

시정연2000-R-10-2

# 난지도지역 환경성 검토 및 친환경적 정비방안

매립층의 안정화 평가 및 모니터링 방안

유 기 영

2000

시 정 연  
2000-R-10-2

# 난지도 지역 환경성 검토 및 친환경적 정비방안

## - 매립층의 안정화 평가 및 모니터링 방안 -

Evaluation of Nanjido Landfill and Environmentally-friendly Restoring Strategies  
-Biochemical and Geological Stabilization -

2000

## 연구진

---

연구책임 유 기 영 • 도시환경연구부 부연구위원  
연구원 이 소 라 • 도시환경연구부 위촉연구원  
위탁연구 이 재 영 • 서울시립대학교 환경공학부 교수

---

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서  
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

## 요약 및 정책건의

---

### I. 연구의 개요

#### 1. 연구의 배경

- ▶ 난지도매립지 부지는 환경적, 지반적으로 안정되어 안락한 시민공원이 되어야 함.
- ▶ 사후관리가 체계적으로 이루어질 수 있게 매립 이력, 안정화공사 내용, 앞으로의 변동 상황 등이 조사·예측되어야 함.

#### 2. 연구의 목적

- ▶ 매립물의 생화학적 분해 정도와 향후 거동을 분석함.
- ▶ 매립층의 지반학적 안정성을 평가하며 마감공사 및 상부·사면 관리 방안을 도출함.
- ▶ 체계적인 사후관리방안을 모색함.

#### 3. 연구의 내용

- ▶ 매립지의 역사적, 입지적, 구조적, 운영적 특성을 분석함.
- ▶ 생화학적 안정화 정도를 평가, 예측하고 안정화 지수를 개발함.
- ▶ 지반학적 안정성을 평가하고, 그에 미치는 영향요소를 파악함.
- ▶ 이상의 자료들을 종합적으로 분석하여 분야별 모니터링 방안, 처리시설의 운영방안, 관리조직의 역할, 보고체계 등을 모색함.

### II. 주요 연구 결과

#### 1. 난지도매립지의 역할

- ▶ 1978~1992년 기간동안 서울시에서 발생하는 폐기물의 78%를 수용했음.

#### 2. 입지적 특성

- ▶ 초기에는 주거공간과 격리되어 있었으나 시가지의 확장으로 주택지역이 근접하는 등 입지적 여건이 악화되었으며, 침출수의 차단기능이 약한 층적층에 조성되었음.

### 3. 매립방법

- ▶ 제2매립지는 비교적 생활폐기물과 토사층이 공간적으로 고르게 분포하나 제1매립지는 산업슬러지와 생활폐기물이 공간적으로 편재되어 있음.

### 4. 생화학적 안정성

- ▶ 분해가능물질을 기준으로 할 때 현재 약 70%가 분해되었다고 판단되며, 잔량의 분해에 앞으로 약 30년정도가 소요될 것으로 예상됨.

### 5. 사면안정측면

- ▶ 과거 관리기록과 사면경사를 토대로 제1매립지 3개소, 제2매립지 2개소에 대한 사면안정성을 평가한 결과는 다음과 같음.
  - 제1매립지가 제2매립지보다 구조적으로 취약함.
  - 제1매립지의 경우 한강측 중간사면과 상암택지개발지역측 중간사면이 허용안전율에 근접하고 있으며, 상부복토층의 두께 증가와 매립층의 침출수위 증가가 사면의 안전율을 낮추는 것으로 나타남.
  - 침출수위를 낮추어 주거나 사면부근의 상부복토를 6m정도의 수준으로 유지하면 한계안전율을 만족시킬 수 있는 것으로 분석됨.

### 6. 침하측면

- ▶ 제1, 2매립지에 침하관을 설치하여 단시간의 침하상황을 측정하고 기존자료와 실측자료를 토대로 침하상태를 예측한 결과는 다음과 같음.
  - 향후 20년간의 침하량을 예측한 결과, 제1매립지의 경우 117.6mm~1,463.1mm, 제2매립지의 경우 47.6~225mm로 제1매립지의 침하가 클 것으로 평가됨.
  - 제1매립지의 경우도 지점별로 침하량이 크게 다른데, 생활폐기물이나 산업슬러지가 집중 매립된 지역 또는 이들의 혼재매립지역의 침하량이 크게 나타남.

## II. 정책건의

### 1. 안정화지수의 평가

- ▶ 안정화지수를 활용하여 시민들에게 당시의 생화학적 분해상태를 알리며, 앞으로의 연차적 안정화지수를 평가하려면 침출수의 양과 성분, 매립가스의 양과 성분을 분석해야 함.

### 2. 사면의 안정성 확보 방안

- ▶ 침출수 집수정을 적절하게 가동하여 매립지 내부의 침출수위를 낮춤.
- ▶ 제1매립지의 사면취약 지점 상부에 6m 이상의 복토를 억제함.

### 3. 침출수 모니터링

- ▶ 매립폐기물의 생화학적 안정성을 평가하기 위해 침출수의 성분분석과 함께 침출수의 양도 분석함.
- ▶ 실시설계에서 제시한 주1회의 분석회수를 월1회로 줄이고, 앞으로의 모니터링 결과를 분석하여 특별한 변동사유가 없는 경우 분석회수를 줄여나감.
- ▶ 차수벽 외부로의 침출수 유출을 평가할 때 일정시간 후에는 COD, 암모니아성 질소, 전기전도도 등 대체지표를 활용함으로써 분석항목을 대폭 축소함.

### 4. 매립가스 모니터링

- ▶ 매립지의 관리도로를 따라 대기 중의 메탄함량을 측정하여 이에 따른 폭발가능성 및 인체에의 유해한 영향을 배제함.
- ▶ 매립층의 분해활성도를 파악하기 위해 추출정의 매립가스를 이용하여 매립층의 온도를 지속적으로 점검함.
- ▶ 매립가스의 양을 모니터링 함.
- ▶ 매립가스의 상부 및 사면누출을 평가하기 위해 측정기기에만 의존하지 말고, 수풀의 고사여부, 겨울철의 경우 수증기 발생 지점 등을 점검함.

### 5. 지반침하 모니터링

- ▶ 제1매립지의 산업슬러지 매립지역은 현재 거의 모든 침하판이 매몰 또는 소실된 상태이므로 앞으로의 모니터링을 위해서는 추가의 침하판의 추가 설치가 필요함.
- ▶ 제1매립지는 산업슬러지 매립지역을 제외한 지역에 대해서도 전체적으로 침하 모니터링이 요구됨.

- ▶ 매립지 상부에 본 연구를 수행하기 위해 설치된 침하판 이외에 약 7개 정도의 침하판을 제1매립지와 제2매립지 전체 주변 도로에 설치하며, 상부 및 지반이 비교적 단단한 도로지역과 그 침하의 연계성을 모니터링함. 구체적인 위치는 본문(<그림 5-1>)에 제시했음.
- ▶ 측정회수는 폐기물관리법상 연 2회 이상으로 되어 있으나 제1매립지의 경우 분기별로 측정하고, 제2매립지는 연 2회 측정함.
- ▶ 침하측정은 단위 지점에 대한 침하평가만이 아니라, 최종복토의 경사유지에 활용될 수 있도록 함.

## 6. 경사계 모니터링

- ▶ 제1매립지의 한강방향 사면 중 1개 지점과 한강반대방향 사면 중 1개 지점 등 2개 지점의 사면이 한계안전율에 근접하므로 이 지점에 대한 모니터링을 위해 중간관리도로를 중심으로 상하측 사면에 1개씩의 지중경사계를 설치함. 이들 경사계는 실시설계에서 제시하지 않고 있으므로 추가적으로 설치되어야 하며, 설치위치는 본문(<그림 5-1>)에 제시했음.
- ▶ 경사계의 측정 회수는 침하판의 회수와 동일하게 함.

## 7. 복토면 모니터링

- ▶ 우수배제구 주변의 토사유실을 주의깊게 점검함.
- ▶ 공원 및 골프장 조성시 식물 뿌리가 차수막에 손상을 입히지 않도록 고려하여야 함.
- ▶ 쥐의 서식여부를 확인함.
- ▶ 토사유실 상태는 장시간 집중호우 시, 폭우 후 및 해빙기에 집중하여 점검함.

## 8. 모니터링 결과의 평가 및 보고

- ▶ 모니터링과 그 결과의 평가는 외부전문기관에 위탁함.
- ▶ 모니터링 결과는 측정즉시 보고하며, 매해 종합평가서를 발간함.
- ▶ 종합평가서에는 매립지의 개요, 적용기술, 모니터링 결과요약, 결과의 승인확인 서류, 결론, 종합적 권고사항이 포함되도록 함.

## 9. 매립지 유지관리조직의 담당업무

분 야	내 용
출입통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경계펜스의 관리 및 통제 안내물 설치</li> <li>· 쓰레기 투기 단속</li> </ul>
매립지 내부관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 화재 진화</li> <li>· 복토 유실상태, 침몰, 균열 등 관찰</li> <li>· 가스누출 상태 점검 및 보수</li> <li>· 침출수 누출상태 점검</li> <li>· 우수배제구 막힘 상태 점검 및 퇴적물 제거</li> <li>· 관리도로의 상태 점검 및 간이보수</li> <li>· 일상적 청소</li> <li>· 해충 및 설치류 번식 감시와 억제</li> </ul>
시설물 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 침출수 처리시설의 운영</li> <li>· 매립가스 연소처리시설의 관련 시설 운영</li> </ul>
행정사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일상 및 비상상황에 대한 상급기관 보고</li> <li>· 자산관리</li> <li>· 각종 사항의 보고</li> <li>· 모니터링 상황의 감독</li> <li>· 모니터링 결과 및 평가에 대한 중간점검</li> <li>· 모든 관측결과에 대한 기록의 보관, 유지</li> </ul>

## 10. 사면의 특별관리

- ▶ 제1매립지의 2개 사면(<그림 5-1>의 IC-S-1과 IC-B-1 지점, IC-S-2과 IC-B-2 지점)을 특별관리지역으로 분류하여 관리함.
- ▶ 특별관리지역에 대하여는 일상적인 점검과 함께, 폭우 중, 강우 후, 해빙기 등에 집중적인 육안관찰을 실시함.
- ▶ 매립층의 침출수위를 관찰하고, 급격한 상승현상이 나타날 경우에도 해당지역의 사면 상태를 관찰함.

## 11. 매립가스 대책

- ▶ 매립층 상부 및 사면의 대기 중 메탄농도가 1.25%를 초과하는 경우 : 가스추출량을 늘려 발산량을 줄임.
- ▶ 매립층 상부 및 사면의 대기 중 메탄농도가 5%에 근접하는 경우 : 최저폭발한계농도이므로 사람의 출입을 통제하고 원인분석 후 대책을 수립함.



## 12. 처리시설의 운영방안

- ▶ 침출수 처리시설 : 침출수 수질이 난지도하수처리사업소의 방류수 수질기준을 만족하면 처리시설의 운영을 중단함. 이 경우 기준항목은 BOD, COD, SS 등 일반적인 하수처리장 방류수 기준항목에 한정함.
- ▶ 매립가스 처리시설 : 매립가스 활용의 경제성이 상실되면 연소기로 처리하고, 자연발생 매립가스 중의 메탄함량이 5% 미만, 상부 및 사면의 대기 중 메탄함량이 1.25% 이하이면 강제추출을 중단함.

## 13. 사후관리 종료 기준

- ▶ 양수를 하지 않는 상태에서 침출수의 수질이 주변 지하수의 수질을 악화시키지 않을 것.
- ▶ 강제추출이 없는 자연발생적인 상태에서 매립가스의 메탄농도가 5% 미만, 상부 및 사면의 대기 중 메탄가스농도가 1.25% 이하, 2년 이상 매립가스의 증가가 관찰되지 않는 상태 등의 조건을 만족시킬 것.
- ▶ 향후 난지도매립지의 부지활용계획이 수립될 되었을 때 그 용도에 따른 지반조건을 만족하고, 아니면 별도의 대책이 수립될 것.
- ▶ 매립층 내부의 온도가 인근의 지중 온도보다 과도하게 높지 않을 것.
- ▶ 이상의 조건을 모두 만족시킬 것이며, 사후관리과정에서 법적으로 사후관리종료기준이 마련되면 그에 따를 것.

# 목 차

---

제 I 장 서론 .....	3
제1절 연구의 배경 .....	3
제2절 연구의 목적 .....	3
제3절 연구의 내용 .....	4
제 II 장 난지도매립지의 특성 평가 .....	9
제1절 역사적 특성 .....	9
제2절 입지적 특성 .....	12
제3절 구조적 특성 .....	15
제4절 매립기술의 적용 수준 .....	19
제5절 폐기물의 공간적 분포 .....	20
제 III 장 생화학적 안정성 평가 .....	29
제1절 평가방법의 개요 .....	29
제2절 침출수에 의한 유출량 .....	29
제3절 매립가스에 의한 분해량 .....	36
제4절 안정화 정도의 평가 .....	37
제5절 안정화지수 .....	39
제 IV 장 지반학적 안정성 평가 .....	45
제1절 안정화공사의 개요 및 현황 .....	45
제2절 지반학적 안정성 분석용 기초자료 .....	56
제3절 사면 안정성 분석 .....	59
제4절 침하 분석 .....	65

제 V 장 모니터링 방안 .....	73
제 1 절 모니터링의 필요성 .....	73
제 2 절 매립층 안정화 측면에서 모니터링의 구성요소 .....	73
제 3 절 생화학적 요소들의 모니터링 .....	74
제 4 절 지반환경적 요소들의 모니터링 .....	76
제 5 절 모니터링 결과의 평가 및 보고 .....	79
제 6 절 유지관리조직 .....	80
제 VI 장 결론 .....	87
참고문헌 .....	95
부록 .....	101
1. 지반학적 안정성 평가를 위한 항목별 기초자료 .....	101
2. 난지도매립지 매립층의 시추조사 결과 .....	127

## 표 목 차

---

<표 2-1> 1978~1992년의 서울시 생활폐기물 처리실태 .....	12
<표 2-2> 세계적으로 적용되고 있는 매립지 배제기준 .....	13
<표 2-3> 난지도매립지에 묻힌 폐기물의 종류와 양 .....	16
<표 2-4> "ROCKWORK"을 이용한 폐기물의 종류별 매립부피 산정 결과 .....	21
<표 3-1> 난지도매립지의 연평균 침출수 발생량 .....	32
<표 3-2> 침출수의 COD <sub>Cr</sub> 농도 .....	33
<표 3-3> 산정된 COD <sub>Cr</sub> 농도 .....	34
<표 3-4> 매립기간 중 난지도매립지의 폐기물 조성 .....	38
<표 4-1> 최종복토에 관한 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용 .....	46
<표 4-2> 침출수 차집시설의 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용 .....	51
<표 4-3> 차수벽 공사에 관한 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용 .....	52
<표 4-4> 난지도 매립층의 토양물성 분석자료 .....	56
<표 4-5> 침출수 및 지하수 수위 측정 결과 .....	57
<표 4-6> 토질정수 산정기법 .....	60
<표 4-7> 해석시 사용된 토질정수 .....	61
<표 4-8> USEPA 권장 최소 안전율 .....	62
<표 4-9> STABLE5M에 의한 사면 안전율 분석결과 .....	63
<표 4-10> 1m추가 성토시 침출수위변화에 따른 STABLE5M의 안전율 해석결과	64
<표 4-11> 2000년 10월 침하관 계측치 .....	66
<표 4-12> 각 분석기법별 20년 후 예측침하량 비교 .....	67
<표 5-1> 매립층 안정화 측면에서 모니터링 요소 .....	74
<표 5-2> 실시설계에서 제시한 침출수 모니터링 계획 .....	75
<표 5-3> 실시설계에서 제시한 매립가스 모니터링 방안 .....	75
<표 5-4> 실시설계에서 제시하는 복토층 검사기준 .....	78
<표 5-5> 매립지 관리조직의 역할 .....	80
<표 5-6> 매립지 사후관리 종료를 위한 평가기준 사례 .....	83
<표 5-7> 사용종료매립지 부지의 용도와 매립지 상태 .....	84

## 그림 목 차

---

<그림 1-1> 난지도 관련 연구들의 공간적 담당분야 모식도 .....	4
<그림 1-2> 난지도매립지의 생애에서 본 연구의 위치 .....	4
<그림 2-1> 택지개발지역 활용시기의 서울시 생활폐기물 매립지 분포 실태 .....	9
<그림 2-2> 난지도 활용 시기의 서울시 생활폐기물 처리시설 분포 실태 .....	10
<그림 2-3> 수도권매립지 활용 시기의 서울시 생활폐기물 처리시설 분포 실태 ...	11
<그림 2-4> 난지도매립지의 원지반과 홍수위 .....	14
<그림 2-5> 차수형식에 따른 매립지의 분류 .....	16
<그림 2-6> 생물학적 분해조건에 따른 매립지의 구조 .....	18
<그림 2-7> 매립지 적용기술의 전환과정 .....	20
<그림 2-8> 난지도매립지에서 토사의 공간 분포실태 .....	22
<그림 2-9> 난지도매립지에서 산업슬러지의 공간 분포실태 .....	22
<그림 2-10> 난지도매립지에서 생활폐기물의 공간 분포실태 .....	23
<그림 2-11> 난지도매립지에서 건축폐재류의 공간 분포실태 .....	23
<그림 2-12> 난지도매립지의 폐기물 분포 단면도 .....	24
<그림 3-1> 매립지의 물수지 모식도 .....	29
<그림 3-2> 난지도매립지 물수지 모식도 .....	31
<그림 3-3> 난지도매립지의 연도별 메탄발생량 추이 .....	32
<그림 3-4> 반응상수(k)를 구하기 위한 회귀분석 .....	34
<그림 3-5> 침출수에 의한 폐기물 전환량 .....	35
<그림 3-6> 매립가스로의 폐기물 분해량 .....	36
<그림 3-7> 난지도매립지의 분해성 폐기물 비율 .....	37
<그림 3-8> 연도별 폐기물 잔류량 .....	38
<그림 3-9> 안정화지수의 변화 예상도 .....	41
<그림 4-1> 난지도매립지 안정화공사 개요도 .....	45
<그림 4-2> 최종복토층의 단면 .....	47
<그림 4-3> 제2매립지의 최종복토공사 현장 .....	48
<그림 4-4> 침출수 사면차집시설 .....	49
<그림 4-5> 중간관리도로에 설치된 우수배제 관로 .....	49
<그림 4-6> 사면에 설치된 우수배제 관로 .....	50
<그림 4-7> 매립가스 추출공 및 이송관 .....	53
<그림 4-8> 사면 가스이송관의 설치 .....	53
<그림 4-9> 제1매립지 사면녹화공사 .....	54
<그림 4-10> 제2매립지 불안정 사면의 정지 및 관리도로 공사 .....	55

<그림 4-11> 제1매립지 9호 산업슬러지 매립장위의 성토작업 광경 .....	55
<그림 4-12> 난지도매립지 침출수 수위 모사도 .....	58
<그림 4-13> 지하수위 단면도 .....	58
<그림 4-14> 사면 안정성 분석 대상 단면 .....	59
<그림 4-15> 해석에 사용된 토질정수가 적용된 단면 사례 .....	61
<그림 4-16> 침하판 설치 위치도 .....	65
<그림 4-17> 현재와 20년 후의 상부표면의 표고변화 예측결과 .....	68
<그림 4-18> FLAC에 의한 제1매립지 산업슬러지 매립구역의 변위해석 결과 .....	70
<그림 5-1> 추가설치가 요구되는 침하판과 지중경사계의 위치 .....	77

## 第 I 章 서론

제1절 연구의 배경

제2절 연구의 목적

제3절 연구의 내용

# 제 I 장 서론

## 제1절 연구의 배경

난지도는 서울시의 택지조성사업이 막바지에 이르던 1978년부터 서울시에서 발생한 생활폐기물의 매립지로서 활용되기 시작하였고, 수도권매립지를 최종처분장으로 이용하게 된 1992년말까지 서울시의 생활폐기물을 수용하는 유일한 수단이었다. 현재 난지도에서는 안정화공사가 추진되고 있다. 안정화공사는 침출수 대책, 가스대책, 사면안정화 대책, 모니터링 장비의 설치 등으로 이루어지고 있다. 그리고 매립층의 인근에는 2002년에 한국과 일본이 공동으로 주최하는 월드컵 축구대회의 개막식과 준결승 경기가 치러지는 경기장이 건설되고 있으며, 매립지의 상부와 인근 부지는 시민의 체육공간으로 활용될 예정이다. 또한 매립지의 북쪽지역은 상암택지 개발이 추진될 예정이다.

난지도의 이러한 역사와 활용계획은 철저한 안정화공사와 난지도매립지의 완벽한 사후관리를 요구하고 있다. 물리적으로 시민공원으로서 지반적으로 안정되어야 하며, 공중위생적으로는 매립지에 묻혀 있는 폐기물에 의해 공원을 활용하는 시민들이 피해를 입는 일이 없어야 한다. 국가적으로는 쾌적한 환경을 유지하여 세계적 행사인 월드컵경기가 난지도매립지에 의해 방해받지 말아야 하며, 기술적으로는 우리의 환경복원기술의 수준과 이에 대한 국가의 의지를 보여주어야 한다.

## 제2절 연구의 목적

본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 생화학적 안정성을 평가하여 현 상태에서 매립물의 분해정도와 향후 거동을 파악한다.

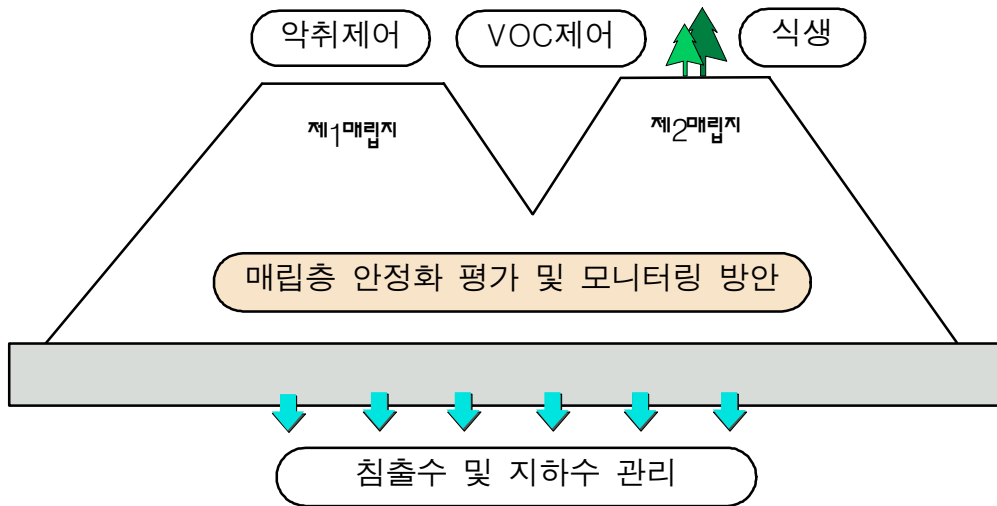
둘째, 매립층의 구조적인 안정성을 평가하여 상부 복토의 마감공사와 상부·사면의 사후관리에 필요한 기본자료를 획득한다.

셋째, 생화학적 안정성 및 구조적 안정성 평가결과를 토대로 모니터링 방안을 제시하고, 관리조직의 역할과 각종 시설물의 운영방안도 검토한다.



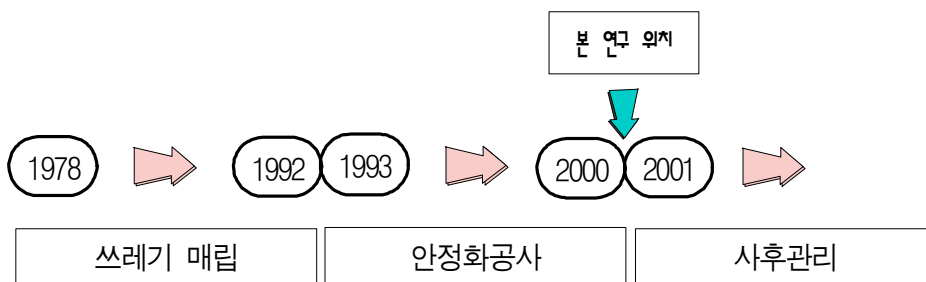
### 제3절 연구의 내용

난지도에 관한 연구는 악취제어, VOC제어, 식생, 매립층 안정화 평가 및 모니터링 방안, 침출수 및 지하수 관리 등 5개 부분으로 나누어 수행되었으며, 본 연구의 공간적 담당분야는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 난지도 관련 연구들의 공간적 담당분야 모식도

본 연구는 안정화공사의 마지막 단계에서 수행되었으므로, 시간적 한계에 의해 지금까지 이루어진 관련 사업에 대하여 평가하고, 평가결과를 토대로 사후관리대책의 모색에 치중하게 되었다(<그림 1-2>).



<그림 1-2> 난지도매립지의 생애에서 본 연구의 위치

본 연구에서 다른 내용을 보고서의 구성순서에 따라 정리하면 다음과 같다.

2장에서는 난지도매립지의 특성을 평가하였다. 특성은 매립지의 역사적 특성, 입지적 특성, 구조적 특성, 운영적 특성으로 구분하였다. 역사적 특성이란 서울시의 폐기물관리역사에서 난지도가 차지하는 위치 또는 기여 정도 등을 말한다. 입지적 특성에서는 매립지를 조성할 당시에 초점을 두고 매립지의 입지선정요소에 어느 정도 부합되었는가를 평가하였다. 구조적 특성에서는 매립지의 전체적 형태, 매립지의 외형변화, 매립층의 물질 분포 형태 등을 평가하였다. 운영적 특성에서는 난지도매립지가 기술적 측면에서 어느 정도의 수준으로 운영되었는가를 평가하였다.

3장에서는 난지도매립지에 묻힌 물질들의 생화학적 안정화정도를 평가하였다. 먼저 난지도에 묻힌 물질들의 종류와 양을 평가하였다. 다음으로는 가스로 전환되는 양과 침출수로 유출되는 양의 경년변화를 예측하고, 지금까지 분해된 양, 현재 매립층에 남아있는 양, 앞으로 분해될 양을 산정하였다. 최종적으로 매립지가 생화학적으로 어느 정도의 분해상태에 있는가를 쉽게 판별할 수 있게 안정화지수를 제시하였다.

4장에서는 지반학적인 안정성을 평가하였다. 평가는 전체침하량, 부분침하량, 사면 안정성으로 구분하여 실시하였다. 사면 안정성은 몇 개의 단면을 설정하여 복토조건 및 침출수 수위 상태에 따라 평가하였다. 침하량은 그간의 설계자료와 현장조사 결과를 활용하여 분석하였다.

5장에서는 모니터링 방안을 제시하였다. 먼저, 안정화 측면에서 필요한 모니터링 구성요소를 선정하고, 각각의 측정방법을 제시하였다. 또한 자료의 관리 및 보고체계, 유지관리 조직의 역할, 각종 처리시설의 운영 기준 등을 정리하였다.

## 第Ⅱ章 난지도매립지의 특성 평가

제1절 역사적 특성

제2절 입지적 특성

제3절 구조적 특성

제4절 매립기술의 적용 수준

제5절 폐기물의 공간적 분포

## 제II장 난지도매립지의 특성 평가

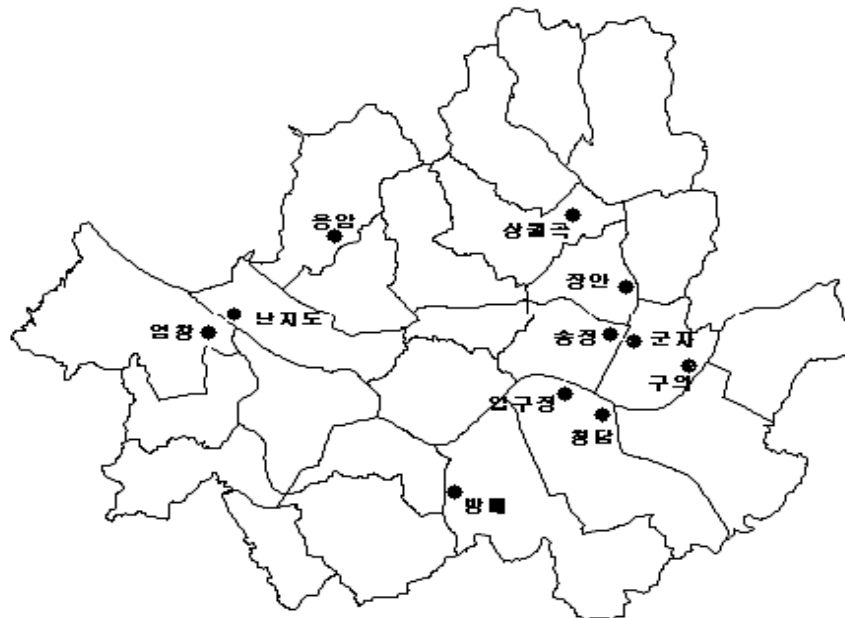
### 제1절 역사적 특성

#### 1. 폐기물 처리

##### 1) 택지개발지역 활용 시기(1977년 이전)

1960년대 초반에 서울시에는 지정된 폐기물 처분장이 없었다. 이에 생활폐기물을 택지조성지, 저습지 등에 처분하였다. 당시에 택지조성사업자들에게는 복토 또는 성토용 자재가 다량으로 필요했으며, 서울시에서는 1963년의 경우 자동차 1대당 30원을 받고 처분하였고, 이렇게 유상처분한 양은 1971년 57%, 1972년 53%, 1973년 44%, 1974년 40%이었다.

서울시에서 전용매립지를 확보한 1964년의 경우 군자동, 상월곡동, 응암동, 염창동이 매립지로 활용되었으며, 1976년부터 1977년 기간에는 방배동, 압구정동, 장안동, 구의동, 청담동, 송정동 등이 매립지로 활용되었다. <그림 2-1>은 이 기간에 활용된 생활폐기물 매립지의 공간적 분포실태를 보여주고 있다.



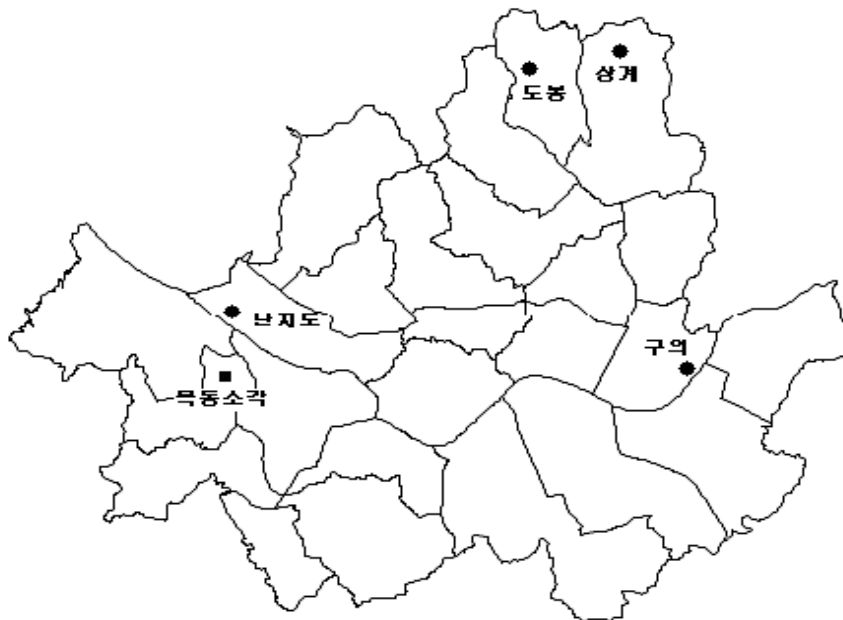
<그림 2-1> 택지개발지역 활용시기의 서울시 생활폐기물 매립지 분포 실태

## 2) 난지도 활용 시기(1978년부터 1992년)

기록상으로 난지도가 매립지로 활용되기 시작한 때는 1977년 3월이며, 1978년 3월 20일에 도시계획시설로서 지정됨으로써 공식적인 매립개시 시점은 1978년 3월로 기록하고 있다. 1978년 당시에는 구의동, 상계동에도 매립이 이루어져 1980년까지 이용되었고, 자치구에서 개별적으로 매립하는 곳도 있었다. 1980년과 1985년 기간에는 도봉매립지와 공구매립지가 난지도매립지와 함께 이용되었는데, 매립량은 4,801,595톤(차량기준)으로 분석되고 있다. 1982~1985년 기간에 발생된 연탄재의 많은 양이 한강종합개발사업의 고수부지 성토용으로 활용되었는데, 이렇게 4년간 활용된 연탄재량은 662만톤(차량기준)이었다.

난지도매립지는 1985년 12월에 평면매립을 완료하였고, 현재 모습과 같이 제1, 2매립지로 구분하여 조성된 매립작업은 1986년부터 시작되어 1992년까지 계속되었다.

생활폐기물이 매립위주로 처리되던 이 시기에 세가지의 특징적인 사항으로서 1984년에 종이, 고철, 합성수지로 구성되는 재활용품의 수집실적이 보고되고 있으며, 1986년에는 일 150톤 용량의 소각시설이 목동에 건설되었고, 1989년부터 수도권매립지의 조성사업이 시작되었다. <그림 2-2>는 이 기간에 활용된 서울시 생활폐기물 처리시설의 공간적 분포를 보여주고 있다.

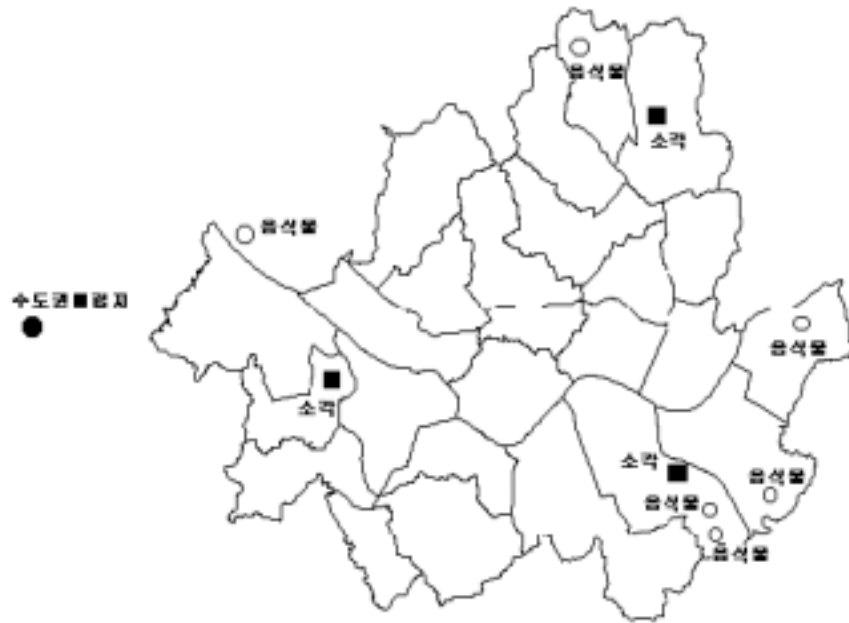


<그림 2-2> 난지도 활용 시기의 서울시 생활폐기물 처리시설 분포 실태

### 3) 수도권매립지 활용 시기(1993년~현재)

1993년부터 서울시에서 발생하는 생활폐기물은 인천광역시 서구 검단동 일대에 소재하고 있는 수도권매립지에 매립되고 있다. 이 시기 이후 서울시는 3개의 소각시설을 확보하였는데, 양천구에는 처리용량이 1일 400톤(1996년 완공), 노원구에는 1일 800톤(1997년 완공), 강남구에는 1일 900톤의 시설(2000년 완공)이 있다.

이 시기에 대표적인 변화로는 쓰레기종량제(1995)의 실시와 음식물의 자원화사업추진(1997)이라 할 수 있는데, 쓰레기종량제와 음식물자원화사업은 매립위주의 폐기물처리를 매립과 자원화로 양분시키는 계기가 되었다. <그림 2-3>은 1993년 이후 현재까지 서울시에 설치된 생활폐기물 처리시설의 공간적 분포상황을 보여주고 있다.



<그림 2-3> 수도권매립지 활용 시기의 서울시 생활폐기물 처리시설 분포 실태

## 2. 난지도매립지의 기여도

<표 2-1>과 같이 난지도매립지는 1978년부터 1992년 기간에 서울시에서 발생한 생활폐기물의 약 78%를 수용하였으며, 난지도매립지는 그 자체가 비위생매립방식으로 운영되었다 하여도 분산처리되던 당시의 상황을 고려할 때, 생활폐기물을 일정한 장소에 집중시킨 최초의 시설이었고, 아직도 당시 폐기물들의 분해 반응기로서 역할을 수행하고 있다.

<표 2-1> 1978~1992년의 서울시 생활폐기물 처리실태

구분	차량적재(톤)	%	비 고
총발생량	130,137,073	100.0	-
난지도매립지	101,124,937	77.7	-
고수부지 성토용	6,620,000	5.1	연탄재, 한강종합개발공사(1982~1985년)
기타 처리	22,392,136	17.2	구의동, 상계동의 매립지와 목동소각시설

출처 : 서울특별시(1994.11 ; 1979 ; 1980)

## 제2절 입지적 특성

### 1. 입지선정 절차

일반적으로 매립지는 잠재적 후보지의 면적 조사, 잠재적 후보지의 상세목록 작성, 가능후보지의 목록 작성, 부지용량 및 지표비용 결정, 가능 후보지들의 상세 비교평가, 최종 후보지의 선정 등의 순서로 결정되나, 난지도매립지는 체계적인 절차를 거치지 못한 채 1977년 선반입(先搬入), 1978년 3월 후인가(後認可)의 형태로 조성되었다.

### 2. 난지도매립지의 입지조건

매립지를 선정하기 위해서는 후보지 지역들의 각종 계획, 토지이용 규제 상황, 오염물질의 피해 영향 정도 등을 토대로 상대 비교하여 선정된다. 그러나 당시에는 이러한 절차가 정립되지 못했고, 적용되지도 않았으므로 본 연구에서는 <표 2-2>와 같이 세계적으로 적용되는 매립지 입지 배제기준을 적용하여 당시의 상황과 비교하면서 입지특성을 분석하였다. 이 기준은 수송, 자연조건, 토지이용, 대중의 수용성, 매립지로서의 안전성 등으로 구분되어 있다.

〈표 2-2〉 세계적으로 적용되고 있는 매립지 배제기준

분 야	배 제 기 준
수 송	T1. 주요도로로부터 2km 이상 T2. 폐기물 수집지역으로부터 수송거리가 경제성을 넘어서는 곳
자연조건	N1. 홍수지역 또는 홍수가능성이 있는 지역 N2. 험악한 지형(사태가 발생할 수 있는 급경사 또는 경사위의 지역) N3. 최고수위 또는 계절적 최고 수위 N4. 침출수가 빠르게 음용대수층으로 이동할 수 있는 석회암 지역과 같은 지질적으로 문제가 있는 지역 또는 채광이 있는 지역 N5. 생태적으로 중요한 습지 또는 유사지역
토지이용	L1. 지하수 함양지역, 단독 대수층 지역 또는 용수공급을 위한 지표수 보호구역 L2. 후보지의 인근에 구조물의 건설이나 채광과 같은 상반되는 장래 토지이용의 허가 L3. 군사보호구역 내
대중의 수용성	P1. 기존의 주거개발지역으로부터 200m 이내(이 최소거리는 지역의 정치적, 지리적 또는 사회적 요구 등에 의해 커질 수 있다) P2. 역사적, 종교적 또는 다른 중요한 문화적 지역으로부터 인접한 지역(바람직한 최소거리는 200m)
안 전 성	S1. 이착륙 방향의 활주로에서 5km 이내 S2. 폭발물이 있을 수 있는 과거 군사지역 S3. 초단파 송신장치 보호구역 내 S4. 폭발진동이 있는 채석장 또는 장래 예정지로부터 안전지역(보통 100m) 내 S5. 붕괴토가 있다고 알려진 지역

출처 : Philip Rushbrook and Michael Pugh, 1999

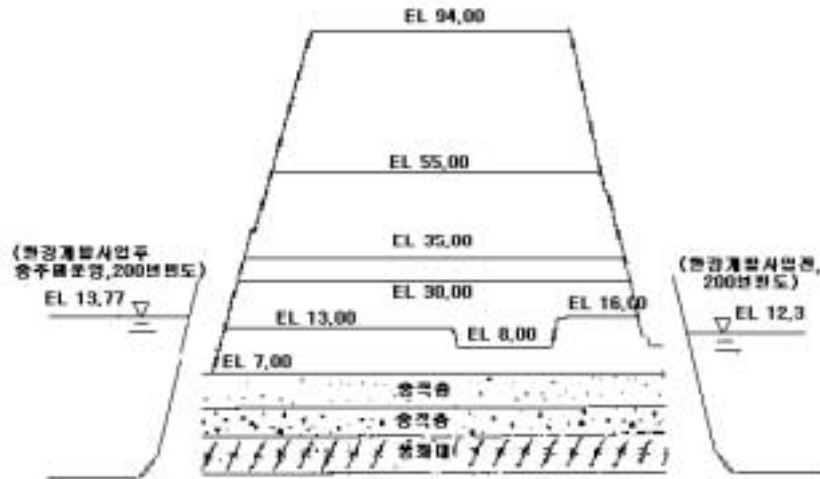
### 1) 수송측면

난지도의 경우 매립지와 한강 사이에는 104번 도로가 관통하고 있으며, 104번 도로는 강남 및 한강상류지역과 연결되는 4번 도로, 중부와 서부와 신촌지역은 52번 도로, 종로구와 은평구를 연결하는 수색로, 강서구 지역과 연결되는 48번, 6번, 2번 국도와 연결되어 있어 접근성이 우수하였다.

### 2) 자연조건 측면

매립지로 선정될 당시 난지도의 표고는 평균 7.0m이었고, 난지천 지역의 관측수위는 2.6m, 200년 빈도에서 산정된 홍수위는 약 13m이었다(건설부, 1967). 한편 한강종합개발이 이루어진 후에 충주댐이 홍수조절능력을 발휘할 때의 200년 빈도에서 홍수위는 13.8m였으므로(서울특별시, 1983.5), 난지도매립지는 홍수에 의해 침수가능성이 있는 지역에 입지하였던 것으로 보인다(〈그림 2-4〉).





〈그림 2-4〉 난지도매립지의 원지반과 홍수위

환경영향평가(서울특별시, 1984)에서는 지하수면이 원지반으로부터 5m 이하에 형성되어 지하수의 오염은 심각하지 않을 것으로 판단하였다. 그러나 매립지 원지반의 투수계수는 침출수 차수재 하부 점토층의 투수계수( $1 \times 10^{-7}$  cm/sec 이하; 폐기물관리법 시행규칙 제20조 별표 7)에 비해 매우 크다. 따라서 차수시설을 설치하지 않은 매립조건에서는 지하수를 오염시키기에 충분한 성질을 지니고 있다고 판단되었다.

### 3) 토지이용 측면

난지도는 한강을 중심으로 서울시에서 가장 하류에 위치하고 있으므로 상수원보호 등에 지장을 초래하지 않을 입지적인 위치에 있다. 기타 상반되는 토지이용계획에 관하여는 현재로서 확인된 바가 없으며, 군사보호구역에 해당하지 않으므로 배제기준에 적용되지 않았다.

### 4) 대중의 수용성 측면

인구밀도 측면에서 매립지를 중심으로 고양시 방향에는 1만 $m^2$ 당 5인, 수색방면과 성산동방면으로 1만 $m^2$ 당 30인이 거주하였고(서울특별시, 1985.1), 주거밀집지역과의 최소 이격거리가 200m임을 감안할 때, 난지도 지역이 매립지로서 결정될 당시에 이 지역의 인근에는 주거밀집지역과 거리를 두고 있었으며, 인접한 지역에는 산발적으로 주민들이 거주하여 민원에 의한 문제는 크게 발생하지 않았다.

난지도 지역과 인근에는 관광시설이 없으며, 서북방향으로 사적 제56호인 행주산성이 있으나 매립지와 직선거리로 3.5km가 이격되어 있으므로, 매립지로서 선정될 당시만 하여도 난지도 지역은 대중적인 수용성 측면에서 큰 무리가 없었을 것으로 판단되었다.

## 5) 안전성 측면

난지도매립지는 김포공항과 직선거리로 6km 이상 이격되어 있으며, 제1매립지와 제2매립지 사이를 고압전력선이 통과하고 있을 뿐 초단파 송신장치는 인근에 없었고, 안전성과 관련된 나머지 부분, 즉 폭발물의 근접, 폭발진동 가능한 시설의 근접, 붕괴될 가능성 등은 해당되는 바가 없으므로, 안정성 측면에서 난지도매립지는 문제가 없는 지역이었다고 판단되었다.

## 제3절 구조적 특성

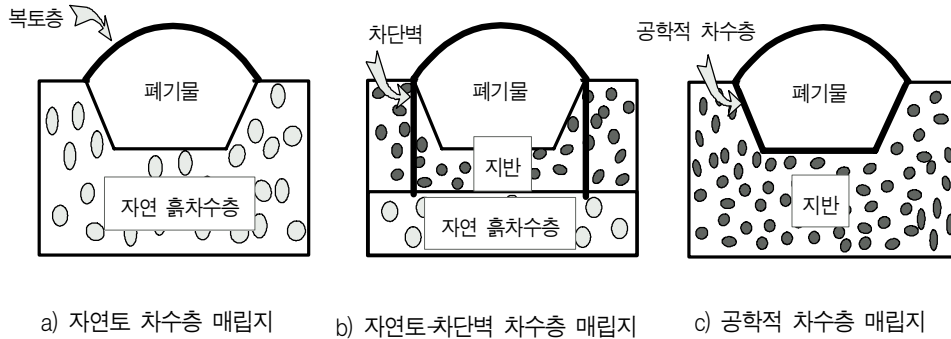
### 1. 설치깊이

“지상매립지”는 지하수위가 낮은 지역에 유리하며, 침출수를 중력으로 배출시킬 수 있어서 차집에 유리하다. “지하매립지”는 동일한 면적에 많은 양의 폐기물을 매립할 수 있고, 지하구간에서 굴착된 토사를 복토재 등으로 활용할 수 있으며, 매립이 종료된 후에 최종표면이 평평하여 사후이용이 수월하다. “지상-지하매립지”는 “지상매립지”와 “지하매립지”의 장단점을 모두 가지게 된다.

난지도매립지는 전형적인 지상매립지로 표고로 약 100m에 이르는 산을 형성하여, 사면으로 유출되는 침출수를 차집하여 처리하기에 유리한 조건을 갖추고 있으나, 매립층을 완전 분해하여 적치시키거나, 장기간에 걸쳐 생화학적, 지질학적으로 안정화를 시키지 않으면 사후이용, 특히 대형구조물의 설치가 필요한 용도로의 이용에 불리한 형태이다.

### 2. 차수형식

난지도매립지는 전형적인 “자연토 차수층 매립지”로서, 매립을 개시할 당시에 일체의 차수시설은 고려하지 않았음을 1994년의 시추조사(서울특별시)에서 확인할 수 있으며, 현재 진행 중인 난지도안정화공사를 통해 “자연토 차수층 매립지”에서 “자연토-차단벽 차수층 매립지”로 전환되고 있다(<그림 2-5>).



출처 : Daniel(1993), 정하익(1998.12)에서 재인용

<그림 2-5> 차수형식에 따른 매립지의 분류

### 3. 매립대상 폐기물과 매립지 구조

난지도매립지 안정화 기본설계보고서에 따르면 난지도매립지에는 생활폐기물 61.6%, 건설폐기물 35.9%, 산업슬러지 1.1%, 산업폐기물 1.4% 등 다양한 폐기물이 매립되었으므로, 매립된 폐기물의 종류에 관한 관리형 매립지에 해당되었다. 또한, 당시에 침출수의 차단 및 처리시설의 설치나 체계적인 복토는 시행되지 않았지만, 안정화공사가 완료된 이후에는 환경오염물질 차단면에서 관리형 매립지에 해당되게 된다.

<표 2-3> 난지도매립지에 묻힌 폐기물의 종류와 양

폐기물	계	생활폐기물	건설토사	산업슬러지	산업폐기물
양(톤)	119,667,204	73,766,204	43,011,000	1,362,000	1,528,000
점유율(%)	100	61.6	35.9	1.1	1.4

출처 : 서울특별시(1994.11)

### 4. 생물학적 분해조건

매립된 폐기물 중 생물학적으로 분해가능한 물질의 분해방법에 따라 혐기성 매립지, 준호기성 매립지, 호기성 매립지로 분류되며, 혐기성매립지는 다시 복토여부나 침출수의 차집 및 처리유무에 따라 혐기성 매립지, 혐기성 위생매립지, 개량형 혐기성 위생매립지로 구분된다.

