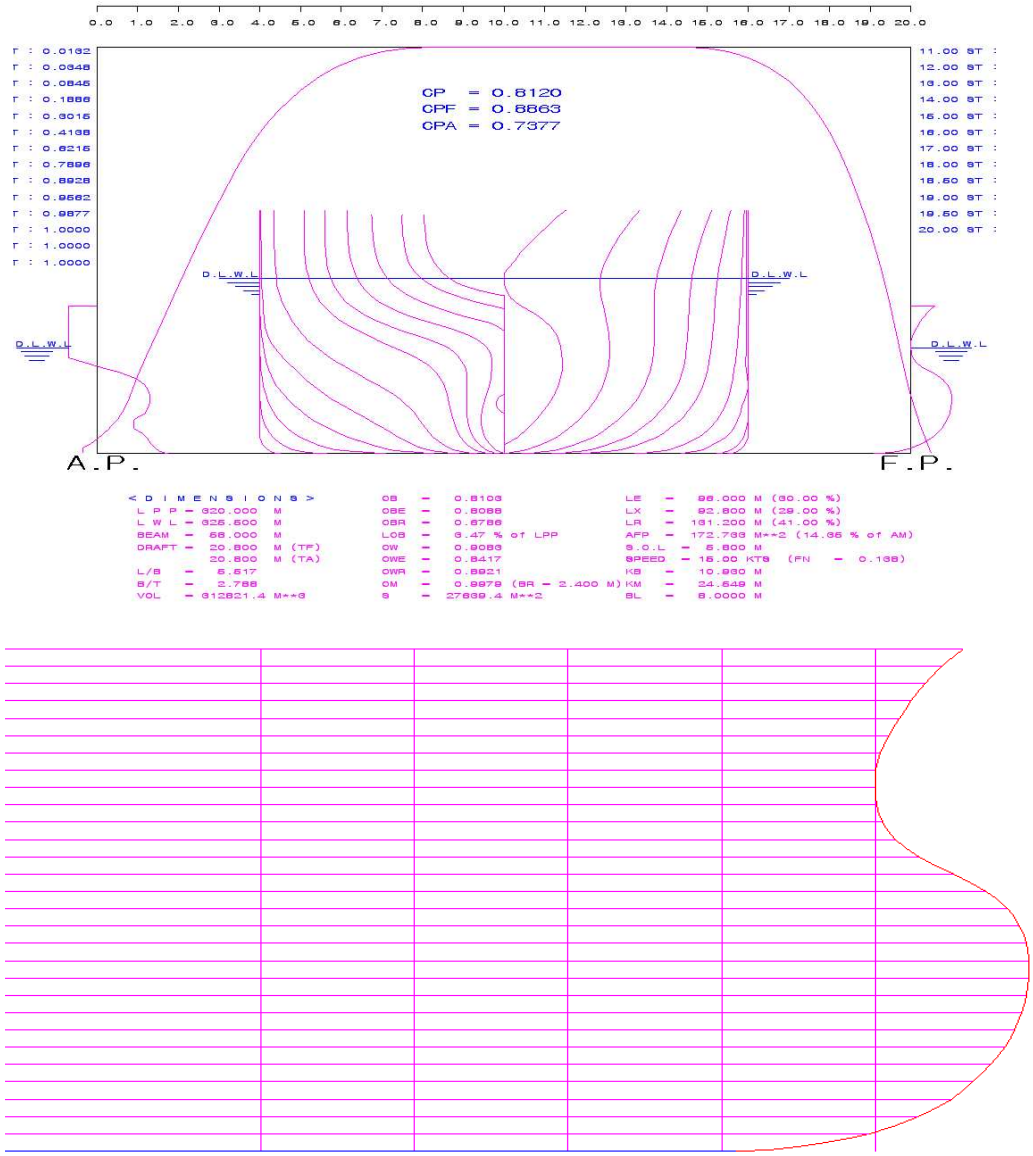
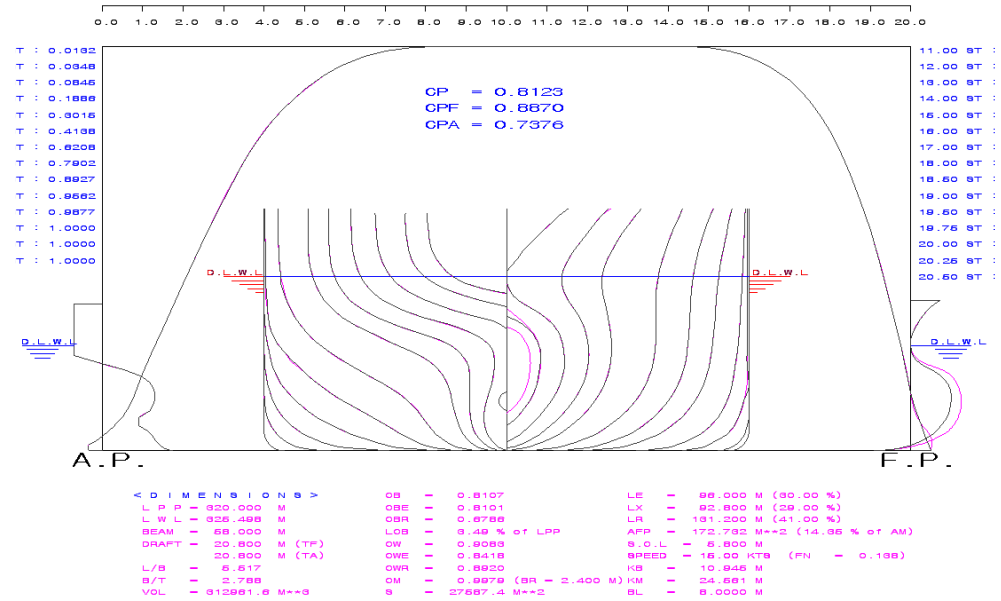


Fig.11 Configuration of Bulb for KVLCC



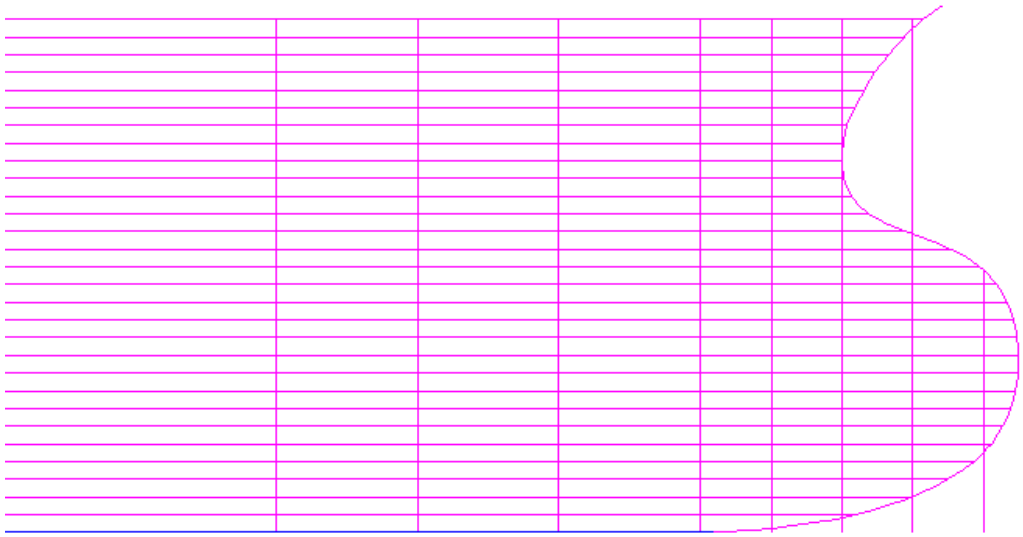
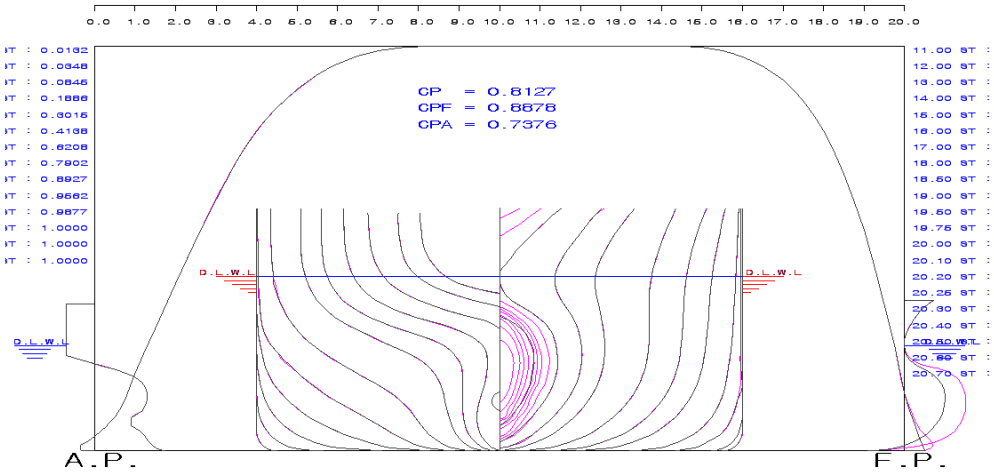


Fig.12 Configuration of Bulb03



< D I M E N S I O N S >

L P P	= 320.000	M	CB	= 0.8111	LE	= 98.000 M (30.00 %)
L W L	= 328.498	M	CBE	= 0.8114	LX	= 92.800 M (29.00 %)
BEAM	= 58.000	M	CBR	= 0.8788	LR	= 131.200 M (41.00 %)
DRAFT	= 20.800	M (TF)	LCB	= 3.61 % of LPP	AFP	= 173.544 M**2 (14.41 % of AM)
	20.800	M (TA)	CW	= 0.9089	S.O.L	= 5.800 M
L/B	= 5.517		CWE	= 0.8418	SPEED	= 16.00 KTS (FN = 0.138)
B/T	= 2.788		CWR	= 0.8920	KB	= 10.946 M
VOL	= 313108.8 M**3		CM	= 0.9979 (BR = 2.400 M)	KM	= 24.556 M
			S	= 27539.8 M**2	BL	= 8.0000 M

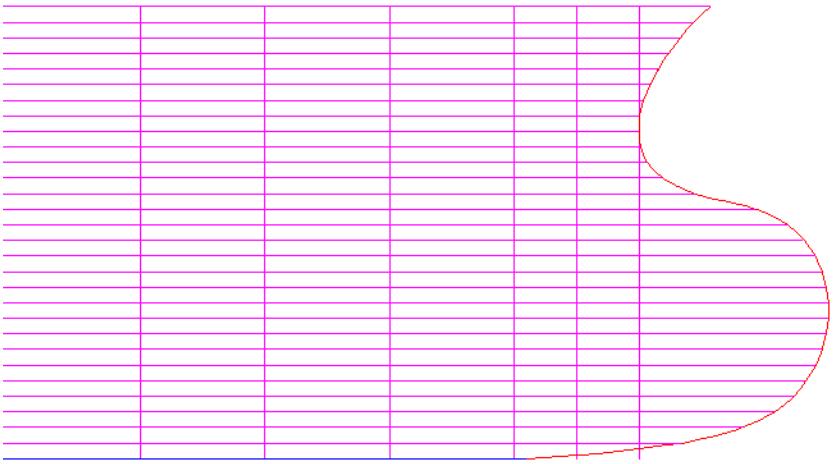


Fig.13 Configuration of Bulb04

3.2.2 CFD code 이론계산

비대선의 구상선수를 Bulb 길이에 따른 저항성능의 변화를 관찰하기 위해 CFD code를 이용하여 Fn 0.1 ~ Fn 0.15 구간에서 저항 이론 계산을 수행하였다. CFD code로부터 얻은 C_W, C_F, C_T값을 Table.6~Table.10에 나타내었으며 수치해석 결과로부터 얻은 Wave Pattern과 Wave Profile을 Fig.16 ~ Fig.36에 나타내었다.

