

단지개발 지구내에 불법매립된 폐기물의 오염특성 분석

Contamination Characteristics of Open Dumped Wastes at Land Developing Site

정하익¹⁾, Ha-Ik Chung, 김상근²⁾, Sang-Keun Kim, 이용수³⁾, Yong-Soo Lee

¹⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow Dept. of Civil Eng, KICT

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

³⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원, Senior Researcher, Dept. of Civil Eng, KICT

SYNOPSIS : 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 around unplanned waste landfill. In this study, investigation and test on contamination characteristics of wastes dumped at municipal site were carried out. Testing wastes were sampled at this site. Sampled wastes were divided into waste itself and soil to analysis the characteristics of waste and soil. As a result of this study, the concentration of soil and waste were investigated. And measured concentration were compared with related concentration criteria.

Key words : Contamination, Investigation, Concentration, Soil, Waste, Landfill

1. 서 론

우리 나라의 폐기물 매립지에 대해 위생매립장 개념이 도입되기 시작한 것은 1980년대 이후('87년 5월 30일 시행 폐기물관리법 시행규칙)로 매립지가 비위생매립지에서 차츰 위생매립지로 전환하게 되었다. 따라서 1980년대 이전의 매립지는 비위생매립지가 대부분을 차지하고 있거나 일부지역에서는 불법으로 무단 투기한 후 단순히 복토만을 한 경우도 있다. 이러한 1980년 이전의 불법매립이나 비위생 매립지의 폐기물은 당시 경제수준을 반영하듯 비닐류, 음식물류 폐기물을 비롯한 유기성 폐기물의 비율은 다소 낮으며 대부분이 연탄재 등의 무기물로 이루어진 곳이 많은 편이다. 특히, 불법매립이나 비위생매립지에는 보통 차수막이 설치되어 있지 않기 때문에 매립지 주위로 침출수가 유출되거나 악취 및 가스 등의 유해물질이 발생하여 주변의 토양 및 지하수를 오염시키는 등의 환경문제를 야기시키는 경우도 있다.

본 연구에서는 단지개발을 위한 지반조사중에 발견된 차수막이 설치되어 있지 않은 불법매립지의 폐기물 등에 대한 오염특성을 검토하였다. 이와 관련하여 폐기물의 매립에 의한 오염도를 조사하기 위하여 지구내 불법매립지에 대해 시추장비를 이용하여 일정한 간격으로 현장조사를 실시하였으며, 현장조사시에 채취된 폐기물 및 폐기물내 토양에 대하여는 환경적, 공학적 오염 특성을 실시하였고 이를 폐기물관리법 및 토양환경보전법에 비교하였다.

2. 불법매립폐기물 조사

단지개발을 위해 사업부지내의 지반 조사를 실시하던 중에 발과 비닐하우스 근처의 지하 2m에서 불법으로 매립된 비닐, 종이 및 섬유류 등의 쓰레기 흔적이 나타났으며, 지하 깊이가 3~6m 정도에는 다량

의 쓰레기가 발견되어 심한 악취가 났다. 본 연구에서는 Backhoe를 사용하여 지반을 파헤쳐서 쓰레기를 발견하였다. 아래의 사진에 보듯이 지중 속에 불법으로 매립된 폐기물이 드러나 보인다.

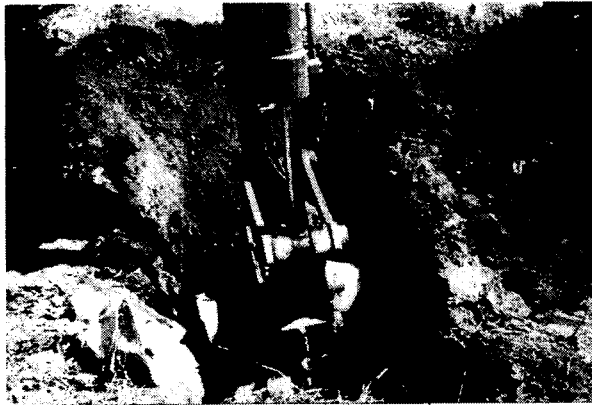


그림 1. 단지내 불법매립쓰레기 채취(Backhoe 사용)

그림 2. 단지내 불법매립된 쓰레기

3. 매립폐기물 특성

3.1 매립폐기물 성상분석

매립폐기물의 성상을 살펴보기 위하여 채취된 매립폐기물을 12가지의 성상별로 분류한 후 중량비를 측정하였다. 그 결과, 매립폐기물내 토양의 중량비가 약 77%로 가장 높게 나타났으며 가연성분인 목재류 및 섬유류 등은 각각 5.61, 3.21%의 중량비를 나타냈다. 그 밖의 철, 유리, 기타류 등의 비가연성 물질들은 낮은 중량비를 보였으며 연탄재의 폐기물도 4.54% 정도 검출되었다. 그리고 매립폐기물중 대표적인 유기물질인 음식물이나 종이류는 성상을 발견할 수가 없었다. 이 결과로부터 매립폐기물의 유기물 분해가 이미 완료된 것으로 판단되어 채취된 매립폐기물의 매립연한이 오래 경과되었음을 알 수 있다.

