

## CFD 분야 연구동향

김사랑\*

### 1. 서 론

2012년도 1년 동안 유체기계학회에서 CFD분야로 발표된 논문을 검토한 결과, 학술지에 8편, 연구개발 발표회에서 3편, 총 11편이 발표되었다. 그러나, 유체기계학회의 다른 분야에 발표된 논문들을 CFD분야와 실험분야로 분류해 본다면 거의 반 이상의 분량을 차지할 것으로 예측된다.

본 특집에서는 CFD분야로 발표된 논문에 대하여 연구동향을 분석해 보도록 한다.

### 2. 연구 분야

CFD분야의 논문을 연구 분야별로 분류해서 살펴보도록 하자.

항공기용 프로펠러 블레이드의 설계 및 해석분야에 대한 논문은 2편이 있다. 최원 등<sup>(1,2)</sup>은 XFOIL을 사용하여 설계한 블레이드에 대하여, Fluent와 XFLOW를 사용하여 해석을 하였는데, 최원 등<sup>(1)</sup>은 LBM (Lattice-Boltzmann Method), MRF(Multiple Reference Frame), Sliding Mesh 등을 사용한 경우에 유동 해석하여 큰 차이가 없음을 보였으며, 최원 등<sup>(2)</sup>은 단방향 FSI(Fluid-Structure Interaction)를 사용하여 블레이드의 구조해석까지 수행하여 안정성을 파악하였다.

풍력 터빈 분야는 1편이 있으며, 모장오와 이영호<sup>(3)</sup>는 풍력터빈 로터 블레이드에 대하여 Fluent 및 HERACLES를 사용하여 유입속도 및 TSR(Tip Speed Ratio)에 대한 동력 및 토크에 대한 해석을 하여 설계검증을 하였다.

항공기용 익형 표면연구 분야로 1편이 있으며, 홍우 등<sup>(4)</sup>은 익형 표면의 원형 또는 육각형 모양의 딥플 형상에 대하여 CFX를 사용하여, 유동해석을 하여 육각형 보다는 원형의 딥플이 성능이 우수하다는 것을 보였다.

펌프 분야는 2편이 있으며, 이현덕 등<sup>(5)</sup>은 임펠러 외경 변화에 따른 성능변화에 대하여 이론적 결과와 CFX를 사용한 CFD결과를 비교하여 같은 경향을 나타냄을 보였고, Long et al.<sup>(6)</sup>은 펌프 흡입구 근처의 유체 표면에서 발생하는 표면 와류에 대한 연구를 Fluent를 사용하여 수행하였다.

원자력 분야는 1편이 있으며, 윤정 등<sup>(7)</sup>은 원자로내 주요

구성품에 대한 유동특성을 Fluent를 사용하여 수행하였다.

내연기관 흡기시스템 분야로는 1편이 있으며, 문성목 등<sup>(8)</sup>은 전투차량의 흡기시스템의 개량을 위하여 주로 압력손실을 구하는 데에 Fluent를 사용하여 수치계산을 수행하였다.

가스터빈 막냉각 분야로 1편이 있으며, 최대웅 등<sup>(9)</sup>은 가스터빈의 냉각을 위하여 막냉각 분사 홀의 형상에 대한 열유동해석을 Fluent를 사용하여 수행하였다.

입자거동에 대한 연구로는 2편이 있으며, 김주현 등<sup>(10)</sup>은 집진기에서의 입자 포집과 비산에 대하여, FDM(Finite Difference Method)와 LBM을 결합하여, EHD(Electro-Hydro Dynamic) 유동을 해석하였으며, DEM(Discrete Element Method)을 사용하여 입자의 거동과 포집효율을 해석하였으며, 이를 위한 LBM / FSI 분야 기초연구로 신재호 등<sup>(11)</sup>은 움직이는 고체 경계를 정확하게 나타내기 위하여 응력기반 격자 재생성 모델에 대한 연구를 수행하였다.

### 3. 사용 S/W

CFD분야에서는 응용연구에서는 상용 s/w를 많이 사용하고 있으며, 기초분야에서는 실험실 프로그램을 사용하거나 상용 s/w에 사용자 함수를 추가하여 사용하기도 한다.

발표된 총 11편의 논문 중에서, 유동해석을 위해서 6편이 Fluent를 사용하였고, 3편은 CFX를 사용하였다. 나머지 2편은 상용 프로그램에 대한 언급을 하지 않은 것으로 보아 실험실 프로그램을 사용한 것으로 판단된다.

