한국지하수토양환경학회 추계학술대회
2001년 9월 21-22일 전 주 대 학 교

폐기물 매립지 침출수와 침출수 내의 휴믹물질이 GCL의 투수계수에 미치는 영향

한영수 · 이재영
서울시립대학교 환경공학부
(e-mail: callyshan@korea.com, leejy@uoscc.uos.ac.kr)

요 약 문

Geosynthetic Clay Liners (GCLs) have been used for the applications of the hydraulic containment system in landfill due to inexpensive costs, simple workability and distinguished ability as a barrier material. However, bentonite of GCLs is easy to be damaged by the chemical solutions. Thus, there is a need to evaluate the potential susceptibility of GCLs causing increase the hydraulic conductivity when GCLs are exposed to raw leachate and dissolved humic substances from landfill leachate.

The hydraulic conductivity tests were performed with flexible-wall permeameter (the falling-headwater/rising-tailwater procedure) in order to verify the potential susceptibility of GCLs. The values of the hydraulic conductivity conducted with raw leachate as a permeant liquid increased considerably; however, The change of the hydraulic conductivity in the case of humic and fulvic acid were not worthy of notice. As the results of swelling tests of bentonite, however, humic substances can affect badly on the dispersion behavior of bentonite. These results indicate that humic substances dissolved in leachate could reduce the hydraulic conductivity of GCLs in landfill.

Key words : Humic Substance, Leachate, Hydraulic Conductivity, Humic/Fulvic acid, Geosynthetic Clay Liner(GCL)

Ⅰ. 서론

토목합성수지라이너(Geosynthetic Clay Liner)는 최근 매립지 건설시 자연토사에 비해 비용이 저렴하며, 포설이 쉽고 얇은 두께로도 두꺼운 점토층보다 우수한 차수능력을 발휘하므로 널리 사용되고 있다. 특히, 매립지 사면의 경사가 급한 부분은 점토층의 포설이 어려우므로 GCL을 사용하여 차수층을 포설하는 사례가 많이있다. 그러나 GCL은 두께에 대한 안정성 및 GCL 내부의 차수기능을 담당하는 스멕타이트 계열의 점토광물의 화학용액에 대한 안정성 문제등의 문제점이 빈번히 지적되고 있다. 더욱이 GCL을 통과하게 되는 폐기물 매립지의 침출수는 높은 이온농도 및 유기물 농도, 그리고 다양한 오염물질을 함유하는 복합적인 용액으로서 GCL을 통과할 경우 GCL의 차수능을 저감시킬 수 있는 우려가 크다.

GCL의 화학용액 및 침출수에 의한 투수계수의 저감현상에 대해서는 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔다. 특히 나트륨 및 칼슘이온을 함유한 용액에 의한 투수계수 증가에 대한 연구는 과거로부터 활발히 연구되어 왔으며, 산용액 및 유기용매, 실제 침출수에 의한 GCL의 투수계수 감소에 대한 연구도 보고된 바가 있다. 그러나 침출수의 성분 중 대부분을 차

지하는 유기탄소에 의한 영향, 특히 매립지의 연령이 오래되어도 다량으로 잔존하는 난분해성 유기물질에 의한 영향은 연구된 바가 거의 없다.

본 연구에서는 신생매립지와 매립을 종료한 매립지의 침출수 내에 함유된 휴믹물질이 GCL의 투수계수에 미치는 영향에 대하여 연성벽 투수시험기를 이용한 투수시험을 통하여 알아보고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 휴믹물질의 분리 및 정제