Fig.14-1~14-6은 Propeller 단면에서 축방향 유속 분포를 모형실험 결과와 함께 도시하였다. Fig.14-1은 모형실험 결과이며 Fig14-2~6은 CFD 계산 결과를 나타내었으며, Flg.15에는 Propeller 단면에서의 Wake profile을 도시화 하였다.수치해석 결과에서 각 선형이 대체로 유사한 경향을 보였으며, 약 90°부근에서 최대로 되었다가 150°~210°부근에서 다시 작아지는 경향을 보인다. 선미 유동을 살펴보면 조파저항성능이 가장 좋았던 Bulb03 선형이 선미에서는 프로펠러 단면에 유입되는 유속이 더 느린 것으로 나타나는데 이는 선수파 감소에 유리한 선수형상이 선미 유동에는 효과적이지 못한 예를 보여준다. 결과를 살펴보면 선수벌브가 변함에 따라 선미 유동장도 변하는 것을 볼 수 있는데 이는 선수 벌브가 선수파의 소멸작용 이외에도 선체주위의 유속 감소를 초래하여 마찰저항에도 영향을 미치게 되며, 또한 선수부의 정류작용에 기여하는 전체적인 점성저항 감소에도 영향을 주기 때문인 것으로 판단된다. 이는 선수에서의 조파저항등의 감소에 유리한 Bulbous Bow가 선미 유동에는 적절하지 못한 경우가 있을 수 있으며, 선수 설계시에 이를 충분히 고려하여야 전체적으로 우수한 저항 성능을 가질 수 있는 선형을 얻을 수 있음을 말해준다.

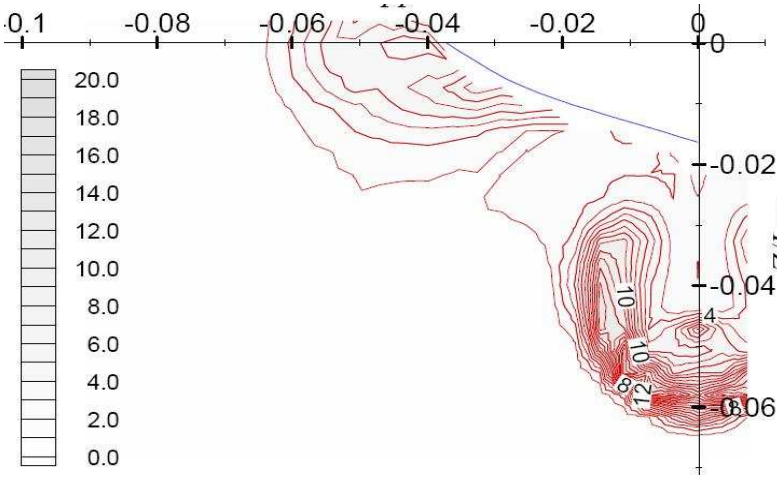


Fig.14-1 Result of wake test

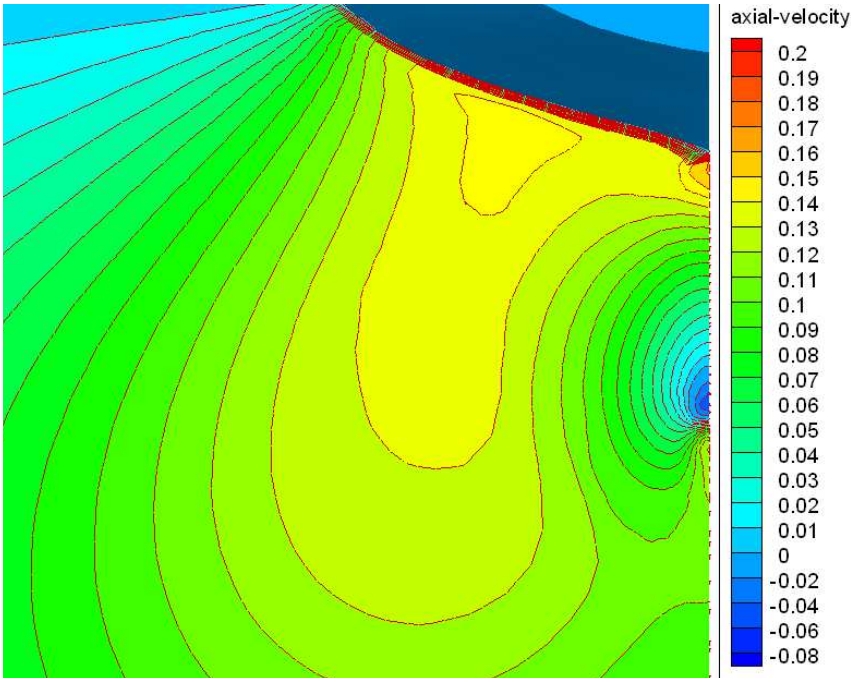


Fig.14-2 Velocity Contour by CFD code at Propeller plan (Bulb01)

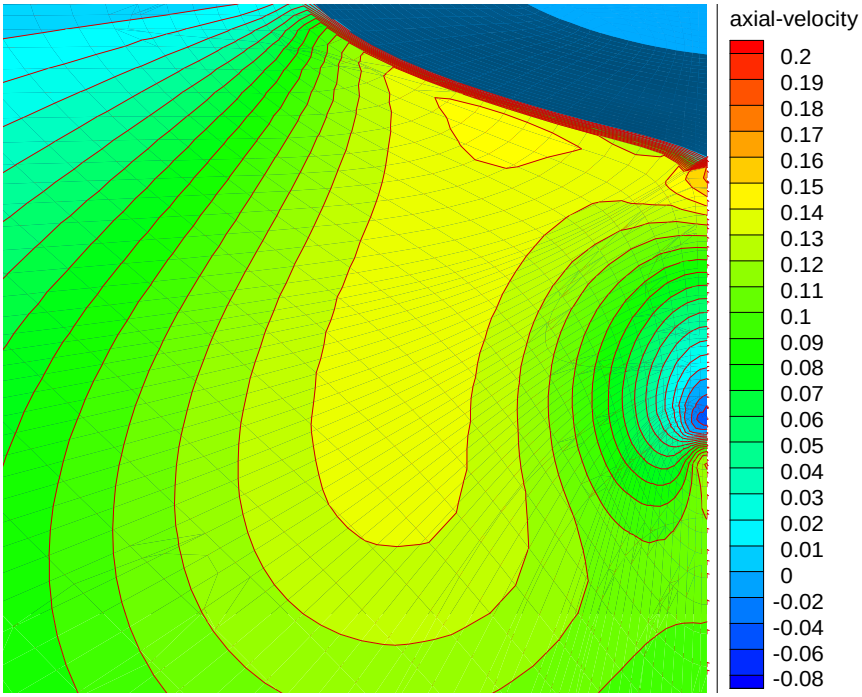


Fig.14-3 Velocity Contour by CFD code at Propeller plan (Bulb02)

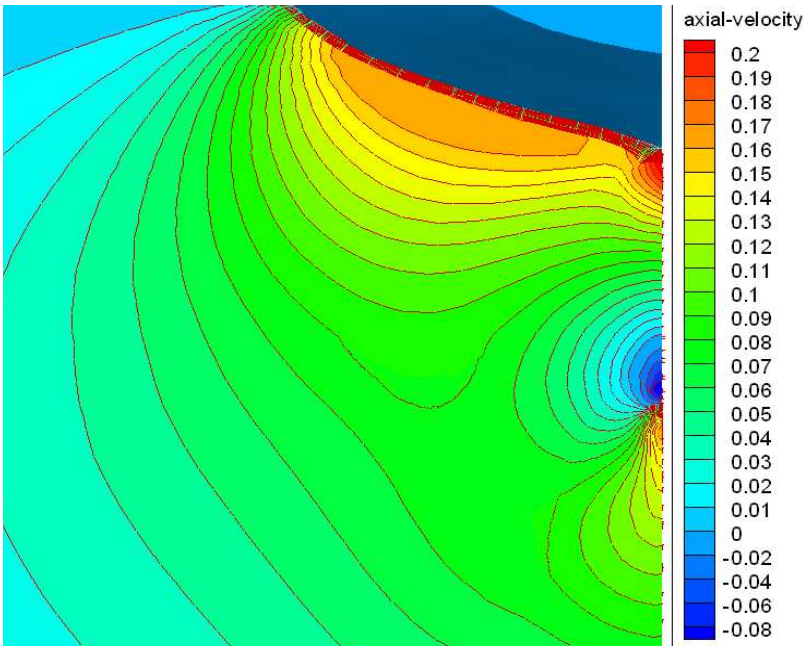


Fig.14-4 Velocity Contour by CFD code at Propeller plan (KVLCC)

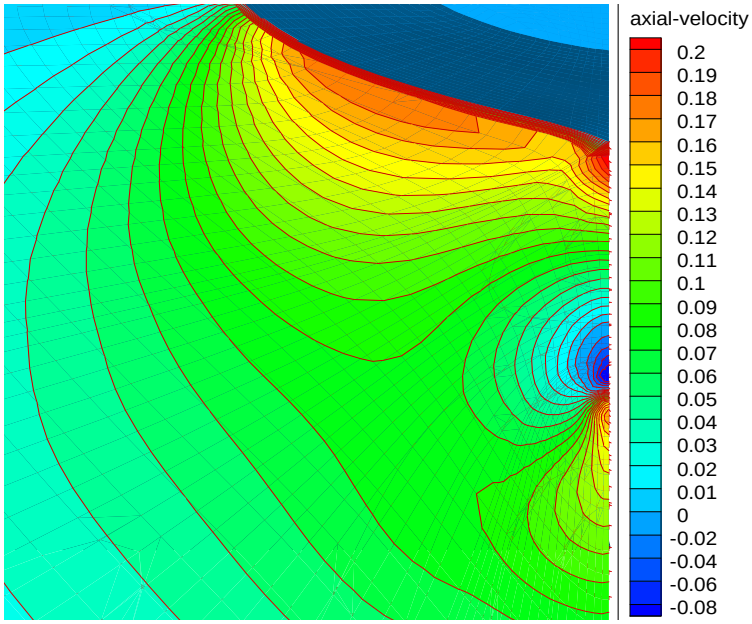


Fig.14-5 Velocity Contour by CFD code at Propeller plan (Bulb03)

