

2013년 유체공학일반 분야 연구동향

한태헌* · 김선민

1. 서 론

2013년도 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 발표된 논문 중 유체공학일반 분야에 해당되는 논문의 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다. 한국유체기계학회 분과의 세분화로 유체공학일반 분야를 통해서는 총 4편의 논문이 발표되었으며, 보다 다양한 소개를 위해 학술대회에서 발표된 다수의 논문을 추가하여 유체공학일반 분야의 연구동향으로 정리하였다.

2. 유체공학일반 분야

유체공학일반 분야의 논문들을 공통적인 내용으로 분류할 수 없어 각 논문의 연구내용을 아래와 같이 정리하였다.

대도시와 대규모 산업체에 용수를 공급하는 대구경 관로는 용수의 수요를 충족시키기 위해 유량을 정확히 측정할 센서가 요구된다. 이동근 등⁽¹⁾은 설치가 간편하고 유량 측정 오차를 최소화할 수 있는 습식 다회선 초음파유량계에 대해 직관, 90° 연속 곡관, 게이트 밸브, 버티플라이 밸브의 설치 위치 및 유량별 오차를 분석하였다. 90° 곡관 및 밸브 후단에서는 센서의 이격 거리가 5D 이상 되어야 오차를 감소시킬 수 있었다.

풍력발전기의 블레이드는 운영 중 외력에 의한 피로하중을 받기 때문에, 블레이드는 섬유강화 고분자 복합재료로 제작된다. 복합재료는 금속재료와 상이한 피로 거동을 보이기 때문에, 장운정 등⁽²⁾은 독일 선급 협회(Germanischer Lloyd, GL) 규격을 적용하여 소형 복합재 블레이드의 피로 저항성을 평가하였다. 측정 실험과 유한요소해석을 통해 블레이드에 작용하는 굽힘 모멘트 스펙트럼 및 피로응력 스펙트럼을 산출하였으며, GL 규격 등을 적용하여 복합재 블레이드의 피로 저항성을 평가하였다.

산업 전반에 걸쳐 사용되는 원심펌프는 축, 임펠러, 스파이럴 케이싱으로 구성되어 있다. 진현배 등⁽³⁾은 원심펌프의 성능향상을 위해 유체 유출 통로인 스파이럴 케이싱의 단면형상변화에 대한 영향을 수치해석으로 파악하였다. 스파이

럴 케이싱의 목(throat) 단면형상이 사다리꼴(standard), 원형, 사각형 중 비대칭 유동장을 유발하는 사각형 단면에서 성능곡선이 감소되었으며, 사각형 단면은 높은 유량일수록 에너지 효율 측면에서 부적합하였다.

임병주 등⁽⁴⁾은 일반적으로 검증 수명이 10년 이상 되는 긴 시간 동안 사용되는 기기의 열적 환경에 대한 검증을 위해 사용되는 아레니우스 방정식 기반의 가속열노화시험 방법의 문제점인 기기의 과도하고 불균일한 열적 부하 및 노화 시간의 장기화 문제를 해결하기 위해 다단계 가속열노화 방법을 제시하였다.

3. 유체공학일반 분야 연구동향

유체공학일반 분야로 분류된 논문 발표수가 부족하고, 유체공학일반 분야에서 다양하게 연구된 결과와 연구 경향을 소개하기 위해 학술대회 발표논문의 내용을 간략하게 추가하였다.

3.1 원자로 관련 연구

후쿠시마 원전 사고로 국내 원전에 대한 안정성 그리고 국내 원전비리 사태와 같은 일련의 사건들로 인해 원자로에 대한 고조된 관심이 관련분야 다수의 연구발표에 반영됐다고 사료된다.

