

# 폐기물 매립지의 침하 거동 및 조기 안정화 기법 ①

서민우<sup>1)</sup>, 박준범<sup>2)</sup>, 김재영<sup>3)</sup>, 권오정<sup>4)</sup>

## 1. 서론

산업화와 도시화가 급속히 진행됨에 따라 도시에서 발생하는 쓰레기 양은 급속도로 증가하고 있으며, 계속적으로 증가하는 쓰레기를 처리하기 위한 방법들이 여러 각도에서 논의되고 있다. 1995년 기준으로 우리 나라에서는 전체 쓰레기의 45%, 생활 폐기물 발생량의 72%를 매립에 의존하고 있으며, 이러한 추세는 지금도 바뀌지 않고 있다(환경부, 1996). 따라서, 매립시설의 설치, 유지 및 관리에 관한 연구는 지금까지 이루어진 성과를 바탕으로 앞으로도 계속적으로 심도 있게 이루어져야 할 것이다.

국내 신규 매립지의 경우, 사회적인 인식과 지리학적 여건으로 인해 주로 해안이나 산간에 설치되고 있다. 그러나, 국토를 효율적이고 경제적으로 이용해야 하는 국내 상황으로 인해, 신규 매립지 못지 않게 사용 종료된 매립지의 정비 및 재활용에 많은 관심이 모아지고 있다. 사용 종료된 매립지의 재활용을 위한 방법으로는, 현재 이적과 현장 안정화가 널리 이용되고 있다. 현장 안정화는 현장 쓰레기를 다른 곳으로 이동하는 이적이 주변 환경에 미치는 영향이 큰 경우 채택되는데, 난지도 매립지가 그 예라고 할 수 있다

(황대규, 2000).

그러나, 현장 안정화와 같이 쓰레기를 이동시키지 않은 상태에서 이루어지는 쓰레기 매립지 재활용은 오랜 시간에 걸쳐 발생하는 침하로 인해 기술적 어려움에 봉착해 있다. 장기간에 걸쳐 발생하는 부등 침하는 상부에 구조물을 건설하는 것을 어렵게 하며, 이미 매립지 상부에 설치된 기초나 관련시설을 손상시키기도 한다. 이러한 침하는 위생 매립지의 허부에 설치되어 있는 지오멤브레인 차수재나 우수 배재시설 또는 침출수 집배수시설 등의 파손을 가져와 인접 토양과 지하수를 오염시킨다. 이러한 파손을 방지하고 매립지의 안정화 시점을 결정하기 위해서는, 매립지의 침하 양상에 대한 이해를 바탕으로 최종 침하량을 정확히 예측하여야 한다. 그러나, 쓰레기 매립지의 침하량을 미리 예측하는 일은 현재로서 매우 어렵다.

본 기사는 사용 종료 매립지의 침하 양상에 관한 국내외 연구를 정리 및 분석한 것으로, 매립지 재활용에 관한 연구 및 적용에 도움을 되고자 작성되었다. 본 기사에서는 먼저 매립지 침하 양상의 특징에 대하여 알아보고, 매립지의 침하를 모델링하기 위해 사용되고 있는 여러 식들을 제시하였다. 그리고 국내·외에서 측정된 매립지 침하 계측 자료와 이에 대한 분석들을 알아본 후, 제시된 방법들의 적용 가능성을 검토해 보았다. 마지막으로 이러한 방법을 통해 예측된 침하를 미리 유발시켜 매립지를 조기에 안정화시키는 방법들을 알아보았다.

<sup>1)</sup>정희원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부, 박사과정

<sup>2)</sup>정희원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부, 교수

<sup>3)</sup>정희원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부, 교수

<sup>4)</sup>정희원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부, 석사과정

## 2. 매립지 침하의 특성

매립지의 침하 메카니즘(mechanism)은 매우 복잡하다. 이러한 현상의 주원인으로 폐기물의 비균질성과 시간에 따른 폐기물의 분해(decomposition)를 들 수 있다. 쓰레기의 분해 현상은 일반토양의 침하와 다르게 매립지 침하에서만 나타나는 현상으로 침하에 크게 영향을 미치는 인자이다.

