

## 단일 슬롯 만곡형전개판의 유체역학적 특성에 대한 연구

박경현\* · 이주희\* · 현범수\*\* · 배재현\*\*\*

\*부경대학교, \*\*한국해양대학교, \*\*\*백경공업(주)

(2000년 11월 4일 접수)

## The Study on the Hydrodynamic Characteristics of the Single Slot Cambered Otter Board

**Kyoung-Hyun Park\*, Ju-Hee Lee\***

**Beom-Soo Hyun\*\* and Jae-Hyun Bae\*\*\***

\*Pukyong National Univ., \*\*Korea Maritime Univ., \*\*\*Baek Kyung Ind. Co. Ltd.

(Received November 7, 2000)

### Abstract

This study deals with the experimental and numerical investigations to design the high-performance otter board. Experiment was carried out to determine the most effective slot size of single-slot cambered otter board in the circulation water channel of BAEK KYUNG IND. Co. LTD. Numerical analysis was done by the commercial CFD code, FLUENT, to provide some valuable physical interpretations and finally to design the otter board section by numerical method.

The major results are as follows ;

1. In experiment, the maximum lift and drag coefficients of simple cambered type otterboard were 1.41, 0.55, respectively, at the angle of attack  $28^\circ$ , while those of slot one with slot size  $0.02C$  ( $C$  denotes the chord length) were 1.72, 0.42 at the angle of attack  $24^\circ$ .
2. The hydrodynamic characteristics depending upon slot size shows the greatest at  $0.02C$  of the slot size.
3. Numerical results well visualized the streamlines, pressure fields, and speed vectors of a simple cambered and slot cambered otter board with slot size  $0.02C$ . The slot cambered one with slot size  $0.02C$  was shown that pressure field was distributed moderately on front and back side of otter board. And, the delay and decrease of separation were favorably achieved by flow through slot.
4. Computed result on the pattern of hydrodynamic field and the values of  $C_L$  and  $C_D$  by the commercial CFD code, FLUENT, show almost the same as those of the experimental result.

## 緒 論

트롤어업은 대표적으로 산업화된 기업형 어선 어업 가운데 하나로, 어선어업 총생산량의 약 20%를 차지하는 비중이 매우 큰 업종이다.

트롤어업에서 어구의 수중전개는 어획을 결정짓는 중요 요인으로 간주되고 있으며, 수중에서 어구는 어선의 예망력, 전개판의 전개력과 저항, 그물 및 줄들의 저항, 부력 및 침강력 등과 같은 힘들이 동력학적 균형을 이루면서 3차원 형상으로 전개된다. 특히, 전개판은 그물의 수평전개와 적정 수심으로의 유도 및 어구의 안정성 그리고, 어군의 구집효과 등으로 어획에 상당한 영향을 주는 것으로 알려져 있어 매우 중요하게 간주된다.

따라서 트롤어업이 시작된 이후, 전개판의 양항비 개선 및 안정성에 관한 연구는 지속되어져 왔다. 전개판의 형상 및 유체역학적 특성에 관한 연구는 날개이론을 바탕으로 한 Süberkrüb(1959)의 만곡형전개판이 개발된 이후, Crewe 등 (Catasta, 1959 : Crewe, 1964 : Hamuro, 1964)이 평판형과 만곡형전개판의 성능을 분석하였고, Patterson 등(1985, 1986)이 횡형만곡형전개판에 대하여 연구하였으며, 1980년대 들어 小山 등 (1981,1984)이 원형전개판에 대하여 연구한 바 있다. 국내에서는 金(1981)이 전개판의 설계이론에 대하여, 李 등(1987)이 단순만곡형과 V-전개판에 관하여, 金 등(1987)이 플랩을 부착한 전개판에 관하여, 高 등(1992)이 전개판의 유체역학적 특성에 관하여, 權(1993)이 전개판의 형상요소별 성능의 변화에 대한 연구와 가시화 및 수치해석법을 도입한 시뮬레이션 분석, 朴(1994)이 전개판의 양항력 특성 및 정적, 동적 안정성 등 유체특성에 관한 연구 등 다양한 시도가 있었다.

