

비위생매립지 지반환경 정밀조사

김상근, 정하익

한국건설기술연구원 지반연구부
(jazzic@kict.re.kr, hichung@kict.re.kr)

<요 약 문>

There has been a steady increase in geoenvironmental engineering projects where geotechnical engineering has been combined with environmental concerns. This study investigate on contaminant around unsanitary landfill situated in urban area and was carried out to evaluate the geoenvironmental characteristics of this site. As a result of this study, groundwater and soil around this landfill site was evaluated for analysis of physical and chemical properties.

key word : landfill, groundwater, subsidence, geoenvironmental

1. 서 론

위생매립의 개념이 도입되지 않았던 과거에는 단순 비위생 매립의 형태로서 보통 차수막이 설치되어 있지 않기 때문에 매립지 주위로 침출수가 유출되거나 악취 및 가스 등의 유해물질이 발생하여 인근 주민들에게 위생학적인 위험성을 줄 뿐 아니라 주변의 토양 및 지하수를 오염시키는 등의 환경적인 오염문제가 발생할 수도 있다. 따라서, 침출수 처리 및 사후관리가 미흡한 사용종료 매립지는 침출수의 누수, 지하수 및 토양오염원으로 문제를 일으킬 수 있으므로 폐기물관리법 별표14의 규정에 의한 [사용종료매립지 정비지침]의 안정화도 조사기법에 의거하여 매립지에 대한 시설물현황 및 주변환경오염도 등 관계법령이 정하는 방법에 따라 폐기물, 주변환경 등의 물리적, 환경적 특성을 조사하여 향후 적정 사후관리방안 및 사후관리종료 여부를 판단하는 기초자료로 이용한다.

2. 사용종료매립지현황 및 시료채취

P시 K동 매립지는 바닥에 차수막이나 침출수집수시설을 갖추지 않은 비위생매립지 형태로서 1989년부터 약 4년간 일반폐기물을 매립하였다. 매립면적은 18,205m²이고 매립심도가 약 4.7~5.7m로 조사되어 매립용량은 89,205m³으로 조사되었다. 본 연구를 위해 폐기물, 지하수 및 토양 등을 채취하였으며 지반환경평가를 위해 시추조사 및 표준관입시험, 침하계측 등을 실시하였다. 다음 사진은 매립지 시료채취장면을 나타낸 것이다.



그림 1. 매립폐기물 채취

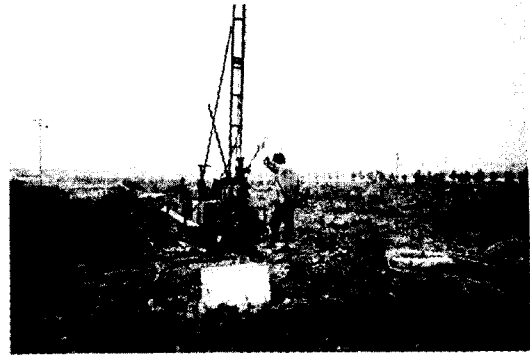


그림 2. 매립지내 표준관입시험

3. 조사결과

3.1 폐기물 성상

본 매립폐기물의 성상조사를 한 결과, 토사 및 기타류가 45.10~64.68%로 가장 높게 나타났는데 이는 복토재의 영향인 것으로 생각되며 생분해성 물질인 음식물류는 대부분 분해되어 거의 검출되지 않아 비교적 매립폐기물의 안정화 단계에 있음을 확인할 수 있었다. 그 밖의 난분해성 물질인 비닐 및 플라스틱류가 13.26~30.74%로 나타났으며 종이류, 목재류, 섬유류, 고무류 등도 일부 검출되어 장기간에 걸친 느린 분해가 예상된다.

표 1. 매립지 물리적 성상 (단위 : 중량비 %)

구분 \ 채취 위치	①		②		③		④	
	상	하	상	하	상	하	상	하
음식물류	0.38	1.04	0.88	0.26	0.79	0.99	0.36	0.16
종이류	6.83	13.18	5.15	1.51	7.00	1.50	6.68	6.12
비닐, 플라스틱류	24.62	19.74	24.34	22.97	28.18	13.26	14.97	30.74
유리, 도자기류	8.30	5.71	4.00	2.95	1.88	7.73	7.54	7.52
금속, 알루미늄류	0.54	2.06	8.34	2.03	7.15	4.78	5.41	6.70
나무, 풀류	4.44	0.99	2.96	0.17	2.52	2.97	4.26	0.75
섬유류	3.20	0.82	4.69	2.76	7.05	14.87	8.79	2.76
가죽, 고무류	0	0.78	1.63	2.67	0.29	2.33	0.49	0.15
토사 및 기타	51.69	55.68	48.01	64.68	45.14	51.57	51.50	45.10
합계	100	100	100	100	100	100	100	100

3.2 지하수

본 매립지주변 지하수 오염물질 확산여부를 파악하기 위하여 지하수를 채취하여 분석한 결과, 지하수의 pH는 6.09~7.0으로 모두 중성을 띠었으며 COD는 ③을 제외하고는 모두 6이하로 생활용수 기준을 만족하였고 매립지 하단 수문 ②의 염소이온은 매우 높게 검출되었는데 이는 매립지 옆 하천으로 방류되는 주변 생활하수의 영향때문인 것으로 생각된다.