매립지에서 발생하는 침하를 예측하기 위해서는 기본적으로 초기 응력과 이후 다짐 및 상재하중으로 인한 응력 변화, 초기 간극비 등이 필요하다. 매립지에서 유발되는 응력은 쓰레기 단위 중량의 함수로 표시되기도 하는데, 쓰레기의 단위 중량은 현장 다짐 상태와 쓰레기의 분해 상황 그리고 쓰레기의 구성성분에 따라 그 값이 매우 크게 변한다. 간극비 역시 서로 다른 물질들이 불규칙하게 섞여 있어서 간극비 산정에 필요한 비중을 결정하는 일이나 다짐에 따른 간극비의 변화를 예측하는 일이 매우 어렵다(정문경, 2000). 분해효과와 침출수 역시 쓰레기의 응력 변화 및 간극비에 영향을 미치는데, 이런 영향을 정량적으로 표현하는 것은 아주 복잡하다.

일반적으로 매립지의 최종 침하량은 초기 높이의 30%~50%에 이르며, 상당부분의 침하가 매립 완료 후 초기 1, 2년 내에 발생하며, 5년 이후의 침하량은 전체 침하량의 5% 미만이라고 보고된 바 있다(Gandolla, 1995). 그러나, 시간에 따른 침하 양상 및 최종 침하량은 매립된 구성물과 현장 조건에 따라 매우 상이한 모습을 보이기 때문에 최종 침하량과 시간에 따른 침하양상을 미리 예측하는 일은 매우 주의가 기울여야 한다.

일반 지반은 상재 하중이 가해지면 먼저 즉시 침하가 발생하고, 이어서 압밀 침하가 발생한다. 그러나, 쓰레기를 포함한 지반의 침하는 이러한 두가지 종류의 침하와 더불어 분해에 의한 침하가 추가로 발생한다. 쓰레기 지반에서 발생하는 침하는 일반 지반에 비해 그 크기가 매우 클 뿐만 아니라, 쓰레기 성상의 비균질성으로 인해 침하량이 국부적으로 차이가 발

생해 부등침하가 발생하기도 한다. Grisolia 등(1992)은 이렇듯 복잡한 매립지의 침하 양상을 다음과 같이 5가지의 메카니즘(mechanism)으로 구분하여 설명하였다.(그림 1)

- (1) 폐기물간의 재배치로 인한 즉시 침하
- (2) 체적변형이 큰 물질의 변형에 의한 침하
- (3) Creep와 유기성 물질 분해에 따른 침하
- (4) 분해가 완료되는 단계에서의 침하
- (5) 최종 잔존(residual) 침하

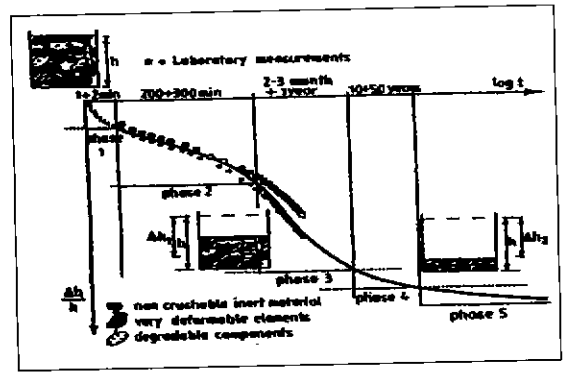


그림 1. 매립지의 일반적인 침하 곡선 (Grisolia et al. 1992)

또한, Edil 등(1990)은 매립지의 침하량에 영향을 미치는 인자를 다음과 같이 제시하기도 했다.

