

展開板에 대한 數値解析*

— 3. 슬롯에 따른 單純彎曲型展開板의 性能分析 —

高冠瑞 · 權炳國 · 李寬熙 · 盧基德**

釜山水產大學校, **統營水產專門大學

(1991년 10월 1일 접수)

Computational Fluid Analysis for the Otter Boards*

— 3. Efficiency Analysis of the Single Cambered Otter Boards for the various Slot Position —

Kwan-Soh KO, Byeong-Guk KWON, Gwan-Heui LEE and Ki-Deok RO**

National Fisheries University of Pusan, National Tongyeong Fisheries Junior College

(Received October 1, 1991)

The authors propose to use the slot system in order to improve of the efficiency for the cambered otter boards.

The experiment is divided into 2 parts, one is the efficiency model test, and the other is the visualization model test.

The hydrodynamic characteristics of the model otter boards were tested by efficiency model test to measure the shearing, drag force of the models and visualization test using hydrogen bubble method to observe the streak-line and time-line of flow around the models, and milk spout method to observe the separation zone in the wake behind the models.

This study tested for 5 models such as without slot, slot position 0.2C, 0.4C, 0.6C and 0.8C.

The results obtained are as follows:

- ① The maximum C_L of model otter board with slot position 0.6C in attack angle 27° was the highest of all models, it's value was 1.59.
- ② In general, the L/D ratio of the one slot otter boards were 16~28% higher than otter board without slot.
- ③ The slot position 0.6C was better than any other slot position, and it's conformed by visualization.
- ④ As to the model otter board with slot position 0.6C, flow speed of the back side was faster 1.3 to 1.7 times than in the front side.
- ⑤ The size of the separated zone in case of the model otter board with 0.6C was smaller than that of any other models.

I. 緒 論

第1報에서는 展開板 주위에서의 유체흐름(高 등, 1990)에 대하여, 第2報에서는 展開板의 型狀別 性能

分析(高 등, 1991)에 대하여 각각 발표하였다. 그 결과 展開板의 性能은 彎曲型이 平板型이나 圓型에 비하여 우수하고, 展開板의 後面에 발생되는 剝離에 의하여 영향을 받는다는 사실을 알았다.

* 이 논문은 1991년도 한국과학재단의 기초연구비에 의하여 연구되었음.

翼理論 및 境界層理論에 의하면 (Hoerner, 1965; Hoerner et al., 1975; 翼友情, 1982; 李奉俊, 1990; Robert, 1990), 展開板 後面에 발생하는 境界層을 흡입하거나 제거해줌으로써 剝離點을 뒷쪽으로 이동시키면 새로운 境界層이 형성이 되나 그 에너지는 보통 境界層보다 증가하고 剝離를 지연시키며, 또한 表面摩擦抗力이 작아져서 抵抗이 감소되고 失速角과 展開力係數를 증가시킬 수가 있다고 알려져 있다. 그리고 이러한 境界層을 흡입하거나 제거하는 방법으로는 逆流域을 흡입하는 슬롯(slot)과 逆流域을 제거하는 와발생기(vortex generators), 슬롯프랩(slotted flap)등을 들 수 있다.

本報에서는 彎曲型展開板의 性能을 향상시키기 위한 방안으로 이들 방법중에서 슬롯을 模型彎曲型展開板에 적용한 경우에 대하여 性能實驗과 可視化實驗을 통하여 展開板의 性能 및 流體力學의 性能을 규명한 결과를 보고한다.

II. 材料 및 方法

본 연구에서는 模型展開板의 性能을 조사하기 위한 性能實驗과 流體力學의 性能을 규명하기 위한 可視化實驗으로 나누어 실시하였다. 可視化方法은 展開板 주위에서의 유체흐름의 관측은 水素氣泡法으로, 展開板 後流에서의 剝離域의 크기 측정은 乳液噴射法으로 하였다.

실험에 사용한 實驗水槽, 性能實驗用 力學의 特性測定裝置 및 水素氣泡發生裝置는 前報에서와 같은 것을 사용하였으며, 乳液噴射裝置는 Fig. 1에서와 같이 模型展開板의 상류측 수면상부 80cm 위치에 實驗用 비이커를 고정하고, 이 비이커의 하부에 연결된 내경 3mm인 가는 고무관의 끝단에 주사기를 부착한 것으로, 주사기를 模型展開板의 상류측에 위치시키고 고무관을 열면 비이커에 들어있는 流液이 위치차 및 유체의 흐름으로 인하여 생기는 壓力差로 인하여 자동적으로 噴射되도록 하였다.

