

2018년 CFD 분야 연구동향

주현철*

1. 서 론

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD) 분야는 항공기, 터빈, 플랜트, 펌프, 원자력 등 다양한 산업의 연구 전반에 걸쳐 최적 설계에 사용되며 컴퓨터의 성능 및 처리속도의 개선 등을 통해 지속적으로 발전하고 있다. 본 특집은 2018년도 한국유체기계학회에서 발표된 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 CFD 분야에 속한 논문 7편의 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다.

2. CFD 분야

CFD 분야의 연구는 상용 CFD 코드를 이용하여 설계변수가 성능에 미치는 영향성을 알아보고 설계의 최적화를 이끌어내는 등 다양한 산업 분야의 연구 및 발전에 깊이 기여하였다.

우상무 등⁽¹⁾은 래버린스 실 형상에서 마모 형상인 Groove가 발달되는 현상을 가정하여 해석을 수행하고 누설 계수를 이용하였으며 마모 형상이 발생 할 때, Width와 Depth 방향의 연관성을 형상 변수들의 관계를 Ansys Fluent 15.0을 통하여 연구를 수행하였다. 동일한 크기의 마모가 발생하더라도 간극이 작을수록 누설계수의 변화는 크게 나타났으며 마모된 형상의 Width 방향에서 최소 간극이 발생하는 조건에서는 Width가 증가함에 따라 누설계수는 감소하였지만 Depth의 영향은 적었다. 반대로 Deth 방향에서 최소 간극이 발생한 경우에는 Width의 영향이 적었다. 마모가 발달할수록 유동의 흐름이 변화되며 마모된 부분을 지나는 주유동의 방향이 수평에서 45도 아래 방향으로 변화하지만 간극이 증가하게 되면 주유동의 변화는 줄어드는 결론을 도출하였다.

김윤성 등⁽²⁾은 본 연구에서는 펌프의 흡입구에 설치되는 IGV의 각도에 따른 수중축류펌프의 성능곡선의 변화를 수치해석과 실험을 통하여 분석하여 IGV의 각도가 펌프 성능에 미치는 영향을 평가하였다. 양정은 IGV 각도가 증가함에 따라 전 유량 구간에서 증가하였으며, 유량이 증가함에 따라

전양정 값의 차이가 커지는 것을 확인하였다. 효율은 설계유량에서는 큰 차이가 없으나 고유량 구간에서는 IGV 각도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 곡선의 기울기는 완만해짐을 확인하였다. 또 유동해석으로 도출한 성능 곡선은 실험 결과와 정성적으로 유사한 경향을 보였고 내부 유동장의 정량적인 비교를 통해 고유량 영역에서의 IGV의 각도 증가가 축동력의 상승에 비해 전양정의 상승에 효과적인 영향을 미침을 확인하였다. 이를 통해 IGV의 각도 증가는 고 유량 영역에서의 높은 효율을 유도하는 효과적인 방법임을 확인하였다.

양상호 등⁽³⁾은 일방향 제트팬의 유동특성을 평가하기 위하여 삼차원 Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) 해석을 수행하였다. 그리고 동익(rotor)의 (+)방향 피치각(pitch angle, 각) 및 (-)방향 피치각, 디퓨저 각도(diffuser angle)의 변화가 제트팬의 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 가장 좋은 성능을 보이는 형상변수들을 갖는 제트팬에 대해 성능시험을 수행하였다. 기존 제트팬의 피치각을 기준으로 +3.0°~ -6.0°로 변경하여 성능 및 효율의 영향성을 관찰 한 결과 βC를 3.0° 증가시킬 경우 효율이 현저히 감소하는 것을 확인하였다. 또한 3.0° 감소시킬 경우 기준형상과 비교하여 효율이 약 1% 증가하여 최대 효율을 갖는 것을 알 수 있었다. 디퓨저 확장각을 변화시킬 경우 θ가 14°에서 가장 좋은 성능을 보였으며, θ를 증가시킬 경우 디퓨저 확장부분에 유동박리현상이 발생하는 부분이 증가하면서 제트팬 효율이 감소하는 것을 확인하였다.

김현호 등⁽⁴⁾은 SM35C로 설계된 풍력 터빈을 일방향 유체-구조 연성해석(one-way fluid-structure analysis) 기법을 이용하여 구조적 안정성을 평가하였다. 풍속에 따른 풍하중 및 블레이드 동하중을 고려했으며, 플랜지 형상에 따른 타워의 구조적 안정성을 평가하기 위해 von Mises 등가응력(equivalent stress)을 산출하였다. 풍속 영향으로 풍력타워의 풍압 면적에 작용하는 압력을 산출하기 위한 지배방정식으로 연속방정식과 운동량 방정식을 적용했으며, 작동유체로 공기를 적용하였고, 유동 영역 입구에 5m/s의 균일한 풍속을 적용하였다. 또한 블레이드 1분 당 회전수(RPM)에 따

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

른 동적 하중을 산출하여 구조해석과 연계하였다. 결과적으로 $h_0/h=0.8$ 일 경우 최대 변형량이 크지 않고 설계 재질의 항복응력보다 낮은 응력 값을 갖는 것을 확인했으며, 이를 구조적 안정성을 가진 플랜지 형상구조로 판단하였다.

