

## 비위생 매립지반의 침하특성 연구

### The Settlement Characteristics of Unsanitary Solid Waste Landfills

임주현<sup>1)</sup>, Ju-Hyun Lim, 조석호<sup>2)</sup>, Suk-Ho Jo, 김학문<sup>3)</sup>, Hak-Moon Kim, 장경준<sup>4)</sup>, Kyung-Jun Jang, 김찬국<sup>5)</sup>, Chan-Kuk Kim

1) 단국대학교 토목환경공학과 석사, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Dankook University

2) 한국농촌공사 과장, Manager, Korea Rural Community and Agriculture Corporation

3) 단국대학교 토목환경공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Dankook University

4) 단국대학교 토목공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Dankook University

5) 단국대학교 토목공학과 박사수료, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Dankook University

**SYNOPSIS** : This paper estimates the long-term settlement of In-cheon unsanitary solid waste landfills, which is 20 years old. The unsanitary solid waste landfills was subjected to pre-loading system over a period of 1 year, and the settlement for 300 landfill monitors provided measured data.

This landfill contain relatively small amount of organic component, therefore the initial stage of settlement was very small. The existing settlement models are examined to compare with the observed behavior of this site and, also to estimate long-term settlement. The Hyperbolic, Bjarngard & Edgers, and Power Creep Law models showed good agreement well with the measured settlement of the In-cheon unsanitary solid waste landfills.

**Key words** : Municipal solid waste, settlement, landfills

## 1. 서 론

폐기물 매립지는 일반적인 토질 기초지반과는 공학적으로 상이한 재료의 차이로 인해 서로 다른 거동을 보이므로, 지반공학적 측면에서의 폐기물매립지의 공학적 거동의 예측시 접근 방법으로 많은 문제점들을 내포하고 있다.

폐기물 매립지의 부지 활용의 측면에서 매립지의 단기 혹은 장기 침하량을 산정하는 것은 무엇보다도 중요하며, 매립지반 상부에 구조물의 시공에 의한 경우 예측치 못한 침하로 인해 매우 곤란을 겪는 경우가 최근 빈번하게 발생하고 있다.

폐기물 매립지의 침하량을 예측하는 기법으로는 현재 Gibson 과 Lo의 모델, Power Creep Law, 쌍곡선법등의 방법에 의해서 침하량을 예측하고 있으나 이 들 식이 필요로 하는 폐기물의 물성치의 산정은 쉬운 일이 아닐뿐더러 폐기물의 특성상의 역학적 비균질성과 전체적인 비등방성, 크지 않은 하중에서의 급격한 침하, 쓰레기의 분해 과정에 따른 물리·화학적 성질의 변화와 더불어 최종적으로는 쓰레기의 형체가 해체되어 급격하고 많은 양의 침하를 유발하며 체적 감소시에 발생하는 가스에 의하여 연경

도가 매우 다양한 물질로 변하는 등의 많은 문제점들은 침하 예측의 많은 문제점들을 주고 있다.

폐기물 매립지반의 침하를 예측하기 위해 산정되는 폐기물 물성치의 결정을 위해서는 앞서 말한 것들과 같은 문제점들로 인해 많은 어려움이 있으며 산정방법에 따라 여러 차이점들이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 경험적으로 침하를 예측하는 기법인 Hyperbolic Function, Power Creep Law, Bjarngard 와 Edger의 제안식, Gibson 과 Lo의 유동학적 모델을 통하여 인천시 소재 OO부지의 사용 종료 후 16년이 경과한 비위생 매립지에 대하여 1년여 간의 Pre-loading공법에 의한 성토와 더불어 측정된 현장 계측데이터를 바탕으로 각 경험식들에 의한 침하량과의 상호 비교, 검토 하였다.

## 2. 배경 이론

### 2.1 폐기물 매립지반의 특성

연약지반상 매립지에서는 성토시 원호 활동, 기초 지지력, 토압 등 흙의 전단저항이 약해짐으로써 생기는 안정 문제, 압밀침하 등의 흙의 압축성이 큰 침하 문제, 지진·진동과 같은 동적하중으로 생기는 액상화 문제 그리고, 차수·분사 현상·파이핑과 같은 흙의 투수성 문제 등이 수반되어 진다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 연약지반의 본래의 성질을 개선하지 않으면 안되나 폐기물 매립지의 경우 유기질을 다량 함유 하고 있어 지반공학적 관점만으로 다루기는 곤란하다. 그러므로 폐기물 매립지의 침하 예측을 보다 쉽게 하기 위해서는 지반공학적 측면에서 연약지반의 침하 메커니즘을 이해하고 현명히 적용해야 한다. 폐기물 매립지반의 특성을 파악하기 위해서는 폐기물의 단위중량, 함수비, 투수계수, 간극비, 그리고 폐기물의 압축성 등에 대하여 정확한 파악을 하여야 하나 폐기물의 매립시 반입 폐기물의 기록 등이 적절하게 기록되어 있지 못한 매립지가 대부분의 차지하고 있는 실정으로 정확한 매립지 내에 폐기물의 특성을 파악하는 것은 쉽지가 않다.

