

2020년 환경기계 분야 연구동향

김도형*

1. 서 론

2020년도 본 학회의 논문집에 4편, 동계 학술대회 논문집에는 환경기계분과 특별세션으로 7편의 논문이 발표되었다. 지하철 미세먼지 저감 기술 관련 1편, 광산폐기물을 이용한 수처리 기술 관련 1편, 수차 성능 시험 장치의 유동 안정화와 정수장 혼화방법 개선을 위하여 CFD기법을 이용한 연구가 각 1편씩 모두 4편의 논문이 논문집에 수록되었다. 동계학술대회에서는 특별세션으로 중규모 수력플랜트 설계 및 평가 기술 관련 연구가 7편 발표되었다.

본 논문에서는 상기 논문의 연구내용을 요약하고 연구 동향을 분석하고자 한다.

2. 환경기계분야

이형돈 등⁽¹⁾은 실제 지하역사 내 미세먼지 발생농도 수준을 분석하기 위해 서울시 지하철 2곳을 선정하여 미세먼지에 대한 정량적 농도 및 개수농도에 대한 측정 및 분석을 수행하였다. 역사 내부(대합실, 승강장)와 외부에서의 미세먼지 농도 및 먼지 입경에 따른 분포를 분석하여 PM_{2.5} 이하의 비율이 승강장에서 높게 나왔으며, 그 원인으로 승강장 내부 터널 등으로부터 지하철로 인해 발생하는 초미세먼지와 연결된 오염원이 존재하는 것으로 판단하였다. 또한 이러한 미세먼지의 효율적 관리와 저감을 위한 본선 터널과 역사의 미세먼지 농도를 동시에 저감할 수 있는 양방향 전기집진기를 개발하여 실험을 통해 다양한 변수조건 대한 집진효율 등 성능을 평가하였다. 집진기의 대전부 인가전압을 달리 적용한 실험을 통해 인가전압이 10kV 이상 유지 시, 90% 이상의 집진효율을 보이는 것을 확인하였으며, 대전부의 재질이나 카본코팅 유무에 따른 집진효율의 변화는 미미하며, 또한 2차 오존발생농도를 분석한 결과에서도 대전부의 재질과 코팅유무에 따른 영향이 크지 않았으며, 실제 적용 시 오존발생에 따른 지하역사 내 공기질에 미치는 영향은 미미할 것으로 평가하였다.

김봉철 등⁽²⁾은 물이 부족한 데다 광산개발로 인한 주변

토양 및 수질오염이 우려되는 몽골의 상황을 소개하고, 광산 개발 후 무분별하게 적치되거나 버려지는 광산폐기물에서 발생하는 회수잔사의 재활용 가능성과 잔사의 무해화를 평가하기 위해 몽골 광산 내 토양, 폐석, 석탄 내 주요 중금속 함량을 분석하였다. 광산폐기물인 회수잔사를 대상으로 정성·정량 분석을 실시하고 회수잔사의 표면 개질을 통하여 물속에 존재하는 중금속 성분 흡착이 가능한 환경소재로의 재활용 가능성을 확인하였다. 회수잔사의 표면개질은 2단계의 과정을 거치는데 먼저 세척한 회수잔사의 표면에 산화철을 코팅하고, 그 다음 산화철로 개질된 회수잔사에 2차 접목중합 개질을 진행하여 최종 개질된 회수잔사를 얻는다. 개질된 회수잔사는 수계 내 이온성 오염물질인 철과 망간을 흡착하는데 효과적인 것을 실험을 통하여 확인하였고, 향후 표면개질공정을 개선하고 최적운영조건을 도출하여 몽골 광산폐기물에서 발생하는 회수잔사를 수처리 흡착용 환경소재로 이용 가능하다는 것을 보여주었다.