“혐기성 매립지”는 평지나 구덩이 또는 굴곡부에 폐기물을 투기하는 것으로 구덩이나 굴곡부에 투기하는 경우 침출수의 수위가 높아 혐기성 공간이 많이 형성되며, 평지에 투기하는 경우

는 상대적으로 혐기성구간이 작아지게 된다. “혐기성 위생매립지”는 혐기성 매립지와 같은 방식이나 당일복토를 시행하는 점이 다르다. “개량형 혐기성 위생매립지”는 혐기성 위생매립지의 구조를 유지하면서 하부에 침출수 집수관을 설치하여 침출수를 배제시키는 설비를 갖춘 매립지이다. 이러한 설비에 의해 매립층 하부의 수위를 낮출 수 있다. “준호기성 매립지”는 개량형 위생매립지에 설치된 집수관의 수면위로 외부공기가 통과할 수 있도록 관경을 크게 하고, 집수관에 충분한 개구부와 관주위에 잡석 또는 자갈을 묻어 관 수면위의 공기가 쓰레기층에 전달될 수 있도록 하는 구조이다. 이러한 구조에서는 집수관과 접하고 있는 매립층에 산소가 전달되어 전체 매립층의 일부가 호기성 조건을 유지하게 된다. “호기성 매립지”는 침출수 집수관외에 공기송입관을 별도로 설치하고 매립층에 공기를 강제적으로 불어 넣는 구조이다. 이러한 방식은 일반적으로 폐쇄매립지를 조기 안정화시킬 때 사용된다. 생물학적 분해조건에 따른 매립지의 구조는 <그림 2-6>에 나타내었다.

난지도매립지는 복토, 침출수 차집관 설치, 공기 공급을 위한 여타의 배려 등이 전혀 없었으므로 “혐기성 매립지”로 분류된다.



<그림 2-6> 생물학적 분해조건에 따른 매립지의 구조

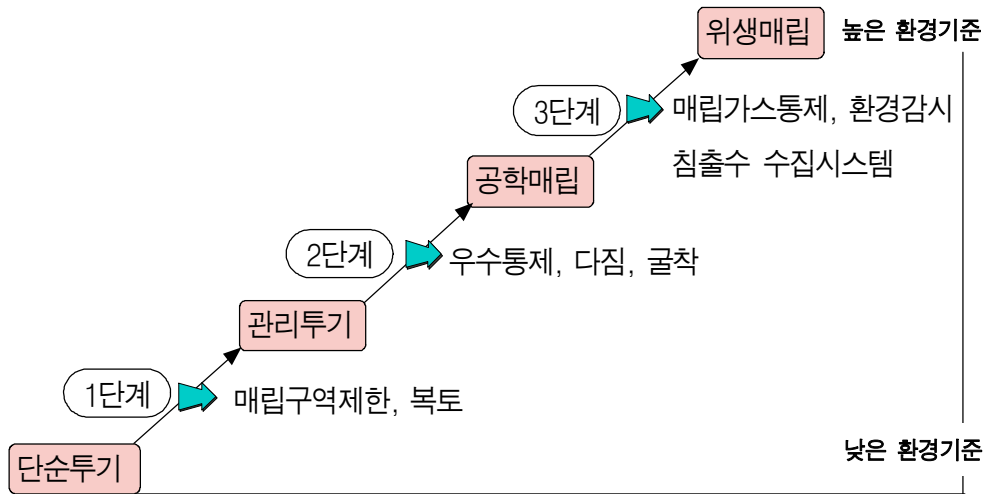
## 제4절 매립기술의 적용 수준

Rushbrook(1997)은 매립기술의 발전단계를 다음과 같이 정리하고 있다(<그림 2-7>).

**1단계 (“단순투기”에서 “관리투기”로의 전환 단계)** 단순하게 쓰레기를 투기했던 매립방식에서 매립구역을 제한하고, 매립이 종료된 지역을 토사, 모래, 기타의 재료로 복토하고, 화재를 진화하고, 넘마주이들을 없애고, 없앨 수 없으면 활동공간을 제한하는 등의 조치가 따르는 방식으로 전환한다. 이러한 단계전환은 추가적인 재원의 소요없이 폐기물 매립지에 “통제”와 “격리”의 개념을 도입할 수 있으며, 적용된 방법들이 특별한 기술을 요구하지 않으므로 실패할 가능성도 작다.

**2단계 (“관리투기”에서 “공학 매립”으로 전환 단계)** 폐기물층으로 유입되는 표면수나 우수를 통제, 억제하고, 토사를 확보하여 폐기물을 복토하고, 폐기물을 펼쳐서 작은 층으로 다짐하고, 굴착장비를 이용하여 새로운 매립공간을 준비하고, 주변 지질로부터 폐기물을 격리하는 등의 공학적 기술을 단계적으로 도입하는 방식이다. 지방정부가 이러한 단계를 성공적으로 수행하기 위해서는 새로운 매립지를 개발하기 전에 철저하게 설계하고, 사용가능기간동안에 폐기물을 채워나갈 처분계획과 최종마감계획을 수립하는 일반화된 절차를 밟아야 한다.

**3단계 (“공학매립”에서 “위생매립”으로 전환 단계)** 소위 선진국에서 인정하고 있는 진정한 위생매립으로의 발전은 공학매립단계에서부터 적용된 기술적 설계와 건설기술이 지속적으로 개선되고 고도화되는 것을 포함한다. 이 위생매립지의 경우 미리 설계된 매립가스통제 또는 이용 시설, 광범위한 환경감시, 고도로 숙련된 작업조직, 매립지 운영자들의 상세한 관리기록 유지, 처리시설을 갖춘 침출수 수집시스템설치 등의 조건을 흔히 갖추고 있다.



출처 : Philip Rushbrook and Michael Pugh(1999)

<그림 2-7> 매립지 적용기술의 전환과정

매립지로 활용했던 시기에는 구역을 정하고, 접근을 통제하고, 화재를 진압하고, 반입된 폐기물을 일정두께로 다졌던 반면, 복토, 표면수나 우수의 유입을 통제하거나 유출을 억제하는 기술들은 적용되지 않았다. 반면, 사후관리 단계에서는 각종 오염물질의 차단 및 처리, 매립가스의 활용, 체계적인 모니터링 및 관련 시설들의 운영에 관한 계획이 수립되어 있다.

따라서 난지도매립지 활용시기에 적용된 기술수준은 “1단계”와 “2단계”의 기술이 혼재하였으나 “1단계”의 기술수준으로 주로 운영되었다고 판단되며, 안정화공사 이후의 사후관리단계에서는 “3단계”의 기술수준이 적용될 가능성이 있다고 보여진다(<그림 2-7>).

## 제5절 폐기물의 공간적 분포

### 1. 분석방법

분석에 사용된 기본자료는 난지도 안정화공사 감리단의 가스추출정 시공을 위한 시추공사에서 확보한 99개의 지점에 대한 지질주상도였다. 이 자료에서 매립층은 생활폐기물, 토사, 건축폐자재로 분류되어있다. 산업슬러지의 매립량과 위치는 실시설계 자료(서울특별시,1994)를 이용하였다.

폐기물의 종류별 공간분포해석에는 “ROCKWORK” 프로그램을 활용하였고, 일정단면의 폐기물의 종류별 분포 파악에는 “Microsoft Excel”을 활용하였다.

## 2. 분석결과

### 1) 폐기물의 종류별

“ROCKWORK”를 활용하여 분석한 폐기물의 종류별 부피는 산업슬러지 0.7%, 생활폐기물 23.8%, 건축폐자재 16.8%, 토사층은 22.2%이었다. 나머지 36.5%는 시추종료로 인한 미확인구간으로 안정화공사 설계 당시 무기물층이 분포하여 가스추출정을 설치할 필요가 없다고 판단하였던 구간이다. 이 구역을 토사와 동일한 성상으로 본다면 난지도매립지의 58.7%는 물리적으로 안정된 토사층이라 할 수 있다(<표 2-4>).

<표 2-4> “ROCKWORK”을 이용한 폐기물의 종류별 매립부피 산정 결과

폐기물	계	토사층	산업슬러지	생활폐기물	건축폐자재	비시추구간
양(m <sup>3</sup> )	87,525,654	19,456,489	543,865	20,845,712	14,689,427	31,990,161
점유율(%)	100	22.2	0.7	23.8	16.8	36.5

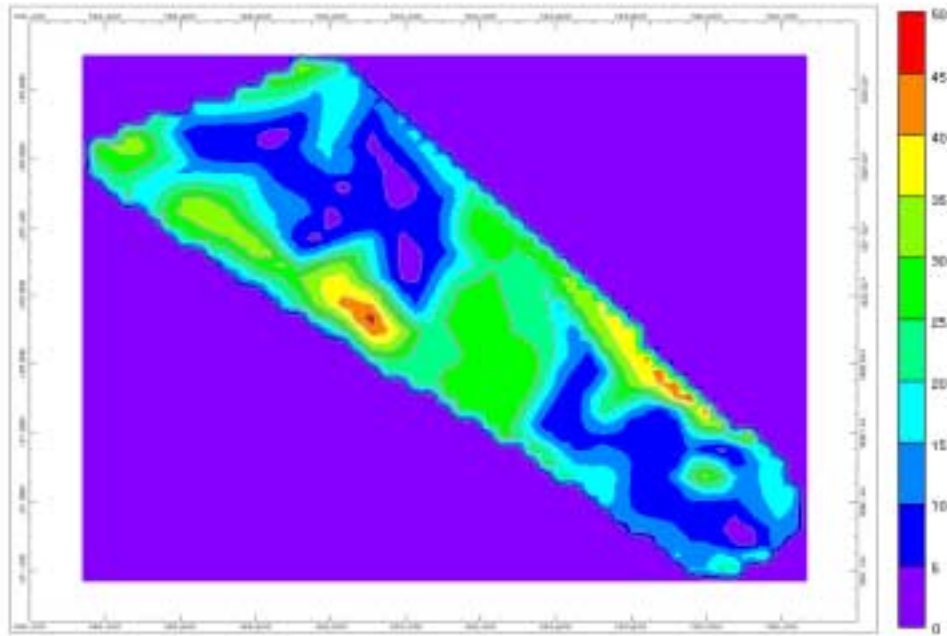
기본설계 당시에 제1, 2매립지의 부피는 9,116만m<sup>3</sup>이었고, “ROCKWORK”에서 분석한 부피는 8,753만m<sup>3</sup>이므로 약 4%의 차이가 발생하고 있다는 점에서 폐기물의 종류별 분석결과가 비교적 신뢰성이 있다고 보여진다.

### 2) 폐기물의 종류별 입체적 분포실태

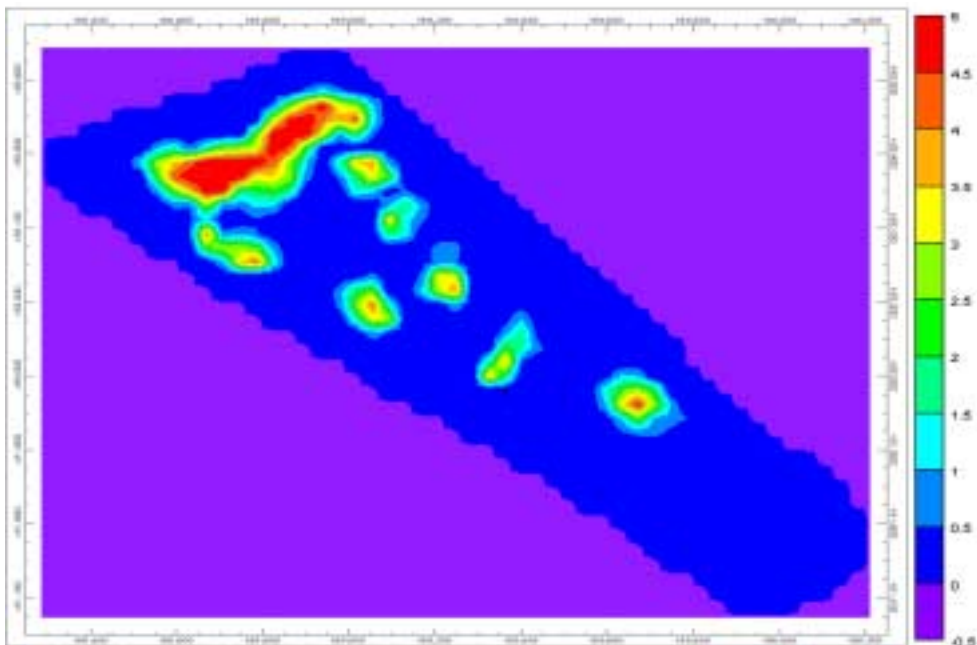
제1매립지의 경우, 한강방향으로 연접하여 토사층이 집중 분포하고 있으나, 본 구간은 상시 침출수 유출지역으로 식생의 성장이 원활하지 못하여 현재 사면녹화공사를 시행하고 있다. 제2매립지의 경우는 수색방면으로 사면과 연접하여 35~50m 두께의 토사층이 길게 형성되어 있으며(<그림 2-8>), 경사도가 높은 관계로 사면의 하부에 성토를 하여 경사를 완만히 하고 진입로를 새롭게 만드는 공사를 하고 있다.

하수슬러지 매립구역인 8호 매립장을 제외한 혼합 산업슬러지 매립장의 경우(<그림 2-9>), 제1매립지에 총 8개 지점 중 6개 지점(1-4,6,9호)이 편중되어 있으며, 5호 지점은 제1매립지와 제2매립지 사이에 위치하고, 7호 지점은 제2매립지에 위치하고 있다.



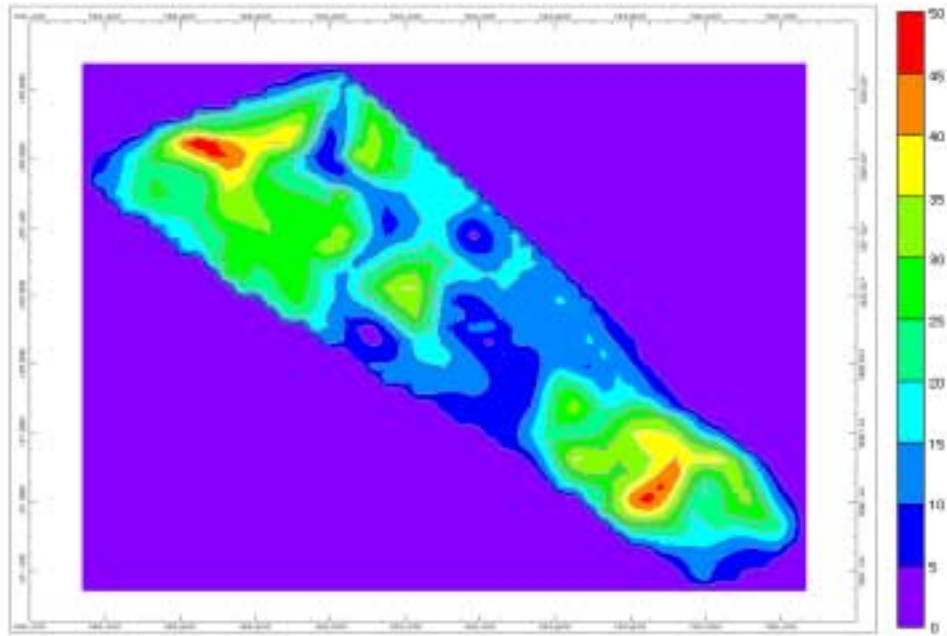


〈그림 2-8〉 난지도매립지에서 토사의 공간 분포실태

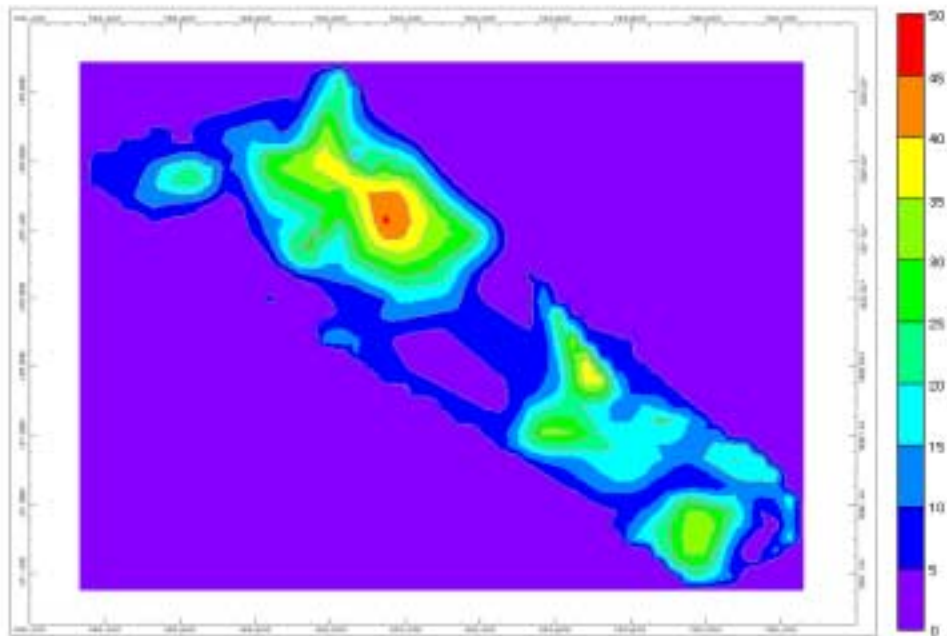


〈그림 2-9〉 난지도매립지에서 산업슬러지의 공간 분포실태

제1매립지의 경우 북서방면에 20m 이상의 생활폐기물층이 분포하며, 특히 일산방향의 사면근처에 40m 이상의 생활폐기물층이 집중 형성되어 있다. 제2매립지의 경우에는 대부분의 공간에 25m 이상의 생활폐기물 층이 고르게 형성되어있고, 중앙부위에 50m 정도의 층을 정점으로 동서남북으로 갈수록 층이 얇아지는 형태를 보이고 있다(〈그림 2-10〉).



<그림 2-10> 난지도매립지에서 생활폐기물의 공간 분포상태

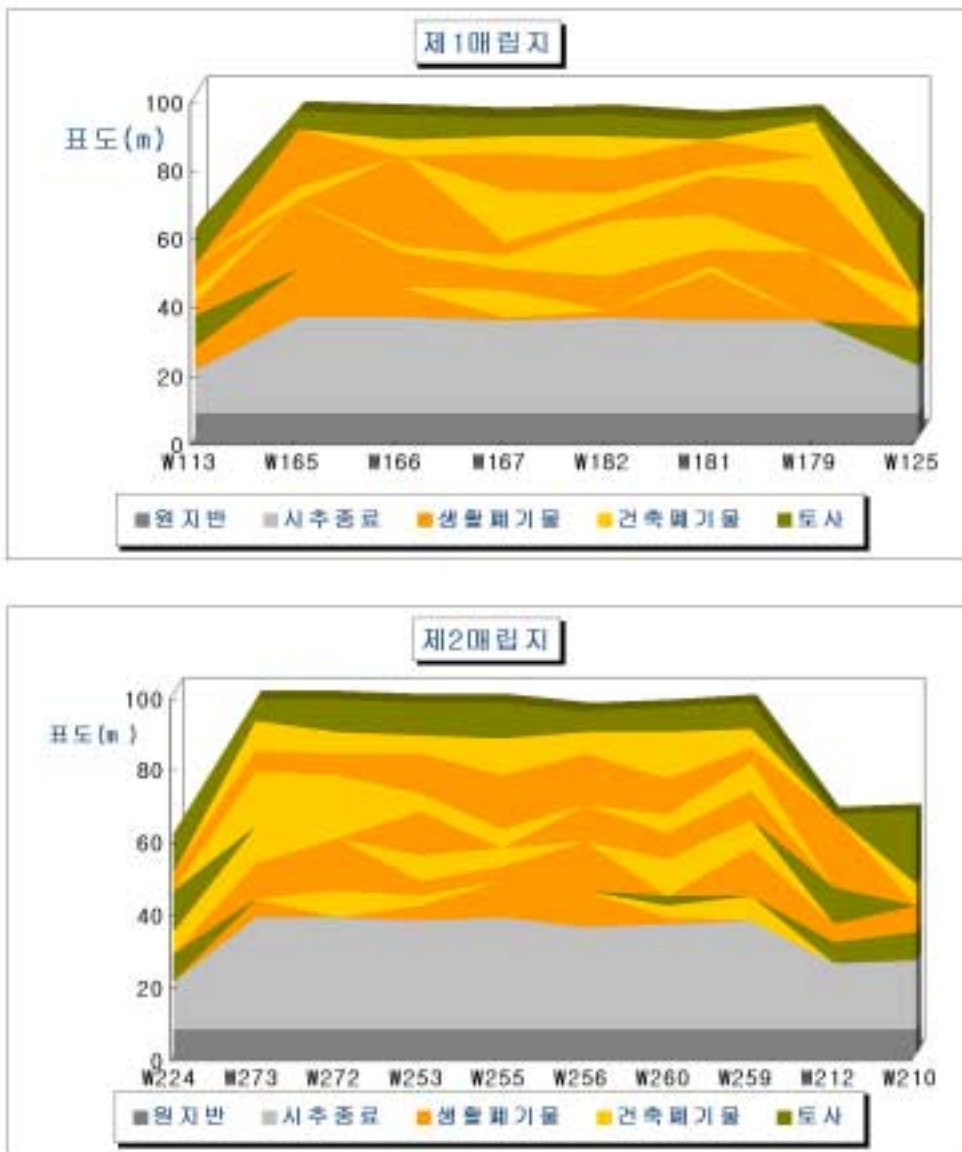


<그림 2-11> 난지도매립지에서 건축폐재류의 공간 분포상태

건축폐재류는 제1매립지의 경우 수색방면에 집중적으로 매립된 형상을 보였고, 제2매립지의 경우는 일산방향과 성산대교 방면에 많은 층이 형성되어 있으나 층의 두께는 대부분 35m 이하 이었다(<그림 2-11>).

### 3) 단면적 분포실태

〈그림 2-12〉는 제1, 2매립지의 중앙점을 자유로(自由路)와 평행하게 자른 상하단면의 폐기물 분포상황을 보여주고 있다. 제1매립지의 경우 생활폐기물이 좌단과 우단에 밀집되어 있으며, 중앙부위에는 건축폐자재가 많이 분포하고, 제2매립지의 경우에는 중앙으로부터 우단에 이르기까지 대체로 생활폐기물이 분포하고 있으며, 좌단에는 건설폐기물이 많이 분포하고 있다. 매립지의 상단에는 생화학적으로 안정된 건축폐재류와 토사층이 두텁게 형성되어 있는 점에서 매립작업의 막바지에 복토에 대한 많은 노력이 있었음을 알 수 있다.



〈그림 2-12〉 난지도매립지의 폐기물 분포 단면도

#### 4) 난지도매립지의 폐기물 분포특성

첫째, 산업슬러지의 경우 제1매립지에 편중 매립되어, 슬러지 매립장 구역의 과다 또는 급격한 침하가 우려된다(<그림 2-9>). 따라서 heaving 현상을 방지하기 위한 성토작업 뿐만 아니라 슬러지의 고화를 촉진하기 위한 방안이 모색되어야 한다.

둘째, 제1매립지의 경우(<그림 2-12>), 규칙적인 상하혼합매립을 고려하지 않은 방식으로 매립되어 폐기물들이 편재하고 있으며, 특히 생활폐기물이 한강연접 사면에 집중 분포하고 있다(<그림 2-10>). 따라서 편중된 침하 뿐만 아니라 침출수 유출 및 가스 방출로 인한 식생의 복원에 어려움이 있으므로 우려지역에 대한 집중적인 사후관리가 필요하다.

셋째, 생활폐기물이 집중 매립된 지역과 그러하지 않는 지역에서는 가스추출량의 배분에 유의해야 하며, 지역난방공사의 열병합 발전소 건설 이후 가스의 양이 이용가능 측면에서 충족이 되는지도 고려해야 한다.

넷째, 매립지 사면과 상부에 주로 토사 또는 건설폐기물을 매립함으로써 매립작업이 종료되는 단계에서 사후관리에 대한 고려가 있었음을 확인하였다.

## 第Ⅲ章 생화학적 안정성 평가

제1절 평가방법의 개요

제2절 침출수에 의한 유출량

제3절 매립가스에 의한 분해량

제4절 안정화 정도의 평가

제5절 안정화지수

## 제Ⅲ장 생화학적 안정성 평가

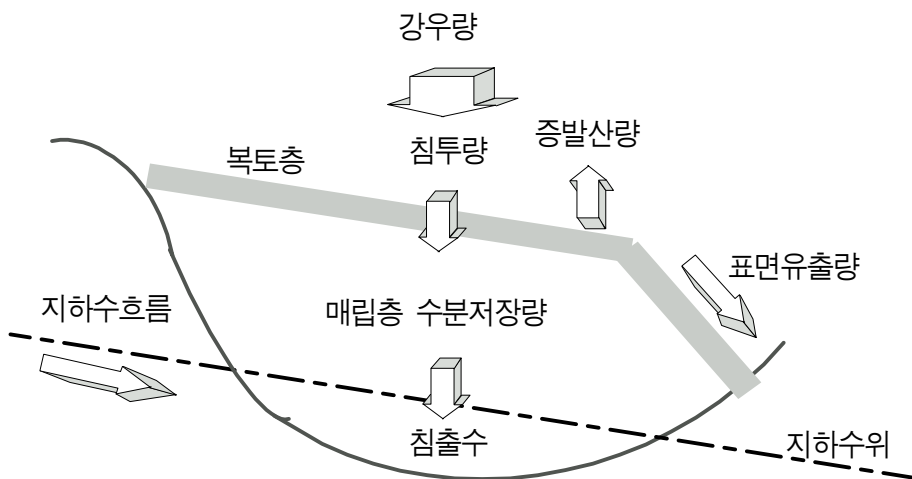
### 제1절 평가방법의 개요

매립층에 묻힌 폐기물은 생화학적 활동에 의해 매립가스로 전환되며, 분해과정에서 수중에 용해된 부분은 강우침투량 만큼 침출수에 섞여 유출된다. 생화학적 안정성은 매립가스로 전환된 부분과 침출수로 유출된 부분의 양에 의해 결정된다.

본 연구에서는 매립가스로 전환된 부분과 침출수로 유출된 부분의 경년변화를 분석하므로써 생화학적 분해가능 물질 또는 이분해성(易分解性)물질의 감소정도를 평가하고, 이 결과를 “생화학적 안정화지수”로 표현하였다.

### 제2절 침출수에 의한 유출량

매립지에 묻힌 분해 가능한 유기물질은 미생물에 의해 분해되고 용해되어 침출수로 유출된다. 이때 발생하는 침출수의 주성분은 유기산이다. 그렇지만 유기산이 메탄 형성 박테리아에 의하여 분해되면 메탄과 이산화탄소 그리고 물로 변하여 최종적으로 안정화, 토양화가 이루어진다고 볼 수 있다. 물수지(water balance) 모식도는 <그림 3-1>과 같다.



<그림 3-1> 매립지의 물수지 모식도

난지도매립지의 침출수 발생량 산정은 HELP(Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) 모델을 이용하였다.

주요 기상입력 자료는 일 기온(°C), 일 강수량(mm), 일 일사량(MJ/m<sup>2</sup>) 등이며, 1978년부터 매립종료 시점인 1992년까지의 기상자료를 이용하여 침출수 발생량을 추정하였다.

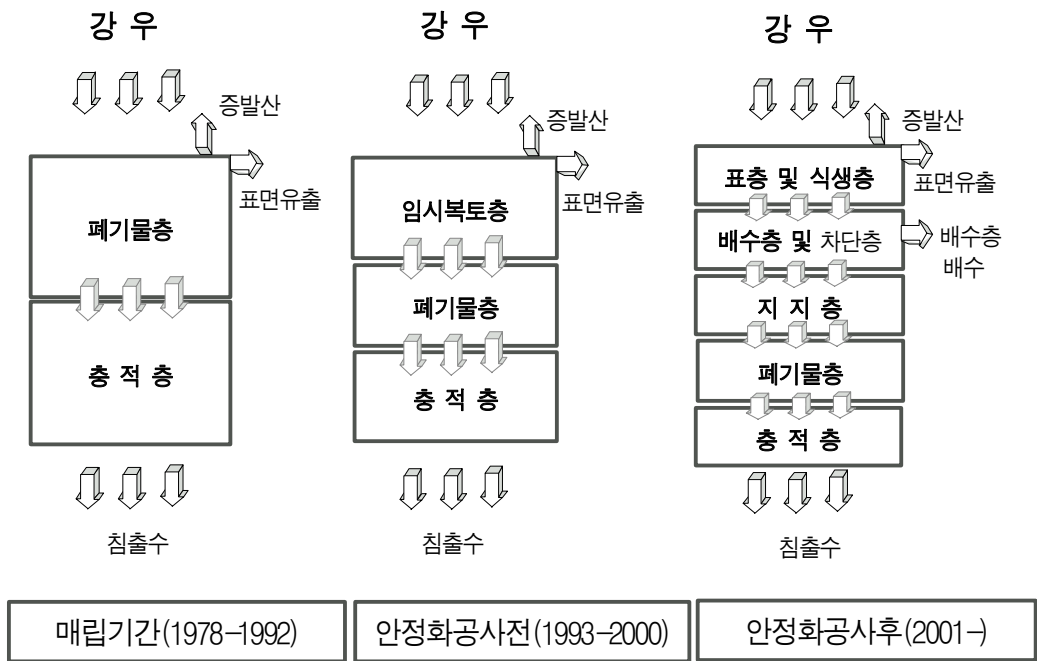
1978년부터 1992년까지 난지도매립지는 임시복토층이 없이 폐기물층, 충적층, 풍화대층, 기반암층으로 이루어져 있었으므로, 풍화대층 이하에선 침출수의 수직이동이 없다고 보고 강우의 일부가 침투되어 폐기물층을 통과하여 최종적으로 충적층을 통해 주변으로 유출되는 양을 침출수 발생량으로 산정하였다.

물수지 분석에 이용된 토양자료는 다음과 같다.

- 상부의 정지구배는 4%이다.
- 사면부의 경사는 1 : 2로 하였고, 매립지 사면부의 각 층별 깊이는 경사의 영향을 고려하여 유입면적에 대한 등가면적의 깊이로 환산한 값을 사용하였다.
- 매립지를 상부, 사면부로 구분하여 각각의 침출수량을 산정한 후 합산하였다.
- 매립지를 구성하고 있는 각 층의 토양특성은 증발산량 및 침투량에 영향을 미치는데, 토양 특성자료는 토양의 USDA, USCS 분류에 따라 Default 값을 이용하였다.
- SCS Curve Number(CN 값)는 강우의 표면유출, 증발산, 매립지 내로의 침투량에 직간접적인 영향을 미치므로, HELP 모형에서 자동으로 계산하도록 설정하였다.

## 1. 침출수 발생량

침출수 발생량은 매립기간, 안정화공사 전, 안정화공사 후로 나누어 산정하였다. 매립기간 중의 매립층은 충전층과 폐기물층으로 이루어져 있으며, 안정화공사 단계에서는 임시복토층이 추가되고, 안정화공사 후에는 다시 HDPE 차수막과 배수층, 식생층이 추가되는 등 시기에 따라 침출수 발생 영향요소들이 달라졌기 때문이다(〈그림 3-2〉).



〈그림 3-2〉 난지도매립지 물수지 모식도

매립기간 중의 침출수량을 산정하기 위해서 매립개시 4년 후에 정상상태(steady state)에 도달하는 것으로 가정하였으며, 산정된 연평균 침출수량은 618,092m<sup>3</sup>으로 전체 강수량의 약 30%를 차지하였다. 안정화공사 기간과 안정화공사 완공 후의 침출수량은 실시설계시의 침출량에서 1978~1992년의 연평균 강수량으로 보정하여 산정하였다. 이 경우 안정화공사 기간 중의 연평균 침출수량은 546,617m<sup>3</sup>이었다. 안정화공사 완료 후에는 상부의 다양한 차수기능에 의해 침출수량이 연평균 300,636m<sup>3</sup>으로 나타났다(〈표 3-1〉).

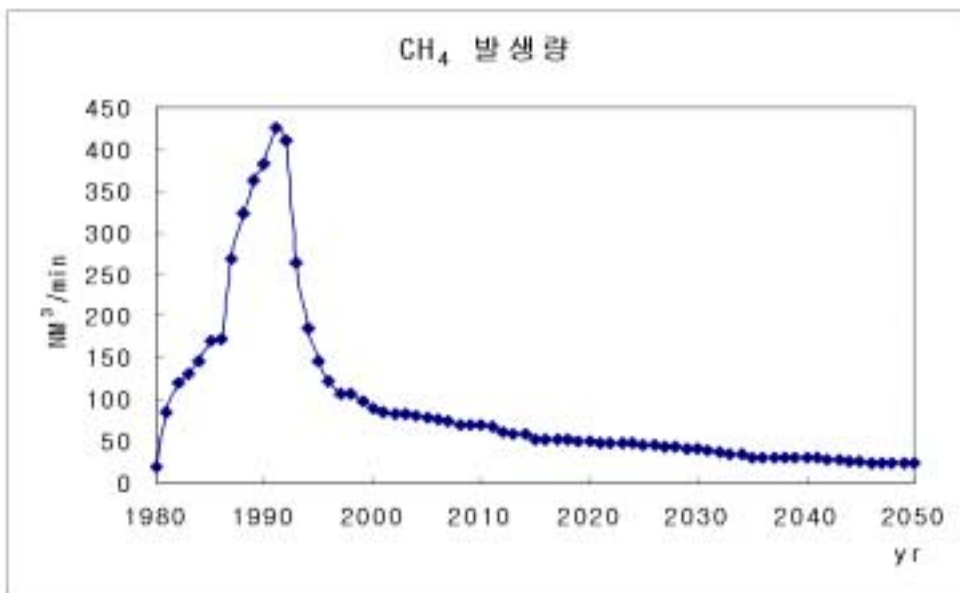


<표 3-1> 난지도매립지의 연평균 침출수 발생량

연 도	매립지 상부			매립지 사면			총 계		
	강수량	침출수 유출량	침출수 유출율	강수량	침출수 유출량	침출수 유출율	강수량	침출수 유출량	침출수 유출율
	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
매립기간 (1978-1992)	700,458	211,579	30.2	1,374,232	406,513	29.6	2,074,690	618,092	29.8
안정화공사 (1993-2000)	700,458	307,501	43.9	1,374,232	239,116	17.4	2,074,690	546,617	26.3
공사완료후 (2001-)	700,458	1274,83	18.2	1,374,232	173,153	12.6	2,074,690	300,636	14.5

## 2. 침출수의 COD<sub>Cr</sub> 농도

Scholl Canyon Model을 적용하여 분석한 연도별 메탄 발생량 추이는 <그림 3-3> 과 같았다.



자료 : 난지도매립지 안정화공사 기본설계보고서(1994)

<그림 3-3> 난지도매립지의 연도별 메탄발생량 추이

분석결과에 따르면 매립지 운영기간인 1980년에서 1992년까지는 지속적으로 분해가 가속화되어 1991년에 메탄발생량이 최고점을 나타내었고, 매립종료 후에는 폐기물의 유입이 없는 closed

system을 유지하면서 폐기물이 1차 반응으로 분해되는 것으로 해석할 수 있었다. 이러한 분해 경향은 침출수의 COD<sub>Cr</sub>값을 예측하는데 중요한 지표로 사용된다. 장래의 침출수 농도추이와 실측하지 못한 과거의 농도추이를 추정할 수 있기 때문이다.

이에 본 연구에서는 매립종료(1980~1992) 전에 매년 발생하는 침출수의 COD<sub>Cr</sub> 농도를 예측하기 위하여 메탄발생 추이를 활용하였으며, 매립종료(1993~2050) 후 발생하는 침출수의 농도는 신생 매립지의 침출수 특성(조순행, 2000.5), 실시설계(1995) 자료, 2000년에 측정된 침출수 자료를 토대로 1차 분해반응에 의거하여 산정하였다.

1차 분해반응식은 <식 3-1>과 같다.

$$C = C_0 e^{-kt} \quad \text{〈식 3-1〉}$$

여기서

$C$  : 시간에 따른 COD의 농도

$C_0$  : 초기의 COD 농도

$k$  : 반응 상수

$t$  : 시간(yr)

<식 3-1>에서  $k$ 값을 구하려면 <식 3-2>와 같은 선형화가 필요하다.

$$\ln(C_0/C) = kt \quad \text{〈식 3-2〉}$$

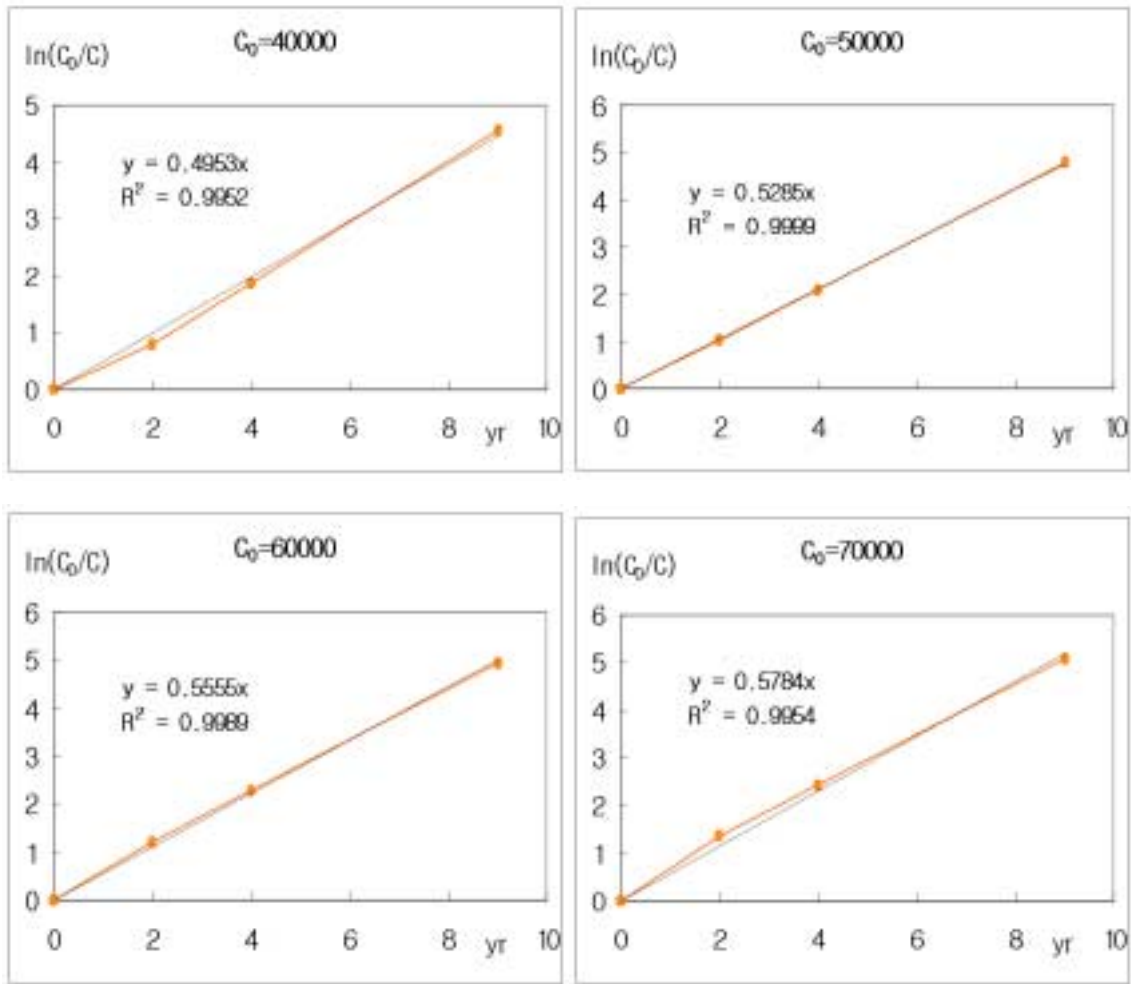
한편  $k$ 값을 결정하려면 최고농도( $C_0$ )와 반응이 진행되면서의 농도( $C$ )가 필요하다. 그러나 <표 3-2>와 같이  $C$ 만을 확보할 수 있었으므로 <그림 3-4>와 같이  $C_0$ 를 변화시키면서  $k$ 값을 결정하였다.

<표 3-2> 침출수의 COD<sub>Cr</sub> 농도

(단위: mg/L)

연도	1993	1995	2000
COD <sub>Cr</sub>	18,000	6,130	424

주: 1993년 데이터는 조순행(2000.5)의 자료 이용



<그림 3-4> 반응상수(k)를 구하기 위한 회귀분석

분석결과  $C_0$ 의 값이 50,000mg/L일 때, 상관계수가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 때의 반응계수  $k$ 는  $0.5285(\text{yr}^{-1})$ 이었다(<그림 3-4>). 앞서 산정된 반응계수  $k$ 와  $C_0$ 값을 이용하여 연도별로 예측된  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  값은 <표 3-3>에 정리하였다.

<표 3-3> 산정된  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  농도

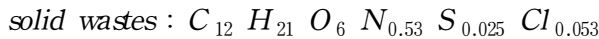
(단위: mg/L)

연도	1994	1995	2000
$\text{COD}_{\text{Cr}}$	17,375	6,038	430

### 3. 침출수에 의한 유출량

산정된 침출수량( $m^3$ )과  $COD_{Cr}$ ( $mg/L$ )의 농도를 이용하여, 매년 유출된 총  $COD_{Cr}$ ( $wt$ )을 계산하고, 고형폐기물 성상에 맞게 환산하여 최종적으로 침출수 형태로 매립지에서 유출된 고형폐기물의 양을 구하였다.

서울시 중 쓰레기 가연성분(1992)의 조성은 다음과 같다.



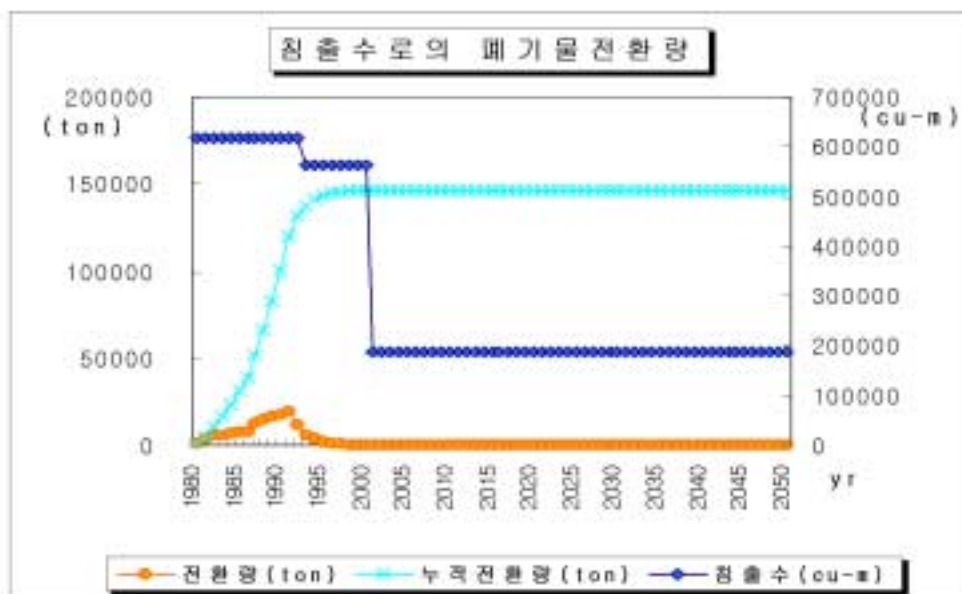
$COD_{Cr}$ 을 측정할 때 산화제 중크롬산과 폐기물의 성상 중 유기물  $C_aH_bO_c$ 에 대한 이론적 반응은 <식 3-3>과 같다.



즉, 1톤의 가연성 폐기물은 1.573톤의  $COD_{Cr}$ 과 같으므로 매년 매립지에서 유출된  $COD_{Cr}$ ( $wt$ )에  $1.573^{-1}$ 을 곱하면 전환된 폐기물의 양이 되는 것이다.

따라서 전환된 분해가능 폐기물량 ( $wt$ )은 <식 3-4>에 의해 산정된다.

$$\text{침출수로 유출된 폐기물량}(wt) = \text{침출수내 } COD_{Cr}(wt) \times 1.573^{-1} \quad \langle \text{식 3-4} \rangle$$



<그림 3-5> 침출수에 의한 폐기물 전환량

지금까지 침출수에 의한 폐기물 전환량은 이분해성분 27,858,000톤 중 0.53%인 146,650톤으로 분석되었으며, 2022년 이후에는 침출수에 의해 누출되는 양이 없는 것으로 나타났다. 한편, 이 분해 성분 중 침출수로 누출되는 최종전환량은 146,723톤으로 평가되었다(<그림3-5>).

### 제3절 매립가스에 의한 분해량

연도별 메탄 발생량 추이를 산정하기 위해 적용한 Scholl Canyon Model(서울특별시, 1996)의 기본식은 다음과 같다.

$$-dL/dt = kL \quad \text{〈식 3-5〉}$$

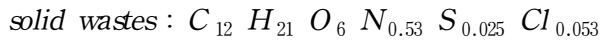
여기서

t : 시간, time

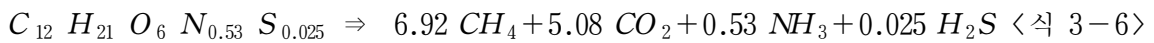
L: 일정시간 t이후에 발생하는 메탄량, vol/mass

k: 가스발생 속도 상수, time<sup>-1</sup>

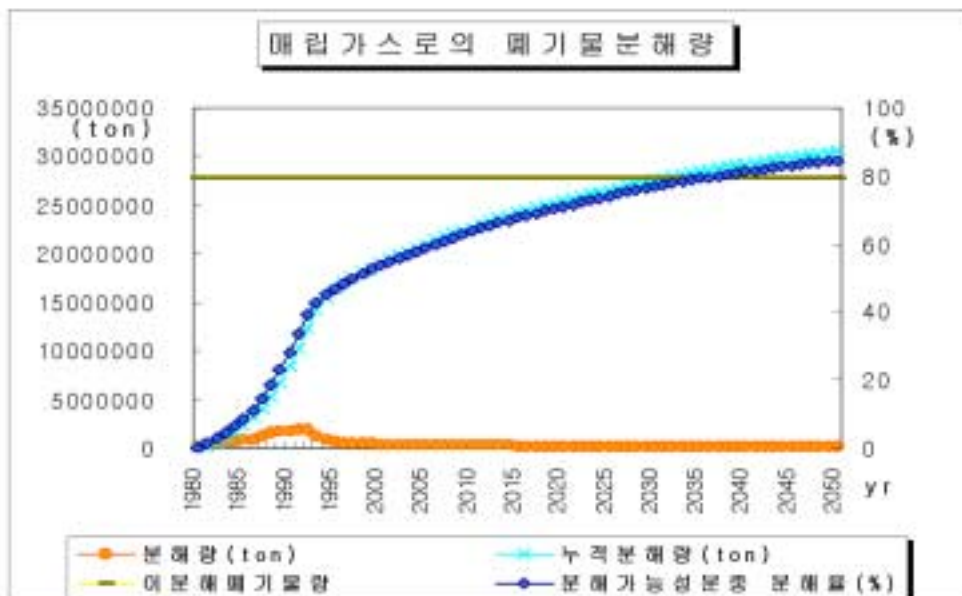
서울시 쓰레기 중의 가연성 성분의 화학적 조성은 다음과 같고,



가연성 성분이 매립가스로 전환하는 화학양론식은 〈식 3-6〉과 같다.



〈식 3-5〉를 활용하려면 쓰레기 1톤당 가스로 전환되었을 때의 총 가스량(L<sub>0</sub>)이 필요한데, 분석된 결과로부터 이상적인 L<sub>0</sub>는 112Nm<sup>3</sup>/톤으로 나타났다. 본 연구에서는 연도별 메탄발생량 추이(〈그림3-3〉)를 이용하여 매립폐기물의 매립가스로의 전환량을 산정하였으며, 그 결과는 〈그림 3-6〉과 같이 나타났다.



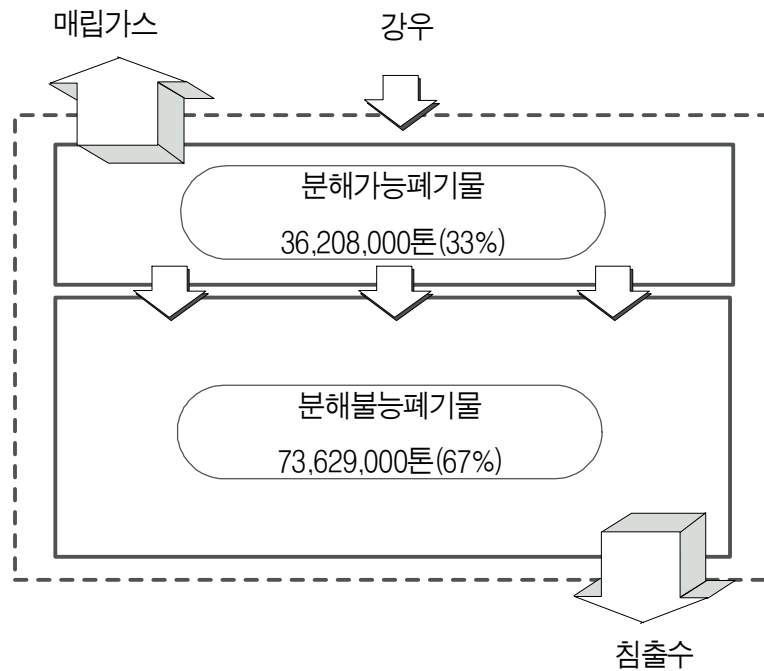
〈그림 3-6〉 매립가스로의 폐기물 분해량

매립된 이분해 성분 중 매립가스에 의한 분해는 현재 70%정도 진행되었으며, 침출수에 의한 전환량과는 달리 지속적인 분해가 이루어져 2050년까지는 총 30,646,610 톤이 분해될 것으로 예상되었다.

