

展開板에 대한 數值解析*

— 4. 渦發生器에 따른 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*

— 4. Efficiency Analysis of the Cambered Otter Boards for the Vortex Generators —

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 vortex generators in order to improve of the efficiency for the cambered otter boards.

The equipments and testing method of this model test was the same as the previous report.

This study was tested for 6 models such as the single cambered, the V-shaped cambered and the slotted cambered otter board without and with vortex generators.

The results obtained are as follows:

- ① C_L of the single cambered model otter board with vortex generators was increased about 10% in comparison with that of model without vortex generators, C_D decreased 2%, and L/D increased 5~20%.
- ② L/D of the V-shaped cambered model otter board with vortex generators was increased 10~20% in comparison with that of model without vortex generators.
- ③ C_L of the two slotted cambered model otter board with vortex generators was increased about 20% within an angle of attack 25° in comparison with that of without vortex generators, C_D increased 5~20%, and L/D was higher than prototype within an angle of attack 20° .
- ④ The separation point of the model otter boards with vortex generators was removed backward a little in comparison with that of the model without vortex generators.
- ⑤ Flow speed difference of the back side to the front side of model otter boards with vortex generators was increased a little in comparison with that of the models without vortex generators.
- ⑥ The size of separation zone in case of the model otter boards with vortex generators was decreased about 10% in comparison with that of the models without vortex generators.

I. 緒 論

第3報(高等, 1991)에서 展開板의 性能을 향상시키

는 방안으로 展開板 後面에서 발생되는 境界層중 逆流域을 흡입하거나 제거하는 슬롯(slot), 渦發生器(vortex generators), 프랩(flap)등의 사용을 제안

* 이 논문은 1991년도 한국과학재단의 기초연구비에 의하여 연구되었음.

하고, 슬롯에 따른 單純彎曲型展開板의 性能分析 結果를 발표하였다.

本報에서는 展開板의 性能을 향상시키는 방안으로 현재 일반적으로 사용되고 있는 單純彎曲型 및 V-彎曲型과 두개의 슬롯을 준 슬롯彎曲型 展開板에 渦發生器를 적용한 경우에 대해서 性能實驗과 可視化實驗을 통하여 展開板의 性能 및 流體力學의 特性을 규명한 結果를 보고한다.

II. 材料 및 方法

模型實驗에 사용한 回流水槽 및 實驗裝置와 연어진 자료의 분석은 前報에서와 동일 장치 및 방법으로 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.1에서와 같이 150W×250Hmm의 크기로 제작한 模型과 이것과 投影面積이 같도록 제작한 V-彎曲型 및 두개의 슬롯을 준 슬롯彎曲型의 模型을 기준형으로 하고, 이들 기준형의 翼弦長 0.5C되는 後面에 寬面이 20mm, 두께 2mm인 삼각판으로 된 와발생기를 지그재그로 부착하여 총 6개의 模型을 두께 6mm인 아크릴로 제작하였다.

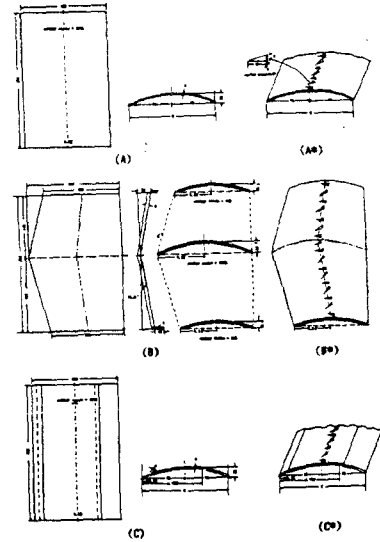


Fig. 1. Structure of the various otter boards used the efficiency and the visualization model test for vortex generators.

- (A) single cambered otter board
- (A*) single cambered otter board with vortex generators
- (B) V-shaped cambered otter board
- (B*) V-shaped cambered otter board with vortex generators
- (C) slotted cambered otter board with two slots
- (C*) slotted cambered otter board with two slots and with vortex generators.