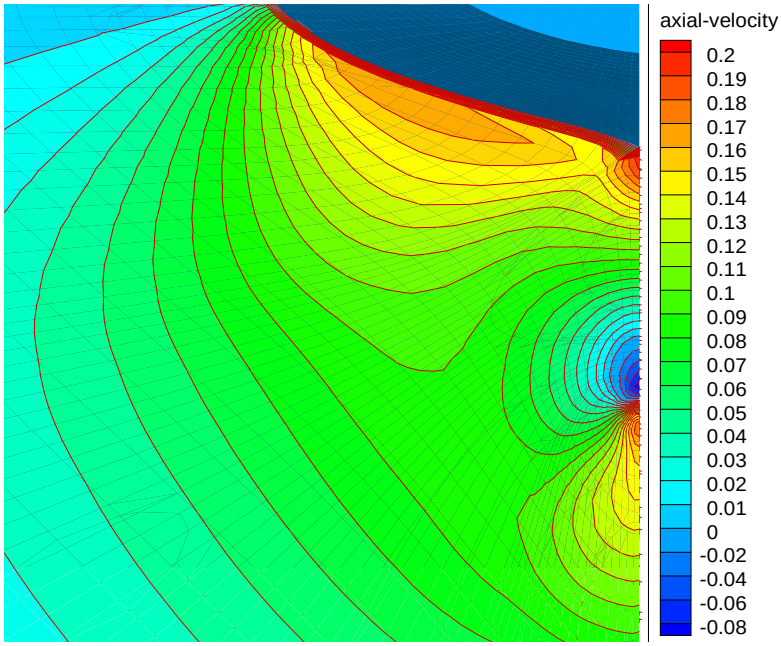


Fig.14-6 Velocity Contour by CFD code at Propeller plan (Bulb04)

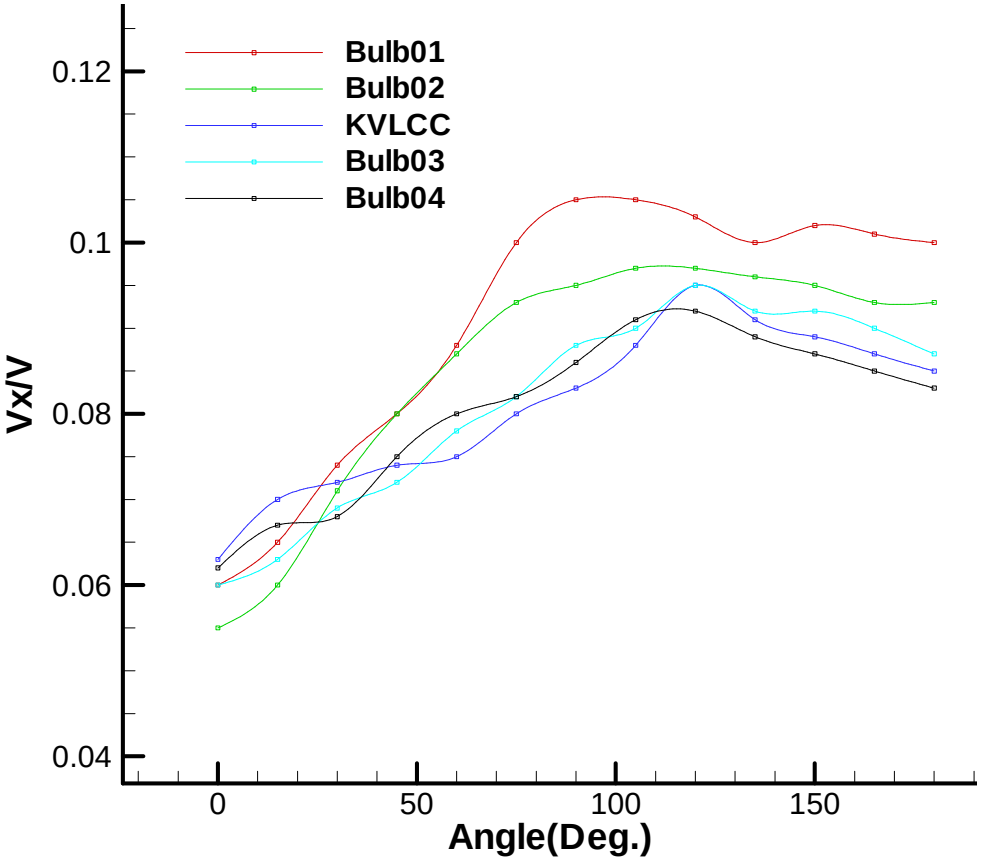
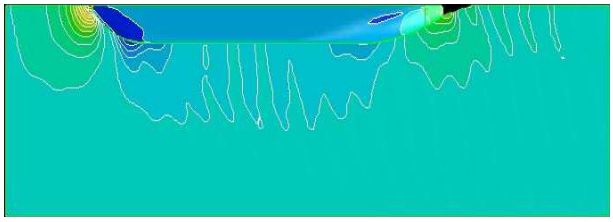
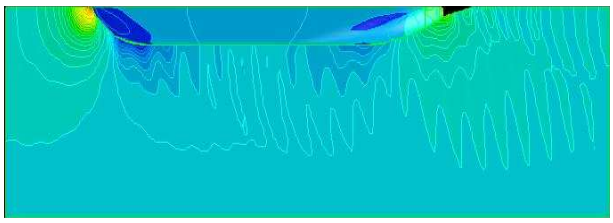


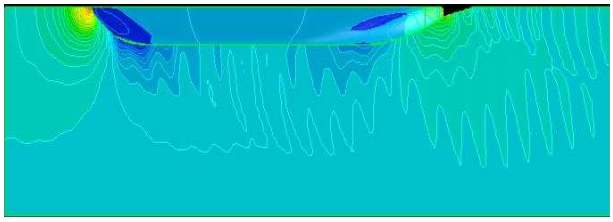
Fig.15 Comparison of Wake Profile at 0.7R



