한국지하수토양환경학회지 Vol.6, No.2 57~67, 2001
Journal of KoSSGE Vol.6, No.2 57~67, 2001

原著

부정류 상태에서의 난지도 매립지 침출수 거동 예측

강 동 희 · 조 원 철 · 이 재 영*

*중앙대학교 건설환경공학과 · *서울시립대학교 도시과학대학 환경공학부*

The Behavior of Leachate on The Transient Condition in The Nanji Waste Landfill

Dong – Hee Kang · Won – Chul Cho · *Jai – Young Lee

Department of civil and Environmental Engineering, Chung-Ang University
**Department of Environmental Engineering University of Seoul, korea*

ABSTRACT

The purpose of this study is to predict appropriate leachate rates and leachate transport velocity through weathered zone and basement rock on the transient condition at Nanji waste landfill. The leachate transport in the Nanji waste landfill is analyzed using MODFLOW(A Modular 3-D Finite Different Groundwater Flow Model) model which simulates three dimension groundwater flow and MT3D(A Modular Three Dimentional Transport Model) model which describes three dimensional transport for advection, dispersion and chemical reaction of dissolved constituents in groundwater system on the transient condition. Leachate production rates are estimated by HELP(Hydraulical Evaluation of Landfill Performance)model and used weather records for recent 10 years. Leachate transport is predicted by a change of leachate level to after/before established HDPE, established slurry wall and wells.

key word : leachate transport, leachate rate, slurry wall, groundwater flow

요 약 문

본 연구는 난지도 매립지에서 기반암 및 풍화대층을 통해서 거동하는 침출수의 속도와 침출수량을 부정류 상

태에서 예측하기 위해 실시되었다. 본 연구에서는 3차원 지하수 거동 모델인 MODFLOW와 지하수에 용해되어 있는 오염물질의 확산, 분산, 화학반응 등을 해석할 수 있는 MT3D를 이용하여 안정화 공사 이후 부정류 상태에서 침출수 거동을 해석하였다. 침출수 발생량은 최근 10년간의 기상자료를 이용해서 HELP모델로 산출하였다. 침출수 거동은 차수벽, 차수층 설치 전,후의 침출수위 변화에 의해 예측되었다.

주제어 : 침출수 거동, 침출수량, 차수벽, 지하수 거동

1. 서 론

1978년 3월부터 서울시 폐기물 매립장으로 사용된 난지도 매립장은 15년 동안 서울시의 모든 폐기물을 매립하면서 대표적인 불량 매립지가 되었다. 서울 및 수도권지역의 도시 폐기물을 매립해온 난지도 매립지에서 지금까지 발생된 침출수는 지하수와 혼합되어 주변 지하수계를 오염시켜 왔으며, 특히 난지도 폐기물 매립지가 한강변에 위치하고 있어 난지도 매립지에서 발생한 침출수가 그대로 매립지 지반을 통해 한강변으로 유입되었다. 이에 1995년 난지도 매립지가 폐쇄된 후 매립지에서 발생하는 침출수에 의한 2차 오염을 방지하기 위해 난지도 매립지 주변에 차수벽 설치공사와 차수층 설치, 침출수 추출을 위한 집수정 설치 등의 매립지 안정화 공사를 실시하였다.

난지도 매립지의 안정화 공사가 진행되면서 매립지 내부로의 우수 유입을 저감시키기 위해 상부에 차단층을 설치하였고, 매립지내의 침출수가 주변 지하수괴로 이동하는 것과 주변 지하수가 매립지 내로 이동하는 것을 차단하기 위해 차수벽을 난지도 매립지 주변에 설치하였으며, 매립지 사면 및 저부를 통해 유입되는 우수의 추출과 기존 침출 수위를 저감시키기 위해 집수정을 난지도 매립지 주변 31곳에 설치하였다. 이와 같이 차수벽, 집수정과 같은 인공시설물은 난지도 매립지의 침출수 및 지하수 거동을 해석하는데 있어 지하수 흐름을 교란하여 정류상태 조건하서 지하수 거동을 예측하는 모델로는 시간에 따라 변화하는 부정류 상태에서 침출수 유출특성을 파악하는데 어려움이 발생한다.

본 연구에서는 난지도 매립지 안정화 공사로 인해 발생되는 수리조건 변화에 따른 침출수 거동을 예측하기 위해 시간에 따른 변화를 고려한 부정류 흐름 해석을 실시하였고, 침출수위 변화와 침출수량의 변화 및 유속의 변화와 난지도 매립지에서 발생하는 침출수가 풍화대 및 이미 오염된 기반암, 즉 차수벽 하부로 거동하는 침출수량 등을 안정화 공사이전과 비교했으며 난지도 매립지가 안정상태로 접어드는 20년 후의 난지도 매립지 침출수 수위와 오염물질 거동을 부정류 상태로 예측함으로써 안정화 공사가 매립지반 침출수 거동에 미치는 영향을 예측하였다.

2. 연구대상 지역 고찰

난지도 매립지는 서울특별시 마포구 성산동과 상암동 일대에 위치해 있으며 난지도 매립장을 중심으로 남쪽에 한강이 북쪽에는 난지천이 남서 방향으로 흐르고 있고, 제 1매립지장의 서쪽 경계에서 난지천과 한강이 합류한다. 연구 지역내에는 선캠브리아기의 편마암류와 이들이 관입한 중생대 관입암류, 그리고 이들과 부정합을 이루는 제 4기 충적층이 분포한다.