최근 전개판에 대한 연구방법으로는 모형실험을 통한 형상별 양력 및 항력의 측정, 전개판 주변의 유동 가시화 실험, 전개판 2차원 단면의 유체역학적 특성을 전산유체역학(CFD, computational fluid dynamics) 기법을 통한 수치해석방법이 주로 이용되고 있다. 특히 CFD를 이용한 전개판의 안정성 평가와 부가양력장치의 개발을 통한 양항비의 개선은 매우 중요시되고 있는 연구분야중의

하나이다.

본 연구에서는 단일 슬롯 만곡형 전개판에 대하여 적절한 슬롯의 크기를 규명하기 위하여 회류수조를 이용한 모형실험과 CFD를 이용한 수치해석법을 실시하여 양력, 항력, 그리고 양항비를 비교·분석하고, 유선, 압력장 및 속도장을 가시화함으로써 유체역학적 특성을 파악하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 回流水曹 및 測定裝備

Fig. 1은 본 실험에 사용된 백경공업(주)의 수조 모식도이다. 본 수조는 수직순환형 회류수조로써 수조의 전체크기는  $L 11,500 \times W 2,300 \times H 4,200$  (mm)이고, 관측창은  $L 3,200 \times H 1,400$  (mm)이며, 2개의 축류 임펠러에 의해 작동된다. 수조의 상부에는 정류망, 정류격자, 기포제거기, 표면류 가속장치, 제파판 등의 정류장치가 있어 수로 내에서 유속이 일정하게 흐르도록 제작되었으며, 유속의 범위는  $0 \sim 1.0m/s$ 이고, 관측부의 단면유속 편차는 수면, 수조바닥, 벽면으로부터  $100mm$ 이 내를 제외한 구간에서 유속  $0.8m/s$ 일 때  $\pm 6\%$  이내이다.

실험에서 역학적 특성치는 전개판 모형과 연결된 삼분력기(LMC-3505-5, 日章電氣)로 물의 흐름방향(X축)에서 항력을, 흐름과 수직방향(Y축)에서 양력을 측정하였다. 측정치는 증폭기(SA-200, TEAC.)와 A/D변환기(98AD12-LH, Interface Ind.)를 통하여 PC(NEC9801, NEC)에 입력되도록 하였다. 이때 전개판의 영각은 각도제어기를 사용하여  $0^\circ \sim 40^\circ$ 까지  $1^\circ$  단위로 조절하였고, 유속은 프로펠러형 유속계(VO-101A, Kenek)를 사용하여 측정하였는데, 실험유속은

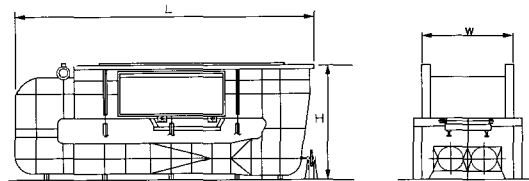


Fig. 1. Schematic drawing of the vertical circulation water channel.

0.4m/s (레이놀즈수  $Re=6.4 \times 10^4$ )로 하였다.

측정된 양력 및 항력은 다음과 같이 무차원계수 값으로 나타내었다. 즉, Y축으로 측정된 장력을 양력 FL, X축으로 측정된 힘을 항력 FD, 유체의 밀도  $\rho$ , 유속을 V, 전개판의 면적을 S라고 하면, 양력계수 CL와 항력계수 CD는 식(1), (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (2)$$

## 2. 模型 展開板

본 실험에 사용된 전개판은 단순 만곡형전개판을 기준형으로 하여 슬롯의 크기에 따른 단일 슬롯 만곡형전개판의 모형을 알루미늄재질의 판과 환봉으로 제작하였다. 모형은 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 弦長 160mm, 길이 280mm로 중형비 1.75, 만곡도 0.13, 모형의 두께는 12mm이며 단일 슬롯 만곡형전개판의 슬롯 크기는 현장(chord, C)의 1%, 2%, 3%의 3종으로 구분하였고, 이때 슬롯의 위치는 權의 연구결과에 근거하여 0.6C로 하였다.

## 3. CFD를 이용한 數值解析法

CFD는 단순화된 유동모형을 정하여, 유동의 기

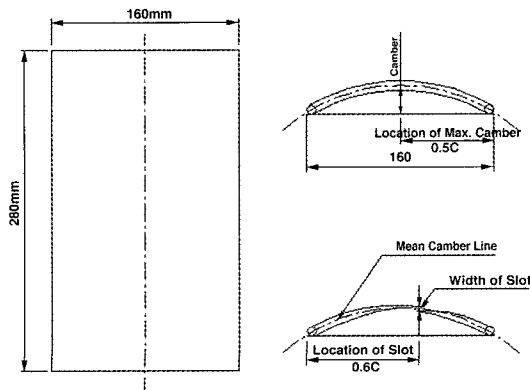


Fig. 2. Structure of the cambered otterboard.

