

난지도 매립지 안정화 공사

임 영 국 난지도 매립지 안정화 공사
책임감리원, 토목시공기술사

〈 목 차 〉

- I. 공사개요
- II. 난지도 매립지 현황
- III. 안정화 주요시설공사

I. 공사 개요

1. 공사의 배경 및 목적

1.1 공사의 배경

서울특별시 마포구 상암동 일대에 위치한 난지도 매립지에는 과거 15년(1978. 3~1993. 3) 동안 서울시에서 발생된 약 92,000천m³의 폐기물이 위생기반시설 및 오염방지시설의 설치없이 비위생적으로 매립·처분됨으로써, 매립이 완료된 현재 침출수 발생으로 인한 한강과 주변지역의 지하수 및 토양오염, 발생가스로 인한 화재 발생 및 대기오염, 산업폐기물 매립구역의 대규모 함몰, 우수배제시설 미비로 인한 기저침출수

2. 공사의 주요시설 개요

구 분	공 사 내 용
가. 상부정지 및 복토	
1) 목적	<ul style="list-style-type: none"> ·상부 : 우수 침투를 최소화하여 침출수 발생량을 최소화하고 표면 가스누출 방지 및 식생 ·사면 : 기존안정사면은 최대한 유지, 외곽유지관리도로 및 사면유지관리도로 주변 절·성토 구간은 식생복원 및 보호공 설치

상승 및 사면붕괴 등 매립지역의 구조적 불안을 초래하게 되었다.

이에 따라 서울특별시에서는 매립지 안정화 사업을 통해 난지도 매립지에 내재된 환경오염원의 확산을 차단하고, 인근주민의 집단민원을 해소하여 토지이용의 안정성과 오염된 환경을 되살리려는 시민여론 및 정부의 환경관리정책에 부응하고, 나아가서 현재 전국에 산재한 600여 개의 비위생 매립지 설계방안에 대한 표본을 제시하는 선도적인 역할을 수행하고자, 본 난지도 매립지 안정화 공사를 추진하게 되었다.

1.2 공사의 목적

본 안정화 공사는 매립지 및 주변지역에 대한 오염정도, 진행상황, 확산추이 등을 재평가하여 이를 근거로 환경오염방지 및 매립지 안정화를 위하여 비위생 매립지의 환경상의 위해성을 제거함은 물론 쾌적한 생활환경 조성과 토지의 효율적 이용을 기하기 위한 목적으로 시행하는 공사이다.

구 분	공 사 내 용
2) 상부정지경사	· 우수의 원활한 배제를 위한 정지경사 4% 내외
3) 최종복토층 단면	· 최종복토층(1.4m) : 표층(30cm), 식생층(30cm), 배수층(보호층, 30cm), 차단층(HDPE 1.5mm), 지지층(50cm) · 매립가스 추출정, 이송관로 및 도로부는 동다짐
나. 침출수 차단	
1) 목적	· 매립지를 중심으로 난지천, 불광천, 한강 등의 주변지역 침출수의 오염확산을 방지
2) 설치구간 및 방법	· 매립지 주변 전체에 Cement Bentonite Slurry Wall 및 강널말뚝(Steel Sheet Pile)으로 차수벽 설치
3) 설치심도 및 연장	· 설치심도 : 풍화암 1m, 연암 0.5m 근입 · 연장 : 6,235m (S.S.P : 3,320m , C.B.S : 2,915m)
다. 침출수 차집 및 처리	
1) 목적	· 사면누출 및 기저침출수 적정 차집 후 최적처리
2) 사면집수시설	· 사면집수관 : 6,003m , MAT형 다발관 : 3,622m · 수평배수관 : 667공
3) 차집시설	· 수평배수형집수정 : 31개소, 수평 Strainer : 9,300m(186공)
4) 이송시설	· 자연유하관로(MDPE) : 5,186m, 압송관로(PEM) : 2,035m · 중개펌프장 : 3개소
5) 처리시설	· 상시전처리후 난지하수처리장으로 이송 합병처리 · 처리공정 : 유량조질 + 응집침전 + 펜톤산화 · 처리용량 : 1,860톤/일
라. 발생가스 포집 및 처리	
1) 목적	· 폐기물 분해시 발생하는 발생가스(375Nm ³ /min)의 포집 및 처리
2) 포집시설	· 추출정 : 106공
3) 이송시설	· 이송관로(HDPE) : 13,250m
4) 처리시설	· 송풍기 : 5대 · 소각시설 : 5기(FLARE STACK) · 재이용시설 : 안정화공사 이후 운영과정중 Monitoring 결과에 따라 결정
마. 사면안정	
1) 목적	· 사면붕괴에 대한 안정성 확보 및 우수침투 최소화
2) 수평배수관 시설	· 길이 : 9m , 설치개소 : 667공
바. 하수슬러지 처리	
1) 목적	· 매립슬러지(565,882m ³)의 처리, 처분을 통하여 위해성 제거, 재활용 및 토지 이용의 효율증대
2) 처리방안	· 매립지 하부 정지용 성토재 : 202,210m ³ · 슬러지혼합토사 복토재 활용 : 168,890m ³ - 지지층 : 91,570m ³ - 식생층 : 77,320m ³ (상부 + 사면부) · 토양화(Soil-like) : 194,700m ³