난지도 매립지는 매립 이전 2m~8m의 평탄한 지역이었던 곳에 비위생 단순 매립으로 형성된 대표적 불량 매립지이다. 난지도 매립지는 제 1매립지와 제 2매립지로 구분되어 운영되었으며, 1993년 3월말 폐쇄되기까지 97,707,000m³의 폐기물이 매립되었으며 매립고는 년간 약 4m씩 상승하여 현재 92m~99m의 거대한 산을 형성하게 되었다. 난지도 매립지 안정화 공사의 일환으로 실시된 난지도 매립지 주변부에서 실시한 시추자료에 의하면 편마암이 기반암으로 발달, 분포하고 있으며, 지층 상태는 쓰레기 매립층 하부로 상부 충적층, 하부 충적층, 풍화대층, 기반암층의 분포를 보이고 있다. 난지도 매립지에는 약 150만 톤의 산업

폐기물이 매립지내에 매립되었다. 대체적으로 하수 슬러지와 산업폐기물은 1987년부터 1990년 사이에 주로 제 1매립지 EL 35m~50m사이에 매립되었다. 이러한 산업폐기물이 일정 지역에 매립된 것이 아니라 매립지 전역에 산재되어 매립되었기 때문에 철저한 사후관리가 요구되어 진다. 특히 난지도 매립지내 산업폐기물에 함유된 휘발성 유기화합물이 매립지 내로 유입된 우수와 함께 발생된 침출수가 지하수에 유입되면 심각한 환경문제를 야기할 수 있다.

3. 침출수 발생량 산정

매립지의 침출수는 대부분 강우가 매립지 내부로 유입하여 발생한다. 침투수가 폐기물층을 통과하면서 오염되고 이 오염된 침투수가 지하수와 혼합되어 주변 지하수계를 오염시킨다. 본 연구에서는 HELP모델을 이용하여 매립지 침출수 발생량을 산정하였다. HELP 모델은 매립지 내로 침투된 우수가 통과하면서 오염물질을 용해시키면서 발생된 침출수가 매립지 하부 지층을 통과하면서 그 하부 대수층에 어느 정도 유입되는지를 해석하는 모델이다. HELP모델을 이용하여 난지도 매립지 침출수 발생량 산정 결과 매립지 상부 복토층에 배수층 및 차단층을 설치하여 매립지 내로 우수의 유입을 차단함으로써 전체 침출수 발생량의 71.2%가 감소하였다. 그러나 매립지 사면부를 통해서 발생하는 침출수량은 안정화 공사 이전에는 31.4%정도 발생하였으나 안정화 공사 이후에는 49.4%로 증가하였다. 이는 강우 침투면적에서 안정화 공사 이후에 매립지 상부에 차단층이 설치되어 매립지 상부로 유입되는 침출수가 없다고 가정하여 상대적으로 매립지 사면 면적이 증가하였기 때문이다. 매립지 저부를 통해서 발생하는 침출수 발생량 감소는 저부 면적을 차수벽 내의 면적으로 계산하여 저부 면적이 감소하였기 때문이다. 그럼에도 불구하고 저부에서 발생하는 침출수 비율이 31.7%에서 50.6%로 증가되는 이유는 침출수 발생 면적에서 저부가 차지하는 비율이 증가되기 때문이다. 안정화 공사 이전에 침출수 발생량은 연 평균 2438.5mm/year 일 때 최대 312.2mm/day로 나타나며 차단층(HDPE) 설치이후 침출수 발생량은 연 평균 701.6mm/year이고, 일 최대 287.4mm/day로 예측되어진다.

4. 침출수 거동 해석을 위한 기본이론

4.1 지하수 거동 기본이론

등방, 불균질 대수층내 지하수 흐름이 부정류일 때 흐름 지배방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y}+\frac{\partial^2 h}{\partial z^2}=\frac{S_s}{K}\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

여기서, x, y, z는 공간 좌표, t는 경과 시간, K는 수리 전도도, h는 전수두, $S_s=\rho g(\alpha+\beta)$는 다공질 매체의 비저유계수, ρ는 유체의 밀도 g는 중력 가속도이다.

4.2 오염물질 거동 기본이론

지하수내의 각종 오염물질의 3차원 거동을 모사한 MT3D 모델의 지배방정식은 식(2)와 같다. (Javandel 등, 1984)

Table 1. HELP 모델에 의한 침출수 발생량 산정 결과

구 분	안정화 공사 이전				안정화 공사 이후			
	연 평균		일 최대		연 평균		일 최대	
	mm/year	%	mm/day	%	mm/year	%	mm/day	%
매립지 저부	773.8	31.7	67.2	21.5	355.3	50.6	155.5	54.1
매립지 사면부	764.4	31.4	77.5	24.8	346.3	49.4	131.9	45.9
매립지 상부	900.3	36.9	167.5	53.7	0	0	0	0
계	2438.5	100	312.2	100	701.6	100	287.4	100

$$R\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_{ij}\frac{\partial C}{\partial x_i}\right)-\frac{\partial}{\partial x_i}(v_i C)$$
$$+\frac{g_s}{n}C_s-\lambda\left(C+\frac{\rho_d}{n}-\bar{C}\right) \quad (2)$$

여기서, R : 지연계수(retardation factor), C는지하수내에 용해되어 있는 오염 물질의 농도, t는 경과시간, x_i는 해당 좌표의 거리, D_{ij}는 수리 분산 계수, v_i는 평균 선형 유속, g_s는 단위 체적당 유량, ρ_d는 다공질 매체의 건조 단위중량, $\bar{C}$는 다공질 매체에 흡착된 오염물질 농도, λ는 제 1차 반응율의 반응계수이다.