- 초기 밀도 및 간극비
- 폐기물 내의 분해성 물질의 함유량
- 응력 경로, 즉 매립 전후의 응력 변화량
- 침출수의 수위 변화(fluctuation)
- 함수비, 온도, 가스와의 환경 요인

매립지의 침하는 초기에 증가되는 상재 하중과 다짐 기계 등의 요인에 의해 침하가 발생하고, 이후 쓰레기의 자중에 의한 침하가 일어난다. 이러한 침하는 일차 압축과 이차 압축으로 나누기도 하는데, 일차 압축에는 다짐 및 추가된 하중에 의한 압축 그리고 빠른 시간에 분해되는 쓰레기 성분에 의한 침하가 포함

된다. 일차압축은 몇 달 안에 완료되는데, 이 양은 상당히 크다. 일차압축이 종료되면 장기간의 시간에 걸쳐 이차압축에 의한 침하가 발생한다. 통상적으로 이차압축에 분해에 의한 침하가 포함된다. Landva와 Clark(1990)는 유기성 물질을 분해 속도에 따라 OP(Putrescible Organics)와 ON(Non-putrescible Organics)으로 분류하였는데, OP는 분해가 쉽게 일어나는 음식물, 축산물 등이 포함되고, ON에는 분해가 더딘 폴리머, 고무, 종이, 섬유, 나무 등이 포함된다고 하였다(정문경, 2000). 여기서 OP로 분류되는 물질이 주로 일차침하 시 분해가 되는 물질에 해당하고, ON에 포함되는 유기물이 이차 침하 시 분해되는 유기물에 해당된다고 할 수 있다.

이차압축에 의한 침하는 쓰레기에 포함된 유기물의 양에 영향을 받게 된다. 이러한 거동 특성으로 인해 쓰레기의 침하는 유기물을 많이 포함한 유기질토(peat soil)와 비교되기도 한다(Rao et al, 1977). 그러나 유기질토와 비교했을 때, 쓰레기 매립지에서 발생하는 이차압축에 의한 침하가 훨씬 크다. 이렇듯 유기물의 양이 매립지의 침하와 관련이 있기 때문에, 매립지 내에 유기물의 분해에 필요한 수분이 얼마나 존재하는가도 침하에 영향을 미치게 된다. 이러한 원리를 이용하여 매립지 내에서 집수된 침출수를 재순환시켜 쓰레기의 분해를 촉진시키는 방법이 현재 국내외에서 적용되고 있다.

### 3. 매립지 침하 모델식

현재 매립지에서 예측된 침하를 분석하거나, 예측된 침하 자료를 바탕으로 향후 발생할 침하량을 예측하기 위해 다양한 모델식들이 사용되고 있다. 본 장에서는 매립지 침하 분석에 이용되는 모델식을 알아보고자 한다.

#### 3.1 Sowers(1968)의 제안식

Sowers는 매립지의 침하량이 흙의 이차압축과 유

사하게 대수 시간과 선형적인 관계를 갖는다고 가정하고 다음과 같은 식을 제안하였다.

$$S = \frac{C_a H}{1+e} \log \frac{t_1}{t_2} \quad (식1)$$

여기서, S는 시간  $t_1$ 과  $t_2$  사이에 발생하는 침하량을 의미하며,  $C_a$ 는 이차압축 지수를 나타낸다.  $C_a$ 의 값은 분해가 급속하게 이루어지는 경우는 0.09e, 분해 속도가 느린 경우는 0.03 e 라고 제안되었다. 본 예측식은 현장의 초기 간극비 산정이 매우 어렵다는 점과 유기물 함량에 따른 계수들의 정량화가 지나치게 개략적인 단점을 가지고 있다. 따라서, 매립지 침하의 경향 분석은 가능하나 실제적으로 적용되기는 곤란하다.

#### 3.2 침하율과 시간과의 관계를 이용 (Yen and Scanlon, 1975)

Yen과 Scanlon은 미국(LA)의 3개의 매립지에서 9년 동안 침하를 측정하여 침하율과 시간과의 관계를 다음과 같이 제안하였다.

$$v \left( \frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = a - b \log t_1 \quad (식2)$$

