

캔버스 카이트의 어구 적용에 관한 연구

배봉성* · 안희춘¹ · 배재현¹ · 이주희² · 권병국² · 박성욱¹ · 정의철
국립수산과학원 동해수산연구소 자원관리조성팀
¹국립수산과학원 수산공학팀 · ²부경대학교 해양생산시스템관리학부

Study on the application of canvas kite to the fishing gear

Bong-Seong BAE*, **Heui-Chun AN¹**, **Jae-Hyun BAE¹**, **Ju-Hee LEE²**,
Byeong-Guk KWON², **Seong-Wook PARK¹** and **Eui-Cheol JEONG**

*Fisheries Resources Management and Enhancement Team, East Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Gangneung 210-861, Korea*

¹*Fisheries Engineering Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

²*Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

This research aims at establishing the application of canvas kite to the fishing gear through the analysis of the lift/drag tests of the kites have been performed in our previous finding. Now that several methodologies were designed to find the most effective triangular model as a buoyancy device applied to the fishing gear. Comparisons of drag/lift were made by installing the model in an installation frame instead of the prototype. Also, we have considered the application of canvas kite to the prototypic fishing gear by calculation using the result of this test. The results obtained from the above approaches are summarized as follows, where attack angle, lift coefficient, maximum lift coefficient and drag coefficient are denoted as B , C_L , C_{Lmax} and C_D respectively. The camber showed a gradual increase with an increase of fluid velocity. There was a big discrepancy in $B=20$ unlike $B=30$. Even if the kite retreats along the fluid flow, there is little relationship with the velocity variation. Lifts calculated with the kites were bigger and drags were smaller than those of the calculations with the float only. The kite as the buoyancy device will be very useful when the appropriate applications and the stability are met.

Key words : Canvas kite, Buoyancy device, Lift coefficient, Drag coefficient

서 론
前記 논문(Bae et al., 2004a; Bae et al., 2004b;

Bae et al., 2006a; Bae et al., 2006b)(이하 '前記 논문' 이라 한다)에서 캔버스 카이트의 양력과 항

*Corresponding author: asako@nfrdi.re.kr Tel:82-33-660-8523 Fax:82-33-661-8513

력 특성 실험, PIV 실험, CFD 해석 등을 통하여 형태에 따른 캔버스 카이트 자체의 유체역학적 특성을 알아보았다. 그런데 캔버스 카이트는 유연체이기 때문에 유향, 유속 등 외력의 영향에 의하여 그 형태가 변화하여 유체력 특성이 바뀌게 되므로 이전 실험에서 도출된 특성치를 이용하여 어구를 설계한다면 여러 가지 오류가 발생할 수도 있을 것이다. 캔버스 카이트를 부력재로서 어구에 부착할 때에는 부착 및 운용의 편의성을 고려하여야 하고 수중에서 예인할 때 어구에 부착된 캔버스 카이트의 형상이 모형실험 시와 같도록 하여야 할 것이다.

한편, 예망 어구에서 뜬 부력재로서 가지는 여러 가지 장점도 있지만 안전성, 취급불편 등 단점도 가지고 있어 캔버스 카이트를 부력재로 사용하기 시작하였다. 이것이 처음 고안되었을 때에는 삼각형 카이트 한 장을 천장망 위나 앞쪽에 부착하는 방법이 사용되었다. 그러나 이 방법은 예망 방향을 바꿀 때 어구의 형상이 비틀리는 단점이 있었기 때문에 카이트 2장을 양쪽 날개 쪽으로 분리하여 사용하는 방법이 고안되었는데(Takashi et al., 1996) 이 방식도 카이트의 양력이 양 측면으로 분산되어 효율이 떨어지는 단점이 있었다. 이러한 점을 고려해 볼 때 소형 카이트를 뜬줄 중앙을 중심으로 여러 개 부착하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 캔버스 카이트를 트롤에 부착하여 부력재로 사용할 경우, 실제 부착 방법을 고안하고 그 때의 연결 상태를 재현하여 유속에 따른 형상변화 및 양력과 항력의 특성치를 도출함으로써 향후 캔버스 카이트를 부착한 어구 개발 연구의 기초적 자료를 얻고자 하였다.

장치 및 방법

어구 부착 방법

본 실험에서 사용한 캔버스 카이트의 어구 부착 방법을 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1(a)는 자루형 그물의 기존 뜬줄 위쪽에 캔버스 카이트를 연

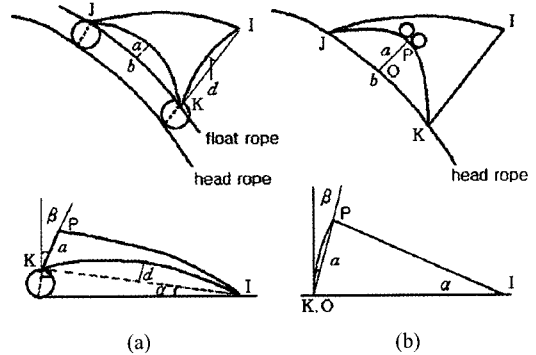


Fig. 1. The applicative device of the canvas kite as buoyant article.

결할 길이만큼 한 줄을 나란히 만들고 두 줄을 뜬줄을 관통시켜 연결한 뒤, 삼각형 카이트의 밑변을 앞쪽으로 향하게 하여 두 꼭지점을 새로 만든 줄에 연결하고 다른 한 꼭지점은 뜬줄에 연결된 그물부의 한 매듭에 연결한 것이다. 여기서 기존의 뜬줄을 하부 뜬줄(head rope), 새로 만든 줄을 상부 뜬줄(float rope)이라 하기로 한다. 그림에서 흐름이 없을 때에는 만곡현의 캠버(camber) a 와 d 의 길이는 0이다. 또 카이트의 양 측면을, 물의 저항을 받을 때 만곡이 생기지 않도록, 그물과 연결시켜 놓은 경우와 연결하지 않은 경우로 나누어 실험하였다.