본 연구에서 사용된 침출수는 김포 수도권 매립지의 1매립지(1992. 매립시작, 2000년 10월 매립종료)와 2매립지(2000년 10월 매립시작)의 침출수 원수이다. 침출수는 채수 후 4℃ 이하의 암소에 보관하며 실험시 0.45μm 멤브레인 필터로 여과하여 용존성 성분만을 실험의 대상으로 하였다. 여과한 시료는 pH 2로 산성화 시킨 후 전처리된 XAD-7 HP 수지(Supelco.)에 통과시켜 용존성분 중 hydrophobic acid인 휴믹물질을 흡착시켰다. 흡착된 휴믹물질은 0.1N NaOH용액을 이용하여 탈리시켰으며, 탈리시킨 용액의 pH를 1로 맞추어 휴믹물질을 pH 1에서 용해성인 펄빅산과 pH 1에서 침전되는 휴믹산으로 분리하였다. 침전된 휴믹산은 원심분리를 통하여 펄빅산으로부터 분리한 후 이온교환수지를 통과시켜 순수한 휴믹산을 얻었다. 펄빅산은 XAD-7 HP 수지에 다시 흡착 및 0.1N NaOH를 이용한 탈착 과정을 거쳐 이온교환수지에 통과시켰다.

1매립지 및 2매립지 침출수의 DOC(dissolved organic carbon) 농도 및 분리, 정제한 휴믹산, 펄빅산의 DOC 농도는 Table 1에 나타내었다.

2. GCL의 투수계수의 측정

본 연구에 사용한 GCL은 2000년 수도권 매립지에서 사용했던 (주)한국 벤토나이트의 GCL이다. GCL의 투수계수시험은 삼축압축 투수시험기를 이용하여 수행하였다. 투수 시험에 사용된 GCL 시료는 직경 7cm로 내부 벤토나이트가 손실되지 않도록 주의하면서 잘라내어, Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 시료 장착하였으며, 48시간 이상 포화 후 측정을 시작하였다. 측정은 동수경사가 약 160-250사이의 상향류로 하였고, 측정시 셀압력은 86psi, base 압력은 83psi, top 압력은 81psi로 하였으며 평균유효응력은 4psi로 하였다. 측정방법은 falling-headwater rising-tailwater 방법을 사용하였으며, 측정값의 오차가 ±30%이내의 값이 5번 이상 나왔을때의 값을 측정값으로 채택하였다. 투수시험에 사용된 용액은 대조실험으로서 초순수를 사용하였으며, 각 매립지의 침출원수와 침출수로부터 분리, 정제해낸 휴믹산과 펄빅산을 사용하였다. 투수시험에 사용된 각 용액의 화학적 특성을 Table 2와 같다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 침출수에 대한 GCL의 투수시험결과

침출수가 GCL의 투수계수에 미치는 영향을 알아보기 위해 수도권 매립지의 1매립지 침출

Table 1. Composition of humic materials from two raw leachates.

	Raw Leachate	Humic Substance	Humic acid	Fulvic acid
1-landfill	550	352.8 (64.16%)	47 (8.6%)	305.6 (55.6%)
2-landfill	17644	6920 (39.17%)	120 (0.68%)	6800 (38.5)

* DOC percent of the solution in leachate

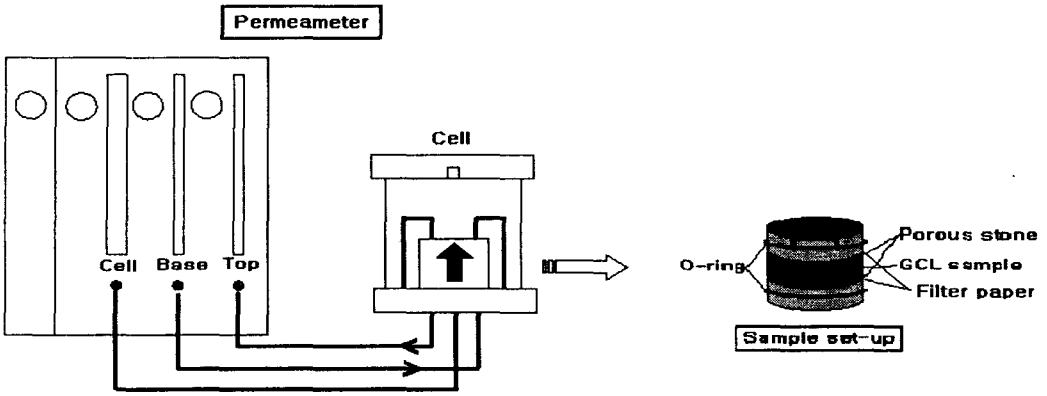

Fig.1. The schematic diagram of a flexible-wall permeameter

Table 2. Chemical properties of permeant liquids.

