

신선한 쓰레기 매립지의 장기 침하 예측에 대한 분해효과 평가

Evaluation of Decomposition Effect in Long-term Settlement Prediction
of Fresh Refuse Landfill

박 현 일*¹

Park, Hyun - Il

이 승 래*²

Lee, Seung - Rae

Abstract

In refuse landfills, a considerable amount of settlement occurs due to the decomposition of refuse over several years. In this paper, several prediction methods are applied to the measured settlement data of fresh refuse sites. The effect of biological decomposition on the settlement characteristics is investigated in predicting the long-term settlement of refuse landfill sites in view of the predicted settlement curves and the amount of long-term settlement. Irrespective of the applied models, the long term settlement may not be correctly estimated if the model parameters do not contain the decomposition effects. Among the proposed several prediction methods, Gibson & Lo model and hyperbolic model seem to represent the long-term settlement characteristics, but the power creep law seems to considerably overestimate the long-term settlement.

요 지

신선한 쓰레기 매립지에서는 쓰레기에 포함되어 있는 유기물의 분해로 인하여 장기간에 걸쳐 상당한 양의 침하가 유발되는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 여러 신선한 쓰레기 매립지들의 침하자료에 대하여 기존에 제안된 몇몇 침하모델들을 적용하였으며, 얻어진 침하예측곡선과 장기침하량을 분석함으로써 분해로 인한 침하양상이 장기침하량 예측에 미치는 영향을 살펴보았다. 사용된 모델과는 상관없이 선정된 모델변수 값들이 분해효과를 포함하지 않는 한 장기침하를 적절히 평가할 수 없었다. 몇몇 예측방법 가운데 Gibson & Lo 모델과 쌍곡선 모델은 쓰레기 매립지의 장기침하 거동특성을 비교적 타당성 있게 예측한 반면에 power creep law는 상당히 과다예측하는 것으로 나타났다.

Keywords : Decomposition, Refuse landfill, Settlement, Long-term settlement, Settlement model

*1 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

*2 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 부교수

1. 서론

신선한 쓰레기 매립지에서 생물학적 분해로 인하여 침하가 장기간에 걸쳐 상당히 발생하는 것으로 알려져 있다. Sowers(1973)와 Gordon 등(1986)은 쓰레기 매립지에서 발생하는 장기 침하가 쓰레기의 생물학적인 분해 및 쓰레기 구성물의 크립에 의하여 발생한다고 보고하였다. 그리고 Coduto와 Huitric(1990)은 매립지 두께의 18~24%에 다다른 양이 생물학적인 분해에 의하여 발생된다고 보고하였다. 따라서 이에 대한 연구를 위하여 Al-Khafaji와 Andersland(1981), Wardwell과 Nelson(1981), 강석태(1995) 등은 실내실험을 통해 분해가 침하에 미치는 영향을 보다 구체적으로 살펴보았으며, Bjarngard와 Edgers(1991)는 24개 미국 쓰레기 매립지 침하자료들을 분석함으로써 분해에 의한 영향을 고찰하였다. 박현일 등(1997; 1998a; 1998b) 또한 분해를 포함한 장기침하특성에 대하여 연구를 수행하였다.

한편 쓰레기 매립지의 사후활용에 대한 필요성이 대두됨에 따라 주어진 매립지의 장기침하량 예측을 위하여 대수함수(Yen과 Scanlon, 1975), Gibson과 Lo 모델(Edil 등, 1990), Power Creep Law(Edil 등, 1990), 쌍곡선 모델(Hoe 등, 1998) 등과 같은 침하모델들이 제안되었다. 본 연구에서는 분해가 쓰레기 매립지 침하양상에 미치는 영향을 고찰함으로써, 신선한 쓰레기 매립지에 제안된 여러 침하모델을 적용한 적용할 경우 분해가 장기 침하량 예측에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

2. 적용된 기존 침하 모델

본 연구에서는 쓰레기 매립지의 장기침하량을 예측하기 위하여 제안되었던 기존의 여러 침하 모델들 중 쌍곡선 모델, Gibson과 Lo 모델 및 Power Creep Law가 적용되었다.

쌍곡선 모델은 주로 연약지반 성토시 침하량 산정에 주로 사용되어온 예측방법으로서

Hoe 등(1998)이 쓰레기 매립지의 장기 침하 예측에 처음 사용하였으며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{t}{1/\rho_0 + t/S_{ult}} \quad (1)$$

여기서, 모델변수 S_{ult} 는 발생될 최종침하량을 의미한다. 식 (1)을 t/S 와 t 와 관계로 나타내면 식 (2)와 같다. 계측된 침하자료들 식 (2)와 같이 와 와의 관계로 나타낸 후, 선형회귀분석을 통하여 구해진 기울기 값과 절편 값으로부터 모델변수 값들을 구할 수 있다.

$$\frac{t}{S} = \frac{1}{\rho_0} + \frac{t}{S_{ult}} \quad (2)$$

Gibson과 Lo 모델(1961)은 주로 지반의 이차압축거동을 모델하기 위해 제안된 방법이다. Edil 등(1990)은 이러한 유동학적 모델의 특성을 사용하여 지속적인 하중상태 하에서 장기간 발생하는 쓰레기 매립지의 이차압축 거동을 모사하고자 하였으며, 이때 임의의 시간에 대한 침하 변형율은 다음 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \epsilon(t) &= \Delta\sigma \{a + b(1 - \exp[-(\lambda/b)t])\} \\ &= \Delta\sigma \cdot a + \Delta\sigma \cdot b (1 - \exp[-\lambda/b \cdot t]) \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)은 하중 $\Delta\sigma$ 이 작용함에 따라 스프링 상수 a 를 갖는 Hookean 스프링이 즉각적으로 압축되고 Newtonian dashpot λ/b 에 의하여 지체된 하중이 스프링 b 에 전달되는 것을 표현한 것이다. 여기서, $\Delta\sigma \cdot a$ 는 초기침하량을 의미하며, $\Delta\sigma \cdot b$ 는 발생될 최종장기침하량 값을 의미한다.