模型展開板은 1600PS 트롤선에서 현재 사용되고 있는 규격 1950W×3250Hmm, 彎曲度 12°인 單純彎曲型 展開板을 相似比 1/13로 축소하여 Fig. 2에서와 같이 150W×250Hmm의 크기로 제작한 기준형 (without slot)과 기준형에 슬롯을 크기 7mm 되도록 하여 翼弦長(C)의 0.2C, 0.4C, 0.6C 및 0.8C

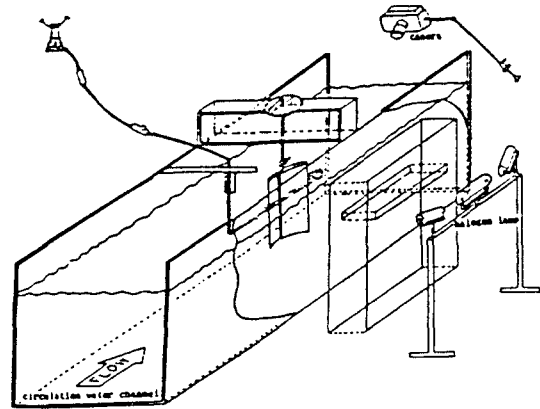


Fig. 1. The arrangement of the experimental device for visualization by the milk spout method.

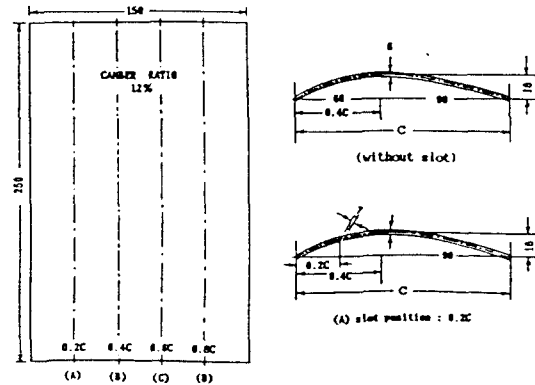


Fig. 2. Structure of the otter boards used efficiency and the visualization model test for the slot position of the cambered otter board.

인 곳에 각각 위치시킨 총 5개의 模型을 두께 6mm 인 아크릴로 제작하였다.

性能實驗 및 水素氣泡法으로 실시한 可視化實驗에서 얻어진 자료의 분석은 前報와 같은 방법으로 하였다.

그리고, 乳液噴射法은 亂流의 성질을 이용한 것으로, 性能實驗에 사용된 여러가지 模型展開板의 後面에서 발생하는 剝離域의 크기를 규명하고자 유속 0.15m/sec에서 15°에서 30°까지 5°간격으로 변화시키면서, 白色의 乳液을 展開板의 前緣으로부터 10cm 앞쪽에서 噴射시키면 이 乳液은 展開板의 前·後面을 따라 흐르다가 後面의 剝離域에서는 분산되어 剝離域 전체에 퍼지게 된다. 이때 이것을 撮影하여 얻어진 寫眞에서 展開板의 後緣 끝단에서 흐름과 수

직방향으로 剝離域의 幅을 측정하였다.

III. 結果 및 考察

1. 性能分析

슬롯(slot)에 대한 展開板의 성능변화를 규명하고 자 單純彎曲型展開板과 기준형에 슬롯(크기 7mm)을 翼弦長(C)의 0.2C, 0.4C, 0.6C 및 0.8C인 곳에 위치시킨 5종의 展開板에 대하여 性能實驗을 실시한 결과를 展開力係數는 Fig. 3에, 抗力係數는 Fig. 4에, 揚抗比는 Fig. 5에 각각 나타내었다.