연구로용 핵연료 집합체(fuel assembly)는 유체탄성 불안정(fluid-elastic instability)이 발생될 가능성이 있기에 핵연료 설계 인허가를 위하여 실험적으로 확인해야하는 사항이다. 이강희 등⁽⁵⁾은 시험용 핵연료 모의 집합체를 대상으로 상온 상압 노외 유체유발진동(flow-induced vibration) 장치를 이용하여 실험을 수행하였다. APR+ 원자로에는 비상시 노심에 주입되는 냉각수의 성능을 높이기 위한 장치인 안전수 주입 유도관(Emergency Core Cooling duct, ECC duct)이 원자로와 배럴(barrel) 사이의 좁은 유로에 설치되어 있다. 강홍석 등⁽⁶⁾은 좁은 틈새에 갇혀있는 유체의 부가질량은 틈이 작아짐에 따라 지수 함수적으로 커지며, 이러한 증가는 수중 고유진동수 감소에 큰 영향을 미치는 것으로 판단하였다.

한편, 강경준 등⁽⁷⁾은 중소형원자인 스마트 원자로(System-integrated Modular Advanced Reactor, SMART)의 정지

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

냉각계통(shutdown cooling system) 설계요건을 기술하였고, 정지냉각계통을 구성하여 주기능을 위한 열적 평가를 실시하여 성능을 확인하였다.

원자력안전위원회고시 제2012-23호에 따라 전 원전의 공기구동밸브에 대한 설계기준 성능평가 및 주기적 성능확인이 진행되고 있다. 주기적 성능확인을 위해 주기 최적화가 필요하며, 김양석 등⁽⁸⁾은 회전형 구동기의 시간경과에 따른 효율 변화량을 평가하였다. 원자력 발전소의 수평배관이 증기에 노출되었을 때 직접접촉응축(direct contact condensation)에 의한 수격현상(water hammering)이 발생할 수 있으며, 이승태 등⁽⁹⁾은 수격현상의 해석과 방지를 위해 수평관 성층유동(horizontal stratified flow)에서 직접접촉응축에 의한 유동의 국소거동 특성을 가시화하였다. 서경우 등⁽¹⁰⁾은 연구용 원자로(research reactor)의 정상운전시에는 닫히며, 자연순환시에 개방되는 플랩밸브(flap valve)를 설계하고 이와 관련된 분석을 수행하였다.

또한, 최해섭 등⁽¹¹⁾은 개량형 한국형원전인 APR+ (Advanced Power Reactor+)에서 안전주입수의 주입성능을 개선하기 위해 채택된 설계개념인 안전주입수 안내관(Emergency Core Barrel Duct, ECBD) 근처에 존재하는 횡증기 유동에 따른 투입율 변화를 정량화할 수 있도록 ECBD 주입성능 평가 실험 장치를 설계하였다.

소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR) 노심유동설계에 있어 전산코드는 필수적이기 때문에, 장석규 등⁽¹²⁾은 전산코드의 검증용을 위해 SFR 노심 부수로(subchannel)의 압력강하 및 유량분포 실험방법을 개발하고, 예비 실험을 수행하였다. 권태순 등⁽¹³⁾은 새로운 피동형 격납용기(passive containment) 냉각열교환기를 개발하기 위하여 특히, 열교환기의 위치를 선정하기 위해 격납용기의 유동분포를 해석하였다. 열교환기 설치시 격납용기 내부의 경우 상부 돌출 재순환 유동영역은 부적합하며, 외부의 경우도 유선이 수직방향으로 치우쳐 열교환기 냉각이 적절하지 않을 것으로 예상하였다.

3.2 그 밖의 연구

서성호 등⁽¹⁴⁾은 골프공의 딥플(dimple)이 항력 저감에 효과가 있는지 확인하기 위해 D-형상 물체 표면에 호형 그루브(arc-groove)를 형성하여 물체 표면에서 후류 경계층과 유동장의 변화, 와류출 현상을 살펴보았다. 물체 후류 경계층에서는 유동박리가 지연되고 난류 전단층의 크기도 감소하였지만, 물체 표면 후단에는 이러한 영향이 미치지 못하여 후류 유동제어를 통한 항력 저감 효과는 미미한 것으로 판단하였다.