또한, 프로펠러 설계분야에서는 XFLOW나 Xfoil 같은 s/w를 함께 사용하기도 하였고, FSI 기법을 사용한 논문에서는 구조해석 s/w를 함께 사용하기도 하였다.

Table 1. Softwares used in the papers reviewed

S/W	Commercial S/W		Lab. S/W	Total
	Fluent	CFX		
논문편수	6	3	2	11
백분율(%)	54.5	27.3	18.2	100
비고	XFLOW, XFOIL, NASTRAN, HERACLES 등의 s/w 추가 사용			

\* 강릉원주대학교 기계자동차공학부  
E-mail : dearksr@gwnu.ac.kr

#### 4. 난류 모델

회전체를 연구대상으로 하는 대부분의 연구에서는 난류모델로서  $k-\omega$  sst 모델을 사용하였다. 이는 회전하는 유동에 대해서는 기존의 표준  $k-\epsilon$  모델보다  $k-\omega$  sst 모델이 더 잘 맞는다고 알려진 결과로 보인다.

#### 5. 결론

지금까지 CFD분야로 발표된 11편의 논문에 대하여 연구분야, 사용 s/w, 사용된 난류모델에 대하여 알아보았다.

CFD의 연구분야는 이제는 한 두 분야에 한정되지 않고 거의 전체분야에서 모두 활용되고 있다고 할 수 있다.

사용 s/w로는 Fluent가 가장 많이 사용되고 있고, 그 뒤를 이어 CFX가 사용되는 것으로 보인다. 몇몇 전용 s/w도 사용되는 것을 알 수 있었으며, FSI를 위하여 구조해석 s/w를 같이 사용하는 경우도 점점 많아지고 있음을 알 수 있었다.

또한, 회전유동의 경우는 표준  $k-\epsilon$  모델의 부정확성을 보완하고 있는 것으로 보이고, 많은 시간과 비용이 드는 LES 대신에  $k-\omega$  sst 난류모델이 지배적으로 사용되고 있음을 볼 수 있었다.

여기에 언급된 논문보다 더 많은 CFD관련 논문이 다른 분야의 논문으로 발표되고 있으므로 참고할 필요가 있다고 하겠다.

#### 참고문헌

- (1) 최원, 김광해, 원영수, 이원중, 2012, "1600kW급 프로펠러 블레이드 공력설계 및 해석," 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 19~24.
  - (2) 최원, 김광해, 이원중, 2012, "차세대 터보프롭 항공기용 복합재 최신 프로펠러 설계 및 해석," 유체기계저널, 제15권, 제6호, pp. 11~17.
  - (3) 모장오, 이영호, 2012, "1MW급 수평축 풍력터빈 로터 블레이드 설계 및 CFD에 의한 공력성능 평가," 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 21~26.
  - (4) 홍우, 이종철, 김윤제, 2012, "익형 표면의 덤플 형상변화에 따른 유동특성 연구," 유체기계저널, 제15권, 제5호, pp. 54~59.
  - (5) 이현덕, 허효원, 서용권, 2012, "임펠러 외경 변화에 따른 사류펌프의 성능변화에 관한 연구," 유체기계저널, 제15권, 제4호, pp. 61~66.
  - (6) N. I. Long, B. R. Shin, D.-H. Doh, 2012, "Study on Surface Vortices in Pump Sump," 유체기계저널, 제15권, 제5호, pp. 60~66.
  - (7) 윤정, 김영인, 정영종, 이원재, 2012, "SMART 유동분포 시험장치 노심모의기에서의 횡방향 유동 특성," 유체기계저널, 제15권, 제4호, pp. 5~11.
  - (8) 문성목, 안수홍, 이경훈, 우관제, 2012, "전투차량 흡기시스템의 압력손실에 관한 수치적 연구," 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 25~31.
  - (9) 최대웅, 이기돈, 김광용, 2012, "이중분사 막냉각 홀의 측면 분사각 및 홀 사이의 거리가 막냉각 효율에 미치는 영향," 유체기계저널, 제15권, 제4호, pp. 33~41.
  - (10) 김주현, 권순철, 권기환, 이상환, 이주희, 2012, "집진기내 입자 포집과 비산 문제에 대한 수치적 연구," 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 27~35.
  - (11) 신재호, 이상환, 이주희, 2012, "격자 볼츠만 법의 유체 구조 연성해석 적용에 대한 응력 기반 격자 재생성 모델," 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 12~18.
- (1) 최원, 김광해, 원영수, 이원중, 2012, "1600kW급 프로펠러 블레이드 공력설계 및 해석," 유체기계저널, 제15권, 제3