

심정폭기법을 활용한 도시하천 수질개선 방안 연구

최계운* · ○박정훈** · 이동희***

1. 서론

1990년대 이전의 도시하천에 대한 정비는 홍수기의 피해방지가 주목적으로 콘크리트를 이용한 제방축조 및 하도의 직선화가 이루어지고 도심지 내 공간활용을 위한 하천복개가 이루어졌으며, 둔치에 주차장을 만들고 도로로 활용하는 일들이 진행되었다. 제방의 직선화와 둔치의 주차장화는 하천 환경을 크게 훼손하였으며, 수분을 포함하는 토양함양 능력이 급격히 저하됨으로써 평시에는 건천화 된 상태로 있다가 홍수시에는 급속한 유출이 일어나게 되었고, 강수량에 비하여 하천 유지유량이 부족하게 된 도시하천은 친수기능을 제대로 담당하지 못하며, 고유의 자정작용을 약화시켜 하천의 수질을 급격히 악화시키는 원인을 제공하였다. 또한, 증가하는 공장지대와 주거단지에서 배출되는 각종 공장폐수와 생활하수를 처리할 만한 하수종말처리장의 확충이나 하수관거의 확보가 없는 상태에서 처리되지 않은 각종 공장폐수와 생활하수가 그대로 하천에 유입되었다. 지속적인 오·폐수의 유입과 함께 하천 유지유량의 부족으로 인해 도시하천은 하수도가 되어버렸으며, 시민들과의 친수성 또한 상실하였다. 그러나 1980년대 중반 이후에 들어서면서 하천정비는 과거의 이·치수 위주의 하천정비로부터 환경기능, 경관기능과 공간기능을 중시하는 정비로 바뀌어 가고 있다. 이와함께 수질개선에 관한 다양한 정화공법들이 소개 또는 개발되었는데 역간접축산화법, 산화지법, 박충류공, 낙차공 등이 하천수질개선을 위한 공법으로써 이 방법들은 하천에 용존산소를 공급하거나 수처리의 침전원리를 이용하여 부유물을 제거하고, 하천의 자정작용을 촉진시키며 실제 도시하천에 적용되고 있다. 본 연구에서는 도심하천 수질개선을 위하여 유지관리나 설치비 등에 장점이 있는 심정폭기법(deep-wall aeration)을 이용한 도시하천의 수질개선 효과를 실험을 통하여 고찰하였다.

2. 실험장치의 원리 및 운영

2.1 실내 실험장치

실내 실험장치의 구성은 폭기조와 수조, 공기압축기, 산기관으로 이루어져 있으며, 공기압축기에서 공급된 공기는 산기관을 통하여 승기천에서 채수된 하천수 0.328 m³에 50 l/min의 공기가

* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수
** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정
*** 주) 건축엔지니어링 수도부

24시간 동안 연속적으로 공급되도록 하였다.

본 실내 실험에서는 하상에 자갈을 포설한 경우와 포설하지 않은 경우의 두 가지 조건에 의하여 실험을 실시하여 하상재료의 유무에 따른 제거효율에 대하여 비교하였다. 이는 하상에 변화를 주어 승기천에 수질개선장치 설치시 하상의 조건에 따른 효과를 분석하기 위한 것이었다. 폭기 과정을 거친 실험수는 유출관을 거쳐 순환용 수조로 유출되도록 하였다.

그림 1에서 나타난 것과 같이 본 심정 폭기조는 Δh 에 따라서 유속이 변화할 수 있으며, 유속의 변화에 따라서 동일한 유출단면에서의 유량변화가 가능하도록 하였다. 유입관을 통하여 유입된 원수는 폭기가 된 후 유출관을 통하여 유출되어지고 다시 유입관으로 재유입되어 재폭기되는 순환구조를 이루고 있다.

이 실내 실험장치의 기본 원리는 하천의 직접 정화방법 중 물리적 정화방법의 하나인 폭기(aeration)를 이용하였으며, 폭기된 처리수가 하천수에 혼합되어 산소가 전달되어져 DO의 개선을 활용한 효과를 이용하는 것이다. 또한, 처리수가 자갈층과 접촉하도록 한 경우에는 생물적 정화방법으로 양재천과 학의천 등에 직접 적용되었던 역간접축산화법과도 유사하다고 할 수 있다.

