

# 중랑천 수질정화를 위한 다단토양블럭정화공법의 적용사례



**최 식 중 |**  
KG엔지니어링 상무  
csjoong2002@yahoo.co.kr



**조 윤 자 |**  
네이코스 엔지니어링 부사장  
1004wjcho@hanmail.net

## 1. 배경

과거에는 하천의 주기능이 치수 및 이수기능에 편중되어 관리되었으나, 오늘날에는 자연친화적 하천으로 조성하여 하천인근 주민들이 하천과 더불어 자연을 체험할 수 있는 친수공간으로서의 기능을 중요시하고 있는 실정이다. 기존의 하천을 자연생태계의 복원 및 친수공간으로 조성하기 위해서는 운동 시설 등 생활공간으로서의 기능을 제공하기 위한 요소도 갖추어야하지만 무엇보다도 하천수질을 맑게 유지할 수 있도록 하천의 자정기능 향상과 더불어 정화시설을 갖추는 것이 중요하다. 현재의 하수처리장 방류수 수질기준을 준수하는 정도로는 기존의 하천을 자연친화적 하천으로 전환하는데 근원적인 어려움이 있는데다 자연친화적 하천으로의 복원에 기반을 둔 종합적인 계획 없이 고수부지의 포장을 비롯한 체육시설 등의 설치하는 하천의 자연정화능력을 저감시키는 요인이 되고 있다. 하천정화를 위한 수질정화기술에는 저류형, 침투형, 식생형, 장치형 및 처리형 등이 있으며, 처리

형에는 고속토양공법, 자갈접촉산화법, 끈상접촉산화법 등이 있다. 환경부에서 추진하고 있는 생태하천 조성에는 인공습지 및 생태벨트조성 사업이 포함될 것이므로 기능성 수생식물을 이용한 수질정화기술 및 고속토양공법과 같이 토양의 정화기능을 이용한 기술에 대한 활용도가 커질 것으로 예상되며, 향후 정부의 시책과 맞물려 자연정화기술에 대한 개발은 보다 더 활발하게 이루어질 것으로 전망된다.

본 고에서는 경기도 의정부시를 통과하는 중랑천(지방2급하천)의 하천환경정비사업의 일환으로서 하수처리장 처리수를 정화하여 중랑천의 유지용수를 확보할 목적으로 수행된 사례(다단토양블럭정화공법)를 다루고자 한다. 본 공법은 하수처리장 처리수를 재처리할 목적으로는 의정부 하수처리장에 설치되어 예비시험중인 것이 국내의 첫 사례인 바, 현재까지의 실험 결과를 토대로 하여 다단토양블럭정화공법의 수질정화능력을 살펴보고자 한다.

## 2. 기술의 소개

토양을 이용한 정화법은 독일에서 시작되어 미국 및 일본으로 전파된 기술이다. 미국 환경보호청(EPA)은 토양처리법(Land Application Techniques)으로 관개법(Surface irrigation), 지표면유하법(Overland Flow) 및 급속침투법(Rapid Infiltration)으로 구분하고 있다. 일본에서는 1977년 모관정화연구회에 의해 모관여과식정화조를 개발한 이후 신건식토양정화법이 공인을 받음으로써 현재까지 농림수산성이나 건설성의 보조 사업으로 추진되어 오고 있다. 우리나라에서는 1985년도에 국립공원내의 오수처리시설에 처

음으로 적용하였다. 이후 휴양시설, 골프장, 학교, 아파트, 공공건물, 군부대, 마을하수처리 등에 토양을 이용한 정화법을 적용하기 시작하였고, 1995년 환경부에 오수처리시설로 정식 공인(환경부고시 제95-1호)받게 되었다. 토양의 정화 작용은 오수가 흙 속을 침투하는 과정에 이루어진다. 토양정화기구는 토양입자에 의한 여과 작용, 흡착 작용 및 미생물에 의한 생물학적 작용으로 이루어진다. 토양 속에는 원생동물, 균류 및 세균류의 미생물이 토양 1g 속에 10억~20억 개체수가 존재하는 것으로 알려져 있다. 토양이 우수한 정화능력을 발휘하는 것은 바로 이들 토양미생물의 작용에 의한 것이다. 토양의 자연정화능력이 우수함에도 불구하고 토양의 투수성이 낮아 단위면적당 처리량이 적은 단점이 있다. 그러므로 하천수의 처리에 적용하기는 어려운 기술로 인식되어 왔다. 최근 일본에서는 이러한 단점을 개선하여 투수성을 획기적으로 향상시켜 고속처리가 가능한 토양정화공법(다단토양정화공법)이 개발되어 가동중에 있다.

