

아스팔트 콘크리트
점탄성체의 재료학 접근

다른 일반 건설재료와는 다르게, 아스팔트 콘크리트는 그 물성이 점탄성(Visco-Elastic)으로 특징지어진다. 온도, 하중의 정도 및 하중이 가해지는 시간에 관계없이 일정한 물성을 나타내는 탄성체와는 다르게, 점탄성체의 거동은 이러한 인자들의 영향에 매우 민감하게 반응하기 때문에, 그만큼 그들의 물성에 대한 공학적 정량화 작업이 까다롭게 된다.

지금까지의 아스팔트나 아스팔트 콘크리트의 물성을 정량화 해왔던 방법으로는, 이들을 탄성체로 가정하여 압축·인장강도를 측정한다거나, 규정된 온도에서 규정된 힘이나 변형을 가했을 때의 변위(침입도, 신도, CBR 등)를 측정하고, 또는 토질의 특성을 설명하기 위한 계수(Mr)를 그대로 아스팔트 콘크리트에 사용하여, 주로 포장재료로 쓰이는 이들 아스팔트나 아스팔트 콘크리트의 공학적 요구 사항들을 규정하고 있다.

점탄성체를 주로 취급하는 고분자공학 분야에서는 이미 오래 전부터 점탄성 이론에 근거한 거동의 정량화 기법을 사용하여, Master Stiffness Curve와 Shift Factor - Temperature Relationship 등으로 점탄성체의 레올로지를 대변하

고 있다. 최근 미국의 포장계에서는, 약 1000억원의 예산으로 5년간에 걸쳐 이루어진 Strategic Highway Research Program(SHRP) Project을 시초로 하여, 이러한 과학적인 점탄성 이론을 바탕으로 한 아스팔트 및 아스팔트 콘크리트의 물성을 대변하기 위한 노력이 한창 경주되고 있다. 좀 더 상세히 설명하자면, 스프링과 Dashpot을 조합·연결시킨 수학적 모델로 점탄성체의 거동을 추정하고, 그 점탄성체의 물리적 실험을 통하여 얻어진 결과를 수학적 모델과 비교하여, 스프링과 Dashpot의 계수들을 구하는 것이다. 점탄성 이론에 근거한 점탄성 물체 거동의 정량화가 이루어지면, 그 뒤로부터는 어떠한 형태로든지, 그 점탄성체의 거동을 특정시킬 수 있게 되어, 포장구조의 응력해석 등에 있어서 아주 요긴하게 쓰일

수 있게 된다.

- 자료 : 1. Christensen, D.W. 1992. Mechanical Modeling of the Linear Viscoelastic Behavior of Asphalt Cements, Ph.D. Dissertation, The Pennsylvania State University, State College.
- 2. Lytton, R. L., R. Roque, J. Uzan, D. R. Hilltunen, E. Fernando, S. M. Stoffels, 1993. Development and Validation of Performance Prediction models and Specifications for Asphalt Binders and Paving Mixes., SHRP-A-357, Strategic Highway Research Program ; Asphalt Project A-005.
- 자료제공 : 김남호(도로연구원)

木炭水質淨化시스템
-木炭接觸酸化法-

하천은 유량이 많으나 下水와 비교해 그다지 오염농도가 높지 않고, 다량의 토사를 포함하고 있다. 이와 같은 하천의 특성에 따라 일반적인 下水處理와는 달리 적용성이 높고, 안전한 처리능력을 지니고 있는 하천 현장수질정화기법의 개발이 진행되고 있다. 현재까지 하천 현장수질정화기술 가운데 비교적 적용성이 높은 시스템은 木炭接觸酸化法으로 일본에서 넓게 보급되어 있고 우리나라에서도 도입을 검토하는 단계에 있다. 그