참고로 일본 동경도 15호 매립지의 물질수지 분석결과에 따르면, 매립폐기물 중 침출수로 유출되는 양은  $2 \times 10^4$ 톤(0.88%), 메탄가스 및 이산화탄소로 분해되는 양은  $1.11 \times 10^6$ 톤(49.3%), 한편 부식토로서 전환되는 양은  $1.12 \times 10^6$ 톤(49.6%)이라고 한다(三宅弘文, 1989).

#### 제4절 안정화 정도의 평가

기본설계보고서에 따르면 난지도매립지의 총 폐기물 매립량은 109,827,175톤이고, 이 중 가스나 침출수로 제거될 수 있는 분해가능 폐기물은 33%이었다(<그림 3-7>).



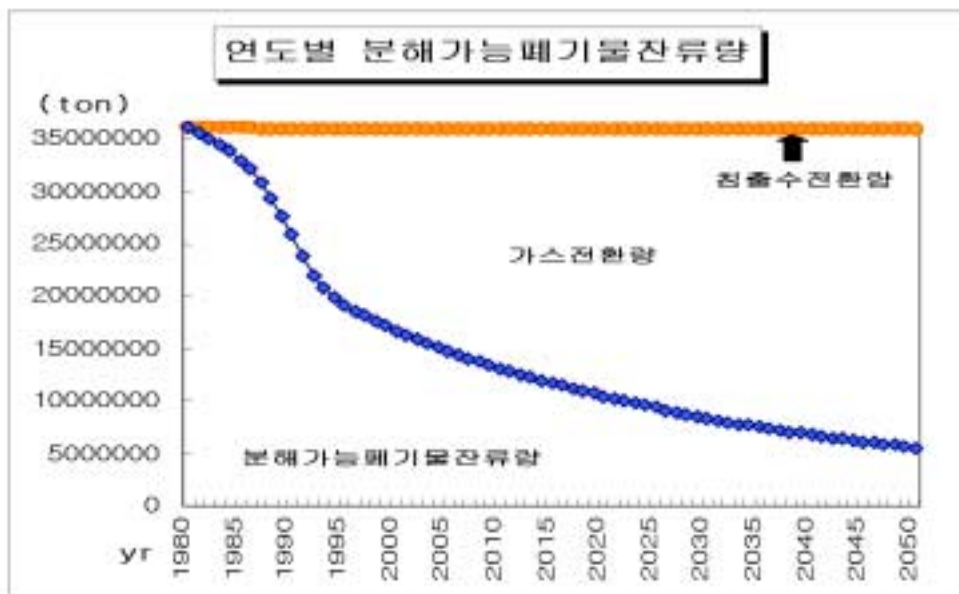
<그림 3-7> 난지도매립지의 분해성 폐기물 비율

분해가능 폐기물은 이분해성물질(易分解性物質)과 난분해성물질(難分解性物質)로 나뉘는데 전체에서 각각 25%와 8%를 차지하며, 분해가능 성분을 100으로 보았을 때 이분해성 물질은 76%, 난분해성 물질은 24%를 차지하였다(<표 3-4>). 품목별로는 분해기간이 100년 이상 소요되는 난분해성 물질(플라스틱, 고무, 피혁류)이 24%를 차지하므로써 폐기물의 전량이 분해될 것을 기대하기는 어려울 것으로 보였다.

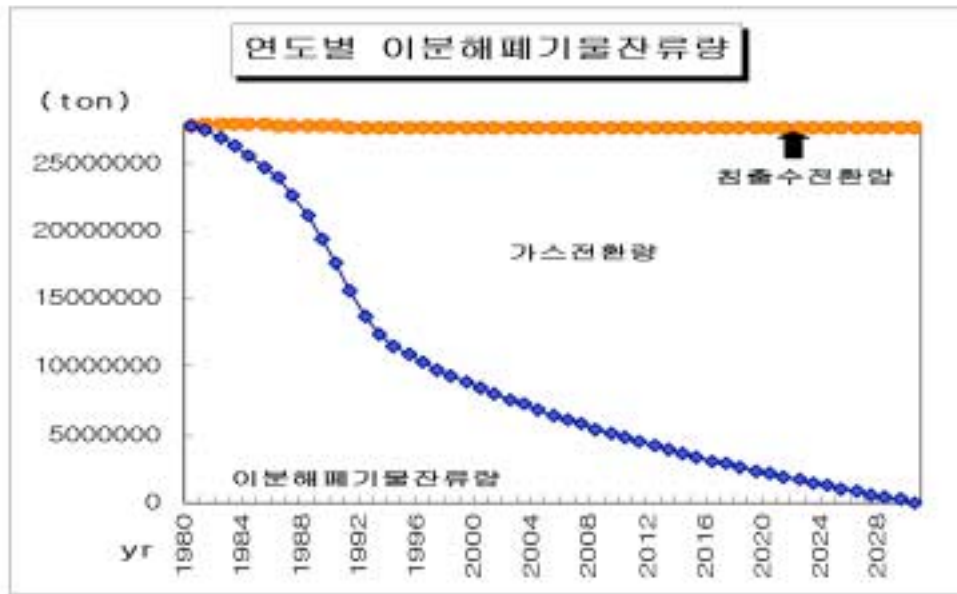
〈표 3-4〉 매립기간 중 난지도매립지의 폐기물 조성

구 분		분해속도	내 용	비 율 (총 100%)
분해가능물질	이분해성물질	급속	음식물·채소류	15%
		중속	종이류, 섬유류, 나무류	10%
	난분해성물질	완속	플라스틱류, 고무·피혁류, 기타	8%
분해불능물질		-	연탄재, 금속·초자류	67%

이상과 같은 자료와 침출수 및 가스로의 전환량을 결합한 결과, 2000년 현재까지 분해가능 폐기물의 54%, 이분해성 폐기물의 70%가 분해된 것으로 평가되었다. 이분해성 폐기물 중 60%를 차지하는 음식물·채소류는 1994년 이전에 거의 분해가 된 것으로 나타났으며, 중속으로 분해되는 종이류, 섬유류, 나무류까지 분해되기 위해서는 향후 29년정도가 소요될 것으로 평가되었다. 〈그림 3-8〉은 시간이 지날수록 분해되는 양과 속도가 줄어들음을 보여주고 있다.



〈그림 3-8〉 연도별 폐기물 잔류량



〈그림 3-8〉 계속

## 제5절 안정화지수

### 1. 안정화지수의 개념

안정화의 지표로는 침출수의 수질, 지반침하, 가스발생량 등이 있으며, 지반침하는 물리적인 지표로 분류할 수 있고, 침출수와 가스발생량은 매립물질들의 생화학적 분해지표라 할 수 있다.

본 연구에서 다루는 안정화지수는 매립물질들의 생물화학적 분해정도를 정규화(normalization)하여 나타내고자 하는 시도로서, 매립지에 묻힌 폐기물들이 어느 정도 안정화되었나를 쉽게 인식할 수 있도록 하기 위함이다.

매립지에 묻힌 폐기물이 외부로 유출되는 형태는 생화학적으로 분해될 때 발생하는 가스 및 침출수로의 용해 또는 수세이다. 침출수에 용해된 형태는 일단 생물분해성 폐기물이 저분자로 전환된 상태라고 보면 생화학적 분해의 결과라고 볼 수 있다. 수세현상에 의해 유출되는 고형 물질은 엄밀한 의미에서 분해라고 하기는 어렵다. 그러나 본 연구에서는 가스로 전환되는 양과 침출수로 유출되는 양을 생화학적 안정화로 보았는데, 매립지에 남아있는 물질의 양을 표현하고자 했기 때문이다. 따라서 본 연구에서 『안정화지수』는 “가스로 전환된 폐기물과 침출수로 유출된 폐기물의 합이 분해가능성폐기물 또는 이분해성폐기물에 대한 비”로 정의하며, 다음과 같은 관계식으로 표현할 수 있다.



$$TLB = BLM + NBLM$$

$$BLM = RBLM + GBLM + LBLM$$

$$BDI(\%) = (BLM - RBLM) / BLM \times 100 \text{ 또는 } (GBLM + LBLM) / BLM \times 100$$

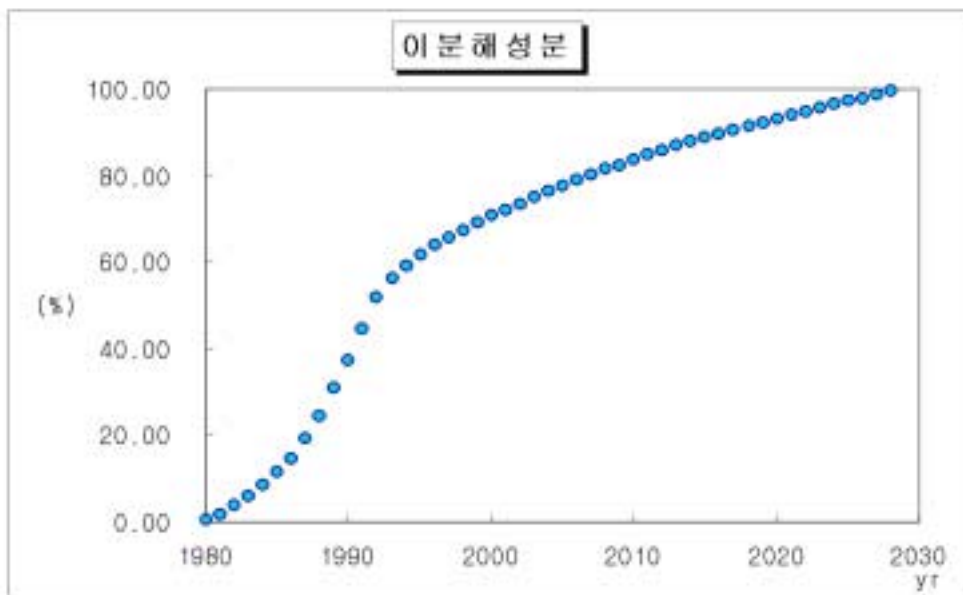
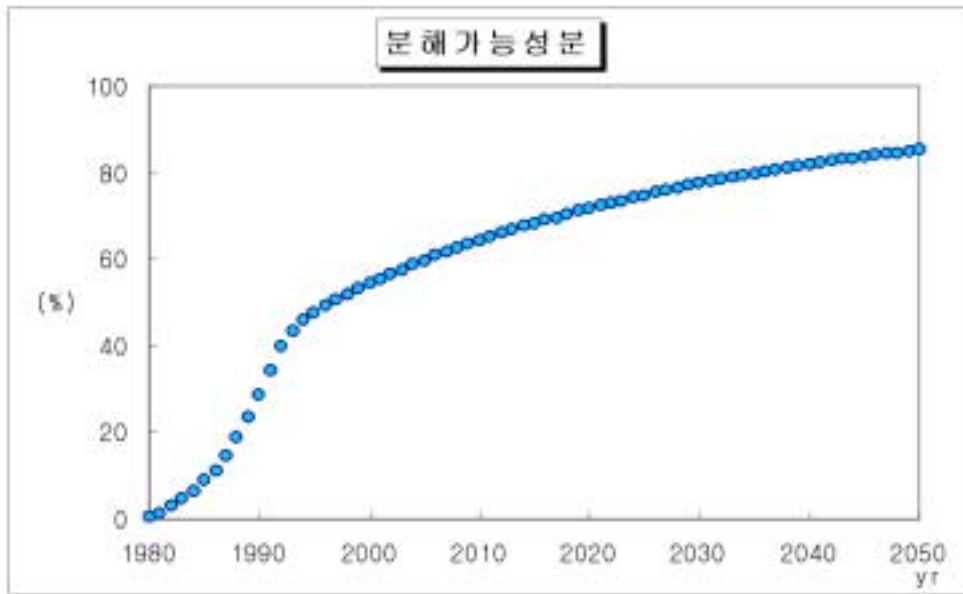
$$BDI_t(\%) = \sum (GBLM + LBLM)_t / BLM \times 100$$

여기에서 TLB : 총매립물질량(wt), BLM : 생화학적 분해가능물질량(wt), NBLM : 생화학적 분해불가능물질량(wt), RBLM : 매립층에 잔류하는 분해가능물질량(wt), GBLM ; 매립가스로 전환된 분해가능물질량(wt), LBLM : 침출수로 유출된 분해가능물질량(wt), BDI : 안정화지수, BDI<sub>t</sub> : 매립경과 후 t시간에서 안정화지수

## 2. 안정화지수의 평가

본 안정화지수는 두 가지 기준으로 나누어 산정하였는데, 하나는 분해가능성분이고, 다른 하나는 이분해성분이었다. 분해가능성분의 측면에서 안정화지수를 평가해보면, 매립지 운영기간인 1978년부터 1992년까지는 쓰레기가 지속적으로 유입되는 기간으로 분해가능 폐기물의 46%에 해당하는 음식물·채소류 등만이 분해된 것으로 평가되었다(<그림 3-9>). 매립종료 후 약 3년(1995년)까지는 급속 및 중속으로 분해되는 폐기물에 의해 안정화지수가 급격히 증가하였다. 그렇지만 분해가능 폐기물의 약 24%를 차지하고 있는 플라스틱, 고무·피혁류등은 분해속도가 느려 2050년에도 지속적으로 잔류하여 분해가능성분의 안정화지수는 85%에 불과할 것으로 나타났다.

한편 플라스틱 및 고무·피혁류의 분해기간이 100년 이상 걸리는 난분해물질임을 감안할 때, 안정화지수 산정에 있어서 난분해물질을 제외한 이분해성분에 대해서만 안정화지수를 산정해 볼 필요가 있었다. 분석결과 이분해성분에 대한 안정화지수는 2000년 70%, 2029년 99.7%로 나타났다(<그림 3-9>). 현재 안정화지수가 71%라는 것은 이분해성분 중 음식물·채소류(60%에 해당)가 전량 분해되고, 종이류, 섬유류, 나무류(40%에 해당)의 일부가 분해되었고, 또 분해되고 있는 중이라는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 안정화지수의 변화 추세가 후반부로 갈수록 완만해지는 것은 1차분해 반응식을 토대로 폐기물의 전환량·분해량을 산정하였기 때문이다.



<그림 3-9> 안정화지수의 변화 예상도

### 3. 안정화지수의 활용 및 보정

기 분석한 안정화지수의 산정 조건은 폐기물층이 완전하게 혐기성상태를 유지하며 분해될 경우를 가정하고 있다. 그러나 안정화공사가 완료되어 각 시설들과 모니터링 계획이 정상적으로 가동되면 매립지 유기물 분해조건과 추정에 의존하던 가스량 및 침출수로 전환되는 양을 실측할 수 있게 된다. 특히 매립지에 설치되는 106개소의 가스추출정에서 강제적으로 가스를 추출하면 사면으로부터 공기가 유입되어 매립층이 부분적으로 호기성으로 전환되고, 호기성구간이 나타나면 폐기물의 분해속도가 빨라지며, 이 경우 단위 폐기물당 발생하는 가스량도 달라질 것이다.

이 경우 강제추출방식이므로 외부에서 유입된 공기 중의 산소가 미처 활용되지 못하고 유출될 수도 있는 상황 즉, ① 가스추출정의 운영으로 매립가스의 양을 실측할 수 있고, ② 외부에서 공기가 유입되어 호기성반응이 일어날 수 있으며, 이 경우 분해속도가 빨라지고, ③ 외부에서 유입된 공기에 의해 가스발생량이 많아져서 폐기물의 분해량이 과량 평가되는 등의 상황이 발생하게 된다.

이상과 같은 상황변화를 반영하여 안정화지수를 결정하려면 다음과 같은 보정이 필요하다고 본다.

- ▶ 혐기성조건에서 분해된 폐기물량(톤) ⇒ A  
= 추출가스량(m<sup>3</sup>/yr) x 메탄함량(%) x 100<sup>-1</sup> x 112<sup>-1</sup>
- ▶ 호기성조건에서 분해된 폐기물량(톤) ⇒ B  
= 추출가스량(m<sup>3</sup>/yr) x [이산화탄소함량(%) / 메탄함량(%) - 0.734] x 231<sup>-1</sup>
- ▶ 침출수에 의해 전환된 폐기물량(톤) ⇒ C  
= 차집량 x COD<sub>Cr</sub> 농도 x 1.573<sup>-1</sup>
- ▶ 안정화지수(%)  
= (A + B + C) / 생화학적 분해가능물질량 x 100

## 第Ⅳ章 지반학적 안정성 평가

제1절 안정화공사의 개요 및 현황

제2절 지반학적 안정성 분석용 기초자료

제3절 사면 안정성 분석

제4절 침하 분석

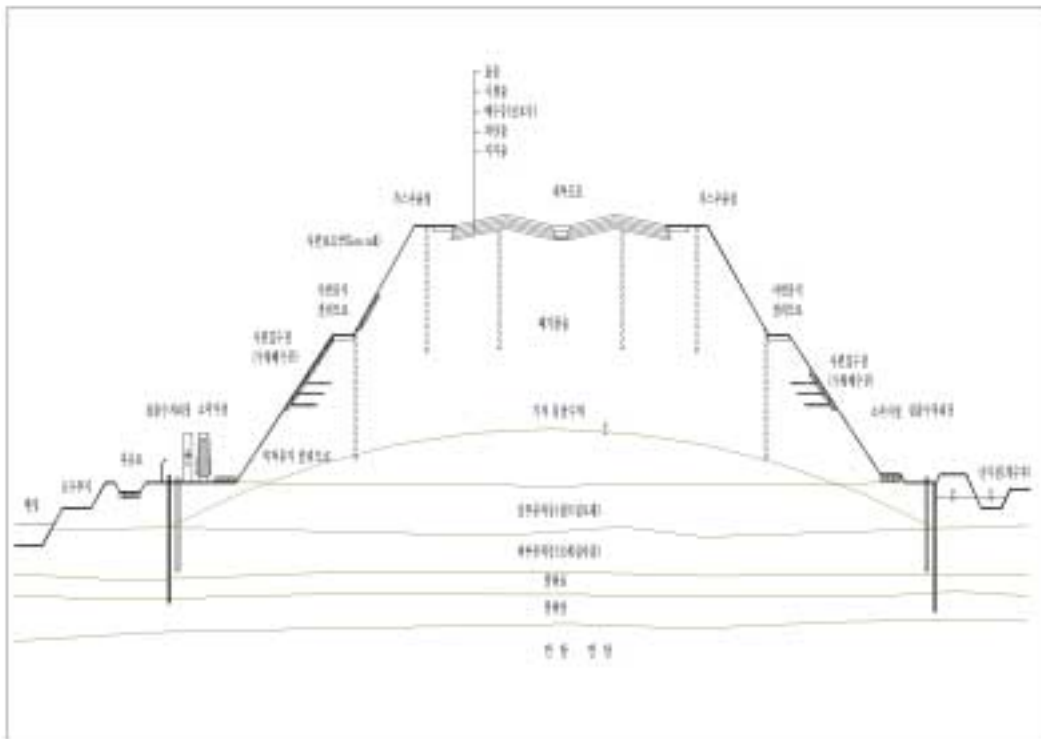
## 제IV장 지반학적 안정성 평가

### 제1절 안정화공사의 개요 및 현황

#### 1. 안정화공사의 개요

안정화공사는 매립지 상부 정지 및 최종복토, 발생침출수의 차단을 위한 차수벽 설치, 집배수 및 처리시설 설치, 발생가스의 유해성 제거 및 발전이용, 매립사면의 안정성 확보, 하수슬러지의 매립장 적정처리, 우수배제시설 설치, 작업도로 및 관리도로설치, 각 안정화 시설의 원활한 운영을 위한 부대시설의 설계와 운영, 이상시설의 유지관리계획 수립 등으로 구성되어 있다.

안정화공사의 기본적인 개요도는 <그림 4-1>에 나타내었다.



<그림 4-1> 난지도매립지 안정화공사 개요도

## 2. 공사현황

### 1) 우수차단 및 최종복토층

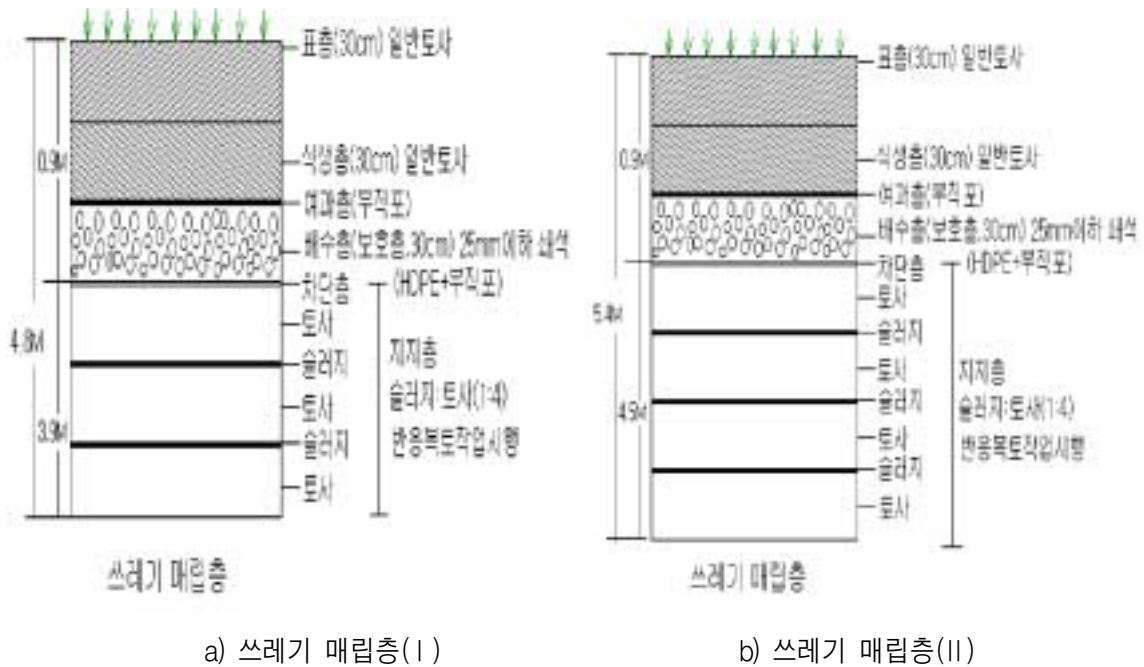
상부복토는 우수가 매립지 내로 유입되는 것을 차단하여 침출수 발생을 최소화하고, 매립가스의 누출로 인한 식생 성장의 영향을 저감시키는 것을 목적으로 한다. 정지경사는 최종침하량과 원활한 우수배제에 필요한 최소경사를 고려하여 4%로 하였으며, 사면은 1:2의 정지구배를 두었다.

이와 관련하여 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용을 <표 4-1>에 나타내었다.

<표 4-1> 최종복토에 관한 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용

구분	기본계획	기본설계	실시설계	비고	
상부정지(整地)	3%	3.5%	4% 이상		
상부복토	- 총두께	2.0m	1.4m	1.4m	· 차단층을 토사에서 인공차수재로 변경 · 식생대층 하부에 개량토 포설
	- 지지층	50cm	50cm	50cm	
	- 차단층	60cm(점토)	1.5mm(HDPE+부직포)	1.5mm 이상	
	- 배수층	-	-	30cm(쇄석)	
	- 여과층	부직포	부직포	부직포	
	- 식생대층	60cm(토사)	표층 30cm(토사) 식생층 : 30cm(토사+오니)	표층 30cm(토사) 식생층 : 30cm(토사 + 오니)	
사면복토	- 총두께	2.0m	0.6m	0.5m	· 차단층 및 배수층을 포설하지 않고, 기존의 토사층을 이용하거나 토사를 포설, 식생토층을 포설하고 GEOWEB 설치
	- E.L.15-35m	상부복토와 동일	압성토(토사, 두께 10cm)	압성토(토사, 두께 10cm)	
	- E.L.35-65m		상부 식생토층과 동일	상부 식생토층과 동일	
	- E.L.65-95m		기존 토사층 이용	기존 토사층 이용	

최종복토층은 <그림 4-2>와 같이 매립 종료시의 상부폐기물의 상태에 따라 4.8~5.4m로 시공하였다. 지지층에는 매립지 근처의 슬러지와 토사가 사용되었다. 지지층 위에는 가스발산 및 우수침투방지를 위한 복합 차단층이 있으며, 이 차단층에는 두께가 1.5mm인 지오멤브레인(HDPE)과 지오텍스타일(부직포)을 사용하였다.



<그림 4-2> 최종복토층의 단면

<그림 4-3>은 최종복토층의 시공 장면이다. 좌측에 보이는 차수막과 부직포 위로 배수층(사진의 우측)이 위치하는데 이는 침투한 우수의 배제역할을 한다. 또한 차단층에는 우수침투에 의한 과도한 수압 또는 침투수압이 작용하여 우수가 매립지 내로 침투되는 양을 최소화하는 효과가 있다. 배수층 위(사진의 우측)의 부직포는 배수층과 식생층의 분리 역할을 하고, 식생층의 미세 토사가 배수층으로 유입되어 배수층의 기능이 저하되는 것을 막는 여과 역할도 담당한다.

표층(30cm)과 표층 하부의 식생대층(30cm)은 우수 및 바람에 의한 토사유실과 동결 및 융해에 의한 차수막 및 지지층의 보호 역할을 한다.



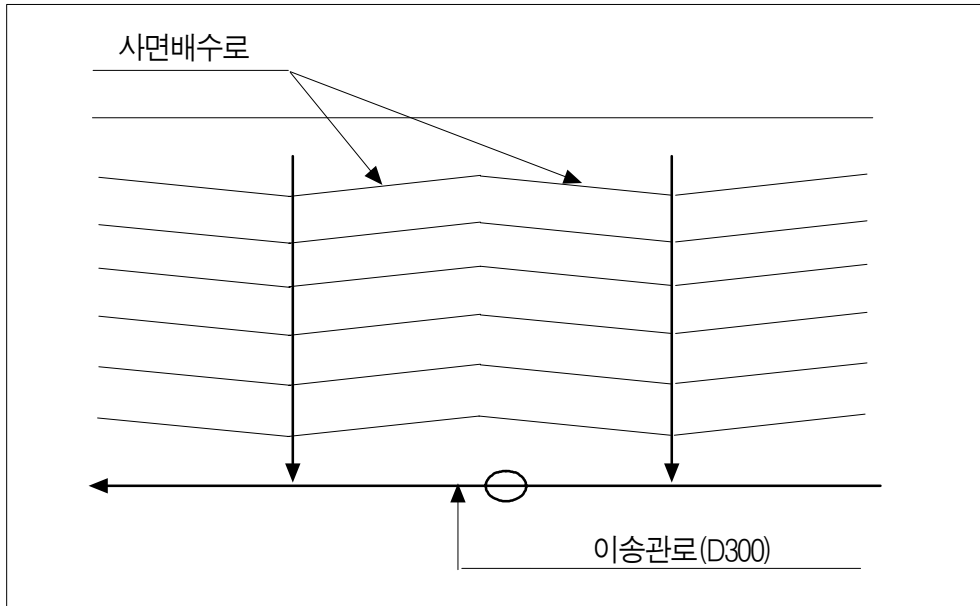
〈그림 4-3〉 제2매립지의 최종복토공사 현장

## 2) 침출수 차집시설 및 이송시설

원지반에 폐기물을 비위생 방식으로 매립한 난지도매립지의 침출수는 한강과 주변지역의 지하수를 오염시킬 뿐만 아니라, 사면 안정성의 저해 등 여러 문제를 야기시키고 있다. 실시설계(1996)의 조사에 의하면 제1 및 제2 매립지의 침출수 누출부위는 사면의 토체가 상대적으로 얇은 EL 35~60m부위에 집중되었고, 누수 및 용천의 형태로 누출되었다. 따라서 누출 침출수에 의한 사면의 침식 및 사면파괴를 방지하기 위하여 침출수 차집시설을 매립지 사면부에 설치하였다.

사면에서 누출되고 있는 침출수를 차집하기 위해 사면부에 사면배수용 집수관을 설치하였다(〈그림 4-4〉). 이 방식의 장점은 침출수가 누출되는 필요 부분에만 설치하고, 부분시공이 가능하며 필요시 추가설치가 가능하다는 것이다. 또한 설치 후 복토작업이 용이하며, 파손시 교체 및 보수가 용이하다는 장점이 있다. 매립지에서 침하가 발생함에 따라 사면경사 유지를 위한 복구작업이 가능하며, 설치 지점 이외의 지역에서 침출수가 누출될 때 신속한 연결작업이 가능하다는 장점도 있다.





〈그림 4-4〉 침출수 사면차집시설

### 3) 우수배제시설

우기에 신속하게 우수를 배제하기 위해서는 매립지 부지정지 및 도로계획과 연계하여 우수배제시설을 설치하여야 한다. 우수의 집중을 피하고 단면의 최소화를 위해 매립지 상부에는 소구역 블록단위의 가지식 관망을 설치하였다.



〈그림 4-5〉 중간관리도로에 설치된 우수배제 관로 (U형측구)

매립지 내 우수배제를 위해 매립지 상부 및 중간관리도로를 따라 U형측구를 설치하였으며(〈그림 4-5〉), 우수의 신속한 배제를 위해 사면도수로인 제형단면수로를 설치하였다(〈그림 4-6〉).



〈그림 4-6〉 사면에 설치된 우수배제 관로 (제형단면 도수로)

#### 4) 침출수 처리시설

침출수 발생량은 안정화공사이전에는 2,697m<sup>3</sup>/일로 추정되었으며, 안정화공사 후에는 866m<sup>3</sup>/일로 산정되었다. 매립지 내에 건설되는 침출수 처리시설의 용량은 우기를 고려해 복토 후 침출수 발생량의 2배 이상인 1,860m<sup>3</sup>/일로 설계되었다. 또한 처리공정은 「유량조절 → 화학응집·침전 → 펜톤산화처리 → 난지하수처리장 합병처리」로 구성되어 있다.

침출수 집수정은 31개소(차수벽 내측에 200m 간격, 심도 15~25m, 직경 3~5m)이며, 우물통 공법으로 시공되었다.

기본계획에서 실시설계단계까지의 침출수 차집시설의 변경 내용은 〈표 4-2〉와 같다.

〈표 4-2〉 침출수 차집시설의 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용

구분		기본계획		기본설계		실시설계		비고
침출수량		2,310 m <sup>3</sup> /일		2,350 m <sup>3</sup> /일		2,350 m <sup>3</sup> /일		HELP에 의한 산정
사 면 차 집	- 차집량	-		300 m <sup>3</sup> /일		300 m <sup>3</sup> /일		· 사면에서 누출되는 침출수를 차집하는 것으로 계획
	- 사면누출수	-		사면 집수관		사면 배수로		
	- 고립침출수	-		수평배수관(50개소)		수평배수관		
하부 평면차집				Trench 설치 (유공다발관 + 쇄석)		다발 유공관		· 하부누출 침출수 trench 공법으로 차집 처리
추 출 정	- 개소	3		30		31		· 대형 추출정 3개소에서 중형 추출정 30개소로 변경 · 설치위치 외곽부로 이동 · 추출정 형식 변경
	- 형식	심정(deep wall)		방사상 집수정		방사상 집수정		
	- 설치위치	매립지 내부		매립지 주변		매립지 주변		
	- 용량	풍화대 상부		좌동		좌동		
		개소당	600 m <sup>3</sup> /일	개소당	167m <sup>3</sup> /일	개소당	60 m <sup>3</sup> /일	
	총용량	1,800 m <sup>3</sup> /일	총용량	평균 2000m <sup>3</sup> /일	총용량	1,860 m <sup>3</sup> /일		

## 5) 차수벽

침출수의 차수벽은 그 목적에 따라 불투수성 차수벽과 투수성 차수벽으로 나눌 수 있다. 차수벽은 단순히 지하수의 흐름을 제어하는 목적 뿐 만 아니라 오염물질의 제어에도 효과적이다. 투수성 차단 공법은 지하수 내 특정 오염물질을 제거하기 위하여 차수벽을 오염된 침출수와 화학반응 또는 흡착작용이 가능한 재질로 시공하는 방법으로 특정 침출수의 유출을 억제하는데 비교적 효과적이다. 그러나 수명이 짧고 고가이며 재활성하는데 문제가 있기 때문에 난지도매립지에 적용하기에는 비현실적이라 할 수 있다. 이에 난지도에서는 매립지 전체 둘레에 차수벽을 설치하였으며, 기본계획시 하수슬러지 매립지가 포함되었으나 기본설계와 실시설계시에는 그 지역이 제외되었다.

차수벽에 관한 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용을 〈표 4-3〉에 정리하였다.

〈표 4-3〉 차수벽 공사에 관한 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용

구분	기본계획	기본설계	실시설계	비고	
차단방법	차수벽+집수정	좌동	좌동		
차수벽	- 연장	-	6,080m	6,080m	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차수벽 설치지역에 하수슬러지 매립지역 제외</li> <li>· 시공 지층을 연암층에서 풍화대로 변경</li> </ul>
	- 차수벽 설치지역	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 포함)	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 제외)	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 제외)	
	-건설 심도	25~45m (연암층)	20~50m (풍화대)	20~40m (풍화대)	
차수공법	slurry wall	slurry wall	sheet pile, slurry wall		

차수벽으로 매립지 둘레(6,017m)에 Steel Sheet Pile 및 C.B.S wall을 설치하였다. 특히 침출수의 유출을 차단하기 위해 풍화암층 1m까지 차단벽을 설치하였는데, 시공심도가 18~48m에 달한다.

#### 6) 매립가스 포집 및 처리시설

매립가스 포집 및 처리를 위한 기본자료는 가스발생의 경우 발생량 232천m<sup>3</sup>/일, 발열량 4,000~5,000 kcal/m<sup>3</sup>, 매립가스 주성분 메탄가스(51%), 탄산가스(46%), 기타(3%) 등이다. 가스포집시설은 추출정 106공(깊이 40~60m, 관경 60cm), 가스이송관로 13,250m, 송풍기, Flare Stack으로 구성되어 있다. 가스포집 처리는 추출정을 통해 매립가스를 강제 추출하고, 일부 정제 후 냉난방 열원으로 활용할 계획이다.

매립가스 이송관(〈그림 4-7〉)은 동결심도를 고려하여 차수막(HDPE) 바로 위에 설치하였으며, 심도는 표층을 기준으로 90cm이다. 부등침하에 대비한 flexible joint는 장기침하시 파손될 우려가 있으므로 노출배관에 적합하게 flexible horse를 사면 및 주관로에 설치하였다.

사면 이송관로(〈그림 4-8〉)는 상부로부터의 가스관과 사면부로부터의 수직추출관을 적절하게 연결할 수 있도록 하였다. 가스이송관로의 정상적인 운영과 재활용시설에의 안정적인 가스공급을 위하여 계측시설 4set(유량계, 압력계, 온도계, 버티플라이 밸브)를 설치하였다.



<그림 4-7> 매립가스 추출공 및 이송관



<그림 4-8> 사면 가스이송관의 설치

## 7) 기타 부대공사

제1매립지의 한강 연접 사면은 상시 침출수 유출구간이므로 3개의 집수정을 설치하였으며, 사면의 식생 분포가 불균일하거나 불량한 상태이므로 사면녹화공사를 시행하였다(〈그림 4-9〉). 사면의 하부는 원지반을 깎고 압성토를 설치하였으며, 경사를 고려하여 3단의 계단 형태로 만들었다. 강우나 강설에 의한 사면침식을 방지하고, 식생의 온전한 성장을 도모하기 위해 피복공법을 선택하여 인공재료를 이용하여 사면을 피복하였다.



〈그림 4-9〉 제1매립지 사면녹화공사

〈그림 4-10〉은 제2매립지 수색방면 사면의 경사도를 낮추기 위해 하부에 성토를 하고 새로운 진입로를 만드는 공사과정을 보여주고 있다.



〈그림 4-10〉 제2매립지 불안정 사면의 정지 및 관리도로 공사

제1매립지에서 가장 큰 슬러지 처리장인 9호 매립장은 다른 구역에 비해 지속적인 침하가 우려되는 지역이므로, heaving 현상을 방지하기 위해 구역 위로 성토를 실시하였다(〈그림 4-11〉).



〈그림 4-11〉 제1매립지 9호 산업슬러지 매립장위의 성토작업 광경

## 제2절 지반학적 안정성 분석용 기초자료

### 1. 토질특성

안정화공사를 실시하기 위해 기본계획, 기본설계, 실시설계과정에서 다양한 지반환경실험이 있었다. 본 연구에서도 매립층을 상부, 중부, 하부로 구분하여 시료를 채취하고, 실내실험을 통하여 매립층의 토양 및 폐기물의 물성치를 분석하였다. 그 결과는 <표 4-4>와 같다. 점착력은 0.09~0.25 kg/cm<sup>2</sup>, 내부마찰각은 25.8~38° 정도였다. 밀도의 경우 상부 1.0 톤/m<sup>3</sup>, 중부 1.2 톤/m<sup>3</sup>, 하부 1.6 톤/m<sup>3</sup>으로 상부에서 하부로 갈수록 밀도가 높아지는 양상을 나타내었다. 이러한 양상은 하부로 갈수록 높아지는 자중 압력 및 성토하중에 의한 압밀, 폐기물의 부패, 잔류토사에 의한 영향으로 판단된다.

기본설계보고서나 실시설계보고에서는 폐기물층의 밀도가 포화상태의 경우 1.4톤/m<sup>3</sup>, 불포화상태의 경우 0.8 톤/m<sup>3</sup>로 분석하고 있다. 본 연구에서는 폐기물의 물성치에 기존의 자료를 이용한 안정해석과 더불어 아래에 나타난 실측 데이터를 적용하여 각각에 대한 안정성을 해석하였다. 함수비는 평균치로 9.9~22.4%를 보이며, 전체적으로 하부로 갈수록 함수비가 적어지는 경향을 보였다.

기존자료와 비교할 때 밀도와 함수비는 기존자료의 범위 내에 있었다. 그러나 점착력과 내부마찰각은 낮은 영역에서 기존자료보다 낮게 나타났는데, 이는 성토용 토사에 의한 영향으로 보여진다.

<표 4-4> 난지도 매립층의 토양물성 분석자료

시료명	시료채취 깊이(m)	시험밀도 (톤/m <sup>3</sup> )	점착력, c (kg/cm <sup>2</sup> )	내부마찰각 $\phi$ (°)	함수비(%)	
					측정결과	평균
상부	매립고 100m	1.0	0.09	25.8	16.6	17.6
					19.4	
					16.9	
중부	매립고 20m	1.2	0.18	33.2	22.8	22.4
					21.1	
					23.4	
하부	매립고 10m	1.6	0.25	38.0	7.8	9.9
					11.9	
					9.89	
기존자료	폐기물층 또는 토사혼합층	0.8~1.9	1.6~2.0	28~32	6.6~23.1	



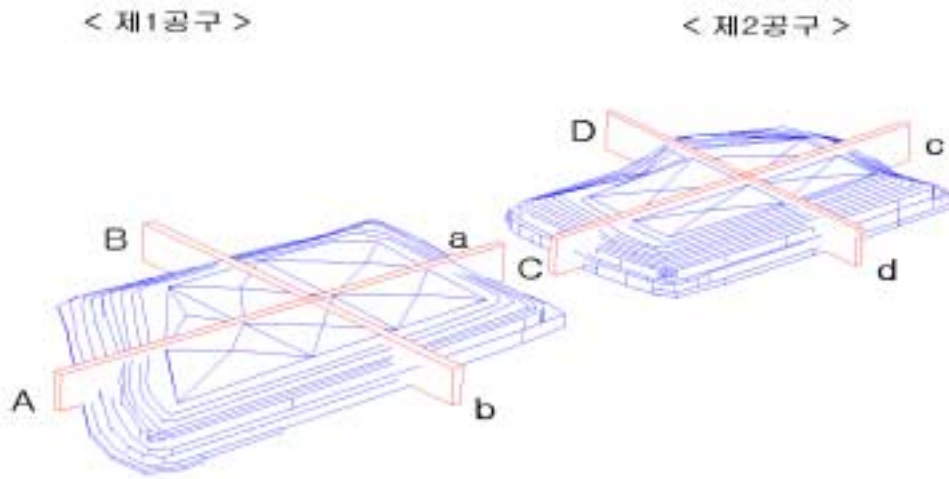
## 2. 침출수 수위

난지도매립지는 제1매립지의 경우 액상 산업폐기물이 존재하고 있으며 전체적으로 폐기물 매립고가 80~90m를 이루고 있으므로, 이들의 분해에 따른 침출수의 생성, 차수막 및 차수층의 설치 등으로 고립 침출수가 상당히 높은 수위를 기록하고 있다고 판단된다. 기존의 지하수 측정은 차수벽의 내외 지역을 중심으로 이루어졌으며, 고립침출수의 경우 전기투시법으로 비저항 값을 구하여 침출수 수위를 추정하는 방식으로 이루어졌다. 이는 침출수위 측정을 위한 특별한 대안이 없었고, 수위측정만을 목적으로 하여 보링작업을 하기 어려웠기 때문이다. 다행스럽게 현재 안정화공사가 진행 중인 매립지에는 가스추출공이 설치되어 있다. 이에 본 연구에서는 가스추출공에서 침출수 수위를 측정하였다. 측정 결과는 <표 4-5>에 정리했다. 표에 정리된 바와 같이 침출수 수위는 제1, 2매립지, 그리고 상부와 사면에 따라 큰 차이가 있었다. 제1매립지 상부에서 측정된 결과를 보면 54.8~74.5m(표고)로 높은 반면 제2매립지의 상부측정결과는 30.0~56.8m의 범위로 제1매립지보다 낮았다. 사면부의 경우는 제1매립지만을 측정하였는데, 24.5~36.0m의 범위를 보였다. 이에 반해 지표면의 지하수 수위는 4.5~6.3m의 범위로, 난지도매립층에 부유수, 응축수, 기저침출수층이 높게 발달한 것을 확인할 수 있었다.

<표 4-5> 침출수 및 지하수 수위 측정 결과

구 분	제1매립지		제2매립지	
	측정지점	수위(m)	측정지점	수위(m)
상 부	W-165	54.8	W-272	30.0
	W-166	60.9	W-255	54.0
	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	71.0		
	W-172	69.0		
	W-174	74.4		
	W-182	66.3		
사 면 부	W-104	24.5		
	W-110	24.9		
	W-114	36.0		
	W-118	31.1		
	W-125	25.4		
바 닥 부	I-WT-02	34.1	I-WT-029	4.9
	I-WT-089	6.3	O-WT-029	4.9
	O-WT-089	6.5		

<그림 4-12>는 매립지 상부의 가스 추출공에서 측정된 침출수위를 이용하여 모사된 난지도 매립지의 침출수위이며, <그림 4-13>은 지하수위 단면도를 나타낸 것이다.

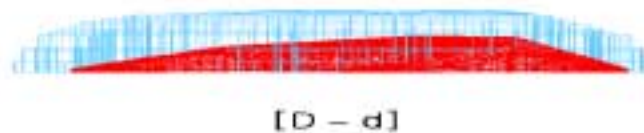


<그림 4-12> 난지도매립지 침출수 수위 모사도

< 제1공구 >



< 제2공구 >

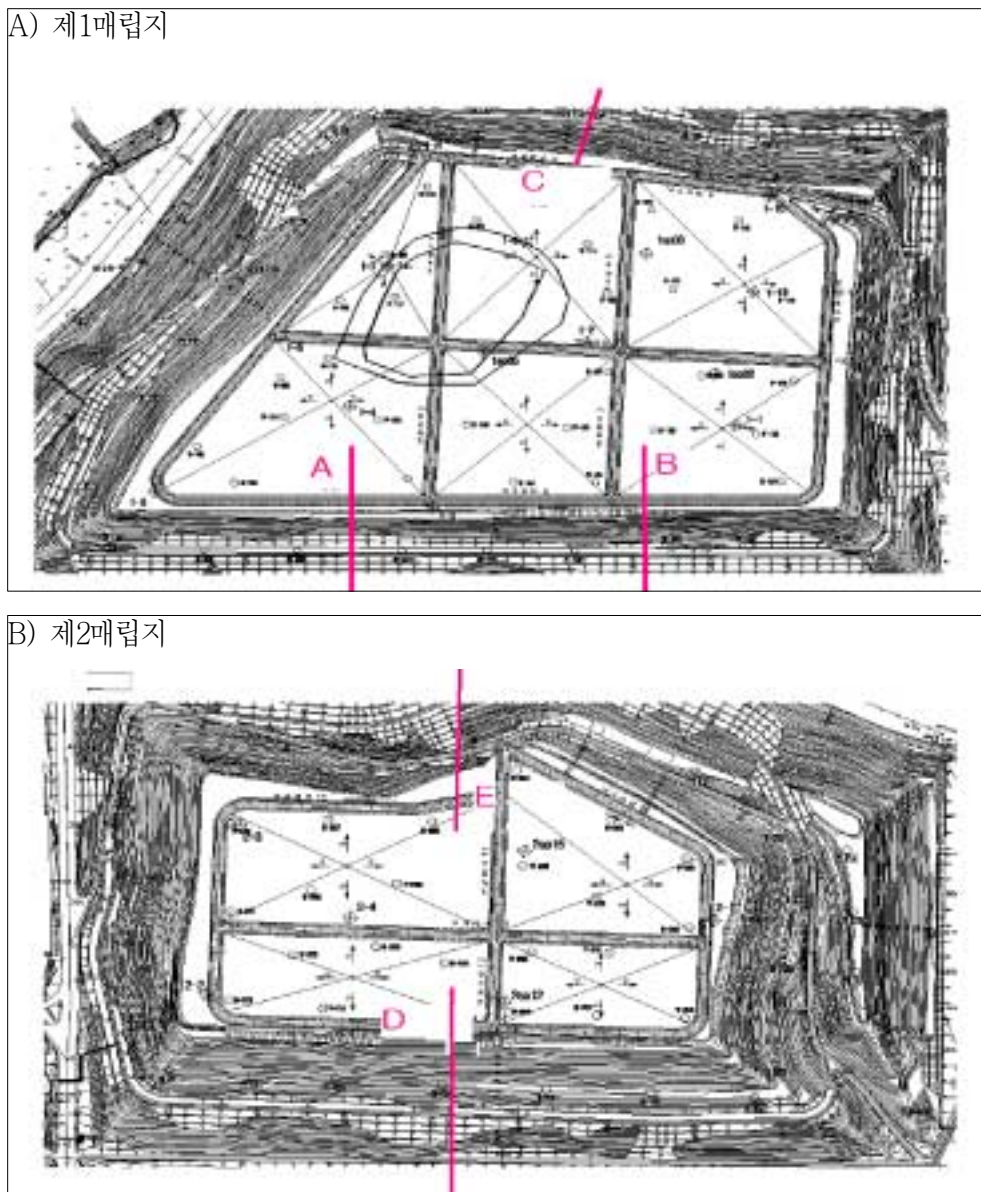


<그림 4-13> 지하수위 단면도

### 제3절 사면 안정성 분석

#### 1. 분석장소

사면 안정성은 사면의 경사가 크거나 기존에 붕괴이력이 있었던 지역을 대상으로 평가하였다. 그 지점은 <그림 4-14>와 같다.



<그림 4-14> 사면 안정성 분석 대상 단면

## 2. 해석절차

난지도매립지의 사면 안정 해석은 다음과 같이 4단계로 이루어졌다. 첫 번째로 실시설계서의 하중조건으로 거의 성토를 하지 않은 상태에서 사면 안정을 해석하는 것이고, 두 번째 단계로 난지도매립지 지반 안정화를 위한 추가 성토에 대한 하중조건을 고려했다. 현재 부분적으로 2m~10m의 차이를 보이고 있으며 사면 안정해석에 있어서는 각각의 부분에 대한 정확한 근거를 찾을 수 없으므로 대표값을 5m, 8m, 10m로 산정하여 각각의 경우에 대한 안전계수를 산출하였다. 세 번째 단계로 앞으로 있을 난지도 개발공사에 따른 골프장 건설 및 생태공원의 조성에 의한 추가 하중을 고려하였다. 이 때의 정확한 계획성토량은 파악할 수가 없으므로 본 연구에서는 1m의 추가 성토높이를 가정하였다. 네 번째로 가장 높은 계획고, 즉, 세 번째 단계에서 현재 측정한 지하수위를 기준으로 우수에 의한 침출수 누적 및 침출수 배제시스템에 의하여 상승 또는 하강할 수 있다는 가정하에 각 단면의 최고 침출수위의  $\pm 20\text{m}$  정도로 고려하여 침출수위에 변화에 따른 사면 안정 해석을 실시하였다.

