

매립장 폐기물 특성에 따른 지반특성 변화 사례 연구 Case study on the variation of landfill soil properties due to waste materials' characteristics

김진환¹⁾, Jinhwan Kim, 조진우¹⁾, Jin-Woo Cho, 백용²⁾, Yong Baek, 이용수²⁾, Yong-Soo Lee

¹⁾한국건설기술연구원 지반연구실 전임연구원, Research specialist, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., Infrastructure Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

²⁾한국건설기술연구원 지반연구실 연구위원, Research Fellow, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., Infrastructure Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : Developable areas nearby metropolitan areas, which has high the density of population are limited by highly industrialized. In recent, the redeveloping plans for the finished industrial and resident areas are pushing to resolve this problems. Getting to the exact properties for reclaimed wastes is very important to reuse of landfill. Also, a strategy for how to deal with follow-up measures have to based on the waste characteristics. A lot of environmental problems have been happened in finished waste landfill such as a nasty smell by seepage, pollution of surface and ground water, a poisonous gas and soil contamination. The environment pollution in waste landfill have been studied by many researchers. The goal of this study is estimate the effects for the ground properties with the environmental properties of waste in finished landfill. As the results, the chemical characteristics of seepage in landfill may effect directly or indirectly to capping layer. Therefore, sustainable researches are needed to develop a secure landfill over the long term.

Key words : Landfill, Wastes characteristics, Geotechnical characteristics

1. 서 론

산업화가 고도화됨에 따라, 인구 밀도가 높은 우리나라 대도시 주변 개발 가능 지역은 점점 줄어들고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 사용이 종료된 매립장에 대규모 산업단지, 주택단지, 공원, 체육시설 등이 계획되고 있다. 그러나 매립장 지역 개발을 위해서는 매립 당시 매립된 폐기물의 특성을 정확히 파악하고 처리 방안을 모색해야한다. 사용 종료 된 폐기물 매립장에서는 다양한 환경 문제가 발생한다. 특히 비위생 매립장의 경우, 침출수 유출로 인해 악취발생, 지하수 및 지표수 오염, 유독성 가스 발생, 토양 오염 등의 원인이 될 수 있어 많은 관심과 주의가 요구된다.

조사 대상 지역은 인천 지역에 위치한 비위생 매립지로 1980년대 후반 매립이 종료되었다. 최근 이 지역의 개발을 위해 과거에 매립된 폐기물의 경제적인 처리방안을 마련하기 위한 연구가 진행되고 있다. 매립폐기물의 처리 시 육안 및 개략조사만으로는 폐기물의 성상, 처리방법, 처리비용, 현장 재활용 방법 등에 대한 적절한 대처방안의 수립이 어려움에 따라 이들에 대한 세부방안의 도출을 위해 매립폐기물 처리에 대한 종합적인 조사 및 처리 시스템의 구축이 필요하다. 그동안 매립장 개발 활용과 관련하여 많은 연구자들에 의해 연구가 진행되었다. 침출수에 의한 주변 오염, 침하 문제, 매립 가스 등 다양한 지반환경적인 문제에 대하여 연구가 진행되었다. 본 연구에서는 매립이 종료된 비위생 매립지의 매립폐기물 현황, 환경특성, 공학특성 등 다양한 조사 및 실험 결과 자료를 토대로 매립된 폐기물의 특성이 매립장을 구성하고 있는 지반 특성에 미치는 영향을 사례 연구를 통해 알아보하고자 하였다.

2. 연구 내용

2.1 매립폐기물 현황, 환경특성 및 공학적특성 조사

조사지역 폐기물 매립지역의 폐기물의 매립현황을 파악하기 위하여 시추 및 굴토시험을 수행하고 실내시험을 위한 시료채취를 시행하였다. 전체 구역을 A~J 구역까지 총 10 구역으로 구분하여 시추 및 굴토시험을 통해 복토층 두께와 폐기물층 두께를 확인하였다. 각 구역의 대표지점에 대하여 성상분류 시험을 수행하였으며, 실내시험에 필요한 토양 및 폐기물 시료를 채취하고, 유공관을 통해 침출수 채취 및 발생가스를 측정하였다. 환경유해성 분석은 크게 토양, 폐기물, 침출수, 매립가스에 대해 수행하였다. 조사지역 내 A구역~E구역 및 H, I, J 구역의 8구역에 대해 토양, 폐기물, 침출수 및 매립가스 시료를 채취하고, 채취된 시료에 대해 각 항목에 대한 시험을 실시하였다. 조사지역 내 폐기물이 매립되어있는 것으로 조사된 지역에 대해 실내 역학시험을 통해 과업 대상지역 매립토사의 공학적 특성을 파악하고자 하였다. A~J 구역 대하여 수행한 시험은 함수량, 비중, 액소성, 입도, 다짐, CBR시험 등이다. 표 1은 조사지역내 매립폐기물에 대한 조사 내용 현황을 보여준다.

