

2015년 CFD 분야 연구동향

주현철

1. 서 론

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD) 분야는 항공기, 터빈, 펌프, 원자력, 내연기관, 연료전지 등 연구 전반에 걸쳐 최적 설계에 사용되며 컴퓨터의 성능 및 처리속도의 개선 등을 통해 발전하고 있다. 본 특집은 2015년도 한국유체기계학회에서 발표된 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 CFD 분야에 속한 논문 5편의 연구 내용을 요약하여 소개하고자 한다.

2. CFD 분야

CFD 분야의 연구는 상용코드를 이용하여 설계변수가 미치는 영향성을 알아보고 최적화를 이끌어내는 등 다양한 산업분야에서 이루어졌다.

김기하 등⁽¹⁾은 바람의 변동에 기인한 풍력터빈 블레이드 및 시스템의 공탄성 거동을 예측하기 위해 상용코드인 NREL FAST(ver.7.02) 코드와 GH Bladed(Ver.4.4) 및 자체 구축한 CFD-Dynamics 연성해석 기법을 적용하여 NREL 5MW 풍력터빈에 대한 설계하중조건 해석 및 상호 비교연구를 수행하였다. 다양한 설계하중조건(NIM, NWP, EOG, EDC)에 대하여 블레이드 시간하중응답 및 방위각에 따른 하중 변화 양상을 비교/분석하였으며, 비교/분석한 결과로부터 정성적인 관점에서는 대부분 일치하는 경향을 보였으나 정량적 관점에서는 예측된 최대 하중 값이 약 5~18% 정도의 상대적인 편차를 가지는 것을 파악하였다. 이 연구 결과로부터 대형 풍력터빈의 보다 정확한 하중해석 및 경량화 최적설계 과정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

김진형 등⁽²⁾은 유압 밸브 시스템에 사용되는 유압 액추에이터 쿠션 장치의 형상에 따른 성능 변화를 분석하기 위해 상용코드인 ANSYS CFX를 사용하여 쿠션 시간과 쿠션 압력의 변화를 분석함으로써 최적의 쿠션 설계인자를 연구하였다. 쿠션 형상의 변화가 유압 액추에이터 작동특성에 미치는 영향을 비교하기 위해 동일 압력 및 외부하중 조건은 동일하게 고려하여 CFD 해석을 진행하였다. CFD 해석 결과로부

터 쿠션 장치의 단 수가 늘어감에 따라 유압 액추에이터 구동 시 발생하는 압력 변동은 감소하여 충격력을 감소시킬 수 있고, 행정 끝단 챔버 내의 높은 압력으로 피스톤의 속도를 감소시킬 수 있었지만 이러한 압력의 상승은 액추에이터의 진동 및 파손의 원인이 될 수 있음을 확인하였다.

유동형 지붕 탱크는 휘발성 유체를 저장하는 탱크 내부의 유면과 공기와의 접촉을 차단하는데 주로 이용된다. 김노형⁽³⁾은 유동형 지붕 탱크 내에서 유체의 균질화에 영향을 미치는 믹서(mixer)의 각도와 가동 수의 영향성을 알아보았다. 그는 사용코드 프로그램인 ADINA 9.0을 이용하여 600,000 Barrel의 탱크를 전산해석 영역으로 설정하고 $k-\epsilon$ 난류모델(High Reynolds Number)을 적용하여 해석을 수행하였으며, 이때 믹서의 경우에는 파워를 유동속도로 치환하는 모델링을 적용하였다. 그의 결과에서는 믹서에 의해 탱크 내부유동이 벽면을 따라 발생하며, 유동이 탱크의 중심부에 직접적으로 미치지 않기 때문에, 믹서의 각도 및 가동 수는 탱크 내 유체의 균질화에 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다. 따라서, 그는 믹서의 각도를 가변할 수 있는 Swivel type의 믹서는 유동형 지붕 탱크에 설치할 필요가 없다는 것을 제시하였다.