본방정식을 통해 수치해석적 방법으로 근사해를 구하는 것이다. 이것은 기존 실험장치를 통한 가시화가 아닌 수치적 가시화 및 예측이 가능하므로 일반적인 실험 방법으로 가시화 및 측정이 용이하지 않은 실험을 대체할 수 있으며, 실험과 상호보완을 통해 신뢰성을 높일 수 있다. 전개판과 같은 날개형상의 해석은 먼저 모델의 형상과 경계면을 지정하고 블록설정을 위한 격자계 형성 및 최적화하는 전처리작업과 해석코드를 이용한 해석과 분석 및 가시화하는 후처리과정을 거치게 된다.

CFD 해석은 본 모형실험에서 가장 우수하게 나타난 슬롯형 모델과 단순만곡형을 대상으로 하였다. 사용한 소프트웨어는 상용 소프트웨어인 Fluent V5.1을 사용하였다. Fluent는 FVM (Finite Volume Method, 유한체적법)을 사용하는 소프트웨어로서 다양한 해석모델이 개발되어 있는 대표적인 범용 소프트웨어이다. Fluent에 사용된 유한체적법은 운동량 및 질량 보존법칙을 만족하는 적분형태로 표현된 지배방정식을 이산화하는 방법으로서 다음과 같은 연속방정식과 운동방정식을 수치해석 하는 것이다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = S_m \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i + F_i \quad (4)$$

여기서,  $S_m$ 은 source로 일정하며,  $\tau_{ij}$ 는 구간의 전단응력,  $\rho$ 는 밀도이다.

수치해석 알고리즘에는 SIMPLE법<sup>16)</sup> (Patankar and Spalding, 1972)이 있는데 식(3)의 연속방정식을 이용하여 속도성분과 압력간의 관계를 설정한 후 간접적으로 압력 p에 대한 값을 찾아내는 기법이다. Fluent에서는 SIMPLE법에서 좀더 개선된 SIMPLEC법(van Doormal and Raithby, 1984)을 이용하고 있다.

본 모형실험은 층류유동 영역에서 수행하였기 때문에 이와 비교하기 위한 수치해석에는 층류유동모형을 사용하였다.

그러나, 실제로 전개판은 난류영역에서도 작동되기 때문에 난류유동모형에 대한 수치해석도 병행하였다. 난류유동모형은 Launder and Spalding

(1972, 1974)<sup>10)</sup>에 의하여 연구된 난류운동에너지  $k$ 와 난류에너지소산을  $\varepsilon$ 을 이용하여 난류점성계수를 구하는 표준  $k-\varepsilon$ 모델을 채택하였다. 난류운동에너지와 난류에너지소산을  $\varepsilon$ 에 따른 지배방정식은 식(5), (6)과 같다.

$$\rho \frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b + \rho \varepsilon - Y_M \quad (5)$$

$$\rho \frac{D\varepsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + G_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (6)$$

여기서  $G_k$ 는 평균속도 증가물에 의한 난류운동에너지의 생성률,  $G_b$ 는 부력에 의한 난류운동에너지 생성률,  $Y_M$ 은 압축성 난류에서 전체 소산율에 따른 에너지 변화량이다.  $C_{1\varepsilon}$ ,  $C_{2\varepsilon}$ ,  $C_{3\varepsilon}$ 는 상수이고,  $\sigma_k$ 와  $\sigma_\varepsilon$ 는 난류운동에너지  $k$ 와 난류운동에너지 소산률  $\varepsilon$ 에 의한 난류 Prandtl수이며, 계산에서는  $C_{1\varepsilon} = 0.09$ ,  $C_{2\varepsilon} = 1.44$ ,  $C_{3\varepsilon} = 1.92$ ,  $\sigma_k = 1.0$ ,  $\sigma_\varepsilon = 1.3$ 을 사용한다.