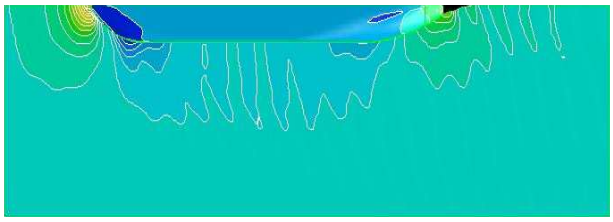
(a)Bulb01



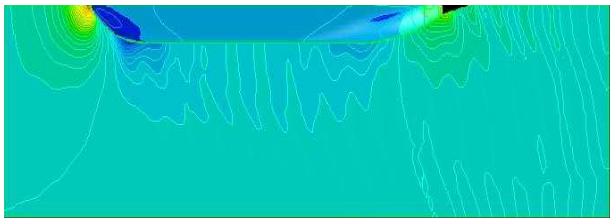
(b)Bulb02



(c)KVLCC

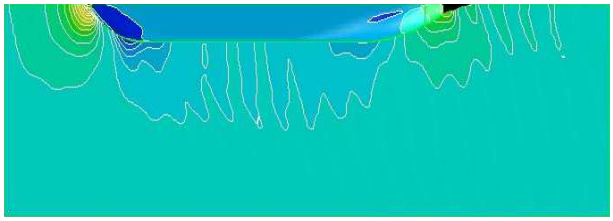


(d)Bulb03

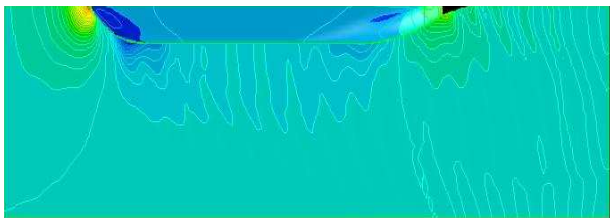


(e)Bulb04

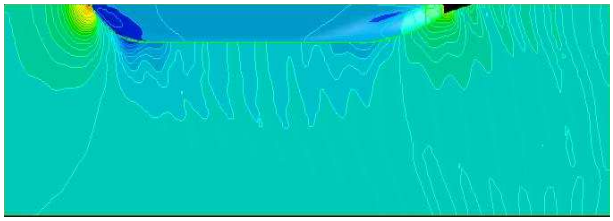
Fig.16 Wave Pattern at Fn=0.10



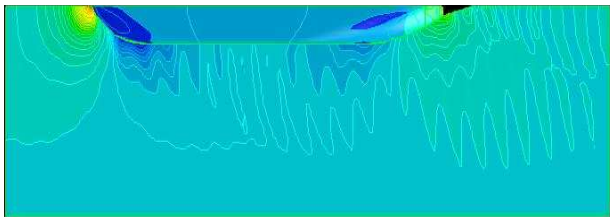
(a)Bulb01



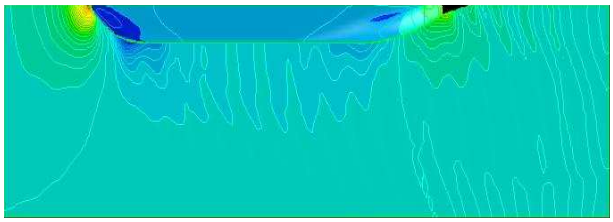
(b)Bulb02



(c)KVLCC

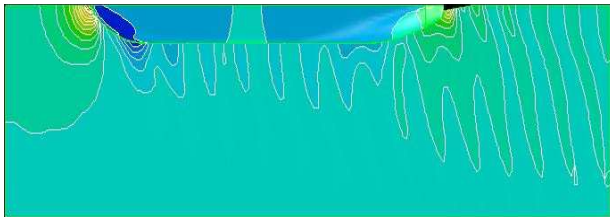


(d)Bulb03

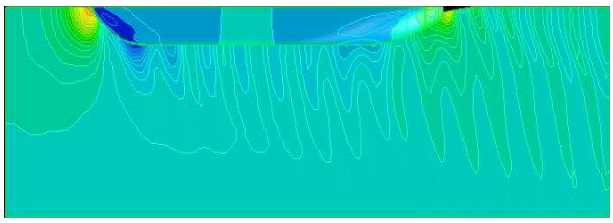


(e)Bulb04

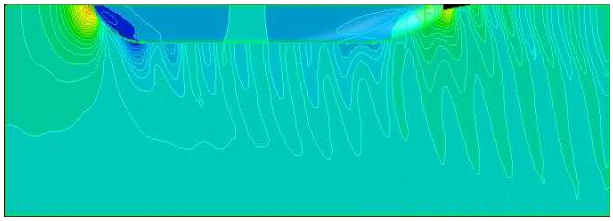
Fig.17 Wave Pattern at Fn=0.11



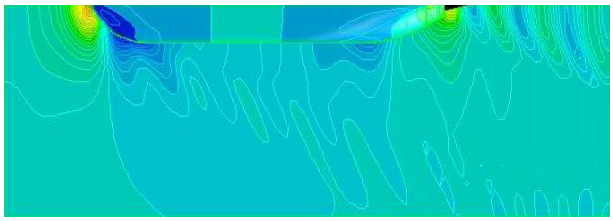
(a)Bulb01



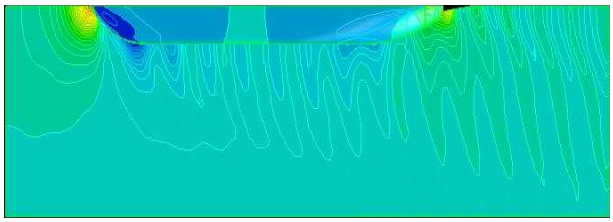
(b)Bulb02



(c)KVLCC

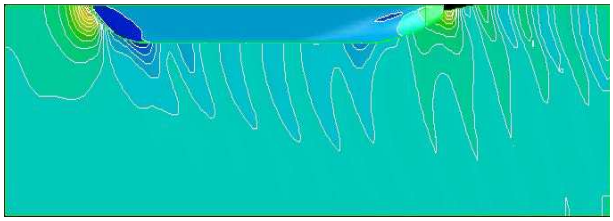


(d)Bulb03

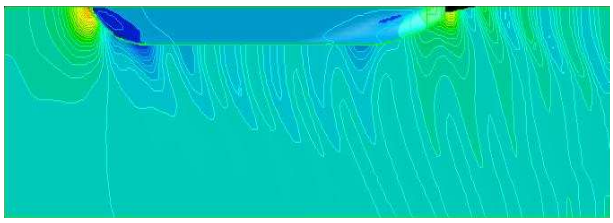


(e)Bulb04

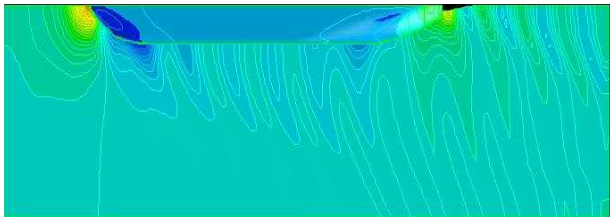
Fig.18 Wave Pattern at Fn=0.12



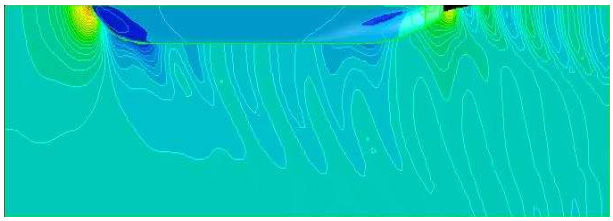
(a)Bulb01



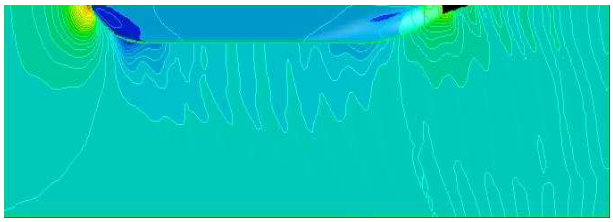
(b)Bulb02



(c)KVLCC

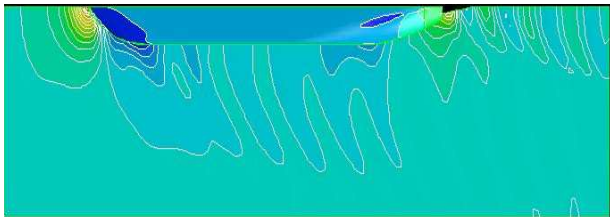


(d)Bulb03

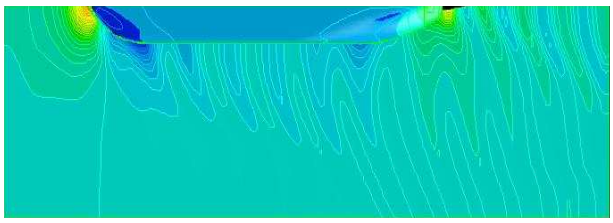


(e)Bulb04

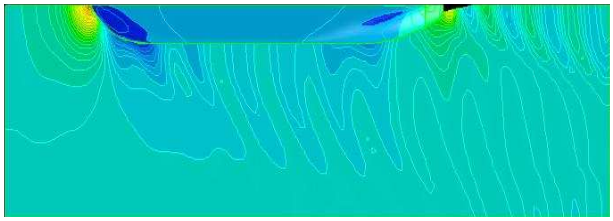
Fig.19 Wave Pattern at Fn=0.13



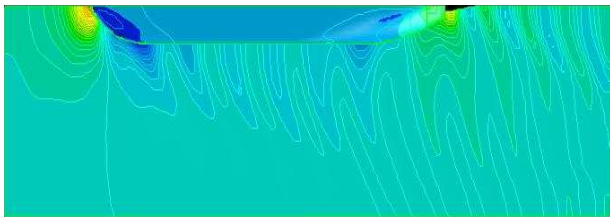
(a)Bulb01



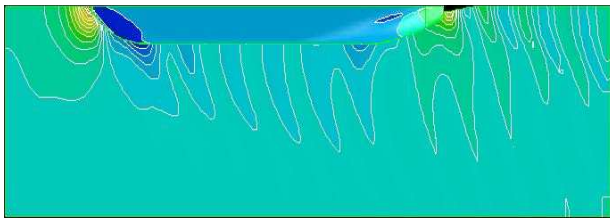
(b)Bulb02



(c)KVLCC

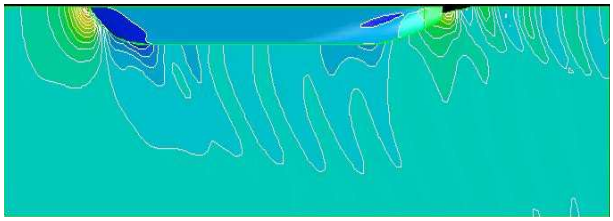


(d)Bulb03

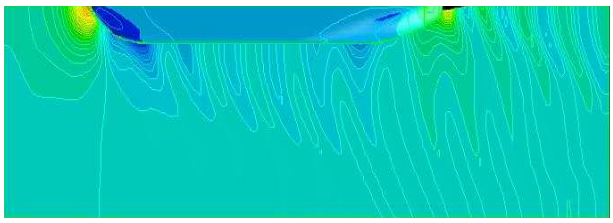


(e)Bulb04

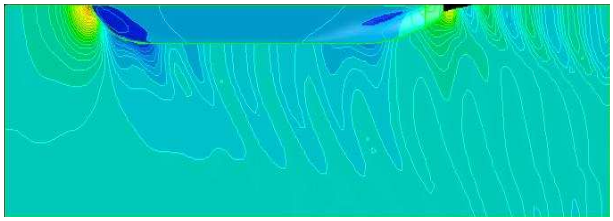
Fig.20 Wave Pattern at Fn=0.135



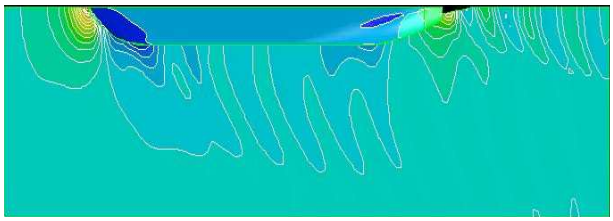
(a)Bulb01



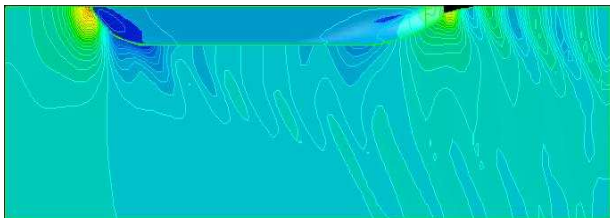
(b)Bulb02



(c)KVLCC

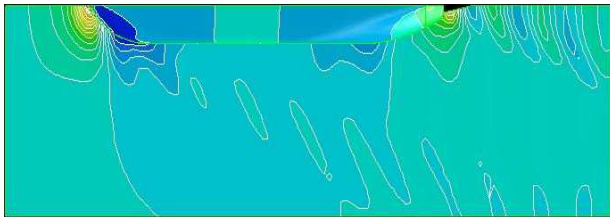


(d)Bulb03

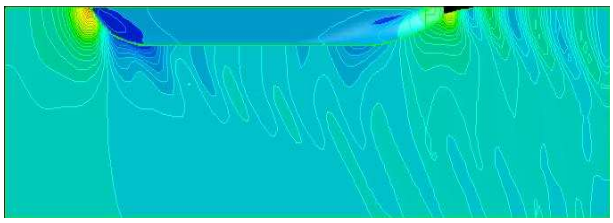


(e)Bulb04

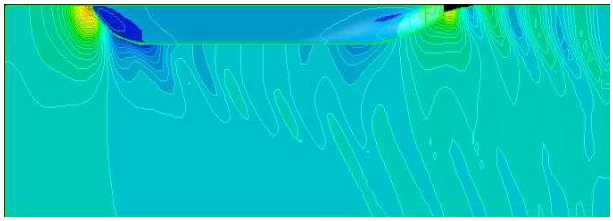
Fig.21 Wave Pattern at Fn=0.14



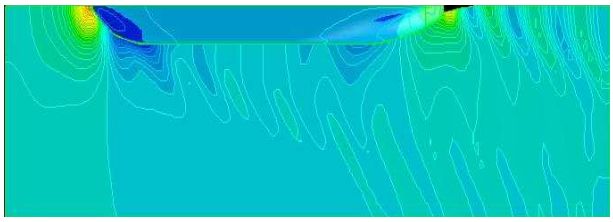
(a)Bulb01



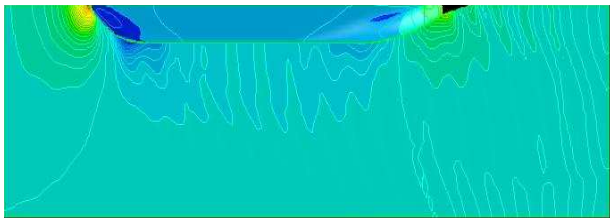
(b)Bulb02



(c)KVLCC

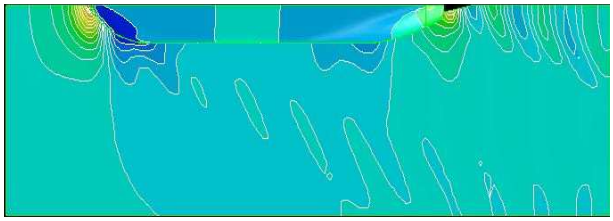


(d)Bulb03

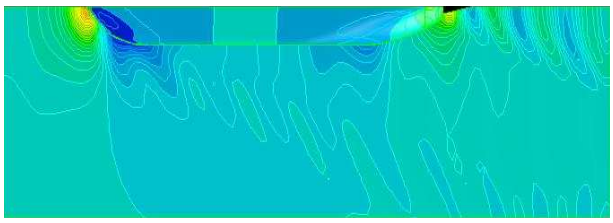


(e)Bulb04