최종용 등⁽³⁾은 모델수차의 성능시험 항목 중 하나인 효율 성능시험에서 계측 결과의 정확성을 평가하는 기준인 불확도에 대한 정의를 소개하고 불확도를 낮게 유지하기 위해서는 유량을 정밀하게 측정하는 것도 중요하지만, 설비의 유로를 안정화하여 유량의 변동을 최소화하는 것도 중요함을 강조하였다. 모델수차 성능시험의 불확도 향상을 위한 방안으로 test-rig 내 유동을 안정화하기 위하여 곡관부에는 guide plate, 곡관부를 지난 하류지점에는 straightener를 설치한 경우에 대한 CFD해석을 수행하여 유동이 가장 안정화되는 조건을 구하였다. 이 때 해석변수는 곡관부에 설치되는 guide plate의 개수, straightener의 길이, 연결 형태, test-rig와 모델수차의 연결부 각도이며, 해석을 통해 4개의 guide plate가 설치되고, straightener의 연결부가 분리되지 않고 길게 연결되고, test-rig와 모델수차의 연결부의 각도가 작은 경우(7°) 유동이 가장 안정화됨을 보였다.

유민수 등⁽⁴⁾은 수처리 과정인 혼화·응집과정에 있어 기존의 기계적 교반 방식을 사용하는 경우 혼화지별로 원수유입 유량과 응집제의 불균등으로 인해 혼화효율의 차이가 크며, 긴 혼화·응집지 분배 수로로 인해 응집·침전 효율이

* (주)엔플럭스

E-mail : kimdh@anflux.com

낮게 나타나는 문제점을 제시하고 이를 개선하기 위해 “위어의 낙차를 이용한 혼화방식”을 제안하고 CFD를 이용한 분석을 통해 이러한 개선점을 확인하고자 하였다. 기존 정수장의 유로와 기계식 교반기가 작동하는 조건에 대한 CFD 해석을 통하여 6개의 혼화지로 공급되는 유량이 불균일한 것을 확인하였고, 기계식 교반기가 없이 위어의 높이를 달리 적용한 혼화지 모델에 대한 해석을 수행하여 위어의 높이에 따라 유속의 분포가 영향을 받는 것을 보였다. 구조개선을 위한 최적화 과정을 통해 위어의 높이를 기존 대비 0.2m로 증고하고 착수정 수문을 추가한 경우 가장 최적의 유동을 얻을 수 있음을 확인하였다. CFD해석을 통해 얻은 최적 유로에 대한 실증실험을 수행하여 제타전위, 유동전류, 응집지 플록사이즈, 여과시간 등을 기계식 혼화와 비교한 결과 모든 항목에서 우위를 나타내는 것을 확인하였고, 이와 같은 개선방법으로, 기존의 착수정 및 혼화지에서 침전지까지 이르는 분배수로의 길이를 단축할 수 있는 부수적인 효과를 얻을 수 있어 수로에서의 접촉시간 과다로 인한 응집·침전효율의 저하를 상당부분 해소할 수 있음을 보였다.

동계 학술대회 환경기계 분과에서는 특별세션으로 중규모 수력플랜트 설계기술과 평가기술에 대하여 소개되었다. 설계 기술에는 허효원 등⁽⁶⁾은 45MW 중규모 프란시스 수차에 작용하는 유체 압력에 대한 구조적 안정성에 대한 검토에 대하여 발표하였으며, 조용 등⁽⁶⁾은 수차 러너 구조와 제작 과정을 소개하고 제작된 러너에 대한 검사 및 품질 관리 내용에 대하여 소개하였으며, 유정호⁽⁷⁾는 중규모급 수력플랜트용 발전기의 메인발전부의 설계 기법과 발전부의 전기적 안정성을 확보하기 위한 방안에 대한 연구 결과를 발표하였다. 평가 기술에서는 김선우 등⁽⁸⁾이 모델수차 성능시험 설비의 교정, 성능 시험 수행 및 시험결과 분석에 대한 내용을 발표하였고, 박노현⁽⁹⁾은 모델수차 러너 제작에 관련된 일련의 과정과 검수에 대하여 소개하였으며, 정주택⁽¹⁰⁾은 기존 수차와 모델 수차의 진동 패턴, 상태 및 성능 모니터링 시스템 개발 관련 연구를 발표하였다. 김승준 등⁽¹¹⁾은 프란시스 수차 모델의 저유량 영역역전 시 흡출관 내 발생하는 와류를 제어하기 위한 방법으로 러너 콘으로부터 공기 주입하는 방법에 대한 사전연구에 대하여 발표하였다. 이 때 주입된 공기의 영향 및 주입 유량에 따른 내부 유동 특성 및 성능 특성을 규명하기 위해 RANS 모델을 적용한 CFD 해석을 수행하였다. 러너 콘에서 주입하는 공기 유량이 전체 유량의 0.1%, 0.5%, 1.0%인 경우에 대하여 고려하였으며, 이들 중 공기 주입 유량이 0.5% 이상일 때 흡출관 내 vortex rope 와류의 발생이 억제되는 것을 확인하였다.

