

## 캔버스 카이트의 유체역학적 특성에 관한 연구 - 1. 사각형 캔버스 카이트의 특성 -

배봉성<sup>†</sup> · 배재현 · 안희춘 · 이주희\* · 신정욱\*

국립수산과학원 · \*부경대학교

## The hydrodynamic characteristics of the canvas kite - 1. The characteristics of the rectangular, trapezoid canvas kite -

Bong-Seong BAE<sup>†</sup>, Jae-Hyun BAE, Heui-Chun AN, Ju-Hee LEE\* and Jung-Wook SHIN\*  
National Fisheries Research and Development Institute, \*Pukyong National University

### Abstract

As far as an opening device of fishing gears is concerned, applications of a kite are under development around the world. The typical examples are found in the opening device of the stow net on anchor and the buoyancy material of the trawl. While the stow net on anchor has proved its capability for the past 20 years, the trawl has not been widely used since it has been first introduced for the commercial use only without sufficient studies and thus has revealed many drawbacks. Therefore, the fundamental hydrodynamics of the kite itself need to be studied further.

Models of plate and canvas kite were deployed in the circulating water tank for the mechanical test. For this situation lift and drag tests were performed considering a change in the shape of objects, which resulted in a different aspect ratio of rectangle and trapezoid.

The results obtained from the above approaches are summarized as follows, where aspect ratio, attack angle, lift coefficient and maximum lift coefficient are denoted as A, B,  $C_L$  and  $C_{Lmax}$  respectively :

1. Given the rectangular plate,  $C_{Lmax}$  was produced as 1.46~1.54 with  $A \leq 1$  and  $40^\circ \leq B \leq 42^\circ$ . And when  $A \geq 1.5$  and  $20^\circ \leq B \leq 22^\circ$ ,  $C_{Lmax}$  was 1.07~1.11. Given the rectangular canvas,  $C_{Lmax}$  was 1.75~1.91 with  $A \leq 1$  and  $32^\circ \leq B \leq 40^\circ$ . And when  $A \geq 1.5$  and  $18^\circ \leq B \leq 22^\circ$ ,  $C_{Lmax}$  was 1.24~1.40. Given the trapezoid kite,  $C_{Lmax}$  was produced as 1.65~1.89 with  $A \leq 1.5$  and  $34^\circ \leq B \leq 44^\circ$ . And when  $A=2$  and  $B=14 \sim 48$ ,  $C_L$  was around 1. Given the inverted trapezoid kite,  $C_{Lmax}$  was 1.57~1.74 with  $A \leq 1.5$  and  $24^\circ \leq B \leq 36^\circ$ . And when  $A=2$ ,  $C_{Lmax}$  was 1.21 with  $B=18^\circ$ .
2. For a model with  $A=1/2$ , an increase in B caused an increase in  $C_L$  until  $C_L$  has reached the maximum. Then there was a tendency of a gradual decrease in the value of  $C_L$  and in particular, the rectangular kite showed a more rapid decrease. For a model with  $A=2/3$ , the tendency of  $C_L$  was similar to the case of a model with  $A=1/2$  but the tendency was a more rapid decrease than those of the previous models. For a model with  $A=1$ , an increase in B caused an increase in  $C_L$  until  $C_L$  has reached the maximum. Soon after the tendency of

<sup>†</sup> Corresponding author : asako@nfrdike.kr

$C_L$  decreased dramatically. For a model with  $A=1.5$ , the tendency of  $C_L$  as a function of  $B$  was various. For a model with  $A=2$ , the tendency of  $C_L$  as a function of  $B$  was almost the same in the rectangular and trapezoid model. There was no considerable change in the models with  $20^\circ \leq B \leq 50^\circ$ .

3. The tendency of kite model's  $C_L$  in accordance with increase of  $B$  was increased rapidly than plate models until  $C_L$  has reached the maximum. Then  $C_L$  in the kite model was decreased dramatically but in the plate model was decreased gradually. The value of  $C_{Lmax}$  in the kite model was higher than that of the plate model, and the kite model's attack angel at  $C_{Lmax}$  was smaller than the plate model's.
4. In the relationship between aspect ratio and lift force, the attack angle which had the maximum lift coefficient was large at the small aspect ratio models, At the large aspect ratio models, the attack angle was small.
5. There was camber vertex in the position in which the fluid pressure was generated, and the rectangular & trapezoid canvas had larger value of camber vertex when the aspect ratio was high, while the inverted trapezoid canvas was versa.
6. All canvas kite had larger camber ratio when the aspect ratio was high, and the rectangular & trapezoid canvas had larger one when the attack angle was high.

Key words : canvas kite(범포), plate(평판), trawl(트롤), aspect ratio(중횡비), attack angle(영각), lift coefficient(양력계수)

## 서 론

캔버스 카이트(이하 '범포'라 한다)를 어구에 부착하여 사용하는 대부분의 경우는 어구를 예망(曳網)할 때 범포에 생기는 유체력을 이용하여 어구를 전개시키고자 할 때이다. 즉, 안강망에서는 그물 입구의 좌우에 달아 전개장치로, 트롤에서는 그물 입구의 위쪽 또는 날개그물 앞쪽에 부착하여 전개장치로 사용된다.