표 1. 매립폐기물 성상별 중량비

| 성 상 | | 구 분 | | 매립폐기물 성상별 중량비 (%) | |
|------|-------|---------|-------|-------------------|---------------|
| | | | | 매립 깊이 : 지하 3m | 분해성상별 중량비 (%) |
| 가연성 | 분해 용이 | 음식물 | - | 84.49 | |
| | | 풀, 잡초류 | - | | |
| | 중급 분해 | 종이류 | - | | |
| | | 목재류 | 5.61 | | |
| | | 섬유류 | 3.21 | | |
| | 난분해성 | 비닐 | 3.61 | | 6.69 |
| | | 플라스틱 | 0.27 | | |
| 비가연성 | 총 계 | 고무 | 2.81 | | |
| | | 금속류 | 0.56 | | |
| | | 유리, 초자류 | 2.67 | | |
| | | 연탄재 | 4.54 | | |
| | | 토양 | 76.72 | 100 | |
| | | 총 계 | 100 | 100 | |

3.2 화학농도 분석

폐기물 관리법 제11조 규정에 의거 폐기물의 성상 및 오염물질의 용출농도 등을 분석함에 있어 그 분석의 정확과 통일을 기하기 위하여 폐기물관리법 시행령 제2조 지정폐기물의 종류 구분, 동법 시행규칙 제2조 별표3 광채등에 함유된 금속 등 유기물질의 용출농도, 동법 시행규칙 제31조 지정폐기물의 처리 기준 적합여부는 폐기물공정시험방법의 규정에 의하여 시험·판정하도록 되어 있다. 따라서, 채취한 폐기물의 화학농도 분석은 공정시험방법에 준수하여 시험하였다. 대표성이 있는 지점의 폐기물을 채취하여 작은 돌멩이 등의 다른 물질을 제거하고, 이외의 폐기물중 입경이 5mm 미만인 것은 그대로, 입경이 5mm 이상인 것은 분쇄하여 체로 걸러서 입경이 0.5~5mm로 되도록 하였으며 용출시험을 하여 화학농도 분석을 하였다. 다음은 매립폐기물의 화학농도 분석 결과를 표로 나타낸 것이다.

표 2. 매립폐기물의 화학농도 분석 결과

(단위 : mg/L)

| 분석 항목 | W-1 | W-2 | W-3 | W-4 | W-5 | W-6 | W-7 | W-8 | W-9 | W-10 | 유해물질 기준 |
|-------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|----------|
| 구리(Cu) | 0.28 | 0.035 | 1.49 | 0.101 | 0.21 | 0.151 | 0.036 | 0.031 | 1.76 | 0.033 | 3 이상 |
| 카드뮴(Cd) | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 0.006 | N.D | N.D | N.D | N.D | 0.3 이상 |
| 납(Pb) | 0.02 | N.D | 0.16 | N.D | 0.04 | N.D | N.D | 0.05 | 0.41 | 0.03 | 3 이상 |
| 수은(Hg) | N.D | 0.005 | N.D | 0.002 | N.D | 0.002 | 0.001 | 0.002 | N.D | N.D | 0.005 이상 |
| 6가크롬(Cr ⁶⁺) | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1.5 이상 |
| 테트라클로로에틸렌 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 0.1 이상 |
| 트리클로로에틸렌 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 0.3 이상 |
| 시안(CN ⁻) | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1 이상 |
| 비소(As) | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1.5 이상 |
| 유기인 | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 1 이상 |

(N.D : Not Detected)

매립폐기물의 화학농도 성분을 살펴보면, 구리의 성분이 약 0.033 ~ 1.76 mg/L로 매립지역에 골고루 나타났고 납 및 수은 역시 채취한 지역 전반에 미세한 농도로 검출되었다. 그 밖의 카드뮴, 수은, 6가크롬, 시안, 비소, TCE 및 PCE, 유기인 등에 대해서는 모두 검출되지 않았다. 따라서, 폐기물관리법 시행규칙 별표1의 지정폐기물에 함유된 유해물질 함유기준과 채취한 불법 매립폐기물의 화학농도를 비교해 볼 때, 각 항목들이 유해물질 함유기준치의 농도보다 낮게 검출되어 지정폐기물이 아닌 일반폐기물로 분류할 수 있다.

