

캔버스 카이트의 유체역학적 특성에 관한 연구 - 2. 삼각형 캔버스 카이트의 특성 -

배봉성[†] · 배재현 · 안희춘 · 이주희* · 신정욱*

국립수산과학원 · *부경대학교

The hydrodynamic characteristics of the canvas kite - 2. The characteristics of the triangular canvas kite -

Bong-Seong BAE[†], 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 kites 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 triangle.

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 triangular plate, C_{Lmax} was produced as 1.26~1.32 with $A \leq 1$ and $38^\circ \leq B \leq 42^\circ$. And when $A \geq 1.5$ and $20^\circ \leq B \leq 50^\circ$, C_L was around 0.85. Given the inverted triangular plate, C_{Lmax} was 1.46~1.56 with $A \leq 1$ and $36^\circ \leq B \leq 38^\circ$. And when $A \geq 1.5$ and $22^\circ \leq B \leq 26^\circ$, C_{Lmax} was 1.05~1.21. Given the triangular kite, C_{Lmax} was produced as 1.67~1.77 with $A \leq 1$ and $46^\circ \leq B \leq 48^\circ$. And when $A \geq 1.5$ and $20^\circ \leq B \leq 50^\circ$, C_L was around 1.10. Given the inverted triangular kite, C_{Lmax} was 1.44~1.68 with $A \leq 1$ and $28^\circ \leq B \leq 32^\circ$. And when $A \geq 1.5$ and $18^\circ \leq B \leq 24^\circ$, C_{Lmax} was 1.03~1.18.
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 very gradual decrease or no change in the value of C_L . For a model with $A=2/3$, the tendency of C_L was similar to the case of a model with $A=1/2$. For a model with $A=1$, an increase in B caused an increase in C_L until C_L has reached the maximum. And the tendency of C_L didn't change dramatically. For a model with $A=1.5$, the tendency of C_L as a function of B was changed very

[†] Corresponding author : asako@nfrdi.re.kr

small as 0.75~1.22 with $20^\circ \leq B \leq 50^\circ$. For a model with $A=2$, the tendency of C_L as a function of B was almost the same in the triangular model. There was no considerable change in the models with $20^\circ \leq B \leq 50^\circ$.

3. The inverted model's C_L as a function of increase of B reached the maximum rapidly, then decreased gradually compared to the non-inverted models. Others were decreased dramatically.
4. The action point of dynamic pressure in accordance with the attack angle was close to the rear area of the model with small attack angle, and with large attack angle, the action point was close to the front part of the model.
5. There was camber vertex in the position in which the fluid pressure was generated, and the triangular canvas had larger value of camber vertex when the aspect ratio was high, while the inverted triangular canvas was versa.
6. All canvas kite had larger camber ratio when the aspect ratio was high, and the triangular canvas had larger one when the attack angle was high, while the inverted triangular canvas was versa.

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

서 론

2차 세계대전 이후, 어업은 선박의 대형화와 고성능화, 자재의 다양화, 기기 및 각종 계측기술의 발달로 과거에 비하여 새로운 어구어법의 개발 및 개량이 활발히 이루어져 왔다. 그 중에 어구에 가장 큰 변화를 주게 된 것은 합성수지의 발달일 것이다. 천연섬유에 비하여 강하고 마찰이 적은 합성섬유는 그물의 재료로서 매우 적합하였으며, PVC 등 여러 가지 재질의 수지가 개발되어 각종 어구에 사용되었다. 그러나 그 중에서 대형 부자(浮子, float)나 철재로 된 전개판 또는 전개장치 등은 가격, 조업 중 안전성 등의 문제가 있어 어구 개량의 여지가 여전히 남아있다고 하겠다.