이와 관련한 연구로는 PVC 부자를 대신하여 범포의 유체력으로부터 발생하는 양력을 어구 전개에 이용한 연구(光沢 등, 1996; 유 등, 2003)와 cap, half-cone 등과 비슷한 모양의 플라스틱을 사용한 연구(Catasta, 1959; Edwards, 1987; Lange, 1989) 그리고 익형 부력체를 이용한 카이트에 대한 연구(권, 1995) 등이 있다. 또 전개판 대신 범포를 사용하거나(井上 등, 2002) 범포를 날개그물 앞쪽에 부착하여 그물이 전개되도록 한 연구(松田 등, 1988, 1989; 胡 등, 1989)와 이것과 유사한 방법으로 외끌이기선저인망의 전개장치로 사용한 연구(辛 등, 1988) 등이 있다. 그 동안의 연구와 더불어 범포를 부력체로 사용하는 트롤이 이미 개발되어 사용중이지만, 충분한 연구과정 없이 어구에

적용되어 널리 보급되지는 못하고 있는 실정이다.

이러한 점을 감안, 향상된 성능의 어구를 개발하기 위해서는 범포 자체에 대한 유체역학적 특성에 대한 연구도 필요할 것이다. 그러나 앞에서 언급한 연구 사례들은 범포를 어구에 부착하여 어구 전체의 형상 변화를 관찰한 연구가 대부분이다. 범포 자체의 유체역학적 특성에 관하여 石崎 등(1999)이 총 5가지 형태의 범포에 대해 영각에 따른 형상 변화 및 양향력을 측정된 연구 사례가 있으나, 이와 같은 관련 연구는 많지 않다.

따라서, 본 연구에서는 여러 가지 범포의 유체역학적 특성을 구명하고자 직사각형, 사다리꼴로 모형 평판과 범포를 제작하여 양향력 실험을 실시하고 양력계수, 항력계수 및 양향비를 계산하여 각 모형별 특성을 알아봄으로써 전개장치로서 적합한 모형을 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험수조

실험 수조는 국립수산과학원에 설비된 수직순환형 회류수조로서 수조의 기본적인 사양 및 구성을

Table 1과 Fig. 1에 나타내었다. 수조 본체의 크기는 25.1(L)×4.5(W)×8.3(D)m이고 관측창의 크기는 8.0(L)×2.8(W)×1.4(D)m이다. 설정 가능한 유속 범위는 0~3.2m/s이며, 단면 유속분포는 1.04m/s에서 ±2.0%, 2.05m/s에서는 ±1.0% 이내이다.

## 2. 모형 평판 및 범포

본 실험에서는 범포처럼 흐름 중에 만곡이 생기는 경우와 만곡이 전혀 없는 경우를 비교해 보기 위하여 범포와 형태 및 크기가 같은 스테인리스(stainless) 평판도 범포와 같이 제작하여 실험하였다.

평판의 재료는 오스테나이트-페라이트(austenite-ferrite) 2상계 스테인리스강을 사용하였다. 평판의 형태 및 크기를 Fig. 2에 나타내었다. 평판은 가로와 세로의 길이 비가 각각 1:2, 1:1.5, 1:1, 1.5:1,

2:1 인 직사각형 5종(177×354mm, 204×306mm, 250×250mm, 306×204mm, 354×177mm)을 제작하였다. 여기서 실험 시 모형에서 물이 흐르는 방향과 수직인 방향의 길이를 익장(翼長), 평행한 방향의 길이를 현장(弦長)이라 한다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 각 모형은 Rs1~Rs5로 이름을 붙여 구별하였다. 모형의 면적은 0.0625m<sup>2</sup>로 모두 동일하고 두께는 3mm이며 취부 장치와 줄로 묶을 수 있도록 각 모서리마다 직경 2mm의 구멍을 만들었다.

본 실험에서 사용한 범포는 신축이 거의 없고 물도 잘 통과되지 않는 것을 사용하였다. 범포의 재질은 폴리아미드(polyamid, PA) 계열이며, 두께는 1mm이다. 또 표면 마찰의 영향을 최소화하기 위하여 가는 원사(10번수)로 짜여진 것을 사용하였다. 수중에서의 비중은 약 1.19이었다.

Table 1. Principal characteristics of the circulating water channel

terms	specifications
water capacity (ton)	280
measuring window (m)	8.0(L)×2.8(B)×1.4(H)
depth (m)	1.4
current velocity (m/s)	0~3.2
impeller & motor	2 impellers(4 blades), AC 90 kW×2

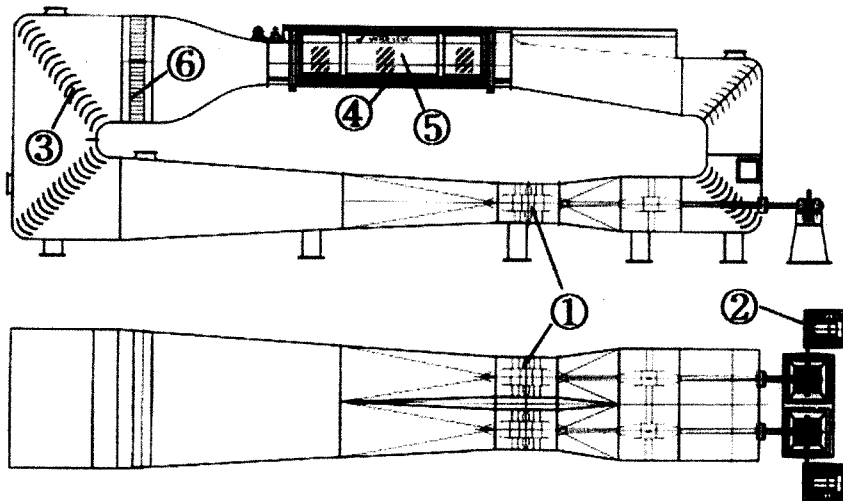


Fig. 1. Schematic drawing of vertical circulating water channel.

