

폐기물 매립지 침출수 집·배수 시스템에서 필터 막힘에 관한 연구  
Filter Clogging of Leachate Collection and Removal System at  
Waste Landfill

고재학 · 이재영 · 노희정

서울시립대학교 환경공학부

Abstract

In this study, to evaluate the performance of leachate collection and removal system, the clogging of geotextile filter was tested and simulated for HELP. As a result of clogging test, the all permeability of geotextiles were decreased rapidly in several day. Also,  $Ca^{2+}$  and  $COD_{cr}$  concentrations were decreased during test. In model simulation for HELP, Daily discharge volume was shown insignificant change with the filter clogging. however, this result may effect on increasing of the hydraulic gradient in waste layer.

---

key word : Landfill, leachate collection and removal system, clogging, HELP

I. 서론

90년대 이후부터 국내에서는 위생 개념의 매립지가 도입되어 대부분의 폐기물 매립지는 바닥층, 폐기물층 및 복토층 등의 기본적인 구조로 건설되고 있다. 매립지의 바닥층은 차수층과 침출수 집·배수층(Leachate Collection and Removal System; 이하 LCRS로 함)으로 구성되며 최종복토층과 더불어 침출수의 관리에 있어서 가장 핵심적인 부분이다. 매립지의 건설에서는 점토, 자갈, 모래 등의 천연 재료를 바탕으로 하여 토목합성섬유(Geosynthetics; geomembrane, geotextile, geonet, geocomposite, geogrid 등)가 주로 이용되고 있다. 이러한 재료들은 매립지의 구성에 있어서 각각의 설계 목적에 의해 선택되며, 재료마다 독특한 기능들을 수행하게 된다.

토목합성섬유중에서도 geotextile은 분리, 여과, 보강 등의 기능을 가지고 있으며 매립지의 LCRS에서 geomembrane의 보호와 filter로서 이용된다. 그러나, 폐기물 매립 후 침출수가 발생되면서, 침출수에 의한 LCRS 필터의 막힘이 발생할 수 있기 때문에 geotextile filter의 포설시에도 침출수에 의한 막힘을 고려하여야 한다<sup>1)</sup>.

LCRS 막힘의 대표적인 예로서 캐나다의 토론토에 있는 Brock West Landfill에서는 11년의 매립지 운전기간동안에 20m까지 침출수의 수위가 상승되었으며, Keele Valley Landfill에서는 단 몇 년간의 운전기간 이후 막힘에 의해 배수재의 공극이 심각하게 감소된 예가 보고되었다<sup>2)</sup>. 이러한 막힘으로 인하여 LCRS가 제대로 기능을 수행하지 못 할 경우, 매립지내 침출수의 수위를 상승시켜 사면과 바닥층의 손상부위를 통한 침출수 유출이 증가된다. 또한,

상승된 수위에 의한 사면의 안정성이 저하, 및 가스의 추출에도 어려움이 발생한다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 매립지 침출수를 이용하여 막힘의 정도를 평가하고, HELP(Hydrologic Evaluation Landfill Performance) 모델을 이용한 필터 막힘에 대한 LCRS의 성능을 시물레이션하였다.

## II. 재료 및 방법

매립지 LCRS의 Filter로 이용되고 있는 geotextile에서 침출수 흐름에 의한 막힘을 평가하기 위하여 Fig.1과 같이 실험 장치를 만들었다. 침출수 유입조와 유출조에 5cm의 수두차를 두어 펌프를 이용하여 유입조에 침출수를 과량 공급함으로써 일정한 수두가 유지되도록 하였다.

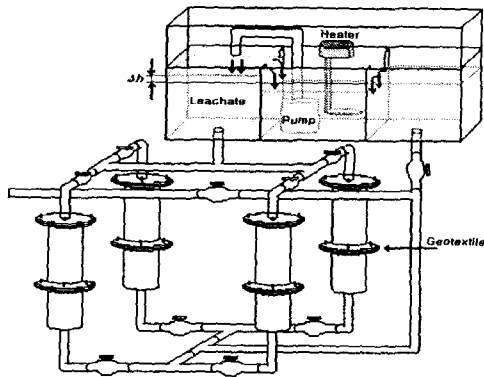


Fig. 2 The long term clogging test for leachate

매립지 하부와 유사한 온도조건을 맞추기 위하여 침출수를 40°C 이상으로 유지하였다<sup>2)</sup>. 실험 장치의 외벽은 단열재를 이용하여 침출수가 이동 중에 손실되는 열을 최소화하였다. 컬럼의 재질은 아크릴이며, 내경이 10cm인 것을 4개 설치한 후 내부에 부직포를 고정할 수 있도록 하였다.