## 3. 토질정수

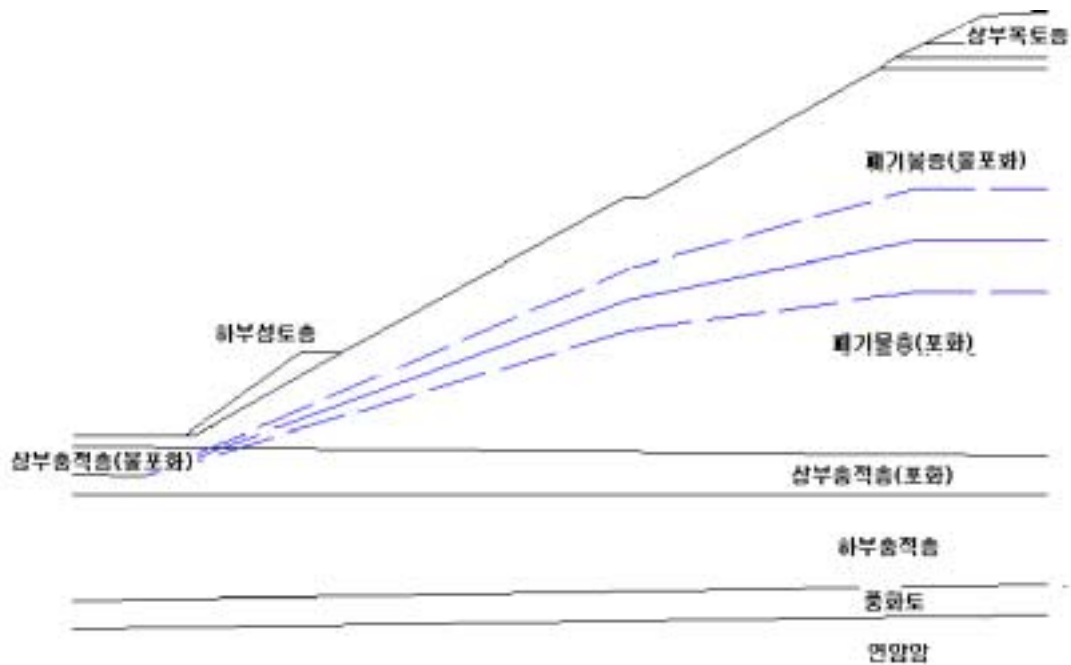
사면 안정 해석을 위한 기초자료로써 각 매립지층에 대한 토질정수를 산정하였다. 지반조사 및 매립이력 자료에 의하면 난지도매립지 상부는 폐기물층과 폐기물-토사 혼합층으로 구성되어 있으며, 하부는 실트질 모래층, 자갈모래 혼합층, 풍화토 및 연암층의 순서로 구성되어 있다. 각 층의 토질정수는 <표 4-6>과 같이 현장시험, 실내시험, 관련자료 등을 토대로 산정기준을 설정하였다. 각 층의 토질정수는 <표 4-7>과 같으며, <그림 4-15>는 토질정수를 적용한 단면의 형태를 예로 보여주고 있다(난지도 안정화공사 기본 및 실시설계보고서 참조).

<표 4-6> 토질정수 산정기법

층 구분	점착력과 내부마찰각	단위중량	포외송비, 탄성계수
폐기물층	- Evaluation of The Stability of Sanitary Landfills (By S. Singh and B. Murphy ASTM STP 1070)	- 매립이력 조사 (서울시 청소사업본부)	- 상계동 폐기물 매립층 지역 (토목학회) - 횡방향공내재하시험
폐기물-토사 복 합 층	- 대형전단시험	- 현장밀도시험	- 토질역학(김상규)
실트질모래, 자갈-모래 복 합 층	- 구조물기초 설계기준 - Geotechnical Engineering Investigation Manual (BY R. E. Hunt)	- NAVFAC MANUAL	- 토질역학(김상규)

〈표 4-7〉 해석시 사용된 토질정수

종류	밀도 (t/m <sup>3</sup> )	점착력 (t/m <sup>2</sup> )	마찰각(°)
(1)연안암	2200	2500	45
(2)풍화암	2100	1500	40
(3)하부모래질사암	2000	0	40
(4)상부점토질(포화)	1900	0	32
(4-1)상부점토질(불포화)	1800	0	32
(5)상부복토층	1800	0	32
(5-1)하부성토층	1800	0	32
(6)폐기물층(포화)	1400	2000	28
(6-1)폐기물층(불포화)	800	2000	28



〈그림 4-15〉 해석에 사용된 토질정수가 적용된 단면 사례

#### 4. 최소 안전율

일반적으로 폐기물 매립지는 사면구성재료, 경사면의 형태, 수리학적 조건 등 3개의 중요항목에 의해 사면파괴가 발생하게 된다. 대체로 사면파괴는 흙 및 물의 무게와 폐기물의 압력을 포함한 외부의 힘이 구성재료의 강도에 의한 저항력보다 클 때 발생하며, 이 두 요소에 의한 모멘트합의 비로서 안전율(Factor of Safety)을 나타낸다. 사면안정해석에는 USEPA(United State Environmental Protection Agency)에서 권장하는 최소안전율(Minimum Factor of Safety)을 활용하였으며, <표 4-8>과 같다. 난지도매립지 사면의 경우 매립이 완료된지 상당기간 경과하여 이제는 매립사면이 어느 정도 안정화되어 있을 것으로 판단되는 바, 매립지 전체의 안전을 좌우하는 전반전단파괴에 대하여는 안정화공사 시 타 시설물과의 연계성, 시공성, 경제성을 종합적으로 고려하여 USEPA 최소안전율 1.25를 적용하였고, 매립사면을 따라 발생할 수 있는 국부적인 Sliding 또는 Slip에 대해서는 보수의 개념을 도입하는 것으로 하였다.

<표 4-8> USEPA 권장 최소 안전율

사면 파괴 결과	흙 및 폐기물 강도측정의 불확실성	
	작은 경우	큰 경우
파괴 후 인간과 자연환경에 즉각적인 위험이 없는 경우	1.25	1.50
파괴 후 인간과 자연환경에 즉각적인 위험이 있는 경우	1.50	2.00 이상

#### 5. 사면 안정성 해석결과

본 연구에서는 제1매립지의 3개 단면과 제2매립지의 2개 단면에 대하여 앞에서 선정한 물성치와 STABLE5M을 이용하여 사면안정을 해석하였다. 사면안정 해석시에는 당초 계획고, 추가성토 및 골프장 조성을 위하여 사면 정상부에 추가 복토(1m: 가정치)를 조성하는 경우를 고려하였다. 각각의 단면에 대해 현재 정확한 성토고를 파악할 수 없으므로 해석하고자 하는 복토 표고에 대해 폐기물 표고를 변화시켜 사면 안정해석을 실시하였다. 침출수 수위변화에 따른 사면 안정 해석은 STABLE5M으로 최종단면에서만 실시하였다. FLAC은 침하 예측에 있어 전체 매립지를 대상으로 침출수 수위 변화에 따른 변위 해석에 활용되었다. STABLE5M에 의한 사면안정 해석결과는 <표 4-9>와 <표 4-10>에 정리하였다.

〈표 4-9〉 STABLE5M에 의한 사면 안전율 분석결과

해석단면	조건	복토두께(m)	안전율
A (제1매립지)	현재 성토상태	10	1.28
		8	1.30
		5	1.33
	추가 성토시	11	1.27
		9	1.29
		6	1.32
B (제1매립지)	현재 성토상태	10	1.16
		8	1.18
		5	1.20
	추가 성토시	11	1.15
		9	1.17
		6	1.19
C (제1매립지)	현재 성토상태	10	1.17
		8	1.19
		5	1.21
	추가 성토시	11	1.18
		9	1.20
		6	1.22
D (제2매립지)	현재 성토상태	10	1.62
		8	1.65
		5	1.70
	추가 성토시	11	1.61
		9	1.64
		6	1.69
E (제2매립지)	현재 성토상태	10	1.76
		8	1.79
		5	1.83
	추가 성토시	11	1.76
		9	1.79
		6	1.84

〈표 4-10〉 1m 추가 성토시 침출수위 변화에 따른 STABLE5M의 안전율 해석결과

해 석 단 면	침출수 수위의 변화에 따른 안전율		
	20m 하강시	현재 수위	20m 상승시
A	1.44	1.32	1.03
B	1.53	1.19	0.98
C	1.68	1.22	1.05
D	1.74	1.69	1.34
E	1.84	1.84	1.43

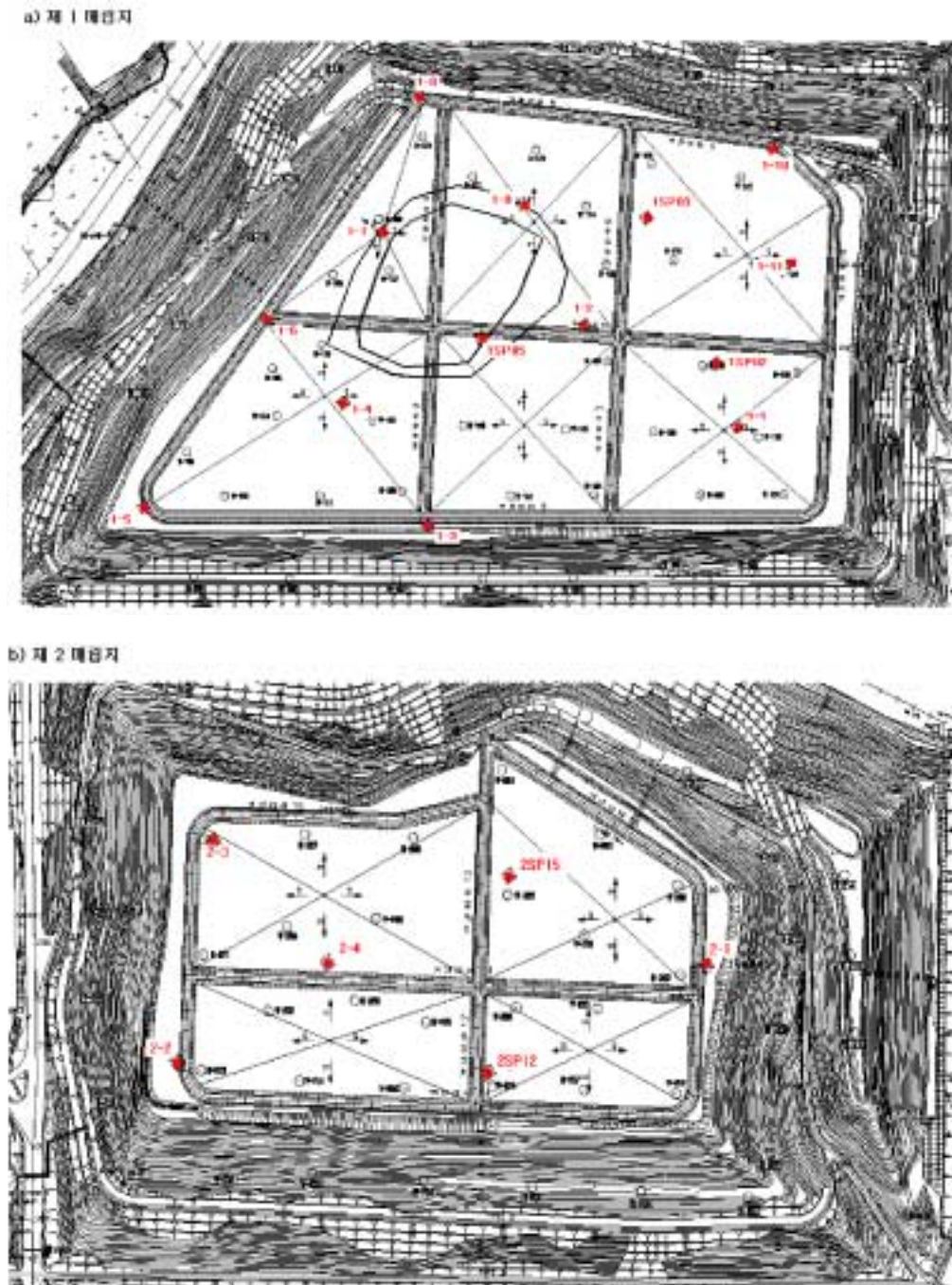
제1매립지의 해석결과, 사면안전율의 범위는 1.16~1.33이고, 제2매립지의 사면안전율의 범위는 1.62~1.79이었다. 전체적으로 폐기물매립지 상부에 복토층의 두께가 증가할수록 사면의 안전율이 저하되는 것으로 나타났으며, 매립층 내에 침출수의 누적수위가 증가할수록 사면의 안전율이 저하되는 것으로 평가되었다. 특히 수위의 영향이 매우 큰 것으로 나타났다.

결론적으로 현재 안정화공사를 시행 중인 상황에서는 상부복토층의 높이를 일정폭 이하로 제한할 필요가 있으며, 높일 경우에도 B, C 단면에 인접한 지역의 복토층은 6m정도를 유지하는 것이 바람직하다고 판단되었다. 한편 안정화공사 후 유지관리과정에서는 가능하면 침출수 수위를 낮추도록 해야 하며, 현재 설치된 침출수 집수정이 정상적으로 가동된다면 제1매립지의 B, C 단면의 안정율을 확보할 수 있을 것으로 보였다.



## 제4절 침하 분석

난지도매립지는 대중골프장 조성지역인 제1매립지와 생태공원 조성지역인 제2매립지로 구분되며, 제1, 2 매립지에 설치된 침하판의 위치는 <그림 4-16>의 적색 지점과 같다.



<그림 4-16> 침하판 설치 위치도

장기침하량 산정을 위하여 사용된 계측자료는 총 16개소에 설치된 침하자료와 총 4개소에 설치된 침하자료이며, 각 지점별 침하분포를 침하관에서 계측된 자료(98.11~2000.2, <표 4-11>)를 이용하여 매립지 내 각 지점별 침하분포를 평가했다. 평가에는 Gibson & Lo 모델 및 Power Creep Law, 쌍곡선법, Hoshino법을 이용되었다. 침하량 비교시점은 향후 20년 경과 후로 하였으며, 분석결과는 <표 4-12>에 제시하였다.

<표 4-11> 2000년 10월 침하관 계측치

(단위:m)

기기번호	초기치	2000. 09. 27	2000. 10. 10	전회비교치	전체침하량
1-SP-02	93.83	90.66	90.64	-0.024	3.194
1-SP-03	93.79	92.38	92.38	0.000	1.409
1-1	100.77	100.54	100.59	-0.002	0.179
1-2	96.11	95.53	95.94	-0.016	0.176
1-3	95.14	95.10	95.10	-0.001	0.040
1-4	100.30	99.88	99.84	-0.039	0.460
1-5	94.42	94.38	94.37	-0.005	0.048
1-6	93.76	93.60	93.51	-0.090	0.247
1-7	98.50	97.84	97.82	-0.020	0.677
1-8	93.03	85.75	85.75	-0.005	0.053
1-9	98.39	97.77	97.75	-0.017	0.637
1-10	93.03	93.03	93.03	0.006	-0.004
1-11	100.37	100.14	100.12	-0.016	0.248
2-SP-12	95.47	93.82	93.81	-0.008	1.662
2-SP-15	95.70	93.12	93.02	-0.100	2.676
2-1	96.99	96.98	96.97	-0.003	0.017
2-2	98.38	98.35	98.35	0.005	0.023
2-3	99.24	99.25	99.24	-0.006	0.001
2-4	97.22	97.17	97.15	-0.015	0.068

<표 4-12>와 같이 Gibson & Lo 모델에 의한 침하량은 32~1,389mm이고, Power Creep Law에 의한 침하량은 57~1,921mm였다. 그리고 쌍곡선법에 의한 침하량은 52~1,362mm이고

Hoshino법에 의한 침하량은 25~1,179mm로 나타나는 등 평가방법에 따라 차이가 있었다. 이에 본 연구에서는 각 분석기법의 범위를 산정하여 평균하므로서 침하량을 분석하였다. 그 결과 제2매립지가 제1매립지보다 침하량이 적은, 즉 제2매립지가 제1매립지보다 지반적으로 안정된 특성을 확인할 수 있었다. 이는 2장의 매립층의 쓰레기 분포특성에서 설명하였듯이 제1매립지의 경우 생활폐기물이 공간적으로 편중되어 있고 산업슬러지 층이 넓게 분포하고 있어 제1매립지에서 침하가 많이 발생할 수 밖에 없으며, 특히 생활폐기물과 산업슬러지가 집중된 제1매립지 한강하류방면의 침하가 크게 발생하는 것을 1지점과 5지점의 큰 침하에서 확인할 수 있다. 이러한 침하가 한곳에 집중되면 우수배제를 방해하는 경우가 생기는데, 지속적인 감시와 침하부분에 대한 추가 복토만이 사후관리과정에서 침하에 따른 문제를 해결하는 방법일 것이다.

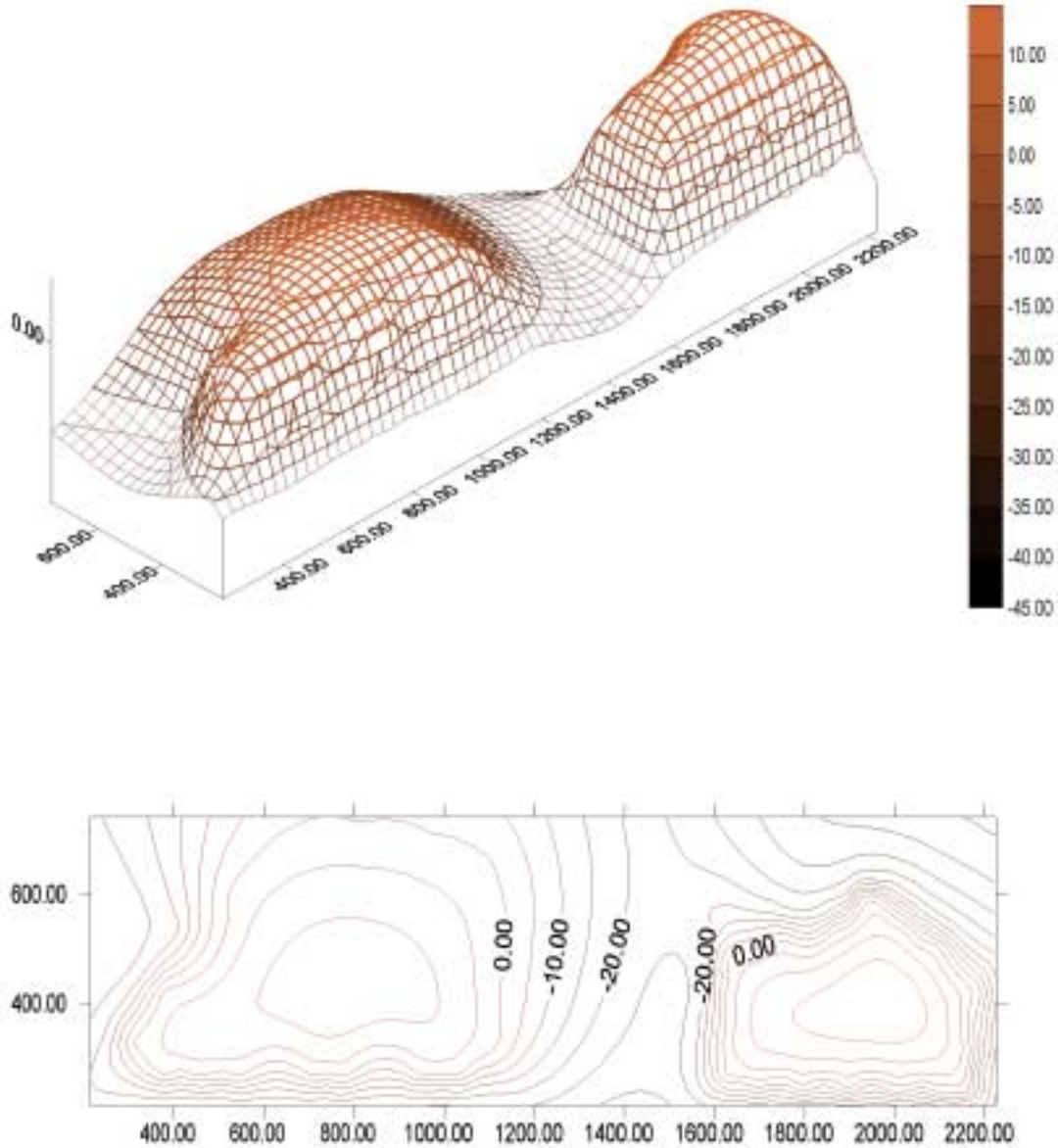
〈표 4-12〉 각 분석기법별 20년 후 예측침하량 비교

(단위:mm)

지점	쌍곡선	Hoshino	Gibson & Lo	Power Creep	범 위	평 균
1-4	1,363	1,179	1,389	1,921	1,179~1,921	1,463
1-5	285	60	383	463	60~463	298
1-6	680	218	403	416	218~680	429
1-3	188	55	117	111	55~188	118
1-7	1,141	944	835	1,328	835~1,328	1,062
1-8	289		635	1,197	289~1,197	707
1-9	1,062	920	922	1,077	920~1,077	995
1-SP-05	635	572	996	1,075	572~1,075	819
1-1	808	764	670	1,161	670~1,161	851
1-SP-02	371	607	752	1,254	371~1,254	746
1-11	459	1,157	464	1,631	459~1,631	928
1-SP-03	161	192	255	410	161~410	254
2-2	53	80	45	115	45~115	73
2-3	109	116	85	366	85~366	169
2-4	267	238	162	235	162~267	226
2-SP-15	94	119	53	230	53~230	124
2-1	76	26	32	57	26~76	48
평 균	473	453	482	767		

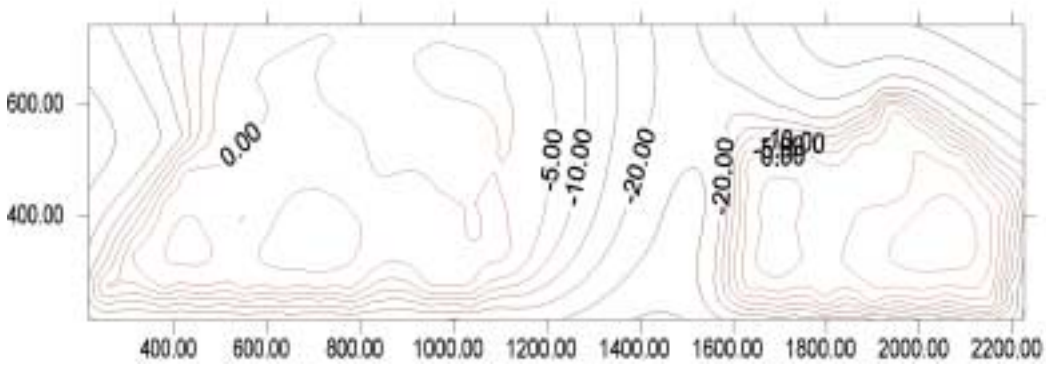
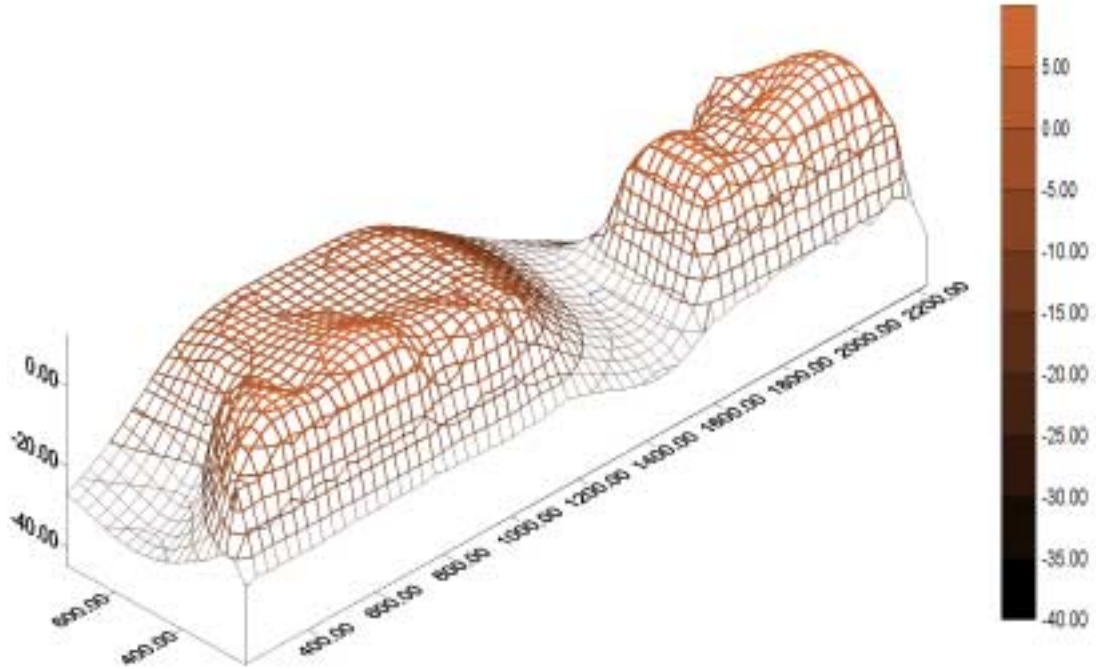
<그림 4-17>은 현재의 제1매립지와 제2매립지의 현재상태와 앞에서 예측한 20년 후의 매립지 상태를 3차원으로 나타내 본 것이다. 이 그림에서 보면, 침하에 따른 매립지의 변화 모습을 볼 수 있으며, 특히 산업폐기물 매립지역의 변화가 큼을 확인할 수 있다.

### PRESENT FIGURE (VIRTUAL)



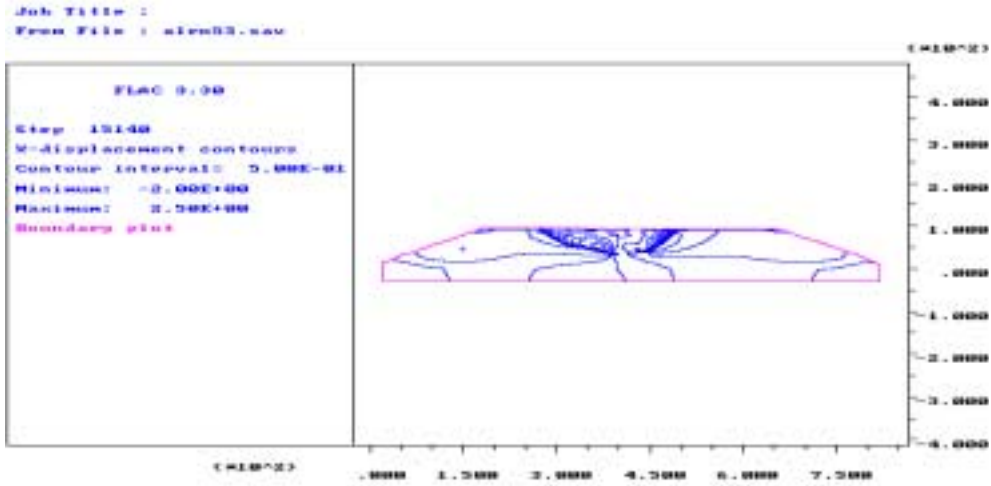
<그림 4-17> 현재와 20년 후의 상부표면의 표고변화 예측결과

## AFTER 20 YEARS

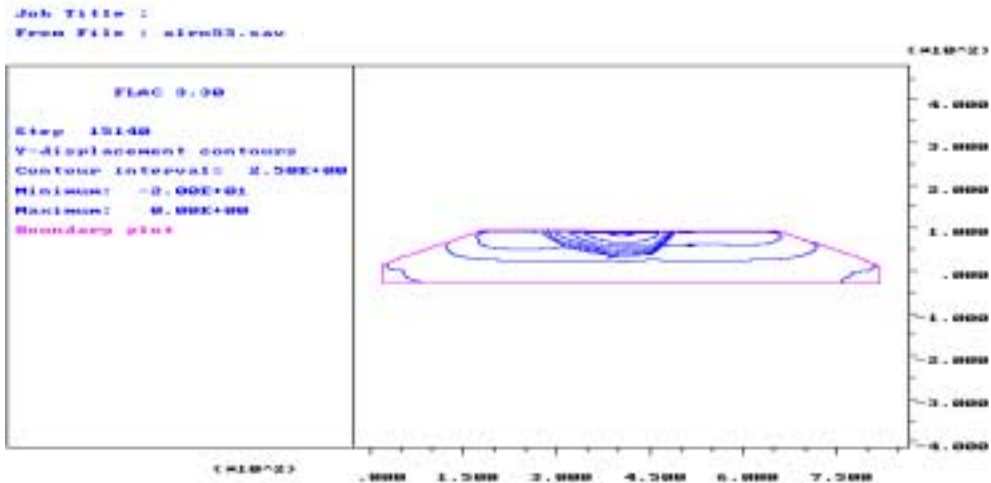


〈그림 4-17〉 계속

앞에서 보여준 침하예측은 침하판을 통한 계측치를 바탕으로 각종 장기예측 침하식을 이용하여 구한 값들이다. 그러나 이러한 예측치들은 앞으로의 추가 성토고를 고려하지 못한다는 점과 침출수위 변화에 따른 침하의 변화를 예측하지 못한 단점이 있다. 그러므로 FLAC을 이용하여 1m의 추가 성토를 하는 경우와 향후 양수로 인한 침출수위 하강 및 상승에 따른 변위를 파악하고자 하였다. 〈그림 4-18〉은 FLAC으로 산업폐기물 매립지역을 대상으로 향후 안정상태에 도달할 때까지의 전체 X변위, Y변위를 나타내고 있다.



a) 침출수위에서의 X변위



b) 침출수위에서의 Y변위

〈그림 4-18〉 FLAC에 의한 제1매립지 산업슬러지 매립구역의 변위해석 결과

이 지역은 고립 침출수위가 약 71m 가량의 높은 수위고를 나타내고 있는 지역이며, 더불어 액상의 산업폐기물이 투기된 지역이므로 다른 지역보다 평형상태에 도달했을때의 그 변위가 얼마만큼 발생할 것인지가 가장 중요한 사항이다. 이에, FLAC을 이용한 모델링 작업도 이 지역을 중심으로 행해졌다.

분석결과(〈그림 4.18〉)를 보면, X방향의 변위 범위는 -2.0~2.5m(←의 방향)이며, Y방향의 변위는 -20m정도의 변위를 나타내고 있다. 그렇지만 상부 성토를 10m로 잡았을 때의 결과이므로, 추가 하중이 계속될 경우는 이 변위보다 더 커질 우려가 있다.

## 第 V 章 모니터링 방안

제1절 모니터링의 필요성

제2절 매립층 안정화 측면에서의 모니터링의 구성요소

제3절 생화학적 요소들의 모니터링

제4절 지반환경적 요소들의 모니터링

제5절 모니터링 결과의 평가 및 보고

제6절 유지관리조직

## 제 V 장 모니터링 방안

### 제 1 절 모니터링의 필요성

사후관리하는 과정에서 매립지를 모니터링하는 목적은 크게 4가지 정도이다. 첫째, 매립지에 묻힌 폐기물의 생화학적 안정화 정도를 평가하는 것이다. 매립쓰레기가 분해되면 그 과정에서 가스와 침출수가 발생하게 되는데, 분해가 많이 이루어질수록 매립가스의 발생량이 줄고, 가스 내에 메탄가스의 함량이 줄어들게 된다. 또한 침출수의 성상에서도 유기물질의 함량이 줄어들게 된다. 둘째, 유해한 물질이 외부로 방출하는 것을 감시한다. 매립가스가 매립지 주변으로 이동하면 질식 또는 폭발할 가능성이 있으며, 침출수는 주변의 용수를 오염시킬 수 있다. 따라서 매립지 주변지역에 지하수 감시정이나 가스감지정을 설치하여 이들의 이동상황을 평가하게 된다. 셋째, 매립지의 물리적인 구조가 일정한 형태를 유지하게 하여 사후관리에 필요한 각종 설비들이 정상적으로 작동되게 한다. 상부의 토사가 유실되면 우수의 배제가 원활하지 못하게 되고, 배수구를 막아 부분적인 침수를 가져온다. 또한 부분침하가 발생하게 되면 우수배제설비와 가스추출설비들이 파손되거나 구배의 변화에 의해 우수나 가스의 원활한 흐름을 방해하게 된다. 설치류 등이 번식하면 차수설비 등을 훼손하여 침출수나 매립가스를 일정지역으로 누출시킬 수 있다. 넷째, 비용경제적으로 사후관리를 실시한다. 각종 모니터링 결과는 매립층의 생화학적 안정화 정도, 지반환경적 안정성 등을 파악할 수 있게 한다. 어느 정도의 기간까지 시설을 유지하고, 이를 관리하는 인력을 투입할 것인가는 유지관리비용의 과다를 결정하게 된다. 따라서 적절한 시점에서 부분적으로 관리를 완료할 필요가 있다.

### 제 2 절 매립층 안정화 측면에서 모니터링의 구성요소

매립층 안정화는 생화학적 안정화와 지반학적 안정화로 대별할 수 있으며, 이를 파악하기 위한 모니터링 구성요소로는 생화학적 안정화측면에서 매립가스와 침출수의 성분분석, 지반학적 안정화 측면에서 침하판, 경사계, 복토면 등에 의한 관찰, 모니터링 자료의 분석과 보고, 이상의 내용을 수행하기 위한 관리조직의 운영 등이 있다. <표 5-1>에는 이러한 내용을 정리했다.



〈표 5-1〉 매립층 안정화 측면에서 모니터링 요소

목 적	수 단
생화학적 안정성 평가	-매립가스 측정 : 발생량, 메탄, 산소, 이산화탄소의 함량 -침출수 분석 : 발생량, COD 농도
지반학적 안정성 평가	-지반침하 : 상부에 침하판 설치 및 운영 -사면안전성 : 경사계 설치 및 운영 -복토상태 : 복토면 유실상태 점검 -해충 억제 : 설치류 번식 억제 -이상과 관련된 시설의 적절한 운전
시간적 변화 분석	모니터링 결과의 정기적인 평가와 보고
체계적 관리	관리조직의 운영 및 효율적 관리

### 제3절 생화학적 요소들의 모니터링

#### 1. 침출수의 성상분석

침출수의 성상분석은 발생 침출수의 수질, 매립지경계 내외의 수질, 배경수질 등에 대해 이루어지며, 실시설계에서 제시한 항목과 분석빈도는 <표 5-2>와 같다. 이러한 조사계획은 폐기물관리법에서 정하는 규정을 준수하는 수준이고, 생화학적 안정성 평가를 위해서 필요한 요소들을 충분히 파악해야 한다. 분석회수가 과도하다는 지적도 있으며, 실제로 한국자원재생공사(1995. 12)에서는 연2회 측정하고 문제가 발생할 경우 분석회수를 늘리도록 권하고 있기도 하다. 또한 폐기물관리법, 한국자원재생공사(1995. 12), Philip Rushbrook등(1999)은 연차적인 분석과정에서 변화요인이 줄어들 경우 분석회수를 줄이도록 권장하고 있다.

따라서 이상의 내용들을 감안하여 다음과 같은 침출수 모니터링 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 매립폐기물의 생화학적 안정성을 평가하려면 침출수의 성분분석(COD<sub>Cr</sub>)과 함께 침출수의 양 분석이 중요하므로 모니터링 계획에 침출수 처리장의 유입수량이 포함되도록 해야 한다. 침출수의 양은 차수벽 외부의 지하수가 유입될 수 있으므로 차수벽 내외의 염소이온농도와 수위차 그리고 침출수 처리장의 유입수량과 염소이온농도를 이용하여 산정하며, 용이하지 못하면 강우와 매립지의 투수성을 이용한 물질수지방법을 활용한다.

둘째, 침출수 처리장으로의 유입수 농도는 월1회(실시설계에서는 주1회 제시)의 빈도로 측정하고, 연차적인 분석결과가 큰 차이가 없거나 뚜렷한 경향으로 줄어드는 경우 분석회수를 줄여나간다.

셋째, 차수벽 외부로의 침출수 유출을 평가할 때 일정시간 후에는 COD, 암모니아성 질소, 전기전도도 등 대체항목을 활용하므로써 전체 분석항목의 축소방안을 강구한다.

<표 5-2> 실시설계에서 제시한 침출수 모니터링 계획

구분	회수	분석항목
침출수	주	pH, BOD, COD <sub>Cr/Mn</sub> , SS, DO, TKN, TP, TDS, TOC, n-Hexane, Cl, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup> , Zn, Pb, Cu, Fe, Mg, K, Na, Ca, Phenol, 유기인, 대장균군수, 알카리도, 경도, 온도 ⇒34개 항목
차수벽 내외	분기	pH, BOD, COD <sub>Cr/Mn</sub> , SS, DO, TKN, TP, TDS, TOC, n-Hexane, Cl, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 대장균군수, 알카리도, 경도, 온도 ⇒18개 항목
매립지 내부	분기	pH, COD <sub>Cr/Mn</sub> , SS, NO <sub>3</sub> -N, 대장균군수, 염소이온, 전기전도도, 지하수위, 온도, Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup> , Phenol, 유기인, TCE, PCE ⇒19개 항목
배경수질	분기	pH, COD <sub>Cr/Mn</sub> , SS, NO <sub>3</sub> -N, 대장균군수, 염소이온, 전기전도도, 지하수위, 온도, Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup> , Phenol, 유기인, TCE, PCE ⇒19개 항목

주 : 분기는 2월, 5월, 9월, 11월

## 2. 매립가스 모니터링

실시설계에서 제시하는 매립가스 모니터링 방안은 <표 5-3> 과 같다.

<표 5-3> 실시설계에서 제시한 매립가스 모니터링 방안

종 류	채취지점	채취수량	분석주기
포집가스	상부추출정 2개소 사면추출정 3개소 처리시설 1개소	개소당 3개	분기
표면발산가스	상부 4개소 사면 4개소	개소당 3개	분기
감지정가스	감지정 5개소 (상암동 방향)	개소당 3개	분기
분석항목	주요성분 : CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> O ▶ 6개 항목 미량성분 : Benzene, Toluene, Xylene, Carbon-tetrachloride, Carbon-disulfide, Chloroform, Dichloro-methane, Tetrachloro-ethylene, Trichloro-ethylene ▶ 9개 항목		

주 : 분기는 2월, 5월, 9월, 11월

폐기물관리법에서는 유해물질을 매립한 매립지의 경우에 매립종료 후 5년까지는 분기 1회 이상, 매립종료 후 5년이 경과한 후에는 연 1회 이상으로 분석회수를 제시하고 있다. 따라서 실시 설계에서 제시한 계획은 폐기물관리법상의 규정을 만족시킨다고 보아야 한다. 문제는 상부나 사면으로 누출되는 가스이다. 현재 강제추출방법을 채택하고 있으므로 정상적으로 작동한다면 외부 누출은 없을 것으로 판단된다. 그렇지만 누출될 경우 감지는 결코 쉽지 않으며, 기상이 안정될 경우 상부와 사면에서 집적될 우려가 있다.

따라서 매립가스에 대한 다음과 같은 추가대책이 필요하다고 본다.

첫째, 관리도로를 따라 메탄함량을 측정하고, 1.25%(미국 EPA에서 제시하는 주변건물 내의 한계농도)를 초과할 경우 대책을 강구한다. 대책으로는 우선 가스추출량을 높이는 것이며, 관리도로에서의 농도가 5%(최저폭발한계)에 근접하면 사람의 출입제한도 필요하다.

둘째, 매립가스의 발생상태를 파악하기 위해 매립층의 온도를 지속적으로 점검한다.

셋째, 매립가스의 양을 모니터링 한다.

넷째, 측정기기에만 의존하지 말고 수풀의 고사여부, 겨울철의 경우 수증기 발생 지점 등을 점검한다.

## 제4절 지반환경적 요소들의 모니터링

### 1. 지반침하

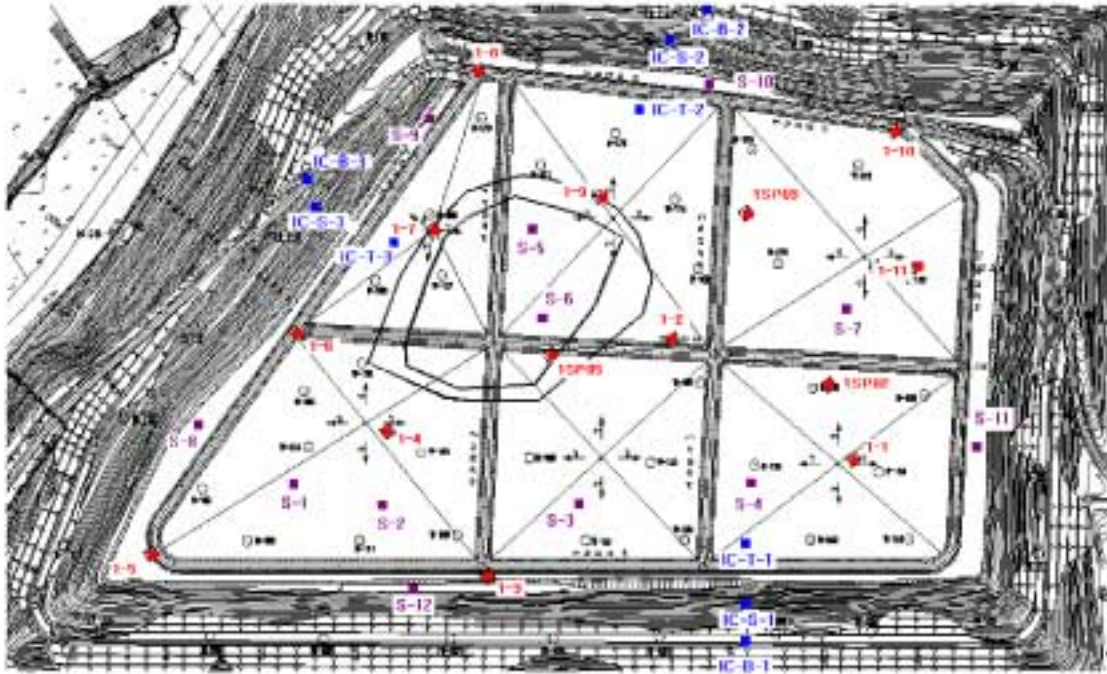
상부침하를 관찰하기 위해 실시설계에서는 제1매립지의 상부에 38개, 제2매립지의 상부에 28개 등 총 66개의 침하판 설치를 제시하고 있고, 설치위치는 북토정점과 상부관리도로이다. 4장의 침하분석에서 난지도매립지는 제1매립지의 침하폭이 크고, 부분적으로 침하량이 다르며, 그 원인은 2장에서 설명한 바와 같이 난지도매립지층의 쓰레기층이 분균일하게 분포하는데 원인이 있다고 지적하였다. 이러한 특성을 볼 때 침하계의 설치와 관리는 다음과 같은 점들을 보완해야 할 것이다.

첫째, 제1매립지 산업슬러지 집중매립지역은 정점과 관리도로 사이의 사면에 침하판을 추가로 설치한다. 그 위치는 <그림 5-1>의 보라색 지점(S1~S17)과 같다.

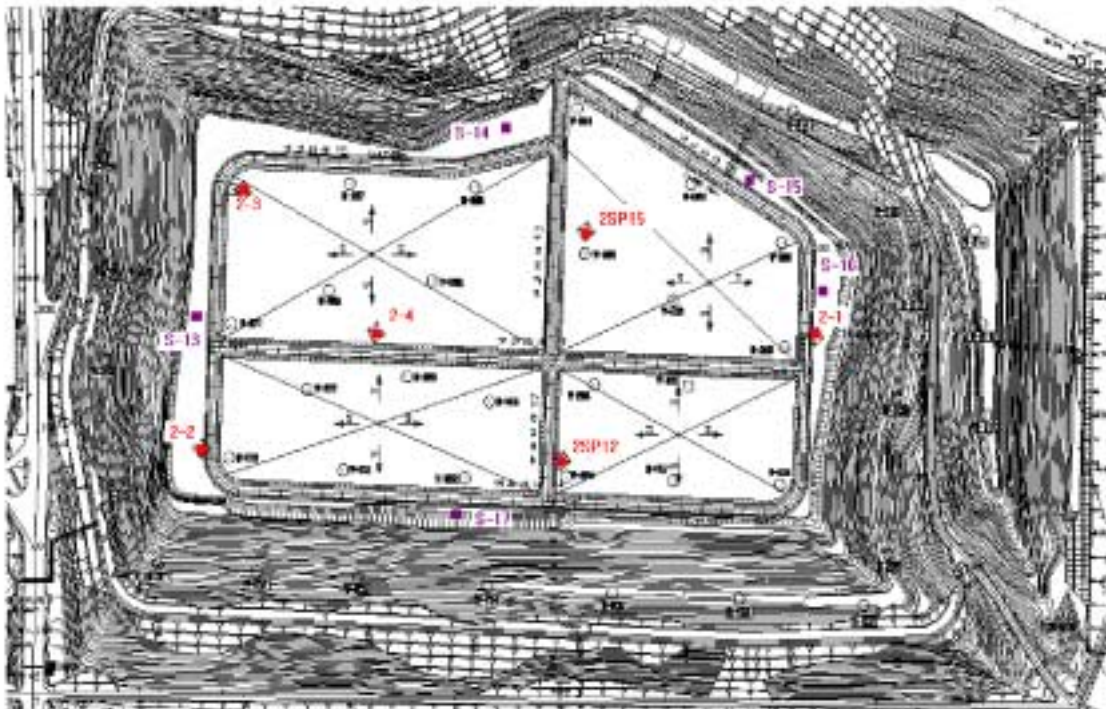
둘째, 측정회수는 폐기물관리법상 연 2회 이상으로 되어 있으나 제1매립지의 경우 분기별로 측정하고, 제2매립지는 연 2회 측정한다.

셋째, 침하 측정은 단위 지점에 대한 침하 평가만이 아니라, 최종북토의 경사유지에 활용될 수 있도록 한다.

a) 제 1 매립지



b) 제 2 매립지



적색 지점 : 본 연구에 이용된 침하판  
 보라색 지점 : 추가설치가 요구되는 침하판  
 청색 지점 : 추가설치가 요구되는 지중경사계

〈그림 5-4〉 추가설치가 요구되는 침하판과 지중경사계의 위치

## 2. 경사계

실시설계에서는 중간관리도로에 연하여 제1매립지에 9개소, 제2매립지에 8개소 등 총 17개소에 경사계를 설치할 것으로 제시하고 있다. 그렇지만 사면 안정성 분석결과에서 제1매립지의 B 및 C 단면이 안전율에서 상대적으로 취약한 것으로 나타났다. 따라서 다음과 같은 보완책을 제시한다.

첫째, 사면의 안정성이 우려되는 곳에 <그림 5-1>의 청색 지점에 추가로 경사계를 설치한다.

둘째, 매립층의 침출수위 상승이 사면의 안전율을 저하시키므로 침출수위의 변화를 정기적으로 관찰한다. 침출수위는 가스추출정을 이용하여 측정한다.

셋째, 측정은 침하판의 회수와 동일한 회수로 실시한다.

## 3. 복토면

실시설계에서는 함몰 및 균열 상태 점검, 침식제어, 동식물제어, 복토층의 적정두께 유지를 목적으로 복토층에 대해 <표 5-4>와 같은 검사기준을 제시했다. 그렇지만 복토면의 점검은 기본적으로 유실상태의 점검에 초점을 두어야 하며 다음과 같은 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 우수배제구 주변의 토사유실을 주의깊게 점검한다.

둘째, 쥐의 서식여부를 확인한다.

셋째, 토사유실의 점검은 장시간 집중호우 시, 폭우 후 및 해빙기에 집중한다.

<표 5-4> 실시설계에서 제시하는 복토층 검사기준

항 목	대 상	회수(회수/년)
두께	· 상부 · 사면부	· 2 · 4
표층밀도	· 상부, 사면부	· 4
유기물량	· 상부, 사면부	· 2
가스누출조사	가스유지관리지침 참조	

## 제5절 모니터링 결과의 평가 및 보고

모니터링 결과의 평가와 보고는 외부전문기관에서 실시하도록 한다. 측정결과는 측정이 완료된 시점에서 보고하며, 연 1회 종합평가보고서를 발간한다. 보고서에는 다음의 사항이 포함되도록 한다.

- 매립지의 개요
- 매립지에의 적용기술
  - 복토의 구조
  - 침출수 관리시스템
  - 매립가스관리시스템
  - 기술적 권고사항
  - 발전시스템
- 모니터링 결과 요약
  - 차단벽 내외수질
  - 배경수질
  - 침출수 및 처리수
  - 매립가스
  - 모니터링관련 권고사항
- 측정 및 분석결과의 승인확인 서류
- 결론
- 종합적 권고사항

## 제6절 유지관리조직

### 1. 관리조직의 역할

매립지 관리조직의 역할은 <표 5-5>와 같다. 관측시스템에 의한 측정, 평가는 외부전문기관을 활용한다.