황동하 등⁽⁴⁾은 가스 터빈 엔진 요소 중 하나인 축류 압축기에서 상반각 정익(Dihedral stator)이 천음속 축류 압축기 내부 손실에 미치는 영향을 살펴보기 위해 서로 다른 상반각 정익 형상에 대해 상용프로그램인 ANSYS CFX 13.0의 3차원 압축성 RANS 방정식과 $k-\omega$ SST 모델을 사용하여 압축기 성능 및 내부 유동장 해석을 수행하였다. 그들은 전압력비와 단열효율 실험결과와 수치해석 결과를 비교 및 검증하였으며, 일정 수준의 타당성을 확인하였다. 또한, 수치해석 결과를 보면, 상반각 정익은 적용된 위치에 관계없이 추가적인 박리현상을 유발시키며, 이는, 압축기 전체 손실을 증가시키는 원인이 되지만, 늘어난 전향각 만큼 미드 스펙 방향으로 유동을 변화시켜 반경 방향 및 회전 방향 속도 성분으로 인한 끝벽 손실을 감소시킬 수 있음을 나타내었다.

김재용 등⁽⁵⁾은 원형소듐냉각고속로(Sodium cooled faster reactor, SFR)의 내부구조물 중 원자로의 출력 제어 및 비상

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

사고 시 신속한 정지를 위해 사용되는 제어봉집합체(control rod assembly)의 주요설계변수인 낙하 시간과 충격속도를 예측하기 위해 상용코드인 ANSYS CFX를 이용하여 해석을 진행하였다. 이 과정에서 강체의 운동방정식과 유체의 유동방정식을 연계한 해석방법론을 수립하고, 제어봉집합체의 낙하에 따른 격자변형을 고려하기 위한 격자변형기법을 적용하였고, 안내덕트 내부 및 제어봉집합체 내/외부를 흐르는 소듐의 유동현상을 분석하였다. 낙하 초기에 제어봉집합체의 낙하속도가 급격히 증가하지만 약 0.5초 이후에 종단속도 약 1.05m/s에 도달하고 충격속도는 damper에 의한 낙하 종단의 속도감소가 크게 발생하지 않아 종단속도와 동일하게 나타나는 것을 확인하였다. CFD해석을 통해 예측된 제어봉집합체의 수중 1m 낙하 시 낙하시간은 약 1.1초이고 낙하 전, 제어봉 집합체 내/외부 단면을 통과하는 유량비는 2.75:1이며, 종단속도에 도달한 시각에 각 단면을 통과하는 유량비는 약 2.3:1로 확인하였다.

References

- (1) 김기하, 김동현, 광영섭, 김수현, 2015, "FAST, GH Bladed 및 CFD기법을 이용한 5MW 해상풍력터빈 시스템 설계 하중조건 해석 및 비교," 한국유체기계학회 논문집, 제18권, 제2호, pp. 14~21.
- (2) 김진형, 강현수, 한수민, 김운제, 2015, "쿠션 형상 변화에 따른 유압 액추에이터 작동 특성 연구," 한국유체기계학회 논문집, 제18권, 제2호, pp. 48~53.
- (3) 김노형, 2015, "믹서의 가동 수 및 각도 변화에 따른 유동형 지붕 탱크의 유동특성," 한국유체기계학회 논문집, 제18권, 제3호, pp. 20~25.
- (4) 황동하, 최민석, 백제현, 2015, "상반각 정익이 천음속 측류 압축기 손실에 미치는 영향에 관한 연구," 한국유체기계학회 논문집, 제18권, 제5호, pp. 5~12.
- (5) 김재용, 윤경호, 오세홍, 고성호, 2015, "소듐냉각고속로 제어봉집합체의 낙하시간 및 충격속도 예측을 위한 CFD 해석," 한국유체기계학회 논문집, 제18권, 제6호, pp. 5~11.