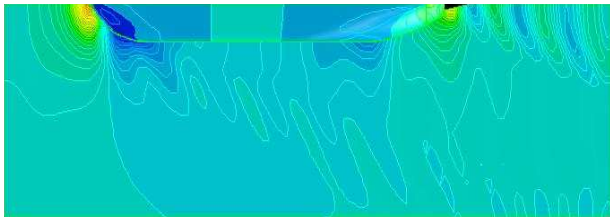
Fig.22 Wave Pattern at Fn=0.145



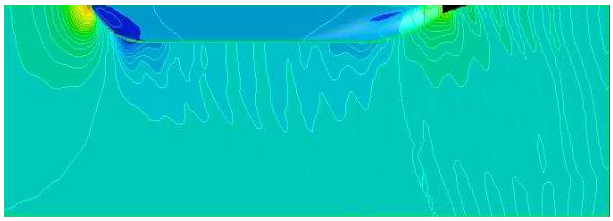
(a)Bulb01



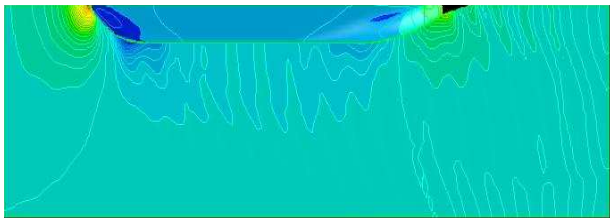
(b)Bulb02



(c)KVLCC

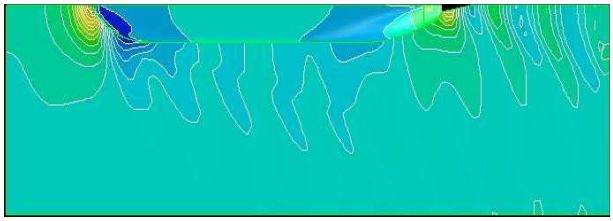


(d)Bulb03

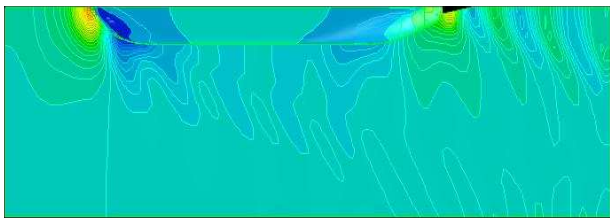


(e)Bulb04

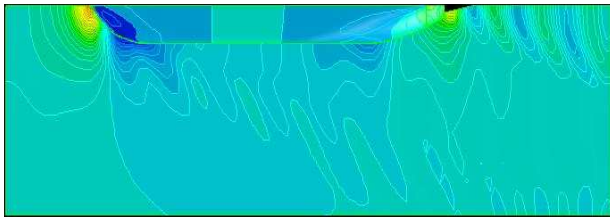
Fig.23 Wave Pattern at Fn=0.15



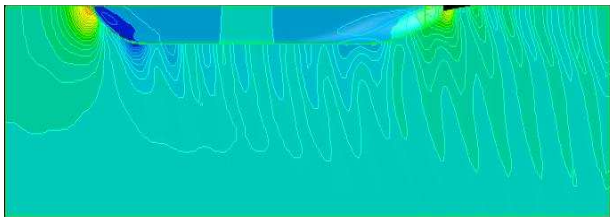
(a)Bulb01



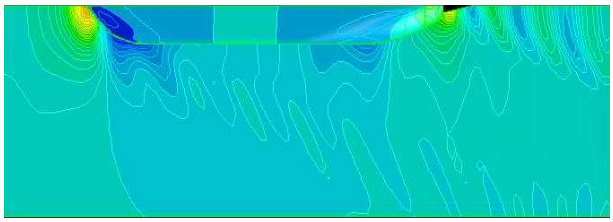
(b)Bulb02



(c)KVLCC

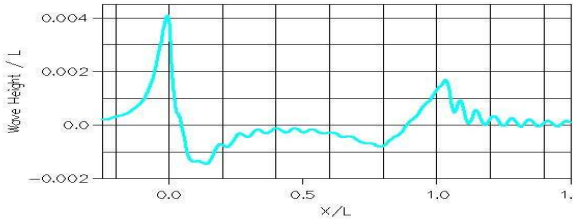


(d)Bulb03

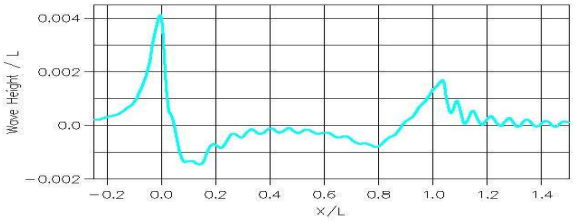


(e)Bulb04

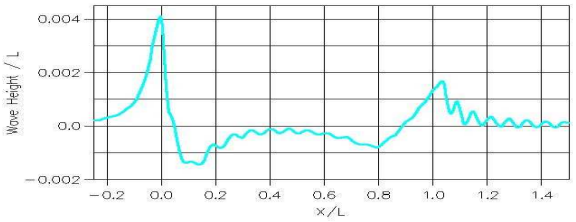
Fig.24 Wave Pattern at Fn=0.155



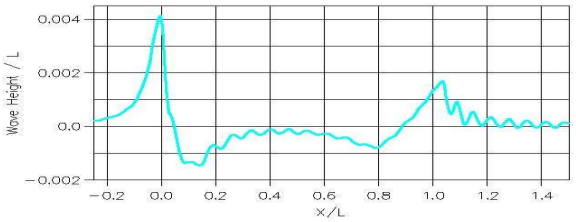
(a)Bulb01



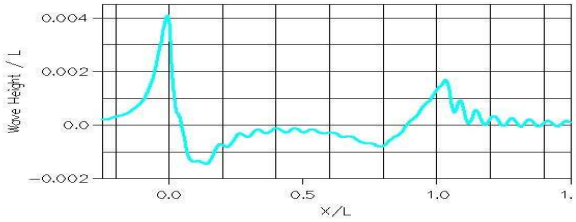
(b)Bulb02



(c)KVLCC

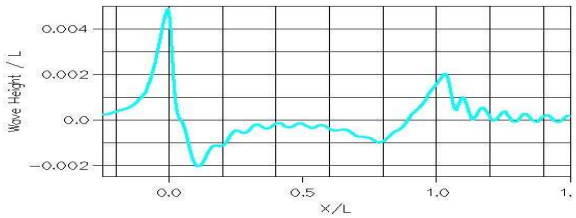


(d)Bulb03

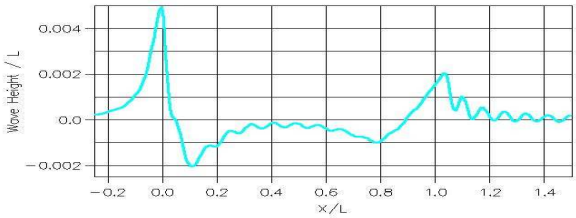


(e)Bulb04

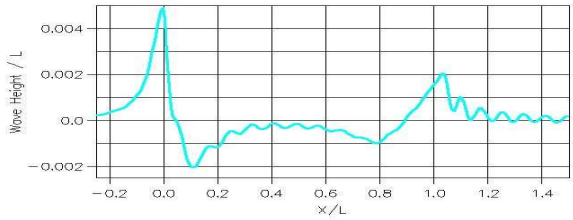
Fig.25 Wave Profile at Fn=0.10



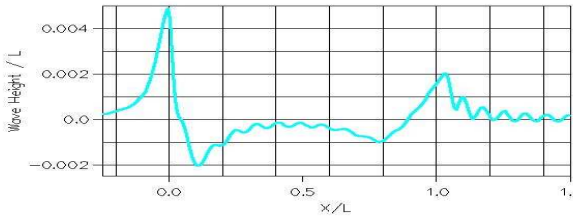
(a)Bulb01



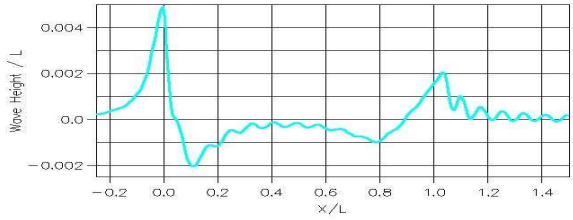
(b)Bulb02



(c)KVLCC

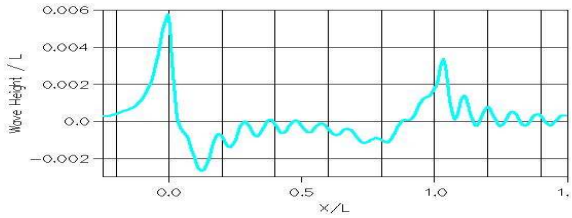


(d)Bulb03

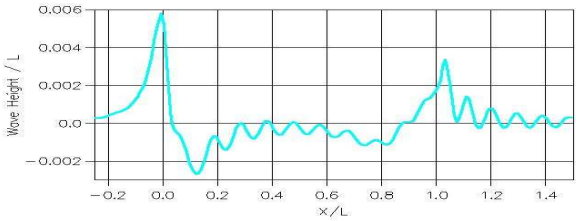


(e)Bulb04

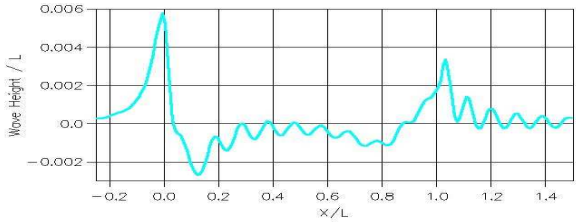
Fig.26 Wave Profile at Fn=0.11



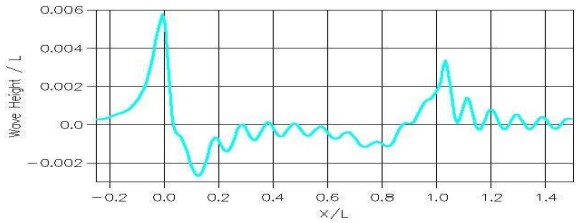
(a)Bulb01



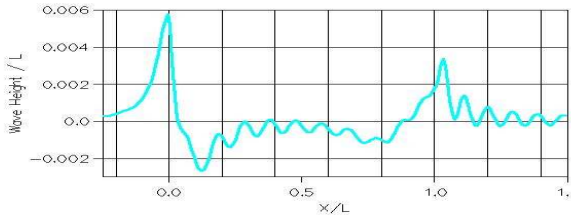
(b)Bulb02



(c)KVLCC

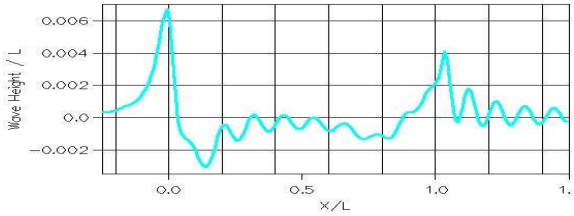


(d)Bulb03

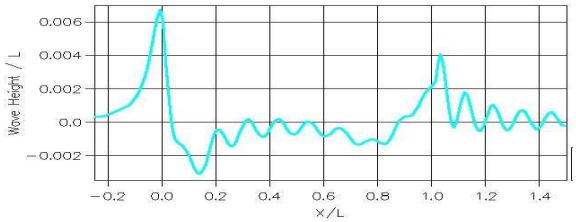


(e)Bulb04

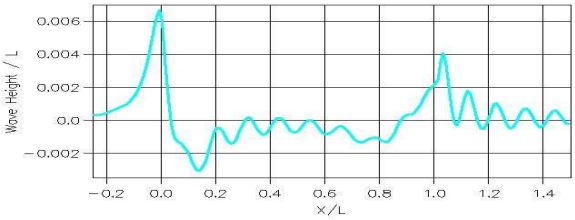
Fig.27 Wave Profile at Fn=0.12



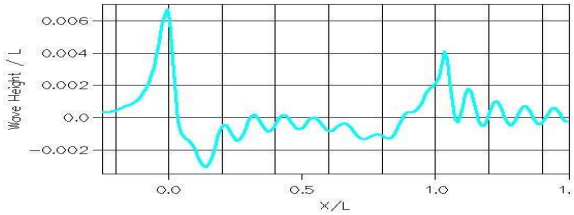
(a)Bulb01



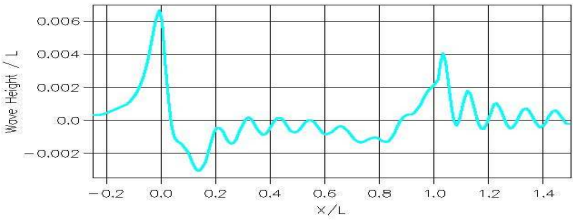
(b)Bulb02



(c)KVLCC

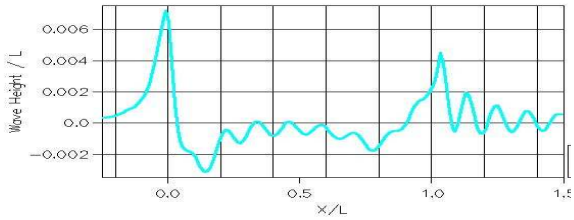


(d)Bulb03

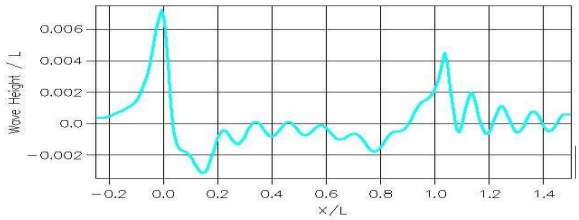


(e)Bulb04

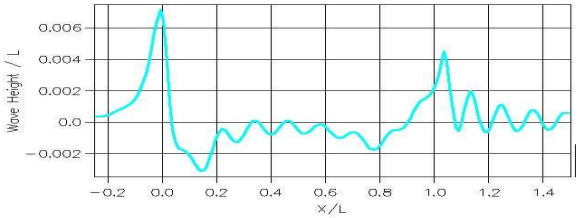
Fig.28 Wave Profile at Fn=0.13



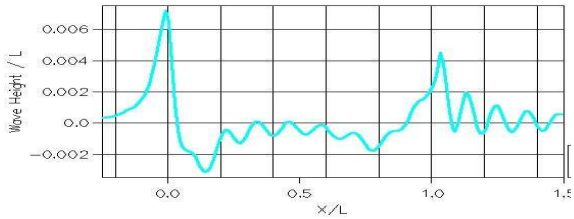
(a)Bulb01



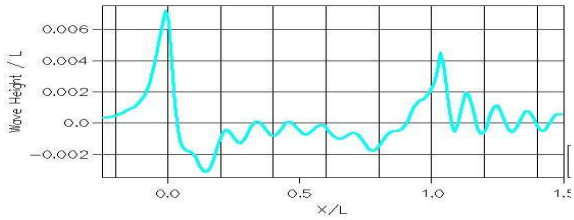
(b)Bulb02



(c)KVLCC

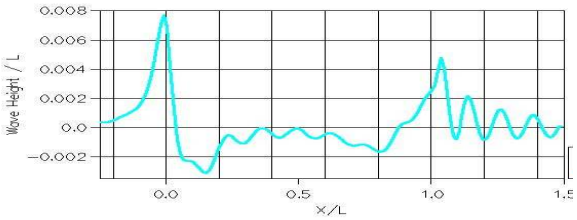


(d)Bulb03