Table 1. Specification of the various otter boards used the efficiency and the visualization model test for the vortex generators

Code	Shape	Projected Dimension (mm)	Area (m ²)	Condition
A	single cambered	150L×250H	0.0375	A.R* : 1.67, C, R* : 12%
A*	single cambered	150L×250H	0.0375	A.R:1.67, C.R:12%
B	V-shaped cambered	(132-164-128)L×255H	0.0375	A.R:1.67, C.R:13%
B*	V-shaped cambered	(132-164-128)L×255H	0.0375	A.R:1.67, C.R:13%
C	slotted cambered, with two slots	150L×250H	0.0375	A.R:1.67, C.R:12%
C*	slotted cambered, with two slots	150L×250H	0.0375	S.S* : 6×250mm
				S, P* : 0.1C, 0.75C
				A.R:1.67, C.R:12%
				S.S:6×250mm
				S.P:0.1, 0.75C

A,B,C: otter boards without vortex generators A*, B*, C* : otter boards with vortex generators
A.R* : aspect ratio C.R* : camber ratio S.S* : slot size S, P* : slot position

III. 結果 및 考察

1. 性能分析

單純彎曲型, V-彎曲型 그리고 슬롯彎曲型展開板과 이들 展開板의 0.5C되는 後面에 와발생기를 부착한 模型에 대하여 性能實驗을 실시한 結果를 單純彎曲型은 Fig.2에, V-彎曲型은 Fig.3에, 슬롯彎曲型은 Fig.4에 각각 나타내었다.

Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4에서 보면 와발생기를 부착한 쪽이 부착하지 않은 것에 비하여, 單純彎曲型은 展開力係數가 영각 15°~30°에 걸쳐서 약 10~15%, 抗力係數는 2%미만, 揚抗比는 5~20% 증가한 것으로 나타났다. V-彎曲型은 展開力係數와 揚抗比는 전반적으로 높게, 抗力係數는 비슷하게 나타났으며, 슬롯彎曲型은 展開力係數曲線이 기준형에 비하여 5°정도 앞쪽으로 평행이동한 것으로 나타나서 영각 25°까지는 그 값이 높았으나 25°~35°에서는 오히려 낮았고, 抗力係數曲線은 4°정도 앞쪽으로 평행이동되어 전반적으로 다소 높게 나타났으며, 揚抗比는 영각 20°이내에서는 높게, 그 이상의 迎角에서는 낮게 나타났다.

그런데 V-彎曲型은 영각 20°~25° 사이에서 와발생기를 부착한 쪽이 부착하지 않은 쪽에 비하여 展開力係數가 낮아지는 것으로 나타났다. 그것은 展開板이 중심을 기준으로하여 상하로 경사를 가지며, 중앙부와 상·하단에서 캠버의 比率 및 翼弦長의 크기가 다르기 때문에 와발생기의 크기나 부착위치를 單純彎曲型과는 다르게 해야 되는데 본 실험에서는 같게 하였기 때문으로 생각된다.

이상을 종합적으로 판단하면, 전반적으로 展開板은 와발생기를 부착하는 경우 그 성능을 약 10% 향상시킬 수 있다고 생각된다.

2. 可視化分析

(1) 水素氣泡法에 의한 可視化

① 流脈線實驗

單純彎曲型, V-彎曲型 및 슬롯彎曲型展開板에 와발생기를 부착하지 않은 기존의 展開板과 부착하였을

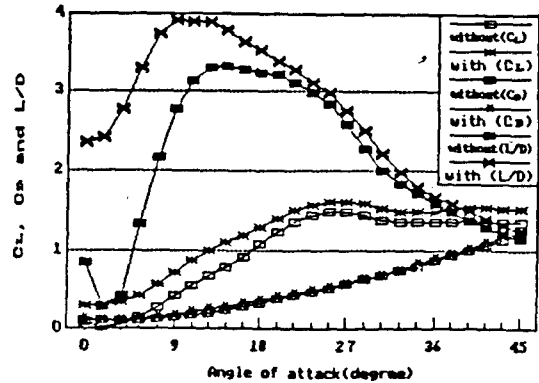


Fig. 2. Effect of the vortex generators on the performance of the single cambered model otter board.

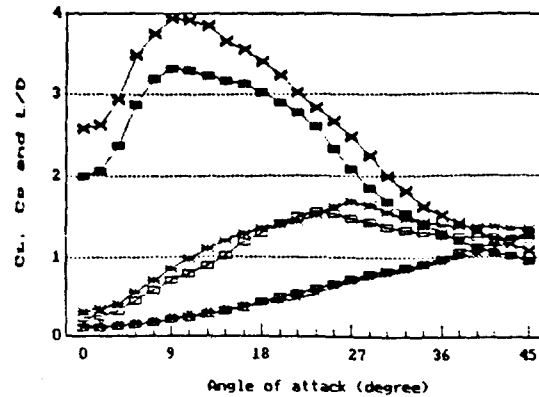


Fig. 3. Effect of the vortex generators on the performance of the V-shaped cambered model otter board.