표 1. 매립폐기물 현장조사 및 실내시험 현황

구분	현황조사		환경특성조사		공학특성조사	
	조사 개수	조사내용	조사 개수	조사내용	조사 개수	조사내용
A 구역	11	- 복토층 확인 - 폐기물층 확인 - 침출수위 확인 - 가스공 설치 - 시료채취 - 성상분석 - 체적환산계수	11	- 토양의 상태 파악	2	함수량 비중 액소성 입도 다짐 CBR
B 구역	16		16	- 토양의 유해성 분석	3	
C 구역	27		28	- 폐기물의 분해 상태파악	4	
D 구역	34		35	- 폐기물의 환경적 특성분석	10	
E 구역	71		35	- 침출수의 상태 파악	3	
F 구역	13		9	- 침출수의 유해성 분석	-	
G 구역	13		6	- 매립발생가스 단계 파악	-	
H 구역	22		5	- 매립지 안정화 여부	-	
I 구역	20		-		-	
J 구역	2		5		-	

2.2 매립폐기물 현황, 환경특성 및 공학적특성 조사 결과

현재 조사 지역에 대한 연구가 진행중이며 지금까지 수집한 자료가 방대하여 각각의 자료의 분석 결과의 의미를 파악하는데는 상당 기간의 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 수집된 자료 중, 매립된 폐기물의 특성을 나타낸다고 볼 수 있는 성상분석 결과와 환경특성조사 결과인 침출수의 암모니아성 질소(NH₃-N)의 함량, 공학적특성 조사 결과 중 CBR 값을 비교하여 보았다. 표 2는 조사 지역의 매립폐기물 현황을 나타낸다. 조사결과, C구역의 면적이 가장 넓으며 매립된 폐기물의 양이 가장 많은 구역은 F구역으로 나타났다. 폐기물층의 평균 심도가 가장 깊게 나타난 구역도 F구역으로 나타났다.

표 2. 매립폐기물 현황조사 결과

구역	면적 (㎡)	평균 복토층(m)	복토량 (㎡)	폐기물층 평균심도(m)	폐기물 매립량(㎡)	성상 분류(%)		
						가연물	불연물	토사
A	55,876	0.6	33,526	2.9	162,040	41.48	1.88	56.64
B	92,983	0.59	54,860	2.48	230,598	38.99	7.26	53.75
C	154,961	0.56	86,778	1.64	254,136	38.18	4.22	57.6
D	154,478	0.71	109,679	1.85	285,784	40.66	4.96	54.38
E	28,406	0.96	32,989	2.08	59,590	50.64	4.43	44.93

F	99,360	0.65	82,048	4.85	473,087	57.5	8.04	34.46
G	9,555	1.13	14,871	1.44	17,079	51.8	5	43.2
H	24,230	1.6	58,397	2.9	79,100	55.9	1.2	42.9
I	41,478	0.16	6,636	3.78	153,762	0.83	13.66	85.51
J	89,837	1.08	97,024	3.95	354,856	33.88	12.29	53.83

표 3은 조사지역 침출수 분석 자료 중, 암모니아성 질소 함량과 공학적 특성 분석 값 중, CBR 값을 나타낸다. 각 측정값은 조사지역 내 분석 값의 평균값이며 조사지역의 매립폐기물 현황 특성과의 비교를 위해 가연물량과 폐기물층 1m당 매립량 값을 함께 나타내었다. 현재 매립토사의 CBR 값은 다섯 개 현장에서만 측정된 상태이다.

표 3. 조사지역 매립폐기물의 환경적, 공학적 특성

구역	가연물량(m ³)	폐기물층 평균심도(m)	침출수의 NH ₃ -N 함량 (mg/l)	매립토사의 CBR
A	67,214	2.9	47.30	4.15
B	89,910	2.48	44.03	5.46
C	97,029	1.64	34.77	3.97
D	116,200	1.85	139.64	4.1
E	30,176	2.08	539.23	5.3
F	272,025	4.85	321.57	-
G	8,847	1.44	16.82	-
H	44,217	2.9	102.41	-
I	1,276	3.78	1.46	-
J	120,225	3.95	52.14	-

매립장 내 매립폐기물에서 가연물의 비율이 높을 경우, 나타날 수 있는 지반특성의 변화를 살펴보기 위해 표 3의 분석 결과 중 가연물량과 암모니아성 질소의 함량을 비교하여 보았다(그림 1). 그림에서 볼 수 있듯이 가연물의 함량이 증가할수록 침출수의 암모니아성 질소의 함량이 미세하게 증가하는 경향을 볼 수 있다. 암모니아성 질소의 함량은 향후 조사지역 주변의 지반환경적인 문제를 야기 시킬 수 있으므로 많은 관심과 주의가 요구된다.