Fig. 3에서 슬롯의 위치가 前緣쪽으로 갈수록 展開力係數曲線은 기준형에 비하여 앞쪽으로, 後緣쪽으로 갈수록 뒤쪽으로 평행이동하는 양상을 보이며, 영각 27°에서 最大展開力係數는 0.6C가 약 1.59로 가장 높았으며, 0.4C, 기준형, 0.2C 그리고 0.8C 순으로 나타났다. Fig. 4에서 抗力係數는 기준형, 0.2C, 0.4C, 0.6C 그리고 0.8C 순으로, 모든 迎角에서 기준형보다 모두 작게 나타났고, Fig. 5에서 揚抗比는 영각 25°까지는 0.6C, 0.4C, 0.8C, 0.2C 그리고 기준형의 순으로 기준형보다 모두 높게 나타났다.

슬롯의 위치별 性能實驗의 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 보면 最大展開力係數는 0.2C와 0.4C에서 기준형보다 작은 迎角에서 나타났으며, 이때 最大展開力係數는 각각 1.50과 1.51로 기준형과 비슷하나, 抗力係數가 작아지므로 인해서 揚抗比가 기준형보다는 약 0.7과 0.5정도 증가하였고, 0.6C와 0.8C는 最大展開力係數가 기준형과 같은 영각 27°에서 나타났으며, 이때 最大展開力係數는 0.6C에서 1.59로 기준형보다 약 0.1정도 높았으며, 그 때의 抗力係數는 0.50 揚抗比는 3.19를 나타내어 기준형보다 약 0.55 증가하였고, 0.8C인 경우는 最大展開力係數와 抗力係數는 기준형보다 작게 나타났으나, 揚抗比는 약 0.7정도 증가하였다.

영각 19.8°에서 보면 展開力係數는 0.2C에서 1.47로 가장 높고 0.4C, 기준형, 0.6C, 0.8C 순으로 나타났고, 抗力係數는 슬롯이 展開板의 後緣쪽으로 갈수록 감소하였기 때문에 기준형보다 작게 나타났고, 揚抗比는 0.6C인 경우 4.53으로 기준형보다 약 1.3정도 증가하였고 0.8C, 0.4C, 0.2C 그리고 기준형

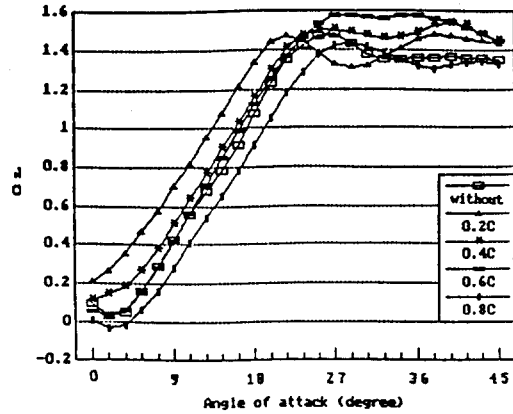


Fig. 3. Coefficient of shearing force (C_L) in accordance with angle of attack for various slot position.

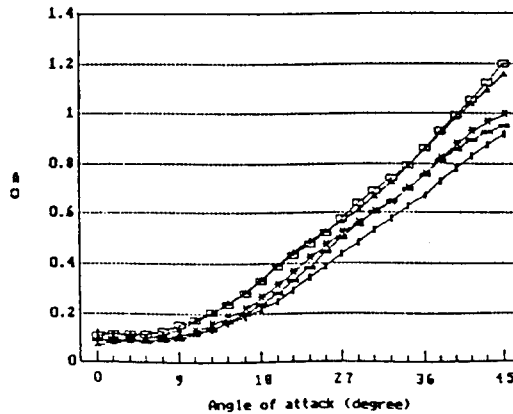


Fig. 4. Coefficient of drag force (C_D) in accordance with angle of attack for various slot position.

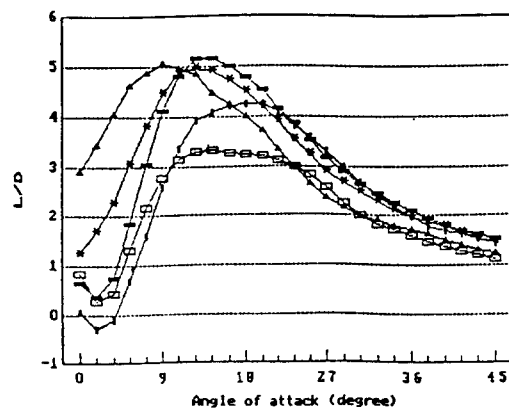


Fig. 5. Shearing force/drag force (L/D) in accordance with angle of attack for various slot position.