5. MODFLOW 모델링 결과 및 분석

Fig. 1은 차수벽 설치 이전 난지도 매립지 침출수위를 안정화 공사 수위 자료를 근거로 모사한 것이다. 제 1매립지(좌측) 최대 수위는 43m이고 제 2매립지(우측) 최대 수위는 39m로 제 1매립지가 높게 나타났다. 침출수위는 각 매립지 중앙에서 높게 나타나 매립지 중심에서 방사형으로 침출수가 거동하고 있음을 보여주고 있다. Fig. 1에서 x는 행을 나타내고 y는 열을 나타내며 z는 층을 나타낸다. Fig. 1은 기본 입력자료와 안정화공사 실시 설계 시 조사된 침출수위를 사용하여 차수벽 설치이전 매립층의 침출수위를 나타냈다.

Fig. 2는 연 평균 강우량을 이용하여 난지도 매립지 침출수위를 수치해석 한 그림이다. 차수벽은 설치되어 있으나 아직 well을 통해서 침출수를 추출하지 않은 상태로 제 1매립지(좌측) 최대 수위는 61m로 나타났다. 현장 관측 수위는 60m~70m의 분포를 보이고 있으며 관측 값 중 최대 수위는 74.4m로 조사 됐다. 제 2매립지(우측)의 최대 수위는 수치계산 결과 54m로 나타났으며, 현장 관측수위는 50m~55m로 조사되었고 관측 값 중 최대 수위는 56.8m로 조사되었다. 수치계산 결과와 현장 관측 값이 10m정도 차이가 발생하는 이유는 현장 관측수위가 장마철 직후인 9월경에 조사된 값이고 수치계산은 연 평균 강우량을 기초로 해서 계산한 값이기 때문이다. 실제로 일일 강수량을

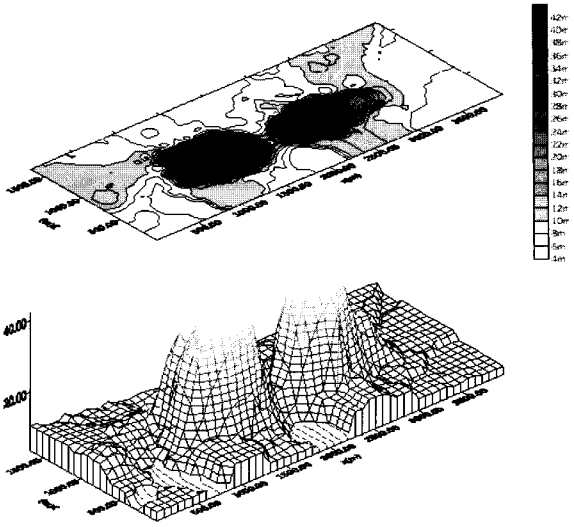

Fig. 1. 안정화공사 이전 매립지 침출수위

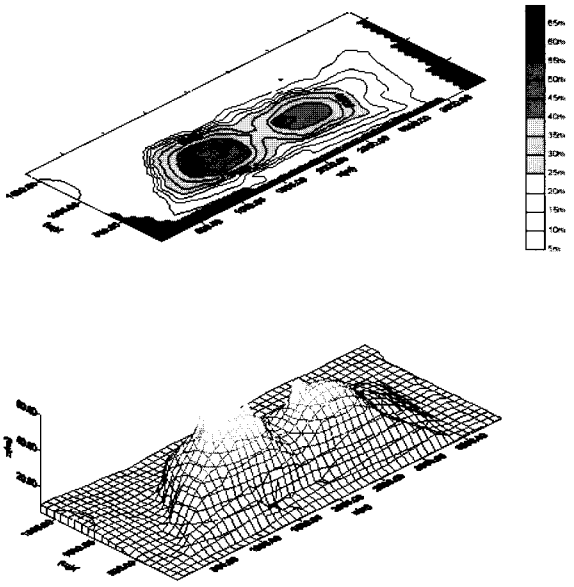

Fig. 2. 평균 강우량을 이용한 매립지 침출수위

이용하여 수치해석을 하면 일일 강수량을 이용하여 계산할 때 최대 침출수위가 연 평균 강유량을 이용하여 계산한 침출수위 보다 10m정도 높게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 3은 난지도 매립지 안정화 공사 20년 후 매립층 침출수위를 나타낸 그림이다. 난지도 매립지 안정

Table 2. 난지도 매립지 최근 현장 관측치

구 분	제 1 공 구		제 2 공 구	
	측정 지점	지하 수위(m)	측정 지점	지하 수위(m)
상 부	W-165	54.8	W-272	30
	W-166	60.9	W-255	54
	W-158	51.9	W-256	56.8
	W-181	74.5	W-257	55.7
	W-180	68.9	W-258	40.2
	W-179	58.7	W-263	40.8
	W-171	71	W-172	69
	W-174	74.4	W-182	66.3
사 면 부	W-104	24.5		
	W-110	24.9		
	W-114	36		
	W-118	31.1		
	W-125	25.4		
저 부	I-WT-02	34.1	I-WT-029	4.90
	I-WT-089	6.3	O-WT-029	4.87
	O-WT-089	6.5		

화공사 이전의 매립지 최대 수위는 43m였으나 차수벽 설치이후 급격히 상승하여 제1매립지 최대 수위가 61m, 제 2매립지 최대 수위가 54m로 나타났다. 이러한 최대수위는 슬러지 매립지 주위에서 발생하였고 매립지 상부의 평균적인 분포는 45m~55m정도로 나타났다. 안정화 공사 이후 매립지내 well을 통해서 1,860ton/day를 추출하면서 난지도 매립지 침출수위는 서서히 낮아지기 시작하여 매립지가 안정화 상태에