	pH	Electrical Conductivity (μS/cm)	Viscosity (cP)	Density (kg/m^3)	DOC (ppm)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
DD-water	5.12	2	1.06	996.40	0.2	0	0	0	0
1-Leachate	8.43	25800	1.28	1006.77	550	2364	304	109	178
1-Humic	5.81	47	1.15	998.09	47	2.38	0.26	3.82	0.39
1-Fuvic	5.85	404	1.10	998.50	306	40.4	2.35	24.67	2.05
2-Leachate	5.17	26500	1.31	1073.45	17664	2590	1358	2564	357
2-Humic	4.15	173	1.18	998.13	120	32.6	3.06	9.2	1.57
2-Fulvic	4.36	1628	1.13	1005.29	3310	-	-	-	-

수와 2매립지에서 4회 채수한 침출수를 투수액으로 사용하였다. 1매립지 침출수의 채수 시기는 가뭄이 한창이던 4월, 2매립지의 1차채수는 가뭄이 한창이던 5월 중순, 2차채수는 가뭄 후 비온 직후인 6월 말, 3차 취수는 7월 초순, 4차 채수는 장마철이 지난 9월 초경에 수행하였다. 각 침출수의 DOC농도와 전기전도도, pH값과 투수시험결과를 table 3에 나타내었다. 표를 통해 알 수 있듯이 GCL은 침출수 통과시 급격한 투수계수의 상승을 나태내어 초순수에 비하여 적게는 3배에서 많게는 200배까지 증가하는 결과를 보였다. 침출수의 성상이 투수계수에 미치는 영향은 DOC농도, 전기전도도, pH 등 여러 가지 요인에 의해 복합적으로 일어나므로, 영향요인을 정확히 정량적으로 평가하기는 어려우나 대체적으로 DOC 농도가 낮고 전기전도도가 높을수록 투수계수가 높아지는 결과를 보였다. 이는 높은 전기전도도가 GCL 내부 벤토나이트의 팽윤을 저지하여 투수계수를 높이는 반면, 높은 DOC농도는 GCL의 섬유조직 및 점토 입자 사이에 유기물질의 침전을 발생시키기 때문에 투수계수를 낮추는 영향을 끼치기 때문으로 생각된다.

Table. 3. The results of hydraulic conductivity of GCL permeated with various leachate.

	Electrical Conductivity (μS/cm)	DOC (ppm)	pH	Hydraulic Conductivity (cm/sec)	$K_{dd\cdot w}/K_{leach}$
1-Leachate	26700	550	8.28	3.5×10^{-7}	208
2-Leachate I	26900	17664	5.11	5.35×10^{-9}	3
2-Leachate II	18880	4230	7.6	3.46×10^{-7}	206
2-LeachateIII	21900	5182	7.59	1.81×10^{-8}	11
2-LeachateIV	19370	4844	7.63	3.46×10^{-7}	206

2. 휴믹산에 대한 GCL의 투수시험결과

1매립지 및 2매립지의 1차 취수한 침출수로부터 추출, 정제한 휴믹산과 펄빅산을 이용하여 GCL의 투수시험을 실시한 결과를 Fig.2에 나타내었다. 투수시험에 사용한 용액의 화학적 성질은 Table 2에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 투수계수(H.C.)는 전기전도도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나 투수계수의 차이가 초순수(DD-water)의 경우와 비교해 보았을 때 비슷하거나 2.5배 정도의 증가를 보여 비교적 작은 폭의 증가를 보였다. 그러나 Fig.3에서 볼 수 있듯이 휴믹물질은 벤토나이트의 이산상태를 저하시키고, 면모화시키는 영향을 미치므로 벤토나이트의 팽윤도를 감소시키는 역할을 함을 확인할 수 있다.