Table 1. Efficiency characteristics of the single cambered otter board for various slot position at maximum C_L and at the angle of attack (α) 19.8°

slot position	Max. C_L				$\alpha = 19.8^\circ$		
	$\alpha(^{\circ})$	C_L	C_D	L/D	C_L	C_D	L/D
without slot	27.0	1.50	0.57	2.64	1.27	0.39	3.22
0.2C	21.6	1.50	0.45	3.36	1.47	0.39	3.72
0.4C	25.2	1.51	0.58	3.13	1.30	0.31	4.20
0.6C	27.0	1.59	0.50	3.19	1.25	0.28	4.53
0.8C	27.0	1.45	0.43	3.32	1.07	0.24	4.40

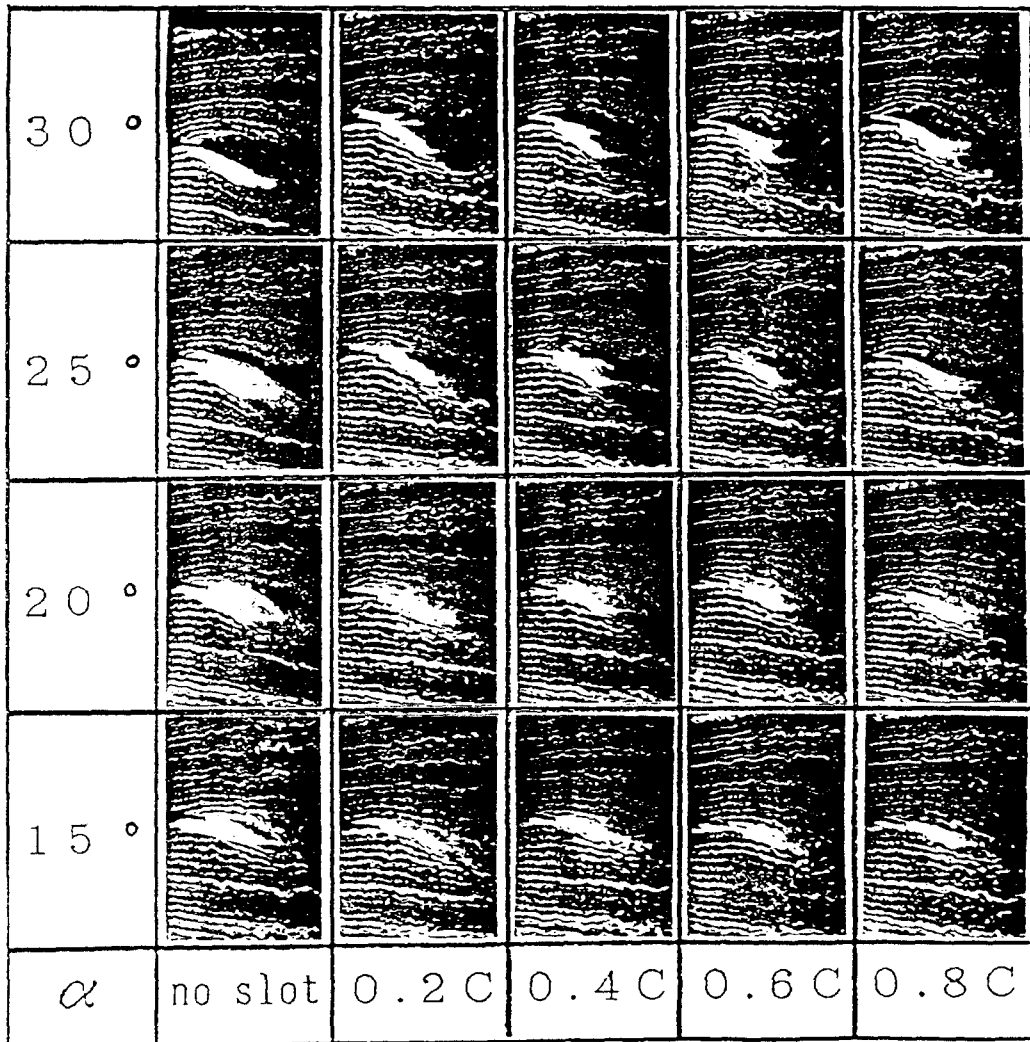


Fig. 6. Photographs of the visualization for the streak-line around the single cambered model otter boards for various slot position at $\alpha = 15, 20, 25$ and 30° .