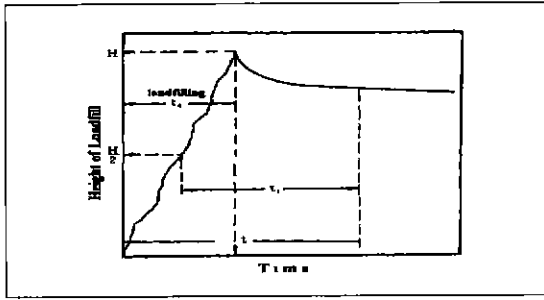
위의 식에서 v는 시간에 따른 침하량의 변화, 즉 침하율을 의미한다. Yen과 Scanlon은 침하율이 시간이 지남에 따라 감소한다는 사실을 계측을 통해 확인하고 다음과 같은 식을 제안하였다. 식에서 사용되는 a, b, 그리고  $t_1$ 은 다음과 같이 정의하였다.

$$a = 0.0015 H - 0.0093 \text{ (ft/m)}$$

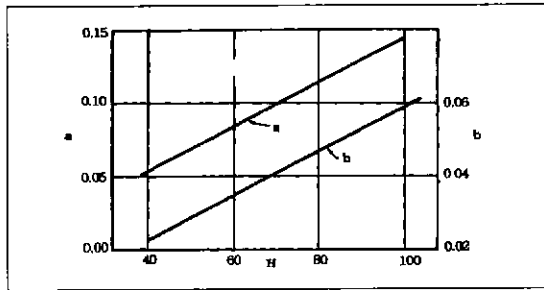
$$b = 0.0006 H - 0.0019 \text{ (ft/m)}$$

$$t_1 = t - t_0/2 \text{ (modified time)}$$

시간  $t_1$ 을 구하는데 사용되는 t와  $t_0$ 의 정의는 그림 2에 제시되었다. 여기서, H는 매립고를 의미한다.



(a) 시간 변수의 정의



(b) a, b와 매립지 높이의 관계

그림 2. Yen과 Scanlon 식에 사용된 변수의 정의  
(정하익, 1998)

그러나, 본 식에 따르면 침하율은 시간이 지남에 따라 감소하여야 하나, 일부 오래된 매립지의 침하량을 관측하여 본 결과, 일정 시점이 지난 후에는 침하율이 감소하지 않고 일정한 값이 계속되는 모습이 발견되었다. 본 모델식 역시 시간과 침하율의 관계를 지나치게 선형화 시켜 다른 매립지에서 계측된 결과와는 잘 일치하지 않는 경우가 많았다. 따라서, 본 식 역시 매립지 침하의 정성적 파악만이 가능할 뿐 정확한 침하량을 예측하는데는 한계가 많았다.

한편, Coumoulios와 Koryalos(1998)는 침하율과 시간의 관계가 선형관계가 아닌 역수 관계를 갖는다고 보고 다음의 식을 제안하였다. 이 식 역시 침하율이 시간이 지남에 따라 감소하는 것으로 표현되고 있다.

$$y \left( = \frac{d(\Delta H/H)}{dt} \right) = \frac{0.434 C_a}{t} \quad (\text{식3})$$

앞의 식을 Yen & Scanlon의 제안식과 비교했을 때 시간에 따라 침하율이 감소한다는 점에서는 유사하나 그 관계가 선형이 아니라 점에서 차이를 보인다. 여기서,  $C_a$ 는 쓰레기의 이차압축지수로 대수시간에 대한 변형율의 비로 정의된다. 이 식의 장점은 매립지의 여러 지점에서 측정된 측정치를 이용할 수 있다는 점이며, 계수  $C_a$ 를 정확히 구하는 것이 어렵다는 단점이 있다. 이 계수는 쓰레기의 응력 이력과 매립기간에 영향을 받는다고 알려져 있다.

### 3.3 Morris와 Woods(1990)의 제안식

Morris와 Woods는 일반 압밀식을 이용하여 매립지의 침하량을 산정하는 식을 다음과 같이 제안하였다.

$$S = H \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} + H \frac{C_a}{1+e_0} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (\text{식4})$$

위의 식에서 사용된  $C_c$ ,  $C_a$ 는 각각 일차, 이차 압축지수를 의미하며,  $e_0$  와는 비례한다고 제안하고 있다. 두 계수와  $e_0$ 의 관계는 다음과 같다.

$$0.15 e_0 < C_c < 0.90 e_0$$

$$0.03 e_0 < C_a < 0.09 e_0$$

위의 식에서 사용되는  $t_1$ 은 이차압축이 시작되는 시간으로 보통 매립 완료 후 1개월로 한다. 이 식은 일반적으로 알려진 변수를 사용하기 때문에 적용하기 쉽다는 장점이 있으나, 일차 · 이차 압축지수가 적용하는 자의 판단에 따라 많이 달라질 수 있으며, 그 값이 초기 간극비에만 비례한다는 가정에 문제가 있다.