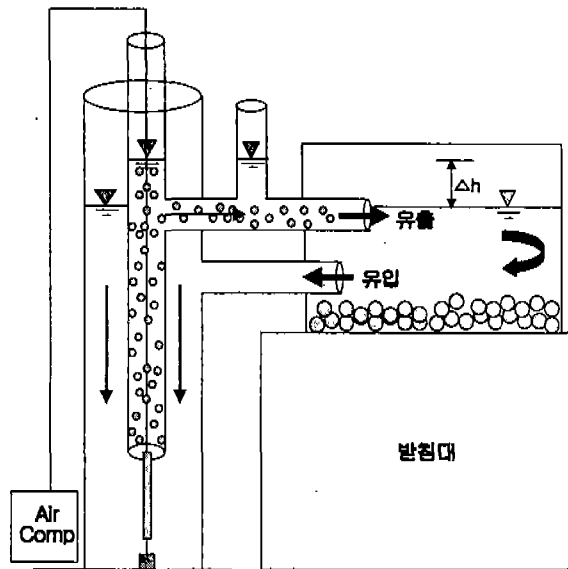


그림 1. 실내 실험장치의 개략도

2.2 현장 실험장치

실내 실험장치의 실험결과를 인천에 위치한 승기천에 적용하기 위하여 선학교와 연수교의 중간 부분의 좌안 둔치에 현장 실험장치를 설치하여 심정폭기(deep-wall aeration) 장치의 수질개선 효과를 검토하였다.

현장 실험장치도 실내 실험장치와 같이 폭기조, 공기압축기, 산기관, 순환용 수조로 이루어져 있으며, 하천에 간이 순환용 수조를 설치하였다. 승기천의 경우 하상 및 하천수가 심하게 오염된 상태이고 폭기 후 유출시 처리수에 의하여 저질이 상승되고 있으므로 순환용 수조에 비닐을 깔고 자갈을 포설함으로써 실내와 같이 저질의 영향이 없도록 하여 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 하천수는 약 4.5 m³이며, 공기가 실험시 연속적으로 공급되도록 구성하여 실험을 실시하였다. 그림

2는 현장실험장치의 개략도를 나타내며 그림 3은 순환용 수조내의 흐름을 나타내고 있다.

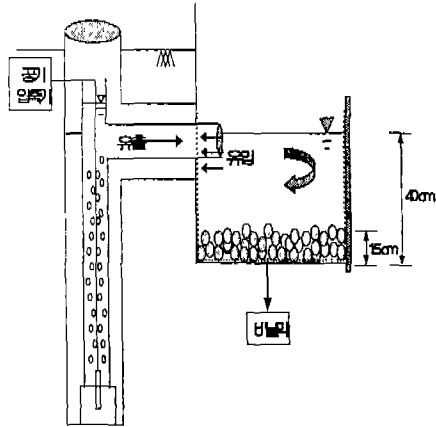


그림 2. 현장 실험장치의 개략도

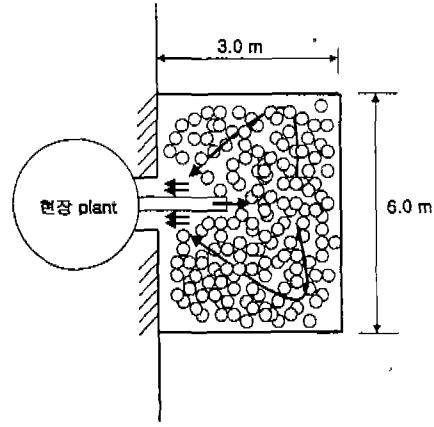


그림 3. 현장 실험장치의 운영도

3. 실험결과 분석

3.1 실내 실험

실내 pilot plant의 운영 결과는 그림4 ~그림 9와 같다.