<표 5-5> 매립지 관리조직의 역할

분 야	내 용
출입통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경계펜스의 관리 및 통제 안내판 설치</li> <li>· 쓰레기 투기 단속</li> </ul>
매립지 내부관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 화재 진화</li> <li>· 복토 유실상태, 침몰, 균열 등</li> <li>· 가스누출 상태 점검 및 보수</li> <li>· 침출수 누출상태 점검</li> <li>· 우수배제구 막힘 상태 점검 및 퇴적물 제거</li> <li>· 관리도로의 상태 점검 및 간이보수</li> <li>· 일상적 청소</li> <li>· 해충 및 설치류 번식 감시와 억제</li> </ul>
시설물 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 침출수 처리시설의 운영</li> <li>· 매립가스 연소처리시설의 관련 시설 운영</li> </ul>
행정사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일상 및 비상상황에 대한 상급기관 보고</li> <li>· 자산관리</li> <li>· 각종 사항의 보고</li> <li>· 모니터링 상황의 감독</li> <li>· 모니터링 결과 및 평가에 대한 중간점검</li> <li>· 모든 관측결과에 대한 기록의 보관, 유지</li> </ul>

### 2. 사면의 특별관리

사면 안정성 분석에서 제1매립지의 일부 사면이 미국 EPA에서 제시하는 허용안전율에 근접하는 것으로 나타났으며, 특히 매립층 침출수위에 많은 영향을 받는 것으로 분석되었다. 이에 사후관리과정에서 취약사면을 근접해서 관찰하고자 <그림 5-1>과 같이 사면에 경사계를 추가로 설치하도록 제시했다. 그렇지만 계측작업과 함께 육안관찰도 병행되어야 하는데, 사면에 이

상이 발생하면 시민공원으로 매립지를 활용할 경우의 인명사고 발생, 매립가스의 누출에 따른 안전사고 발생, 식생층의 붕괴와 쓰레기의 누출에 따른 미관저해 등을 야기시킬 가능성이 있으며, 매립지 관리체계의 전반이 불신을 받을 수 있다. 이에 다음과 같은 관리상의 노력이 요구된다.

첫째, 제1매립지의 2개 사면(<그림 5-1>)의 IC-S-1과 IC-B-1 지점, IC-S-2과 IC-B-2 지점을 특별관리지역으로 분류하여 관리한다.

둘째, 특별관리지역을 대상으로 일상적인 점검과 함께, 폭우 중, 강우 후, 해빙기 등에 집중적인 육안관찰을 실시한다.

셋째, 매립층의 침출수위를 관찰하고, 급격한 상승현상이 나타날 경우에도 해당지역의 사면을 관찰한다.

### 3. 처리시설 운영방안

매립지에서 처리시설은 크게 침출수처리시설과 매립가스처리시설이 있다. 이들을 비용경제적으로 운영하려면 다음과 같은 운영방안이 필요하다.

현재의 계획을 보면 침출수는 펜톤산화 후에 인근의 난지하수처리사업소로 이송된다. 그리고 침출수는 부분적으로 유기물함량이 높으나 집수정이 정상적으로 운영되면 희석에 의해 침출수 방류기준을 만족하는 경우도 많으리라 예측되고 있다. 이러한 여건을 감안할 때 침출수 처리시설의 운전은 침출수 처리시설의 유입 지점의 농도가 난지하수처리장 방류수의 기준을 만족하면 가동을 중단해도 무리가 없다고 판단된다. 단, 침출수 처리수를 내부에서 이용할 경우에는 침출수 처리시설의 지속적인 운영이 필요하다고 판단된다. 하수처리장 방류수의 주요수질기준은 BOD, COD, SS, TN, TP등이며, 침출수 모니터링 계획에도 이들 항목이 포함되어 있다.

가스처리시설의 경우에는 현재 매립가스를 지역난방용으로 이용할 계획이다. 그렇지만 어느 시점에서는 메탄가스의 함량이 낮아 경제성을 확보하기 어려울 것이다. 이 시점부터 매립가스는 연소기에서 연소해야 할 것이며, 연소기 가동시점은 매립가스를 지역난방열원으로 활용하는 조직에서 결정할 수 밖에 없다. 그리고 최종적으로 연소기의 가동도 중단하고 매립가스의 강제 추출이 불필요하게 되는 시점은 자연적으로 배출되는 매립가스 중 메탄의 함량이 5% 이내, 매립지 인접 지면의 대기 중 메탄농도가 1.25%를 초과하지 않을 때이다.



#### 4. 사후관리 종료시점

폐기물관리법에서는 사용종료매립지의 사후관리시점을 약 20년으로 규정하고 있으며, 오염물질의 외부유출상황을 검토하여 사후관리기간을 단축시킬 수 있다고 단서를 붙이고 있다. 미국의 매립규정은 사후관리기간을 30년을 규정하고 단축에 관한 단서조항을 두고 있다. 그리고 이와 관련된 보다 구체적인 사후관리종료기준들이 <표 5-6>과 같이 제시되고 있다. 표에 따르면 일본의 경우 매우 엄격한 사후관리 종료기준을 제시하고 있는데, 이러한 조건을 만족시키려면 20년 또는 30년의 사후관리기간은 턱없이 부족할 것으로 판단된다. 결국 국내의 여건에 맞는 사후관리규정이 시급히 마련되어야 하며, 사후관리의 법적 기간과 환경기준이 어느 정도 일치시키는 방향으로의 연구가 필요하다고 본다.

이상의 내용과 난지도매립지의 여건을 감안하여 다음과 같은 사후관리종료기준을 제시하고자 한다.

첫째, 양수를 하지 않는 상태에서 침출수가 주변 지하수의 수질을 악화시키지 않을 것.

둘째, 강제추출이 없는 자연발생적인 상태에서 매립가스의 메탄농도가 5% 미만, 상부 및 사면의 대기 중 메탄가스농도가 1.25% 이하, 2년 이상 매립가스의 증가가 관찰되지 않는 상태 등의 조건을 만족시킬 것.

셋째, 향후 난지도매립지의 부지활용계획이 수립되었을 때 그 용도에 따라 <표 5-7>과 같이 지반조건이나 지반대책을 만족할 것.

넷째, 매립층 내부의 온도가 인근의 지중 온도보다 과도하게 높지 않을 것.

다섯째, 이상의 조건을 모두 만족시킬 것이며, 사후관리과정에서 법적으로 사후관리종료기준이 마련되면 그에 따를 것.

〈표 5-6〉 매립지 사후관리 종료를 위한 평가기준 사례

구 분	사후관리 종료기준
<p>이남훈등 (2000.11)</p>	<p>1) 침출수 및 지하수                      ① 침출수의 수질결과 다음의 항목과 빈도에 대해 2년간 이상 수질조사 결과 배출허용기준등에 적합할 것.                      ▶ 배출허용기준항목에 대해 6개월에 1회 이상                      ▶ BOD, COD, SS에 대해서는 3개월에 1회 이상                      ② 단, 침출수 발생이 없을 경우에는 ①항목은 제외                      ③ 지하수의 수질조사 결과 지하수질이 기준에 적합할 것.</p> <p>2) 매립가스                      ① 매립가스의 발생이 거의 없거나 가스 발생량의 증가가 2년간 이상 걸쳐 나타나지 않을 것.                      ② CH<sub>4</sub>농도가 5% 이하 일 것.</p> <p>3) 매립폐기물                      ① 매립폐기물의 가연물함량이 5%미만이거나 C/N가 10 이하 일 것.                      ② 폐기물의 용출시험기준항목을 만족할 것.                      ③ 매립지 내부의 온도가 주변 지중 온도에 비해 과도하게 높지 않을 것.</p>
<p>일본 후생성</p>	<p>1) 처분장이 울타리, 팻말, 조정지, 침출수처리설비를 제거해도 구조기준에 적합하다고 인정 받을 것.</p> <p>2) 처분지외로 악취가 확산되지 않도록 필요한 조치가 강구되어 있을 것.</p> <p>3) 화재의 발생을 방지하기 위해 필요한 조치가 강구되어 있을 것.</p> <p>4) 쥐 등 해충이 서식하지 않도록 필요한 조치가 강구될 것.</p> <p>5) 지하수 등의 수질검사결과, 다음의 어느 경우에도 해당될 것. 단 수질의 악화가 확인되지 않은 경우에 한함.                      가. 현재의 지하수 수질기준에 적합할 것.                      나. 검사결과와 경향에 비추어 모든 항목이 기준에 적합할 것.</p> <p>6) 집배수설비에 모아진 침출수 등의 수질이 다음에 기재된 항목과 빈도로 2년 이상 연속적으로 측정된 수질결과가 배수기준등에 적합하다고 판단되는 경우                      가. 배수기준등 6개월에 1회 이상                      나. BOD, COD, SS 3개월에 1회 이상</p> <p>7) 매립지에서 가스발생이 거의 확인되지 않고, 가스발생의 증가가 2년 이상 확인되지 않을 것.</p> <p>8) 매립지 내부의 온도가 주위의 지중 온도에 비해 현저히 높지 않을 것.</p> <p>9) 대체로 50cm 이상의 복토에 의해 개구부가 없을 것.</p> <p>10) 우수의 유입이 없고, 부패성 침출수가 생기지 않는 폐기물만을 매립한 매립지의 경우에는 침하, 균열 등 기타변형이 확인되지 않을 것.</p> <p>11) 인근의 생활환경보전에 지장이 생기지 않을 것.</p>

〈표 5-7〉 사용종료매립지 부지의 용도와 매립지 상태

용도	매립지 상태 및 조건
공원, 녹지광장, 골프장	침하가 크게 발생하지 않는 곳
도로, 수로, 주차장, 운동장	침하가 비교적 적은 곳
목조가옥, 저층택지, 운동장	침하가 거의 발생하지 않는 곳
고층택지, 상업용지, 공업용지, 탱크기지	토지개량 필요
정밀구조물	매립층의 완전 굴착 필요

출처 : 한국건설기술연구원(1999)

## 第VI章 결론

## 제VI장 결론

난지도매립지의 매립특성을 이용하여 생화학적 안정성과 지반학적 안정성을 평가하고, 그 결과를 토대로 모니터링 방안을 강구하였다. 중요한 연구결과와 정책적 건의사항을 다음과 같이 간략하게 정리하였다.

### <중요연구결과>

- 난지도매립지의 역할 : 1978~1992년 기간동안 서울시에서 발생하는 폐기물의 78%를 수용했음.
- 입지적 특성 : 초기에는 주거공간과 격리되어 있었으나 시가지의 확장으로 주택지역이 근접하는 입지적 여건이 악화되었으며, 침출수의 차단기능이 약한 총적층에 조성되었음.
- 매립방법 : 제2매립지는 비교적 생활폐기물과 토사층이 공간적으로 고르게 분포하나 제1매립지는 산업슬러지와 생활폐기물이 공간적으로 편재되어 있음.
- 생화학적 안정성 : 분해가능물질을 기준으로 할 때 현재 약 70%가 분해되었다고 판단되며, 잔량의 분해에 앞으로 약 30년정도가 소요될 것으로 예상됨.
- 사면안정측면 : 과거 관리기록과 사면경사를 토대로 제1매립지 3개소, 제2매립지 2개소에 대한 사면 안정성을 평가한 결과는 다음과 같음.
  - 제1매립지가 제2매립지보다 구조적으로 취약함.
  - 제1매립지의 경우 한강측 중간사면과 상암택지개발지역측 중간사면이 허용안전율에 근접하고 있으며, 상부복토층의 두께 증가와 매립층의 침출수위 증가가 사면의 안전율을 낮추는 것으로 나타남.
  - 침출수위를 낮추어 주거나 사면부근의 상부복토를 6m 정도의 수준으로 유지하면 한계안전율을 만족시킬 수 있을 것으로 분석됨.
- 침하측면 : 제1, 2매립지에 침하판을 설치하여 단시간의 침하상황을 측정하고 기존자료와 실측자료를 토대로 침하상태를 예측한 결과는 다음과 같음.
  - 향후 20년간의 침하량을 예측한 결과 제1매립지의 경우 117.6mm~1,463.1mm, 제2매립지의 경우 47.6~225mm로 제1매립지의 침하가 클 것으로 평가됨.
  - 제1매립지의 경우도 지점별로 침하량이 크게 다른데, 생활폐기물이나 산업슬러지가 집중 매립된 지역 또는 이들의 혼재매립지역의 침하량이 크게 나타남.

## <정책건의사항>

- 안정화지수를 활용하여 시민들에게 당시의 생화학적 분해상태를 알리며, 앞으로의 연차적인 안정화지수를 평가하려면 사후관리과정에서 침출수의 양과 성분, 매립가스의 양과 성분을 분석해야 함.
- 사면의 안정성 확보 방안
  - 침출수 집수정을 적절하게 가동하여 매립지 내부의 침출수위를 낮춤.
  - 제1매립지의 사면취약 지점 상부에 6m 이상의 복토를 억제함.
- 침출수 모니터링
  - 매립폐기물의 생화학적 안정성을 평가하기 위해 침출수의 성분분석과 함께 침출수의 양도 분석함.
  - 실시설계에서 제시한 주1회의 분석회수를 월1회로 줄이고, 앞으로의 모니터링 결과를 분석하여 특별한 변동사유가 없는 경우 분석회수를 줄여나감.
  - 차수벽 외부로의 침출수 유출을 평가할 때 일정시간 후에는 COD, 암모니아성 질소, 전기전도도 등 대체지표를 활용하므로써 분석항목을 대폭 축소함.
- 매립가스 모니터링
  - 매립지의 관리도로를 따라 대기 중의 메탄함량을 측정하여 이에 따른 폭발가능성 및 인체에의 유해한 영향을 배제함.
  - 매립층의 분해활성도를 파악하기 위해 추출정의 매립가스를 이용하여 매립층의 온도를 지속적으로 점검함.
  - 매립가스의 양을 모니터링 함.
  - 매립가스의 상부 및 사면누출을 평가하기 위해 측정기기에만 의존하지 말고, 수풀의 고사 여부, 겨울철의 경우 수증기 발생 지점 등을 점검함.
- 지반침하 모니터링
  - 제1매립지의 산업슬러지 매립지역은 현재 거의 모든 침하판이 매몰 또는 소실된 상태이므로 앞으로의 모니터링을 위해서는 침하판의 추가 설치가 필요함.
  - 제1매립지는 산업슬러지 매립지역을 제외한 지역에 대해서도 전체적으로 침하 모니터링이 요구됨.

- 매립지 상부에 본 연구를 수행하기 위해 설치된 침하판 이외에 약 7개 정도의 침하판을 제1매립지와 제2매립지 전체 주변 도로에 설치하며, 상부 및 지반이 비교적 단단한 도로지역과 그 침하의 연계성을 모니터링함. 구체적인 위치는 본문(<그림 5-1>)에 제시했음.
  - 측정회수는 폐기물관리법상 연 2회 이상으로 되어 있으나 제1매립지의 경우 분기별로 측정하고, 제2매립지는 연 2회 측정함.
  - 침하측정은 단위 지점에 대한 침하평가만이 아니라, 최종복토의 경사유지에 활용될 수 있도록 함.
- 경사계 모니터링
    - 제1매립지의 한강방향 사면 중 1개 지점과 한강반대방향 사면 중 1개 지점 등 2개 지점의 사면이 한계안전율에 근접하므로 이 지점에 대한 모니터링을 위해 중간관리도로를 중심으로 상하측 사면에 1개씩의 지중경사계를 설치하여 관리함. 이들 경사계는 실시설계에서 제시하지 않고 있으므로 추가적으로 설치되어야 하며, 설치위치는 본문(<그림 5-1>)에 제시했음.
    - 측정은 침하판의 회수와 동일하게 실시함.
- 복토면 모니터링
    - 우수배제구 주변의 토사유실을 주의깊게 점검함.
    - 공원 및 골프장 조성시 식물 뿌리가 차수막에 손상을 입히지 않도록 고려하여야 함.
    - 쥐의 서식여부를 확인함.
    - 토사유실의 점검은 장시간 집중호우 시, 폭우 후 및 해빙기에 집중함.
- 모니터링 결과의 평가 및 보고
    - 모니터링과 그 결과의 평가는 외부전문기관에 위탁함.
    - 모니터링 결과는 측정즉시 보고하며, 매해 종합평가서를 발간함.
    - 종합평가서에는 매립지의 개요, 적용기술, 모니터링 결과요약, 결과의 승인확인 서류, 결론, 종합적 권고사항이 포함되도록 함.

- 매립지 유지관리조직은 다음의 업무를 담당함.

분 야	내 용
출입통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경계펜스의 관리 및 통제 안내물 설치</li> <li>· 쓰레기 투기 단속</li> </ul>
매립지 내부관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 화재 진화</li> <li>· 복토 유실상태, 침몰, 균열 등</li> <li>· 가스누출 상태 점검 및 보수</li> <li>· 침출수 누출상태 점검</li> <li>· 우수배제구 막힘 상태 점검 및 퇴적물 제거</li> <li>· 관리도로의 상태 점검 및 간이보수</li> <li>· 일상적 청소</li> <li>· 해충 및 설치류 번식 감시와 억제</li> </ul>
시설물 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 침출수 처리시설의 운영</li> <li>· 매립가스 연소처리시설의 관련 시설 운영</li> </ul>
행정사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일상 및 비상상황에 대한 상급기관 보고</li> <li>· 자산관리</li> <li>· 각종 사항의 보고</li> <li>· 모니터링 상황의 감독</li> <li>· 모니터링 결과 및 평가에 대한 중간점검</li> <li>· 모든 관측결과에 대한 기록의 보관, 유지</li> </ul>

- 사면의 특별관리

- 제1매립지의 2개사면(<그림 5-1>의 IC-S-1과 IC-B-1 지점, IC-S-2과 IC-B-2 지점)을 특별관리지역으로 분류하여 관리함.
- 특별관리지역에는 일상적인 점검과 함께, 폭우 중, 강우 후, 해빙기 등에 집중적인 육안관찰을 실시함.
- 매립층의 침출수위를 관찰하고, 급격한 상승현상이 나타날 경우에도 해당지역의 사면을 관찰함.

- 매립가스 대책

- 매립층 상부 및 사면의 대기 중 메탄농도가 1.25%를 초과하는 경우 : 가스추출량을 늘려 발산량을 줄임.
- 매립층 상부 및 사면의 대기 중 메탄농도가 5%에 근접하는 경우 : 최저폭발농도이므로 사람의 출입을 통제하고 원인분석 후 대책을 수립함.



○ 처리시설의 운영방안

- 침출수 처리시설 : 침출수 수질이 난지도 하수처리사업소의 방류수 수질기준을 만족하면 처리시설의 운영을 중단함. 이 경우 기준항목은 BOD, COD, SS 등 일반적인 하수처리장 방류수 기준항목에 한정함.
- 매립가스 처리시설 : 매립가스의 활용상 경제성이 상실되면 연소기로 처리하고, 자연발생 매립가스 중의 메탄함량이 5% 미만, 상부 및 사면의 대기 중 메탄함량이 1.25% 이하이면 강제추출을 중단함.

○ 사후관리 종료 기준

- 양수를하지 않는 상태에서 침출수의 수질이 주변 지하수의 수질을 악화시키지 않을 것.
- 강제추출이 없는 자연발생적인 상태에서 매립가스의 메탄농도가 5% 미만, 상부 및 사면의 대기 중 메탄가스농도가 1.25% 이하, 2년 이상 매립가스의 증가가 관찰되지 않는 상태 등의 조건을 만족시킬 것.
- 향후 난지도매립지의 부지활용계획이 수립될 되었을 때 그 용도에 따른 지반조건을 만족하고, 아니면 별도의 대책이 수립될 것.
- 매립층 내부의 온도가 인근의 지중 온도보다 과도하게 높지 않을 것.
- 이상의 조건을 모두 만족시킬 것이며, 사후관리과정에서 법적으로 사후관리종료기준이 마련되면 그에 따를 것.

## 참고문헌

## 참 고 문 헌

---

- 건설부, 한강하상변동조사보고서(제5권), 대한기술공단, 1967.
- (주)대우엔지니어링, “난지 매립지 상부활용에 따른 기초 지반학적 안정성 분석 착수보고서”, 2000. 3
- 박현일, 이승래, 라일웅, 성상열 “난지도 쓰레기 매립지 침하 특성”, 한국지반공학회, 1996. 6
- 서울시정개발연구원, 지도로 본 서울, 1994.9
- 서울특별시 “난지도매립지 안정화공사 실시 설계 보고서”, 1996. 9
- 서울특별시, 「서울시정」, 1988~1993.
- 서울특별시, 「시정」, 1978~1987.
- 서울특별시, 「시정개요」, 1962~1977.
- 서울특별시, 난지도매립지 안정화공사 기본설계보고서, 1994.11.
- 서울특별시, 서울시 난지도폐기물 입체위생매립사업 환경영향평가보고서, 서울시립대 수도권개발 연구소, 1985.1.
- 서울특별시, 한강종합개발 기본계획보고서, 1983.5.
- 신금주, “쓰레기 시책방향과 관리실태”, 서울특별시공무원교육원 발간 「청소행정과정 교재」, 1996.
- 이남훈, 김경 외 3명, “폐기물매립지 안정화 평가기법 개발에 관한 사례연구”, 한국폐기물학회지, 2000,11, pp. 53~56
- 이승우, 박중배 외 4명, “침하예측을 위한 쌍곡선 식의 신뢰성 평가에 관한 연구”, 한국지반공학회지, 1997.12
- 이재영, 김학수 (1996) “불량쓰레기 매립지에 대한 물리탐사 적용사례 연구”, 한국토양환경학회지, 제1권, 제1호, pp. 29~38
- 이재영, 최상일 (1996) “겨울철 조건하의 폐기물 매립지 복토층 붕괴에 따른 침출수 변화에 관한 연구”, 한국수질보전학회지, 제12권 제3호, pp. 305~311
- 이재영 (1997) “폐기물 매립지반의 최종복토층과 바닥층에 관하여”, 환경관리공단 10주년 기념 세미나
- 이송, 이재영, 김홍석 (1999) “폐기물 매립지 고화토 포설시 동결 / 융해에 관한 연구”, 한국폐기물학회 춘계학술발표회
- 이종규, “토질역학”, 경문출판사, 1990
- 이종규, 장서만, “사면안정 해석에 관한 비교 연구”, 대한토목학회논문집, 1996.7

- 조순행, “난지도매립지 침출수 관리방안”, 난지도매립지 침출수처리계획 심포지움 자료집, 2000.5
- 한국자원재생공사, “사용종료매립지의 적정사후관리방안”, 1995, 12
- Bjarnagrd A. and Edgers, L., "Settlement of Municipal Solid Waste Landfills," Proceedings of the Thirteenth Annual Madison Waste Conference, Madison, WI, 1990
- Bowles, J. E., “Physical and Geotechnical Properties of Soils”, McGraw Hill, p. 212
- Braja M. Das, "Principles of Geotechnical Engineering, The Third Edition", PWS Publishing Company, 1994
- Carol J. Miller and Jai-Young Lee (1999) "Response of Landfill Clay Liners to Extended Periods of Freezing", Engineering Geology. Vol.51, pp. 291~302
- Coduto, D. P. and Huitric, R., "Monitoring landfill movements using precise instruments," Geotechnics of Waste Fills—Theory and Practice, ASTM STP 1070, 1990., pp. 358~370
- Dodt, M. E., Sweatman, W. R. and Bergstorm, "Field measurements of landfill surface settlements", Geotechnical practice for waste disposal, ASCE, 1987, pp. 406~417.
- Edil. T. B., Ranfuette, V. J., and Wuellner, W. W., " Settlement of Municipal Refuse", Geotechnics of Waste Fills—Theory and Practice: ASTM STP 1070, ASTM, Philadelphia, PA, 1990
- Gibson, R. E., and Lo, K. Y., "Theory of Consolidation for Soils Exhibiting Secondary Compression," ACTA Polytechnic Scandianavica, 1961
- Jai-Young Lee (1994) "A Study on the Thermal Conductivity and Moisture Contents of Cover Liner in the Landfill", 제1회 한·일 폐기물 학회 공동발표회(영어), 한국폐기물학회 공동발표회, 한국폐기물 학회, pp. 181~188
- Kwong, A., "Geotechnical investigation of sanitary landfills.", M. Sc. Eng. thesis, Department of Civil Engineering, University of New Brunswick, 1982.
- Landva, A. O. and Clark, J. I., "Geotechnics of waste fill", Geotechnics of waste fills—theory and practice, ASTM, STP 1070, Philadelphia, 1990, pp. 86~103.
- Landva, J., "Investigation of the geotechnical properties of sanitary landfills", Senior Report, Department of Civil Engineering, University of New Brunswick, 1982.
- Morris D. V. and Woods, C. E., "Settlement and Engineering Considerations in Landfill and Final Cover Design," Geotechnics of Waste Fills—Theory and Practices, ASTM SPT 1070, ASTM, Philadelphia, PA, 1990

- Oweis, I. S. and Khera, R. P., "Geotechnology of Waste Management", Butterworths, pp. 17  
1~174, 1990.
- Philip Rushbrook and Michael Pugh, Solid Waste Landfills in Middle- and Lower-Income  
Countries a Technical Guide to Planning, Design and Operation, WORLD BANK  
TECHNICAL PAPER No. 426, 1999.
- Rao, S. K., Moulton, L. K., and Seals, R. K., "Settlement of refuse landfills", Proc. Speciality  
Conf. of Geotech. Engr. Practice for disposal of Solid Waste Material, Ann Arbor,  
Michigan, 1977, pp. 574~598.
- Rushbrook PE, "Getting from Subsistence Landfill to Sophisticated Landfill", Proc. ISWA '97  
World Conference, Wellington, New Zealand, 1997.
- Sheurs, R. E. and Khera, R. P. "Stabilization of a sanitary landfill to support a highway.",  
Transp. Research Board, Transp. Research Record No. 754, 1980. pp. 46~53.
- Siegel, R. A., Robertson, R. J., and Anderson, D. G., "Slope stability investigation at a  
landfill in Southern California", Geotechnics of Waste Fills—Theory and Practice, ASTM  
SPT 1070, 1990.
- Sohn, K. C. and Johnson, A. M., "Factors affecting determination of stability and settlement  
of sanitary landfills", The 5th international symposium on solid waste management  
technology, Seoul, 1991, pp. 207~241.
- Sowers, G. F., "Foundation problems in sanitary landfill", Journal of the sanitary engineering  
division, ASCE, Vol. 94, No. 1, 1968, pp. 103~182.
- Sowers, G. F., "Settlement of Waste Disposal Fill", Preceeding of the 8th International  
Conference for soil Mechanics and Foundation Engineering, 2, Part 2, 1973
- USEPA, Municipal Solid Waste Landfill Criteria, Subpart F. Closure and Post-Closure,  
1993.104
- Yen, B. C. and Scanlon, B., "Sanitary Landfill Settlement Rates", Journal of Geotechnical  
Engineering, ASCE, Vol. 105, No. GT5, pp. 475~487, 1975.
- Zimmerman, R., "A mathematical model for solid waste settlement", A Dissertation submitted  
to the graduate school of Northwestern Univ., 1972
- 三宅弘文, "最終処分場と維持管理", 1989

## 부록

1. 지반학적 안정성 평가를 위한 항목별 기초자료
2. 난지도매립지 매립층의 시추조사 결과

## 부록 1

### 지반학적 안정성 평가를 위한 항목별 기초자료

#### 제1절 개요

난지도매립지의 경우, 92년부터 기본 계획을 실시, 94년에 기본설계, 96년에 실시설계를 하였고, 현재는 '밀레니엄 개발'을 위해 안정화 공사가 진행 중에 있다. 이러한 몇 차례의 계획과 설계는 지반 안정화 측면에서 볼 때, 그 당시의 상황에 따라 약간의 변경사항들이 있으며, 그런 변화내용을 확인하는 것은 지반학적 안정성 평가를 위한 정확한 모델링에 있어 중요한 부분 중에 하나이다. 또한, 난지도매립지의 경우, 불량 매립지로서 매립이력이 균질한 분포를 이루지 못하고 있으며, 공사 기간동안 시공사의 변경 등으로 인하여 자료 확보가 충분한 상태가 아니었다. 그러므로, 기존 자료들의 충분한 검토가 선행되었으며, 지반 안정 평가를 위한 각 부분별로 정리하였다.

#### 제2절 각 항목별 설계 변화 및 그 결과

##### 1.지반조사

###### 1.1 지반조사 목적 및 범위

폐기물의 성분분석, 사면 안정 검토를 위한 토질정수 산정, 하중 및 시간에 따른 매립지반의 장기침하특성 규명, 수직차수벽의 최적공법 선정과 경제성 검토 등에 필요한 기초자료를 제공하는데 있었다.

###### 1.2 조사방법

매립지 내부의 물리적 특성을 파악하기 위해 여러 가지 현장 측정이 실행되었다. 그러나, 기반암과 같은 원지반은 현재 상태에서 시추가 불가능하므로 92년도에 기본계획시의 토질 조사나 지반에 대한 측정 기록들은 94년 기본설계, 96년 실시설계, 그리고 현재에 이르기까지 기본이 되는 자료로 사용되었다.

〈표 1〉 시추조사에 사용된 기구 및 위치

위치	수량	machine	공경	심도	비고
산업 폐기물	5	rotary	NX	30m	지반조사용
슬러지매립장	3	rotary	NX	30m	조사, 슬러지매립량 추정
사면부	8	rotary	4"	30m	조사, 경사계 설치용
매립표면부	2	barber	8"	50m	조사, 침하계 설치용
매립표면부	1	crane, grab	1m	45m	조사, 가스추출용
매립표면부	4	barber	20"	15~60m	조사, 가스감지용
매립표면부	1	barber	8"	50m	양수, 수리분산시험
매립표면부	1	barber	10"	50m	piezometer 5개
매립표면부	14	rotary	NX	30m	조사, 지하수 조사공

다음은 다양한 측정 방법들을 소개하고 있다.

- ① 시추조사 : 지반공학적 자료를 수집하는데 있으며, 이 조사의 구체적인 내용은 <표 1>에 나타내었다.
- ② 표준관입시험 : 지층의 구성성분 파악과 실내시험용 시료채취를 목적으로 시행되었으며, 시추작업과 병행하여 매 1.5m 및 지층 변화구역에 대해 KS F 2318의 규정에 따른 시험을 실시하였다.
- ③ 동적 cone 관입시험 : 조사부지의 사면부와 터지(plateau:정상부의 평탄한 부분)등 총 7개에 실시하였으며, cone관입 저항치의 범위는 약 5~25이며, 평균 15를 나타내고 있다.
- ④ 현장 들밀도 시험 : 지표로부터 3~4m 깊이의 원지반 상태의 밀도를 파악하기 위해 실시하였으며, KS F 2311 규정을 따르고 있다. 들밀도 시험의 대략적인 범위는 1.27~1.80 t/m<sup>3</sup>를 나타내고 있다.

〈표 2〉 매립지 내·외부의 표준관입시험 결과

매립지 내부	심도에 따른 표준관입시험 N치의 변화는 분산정도가 심하지만 대개 중립의 상대밀도를 보이고 있으며, 심도가 깊어질수록 증가하는 경향을 보인다.
매립지 외곽부	N치의 변화는 최소 3에서 최대 50정도로 매우 느슨하거나 조밀한 상태이고 평균 N치는 22정도로서 일반적으로 medium한 상태이다.

- ⑤ 현장투수시험 : 주입법(pour-in method), slug test에 의한 실험하였다. 주입법의 경우  $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$  를 나타나며 변화가 심한 양상을 보였다. 또한, slug test의 경우  $1.55 \times 10^{-4} \sim 9.35 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$  이고, 평균값은  $4.22 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$  로 주입법과 비슷한



양상을 보였다.

- ⑥ 실내실험 : 폐기물 매립토의 물리·화학(입도분포, 비중, 함수량, 유기물함량시),역학특성(직접전단실험, 암밀시험, creep시험)을 살펴보기 위한 실험이다. 입도분포는 균등계수  $C_u = 4 \sim 30$ , 유효입경  $D_{10} = 0.3 \sim 1.3\text{mm}$ 의 범위를 보이며, 조사위치에 따라서 다소 차이가 있다고 나타났다. 이러한 양상을 보이는 토양은 통일분류법에 의하면 SW, SP로 분류된다. 함수비는 10~30% 이내이며, 비중은 유기물함량이 30%이상인 경우  $< 2.0$  이고, 전체적으로 폐기물층의 비중은 2.14~2.70 의 범위를 나타내고 있다. 이 외에 쓰레기 성상 분석을 하였으며, 시료를 주개류, 풀·잡초류, 종이류, 섬유류, 목재류, 프라스틱류, 고무·가죽류, 유리·초자류, 금속류, 기타(토사, 연탄재 등)등 10개 항목으로 나누어 실시하였다. 주성분으로는 연탄재를 비롯한 토사류이며, 분해가 쉬운 주개류와 풀·잡초류는 발견되지 않았다. 마지막으로, 유기물함량은 위치에 따라 28~24.5%로 차이를 보이고 있다.

### 1.3 조사 결과

난지도매립지의 지반환경은 크게 기반암층, 풍화대층, 충적층, 매립층, 그리고 현재 성토층(상부, 사면)으로 구성되며, 이러한 구분은 각종 시추조사와 실내실험을 통한 결과이다. 기반암은 선캄브리아기의 편마암으로 분포하고 있으며 지표로부터 쓰레기층을 포함하는 매립층, 상부 세립층, 하부 조립층으로 분포된 충적층, 풍화대층, 연암층으로 구성된 기반암층으로 분류된다.

당시, 시추공의 길이가 약 30m이고, 당시 원지반이 아닌 매립고에서 들어갔으므로 기반암이나 풍화대의 정확한 위치를 파악하는 것은 어렵다. 그러나 부분적으로 기반암의 존재를 확인할 수 있었으므로, 기반암이나 풍화대의 경우 대략적인 위치를 파악하였다.

또한, 시추조사시 채취한 환경시료들에 대하여 각 토질에 대한 물리적 특성을 파악하기 위한 실내실험이 실시되었다. 본 연구 수행에 있어서 지반환경의 경우는 기존의 기본설계와 실시설계 보고서를 참조하였으며, 매립층의 경우는 새로 현장실험을 실시하여 물성을 파악하였다. 이러한 결과 값은 <표 3>에 나타냈었다. 표준관입시험시 채취된 교란시료들은 토질 및 채취심도에 따라 대표적인 시료를 선정하여 각 시료들에 대하여 함수비, 비중, 입도분석, 액성한계, 소성한계, 수축한계시험등을 실시하였으며, 시료부위에서 채취한 bulk 시료에 대해서는 실내다짐 및 실내투수다짐을 실시한 자료이다(토질조사보고서).

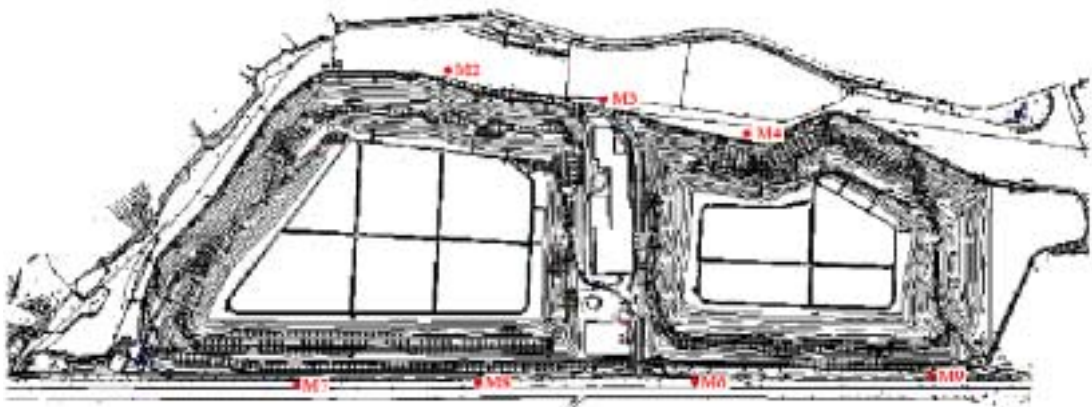
지반 환경에서의 실내투수실험 결과 투수계수가 큰 값은  $10^{-4}$ 을 보이고 작게는  $10^{-7}$ 을 나타내고 있다. 이것을 다시 분류해보면 제1매립지 지역의 지반이 제2매립지보다 투수계수가 더 작게 나왔으며, 난지도매립지 전체의 지반환경은 지역적으로 차이가 있음을 알 수 있다.

또한, 침하와 사면 안정 해석을 위한 토양 물성치를 정리하였다. 첫 번째로 94년도 기본설계

와 96년도 실시설계에서의 물성치를 정리하였고, 두 번째는 본 연구를 위해 실행한 현장측정 및 실내 실험결과이다. 실제로 측정한 자료들은 차수막과 더불어 성토작업이 어느 정도 이루어진 상태였기 때문에 시추작업은 불가능하였다. 그러므로, 아직 성토가 다 이루어지지 않은 사면부의 상부와 중부, 하부로 나누어서 시료를 채취하였으며, 이것을 가지고 대형전단실험 등 다양한 토성실험을 하였다.

<표 3> 기존 설계시 조사된 지반환경조사 결과

내용	지역공번	지 질 발 달 상 태							정 호 자 재			지하 수위 (BMP)	지하 수위 (E)	표고	
		매립 층쓰 레기 포함	총적층			풍 화 대 층	기 반 암 층	총 심 도	무 공 관	유 공 관	계				
			상부 점성토 사질토	하부 모래질 자갈	계										
상 면	M1	'92	16.1	3.0		3.0	0.4	2.5	22.0	6.0	13.5	19.6	2.82		
		'94	6.0	3.3	9.8	13.1	0.4	2.5	22.0	-	-	-	2.49	4.811	7.301
	M2	'92	4.2	5.5	12.3	17.8	-	-	22.0	5.0	13.0	18.0	3.14		
		'94	4.2	5.5	12.3	17.8	-	-	22.0	5.0	13.0	18.0	2.96	5.185	8.145
	M3	'92	3.8	9.9	4.7	14.9	-	-	18.4	4.5	13.5	18.0	4.92		
		'94	3.8	9.9	4.7	14.6	-	-	18.4	4.5	13.5	18.0	4.75	5.284	10.034
	M4	'92	2.8	8.8	10.9	19.7	-	-	22.5	6.2	14.8	21.0	9.322	4.09	5.232
		'94	2.8	8.8	10.9	19.7	-	-	22.5	6.2	14.8	21.0	9.322	4.09	5.232
강 면	M6	'92	1.4	11.8	12.1	23.9	16.9	3.8	46.0	6.0	16.0	22.0	15.025	10.85	4.175
		'94	1.4	11.8	12.1	23.9	16.9	3.8	46.0	6.0	16.0	22.0	15.025	10.85	4.175
	M7	'92	9.4	9.4	10.4				22.0	7.5	14.0	21.5	10.66		
		'94	2.2	9.4	10.4	19.8	-	-	22.0	7.5	14.0	21.5	10.43	3.805	14.235
	M8	'92	9.4	9.4	7.3		-	-	22.3	11.0	11.0	22.0	10.68		
		'94	5.6	9.4	7.3	16.7	-	-	22.3	11.0	11.0	22.0	10.48	3.99	14.47
	M9	'92	5.5	7.5	16.5	24.0	3.0	-	32.5	8.0	13.6	21.6	15.211	11.22	3.991
		'94	5.5	7.5	16.5	24.0	3.0	-	32.5	8.0	13.6	21.6	15.211	11.22	3.991



<그림 1> 지반환경조사 지점 표시도

<표 4> 기존 설계시 조사된 지점별 토질정수

	시추공번	심도 (m)	함수비 (%)	비중	액성한계 (%)	소성지수	수축한계	통일분류	비고
제 1 매 립 지	M-2	5.0	17.9	2.658	NP	NP	-	SM	매립층
		9.0	20.9	2.626	NP	NP	-	SP	충적층
	M-3	3.0	25.5	2.632	NP	NP	-	SP-SM	매립층
		5.0	32.9	2.670	NP	NP	-	ML	충적층
		10.0	21.0	2.664	NP	NP	-	SM	충적층
	M-7	5.0	21.8	2.660	NP	NP	-	SM	충적층
		10.0	21.1	2.657	NP	NP	-	SM	충적층
	M-8	3.0	14.4	2.648	NP	NP	-	SP-SM	매립층
		11.0	24.2	2.643	NP	NP	-	SP-SM	충적층
	제 2 매 립 지	M-4	4.0	25.9	2.659	NP	NP	-	SM
9.0			21.8	2.642	NP	NP	-	SP-SM	충적층
M-6		4.0	13.7	2.659	NP	NP	-	SM	충적층
		26.0	22.9	2.663	NP	NP	-	Sm	풍화대층
M-9		5.0	20.6	2.669	NP	NP	-	SM	매립층
		9.0	14.7	2.666	NP	NP	-	SM	충적층
		30.0	20.4	2.670	31.7	15.8	16.2	SC	풍화대층

<표 5> 기존 설계시 실내다짐 및 투수시험 결과이다.

채취지점	함수비(%)	비중	최적건조밀도 (t/m <sup>3</sup> )	최적함수비 (%)	실내투수계수 (cm/sec)	통일분류
M-1-1	19.7	2.663	1.716	17.2	2.596×10 <sup>-6</sup>	SM
M-1-2	21.2	2.667	1.708	18.1	2.936×10 <sup>-6</sup>	SM
M-2	19.9	2.678	1.720	17.5	9.598×10 <sup>-7</sup>	SM
M-3-1	23.1	2.653	1.826	14.2	1.610×10 <sup>-5</sup>	SM
M-3-2	20.8	2.656	1.712	14.7	3.136×10 <sup>-5</sup>	SM
M-4	8.8	2.665	1.812	14.8	1.209×10 <sup>-4</sup>	SM
M-6	19.8	2.676	1.674	19.3	4.436×10 <sup>-5</sup>	ML
M-7-1	18.1	2.661	1.752	16.5	4.673×10 <sup>-6</sup>	SM
M-7-2	16.8	2.668	1.762	16.3	1.653×10 <sup>-6</sup>	SM
M-8-1	13.4	2.665	1.808	14.5	1.057×10 <sup>-5</sup>	SM
M-8-2	15.6	2.666	1.789	15.5	5.382×10 <sup>-5</sup>	SM
M-9-1	13.2	2.656	1.822	13.6	1.497×10 <sup>-5</sup>	SM
M-9-2	15.3	2.659	1.842	13.1	2.213×10 <sup>-5</sup>	SM

〈표 6〉 기존 자료에 있는 평균 토양 물성치

지층명		함수비 (%)	비중	액성한계 (%)	소성한계	수축한계 (%)	통일 분류	
매립층	범위	14.4~37.9	2.632~2.669	-	-	-	SP-SM	
	평균	24.5	2.651	-	-	-		
총 적 층	점성토	범위	24.9~26.2	2.682	37.3~41.2	18.4~23.5	16.5~16.7	CL
		평균	22.4	2.682	39.3	21.0	16.6	
	사질토	범위	13.7~32.9	2.626~2.670	-	-	-	SP-SM
		평균	21.8	2.656	-	-	-	partly ML
풍화대층	범위	20.4~23.1	2.656~2.670	25.2~31.7	2.4~15.8	15.7~16.2	SC-SM	
	평균	24.5	2.651	-	-	-		

〈표 7〉 매립층의 평균토양 물성치

지층명		함수비(%)	비중	최대건조밀도 (t/m <sup>3</sup> )	최적함수비 (%)	실내투수계수 (cm/sec)	통일 분류
매립층	범위	6.6~23.1	2.645~2.676	1.674~1.996	9.1~19.3	$9.598 \times 10^{-7} \sim 2.049 \times 10^{-4}$	SP-SM
	평균	15.4	2.662	1.797	15.0	$3.895 \times 10^{-5}$	Partly ML-SW

다음의 표들은 이러한 기존자료와 새로 추가된 자료를 정리한 것이다.

〈표 8〉 92년 기본계획시 가정한 토양 물성치

구분	단위 중량	포화단위중량	점착력	마찰각
쓰레기	1.4	1.75	1.8	23
실트질 모래	1.8	2.10	0.5	35

〈표 9〉 94년 96년 기본설계 및 실시설계의 전단실험을 통해 구한 토질정수

구분	점착력 (t/m <sup>2</sup> )	내부 마찰각 (°)	단위중량(t/m <sup>3</sup> )		포아슨비 $\nu$	탄성계수 (kg/cm <sup>2</sup> )
			$r_t$	$r_{sat}$		
폐기물 층	2.0	28	0.8	1.4	0.30	64
폐기물-토사 혼합층	1.6	32	1.8	1.9	0.32	220
실트질 모래층	0.0	32	1.8	1.9	0.30	130
자갈모래 혼합층	0.0	40	1.9	2.0	0.25	1,200
풍화토 및 풍화암	1.5	40	2.0	2.1	0.30	1,100
연암암	2.5	45	2.1	2.2	0.25	2,600

\* Bulk Modulus(K) =  $E/3(1-2\nu)$

Shear Modulus(G) =  $E/2(1-\nu)$

94년과 96년의 토양 물성치는 94년 기본설계시의 물성치를 96년 실시설계 때에 그대로 반영하였기 때문에 일치하고 있다.

<표 10> 2000년 현재 실내실험을 통한 토양의 물성치

시료명	시료채취 깊이(m)	시험밀도 (kg/cm <sup>3</sup> )	점착력, c (kg/cm <sup>2</sup> )	내부마찰각 $\phi$ (°)	함수비 (%)	평균치 (%)
상부	매립고 100m (깊이 : 지표면)	1.0	0.0948	25.76	16.58	17.6
					19.36	
					16.91	
중부	매립고 20m (깊이 : 80m)	1.2	0.1812	33.22	22.81	22.4
					21.07	
					23.43	
하부	매립고 10m (깊이 : 90m)	1.6	0.2455	37.98	7.83	9.9
					11.86	
					9.89	

전단시험시 전단시료의 밀도는 현장 밀도 시험 및 시료채취기에 의해서 구해진 단위중량을 사용하였다. 시험시 시료에 따라 최대 전단강도가 나타나지 않는 경우는 수평변위율이 전단박스 길이의 15%에 해당하는 전단강도를 최대값으로 한 것이다.

위에서 보듯이 점착력은 0.04~0.38 kg/cm<sup>2</sup>, 내부마찰각은 30.5~41.6° 정도로 나타났으며, 이 결과는 일반 토사 성토재인 화강풍화토와 별 차이가 없음을 알 수 있다.

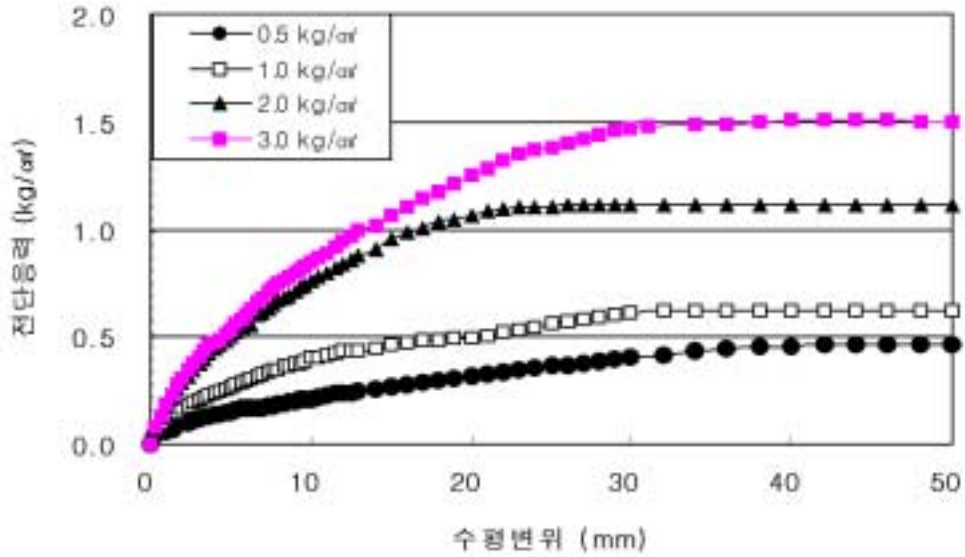
매립폐기물 층의 특성을 살펴보면, 일반 토사로 보기 어렵고, 성질 자체가 매우 불규칙하다. 그러므로 가장 신뢰성있는 동적 콘 관입시험에 근거하여 추정하였다. 즉, 점착력과 내부마찰각을 갖는 토사로 가정한 것이다.

다음은 본 연구를 위한 토질정수를 산출하기 위해 직접 현장시험과 실내실험 결과를 살펴본 것이다. 그 실험치들은 매립지 사면 중 상부, 중부, 하부로 나누어 실시하였으며, 여기서 밀도, 함수비, 단위중량, 포화단위중량, 대형전단시험을 통한 점착력과 마찰각 등을 산출하였다.