- ① impeller ② AC motor ③ guide vane ④ under observation panel
- ⑤ side observation panel ⑥ honeycomb

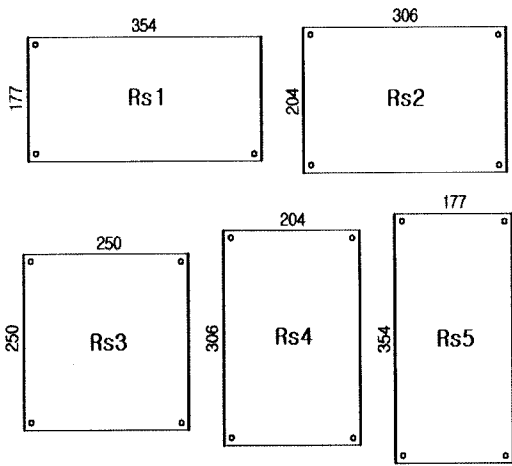


Fig. 2. The design drawing of plate models (unit : mm).

모형 범포의 형태 및 크기는 Fig. 3과 같다. 모형 범포는 크게 사각형, 사다리꼴로 나눌 수 있는데 평

판과 크기가 같은 모형 범포 5종(R1~R5)과 밑변(윗변 길이는 밑변의 절반임)과 높이의 길이가 서로 다른 사다리꼴 모형 범포 5종(Z1~Z5)을 제작하였다. 여기서, 사다리꼴 밑변을 붙이 흘러오는 쪽으로 위치시켰을 때를 사다리꼴 모형, 반대의 경우를 역 사다리꼴 모형(Zr1~Zr5)이라고 이름을 정하였다.

한편, 본 실험에서는 각 모형 범포에서 익장에 해당하는 변은 일직선으로 고정시키고 나머지 부분은 물의 흐름에 자연스럽게 만곡이 생기도록 하여 실제로 범포를 어구에 사용할 경우와 가깝게 하면서 결과 분석도 용이하도록 하였다.

모형 범포에서 일직선상에 놓일 변은 천의 가장 자리를 접어서 재봉을 하였는데 직경 4mm의 스테인리스 봉이 정확히 들어가도록 제작하였으며 매끈한 쪽이 물의 흐름을 받도록 하여 접은 선의 영향을 최소화하였다.

이상과 같이 모형의 형태 및 크기에 따라 나누어 지는 모형 20종을 각 모형을 나타내는 식별문자로 정리하여 Table 2에 나타내었다.

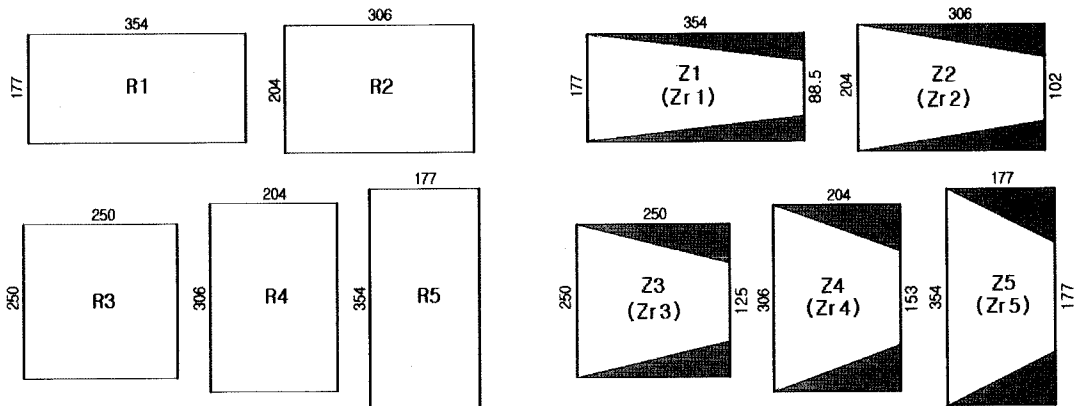


Fig. 3. The design drawing of canvas kite models(unit : mm).

Table 2. The used models in efficiency test by its shape and size

material & shape		size (span×chord, mm)				
		177×354	204×306	250×250	306×204	354×177
stainless plate	Rectangle	Rs1	Rs2	Rs3	Rs4	Rs5
	canvas kite	Rectangle	R1	R2	R3	R4
	Trapezoid	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
	Trapezoid (reverse)	Zr1	Zr2	Zr3	Zr4	Zr5

### 3. 측정 장치

본 실험의 양향력 측정 장치를 Fig. 4에 나타내었다. 물의 흐름에 의하여 모형에 작용하는 XY분력을 측정하는 장치로는 6분력계(Denshikogyo Co., DL-61025, 10 kg)와 모형을 거치하는 취부장치(Fig. 5)로 되어 있다. 취부장치는 용접에 의한 뒤틀림이 없도록 용접 없이 재료를 절단 후 조립하였는데, 두께 10mm인 스테인리스 강판(페라이트계 스테인리스강)을 폭 10mm로 레이저로 절단하여 전체 프레임(1,000×500mm)을 만들고 물이 흘러오는 쪽 프레임은 봉이 되도록 가공하였으며 프

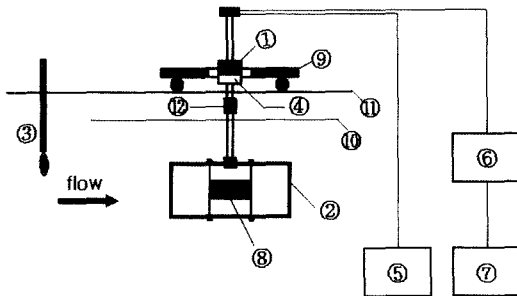


Fig. 4. Experimental set-up for the efficiency test.