이러한 점에서 어구 개량을 시도한 연구가 있었는데, PVC 부자를 대신하여 캔버스 카이트(이하 '범포'라 한다)의 유체역학으로부터 발생하는 양력을 어구 전개에 이용한 연구(光沢 등, 1996; 유 등, 2003)와 곡면을 한 덮개, 반원추 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 외끝이전저인망의 전개장치로

사용한 연구(辛 등, 1988) 등이 있다. 그 동안의 연구와 더불어 범포를 부력재로 사용하는 트롤이 이미 개발되어 사용중이다. 하지만, 충분한 연구과정 없이 어구에 적용되어 널리 보급되지 못하고 있는 실정이며, 그 모양도 긴 직사각형의 것이 대부분이다.

이러한 점을 감안, 향상된 성능의 어구를 개발하기 위해서는 범포 자체에 대한 유체역학적 특성에 대한 연구가 필요하지만 이와 관련된 연구는 많지 않다. 범포 자체의 유체역학적 특성에 관한 石崎 등(1999)의 연구 사례에서 사다리꼴이나 삼각형 범포가 전개장치로서 양호한 성능을 낼 수 있다는 결과를 내었다.

따라서, 본 연구에서는 여러 가지 범포의 유체역학적 특성을 규명하고자 삼각형 모형 평판과 범포를 제작하여 양항력 실험을 실시하고 양력계수, 항력계수, 양항비를 계산하여 각 모형별 특성을 알아봄으로써 전개장치로서 적합한 모형을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 실험 수조, 측정 장치, 실험 및 분석방법 등은 前記 논문(캔버스 카이트의 유체역학적 특성에 관한 연구, 1. 사각형 캔버스 카이트

의 특성)에서 사용한 것과 동일하며, 간단히 기술하면 다음과 같다.

실험 수조는 수직순환형 회류수조로서 본체의 크기는 25.1(L)×4.5(W)×8.3(D)m이고 관측창의 크기는 8.0(L)×2.8(W)×1.4(D)m이다.

측정장치는 6분력계(Denshikogyo Co., DL-61025, 10 kg)와 모형을 거치하는 취부장치로 되어 있다. 취부장치는 직경 10mm인 사각형 프레임(1,000×500mm)을 만들고 프레임 내부에 모형을 부착할 수 있는 직경 4mm 스테인리스 봉 2개를 수직으로 나란히 부착하였다. 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.

실험 및 분석방법에 있어, 영각별 양·항력을 측정하기 위하여 먼저 취부장치에 모형을 고정시킨 다음 취부를 육분력계에 장착하고 유속 0.6m/s에서 실험하였다. 모든 모형에 대하여 1초에 1,000개의 데이터를 20초간 계속하였으며 영각 0~60° 구간에서 2° 간격으로 2회 측정하였다. 측정 결과를 이용하여 양력계수(C_L), 항력계수(C_D), 양항비(C_L/C_D)를 구하였다. 또, 실험 중 범포 모형의 실제 만곡도 및 만곡꼭지점 위치를 구하기 위하여 회류수조 아래쪽에 CCD 카메라를 설치하고 영각(α) 20°, 40°, 60°일 때 사진을 찍어 분석하였다.

1. 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 크기는 Fig. 1과 같다. 평판은 가로와 세로의 길이 비가 각각 1:2, 1:1.5, 1:1, 1.5:1, 2:1 인 삼각형 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. 1에 나타난 바와 같이 각 모형은 밑변이 물이 흘러오는 쪽으로 위치하

였을 때를 삼각형 평판(Ts1~Ts5)이라 하고 이것을 180° 회전하여 위치하였을 때를 역삼각형 평판(Tsr1~Tsr5)이라 하였다. 삼각형 모형의 면적은 0.03125m²로 모두 동일하고 두께는 3mm이며 취부 장치와 줄로 묶을 수 있도록 각 모서리마다 직경 2mm의 구멍을 만들었다.