이 공법은 물이 토양 입자들의 연속된 틈을 이동하면서 여과, 흡착 및 생물분해 작용을 통하여 유기물을 제거한다는 근본적인 원리는 기존기술과 동일하나 그 구조를 개선하여 유체의 흐름을 변경시킨 것이다. 이 공법의 원리는 그림 1과 같이 토양을 일정한 규모의 용기에 담아 블록화하고 반응조에 벽돌쌓기 형식으로 쌓아 올리는 방식으로써 블록과 블록 사이에 쉐석과

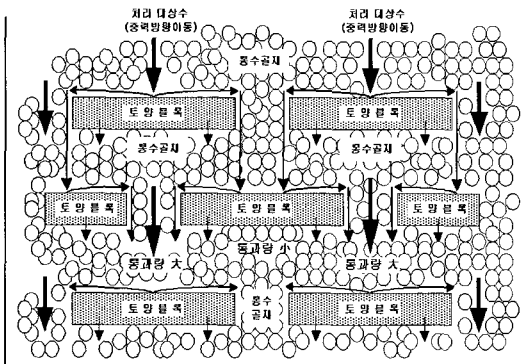


그림 1. 다단토양블록공법의 구조

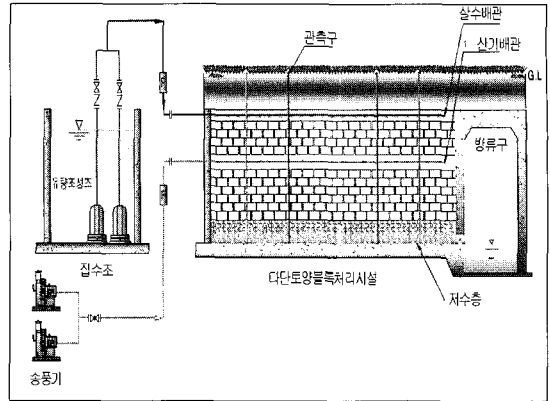


그림 2. 다단토양블록 처리조의 설치 단면도

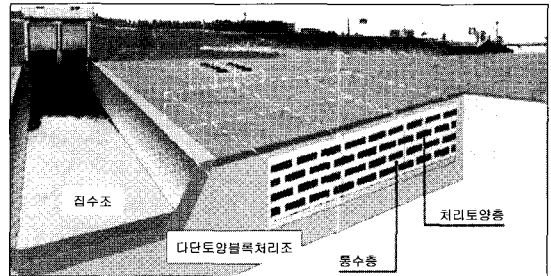


그림 3. 다단토양블록 처리조의 모식도

같이 굵은 여재를 채워 투수성을 확보하여 유체의 흐름을 빨리하면서도 토양과의 접촉기회를 반복적으로 제공하여 처리수질을 향상시킨 것이다. 즉, 처리조 상부에 살수된 처리대상수의 일부는 단면적비 85%를 차지하는 토양을 통과하고 나머지는 통수골재를 통과한다. 토양블록 층을 통과하는 양은 한정되어 있어 일정 양만 투과되고 나머지는 모두 통수층을 통해 흘러간다. 통수층을 통과한 물은 다음 단에서 토양블록으로 전달된다.

이러한 식으로 하단까지 유체의 흐름이 계속되므로 단수가 많을수록 토양과의 접촉기회가 증대되어 처리수질이 나아지게 된다. 토양블록의 단수는 처리대상수의 양 및 특성에 따라 수를 조절하게 된다. 따라서 부지면적을 최소화할 수 있어 기존 토양처리공법의 한계를 극복한 기술로 평가된다. 그림 2는 다단 토양블록 설치 단면도를, 그림 3은 모식도를 나타낸 것이다.

### 3. 적용사례

#### 3.1 토양블록모듈

다단토양블록정화공법을 이용한 하수처리장 방류수 처리사례는 아직 없으며 현재 파일럿 규모의 실험이 의정부 하수처리장에서 진행 중이다. 반응조의 규모는 1.4m L×0.9m W×1.8m H×4 개조이고 외벽은 콘크리트구조물로 제작되었으며 시설물은 지하에 매설하였다. 반응조에는 다섯 단의 혼합토양블록을 채웠으며, 하부에는 황토를 구워 만든 조립화토양으로 충전하였다. 혼합토양블록 한 개의 크기는 40cm L×40cm W×10cm H 인 플라스틱 바구니형태로서 삼면이 모두 뚫려있어 물이 쉽게 빠지는 구조로 되어 있다. 다단토양블록 처리조 1단의 조성은 5.0cm 높이의 쇠석(통수층)층과 7.0cm의 토양층(처리층)으로, 토양블록내 토양은 마사토, 현지토, 목탄 및 부엽토로

배합한 혼합토양으로 구성되었다.

