

(사) 한국토양환경학회
추계 학술 발표회 논문집
1999년 10월 29일 제주대학교

폐기물매립지 주변 침출수 누출조사 Investigation on Leachate Leakage Around Waste Landfill

정하익 · 김상근 · 정길수 · 진현식 · 조동행* · 이창열*

한국건설기술연구원 토목연구부 기초 및 지반환경그룹

*인하대학교 지구환경공학부 자원공학과

ABSTRACT

Now there has been a steady increase in the field of geoenvironmental engineering projects where geotechnical engineering has been combined with environmental concerns. Many of these projects involve some investigation on leachate flume in the waste landfill. In this study, investigation on leachate around the waste landfill was carried out to detect the leachate leaking area. Many techniques such as geophysical, drilling and sampling method were applied. As a result of this investigation, the concentration of leachate and the point of leachate leaking around landfill were analysed.

key words : Landfill, Investigation, Leachate, Leakage, Contamination, Flume

I. 서론

우리 나라는 1980년대를 전후로 하여 폐기물 매립지가 비위생매립지에서 위생매립지로 전환되었다. 따라서 1980년대 이전의 매립지는 비위생매립지가 대부분을 차지하고 1980년대 이후에는 위생매립지가 대부분을 차지하고 있다. 비위생매립지에는 보통 차수막이 설치되어 있지 않기 때문에 매립지 주위로 침출수가 유출되고 있다. 그리고 위생매립지라도 하더라도 위생매립지를 건설하기 시작한 초기단계에서는 설계 및 시공기술이 미흡하였기 때문에 차수재 재질 및 설치 불량 등으로 인하여 부분적으로 침출수가 누출되기도 한다. 이러한 현상이 국내의 여러 매립지에서 발생되고 있다.

본 연구대상 매립지는 침출수의 누출을 방지하기 위하여 매립지 바닥에 차수막이 설치된 위생매립지이나 침출수가 매립지 주변으로 누출이 되고 있는 징후가 포착되고 있다. 따라서 매립지 주변에 대한 정밀조사를 통하여 침출수 배출원, 지반 오염범위 등을 파악하고, 조사 자료를 토대로 침출수의 주변 확산을 방지하기 위한 대책방안의 제시가 필요하게 되었다.

본 연구에서는 시료채취 및 물리탐사 기법을 이용하여 매립지 주변의 침출수 누출현황을 조사하였다. 채취된 시료는 실내에서 화학분석을 실시하여 오염농도를 분석하였고, 물리탐사는 전기비저항기법을 이용하여 침출수의 누출 및 오염범위를 분석하였다.

II. 본론

1. 시료채취조사

가. 채취방법

폐기물매립지 주변의 침출수 누출현황 및 오염원을 살펴보기 위하여 시료를 채취하였는데, 채취 대상시료는 지하수, 침출수 등으로 하였다. 지하수는 폐기물매립지 주변에 설치되어 있는 지하수 감시정을 통하여 4개의 시료(#1, #2, #3, #4)를 채취하였다. 그리고 침출수는 폐기물 매립지 내의 침출수 배수관로에서 1개 시료(#5)를 채취하였다.

나. 분석결과

상기와 같이 채취된 매립지 주변시료에 대하여 화학분석을 실시하였는바, 이의 분석결과는 표 1과 같다.

표. 1 매립지 주변 채취시료의 화학분석 결과

(단위: mg/L)

위치	#1	#2	#3	#4	#5
pH	7.9	7.6	8.1	8.8	7.6
COD _{Mn}	49	3564	3636	4545	5766
phenol	불검출	6.73	6.318	18.955	17.448
Cr ⁶⁺	불검출	불검출	0.043	0.158	0.2
Cu	0.265	0.16	0.126	0.173	0.198
Cd	불검출	0.007	0.005	불검출	불검출
Pb	0.4	0.23	0.44	0.48	0.39
CN	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg	0.0006	0.0007	0.0006	0.0007	불검출
As	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
T-N	34	1115	1176	1431	1345
T-P	0.05	5.35	2.83	2.23	10.43
Cl	401	8142	15224	15851	8054

폐기물 매립지에서 배출되는 침출수(#5)의 농도를 살펴보면 pH는 7.6으로 거의 중성에 가까웠으며, COD_{Mn}의 값이 5766 mg/L로 유기물의 함량이 높게 나타났다. 대부분의 매립지에서 불쾌한 냄새를 유발시키고 있는 암모니아성 질소의 형태로 존재하는 총질소(T-N)의 농도는 약 1345 mg/L로 나타났으며, 총인(T-P)의 농도는 10.43 mg/L로 나타났다. 또한, 염소(Cl⁻)의 이온이 8054 mg/L로 대단히 높게 나타났고, 중금속으로는 Cu, Pb, Cr⁶⁺ 등이 미량 검출되었으며, 유기성 물질인 phenol의 농도는 약 17.5 mg/L로 나타났다.