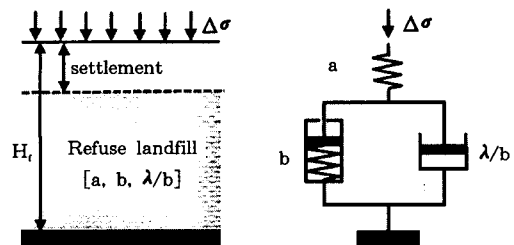


그림 1. Gibson & Lo의 유동학적 모델

Power creep law는 일정한 하중하에서 나타나는 시간의존적인 거동을 나타내는 가장 간단한 모델이며, 많은 공학적인 재료의 크리프 거동을 나타내기 위하여 사용되었다. 시간에 따른 침하 변형률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\epsilon(t) = \Delta\sigma \cdot m(t/t_0)^n \quad (4)$$

여기서, m 은 기준압축성이며, n 은 압축률, t_0 은 기준시간으로 식(4)를 무차원량으로 만들기 위해 적용되는 값이며 본 연구에서는 1일을 사용하였다.

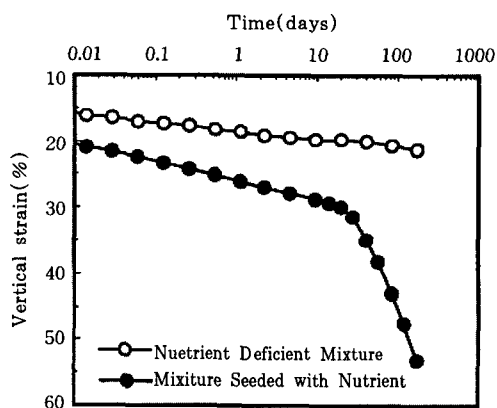
3. 분해가 쓰레기 침하에 미치는 영향

Wardwell & Nelson(1981)은 유기물질의 분해가 침하에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 유기물 함량이 각각 40%, 55% 및 70%가 되도록 셀룰로오스 섬유와 카울린 점토가 혼합된 시료를 조성한 후 약 6개월 가량 압축 실험을 수행하였다. 이때 동일한 유기물 함량을 갖는 시료를 각각 2 개씩 성형하였으며 그 가운데 한 시료는 생물학적 분해를 촉진할 수 있는 영양물질을 공급하였다.

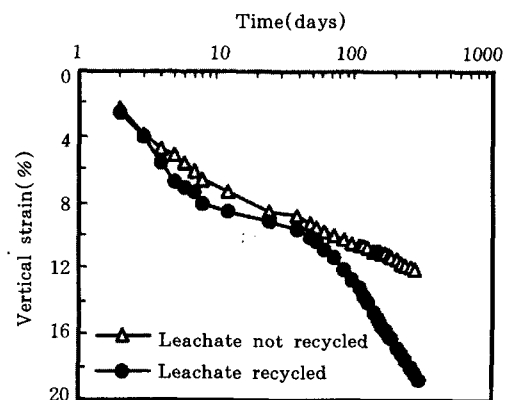
그림 2(a)에는 유기물 함량이 70%인 경우

에 대한 실험결과가 나타나 있다. 초기 침하가 완료된 이후에 영양물질이 공급되지 않은 시료는 점차 시간이 경과함에 따라 발생하는 침하량이 감소하지만 영양물질이 충분히 공급된 경우에는 이와는 달리 대수시간 관계에서 급격한 기울기를 갖는 선형적인 형태를 가지며 계속적으로 침하량이 발생하는 양상을 보였다. 즉, 영양물질이 공급되지 않은 시료는 전체 계측 기간동안 매우 작은 기울기를 갖는 선형적인 관계를 보이며, 영양물질이 공급된 경우에는 일정시간 이후 급격한 기울기를 갖는 침하양상을 보인다.

한편 강석태(1997)는 분해와 쓰레기 침하와의 관계를 살펴보기 위하여 도시쓰레기에 대한 Lysimeter 실험을 수행하였다. 그 또한 동일한 시료들을 조성한 후 분해조건을 향상시킬 수 있는 방안 중의 하나인 침출수 재순환을 통하여 분해 증진효과를 살펴보고자 하였다. 그림 2(b)에서 살펴볼 수 있듯이 침출수가 재순환된 경우 대수시간-변형률 관계에서 침하양상을 살펴보면 Wardwell과 Nelson(1981)의 연구결과와 동일하게 일정한 기울기의 침하를 보이다가 분해에 의한 압축이 포함됨에 따라 급격한 기울기를 가지는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 유기물 분해가 쓰레기 침하에 미치는 영향

이와 같은 장기침하 거동특성을 뒷받침하는 연구로 Bjarngard와 Edgers (1990)는 24개의 쓰레기 매립지에 대한 침하자료들에 대한 분석을 통하여 장기침하 거동이 이와 같이 두 단계로 구분된다고 보고하였다(그림 3). 이들 중 그림 4(a)에 나타나 있는 대표적인 침하자료를 살펴보면 변형률-대수시간 관계에서 초기침하가 완료된 이후 초기에는 작은 값의 기울기를 갖다가 일정시간 이후 급격한 변화를 나타내는 기울기의 침하양상을 보이고 있다. 또한 그림 4(b)에는 이와 같은 침하양상을 보이는 다른 연구자들의 침하자료들이 나타나 있다.