### 3.4 Bjarngard와 Edgers(1990)의 제안식

Bjarngard와 Edgers는 Morris와 Woods(1990)가 제안한 식의 이차 압축부분을 두 분으로 나누어

다음과 같은 식을 제안하였다(그림 3).

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H} = CR \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} + C_{z(1)} \log \frac{t_2}{t_1} + C_{z(2)} \log \frac{t_3}{t_2} \quad (\text{식5})$$

여기서,  $P_0$  : 초기 유효 응력,  $CR(=C_v/1+e_0)$  : 수정압축지수,  $C_{z(1)}$  : 중간단계의 이차압축지수,  $C_{z(2)}$  : 장기간 단계에서의 이차압축 지수,  $t_2$  : 중간 단계가 끝나는 시간

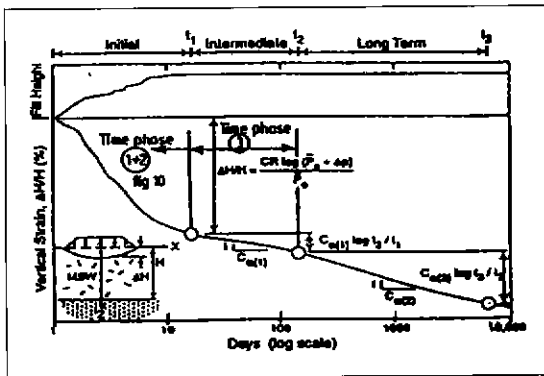


그림 3. Bjarngard와 Edgers에 의해 제안된 침하모델 (Bjarngard and Edgers, 1990)

본 식은 이차압축 부분을 두 부분으로 나누어, 이차압축 영역을 단순화시켜 발생할 수 있었던 오차를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 이 식 역시  $t_1$ ,  $t_2$ 를 결정하는 일이 쉽지 않으며,  $C_{z(1)}$ ,  $C_{z(2)}$ 의 값에 대한 정보가 부족하여 적용 시 어려움이 있다.

표 1은 여러 현장과 토양에 대하여 측정된 일차, 이차압축지수 및 수정 압축지수를 정리한 것이다.

표 1. 여러 매립지의 압축지수 (Oweis and Khera, 1998)

매립지 및 토양 유형	$C_v$	$C_c$	$C_{z(1)}$	$C_{z(2)}$	비고
피트(peat)	0.75e0				미국 미시간주 소재 15년 경과 매립지, 0.08
미국 보스턴 소재 15년 경과 매립지		0.26			미국 뉴저지주 소재 10년 경과 매립지, 0.21
미국 웨스트 버지니아주 소재 오래된 매립지		0.20			미국 뉴저지주 헤리슨 소재 매립지, 0.25e0
유기물 함량이 적은 경우	0.15e0	0.15	0.03e0		토사 혼입율이 높은 오래된 매립지, 0.01~0.04
유기물 함량이 높은 경우	0.55e0	0.41	0.09e0		캐나다 매립지에 대한 실사실험 결과, 0.17~0.36
호수 델보른 소재 도시 매립지	0.1e0				

### 3.5 점탄성 모델식

Gibson과 Lo는 스프링과 dashpot로 구성된 모델을 이용하여 매립지의 침하 거동을 모사하는 식을 제안하였다. 이 식은 유기물을 많이 함유한 지반의 이차압축 거동을 모사하는데 적당한 식으로 알려져 있다. 그림 4는 본 모델의 구성을 보여주고 있으며, 식은 다음과 같다.

$$S(t) = H_c(t) = H \Delta P \{ a + b(1 - \exp^{-\lambda/b t}) \} \quad (\text{식6})$$

여기서,  $\Delta P$ 는 매립지에 추가된 하중을 의미하며, 위 식을 구성하는 계수 a, b,  $\lambda$ 는 현장 계측치를 시간과  $\log(d\epsilon/dt)$ 의 관계로 나타낸 결과로부터 구할 수 있다.

