

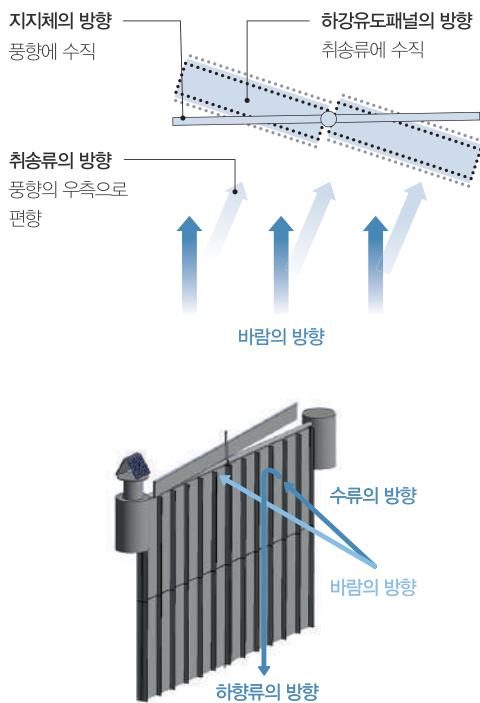
에크만-에코 수류순환기술: Ekman-Eco Circulation System

김원재 국토보전연구본부 연구위원
임현만 국토보전연구본부 수석연구원

기술 개요

최근 국내의 많은 하천, 호수와 저수지 등에서 다양한 수질오염물질의 유입으로 인한 부영양화와 정체수역 증대, 유속감소 및 일조량 증가로 인한 부영양화 및 녹조의 대량 발생 등이 사회적 문제가 되고 있다. 따라서 국민생활환경개선을 위하여 기존의 수질개선 방안과 함께 정체수역 내에서 수환경을 개선하는 현장기술이 필요하다. 에크만-에코 수류순환기술(Ekman-Eco Circulator, E2 Circulator)은 하천, 호수, 저수지 등에서 발생하는 부영양화와 녹조발생을 저감하고, 악화된

그림 1 수류순환기술의 원리



저층의 수환경을 개선하기 위하여 무동력 수류순환 장치를 활용하여 사회적 이슈를 해결하기 위한 기술이다. 본 기술은 풍향과 수류에 따라 스스로 회전하여 자연에너지를 최대한 활용하는 무동력 수류순환 시스템이다. 저수지, 호수, 하천 및 폐쇄성 해역 등 정체된 수역의 수질개선을 위하여 외부로부터의 동력 공급 없이 항상 바람과 수류의 수직 방향으로 자동 회전하여 바람 진행방향의 오른쪽으로 편향되는 에크만(Ekman) 취송류 및 기타 호류(湖流, current)를 에너지 손실 없이 하향류로 유도하는 기술이다. 또한 수체의 성층현상을 장기적, 원천적으로 차단하여 조류의 과잉 발생, 수온 및 용존산소(DO)의 성층화, 저층의 빈산소화(혐기화), 저층으로부터의 영양염류(P) 용출, 물고기 폐사, 중금속(Mn, Fe) 용출에 의한 흡수 및 적수 현상, 저층의 유해가스(메탄, 황화수소, 암모니아 등) 발생 등을 방지 또는 저감하는 저비용, 고효율의 친환경 수류순환 시스템이다.

기술 원리

에크만-에코 수류순환기술(Ekman-Eco Circulator, E2 Circulator)은 풍향에 따라 편향되게 발생하는 수류인 취송류를 활용한 기술이다. 취송류는 풍향과 동일한 방향으로 유도되지 않고 우측이나 좌측으로 편향되게 나타난다. 이는 지구의 자전에 의해 발생하는 전향력에 의한 현상으로, 북반구의 경우 바람에 의해 발생한 취송류는 우측으로 편향된다. 국내에서는 평균 18.6° 우측으로 편향된 흐름으로 관찰된다. 이를 응용하여 바람에 대응하는 바람판과 수류에 대응하는 패널시스템이 각각의 흐름과 수직으로 대응하도록 약 15 - 20° 정도 어긋나게 제작함으로써(그림 1) 하강 유도 효과를 극대화하였다.