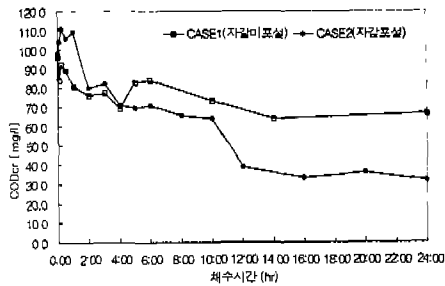


그림 4. 시간별 유기물(CODcr) 변화

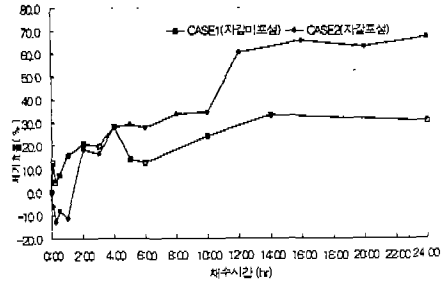


그림 5. 시간별 유기물(CODcr) 제거효율

그림 4 및 그림 5에서 알 수 있듯이 유기물의 제거 효율은 자갈을 미포설한 경우 14시간 경과 시 64.0mg/l 로써 33.3%의 제거효율을 나타내어 가장 높게 나타났으며 이후 큰 변화가 없는 것으로 보아 최대 제거효율로 판단되며, 자갈을 포설한 경우에는 24시간 경과시 제거효율이 67.3%로 가장 높게 나타났다. 그림 5에서 보는 바와 같이 자갈 포설시의 유기물(CODcr)의 제거효율이 높은 것으로 나타났으며 이는 포설된 자갈에서 서식하는 미생물에 의한 COD제거 효과가 있기 때문으로 판단되며 체류시간을 12시간 이상으로 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

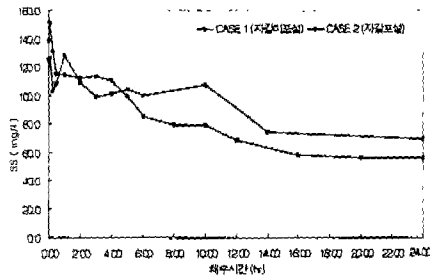


그림 6. 시간별 SS의 변화

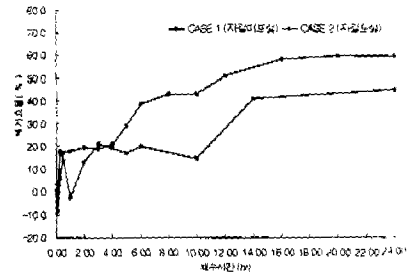


그림 7. 시간별 SS의 제거효율

그림 6과 그림 7은 SS의 제거 효율을 나타내고 있다. 자갈 미포설시의 SS에 대하여는 24시간 경과후에 44.8%로 가장 높게 나타났으며, 자갈을 포설한 경우 20시간 경과후의 제거 효율이 59.7%로 나타났다. SS의 제거효율은 그림 7에서 보는 바와 같이 자갈 포설시가 더 효과적이며 체류시간은 8시간 이상으로 하는 것이 효과적으로 나타났다.

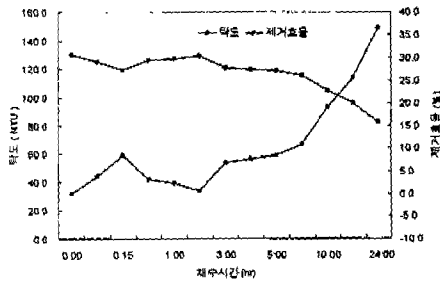


그림 8. 자갈 미포설시의 탁도 제거효율

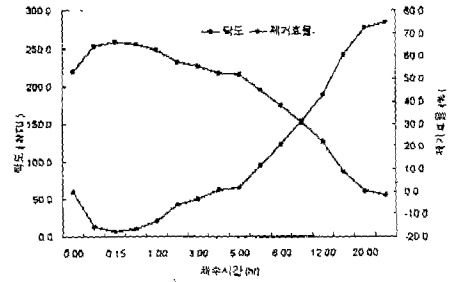


그림 9. 자갈 포설시의 탁도 제거효율

그림 8과 그림 9는 자갈을 미포설한 경우와 포설한 경우의 탁도 제거효율을 나타내고 있다. 자갈 미포설시의 탁도 제거효율은 그림 8에서와 같이 24시간후에 36.6%로 나타났으며, 자갈 포설시에는 24시간후에 제거율이 75.1%로 나타났다. 제거효율은 자갈을 포설한 경우가 자갈을 포설하지 않은 경우의 2배 이상 높게 나타났으며 체류시간은 최소 16시간 이상에서 효율이 극대화 되는 것으로 나타났다.