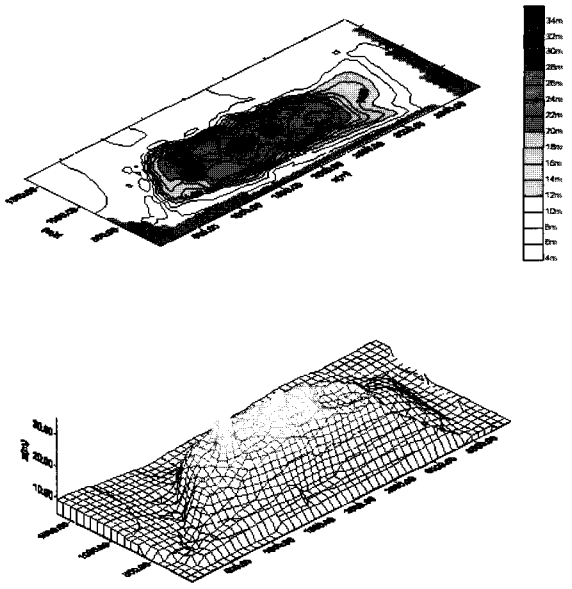

Fig. 3. 안정화 공사 20년 후 매립층 침출수위

이르는 20년 후의 최대 수위는 제 1매립지(왼쪽) 37m 제 2매립지(오른쪽) 30m로 나타났으며 평균적인 수위는 25m정도 분포하는 것으로 나타났다.

우수의 유입으로 생성된 난지도 매립지 중심부의 상승된 높은 침출수는 주로 수직 방향으로 흐르며 수두차에 의해 빠르게 충적층까지 흐르는 것으로 판단된다. 그러나 차수벽이 풍화대 상부까지 설치됨에 따라 충적층을 통해 거동하던 침출수가 매립지 밖으로 유출되지 못하고 매립지 내에 누적되어 침출수위의 상승을 유발하였고, 침출수위 상승은 풍화대 및 기반암으로 거동하는 침출수의 증가를 유발하였다.

Table 3. 풍화대에서 거동하는 침출수량의 변화

구 분	차수벽 설치 이전 침출수량 (ton/day)	1999년 침출수량 (ton/day)	2004년 침출수량 (ton/day)	2009년 침출수량 (ton/day)	2019년 침출수량 (ton/day)
한 강 변	28.6	165.5	202.5	202.5	62
상암동 지역	5	46.8	55.9	55.9	20.7
서쪽방면	3.8	26.1	31.5	31.5	2.6
동쪽방면	5.9	34.1	41.8	41.8	3.3
기 반 암	49	86	125	125	0.1
합 계	92.3	358	456.7	456.7	88.7

Table. 4. 난지도 매립지 차수벽 설치 이전의 침출수 유출량

구 분	매립층 (ton/day)	상부 충적층 (ton/day)	하부 충적층 (ton/day)	풍화대 (ton/day)	기반암 (ton/day)	합 계	
						(ton/day)	%
한강변	26	198.2	725	28.6	23.7	1001.5	42.9
상암동 지역	13.3	116.8	508	5	19.5	662.6	28.3
서쪽 방면	15.4	60.5	272.8	3.8	7.7	360.2	15.4
동쪽 방면	10	59.5	227.2	5.9	9.9	312.5	13.4
합 계	64.7	435	1733	43.4	60.8	2336.8	100
최대수위	43m						

Table. 3은 풍화대층에서 거동하는 침출수량의 변화를 보여주고 있다. 풍화대에서 유출되는 침출수량은 차수벽 설치 이전에 92.3ton/day에서 차수벽 설치 이후에 358~ton/day로 증가하고, 차수벽 설치 5년 후에는 456.7 ton/day까지 증가한다. 이는 차수벽 설치 이전에 풍화대에서 유출되는 양보다 5배정도 많은 양이다. 매립지 안정화 공사 이후 well을 통해서 1860ton/day 추출하면서 매립지 침출수위는 점진적으로 감소하나 풍화대를 통해 유출되는 양은 안정화공사 15년 후까지 456.7 ton/day가 유출된다. 그 이후에 침출수위는 급격하게 감소하여 안정화 공사 20년 후에는 차수벽 설치 이전에 풍화대를 통해서 유출되던 침출수량과 비슷한 수준까지 낮아진다.

5. MT3D 모델링 결과 및 분석

매립지 안정화공사 이전에 조사된 CL값을 MT3D 모델에 적용하여 오염물질의 거동을 예측하였다. Fig. 4는 차수벽 설치 이전 상부충적층에서 오염물질이 거동하는 것을 나타낸 것이다. Fig. 4에 나타난 굵은 실선 내부가 난지도 매립지이며 굵은 실선의 위치가 차수벽이 설치된 자리이다. Fig 4는 차수벽 설치 이전의 그림으로 매립지 중심부의 높은 농도의 오염물질이 아무런 제약 없이 매립지 중심에서 매립지 주변으로 거동하고 있음을 보여주고 있으며 특히 한강변 지역으로 많은 양의 오염물질이 거동하고 있음을 알 수 있다. Fig. 5는 차수벽 설치 이후에 하부 충적층을 통해 거동하는 오염물질 거동을 모사한 결과이다. Fig. 5에

Table 5. 차수벽 및 복토 후 난지도 매립지에서의 침출수 유출량(부정류상태)

구 분	1999년 침출수량		2004년 침출수량		2009년 침출수량		2019년 침출수량	
	(ton/day)	%	(ton/day)	%	(ton/day)	%	(ton/day)	%
한강변	235.4	40.8	293.1	11.8	284.1	11.4	94.3	4.4
상암동 지역	129.9	22.49	134.9	5.4	148.4	6.0	81.7	3.8
서쪽 방면	113.5	19.7	124.9	5.0	112.7	4.5	71.6	3.4
동쪽 방면	98.3	17.0	112.4	4.5	124.6	5.0	67.3	3.2
WELL	0.0	0.0	1812.9	73.1	1812.9	73.1	1808.1	85.2
합 계	577.1	100%	2478.2	100%	2482.7	100%	2122.5	100%
최대 수위	61m/54m		57m/46m		48m/35m		37m/30m	