Fig. 1(b)는 뜬줄에 카이트의 두 꼭지점을 직접 연결하고 처음부터 만곡이 생기도록 a 의 길이를 주어 원추를 반으로 잘라놓은 듯한 모양으로 부착한 것이다. 이 경우에도 $\angle IPO$ 의 크기에 따라 두 경우로 나누어 실험하였다.

따라서 본 실험에서는 위에서 언급한 4가지의 경우에 대하여 어구에 캔버스 카이트를 부착하였을 때와 같은 모양으로 취부장치에 부착하고 양력과 항력 및 형상변화를 측정하였다.

실험 장치 및 모형

실험에서 사용한 실험 수조, 계측 장치는 前記 논문의 양력과 항력 특성 실험에서 사용한 것과 같다. 단, 취부장치는 Fig. 2와 같이 일부 수정하

여 사용하였다. 즉, 굵기가 10mm인 직사각형 틀의 내부에 직경이 4mm인 스테인리스 봉 두개를 177mm 간격을 두어 서로 평행하게 고정시키고, 종횡비가 2:1인 삼각형 카이트가 꼭 맞도록 직경이 3mm인 스테인리스 봉 2개를 직각으로 고정시켰다.

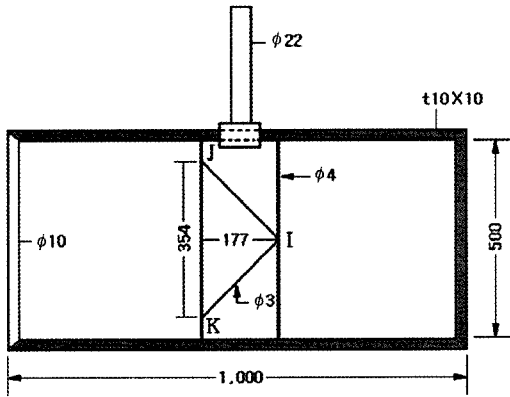


Fig. 2. The installation frame of kite(unit:mm).

실험에 사용한 캔버스 카이트 모형의 형태 및 규격은 Fig. 3 및 Table 1과 같다. 그림에서 A, B형은 Fig. 1(a)의 경우를 실험하기 위해 제작한 종횡비 2:1인 모형 카이트이고 C, D형은 Fig. 1(b)의 경우를 실험하기 위해 제작한 것인데, C형은 \overline{PA} 를 177mm로 고정 설계한 것이고 D형은 $\angle IPO$ 를 90° 로 고정 설계한 것이다. 또, C, D형은 어구에 설치되었을 때 밑면과 모선의 각(α)이 각각 $20^\circ, 25^\circ$ 및 30° 가 되도록 설계하였다. 캔버스 카이트의 전개도에서 삼각형의 양옆 변은 모두 250mm로 일정하게 하였기 때문에 삼각형의 밑변은 원호 모양이 된다.

캔버스 카이트의 재질은 폴리아미드계 (polyamid, PA)이며 두께는 1mm이다. 캔버스 카이트를 취부장치에 연결하는 방법은 카이트의 각 꼭지점 I, J, K를 취부장치의 점 I, J, K에 대응하여 연결하고 양옆 변은 균등하게 3등분하여 2지점을 취부장치의 스테인리스 봉에 바느질로 묶었다. 그러나 B형은 묶지 않았다.

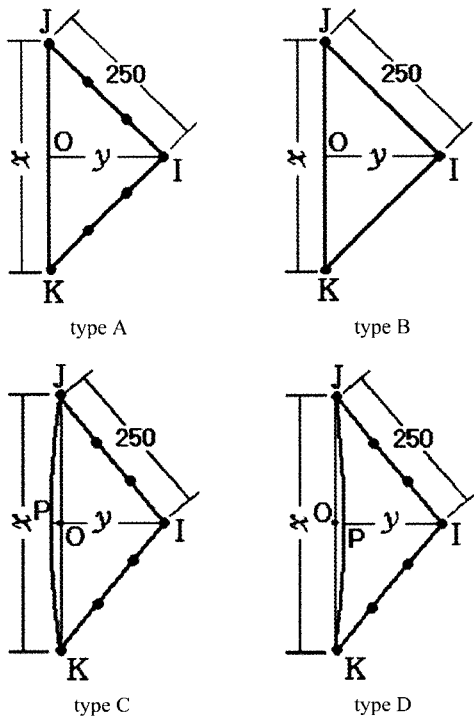


Fig. 3. The design drawing of experimental models (unit:mm).

실험방법

실험은 국립수산과학원 회류수조에서 수행하였으며 Table 1과 같이 삼각평면형과 반원추형 카이트에 대하여 영각 $20^\circ, 25^\circ$ 및 30° , 유속 0.2-1.0m/s 범위에서 0.1m/s 간격으로 각 모형

Table 1. The experimental cases by the model and condition

Model case	$\angle a$ ($^\circ$)	$\angle IPO$ ($^\circ$)	$\overline{JK}, \overline{JK}$, (x mm)	\overline{PI} (y mm)	Connection of side line
type A1	20	-	354	177	○
type B1	20	-	354	177	×
type C1	20	80	381	177	○
type D1	20	90	380	166	○
type A2	25	-	354	177	○
type B2	25	-	354	177	×
type C2	25	77.5	394	177	○
type D2	25	90	392	160	○
type A3	30	-	354	177	○
type B3	30	-	354	177	×
type C3	30	75	410	177	○
type D3	30	90	406	153	○

*○: connected, ×: unconnected.