### 2.2 폐기물 매립지 침하 메커니즘

폐기물 매립지에서 침하를 유발하는 메커니즘은 그 형태에 따라서 크게 다음과 같이 나눌 수 있다.(Sowers, 1973; Gordon et al, 1986). 첫째로, 역학적 압축(mechanical compression)은 하중증가에 따라 수개월 이내에 발생하는 일차 혹은 short-term 압축과 오랜 기간 동안 지속적으로 발생하는 역학적 이차 압축(mechanical secondary compression :  $\Delta\epsilon_{mec}$ )으로 구분될 수 있다. 일차 압축은 가스 혹은 공기로 채워진 간극의 압축, 느슨한 쓰레기의 압축, 입자의 미끄러짐 등에 의하여 발생된다. 반면 이차 압축은 creep 특성과 유사하게 입자의 장기적인 미끄러짐 및 재배열, 쓰레기 구성성분의 지체된(delayed) 압축 등에 의하여 장기적으로 발생된다. 둘째로, 분해(decompression)에 의한 침하( $\Delta\epsilon_{dec}$ )는 폐기물에 포함된 분해 가능한 유기성 고형물이 생물학적 반응기작을 따라 분해됨으로 인해서 발생하게 된다. 이 상과 같이 쓰레기 매립지의 장기 침하 양상은 두 성분으로 구분되며, 이를 식(1)으로 표현하면 다음과 같다.

$$\Delta\epsilon(t)_{long-term} = \Delta\epsilon(t)_{mec} + \Delta\epsilon(t)_{dec} \quad (1)$$

폐기물의 압축성과 침하는 폐기물 매립지반의 건설부지로서의 활용에 중요한 요소이다. 폐기물 지반은 수개월에 걸쳐 작용하중에 의한 폐기물의 변형, 휨, 파쇄, 공간재배치 등의 역학적 과정의 결과로 초기 침하가 발생한다. 장기적으로는 폐기물 구성요소의 해체 및 간극으로의 이동, 생물학적 분해, 산화, 연소 등 물리화학적 반응, 용해성물질의 용해, 크리프(creep) 등 이런 요인들의 복합적 작용에 의해 침하가 발생한다. 최근 Grisolia 와 Napoleoni(1995)는 쓰레기 매립지의 침하 모델 제안에 기여할 수 있는 쓰레기의 분해 및 역학적 압축 특성을 고려한 이론적 압축곡선의 형태를 그림 1.과 같이 제안 하였다.

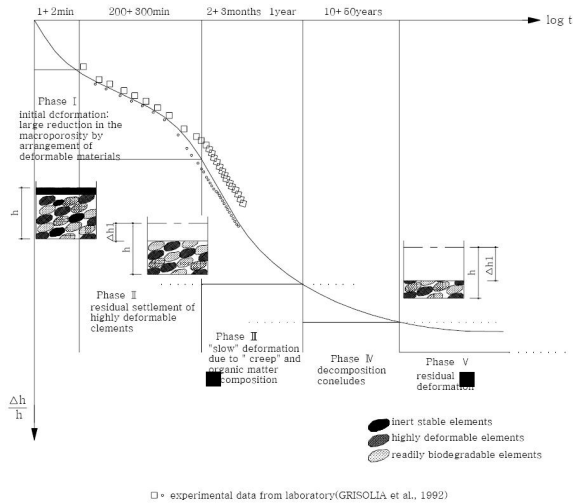


그림 1 도시 폐기물의 대표적인 압축곡선(Grisolia and Napoleoni, 1996)

쓰레기 매립지반의 침하 메커니즘은 그림에서와 같이 (I) 초기침하단계, (II) 초기 잔존침하 단계, (III) 분해와 creep에 의한 이차 침하 단계, (IV) 분해 완료단계, (V)최종 잔존침하 단계와 같이 다섯 단계로 구분 하였다. 쓰레기를 구성하는 물질로 첫째, 유리, 금속과 같이 자체 변형이 발생되지 않는 물질, 둘째, 고무, 가죽, 종이등과 같이 변형성이 큰 물질, 셋째, 음식물 등 분해 가능한 유기물등과 같이 비교적 빠른 시간 내에 분해되는 물질(지반 내에서는 생물학적 반응이 더디게 일어남)의 세 가지 요소들로 구분하였다. Bjarngard 와 Edgers(1990) 등은 침하변형율-대수시간과의 관계에서 대체로 초기 침하가 완료된 이후에는 작은 값의 기울기를 갖는 선형적인 관계를 보이다가 일정기간이 지난 후에 급격한 변화를 나타내는 기울기의 침하 양상을 보이며, 이러한 이유는 역학적 이차 압축만이 유발되는 단계에서 쓰레기에 포함된 유기성 고형물이 분해되기 시작함에 따라 발생하는 간극비의 변화로 압축률이 크게 증가되기 때문인 것으로 보고 있다.