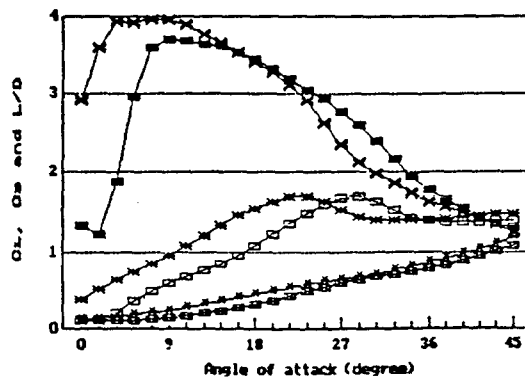


Fig. 4. Effect of the vortex generators on the performance of the slotted cambered model otter board with two slots.

때의 展開板에 대하여 그 주위에서의 유체흐름이 어떤 패턴을 하고 있는지를 규명하기 위하여 유속 0.1 m/sec에서 영각을 15°부터 30°까지 5° 간격으로 변화시키면서 실시한 流脈線觀測實驗을 실시한 결과를 單純彎曲型은 Fig. 5에, V-彎曲型은 Fig. 6에, 슬롯彎曲型은 Fig. 7에 각각 나타내었다.

Fig. 5, Fig. 6에서 보면 前面에서의 유체흐름은 모든 迎角에서 後面으로 갈수록 流脈線이 누적되어 弦을 따라 흐르는 것으로 나타났다. 그리고 後面에서의 流脈線의 양상을 보면 와발생기를 부착하지 않은 展開板은 영각 20°에서는 翼弦長의 2/3지점에서, 25°에서는 1/2지점에서, 30°에서는 전연에서 剝離가 발생되기 시작하여 後面을 따라 흐르는데 반하여, 와발생기를 부착한 展開板은 영각 20°에서는 와발생기에서 流脈線이 깨어져서 흐르나, 25°에서는 剝離가 깨어지고 그곳에 流體가 가입되는 것으로 나타났고, 30°에서는 전연에서 渦가 발생한 관계로 와발생기가 剝離域내에 완전히 들어가게 되어 영향이 없는 것으로 나타났다.

Fig. 7에서 슬롯彎曲型의 前面에서의 유체흐름은 流脈線의 일부가 後面쪽으로 흘러나가므로 Fig. 5, Fig. 6에서의 單純彎曲型과 V-彎曲型展開板에 비하여 流脈線의 누적이 작은 상태로 弦을 따라 흐르는 것으로 나타났는데, 後面에서의 유체흐름의 양상은 單純彎曲型 및 V-彎曲型展開板과 비슷하게 나타났다.

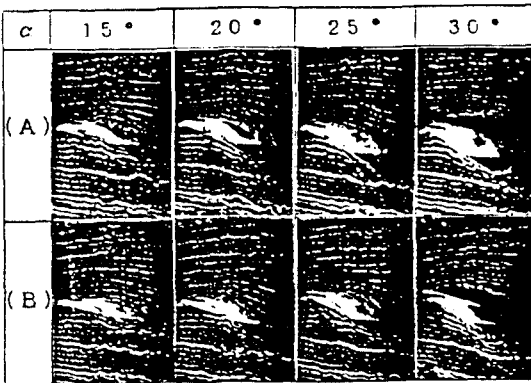


Fig. 5. Photographs of the visualization for the streak-line around the single cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

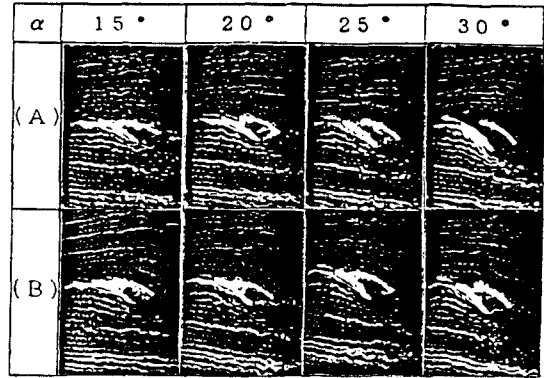


Fig. 6. Photographs of the visualization for the streak-line around the V-shaped cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