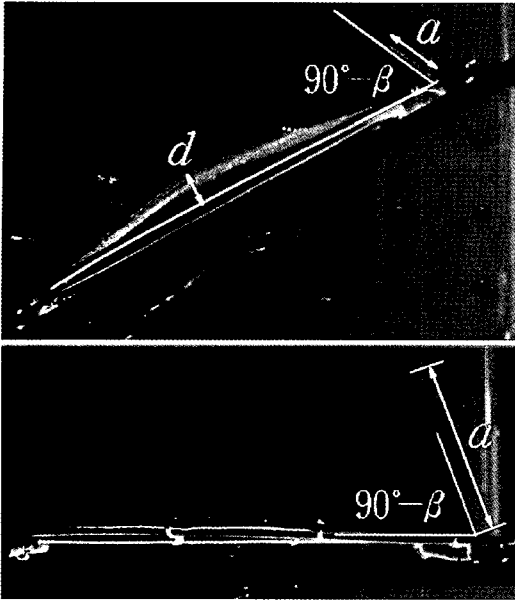


Fig. 4. The measuring of the camber shape of canvas kite.

의 양력과 항력을 측정하였다. 이 때 레이놀즈수는 $2.96 \times 10^4 - 1.48 \times 10^5$ 이었다. 측정 방법은 모든 모형에 대하여 1초에 1,000개의 데이터를 20초 동안 측정하고 그 평균값을 취하였으며 양력계수(C_L), 항력계수(C_D), 양항비(C_L/C_D) 등을 도출하였다. 또한, A, B형의 실험에서는 취부장치를 α° 만큼 회전시켜 필요한 영각을 만든 후 계측하였으며, C, D형에서는 캔버스 카이트 자체 형상에서 영각(α)이 만들어지므로 취부장치는 회전시키지 않았다.

한편, 유속에 따른 모형 카이트의 형상변화는 Fig. 4와 같이 측정할 때마다 사진을 촬영한 후, 만곡꼭지점의 높이 a 와 d 를 사진에서와 같이 컴퓨터에서 그림파일의 좌표값을 이용하여 측정하였다. 또, 카이트 밑변이 이루는 만곡선이 포함된 평면이 흐름에 수직인 평면과 이루는 각(β)도 측정하였다.

결 과

캔버스 카이트를 어구에 부착하였을 때의 유체역학적 특성을 알아보기 위하여 카이트를 자

루형 그물에 부착하는 방법을 고안하고, 그 방법에 따라 모형 캔버스 카이트를 취부장치에 설치하여 카이트의 양력과 항력 특성 및 유속의 변화에 따른 형상변화를 측정된 결과는 다음과 같다.

캔버스 카이트의 양력과 항력 비교

각 유형별 모형의 유속에 따른 양력과 항력 특성은 Fig. 5에 나타난 바와 같이, 영각 20° 에서 유속에 따른 전개력계수 C_L 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A1형이 1.05로서 가장 컸고 B1형, C1형, D1형 순으로 작았다. A1형은 유속 0.4m/s까지 완만하게 감소하다가 1.0m/s까지 0.91 전후의 고른값을 나타내었다. B1형은 A1형보다 조금 작은 값을 유지하며 A1형과 아주 비슷한 양상이었다. C1형은 유속 0.2m/s에서 0.63으로 가장 작았으나 점점 커져서 유속 1.0m/s에서는 A형과 B형의 중간 값을 나타내었다. D1형은 C1형과 거의 유사하고 그 값은 조금 작았다. A1, B1, C1, D1형 모두 유속 0.5m/s에서는 약간 크게, 0.6m/s에서는 약간 작게 나타났는데 이것은 해당 유속에서 유속에 따른 유체력의 증가로 카이트의 모양이 변화하기 때문으로 생각된다.

한편, 유속에 따른 항력계수 C_D 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A1형이 0.65로서 가장 컸고 B1형, D1형, C1형 순으로 작았다. A1형은 유속 0.3m/s부터 1.0m/s까지 0.42 정도의 비슷한 값이 나타났다. B1형은 A1형보다 조금 작은 0.30 정도의 일정한 값이 나타났으며, C1형 및 D1형은 유속 0.2m/s에서 약 0.10로 가장 작았으나 점점 커져서 유속 1.0m/s에서는 C_L 과 마찬가지로 A1형과 B1형의 중간 값을 나타내었다. A1, B1, C1, D1형 모두 유속의 변화에 따른 항력계수는 거의 일정하였다.

유속의 변화에 따른 양항비는 C1형이 가장 컸고 D1형, B1형, C1형 순으로 작았다. 그것은 C1형이 다른 것에 비하여 C_L 은 조금 작았지만 C_D 는 많이 작았기 때문이다. A1, B1, C1, D1형 모두 유속 0.4m/s에서부터 안정화되기 시작하여 그

이후는 약간의 감소와 증가는 있지만 큰 변화는 없었다.

영각 25°에서 유속에 따른 전개력계수 C_L 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A2형이 1.10로서 가장 컸고 B2형, C2형, D2형 순으로 작았으나 0.5m/s 이후부터는 A2, B2, C2형은 값이 비슷하였다. 따라서 C_L 에 있어서 A2, B2, C2형 모두 값의 차이가 작기 때문에 그 우열을 가리기 어려웠다. A1, B1, C1, D1형과 마찬가지로 모두 유속 0.5m/s에서는 약간 크게, 0.6m/s에서는 약간 작게 나타났다.

한편, 유속에 따른 항력계수 C_D 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A2형이 0.68로서 가장 컸고 B2형, C2형, D2형 순으로 작았다. A2형은 유속 0.4m/s부터 1.0m/s까지 0.54 정도의 비슷한 값이 나타났다. B2형과 C2형은 유속 0.5m/s부터 1.0m/s까지 각각 0.5, 0.35 정도의 거의 비슷한 값을 가지며 변화가 거의 없었다. D2형은 유속이 빠를수록

아주 조금 증가되는 양상이었다.