윤승현 등⁽⁵⁾은 수직이착륙 무인항공기용 직렬 하이브리드 전기 추진시스템에서 동력시스템을 제어하는 2.5kW급 전력 제어장치의 방열시스템을 설계하였다. 해당 연구에서는 주변공기로 전달되는 열전달 특성을 예측하기 위해서 복합열 전달 해석기법을 사용하였고, 핀 사이로 흐르는 유동의 흐름 특성과 열전달 특성을 확인하기 위해 표준 k-e 모델을 사용하였다. 시뮬레이션 결과 기존 방열 시스템보다 비교적 낮은 온도분포로 열적 안정성이 확보됨을 예측 하였다. 또한 히트 싱크는 무게 약 71%, 부피 약 69%를 저감하였고, 팬의 소모 동력 약 95%, 무게 약 90%를 저감할 수 있었다. 고도에 따른 방열성능을 계산한 결과, 공기 매질 수 감소의 영향으로 고도 약 4.5 km 이상에서는 팬의 유속을 증가시켜 질량유량을 일정하게 공급해야함을 확인하였다.

윤석규 등⁽⁶⁾은 가스 혼합물의 폭발압력과 연소열의 상관 관계를 이용하여 모터내부에서의 예상 폭발 압력을 추산하고 구조해석을 통해 von Mises 등가응력을 계산하여 응력집중이 발생하는 지점을 확인하였다. 또한 응력집중 지점에서 폭발압력에 따른 모터 케이스의 형상 변화를 고찰하고 모터와 미들 조인트의 접합 부분을 설계변수로 설정하여 방폭 성능에 따른 모터 형상 최적화 작업을 수행하였다. 해당 연구에서는 폭발압력에 의한 파단지점 예측을 위해 상용 프로그램인 ANSYS ver. 17.1.을 이용하여 구재해석을 수행하였고, 구조해석은 PCG 반복해석을 사용하여 수치해석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 최대 등가응력은 65.137 MPa로 모터 케이스와 미들 조인트의 체결부에서 응력집중이 발생함을 알 수 있었으며, 수차레 폭발로 인한 점진적 소성변형을 고려하여 최대 등가응력 감소를 위해 모터케이스의 최적설계를 수행하였다. 그 결과 초기결과인 65.137 MPa보다 약 0.37%감소한 64.895 MPa의 응력이 발생하여 구조적 안정성이 증가함을 확인 하였다.

장승언 등⁽⁷⁾은 직경이 101.6 mm와 304.8 mm인 3축 편심 나비형 MOV 밸브에 발생하는 동수력 토크를 해석하는 방법을 기술하였으며 밸브 주변과 양 끝단의 압력, 밸브에 발생하는 동수력 토크를 확인하고 이를 통하여 밸브 운전에 필요한 작동기를 선정하기 위해 전산유체역학(CFD)을 이용하여 해석을 진행하였다. 완전 열림 조건(개도 90°)에서 용량계수는 입구 압력과는 무관하게 밸브마다 유사한 값을 나타내었다. 동수력 토크계수는 개도가 커짐에 따라 증가하다가 개도 약 70°전후로 크기가 최대가 되고 이후 다시 감소하는 것을 확인하였다.

References

- (1) 이상무, 강을호, 박원규, 2018, “마모 형상에 따른 래버린스 실의 누설 특성에 대한 해석적 연구” 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제1호, pp. 27~33.
- (2) 김운성, 심현석, 김광용, 2018, “가이드 베인 각도에 따른 수중축류펌프의 성능특성 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제1호, pp. 34~40.
- (3) 양상호, 김경엽, 허만웅, 2018, “동익 피치각 및 디퓨저 각도가 축류팬의 공력 성능에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제2호, pp. 27~34.
- (4) 김현오, 이연호, 허현도, 김윤제, 2018, “3 MW급 풍력 발전 타워 플랜지 형상비가 구조적 안정성에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제2호, pp. 41~46.
- (5) 윤승현, 박정규, 김보성, 조진수, 2018, “항공기용 전자 장비를 위한 방열 시스템 설계”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제3호, pp. 22~28.
- (6) 윤석규, 김재희, 김윤제, 2018, “방폭성능 향상을 위한 액추에이터-모터 어셈블리의 최적설계”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제4호, pp. 17~23.
- (7) 장승언, 조성휘, 장영운, 전인수, 이원희, 김홍집 2018, “원자력 발전소용 3축 편심 나비형 밸브에 발생하는 동수력 토크에 관한 수치적 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제5호, pp. 28~33.