Bjarngard와 Edgers (1990)는 이러한 장기 침하양상을 다음과 같이 설명하였다. 먼저 입자의 장기적인 미끄러짐 및 쓰레기 구성성분의 지체된(delayed) 압축 등에 의하여 역학적 이차침하(mechanical secondary compression 혹은 delayed compression)가 장기적으로 발생하게 되며, 일정 기간이 경과된 이후에는 쓰레기 성분중 분해가능한 유기물질의 분해(decomposition)에 의한 침하가 추가적으로 발생하게 된다. 이러한 실제 쓰레기 매립지들의 침하양

상들은 그림 2에 나타난 바와 같이 분해로 인하여 침하가 가속화됨을 보여주는 실내실험 연구결과들과 동일함을 알 수 있다. 결과적으로 매립 초기부터 침하가 관측된 쓰레기의 침하양상을 대수시간관계에서 살펴보면 초기에는 역학적 이차 침하에 의한 선형적인 침하양상을 보이다가 유기물의 분해로 인하여 급격한 기울기를 갖는 침하거동특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

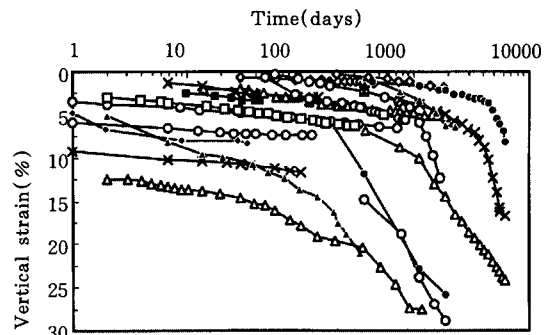
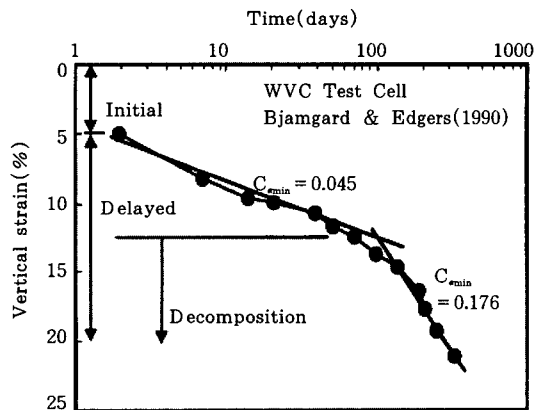
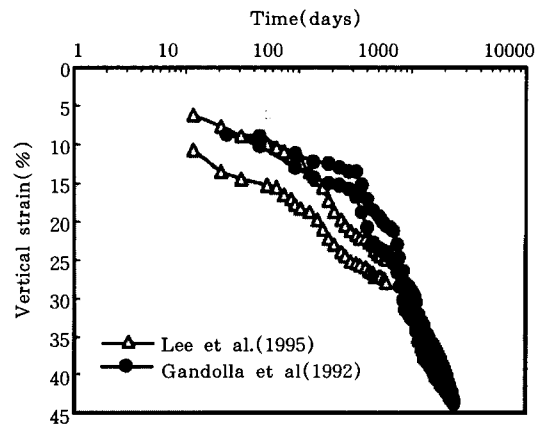


그림 3. 24개 쓰레기 매립지에 대한 침하곡선 (Bjarngard와 Edgers, 1990)



(a)



(b)

그림 4. 대표적인 쓰레기 매립지의 장기침하거동

아래 표 1에는 이러한 두 단계의 침하거동 특성에 대한 이차압축 계수값들을 비교하여 나타내었다. 초기의 역학적 침하단계에 대한 이차압축계수($c_{a, mec}$)들은 0.019~0.063사이의 값을 보이며, 분해로 인한 침하단계에 대한 이차압축계수($c_{a, dec}$)들은 0.125~0.34로서 $c_{a, mec}$ 보다 대략 5배 가량 큰 값을 보이고 있다.

표 1. 이차압축계수들에 대한 문헌 연구 값들

Location	$C_{e, min(ave)}$	$C_{e, max(ave)}$
24Landfill field case (Bjarngard & Edgers 1990)	0.019	0.125
Large test cell (Gandolla et al. 1992)	0.063	0.34
Large test cell(Lee et al. 1995)	0.061	0.149

● $C_e = (\Delta H/H_e) / \log[(t + \Delta t)/t]$

4. 신선한 쓰레기 매립지들에 대한 사례 연구

본 절에서는 매립된 지 수년 미만인 신선한 쓰레기 매립지에서 향후 장기침하량을 예측하고자 할 경우 유기물 분해에 의하여 어떠한 영향을 받는지 살펴보기 위하여 여러 침하자료들을 분석하였다. Gandolla 등(1992)과 이복수 등(1995) 및 Bjarngard와 Edgers(1990)의 침하자료는 그림 4에 나타나 있다.

Gandolla 등은 직경 1m, 높이 3m의 대형 Lysimeter를 조성하여 6.8%정도의 슬러지가 혼합된 쓰레기를 투입하였다(Site A). 조성된 쓰레기의 함수비는 55%이며, 유기물은 건조중량의 60%정도 함유되어 있다. 침하계측은 31/5/83부터 28/11/89까지 대략 6년동안 수행되었다. 그리고 이복수 등은 도시쓰레기의 주성분인 아파트와 일반 가정용 쓰레기를 수거하여 직경 1.4m, 높이 1.2m로 제작된 대형 모형탱크에 투기하여 2년여 동안 침하를 관측하였다(Site B). 또한 Bjarngard와 Edgers의 사례연구에서 사용된 침하자료는 매립 두께가 3m이며, 침하계측은 대략 1년가량 수행되었

다.(Site C) 이들 세 침하자료에서는 대수시간-변형률 관계에서 분해에 의한 급격한 침하양상을 보이고 있다.