유속의 변화에 따른 양항비는 D2형이 가장 컸고 C2형, B2형, A2형 순으로 작았다. 네 모형 모두 전 유속에서 변화 없이 거의 일정한 값이 유지되었는데 그 값은 D2형은 약 2.57, C2형은 약 2.39, B2형은 약 1.81, A2형은 약 1.62 정도이었다.

영각 30°에서 유속에 따른 전개력계수 C_L 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A3형이 1.14로서 가장 컸고 B3형, C3형, D3형 순으로 작았으나 0.5m/s까지는 C3형, B3형, D3형 순이었고 이후 1.0m/s까지는 C3형, A3형, B3형, D3형 순이었다. 따라서 C_L 에 있어서 A3, B3, C3형 모두 값의 차이가 작기 때문에 그 우열을 가리기 어려웠다. 앞의 여러 모형과 마찬가지로 모두 유속 0.5m/s에서는 약간 크게, 0.6m/s에서는 약간 작게 나타났다.

한편, 유속에 따른 항력계수 C_D 의 변화를 보면 0.2m/s에서 A3형이 1.10으로서 가장 컸고 B3형, C3형, D3형 순으로 작았다. A3형은 유속

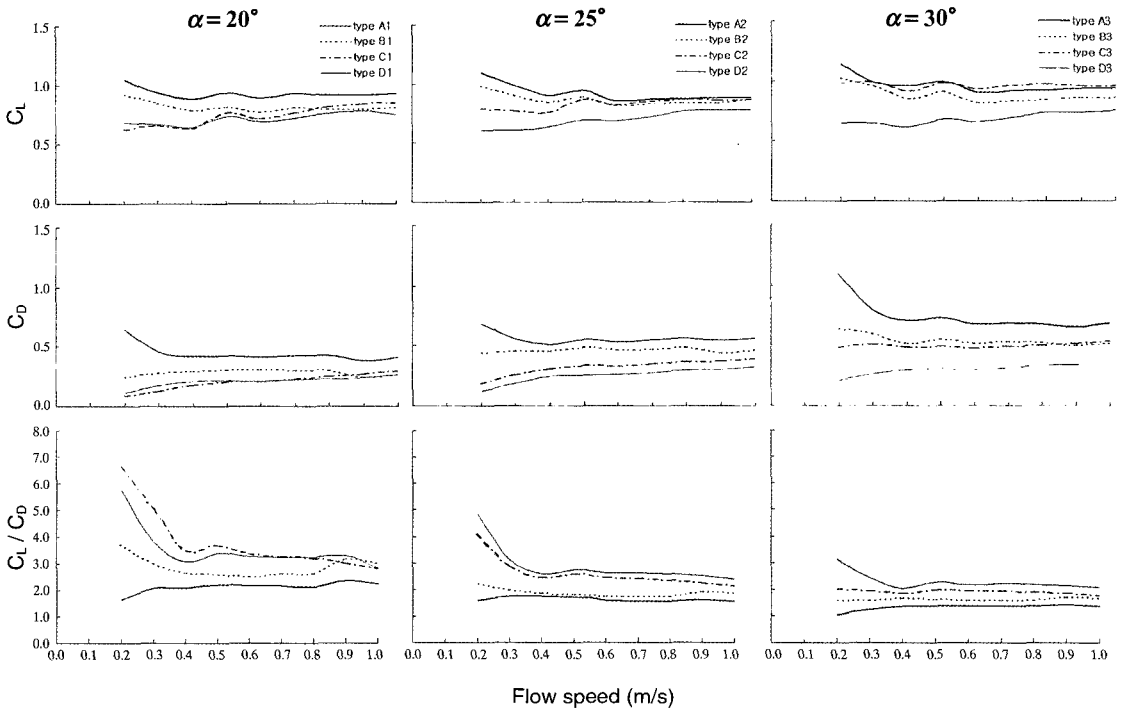


Fig. 5. The efficiency of the canvas kite as a function of flow speed.

0.4m/s부터 1.0m/s까지 0.68 정도의 비슷한 값이 나타났다. B3형과 C3형은 유속 0.4m/s부터 1.0m/s까지 0.5 정도의 거의 비슷한 값을 가지며 변화가 거의 없었다. D3형은 유속이 빠를수록 아주 조금 커지는 양상이었다.

유속의 변화에 따른 양항비는 D3형이 가장 컸고 C3형, B3형, A3형 순으로 작았다. 네 모형 모두 전 유속에서 변화 없이 거의 일정한 값이 유지되었는데 그 값은 D3형은 약 2.20, C3형은 약 1.92, B3형은 약 1.63, A3형은 약 1.31 정도이었다.

이러한 결과를 바탕으로 A1에서 D3까지 12가지 경우에 있어서 카이트를 예망 어구에 사용할 경우 가장 양호한 성능을 나타낼 것으로 예상되는 모형은 다음과 같이 선택할 수 있다. C_L 은 영각 20°일 때와 30°일 때가 거의 같다. 따라서 양항비를 고려하면 영각 20°일 때의 유형이 C_L/C_D 값이 크므로 카이트로서 성능이 더 양호하다고 할 수 있다. 또, 그 중에서도 값이 가장 큰 C1형이 가장 좋을 것이다. 특히, C1형은 카이트의 양옆 변이 어구에 직접 연결되어 있어 예망할 때 형상의 변화가 거의 없어 성능이 일정하게 유지될 뿐만 아니라 부착성능도 좋을 것으로 생각된다.