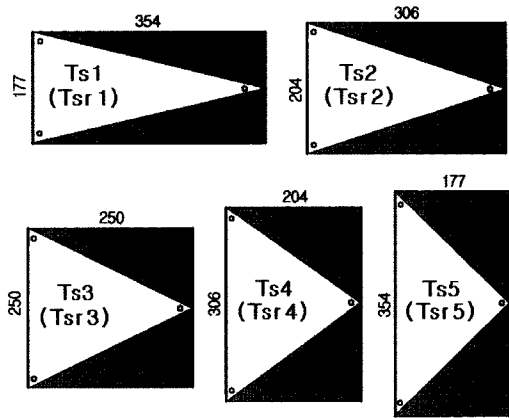


Fig. 1. The design drawing of plate models (unit : mm).

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.

모형 범포의 형태 및 크기는 Fig. 2와 같다. Fig. 1의 스테인리스 평판과 크기가 같은 모형 범포 5종을 제작하였다. 마찬가지로 각 모형은 밑변이 물이 흘러오는 쪽으로 위치하였을 때를 삼각형 범포(Ts1~Ts5)라 하고 이것을 180° 회전하여 위치하였을 때를 역삼각형 범포(Tr1~Tr5)라 하였다.

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 나뉘어 지는 모형 20종을 각 모형을 나타내는 식별문자로 정리하여 Table 1에 나타내었다.

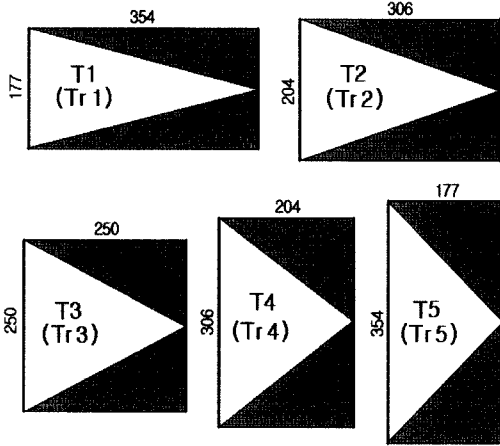


Fig. 2. The design drawing of canvas kite models(unit : mm).

결과 및 고찰

1. 종횡비에 따른 양·항력 비교

종횡비에 따른 평판과 범포의 유체역학적 특성을 구명하고자 삼각형 모양으로 종횡비를 1:2, 1:1.5, 1:1, 1.5:1, 2:1가 되도록 모형 평판과 범포를 제작하여 양항력을 측정된 결과는 Table 2 및 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6과 같다.

삼각형 평판의 경우(Fig. 3), 영각에 따른 C_L 의 변화는 종횡비가 1 이하인 Ts1, Ts2, Ts3에서는 영각이 증가함에 따라 비교적 완만하고 일정하게 증가하다가 38~42°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 Ts4, Ts5에서는 전자보다 빨리

증가하였다가 20~50°의 긴 구간에서 약 0.85 전후의 값을 나타냈다. 최대 C_L 은 Ts1, Ts2, Ts3가 1.29, 1.32, 1.26이고 Ts4, Ts5가 0.95, 0.91로 전자의 경우가 컸으나 전자의 경우 양항비가 약

Table 2. 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
Ts1	42	1.29	1.11	1.16
Ts2	40	1.32	1.07	1.23
Ts3	38	1.26	0.95	1.33
Ts4	30	0.95	0.56	1.70
Ts5	28	0.91	0.51	1.79
Tsr1	36	1.46	1.01	1.45
Tsr2	38	1.56	1.19	1.31
Tsr3	36	1.46	1.02	1.42
Tsr4	26	1.21	0.60	2.01
Tsr5	22	1.05	0.42	2.53
T1	46	1.75	1.38	1.27
T2	48	1.77	1.33	1.33
T3	46	1.67	1.32	1.26
T4	38	1.22	0.84	1.45
T5	38	1.07	0.76	1.40
Tr1	32	1.59	1.20	1.32
Tr2	32	1.68	1.20	1.40
Tr3	28	1.44	0.91	1.58
Tr4	24	1.18	0.66	1.79
Tr5	18	1.03	0.46	2.22