- ① six component load cell
- ② installation frame ③ current meter
- ④ angle controller ⑤ angle control box
- ⑥ strain amplifier ⑦ computer
- ⑧ model ⑨ moving traverse
- ⑩ water line ⑪ moving rail
- ⑫ connector

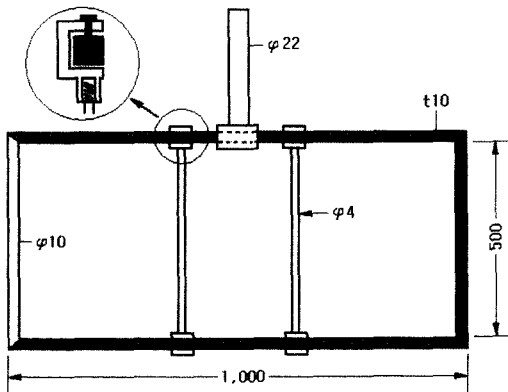


Fig. 5. The installation frame of the models.

레이م 내부에 모형을 부착할 수 있는 직경 4mm 스테인리스 봉 2개를 수직으로 나란히 부착하였다. 또한, 육분력계에서 나오는 값은 증폭기(Kenek Co., VO-203A)와 A/D변환기(NI Co., PCI-6034E, 32ch-16bit)를 통하여 컴퓨터에 저장되도록 시스템을 구성하였으며 시스템 제어소프트웨어는 labVIEW 6.1를 사용하였다. 유속의 측정은 프로펠러 유속계(Kenek Co., VOT-400-20)를 사용하였다.

### 4. 실험 및 분석방법

모형 평판(5종) 및 범포(15종)의 영각별 양향력을 측정하기 위하여 먼저 취부장치에 모형을 고정시킨 후 취부를 육분력계에 장착하고 유속계를 사용하여 유속을 확인한 뒤, 양력과 항력을 측정하였다.

실험 유속은 예비실험을 통하여 0.6m/s(레이놀즈수  $8.85 \times 10^4 \sim 1.77 \times 10^5$ )로 정하였으며, 레이놀즈수의 계산은 식 (1)과 같다.

$$R = \frac{\rho l v}{\mu} = \frac{l v}{\nu} = \frac{(0.177 - 0.354) \times 0.6}{1.2 \times 10^{-6}} \quad (1)$$

$\rho$ : 밀도(kg/m<sup>3</sup>),  $l$ : 길이(m),  $v$ : 유속(m/s),  
 $\mu$ : 점성계수(N·s/m<sup>2</sup>),  $\nu$ : 동점성계수(13°C)(m<sup>2</sup>/s)

양·항력 측정 실험은 모든 모형에 대하여 1초에 1,000개의 데이터를 20초간 측정하였으며 영각 0~60° 구간에서 2° 간격으로 2회 측정하였다. 양력계수( $C_L$ ), 항력계수( $C_D$ ), 양항비( $C_L/C_D$ ) 등은 측정된 양력과 항력으로부터 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$C_L = \frac{F_L}{0.5 \rho S V^2} \quad (2)$$

$$C_D = \frac{F_D}{0.5 \rho S V^2} \quad (3)$$

$$\frac{C_L}{C_D} = \frac{F_L}{F_D} \quad (4)$$

여기서,  $F_L$ 은 양력(N),  $F_D$ 는 항력(N),  $\rho$ 는 물의 밀도(999kg/m<sup>3</sup>≈102kg·s<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>),  $S$ 는 모형의 최대 투영면적(m<sup>2</sup>),  $V$ 는 유속(m/s)이다.

또, 실험 중 범포 모형의 실제 만곡도 및 만곡꼭지점 위치를 구하기 위하여 회류수조 아래쪽에 CCD 카메라를 설치하고 영각( $\alpha$ ) 20°, 40°, 60°일 때

사진을 찍어 분석하였다. 실험 시 수로상에 위치한 캔버스 카이트의 형상은 Fig. 6과 같이 나타내어지며 만곡도  $r$ 은  $a/b$ , 만곡꼭지점 위치  $p$ 는  $c/b$ 으로 나타냈다.

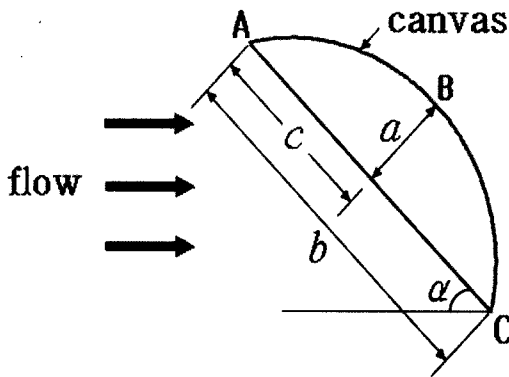


Fig. 6. The camber of canvas kite in the flowing water.