구 분	공 사 내 용
사. 부대시설	
1) 목적	· 매립지 안정화 시설의 원활한 운영 및 효율적 관리
2) 우수배제	· 콘크리트 수로(0.5×0.6~1.0×1.2) : 28,122m · 원형관(D450~D1,200) : 676m · BOX형 수로(1.0m×1.0~2.5m×2.5m) 2,532m · 제형사면도수로(0.6m, 1:1) : 1,115m
3) 도로	· 중앙도로(B 19m) : 830m · 진입도로(B 9.0m) : 3,196m · 외곽유지관리도로(B 7.5m) : 6,248m · 사면유지관리도로(B 4.5m) : 5,186m · 매립지 상부도로 (B 6.0m) : 6,614m
4) 건축	· 관리동 : 기존 난지도 사업소 활용(2,046㎡) · 정비동 : 448㎡ · 침출수처리장동 : 888㎡ · 화공약품저장소 : 382㎡ · 중계펌프실 : 43㎡×3개동, 수위실 : 51㎡×5개동 · 전기 수·배전 및 가스관리동 : 312㎡
5) 조경	· 관리시설부지 : 1식 · 진입도로주변 : 1식
6) 유지관리	· 모니터링 시설 : 침출수 및 지하수, 매립가스 각 1식 · 운영관리 : 침하 및 사면안정 1식
7) 기타	· 울타리 및 정문 시설 : 1식

3. 공사의 당위성 및 기대효과

본 공사의 당위성 및 기대효과는 환경적, 기술적 및 사회/경제적 측면으로 나누어 볼 수 있다.

- 환경적 측면 : 난지도 매립지의 환경오염 저감 및 주변환경 오염방지
 - 침출수에 의한 한강 및 주변지역의 지하수 및 토양오염방지
 - 발생가스 발생에 의한 악취, 화재, 폭발 및 대기오염방지
 - 폐기물의 비산, 해충서식 등의 억제
 - 산업폐기물 매립구역 등의 대규모 침하, 붕괴 방지

· 매립지역의 미관향상

- 기술적 측면 : 국내 비위생 매립지 설계방안의 제시
 - 비위생 매립지 개량기술 확립
 - 국내 비위생 매립지의 설계기술 향상
 - 폐기물처리 및 매립지의 통합관리체계 확립
- 사회/경제적 측면 : 오염된 환경을 되살리려는 시민여론 및 정부의 환경관리정책에 부응
 - 안정화시설에 의한 토지이용의 극대화 및 도시의 균형적 발전
 - 발생가스를 통한 에너지 재이용 효과
 - 환경교육장으로 활용

· 국가경쟁력에 어울리는 환경오염방지 대책수립

II. 난지도 매립지 현황

1. 난지도 매립지 현황

- 위치 : 마포구 상암동 482번지 일원
- 면적 : 812,800평 (매립면적 571,000평)
- 도시계획 : 자연녹지지역, 폐기물처리시설 (1977. 8. 3 결정)
- 매립기간 : 1978. 3. ~ 1993. 3(15년간)
- 매립량 : 91,972천^{m³}
 - 제 1 매립지 : EL. 92~94m
 - 제 2 매립지 : EL. 97~99m
 - * 강변도로 표고 EL. 14.0m
- 폐기물의 종류 : 생활폐기물, 건설폐자재, 산업폐기물, 하수슬러지
- 발생 오염물질량
 - 침출수 2,697^{m³/일}
 - 발생가스 432,000^{m³/일}(1996년 기준)

2. 공사 현황

- 투자계획

(단위 : 백만원)

구 분	총사업비	'96. 예산	'97.	장 래
계	127,200	20,000	7,000	100,200

- 공사기간 : 1996. 12 ~ 2000. 12
- 시공사 : 동아건설산업 외 5개사 (한신, 범양, 상우, 신한, 성원)
- 감 리 사 : 동신기술개발(주)