Table 1. 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	Triangle	Ts1	Ts2	Ts3	Ts4	Ts5
	Triangle (reverse)	Tsr1	Tsr2	Tsr3	Tsr4	Tsr5
canvas kite	Triangle	T1	T2	T3	T4	T5
	Triangle (reverse)	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5

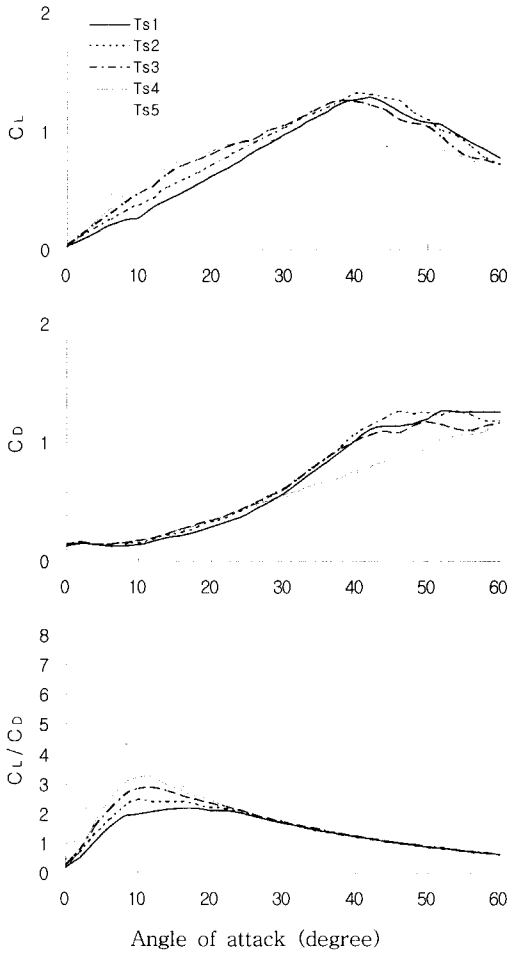


Fig. 3. The efficiency of the triangular plate in accordance with the angle of attack.

1.16~1.33이고 후자는 약 1.70~1.79로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전개장치로서 더 양호한 성능을 나타내었다.

역삼각형 평판의 경우(Fig. 4), 영각에 따른 C_L 의 변화는 종횡비가 1 이하인 Tsr1, Tsr2, Tsr3에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 36~38°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 Tsr4, Tsr5에서는 전자보다 빨리 증가하였다가 22°, 26°에서 최대값이 나타났다. 최대 C_L 은 Tsr1, Tsr2, Tsr3가 1.46, 1.56, 1.46이고 Tsr4, Tsr5가 1.21, 1.05로 전자의 경우가 컸으나 전자의 경우 양항비가 약 1.31~1.45이고 후자는 약 2.01~2.53로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전