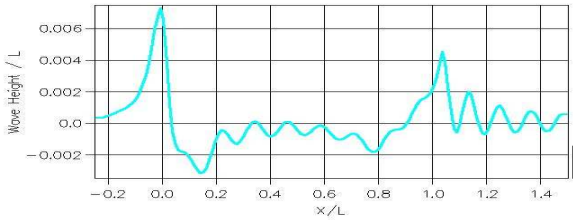


(e)Bulb04

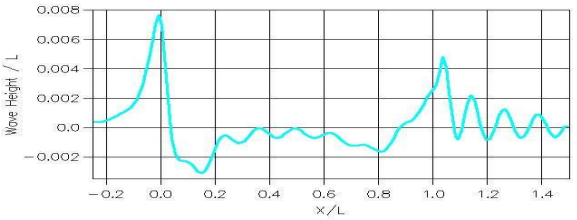
Fig.29 Wave Profile at Fn=0.135



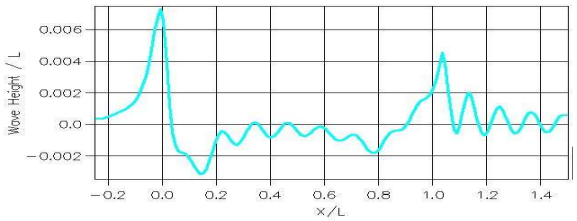
(a)Bulb01



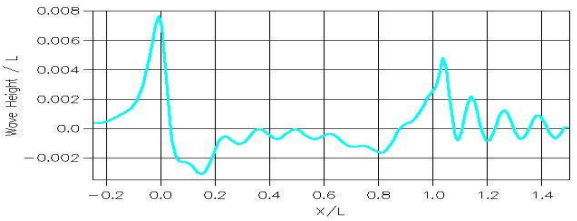
(b)Bulb02



(c)KVLCC

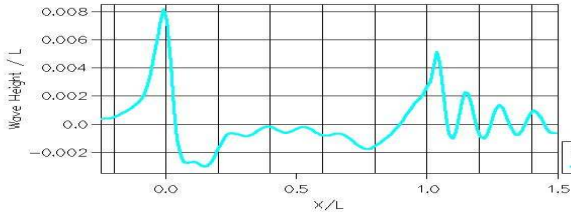


(d)Bulb03

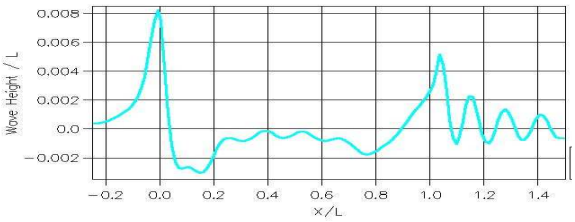


(e)Bulb04

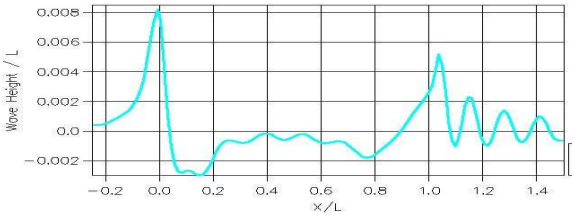
Fig.30 Wave Profile at Fn=0.14



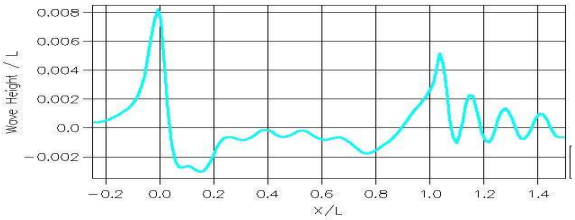
(a)Bulb01



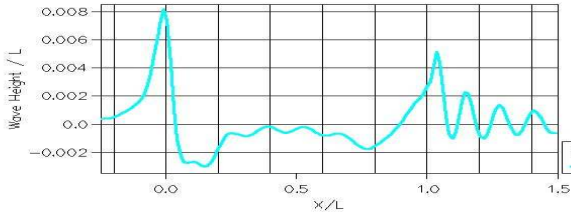
(b)Bulb02



(c)KVLCC

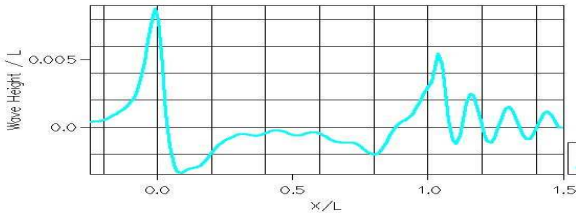


(d)Bulb03

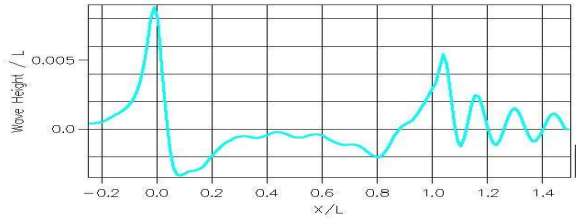


(e)Bulb04

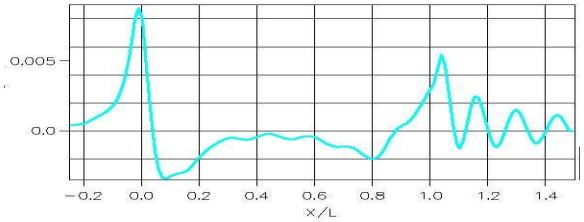
Fig.31 Wave Profile at Fn=0.145



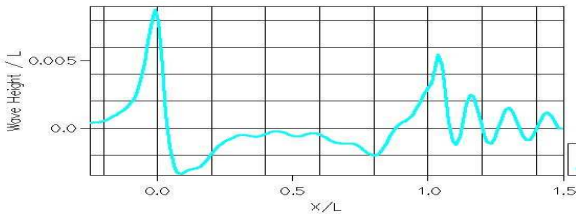
(a)Bulb01



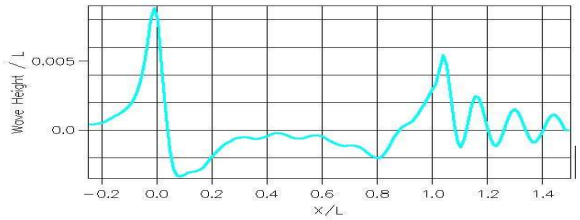
(b)Bulb02



(c)KVLCC

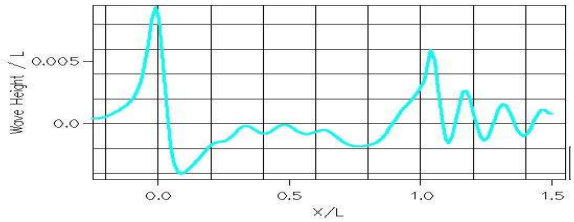


(d)Bulb03

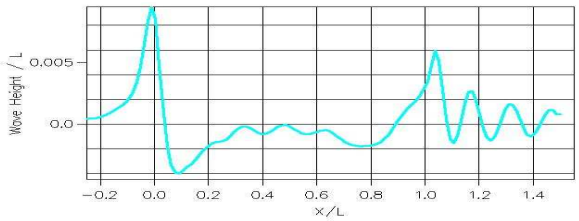


(e)Bulb04

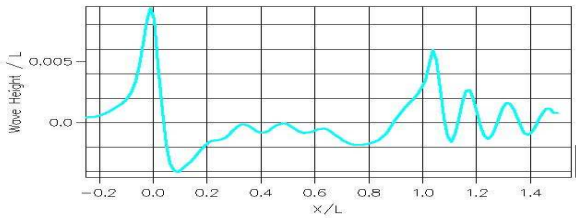
Fig.32 Wave Profile at Fn=0.15



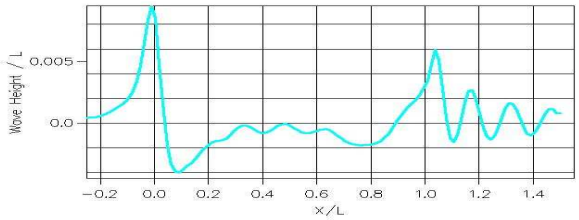
(a)Bulb01



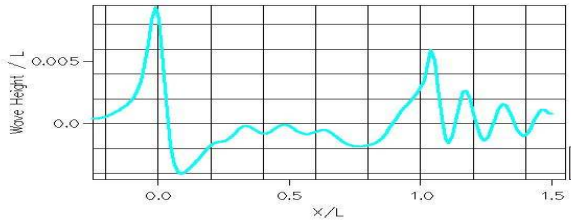
(b)Bulb02



(c)KVLCC



(d)Bulb03



(e)Bulb04

Fig.33 Wave Profile at Fn=0.155

3.2.3 Bulbs Bow 계산결과 분석

Table.6~Table.10에 나타낸 CFD 계산 결과를 살펴보면 전체저항은 Bulb03 선형이 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다. C_T 곡선을 보면 Bulb의 길이가 길어지면서 전체 저항이 감소하다가 Bulb04선형에서 그 값이 더 커지는 것을 볼 수 있다. C_F값은 5개의 선형에서 큰 차이를 보이지는 않았으나, Bulbs bow가 길어지면 저속에서 C_F값이 증가하는 것을 볼 수 있었으며. Bulb03 선형은 저속에서 가장 큰 C_F값을 나타내었다. 또한 C_W값의 변화를 살펴보면 전저항 변화와 유사한 경향을 보이는데, 벌브의 길이가 길어질수록 C_W값이 작아지는 경향을 보였다. Bulb01 선형의 경우 벌브길이가 짧아지면서 선수파를 감소시키지 못하였으며 선수 입사각이 커져 쇄파작용도 충분히 하지 못한 것으로 보인다. Bulb04 선형의 저항변화를 보면 저속에 큰 값을 가지는 반면 고속에서는 가장 우수한 성능을 보인다. 이는 저속에서 길어진 Bulb에 의한 마찰 저항의 증가가 그 원인인 것으로 생각된다. 또한 C_W곡선을 보면 저속에서 다른 선형에 비해 큰 값을 보이다가 고속으로 갈수록 그 값이 작아지는 것을 볼 수 있는데 이는 긴 bulb가 저속에서는 적합하지 않음을 말해준다.

조파저항값이 비교적 적은 저속 비대선에 큰 벌브를 붙임으로써 저항성능의 향상을 가져올 수 있는 이유는 선수 벌부가 선수파의 소멸작용 이외에도 선체주위의 유속감소를 초래하여 마찰저항 감소에도 기여하게 되며 또한 선수부의 정류작용에 기여하여 전체적인 점성저항 감소에 유리한 효과를 주는 것으로 판단된다. 이밖에도 저속비대선에서 선수벌브에 의해서 저항값이 감소하는 이유 중의 하나는 수선면의 길이가 증가되어 입사각이 작아지고 수선면이 날씬해지는 경향으로 쇄파저항의 감소에도 기여하기 때문으로 추측된다.