의 순으로 나타났다. 따라서 슬롯의 위치는 0.6C가 가장 좋은 것으로 판단되며, 이것은 實理論에서 슬롯의 위치가 翼弦長의 0.6~0.7C에 위치할때 성능이 가장 우수하다는 결과와 동일하다.

2. 可視化分析

(1) 水素氣泡法에 의한 可視化

① 流脈線實驗

슬롯위치에 따른 彎曲型展開板주위에서의 유체흐름의 패턴을 규명하기 위하여 유속 0.1m/sec에서 영각

을 15°부터 30°까지 5°간격으로 변화시키면서 流脈線 觀測實驗을 실시한 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 6에서 보면 展開板의 前面에서의 흐름은 迎角의 영향을 거의 받지 않고 後緣으로 갈수록 流脈線이 누적되어 弦을 따라 흐르는데 반하여 後面에서의 흐름은 영각 15°~20°에서 0.2C, 0.4C, 0.6C 및 0.8C 모두 展開板의 後面을 따라 흐르나, 기준형의 경우에는 영각 20°에서 翼弦長의 2/3지점에서 剝離가 발생하기 시작하였다. 그리고 영각 25°에서 기준형, 0.2C, 0.4C 및 0.6C는 翼弦長의 1/2지점에서 剝離가