## 2.3 침하량 산정 방법

### 2.3.1 Bjarngard and Edgers model

최근에 Bjarngard and Edgers(1990), Fassett et al(1994)은 매립지의 실측자료를 근거로 하여 매립지의 침하예측을 위한 새로운 모델을 제안하였으며 Bjarngard and Edgers(1990)가 제안한 식은 아래 식 (2)와 같으며 그림 2는 Bjarngard and Edgers(1990)가 제안한 침하모델이다.

$$\frac{\Delta H}{H} = CR \log \frac{\overline{P_0} + \Delta p}{\overline{P_0}} + C_{\alpha(1)} \log \frac{t(2)}{t(1)} + C_{\alpha(2)} \log \frac{t(3)}{t(2)} \quad (2)$$

여기서, S : 침하량 , H : 매립지의 초기 두께,  $\overline{P_0}$  : 초기 수직 유효응력,  $\Delta p$  : 응력 증분  
 CR : 압축비,  $C_{\alpha(1)}$  : 중간단계(intermediate) 이차압축지수,  
 $C_{\alpha(2)}$  : 장기(long-term) 이차 압축지수

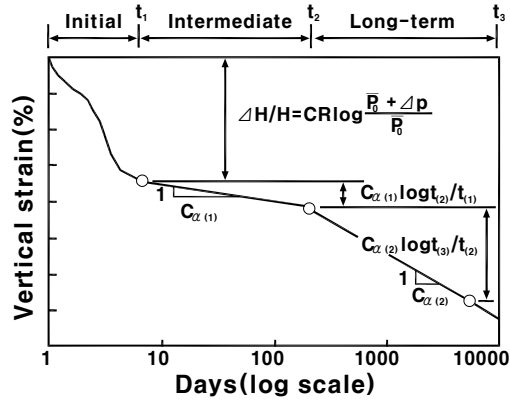


그림 2 Bjarngard and Edgers(1990)의 침하모델

압축지수를 이용하여 폐기물 매립지반의 침하거동을 예측 할 경우 일차 압축지수( $C_c$ )와 수정일차압축 지수( $C_{cr}$ )는 폐기물로 조성된 지반에 작용하는 초기 응력상태에 따라 변하게 되며, 시간에 따라 응력이 변하게 됨으로써  $e - \log t$ 곡선은 직선이 아니게 된다. 또한 일차압축지수( $C_c$ )와 수정일차압축지수( $C_{cr}$ )는 초기 폐기물 지반의 높이 혹은 간극비의 함수이나 신뢰성 있는 이들의 값이 알려져 있지 않으며, 일차 압밀에 의한 침하량은 유효 응력의 함수이고 유효응력은 변화의 폭이 큰 단위중량과 침출수량의 함수이다. 그리고 폐기물은 압축성이 매우 크므로 일차 압밀과 이차 압밀이 동시에 진행되는 특성을 지니므로 일차 압밀에 의한 침하크기와 소요시간을 명확하게 알기 어렵다.

### 2.3.2 Gibson and Lo Model

Gibson and Lo Model은 주로 지반의 이차압축거동을 모델하기 위해 제안된 방법으로 이토(peat) 등과 같은 유기물이 많이 함유된 지반의 침하량을 예측하는데 적합한 모델이며, 유동학적(rheological) 모델로부터 시간에 따른 침하량을 구할 수 있다. Edil et al(1990)은 이러한 유동학적 모델의 특성을 사용하여 지속적인 하중상태 하에서 장기간 발생하는 폐기물 매립지의 이차 압축 거동을 모사하고자 하였으며, 이때 임의의 시간에 대한 침하 변형률은 다음 식 과 같이 표현된다.

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

여기서,  $a$  : 초기 압축을 의미하는 스프링 상수,  $b$  : 이차 압축을 의미하는 스프링 상수  
 $\lambda/b$  : Newtonian dashpot,  $\Delta\sigma$  : 작용하중을 의미한다.

그림 3에서 보여지는 모델에서 하중이 작용함에 따라 스프링 상수  $a$ 를 갖는 Hookean spring이 즉각적으로 압축된다. 이후에 Newtonian dashpot( $\lambda/b$ )에 의하여 하중이 스프링 상수  $b$ 를 갖는 spring에 전달되는 것이 지체된다. 위 식 (3) 에서  $\Delta\sigma \cdot a$ 는 초기압축량을 의미하고,  $\Delta\sigma \cdot b$ 는 시간이 무한대( $\infty$ )로 증가 했을 때의 최종 이차 침하량을 의미한다.