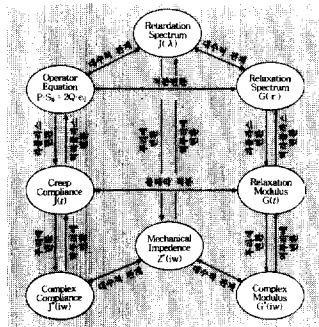


그림 1. 점탄성 Response Function들의 상관관계

기술동향

러나, 礫間接觸酸化法은 1m³/sec의 물을 처리하는데 필요한 하천부지면적이 약6,000m², 시설비는 약160억원 정도 소요되는 것을 감안한다면 규모, 단가 등에서 개선의 여지가 있다. 이와 같은 礫間接觸酸化法の 단점을 보완할 것으로 기대를 모으는 木炭水質淨化시스템에 대한 조사 연구가 최근 진행되고 있다. 木炭水質淨化시스템은 처리면적이 적고, 단가가 저렴한 木炭을 사용하는 시스템으로써 일본에서 골프장내 못 등의 수처리에서 정화효과를 거두자, 建設省 土木研究所와 地方建設局에서는 하천현장에 木炭水質淨化시스템의 적용성에 대한 검토를 최근 1년 정도 행하여 왔다. 여기서, 木炭水質淨化시스템의 성과에 대해서 간략히 소개한다.

1. 시스템의 개요

하천내 木炭水質淨化시스템은 接觸材(濾過材)로 자갈 대신 木炭을 사용한 接觸酸化法을 응용한 河川水質淨化 시스템이다. 그림1과 같이 입경 10-40mm의 목탄을 두께 30cm 정도 깔아 채워 木炭層을 만들고, 2-6cm/min(참고: 상수도 원수처리 緩速濾過法: 0.2-0.4cm/min, 急速濾過法: 8-14cm/min)의 유속으로 물을 上向流 혹은 下降流로 여과시키는 시스템이다. 水頭差를 조절하면서 흐르게 하는 것이 特徵이다. 그리고, 유입

수에 비해 정화된 유출수는 용존 산소가 크게 감소하고, 퇴적한 汚泥에 포함되는 有機量은 유입수에 포함된 양보다 적다. 이 시스템은 여과효과에 의한 오염물질의 퇴적과 퇴적오니의 생물학적 산화분해 효과에 의해 정화가 된다.

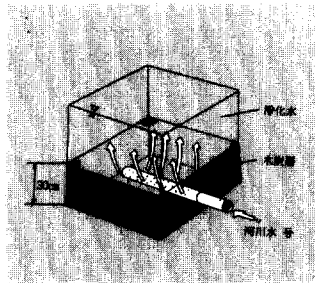


그림1. 木炭水質淨化시스템 개요

2. 실험결과 및 시스템의 특징

일본 土木研究所, 榎木縣, 地方建設局에서 행한 실험 개요와 실험 결과는 표1과 같다. 이와 같은 실험결과 木炭水質淨化시스템의 장점으로 다음과 같다.

- (1) BOD에 대해서는 역간접촉산화법과 동등의 효과가 있다.
- (2) 인, 질소에 대해서도 유효한 시스템이 될 수 있다.
- (3) 礫間과 비교해서 시설면적은 약 1/2이하가 된다.
- (4) 間伐材, 넘어진 나무 등을 이용할 수 있으므로 삼림의 보전 혹은 CO₂의 고정이라는 의미에서도 유효하다.

- (5) 목탄은 가벼우므로 시공은 간단하다.
- (6) 폭기에 의해 요동, 역세척이 간단하다.
- (7) 그림 2와 같은 浮島 등 새로운 시스템이 가능하는 것으로 나타난다.

그리고, 단점으로는 無機 SS에 의해 막히기 쉽다는 것이다. 이에 따라, 오니를 뽑아내는 등의 정기적 유지관리가 필요하다.

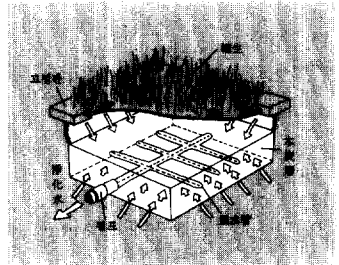


그림2. 浮島淨化시스템

3. 맺음말

木炭水質淨化시스템은 礫間과 동등이상의 정화능력을 가지며, 시설규모도 작게 할 수 있지만 배니에 대한 충분한 유지관리가 필요하다. 여과재로서 목탄을 사용하는 것은 폐재의 활용이라 할 수 있으며, CO₂의 고정, 삼림자원보전 등 지구의 환경보전에도 공헌하는 것이라 할 수 있다.