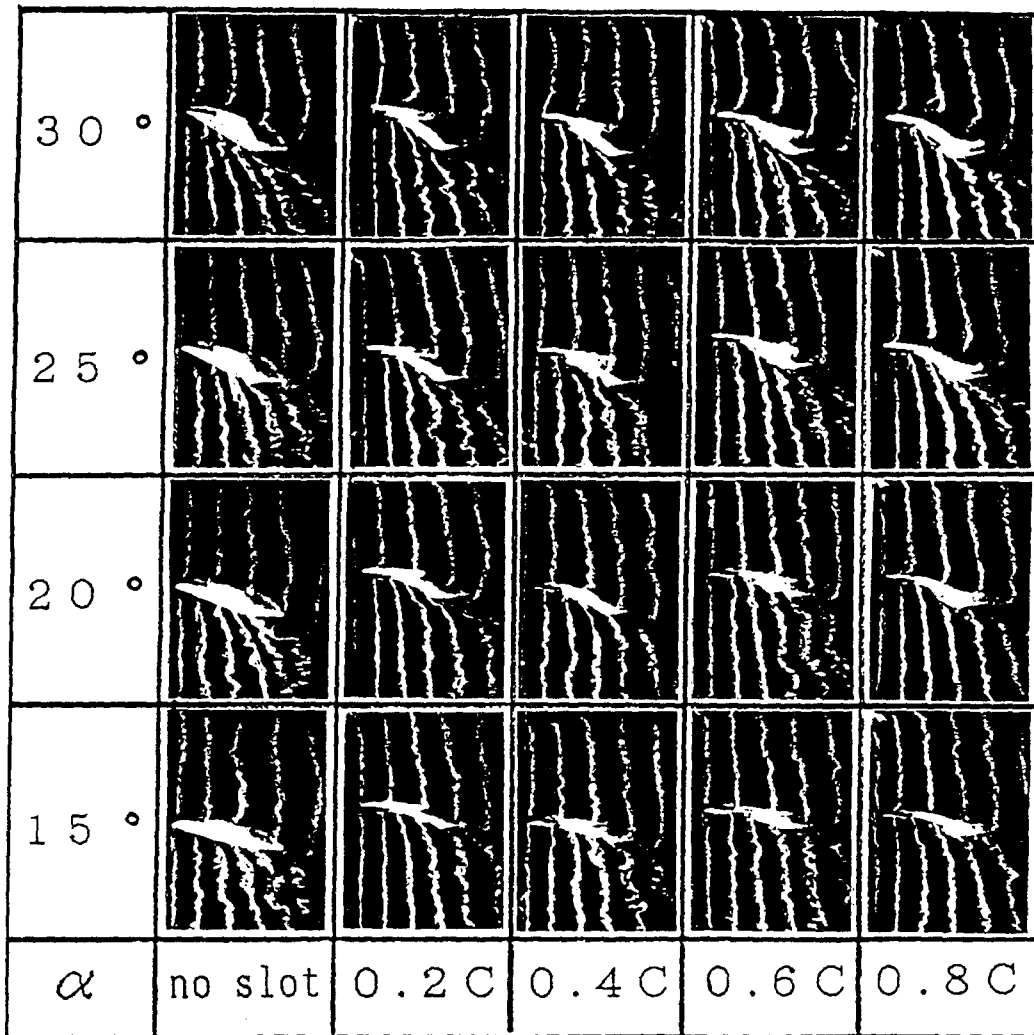


Fig. 7. Photographs of the visualization for the time-line around the single cambered model otter boards for various slot position at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .

발생하였으나 0.8C의 경우는 翼弦長의 前線에서 剝離가 발생하였고, 영각 30°에서는 모든 展開板이 前線에서 剝離가 발생하기 시작하여 展開板의 後面에 따라서 휘어들어가면서 흐르는 것으로 나타났다.

流脈線實驗에서 얻은 결과를 보면 0.2C, 0.4C 및 0.6C의 剝離發生地點이 기준형 및 0.8C보다는 다소 後面에서 발생하였는데, 이것은 流體力學的으로 슬롯을 준 展開板이 기준형에 비하여 展開力이 증가하고, 抵抗이 감소하는 근거가 되며, 性能實驗의 결과와 일치한다. 또한 性能實驗의 결과와 비교해볼 때 展開板 後面에서 剝離가 발생하기 직전의 迎角에서 展開力係

數가 最大가 되고, 臨界迎角 直후의 先速角에서 剝離의 발생이 급격하게 확대된 것을 알 수 있다.

② 타임라인實驗

슬롯위치에 따른 彎曲型展開板과 기준형展開板주위에서의 流速分布의 패턴을 규명하기 위하여 유속 0.1 m/sec에서 迎角을 15°부터 30°까지 5°간격으로 변화시키면서 실시한 타임라인觀測實驗을 실시한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 7에서는 展開板의 前面과 後面에 인접한 유체 흐름의 流速差는 영각 15°~25°에서는 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 前·後面의 流速差를 각 迎角 및