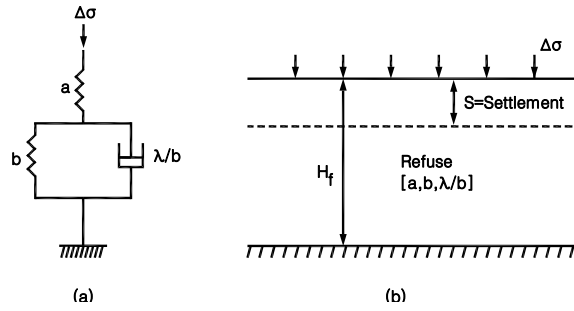


그림 3 Gibson and Lo(Rheological) Model

하중  $\Delta\sigma$ 가 작용함에 따라, 스프링 상수가 a인 스프링이 먼저 압축되며 이는 1차 압축에 의한 변형을 모델링한다. 스프링 상수가 b인 스프링의 압축은 Newtonian dashpot에 의해서 방해받게 되며, 점차 하중이 Newtonian dashpot에서 스프링으로 전달되어 나중에는 Newtonian dashpot이 어떠한 하중도 받지 않게 된다. 이는 일정하게 유지된 하중상태에서 일어나는 2차 압축의 연속적인 변형 과정을 모델링하게 된다.

### 2.3.3 Power creep law

Power creep law는 공학적인 재료의 creep 거동을 나타내기 위하여 사용되었다 침하량  $S(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$S(t) = H\epsilon(t) = HdPm(t/t_r)^n \quad (4)$$

여기서  $m$  : 기준 압축성(reference compressibility),  $n$  : 압축률(rate of compression)  
 $t_r$  : 기준 시간(reference time),  $S$  : 침하량,  $t$  : 경과시간  
 $H$  : 쓰레기 지반의 초기 높이,  $\epsilon$  : 변형률,  $dP$  : 작용하중

### 2.3.4 Hyperbolic Function

연약지반 성토시 침하량 산정에 주로 사용되어온 예측방법으로서 Hoe et al(1998)이 폐기물 매립지 침하 예측에 사용하였으며, 침하량은 다음 식(5)와 같다.

$$S = \frac{t}{\frac{1}{\rho_0} + \frac{t}{S_{ult}}} \quad (5)$$

여기서,  $S_{ult}$  : 최종 침하량

변수  $\rho_0$ 와  $S_{ult}$ 는 침하자료를 다음 식과 같이  $\frac{t}{S}$ 와  $t$ 의 관계로 표현한 후 선형회기 분석을 통하여 구할 수 있다.

$$\frac{t}{S} = \frac{1}{\rho_0} + \frac{t}{S_{ult}} \quad (6)$$

### 3. 현장 매립지 특성

본 매립장은 과거 1986 ~ 1989년에 걸쳐 4년여 동안 폐기물의 비위생 매립이 이루어진 사용종료 매립지로 과거 매립 현황만 기록되어져 있을 뿐 매립이력에 대한 기존 자료가 존재하지 않아, 개괄적인 폐기물의 매립현황 및 매립심도 등 구체적인 폐기물의 매립현황 파악이 어려운 실정이다.

따라서 매립 폐기물의 현황에 대한 기초 자료 조사를 위하여 시굴 조사 및 물리조사를 실시하여 파악하였다. 매립지부지 주변으로는 동쪽과 남쪽에 각각 도로가 위치하고 있으며, 북쪽 및 서쪽으로는 해성 점토로 이루어진 연약지반이 위치하고 있는 총 매립 면적이 약 177,000m<sup>3</sup>의 비위생 사용 종료 매립지이다. 시굴 조사 결과에 의하면 매립부지 북쪽 경계부는 폐기물이 존재하지 않으며, 그 외 지역은 상부에 평균 60cm 이상의 복토층 아래 폐기물층이 존재하며, 매립 폐기물층의 심도는 2.5m ~ 4.5m의 범위로 조사되었다. 조사된 폐기물의 매립심도와 범위를 기초로 계산한 조사 부지 내 매립된 폐기물은 약 548,000m<sup>3</sup>이다. 본 비위생 매립지내의 폐기물의 성상분석을 위한 시추 위치도는 다음 그림 5와 같다.

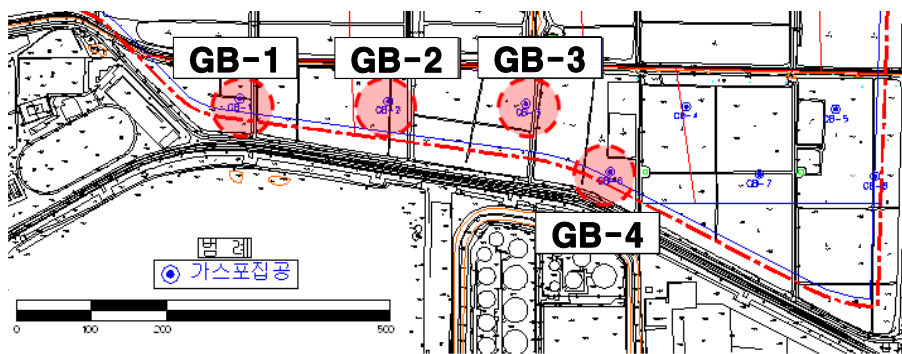


그림 5 매립폐기물 성상분석 시추 위치도

매립 폐기물 성상 분석은 그림 3.10과 같이 매립 지반내 4개 지점, 각 2개 심도에 대해 폐기물 공정 시험법에 준하여 채취하여 원추 4분법에 의한 성상 분석 및 겉보기 밀도 측정을 병행하였으며, 매립 폐기물은 2.5 ~ 4.5m의 폐기물 분토 심도를 고려하여 각 지점별로 2m, 4m정도 까지 굴착하여 채취하여 분석하였으며, 폐기물의 물리적 성상 분석은 다음 표 1에 나타 내었다.