양력과 항력은 각 구간별 압력분포를 양력 및 항력 방향의 성분을 적분하여 구하며,  $n$ 은 구간수,  $A$ 는 표면적,  $\hat{n}$ 은 구간의 단위면적이라고 하면 식(7)과 같다.

$$\begin{aligned} \vec{F}_p &= - \sum_{n=1}^n (p - p_{ref}) A \hat{n} \\ &= - \sum_{n=1}^n p A \hat{n} + p_{ref} \sum_{n=1}^n A \hat{n} \end{aligned} \quad (7)$$

영각은 모형실험에서 슬롯크기별 최대양력계수가 나타나는 영각을, 초기 조건은 자유 유동 조건을 사용하였다. 경계조건으로는 물체표면에서는 점착조건과 표면 압력구배가 0인 조건을 사용하였고, 외부 경계는 물체로부터 충분히 먼 거리에 있다고 가정하여 자유유동조건을 사용하였다. 격자계는 익형의 유동분석에 많이 사용되는 C형 격자망을 사용하여 계산하였다. 격자계 형성 및 최적화를 위해 Fluent 전용의 전처리 프로그램인 Gambit을 사용하였다. 가시화 및 생성된 결과값의 자료 처리를 위해서는 Fluent와 Tecplot을 사용하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 模型實驗에 의한 彎曲型展開板의 流體力學的特性

Table 1<sup>4)</sup>은 슬롯의 위치에 따라 최대양력계수가 나타나는 영각을 보여주고 있다.

Table 1. The Maximum CL of the cambered otterboard in accordance with the location of slot<sup>4)</sup>

Location of slot	Angle of attack(°)	CLmax	CD	CL/CD
Without Slot	27	1.50	0.57	2.64
0.2C	22	1.50	0.45	3.36
0.4C	25	1.51	0.58	3.13
0.6C	27	1.59	0.50	3.19
0.8C	27	1.45	0.43	3.32

\* At slot size = 0.04 × Chord, Location of Max. Camber Ratio = 0.5 × Chord, Camber Ratio = 0.13 × Chord, Aspect Ratio = 1.67

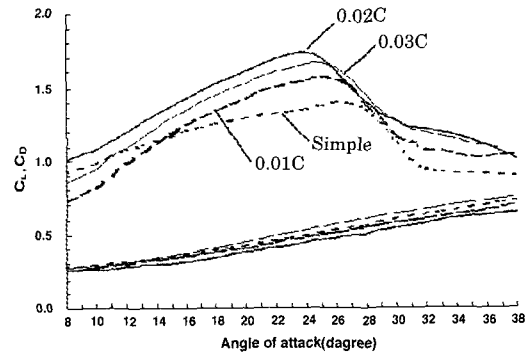


Fig. 3. CL and CD of the cambered otterboards with various widths of slot.

Fig. 3은 슬롯의 크기에 따른 반곡형 전개판의 양력계수와 항력계수를 나타낸 것이다. Fig.3에서 슬롯의 크기가 0.02C인 모형이 영각 24°에서 최대양력계수 1.72, 항력계수 0.42로 가장 우수한 유체력 특성을 보여주었고, 0.03C 모형의 양력계수가 1.63, 0.01C 모형은 1.53, 단순형은 1.41로 가장 낮은 양력계수를 보여주었다. 그리고, 최대양력계수가 최대일 때의 영각이 0.02C형 24°, 0.03C형 25°, 0.01C형 26°, 단순형 28°로 나타나서 최대양력계수가 클수록 영각이 작아지는 경향을 보여주었다.

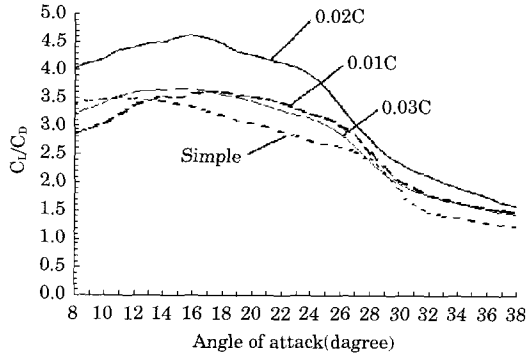


Fig. 4.  $C_L/C_D$  of the cambered otterboards with various widths of slot.

이상에서 현재 가장 많이 사용되는 단순만곡형에 비하여 슬롯의 크기가 0.02C인 슬롯만곡형이 양력은 22% 정도 크고, 항력은 23% 정도 작은 것으로 나타나서 그 전개성능이 크게 개선되었음을 알 수 있다.