3.2 현장실험

현장 pilot plant의 운영 결과는 그림 10 ~그림 15와 같다.

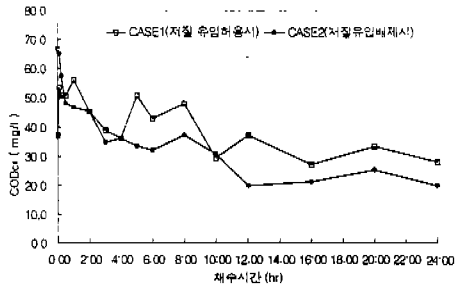


그림 10. 시간별 유기물(CODcr)의 변화

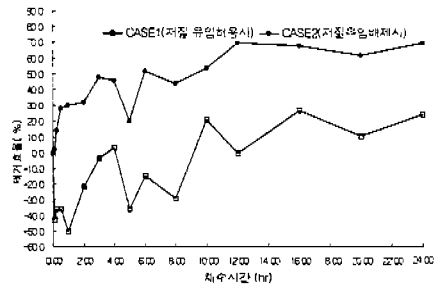


그림 11. 시간별 유기물(CODcr)의 제거효율

그림 10과 그림 11은 유기물(CODcr)의 변화 및 제거효율을 나타내고 있다. 유기물(CODcr)의 제거효율은 저질유입을 허용한 경우에는 유기물의 제거효율의 변화가 심하며 효과도 낮은 것으로 나타났다. 반면 저질의 유입을 배제한 경우 그림 11에서 보는 바와 같이 24시간이 경과한 후에 70%의 높은 제거 효율을 나타내고 있으며, 체류시간은 12시간에서 최대의 효율을 보이고 있는 것으로 나타났다.

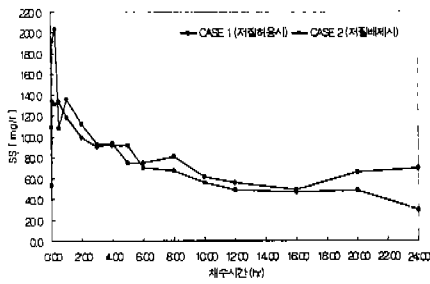


그림 12. 시간별 SS의 변화

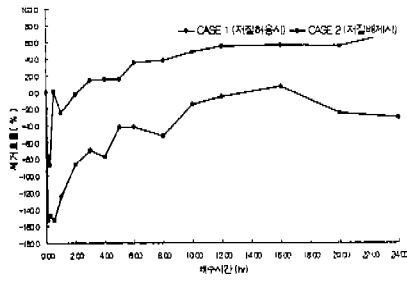


그림 13. 시간별 SS의 제거효율

그림 12와 그림 13에서 알수 있듯이, 현장실험의 SS의 제거 효율을 보면 저질 허용시에는 SS의 제거효과가 거의 없는 것으로 나타났으며, 저질 배제시에는 2시간까지는 SS 제거 효율을 보이지 않다가 2시간 이후에는 효율을 보이는 것으로 나타났다. 저질 배제시 24시간 후 효율은 72.5%로 높게 나타으며 체류시간은 10시간 이상으로 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