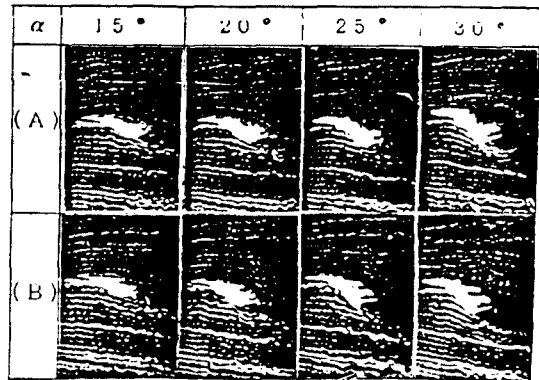


Fig. 7. Photographs of the visualization for the streak-line around the slotted cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

② 타임라인實驗

單純彎曲型, V-彎曲型 및 슬롯彎曲型展開板에 와발생기를 부착하지 않았을 때와 부착했을 때의 展開板에 대하여 그 주위에서의 流速分布가 어떤 패턴을 하고 있는지를 규명하기 위하여 유속 0.1m/sec에서 영각을 15°부터 30°까지 5° 간격으로 변화시키면서 실시한 타임라인觀測實驗의 결과를 單純彎曲型은 Fig. 8에, V-彎曲型은 Fig. 9에, 슬롯彎曲型은 Fig. 10에 각각 나타내었다.

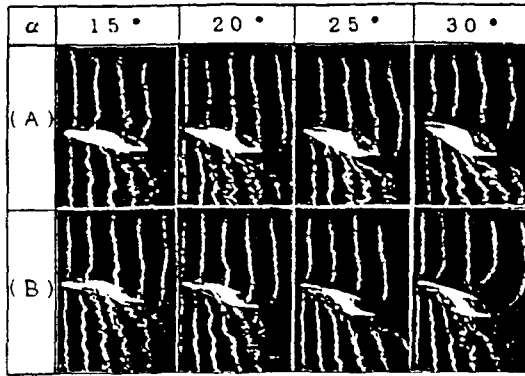


Fig. 8. Photographs of the visualization for the time-line around the single cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

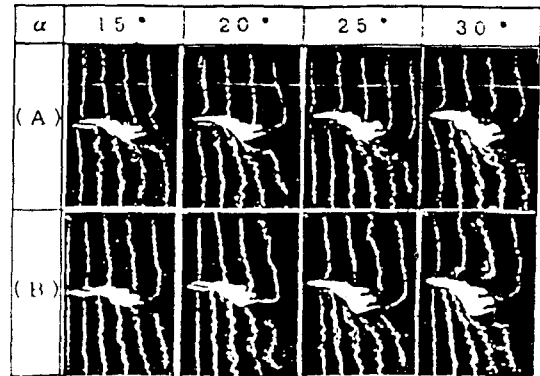


Fig. 10. Photographs of the visualization for the time-line around the slotted cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

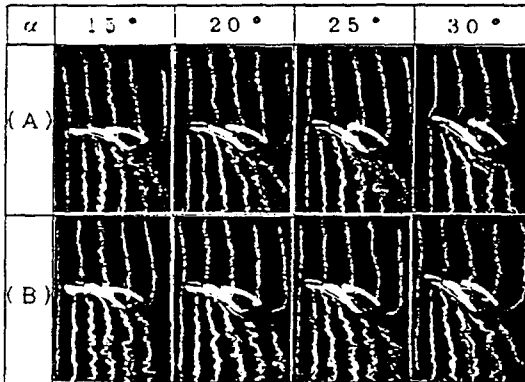


Fig. 9. Photographs of the visualization for the time-line around the V-shaped cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha=15, 20, 25$ and 30° .
(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

Fig. 8에서 보면 와발생기를 부착하지 않은 쪽과 부착한 쪽의 展開板의 前面과 後面에 인접한 유체흐름은 前面에 대한 後面의 流速差가 單純彎曲型은 영각 15° 에서 약 1.3배, 영각 20° 에서 각각 약 1.4배, 1.5배, 영각 25° 에서 각각 약 1.4배, 1.5배, 영각 30° 에서는 약 1.3배 빠르게 나타났다.

Fig. 9에서 보면 前·後面의 流速差가 V-彎曲型 展開板은 영각 15° 에서 각각 약 1.2배, 1.4배, 영각 20° 에서 각각 약 1.3배, 1.5배, 영각 25° 에서 각각 약 1.5배, 1.6배, 영각 30° 에서는 각각 약 1.6배,

1.5배 빠르게 나타났다.