Geotextile은 중량이 1,000g/m<sup>2</sup>으로 부직포(needle punched nonwoven type; 이하에서 부직포라 함)이며, 폴리머는 polypropylene, 두께는 6.5mm인 것을 이용하였다. 투수실험은 ASTM D-4491의 변수위법<sup>4)</sup>에 기초하여 수행하고 있으며 막힘이 상당히

진행되었을 때에는 수두를 높여 수행하고 있다. 장치의 운전 기간동안 침출수의 변화와 그에 따른 부직포의 투수계수의 변화를 평가하기 위하여 침출수의 수질을 분석하였다. 침출수 원수의 교체는 48일 경과하였을 때 COD<sub>cr</sub>가 50%이상 감소하였기 때문에, 운전된 침출수 240 l 중 100 l를 인출하고 새로운 원수 140 l를 주입하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 침출수의 수질 변화

사용된 침출수는 COD<sub>cr</sub>가 5000mg/l, 4500 mg/l 정도의 고농도이며, Ca<sup>+2</sup>는 185mg/l와 240mg/l이며, 알칼리도도 8000mg/l로 매우 높은 침출수로서 주요 수질을 Table 1.에 나타내었다. 침출수의 수질에서 계산된 탄산칼슘포화 pH<sup>(5)</sup>(pHs)는 5.4와 6.1로 매우 낮게 나타나 충분히 칼슘 침전이 발생될 수 있는 조건을 가지고 있었다.

Table 1. The characteristics of fresh leachate

No	pH	COD <sub>cr</sub>	Na	Mg	Ca	Fe	Alk <sup>a)</sup>	Cond <sup>b)</sup>	pHs
				(mg/l)				(mS/m)	
Fresh leachate I	8.0	4900	2800	222	185	3.5	7950	26.3	5.4
Fresh leachate II	8.1	4500	2900	196	240	34.5	8850	25.6	6.1

a) : Alkalinity      b) : Conductivity

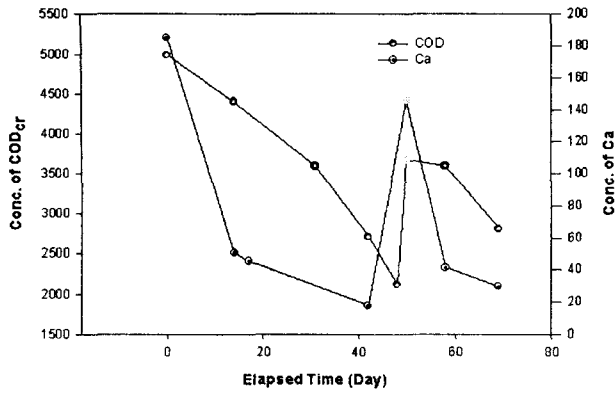


Fig. 2 . The variation of COD<sub>cr</sub> and Ca<sup>2+</sup> concentration

실험 기간동안 침출수의 수질중 변화가 가장 크게 나타난 COD<sub>cr</sub>와 Ca<sup>2+</sup>의 농도 변화를 Fig.2에 나타내었다. 처음에 이용된 침출수 원수 I의 경우, COD의 농도는 지속적으로 감소하여 50일이 경과하였을 때, 4,990mg/l에서 2,100mg/l로 60% 가량이 감소되었고, Ca<sup>2+</sup>의 농도도 15일이 경과하였을 때 185mg/l에서 46mg/l로 75%가 감소하였다. 이후 새로운 침출수를 주입하기 전까지 서서히 감소하였다. 두 번째 교체된 침출수에 경우에도 침출수 I과 같이 COD<sub>cr</sub>와 Ca<sup>2+</sup>의 감소가 뚜렷하게 나타났다.

## 2. 침출수에 의한 부직포 막힘

침출수를 순환시킨 실험 장치에서 투수계수의 변화를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에 나타낸 바와 같이 부직포의 투수계수는 최초 10일이 경과하였을 때, 모든 컬럼의 부직포에서 투수계수가 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 침출수의 순환에 따른 수중의 부유 물질의 누적과 침출수 중의 Ca<sup>2+</sup>와 같은 경도유발물질 등의 침전에 의해 부직포 공극의 급격한 감소가 이루어진 것으로 사료된다. 운전 후 30일이 경과하였을 때부터 투수계수는 안정한 상태를 보여주었다. 또한 침출수 원수로 교체된 50일 이후도 column 4를 제외한 모든 컬럼에서 투수계수가 큰 변화를 보이지 않았다. 90일 가량 경과하였을 때까지 부직포의 투수계수는  $2 \times 10^3$ cm/s에서  $2 \times 10^4$ cm/s의 범위를 보였다.