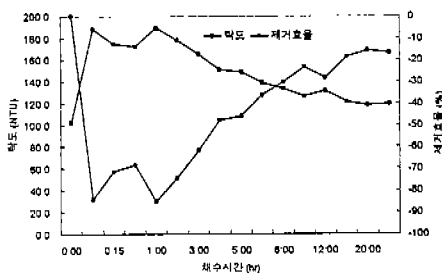


그림 14. 저질 허용시 제거효율 변화

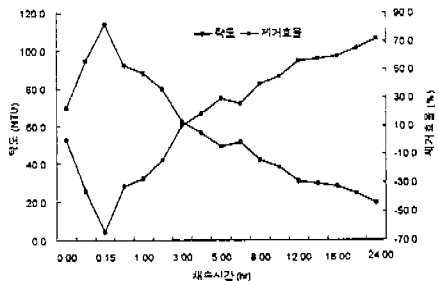


그림 15. 저질 배제시 제거효율 변화

저질 유입이 허용되는 경우 탁도의 제거율은 그림 14에서 나타난 것과 같이 24시간이 후에도 저질의 지속적인 유입으로 인하여 제거가 전혀 이루어지지 않은 것으로 나타나고 있어 본 폭기공급장치를 활용하는 경우 저질이 폭기조에 지속적으로 유입되지 않도록 유의할 필요가 있다. 저질을 배제한 경우에는 그림 15에 나타난 것과 같이 24시간 후에 71.7%의 제거 효율을 나타내고 있으며 체류시간은 12시간 이상에서 효율이 높은 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 인천의 대표적 도시하천인 승기천을 대상으로 수질을 개선하고자 폭기발생 장치를 이용하였으며, 실내 실험을 통하여 얻어진 조건을 현장에 적용하여 현장 실험장치를 구성하였다. 실내실험의 경우 자갈을 포설한 경우에, 유기물(CODcr)의 제거효율이 24시간 경과시 67.3%, SS의 제거효율이 20시간 경과시 59.7%, 탁도의 제거 효율이 24시간 경과후에 75.1%로 자갈을 포설하지 않은 경우의 제거효율, 즉 14시간 경과시 유기물(CODcr) 제거율 33.3%, 24시간 경과시 SS 제거 효율 44.8%, 24시간 경과시의 탁도 제거효율 36.6%보다 높게 나타났다. 따라서 폭기공급장치를 이용할 경우 하상에 자갈이나 모래 등의 재료를 포설한 경우에 효율을 극대화 시킬수 있을 것이다. 또한 현장실험의 경우, 저질의 유입을 허용한 경우에 지속적인 오염원 유입으로 인하여 유기물(CODcr)제거효율, SS, 탁도 등이 효과가 없는 것으로 나타났다. 그러나 저질의 유입을 배제한 경우에 높은 제거 효율을 나타내고 있다. 따라서 현장실험에서 나타난 바와 같이 본 폭기공급장치를 도시하천에 적용함에 있어서 저질에 의한 영향을 줄이기 위해 하천의 준설과 함께 병행하거나 저질유입을 억제할 수 있는 방안이 함께 강구되어야만 수질개선의 효율을 극대화 시킬수 있을 것으로 판단된다. 체류시간은 12시간 이상으로 하는 경우에 효율이 높은 것으로 나타났다. 이를 위하여 폭기공급장치를 전하천구간에 걸쳐 여러개를 연속적으로 설치하면 유하하는 물은 상류로부터 하류로 이동하면서 충분한 체류시간(또는 폭기공급시간)을 갖게 되고 이에 따른 수질개선 효과도 나타날 것이다.

참고문헌

- 김영석, 이지원, 우효섭, 이상태(1993. 6) 하천환경정비기법의 개발방향(Ⅱ), 대한토목학회지, 제 41권 제 3호, pp. 77-82.
- 이원환(1997), 최신 하천공학, 동명사, pp.359-382.
- 이길영 외 5인(1997), 하천공학, 회중당, pp. 359-382.
- 최계운(2000. 12) 승기천의 수량확보 및 수질 복원방안, 승기천 살리기 시민 대토론회, pp. 39-64.
- 김정현(1991) 수질관리, 동화기술, pp. 295-304.
- 이진원(1996. 2) 외국의 도시하천 관리, 한국수자원학회지, 제 29권 제 1호, pp. 39-46.
- 김주원(2000. 4), 장수천 및 승기천 회복을 위한 심포지엄, 한국수자원학회 수리분과위원회 · 인천 의제 21 물 · 생태 · 도시계획분과 위원회, pp. 86-92.
- 최의소, 조광명(1998), 환경공학, 청문각, pp. 71-84.