실험장치는 하수처리장의 소독조를 거치기 직전의 최종 유출수를 공급하기 가까운 장소에 설치하였다. 유입수의 공급은 수중펌프에 의해 다공관을 통해 시설 상부에 살수되어 하향류식으로 처리되게 하였다. 다공관은 파이프에 일정 간격으로 구멍을 뚫어 만든 파이프로서 일반적으로 설치 후 쇠석 또는 조립화토양으로 덮는다.

다단층 내의 공기 공급은 송풍기를 이용한 강제 산기방식을 채택하였으며 하나의 송풍기에 네 개의 지관을 연결하고 밸브를 통하여 송기량이 조절 가능하도록 하였다. 공기의 공급으로 토양층 내부가 호기성 조건으로 유지되도록 하여 주 반응이 호기성 미생물에 의해 이루어지도록 하였으며, 유입수의 공급을 중단하는 휴지기간에도 공기의 공급을 계속시켜 공극내의 유기물의 분해를 촉진하여 공극의 회복을 앞당길 수 있도록 하였다.

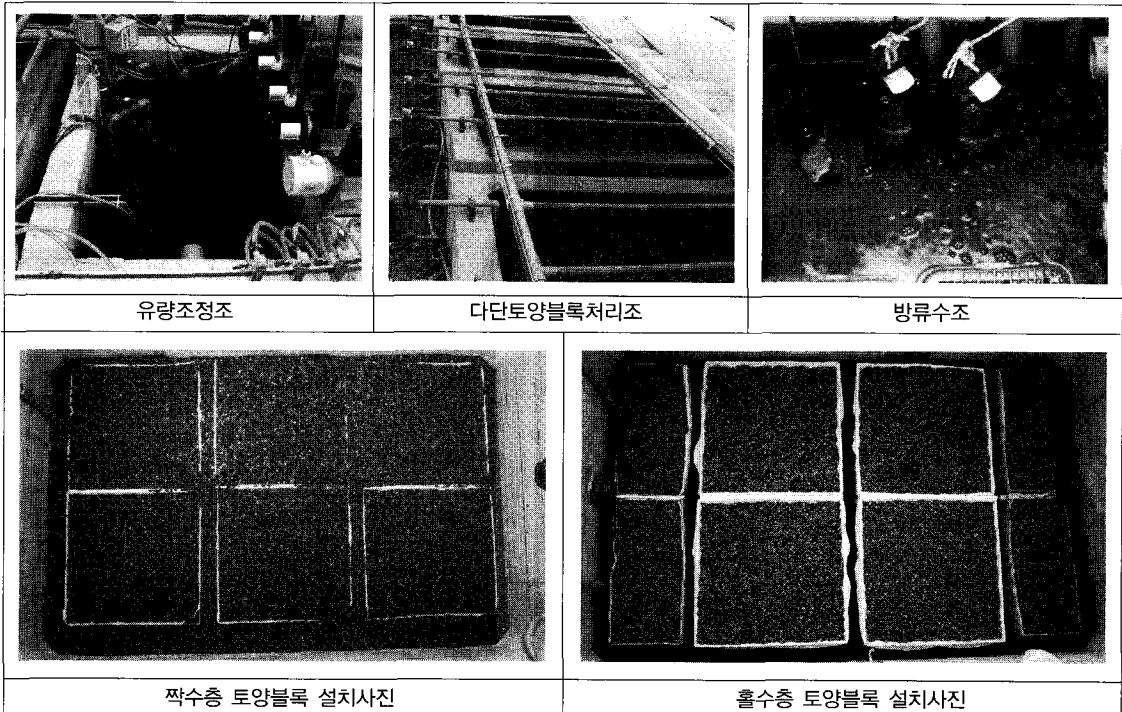


그림 4. 대상 시설의 전경 및 토양블록 설치 사진

### 3.2 운전

토양정화시스템의 운전 방법은 연속운전과 주기적으로 휴지기간을 두며 운전하는 간헐 휴지운전방법이 있다. 연속적인 운전에서 예측 가능한 문제점은 토양 불력의 막힘 현상이다. 이것은 공극에 미생물이 증식되어 공극을 막거나 유입수에 포함되어 흘러들어간 고형물이 축적되어 공극을 막기 때문에 발생된다. 그러므로 이에 대한 해결책으로 유입수의 공급을 중단한 채 공기 공급을 계속하여 고형물의 분해를 촉진하고 미생물의 자산화율 유도하여 자연적으로 공극이 확보되도록 하는 방법이 사용된다. 본 파일럿 시험에서도 막힘 현상을 방지하기 위하여 일간 휴지시간을 두는 방법과 장기적인 휴지기간을 두는 방법을 병행하여 운전하였다. 본 실험에 사용된 수리학적 부하는  $8.0\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 이었다.