결과적으로, Fig.37에 보인 바와 같이 구상선수의 길이 변화에 따른 전저항계수와 조파저항계수가 같은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었으며 C_{LB}(%) 값이 3~3.5의 길이를 가진 구상선수를 설계했을 때 조파저항의 감소로 인한 전저항 감소 효과를 볼 수 있다고 추측된다.

Bulb의 길이 변화에 따른 저항성분의 변화 경향을 더욱 자세히 연구하기 위해서 더 다양한 선형에 대한 계산과 분석이 이루어 진다면 선형설계에 유용

한 자료를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

저항해석 결과는 Table.6~10에 나타내었으며, 결과값으로부터 얻어진 CT, CF, CW 그래프와 C_{LB}(%) 그래프를 Fig.34~37에 나타내었다.

Table.6 Resistance Performance Analysis by CFD code (bulb01)

Fn	C_F	C_W	C_{TM}
0.100	2.410	1.598	4.020
0.110	2.413	1.606	4.023
0.120	2.420	1.616	4.037
0.130	2.423	1.628	4.050
0.135	2.435	1.632	4.070
0.140	2.451	1.635	4.088
0.145	2.485	1.641	4.125
0.150	2.522	1.649	4.155
0.155	2.555	1.655	4.200

Table.7 Resistance Performance Analysis by CFD code (Bulb02)

Fn	C_F	C_W	C_{TM}
0.100	2.410	1.602	4.024
0.110	2.414	1.607	4.025
0.120	2.418	1.615	4.041
0.130	2.421	1.629	4.054
0.135	2.436	1.633	4.073
0.140	2.451	1.638	4.091
0.145	2.487	1.645	4.130
0.150	2.524	1.655	4.175
0.155	2.560	1.665	4.233

Table.8 Resistance Performance Analysis by CFD code (KVLCC)

Fn	C_F	C_W	C_{TM}
0.100	2.410	1.600	4.017
0.110	2.415	1.606	4.021
0.120	2.419	1.615	4.034
0.130	2.424	1.625	4.049
0.135	2.438	1.630	4.068
0.140	2.452	1.633	4.085
0.145	2.486	1.638	4.124
0.150	2.523	1.645	4.158
0.155	2.562	1.650	4.180

Table.9 Resistance Performance Analysis by CFD code (bulb03)

Fn	C_F	C_W	C_{TM}
0.100	2.420	1.600	4.013
0.110	2.419	1.605	4.015
0.120	2.420	1.613	4.028
0.130	2.421	1.623	4.038
0.135	2.435	1.625	4.057
0.140	2.450	1.627	4.078
0.145	2.482	1.632	4.110
0.150	2.510	1.640	4.142
0.155	2.559	1.645	4.165

Table.10 Resistance Performance Analysis by CFD code (bulb04)

Fn	C_F	C_W	C_{TM}
0.100	2.415	1.600	4.019
0.110	2.417	1.607	4.024
0.120	2.420	1.618	4.029
0.130	2.424	1.626	4.038
0.135	2.437	1.629	4.060
0.140	2.453	1.631	4.076
0.145	2.483	1.632	4.105
0.150	2.520	1.639	4.138
0.155	2.558	1.643	4.158