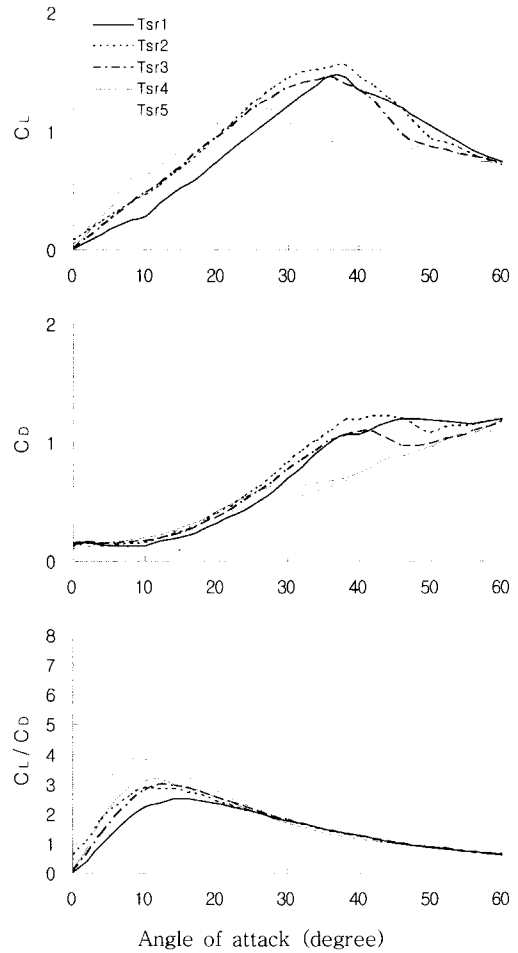


Fig. 4. The efficiency of the inverted triangular plate in accordance with the angle of attack.

개장치로서 더 양호한 성능을 나타내었다.

이상에서와 같이 삼각형 평판에서는 Tsr 모형이 Ts 모형보다 C_L 이 조금 크게 나타났으며 최대 C_L 이 나타나는 영각은 조금 작았다.

삼각형 범포의 경우(Fig. 5), 영각에 따른 C_L 의 변화는 종횡비가 1 이하인 T1, T2, T3에서는 영각이 증가함에 따라 비교적 완만하고 일정하게 증가하다가 46~48°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 T4, T5에서는 전자보다 조금 빨리 증가하였다가 20~50°의 긴 구간에서 약 1.10 전후의 값을 나타냈다. 최대 C_L 은 T1, T2, T3가 1.75, 1.77, 1.67이고 T4, T5가 1.22, 1.07로 전

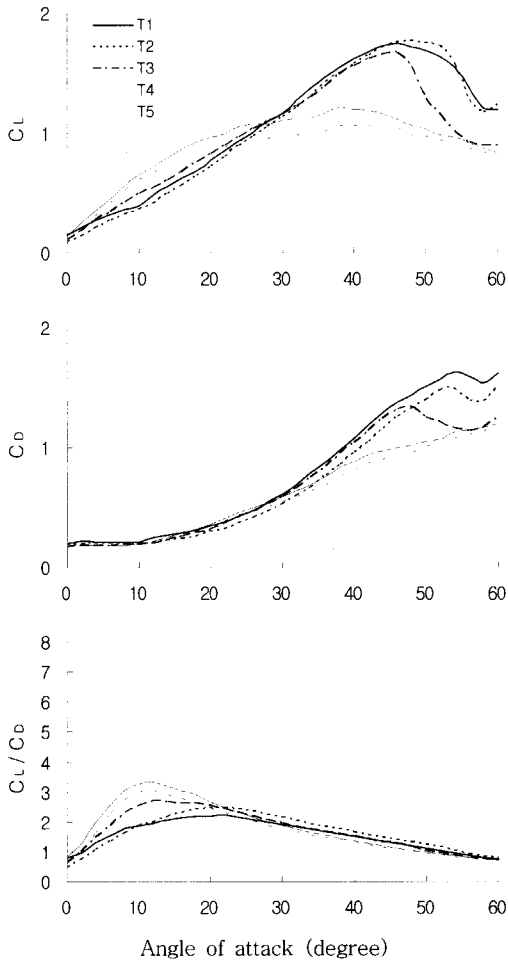


Fig. 5. The efficiency of the triangular canvas kite in accordance with the angle of attack.

자의 경우가 컸으나 전자의 경우 양항비가 약 1.26~1.33이고 후자는 약 1.40~1.45로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전개장치로서 더 양호한 성능을 나타내었다.