## 결과 및 고찰

### 1. 종횡비에 따른 양·항력 비교

종횡비에 따른 평판과 범포의 유체역학적 특성을 구명하고자 직사각형, 사다리꼴 모양으로 종횡비를 1:2, 1:1.5, 1:1, 1.5:1, 2:1가 되도록 모형 평판과 범포를 제작하여 양항력을 측정된 결과는 Table 3 및 Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10과 같다.

직사각형 평판의 경우(Fig. 7), 영각에 따른  $C_L$ 의 변화는 종횡비가 1 이하인 Rs1, Rs2, Rs3에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 40~42°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 Rs4, Rs5에서는 전자보다 빨리 증가하고 20~22°에서 최대값이 나타났다. 최대  $C_L$ 은 Rs1, Rs2, Rs3가 1.46, 1.54, 1.52이고 Rs4, Rs5가 1.11, 1.07로 전자의 경우가 컸으나 전자의 경우 양항비가 약 1.23~1.25이고 후자는 약 2.71~3.00으로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전개장치로서 더 양호한 성능을 나타내었다.

직사각형 범포의 경우(Fig. 8), 영각에 따른  $C_L$ 의 변화는 종횡비가 1 이하인 R1, R2, R3에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 32~40°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 R4, R5에서는 전자보다 빨리 증가하고 18~22°

Table 3. The attack angle and the efficiency of test model as a function of polygonal shape and aspect ratio

model	attack angle (°)	$C_{Lmax}$	$C_D$	$C_{Lmax}/C_D$
Rs1	42	1.46	1.19	1.23
Rs2	42	1.54	1.25	1.23
Rs3	40	1.52	1.22	1.25
Rs4	22	1.11	0.41	2.71
Rs5	20	1.07	0.36	3.00
R1	40	1.79	1.26	1.41
R2	38	1.91	1.22	1.56
R3	32	1.75	0.87	2.01
R4	22	1.40	0.47	3.00
R5	18	1.24	0.37	3.40
Z1	44	1.68	1.24	1.35
Z2	42	1.73	1.19	1.45
Z3	40	1.89	1.17	1.61
Z4	34	1.65	0.91	1.81
Z5	38	1.09	0.75	1.45
Zr1	36	1.58	1.18	1.34
Zr2	34	1.57	1.03	1.53
Zr3	32	1.74	1.06	1.64
Zr4	24	1.60	0.72	2.23
Zr5	18	1.21	0.42	2.87

에서 최대값이 나타났다. 최대  $C_L$ 은 R1, R2, R3가 1.79, 1.91, 1.75이고 R4, R5가 1.40, 1.24로 전자의 경우가 컸으나 전자의 경우 양항비가 약 1.41~2.01이고 후자는 약 3.00~3.40로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전개장치로서 양호한 성능을 나타내었다.

이상에서와 같이 직사각형 모형에서는 범포가 평판보다  $C_L$ 이 크게 나타났고 최대  $C_L$ 을 갖는 영각을 지나면 평판 모형은  $C_L$ 이 완만하게 감소하는 반면 범포 모형은 빨리 감소하는 경향이 나타났다.

사다리꼴 범포의 경우(Fig. 9), 영각에 따른  $C_L$ 의 변화는 종횡비가 1.5 이하인 Z1, Z2, Z3, Z4에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 34~44°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 2인 Z5에서는 전자보다 빨리 증가했다가 14~48°의 간

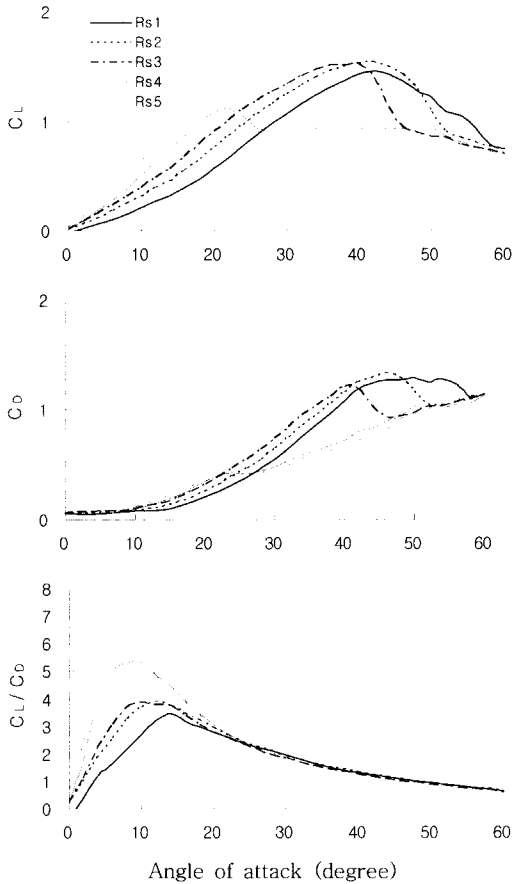


Fig. 7. The efficiency of the rectangular plate as a function of the angle of attack.

구간에서 약 1 전후의 값을 나타냈다. 최대  $C_L$  은 Z3가 1.89로 가장 컸으며 Z1, Z2, Z4는 약 1.70 전후였다. 최대  $C_L$  을 갖는 영각에서 양항비가 가장 큰 모형은 Z4이며 그 값은 1.81이었다. 전개효율 면에서는 Z4가 가장 좋다고 할 수 있으나 안정성 면에서는 Z5가 더 양호한 성능을 나타내었다.

