

CFD를 이용한 범포 주위의 유동장 해석

배봉성 · 배재현 · 안희준 · 박성욱 · 박창두
국립수산과학원

서론

본 실험에서 사용한 모형주위의 유동장 해석방법은 해석프로그램을 이용하여 컴퓨터에서 계산하는 CFD(computational fluid dynamics)를 사용하였다.

CFD는 유체의 흐름을 실험에 의한 측정방법이 아닌 컴퓨터를 이용한 수치해석적 방법을 이용하여 해석하는 것이다. 본 실험에서 사용한 해석 프로그램은 플로웝스(FloWorks)로서 유한 비압축성 영역에서부터 극초음속 영역 전반에 걸쳐 난류유동 및 비정상상태 해석, 열전달 해석 등을 시행할 수 있다.

이러한 해석방법은 이전의 양항력 실험, PIV 실험에서 사용한 모형을 전산유체를 이용하여 다시 해석해 봄으로써 앞의 실험 결과와 비교해 볼 수 있으며, 모형 실험이 불가능한 영역도 해석해 볼 수 있다는 장점이 있다.

위 해석방법을 통하여 여러 가지 범포 모형 주위의 다양한 유체흐름을 가시화함으로써 어떤 형태의 물체를 만난 유체가 어떻게 운동하는지를 알아보았다.

재료 및 방법

유동장 해석에 있어서 PIV 실험 결과를 검증하기 위하여 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용한 유동특성 해석을 실시하였다. 해석에 사용한 모형은 양항력 측정 실험 결과, 사각형, 삼각형 및 역삼각형 범포 모형 중 영각에 따른 양력의 변화와 양항비를 고려할 때 영각의 변화에 따른 양력의 변화가 적고, 작은 영각에서 큰 양력을 갖는 종횡비 2:1인 것을 사용하였으며, 입사각은 10°, 20°, 30°, 40°에서 해석하였다. 해석 프로그램은 FVM(Finite volume method; 유한체적법)을 이용한 유동해석 프로그램(Flow Works)을 사용하였다. 모형의 디자인은 PIV 실험 시 CCD 카메라로 촬영한 모형의 영상을 solidworks 2001+를 이용하여 입체적으로 렌더링(rendering)하였다. 모형 실험에서는 현장(弦長) 방향뿐만 아니라 익장(翼長) 방향으로도 아주 약간의 만곡이 발생하지만, 이는 무시하였다. 유속은 수조 실험과 마찬가지로 0.6 m/s로 설정하였다.

해석 영역의 경계처리는 표준경계모드(모형의 크기에 따라 충분히 흐름의 변동이 없는

육면체 영역을 해석 영역으로 설정)를 사용하였고, 경계조건은 물체표면에서는 접촉조건과 표면 압력구배가 0인 조건을 사용하였으며, 방정식은 유동과 난류에 관한 식만 사용하였다. 결과는 해석 데이터를 이용하여 벡터, 압력, 흐름에 대하여 도식화하였다.

결과 및 요약

모형 주위의 유동장을 해석하기 위하여 종횡비가 2:1인 사각형, 삼각형, 역삼각형 범포를 각각 10° , 20° , 30° , 40° 에서 CFD 해석을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

사각형 범포는 각각 10° 에서 C_L 은 0.76, C_D 는 0.13으로 실험값보다 C_L 은 약 16% 작게, C_D 는 7% 작게 나타났다. 각각 20° 에서는 C_L 은 1.07, C_D 는 0.38로 C_L 은 4%, C_D 는 3% 정도 작게 나타나 거의 유사한 결과를 보여주었다. 각각 30° 에서는 C_L 은 0.95, C_D 는 0.50으로 C_L 은 5%, C_D 는 7% 작게 나타났다. 각각 40° 에서는 40%가 넘는 차이가 나타나 정량적인 값을 비교할 수 없었다. 이러한 현상은 삼각형과 역삼각형 모델에서도 유사하게 나타났으며, 수치해석에 의한 해석값이 실험값에 비하여 각각 10° , 20° , 30° 에서는 5~20% 정도 작게 나타났으며, 각각 40° 에서는 20% 이상의 차를 보였다. 그러나, 양항비 변화의 양상은 각각 10° 에서는 8~13% 정도 작게 나타났으며, 각각 20° , 30° , 40° 에서는 실험값과의 차이가 10% 이하로 모두 유사하게 나타났다.

이러한 수치해석 결과는 모형실험과 실험값의 절대적인 정량적 비교는 다소 경우에 따라 무리가 될 수 있으나, 각각 변화에 따른 계수의 변화 양상이 유사하게 나타나고 각각 변화에 따른 유동장의 변화가 매우 유사하게 나타나 수치해석적 방법이 범포와 같은 유연체의 유체역학적 특성해석은 물론이고, 각종 모멘트를 계산하는 데에도 손쉽게 이용될 수 있을 것으로 생각되며, 극히 예민한 해석에도 그 활용이 가능할 것으로 판단된다. 다만, 본 실험에서는 최대 C_L 이 나타나는 각각보다 각이 클 경우, 실험값과의 차가 크게 나타났는데, 이러한 현상은 실험에 의한 계수값은 일정한 시간동안 측정된 평균 계측값인 반면, 수치해석에 의한 값은 반복된 수렴과정 중 하나에 해당되는 것으로 사실상의 순간 계수값을 의미하고 있다. 따라서 최대 C_L 이후의 각각에서와 같이 칼만 볼텍스와 유사한 형태의 주기적인 와동현상과 주변 압력장의 변화가 심하게 일어날 경우, 그 과정 중 하나의 순간 압력장의 분포를 가지고 해석을 해야 함으로 정량적인 비교에는 어려움이 있다. 그러므로 수치해석을 이용하여 범포와 같은 유연체의 유체역학적 특성 연구를 수행할 경우, 정량적인 특성값은 심한 와동 및 난류가 일어나기 전에 사용하는 것이 신뢰성이 있을 것으로 판단된다.

범포의 유체역학적 특성은 흡입면과 압력면의 압력차와 유체의 운동량이 범포에 미치는 영향에 따라 얻어지게 되므로, 범포의 형상을 개발할 때에는 어떻게 압력차를 유지시키는가와 압력분포에 의한 힘의 방향을 고려하여 행하는 것이 매우 중요하다고 할 것이다.

참고문헌

- COSMOS (2003) : COSMOS FloWorks 2003 Fundamentals.
- Hoerner, S. F. (1975) : Fluid dynamic lift. chapter 5, 18.
- 權炳國 (1993) : 展開板의 流體力學的 特性에 관한 研究. 부산수산대학교, 水産學博士 學位論文.
- 김찬중 (1998) : 전산유체역학. 문운당, 33~36, 127~132, 315~330.
- 노기덕, 권병국, 안희춘 (1998) : 이산와법에 의한 원호형 Sea Anchor의 유동장 수치해석. 대한기계학회논문집 B권, 22(8), 1041~1051.
- 부정숙, 서용권, 송동주, 김경천 (1996) : 유체역학. 반도출판사, 377~467, 510~544, 558~564, 1104~1105.
- 신병록, 장근식, 조강래 (1997) : 전산유체역학. 대영사, 55~203, 263~293.
- 신화기술정보 (2002) : Solidworks 2001 plus Training Manual.
- 安熙璿 (2000) : 오징어 채낚기 漁船의 물뚝 開發 및 流體力學的 特性 研究. 부경대학교, 水産學博士 學位論文.
- 이승건 (2002) : 비행의 원리. 우용출판사.
- 李澤植 (1981) : 流體力學. 동명사, 296~305.