역삼각형 범포의 경우(Fig. 6), 영각에 따른 C_L 의 변화는 종횡비가 1 이하인 Tr1, Tr2, Tr3에서는 영각이 증가함에 따라 일정하게 증가하다가 28~32°에서 최대값이 나타난 반면, 종횡비가 1.5 이상인 Tr4, Tr5에서는 전자보다 빨리 증가하였다가 24°, 18°에서 최대값이 나타났다. 최대 C_L 은 Tsr1, Tsr2, Tsr3가 1.59, 1.68, 1.44이고 Tr4, Tr5가 1.18, 1.03으로 전자의 경우가 컸으나 전자

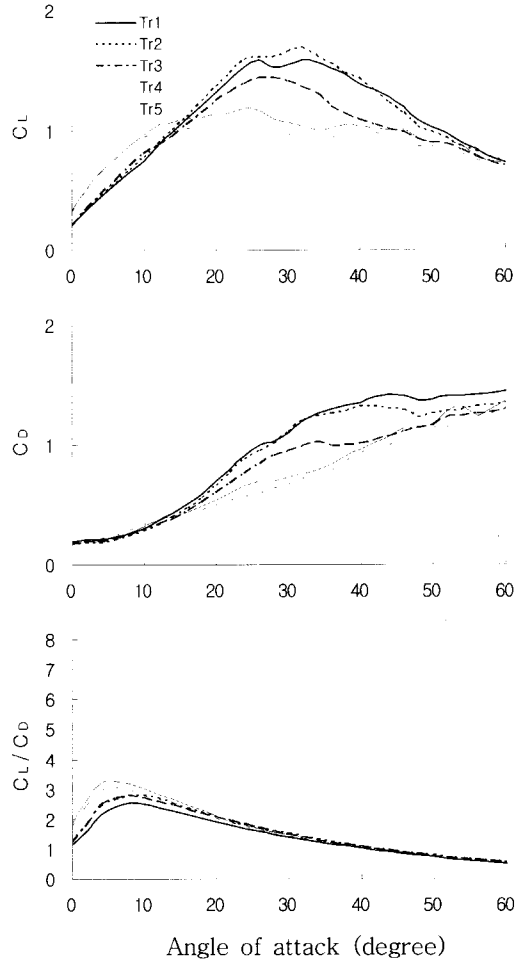


Fig. 6. The efficiency of the inverted triangular canvas kite in accordance with the angle of attack.

의 경우 양항비가 약 1.32~1.58이고 후자는 약 1.79~2.22로서 종횡비가 1.5 이상인 모형이 전개장치로서 더 양호한 성능을 나타내었다.

이상에서와 같이 삼각형 평판에서는 Tr 모형이 T 모형보다 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, 종횡

비가 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 나타났다으며 각 모형의 형태별 C_L 변화 그래프의 패턴도 점점 비슷해지는 현상이 나타났다.

2. 범포 모형의 만곡꼭지점 위치 및 만곡도

범포 모형의 만곡꼭지점 위치 및 만곡도를 Table 3에 나타내었다. 영각이 커질수록 만곡꼭지점의 위치가 50%에 가까워지는 현상은 모든 모형에서 같았다. 그러나 영각 20°에서 삼각형 모형은 약 31%, 역삼각형 모형은 약 52.6%로서, 모형에서 물의 유체력을 많이 받을 수 있는 곳에서 만곡꼭지점이 만들어진다고 판단된다. 또, 작은 차이지만, 삼각형 모형에서는 종횡비가 클수록, 역삼각형 모형에서는 작을수록 만곡꼭지점의 위치도 컸다.

또, 만곡도는 전 모형에서 종횡비가 클수록 컸으며, 삼각형 모형에서는 영각이 클수록 컸고 역삼각형 모형에서는 작을수록 컸다. 이것은 역삼각형 모형에서 적은 면적을 차지하는 앞부분이 영각이 증가하여도 유체력의 증가가 크지 않기 때문으로 판단된다.

