

역 전면과 동일한 평면으로 부드러운 곡선을 채택하였다. 콘솔의 배치는 A 타입의 선교의 경우 선교 전면 창문에 접근할 수 없어 효과적인 견시가 우려된다는 것과 야간 항해시 콘솔의 조명으로 인한 방해의 염려가 있으며 C 타입의 경우는 콘솔의 길이가 너무 길어져 소형 선박에는 부적합한 것으로 나타났다. 따라서 연안선박에 적합한 선교의 배치는 B 타입의 배치를 기준으로 하고, 콘솔의 왼쪽에서 1/3 지점에 800mm 정도의 통로를 설치하여 전면 창문에서 콘솔로의 이동을 자유롭게 하였다.

이상과 같이 이 연구에서는 연안선박에서 채용하여야 할 선교의 형상, 선교 내 콘솔의 배치를 제시하였다. 그러나 개별 기기에 대한 인간공학적인 설계나 제조에 대하여는 언급하지 못하였고, 또한 선교에서 많이 사용되고 있는 컴퓨터를 이용하는 설비에 대한 인간/컴퓨터의 상호관계에 대하여 깊이 있게 검토하지 못하였다. 육상 산업계에서는 이와 관련된 연구 실적이 많이 나와 있지만 해상 상태에서의 내구성과 항해사의 특성을 고려한 연구가 필요하다고 본다. 또한 선교 환경의 문제에 대하여는 실측자료를 기준으로 한 연안선박에 맞는 새로운 기준을 정립할 필요가 있다.

## 2. Multi-Vision PIV에 의한 단순물체 주위의 비정상 유동특성에 관한 연구

기계공학과 송근택  
지도교수 이영호

지난 과거에 이루어진 단순물체(bluff body) 주위의 유동흐름에 관한 연구는 실제 공학에서 일어나는 문제의 해결에 많은 기여를 하여왔다. 그리고 이러한 연구는 양력, 항력, 스트로할수(Strouhal number) 등의 측정이 주된 목적이었다. 그러나 이러한 시간평균정보량은 특히 큰 후류영역을 가지는 단순물체 흐름의 비선형적 거동에 대한 설명에 있어서는 제한적일 수밖에 없었다.

유체공학과 관련된 실험에서 대상유동장의 속도를 정량적으로 계측하는 것은 매우 중요하며 특히 비정상 유동특성을 규명하고자 할 경우에는 전 영역에 걸쳐 동시에 속도정보를 파악할 수 있는 계측기법이 필요하다. 이와 같은 속도계측을 위하여 추적입자를 유동장에 분포시켜 가시화 한 후 디지털 영상처리에 의해 입자를 자동 추적하여 전 유동장의 속도를 동시에 계측할 수 있는 입자영상유속계(particle image velocimetry, 이하 PIV)에 대한 관심이 고조되어 있다.

지난 20여 년 동안 PIV는 LDV나 열선유속계(hot-wire)와 같은 점계측이나 시간평균의 측정에 대응할 수 있는 유력한 계측기법으로 발전되어 왔다. 현재 가장 발전된 형태의 PIV는 전통적으로 행해져 왔던 실험기법과 비교해 볼 때 거의 같은 정도의 정확도를 제공하며, 기계분야뿐만 아니라 항공, 환경, 토목, 건축 등의 다양한 분야에 응용되고 있다. 또한 유체기계의 3차원 속도성분 측정에도 적용되고 있다.

단순물체는 주변에 역류 및 박리영역을 형성하며 후류에 주기성을 갖는 규칙적인 와열이 형성되어 매우 복잡한 유동특성을 나타낸다. 그러므로 후류의 유동특성과 후류에 생성되는 와열의 와류방출 특성을 명확히 규명하는 것은 이들의 유동형상을 알기 위한 유체역학적 관심과 더불어 공학적으로는 물체후방의 물질 운송 및 확산상태를 다루기 위하여 혹은 후류에 의한 물체의 공력특성을 알기 위한 자료로서 매우 중요하다.

실제 공학적인 문제에서 단순물체는 각종 구조물의 일반적인 형태이며 이러한 구조물은 탄성구조물이므로 고유진동수를 가지고 있다. 유체가 구조물을 지나는 경우, 구조물 상하부분에서 주기적으로 카르만 와류(Karman vortex)가 유리되어 방출되고 이로 인해 구조물 주위의 압력분포는 주기적으로 변화하게 된다. 결과적으로 구조물에는 상하방향으로 주기적으로 변화하는 힘이 작용하게 되며 이 힘은 구조물에 진동을 야기하게 된다. 이 경우, 구조물의 고유진동수와 구조물 후방에서의 방출와류의 진동수가 같아지면 공진(resonance)이 일어나서 진폭이 매우 커지므로 구조물이 파괴되게 된다. 그러므로 단순물체형상의 구조물을 설계하는 경우, 구조물이 받는 저항에 관한 고려뿐만 아니라 구조물 후류에서의 주파수 특성도 함께 고려하여야 한다.