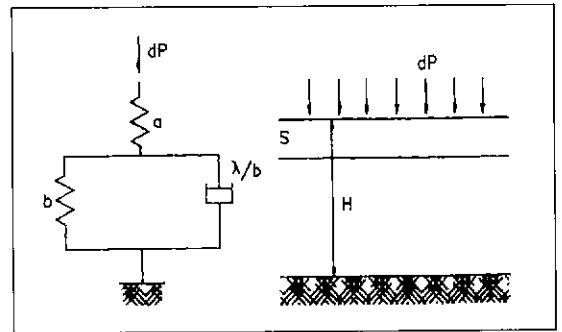


그림 4. Gibson & Lo의 모델 (정하익, 1998)

### 3.6 Power Creep Law (Edil et al, 1990)

Creep law는 공학에서 쓰이는 많은 재료들의 creep 거동을 평가하기 위해 전통적으로 사용되어진 모델이다. 이 모델은 매립지의 침하 거동이 일반적인

creep 거동과 유사함을 이용하여 매립지의 침하를 설명하는 모델로 종종 채택된다. Creep law를 이용하여 매립지의 침하량을 평가하는 식은 다음과 같다.

$$S(t) = H \Delta P m \left( \frac{t}{t_r} \right)^n \quad (식7)$$

여기서, m : 기준 압축성  
(reference compressibility)

n : 압축비 (rate of compression)

tr : 기준 시간 (reference time)

본 모델은 m, n의 결정이 어려우며, 일반적으로 2차압축의 영향을 과대 평가한다고 알려져있다.

### 3.7 쌍곡선(hyperbolic) 함수 (Ling et al, 1998)

본 식은 연약지반에서 발생하는 침하량 산정에 주로 사용되는 식으로 매립지의 침하 거동을 모사하는 데도 많이 사용되고 있다. 관계식은 다음과 같다.

$$S = \frac{t}{1/P_0 + t/S_{ult}}$$

또는  $\frac{t}{S} = \frac{1}{P_0} + \frac{t}{S_{ult}} \quad (식8)$

여기서, S는 침하량, t는 시간,  $\rho_0$ 는 초기의 침하율,  $S_{ult}$ 는 극한 최종 침하량을 나타낸다. 이 식은 현장 계측치를 t와 t/S의 관계로 도시하여 얻게 되며, 이 관계를 통해  $\rho_0$ 와  $S_{ult}$ 를 구한다. 일반적으로 최종 침하량은 극한 침하량의 80%~95%에 해당하는 값을 가지며, 이 때 소요되는 시간은  $19S_{ult}/\rho_0$ 라고 알려져 있다.

### 3.8 쓰레기의 분해 효과를 고려한 식 (박현일 등, 1998b)

박현일 등(1998b)은 분해 가능한 쓰레기의 압축 과정이 일차 분해 반응 기작의 형태를 따른다고 가정

하고, 쓰레기의 분해를 고려한 다음과 같은 식을 제안했다.

$$\underline{\epsilon}_{dec}(t_{bio}) = \epsilon_{tot-dec} \cdot e^{-kt_{bio}}, t_{bio} = t - t_c \quad (식9)$$

여기서,  $\bar{\epsilon}_{dec}(t_{bio})$ 는 시간  $t_{bio}$ 에서 존재하는 분해 가능한 물질이 앞으로 분해되면서 발생시키는 변형량을 의미하며,  $t_c$ 는 분해가 시작되는 점, k는 1차 분해 상수,  $\epsilon_{tot-dec}$ 는 전체 부피 중에서 유기물 분해에 의해 감소하는 부분을 의미한다. 앞의 식을 이용하여 임의의 시간 t 에 발생된 매립지의 침하량을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\frac{\Delta S}{H} = \Delta \epsilon_{mec} + \Delta \epsilon_{dec} = C_{\alpha, mec} \log \left[ \frac{t + \Delta t}{t} \right] + \epsilon_{tot-dec} (1 - e^{-kt_{bio}}) \quad (식10)$$