이러한 매립지 침출수와 폐기물매립지 주변에서 채취한 시료들과 비교하여 살펴보면, 폐기물 매립지 주변 상류지역(#2), 중간지역(#3) 및 하류지역(#4)의 세지점에서 다소 비슷한 수질의 값이 나타났다. COD_{Mn}의 농도는 각각 3564, 3636, 4545 mg/L로 매립지 침출수보다 약간 낮게 나타났으며 phenol 및 T-N, Cl 등의 농도도 거의 유사하게 측정되었는바, 이는 폐기물 매립지에서 침출수가 누수되어 위의 세지점에서의 지하수가 오염된 것으로 판단되어진다.

2. 전기비저항탐사

가. 전기비저항탐사 방법

단면적이 A, 길이가 L인 물체에 전류 I를 단면적으로 직각방향으로 흘려 보낼 때 양단면 사이의 전위차가 V일 경우, 이 물체의 저항 R은

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

과 같이 표시된다. 즉, R은 단면적 A가 클수록 작아지며, 길이 L이 클수록 커진다. 여기서 비례상수 ρ 를 전기비저항이라고 부르며 단위는 보통 $\Omega \cdot m$ 이다. 이는 단위체적의 물체가 가지는 저항을 나타내고 물질의 고유한 성질이다. 전기비저항의 역수는 전기전도도 (electrical conductivity)라고 부르며 단위는 보통 S/m이다. (여기서 S는 Siemens라고 읽는다. mS는 milli-Siemens로서 10^{-3} S이다).

흙 및 암석의 전기비저항은 다음과 같이 Archie의 실험식으로 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{\rho_w}{P^m S^2}$$

여기서, ρ_w 는 간극수의 전극비저항, P는 간극율, S는 포화도, m은 고결계수(cementation factor)이다.

본 조사에서는 2극법(pole-pole)에 의한 전기비저항 토모그래피 탐사를 실시하였는데, 전극간격 단위는 5 m로 하였고 최대 전극간격은 50 m로 하였다. 평균 가탐심도는 25 m이고 측선길이는 250 m로 하였다. 본 탐사측선은 매립지 경계선을 따라 하류에서 상류로 향하는 방향선으로 하였다.

나. 전기비저항탐사 결과

측선에 따른 전기비저항 의사단면도 (pseudosection)와 이로부터 얻은 전기비저항 지하 단면도를 보면 그림 1과 같다. 거리표시기로서 0은 측선 시작점을 나타내며 매립지 하류지역의 하단으로 하였다. 그리고 측선의 250m 지점은 매립지 상류지역의 상단으로 하였다.

그림 1에서 최상부의 그림은 실측한 의사단면도, 중간 그림은 최적지하단면도에 의한 이론적 의사단면도이다. 두 그림이 비교적 잘 부합하므로, 최하에 나타낸 지하단면도의 신뢰도가 높다는 것을 알 수 있다. 전기비저항 색도 표시는 푸른빛이 짙어 질수록 낮은 값, 즉 전기전도도가 높은 값, 붉은 빛이 짙어 질수록 높은 값, 즉 전기전도도가 낮은 값을 나타낸다. 따라서 침출수로 오염된 지반일수록 푸른 색을 띄게 될 것이다.

전반적으로 전기비저항의 분포는 측선 110m지점을 경계로 언덕길 상부 250m지점까지는 높은 비저항대, 측선 시점 0점까지 낮은 비저항이 우세한 지역으로 나뉘어진다. 높은 비저항이 우세한 상류 지역은 전기비저항치가 최고 $1500 \Omega \cdot m$ ~ 최저 $200 \Omega \cdot m$ 정도의 분포가 대부분이고, 이는 부분포화 혹은 포화되었으나 오염이 별로 안된 흙 혹은 풍화암에 해당된다. 또한 비저항치가 지하심부로 갈수록 낮아져서 200m 심도 이하에서는 평균 $200 \Omega \cdot m$ 의 값을 보이거나 침출수 오염대라고 볼 수는 없다.

측선 30m~65m 구간에서 최저 $60 \Omega \cdot m$ 의 저비저항대가 평균심도 10m 정도에 나타나고, 측선 80m~110m 구역에서는 심도 25 m에서 최저 $10 \Omega \cdot m$ 되는 아주 낮은 전기비저항대가 나타난다. 전자의 이상대는 전형적으로 오염된 지반이며, 후자의 심부이상대는 심하게 오염된 지반임을 보여준다.