김영주 등⁽¹⁵⁾은 해상의 시추선과 해저의 유정을 연결시켜 주는 일종의 통로 역할을 하는 시추 라이저(drilling riser)에 사용되는 라이저 조인트 개발의 일환으로 시추 라이저 시스템에 대한 동적 거동해석을 수행하여 시스템의 안정성을 검

토하였다.

백경일 등⁽¹⁶⁾은 쓰레기 자동집하시설에서 발생 가능한 악취 배출원을 효율적으로 관리하기 위해 악취물질 배출원 파악, 배출특성 등을 기존 시설을 통하여 파악하고, 악취저감 대책을 제시하였다.

홍창기 등⁽¹⁷⁾은 화생방 테러에 사용되는 화학 작용제의 거동을 예측하기 위해, 아음속 풍동을 사용하여 구조물 형상 변화에 따라 모의화학작용제인 살리실산메틸(methyl salicylate)의 확산 유동 특성을 분석하였다.

4. 결 언

위와 같이 2013년 한해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 발표된 논문 중 유체공학일반 분야에 해당되는 연구내용을 정리하였다.

특히, 2013년 한해 동안 사회적으로 큰 관심을 불러일으켰던 원자로 분야와 관련된 다수의 논문이 발표되었으며, 이것은 한국유체기계학회가 사회 현안문제 해결에 큰 공헌을 하고 있다는 반증으로 판단된다.

참고문헌

- (1) 이동근, 조용, 고재명, 박태진, 박종호, 2013, “습식 다회선 초음파유량계의 특성평가 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제4호, pp. 5~9.
- (2) 장운정, 강기원, 2013, “GL Guideline에 의거한 소형 풍력 발전용 복합재 블레이드의 피로 저항성 평가,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제4호, pp. 15~21.
- (3) 진현배, 김명진, 손창호, 정의준, 2013, “블루트 원심펌프의 스파이럴 케이싱 - 단면 형상의 영향,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제4호, pp. 28~34.
- (4) 임병주, 박창대, 정경열, 2013, “전기기기의 발열을 고려한 다단계 가속열노화 방법,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제5호, pp. 18~23.
- (5) 이강희, 강홍석, 김재용, 윤경호, 김형규, 임정식, 2013, “연구로용 핵연료 유체탄성 불안정 임계유속 측정실험,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (6) 강홍석, 이강희, 권태순, 2013, “APR+ 원자로 배럴의 외부에 부착되어 얇고 좁은 수로를 형성하는 안전수 주입 유도관의 유체를 고려한 진동해석,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (7) 강경준, 김영인, 2013, “SMART 정지냉각계통설계 요건,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (8) 김양석, 김대웅, 최종민, 2013, “시간경과에 따른 회전형 공기구동기의 효율 변화 평가,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (9) 이승태, 어동진, 2013, “수평관 증기-물 성층유동 가시화,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.

2013년 유체공학일반 분야 연구동향

- (10) 서경우, 윤현기, 박홍범, 김성훈, 지대영, 윤주현, 2013, “연구용 원자로의 플랩벨브 설계,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (11) 최해섭, 김기환, 어동진, 권태순, 2013, “APR+ 안전주입수 안내관(ECBD) 주입성능 평가 실험 장치설계,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (12) 장석규, 어동진, 최해섭, 이형연, 2013, “SFR 노심 봉다발 부수로 유동분포 측정방법 및 예비실험,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (13) 권태순, 윤영중, 김기환, 2013, “격납용기 내부유동,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (14) 서성호, 남청도, 이형우, 한정영, 홍철현, 2013, “Arc-Groove를 가진 D-형상 물체 주위 유동에 관한 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (15) 김영주, 우남섭, 박종명, 권재기, 김상식, 2013, “해양 시추라이저의 동적 거동 해석,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (16) 백경일, 엄진석, 나형용, 한인섭, 2013, “쓰레기자동집하시설의 악취저감대책에 대한 고찰,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.
- (17) 홍창기, 엄환섭, 최승기, 김윤제, 2013, “아음속 풍동을 이용한 구조물 형상 변화에 따른 살리실산메틸 확산 유동 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집.