역사다리꼴 범포의 경우(Fig. 10), 영각에 따른  $C_L$  의 변화는 Zr1, Zr2에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 36°, 34°에서 최대값이 나타났으며 Zr3에서는 32°에서 최대  $C_L$  (1.74)이 나타난 후 급격히 떨어지는 특징을 보였다. 또 Zr4에서는 24°에서 Zr5에서는 18°에서 최대  $C_L$  이 나타났으며 그 값은 Z3에 비하여 점점 작아졌다.

이상에서와 같이 사다리꼴 범포 모형에서는 Zr1,

Zr2, Zr3가 Z1, Z2, Z3보다  $C_L$  이 조금 작게 나타났으며 최대  $C_L$  이 나타나는 영각도 작았다.

종합적으로 분석해 보면, 종횡비가 1.5 이상인 모형과 이하인 모형의 영각에 따른  $C_L$  변화 패턴이 각각 분리되어 나타났는데, 전자의 경우가 후자보다 최대  $C_L$  이 나타날 때의 영각이 작았으며,  $C_L$  의 크기는 작았으나 양항비는 모두 크게 나타나 전개장치로서 양호한 성능을 나타내었다. 또, 종횡비가 점점 증가할수록 최대  $C_L$  이 나타날 때의 영각이 점점 작아지고 최대  $C_L$  을 갖는 영각 이후에서  $C_L$  이 작아지는 현상도 점점 빨라지는 것으로 나타났으며 각 모형의 형태별  $C_L$  변화 그래프의 패턴도 점점 비슷해지는 현상이 나타났다.

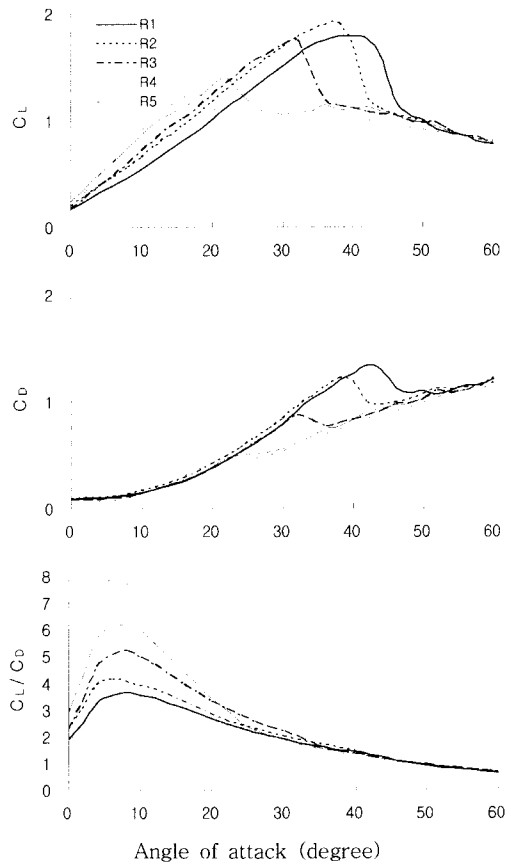


Fig. 8. The efficiency of the rectangular canvas kite as a function of the angle of attack.

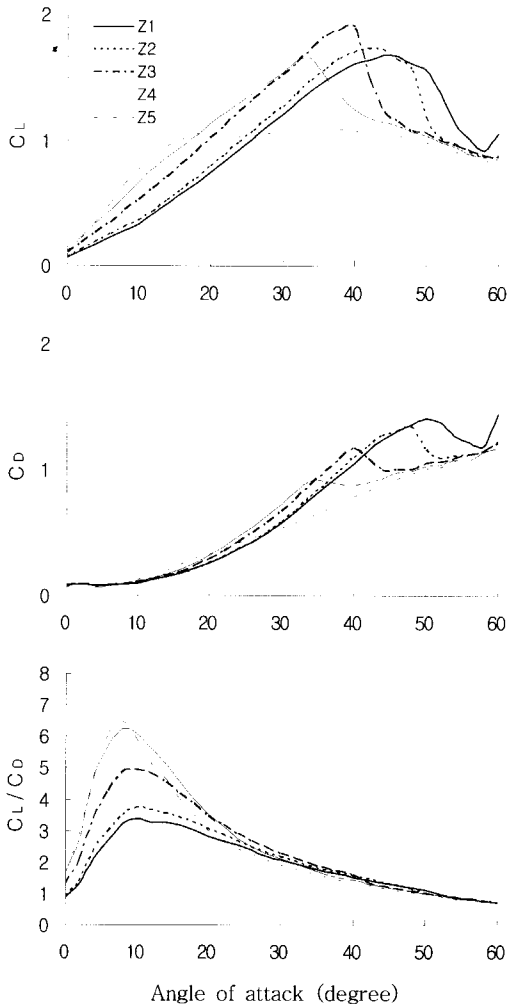


Fig. 9. The efficiency of the trapezoid canvas kite as a function of the angle of attack.