캠버스 카이트의 유속에 따른 형상 변화

각 유형별 모형의 유속에 따른 형상 변화는 Table 2에 나타난 바와 같이, 먼저 A1형은 유속 0.2m/s에서 캠버 a가 11.67mm, 0.6m/s에서 19.93mm, 1.0m/s에서 33.65mm로서 유속이 빠를수록 그 값이 3배정도 증가되었다. A1형에서 양 옆 변을 취부에 연결하지 않은 B1형도 12.39mm, 25.96mm, 34.72mm로서 비슷한 경향이 나타났으며, 캠버 d는 각각 7.76mm, 12.36mm, 16.20mm로 나타났다.

A3, B3형의 a의 변화는 유속 0.2m/s, 0.6m/s, 1.0m/s에서 각각 23.99mm, 26.79mm, 36.56mm와 26.35mm, 26.44mm, 37.23mm로서 A1, B1형에 비하여 0.2m/s에서는 약 두 배 정도이지만 0.6m/s 이상에서는 약간 큰 값을 가지는 정도였

Table 2. The camber shape of canvas by the flow speed

Model type	Camber, a(mm)			Camber, d(mm)		
	0.2 m/s	0.6 m/s	1.0 m/s	0.2 m/s	0.6 m/s	1.0 m/s
A1	11.67	19.93	33.65	-	-	-
B1	12.39	25.96	34.72	7.76	12.36	16.20
C1	47.29	65.93	76.36	-	-	-
D1	50.45	63.75	73.38	-	-	-
A2	18.22	25.53	34.87	-	-	-
B2	20.28	26.67	35.60	8.82	13.34	17.31
C2	84.47	86.49	88.32	-	-	-
D2	82.67	84.84	85.61	-	-	-
A3	23.99	26.79	36.56	-	-	-
B3	26.35	26.44	37.23	9.99	13.85	17.89
C3	97.61	98.53	99.89	-	-	-
D3	94.72	95.69	97.12	-	-	-

다. 카이트는 흐름에 의한 유체력을 받으면 늘어나게 되는데 신장범위 내에서 처음에는 작은 힘에도 쉽게 늘어나다가 결국에는 전혀 늘어나지 않을 것이다. 따라서 유속이 작아 유체력이 작을 때에는 영각 20°보다 30°가 만곡이 생기기 때문에 더 유리하기 때문에 A3, B3형이 느린 유속에서도 만곡이 많이 생기며 어느 정도 이상의 유체력을 받을 수 있는 유속에서는 비슷해지는 것으로 해석된다. B3형에서 d의 유속에 따른 값은 9.99mm, 13.85mm, 17.89mm로서 B1형보다 약간 컸다. 또, A2, B2형의 a 및 d의 변화는 대부분 20°와 30°일 때 값의 중간 값으로 나타났다. 또, 카이트 밀변이 이루는 만곡선이 포함된 평면이 흐름에 수직인 평면과 이루는 각 β 의 값은 A1, B1형 모두 유속 0.2m/s에서는 14°, 1.0m/s에서는 15°이고 A2, B2형은 각각 17°, 18°이었으며 A3, B3형에서는 20°, 21°로 나타나 흐름에 의하여 어느 정도 뒤쪽으로 밀리지만 유속이 빨라져 많은 유체력을 받아도 카이트의 안쪽 면에 수직인 방향으로 힘을 받기 때문에 유속이 증가되더라도 β 의 값은 그다지 증가되지 않는 것으로 판단된다.

C1형, C2형, C3형에 있어서 유속 0.2m/s, 0.6m/s, 1.0m/s에 따른 a의 변화는 각각 47.29mm, 65.93mm, 76.36mm와 84.47mm, 86.49mm, 88.32mm 및 97.61mm, 98.53mm, 99.89mm로서

조금씩 증가되는 경향을 보이며, 영각 20°인 C1형에서는 차이가 크나 30°인 C3형에서는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 영각이 크면 작은 유속에서도 카이트 면에 수직인 유체력을 많이 받을 수 있기 때문으로 판단된다. 즉, a의 값은 설계에서는 C1형의 경우 61.47mm, C2형의 경우 76.62mm, C3형인 경우 91.62mm인데, C1형의 경우 유속 0.2m/s에서 47.29mm로 나타났으며, 이것은 영각이 작고 유속도 작아 카이트가 카이트 면에 수직인 방향의 유체력을 제대로 받지 못하여 설계값보다 더 작은 값이 나온 것으로 생각된다. 또, 각 β의 값은 C1형은 유속 0.2m/s에서는 12°, 1.0m/s에서는 13°이었으며, C2형에서는 15°, 16°, C3형에서는 17°, 18°로 나타나 흐름에 의하여 어느 정도 뒤쪽으로 밀리지만 A, B형과 마찬가지로 유속이 증가되더라도 β의 값은 그다지 증가되지 않았다.

D1형, D2형, D3형에 있어서 a의 설계값은 60.54mm, 74.80mm, 88.50mm인데, 유속 0.2m/s, 0.6m/s, 1.0m/s에 따른 값의 변화는 각각 50.45mm, 63.75mm, 73.38mm와 82.67mm, 84.84mm, 85.61mm 및 94.72mm, 95.69mm, 97.12mm로서 C형의 결과와 유사한 경향을 보인다. 또, 각 β의 값은 D1형은 유속 0.2m/s에서는 22°, 1.0m/s에서는 23°이었으며, D2형에서는 26°, 27°, D3형에서는 31°, 32°로 나타나 흐름에 의하여 어느 정도 뒤쪽으로 밀리지만 A, B, C형과 마찬가지로 유속이 증가되더라도 β의 값은 그다지 증가되지 않았다.