에크만-에코 수류순환장치 구조 및 CFD 유동 해석

수류순환장치 상부에는 바람을 맞는 바람판(Wind blade)과 전체 시스템을 부력에 의하여 띄우는 부력체(Float)가 있으며, 하부에는 표층류를 하강시켜 물순환을 유도하는 패널시스템(Panel system)이 위치한다. 유도패널은 강우 및 홍수시 협잡물과 외부 충격에 의하여 장치가 훼손되는 것을 방지하기 위하여 앞뒤로 움직일 수 있도록 설계하였다. 중앙에는 중심축이 위치하고 있으며 중심축 하단에서 닻을 연결함으로써 전체 시스템의 이동을 방지하고, 풍향이 바뀔 때 따라 이를 중심으로 회전한다. 이 시스템은 호수 및 저수지에서 부유한 상태로 바람에 의해 형성된 취송류의 흐름과 항상 수직하게 위치하여 수류하강 및 순환을 유도한다. 이러한 수류순환의 효과를

CFD 유동해석 분석을 통하여 수류순환장치 지점 및 수심별 유속변화에 의한 수류순환효과를 검증하였고 수류순환장치 후방으로 흐름이 생성되는 유동 패턴이 형성됨을 확인하였으며 수심이 깊을수록 특성이 강하게 나타났다.

Test-bed 구축 및 향후 연구 방향

수류순환기술을 검증하기 위하여 국내 농업용 저수지 중 수심이 5m 이상인 저수지를 대상으로 하여 수류순환장치에 의한 표층과 저층의 수환경변화를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 폭 6,000mm, 높이 740mm 규모의 수류순환장치를 제작하여


경기도 파주시에 위치한 A저수지에 테스트베드를 설치하였다. 수류순환장치에 의한 수환경변화를 모니터링하기 위하여 수류순환장치설치 지점과 대조지점에 수온, DO, DO%, 전기전도도, TDS를 30분 간격 실시간으로 측정이 가능한 실시간 온라인 모니터링시스템을 구축하였다. 향후 현장실측 및 실시간 구축되는 DB를 활용하여 수환경 지표가 어떻게 변화하는지에 대한 지속적인 관찰을 수행할 예정이다. 무동력 수류순환기술은 국내 및 세계적으로도 완성된 기술이 없는 분야로 이 기술의 완성도를 높이기 위해서는 장기간의 현장 운영을 통한 DB 구축 및 운영 노하우의 축적이 필요할 것으로 판단된다. 

그림 2 수류순환장치 구조



그림 3 수류순환 유동해석 분석 결과

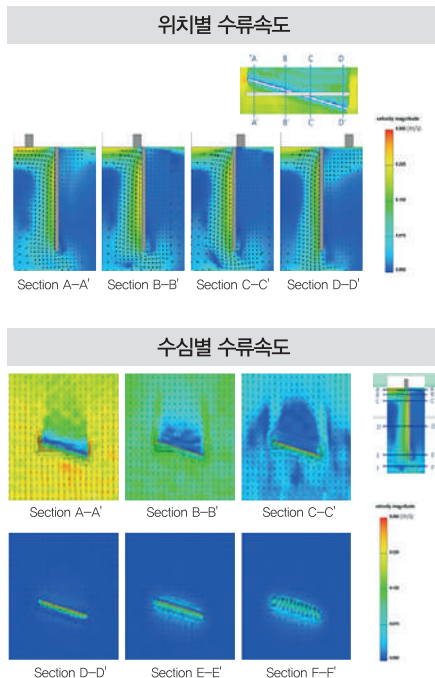


그림 4 수류순환장치 테스트베드 구축 전경



참고자료

- 임현만 외 (2020) 무동력 수류순환기술을 이용한 정체수역 수환경변화 고찰, 한국산학기술학회발표논문집.
- 한국건설기술연구원 (2019), 정체수역 수환경 개선을 위한 무동력 수류순환시스템 실용화, 보고서.