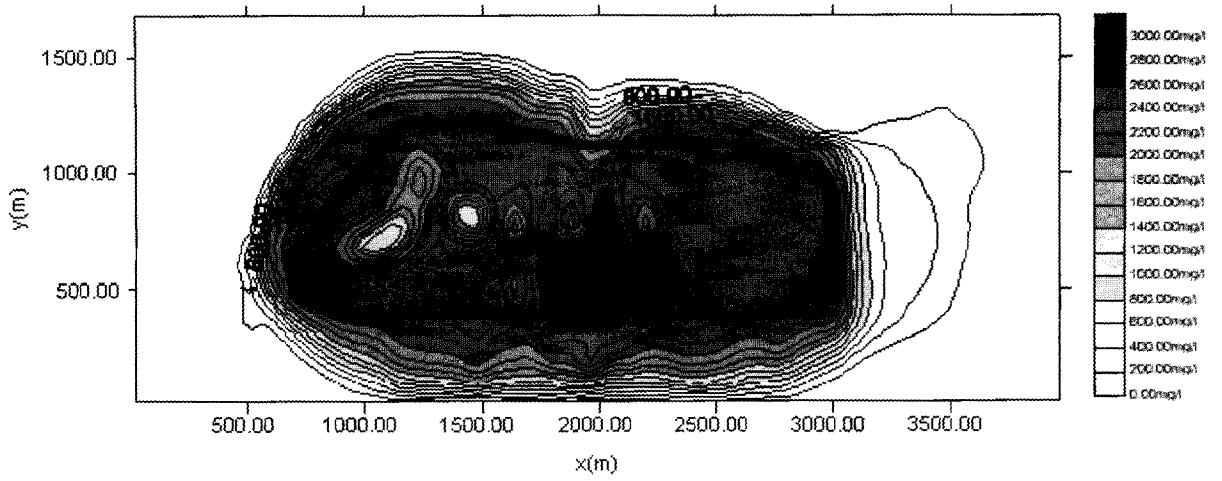

Fig. 4. 난지도 매립지 차수벽 설치이전 하부 충적층에서의 오염물질 거동

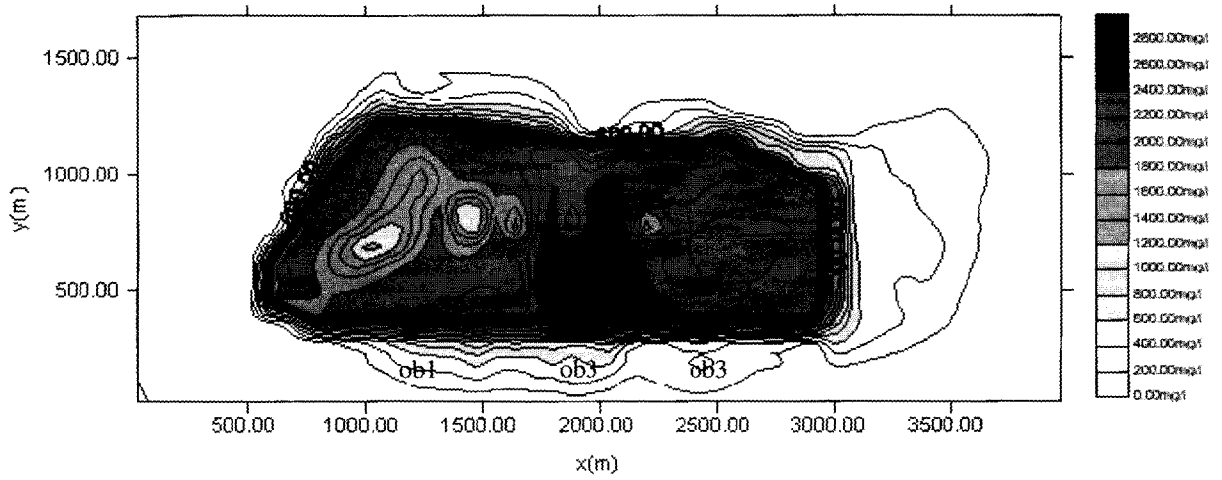

Fig. 5. 난지도 매립지 차수벽 설치 이후 하부 충적층에서의 오염물질 거동

나타난 굵은 실선은 차수벽을 나타낸다. 난지도 매립지에서 한강변으로 유출되는 침출수의 농도 변화를 알아보기 위해 매립지와 한강변 사이에 ob1, ob2, ob3 세 개의 관측정을 설치하여 차수벽 외부 하부 충적층에서 시간에 따른 오염물질 농도 변화를 알아보았다. 차수벽 설치로 인하여 하부 충적층대로 오염물질이 이동할 수 없게 되어 매립지 중심에서 유출되지 못하는 오염물질이 축적되어 매립지 내부의 오염물질 농도가 상승한다. 그리고 오염물질이 매립지 내부에서 차수벽 밖으로 거동하지 못함에 따라 차수벽 설치 이후의 매립지 주변수 오염물질의 양이 감소하는 것을 보여주고 있다. Fig. 6은 난지도 매립지 차수벽 설치 20년 후 하부 충적층에서의 오염물질 거동을 보여주는 것으로, 매립지 중앙에서 차수벽 설치 후와 비교하여 볼 때 오염 농도가 더욱 높아진 것을 알 수 있다. 차수벽 설치 이전처럼 많은 양의 오염물질이 매립지에서 주변으로 거동하고 있지는 않지만 차수벽 설치 이후에 급격하게 감소한 오염물질 거동보다 많은 양의 오염물질이 다시 거동하고 있음을 보여주고 있다. 이는 차수벽 설치로 유출되지 못한 오염물질이 침출수위 상승을 유발하게