그외의 대상자료들은 Meruelo 매립지(Sanchez-Alciturri 등, 1995), Spadra 매립지(Merz와 Stone, 1962) 침하자료이다. Meruelo 매립지는 Spain 북부에 위치하고 있으며(Site D), Sanchez-Alciturri 등(1995)이 3년간 계측된 침하자료를 보고하였으며, 매립연한은 대략 2년 가량이다. 본 논문에서는 26, 27 및 28 지점의 침하자료들이 분석되었으며, 세 지점의 매립두께는 12m이다. Spadra 매립지는 미국 캘리포니아주의 Pomona시 인근에 위치하며, 연구 프로젝트(Merz와 Stone, 1962)의 일환으로 건설되었다(Site E). 총 5개 cell에서 관측된 침하자료들이 분석되었으며, 매립 깊이는 6.7m이고, 건조단위중량은 0.3~0.68 t/m³이다. 그리고 Edil 등(1991)이 보고한 매립지는 미국 Wisconsin주 남동쪽에 위치하며, 매립 깊이는 27m이고, 건조단위중량은 약 1.1t/m³이다(Site F).

그림 5에는 위 매립지들에서 관측된 침하자료가 도시되어 있다. 침하양상들을 살펴보면 대수시간-변형률 관계에서 매우 선형적인 침하양상을 보이고 있으며, 아직 분해에 의한 급격한 침하양상을 살펴볼 수는 없다. 또한 침하자료들의 이차압축 계수값들을 살펴보다도 Meruelo 매립지, Spadra 매립지, Wisconsin 매립지에 대하여 평균적으로 각각 0.031, 0.022,

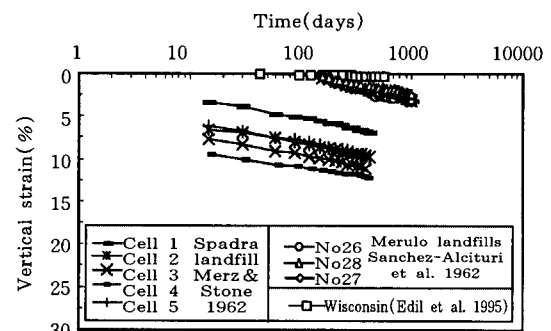
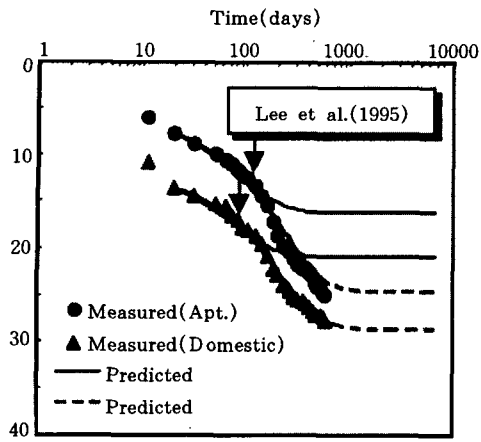
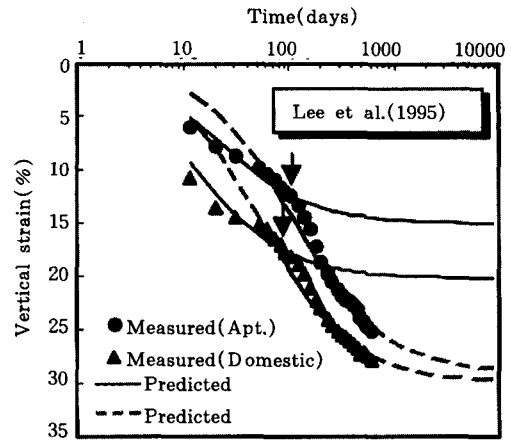


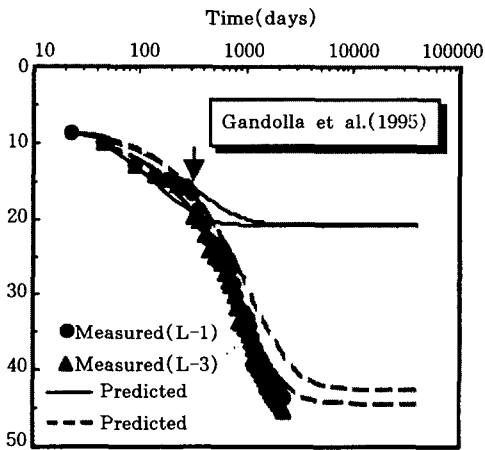
그림 5. 신선한 쓰레기 매립지 침하자료



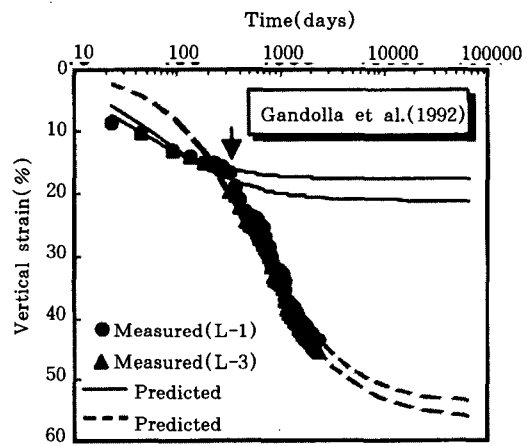
(a)



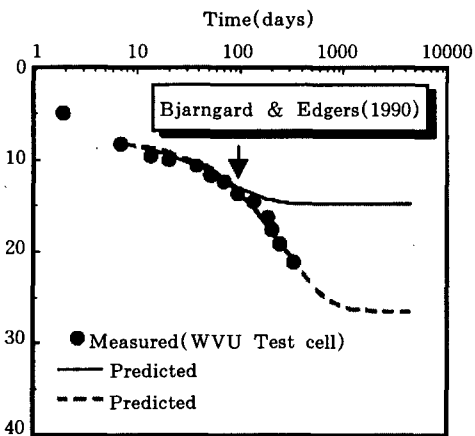
(a)