여기서,  $C_{\alpha, mec}$ 는 역학적 이차압축지수를 의미한다. 본 식에 의한 예측치는 다른 예측식의 결과와 비교했을 때 중간값 정도를 나타내는 것으로 알려져 있다.

### 3.9 매립지의 쓰레기 강성을 고려한 식 (M. A. Gabr et al, 2000)

매립 완료 후 초기에 발생하는 쓰레기의 분해는 고체상태의 쓰레기를 기체 상태로 변환시켜 간극비의 증가를 가져온다. 그리고, 이러한 변화는 매립지의 압축성을 높이는 결과를 가져온다. 쓰레기의 상태 변화는 간극비 증가와 함께 입자 크기 및 분포와 같은 물리적 성질도 바뀌게 하는데, 아래 식은 매립지 쓰레기의 강성(stiffness) 변화를 이용하여 분해에 의한 매립지 부피변화를 표현하였다.

$$\Delta V(t) = \Delta V_s(t) + \Delta V_v(t) = V_i [Cm(t) (\Delta \delta_{oct} - \Delta u(t)) + Dm(t) \Delta \tau_{oct}] \quad (식11)$$

여기서,  $V_i$  = initial volume

$\Delta V_g(t)$  = inter particle volumetric change

$\Delta V_p(t)$  = intra particle volumetric change

$C_m(t)$  = time dependent bulk coefficient  
of compressibility

$D_m(t)$  = time dependent shearing coefficient

$\Delta \tau_{oct}$  = octahedral shear stress increase

$\Delta \sigma_{oct}$  = octahedral normal stress increase

$C_m(t)$ 와  $D_m(t)$ 는 현장에서 분해정도에 따라 채취된 쓰레기 시료에 대한 실내 실험을 통해 구해진다.

$C_m(t)$ 는  $\Delta \tau_{oct} = 0$ 인 삼축압축 시험을 통해 얻어지며,  $D_m(t)$ 는  $\Delta \sigma_{oct} = 0$ 인 직접전단 시험을 통해 구한다.

본 식은 매립지가 초기에 불포화 상태인데도 불구하고, 대부분의 모델이 포화상태로 가정하여 생기를 오차를 최소화하기 위해 제안되었다. 매립 초기에서 메탄의 생성이 최대가 이르는 시점까지 본 식을 적용하면 보다 정확한 매립지 초기 침하를 예측할 수 있다.

## 『사진속의 지반공학 이야기』 기획칼럼 안내

“지반” 학회지 편집위원회에서는 위의 제목으로 아래와 같이 2001년부터 새로운 칼럼을 신설하여 게재키로 하였습니다.

- 목 적 : 사진을 통하여 한국지반공학의 역사를 회고하면서 한국지반공학의 역사를 전체 지반공학회 회원들과 공유할 기록을 이 기획칼럼을 통하여 정리한다.
- 내 용 : 한국지반공학의 역사를 보여주는 사진을 간단한 설명과 함께 게재한다. 기념이 되는 지반공학 관련 대형공사, 초창기의 실험시설, 지반공학 원로분들의 젊은 시절의 모습, 초창기 해외 학술발표회 또는 해외현장 등 지반공학 초창기 모습을 담은 사진자료를 대상으로 한다.
- 방 법 : 사진을 설명과 함께 fax로 보내신 후 원본은 우편으로 송부해 주시기 바랍니다.(귀한 사진은 반드시 반납해 드리겠습니다.)혹시 본인 사진이 아니라더라도 가능하오니 추천하여 주시면 편집위원회에서 직접 자료를 수집하겠습니다.

※ 회원 여러분께서는 많은 관심을 가지고 자료 모음에 협조해 주실 것을 부탁드립니다.