Fig. 4는 슬롯 크기별 양항비를 나타낸 것으로, 양항비도 슬롯의 크기가 0.02C인 모형이 가장 크고, 0.01C형과 0.03C형은 영각에 따라 약간의 차이가 있으나 비슷하며, 단순형이 가장 작게 나타났다.

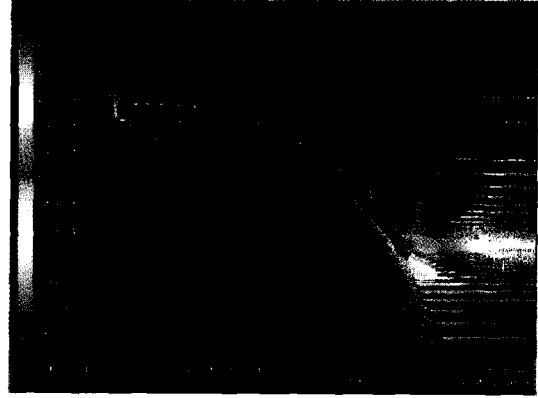
## 2. 수치해석에 의한 彎曲型展開板의 流體力學的特性

모형실험에서 성능이 가장 우수한 것으로 나타난 0.02C형과 단순형의 최대양력계수가 나타난 영각에 대하여 모형실험과 동일한 유속( $Re = 6.4 \times 10^4$ )조건에서 수치해석을 실시하였다.

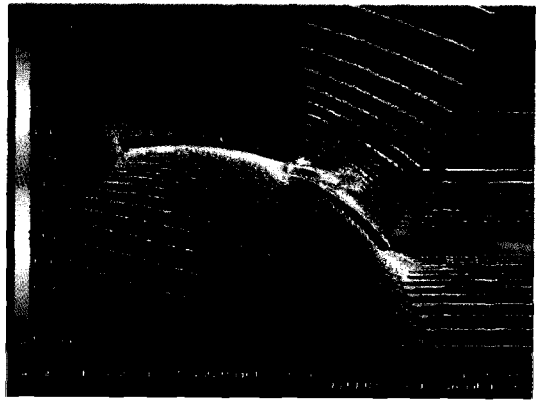
전개판 주변에서의 유속분포는 Fig.5와 같다. Fig.5에서 주유동의 방향은 좌측에서 우측으로 흐르고 있다.

단순형은 전개판의 상부 흡입면의 넓은 범위에 걸쳐 유동박리영역이 관찰되고 있고, 유동박리가 날개 앞쪽으로 상당한 거리를 이동하여 발달되어 있는 것으로 보아 낮은 영각에서 유동박리가 시작된 것으로 판단된다. 그리고, 전개판 후류에서 와류는 시간이 경과함에 따라 발달과 소멸을 반복하여 나타내고 있다.

0.02C 슬롯형은 슬롯을 통하여 전개판의 하부



(a) Simple type

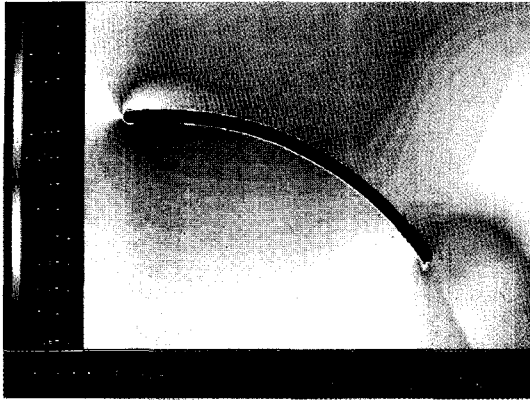


(b) 0.02C slot type

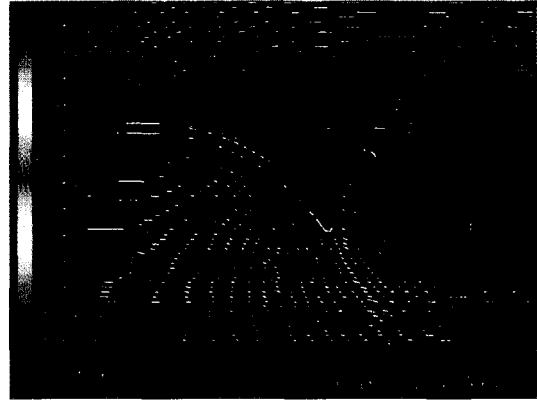
Fig. 5. Velocity vectors of cambered otterboard at center plane with the maximum  $C_L$ .