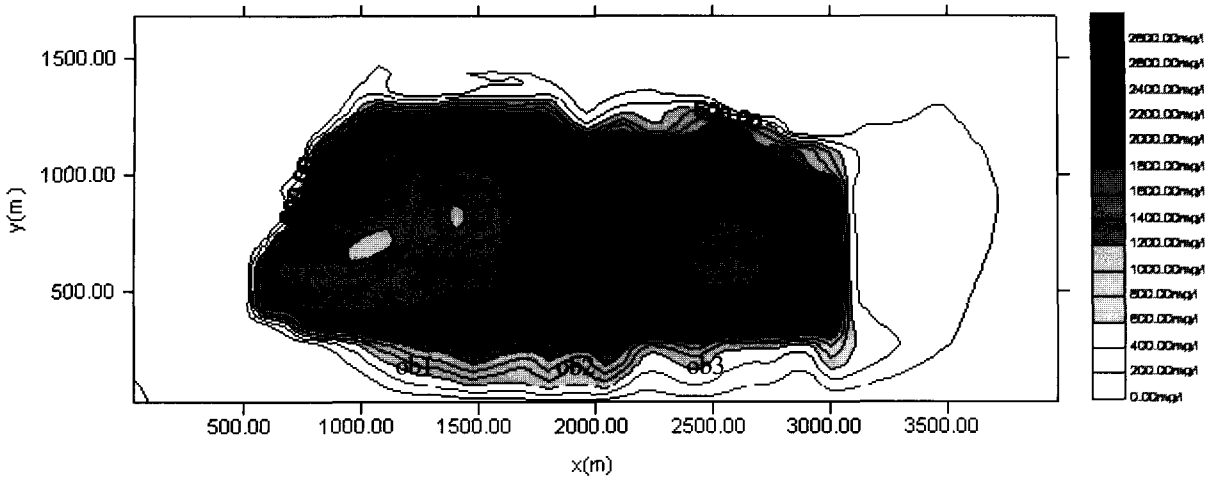

Fig. 6. 난지도 매립지 차수벽 설치 20년 후 하부 충적층에서의 오염물질 거동

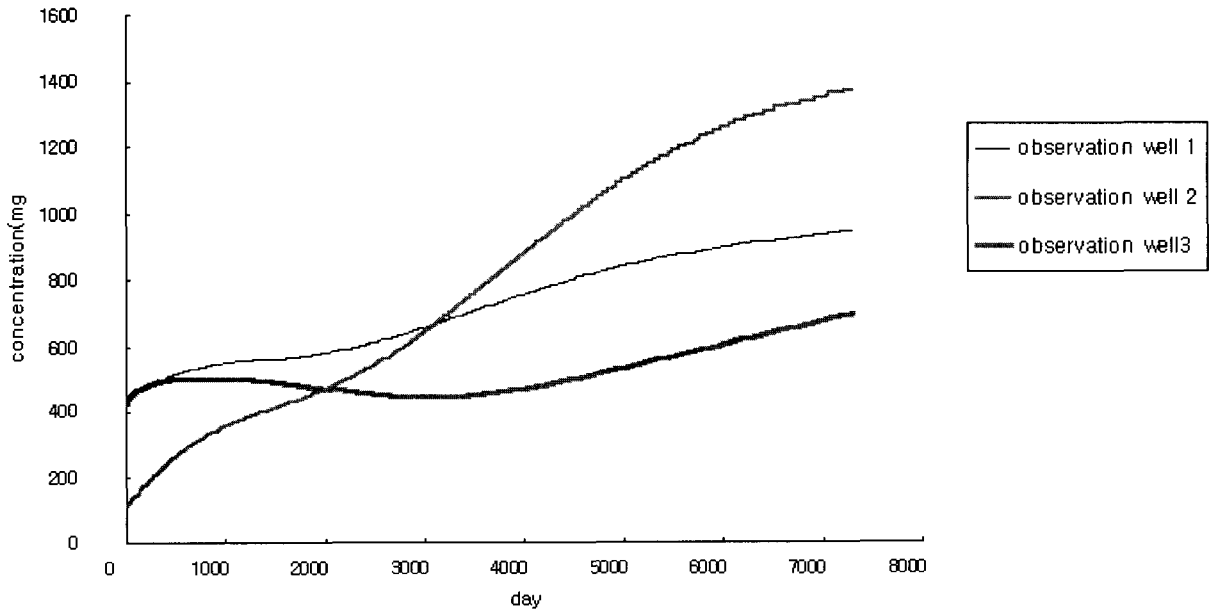

Fig. 7. 차수벽 설치이후 관측정에서 시간에 따른 오염물질 농도 변화

되고 이로 인해 풍화대로 유출되는 침출수량이 증가하여 농도가 낮고 투수계수가 높은 매립지 밖 충적층대로 오염물질이 차수벽을 따라 유출된다. Fig. 7은 차수벽 설치이후 침출수가 가장 많이 유출되는 한강 방면에 관측정 세 개(ob1, ob2, ob3)를 설치하여 관측한 결과이다. 관측정 ob1은 제 1매립지 앞에 그리고 ob3은 제 2 매립지 앞에 설치된 관측정이다. 그리고 곡간부 앞에 설치된 관측정은 ob2이다. 각 관측정에서 차수벽 설치 이후 시간에 따른 오염물질 농도 변화를 관측한 결과, 차수벽을 설치하였음에도 불구하고 Fig. 7의 각 그래프가 시간이 경과함에 따라 지속적으로 상승하는 것으로 나타났다. 이는 차수벽 외부로 침출수가 지속적으로 유출되고 있음을 알 수 있고, ob2에서 오염물질 농도가 높게 나타나는 것으로 미루어 보아