표 1 OO부지 비위생 매립지 폐기물 물리적 성상 분석(10성상)

시추공번호 (심도)	GB-1 (2m)	GB-1 (4m)	GB-2 (2m)	GB-2 (4m)	GB-3 (2m)	GB-3 (4m)	GB-4 (2m)	GB-4 (4m)
음식류	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10
종이류	0.36	0.80	0.37	1.92	0.20	0.24	1.33	0.00
비닐/플라스틱	1.91	3.50	22.84	28.98	38.32	32.45	18.33	22.91
목재류	0.44	2.10	1.06	0.85	0.42	0.25	0.43	0.39
고무/가죽류	7.17	7.80	8.93	9.83	17.54	2.57	2.76	3.05
섬유류	7.17	7.80	8.93	9.83	17.54	2.57	2.76	3.05
기타가연물	0.00	1.50	3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
소계(가연성)	10.79	17.80	39.03	42.18	58.23	38.35	37.55	40.22
금속류	4.83	1.90	0.49	0.25	0.00	0.40	0.04	0.02
유리/도자기류	0.43	1.80	0.61	1.79	0.04	0.69	0.35	0.61
토사류	83.95	78.5	59.87	55.78	41.73	60.56	62.06	59.16
소계(불연성)	89.21	82.20	60.97	57.82	41.77	61.65	62.45	59.78
합계	100	100	100	100	100	100	100	100

GB 3, 4지점의 경우, 심도별로 폐기물 조성이 다른 지점들에 비해 불규칙하게 나타나고 있는데, 이는

폐기물 매립이 계획적인 매립보다 무분별하게 단순투기 형식으로 매립이 이루어져 지역적인 폐기물의 성상의 차이가나타나는 것으로 판단된다. 채취한 폐기물의 내용물에 기초해, 매립시기가 1980년대 중, 후반인 것으로 판단되었다. 폐기물 10성상분석결과, 토사류(51%), 비닐/플라스틱(25%), 섬유류(17%) 등의 순서로 이들의 구성비가 약 90% 이상을 차지하며, 종이류(0.93%), 음식류(0.04%)로 이분해성 폐기물은 이미 상당 부분 분해가 진행되어 생물학적으로 안정화 상태에 도달한 것으로 판단된다.

### 3.1 폐기물 매립지반 침하 계측

침하량을 계측하기 계측기의 설치 위치를 그림 6과 그림 7에 나타 내었으며 단기간내의 침하를 유발하기 위해 Pre-loading 공법을 적용하였다. 그림 3.13과 같이 토사를 3m이상 (70,809m³)을 성토하여 하부의 폐기물층 및 해성퇴적층의 강제 침하를 유도하였다. 성토체 단위중량은 19kPa이다. 계측기는 매립지반내 9개의 구간에 지표면 침하판을 설치하였으며, 이 중 2개소에 층별 침하계를 설치하여 폐기물 매립층만의 침하량을 알 수 있도록 하였다. 또한 층별 침하계가 설치된 지점에 간극수압계도 같이 설치하였다. 계측 기간은 약 295일 동안 계측하였다.

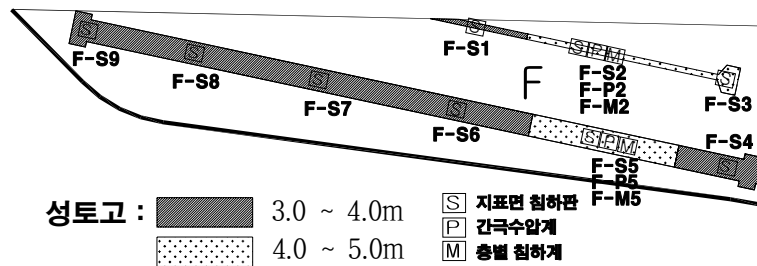


그림 6 성토고 및 계측기 설치 현황 평면도

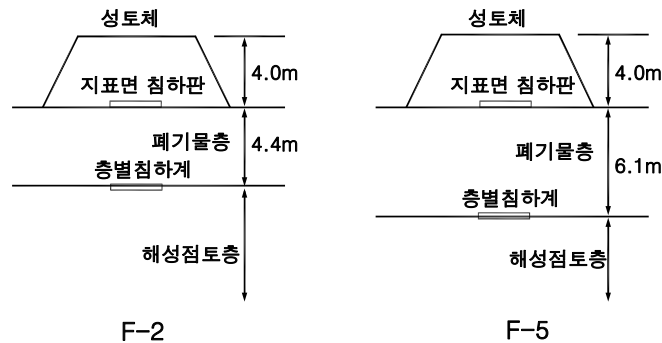


그림 7 계측기 설치 단면도

## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1 경험 모델의 적용

#### 4.1.1 Hyperbolic Model의 적용

Hyperbolic Model은 주로 연약지반 성토시 침하량 산정에 주로 이용되어 온 예측 방법으로써 Hoe 등이 쓰레기 매립지의 장기 침하 예측에 처음 적용 하였다. 본 OO부지 비위생 매립지에서 2개소의 계측 지점에 대하여 Hyperbolic Model을 적용하여 약 3년정도 후의 침하량에 대하여 예측하였으며 그 결과를 그림 8과 그림 9에 도시 하였다. Hyperbolic Model 적용 결과 F-2지점의 경우 약 3년정도 후

