

2014년 CFD 분야 연구동향

주현철*

1. 서 론

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics ; CFD)분야는 다양한 연구 분야의 최적화 설계에 활용되고 있으며 컴퓨터의 성능 및 처리속도의 개선 등을 통해 나날이 발전하고 있다. 2014년도 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 발표된 논문 중 CFD 분야에 속한 8편의 논문 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다.

2. CFD 분야

CFD 분야의 연구는 다양한 산업 분야에서 이루어졌으며, 상용코드를 이용하여 설계변수가 성능에 미치는 영향성을 알아보고 설계의 최적화를 이끌어내는 등 연구의 이해에 깊이 기여하였다.

김유택 등⁽¹⁾은 10kW급 모델 실험용 프로펠러 수차에 대해 Tip clearance 유무, 러너 베인 깃수 그리고 유량 변화에 따른 성능해석 및 내부유동을 검토하였다. 상용코드인 ANSYS-CFX ver. 12를 이용하여 정상상태 계산을 수행하였으며 난류 모델로서는 k- ω SST 모델을 적용하였다. 성능 해석 결과로써 수차 러너부의 Tip clearance가 고려되지 않았을 때 프로펠러 수차의 성능이 높게 확인되었으며, 0.311 m³/s의 유량에서 최고 효율을 나타내었다. 또한 러너 베인 깃수를 4매에서 6매까지 변화시켜 해석한 결과로써 깃수가 6매일 때 가장 안정적인 효율을 보였고 6매보다 줄어들수록 유효 낙차 및 출력이 감소함을 보였다.

김홍집 등⁽²⁾은 직경이 D=2800 mm인 버터플라이밸브에 대하여, 개도 $\theta=30^\circ$ 에 대해 입구 유속을 $V=3\sim 5$ m/s 까지 변경하며 밸브 주변에 발생할 수 있는 공동현상의 정도를 측정하였고 밸브의 후류 영역에 다공판(perforated plate)을 설치함에 따른 공동현상 발생 저감 효과도 조사하였다. 연구를 위하여 상용코드인 CFX를 사용하였고 난류 모사를 위한 SST(Shear Stress Transport)모델과 공동현상 해석을 위한 Rayleigh-Plesset식을 적용하였다. 전산해석 결과, 다공판이 없는 경우에 유체의 압력이 밸브 근처에서 대기압 이하로

낮아져 유속이 빠를수록 공동현상이 증가하는 경향을 보였다. 다공판이 설치된 경우에는 속도에 따라 $V=3, 4, 5$ m/s 일 때 공동현상이 각각 21.5, 85.3, 94% 저감되는 것을 알 수 있었다.

최원 등⁽³⁾은 상용프로그램인 Fluent를 이용하여 고속 프로펠러 블레이드에 대한 구조 설계 및 구조 해석을 수행하였다. 구조 해석 결과를 검증하기 위해 블레이드를 제작, 시험하였으며 이를 통해 구조 안전성을 검토하였다. 해석 값과 시험 값 비교 시 비교적 잘 일치함을 확인하였으며 구조 시험 후 블레이드의 균열이나 국부적 파손이 발생하지 않았기 때문에 구조설계 방법론의 적합성이 입증되었다. 이 연구는 추후 블레이드 구조설계에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

최영석 등⁽⁴⁾은 진공펌프 성능 평가를 위해 상용프로그램인 ANSYS CFX ver 13.0을 사용하여 수치해석을 수행하였다. 정상 상태 성능 평가 작업을 수행한 결과 파쇄부 회전각도에 따른 성능차이가 크지 않고 유로 단면적의 변화가 펌프 성능에 큰 영향을 미치지 않았으며 시험 결과와의 비교 분석을 통해 수치해석을 이용한 성능 평가 결과의 신뢰도가 높은 것을 확인하였다. 추후 일체형 진공 펌프 성능 평가 시 단면적이 균일하게 유지되는 경우 정상상태 수치해석으로도 정확한 평가가 가능할 것으로 보인다.

이도형 등⁽⁵⁾은 NACA 4 Digit airfoil 형상에 대해 heaving ratio(h), pitch shift(ϕ), 그리고 heaving shift(ψ)를 변화시켜 각각의 parameter들이 전체 유동에 미치는 영향을 조사하였고 이들 결과를 통해 Double hydrofoil에서 발생하는 유동발생의 메카니즘을 연구하였다. ANSYS-FLUENT의 유한체적법을 이용하여 연구를 수행하였다. 각각 parameter들이 유동에 미치는 영향을 분석하기 위해 뒷날개의 h 를 0.5에서 1.5까지 0.1간격으로, ψ 를 20° 에서 140° 까지 15° 간격으로, 또한 ϕ 를 30° 에서 170° 까지 10° 간격으로 변화시켜 수치해석을 진행하였다. 그 결과 $h=0.9$, $\psi=50^\circ$ 그리고 $\phi=100^\circ$ 에서 가장 좋은 추력과 효율을 확인하였다.