### 3.3 처리결과

본 실험에 사용된 유입수는 하수처리공정으로부터 배출되는 방류수이다. 그러므로 분해되기 쉬운 물질은 이미 분해된 상태이므로 본 실험에 유입된 유기물의 대부분 난분해성물질로 볼 수 있다. 유입수질은 하수처리공정의 성능에 따라 차이가 있었으나 BOD<sub>5</sub>의

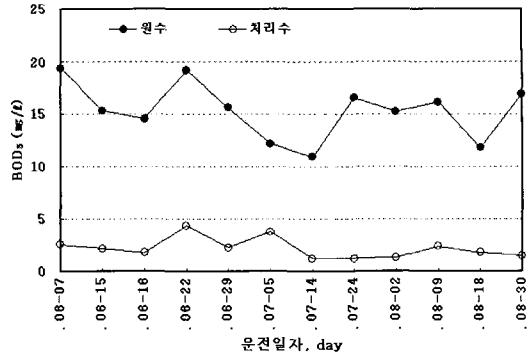


그림 5. 하절기 BOD<sub>5</sub> 농도 변화도

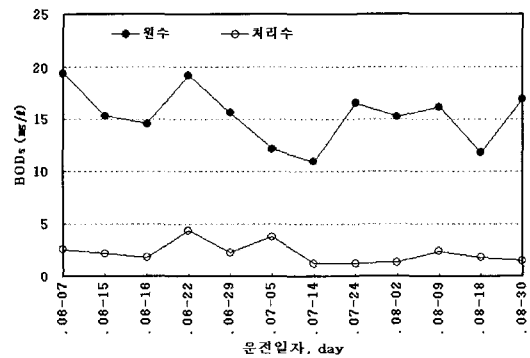


그림 6. 하절기 SS 농도 변화도

경우 약 10~20mg/l 를 유지하였다.

실험은 표 1에 제시된 바와 같이 약 1년간 진행되었으며 현재까지 가동되고 있고 그림 5, 그림 6의 결과는

표 1. 의정부시 하수처리장 방류수 재처리 결과

구 분	BOD <sub>5</sub> (mg/l)		COD <sub>Cr</sub> (mg/l)		COD <sub>Mn</sub> (mg/l)		SS(mg/l)		NH <sub>3</sub> -N(mg/l)	
	유입수	처리수	유입수	처리수	유입수	처리수	유입수	처리수	유입수	처리수
3~5월 (가동초기)	11.5	5.2	28.6	20.6	16.4	11.0	6.6	1.1	20.3	12.2
6~8월 (하절기)	15.3	2.2	19.1	9.9	11.3	6.5	5.6	1.0	12.4	1.5
9~11월 (추절기)	14.9	2.8	26.5	14.1	13.4	7.2	9.5	0.6	16.1	1.9
12~2월 (동절기)	14.8	6.8	29.1	17.5	16.4	10.6	8.7	2.3	21	6.5
평 균 (년평균)	14.1	4.2	25.8	15.5	14.4	8.8	7.6	1.3	17.4	5.5

본 공정의 일부 기간을 발췌한 것이다.

하수처리장 방류수 재처리 결과, 가동 초기단계인 3~5월 및 동절기 결과치에서 높은 값이 나타났으며, 이는 가동초기 단계는 시스템상의 불안정, 동절기의 경우 온도의 영향에 의해 재처리 기능이 저하된 것으로 판단된다. 처리수의 BOD<sub>5</sub>는 그림 5와 같이 약 5.0 mg/l 이하를 유지하였고, SS 농도는 그림 6과 같이 약 2.0mg/l 이하를 유지하여 부유물질의 제거 성능이 매우 우수한 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

경기도 의정부시 구간 중랑천(지방2급)의 수질정화를 위해 다단토양블록 정화공법을 적용하여 하수처리

장 방류수를 재처리한 사례를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 본 공법은 토양을 주재료로 사용하고 약품을 전혀 쓰지 않는 환경친화적공법이다.
- 시설물을 지하에 매설할 수 있으므로 자연경관을 훼손하지 않고 설치 가능한 기술이다.
- 하수처리장 방류수를 재처리할 경우 유량 8.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·day하에서 하절기 평균 BOD<sub>5</sub> 3.0 mg/l 이하의 처리수를 얻을 수 있을 수 있었고, 동절기를 포함할 경우 에도 평균 5.0mg/l 이하로 유지 가능하였다.
- 간헐적 운전 방법을 통하여 토양블록의 막힘을 억제할 수 있었다. ●●