25.1cm, F-5지점의 경우 82.8cm의 잔류 침하가 발생할 것으로 예측 되었다. Hyperbolic Model 적용의 경우 이차 침하 구간에서의 침하량이 실측 범위내에서 잘 맞는 반면에 성토 하중이 작용하기 시작하는 초기의 경우 과대 평가됨을 알 수 있다. F-2지점과 F-5지점의 Hyperbolic Model의 적용 결과 일차 압축 부분과 이차 압축 부분의 실제 침하량과 예측침하량은 매우 유사한 값을 예측하지만 초기 성토체의 높이가 증가하고 하중이 점진적으로 증가하는 단계에서는 실측치 보다 과대 평가되는 경향을 나타냈다. 이는 Hyperbolic Model의 기본 가정 중의 하나인 침하가 Hyperbolic의 형태를 따른다는 가정에 적용하는데 있어서 사용된 실측치의 범위의 편중에 따라 예측값들이 결정되며, 성토에 의한 하중의 증가에 따른 침하량의 급격한 변화 때문인 것으로 사료 된다.

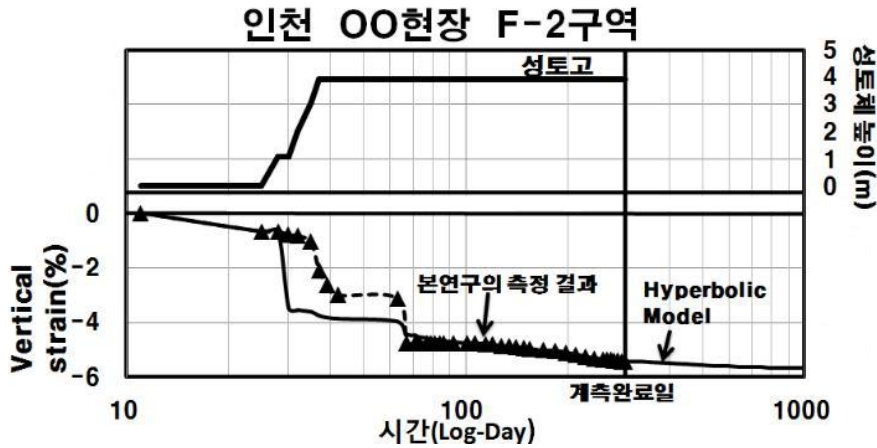


그림 8 F-2지점에 대한 Hyperbolic model 적용 예측 결과

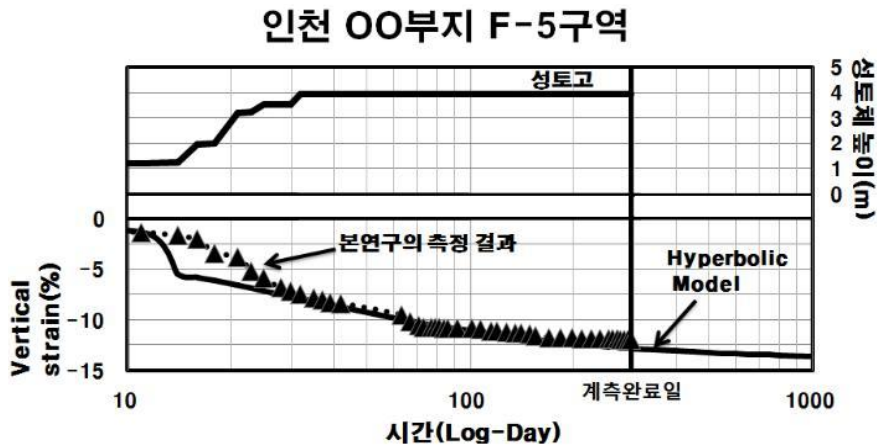


그림 9 F-5 지점의 Hyperbolic model 적용 예측 결과

#### 4.1.2 Gibson and Lo Model의 적용

Gibson and Lo Model은 주로 지반의 이차 압축 거동을 모델하기 위해 제안된 방법으로 이토(peat) 등과 같은 유기물이 함유된 지반의 침하량을 예측하는데 적합한 모델로써 유동학적 모델로 알려져 있다. 본 인천시 OO부지 비위생 매립장에 대하여 성토 하중의 단계별 작용에 의하여 예측된 침하량은 다음과 같다. 본 인천시 OO부지 비위생 매립장의 경우 F-2지점에서 Gibson과 Lo모델의 적용 결과 약 3년정도 이후 38.2cm의 침하값에 수렴하는 값을 예측 했으며 F-5지점의 경우 향후 약 3년정도 경과시 88.9cm의 침하 값에 수렴 하는 것으로 예측되었다. 단계별 성토하중의 작용에 따른 매립지의 장기침하 예측식인 Gibson and Lo 모델의 적용 결과는 다음 그림 10와 그림 11에 도시하였다.