이와 같은 배경으로 본 연구에서는 단순물체 후류영역의 넓은 유동장을 보다 정확하게 측정하기 위하여 입력매체로 3대의 CCD 카메라를 이용한 multi-vision PIV를 적용하였으며 이를 이용하여 단순물체 후류영역에서의 비정상 유동특성과 주파수 특성을 체계적으로 고찰하는 데 일차적인 연구목적들을 두었다. 또한 보다 현실적인 유동해석을 위해 애니메이션을 구현하였다.

0°, 30°의 기울기를 가지는 정방형 각주와 0rpm, 76rpm의 시계방향 회전속도를 가지는 원주를 소형 회류수조(Re=104)안에 설치하여 각각의 경우에 대하여 실험을 행하였다.

순간 유동특성은 속도벡터, 유선, 속도프로파일, 난류강도, 운동에너지, 와도, 난류운동에너지, 3가지 성분의 레이놀즈 응력을 도시하여 고찰하였으며 모든 순간 유동분포는 단순물체 유동의 특성인 주기적인 방출 와류의 순차적인 형상을 확인하기 위하여 1 cycle의 카르만 와류를 시간에 따라 6개의 순간 유동으로 나누어 나타내었다.

또한 시간평균 데이터의 처리와 주파수 분석을 위해 multi-vision PIV와 동일한 실험 조건 하에서 하나의 CCD 카메라를 사용하여 0°, 30°, 45°의 정방형 각주와 0rpm, 76rpm, 153rpm 회전속도의 원주에 대하여 실험을 행하였다. 30초간의 연속적인 영상을 획득하여 여러 가지 시간평균 유동특성을 고찰하였고 여러 픽업포인트를 선정하여 예비연구를 수행한 후 최종적으로 4개의 픽업포인트를 선택하여 주파수 분석을 행하였다. u속도성분, v속도성분, 운동에

너지, 와도에 의한 주파수 분석과 난류강도, 난류운동에너지, 3가지 성분의 레이놀즈 응력과 같은 난류량에 의한 주파수 분석을 함께 행하여 난류량에 의한 주파수와 다른 유동정보량에 의한 주파수와 상관관계를 고찰하였다.

특히 본 연구에서는 여러 유동분포와 매우 상이한 분포 특성을 보이는 난류강도에 관심을 가지고 순간 난류강도분포 및 시간평균 난류강도분포에 대해 각각 속도분포와 연관하여서 난류강도의 분포특성을 체계적으로 고찰하였다.

이상과 같이 유동특성에 대해 고찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 난류강도의 경우 단순물체후방에서 2~3개의 난류강도의 집중된 영역이 국부적으로 존재 하였으며, 애니메이션으로 관찰한 결과, 이 집중되어 나타나는 난류강도는 흐름에 대해 후방으로 이동하지 않고 주기적으로 반복되어 나타났다. 본 연구에서는 이러한 난류강도 분포의 특성을 규명하기 위하여 순간 난류강도분포와 시간평균 난류강도분포로 나누어 고찰하였고 그 결과, 2차원 단순물체 후류에서의 난류강도의 이러한 특성을 이해하기 위해서는 기본적으로 순간 속도정보와 시간평균 속도정보를 파악하는 것이 필요함을 알 수 있었다.
- 2) 운동에너지분포는 근본적으로 속도분포의 다른 표현이므로 단순물체 후류영역에서 운동에너지분포는 속도벡터분포와 유사하게 나타났다.
- 3) 난류운동에너지는 단순물체 후방에서 덩어리 형태로 주기적으로 방출되는데 후류영역으로 갈수록 난류운동에너지의 집중영역이 커지며 강도는 점성확산에 의해 감소됨을 알 수 있었다.
- 4) 단순물체 후류에서의 레이놀즈 응력( $\rho(v')^2$ )의 분포는 난류운동에너지의 분포와 유사하게 나타났다.
- 5) 시계방향으로 회전하는 회전원주의 경우 점성의 영향으로 시간평균 속도분포의 상하 대칭성이 깨어지었다. 결과적으로 이러한 상하 비대칭 속도분포는 비대칭 압력분포를 야기하여 0이 아닌 양력을 원주에 가하고 있음을 예측할 수 있었다.
- 6) 주파수 분석 결과, 일반적으로 난류량의 탁월주파수는 속도성분의 탁월주파수에 약 2배 가 됨을 알 수 있었다.
- 7) 정방향 각주와 정지 원주의 경우 물체후방의 픽업포인트에서 구한 u속도와 v속도에 대해 횡축에는 u속도를 종축에는 v속도를 취하여 도시한 결과, 데이터의 분포가 일정한 폐곡선의 형태를 형성하였으며 이것으로 보아 와류방출이 단순물체 고유의 주기성을 갖고 있음을 알 수 있었다. 그러나 76rpm과 153rpm 회전 원주의 경우는 일정한 폐곡선형태를 이루지 않고 랜덤하게 형성되었으며 이로 원주의 회전에 의해 원주유동 고유의 주파수성분이 깨어지고 있음을 알 수 있었다.