

폐기물매립지 주변 침출수 누출 및 지반오염 조사연구

Investigation of ground contamination and leachate leakage around waste landfill

정하익¹⁾, Ha-Ik Chung, 김상근²⁾, Sang-Keun Kim, 정길수²⁾, Gil-Soo Chung, 이용수¹⁾, Yong-Soo Lee, 조동행³⁾, Dong-Haeng Cho, 강상구⁴⁾, Sang-Koo Kang, 지상근⁴⁾, Sang-Keun Chi

¹⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원, Senior Researcher, Dept. of Civil Eng, KICT

²⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Dept. of Civil Eng, KICT

³⁾ 인하대학교 지구환경공학부 교수, Professor, Dept. of Earth Environment, Univ of Inha

⁴⁾ 인하대학교 지구환경공학부 대학원생, Graduate Student, Dept. of Earth Environment, Univ of Inha

SYNOPSIS : In recent years there has been a steady increase in geoenvironmental engineering projects where geotechnical engineering has been combined with environmental concerns. Many of these projects involve some investigation on contaminant and leachate flume in the ground and landfill. In this study, investigation on leachate around the waste landfill was carried out to detect the leaked and contaminated area. Many techniques such as geophysical, drilling and sampling method were applied. As a result of this study, the concentration of leachate and the point of leachate leaking around landfill were found out, and countermeasures for cut-off of leachate flow from landfill were investigated.

Key words : Waste landfill, Investigation, Leachate, Leakage, Geophysical method, Sampling

1. 서론

우리 나라는 1980년대를 전후로 하여 폐기물 매립지가 비위생매립지에서 위생매립지로 전환되어 최근에 건설되는 폐기물매립지는 위생매립지가 대부분을 차지하고 있다. 그런데 위생매립지를 건설하기 시작한 초기단계에서는 설계 및 시공기술이 미흡하였기 때문에 차수재 재질 및 설치 불량 등의 현상이 발생하는 경우가 있다. 이로 인하여 일부 위생매립지에서 침출수가 누출되어 주변지역을 오염시키는 사례가 발생하고 있다.

본 연구대상 매립지는 침출수의 누출을 방지하기 위하여 매립지 바닥에 차수막을 설치하였으나 침출수가 주변으로 누출되고 있는 현상이 포착되었다. 현재 본 매립지의 인근지역에 침출수가 누출되어 악취가 발생하고 있다. 따라서 매립지 주변지역에 대한 정밀지반조사를 통하여 침출수 배출원, 지반오염범위 등을 파악하고, 조사자료를 토대로 침출수의 주변 확산을 방지하기 위한 대책방안의 제시가 필요하게 되었다.

이와 관련하여 본 연구에서는 매립지 주변지역에 대하여 지구물리탐사, 보링시추, 지하수조사 등을 실시하였다. 그리고 매립지 내부 및 주변지역에서 침출수, 토양, 지하수, 지표수 등을 채취하여 실내에서 화학성분분석을 실시하였다. 이와 같은 일련의 실내 및 현장시험결과를 토대로 연구대상 폐기물매립지 주변지역에 대한 침출수 누출특성과 토양 및 지하수의 오염현황을 분석하였다.

2. 매립지 주변 시료채취 및 분석 결과

폐기물 매립지 주변의 침출수 누출현황 및 오염원을 살펴보기 위하여 매립지 주변의 지하수, 누출수, 오수, 지표수, 침출수 등을 채취하였다. 누출수는 폐기물매립지 인근 부지내의 채취구를 통하여 2개의 시료(#1, #2)를 채취하였으며, 오수는 인근 부지내의 오수박스를 통하여 1개의 시료(#3)를 채취하였다. 그리고 지하수는 폐기물 매립지 주변에 설치되어 있는 지하수 검사정을 통하여 1개의 시료(#4)를 채취하였다. 지표수는 매립지 옆 도로변 개수로에서 1개의 시료(#5)를 채취하였고 침출수는 폐기물매립지 내의 침출수 배수관로에서 1개 시료(#6)를 채취하였다.

상기와 같이 채취된 시료에 대하여 실내에서 AA, GC 기기 등을 이용하여 화학분석을 실시하였다. 이의 분석결과는 표 1과 같다.

