

## 피칭익 주위의 이산와류에 관한 연구

양창조\*, 최민선\*\*, 이영호\*\*\*

### A Study of Discrete Vortex around a Pitching Foil

C. J. Yang+, M. S. Choi++ and Y. H. Lee+++

**Abstract :** In the present study the flow fields around pitching foils have been visualized by using a Schlieren method with a high speed camera in a wind tunnel at low Reynolds number regions. It has been observed that small vortices are shed discretely from the leading and trailing edge and that they stand in line on the integrated streakline of separation shear layer. By counting vortices in the VTR frames it was clarified that the number of vortex shedding from the leading and trailing edge during one pitching cycle strongly depends on the non-dimensional pitching rate.

**Key words :** Unsteady Foil(비정상익), Schlieren Method(슈리렌 가시화법), Shear Flow(전단류), Separation(박리), Shedding Vortex(방출 와류), Vortex Coalescence(와류 병합), Non-dimensional Pitching Rate(무차원 진동수)

#### 1. 서론

유동의 박리 현상은 전단류의 연구 분야에서 매우 흥미 있는 주제 중의 하나이다. 고정된 익 등에서 발생하는 정상 박리에 관해서는 실험 및 수치계산에 의해 익 전연으로부터 이탈하는 전단층 내에 작은 이산 와류가 확인되는 등 유동의 메커니즘이 계속해서 밝혀지고 있다. 하지만 많은 공학 분야에서 양·항력을 받는 곳은 고정되어 있지 않으며, 비정상 흐름과 간섭을 일으킨다. 예를 들면, 다단터빈 또는 압축기의 각 단의 블레이드는 항상 전 단에서 형성된 비정상 흐름에 의해 영향을 받는다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 이동 물체 주위에서 발생하는 비정상 박리에 관한 연구가 주목을 받기 시작하고 있다<sup>[1-2]</sup>. 그러나 피칭 운동의 주위의 비정상 박리 유동은 레이놀즈수, 피칭 주파수, 피칭 진폭, 받음각, 익의 형상, 회전 중심 등 많은 파라메타가 존재하므로 익의 전연에서 발생하는 박리 와류의 거동을 실험 자료 없이 경계면 상에서 상세히 파악하는 것은 매우 어려워 아직 규명되지 않은 문제가 많이 남아있다. 더욱이 피칭 운동의 등 비정상익 주변의 유동에 관한 관련연구의 대부분이  $Re=10^6$  이상의 고 레이놀즈수 영역을 대상으로 하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 저 레이놀즈수 영역에서 박리 와류의 발생, 성장 그리고 병합하는 비정상 박리의 메커니즘을 규명하고자 형상이 다른 6종류의 익형을 대상으로 무차원 진동수를 파라메타로 하여 피칭 운동하는 익의 전연과 후연에서 발생하는 박리 유동, 이산와류의 구조, 와류 방출 주파수 등의 비정상 박리 와류의 거동 특성을 슈리렌 가시화 기법을 이용하여 고찰하고자 한다.

#### 2. 실험장치 및 방법

실험 장치는 그림 1에 보인 것 같이 실험용 풍동, 가진장치, 익형, 슈리렌 가시화 장치, 고속도 카메라 등으로 구성된다. 실험용 풍동의 검사 영역의 크기는 0.40m(H)×0.12m(W)이고, 정류부를 통과한 출구에서의 경계층 두께는 유로의 약 8%

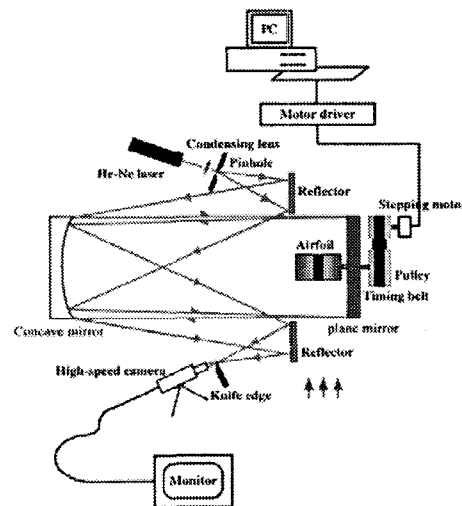


Fig. 1 Experimental apparatus for visualization

정도이고, 난류강도는 3~5%이다.

슈리렌 가시화 장치는 오목 거울 한면과 평면 거울을 병용한 반사 방식을 이용하고 있다. 가시화 시스템으로 광원은 He-Ne 레이저(5mW), 오목거울(직경 0.3m, 초점거리 3m), 평면경, 나이프 에지(직경 10 $\mu$ m), 카메라 렌즈(Zoom-Nikkor35-200mm F3.5-4.5s, Nikon)로 구성되고, 고속도 카메라(FASTCAM ultima 3, Photron)로 촬영하였으며, 이 때 촬영속도는 4,500frame/sec이었다.

피칭 운동에서 발생하는 박리 와류의 발생 메커니즘, 거동 등을 명확히 파악하기 위해 피칭 진폭  $A=\pm 30^\circ$ 로 설정했다. 또한 기본 받음각은  $\alpha=30^\circ, 60^\circ, \alpha=30\pm 30^\circ, 60\pm 30^\circ$ 의 2종류의 조건에서 실험을 수행하였다. 받음각  $\alpha=60\pm 30^\circ$ 에서 상사점  $\alpha=90^\circ$ , 하사점  $\alpha=30^\circ$ 가 되며, 6종류의 익형은 모두 박리하게 된다(이하 완전 박리 영역). 한편, 받음각  $\alpha=30\pm 30^\circ$ 에서는 상사점  $\alpha=60^\circ$ , 하사점  $\alpha=0^\circ$ 가 되며, 평판

\* 양창조(목포해양대학교 기관시스템공학부), E-mail:cjyang@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7085

\*\* 최민선(목포해양대학교 기관시스템공학부)

\*\*\* 이영호(한국해양대학교 기계정보공학부)