표 2. 매립지 주변 지하수 수질

항 목	①			②			③			지하수 수질기준		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	생활	농업	공업
pH	6.45	6.35	6.62	7.00	6.21	7.05	6.09	6.33	6.20	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
COD	3.4	3.5	3.4	2.4	3.5	5.2	6.6	10.0	7.8	6	8	10
대장균군수	ND	ND	ND	ND	ND	<50	ND	ND	ND	5,000	-	-
NO ₃ -N	0.7	0.61	ND	0.08	0.05	0.32	0.089	0.66	0.22	20	20	40
Cl-	42.45	41.34	56.51	994.9	390.48	294.41	68.2	51.35	40.26	250	250	500
카드뮴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.01	0.02
비소	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	0.1
시안	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2
수은	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	0.005	0.01
납	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.1	0.2
6가크롬	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	0.1

3.3 주변토양

본 매립지 주변의 토양오염 여부를 파악하기 위하여 토양공정시험법으로 분석한 결과, Pb 5.78~35.78 mg/kg, Cu 0.58~5.31 mg/kg, Cr⁺⁶ 0.17~1.61mg/kg의 범위로 검출되었으며 페놀, 유기인, 시안 등은 모든 지점에서 불검출되어 조사 토양 모두가 토양오염 우려기준(가지역)을 만족하는 것으로 나타났으며 침출수로 인한 영향은 없는 것으로 판단된다.

표 3. 매립지 토양 용출

항 목	①			②			③			④			우려기준 가지역
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	
Cu	5.31	7.09	13.1	5.04	7.75	8.82	1.94	5.57	1.09	0.58	4.51	4.74	50
Pb	5.78	1.04	20.68	19.11	5.76	6.65	6.89	3.3	2.35	35.78	32.09	2.39	100
Cd	0.09	ND	0.41	0.19	ND	0.16	1.15	ND	0.08	0.12	ND	0.12	1.5
Hg	0.02	ND	ND	ND	0.05	ND	ND	0.05	ND	ND	0.05	ND	4
As	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.06	ND	0.04	0.01	ND	0.06	0.06	6
Cr ⁺⁶	1.61	0.2	0.02	1.07	0.21	0.02	0.47	0.17	ND	0.38	0.12	0.01	4
CN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2
페놀류	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4
유기인	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10

3.4 시추조사 및 표준관입시험

본 매립지 지층의 분포상태, 구성성분 및 지내력 등 지반공학적 특성을 파악하기 위하여 시추조사 및 표준관입시험을 심도 1.5m 마다 실시하였다. 매립층은 지표하 6.1m 범위까지 분포하며, 0.0~1.5m 두께에서 갈색의 자갈섞인 실트질과 모래질로 구성되어 약간의 쓰레기(음식물, 비닐·플라스틱류, 나무·풀류, 섬유류, 가죽·고무, 기타 등을 함유하고 있으며 느슨한 정도의 상대밀도와 습기정도의 수분함량을 보인다. 또한 1.5~6.1m 매립층은 회색으로 실트질섞인 모래질로써 쓰레기를 함유하고 상대밀도는 보통에서 매우 조밀하게 분포되어 있으며 표준관입시험의 결과 N-치는 12~50이다.

표 4. 매립지 시추조사 결과

심 도 (m)				
복토층/ 자갈섞인 실트질과 모래질	매립층/ 실트질 섞인 모래질 함유	실트질 모래	모래질 실트	풍화토
0.0~1.5	1.5~6.1	6.1~10	10~13.1	13.1~15.4

3.5 침하계측

매립장의 침하상황을 파악하기 위하여 기준점과 침하판의 레벨을 측량하여 침하량을 산정한 바, 3차 측정시까지 침하는 거의 일어나지 않은 것으로 나타났다.

표 5. 매립지 레벨 측량치

관측횟수	침하판번호	기준점(B.S)	침하판(F.S)	고저차 = B.S-F.S	침하량(m)
1	①	0.083	1.344	-1.261	-
	②	0.083	1.235	-1.152	-
2	①	0.064	1.325	-1.261	0
	②	0.064	1.216	-1.152	0
3	①	0.141	1.402	-1.261	0
	②	0.141	1.295	-1.154	0.002

4. 결 론

- (1) 매립폐기물의성상조사를 한 결과, 토사 및 기타류가 45.10~64.68%로 가장 높게 나타났으며 음식 물류는 거의 검출되지 않아 비교적 안정화 단계에 있음을 확인할 수 있었다.
- (2) 매립지 주변의 지하수 분석 결과, COD는 대부분 6이하로 생활용수 기준을 만족하였고 특정오염 물질은 모두 기준치 이하로 검출되었다. 토양오염 분석 결과, Pb, Cu, Cr⁺⁶이 일부만 검출되어 침출수에 대한 주변환경오염도의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.
- (3) 시추조사와 표준관입시험을 수행한 결과, 매립층은 지표하 6.1m 범위까지 분포하며 분해가 거의 완료된 폐기물 등이 발견되었다. 기준점과 침하판의 레벨을 측량한 결과, 침하는 거의 일어나지 않았으나 추후 상부에 구조물이 계획되는 경우에는 보다 정밀한 지반조사가 필요할 것으로 판단 된다.

5. 참고문헌

- 1.정하익, 1998, 지반환경공학, 유림
- 2.환경부, 2001, 사용종료매립지 정비지침
3. 황대규, 2000, "비위생 매립지의 전향적 해법", 토목학회지, Vol48, No.7, pp78~87.
4. 정하익, 한국건설기술연구원, 비위생매립지 및 불법매립지의 정비방안