본 OO부지 비위생 매립지에 적용시 일차 압축부분과 이차 압축 부분의 침하량 예측이 다소 과대하게 평가 되는데 이는 Gibson and Lo Model에서 고려된 시간에 따른 dashpot에 의한 하중의 전이과정이





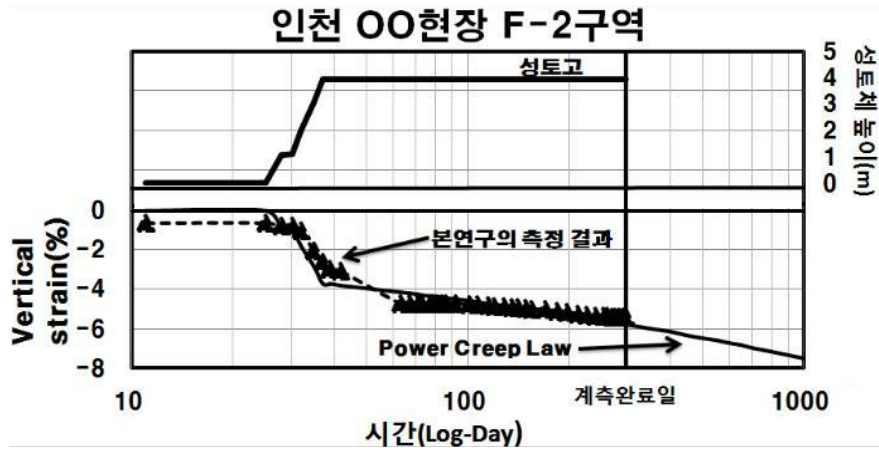


그림 12 F-2지점에 대한 Power Creep Law적용 예측 결과



그림 13 F-5지점에 대한 Power Creep Law적용 예측 결과

#### 4.1.4 Bjarngard and Edgers Model의 적용

Morris and Woods가 제안한 폐기물의 장기 침하식의 이차압축 부분을 두 부분으로 나누어 제안한 Bjarngard and Edgers의 모델은 초기(initial)침하, 중간(intermediate) 침하와 장기(long-term)침하로 나뉘어진다. 본 OO부지 비위생 매립지에 Bjarngard and Edgers Model을 적용한 결과를 그림 14와 그림15에 도시 하였다. F-2지점에 대하여 성토 이후 약 3년여 기간 후에 침하량은 29.4cm로 예측되었으며, F-5지점에 대하여 성토 이후 3년 정도 지난이후의 장기 침하량의 예측은 83.3cm정도로 예측되었다. Bjarngard and Edgers Model 의 예측 결과 초기(initial), 중간(intermediate)단계의 침하량은 실측치 보다 다소 과대하게 예측 되었으며 장기(long-term)침하에 대한 예측에서 실측치와 유사한 침하량을 예측하였다. 장기(long-term) 침하량의 예측에 있어서 Bjarngard and Edgers Model은 이차 압축 계수에 의해서 선형적으로 침하량이 증가하는 경향을 보이는데 이는 제안식의 특성에 따르는 것으로 사료 된다.