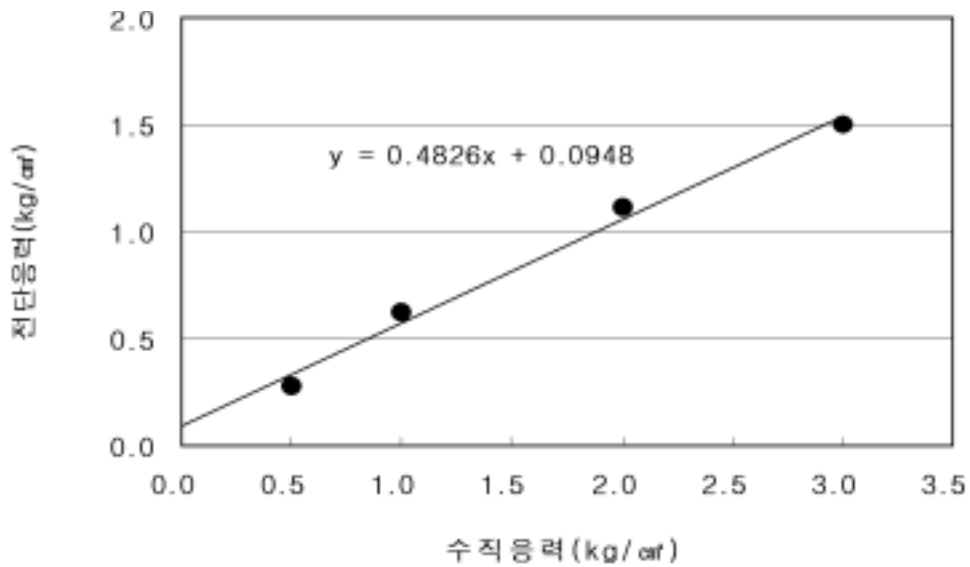
실험 결과를 살펴보면, 밀도의 경우 상부 1.0 kg/cm<sup>3</sup>, 중부 1.2 kg/cm<sup>3</sup>, 하부 1.6 kg/cm<sup>3</sup> 으로 상부에서 하부로 갈수록 밀도가 높아지는 양상을 나타내었다. 이러한 양상은 하부로 갈수록 자중 압력 및 성토하중에 대한 압밀로 인한 결과로 사료된다. 기본 설계나 실시설계 보고서의 경우 폐기물층의 밀도가 포화상태의 경우 1.4 kg/cm<sup>3</sup>, 불포화 상태의 경우 0.8 kg/cm<sup>3</sup>의 수치를 나타내고 있다. 본 연구에서는 폐기물의 물성치에 기존의 자료를 이용한 안정해석과 더불어 아래에 나타난 실측 데이터를 적용하여 각각에 대한 안정성을 해석하고자 하였다.

함수비는 평균치로 9.9~22.4 %를 보이며, 전체적으로 하부로 갈수록 함수비가 적어지는 경향을 보이고 있다.

<그림 2>와 <그림 3>은 전단실험 결과 자료들이다. 여기서도 상부, 중부, 하부로 나누어서 정리하였으며, 매립고 100m 상부에서의 전단실험은 다음과 같다.



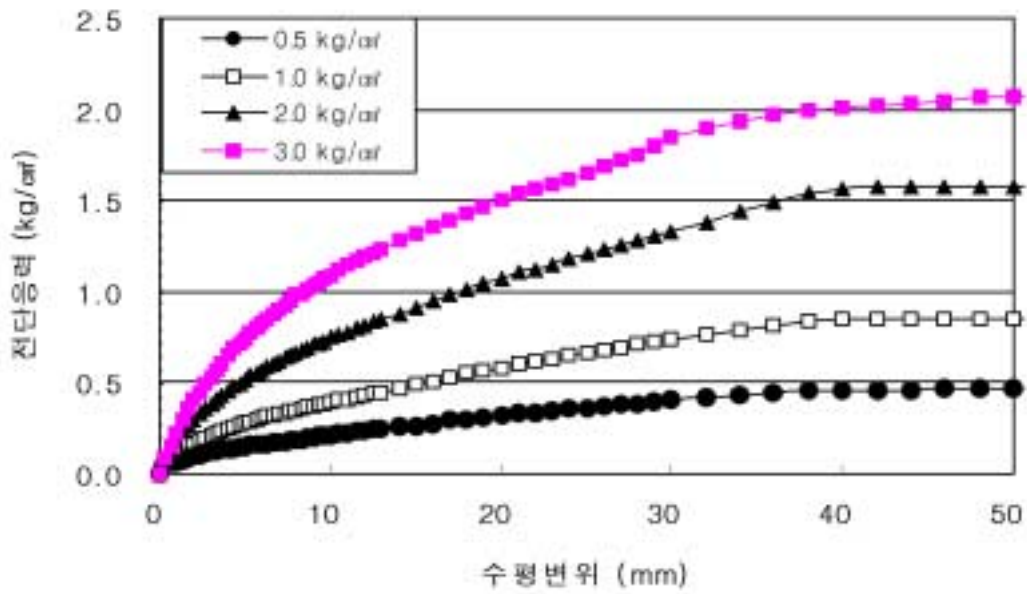
<그림 2> 난지도매립지 매립고 100m 상부



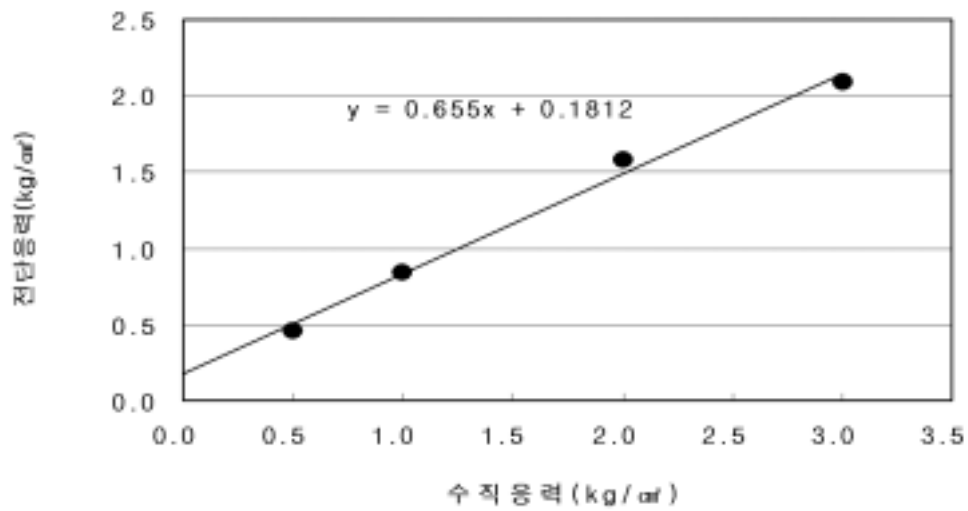
<그림 3> 난지도매립지 매립고 100m 상부

상부에서의 점착력은  $0.0948 \text{ kg/cm}^2$ , 마찰각은  $25.76^\circ$  를 보였다.

<그림 4>와 <그림 5>는 매립고 20m 중부 지점에서의 전단 실험결과이다. 중부에서의 점착력과 마찰각은 각각  $0.1812 \text{ kg/cm}^2$ ,  $32.22^\circ$  로 나타났다.

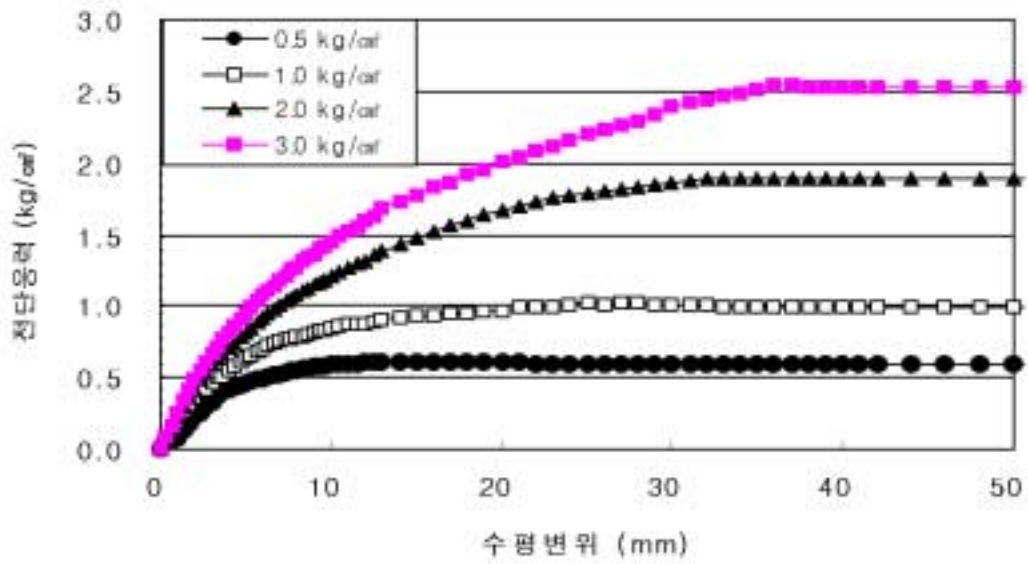


〈그림 4〉 난지도매립지 매립고 20m 중부

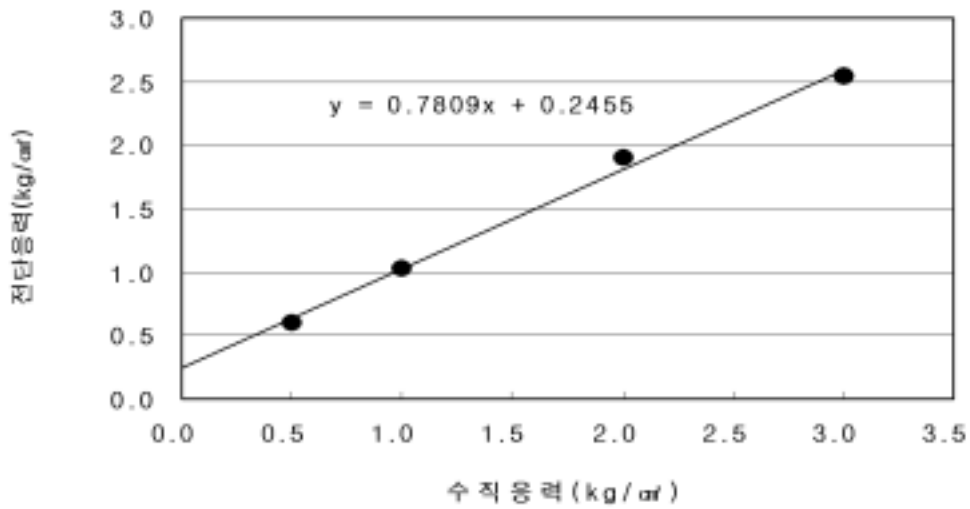


〈그림 5〉 난지도매립지 매립고 20m 중부

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 매립고 20m 중부 지점에서의 전단 실험결과이다. 중부에서의 점착력과 마찰각은 각각  $0.2455 \text{ kg/cm}^2$ ,  $37.98^\circ$ 로 나타났다.



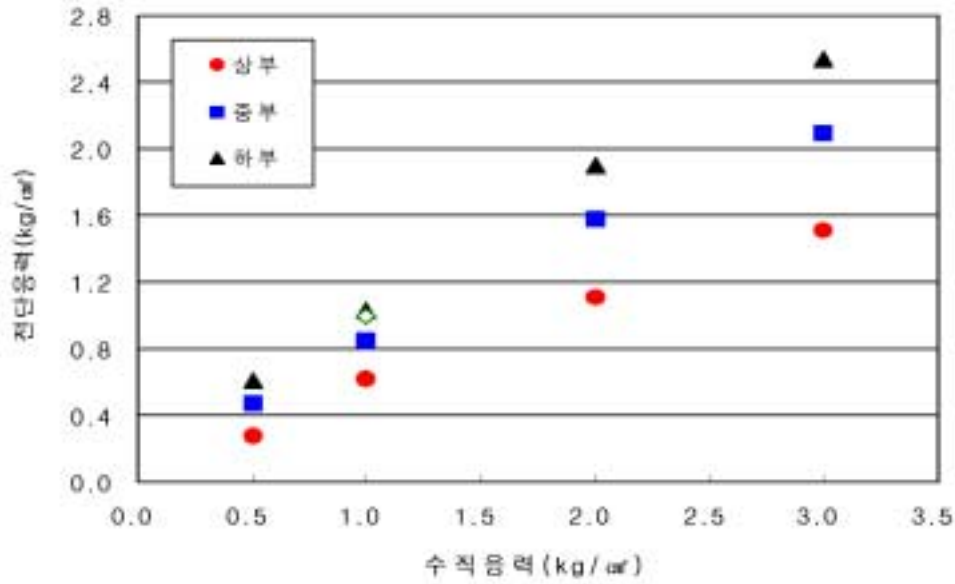
<그림 6> 난지도매립지 매립고 10m 하부



<그림 7> 난지도매립지 매립고 10m 하부

<그림 7>은 각각의 상부, 중부, 하부를 한 그래프로 표현한 자료이다.





〈그림 8〉 전체 지점의 전단실험 결과

이러한 자료를 다음의 <표 11>로 정리하였다.

〈표 11〉 전단실험 결과

시료명	점착력, $c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	내부마찰각, $\phi$ (°)
상부	0.0948	25.76
중부	0.1812	33.22
하부	0.2455	37.98

## 2. 복토 조사

### 2.1 개요

폐기물 매립지의 침하는 자중에 의한 침하와 난지도매립지와 같은 상부 복토층의 두께 증가에 따른 추가 하중에 의해 그 침하가 가중되어진다. 이러한 복토의 총 두께 및 물성치는 사면 안정 해석 및 침하에 많은 영향을 미치는 인자 중에 하나이다. 그러므로, 복토가 어떻게 위치하고 있으며, 그것의 물성치는 어느 정도인지 파악하는 것이 중요하다.

### 2.2 복토 현황

복토 현황을 조사하기 위해 가장 큰 문제는 시추공을 뚫을 수 없다는 것이었다. 현재 차수막

및 성토가 이루어져 있는 상황이었기 때문에 실제 복토의 높이를 파악하기 위한 현장 측정이 불가능하였으며, 복토에 대한 물성을 조사하는 실내시험만이 가능하였다. 그러므로, 기존의 자료에 대한 충분한 검토가 선행되었다. <표 12>는 기본계획에서 실시설계까지의 복토 계획을 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 실시설계는 기본설계를 준하여 설계되었으며, 92년 기본계획상의 복토계획은 94년 기본설계에서 수정이 이루어져 있음을 볼 수 있다.

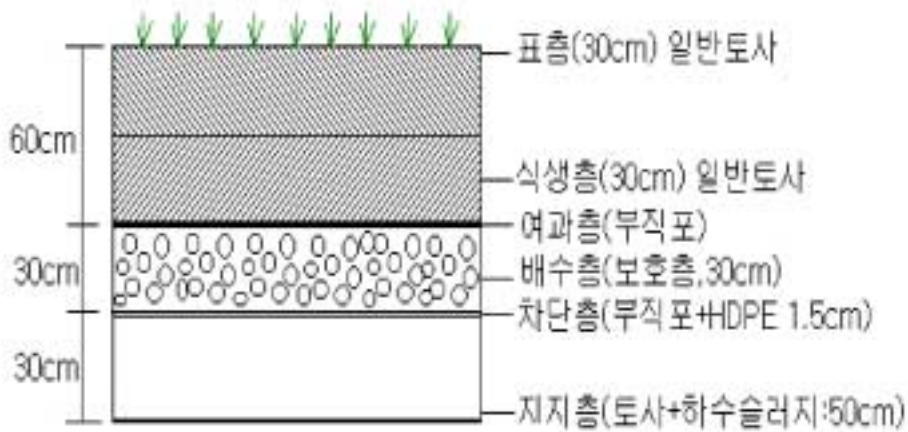
상부 복토의 경우 초기 기본계획시 우수의 적정 침투를 허용하고, 침출수를 매립지내 재순환 방안을 강구하는 차원에서 복토층 구성을 강구하였으나, 매립지 현장조사 및 실내 모형조 실험 결과 지하수오염분산 억제, 침출수 수위강하 목적에 적합하지 않은 관계로 복토층의 주기능을 차단기능으로 선정하였다. 또한, 차단층의 경우 기본계획에선 60cm의 점토층으로 구성하였으나 점토 확보의 어려움으로 인해 HDPE인 차수막으로 변경하여 기본계획에 비해 차수층의 두께가 60cm정도로 감소되었다. 지지층은 하수오니 처분 및 가능한 저투수 계수 재료원의 사용을 고려하였으며, 식생층의 경우 복토층 상부식생을 위한 영양분의 공급과 적정 함수율의 확보를 고려한 것이다.

난지도매립지의 사면은 경사가 약 1:2 정도로 비교적 급하므로 시공성과 안정성을 고려하여, 차단층과 배수층을 포설하지 않았으며, 폐기물층이 노출된 매립지 사면과 토사복토가 얇게 시공되어 있는 지역은 식생의 복원을 위해서 상부복토 구성층 중 식생토층을 포설하고, 사면의 안정을 위해 GEOWEB을 설치하였다. 계획상에는 사면 복토 총 0.5m로 구성되어 있지만, 현재 시공은 성토가 이루어진 지역의 경우 안정성을 고려하여 GEOWEB이 설치된 지역에만 이 높이를 유지하고 있으며, 사면 절토 지역이나 대부분의 사면은 0.3m의 높이를 나타내고 있다.

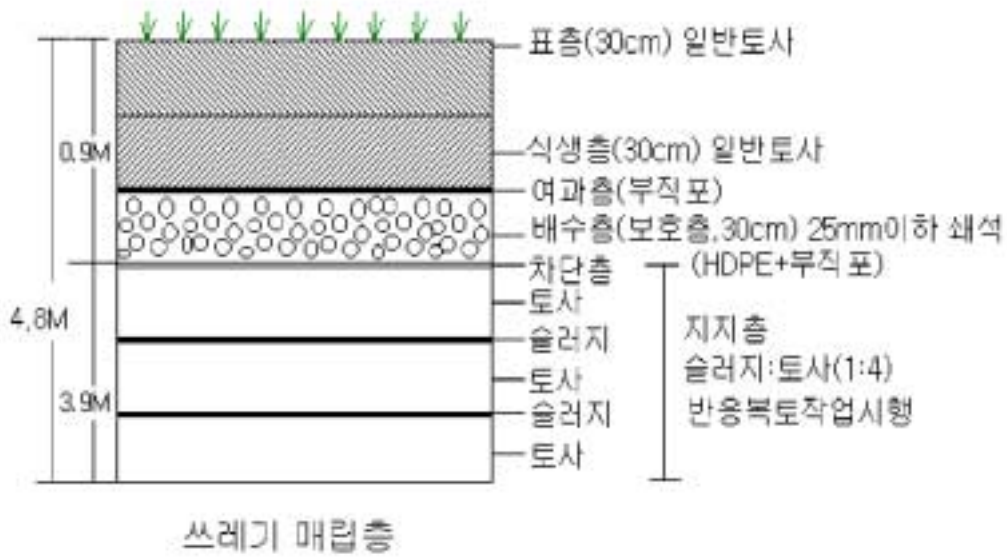
복토는 매립지의 안정화에 있어 중요한 부분 중에 하나이다. 매립지는 원칙적으로 일일복토, 중간복토, 그리고 매립이 종료된 후의 최종복토로 이루어져 있어야 한다. 그러나, 난지도매립지와 같은 불량 매립지는 그러한 단계적인 복토가 이루어져 있지 않으며, 2002년 난지도 개발 공사로 인한 최종복토 공사가 시행된 상태이다. 그러나, 이러한 최종복토도 지역적으로 균등하게 이루어져 있는 것이 아니며, 계획적으로 정확한 성토 높이를 가지지 못한 실정이다. 성토 위치에 따라서 상부복토와 사면복토로 생각할 수 있는데 상부 복토의 경우 전체적으로 2~10m 성토의 비교적 큰 지역적 차이를 보이고 있다. 이러한 문제 외에도 이러한 차이를 보이는 정확한 성토 위치의 파악이 불가능하다는 점이다. 제1매립지의 산업폐기물이 분포하고 있는 지역은 늪지가 형성되어 지반이 심하게 불안정한 상태이므로 과도한 성토작업이 이루어져 있다. 이처럼 난지도매립지 자체가 일정한 폐기물을 매립한 것이 아닌 다양한 폐기물이 불균질하게 이루어져 있게 때문에 지역적 큰 차이와 더불어 성토 위치의 부정확한 분포는 사면 안정이나 침하를 해석하는데 문제가 되었다. 그러므로, 사면 안정이나 침하의 예측을 하는데 있어서 전체적으로 5m, 8m, 10m로 단계적인 성토고를 고려하여 모델링을 실시하였다.

<표 12> 기본계획과 기본설계의 변경 내용

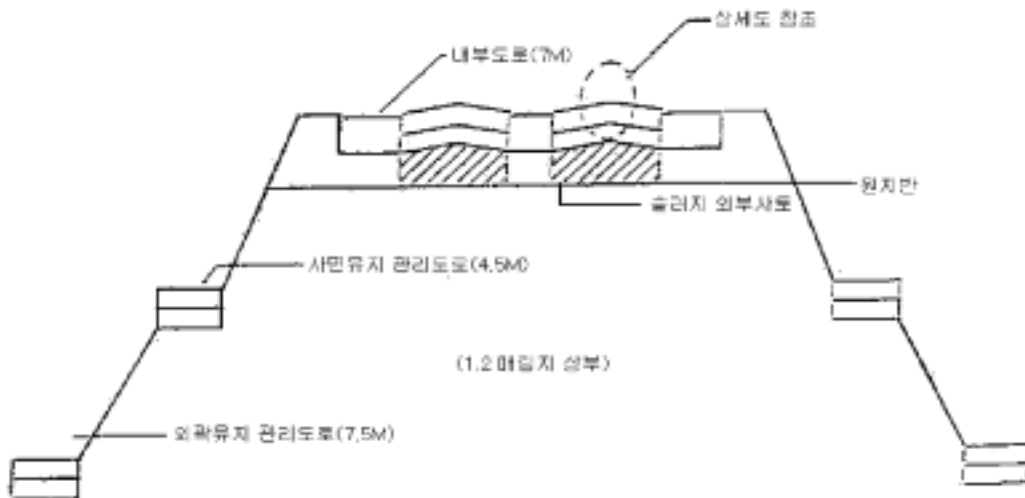
구분	기본계획	기본설계	실시설계	비고
■ 상부정지(整地)	3%	3~5%	4% 이상	
■ 상부복토	총두께 : 2.0m	총두께 : 1.4m	총두께 : 1.4m	· 차단층 토사에 서 인공차수재로 변경 · 식생층 하부에 개량토 포설
- 지지층	50cm	50cm	50cm	
- 차단층	60cm(점토)	1.5mm (HDPE+부직포)	1.5mm 이상	
- 배수층	-	-	30cm(쇄석)	
- 여과층	부직포	부직포	부직포	
- 식생층	60cm(토사)	표층 30cm (토사) 식생층 : 30cm (토사+오니)	표층 30cm (토사) 식생층 : 30cm (토사 + 오니)	
■ 사면복토	총두께 : 2.0m	총두께 : 0.6m	총두께 : 0.5m	· 차단층 및 배수 층을 포설하지 않 고, 기존의 토사 층을 이용하거나 토사를 포설, 식 생토층을 포설하 고 GEOWEB설치
- E.L.15~35m	상부복토와 동일	압성토 (토사, 두께 10cm)	압성토 (토사, 두께 10cm)	
- E.L.35~65m		상부 식생토층과 동일	상부 식생토층과 동일	
- E.L.65~95m		기존 토사층 이용	기존 토사층 이용	



<그림 9> 최종복토 표준단면(기준)



<그림 10> 최종복토 표준단면(현재)



<그림 11> 매립지 상부복토 단면

### 3. 침출수위 조사

#### 3.1 개요

매립지내의 침출수는 그것이 얼마나 오염되었는지도 중요하겠지만, 지반공학적인 측면에서 볼 때, 사면의 안정성을 떨어뜨리는 원인으로 작용하기도 한다. 침출수의 발생원인으로는 우수의 매립지 내 침투와 매립지 외곽의 지하수의 유입 등으로 그 원인을 파악할 수가 있다. 또한,

이러한 자연적인 원인 이외에도 매립지 주변 전체에 차수벽을 설치할 경우 매립지 내부엔 고립 침출수가 발생할 우려가 있다. 그러므로, 우선 기본계획에서 실시설계까지의 차수벽에 대한 내용을 정리하였으며, 차수벽 내외의 지하수위 변천과 매립지 내부의 상부에서의 침출수위의 경향을 파악해 보고자 한다.

### 3.2 침출수 차수벽

침출수의 차수벽은 그 목적에 따라 불투수성 차수벽과 투수성 차수벽으로 나눌 수 있다. 차수벽은 단순히 지하수의 흐름을 제어하는 목적 뿐 만 아니라 오염물질의 제어에도 효과적이다. 투수성 차단 공법은 지하수내 특정 오염물질을 제거하기 위하여 차수벽을 오염된 침출수와 화학반응 또는 흡착작용이 가능한 재질로 시공하는 방법으로 특정 침출수의 유출을 억제하는데 비교적 효과적이거나 수명이 짧고 고가이며 재활성하는데 문제가 있기 때문에 난지도매립지에 적용하기에는 비현실적이라 할 수 있다. 그러므로, 난지도에서는 매립지 전체 둘레에 차수벽을 설치하였으며, 기본계획시 하수슬러지 매립지가 포함되었으나 기본설계와 실시설계에선 그 지역이 제외되었다. 왜냐하면, 하수슬러지의 복토재 활용, 소각, 퇴비화 방안으로 하수슬러지를 전량 처리할 계획으로 하수슬러지 매립지의 오염 잠재성이 근본적으로 제거되어 이러한 시설이 불필요하게 되었다.

건설심도는 두 지역 차수벽 관입에 대한 침출수 누출을 비교한 결과, 그 차이가 미미하며 연암층까지의 관입공사가 매우 어려운 실정이었다.

<표 13> 차수벽의 기본계획 및 기타 설계의 내용 비교

구분	기본계획	기본설계	실시설계	비고
■ 차단방법	차수벽+집수정	좌동	좌동	
■ 차수벽	-	6,080m	6,080m	· 차수벽 설치지역에 하수슬러지 매립지역 제외 · 건설 지층을 연암층에서 풍화대로 변경
- 차수벽 설치지역	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 포함)	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 제외)	매립지 전체 (하수슬러지 매립지 제외)	
- 건설 심도	25~45m (연암층)	20~50m (풍화대)	20~40m (풍화대)	
■ 차수공법	slurry wall	slurry wall	sheet pile, slurry wall	

### 3.3 침출수 차집

난지도매립지는 <표 14>에서 보듯이 전체 매립지 둘레에 차수벽이 설치가 되어 있다. 이러

한 차수벽은 매립지 내부의 지하수위를 높이는 작용을 하며, 매립지 내부의 지하수위 상승은 폐기물의 분해에 따른 침출수도 하나의 영향인자로 작용하게 된다. 난지도매립지는 원지반에 폐기물을 비위생 매립한 전형적인 불량 매립지로서, 매립 및 복토상태가 매우 불량하며, 침출수의 차수 및 차집기능이 없어 발생침출수가 사면 및 하부로 누출되어 한강과 주변지역의 지하수를 오염시킬 뿐만 아니라, 사면누출로 인한 여러 가지 문제를 야기하고 있다. 그러므로, 사면 침출수 및 기저침출수를 효과적으로 차집하여 침출수 처리장으로 이송시키는 시설이 필요하며, 침출수의 차집은 차수벽의 설치와 더불어 시행되었다.

〈표 14〉 침출수 차집시설의 기본계획에서 실시설계까지의 변경 내용

구분	기본계획		기본설계		실시설계		비고
■ 발생 침출수량	2,310 m <sup>3</sup> /일		2,350 m <sup>3</sup> /일		2,350 m <sup>3</sup> /일		HPLP에 의한 산정
■ 사면 차집	-		300 m <sup>3</sup> /일		300 m <sup>3</sup> /일		· 사면에서 누출되는 침출수를 차집하는것으로 계획
- 사면누출량	-		사면 집수관		사면 배수로		
- 고립침출수	-		수평배수관(50개소)		수평배수관		
■ 하부 평면차집			Trench 설치 (유공다발관 + 쇠석)		다발 유공관		· 하부누출 침출수 trench 공법으로 차집처리
■ 추출정	3개소		30개소		31개소		· 대형 추출정 3개소에서 중형 추출정 30개소로 변경 · 설치위치 외곽부로 이동 · 추출정 형식 변경
- 형식	심정(deep wall)		방사상 집수정		방사상 집수정		
- 설치위치	매립지 내부		매립지 주변		매립지 주변		
- 용량	풍화대 상부		좌동		좌동		
	개소당	600 m <sup>3</sup> /일	개소당	167m <sup>3</sup> /일	개소당	60 m <sup>3</sup> /일	
	총용량	1,800 m <sup>3</sup> /일	총용량	평균 2000m <sup>3</sup> /일	총용량	1,860 m <sup>3</sup> /일	

다른 항목과 마찬가지로 기본설계에서 실시설계로 넘어가는 과정은 그리 큰 차이를 보이지 않고, 기본계획에서 기본설계로 넘어가는 과정에서 조금씩 차이를 보이고 있다. 기본 계획에서 추출정의 형식은 계획상에서 심정(deep well)으로 계획되었으나 사면부 및 하부 평면에서 누출되고 있는 침출수를 차집하지 못하며, 지표수를 오염시키고, 더불어 사면의 침식 및 식생복원에 악영향을 초래하게 되며, 고립 침출수는 심정으로 배제가 힘들어 이로 인한 사면의 불안정이 우려되었다. 3개소의 대용량 집수정 내부의 심정 설치는 매립지 주변 수위의 상대적 증가를 보임으로써 차단벽 외부로 누출되는 침출수량이 상대적으로 증가하며, 적정 채수량은 개소당 102

m<sup>3</sup>/일로써 기본계획상의 용량이 과다하게 설계되었다. 또한, 매립지의 하부면적(82만평)에 비해 너무 적은 추출정으로 침출수 추출 영향반경을 고려하면 침출수의 오염분산 방지 효과가 미미하여 전체 집수정의 개수를 30개정도로 증가시켰다. 그러므로, 추출효과가 우수한 방사상 집수정을 차단벽 안쪽 인접지역에 설치하여 매립지 내부의 침출수위 역 구배를 형성시켜 침출수의 오염분산을 최소화하였고, 추출정의 설치 개소 역시 30개소가 가장 적정한 것으로 판단되었다.

### 3.4 지하수위(침출수위)

난지도매립지는 제1매립지의 경우 액상 산업폐기물이 존재하고 있으며, 전체적으로 폐기물 매립고가 80~90m를 이루고 있으므로 그것에 따른 유기물 분해에 따른 침출수의 생성과 차수막 및 차수층의 설치로 인한 고립 침출수가 상당히 높은 수위를 기록하고 있다. 기존의 지하수 측정은 차수벽의 내외 지역을 중심으로 이루어졌으며, 고립침출수의 경우 전기투시로 전기 비저항값을 구하여 그것의 수위를 추정하는 방식으로 이루어졌다.

94년도 지반보고서에 따르면 제1매립지를 수평투시한 결과 측선 H8, H9와 H2 및 H3이 교차하는 구간은 전기비저항이 2~3ohm-m로 매우 낮은 값을 가지고 있다. 실제로 이 지역은 현재 자중에 의한 매립지의 표면으로 응축 부유 침출수가 분출되고 있는 IB-2 및 IB-3 관측정 설치 지점일 뿐만 아니라 슬러지가 매립된 구간이다. 측선 H6과 H7 측선사이 (장축방향)는 비교적 높은 전기 비저항대가 나타나는데 이것은 매립당시에 H6측선을 따라 존재하던 폐기물 운반 차량의 진입도로와 제방의 방향이 일치하는 것으로 미루어 이 도로의 하부와 제방부위가 이들 왕래 차량에 의해 다짐고화되어 상대적으로 높은 비저항을 보이는 것으로 판단되며, 이 방향과 평행한 구간의 비저항값이 H6 측선쪽으로 갈수록 증가하는 형태로 나타난 것으로 추정된다.

또한, 제1매립지를 수직투시를 실시하였다. 이를 위해 '94년 2월 매립지의 최상부(해발표고 약 95m)에 IB1, IN2, IB3, IB5, GM1, GM4 설치하였으며, 매립이 약 17~23m 진행되었을 때, NO3, NO4, NO5 설치하였다. 이러한 데이터들은 평균적으로 현 매립 지표면으로부터 약 ±10이내 심도에 응축 및 부유 침출수가 존재하는 것으로 보고되어 있다. 그러나 이 수위는 매립지 기저에 생성되는 기저 침출수위와는 다른 종류로 추정된다.

이러한 침출수위 외에도 이러한 전기 비저항 측정을 통해 시추공으로 확인할 수 없었던 지반 심부의 상태를 파악할 수 있었으며 이 결과 EL +10m이상 지점까지는 하상퇴적층이 존재하는 것으로 보여졌으며, EL. -10m 까지는 기반암의 존재가 확인되지는 않았다. 따라서, 난지도에 매립된 폐기물은 지역에 따라 다소 차이는 있겠지만 대체로 EL.+10m 정도로 충적층의 표면부에서부터 매립이 시작되었음을 알 수 있다.

다음은 이러한 전기 비저항 값을 지하를 3~4개의 층으로 단순화하여 설명하였다.

제1매립지에서 제 1층의 심도는 지표하  $5.3 \pm 3.6\text{m}$  정도이고, 그 비저항치는 제2매립지보다 훨씬 적은  $76.4 \pm 55.7 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 의 범위를 보이고 있다.

제 2층은 제 1층 하위에 존재하는 층으로 그 전기비저항치는 1층의 1/3인  $24 \pm 14.6 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 이며, 이는 응축 및 부유 침출수와 강수의 지하침투에 의해 부분적으로 함수비가 상승한 매립층으로 사료된다.

제 3층은 지표하  $8.15 \pm 3.15\text{m} \sim 42.85 \pm 11.25\text{m}$  사이에 존재하는 매립층으로 전기비저항치가  $1.74 \sim 18 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 이며, 평균  $7.3 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 이다. 본 층은 주로 응축 및 부유 침출수에 의해 국지적으로 포화된 점이대로 명명하였다.

이에 비해 제 4층은 지표하  $55.2 \pm 4.8\text{m}$  이하에 분포된 평균 전기 비저항치가 평균  $5.10 \text{ ohm}\cdot\text{m}$  ( $0.4 \sim 19.6 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ )로써 가장 낮으며, 이는 기저 침출수에 의해 완전히 포화된 매립 및 층적층과 그 이하 지층으로 사료된다.

이러한 사실로 미루어 보아 제1매립지에서 기저침출수위는 제 4층의 상단면이 현 매립지의 지표하  $55.2 \pm 4.8\text{m}$  부근에 존재할 것으로 추정된다. 그러나 이와 같은 지하 지층의 구분은 어디까지나 전기비저항에 의한 구분이기 때문에 반드시 수리지질학적인 지층경계와 완전히 일치한다고 단정할 수는 없다.

제1매립지에서 가장 깊은 심도 지점까지 조사한 지점은 A-4지점으로 슬러지 매립 인근구간이며, 그 조사 심도는 지표하 160m에 달하는 구간이다. 이 지점의 조사결과 지표면에서 1.2m까지는  $66.4 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 인 제 1층이, 1.2~5m까지는  $31.4 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 인 제 2층이, 5.0~51.3m까지는  $3.9 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 인 3층이, 51.3~113.7m 구간까지는 전기비저항값이  $9.4 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 인 제 4층이 113.7m 이하에는 비저항값이  $373.6 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 인 고 비저항층이 존재하는 것으로 분석 예측된다.

즉, 당시 해발 표고가 EL. 93.4m 이므로, 기반암은 EL. -20m ( $113.7 - 93.4 = 20.3$ )에 분포하는 것으로 평가된다. 이 값은 상류구배구간에 분류된 비오염기반암의 전기비저항값에 비해 매우 낮은 값을 보이며, 이것은 기반암이 상부에 분포된 침출수에 의해 영향받고 있다는 것을 보인다.

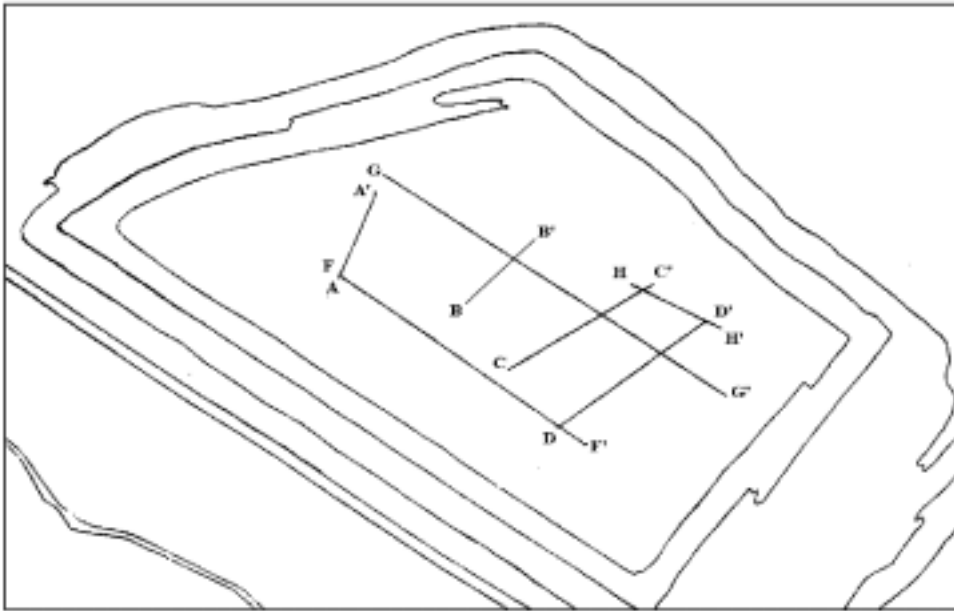
C-C'에서 수위는 중심부가 높고 사면부가 낮으므로 제1매립지에서 기저 침출수위는 EL.  $1.2 \pm 4.5\text{m}$ 로 추정되어진다.

전기 비저항치를 검토한 결과 매립지 내부의 높은 고립 침출수의 존재는 매립지의 구조적 안정성에 큰 영향을 미치며, 본 매립지와 동일한 매립구조로 침출수 재순환을 시행한 결과 침출수의 누적 및 표면 부유현상이 발생하므로 이것으로 50cm 복토층을 포설하여 우수를 유입시킬 경우 고립 침출수는 계속 존재할 것이며, 이로 인한 사면 안정확보는 어렵게 된다. 그러므로, 사면 안정성 확보를 위해서는 고립 침출수의 제거와 더불어 침출수 수위 저하는 필수적이며, 이를 위해서는 복토층에 차단기능이 반드시 설정되어야 한다.

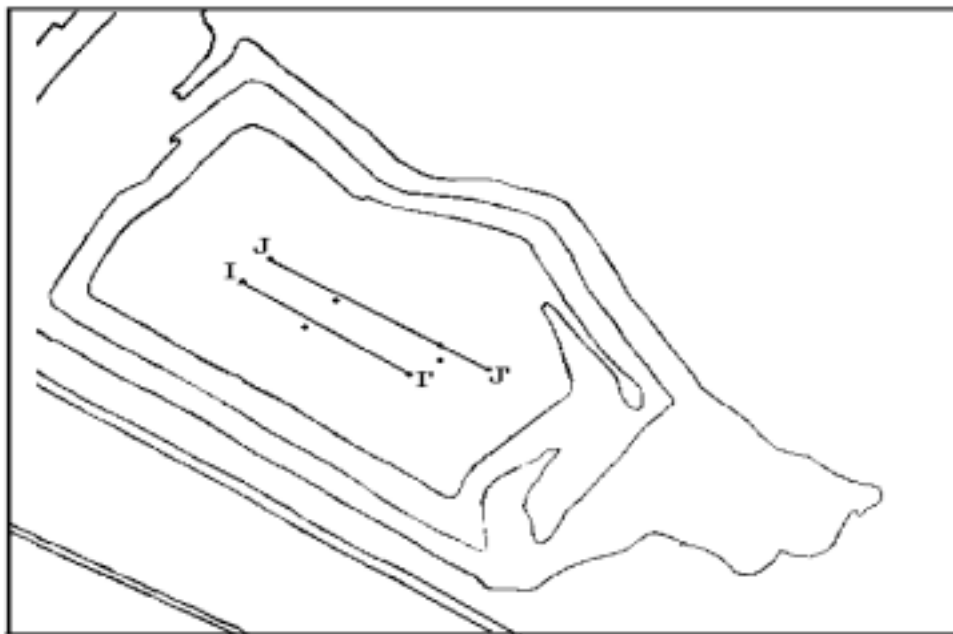


<표 15> 제1매립지의 난지도매립지 내 예상 응축 및 부유침출수와 기저침출수 분포구간

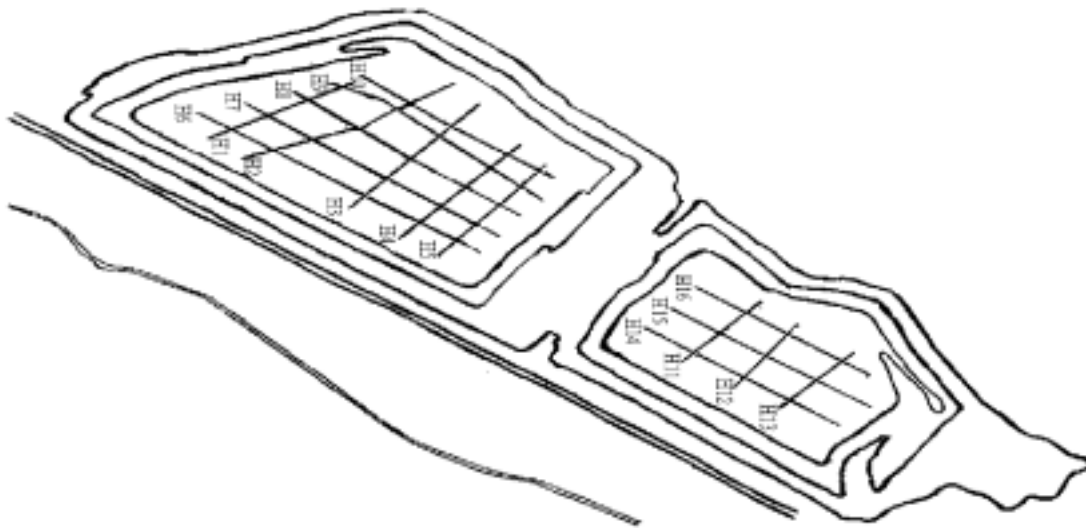
내용	측정지점	표고 E (m)	응축/부유침출수		기저침출수			고비저항층 및 비고
			구간	비저항 (ohm-m)	구간	비저항 (ohm-m)	E.	
1 매 립 지	A-1	94.3	9.7~37.4	2.93	55~90	19.6	39.3	
	A-2	93.0	5.8~31.6	9.2~9.6	60~75	2.06	33	
	A-3	94.2	11.3~51.6	6.74	51.6~80	0.8	42.6	
	A-4	93.4	5.0~51.3	3.9	51.3~113.7	9.4	42.1	슬러지구간 373.6
	A-5	93.4	6.4~52.3	5.47	52.3~105	2.24	41.1	IB-3
	A-6	94.0	9.75~31.4	4.93	55~95	1.54	39.0	
	A-7	93.5	9.46~43.8	5.82	55~	1.14	38.5	
	A-9	91.7	5.6~50.3	9.4~9.3	50.3~75	0.4	41.4	
	A-10	94.0	6.4~44.8	6.3~11.33	55~105	12.4	39	
	A-11	92.0	5.7~31.5	15.3~1.74	53~110	7.62	39	
	D-1	94.3	8.9~54.1	4.63	54.1~59	8.12	40.2	A-1 인근
	D-2	93.8	9.05~51	4.29	51~59	1.83	42	A-3 인근
			8.5~51	6.46	51~59	2.38	42	
	D-3	93.7	7.5~ 6.1~	1.78		1.78 0.82		슬러지구간
	D-4	92.7	6.2~29.6	3.12	52.3	1.68	40.4	A-10 인근
			6.3~53.6		53.6	5.03	39	
	D-5	93.0	6.94	18 7.02	52.3~77	0.993 0.78	40.7	A-9 인근
범위(1)	89~94.8	5.0~11.3	1.74~18	50.3~60	0.4~19.6	36.7 ~42.6		
평균(1)		8.15±3.15 42.85~11.25	(7.3)	55.2±4.8	10±9.8 (5.1)	37.8 ±4.3 (39.86)		



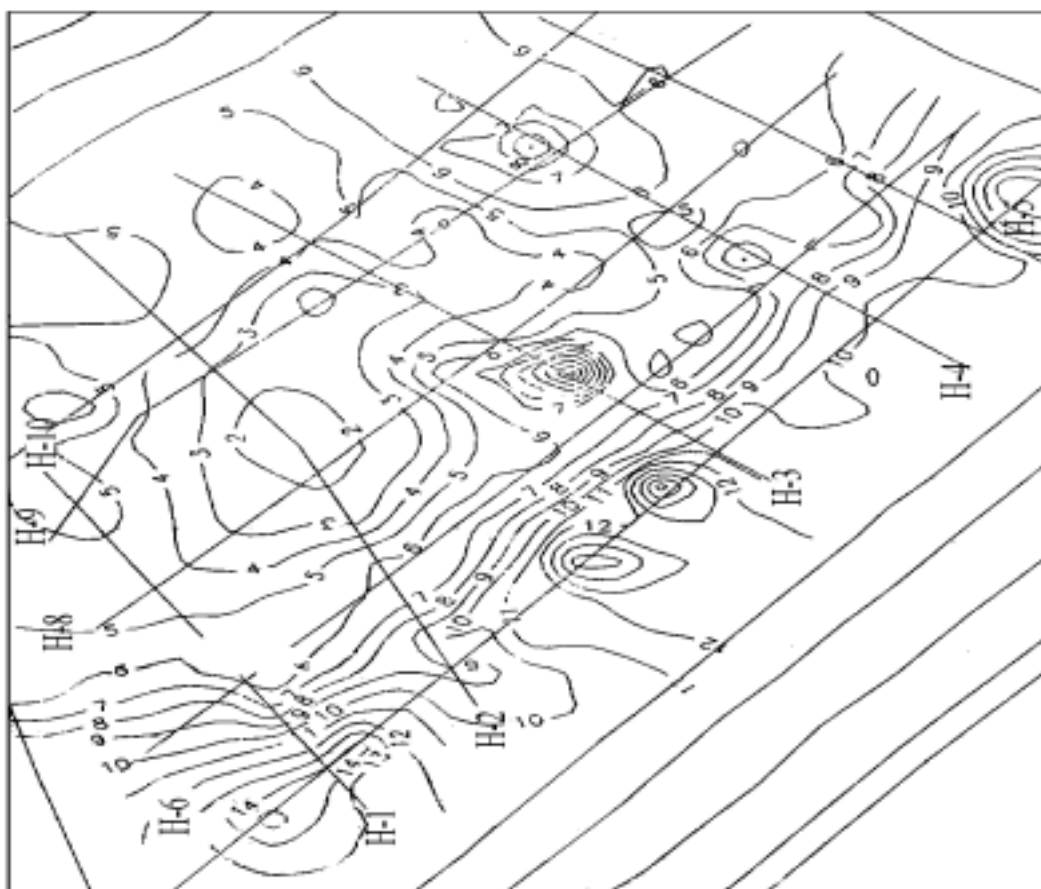
<그림 12> 제1매립지 전기수직탐사 결과해석을 위한 가상단면 축선도



<그림 13> 제2매립지 전기수직탐사 결과해석을 위한 가상단면 축선도



<그림 14> 난지도매립지 내의 전기수평탐사 축선도



<그림 15> 제1매립지 내 전기수평탐사 관측 결과도

이처럼 기존의 자료에선 고립 침출수의 존재에 대해 전기 비저항치로 추정하였다. 그러나, 94년 이후 현재까지 폐기물의 분해도 계속 진행되어 왔으며, 외부 지하수위나 강수에 의한 매립지 내 유입을 고려할 때, 기존의 자료를 이용하여 지반학적 안정성을 평가하는데는 다소 무리가 있었다. 그러므로, 제1매립지와 제2매립지 전체 상부 및 사면에 대하여 지하수위를 측정하였다. 그러나, 상부나 사면에 지하수위를 측정할 수 있는 계측공이 존재하는 것은 아니다. 그래서, 본 연구에서는 매립지 상부, 사면에 존재하는 가스 포집공에 지하수위계를 넣어서 현재 얼마만큼의 고립 침출수가 존재하는가에 대한 추정을 실시하였다. 또한, 현재 차수벽의 내·외부에 총 5개의 관측공이 존재하므로 그 자료를 가지고 전체 매립지 내의 수위를 예상하였다.

다음은 현재 침출수위에 대한 현장 측정치이다.