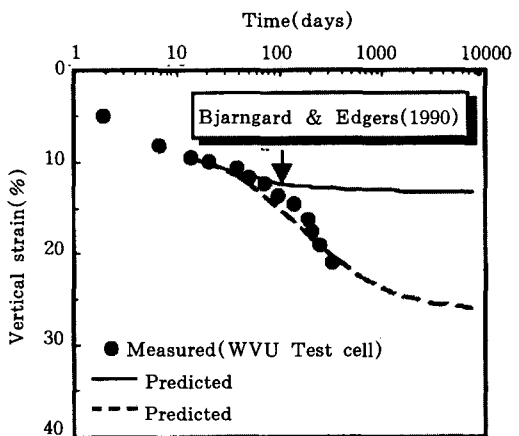
(b)



(b)



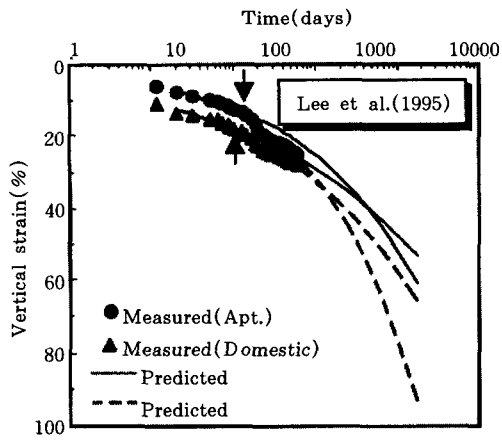
(c)



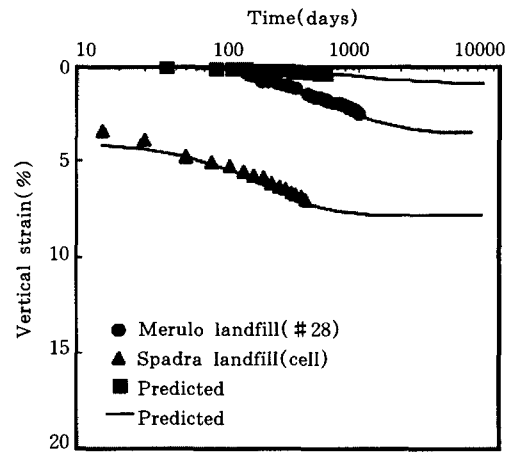
(c)

그림 6. Gibson과 Lo 모델을 이용한 장기침하량 예측

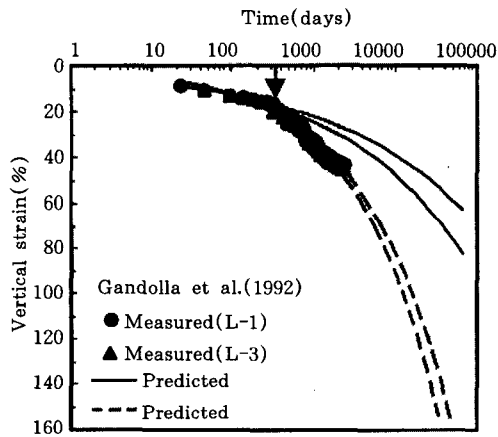
그림 7. 쌍곡선 모델을 이용한 장기침하량 예측



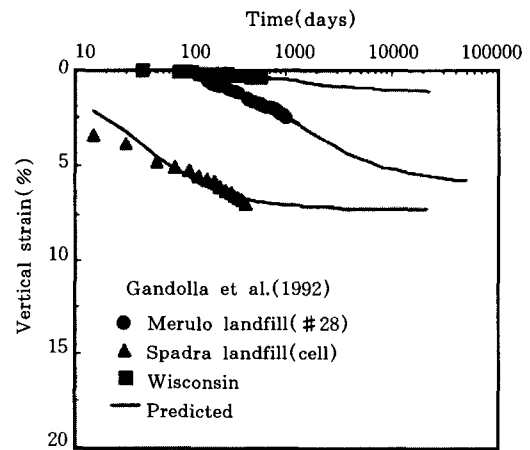
(a)



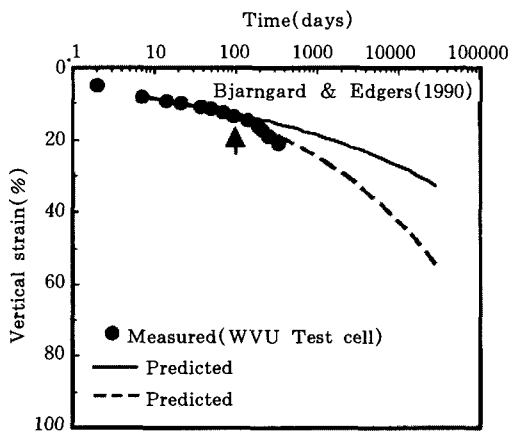
(a)



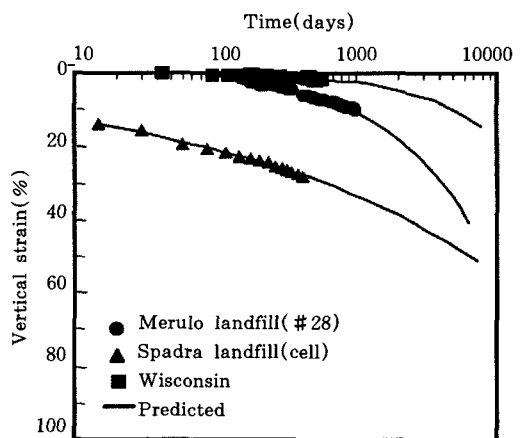
(b)



(b)



(c)



(c)

그림 8. Power creep law를 이용한 장기침하량 예측

그림 9. 신선한 쓰레기 매립지에 대한 장기침하량 예측

0.004로 구해졌으며, 이는 표 1에 나타난 바와 같이 분해에 의한 침하가 유발되기 전 단계의 역학적 이차압축계수값(c_{a_max})과 거의 유사함을 볼 수 있다.