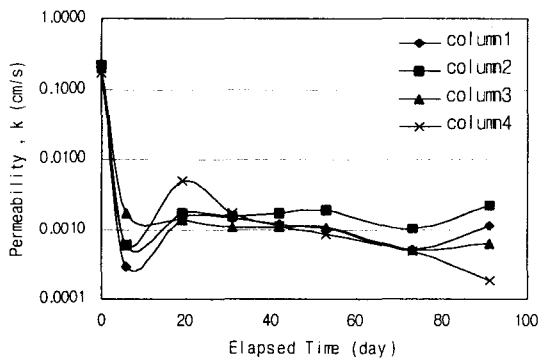


Fig. 3 The variation on the permeability of geotextile filters

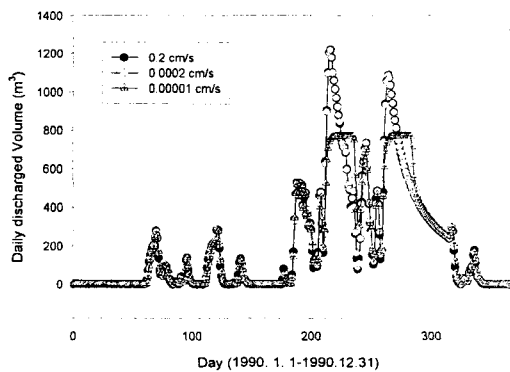


Fig. 4 The discharged volume with different Permeability in HELP

## 2. HELP 모델에 의한 침출수 집수량 평가

부직포의 막힘에 의한 배수량의 변화의 시뮬레이션을 위하여, 일정 매립지를 가정하고 HELP 모델을 이용하여 일일 배수량을 예측 평가하였다. 가정된 매립지의 구조는 75cm의 점토층( $k=1 \times 10^{-7}$ )과 30cm의 쇄석( $k=1.0 \times 10^0$ ), 부직포 필터( $k=0.2 \sim 1.0 \times 10^{-1}$ ), 폐기물층( $k=2 \times 10^{-4}$ )

으로 구성이 되어 있으며, 전체 셀의 면적은 300m×300m로 가정하였으며, 배수길이를 150m로 하였다. 부직포의 투수계수는 실험에서 얻은 값을 이용하였으며, 이외의 층에 관한 투수계수는 모델에서 제공된 값을 이용하였다. 기상자료는 최근 10년간 가장 강우량이 많았던 1990년도 서울시의 기상자료를 이용하였으며 이외의 입력자료는 모델에서 제공된 데이터를 이용하였다.

LCRS 부직포 필터의 투수계수에 따른 배수량을 HELP 모델을 이용하여 예측한 결과는 Fig.4에 나타내었다. 실험 결과를 이용한 부직포의 투수계수가  $2 \times 10^{-1} \text{cm/s} \sim 2 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 까지는 일일 배수량이 거의 일치하였으며, 일일 최대 배수량은 1220m<sup>3</sup>/day로 예측되었다. 그러나, Darcy의 법칙을 고려하면 일일 배수량이 동일하고, 투수계수가 달라질 경우에는 투수계수의 비율만큼 동수경사가 상승하기 때문에 침출수의 수위가 폐기물층 내에서 상승될 수 있다. 그리고, 부직포의 투수계수가  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 에 이르렀을 때, 일일 최대 배수량은 770m<sup>3</sup>/day 정도로 감소되어 약 20일정도 지속되는 것으로 예측되었다.

#### IV. Conclusion

침출수를 이용하여 부직포의 막힘에 대한 평가를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 부직포의 투수계수는 침출수에 의해 초기 수일 내에 급속히 감소하였으며, 투수계수의 변화가 안정이 된 후, 투수계수가  $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 까지 감소되었다.
2. 매립지 침출수의 수질은 실험기간동안 COD<sub>cr</sub>와 Ca<sup>2+</sup>의 농도가 급격히 감소된 것으로 보아 부유물질과 더불어 부직포의 막힘에 기여한 것으로 사료된다.
3. HELP 모델을 이용하여 부직포의 막힘에 따른 일일 배수량을 시뮬레이션 한 결과, 배수량에는 큰 영향이 없는 것으로 예측되었으나, Darcy의 법칙을 고려할 경우 매립지 내 침출수의 상승이 우려되었다.

#### V. Reference

1. Robert M. Koerner, "Designing with Geosynthetics", 4rd Edition, Prentice Hall Publ. Co., Engewood Cliffs, NJ, 1998, pp.152~155
2. M. Brune, H. G. Ramke, H. J. Collins, H. H. Hanert., "Incrustaion processes in drainage systems of sanitary landfills", Proceeding Sardinia 91, Third International Landfill Symposium, Cagliari, Italy, 1991, pp.999~1034.
3. Cazzuffi and Cossu, "Experimental evaluation of filter performance for geotextiles in landfills", Geotextile of filtration and drainage, edited Stophen Corbet and John King, IGS, 1993, pp.
4. ASTM D-4391, 1993, "Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity", ASTM Standards on Geosynthetics, Philadelphia, PA, pp. 23~27.
5. 野馬 幸生, 貴田 晶子, "最終處分場におけるカルシウムスケール生成の豫測", 日本廢棄物學會志, 1999,