<표 16> 제2매립지 및 1,2매립지 사이의 난지도매립지 내 예상 응축 및 부유침출수와 기저침출수 분포구간

내용	측점지점	표고 (m)	응축/부유침출수		기저침출수			고비저항층 및 비고
			구간	비저항 (ohm-m)	구간	비저항 (ohm-m)	EL	
1-2 매 립 지	A-12	40	10.5~20.2	11.3	20.2~51	11.3	18.8	85
	D-6	40.9	9.9~20.6	11.9	20.6~59	6.7	20.3	
	D-7	30.1	5.6~15.7	21.6	22.8~50	13.4	7.2	PT-1 상류
	D-8	36.0	~12.0		28~59	14	10	
	D-9	32.9	17~26	16.13	28~50	16.1	7	
범위(2)	30.1~40.9	5.6~20.6	11.3~21.6	20.2~28	6.7~16.1	7~20.3		
평균(2)	35.5±5.4	13.1±7.5	16.45±5.13 (15.2)	23.1±2.9	11.4±4.7 (12.3)	3.65±6.65		
2 매 립 지	B-1	97.5	8~36.6	9.4	64.4~90	2.81~6.2	33.1	
	B-2	96.5	3.2~51.36	9.6	51.3~120	9.4	45.2	397.6
	B-3	92.8	8.5~55.9	6.46	55.9~85	1.36	36.9	
	B-4	96.0	5.6~23.1	5.47	51.7~120	3.74	44.3	
	B-5	92.3	6.6~52.4	13.1	52.5~95	0.79	39.8	
	B-6	95.0	10.25~55	5.95	55.0~135.5	5.95	40	
	B-7	95.0	13~52.3	8.5	56.4~95	3.5	38.6	
D-10 D-11	D-10	94.0	8.1~50.4 12.2~53.6	3.95 0.68	51.60이하 53.60이하	9.37 0.658	42.4 40.4	S-14L
	D-11	51.0	3.4	2.93	23.7~		27.3	
범위(3)	51~98.5	3.2~14.6	3.95~13.1	51.3~64.5	0.79~13.7	33.1~45.2		
평균(3)		8.9±5.7	8.5±4.6 (7.6)	57.9±6.6	7.2±6.4 (5.2)	39.15±6.0 5		

<표 17> 실측한 차수벽 내·외의 지하수위(그림 첨부, 계측보고서)

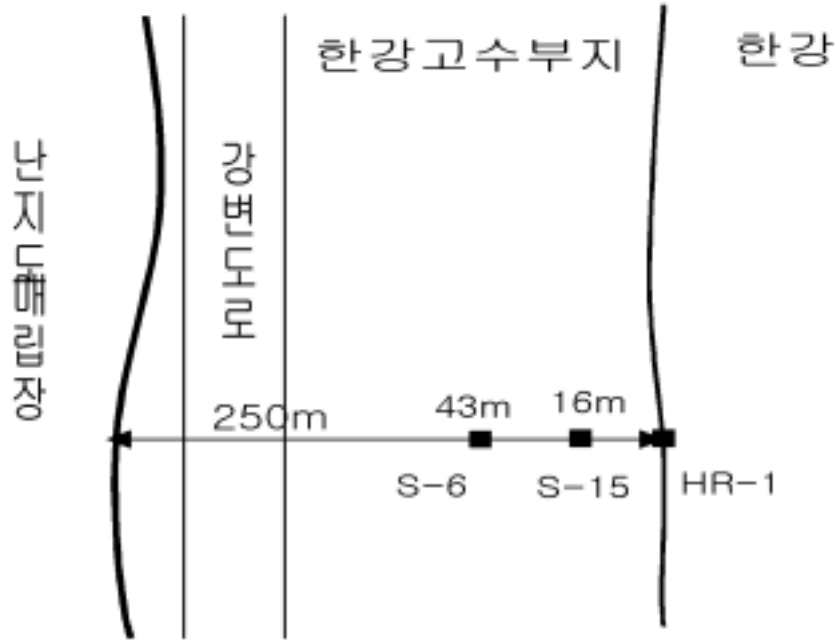
관측공	1-WT-02	1-WT-089	O-WT-089	I-WT-029	O-WT-029
침출수위(EL)	34.055	6.276	6.513	4.902	4.874

<표 18> 한강수위 변화에 따른 매립장 인근 지하수체(Ground water system)의 변화

관측정 관측시간	S-6		S-15		HR-1	
	B.G.L	A.S.L	B.G.L	A.S.L	B.G.L	A.S.L
94.4.18 15 : 02	0	3.74	0	3.65	0	3.59
16 : 02	-0.02	3.72	-0.008	3.642	-0.043	3.547
17 : 02	-0.046	3.694	-0.02	3.63	-0.069	3.521
18 : 02	-0.055	3.685	-0.023	3.627	-0.075	3.515
19 : 02	-0.075	3.665	-0.037	3.613	-0.095	3.495
20 : 02	-0.086	3.654	-0.051	3.599	-0.113	3.477
21 : 02	-0.098	3.642	-0.057	3.593	-0.121	3.469
22 : 02	-0.099	3.641	-0.064	3.586	-0.128	3.462
23 : 02	-0.1	3.64	-0.069	3.581	-0.133	3.457
94.4.19 00 : 02	-0.101	3.639	-0.069	3.581	-0.133	3.457
02 : 02	-0.112	3.628	-0.077	3.573	-0.145	3.445
04 : 02	-0.127	3.613	-0.086	3.564	-0.159	3.431
06 : 02	-0.141	3.599	-0.095	3.555	-0.174	3.416
08 : 02	-0.147	3.593	-0.103	3.547	-0.182	3.408
10 : 02	-0.145	3.595	-0.108	3.542	-0.18	3.41
12 : 02	-0.14	3.6	-0.103	3.547	-0.168	3.422
14 : 02	-0.12	3.62	-0.092	3.558	-0.147	3.443
16 : 02	-0.105	3.635	-0.083	3.567	-0.13	3.46
18 : 02	-0.095	3.645	-0.086	3.564	-0.125	3.465
20 : 02	-0.094	3.646	-0.086	3.564	-0.13	3.46
22 : 02	-0.093	3.647	-0.082	3.568	-0.12	3.47
측정지점 표고(표)	6.34		4.31		3.59	
관측시 지하수위	2.6		0.66		0	
심 도	39		1			

B.G.L : Below Groundwater Level

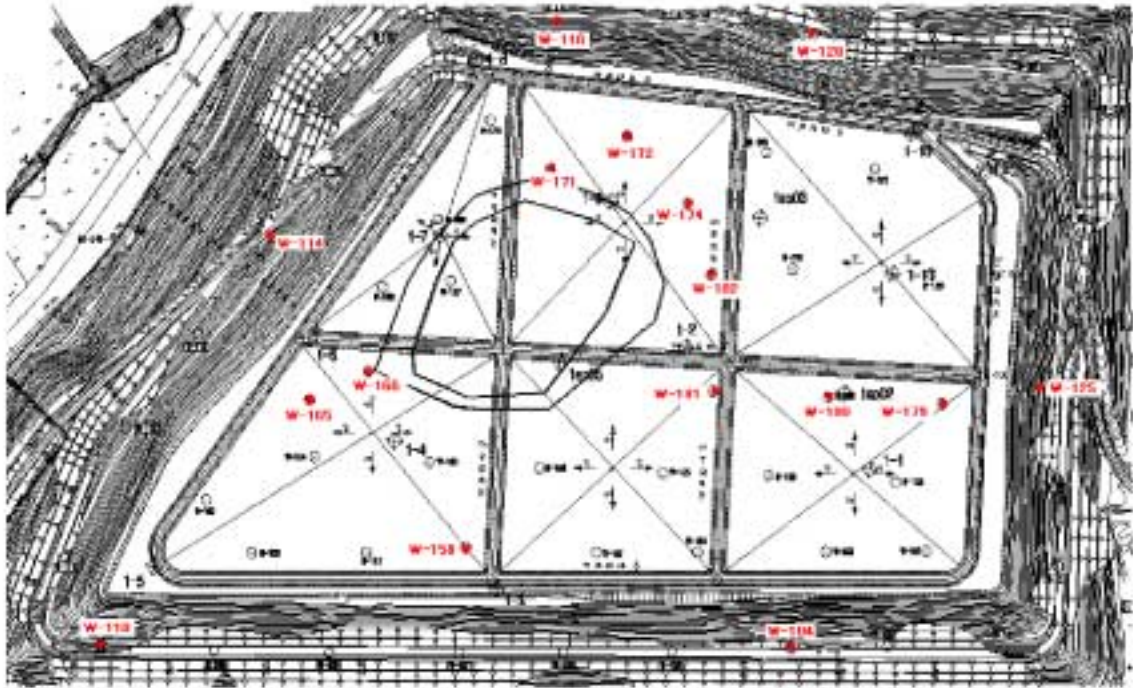
A.S.L : Above Sea Level



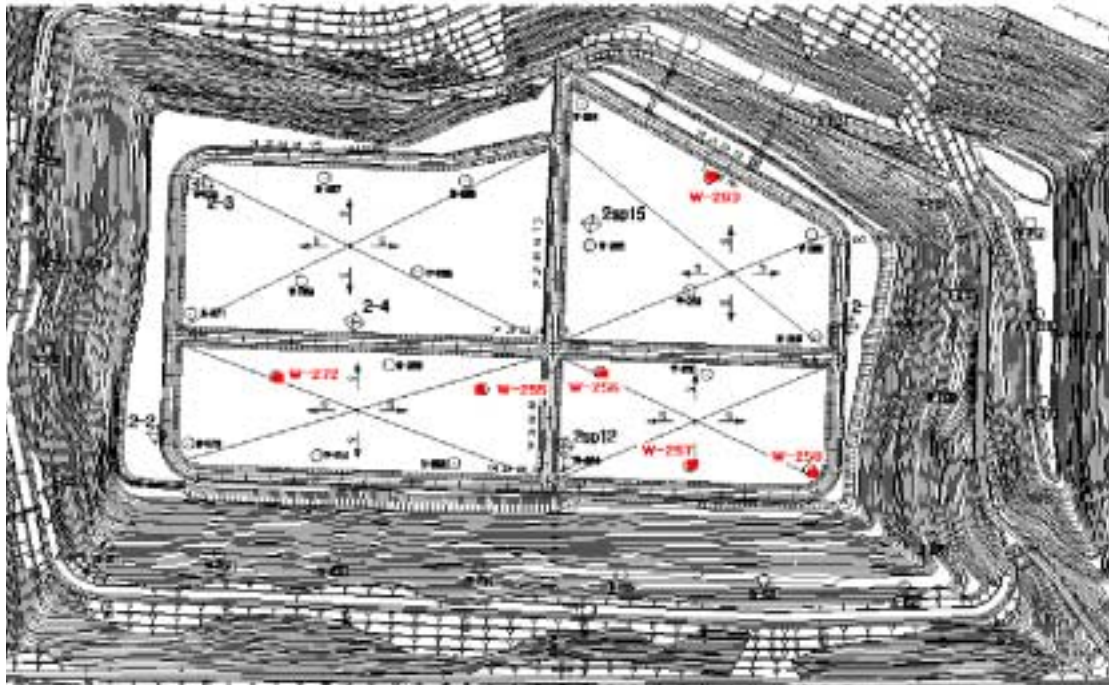
<그림 16> 지하수의 관측정 위치도

<표 19> 현재 지하수위 측정 결과

구분	제1매립지		제2매립지	
	측정지점	지하수위(m)	측정지점	지하수위
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		
바 닥 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		



(a) 제1매립지 지하수위 위치도

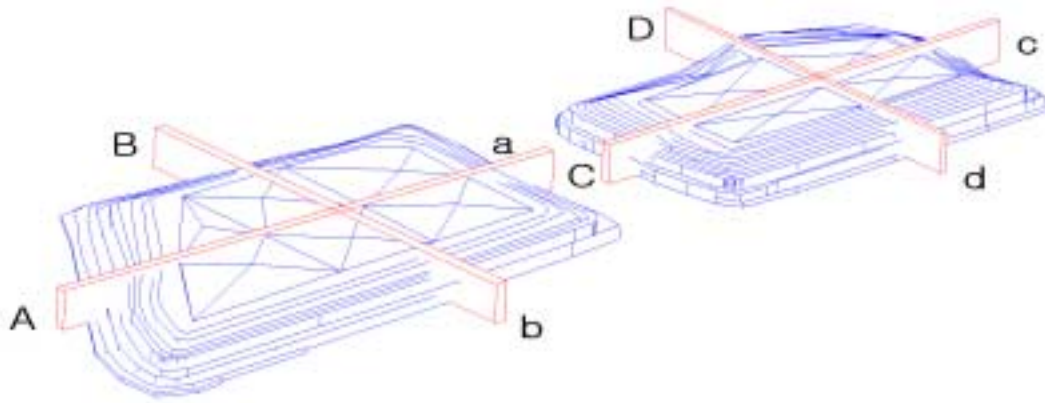


(b) 제2매립지 지하수위 위치도

<그림 17> 지하수위 위치도

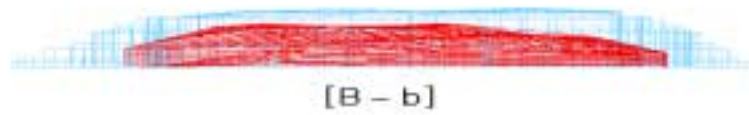
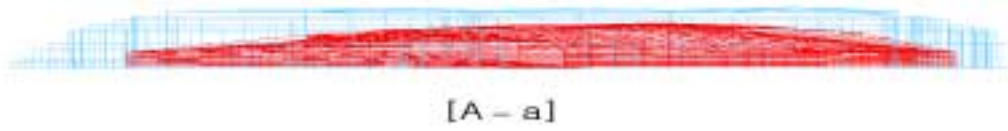
< 제1공구 >

< 제2공구 >

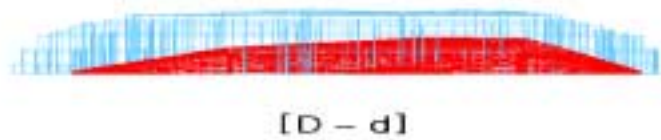


지하수위 단면도

< 제1공구 >



< 제2공구 >

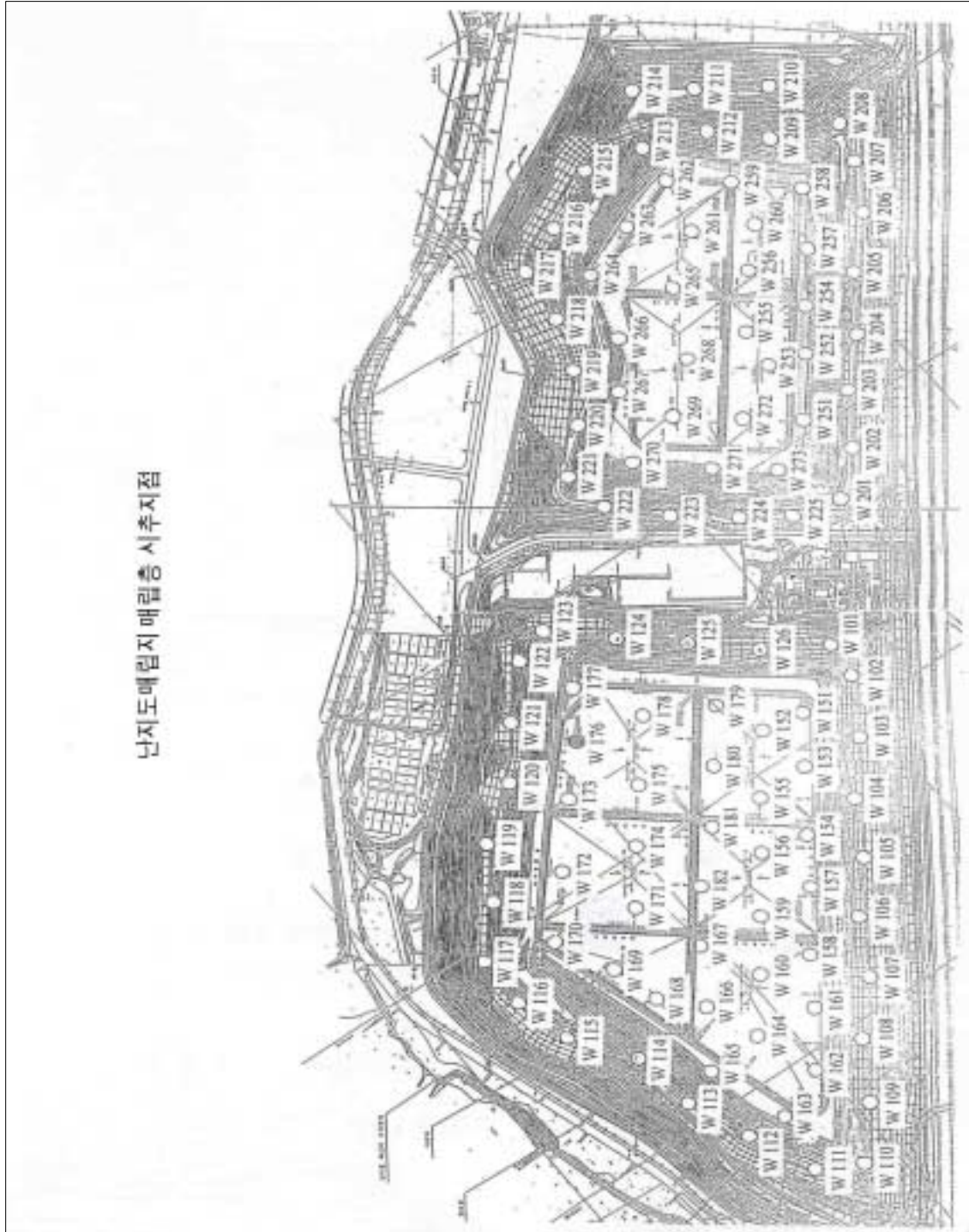


<그림 18> 난지도매립지 지하수위 모사도



## 부록 2

### 난지도매립지 매립층의 시추조사 결과



	W101	W102	W103	W104	W105	W106	W107	W108	W109	W110	W111	W112	W113	W114					
0.0	64.0	A	65.0	A	64.0	A	63.0	A	64.0	A	63.0	A	60.5	A	60.5	A	60.5	A	0.0
1.0	63.0	A	64.0	A	64.0	A	62.0	A	63.0	A	62.0	A	64.0	A	64.0	A	59.5	A	1.0
2.0	62.0	A	63.0	A	62.0	A	61.0	A	62.0	A	61.0	A	62.0	A	63.0	A	58.5	A	2.0
3.0	61.0	A	62.0	A	61.0	A	60.0	A	60.0	A	60.0	A	62.0	A	62.0	A	57.5	A	3.0
4.0	60.0	A	61.0	A	61.0	A	59.0	A	59.0	A	59.0	A	61.0	A	61.0	A	56.5	A	4.0
5.0	59.0	A	60.0	A	59.0	A	58.0	A	58.0	A	58.0	A	60.0	A	60.0	A	55.5	A	5.0
6.0	58.0	A	59.0	A	58.0	A	57.0	A	57.0	A	57.0	A	59.0	A	59.0	A	54.5	A	6.0
7.0	57.0	A	58.0	A	57.0	A	56.0	A	56.0	A	56.0	A	58.0	A	58.0	A	53.5	A	7.0
8.0	56.0	A	57.0	A	56.0	A	55.0	A	55.0	A	55.0	A	57.0	A	57.0	A	52.5	A	8.0
9.0	55.0	A	56.0	A	55.0	A	54.0	A	54.0	A	54.0	A	56.0	A	56.0	A	51.5	A	9.0
10.0	54.0	A	55.0	A	54.0	A	53.0	A	53.0	A	53.0	A	54.0	A	54.0	A	50.5	A	10.0
11.0	53.0	A	54.0	A	53.0	A	52.0	A	52.0	A	52.0	A	53.0	A	53.0	A	49.5	A	11.0
12.0	52.0	A	53.0	A	52.0	A	51.0	A	51.0	A	51.0	A	52.0	A	52.0	A	48.5	A	12.0
13.0	51.0	A	52.0	A	51.0	A	50.0	A	50.0	A	50.0	A	51.0	A	51.0	A	47.5	A	13.0
14.0	50.0	A	51.0	A	50.0	A	49.0	A	49.0	A	49.0	A	50.0	A	50.0	A	46.5	A	14.0
15.0	49.0	A	50.0	A	49.0	A	48.0	A	48.0	A	48.0	A	49.0	A	49.0	A	45.5	A	15.0
16.0	48.0	A	49.0	A	48.0	A	47.0	A	47.0	A	47.0	A	48.0	A	48.0	A	44.5	A	16.0
17.0	47.0	A	48.0	A	47.0	A	46.0	A	46.0	A	46.0	A	47.0	A	47.0	A	43.5	A	17.0
18.0	46.0	A	47.0	A	46.0	A	45.0	A	45.0	A	45.0	A	46.0	A	46.0	A	42.5	A	18.0
19.0	45.0	A	46.0	A	45.0	A	44.0	A	44.0	A	44.0	A	45.0	A	45.0	A	41.5	A	19.0
20.0	44.0	A	45.0	A	44.0	A	43.0	A	43.0	A	43.0	A	44.0	A	44.0	A	40.5	B	20.0
21.0	43.0	A	44.0	A	43.0	A	42.0	A	42.0	A	42.0	A	43.0	A	43.0	A	39.5	B	21.0
22.0	42.0	A	43.0	A	42.0	A	41.0	A	41.0	A	41.0	A	42.0	A	42.0	A	38.5	B	22.0
23.0	41.0	A	42.0	A	41.0	A	40.0	B	40.0	B	40.0	B	41.0	A	41.0	A	37.5	B	23.0
24.0	40.0	B	41.0	A	40.0	B	39.0	B	39.0	B	39.0	B	40.0	D	40.0	D	36.5	B	24.0
25.0	39.0	B	40.0	B	39.0	B	38.0	B	38.0	B	38.0	B	39.0	D	40.0	D	35.5	D	25.0
26.0	38.0	B	39.0	B	38.0	B	37.0	B	37.0	B	37.0	B	38.0	D	38.0	D	34.5	B	26.0
27.0	37.0	D	38.0	B	37.0	B	36.0	B	36.0	B	36.0	B	37.0	D	37.0	D	33.5	D	27.0
28.0	36.0	D	37.0	B	36.0	B	35.0	B	35.0	B	35.0	B	36.0	D	36.0	D	32.5	D	28.0
29.0	35.0	D	36.0	B	35.0	B	34.0	B	34.0	B	34.0	B	35.0	D	35.0	D	31.5	D	29.0
30.0	34.0	D	35.0	B	34.0	B	33.0	B	33.0	B	33.0	B	34.0	D	34.0	D	30.5	D	30.0
31.0	33.0	B	34.0	B	33.0	B	32.0	B	32.0	B	32.0	B	33.0	B	33.0	B	29.5	B	31.0
32.0	32.0	B	33.0	B	32.0	B	31.0	C	31.0	C	31.0	C	32.0	B	32.0	B	28.5	D	32.0
33.0	31.0	B	32.0	C	31.0	C	30.0	C	30.0	C	30.0	C	31.0	D	31.0	D	27.5	D	33.0
34.0	30.0	B	31.0	C	30.0	C	29.0	D	29.0	D	29.0	D	30.0	D	30.0	D	26.5	D	34.0
35.0	29.0	D	30.0	B	29.0	D	28.0	D	28.0	D	28.0	D	29.0	B	29.0	B	25.5	D	35.0
36.0	28.0	D	29.0	B	28.0	D	27.0	D	27.0	D	27.0	D	28.0	B	28.0	B	24.5	B	36.0
37.0	27.0	D	28.0	B	27.0	D	26.0	D	26.0	D	26.0	D	27.0	D	27.0	D	23.5	B	37.0
38.0	26.0	D	27.0	D	26.0	D	25.0	D	25.0	D	25.0	D	26.0	C	26.0	C	22.5	B	38.0
39.0	25.0	D	26.0	D	25.0	D	24.0	D	24.0	D	24.0	D	25.0	C	25.0	C	21.5	D	39.0
40.0	24.0	B	25.0	D	24.0	D	23.0	B	23.0	B	23.0	B	24.0	C	24.0	C	20.5	C	40.0
41.0	23.0	B	24.0	C	23.0	C	22.0	B	22.0	B	22.0	B	23.0	C	23.0	C	19.5	C	41.0
42.0	22.0	B	23.0	D	22.0	C	21.0	B	21.0	B	21.0	B	22.0	C	22.0	C	18.5	C	42.0
43.0	21.0	B	22.0	C	21.0	C	20.0	B	20.0	B	20.0	B	21.0	D	21.0	D	17.5	D	43.0
44.0	20.0	B	21.0	C	20.0	C	19.0	B	19.0	B	19.0	B	20.0	C	20.0	C	16.5	D	44.0
45.0	19.0	C	20.0	C	19.0	C	18.0	B	18.0	C	18.0	C	19.0	C	19.0	C	15.5	D	45.0
46.0	18.0	C	19.0	C	18.0	C	17.0	B	17.0	B	17.0	B	18.0	D	18.0	D	14.5	B	46.0
47.0	17.0	C	18.0	C	17.0	C	16.0	B	16.0	B	16.0	B	17.0	D	17.0	D	13.5	B	47.0
48.0	16.0	C	17.0	C	16.0	C	15.0	D	15.0	D	15.0	D	16.0	C	16.0	C	12.5	B	48.0
49.0	15.0	C	16.0	D	15.0	D	14.0	D	14.0	D	14.0	D	15.0	D	15.0	D	11.5	B	49.0

A : , B : , C : , D :

	W101	W102	W103	W104	W105	W106	W107	W108	W109	W110	W111	W112	W113	W114
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
50.0	14.0	C	15.0	D	15.0	C	15.0	C	14.0	C	15.0	D	15.0	C
51.0	13.0	D	14.0	D	14.0	C	14.0	B	13.0	B	13.0	D	14.0	D
52.0	12.0	D	13.0	D	13.0	C	13.0	B	12.0	B	12.0	D	13.0	C
53.0	11.0	D	12.0	D	12.0	C	12.0	B	11.0	B	11.0	D	12.0	D
54.0	10.0	D	11.0	D	11.0	C	11.0	B	10.0	B	10.0	D	11.0	C
55.0	9.0	D	10.0	D	10.0	C	10.0	B	9.0	B	9.0	D	10.0	D
56.0	8.0	D	9.0	D	9.0	D	8.0	B	7.0	B	8.0	D	9.0	C
57.0	7.0	D	8.0	D	8.0	D	7.0	B	6.0	B	7.0	D	8.0	C
58.0	6.0	D	7.0	D	7.0	D	6.0	D	5.0	D	6.0	D	7.0	D
59.0	5.0	D	6.0	D	6.0	D	5.0	D	4.0	D	5.0	D	6.0	D
60.0	4.0	D	5.0	D	5.0	D	4.0	D	3.0	D	4.0	D	5.0	D
61.0	3.0	D	4.0	D	4.0	D	3.0	D	2.0	D	3.0	D	4.0	D
62.0	2.0	D	3.0	D	3.0	D	2.0	D	1.0	D	2.0	D	3.0	D
63.0	1.0	D	2.0	D	2.0	D	1.0	D	0.0	D	1.0	D	2.0	D
64.0	0.0	D	1.0	D	1.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	1.0	D
65.0			0.0	D	0.0	D					0.0	D	0.0	D
66.0														
67.0														
68.0														
69.0														
70.0														
71.0														
72.0														
73.0														
74.0														
75.0														
76.0														
77.0														
78.0														
79.0														
80.0														
81.0														
82.0														
83.0														
84.0														
85.0														
86.0														
87.0														
88.0														
89.0														
90.0														
91.0														
92.0														
93.0														
94.0														
95.0														
96.0														
97.0														
98.0														
99.0														
100.0														

A : , B : , C : , D :

W115	W116	W117	W118	W119	W120	W121	W122	W123	W124	W125	W126	W151	W152			
67.0	A	57.0	A	55.0	A	60.0	A	62.0	A	65.0	A	63.0	A	96.0	A	0.0
66.0	A	56.0	A	54.0	A	59.0	A	61.0	A	64.0	A	62.0	A	95.0	A	1.0
65.0	A	55.0	A	53.0	A	58.0	A	60.0	A	63.0	A	61.0	A	94.0	A	2.0
64.0	A	54.0	A	52.0	A	57.0	A	59.0	A	62.0	A	60.0	A	93.0	A	3.0
63.0	A	53.0	A	51.0	A	56.0	A	58.0	A	61.0	A	59.0	A	92.0	A	4.0
62.0	A	52.0	A	50.0	A	55.0	A	57.0	A	60.0	A	58.0	A	91.0	A	5.0
61.0	A	51.0	A	49.0	A	54.0	A	56.0	A	59.0	A	57.0	A	90.0	A	6.0
60.0	A	50.0	A	48.0	A	53.0	A	55.0	A	58.0	A	56.0	A	89.0	A	7.0
59.0	A	49.0	A	47.0	A	52.0	A	54.0	A	57.0	A	55.0	A	88.0	A	8.0
58.0	A	48.0	A	46.0	A	51.0	A	53.0	A	56.0	A	54.0	A	87.0	A	9.0
57.0	A	47.0	A	45.0	A	50.0	A	52.0	A	55.0	A	53.0	A	86.0	A	10.0
56.0	A	46.0	A	44.0	A	49.0	A	51.0	A	54.0	A	52.0	A	85.0	A	11.0
55.0	A	45.0	A	43.0	A	48.0	A	50.0	A	53.0	A	51.0	A	84.0	A	12.0
54.0	A	44.0	A	42.0	A	47.0	A	49.0	A	52.0	A	50.0	A	83.0	A	13.0
53.0	A	43.0	A	41.0	A	46.0	A	48.0	A	51.0	A	49.0	A	82.0	A	14.0
52.0	A	42.0	A	40.0	B	45.0	A	47.0	A	50.0	A	48.0	A	81.0	A	15.0
51.0	A	41.0	A	39.0	B	44.0	A	46.0	A	49.0	A	47.0	A	80.0	A	16.0
50.0	A	40.0	D	38.0	B	43.0	A	45.0	A	48.0	A	46.0	A	79.0	A	17.0
49.0	A	39.0	D	37.0	B	42.0	A	44.0	A	47.0	A	45.0	A	78.0	A	18.0
48.0	A	38.0	D	36.0	B	41.0	A	43.0	A	46.0	A	44.0	A	77.0	A	19.0
47.0	A	37.0	D	35.0	B	40.0	B	42.0	A	45.0	A	43.0	A	76.0	A	20.0
46.0	A	36.0	D	34.0	B	39.0	B	41.0	A	44.0	A	42.0	A	75.0	A	21.0
45.0	A	35.0	D	33.0	B	38.0	B	40.0	B	43.0	A	41.0	A	74.0	A	22.0
44.0	A	34.0	D	32.0	B	37.0	B	39.0	B	42.0	A	40.0	B	73.0	A	23.0
43.0	A	33.0	D	31.0	B	36.0	B	38.0	B	41.0	A	39.0	B	72.0	A	24.0
42.0	A	32.0	D	30.0	B	35.0	B	37.0	B	40.0	D	38.0	B	71.0	A	25.0
41.0	A	31.0	D	29.0	D	34.0	B	36.0	B	39.0	B	37.0	D	70.0	A	26.0
40.0	C	30.0	D	28.0	D	33.0	B	35.0	B	38.0	D	36.0	B	69.0	A	27.0
39.0	C	29.0	D	27.0	D	32.0	B	34.0	D	37.0	D	35.0	D	68.0	A	28.0
38.0	C	28.0	D	26.0	D	31.0	B	33.0	D	36.0	D	34.0	D	67.0	A	29.0
37.0	C	27.0	D	25.0	B	30.0	D	32.0	D	35.0	D	33.0	D	66.0	A	30.0
36.0	C	26.0	D	24.0	B	29.0	D	31.0	D	34.0	D	32.0	D	65.0	A	31.0
35.0	C	25.0	B	23.0	D	28.0	D	30.0	D	33.0	D	31.0	D	64.0	A	32.0
34.0	C	24.0	B	22.0	D	27.0	D	29.0	D	32.0	D	30.0	D	63.0	A	33.0
33.0	C	23.0	B	21.0	D	26.0	D	28.0	D	29.0	C	30.0	B	62.0	A	33.0
32.0	B	22.0	B	20.0	D	25.0	D	27.0	D	28.0	C	29.0	B	61.0	A	34.0
31.0	B	21.0	B	19.0	D	24.0	D	26.0	B	27.0	C	28.0	B	60.0	A	35.0
30.0	B	20.0	B	18.0	D	23.0	D	25.0	B	26.0	C	27.0	B	59.0	A	36.0
29.0	B	19.0	D	17.0	D	22.0	D	24.0	B	25.0	C	26.0	B	58.0	A	37.0
28.0	B	18.0	D	16.0	D	21.0	D	23.0	B	24.0	C	25.0	B	57.0	D	38.0
27.0	B	17.0	D	15.0	D	20.0	D	22.0	B	23.0	C	24.0	D	56.0	D	39.0
26.0	B	16.0	D	14.0	D	19.0	B	21.0	B	22.0	C	23.0	D	55.0	D	40.0
25.0	B	15.0	D	13.0	B	18.0	B	20.0	B	21.0	C	22.0	D	54.0	D	41.0
24.0	B	14.0	D	12.0	B	17.0	D	19.0	D	20.0	C	21.0	D	53.0	D	42.0
23.0	C	13.0	D	11.0	D	16.0	D	18.0	D	19.0	D	20.0	D	52.0	D	43.0
22.0	C	12.0	D	10.0	D	15.0	D	17.0	D	18.0	D	19.0	D	51.0	D	44.0
21.0	C	11.0	D	9.0	B	14.0	D	16.0	D	17.0	D	18.0	D	50.0	B	45.0
20.0	C	10.0	D	8.0	B	13.0	B	15.0	D	16.0	D	17.0	B	49.0	B	46.0
19.0	D	9.0	D	7.0	D	12.0	B	14.0	D	15.0	D	16.0	B	48.0	B	47.0
18.0	D	8.0	D	6.0	D	11.0	B	13.0	D	14.0	D	15.0	B	47.0	C	48.0
		7.0	D	5.0	D	10.0	D	12.0	D	13.0	D	14.0	D	46.0	D	49.0

A : , B : , C : , D :

W115	W116	W117	W118	W119	W120	W121	W122	W123	W124	W125	W126	W151	W152
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
17.0	7.0	6.0	5.0	7.0	10.0	11.0	11.0	12.0	15.0	12.0	13.0	45.0	46.0
D	D	D	D	D	B	D	D	D	B	D	D	D	C
16.0	6.0	5.0	4.0	6.0	9.0	10.0	10.0	11.0	14.0	11.0	12.0	44.0	45.0
D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	C
15.0	5.0	4.0	3.0	5.0	8.0	9.0	9.0	10.0	13.0	10.0	11.0	43.0	44.0
D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D
14.0	4.0	3.0	2.0	4.0	7.0	8.0	8.0	9.0	12.0	9.0	10.0	42.0	43.0
D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D
13.0	3.0	2.0	1.0	3.0	6.0	7.0	7.0	8.0	11.0	8.0	9.0	41.0	42.0
D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D
12.0	2.0	1.0	0.0	2.0	5.0	6.0	6.0	7.0	10.0	7.0	8.0	40.0	41.0
D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D
11.0	1.0	0.0		1.0	4.0	5.0	5.0	6.0	9.0	6.0	7.0	39.0	40.0
D	D	D		D	D	D	D	D	B	D	D	D	D
10.0	0.0			0.0	3.0	4.0	4.0	5.0	8.0	5.0	6.0	38.0	39.0
D	D			D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
9.0					2.0	3.0	3.0	4.0	7.0	4.0	5.0	37.0	38.0
D					D	D	D	D	D	D	D	D	D
8.0					1.0	2.0	2.0	3.0	6.0	3.0	4.0	36.0	37.0
D					D	D	D	D	D	D	D	D	D
7.0					0.0	1.0	1.0	2.0	5.0	2.0	3.0	35.0	36.0
D					D	D	D	D	D	D	D	D	D
6.0						0.0	0.0	1.0	4.0	1.0	2.0	34.0	35.0
D						D	D	D	D	D	D	D	D
5.0								0.0	3.0	0.0	1.0	33.0	34.0
D								D	D	D	D	D	D
4.0									2.0		0.0	32.0	33.0
D									D		D	D	D
3.0									1.0			31.0	32.0
D									D			D	D
2.0									0.0			30.0	31.0
D									D			D	D
1.0												29.0	30.0
D												D	D
0.0												28.0	29.0
D												D	D
												27.0	28.0
												D	D
												26.0	27.0
												D	D
												25.0	26.0
												D	D
												24.0	25.0
												D	D
												23.0	24.0
												C	B
												22.0	23.0
												C	B
												21.0	22.0
												D	B
												20.0	21.0
												D	B
												19.0	20.0
												D	B
												18.0	19.0
												D	B
												17.0	18.0
												D	B
												16.0	17.0
												D	B
												15.0	16.0
												D	B
												14.0	15.0
												D	B
												13.0	14.0
												D	B
												12.0	13.0
												D	B
												11.0	12.0
												D	B
												10.0	11.0
												D	B
												9.0	10.0
												C	D
												8.0	9.0
												C	D
												7.0	8.0
												C	D
												6.0	7.0
												C	D
												5.0	6.0
												C	D
												4.0	5.0
												C	D
												3.0	4.0
												D	D
												3.0	4.0
												D	D
												2.0	3.0
												D	D
												2.0	3.0
												D	D
												1.0	2.0
												D	D
												1.0	2.0
												D	D
												0.0	1.0
												D	D
												0.0	1.0
												D	D
												97.0	98.0
												98.0	99.0
												99.0	100.0

A : , B : , C : , D :

W153	W154	W155	W156	W157	W158	W159	W160	W161	W162	W163	W164	W165	W166
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
95.0	A	96.0	A	94.0	A	94.0	A	96.0	A	95.0	A	95.0	A
94.0	A	95.0	A	93.0	A	93.0	A	95.0	A	94.0	A	94.0	A
93.0	A	94.0	A	92.0	A	92.0	A	94.0	A	93.0	A	93.0	A
92.0	A	93.0	A	91.0	A	91.0	A	93.0	A	92.0	A	92.0	A
91.0	A	92.0	A	90.0	A	90.0	A	91.0	A	91.0	A	91.0	A
90.0	A	91.0	A	89.0	A	89.0	A	90.0	A	90.0	A	90.0	A
89.0	A	90.0	A	88.0	A	88.0	A	89.0	A	89.0	A	89.0	A
88.0	A	89.0	A	87.0	A	87.0	A	88.0	A	88.0	A	88.0	A
87.0	A	88.0	A	86.0	A	86.0	A	87.0	A	87.0	A	87.0	A
86.0	A	87.0	A	85.0	A	85.0	A	86.0	A	86.0	A	86.0	A
85.0	A	86.0	A	84.0	A	84.0	A	85.0	A	85.0	A	85.0	A
84.0	A	85.0	A	83.0	A	83.0	A	84.0	A	84.0	A	84.0	A
83.0	A	84.0	A	82.0	A	82.0	A	83.0	A	83.0	A	83.0	A
82.0	A	83.0	A	81.0	A	81.0	A	82.0	A	82.0	A	82.0	A
81.0	A	82.0	A	80.0	A	80.0	A	81.0	A	81.0	A	81.0	A
80.0	A	81.0	A	79.0	A	79.0	A	80.0	A	80.0	A	80.0	A
79.0	A	80.0	A	78.0	A	78.0	A	79.0	A	79.0	A	79.0	A
78.0	A	79.0	A	77.0	A	77.0	A	78.0	A	78.0	A	78.0	A
77.0	A	78.0	A	76.0	A	76.0	A	77.0	A	77.0	A	77.0	A
76.0	A	77.0	A	75.0	A	75.0	A	76.0	A	76.0	A	76.0	A
75.0	A	76.0	A	74.0	A	74.0	A	75.0	A	75.0	A	75.0	A
74.0	A	75.0	A	73.0	A	73.0	A	74.0	A	74.0	A	74.0	A
73.0	A	74.0	A	72.0	A	72.0	A	73.0	A	73.0	A	73.0	A
72.0	A	73.0	A	71.0	A	71.0	A	72.0	A	72.0	A	72.0	A
71.0	A	72.0	A	70.0	A	70.0	A	71.0	A	71.0	A	71.0	A
70.0	A	71.0	A	69.0	A	69.0	A	70.0	A	70.0	A	70.0	A
69.0	A	70.0	A	68.0	A	68.0	A	69.0	A	69.0	A	69.0	A
68.0	A	69.0	A	67.0	A	67.0	A	68.0	A	68.0	A	68.0	A
67.0	A	68.0	A	66.0	A	66.0	A	67.0	A	67.0	A	67.0	A
66.0	A	67.0	A	65.0	A	65.0	A	66.0	A	66.0	A	66.0	A
65.0	A	66.0	A	64.0	A	64.0	A	65.0	A	65.0	A	65.0	A
64.0	A	65.0	A	63.0	A	63.0	A	64.0	A	64.0	A	64.0	A
63.0	A	64.0	A	62.0	A	62.0	A	63.0	A	63.0	A	63.0	A
62.0	A	63.0	A	61.0	A	61.0	A	62.0	A	62.0	A	62.0	A
61.0	A	62.0	A	60.0	A	60.0	A	61.0	A	61.0	A	61.0	A
60.0	A	61.0	A	59.0	A	59.0	A	60.0	A	60.0	A	60.0	A
59.0	A	60.0	A	58.0	B	58.0	B	59.0	A	59.0	D	59.0	B
58.0	A	59.0	A	57.0	B	57.0	B	58.0	B	58.0	D	58.0	B
57.0	D	58.0	D	56.0	B	56.0	B	57.0	B	57.0	D	57.0	B
56.0	D	57.0	D	55.0	B	55.0	B	56.0	B	56.0	D	56.0	B
55.0	D	56.0	D	54.0	B	54.0	B	55.0	B	55.0	D	55.0	B
54.0	D	55.0	D	53.0	B	53.0	B	54.0	B	54.0	D	54.0	B
53.0	D	54.0	B	52.0	B	52.0	B	53.0	B	53.0	D	53.0	B
52.0	D	53.0	C	51.0	B	51.0	D	52.0	B	52.0	D	52.0	B
51.0	D	52.0	C	50.0	B	50.0	D	51.0	B	51.0	D	51.0	B
50.0	D	51.0	C	49.0	B	49.0	D	50.0	B	50.0	D	50.0	B
49.0	C	49.0	C	48.0	B	48.0	B	49.0	B	49.0	D	49.0	B
48.0	C	48.0	C	47.0	B	47.0	B	48.0	B	48.0	D	48.0	B
47.0	C	47.0	C	46.0	B	46.0	B	47.0	B	47.0	C	47.0	B
46.0	C	47.0	C	45.0	B	45.0	B	46.0	B	46.0	B	46.0	B
45.0	C	46.0	C	44.0	B	44.0	B	45.0	B	45.0	C	45.0	B
44.0	B	45.0	B	43.0	B	43.0	B	44.0	B	44.0	C	44.0	B
43.0	B	44.0	B	42.0	B	42.0	B	43.0	B	43.0	C	43.0	B
42.0	B	43.0	B	41.0	B	41.0	B	42.0	B	42.0	C	42.0	B
41.0	B	42.0	B	40.0	B	40.0	B	41.0	B	41.0	C	41.0	B
40.0	B	41.0	B	39.0	B	39.0	B	40.0	B	40.0	C	40.0	B
39.0	B	40.0	B	38.0	B	38.0	B	39.0	B	39.0	C	39.0	B
38.0	B	39.0	B	37.0	B	37.0	B	38.0	B	38.0	C	38.0	B
37.0	B	38.0	B	36.0	B	36.0	B	37.0	B	37.0	C	37.0	B
36.0	B	37.0	B	35.0	B	35.0	B	36.0	B	36.0	C	36.0	B
35.0	B	36.0	B	34.0	B	34.0	B	35.0	B	35.0	C	35.0	B
34.0	B	35.0	B	33.0	B	33.0	B	34.0	B	34.0	C	34.0	B
33.0	B	34.0	B	32.0	B	32.0	B	33.0	B	33.0	C	33.0	B
32.0	B	33.0	B	31.0	B	31.0	B	32.0	B	32.0	C	32.0	B
31.0	B	32.0	B	30.0	B	30.0	B	31.0	B	31.0	C	31.0	B
30.0	B	31.0	B	29.0	B	29.0	B	30.0	B	30.0	C	30.0	B
29.0	B	30.0	B	28.0	B	28.0	B	29.0	B	29.0	C	29.0	B
28.0	B	29.0	B	27.0	B	27.0	B	28.0	B	28.0	C	28.0	B
27.0	B	28.0	B	26.0	B	26.0	B	27.0	B	27.0	C	27.0	B
26.0	B	27.0	B	25.0	B	25.0	B	26.0	B	26.0	C	26.0	B
25.0	B	26.0	B	24.0	B	24.0	B	25.0	B	25.0	C	25.0	B
24.0	B	25.0	B	23.0	B	23.0	B	24.0	B	24.0	C	24.0	B
23.0	B	24.0	B	22.0	B	22.0	B	23.0	B	23.0	C	23.0	B
22.0	B	23.0	B	21.0	B	21.0	B	22.0	B	22.0	C	22.0	B
21.0	B	22.0	B	20.0	B	20.0	B	21.0	B	21.0	C	21.0	B
20.0	B	21.0	B	19.0	B	19.0	B	20.0	B	20.0	C	20.0	B
19.0	B	20.0	B	18.0	B	18.0	B	19.0	B	19.0	C	19.0	B
18.0	B	19.0	B	17.0	B	17.0	B	18.0	B	18.0	C	18.0	B
17.0	B	18.0	B	16.0	B	16.0	B	17.0	B	17.0	C	17.0	B
16.0	B	17.0	B	15.0	B	15.0	B	16.0	B	16.0	C	16.0	B
15.0	B	16.0	B	14.0	B	14.0	B	15.0	B	15.0	C	15.0	B
14.0	B	15.0	B	13.0	B	13.0	B	14.0	B	14.0	C	14.0	B
13.0	B	14.0	B	12.0	B	12.0	B	13.0	B	13.0	C	13.0	B
12.0	B	13.0	B	11.0	B	11.0	B	12.0	B	12.0	C	12.0	B
11.0	B	12.0	B	10.0	B	10.0	B	11.0	B	11.0	C	11.0	B
10.0	B	11.0	B	9.0	B	9.0	B	10.0	B	10.0	C	10.0	B
9.0	B	10.0	B	8.0	B	8.0	B	9.0	B	9.0	C	9.0	B
8.0	B	9.0	B	7.0	B	7.0	B	8.0	B	8.0	C	8.0	B
7.0	B	8.0	B	6.0	B	6.0	B	7.0	B	7.0	C	7.0	B
6.0	B	7.0	B	5.0	B	5.0	B	6.0	B	6.0	C	6.0	B
5.0	B	6.0	B	4.0	B	4.0	B	5.0	B	5.0	C	5.0	B
4.0	B	5.0	B	3.0	B	3.0	B	4.0	B	4.0	C	4.0	B
3.0	B	4.0	B	2.0	B	2.0	B	3.0	B	3.0	C	3.0	B
2.0	B	3.0	B	1.0	B	1.0	B	2.0	B	2.0	C	2.0	B
1.0	B	2.0	B	0.0	B	0.0	B	1.0	B	1.0	C	1.0	B
0.0	B	1.0	B		B		B	0.0	B	0.0	C	0.0	B

A : , B : , C : , D :