5. 기존 침하모델들의 적용

본 절에서는 Gondolla 등(1992)과 이복수 등(1995) 및 Bjarngard & Edgers (1990)의 침하자료들에 대하여 쌍곡선 모델, Gibson과 Lo 모델 및 Power creep law를 적용하여 침하 특성을 예측하여 보았다. 그림 6은 Gibson과 Lo model을 적용하여 구해진 예측곡선을 나타내며, 가는 실선은 화살표로 나타나 있는 시점까지 즉 분해에 의하여 급격한 침하양상을 나타내기 전까지 계측된 침하자료를 이용한 예측곡선이고, 굵은 회색선은 분해에 의한 침하양상까지 포함된 전체 계측기간의 침하자료를 이용하여 구해진 침하예측 곡선으로서 예측정도를 살펴보면 큰 차이를 보이고 있다.

그림 7에는 쌍곡선 모델을 사용하여 예측된 침하곡선이 나타나 있다. 그림 6에 나타난 바와 유사하게 분해에 의한 침하양상이 포함되기

전까지 계측된 침하자료로부터 산정된 예측곡선과 분해에 의한 침하양상이 포함된 전체침하자료에 대하여 산정된 예측곡선을 비교할 경우 예측된 장기침하량의 양이 대략 2배 가량 차이를 보이고 있다.

한편 그림 8에서 Power creep law로부터 예측된 양상을 살펴보면 분해에 의한 급격한 침하양상이 포함되기 전과 후에 대하여 각각 예측된 침하곡선을 비교하면 앞의 모델들을 통한 예측곡선들과 동일한 양상임을 알 수 있다. Power creep law로부터 구해진 예측곡선은 계측기간 동안은 침하자료와 잘 일치되는 경향을 나타냄을 볼 수 있다. 하지만 신선한 쓰레기 매립지에서 수십년 이후의 사후활용을 검토하기 위하여 예측된 장기침하량을 살펴볼 경우 다른 침하모델들에 비하여 상당히 과다예측함을 알 수 있다.

그림 9는 신선한 쓰레기 매립지들 가운데 아직 분해에 의한 급격한 침하양상을 아직 보이지 않는 침하자료들에 대하여 침하모델들을 적용하였다. 침하모델들은 대체로 관측된 침하자료들과 잘 일치하는 결과를 보여주고 있지만 예측된 장기침하량이 대부분 8%미만으로 예

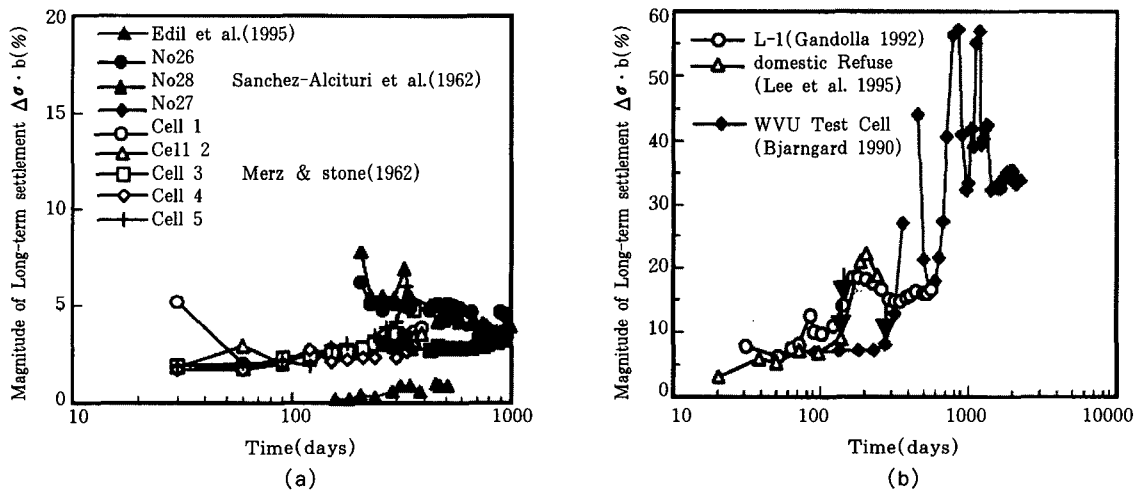


그림 10. Gibson과 Lo 모델 변수($\Delta\sigma \cdot b$) 값의 변화

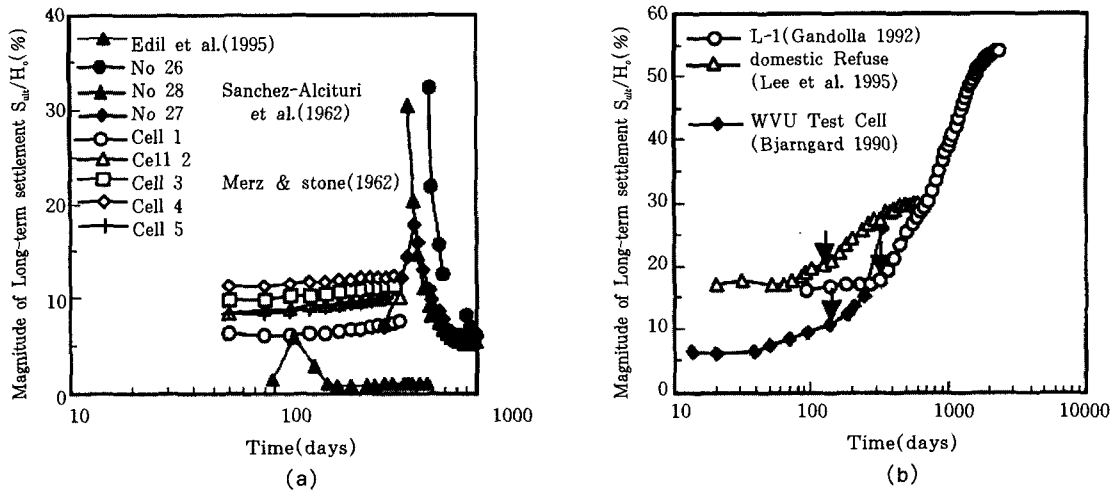


그림 11. Gibson과 Lo 모델 변수(S_w/H_0) 값의 변화

측되므로 이는 기존의 연구결과로 살펴볼 때 상당히 과소평가되는 결과를 나타내고 있다. 반면 Power creep law에 의한 장기침하량은 다른 모델들에 비해 크게 예측하지만 일반적인 장기침하량 거동특성을 적절히 표현하지 못하고 있다.