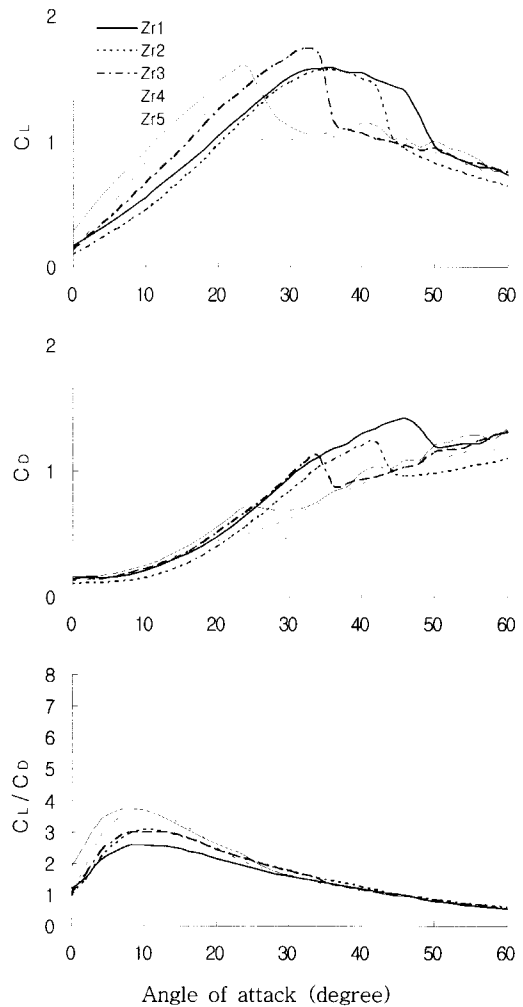


Fig. 10. The efficiency of the inverted trapezoid canvas kite as a function of the angle of attack.

## 2. 범포 모형의 만곡꼭지점 위치 및 만곡도

범포 모형의 만곡꼭지점 위치 및 만곡도를 Table 4에 나타내었다. 영각이 커질수록 만곡꼭지점의 위치가 50%에 가까워지는 현상은 모든 모형에서 같았다. 그러나 영각 20°에서 직사각형 모형은 약 42%, 사다리꼴 모형은 약 36%, 역사다리꼴 모형은 약 47.5%로서, 모형에서 물의 유체력을 많이 받을 수 있는 곳에서 만곡꼭지점이 만들어진다고 판단된다. 또, 작은 차이지만, 직사각형, 사다리꼴 모형에

서는 종횡비가 클수록, 역사다리꼴 모형에서는 작을수록 만곡꼭지점의 위치도 컸다.

또, 만곡도는 전 모형에서 종횡비가 클수록 컸으며, 직사각형, 사다리꼴 모형에서는 영각이 클수록 컸고 역사다리꼴 모형에서는 거의 차이가 없었다. 이것은 역사다리꼴 모형에서 적은 면적을 차지하는 앞부분이 영각이 증가하여도 유체력의 증가가 크지 않기 때문으로 판단된다. 또 직사각형 모형이 사다리꼴 모형보다 컸는데 면적이 넓어서 많은 유체력을 받기 때문으로 판단된다.



Table 4. The vertex position of camber and camber ratio

model	attack angle					
	20°		40°		60°	
	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
R1	41.48	8.27	42.29	8.37	47.33	8.39
R2	41.65	8.35	42.44	8.43	47.20	8.57
R3	42.15	8.33	42.78	8.58	47.57	8.75
R4	42.37	8.45	42.69	8.75	47.52	8.84
R5	42.23	8.54	42.86	8.81	47.88	8.87
Z1	35.41	7.64	37.83	7.64	48.44	7.75
Z2	35.79	7.71	38.59	7.69	48.47	7.88
Z3	36.43	7.88	39.31	7.74	49.59	7.98
Z4	37.22	7.95	39.32	7.85	49.78	8.05
Z5	36.73	8.12	39.81	8.03	49.63	8.15
Zr1	47.75	7.66	46.55	7.64	48.82	7.64
Zr2	47.73	7.78	46.27	7.79	48.73	7.73
Zr3	47.62	7.82	46.25	7.80	48.41	7.82
Zr4	47.65	7.96	46.34	7.94	48.49	7.92
Zr5	47.59	8.10	45.71	8.10	48.40	8.04

\* *p* : vertex position of camber(%),  
*r* : camber ratio(%)

### 3. 고찰

범포를 부력재로 사용한 어구가 처음 고안되었을 때에는 사각형 범포 한 장을 천장망 위에 부착하거나 뜰줄 앞쪽에 줄을 하나 더 내고 그 사이에 범포를 연결하는 방법이 사용되었다. 그러나 이러한 방법은 투망 초기의 전개가 어렵고 예망 중 좌우로 방향을 바꿀 때 어구의 형상이 비틀리는 단점이 있었다. 이것은 비틀림이 어려운 범포 1개를 크게 사용함으로써 발생하는 것이었다. 따라서, 여러 가지 관점에서 볼 때 뜰줄 가운데를 중심으로 범포를 개별식으로 여러 개 부착하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단된다.

역학적 특성 실험을 통하여 종횡비가 다른 사각형 범포의 영각에 따른 양 · 항력 특성을 도출하였다. 그러나 이 결과가 범포가 어구의 전개장치로 사용될 때 똑같은 결과를 가져올 것이라고는 할 수 없을 것이다. 즉, 범포는 유연체이므로 유속변화와 그 밖의 요소에 의하여 그 형태가 다양하게 변화하므

로 이전 실험에서 도출된 특성치를 이용하여 어구를 설계한다면 여러 가지 오류가 발생할 수 있다. 따라서 범포를 어구에 부착할 때에는 부착 및 운용의 편의성을 감안하여야 하고 실험 시 도출된 범포의 특성치를 계산하여 어구에 적용할 수 있도록 실험 시와 가장 유사한 형태를 갖도록 부착하여야 할 것이다.