고 찰

뜸과 캔버스 카이트의 양력과 항력 비교

본 연구에서 사용한 캔버스 카이트의 어구 적용 방법에 의하면 카이트를 실제로 어구에 적용할 때에는 예망 초기부터 카이트의 유체흐름에 대한 영각을 유지시키기 위하여 카이트의 전면에 부력체를 부착하여 앞쪽이 들리도록 하여야 한다. 위의 실험 결과를 토대로 실제로 조업현장

에서 사용되고 있는 현용 트롤 어구에 캔버스 카이트를 부력체로 사용하였을 때, 뜸만 사용하는 경우와 카이트와 뜸을 병행하여 사용하는 경우에 대하여 양력과 항력을 본 실험에 의해 도출된 각 모형별 양력계수와 항력계수를 이용, 계산에 의하여 비교 및 고찰하면 다음과 같다. 단, 본 고찰에서 사용한 양력 및 항력계수는 모형실험에서 얻어진 값이지만 실험유속을 실물어구의 예인속도를 감안하여 정하였기 때문에 실물에서도 상사한다고 판단한 것이다.

Fig. 6은 베링해 및 오호츠크해 연안, 수심 100-200m에서 운용되고 있는 3,300마력급 저층 트롤어구의 설계도이다. 그물의 뺨친 길이는 46.54m, 뜸줄 길이는 40.42m, 총 부력은 418.3kgf(직경이 0.24m이고 부력이 4.45kgf인 뜸 94개를 사용), 총 침강력은 527.78kgf이다. 이 중 천장망과 연결된 뜸줄의 길이는 5.2m이고 뜸 20개를 사용하고 있으며, 망목(網目) 0.4m인 로프망이 26코 걸려있다. 따라서 한 코의 길이는 0.2m, 가로 성형률은 50%, 세로 성형률은 86.6%이다.

중횡비가 2:1인 삼각형 카이트를 위 트롤망의 뜸줄과 천장망에 부착한다고 가정할 때, 카이트의 크기 및 부착방법은 Fig. 7에서와 같다. 그림에서 삼각형 카이트의 밑변은 0.8m이고 그물 4코에 연결되며 꼭지점은 그물코의 한 매듭에 연결된다. 나머지 연결부위는 그물코를 이루는 로프와 연결된다.

언급한 트롤 어구에 대하여 뜸줄 중앙부의 뜸을 캔버스 카이트로 대체하여 사용하는 경우 양력과 항력을 구하여 서로 비교해 보았다. 뜸의 부력을 L_f , 뜸의 항력을 D_f , 카이트의 양력을 L_k , 카이트의 항력을 D_k 라 하면 각각은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_f = B_f \times n_f \quad (1)$$

$$D_f = \frac{1}{2} C_{Df} \rho S V^2 \times n_f \quad (2)$$

$$L_k = \frac{1}{2} C_{Lk} \rho S V^2 \times n_k \quad (3)$$

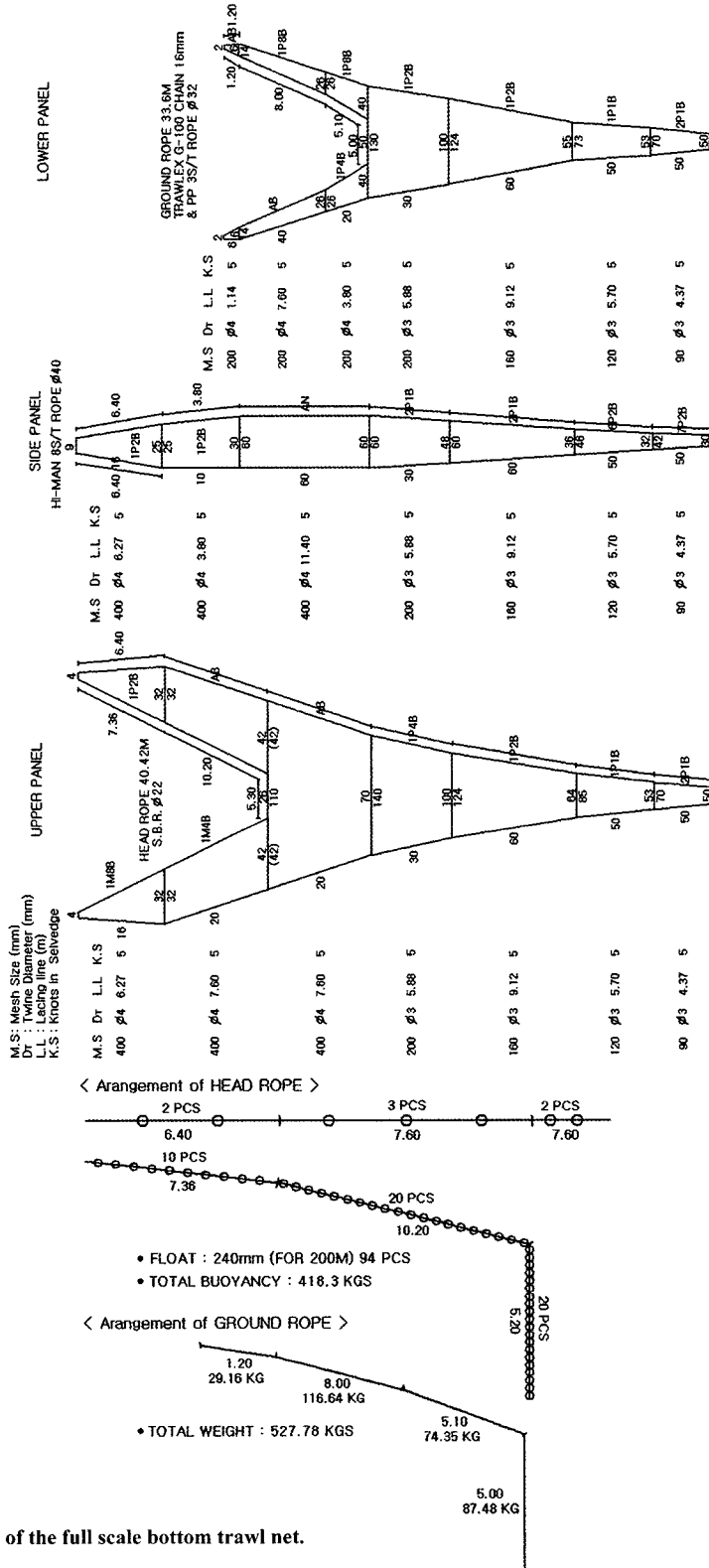


Fig. 6. The drawing of the full scale bottom trawl net.

