

교량형 인도교의 비점오염원 저감장치

Reducing Device of Non-Point Source Pollution in Footbridge of Bridges

이 중 석, 김 치 곤*, 유 의 근**, 이 효 원**, 김 시 철**
 한밭대학교, 한밭대학교 박사과정*,
 한밭대학교 석사과정

Lee jong-seok, Kim chi-gon*, You eui-geen**,
 Lee hye-won**, Kim si-chul**
 Hanbat Natl. Univ., Hanbat Natl. Univ. Ph. D Student*,
 Hanbat Natl. Univ. Graduate Students**

요약

고도화 산업사회에서 하천 횡단 도로에 설치되는 교량은 아주 중요한 역할을 한다. 이때 친수성을 고려한 기존·설치 교량 또는 그 부속 인도교에서 발생하는 비점오염원은 고농도인 상태로 초기우수와 함께 그대로 하천으로 방류됨으로써 하천수에 상당한 수질 오염을 초래한다. 이를 줄이기 위해 교량·인도교에 초기우수와 함께 일시에 유입되는 비점오염원을 경감시킴으로써 하천 수질의 개선효과는 클 것이다. 본 논문은 이러한 초기 우수로부터의 비점오염원을 저감시킬 수 있는 소형과 중형장치를 개발하고, 이를 사용한 실내실험을 통해 비점오염원 요소의 제거효율을 분석하고자 한다.

I. 서론

비점오염원은 비특정 오염원 또는 면오염원으로 불리며, 점오염원이 특정한 배출경로를 가진 것과는 달리 도시노면배수나 농경지배수와 같이 불특정한 배출경로를 통해 비점오염물질을 발생시킨다¹⁾. 비점오염원은 주로 비가 올 때 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로 농지에 살포된 비료나 농약, 토양침전물, 축사유출물, 교통오염물질, 도시지역의 먼지와 쓰레기, 자연 동·식물의 잔여물, 지표면에 떨어진 대기오염물질 등을 말한다. 이중 모든 오염물질을 포함한 채 배출되어 도로노면을 지나는 초기 우수가 주된 비점오염원이다³⁾.

우리나라는 그 동안 하수처리장 등 환경기초시설이 건설되면서 점오염원의 관리가 강화되었으며, 그에 따라 수계로 배출되는 총 오염부하는 지속적으로 감소되었다¹⁾. 그러나 토지이용 고도화에 따른 불투수면 확대 등으로 비점오염 부하량은 계속 증가 추세에 있다. 비점오염물질은 일정한 배출구를 갖고 있지 않으며 넓은 지역으로 분산되어져 있어 오염원 흐름의 분산성 및 지역의 방대성으로 집수하기 어렵다⁴⁾. 도시화가 진행됨에 따라 자동차 증가와 더불어 도로 및 교량이 증가하고, 그로 인하여 도로 및 교량 표면에 쌓여있는 오염물질들이 갈수기가 끝나고 강우가 발생하게 되면 씻김 현상으로 인해 하천으로 유입된다⁵⁾. 강우초기에는 고농도의 오염물질이 유출되고 이후 시간이 지남에 따라 농도가 낮아지는 초기강우 현상을 나타낸다²⁾.

본 논문은 이러한 초기 우수로부터의 비점오염원을 저감시킬 수 있는 소형과 중형장치를 개발하고, 이를 사용한 실내실험을 통해 비점오염원 요소의 제거효율을 분석하고자 한다.

II. 본론

점오염원과 비점오염원의 배출원 및 특징을 비교하면 표 1과 같다. 점오염원은 발생지점이 분명하고 관거를 통해 처리장으로 집중적으로 발생하는 반면, 비점오염원은 발생지점을 특정하기 어려우며, 발생과정에서 희석·확산되면서 넓은 지역으로 분포된다. 특히 비점오염원은 강우 등 자연적인 요인에 의해 영향을 크게 받기 때문에 발생량을 예측하고 오염물질의 차집 및 처리 효율을 일정하게 유지하는 것이 어렵다.

표 1. 점오염원과 비점오염원의 특징 비교

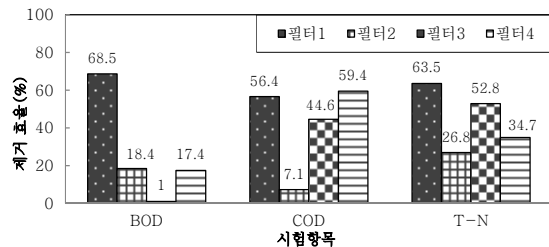
구분	점오염원	비점오염원
배출원	· 공장, 생활하수, 축산농가 등	· 논, 밭, 산업단지, 도로, 임야, 대기부진, 공사장, 축산 등
특징	· 인위적이며 배출지점이 명확 · 강우 등의 영향이 적고 변화폭이 작아 예측 가능 · 집중하여 일괄처리 가능 · 오염물질의 변동 폭이 낮아 관리 기준 정립이 용이 · 기술과 경험으로 차집 및 관리가 용이	· 인위적·자연적, 배출지점 산재 · 산재되어 일괄처리 곤란 · 강우 등의 영향이 커 예측 어려움 · 오염물질의 변동 폭이 심해 관리기준 정립의 어려움 · 기술 및 경험 부족으로 차집과 관리가 어려움

장치형 비점오염원 저감시설은 강우유출수를 집수조 등에서 모은 후 모래·토양 등의 여재를 통하여 비점오염물질을 줄이는 시설로 여과형 시설과 중앙회전로의 움직임으로 와류가 형성되어 기름·그리스 등 부유성 물질은 상부로 부상시키고, 침전 가능한 토사, 협잡물은 하부로 침전·분리시켜 비점오염물질을 줄이는 와류형 시설 등 여러 가지가 있다.