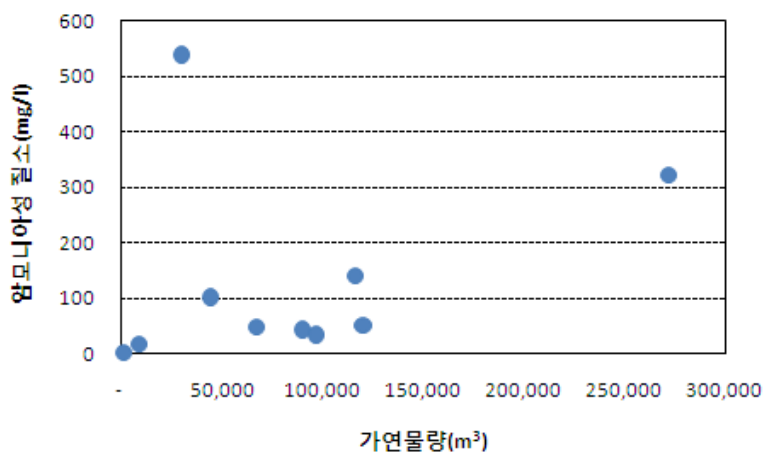


그림 1. 매립폐기물 중 가연물 함량의 변화에 따른 암모니아성 질소 함량 변화

매립토사의 CBR에 영향을 줄 수 있는 요인을 평가해보기 위해, 폐기물층 평균 심도와 CBR 값을 비교하여 보았다(그림 2). 폐기물층의 평균심도가 증가할수록 매립토사의 CBR 값이 증가하는 경향을 볼

수 있다. 증가하는 경향에서 벗어난 경우를 관찰할 수도 있으며 이에 대해서는 추가 자료를 좀 더 수집한 뒤 비교해보는 것이 필요하다.

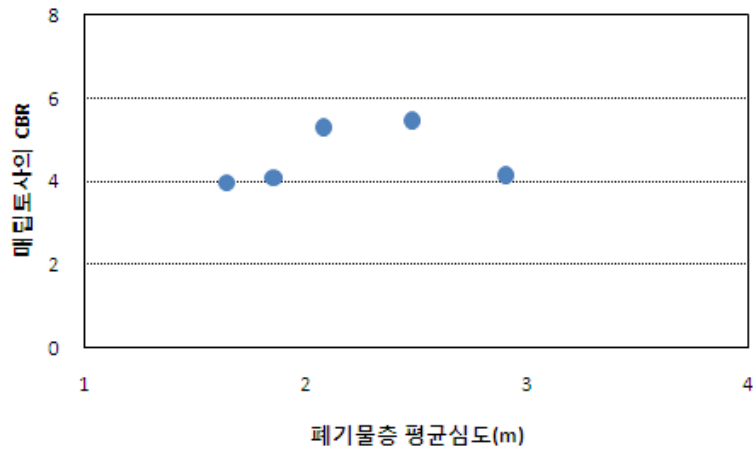


그림 2. 폐기물층 평균심도 변화에 따른 매립토사의 CBR 변화

3. 결 론

사용이 종료된 비위생 매립지 조사 결과 자료 일부를 이용하여 폐기물 특성 변화에 따른 지반특성 변화를 비교하여 보았다. 연구결과, 매립장 내 폐기물의 함량이 많을 경우 침출수의 암모니아성 질소의 함량이 증가하는 경향을 관찰할 수 있었다. 일부 구간의 경우, 폐기물의 함량이 적은 경우에도 암모니아성 질소의 함량이 높게 나타난 경우를 관찰할 수 있었는데, 이러한 이유는 해당 구간에 다른 오염원 존재의 여부를 추정해볼 수 있겠으나 좀 더 연구가 필요한 부분이라고 판단된다. 또한 폐기물층의 심도가 깊을수록 매립토사의 CBR값이 높게 나타나는 경향을 볼 수 있는데, 이는 폐기물과 지하수의 반응이 매립토사의 CBR에 영향을 미쳤을 것으로 추측되나 보다 많은 자료 분석이 필요하다고 판단된다. 매립물 특성에 따른 지반특성의 변화를 예측할 수 있다면 사용 종료된 매립장 개발을 보다 효과적으로 할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

1. 박현일, 이승래(2000), 기존 침하모델들에 근거한 쓰레기 매립지 장기 침하 예측, 한국지반공학회논문집 제16권 제2호 pp.41-50
2. 박현일, 이승래, 고광훈(1998), 매립연한이 서로 다른 쓰레기 매립지의 장기 침하 거동, 한국지반공학회지, 제14권 제2호 pp.21-30
3. 박현일, 이승래, 라일웅, 성장열(1997), 난지도 쓰레기 매립지의 침하 특성, 한국지반공학회지 제13권 제2호 pp.65-75
4. 전상현, 유남재, 박병수(2008), 준설매립지반의 압밀거동 예측을 위한 구성관계식 산정 및 압밀정수 평가, 한국지반환경공학회 논문집, 제9권, 제6호, pp.31-41
5. 정하익, 진현식, 진규남, 김달용(1999), 연약지반 성토시 전단변형에 의하여 유발된 즉시침하량의 산정, 한국지반공학회 연약지반처리위원회 학술발표회 논문집, pp.78-83