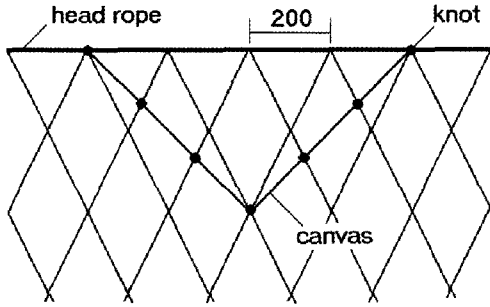


Fig. 7. The connective method of the canvas kite and the net(unit:mm).

$$D_k = \frac{1}{2} C_D \rho S V^2 \times n_k \quad (4)$$

여기서, B_f 는 뜬 한 개의 부력(kgf), n_f 는 뜬의 개수, n_k 는 카이트의 개수, C_D 는 항력계수, C_L 은 양력계수, ρ 는 해수밀도($105\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^3$), S 는 뜬 및 카이트의 최대 투영면적(m^2), V 는 유속(m/s)이다.

또, 뜬줄부의 총 양력 L_t 및 총 항력 D_t 는, 뜬만 사용하는 어구의 경우 L_f , D_f 와 같으며 캔버스 카이트와 뜬을 병행하여 사용할 경우는 다음과 같다.

$$L_t = L_f \times L_k \quad (5)$$

$$D_t = D_f \times D_k \quad (6)$$

유형 A1의 방법으로 카이트 3개를 어구에 부착할 경우에는 영각을 20° 에 맞추기 위하여 직경 0.28m(부력 6.9kgf)인 뜬 4개를 사용하여야 한다. 또, 유속은 실제 조업에서 어구가 1.7-2m/s로 예상되므로 그 중간 값인 1.85m/s를 사용하기로 하고 C_L 및 C_D 는 실험 유속 중 각 계수값의 크기가 비슷한 구간 중 가운데 유속인 0.6m/s에서 측정된 계수값을 사용하기로 한다. 따라서 위 계산식에 의하여 뜬줄부의 총 양력 L_t 및 총 항력 D_t 는 다음과 같이 계산된다.

$$L_t = B_f \times n_f + \frac{1}{2} C_L \rho S V^2 \times n_k \quad (5)'$$

$$= 6.9 \times 4 + \frac{1}{2} \times 0.89 \times 105 \times 0.16 \times 1.85^2 \times 3$$

$$= 104.43\text{kgf}$$

$$D_t = \frac{1}{2} C_D \rho S V^2 \times n_f + \frac{1}{2} C_D \rho S V^2 \times n_k \quad (6)'$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 105 \times 0.06 \times 1.85^2 \times 4$$

$$+ \frac{1}{2} \times 0.41 \times 105 \times 0.16 \times 1.85^2 \times 3$$

$$= 57.38\text{kgf}$$

또, 비슷한 방법으로 유형 C1형의 경우에는 카이트 5개를 뜬줄부에 부착하고 각 카이트의 가운데 위에 초기 부력재로서 직경 0.08m(부력 0.16kgf)인 뜬을 2개씩 부착하여 총 10개를 사용한다고 하면, 뜬줄부의 총 양력 L_t 및 총 항력 D_t 은 다음과 같이 계산된다.

$$L_t = 0.16 \times 10 + \frac{1}{2} \times 0.72 \times 105 \times 0.16 \times 1.85^2 \times 5$$

$$= 105.74\text{kgf}$$

$$D_t = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 105 \times 0.005 \times 1.85^2 \times 10$$

$$+ \frac{1}{2} \times 0.21 \times 105 \times 0.16 \times 1.85^2 \times 5$$

$$= 35.36\text{kgf}$$

이상과 같은 방법으로 카이트를 A1-3, B1-3, C1-3, D1-3형으로 어구에 부착하였을 때와 뜬만 사용하였을 때에 있어서 어구의 총 양력과 총 부력을 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 카이트를 사용하는 모든 유형에서 뜬만을 사용하는 경우보다 양력은 크고 항력은 작다는 것을 알 수 있다. 특히, 양력과 항력을 비교할 때 C1형이 가장 양호하였으며, A1, B1형도 영각 20° 를 맞추기 위해 기존의 뜬보다 조금 큰 뜬을 사용하였으나 뜬의 수를 많이 줄일 수 있으므로 실용성이 있다고 하겠다. A2, A3형과 B2, B3형은 영각 25° 와 30° 를 맞추기 위해서는 너무 큰 뜬을 사용해야 하므로 현실성이 없다고 판단되며 C3, D3형도 사용은 가능하지만 양항비가 작아서 효율적이지 못한 것으로 판단된다.