Table 3. The vertex position of camber and camber ratio

model	attack angle					
	20°		40°		60°	
	p	r	p	r	p	r
T1	30.36	6.91	32.93	6.95	43.34	7.13
T2	30.77	7.04	33.56	7.11	43.37	7.24
T3	31.50	7.22	34.21	7.23	44.52	7.30
T4	32.12	7.27	34.38	7.32	44.78	7.40
T5	31.83	7.42	34.85	7.55	45.58	7.57
Tr1	52.72	7.07	51.60	6.96	50.92	6.85
Tr2	52.70	7.21	51.27	7.05	50.63	6.98
Tr3	52.60	7.27	51.15	7.20	50.41	7.12
Tr4	52.55	7.32	51.14	7.27	50.45	7.19
Tr5	52.57	7.51	50.79	7.48	50.30	7.37

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

3. 고찰

前記 논문(캔버스 카이트의 유체역학적 특성에 관한 연구, 1. 사각형 캔버스 카이트의 특성)에서 언급하였듯이 범포를 부력재로 사용할 때에는 여러 가지 관점에서 볼 때 뜰줄 가운데를 중심으로 범포를 개별식으로 여러 개 부착하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단된다.

역학적 특성 실험을 통하여 종횡비가 다른 삼각형 범포의 영각에 따른 양향력 특성을 도출하였다. 그리고 이 결과를 바탕으로 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 전개장치로 사용하기에 더 효과적일 것이다. 또, 삼각형 범포가 사각형보다 조금 작은 양력계수를 가지지만 그 값으로도 부자의 역할을 충분히 할 수 있을 정도이고 20~50°의 넓은 범위에서 일정한 값이 나타나 안정성이 훨씬 뛰어나기 때문에 전개장치로서 적합하다고 판단된다. 사각형의 경우와 마찬가지로 실제로 어구에 적용하였을 때, 적절한 사용 영각은 20~30°에서 운용되는 것이 바람직하다고 생각된다. 또, 부자는 예망 중 부력과 항력이 거의 비슷하지만, 범포의 경우 양향비가 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 전개장치로써 사용하는 것은 그 적용방법과 안정성만 확보된다면 매우 유용한 방법이 될 것이다.

요 약

종횡비, 다각형 모양에 따른 평판과 범포의 유체역학적 특성을 규명하고자 삼각형 모양으로 모형 평판과 범포를 제작하고 회류수조에서 양향력 실험을 수행하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 삼각형 평판의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 38~42°에서 최대 C_L 이 1.26~

- 1.32, 1.5 이상인 모형에서는 20~50°에서 C_L 이 약 0.85 전후였다. 역삼각형 평판의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 36~38°에서 최대 C_L 이 1.46~1.56, 1.5 이상인 모형에서는 22~26°에서 1.05~1.21 정도였다. 같은 삼각형 평판 모형에서는 전자의 모형이 후자보다 C_L 이 작게, 양항비도 작게 나타났다.
2. 삼각형 범포의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 46~48°에서 최대 C_L 이 1.67~1.77, 1.5 이상인 모형에서는 20~50°에서 C_L 이 약 1.1 전후였다. 역삼각형 범포의 경우, 종횡비가 1 이하인 모형에서는 영각 28~32°에서 최대 C_L 이 1.44~1.68, 1.5 이상인 모형에서는 18~24°에서 1.03~1.18 정도였다. 같은 삼각형 범포 모형에서는 전자의 모형이 후자보다 C_L 이 크게, 양항비는 작게 나타났다.
3. 모형에서 물의 유체력을 많이 받을 수 있는 곳에서 만곡꼭지점이 만들어지며, 삼각형 모형에서는 종횡비가 클수록, 역삼각형 모형에서는 작을수록 만곡꼭지점의 위치도 컸다.
4. 만곡도는 전 모형에서 종횡비가 클수록 컸으며, 삼각형 모형에서는 영각이 클수록 컸고 역삼각형 모형에서는 작을수록 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.
- 木倉斗(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状と流体特性, 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体特性, 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의 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