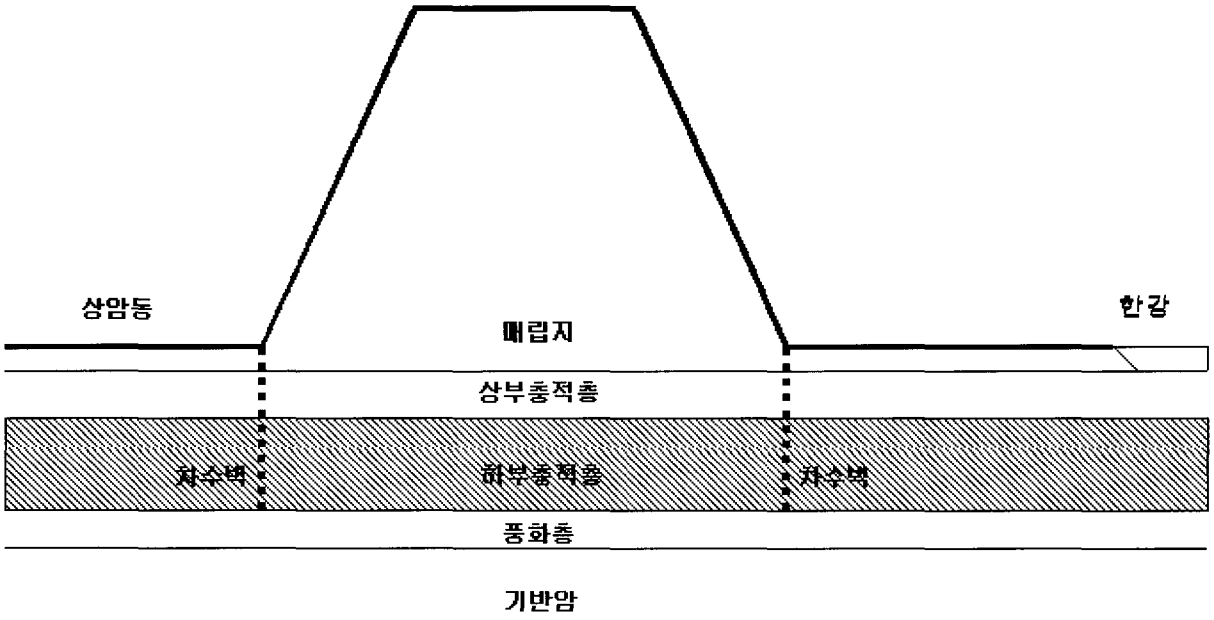

Fig. 8. 난지도 매립지 단면도

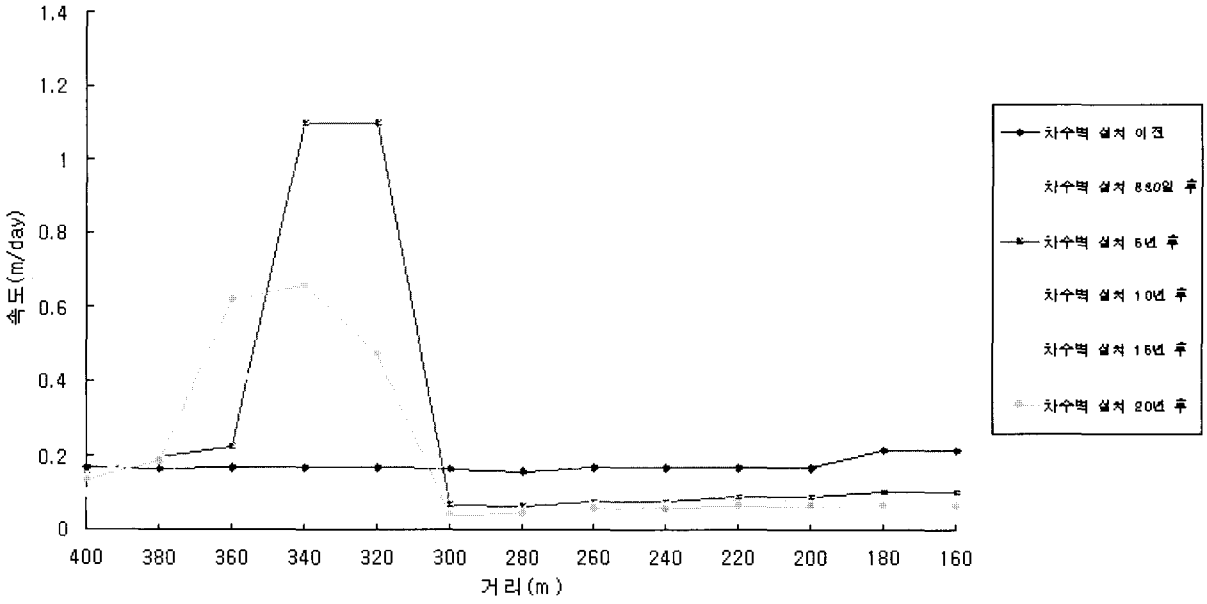

Fig. 9. 하부 충적층에서 시간에 따른 속도 변화

매립지 중앙에서 가장 많은 침출수가 유출되고 있음을 알 수 있다. Fig 8은 난지도 매립지 단면도로 좌측은 상암동 방면이고 우측은 한강 방면으로 차수벽은 풍화대 상부까지 설치되어 있다. 시간에 따른 오염 물질의 거동을 파악하기 위해 침출수가 가장 많이 거동하는 것으로 나타난 한강 방면의 침출수 거동 속도를 알아보았다. 속도는 한강 방면에서 오른쪽 차수벽 이후 40m까지 20m간격으로 나누어 각 간격의 평균값을 산

출하였으며, 시간은 차수벽 설치가 침출수가 가장 많이 거동하는 하부 충적층에서 침출수 거동 속도에 어떠한 영향을 미치는가를 파악하기 위해 차수벽 설치 이전, 차수벽 설치 이후 침출 수 추출 직전 그리고, 차수벽 설치 5년 후, 10년 후, 20년 후의 속도 변화를 산출하여 시간에 따른 하부 충적층에서 속도 변화를 구했다.