그림 10과 11에서는 각각의 매립지 침하자료들을 대상으로 모델에 이용된 침하자료들의 침하 예측기간의 변화에 따른 모델 변수 값들의 변화를 살펴보았다. Gibson과 Lo 모델에서 예측된 장기침하량을 의미하는 변수 $\Delta\sigma \cdot b$ 의 변화가 그림 10에 나타나 있다. Gandolla 등 (1992)과 이복수 등(1995)의 침하자료로부터 구해진 $\Delta\sigma \cdot b$ 값의 변화를 살펴보면 예측기간이 증가하더라도 변화를 보이지 않다가 분해에 의한 급격한 침하양상이 나타나기 시작하는 시점부터 급격히 증가함을 볼 수 있다. 하지만 분해에 의한 급격한 침하양상을 보이지 않는 침하자료들인 Merulo 매립지와 Spadra 매립지 및 Wisconsin 매립지 침하자료에서는 예측기간의 변화에 따라 $\Delta\sigma \cdot b$ 값이 비교적 작은 값에서 일정하게 유지됨을 볼 수 있으며, 이는 Gandolla 등(1992)과 이복수 등(1995)의 침하

자료에서 분해에 의한 침하양상이 나타나기 전과 유사함을 알 수 있다.

그림 11에는 쌍곡선 모델의 변수(S_w/H_0)의 예측기간에 따른 변화가 나타나 있다. 최종침하량을 의미하는 변수 S_w/H_0 는 Gibson과 Lo 모델 변수인 $\Delta\sigma \cdot b$ 의 변화양상과 동일하게 나타남을 알 수 있다. 따라서 기존에 제안된 장기침하량 산정 모델을 적용하여 장기침하량을 예측하고자 할 경우 쓰레기 매립지에서 관측된 침하자료들이 분해에 의하여 유발되는 침하양상을 포함한 것인지에 따라 그 결과가 크게 달라짐을 알 수 있다.

표 2에는 각각의 매립지 침하자료들에 대하여 기존의 모델들로부터 예측된 최종장기침하량이 나타나 있다. 여기서 Power creep law의 경우에는 모델의 특성상 예측곡선이 시간에 따라 계속 발산하기 때문에 본 연구에서는 침하 예측 시점으로부터 30년까지 예측된 장기침하량을 사용하였다. Site A와 Site B 및 Site C는 분해에 의한 급격한 침하양상이 유발되기 전까지 예측된 침하자료로부터 최종장기침하량이 예측되어 있으며, 팔호 안의 값은 분해에 의한 급격한 침하양상까지 포함한 전체 침하자료로

부터 예측된 최종 장기침하량을 의미한다.

Gibson과 Lo 모델과 쌍곡선 모델에 의하여 예측된 값들을 살펴보면 분해에 의한 침하양상이 계측자료에 포함됨으로 인하여 예측 값들이 약 2배 가량의 차이를 보이고 있다. Power creep law에서도 이러한 양상은 보이지만, 예측된 값들이 전체적으로 상당히 과다 예측되는 것으로 평가된다.

반면에, 분해에 의한 급격한 침하양상이 아직 나타나지 않은 침하자료들인 Site D와 Site E 및 Site F에 대한 예측값들을 살펴보면, Power creep law가 다른 모델의 예측값들보다 다소 크게 예측하고 있지만 대체로 매립지 두께의 10% 미만의 값들로서 신선한 쓰레기 매립지에서 유발될 장기침하량으로서는 상당히 작음을 알 수 있다. 이 값은 Gondolla 등(1992)과 이복수 등(1995)의 침하자료 분석에서 나타난 바와 같이 분해에 의한 침하가 시작하기 전 단계의 침하자료를 사용하여 예측된 총 침하량과 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

따라서 분해로 인한 침하양상이 유발되기

전까지 계측된 침하자료를 근거로 향후 수십 년간 발생될 수 있는 장기침하량을 예측할 경우에는 상당히 과소평가될 수 있으며, 또한 침하모델의 선정에 따라서 예측된 장기침하량의 값도 상당히 영향받을 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 신선한 쓰레기 매립지반의 현장지반에서 관측된 초기침하자료만으로는 분해가 고려된 적절한 장기침하량 예측이 불가능하며 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 대상 쓰레기 시료를 채취하여 분해조건이 좋은 상태에서 얻어진 실내실험결과를 토대로 침하자료를 분석함으로써 보다 나은 장기침하량 산정이 가능할 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 연구에서는 신선한 쓰레기 매립지의 장기적인 침하를 유발시키는 유기물의 분해가 장기침하량 예측에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다. 총 6개의 Site들 가운데 분해로 인한 급격한 침하양상을 보이는 침하자료들