압력면에서 상부 흡입면으로 상당한 운동량이 공급되고 있기 때문에 유동박리 영역이 매우 작아졌음을 알 수 있다. 이것은 슬롯 앞부분의 높은 압력이 슬롯을 통과하며 노즐과 같은 역할을 하게 되어 빠른 속도를 지닌 유동으로 변화하여 유동박리를 지연 또는 감소시킴으로써 유동박리로 인한 항력을 낮추는 역할을 하고 있기 때문이다.

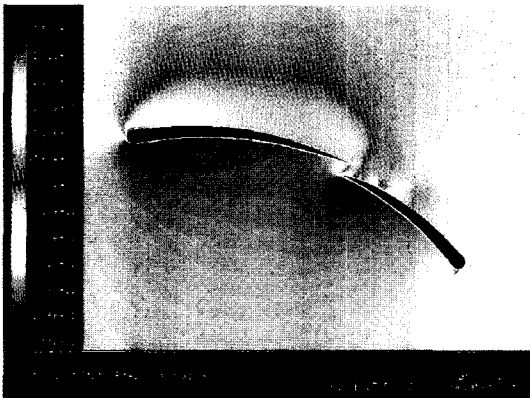
전개판 주변의 압력분포는 Fig.6과 같다. 전개판의 양력은 흡입면과 압력면의 압력차이로 얻어지기 때문에 흡입면의 압력이 낮아질수록 양력은 커지게 된다. 그러나, 단순형에서는 경계층 박리로 인하여 형성된 재순환영역에서의 압력이 상대적으로 커지며, 압력분포도 일반적인 날개이론으로 구한 분포와 매우 상이한 양상을 보인다. 즉, 날개는 흡입면 상의 압력이 날개 표면에서 가장 낮



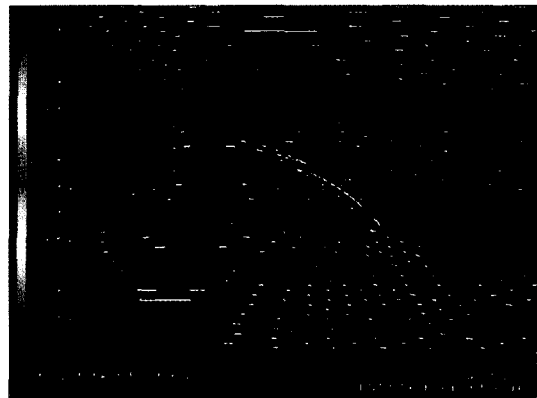
(a) Simple type



(a) Simple type



(b) 0.02C slot type



(b) 0.02C slot type

**Fig. 6. Pressure contours of cambered otterboard at center plane with the maximum  $C_L$ .**

**Fig. 7. Streamlines of cambered otterboard at center plane with the maximum  $C_L$ .**

고 외부로 가면서 회복되는 경향을 보이나, 단순형은 등압선이 날개의 코드방향으로 변화하는 형태를 취하였기 때문에 이러한 영역이 전개판의 양력 방향보다 항력 방향으로 작용할 개연성이 높고, 실제로 실속 또는 심한 불안정성의 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다. 한편 0.02C 슬롯형은 전개판 주변의 등압선이 코드방향으로 비교적 고르게 분포되어 있음을 알 수 있으며 특히 전개판의 흡입면 상의 압력이 단순형보다 낮아졌고, 압력면 상에서도 앞쪽 날개와 뒤쪽 날개 모두 앞부분에 압력이 높은 영역이 나타나는 양호한 압력 분포가 얻어졌다.