3. 결 론

2020년 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회

하계 학술대회 논문을 중심으로 연구동향을 간단히 정리하였다. 총 11편의 논문(논문집 4편, 학술대회 7편)이 발표되었으며 도심 미세먼지 저감, 탄광폐기물인 회수잔사를 재생한 수처리 등 환경 개선을 위한 기술, 모델수차 성능시험 개선, 혼화·응집지의 수리구조 개선, 중규모급 수력플랜트 수차에 대한 구조 안정성, 제작 및 품질관리, 발전기의 전기 및 구조 등에 대한 설계 기술과 모델수차 러너의 성능 시험, 진동 분석 등의 평가 기술, 프란시스 수차의 흡출관 내 와류 제어 분석 등의 다양한 분야에 대하여 실험적 방법과 수치적 방법을 통한 연구 결과를 확인하였다. 앞으로도 미세먼지 저감, 수처리, 깨끗한 에너지 등 환경관련 이슈는 계속 제기될 것이고 이에 대한 해결을 위해 환경기계분야에서 활발한 연구가 진행될 것으로 예상된다.

References

- (1) 이형돈, 이승환, 박찬규, 2020, “서울시 지하철 미세먼지 특성분석 및 양방향전기집진기 성능평가,” 한국유체기계학회 논문집, 제23권 제2호, pp. 23~29.
- (2) 김봉철, 이형돈, 박천영, 김탁현, 박찬규, 2020, “수처리 흡착 환경소재 활용을 위한 몽골 광산 폐기물 회수잔사 물리화학적 특성 평가 및 표면개질 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제23권 제2호, pp. 51~56.
- (3) 최종용, 조용, 조현식, 한정재, 박성순, 김선우, 2020, “CFD에 의한 모델수차 성능시험 불확도 향상을 위한 Test-rig 유동 안정화에 관한 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제23권 제5호, pp. 20~27.
- (4) 유민수, 김홍집, 2020, “CFD와 실증실험 적용을 통한 최적혼화 방법 도출 및 수리구조개선으로 정수장 혼화방법 개선,” 한국유체기계학회 논문집, 제23권 제5호, pp. 43~49.
- (5) 허효원, 정호윤, 황영철, 2020, “45MW 중규모 프란시스 수차의 유체 압력 기반 구조적 안정성 검토,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (6) 조용, 박성순, 정재훈, 윤민지, 구도형, 차호운, 황재혁, 2020, “중규모급 수차 러너 제작 및 품질관리 방안,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (7) 유정호, 2020, “중규모급 수력플랜트용 발전기의 전기 및 구조 설계 기법,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (8) 김선우, 김진훈, 한정재, 오윤령, 권영호, 최종용, 2020, “중규모급 수력플랜트의 모델수차 성능시험 정밀시험 및 효율시험법 연구,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (9) 박노현, 2020, “모델수차 러너의 제작 방법에 대한 연구,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (10) 정주택, 2020, “모델수차 진동 분석 및 모니터링 시스템 개발,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.
- (11) 김승준, 김진혁, 조용, 최종용, 한정재, 2020, “프란시스 수차 모델의 흡출관 내 공기 주입에 따른 내부 유동 특성,” 한국유체기계학회 동계 학술대회 논문집.