타임라인觀測實驗과 性能實驗의 결과를 비교해 보면 單純彎曲型은 영각 $15^\circ\sim 25^\circ$ 에서는 迎角이 커짐에 따라서 流速差가 약 10% 증가하는 것으로 나타났고, 와발생기를 부착한 쪽은 영각 27° 까지에서는 展開力係數가 증가하나, 영각 30° 에서는 감소하였으며, V-彎曲型은 영각 25° 주위에서는 비슷한 流速差로 나타났고 와발생기를 부착한 쪽이 부착하지 않은 쪽보다 展開力係數가 감소하였으며, 슬롯彎曲型은 영각 $15^\circ\sim 25^\circ$ 에서는 와발생기를 부착했을 때의 流速差가 증가하고 영각 30° 에서는 부착하지 않았을 때의 流速差가 크게 나타나서 영각 30° 주위에서는 와발생기를 부착한 쪽이 부착하지 않은 쪽보다 展開力係數가 작은 것을 알 수 있다.

(2) 乳液噴射法에 의한 可視化

와발생기를 부착하지 않았을 때와 부착하였을 때 展開板 後面에서 발생하는 剝離域의 크기를 규명하기 위하여 유속 $0, 15m/sec$ 에서 迎角을 $15^\circ\sim 30^\circ$ 까지 5° 마다 변화시키면서 乳液噴射法에 의한 可視化實驗을 실시한 결과를 單純彎曲型은 Fig. 11에, V-彎曲型은 Fig. 12에, 슬롯彎曲型은 Fig. 13에 각각 나타내었다.

展開板 後面에서 발생하는 剝離域은 渦의 영향으로 수시로 변화하지만, 그 幅의 변화는 $5mm$ 정도이므로 이것을 감안하여 Fig. 11, Fig. 12 및 Fig. 13에서 剝離域의 幅을 조사하면 와발생기를 부착한 쪽이 영각 $15^\circ\sim 30^\circ$ 에서 展開板의 後面에서 小型渦가 발생되어

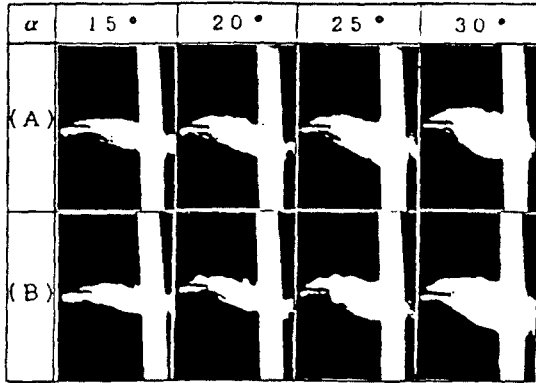


Fig. 11. Photographs of the visualization for the size of the separation zone in case of the single cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha = 15, 20, 25$ and 30° .

(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

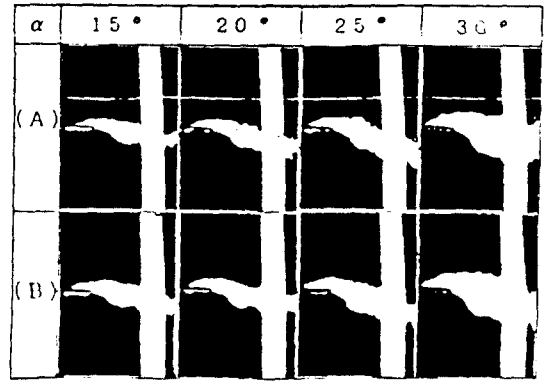


Fig. 13. Photographs of the visualization of the separation zone in case of the slotted cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha = 15, 20, 25$ and 30° .

(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

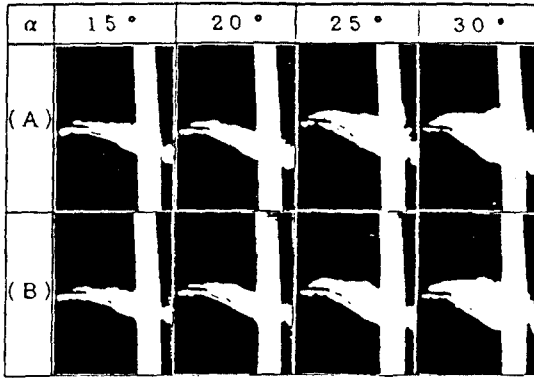


Fig. 12. Photographs of the visualization for the size of the separation zone in case of the V-shaped cambered model otter board without and with vortex generators at $\alpha = 15, 20, 25$ and 30° .