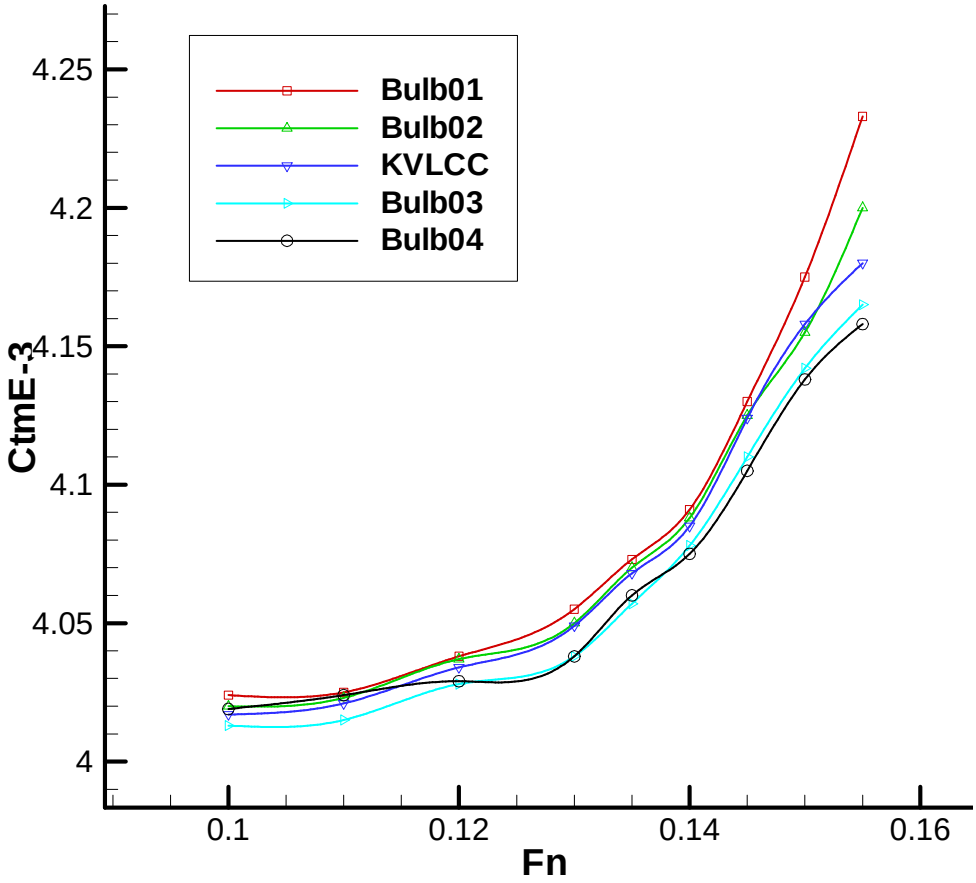


Fig.34 Comparison of C_T

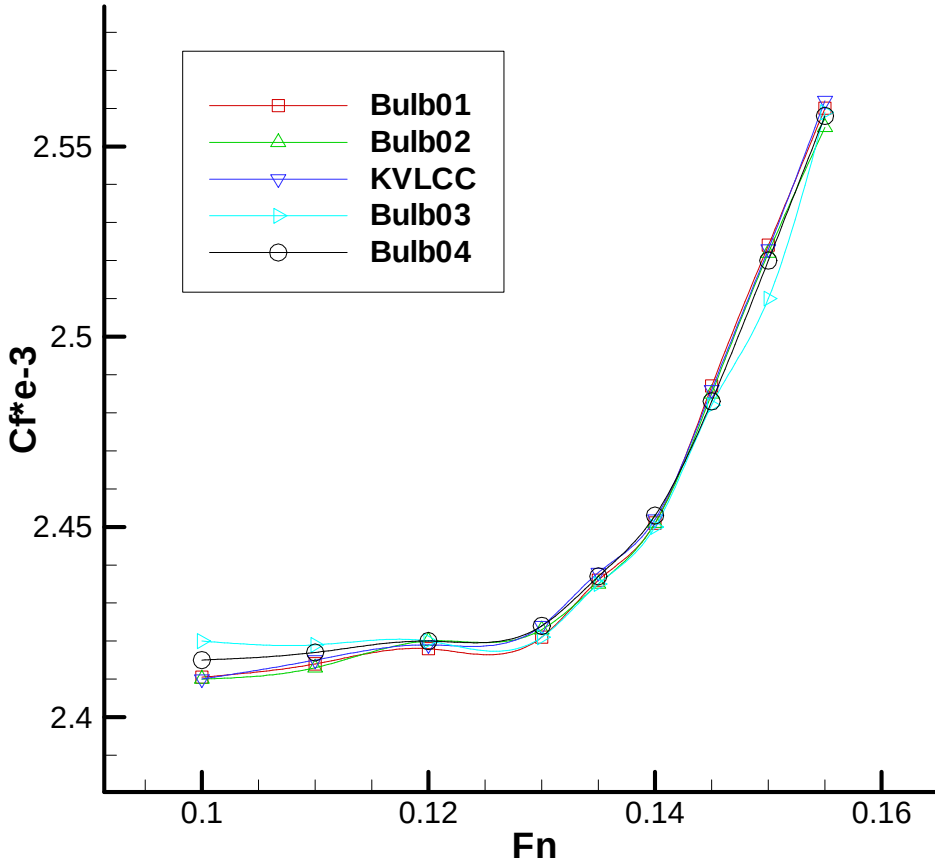


Fig.35 Comparison of C_F

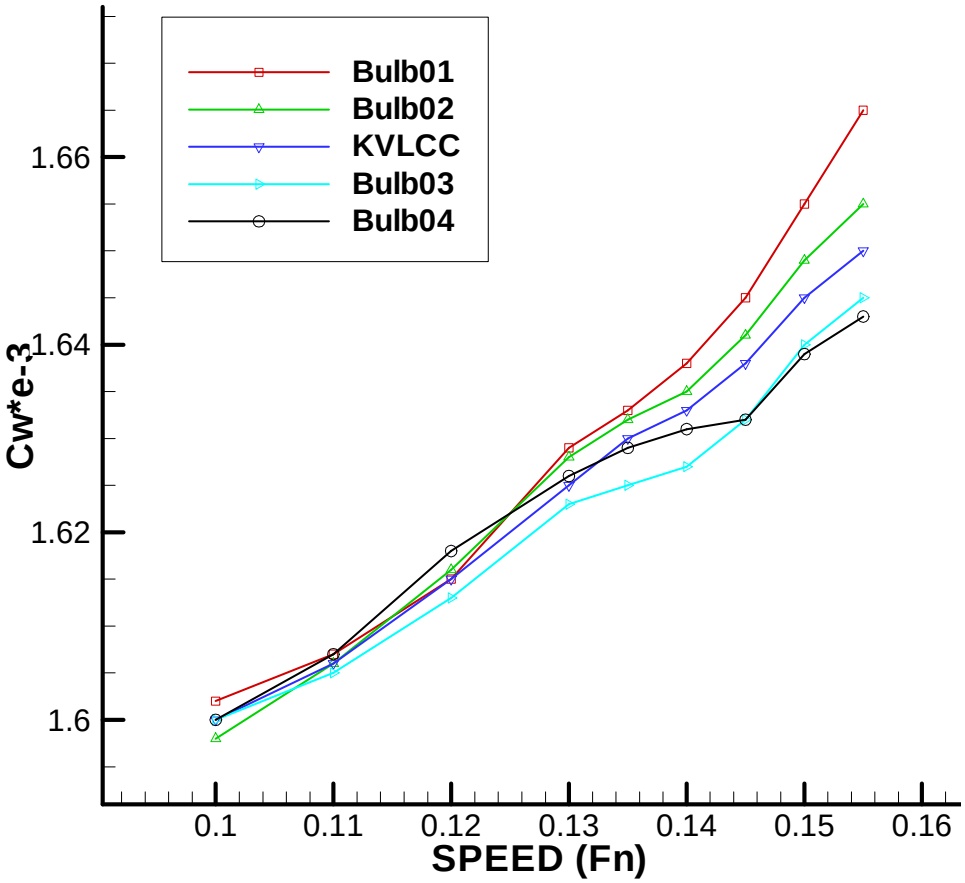
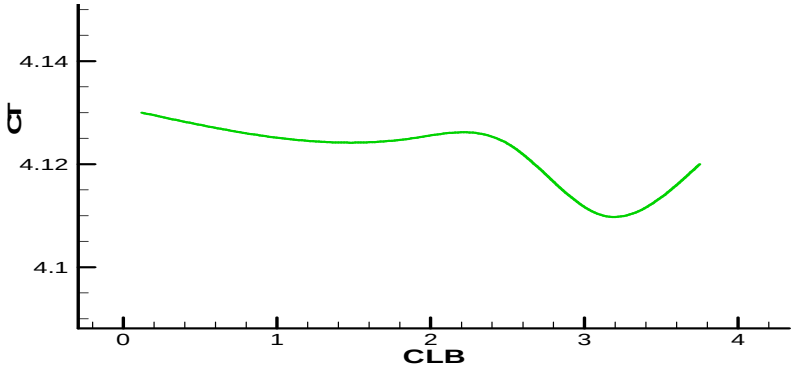
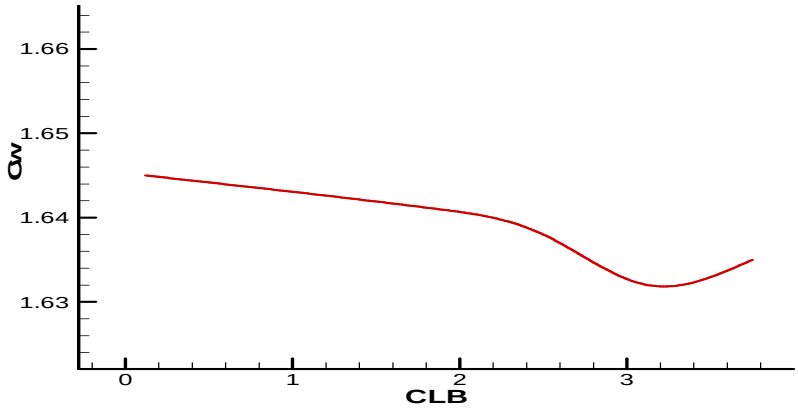


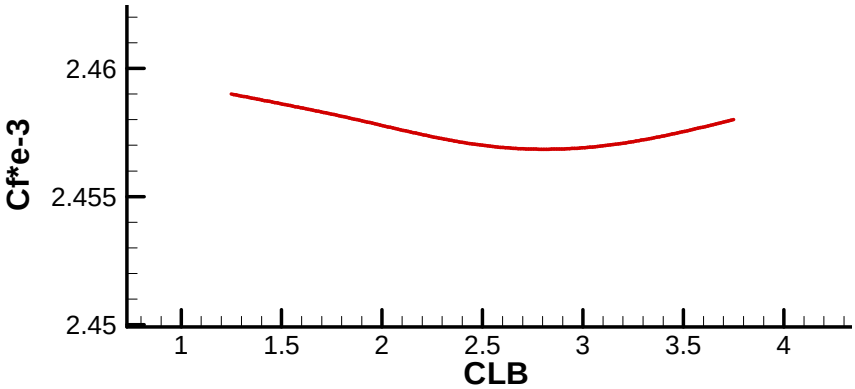
Fig.36 Comparison of C_W



(a) C_T-C_{LB}



(a) C_W-C_{LB}



(a) C_F-C_{LB}

Fig.37 C_T, C_W and C_F-CLB(%) Curve

제 4 장 결론

본 논문에서는 모형 시험이 수행된 300K VLCC선을 대상으로 Bulbous Bow 주위의 유동에 대한 수치채석을 상용 CFD 코드인 FLUENT를 사용하여 수행하였다. 계산은 자유수면을 고려하지 않은 이중모형 유동에 대해 나선 상태로부터 선수를 변형시켜 가면서 수행하였다. 각각의 선형에 대해 wave pattern과 wave profile의 계산을 수행하였으며 선수 주위의 유동장의 변화를 살펴보았다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 격자수에 의한 해석 결과 차이

KVLCC선을 대상으로 선체주위유동을 수치해석을 수행하였다. 격자수에 따른 수채해 변화를 분석해 보면 약 100만개 정도의 격자가 필요함을 확인하였다. 또한, 프로펠러 단면에서의 유속 분포를 모형시험 자료와 비교함으로써 FLUENT가 선체 주위 유동장의 경향을 잘 보여주고 있음을 확인하였다.

2) 선수선형 변화에 따른 유동 특성

선수 선형 변화에 따른 조파저항의 변화를 비교해 보았다. 각 선형의 구상 선수의 길이를 변화시켜 수치해석을 수행하고 wave pattern과 wave profile을 비교하였다. C_F의 값은 5개 선형 모두 비슷한 경향을 가지며 변화하였다. C_T값 변화에서는 구상선수 길이가 짧아짐에 따라 더 커지는 것을 볼 수 있는데 이는 C_W 곡선을 보면 구상선수 길이가 짧아질수록 조파저항값이 커지는 것 때문으로 생각된다. 또한 선수 형상의 변화에 따라 선미 유동이 변화하는 것을 볼 수 있었다. 이는 선수벌브의 영향이 단지 선수파의 소멸에만 영향을 주는 것이 아니라 선체주위의 유속 감소를 초래하여 형상저항의 감소에도 기여함을 말해준다. 결론적으로 C_{LB}의 값이 약 3~3.5의 길이를 가진 구상선수를 설계했을때 조파저항의 감소로 인한 전저항 감소 효과를 볼 수 있다고 추측된다. 길이에 따른 조파저항의 변화 경향을 더욱 자세히 연구하기 위해서 더 다양한 선형에 대한 계산과 분석이 이루어 진다면 선형설계에 유용한 자료를 얻을 것으로 사료된다.

3) 격자 생성과 계산 시간의 단축

수치해석을 위한 선형 정의와 격자의 생성에 많은 시간이 필요하고 수치해석을 수행할 때 격자 수 및 계산 시간상의 제약으로 인한 컴퓨터 시스템 상의 한계가 있었으며, 계산에 개인차가 생기게 된다. 앞으로 이를 해결하기 위해 계산 시간을 줄이고 계산의 개인차를 줄일 수 있는 수치해석 기법이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 강신형, 이영길, 현범수,“ 저항성분측정에 의한 선형개발 연구”, 한국기계연구소 연구보고서 UCN 108-189, D, 1982

2. 김재신, 이귀주, 좌순원, “Numerical Calculation of the flow around a ship by means of Rankine Source Distribution", Vol.25 대한조선학회지, 제 27권, 1990

3. 박일룡, 김우전, 반석호, “Twin-skeg형 컨테이너선 주위의 격자계 생성과 유동해석”, 대한조선학회 논문집, 제 41권 1호

4. FLUENT 6.2 User.s Guide

5. 이귀주, 좌순원, “Rankine Source 분포법에 의한 선체 주위 유동의 수치계산”, 기술현대(Vol.11 No.1), 1991

6. 이귀주, 좌순원, 선재욱 “실험적 방법 및 수치계산 방법(SHIPFLOW)을 이용한 LPG 선형 유동해석 비교 및 고찰”, 춘계조선학회 대회, 2003

7. 이귀주, “실험유체역학”, 도서출판 정자나무, 1998

8. 이귀주, “비대선에서 구상선수 주위 유선의 방향이 저항성능에 미치는 영향에 관한 연구”, 인하대학교 박사학위논문, 2, 1992

저작물 이용 허락서

학 과	선박해양공학과	학 번	20067113	과 정	석사
성 명	한글 김 태 훈	한문	金 泰 勳	영문 Kim Tae-Hun	
주 소	광주광역시 동구 학동 삼익세라믹 아파트 206동 203호				
연락처	E-mail : qrx1030@naver.com				
논문제목	비대선박에서 구상선수의 길이와 저항성분들과의 상관관계 분석을 위한 수치해석				
	Numerical Analysis on the correlation analysis between bulbous bow length and resistance components for Large Full Form Ship				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집과 형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물 이용의 허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
7. 소속 대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2008년 2월 25일

저작자: 김 태 훈 (인)

조선대학교 총장 귀하