실험결과에서 종횡비가 2:1인 범포가 다른 것에 비하여 영각의 변화에 따른 양력계수의 변화가 적고 낮은 영각에서도 비교적 높은 계수값을 나타내므로 전개장치로서 더욱 효과적일 것이다. 실제로 어구에 적용하였을 때, 적정한 사용 영각은, 10° 이하의 양력계수가 아직 증가 중에 있고 30° 이상에서는 양항비가 적으므로 20~30°에서 운용되는 것이 바람직하다고 생각된다. 또, 부자는 예망 중 부력과 항력이 거의 비슷하지만, 범포의 경우 양항비가 2 정도로서 부자만을 사용할 경우보다 범포를 사용함으로써 양력은 더 크게 항력은 더 작게 할 수 있는 것은 분명하다. 또, 범포의 수와 면적, 초기부력을 위한 부자의 크기 및 수 등을 달리하면 필요한 다양한 설계를 할 수 있을 것이다. 따라서 범포를 어구의 부력재나 전개장치로서 사용하는 것은 그 적용방법과 안정성만 확보된다면 매우 유용한 방법이 될 것이다.

### 요 약

종횡비, 다각형 모양에 따른 평판과 범포의 유체 역학적 특성을 규명하고자 직사각형, 사다리꼴 모양으로 모형 평판과 범포를 제작하고 회류수조에서 양 · 항력 실험을 수행하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 직사각형 평판의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 40~42°에서 최대  $C_L$ 이 1.46~1.54, 1.5 이상인 모형에서는 20~22°에서 1.07~1.11 정도였다. 직사각형 범포의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 32~40°에서 최대  $C_L$ 이 1.75~1.91, 1.5 이상인 모형에서는 18~22°에서 1.24~1.40 정도였다. 같은 직사각형 모형에서는 범포가 평판보다  $C_L$ 은 크게, 양항비는 작게 나타났다.
2. 사다리꼴 범포의 경우, 종횡비가 1.5 이하인 모형에서는 영각 34~44°에서 최대  $C_L$ 이 1.65~1.89, 2인 모형에서는 14~48°에서  $C_L$ 이

- 약 1.00 전후였다. 역사다리꼴 범포의 경우, 중횡비가 1.5 이하인 모형에서는 영각 24~36°에서 최대  $C_L$  이 1.57~1.74, 2인 모형에서는 18°에서 1.21이었다. 같은 사다리꼴 범포 모형에서는 전자의 모형이 후자보다  $C_L$  은 조금 크게, 양항비는 작게 나타났다.
3. 모형에서 물의 유체력을 많이 받을 수 있는 곳에서 만곡꼭지점이 만들어지며, 직사각형, 사다리꼴 모형에서는 중횡비가 클수록, 역사다리꼴 모형에서는 작을수록 만곡꼭지점의 위치도 컸다.
  4. 만곡도는 전 모형에서 중횡비가 클수록 컸으며, 직사각형, 사다리꼴 모형에서 영각이 클수록 컸고 직사각형 모형이 사다리꼴 모형보다 컸다.
- ### 참고문헌
- Catasta, L.(1959) : Studies to improve the efficiency of otter boards and trawl floats, Modern fishing gear of the world, 251~253.
- Edwards, M. L. (1987) : Want more headline height and less drag? Go fly a kite. NATL.-FISHERMAN, 68(8), 38~41.
- Lange, K.(1989) : Design and operation of flexible sail kites, ICES council meeting collected papers, 7p.
- 光沢 崇, 藤森 康澄, 清水 晋, 梨本 勝昭, 三浦 汀介 (1996) : キャンバスカイトを用いた資源調査用中層トロール網, 日本水産學會誌, 62(2), 254~261.
- 朴倉斗(1994) : オッターボードの流体特性に関する研究, 東京水産大學, 水産學博士 學位論文.
- 石崎 宗周, 不破 茂(1999) : 中層トロール用キャンバスカイトの形狀と流體特性, 日本水産學會誌, 65(3), 400~407.
- 松田 皎, 胡 夫祥, 小池 篤(1988) : キャンバス式中層トロール網の靜的特性, 日本水産學會誌, 54(10), 1783~1788.
- 松田 皎, 胡 夫祥, 石沢 聰(1989) : キャンバス製擴網裝置, ウィングパラカイトの流體特性, 日本水産學會誌, 55(11), 1927~1934.
- 井上 喜洋, 木下 弘實(2002) : ソフトトロール漁具開發, 水工研技報, vol. 24, 15~26.
- 胡 夫祥, 松全 皎, 小池 篤(1989) : 模型實驗によるキャンバス式とオッター式の中層トロール網力學的特性的比較, 日本水産學會誌, 55(5), 785~790.
- 權炳國(1993) : 展開板の流體力學的 特性에 관한 研究, 부산수산대학교, 水産學博士 學位論文.
- 권병국 (1995) : 쌍끌이중층망의 전개성능 향상을 위한 모형실험. 한국어업기술학회지, 31(4), 340~349.
- 辛鍾根, 李珠熙, 吳熙國(1988) : 외끌이 機船底引網의 展開性能에 관한 模形實驗, 韓國漁業技術學會誌, 24(1), 22~29.
- 유제범, 이주희, 이춘우, 권병국, 김정문(2003) : 無浮子 쌍끌이 中層網 어구어법의 개발 III, 韓國漁業技術學會誌, 39(3), 197~210.

2004년 5월 6일 접수

2004년 7월 12일 수리