4. 매립폐기물내 토양 특성

폐기물이 매립된 지점에는 침출수등의 오염물질로 인하여 토양이 오염되는 경우가 흔하다. 따라서, 불법으로 매립되어 있는 폐기물의 시료를 채취하여 매립쓰레기(비닐, 목재, 연탄재 등)를 완전히 제거하고 잔류된 토양의 화학농도를 분석하여 표로 나타내었다.

채취한 매립폐기물내 토양의 화학농도를 살펴보면, 납의 농도는 다른 중금속에 비해 높게 나타났으나 토양오염 우려기준 가지역의 농도인 100 mg/kg을 만족시켰다. 카드뮴 및 비소의 농도는 각각 한 지점을 뺀 대부분이 가지역의 기준치 이내의 값을 나타냈으며 그 밖의 6가크롬 및 수은의 농도는 불검출되거나 매우 낮은 농도로 검출되었다. 본 연구에서는 구리에 대한 성분분석은 실시하지 않았지만, 현재까

지의 연구결과에 의하면 본 조사지역에서 발생한 매립폐기물내의 토양은 폐기물관리법 시행규칙 제 46조 별표 11의 2의 규정에 의거하여 매립폐기물내에서 비닐, 형질, 플라스틱, 금속, 목재, 쓰레기 등 이물질 제거한 토사류에 한하여 성토재 등으로 이용이 가능하다. 그러나 폐기물관리법 제6조 별표 4의 제 5호의 라목의 규정에 의하여 건설폐기물 재활용시 준수해야 하는 규정이 있으므로 이물질 함유량이 부피기준으로 1% 이하가 되도록 분리하여 재활용하여야 한다.

표 3. 매립폐기물내 토양의 화학농도 분석 결과

(단위 : mg/kg)

| 분석 항목 | W-1 | W-2 | W-3 | W-4 | W-5 | W-6 | W-7 | W-8 | W-9 | W-10 | 토양오염 우려기준 | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----|
| | | | | | | | | | | | 가지역 | 나지역 |
| 카드뮴(Cd) | 0.15 | 2.009 | 0.82 | 0.245 | 0.19 | 1.304 | 0.54 | 0.235 | 0.05 | 0.205 | 1.5 | 12 |
| 납(Pb) | 0.06 | 12.1 | 6.118 | 23.59 | 2.389 | 34.01 | 24.38 | 12.95 | 0.165 | 10.06 | 100 | 400 |
| 비소(As) | 2.898 | 2.979 | 5.014 | 1.517 | 1.158 | 6.851 | 3.737 | 1.396 | 1.026 | 0.795 | 6 | 20 |
| 6가크롬(Cr ⁶⁺) | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | N.D | 4 | 12 |
| 수은(Hg) | 0.16 | 0.453 | 1.356 | 0.232 | 0.081 | 0.591 | 0.733 | 0.101 | 0.277 | 0.408 | 4 | 16 |

비 고 : 1. 가지역 : 전·담·과수원·목장용지·임야·학교용지·하천·수도용지·공원·체육용지
 유원지·종교용지 및 사적지
 2. 나지역 : 공장용지·도로·철도용지 및 잡종지

5. 결론

본 연구에서는 불법 매립된 폐기물 및 폐기물내 토양의 환경적, 공학적 특성을 실시하였고 이를 폐기물관리법 및 토양환경보전법에 비교하였다.

- 1) 본 단지개발내에 발생한 불법 폐기물의 성상을 살펴보면 매립폐기물내 토양의 중량비가 약 77%로 높게 나타났다. 또한, 매립폐기물중 유기물질인 음식물이나 종이류가 없는 것으로 보아 매립폐기물의 유기물 분해가 이미 완료된 것으로 판단되어 채취된 매립폐기물의 매립연한이 오래 경과되었음을 알 수 있다.
- 2) 매립폐기물의 화학농도를 지정폐기물에 함유된 유해물질 함유기준과 비교해 보면 각 항목들의 유해물질 함유기준치의 농도보다 낮게 검출되어 지정폐기물이 아닌 일반사업장폐기물로 분류할 수 있다.
- 3) 폐기물내에 가장 많은 양으로 존재하는 매립폐기물내 토양은 중금속이 일부 검출되었으나 토양오염 기준치 이내로 나타났다. 토양은 폐기물관리법에 의거하여 매립폐기물내에서 비닐, 목재, 쓰레기 등 이물질을 부피기준으로 1% 이하가 되도록 분리하여 토사류에 한하여 성토재로 이용가능하다.

참고문헌

1. 정하익 외 2인(1995), 오염지반 및 지하수 정화기술에 관한 연구, 한국건설기술연구원
2. 정하익(1996), "비위생 매립지의 복원기술," 위생매립지 건설 및 비위생매립지 복원기술, 한국건설기술연구원