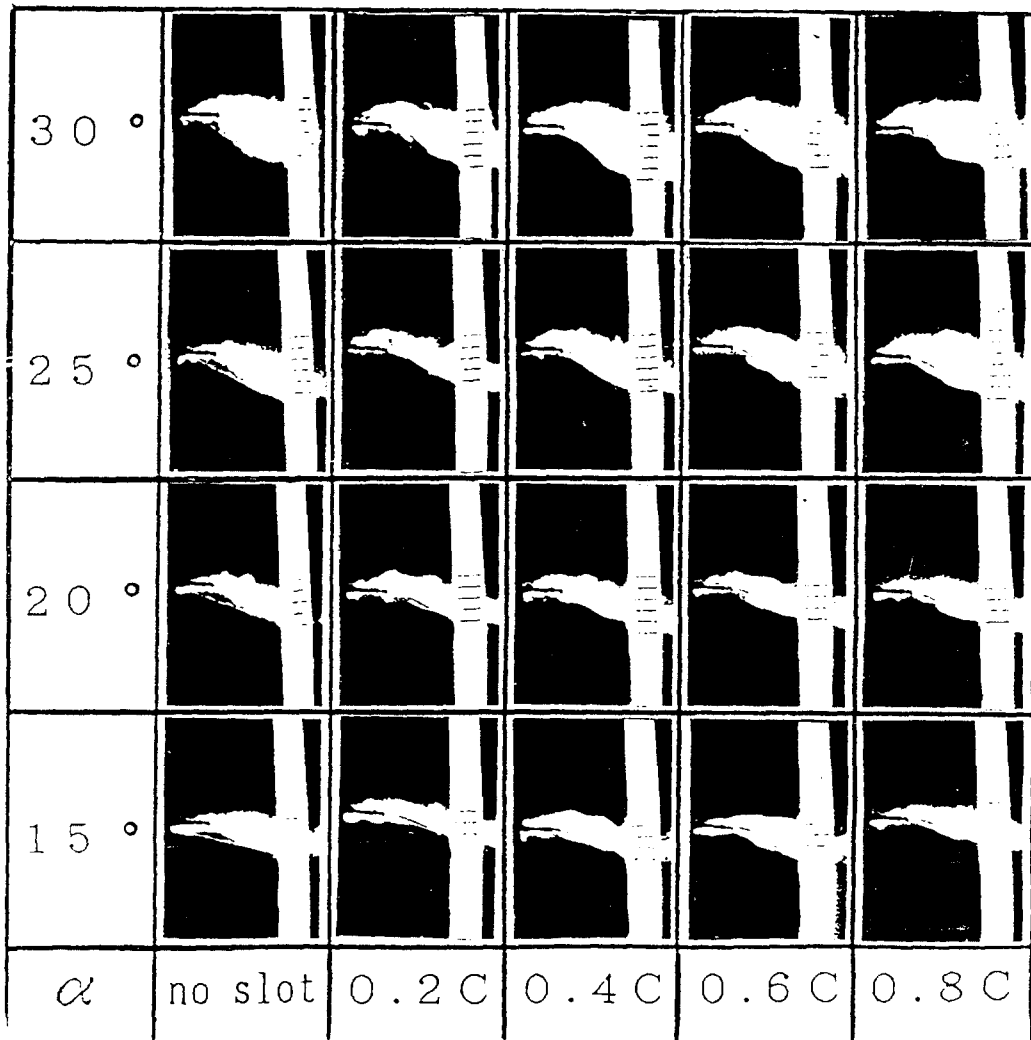


Fig. 8. Photographs of the visualization for the size of the separation zone in case of the single cambered model otter boards for various slot position at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .

Table 2. Width of separation zone at the rear end of the otter board by the visualization model test for various slot position at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° . (unit: mm)

α	without slot	0.2C	0.4C	0.6C	0.8C
15°	50	36	38	38	38
20°	57	45	47	39	39
25°	77	65	57	56	59
30°	101	86	89	76	94

α : angle of attack

展開板의 종류에 대하여 살펴보면 영각 15°에서는 後面의流速이 前面보다 기준형, 0.2C, 0.4C 및 0.6C는 약 1.3배, 0.8C는 약 1.2배 빠르게, 영각 20°에서는 0.2C와 0.6C에서 약 1.4배, 기준형과 0.4C에서 약 1.3배, 0.8C는 1.2배 빠르게, 영각 25°에서는 0.6C에서 약 1.6배로 매우 빠르게, 기준형, 0.2C, 0.4C 및 0.8C는 1.4~1.5배 빠르게, 영각 30°에서는 0.6C에서 1.5배, 0.8C에서 1.4배, 기준형, 0.2C 및 0.4C는 1.1~1.3배로 빠르게 나타났다.

각 迎角別로 前·後面의流速差가 최대를 보이는 슬롯의 위치는 영각 15°에서 0.2C, 영각 20°에서 0.2C, 0.4C 및 0.6C, 영각 25°~30°에서 0.6C로 나타났는데, 이것은 性能實驗의 Fig. 3에서 展開力係數가 영각 15°에서는 0.2C가 가장 높게, 20°에서는 기준형, 0.2C, 0.4C, 0.6C가 비슷하게, 25°~30°에서는 0.6C가 가장 높게 나타난 것과 일치한다.

(2) 乳液噴射法에 의한 可視化

슬롯의 위치에 따른 展開板과 기준형 展開板의 後流에서 剝離域의 크기를 규명하기 위하여 유속 0.15 m/sec에서 迎角을 15°~30°까지 5°마다 변화시키면서 乳液噴射法에 의한 可視化實驗을 실시한 결과를 Fig. 8 에 나타내었다.

그리고 展開板 後面에서의 剝離域과 크기를 측정하는 방법으로 展開板의 종류별, 영각별 展開板의 後緣 끝단에서 흐름과 수직인 방향으로 剝離域의 幅(mm)을 조사하여 나타낸 것은 Table 2와 같다.