표 1 매립지 주변 채취시료의 화학분석 결과

(단위: mg/L)

위치	#1	#2	#3	#4	#5	#6
pH	7.6	7.8	7.8	7.6	7.5	7.6
COD _{Mn}	405	1465	13	445	5	5766
phenol	0.266	0.833	불검출	0.087	불검출	17.448
Cr ⁶⁺	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.2
Cu	0.225	0.141	0.134	0.185	0.257	0.198
Cd	0.005	0.007	불검출	0.007	0.006	불검출
Pb	0.33	0.2	0.48	0.28	0.41	0.39
CN ⁻	불검출	불검출	불검출	0.03	불검출	불검출
Hg	불검출	0.0006	불검출	불검출	불검출	불검출
As	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
T-N	150	570	7	249	5	1345
T-P	0.84	3.2	0.99	3.04	3.35	10.43
Cl ⁻	1318	2350	153	1630	110	8054

매립지 인근 지역에서 채취한 시료 #1, #2, #4에 대한 수질을 살펴보면, 매립지 침출수(#6)보다 대체적으로 낮은 농도분포를 나타내고 있다. 특히, 시료 #2의 경우, 서로 비슷한 수질 특성을 갖고 있는 시료 #1과 시료 #4보다 폐기물 매립지에서 다소 멀리 떨어져 있으나 수질은 상대적으로 높게 나타났다. 따라서, 이와 같은 현상에 대해서는 추가의 조사가 요망된다.

그 외의 인근 부지내 오수박스를 통하여 나오는 오수(#3) 및 도로변에 설치된 개수로에서의 지표수(#5)의 수질은 유기물 농도가 매우 낮고 대부분의 중금속류가 매우 낮거나 검출되지 않아 거의 오염이 되지 않았음을 알 수 있었다.

3. 매립지 주변 물리탐사 및 결과분석

본 조사에서는 2극법(pole-pole)에 의한 전기비저항 토모그래피 탐사를 실시하였다. 물리탐사시 측선 길이는 150m로 하였고 탐사간격은 5m단위로 하였다. 물리탐사의 평균 가탐심도는 지형 및 오염특성을 고려하여 25m로 하였다. 본 탐사측선은 매립지 주변의 도로변을 따라 연장된 방향선으로 하였다.

측선에 따른 전기비저항 의사단면도(pseudosection)와 이로부터 얻은 전기비저항 지하단면도를 보면 그림 1과 같다.

그림 1에서 최상부의 그림은 실측한 의사단면도를 나타내고 중간 그림은 최적지하단면도에 의한 이

론적 의사단면도를 나타낸다. 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.

측선에 따른 전기비저항 단면도 그림 1을 보면 전반적으로 심도 15m 정도까지 오염이 안된 고비저항대 ($300 \Omega \cdot m \sim 2500 \Omega \cdot m$), 15m 심도 이하에서는 심하게 오염된 저비저항대 (최저 $40 \Omega \cdot m$)가 두 군데서 보인다. 그러나 이 저비저항대는 이상대의 경향으로 볼 때, 심도 25m 이하에서 서로 연결될 가능성이 높다. 이 이상대들은 측선의 오른쪽(즉, 측선 상부) 심부의 저비저항(노란색)의 하부에서 서로 통할 가능성이 있다.

측선에서 발견되는 지반오염구역은 폐기물 매립지와 관련될 개연성이 물론 제일 크나, 인근에 공장 및 지하매설관 등이 위치하고 있어, 이들로부터 오염물이 유입되었는지 현 단계로서는 정확하게 판단할 수 없다.

특히, 측선의 초입부는 도로구배로 볼 때 지반의 경사도가 폐기물 매립지보다도 높은 데 오염이 발생하였다는 것은 언뜻 이해가 되지 않는다. 이의 원인은 지반의 질리가 폐기물 매립지에서 이 지점을 향해 발달하여 이를 따라 침출수가 흘렀거나, 아니면 제 3의 오염원일 수도 있다.