### 인천 OO현장 F-2 구역

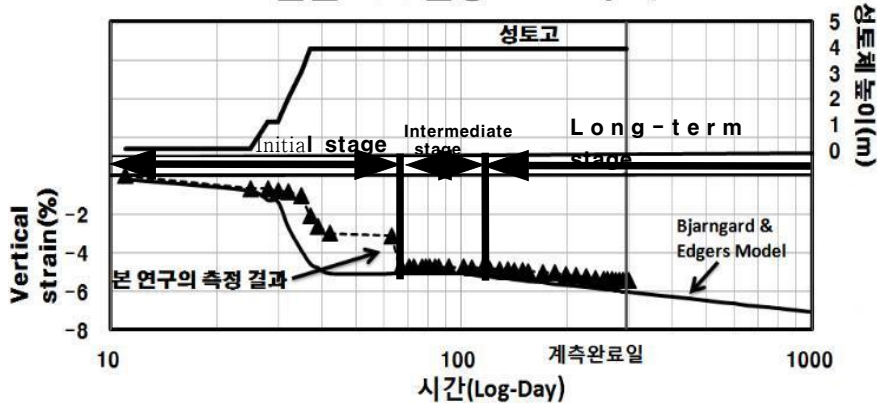


그림 14 F-2지점에 대한 Bjarngard and Edgers model 적용 예측 결과

### 인천 OO현장 F-5구역

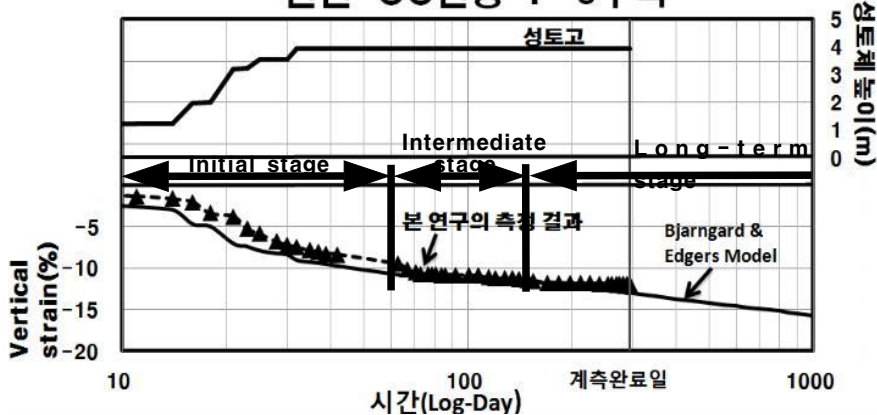


그림 15 F-5지점에 대한 Bjarngard and Edgers model 적용 예측 결과

## 5. 결론

본 연구에서는 인천시 소재 OO비위생 매립지에 대하여 단계적 성토로 인한 침하 발생의 특성을 규명하기 위하여 9개 지역의 지표면 침하판과 2개 지역의 층별 침하계, 매립지반 하부의 원지반 2개 지역에 대하여 간극수압계를 설치 성토 기간인 약 300일간의 계측을 통하여 침하특성을 규명하고자 하였다. 약 1년간에 걸친 성토와 계측을 통해서 계측된 값들을 토대로 분석을 실시하였으며, 폐기물 매립지의 침하량 예측을 위해 제안된 기존의 침하 모델들 중 Hyperbolic 모델, Bjarngard and Edgers 모델, Gibson and Lo 모델, Power Creep Law를 적용하여 침하량을 예측 하였다. 침하량을 예측하는데 필요한 계수의 산정 및 기존의 침하모델에 의한 장기 침하 예측 결과를 상호 비교 · 분석하였으며, 본 연구에서는 대상 비위생 폐기물 매립지반의 하부 점토층에 대한 침하에 대하여 고려되지 않은 폐기물 매립층만의 침하발생을 대상으로 연구 하였으며, 매립 후 15년 정도 경과하여 유기물의 함량이 거의 없는 것으로 판단, 유기물의 함량이 침하에 미치는 영향에 대해서 무시 하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. Pre-loading 공법을 통해 성토 이후 매립지의 침하량 및 압축량을 분석한 결과 성토이후 1년이 지난 시점에서의 침하는 안정적으로 수렴하는 경향을 나타 내었다.
2. 본 OO부지 비위생 매립지의 침하 예측 결과 Hyperbolic model과 Bjarngard and Edgers model의 경우의 경우 약 300일간의 계측기간 동안 실측 침하자료와 근접한 예측을 하였으며 Power Creep Law model의 경우 실측 침하범위내에서 유사한 예측을 하였으나 약 3년정도 이 후

의 침하량 예측시 과대하게 예측되었다. Gibson and Lo model의 경우 이차압축부분에서 과대 평가됨을 알 수 있었다.

3. 이차압축부분에서의 Gibson and Lo model의 경우 과대하게 평가 되었으며, 이러한 이유로는 Gibson and Lo model 내에 고려된 지연된 압축(delayed compression)에 의한 효과가 실제 현장에서는 유기물의 분해가 최종적으로 이루어짐에 따라 지연된 압축(delayed compression)이 발생하지 않은 것으로 사료된다.

## 6. 참고문헌

1. 박현일, 이승래, 고광훈(1998), "분해가 고려된 쓰레기 매립지의 장기 침하 거동", 한국지반공학회지, 제 14권, 제 1호, pp. 5-14.
2. 박현일, 이승래, 고광훈(1998b), "매립연한이 서로다른 쓰레기 매립지의 장기침하거동", 한국지반공학회지, 제 14권, 제 2호, pp. 21-30.
3. 박현일, 이승래(2004), "쓰레기 매립지의 침하 유형에 따른 침하모델들의 적용성 평가", 대한토목학회 논문집, 제 24권, 제 5C호, pp. 289-296
4. 박현일, 이승래(2004), "유동학적 모델 및 유전자 알고리즘에 근거한 쓰레기 매립지 침하 모델의 제안", 대한토목학회논문집, 제 24권 제 2C호, pp. 135-145
5. 이복수, 황규호, 이광렬, 이송(1995). "도시쓰레기의 침하특성", 대한토목학회논문집, 제 15권 제 6호, pp. 1773 - 1782
6. Bjarngard, A. (1989). "The Compressibility Characteristics of Landfills", Thesis Submitted in Partial Fulfillment of M.S. in C.E., Tuft University, Medford, MA, May 1989, pp. 213-222.
7. Bjarngard A., and Edgers, L. (1990). "Settlement of Municipal Solid Waste Landfills", The thirteenth Annual Madison Waste Conference, September, pp. 192-205.
8. 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.