剝離域의 크기는 渦의 영향으로 수시로 변화하지만 그 변화 정도가 5mm 이내이므로 이것을 감안하여 분석하면, 영각 15°에서 0.2C, 0.4C, 0.6C, 0.8C는 비슷하게 40mm이고, 기준형은 50mm로 슬롯이 있는 展開板보다 넓게 나타났으며, 영각 20°에서는 0.6C, 0.8C는 40mm로 가장 작게, 0.2C와 0.4C는 50mm, 기준형이 60mm로 가장 넓게 나타났고, 영각 25°에서는 0.4C, 0.6C, 0.8C는 60mm, 0.2C는 70mm, 기준형은 80mm로 나타났다. 그리고 臨界迎角

직후인 영각 30°에서는 0.6C는 80mm, 기준형, 0.2C, 0.4C 및 0.8C에서는 90~100mm로 剝離域의 幅이 크게 증가하는 것으로 나타났다.

그런데 剝離域의 幅이 크다는 것은 剝離域이 크다는 것이 되며, 剝離域은 逆流 및 亂流地域이고, 剝離點에서 渦가 계속적으로 발생한다고 볼때, 剝離域이 작을수록 展開板의 展開力은 크고, 抵抗이 작으며, 또한 안정성이 좋다고 볼 수 있다. 이러한 관점에서 剝離域이 가장 작게 나타난 0.6C가 가장 우수하다고 판단되며, 이것은 性能實驗에서의 결과와 일치한다.

IV. 要 約

현재 사용되고 있는 展開板의 성능을 보다 향상시키기 위한 방안으로 비행기의 翼理論에 기초를 두고, 展開板의 境界層을 흡입하거나 제거하는 방법 중에서 逆流域을 흡입하는 슬롯(slot)을 展開板에 적용하였다.

性能分析을 위해서 單純彎曲型 展開板에 슬롯이 없는 기준형과 슬롯의 위치에 따른 5종의 模型 展開板에 대하여 性能實驗과 可視化實驗을 통하여 그 성능과 유체역학적 특성을 비교해 보았다.

실험결과를 요약하면 다음과 같다.

① 最大展開力係數는 0.6C, 0.4C, 기준형, 0.8C, 0.2C의 순으로, 슬롯의 위치 0.6C인 展開板이 영각 27°에서 1.59로 가장 우수하였다.

② 抗力係數는 슬롯의 위치가 後緣으로 갈수록 감소하며, 슬롯을 준 경우가 기준형보다 작게 나타났다.

③ 揚抗比는 0.6C, 0.4C, 0.8C, 0.2C, 기준형의 순으로 모두 기준형보다 높게 나타났다.

④ 0.2C, 0.4C 및 0.6C의 展開板이 기준형과 0.8C의 展開板보다 剝離가 後緣에서 발생하였다.

⑤ 展開板의 前·後面에서 流速差는 영각 15°~25°까지는 점차 증가하고, 30°에서는 감소하는 것으로

나타났다.

⑥ 剝離域의 크기는 0.6C의 展開板에서 가장 적게 나타났다.

參考文獻

- 1) Hoerner, S.F. (1965): FLUID - DYNAMIC DRAG, 10-1~10-16. Hoerner Fluid Dynamics, Brick Town, N.J. 08723.
- 2) Hoerner, S.F. and H.V. Borst (1975): FLUID-DYNAMIC LIFT, 2-1~4-26. Hoerner Fluid Dynamics, Brick Town, N.J. 08723.
- 3) 巽友情(1982): 流體力學. 培風館, 164-175, 257-267.
- 4) 李奉俊(1990): 航空力學. 韓國航空大學 出版部, 45-73, 185-194.
- 5) Robert T. Jones (1990): WING THEORY, Princeton University Press, Oxford, 41-52.
- 6) 高冠瑞·權炳國·盧基德(1990): 展開板에 대한 數值解析 - 1. - 展開板 주위에서 유체흐름의 패턴 -. 漁業技術 26(4), 333-340.
- 7) 朴環鉉(1991): 縱型單板彎曲型展開板의 性能分析. 釜山水產大學校 產業大學院 碩士學位求論文.
- 8) 高冠瑞·權炳國·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), 163-169.