■자료: 토목기술자료, 연구칼럼, PP 4-5, 1994.6, 일본건설성 토목연구소

■자료제공: 이삼희(수자원연구소)

기술동향

표 1. 일본의 木炭淨化實驗 개요 및 결과

실험 기관	장 소	목적 개요	시 설 장 치	제거효과(상탄은 유입수질)					결 과	
				BOD	SS	COD	T-P	T-P		
토목 연구소 土浦市 備前市		1. 생활하수가 정상적으로 유입하는 하천에서 정화 효과 검토 2. 시스템 차이에 의한 정화효과를 비교 검토 3. 備前川은 생활하수가 유입하는 하천		10mg/l	28mg/l	13mg/l	3.2mg/l	0.3mg/l	1. 오히려 적에 의하여 短絡流가 발생하고 제거 효과가 떨어짐 2. 유입수에 비해 정화후는 용존산소가 감소 3. 퇴적한 오니의 강렬한 냄새 유입수보다 감소 4. 시스템이 다름에 따라 제거효과의 차는 적음	
				목탄층 두께 30cm 여과속도 2cm/분	31%	37%	14%	5%		10%
				목탄층 두께 60cm 여과속도 2cm/분	41%	48%	19%	8%		18%
토목 연구소 土浦市 備前市		1. 생활하수가 유입하는 작은 수로에서 정화 효과 검토 2. 자갈, 침엽수목탄, 활엽수목탄의 3종의 여재를 비교 검토 3. 하상에 여과층을 매설하고 펌프로 강제 침투 효과		4.1mg/l	29mg/l	-	4.6mg/l	0.3mg/l	1. 하상에 수조가 변형 2. 두시도가 향상 3. 자갈과 목탄의 사이에서 큰 차는 없음	
				자갈	40%	88%	-	4%		57%
				침엽수 목탄	51%	88%	-	8%		51%
토목 연구소 土浦市 備前市		1. 호소수의 정화효과를 검토 2. 수면하 1m 아래 시스템 내부에 김수관을 배치한 목탄을 넣은 바니를 매달아 펌프로 강제 여과 3. 가우미가우라는 부영양화현상이 문제가 되고 있는 호소		3.8mg/l	18.6mg/l	4.6mg/l	2.2mg/l	0.1mg/l	1. 막힘이 없었음 2. 안-김수를 포함한 炭層을 효과적으로 잘라내는 것이 가능 3. 내부에 혐기상태가 발생하여 탈질산화가 행해짐	
				60%	70%	39%	18%	42%		
				5-15mg/l	5-40mg/l	-	3-8mg/l	0.3-0.8mg/l		
간기 지방 건설국 寺内谷川		1. 시스템의 유효성 검토 2. 폭기에 의한 배니장치의 유효성을 검토 3. 寺内谷川은 생활하수가 유입하는 하천 4. 시스템은 3층으로 나누어 각각 오니저 강소와 폭기관을 갖춤		90%	95%	-	50%	65%	1. 폭기에 의한 排泥작용에 의하여, 퇴적한 오니는 거의 배출이 가능 2. 제거율이 높음	
				3.1mg/l	15mg/l	5mg/l	-	-		
				61%	93%	24%	-	-		
동부 지방 건설국 伊那市 天龍川		1. 대하천에 있어서 고수부지를 이용한 정화기법의 유효성 검토 2. 天龍川은 諏訪湖가 발원지이며 이곳에서부터 오염이 문제가 되고 있는 하천 3. 고수부지에 늪을 만들어 본천의 물을 도입하고 늪에서 순환정화시켜 월류분을 본천에 되돌리는 시스템		3.1mg/l	15mg/l	5mg/l	-	-	1. 늪에 있어서 침전과 용도 추가되어 SS의 제거효과는 높았음 2. 정화 가능성이 있음	
				60%	80%	30%	20%	45%		
				60%	70%	-	6%	15%		
총 합				60%	80%	30%	20%	45%		
역간점축산화(가동중인 시설평균)				60%	70%	-	6%	15%		