Fig. 9는 하부 충적층에서 시간에 따른 속도 변화를 나타낸 그림으로 Fig. 8의 난지도 매립지 단면도 오른쪽 부분이다. Fig 9에서 340m와 320m 사이에 차수벽이 설치되어 있고 160m 지점에서 한강이 시작된다. Fig. 9에서 차수벽설치 이전 하부 충적층에서 침출수 거동 속도는 매립지 내부나 외부에서 거의 변화가 없이 일정하게 나타나고 있으며, 한강변에 가까워지면서 30%정도의 속도 상승이 발생한다. 차수벽 설치 이전 하부 충적층에서 평균 속도는 0.1726m/day로 침출수가 매립지에서 유출되어 한강변에 도달하려면 1160일 정도가 걸린다. 차수벽 설치 이후에는 340m와 360m 지점 즉 차수벽이 설치된 지점에서 차수벽 안과 밖에서 속도가 급격히 상승하는 모습을 보여주고 있다. 차수벽 설치 830일 후는 매립지의 침출수위가 가장 높은 시기로 이때 최대 속도는 1.1m/day까지 상승하며 차수벽 밖에서는 급격히 속도가 감소하여 차수벽 설치 이전보다 낮은 속도 분포를 나타낸다. 차수벽 설치 830일 후 한강변 하부 충적층대의 평균 속도는 0.2823m/day로 침출수가 매립지에서 유출되어 한강변에 도달하려면 710일 정도가 소요된다. 차수벽 설치 이전보다 차수벽 설치 이후에 상승한 속도로 인해 한강변에 도달되는 시간이 단축되었으나 well을 통해서 침출수를 추출하면서 평균유속이 점점 감소하여 차수벽 설치 20년 후에는 0.1927m/day까지 감소한다. 한강변 하부 충적층에서 차수벽 설치이후 20년 까지의 침출수 거동 속도를 평균하면 0.229m/day로 침출수가 매립지에서 유출되어 한강변에 도달하려면 870일 정도가 소요된다.

6. 결 론

본 연구에서는 HELP, MODFLOW, MT3D를 이용하여 안정화공사 이전과 이후 난지도 매립지 물수지 및 침출수거동, 오염물질 거동에 대해 수치계산을 실시하였다. HELP모델을 이용하여 매립지내로 유입되는 우수의 양을 산출한 결과 차단층 설치 이전의 침출수 발생량은 연 평균 2438.5mm/year, 일 최대 312.2 mm/day로 나타났으며, 차단층 설치이후 침출수 발생량은 연 평균 701.6mm/year, 일 최대 287.4 mm/day로 나타났다. MODFLOW모델을 이용하여 부정류 상태하에서 매립지내에서 침출수의 거동을 모사한 결과 난지도 매립지 안정화공사 이전의 매립지 최대 수위는 43m였고 차수벽 설치이후 급격히 상승하여 제 1매립지 최대 수위가 61m, 제 2매립지 최대 수위가 54m로 나타났다. 안정화 공사 이후 well을 통해서 1860t/day를 추출하면서 난지도 매립지 침출수위는 점진적으로 감소하기 시작하여 매립지가 안정화 상태에 이르는 20년 후에 평균적인 수위는 25m정도에서 분포하는 것으로 나타났다.

풍화대에서 유출되는 침출수량은 차수벽 설치 이전에 92.3ton/day에서 차수벽 설치 이후에 358ton/day로 급격히 증가하고 차수벽 설치 5년 후에는 456.7ton/day까지 증가하였다. 이는 설치 이전에 풍화대에서 유출되는 양보다 5배정도 많은 양으로 차수벽 설치에 의한 침출수위 상승으로 유발되며, 침출수위 상승으로 차수벽 주위에서 빠르게 거동하는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. "난지도 매립지 안정화공사 실시설계 보고서", 대우엔지니어링(1994)
2. "난지도 매립지 지반 안정성 평가연구", 서울시립대학교 도시과학 연구원, pp.4~60(2000)
3. 이기화, 윤종렬, "난지도 폐기물 매립장 과 그주변 지역에서의 전기탐사", 한국지하수환경학회지, Vol. 2, No. 2, pp. 64~71(1995).
4. 오석영외, "폐기물 매립지 주변 지하수오염과 오염물질의 지연 특성", 한국지하수환경학회지, Vol.

3, No. 1, pp. 37~49(1996)
6. 이효철, 한정상, "난지도 매립지 주변 지하수환경의 오염 특성에 관한 연구", 한국지하수환경학회지, Vol. 3, No. 1, pp. 27~36(1996)
7. 이재영외 "연직 차수벽을 이용한 폐기물 매립지 오염 제어 사례 연구", 한국토양환경학회지, Vol. 4, No.2 163~174.(1999)
8. R. Allan Freeze, John A. Cherry, "Groundwater", Prentice hall, pp.58~69(1979)
9. US. EPA, The Hydraulical Evaluation of Landfill Performance(HELP) Model-User's Guide for Version 3 and Model-engineering Documentation(1994)