(A) without vortex generators
(B) with vortex generators

剝離層이 바깥쪽으로 확산되는 것을 억제하므로서 剝離域의 크기가 다소 작게 나타났다. 와발생기를 부착한 경우와 부착하지 않은 경우의 각각에 대해서 剝離域의 幅의 크기를 조사해보면, 單純彎曲型은 영각 15°에서 50mm, 45mm, 영각 20°에서 60mm, 50mm, 영각 25°에서 80mm, 70mm, 영각 30°에서 100mm, 95mm로서 전반적으로 와발생기를 부착한 것이 5~15% 감소하는 것으로 나타났으며, V-彎曲

型과 슬롯彎曲型은 영각 15°에서 45mm, 40mm, 영각 20°에서 45mm, 40mm로서 영각 15°~20°사이에서는 약 10% 감소, 영각 25°와 30°에서는 60mm, 85mm로 서로 비슷하게 나타났다.

이상에서 볼때 와발생기의 크기 및 부착위치는 展開板의 구조적 특성과 失速角에서의 剝離點의 위치 및 剝離域의 크기를 정확히 조사하고, 그에 적합한 설계가 되어야 한다고 생각한다. 즉, 본 연구에서 單純彎曲型展開板에서는 이러한 사항들을 대부분 규명하고 와발생기를 설계하였기 때문에 V-彎曲型이나 슬롯彎曲型보다는 상대적으로 성능향상이 크게 나타났다. 그러므로 V-彎曲型의 경우는 展開板의 구조가 중앙부보다 상하 끝단에서의 翼弦長이 상당히 작기 때문에 와발생기의 크기도 중앙부쪽보다는 상하단 끝쪽의 것이 작아야 하며, 슬롯彎曲型의 경우는 슬롯의 크기나 부착위치 등에 대한 보다 정밀한 검토가 있어야 하리라 생각된다.

이와같은 결과는 와발생기를 부착한 展開板은 부착하지 않은 것보다 性能이 약 10% 향상되는 것과 일치하며, 流體力學적으로 그것을 확인시켜주는 결과이다.

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 제거하는 渦發生器의 부착을 展開板에 적용하였다.

性能分析을 위해서 單純彎曲型, V-彎曲型 그리고 슬롯彎曲型 展開板의 3종에 와발생기를 부착하지 않은 경우와 부착한 경우에 대하여 性能 및 流體力學의 特性을 性能實驗과 可視化實驗을 통하여 비교해 보았다.

실험결과를 요약하면 다음과 같다.

① 單純彎曲型展開板에 와발생기를 부착한 경우 最大展開力係數는 10~15% 증가, 抗力係數는 2%미만 증가, 揚抗比는 5~20% 증가하였다.

② V-彎曲型展開板에 와발생기를 부착한 경우 揚抗比가 10~20% 증가하였다.

③ 슬롯彎曲型에 와발생기를 부착한 경우 영각 20° 이내에서 最大展開力係數는 약 20%이상 증가, 抗力係數는 5~20% 증가, 揚抗比는 약간 높게 나타났으나, 영각 25° 이상에서는 이들 계수의 값들이 기준형에 비하여 낮게 나타났다.

④ 와발생기를 부착한 展開板에서 剝離點이 기준형에 비하여 다소 후연에 나타났다.

⑤ 와발생기에 따른 前·後面의 流速差는 單純彎曲

型의 경우 모든 영각에서 약 10% 증가, V-彎曲型의 경우 전반적으로 증가하였으나 영각 25°에서는 비슷하게, 슬롯彎曲型의 경우 영각 25°까지는 증가하는 것으로 나타났다.

⑥ 와발생기에 따른 剝離逆의 크기는 單純彎曲型에서 약 5~15% 감소, V-彎曲型和 슬롯彎曲型은 영각 15°~20°에서는 약 10% 감소, 영각 25° 이상일때는 비슷하게 나타났다.

參考文獻

- 1) 高冠瑞·權炳國·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.
- 2) 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 碩士學位論文.
- 3) 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.
- 4) 高冠瑞·權炳國·李寬熙·盧基德(1991) : 展開板에 대한 數值解析—3. —슬롯에 따른 單純彎曲型展開板의 性能分析—, 漁業技術 27(4), 278~285.