전개판 주변의 유선분포는 Fig. 7과 같다. 단순형의 경우 Fig.5의 유속분포와 연계하여 보면, 날

**Table 2.  $C_{Lmax}$ ,  $C_D$  and  $C_L/C_D$  of the cambered otterboards with various widths of slot at the angle of  $CL_{MAX}$**

Slot size	Calculation			Experiment		
	$C_{L,max}$	$C_D$	$C_L/C_D$	$C_{L,max}$	$C_D$	$C_L/C_D$
Simple	1.29	0.49	2.65	1.41	0.55	2.59
0.01C	1.52	0.43	3.52	1.53	0.46	3.32
0.02C	1.76	0.38	4.69	1.72	0.42	4.06
0.03C	1.48	0.44	3.37	1.63	0.51	3.22

개 흡입면 쪽에 매우 큰 재순환영역이 뚜렷이 확인되며, 그 후방에도 또 다른 와류가 나타나 있다. 0.02C 슬롯의 경우는 슬롯을 통하여 흡입면으로 분출되는 비교적 큰 운동량이 재순환영역에 에너지를 공급하여 유동박리가 상당히 감소한 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 Reynolds 수가 커질수록

더욱 뚜렷이 나타나며, 실제 전개판( $Re = 6.4 \times 10^6$ )에 대한 해석에서는 유동박리가 일어나지 않았고, 양항비도 더욱 개선되었다.

Table 2는 단순형과 0.01C, 0.02C, 0.03C 슬롯 형에 대한 수치해석과 모형실험의 결과를 나타낸 것이다. 여기서 수치해석은 2차원 단면에 대해서 실시하였기 때문에 3차원 전개판에 대한 모형실험의 결과와의 정량적 직접비교는 다소 무리가 있을 수도 있다. Table 2에서 보면, 단순형은 실험값이 최대양력계수 1.41, 항력계수 0.55이었으나 계산값은 1.29, 0.49로 각각 나타나서 실험값보다 10% 정도 작게 나타났고, 양항비는 실험값 2.59, 계산값 2.65로 거의 비슷하였다. 슬롯형은 모두가 단순형보다 최대양력계수는 15%이상 커졌고, 항력계수는 10% 이상 작아져서 성능이 크게 개선되었는데, 특히 0.02C형이 가장 우수하였고, 0.01C, 0.03C형이 비슷한 결과를 나타내었다. 0.02C 슬롯형은 실험값이 최대양력계수 1.72, 항력계수 0.42, 양항비 4.06 였으며, 계산값은 최대양력계수 1.76, 항력계수 0.38, 양항비 4.69로 나타나서 5~10% 정도의 차이를 보인다.

이것에서 슬롯형은 슬롯의 통하여 흡입면의 낮은 운동에너지 구간에 에너지를 공급함으로써 유동박리를 지연시키거나 감소시키는 효과가 있음이 확인되었는데, 0.01C형은 슬롯이 너무 작아 공급하는 운동에너지도 충분하지 못하여 유동박리 감소효과가 상대적으로 적었으며, 0.03C형은 슬롯이 너무 커서 날개의 상하면의 압력차이가 감소하여 양력이 감소하였다고 판단된다. 그리고, 0.02C형은 슬롯의 크기가 적당하여 유동박리현상을 개선하면서도 날개 상하면의 압력차이를 잘 유지시켜 주는 것으로 생각된다.

Table 3은 실물과 모형 전개판에 대한 수치해석

**Table 3. Numerical analysis results on the model and full scale otter board with the 0.02C of slot size**

	Calculation			Experiment		
	$C_{Lmax}$	$C_D$	$C_L/C_D$	$C_{Lmax}$	$C_D$	$C_L/C_D$
Model Scale ( $Re = 6.4 \times 10^4$ )	1.76	0.38	4.69	1.72	0.42	4.06
Full-Scale ( $Re = 6.4 \times 10^6$ )	1.96	0.34	5.72	-	-	-

과 모형실험의 결과를 나타낸 것이다. 모형과 실물의 축척비가 1/20이고, 유속비는 1/5로 하여 실물은 실제 예망속도인 2m/s에 대하여, 모형은 0.4m/s에 대하여 계산하였기 때문에 Reynolds수는 실물이 모형에 비하여 100배 크다. 계산결과 항력은 거의 차이가 없었으나 양력은 실물규모의 전개판이 모형에 비하여 10% 이상 크며, 이것은 날개의 점성유동 계산 결과에서와 같은 경향을 나타낸다. 양항비는 실물이 모형에 비하여 약 22% 크게 나타났는데, 이것은 모형의 상부에서 발생하는 유동박리가 실물에서는 난류유동에 기인하여 더욱 감소하였기 때문으로 생각된다.