노주현⁽⁶⁾은 단층 급 여객/화물 복합열차(HSB) 차량에 대하여 터널 주행 시의 공력 특성을 전산유체역학 시뮬레이션을 통하여 분석하였고, 그에 따른 결과 항목을 현재 서비스 중인 KTX-산천 결과 및 국제 기준과 비교 평가하였다. 전산 해석을 위하여 상용 프로그램인 FLUENT의 동적격자기법

* 인하대학교 기계공학과
E-mail : hcju@inha.ac.kr

(Dynamic mesh)을 사용하였다. 시뮬레이션 결과로써 고속 차량이 터널 내부를 주행하는 경우에 HSB 차량이 UIC779-11 철도차량 안전기준 및 UIC-660인 단위 시간당 차량 내 압력변화 기준을 모두 만족 하였다. 이를 통해 HSB 차량이 다양한 터널을 고속 주행할 경우 내부의 승객이 느끼는 이명감은 현재 운용중인 일반 고속차량과 유사할 것으로 분석되었다.

황동하 등⁽⁷⁾은 천음속 축류 압축기의 회전속도와 상반각 형상에 따른 유동특성을 ANSYS CFX 상용코드를 사용하여 분석하였다. 성능을 저하시키는 손실 분포의 관점에서 100% 회전속도의 경우, 스톨한계점에서의 충격파와 익단누설유동의 상호작용으로 인해 쉬라우드 근처에 손실이 집중되었다. 반면에 70% 회전속도에서는 스펠 중심에서 높은 손실 분포가 나타났다. 또한 허브 상반각은 100% 회전속도 조건에서 허브 근처의 유동을 스펠방향으로 우회시켜 확산 계수를 줄여주었고 그 결과 스톨마진을 크게 상승시켰다. 70% 회전속도 조건에서는 국부적으로 확산계수를 증가시켰으나 압축기 성능과 스톨마진은 기준형상의 경우와 동일함을 보였다.

김현수 등⁽⁸⁾은 해석의 단순화와 계산 비용 감소를 위해 미생물의 경로를 유선(streamline)으로 가정하는 자외선 소독 장비의 성능해석 기법을 제안하였다. 해석기로서 상용 CFD 프로그램인 ANSYS CFX 14.5를 이용하였다. 또한 해석결과의 타당성을 검증하기 위한 방법으로써 미생물의 사멸을 판단하는 자외선 Dose를 비교하였는데 검증모델과 본 연구의 모델이 최대 6.6%의 차이를 나타내어 기법 치환의 타당성을 나타내었다. 계산 시간 또한 6.5% 차이로 기존의 검증 모델보다 본 연구의 모델이 시간을 절약할 수 있는 기법으로 분석되었다.

References

- (1) 박지훈, 김유택, 조용, 김병곤, 이영호, 2014, “CFD를 이용한 10kW급 모델 실험용 프로펠러 수차의 유량 및 러너 베인 깃 수 변화에 따른 성능해석”, 한국유체기계학회 논문집, 제 17권, 제 2호, pp. 05~11.
- (2) 조성희, 김홍집, 송근원, 2014, “다공관이 설치된 버터플라이엘브의 캐비테이션 발생 저감에 관한 수치적 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제 17권, 제 3호, pp. 65~70.
- (3) 박현범, 최원, 2014, “고속 프로펠러 블레이드 정적 구조 설계 및 시험”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제4호, pp. 11~18.
- (4) 이힘찬, 김준형, 윤준용, 김창조, 최영석, 2014, “수치해석을 이용한 오물 처리용 진공펌프의 성능평가”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제4호, pp. 53~58.
- (5) 김수진, 한준희, 이도형, 2014, “추력 및 효율 향상을 위한 Double Hydrofoil 움직임에 대한 수치해석 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제4호, pp. 59~69.
- (6) 노주현, 2014, “여객/화물 복합열차 HSB의 터널 공력특성에 대한 시뮬레이션 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제5호, pp. 54~59.
- (7) 황동하, 최민석, 백제현, 2014, “회전속도가 상반각 정익을 이용한 천음속 축류 압축기 성능에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제5호, pp. 27~36.
- (8) 김현수, 박정규, 이경혁, 조진수, 2014, “자외선 소독기 성능 예측을 위한 CFD 해석 기법 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제6호, pp. 44~51.