표 2. 침하모델들로부터 예측된 장기침하량 값들

	Platform Number	Gibson & Lo model (S_{ult}/H_o , %)	Hyperbolic function ($\Delta\sigma \cdot b$, %)	Power creep law (%)	Reference
Site A	L-1	12.9(34.5)	17.8(54.1)	31.5(76.5)	Gandolla et al. (1992)
	L-3	14.6(36.0)	21.1(56.5)	38.9(84.4)	
Site B	Apartment Domestic	10.6(18.5)	15.0(29.0)	46.9(72.2)	Lee et al.(1995)
		9.90(16.8)	20.2(29.9)	37.4(47.9)	
Site C	WVU Test cell	7.20(18.7)	7.40(17.1)	22.9(38.5)	Bjarngard & Edgers(1990)
Site D	#27	4.3	5.9	11.8	Sanchez-alciturri et al. (1995)
	#28	4.0	5.5	14.6	
	#29	3.8	5.9	15.3	
Site E	Cell 1	3.9	4.5	10.4	Merz & Stone (1962)
	Cell 2	3.6	4.1	7.7	
	Cell 3	4.8	4.0	6.6	
	Cell 4	2.9	3.1	5.9	
	Cell 5	6.1	4.5	8.8	
Site F	Wisconsin	0.8	1.1	4.7	Edil et al.(199)

(Site A, B, C)과 아직 그러한 양상이 나타나지 않은 침하자료들(Site D, E, F)을 대상으로 각각 기존에 제안된 여러 침하모델들이 적용되어 장기침하량 값들이 구해졌다.

Site A, B 및 C의 경우 침하모델들마다 예측된 장기침하량 값들이 서로 차이를 보이고 있지만, 분해로 인한 침하양상이 나타나기 전까지 계측된 자료로부터 구해진 최종침하량 값들과 분해로 인한 침하양상까지 포함한 침하자료로부터 산정된 값들을 비교할 경우 2배 가량의 큰 차이를 보이고 있다. 또한 분해로 인한 침하양상이 아직 나타나지 않은 Site D, E 및 F의 경우 대체로 매립지 두께의 10 % 미만인 작은 값의 최종장기침하량을 예측한다. 이는 실제 신선한 쓰레기 매립지에서 예상되는 장기침하량에 비하여 상당히 작은 값이다.

따라서 실제 신선한 쓰레기 매립지의 향후 활용을 위해 장기침하량을 예측할 경우, 각각 적용된 침하모델마다 예측 정도가 서로 다르며, 또한 분석되는 침하자료에서 분해에 의한 침하양상이 포함되는지의 여부에 따라 예측되는 장기침하량에 상당한 영향을 미칠수 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. 강석태 (1997). "매립지 안정화에 대한 침출수 재순환율의 영향," 한국과학기술원, 석사학위논문.
2. 박현일, 이승래, 라일웅, 성상열(1997). "난지도 쓰레기 매립지의 침하특성," 한국지반공학회지, 제 13권, 제 2호, pp.65~75.
3. 박현일, 이승래, 고광훈 (1998). "분해가 고려된 쓰레기 매립지의 장기침하거동," 한국지반공학회지, 제 14권, 제 1호, pp.5~14.
4. 박현일, 이승래, 고광훈 (1998). "매립연한이 서로 다른 쓰레기 매립지의 장기 침하 거동," 한국지반공학회지, 제 14권, 제 2호, pp.21~30.
5. 이복수, 황규호, 이광열, 이송 (1995). "도 시쓰레기의 침하특성," 대한토목학회논문집, 제 15권 제 6호, pp. 1773-1782.
6. Al-Khafaji, A.W.N., and Andersland, O.B. (1981). "Compressibility and Strength of Decomposing Fibre-Clay Soils," *Geotechnique*, Vol. 31, No. 4, pp. 497 - 508.
7. Bjarngard, A., and Edgers, L. (1990). "Settlement of Municipal Solid Waste Landfills," *The thirteenth Annual Madison Waste Conference*, September, pp. 192 - 205.
8. Coduto, D.P. and Huitric, R. (1990). "Monitoring Landfill Movements Using Precise Instruments," *Geotechnics of Waste Fills-Theory and Practice*, ASTM STP 1070, ASTM, Philadelphia, pp. 358-370.
9. Edil, T.B., Ranguette, V.J., and Wuellner, W.W. (1990). "Settlement of Municipal Refuse," *Geotechnics of Waste Fills-Theory and Practice: ASTM STP 1070*, ASTM, Philadelphia, pp. 225 - 239.
10. Gordon, D.L., Lord, J.A. and Twine, D. (1986). "The Stockley Park Project," *Bulding on Marginal and Derelict Land: An Institution of Civil Engineer Conference*, Glasgow, pp. 359-381.
11. Gandolla, M., L. Dugnani, G. Bressi and C. Acaia (1992). "The Determination of Subsidence Effects at Municipal Solid Waste", *Proc. 6th Int. Solid Wastes Congress*, Madrid, pp. 1-17.
12. Hoe I. L., Leshchinsky D., Mohri Y., and Kawabata T. (1998). "Estimation of Municipal Solid Waste Landfill Settlement," *J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engrg.* Vol. 124, No. 1, January, pp. 21-28.
13. Landva, A. O. and Clark, J. I. (1990). "Geotechnics of Waste Fill," *Geotechnics of Waste Fill - Theory and Practice*, ASTM STP 1070, ASTM, Philadelphia, Pa., pp. 86 - 106.
14. Merz, R.C., and Stone, R. (1962). "Landfill Settlement Rates," *Public Works*, 93(9), pp. 103-106; pp. 210-212.
15. Sanchez-Alciturri, J.M., Palma, J., Sagaseta, C., and Canizal, J. (1995). "Three Years of Deformation Monitoring at Meruelo Landfill,"

- Waste Disposal by Landfill-GREEN 3, Sarsby, ed., A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 365-371.
16. Sowers, G.F. (1973). "Settlement of Waste Disposal Fills," Proceedings, The Eight International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, U.S.S.R. 1973, Vol 2, Pt. 2, pp. 207 - 210.
17. Wardwell, R.E. and Nelson, J.D. (1981). "Settlement of Sludge Landfills with Fiber Decomposition," Proceedings, Tenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, Sktockholm, Sweden, pp. 397 - 401.
18. Yen, B.C., and Scanlon, B. (1975). "Sanitary Landfill Settlement Rates," Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105, No. 5, pp. 475 - 487.
- (접수일자 1998. 9. 10)