이상을 종합한 결과, 본 연구에서 사용한 실험 방법과 수치계산방법은 다양한 전개판의 성능에 측에 사용될 수 있다는 가능성을 발견하였으며, 전개판의 양력과 항력은 물론이고, 각종 모멘트를 계산하는 데에도 손쉽게 이용될 수 있으므로 전개판의 안정성 규명과 같은 극히 예민한 해석에도 그 활용이 가능할 것으로 생각된다.

## 要 約

본 연구는 단일 슬롯 만곡형 전개판에 대하여 적정한 슬롯의 크기를 규명하기 위하여 회류수조를 이용한 모형실험과 CFD를 이용한 수치해석법을 실시하여 양력, 항력, 그리고 양항비를 비교·분석하고, 유선, 압력장 및 속도장을 가시화 함으로써 유체역학적 특성을 파악하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단순만곡형 전개판은  $C_{LMAX}$  1.41,  $C_D$  0.55인데 비하여 슬롯의 크기가 0.02C 인 단일 슬롯 만곡형은  $C_{LMAX}$  1.72,  $C_D$  0.42로 나타나서, 양력은 약 20% 증가, 항력은 약 20% 감소하여 성능이 크게 개선되었다.
2. 단일 슬롯 만곡형 전개판은 슬롯의 크기 0.02C에서 가장 우수한 유체역학적 특성이 나타났고, 0.03C와 0.01C는 유사한 양항비 특성이 나타났다.
3. 0.02C 슬롯형 전개판은 전후면의 압력분포가 단순형에 비하여 이상적으로 분포하고, 슬롯을 통한 분출류에 의하여 날개의 실속과

- 불안정성의 원인이 되는 유동박리의 지연 및 감소현상이 뚜렷이 나타났다.
- 수치해석의 계산값은 모형실험의 실험값과 근사하게 나타났고, 유동특성도 서로 유사한 패턴을 보여주었다.
  - CFD모델에 의한 수치해석법은 전개판의 성능을 평가함에 있어서 사용가능성이 확인하였고, 전개판의 안정성 규명과 같은 극히 예민한 해석에도 그 활용이 가능할 것으로 생각된다.
- Hoerner, Sighard F.(1965) : Fluid-Dynamic Drag, 10-1~10-16.
  - Hoerner, Sighard F.(1975) : Fluid-Dynamic Lift, 21-1~21-5.
  - 李秉鎭(1977) : 現代트로울漁法, 太和出版社, 116~143.
  - 張志元 · 徐斗玉(1982) : 漁具工學, 新韓出版社, 5-1~5-4.
  - 金大安 · 高冠瑞(1985) : 漁具學, 教文出版社, 185~198.
  - Fridman, A.L.(1986) : Calculations for fishing gear designs, FAO, Fishing News Books Ltd., 88~132.
  - Philip, M. Gerhart (1992) : Fundamentals of Fluid Mechanics, 8-1~8-3.
  - FAR(1993) : Otterboard Performance and Behaviour, SEAFISH, IFREMER, DIFTA.
  - 신병록 · 장근식 · 조강래(1994) : 전산유체역학, 大英社, 74~84.
  - 김찬중(1998) : 길잡이 전산유체역학, 문운당, 227~338.
  - Melvin, R. G., Huffman, W. P., Young, D. P., Johnson, F. T., Hilmes, C. L. and Bieterman, M. B. (1999) : Recent Progress in Aerodynamic Design Optimization, Int. J. Numer. Meth. Fluids 30, 205~216.
  - 朴源奎(1999) : 전산유체역학 I, 多成出版社, 75~83.

### 參考文獻

- 金大安(1981) : 트롤 漁具의 展開板 設計理論에 관하여, 麗水水産專門大學 研究報告 第2號, 9~13.
- 高冠瑞 · 權柄國 · 盧基德(1990) : 展開板에 대한 數值解析 -1. 展開板 주위에서의 유체흐름의 패턴-, 漁業技術 26(4), 333~340.
- 高冠瑞 · 權柄國 · 盧基德(1991) : 展開板에 대한 數值解析 -2. 展開板의 形狀別 性能 分析-, 漁業技術 27(3), 163~16.
- 權柄國(1993) : 展開板의 流體力學의 特性에 관한 研究, 水産學博士 學位論文.
- 朴倉斗(1994) : 오타보드의 유체특성에 관한 연구, 水産學博士 學位論文.
- 부정숙 · 서용권 · 송동주 · 김경천(1996) : 유체역학, 半島出版社, 8-1~9-2.