측선의 전반부에서 발견되는 지반 오염구역은 지형과 위치, 그리고 다른 오염지반과 멀리 떨어져 있는 사실을 고려할 때 폐기물 매립지와 관련된다고 판단된다. 그러나, 측선의 초입부는 매립지에서 멀리 떨어져 있는데도 불구하고 매립지에 가까이 있는 지점보다 오염도가 크

게 나타났는데, 이는 오염원의 연속성을 고려할 때 설명하기 어려운 점이 있다. 이의 원인은 지반의 절리를 따라 매립지 침출수가 본 지점으로 직접 흘렀거나, 아니면 제 3의 오염원일 수도 있다.

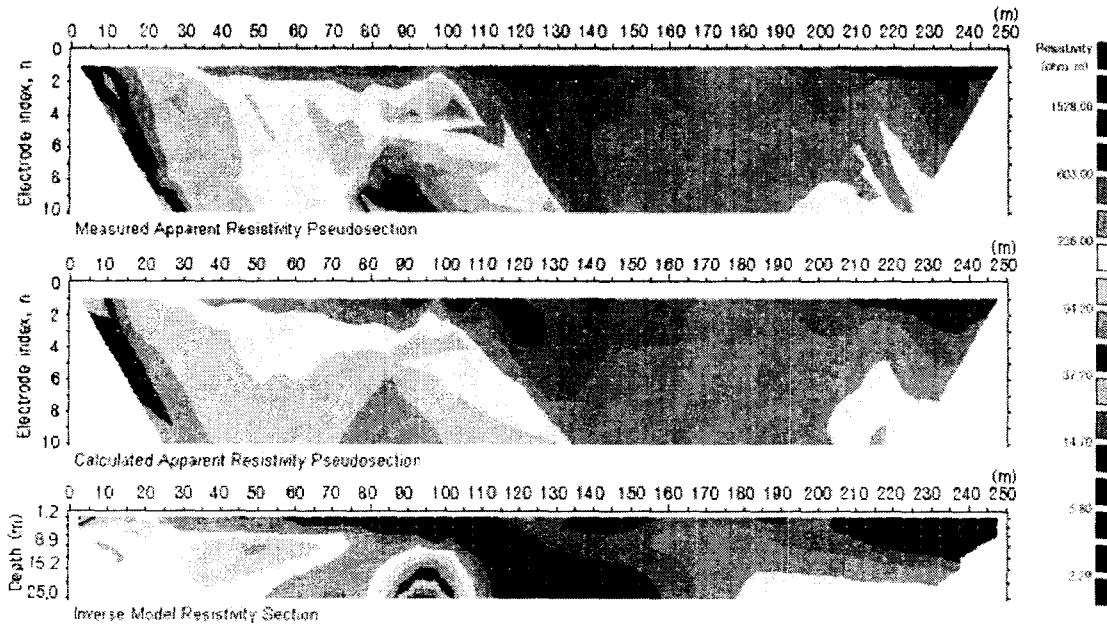


그림 2 매립지 주변 축선의 물리탐사 결과

III. 결론

본 연구에서는 시료채취조사, 전기비저항탐사 및 시료 성분분석 등을 실시하였다. 이러한 조사 및 분석을 통하여 얻은 중간 결론은 다음과 같다.

- 1) 매립지 주변 채취 시료에 대한 화학농도 분석 결과, 폐기물 매립지에서 배출되는 침출수와 매립지 주변에서 채취한 시료의 화학성분은 유사한 특성을 가지고 있다.
- 2) 매립지 주변에 대한 물리탐사 결과, 축선의 일부구간에서 지반이 오염된 사실이 발견되었다. 이에 대한 상세 오염원은 추가 축선에 대한 물리탐사 및 시료분석을 통하여 더욱 구체화 될 예정이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 오염지반의 거시적 분포 및 오염원의 형태조사기법 개발, '96연구개발사업 연차보고서, 1997.
2. 정하익 외 2인, 오염지반 및 지하수 정화기술에 관한 연구, 한국건설 기술 연구원, 1995.
3. 정하익, 지반환경공학, 도서출판 유림, 1998.
4. 한국건설기술연구원, 위생매립지 건설 및 비위생매립지 복원기술, 1999.
5. EPA, Subsurface characterization and monitoring techniques, EPA/625/ R-93/003a, 1993.
6. H. Brandl and P. K. Robertson, Geo-environmental site investigation, specification and characterization, Environmental Geotechnics, A.A. Balkema, 1997.