한편, 본 논문에서의 계산과는 달리 카이트의 수와 면적, 사용 뜬의 크기 및 수, 영각 등을 달리

Table 3. The comparative table for the efficiency of the canvas kite

Model case	Diameter of float (m)	Number of float	Projective area of kite (m ²)	Number of kite	Total lift force (kgf)	Total drag force (kgf)
float only	0.24	20	-	-	88.93	81.29
type A1	0.28	4	0.16	3	104.43	57.38
type B1	0.28	4	0.16	3	94.78	48.56
type C1	0.08	10	0.16	5	105.74	35.36
type D1	0.08	10	0.16	5	101.84	35.18
type A2	0.34	4	0.16	3	127.35	79.82
type B2	0.34	4	0.16	3	124.22	74.33
type C2	0.08	10	0.16	5	120.83	52.64
type D2	0.08	10	0.16	5	100.31	42.17
type A3	0.42	3	0.16	2	120.18	75.03
type B3	0.42	3	0.16	2	115.76	65.93
type C3	0.08	10	0.16	5	136.36	73.54
type D3	0.08	10	0.16	5	96.12	47.43

하여 다양한 설계를 할 수 있다. 분명한 것은 뜬만을 사용할 경우보다 카이트를 사용함으로써 양력은 더 크게 항력은 더 작게 할 수 있는 것은 분명하다. 따라서 캔버스 카이트를 어구의 부력재나 전개장치로써 사용하는 것은 그 적용방법과 안정성만 확보된다면 매우 유용한 방법이 될 것이다. 특히, 본 논문에서는 천장망에 있는 뜬만 대체하여 비교하였으나 천장망에 가까운 날개 쪽에 있는 뜬의 수도 줄이고 카이트의 수를 늘이는 것도 고려해 볼 수 있다.

결론

캔버스 카이트를 부력재로 사용할 경우, 가장 적합하다고 판단되는 형태의 카이트를 실제로 어구에 부착하는 방법을 고안하고 그 때와 같은 모양으로 취부장치에 부착하여 양력과 항력 특성 및 형상변화를 측정하였다. 영각 20°에서 유속에 따른 전개력계수 C_L 의 값은 A1형이 가장 컸고 B1, C1, D1형 순으로 작았으며, 모두 유속 0.5m/s에서는 약간 크게, 0.6m/s에서는 약간 작게 나타났다. A1, B1, C1, D1형 모두 유속의 변화에 따른 항력계수는 거의 일정하였다. 유속의 변화에 따른 양항비는 C1형이 가장 컸고 D1형, B1형, A1형 순으로 작았다. 영각 30°에서 유속에 따른 전개력계수 C_L 의 값은 A3형, B3형, C3형이 유속에 따라 그 우열의 순서가 달랐다. 마찬가지로

로 모두 유속 0.5m/s에서는 약간 크게, 0.6m/s에서는 약간 작게 나타났다. 유속의 변화에 따른 양항비는 D3형이 가장 컸고 C3, B3, A3형 순으로 작았다. 이상의 결과에서 양항비가 크고 안정성이 양호할 것으로 예상되는 C1형이 카이트로서 가장 적합한 형태라고 판단되었다. 카이트의 형상변화에 있어서 A1, B1형을 영각 30°로 하였을 때 유형인 A3, B3형의 α 의 변화는 A1, B1형에 비하여 0.2m/s에서는 약 두 배 정도이지만 0.6m/s 이상에서는 약간 큰 값을 가지는 정도였다. C형, D형에 있어서 유속의 증가에 따른 α 의 값은 조금씩 증가하였고, 영각 20°인 C1, D1형에서는 차이가 많이 있는 편이나 25°, 30°인 C3, D3형에서는 거의 차이가 없었다. 카이트가 뒤로 밀리는 정도를 나타내는 각 β 의 값은 흐름에 의하여 어느 정도 뒤쪽으로 밀리지만 유속이 빨라져도 그다지 증가되지 않는 것으로 나타났다. 카이트를 사용하는 모든 유형에서 뜬만을 사용하는 경우보다 양력은 크고 항력은 작았다. 특히, 양력과 항력을 비교할 때 C1형이 가장 양호하였다. A1형과 B1형도 영각 20°를 맞추기 위해 기존의 뜬보다 조금 큰 뜬을 사용하였으나 뜬의 수를 많이 줄일 수 있으므로 실용성이 있을 것으로 판단되었다. 캔버스 카이트를 어구의 부력재나 전개장치로써 사용하는 것은 그 적용방법과 안정성만 확보된다면 매우 유용한 방법이 될 것이다.

사 사

이 연구는 국립수산물품질관리원(범포를 이용한 트롤어구 개발 연구, RP-2006-FE-007)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Bae, B.S., J.H. Bae, H.C. An, J.H. Lee and J.W. Shin, 2004a. The hydrodynamic characteristics of the canvas kite. 1. The characteristics of the rectangular, trapezoid canvas kite. *Bull. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 40(3), 196-205.
- Bae, B.S., J.H. Bae, H.C. An, J.H. Lee and J.W. Shin, 2004b. The hydrodynamic characteristics of the canvas kite. 2. The characteristics of the triangular canvas kite. *Bull. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 40(3), 206-213.
- Bae, B.S., H.C. An, J.H. Bae, C.D. Park and I.O. Kim, 2006a. The characteristics of the flow field around canvas kite using the PIV. *J. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 42(2), 86-96.
- Bae, B.S., J.H. Bae, H.C. An, S.W. Park, C.D. Park and E.C. Jeong, 2006b. The characteristics of the flow field around canvas kite using the CFD. *J. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 42(3), 169-178.
- Kwon, B.G., 1995. Model test on the high performance of the midwater pair trawl net. *Bull. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 31(4), 340-349.
- Park, S.H., 2003. A model experiment of the kite performance for a trawl net. M.Sc. thesis, Pukyong national university, Korea, 11-18.
- Takashi, Y., Y. Fujimori, S. Shimizu, K. Nashimoto and T. Miura, 1996. A midwater trawl net mouth opening canvas devices for stock assessments. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62(2), 254-261.
- Yoo, J.B., J.H. Lee, C.W. Lee, B.G. Kwon and J.M. Kim, 2003. Development for fishing gear and method of the non-float midwater pair trawl net(Ⅲ), - Opening efficiency of the model net attaching the kite -. *Bull. Kor. Fish. Tech. Soc.*, 39(3), 197-210.

2006년 10월 16일 접수

2006년 11월 6일 수리