W153	W154	W155	W156	W157	W158	W159	W160	W161	W162	W163	W164	W165	W166			
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
45.0	C	45.0	B	46.0	C	44.0	C	44.0	B	45.0	B	44.0	B	44.0	B	50.0
44.0	D	44.0	B	45.0	C	43.0	C	44.0	B	44.0	B	44.0	B	43.0	B	51.0
43.0	D	43.0	B	44.0	D	42.0	D	43.0	B	43.0	B	44.0	C	42.0	B	52.0
42.0	D	42.0	B	43.0	D	41.0	B	42.0	B	42.0	D	43.0	B	41.0	B	53.0
41.0	D	41.0	B	42.0	D	40.0	B	41.0	B	41.0	D	42.0	C	41.0	B	54.0
40.0	D	39.0	B	41.0	D	39.0	B	40.0	B	40.0	D	40.0	C	39.0	C	55.0
39.0	D	38.0	B	40.0	B	38.0	B	39.0	B	39.0	D	40.0	B	38.0	C	56.0
38.0	D	38.0	B	39.0	D	37.0	C	38.0	B	38.0	D	39.0	C	38.0	B	57.0
37.0	D	37.0	B	38.0	D	36.0	C	37.0	D	37.0	D	38.0	C	37.0	B	58.0
36.0	D	36.0	B	37.0	D	35.0	C	36.0	B	36.0	D	37.0	C	36.0	B	59.0
35.0	D	35.0	B	36.0	D	34.0	C	35.0	B	35.0	D	36.0	C	35.0	B	60.0
34.0	D	34.0	B	35.0	D	33.0	C	34.0	B	34.0	C	34.0	B	34.0	B	61.0
33.0	D	33.0	B	34.0	D	32.0	C	33.0	D	33.0	B	34.0	C	33.0	B	62.0
32.0	D	32.0	B	33.0	D	31.0	C	32.0	D	32.0	B	33.0	C	32.0	B	63.0
31.0	D	31.0	B	32.0	D	30.0	C	31.0	D	31.0	B	32.0	C	31.0	B	64.0
30.0	D	30.0	B	31.0	D	29.0	B	30.0	D	30.0	B	31.0	C	30.0	B	65.0
29.0	D	29.0	D	28.0	D	28.0	C	29.0	D	29.0	D	30.0	C	29.0	B	66.0
28.0	D	28.0	D	27.0	C	27.0	C	28.0	B	28.0	D	29.0	B	28.0	B	67.0
27.0	D	27.0	D	26.0	C	26.0	C	27.0	D	27.0	D	28.0	B	27.0	B	68.0
26.0	D	26.0	D	25.0	C	25.0	C	26.0	B	26.0	D	27.0	B	26.0	B	69.0
25.0	D	25.0	D	24.0	C	24.0	C	25.0	D	25.0	D	26.0	B	25.0	C	70.0
24.0	D	24.0	D	23.0	C	23.0	C	24.0	C	24.0	D	25.0	B	24.0	C	71.0
23.0	D	23.0	D	22.0	C	22.0	C	23.0	D	23.0	D	24.0	B	23.0	C	72.0
22.0	D	22.0	B	21.0	C	21.0	C	22.0	D	22.0	D	23.0	B	22.0	C	73.0
21.0	B	21.0	D	20.0	C	20.0	C	21.0	D	21.0	C	22.0	C	21.0	C	74.0
20.0	B	20.0	D	19.0	C	19.0	C	20.0	D	20.0	C	21.0	C	20.0	B	75.0
19.0	B	19.0	D	18.0	C	18.0	C	19.0	D	19.0	D	20.0	C	19.0	B	76.0
18.0	B	18.0	D	17.0	C	17.0	C	18.0	D	18.0	D	19.0	C	18.0	B	77.0
17.0	B	17.0	D	16.0	B	16.0	C	17.0	D	17.0	D	18.0	C	17.0	B	78.0
16.0	B	16.0	D	15.0	B	15.0	C	16.0	D	16.0	B	17.0	C	16.0	B	79.0
15.0	B	15.0	D	14.0	B	14.0	C	15.0	D	15.0	B	16.0	C	15.0	B	80.0
14.0	B	14.0	D	13.0	B	13.0	B	14.0	D	14.0	C	15.0	B	14.0	B	81.0
13.0	B	13.0	D	12.0	B	12.0	B	13.0	D	13.0	C	14.0	B	13.0	B	82.0
12.0	B	12.0	D	11.0	B	11.0	B	12.0	D	12.0	C	13.0	B	12.0	B	83.0
11.0	B	11.0	D	10.0	B	10.0	B	11.0	D	11.0	C	12.0	B	11.0	C	84.0
10.0	B	10.0	D	9.0	B	9.0	B	10.0	B	10.0	C	11.0	B	10.0	C	85.0
9.0	D	9.0	D	8.0	B	8.0	C	9.0	B	9.0	C	10.0	B	9.0	C	86.0
8.0	D	8.0	D	7.0	C	7.0	C	8.0	D	8.0	C	9.0	B	8.0	C	87.0
7.0	D	7.0	D	6.0	C	6.0	B	7.0	B	7.0	D	8.0	B	7.0	C	88.0
6.0	D	6.0	D	5.0	C	5.0	C	6.0	D	6.0	D	7.0	B	6.0	D	89.0
5.0	D	5.0	D	4.0	C	4.0	C	5.0	D	5.0	B	6.0	B	5.0	D	90.0
4.0	D	4.0	D	3.0	C	3.0	B	4.0	B	4.0	B	5.0	D	4.0	D	91.0
3.0	D	3.0	D	2.0	D	2.0	D	3.0	D	3.0	B	4.0	D	3.0	D	92.0
2.0	D	2.0	D	1.0	D	1.0	D	2.0	D	2.0	D	3.0	D	2.0	D	93.0
1.0	D	1.0	D	0.0	D	0.0	D	1.0	D	1.0	D	2.0	D	1.0	D	94.0
0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	1.0	D	0.0	D	95.0
																96.0
																97.0
																98.0
																99.0
																100.0

A : , B : , C : , D :

W167	W168	W169	W170	W171	W172	W173	W174	W175	W176	W177	W178	W179	W181
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
93.0	A	93.0	A	94.0	A	94.0	A	94.0	A	93.0	A	94.0	A
92.0	A	92.0	A	93.0	A	93.0	A	93.0	A	92.0	A	93.0	A
91.0	A	91.0	A	92.0	A	92.0	A	92.0	A	91.0	A	92.0	A
90.0	A	90.0	A	91.0	A	91.0	A	91.0	A	90.0	A	91.0	A
89.0	A	89.0	A	90.0	A	90.0	A	89.0	A	89.0	A	90.0	A
88.0	A	88.0	A	89.0	A	89.0	A	88.0	A	88.0	A	89.0	A
87.0	A	87.0	A	88.0	A	88.0	A	87.0	A	87.0	A	88.0	A
86.0	A	86.0	A	87.0	A	87.0	A	86.0	A	86.0	A	87.0	A
85.0	A	85.0	A	86.0	A	86.0	A	85.0	A	85.0	A	86.0	A
84.0	A	84.0	A	85.0	A	85.0	A	84.0	A	84.0	A	85.0	A
83.0	A	83.0	A	84.0	A	84.0	A	83.0	A	83.0	A	84.0	A
82.0	A	82.0	A	83.0	A	83.0	A	82.0	A	82.0	A	83.0	A
81.0	A	81.0	A	82.0	A	82.0	A	81.0	A	81.0	A	82.0	A
80.0	A	80.0	A	81.0	A	81.0	A	80.0	A	80.0	A	81.0	A
79.0	A	79.0	A	80.0	A	80.0	A	79.0	A	79.0	A	80.0	A
78.0	A	78.0	A	79.0	A	79.0	A	78.0	A	78.0	A	79.0	A
77.0	A	77.0	A	78.0	A	78.0	A	77.0	A	77.0	A	78.0	A
76.0	A	76.0	A	77.0	A	77.0	A	76.0	A	76.0	A	77.0	A
75.0	A	75.0	A	76.0	A	76.0	A	75.0	A	75.0	A	76.0	A
74.0	A	74.0	A	75.0	A	75.0	A	74.0	A	74.0	A	75.0	A
73.0	A	73.0	A	74.0	A	74.0	A	73.0	A	73.0	A	74.0	A
72.0	A	72.0	A	73.0	A	73.0	A	72.0	A	72.0	A	73.0	A
71.0	A	71.0	A	72.0	A	72.0	A	71.0	A	71.0	A	72.0	A
70.0	A	70.0	A	71.0	A	71.0	A	70.0	A	70.0	A	71.0	A
69.0	A	69.0	A	70.0	A	70.0	A	69.0	A	69.0	A	70.0	A
68.0	A	68.0	A	69.0	A	69.0	A	68.0	A	68.0	A	69.0	A
67.0	A	67.0	A	68.0	A	68.0	A	67.0	A	67.0	A	68.0	A
66.0	A	66.0	A	67.0	A	67.0	A	66.0	A	66.0	A	67.0	A
65.0	A	65.0	A	66.0	A	66.0	A	65.0	A	65.0	A	66.0	A
64.0	A	64.0	A	65.0	A	65.0	A	64.0	A	64.0	A	65.0	A
63.0	A	63.0	A	64.0	A	64.0	A	63.0	A	63.0	A	64.0	A
62.0	A	62.0	A	63.0	A	63.0	A	62.0	A	62.0	A	63.0	A
61.0	A	61.0	A	62.0	A	62.0	A	61.0	A	61.0	A	62.0	A
60.0	A	60.0	A	61.0	A	61.0	A	60.0	A	60.0	A	61.0	A
59.0	A	59.0	A	60.0	A	60.0	A	59.0	A	59.0	A	60.0	A
58.0	B	58.0	B	59.0	A	59.0	A	58.0	B	58.0	B	59.0	B
57.0	C	57.0	B	58.0	C	58.0	C	57.0	B	57.0	D	58.0	B
56.0	C	56.0	B	57.0	C	57.0	C	56.0	B	56.0	D	57.0	B
55.0	C	55.0	A	56.0	C	56.0	C	55.0	B	55.0	D	56.0	B
54.0	C	54.0	B	55.0	C	55.0	C	54.0	B	54.0	D	55.0	B
53.0	C	53.0	B	54.0	B	54.0	C	53.0	B	53.0	D	54.0	B
52.0	C	52.0	B	53.0	B	53.0	C	52.0	B	52.0	D	53.0	B
51.0	C	51.0	B	52.0	B	52.0	C	51.0	B	51.0	D	52.0	B
50.0	C	50.0	B	51.0	C	51.0	C	50.0	B	50.0	D	51.0	B
49.0	B	49.0	B	50.0	B	50.0	C	49.0	B	49.0	D	50.0	B
48.0	B	48.0	B	49.0	C	49.0	C	48.0	B	48.0	D	49.0	B
47.0	B	47.0	B	48.0	C	48.0	C	47.0	B	47.0	D	48.0	B
46.0	B	46.0	B	47.0	C	47.0	C	46.0	B	46.0	D	47.0	B
45.0	B	45.0	B	46.0	C	46.0	C	45.0	B	45.0	D	46.0	B
44.0	B	44.0	B	45.0	C	45.0	C	44.0	B	44.0	D	45.0	B

A : , B : , C : , D :



W167	W168	W169	W170	W171	W172	W173	W174	W175	W176	W177	W178	W179	W181			
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
43.0	C	43.0	B	42.0	B	44.0	C	44.0	C	43.0	C	44.0	C	42.0	C	50.0
42.0	C	42.0	B	41.0	B	43.0	C	43.0	C	42.0	C	43.0	C	41.0	B	51.0
41.0	C	41.0	B	40.0	B	42.0	C	42.0	C	41.0	C	42.0	C	40.0	B	52.0
40.0	C	40.0	B	39.0	B	41.0	C	41.0	C	40.0	C	41.0	C	39.0	B	53.0
39.0	B	39.0	C	38.0	B	40.0	C	40.0	C	39.0	C	40.0	B	38.0	B	54.0
38.0	B	38.0	C	37.0	B	39.0	C	39.0	C	38.0	C	39.0	B	37.0	B	55.0
37.0	B	37.0	C	36.0	B	38.0	B	38.0	C	37.0	C	38.0	B	36.0	C	56.0
36.0	B	36.0	C	35.0	B	37.0	C	37.0	C	36.0	D	37.0	B	35.0	C	57.0
35.0	C	35.0	C	34.0	B	36.0	C	36.0	C	35.0	C	36.0	B	34.0	C	58.0
34.0	C	34.0	B	33.0	B	35.0	C	35.0	C	34.0	D	35.0	B	33.0	C	59.0
33.0	C	33.0	B	32.0	B	34.0	C	34.0	C	33.0	D	34.0	B	32.0	C	60.0
32.0	C	32.0	C	31.0	B	33.0	C	33.0	C	32.0	D	33.0	B	31.0	C	61.0
31.0	C	31.0	C	30.0	B	32.0	D	32.0	C	31.0	D	32.0	B	30.0	B	62.0
30.0	C	30.0	C	29.0	C	31.0	D	31.0	C	30.0	D	31.0	B	29.0	C	63.0
29.0	C	29.0	B	28.0	C	30.0	C	30.0	C	29.0	C	30.0	B	28.0	C	64.0
28.0	C	28.0	B	27.0	C	29.0	D	29.0	C	28.0	C	29.0	B	27.0	C	65.0
27.0	C	27.0	B	26.0	C	28.0	C	28.0	C	27.0	C	28.0	B	26.0	B	66.0
26.0	C	26.0	B	25.0	C	27.0	D	27.0	C	26.0	C	27.0	B	25.0	B	67.0
25.0	C	25.0	C	24.0	C	26.0	D	26.0	C	25.0	C	26.0	C	24.0	B	68.0
24.0	C	24.0	B	23.0	C	25.0	D	25.0	C	24.0	C	25.0	B	23.0	B	69.0
23.0	C	23.0	B	22.0	B	24.0	D	24.0	C	23.0	C	24.0	C	22.0	B	70.0
22.0	C	22.0	B	21.0	B	23.0	D	23.0	C	22.0	C	23.0	C	21.0	B	71.0
21.0	C	21.0	B	20.0	C	22.0	D	22.0	C	21.0	C	22.0	B	20.0	B	72.0
20.0	B	20.0	B	19.0	C	21.0	D	21.0	C	20.0	C	21.0	C	19.0	B	73.0
19.0	B	19.0	B	18.0	B	20.0	D	20.0	C	19.0	C	20.0	C	18.0	B	74.0
18.0	B	18.0	B	17.0	B	19.0	C	19.0	C	18.0	C	19.0	C	17.0	C	75.0
17.0	B	17.0	B	16.0	B	18.0	C	18.0	C	17.0	C	18.0	C	16.0	B	76.0
16.0	B	16.0	B	15.0	B	17.0	C	17.0	C	16.0	C	17.0	C	15.0	C	77.0
15.0	B	15.0	B	14.0	B	16.0	C	16.0	C	15.0	C	16.0	C	14.0	C	78.0
14.0	B	14.0	B	13.0	C	15.0	C	15.0	C	14.0	C	15.0	C	13.0	B	79.0
13.0	B	13.0	B	12.0	C	14.0	C	14.0	C	13.0	C	14.0	C	12.0	C	80.0
12.0	B	12.0	B	11.0	C	13.0	C	13.0	C	12.0	C	13.0	C	11.0	B	81.0
11.0	B	11.0	B	10.0	C	12.0	C	12.0	C	11.0	C	12.0	C	10.0	C	82.0
10.0	B	10.0	B	9.0	C	11.0	C	11.0	B	10.0	C	11.0	C	9.0	B	83.0
9.0	C	9.0	C	8.0	C	10.0	C	10.0	B	9.0	C	10.0	C	8.0	B	84.0
8.0	C	8.0	C	7.0	C	9.0	C	9.0	C	8.0	C	9.0	C	7.0	B	85.0
7.0	C	7.0	C	6.0	C	8.0	C	8.0	B	7.0	C	8.0	C	6.0	B	86.0
6.0	C	6.0	C	5.0	C	7.0	C	7.0	B	6.0	C	7.0	C	5.0	B	87.0
5.0	C	5.0	C	4.0	C	6.0	D	6.0	C	5.0	D	6.0	C	4.0	D	88.0
4.0	D	4.0	C	3.0	B	5.0	D	5.0	B	4.0	D	5.0	D	3.0	D	89.0
3.0	D	3.0	D	2.0	C	4.0	D	4.0	D	3.0	C	4.0	D	2.0	D	90.0
2.0	D	2.0	D	1.0	C	3.0	D	3.0	D	2.0	C	3.0	C	1.0	D	91.0
1.0	D	1.0	D	0.0	D	2.0	D	2.0	D	1.0	C	2.0	D	0.0	D	92.0
0.0	D	0.0	D	0.0	D	1.0	D	1.0	D	0.0	C	1.0	D	0.0	D	93.0
				0.0	D	0.0	D	0.0	D			0.0	D			94.0
																95.0
																96.0
																97.0
																98.0
																99.0
																100.0

A : , B : , C : , D :

W182	W201	W202	W203	W204	W205	W206	W207	W208	W209	W210	W211	W214	W212	W2
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
94.0	A 67.0	A 67.0	A 66.0	A 65.0	A 66.0	A 65.5	A 61.0	A 58.0	A 59.0	A 67.0	A 67.0	A 69.0	A 66.0	A 0.0
93.0	A 66.0	A 66.0	A 65.0	A 64.0	A 65.0	A 64.5	A 60.0	A 57.0	A 58.0	A 66.0	A 66.0	A 68.0	A 65.0	A 1.0
92.0	A 65.0	A 65.0	A 64.0	A 63.0	A 64.0	A 63.5	A 59.0	A 56.0	A 57.0	A 65.0	A 65.0	A 67.0	A 64.0	A 2.0
91.0	A 64.0	A 64.0	A 63.0	A 62.0	A 63.0	A 62.5	A 58.0	A 55.0	A 56.0	A 64.0	A 64.0	A 66.0	A 63.0	A 3.0
90.0	A 63.0	A 63.0	A 62.0	A 61.0	A 62.0	A 61.5	A 57.0	A 54.0	A 55.0	A 63.0	A 63.0	A 65.0	A 62.0	A 4.0
89.0	A 62.0	A 62.0	A 61.0	A 60.0	A 61.0	A 60.5	A 56.0	A 53.0	A 54.0	A 62.0	A 62.0	A 64.0	A 61.0	A 5.0
88.0	A 61.0	A 61.0	A 60.0	A 59.0	A 60.0	A 59.5	A 55.0	A 52.0	A 53.0	A 61.0	A 61.0	A 63.0	A 60.0	A 6.0
87.0	A 60.0	A 60.0	A 59.0	A 58.0	A 59.0	A 58.5	A 54.0	A 51.0	A 52.0	A 60.0	A 60.0	A 62.0	A 59.0	A 7.0
86.0	A 59.0	A 59.0	A 58.0	A 57.0	A 58.0	A 57.5	A 53.0	A 50.0	A 51.0	A 59.0	A 59.0	A 61.0	A 58.0	A 8.0
85.0	A 58.0	A 58.0	A 57.0	A 56.0	A 57.0	A 56.5	A 52.0	A 49.0	A 50.0	A 58.0	A 58.0	A 60.0	A 57.0	A 9.0
84.0	A 57.0	A 57.0	A 56.0	A 55.0	A 56.0	A 55.5	A 51.0	A 48.0	A 49.0	A 57.0	A 57.0	A 59.0	A 56.0	A 10.0
83.0	A 56.0	A 56.0	A 55.0	A 54.0	A 55.0	A 54.5	A 50.0	A 47.0	A 48.0	A 56.0	A 56.0	A 58.0	A 55.0	A 11.0
82.0	A 55.0	A 55.0	A 54.0	A 53.0	A 54.0	A 53.5	A 49.0	A 46.0	A 47.0	A 55.0	A 55.0	A 54.0	A 54.0	A 12.0
81.0	A 54.0	A 54.0	A 53.0	A 52.0	A 53.0	A 52.5	A 48.0	A 45.0	A 46.0	A 54.0	A 54.0	A 56.0	A 53.0	A 13.0
80.0	A 53.0	A 53.0	A 52.0	A 51.0	A 52.0	A 51.5	A 47.0	A 44.0	A 45.0	A 53.0	A 53.0	A 55.0	A 52.0	A 14.0
79.0	A 52.0	A 52.0	A 51.0	A 50.0	A 51.0	A 50.5	A 46.0	A 43.0	A 44.0	A 52.0	A 52.0	A 54.0	A 51.0	A 15.0
78.0	A 51.0	A 51.0	A 50.0	A 49.0	A 50.0	A 49.5	A 45.0	A 42.0	A 43.0	A 51.0	A 51.0	A 53.0	A 50.0	A 16.0
77.0	A 50.0	A 50.0	A 49.0	A 48.0	A 49.0	A 48.5	A 44.0	A 41.0	A 42.0	A 50.0	A 50.0	A 52.0	A 49.0	A 17.0
76.0	A 49.0	A 49.0	A 48.0	A 47.0	A 48.0	A 47.5	A 43.0	A 40.0	A 41.0	A 49.0	A 49.0	A 51.0	A 48.0	A 18.0
75.0	A 48.0	A 48.0	A 47.0	A 46.0	A 47.0	A 46.5	A 42.0	A 39.0	A 40.0	A 48.0	A 48.0	A 50.0	A 47.0	A 19.0
74.0	A 47.0	A 47.0	A 46.0	A 45.0	A 46.0	A 45.5	A 41.0	A 38.0	A 39.0	A 47.0	A 47.0	A 49.0	A 46.0	A 20.0
73.0	A 46.0	A 46.0	A 45.0	A 44.0	A 45.0	A 44.5	A 40.0	A 37.0	A 38.0	A 46.0	A 46.0	A 48.0	A 45.0	A 21.0
72.0	A 45.0	A 45.0	A 44.0	A 43.0	A 44.0	A 43.5	A 39.0	A 36.0	A 37.0	A 45.0	A 45.0	A 47.0	A 44.0	A 22.0
71.0	A 44.0	A 44.0	A 43.0	A 42.0	A 43.0	A 42.5	A 38.0	A 35.0	A 36.0	A 44.0	A 44.0	A 46.0	A 43.0	A 23.0
70.0	A 43.0	A 43.0	A 42.0	A 41.0	A 42.0	A 41.5	A 37.0	A 34.0	A 35.0	A 43.0	A 43.0	A 45.0	A 42.0	A 24.0
69.0	A 42.0	A 42.0	A 41.0	A 40.0	A 41.0	A 40.5	A 36.0	A 33.0	A 34.0	A 42.0	A 42.0	A 44.0	A 41.0	A 25.0
68.0	A 41.0	A 41.0	A 40.0	A 39.0	A 40.0	A 39.5	A 35.0	A 32.0	A 33.0	A 41.0	A 41.0	A 43.0	A 40.0	A 26.0
67.0	A 40.0	A 40.0	A 39.0	A 38.0	A 39.0	A 38.5	A 34.0	A 31.0	A 32.0	A 40.0	A 40.0	A 42.0	A 39.0	A 27.0
66.0	A 39.0	A 39.0	A 38.0	A 37.0	A 38.0	A 37.5	A 33.0	A 30.0	A 31.0	A 39.0	A 39.0	A 41.0	A 38.0	A 28.0
65.0	A 38.0	A 38.0	A 37.0	A 36.0	A 37.0	A 36.5	A 32.0	A 29.0	A 30.0	A 38.0	A 38.0	A 40.0	A 37.0	A 29.0
64.0	A 37.0	A 37.0	A 36.0	A 35.0	A 36.0	A 35.5	A 31.0	A 28.0	A 29.0	A 37.0	A 37.0	A 39.0	A 36.0	A 30.0
63.0	A 36.0	A 36.0	A 35.0	A 34.0	A 35.0	A 34.5	A 30.0	A 27.0	A 28.0	A 36.0	A 36.0	A 38.0	A 35.0	A 31.0
62.0	A 35.0	A 35.0	A 34.0	A 33.0	A 34.0	A 33.5	A 29.0	A 26.0	A 27.0	A 35.0	A 35.0	A 37.0	A 34.0	A 32.0
61.0	A 34.0	A 34.0	A 33.0	A 32.0	A 33.0	A 32.5	A 28.0	A 25.0	A 26.0	A 34.0	A 34.0	A 36.0	A 33.0	A 33.0
60.0	A 33.0	A 33.0	A 32.0	A 31.0	A 32.0	A 31.5	A 27.0	A 24.0	A 25.0	A 33.0	A 33.0	A 35.0	A 32.0	A 34.0
59.0	A 32.0	A 32.0	A 31.0	A 30.0	A 31.0	A 30.5	A 26.0	A 23.0	A 24.0	A 32.0	A 32.0	A 34.0	A 31.0	A 35.0
58.0	A 31.0	A 31.0	A 30.0	A 29.0	A 30.0	A 29.5	A 25.0	A 22.0	A 23.0	A 31.0	A 31.0	A 33.0	A 30.0	A 36.0
57.0	A 30.0	A 30.0	A 29.0	A 28.0	A 29.0	A 28.5	A 24.0	A 21.0	A 22.0	A 30.0	A 30.0	A 32.0	A 29.0	A 37.0
56.0	A 29.0	A 29.0	A 28.0	A 27.0	A 28.0	A 27.5	A 23.0	A 20.0	A 21.0	A 29.0	A 29.0	A 31.0	A 28.0	A 38.0
55.0	A 28.0	A 28.0	A 27.0	A 26.0	A 27.0	A 26.5	A 22.0	A 19.0	A 20.0	A 28.0	A 28.0	A 30.0	A 27.0	A 39.0
54.0	A 27.0	A 27.0	A 26.0	A 25.0	A 26.0	A 25.5	A 21.0	A 18.0	A 19.0	A 27.0	A 27.0	A 29.0	A 26.0	A 40.0
53.0	A 26.0	A 26.0	A 25.0	A 24.0	A 25.0	A 24.5	A 20.0	A 17.0	A 18.0	A 26.0	A 26.0	A 28.0	A 25.0	A 41.0
52.0	A 25.0	A 25.0	A 24.0	A 23.0	A 24.0	A 23.5	A 19.0	A 16.0	A 17.0	A 25.0	A 25.0	A 27.0	A 24.0	A 42.0
51.0	A 24.0	A 24.0	A 23.0	A 22.0	A 23.0	A 22.5	A 18.0	A 15.0	A 16.0	A 24.0	A 24.0	A 26.0	A 23.0	A 43.0
50.0	A 23.0	A 23.0	A 22.0	A 21.0	A 22.0	A 21.5	A 17.0	A 14.0	A 15.0	A 23.0	A 23.0	A 25.0	A 22.0	A 44.0
49.0	A 22.0	A 22.0	A 21.0	A 20.0	A 21.0	A 20.5	A 16.0	A 13.0	A 14.0	A 22.0	A 22.0	A 24.0	A 21.0	A 45.0
48.0	A 21.0	A 21.0	A 20.0	A 19.0	A 20.0	A 19.5	A 15.0	A 12.0	A 13.0	A 21.0	A 21.0	A 23.0	A 20.0	A 46.0
47.0	A 20.0	A 20.0	A 19.0	A 18.0	A 19.0	A 18.5	A 14.0	A 11.0	A 12.0	A 20.0	A 20.0	A 22.0	A 19.0	A 47.0
46.0	A 19.0	A 19.0	A 18.0	A 17.0	A 18.0	A 17.5	A 13.0	A 10.0	A 11.0	A 19.0	A 19.0	A 21.0	A 18.0	A 48.0
45.0	C 18.0	D 18.0	D 17.0	B 16.0	D 17.0	C 16.5	D 12.0	C 9.0	A 10.0	A 18.0	D 18.0	C 20.0	C 17.0	B 49.0

A : , B : , C : , D :

W182	W201	W202	W203	W204	W205	W206	W207	W208	W209	W210	W211	W214	W212	W2
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
44.0	C 17.0	D 17.0	D 16.0	B 15.0	D 16.0	C 15.5	D 11.0	C 8.0	C 9.0	A 17.0	C 17.0	C 19.0	C 16.0	B 50.0
43.0	C 16.0	D 16.0	D 15.0	B 14.0	D 15.0	D 14.5	C 10.0	C 7.0	C 8.0	A 16.0	D 16.0	C 18.0	C 15.0	B 51.0
42.0	C 15.0	D 15.0	D 14.0	B 13.0	D 14.0	D 13.5	C 9.0	D 6.0	C 7.0	B 15.0	D 15.0	C 17.0	C 14.0	B 52.0
41.0	C 14.0	B 14.0	C 13.0	B 12.0	D 13.0	D 12.5	C 8.0	D 5.0	D 6.0	B 14.0	D 14.0	C 16.0	C 13.0	B 53.0
40.0	C 13.0	B 13.0	C 12.0	B 11.0	B 12.0	D 11.5	C 7.0	D 4.0	B 5.0	B 13.0	D 13.0	C 15.0	C 12.0	B 54.0
39.0	C 12.0	B 12.0	C 11.0	B 10.0	B 11.0	C 10.5	C 6.0	D 3.0	D 4.0	B 12.0	D 12.0	C 14.0	C 11.0	B 55.0
38.0	C 11.0	B 11.0	C 10.0	B 9.0	B 10.0	C 9.5	C 5.0	D 2.0	D 3.0	B 11.0	D 11.0	C 13.0	D 10.0	B 56.0
37.0	C 10.0	B 10.0	C 9.0	D 8.0	B 9.0	C 8.5	C 4.0	D 1.0	D 2.0	B 10.0	D 10.0	C 12.0	D 9.0	B 57.0
36.0	C 9.0	B 9.0	D 8.0	D 7.0	D 8.0	C 7.5	C 3.0	D 0.0	B 1.0	B 9.0	C 9.0	C 11.0	D 8.0	B 58.0
35.0	C 8.0	D 8.0	D 7.0	D 6.0	D 7.0	C 6.5	C 2.0	D 0.0	B 0.0	B 8.0	D 8.0	C 10.0	D 7.0	B 59.0
34.0	C 7.0	D 7.0	D 6.0	D 5.0	D 6.0	C 5.5	C 1.0	D 0.0	B 0.0	D 7.0	D 7.0	C 9.0	C 6.0	B 60.0
33.0	C 6.0	D 6.0	D 5.0	D 4.0	D 5.0	C 4.5	C 0.0	D 0.0		D 6.0	D 6.0	C 8.0	C 5.0	B 61.0
32.0	C 5.0	D 5.0	D 4.0	D 3.0	D 4.0	C 3.5	C 0.0			D 5.0	D 5.0	C 7.0	C 4.0	B 62.0
31.0	C 4.0	D 4.0	D 3.0	D 2.0	D 3.0	C 2.5	D 0.0			D 4.0	D 4.0	C 6.0	C 3.0	B 63.0
30.0	B 3.0	D 3.0	D 2.0	D 1.0	D 2.0	D 1.5	D 0.0			D 3.0	D 3.0	C 5.0	C 2.0	B 64.0
29.0	B 2.0	D 2.0	D 1.0	D 0.0	D 1.0	D 0.5	D 0.0			D 2.0	D 2.0	D 4.0	C 1.0	B 65.0
28.0	B 1.0	D 1.0	D 0.0	D 0.0	D 0.0	D 0.0	D 0.0			D 1.0	D 1.0	D 3.0	C 0.0	B 66.0
27.0	C 0.0	D 0.0	D 0.0							D 0.0	D 0.0	D 2.0	D 0.0	B 67.0
26.0	C 0.0											D 1.0		B 68.0
25.0	C 0.0											D 0.0		B 69.0
24.0	C 0.0													B 70.0
23.0	C 0.0													B 71.0
22.0	B 0.0													B 72.0
21.0	B 0.0													B 73.0
20.0	B 0.0													B 74.0
19.0	B 0.0													B 75.0
18.0	B 0.0													B 76.0
17.0	B 0.0													B 77.0
16.0	B 0.0													B 78.0
15.0	B 0.0													B 79.0
14.0	B 0.0													B 80.0
13.0	B 0.0													B 81.0
12.0	C 0.0													B 82.0
11.0	C 0.0													B 83.0
10.0	C 0.0													B 84.0
9.0	C 0.0													B 85.0
8.0	C 0.0													B 86.0
7.0	C 0.0													B 87.0
6.0	C 0.0													B 88.0
5.0	D 0.0													B 89.0
4.0	D 0.0													B 90.0
3.0	D 0.0													B 91.0
2.0	D 0.0													B 92.0
1.0	D 0.0													B 93.0
0.0	D 0.0													B 94.0
														B 95.0
														B 96.0
														B 97.0
														B 98.0
														B 99.0
														B 100.0

A : , B : , C : , D :



	W215	W222	W223	W224	W225	W251	W252	W253	W254	W255	W256	W257	W258	W259									
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)									
C	24.0	D	2.0	D	11.0	B	47.0	B	46.0	B	47.0	B	45.0	B	46.0	C	47.0	B	50.0	47.0	B		
C	23.0	D	1.0	D	10.0	D	46.0	B	46.0	B	46.0	B	44.0	B	44.0	B	45.0	C	46.0	B	51.0	46.0	B
B	22.0	D	0.0	D	9.0	D	45.0	B	45.0	B	45.0	B	43.0	B	43.0	B	44.0	B	45.0	B	52.0	45.0	B
B	21.0	C		D	8.0	D	44.0	B	44.0	B	44.0	B	42.0	B	42.0	B	44.0	B	44.0	B	53.0	44.0	B
B	20.0	C		D	7.0	D	43.0	C	43.0	C	43.0	C	41.0	B	41.0	B	42.0	B	43.0	C	54.0	43.0	B
B	19.0	C		D	6.0	D	42.0	C	42.0	C	42.0	C	40.0	B	40.0	B	41.0	B	42.0	C	55.0	42.0	B
B	18.0	C		D	5.0	D	41.0	C	41.0	C	41.0	C	39.0	B	39.0	B	41.0	C	41.0	C	56.0	41.0	B
B	17.0	D		D	4.0	D	40.0	C	40.0	C	40.0	C	38.0	B	38.0	B	40.0	C	40.0	C	57.0	40.0	B
B	16.0	D		D	3.0	D	39.0	C	39.0	C	39.0	C	37.0	B	37.0	B	39.0	B	39.0	B	58.0	39.0	C
B	15.0	D		D	2.0	D	38.0	C	38.0	C	38.0	C	36.0	B	36.0	B	37.0	B	38.0	B	59.0	38.0	C
B	14.0	D		D	1.0	D	37.0	B	37.0	B	37.0	B	35.0	B	35.0	B	36.0	B	37.0	B	60.0	37.0	C
B	13.0	D		D	0.0	D	36.0	C	36.0	C	36.0	C	34.0	B	34.0	B	35.0	B	36.0	B	61.0	36.0	C
	12.0	D		D	1.0	D	35.0	C	35.0	C	35.0	C	33.0	B	33.0	B	34.0	B	35.0	B	62.0	35.0	C
	11.0	D		D	0.0	D	34.0	B	34.0	B	34.0	B	32.0	B	32.0	B	33.0	B	34.0	B	63.0	34.0	C
	10.0	D		D			33.0	B	33.0	B	33.0	B	31.0	B	31.0	B	32.0	B	33.0	B	64.0	33.0	C
	9.0	C					32.0	B	32.0	B	32.0	B	30.0	B	30.0	B	31.0	B	32.0	B	65.0	32.0	C
	8.0	C					31.0	B	31.0	B	31.0	B	29.0	B	29.0	B	30.0	B	31.0	B	66.0	31.0	B
	7.0	C					30.0	B	30.0	B	30.0	B	28.0	B	28.0	B	29.0	B	30.0	C	67.0	30.0	B
	6.0	C					29.0	B	29.0	B	29.0	B	27.0	B	27.0	B	28.0	B	29.0	C	68.0	29.0	B
	5.0	C					28.0	C	28.0	C	28.0	C	26.0	B	26.0	B	27.0	C	28.0	C	69.0	28.0	B
	4.0	C					27.0	B	27.0	B	27.0	B	25.0	B	25.0	B	26.0	C	27.0	C	70.0	27.0	B
	3.0	C					26.0	B	26.0	B	26.0	B	24.0	B	24.0	B	25.0	C	26.0	C	71.0	26.0	B
	2.0	D					25.0	B	25.0	B	25.0	B	23.0	B	23.0	B	24.0	C	25.0	C	72.0	25.0	B
	1.0	D					24.0	B	24.0	B	24.0	B	22.0	B	22.0	B	23.0	C	24.0	C	73.0	24.0	B
	0.0	D					23.0	B	23.0	B	23.0	B	21.0	B	21.0	B	22.0	C	23.0	C	74.0	23.0	C
							22.0	B	22.0	B	22.0	B	20.0	B	20.0	B	21.0	C	22.0	C	75.0	22.0	C
							21.0	B	21.0	B	21.0	B	19.0	B	19.0	B	20.0	C	21.0	C	76.0	21.0	C
							20.0	B	20.0	B	20.0	B	18.0	B	18.0	B	19.0	C	20.0	C	77.0	20.0	C
							19.0	B	19.0	B	19.0	B	17.0	B	17.0	B	18.0	C	19.0	C	78.0	19.0	C
							18.0	B	18.0	B	18.0	B	16.0	B	16.0	B	17.0	C	18.0	C	79.0	18.0	C
							17.0	B	17.0	D	17.0	B	15.0	B	15.0	B	16.0	C	17.0	C	80.0	17.0	C
							16.0	B	16.0	D	16.0	B	14.0	C	14.0	C	15.0	C	16.0	C	81.0	16.0	C
							15.0	B	15.0	D	15.0	B	13.0	C	13.0	C	14.0	C	15.0	C	82.0	15.0	B
							14.0	C	14.0	D	14.0	B	13.0	B	13.0	B	14.0	C	14.0	C	83.0	14.0	B
							13.0	C	13.0	D	13.0	C	12.0	C	12.0	C	13.0	C	13.0	C	84.0	13.0	B
							12.0	C	12.0	D	12.0	C	11.0	C	11.0	C	12.0	C	12.0	C	85.0	12.0	B
							11.0	C	11.0	D	11.0	C	10.0	C	10.0	C	11.0	C	11.0	C	86.0	11.0	C
							10.0	C	10.0	D	10.0	C	9.0	C	9.0	C	10.0	C	10.0	C	87.0	10.0	C
							9.0	C	9.0	D	9.0	C	8.0	C	8.0	C	9.0	C	9.0	C	88.0	9.0	C
							8.0	D	8.0	D	8.0	D	7.0	C	7.0	C	8.0	D	8.0	D	89.0	8.0	C
							7.0	D	7.0	D	7.0	D	6.0	C	6.0	C	7.0	D	7.0	D	90.0	7.0	C
							6.0	D	6.0	D	6.0	D	5.0	D	5.0	D	6.0	D	6.0	D	91.0	6.0	D
							5.0	D	5.0	D	5.0	D	4.0	D	4.0	D	5.0	D	5.0	D	92.0	5.0	D
							4.0	D	4.0	D	4.0	D	3.0	D	3.0	D	4.0	D	4.0	D	93.0	4.0	D
							3.0	D	3.0	D	3.0	D	2.0	D	2.0	D	3.0	D	3.0	D	94.0	3.0	D
							2.0	D	2.0	D	2.0	D	1.0	D	1.0	D	2.0	D	2.0	D	95.0	2.0	D
							1.0	D	1.0	D	1.0	D	0.0	D	0.0	D	1.0	D	1.0	D	96.0	1.0	D
							0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	97.0	0.0	D
																				98.0			
																				99.0			
																				100.0			

A : , B : , C : , D :

W260	W261	W262	W263	W264	W265	W266	W267	W268	W269	W270	W271	W272	W273
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
96.0	A	96.0	A	93.0	A	97.0	A	98.0	A	98.0	A	98.0	A
95.0	A	95.0	A	92.0	A	96.0	A	97.0	A	97.0	A	97.0	A
94.0	A	94.0	A	91.0	A	95.0	A	96.0	A	96.0	A	96.0	A
93.0	A	93.0	A	90.0	A	94.0	A	95.0	A	95.0	A	95.0	A
92.0	A	92.0	A	89.0	A	93.0	A	94.0	A	94.0	A	94.0	A
91.0	A	91.0	A	88.0	A	92.0	A	93.0	A	93.0	A	93.0	A
90.0	A	90.0	A	87.0	A	91.0	A	92.0	A	92.0	A	92.0	A
89.0	A	89.0	A	86.0	A	90.0	A	91.0	A	91.0	A	91.0	A
88.0	A	88.0	A	85.0	A	89.0	A	90.0	A	90.0	A	90.0	A
87.0	A	87.0	A	84.0	A	88.0	A	89.0	A	89.0	A	89.0	A
86.0	A	86.0	A	83.0	A	87.0	A	88.0	A	88.0	A	88.0	A
85.0	A	85.0	A	82.0	A	86.0	A	87.0	A	87.0	A	87.0	A
84.0	A	84.0	A	81.0	A	85.0	A	86.0	A	86.0	A	86.0	A
83.0	A	83.0	A	80.0	A	84.0	A	85.0	A	85.0	A	85.0	A
82.0	A	82.0	A	79.0	A	83.0	A	84.0	A	84.0	A	84.0	A
81.0	A	81.0	A	78.0	A	82.0	A	83.0	A	83.0	A	83.0	A
80.0	A	80.0	A	77.0	A	81.0	A	82.0	A	82.0	A	82.0	A
79.0	A	79.0	A	76.0	A	80.0	A	81.0	A	81.0	A	81.0	A
78.0	A	78.0	A	75.0	A	79.0	A	80.0	A	80.0	A	80.0	A
77.0	A	77.0	A	74.0	A	78.0	A	79.0	A	79.0	A	79.0	A
76.0	A	76.0	A	73.0	A	77.0	A	78.0	A	78.0	A	78.0	A
75.0	A	75.0	A	72.0	A	76.0	A	77.0	A	77.0	A	77.0	A
74.0	A	74.0	A	71.0	A	75.0	A	76.0	A	76.0	A	76.0	A
73.0	A	73.0	A	70.0	A	74.0	A	75.0	A	75.0	A	75.0	A
72.0	A	72.0	A	69.0	A	73.0	A	74.0	A	74.0	A	74.0	A
71.0	A	71.0	A	68.0	A	72.0	A	73.0	A	73.0	A	73.0	A
70.0	A	70.0	A	67.0	A	71.0	A	72.0	A	72.0	A	72.0	A
69.0	A	69.0	A	66.0	A	70.0	A	71.0	A	71.0	A	71.0	A
68.0	A	68.0	A	65.0	A	69.0	A	70.0	A	70.0	A	70.0	A
67.0	A	67.0	A	64.0	A	68.0	A	69.0	A	69.0	A	69.0	A
66.0	A	66.0	A	63.0	A	67.0	A	68.0	A	68.0	A	68.0	A
65.0	A	65.0	A	62.0	A	66.0	A	67.0	A	67.0	A	67.0	A
64.0	A	64.0	A	61.0	A	65.0	A	66.0	A	66.0	A	66.0	A
63.0	A	63.0	A	60.0	A	64.0	A	65.0	A	65.0	A	65.0	A
62.0	A	62.0	A	59.0	D	63.0	A	64.0	A	64.0	A	64.0	A
61.0	A	61.0	A	58.0	D	62.0	A	63.0	A	63.0	A	63.0	A
60.0	A	60.0	A	57.0	D	61.0	A	62.0	A	62.0	A	62.0	A
59.0	B	59.0	A	56.0	D	60.0	A	61.0	A	61.0	A	61.0	A
58.0	B	58.0	A	55.0	D	59.0	C	60.0	A	60.0	A	60.0	A
57.0	C	57.0	A	54.0	D	58.0	C	59.0	D	59.0	C	59.0	B
56.0	C	56.0	D	53.0	D	57.0	B	58.0	C	58.0	C	58.0	B
55.0	C	55.0	D	52.0	D	56.0	B	57.0	D	57.0	C	57.0	B
54.0	D	54.0	D	51.0	D	55.0	C	56.0	D	56.0	C	56.0	B
53.0	D	53.0	D	50.0	D	54.0	B	55.0	D	55.0	C	55.0	B
52.0	D	52.0	D	49.0	D	53.0	B	54.0	D	54.0	B	54.0	B
51.0	C	51.0	D	50.0	B	52.0	B	53.0	C	53.0	C	53.0	B
50.0	C	50.0	D	49.0	B	51.0	B	52.0	C	52.0	C	52.0	B
49.0	C	49.0	D	48.0	B	50.0	B	51.0	D	51.0	B	51.0	B
48.0	C	48.0	D	47.0	B	49.0	B	50.0	D	50.0	C	50.0	B
47.0	C	47.0	D	46.0	B	48.0	B	49.0	C	49.0	C	49.0	B

A : , B : , C : , D :

W260	W261	W262	W263	W264	W265	W266	W267	W268	W269	W270	W271	W272	W273				
46.0	C	46.0	D	47.0	B	47.0	C	48.0	D	48.0	C	47.0	B	48.0	B	48.0	B
45.0	C	44.0	B	46.0	B	44.0	C	47.0	C	47.0	C	46.0	B	47.0	B	47.0	B
44.0	C	44.0	B	45.0	B	45.0	C	46.0	D	46.0	C	45.0	B	46.0	B	46.0	B
43.0	C	43.0	B	44.0	B	44.0	C	45.0	C	45.0	C	44.0	B	45.0	B	45.0	B
42.0	C	42.0	B	43.0	B	43.0	C	44.0	D	44.0	C	43.0	C	44.0	B	44.0	C
41.0	B	41.0	D	40.0	B	42.0	C	44.0	C	43.0	C	42.0	C	43.0	C	43.0	C
40.0	B	40.0	B	39.0	B	41.0	C	43.0	D	42.0	C	41.0	C	42.0	B	42.0	C
39.0	B	39.0	D	38.0	B	40.0	C	42.0	D	41.0	D	40.0	C	41.0	B	41.0	C
38.0	B	37.0	D	37.0	B	39.0	C	41.0	D	40.0	B	40.0	C	39.0	C	40.0	C
37.0	B	37.0	D	36.0	B	38.0	B	39.0	D	39.0	C	38.0	C	39.0	B	39.0	C
36.0	B	36.0	D	35.0	D	37.0	C	38.0	D	38.0	C	37.0	B	38.0	B	38.0	C
35.0	B	35.0	D	34.0	D	36.0	B	37.0	C	37.0	C	36.0	C	37.0	C	37.0	C
34.0	C	34.0	D	33.0	D	35.0	B	36.0	C	36.0	C	35.0	B	36.0	C	36.0	C
33.0	C	33.0	D	32.0	D	34.0	B	35.0	C	35.0	C	34.0	B	35.0	C	35.0	C
32.0	C	32.0	D	31.0	D	33.0	B	34.0	C	34.0	C	33.0	B	34.0	C	34.0	C
31.0	C	31.0	D	30.0	D	32.0	B	33.0	B	33.0	C	32.0	B	33.0	C	33.0	C
30.0	C	30.0	D	29.0	D	31.0	B	32.0	B	32.0	C	31.0	B	32.0	C	32.0	C
29.0	B	29.0	D	28.0	B	30.0	B	31.0	B	31.0	C	30.0	B	31.0	C	31.0	C
28.0	B	28.0	D	27.0	B	29.0	B	30.0	B	30.0	C	29.0	C	30.0	C	30.0	C
27.0	B	27.0	D	26.0	D	28.0	B	29.0	B	29.0	B	28.0	C	29.0	C	29.0	C
26.0	B	26.0	D	25.0	B	27.0	C	28.0	B	28.0	B	27.0	C	28.0	C	28.0	C
25.0	B	25.0	D	24.0	B	26.0	C	27.0	B	27.0	B	26.0	C	27.0	C	27.0	C
24.0	B	24.0	D	23.0	B	25.0	C	26.0	B	26.0	B	25.0	C	26.0	C	26.0	C
23.0	B	23.0	D	22.0	B	24.0	C	25.0	B	25.0	B	24.0	C	25.0	C	25.0	C
22.0	B	22.0	D	21.0	B	23.0	C	24.0	B	24.0	B	23.0	B	24.0	C	24.0	C
21.0	B	21.0	D	20.0	B	22.0	C	23.0	B	23.0	C	22.0	B	23.0	C	23.0	C
20.0	B	20.0	D	19.0	B	21.0	C	22.0	D	22.0	B	21.0	B	22.0	C	22.0	C
19.0	C	19.0	D	18.0	B	20.0	C	21.0	C	21.0	C	20.0	C	21.0	C	21.0	C
18.0	C	18.0	D	17.0	C	19.0	B	20.0	B	20.0	B	20.0	C	20.0	B	20.0	C
17.0	C	17.0	D	16.0	C	18.0	C	19.0	C	19.0	C	19.0	B	18.0	C	19.0	B
16.0	C	16.0	D	15.0	C	17.0	C	18.0	B	18.0	B	18.0	B	18.0	B	18.0	B
15.0	C	15.0	D	14.0	C	16.0	C	17.0	C	17.0	C	17.0	B	17.0	B	17.0	B
14.0	C	14.0	D	13.0	C	15.0	B	16.0	B	16.0	C	16.0	C	16.0	B	16.0	B
13.0	C	13.0	D	12.0	C	14.0	C	15.0	B	15.0	C	15.0	B	15.0	B	15.0	B
12.0	C	12.0	D	11.0	C	13.0	C	14.0	B	14.0	B	14.0	C	14.0	C	14.0	B
11.0	C	11.0	D	10.0	C	12.0	C	13.0	B	13.0	B	13.0	C	13.0	C	13.0	C
10.0	C	10.0	D	9.0	C	11.0	C	12.0	D	12.0	B	12.0	C	12.0	C	12.0	C
9.0	C	9.0	D	8.0	C	10.0	C	11.0	D	11.0	B	11.0	C	11.0	C	11.0	C
8.0	C	8.0	D	7.0	C	9.0	C	10.0	C	10.0	C	10.0	C	10.0	C	10.0	C
7.0	C	7.0	D	6.0	C	8.0	B	9.0	B	9.0	B	9.0	C	9.0	C	9.0	C
6.0	D	6.0	D	5.0	D	7.0	C	8.0	D	8.0	B	8.0	C	8.0	C	8.0	C
5.0	D	5.0	D	4.0	D	6.0	B	7.0	B	7.0	C	7.0	C	7.0	D	7.0	C
4.0	D	4.0	D	3.0	D	5.0	B	6.0	B	6.0	B	6.0	C	6.0	D	6.0	C
3.0	D	3.0	D	2.0	D	4.0	D	5.0	D	5.0	B	5.0	B	5.0	B	5.0	D
2.0	D	2.0	D	1.0	D	3.0	B	4.0	B	4.0	B	4.0	D	4.0	D	4.0	D
1.0	D	1.0	D	0.0	D	2.0	B	3.0	D	3.0	D	3.0	D	3.0	D	3.0	D
0.0	D	0.0	D	1.0	D	2.0	D	3.0	D	3.0	D	3.0	D	3.0	D	3.0	D
				0.0	D	1.0	D	2.0	D	2.0	D	2.0	D	2.0	D	2.0	D
						0.0	D	1.0	D	1.0	D	1.0	D	1.0	D	1.0	D
								0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D	0.0	D

A : , B : , C : , D :

시정연

2000-R-10-2

**난지도 지역 환경성 검토 및  
친환경적 정비방안**

— 매립층 안정화 평가 및 모니터링 방안 —

---

발행인 권원용

발행일 2000년 12월 31일

발행처 서울시정개발연구원

100-250 서울시 중구 예장동 산 4-5

전화: (02)726-1107 팩스: (02)726-1110

---

ISBN 89-8052-202-9-93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.