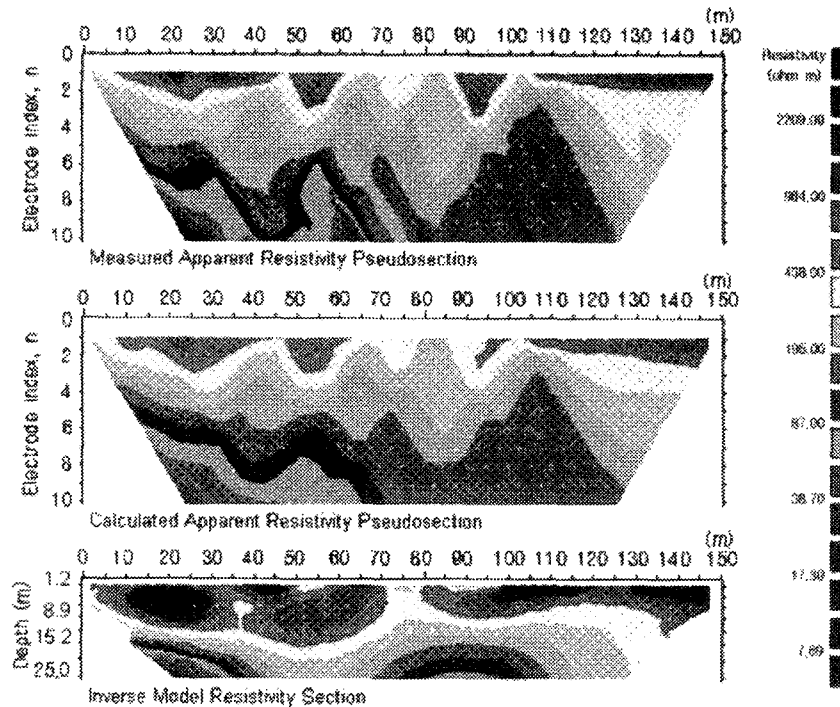


그림 1 매립지 주변 도로변 측선에 대한 물리탐사 결과

4. 매립지 주변 침출수 차단방안

폐기물 매립지에 대하여 매립지의 침출수가 누출되는 것을 방지하기 위하여 1998년도에 매립지 하류의 일부구간에 부분적으로 소정의 깊이까지 그라우트커튼을 설치하였다. 그러나 그라우트커튼이 부분적으로 설치가 되어 침출수의 감소에는 크게 기여하지 못한 것으로 평가되었다. 따라서 그림 2와 같이 1999년에 다시 그라우트커튼 시공작업이 수행되고 있으며 그라우트커튼은 매립지 한쪽면 전체에 대하여 연암층의 불투수층까지 실시하고 있다.

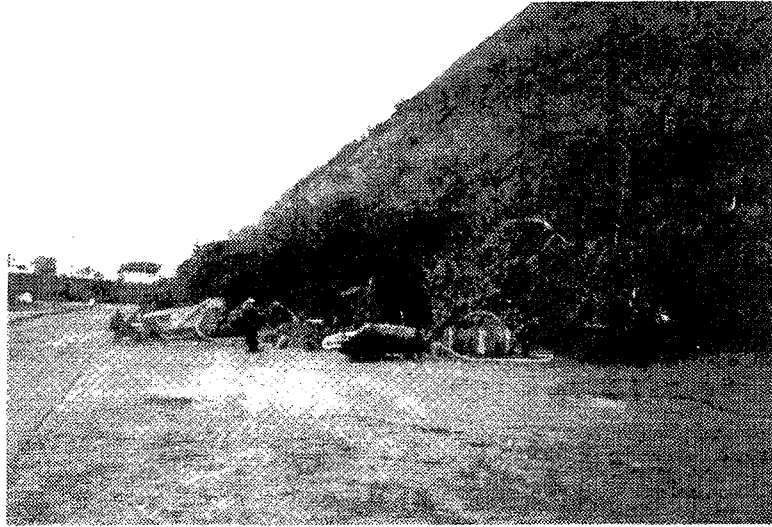


그림 2 침출수 누출방지를 위한 그라우트커튼 시공장면

5. 결론

본 연구에서는 시료채취조사, 전기비저항탐사, 시료분석 등을 실시하였고 침출수 누출방지 대책을 조사하였다. 이러한 조사 및 분석을 통하여 얻은 중간 결론은 다음과 같다.

- 1) 매립지 주변에 대한 시료채취 분석 결과, 매립지 주변 일부지역이 오염된 것으로 나타났다. 조사 지점에서 매립지에서 멀리 떨어진 지점이 가까운 지점보다 농도가 다소 높게 나타난 경우가 발생하였는데 이에 대한 추가조사가 요망되었다.
- 2) 물리탐사 결과, 축선의 일부구간에서 지반이 오염된 지점을 발견하였다. 이들의 오염원은 지형조건 및 위치상 폐기물 매립지라고 판단되나, 축선의 초입부에서 나타나는 오염원은 지반경사도 등으로부터 판단할 때 다른 오염원이 있을 수도 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 건설교통부(1997), 오염지반의 거시적 분포 및 오염원의 형태조사기법 개발, '96연구개발사업 연차보고서.
2. 장연수, 정하익(1998), 토양 및 지하수 정화를 위한 지반조사, 대한토목학회.
3. 정하익 외 2인(1995), 오염지반 및 지하수 정화기술에 관한 연구, 한국건설기술연구원.
4. 정하익(1998), 지반환경공학, 도서출판 유림
5. 한국건설기술연구원(1999), 위생매립지 건설 및 비위생매립지 복원기술.
6. EPA(1993), Subsurface characterization and monitoring techniques, EPA/625/ R-93/003a
7. H. Brandl and P. K. Robertson(1997), Geo-environmental site investigation, specification and characterization, Environmental Geotechnics, A.A. Balkema.
8. Kaya, A. and Fang, H. Y.(1997), "Identification of contaminated soils by dielectric constant and electrical conductivity", Journal of Environmental Engineering, Vol. 123, No. 2.
9. Rumer, R. R. and Mitchell, J. K.(1995), "Assessment of barrier containment technologies" Internation Containment Technology Workshop, Baltimore, Maryland.