이러한 사실은 침출수 내의 이온물질뿐만아니라 난분해성 유기물질도 GCL의 투수계수를 증가시키는 영향을 줄 수 있으며, 특히 난분해성 유기물질인 휴믹물질은 매립년수가 증가하여도 쉽게 분해되어 없어지지 않으므로 장기적으로 GCL의 투수계수에 영향을 미칠 우려가 있다고 사료된다.

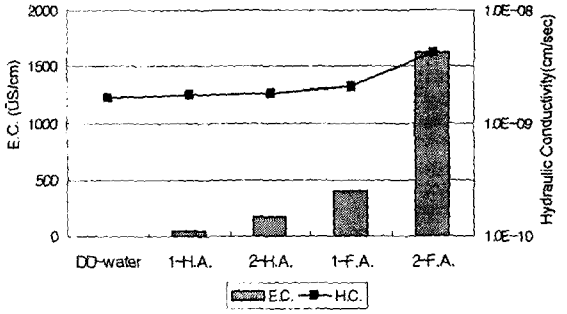

Fig.2 The relationship of hydraulic coductivity(H.C) of GCL permeated with humic substances and ectrical conductivity(E.C.) of that permeant.

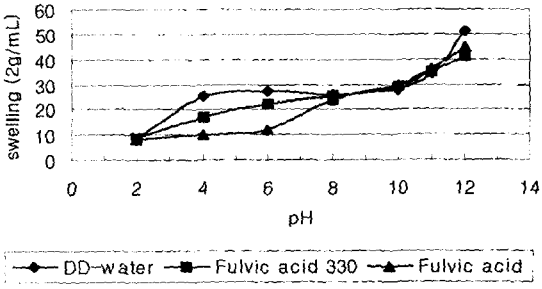

Fig.3. Effect of pH on the swelling of bentonites.

Ⅲ. 결론

폐기물 매립지의 차수재료로 사용되는 GCL의 차수기능을 담당하는 점토광물인 벤토나이트 차수능을 뛰어나지만, 화학적으로 저항성이 낮아, 침출수처럼 전기전도도가 높고, 다양한 이온물질 및 유기물로 구성된 투수액을 통과시킬 경우 목적하는 투수계수를 발현하지 못할 우려가 크다. 이를 증명하기 위한 실험결과, GCL은 매우 고농도의 유기물질을 포함하고 있는 침출수를 제외하고는 10-200 배 정도의 큰 투수계수 증가를 나타냈다. 또한 침출수 내에 용존된 난분해성 유기물질인 휴믹산과 펄빅산을 이용한 투수시험 결과도 약간의 투수계수 증가를 보이며, 팽윤도 시험 결과도 휴믹물질은 벤토나이트의 팽윤도를 낮추는 역할을 함을 확인 할 수 있었다. 그러므로 폐기물 매립지에 GCL을 적용할 경우, 침출수에 의한 차수능 손상에 대한 대책을 수립한 후 사용하여야 하며, GCL 이외에도 토사-벤토나이트 혼합토 등 벤토나이트를 이용한 차수재료에 대한 적용시에도 이를 고려하여야 할 것이다.

REFERENCE

Alther, G.R. (1987). "The qualifications of bentonite as a soil sealant." Engrg. Geol., 23(3/4), pp.177-191

Mitchell, J.K. (1993). Fundamentals of Soil Behavior, 2nd ed. Wiley, New York.

Egloffstein, T. (1995). " Propeties and test methods to assess bentonite used in geosynthetic clay liners." Geosynthetic clay liners, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp.51-7