본 연구에서는 저감시설로 교량형 인도교에서 발생되는 비점오염원을 저감시키기 위한 장치를 소형과 중형으로 구분하여 개발하고 이들의 오염원 제거효율을 실내실험을 통해 분석하였다.

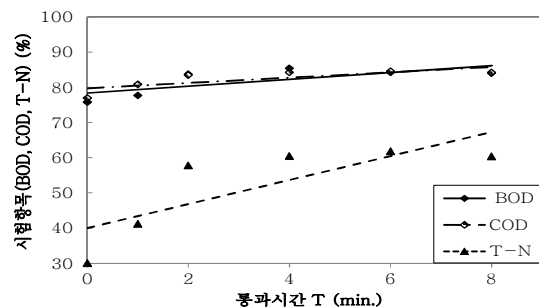
소형 저감장치는 30cm×10cm(W×L_s)로 유입구-유로가드-침전(1차)-흡착(2차)-여과(3차)를 거쳐 최종 정화된 오염수는 배출구를 통해 빠져나가게 구성되었다.

중형 저감장치는 80cm×50cm×60cm(W×L_m×D)크기에 용량 240L이고, 유입은 상부에서 1.5cm 아래, 유출은 57cm 떨어진 지점에서 이루어지며, 전체 틀은 스테인레스로 제작하여 높은 수압에도 견딜 수 있도록 하였다. 소형 저감장치 실험은 여과사와 세라믹여재, 활성탄을 이용한 필터1와 여과사와 세라믹여재를 이용한 필터2, 여과사와 활성탄을 이용한 필터3, 4를 이용해 수행하였고, 도로교량에서 가장 많이 발생하는 오염물질 중 3개 항목을 선택하여 필터의 저감효과를 실험하였으며, 그 결과는 그림 1과 같다.



▶▶ 그림 1. 소형 저감장치의 제거효율

중형 저감장치의 실내실험의 제1~3실험의 채취수와 저감장치 출구를 통과하는 시간을 기준으로 하여 통과 후 각각 0분, 1분, 2분, 4분, 6분, 8분의 시료를 채취하여 분석하고, 오염물질 요소 3개 항목 선택하여 저감효과를 실험한 결과는 그림 2와 같다.



▶▶ 그림 2. 중형 저감장치의 실내실험 평균 제거효율

그림 1과 같이 필터1은 BOD 68.5%, COD 56.4%, T-N 63.5%의 제거효율을 보였고, 필터2는 BOD 18.4%, COD 7.1%, T-N 26.8%의 제거효율을 보였다. 필터3은 BOD 1.0%, COD 44.6%, T-N 52.8%의 제거효율을, 필터4는 BOD 17.4%, COD 59.4%, T-N 34.7%의 제거효율을 보였다. 배수홀에 의한 통수능은 필터1 보다 약 3배 정도

높은 통수능을 보이는 것으로 나타났다.

그림 2와 같이 제1실험에서 4×8 메쉬 활성탄의 제거효율을 활용한 여과장치에 대한 실험이 진행되었고, 이때의 BOD 49.5%, COD 39.1%, T-N 23.7% 보였다. 제1실험의 항목에서 23.7~61.1%로 비교적 낮은 저감효과를 보였다. 제2, 3실험에서는 제1실험에서 확인한 여재, 4×8 메쉬 활성탄과 소형 필터1을 활용하여 필터를 재구성하였다. 제2실험에서 BOD의 제거효율은 79~86.7%로 평균 83.7%, COD는 83.2~89.4%로 평균 86.5%, T-N는 18.9~64.9%로 평균 50.0%의 제거효율을 보였다. 제3실험에서는 제2실험에서 이용된 동일한 필터로 실험하였으며, BOD의 제거효율은 72.6~85.7%로 평균 79.9%, COD는 70.7~82.2%로 평균 78.2%, T-N는 41.2~58.8%로 평균 53.9%를 보였다.

III. 결론

본 연구는 교량형 인도교에서 발생하는 비점오염원을 효율적으로 제거하기 위한 소형과 중형 저감장치에 대한 실내실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비점오염원 저감장치의 저감효율을 평가하여 여재의 구성 비율을 결정하기 위한 소형 저감장치 실험은 4회 실험하였다. 그 결과 소형 저감장치에서는 필터1의 제거효율이 BOD 68.5%, COD 56.4%, T-N 63.5%로 저감되는 효과를 나타냈다.
2. 중형 저감장치에서는 실내실험 3회를 실시하였으며, 제1실험에 사용된 여재(4×8 메쉬 활성탄)와 소형 필터1을 활용, 새로운 필터를 제작하여 제2, 3실험을 수행한 결과는 BOD 83.7%, COD 86.5%, T-N 50.0%의 저감효율을 나타냈다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 이종석, 교량·확장교량형 인도교의 비점오염원 저감장치 개발, 교육부·한국연구재단, 산학공동 기술개발 결과보고서, 2014.
- [2] 이종석, 중규모 교량형 인도교용 비점오염원 저감장치 개발, 중기청, 2014산학사업 일반과제(도약) 결과 보고서, 2015.
- [3] Herrmann R., Daub J., Forster J., and Striebel T., "Chemist dynamics of trace pollutants during street runoff," WST, vol. 29, No. 9, pp. 73-82, 1994.
- [4] Kent, D. B., Douglas J. S., and Kimberlee, K B. A., "Nutrients discharged to the Mississippi River from Eastern Iowa Watershed, 1996-1997," JAWRA, Vol. 36, No. 1, pp. 161-173, 2000.
- [5] Sagat, A., Chebbo, G., and Krajewski, J.L., "The first flush in sewer system," WST, JIAWPR, Vol. 33, No. 9, pp. 101-108, 1996.