3. 난지도 주변지역 오염 현황

- 위해성

· 침출수

- 평균 발생량 : 2,697^{m³/일} (0.031 CMS)
- 침출수질 :
 - BOD (생물학적산소요구량) 72 mg/l
 - COD_{Mn} (화학적산소요구량) 605 mg/l
 - T-N (총질소) 1,418 mg/l
- 한강에 미치는 영향 : 환산인구로 BOD 3,344인, COD_{Mn} 38,857인 및 T-N 347,636인의 생활하수가 무처리 상태로 한강에 직접 방류되는 것 이상의 영향을 주는 것으로 분석됨.
- 대책 : 폐기물 관리법상의 배출수 허용기준을 초과하고 있는 침출수를 적절히 처리하여 방류토록 함.

· 발생가스

- 평균 발생량 : 432,000 NM³/일
- 가스성분 :
 - CH₄ (메탄가스) 51%
 - CO₂ (이산화탄소) 46%
 - H₂S (황화수소) 1.47 ppm
 - BTX (벤젠, 톨루엔, 자이렌) 27.7 ppm
- 유해성 평가 : NMOC(비메탄계 유기화합물) 발생량이 평균 5,520Mg/년으로 USEPA(미환경청) 기준인 150Mg/년을 초과함. NAS(미과학원)가 제시한 평가방법에 의하면 잠재적 유해성이 있는 것으로 판정됨.
- 대책 : 현 매립장이 사실상 관리가 되지 않고 주위 환경에 여러가지 영향을 미치고 있으며, 산업폐기물 및 하수슬러지 등과 함께 잠재적인 유해요소가 있는 것으로 판단되는 바, 적절한 차단조치 등의 관리가 필요함. 따라서 폐기물 관리법상의 사후 환경기준에 의거 매립지 가스를 강제 추출 후 처리토록 함.

Ⅲ. 안정화 주요시설 공사

(단위 : m)

구 분	대표침하량	예측침하량 범위
제 1 매립지	1.47	1.47 ~ 3.52
제 2 매립지	0.98	0.48 ~ 1.47

1. 상부 정지 및 복토 공사

■ 시설목적

- 우수 침투 방지를 위해 차수막(HDPE)을 설치하여 침출수 발생량을 최소화
- 위해 발생가스의 대기 발산을 억제하고 포집처리
- 식물이 성장할 수 있도록 복원

■ 공법

- 정지 : 4% 내외(매립지별 침하량 및 우수 배제에 필요한 최소 경사 고려)
- 복토 : 1.4 m
 - 표 층 (30cm)
 - 식생층 (30cm)
 - 여과층 (부직포)
 - 배수층 (보호층 30cm)
 - 차단층 (HDPE : 1.5mm)
 - 지지층 (50cm)
- 단, 부등침하 방지를 위하여 도로 및 가스 이송관 구간에 등다짐 실시
- 매립지 상부 부등침하 최소화

■ 장래 침하량 예측

- 매립지 상부에 1993년 12월 침하관 설치 이후 21년간의 측정 결과에 대하여 쌍곡선 법, Gibson & Lo Model 및 Power Creep Law 등의 침하량 예측 방법으로부터 추정된 안정화공사 이후(2000년) 부터 20년간의 예상 침하량은 다음 표와 같다.
- 따라서 부지정지 계획고를 결정시 매립지 중앙부는 상기 최대 침하량(3.6m 이상)을 고려하여 계획토록 함.

2. 차수벽 공사

■ 시설목적

- 침출수의 이동 및 확산을 차단하여 한강 및 주변지역의 지하수 오염 방지

■ 공법

- 적용공법 : S.S.P Wall , C.B.S Wall 혼합적용
- 설치심도 : 풍화암 1m 근입 (19~48m)
- 연장 : 6,235m
- S.S.P Wall의 경우 타설심도 한계가 30m 이내임.

Sheet Pile(J.V 공법) 시향타 결과 분석

□ 시향타 결과

- 1차 시향타('96. 3.18) : VL500×24.3t
 - 1st Sheet Pile : 풍화암/연암 경계면 (36.0m)까지 타입
 - 2nd Sheet Pile : 이음부 마찰로 인하여 22.0m 심도에서 타입(불가) 중지
 - ※ 사유 : Pile 이음부 손상 및 고압 분사로 인한 철판구멍 발생 등
- 2차 시향타('96. 4.20) : VL400 × 15.5t
 - 1st Sheet Pile : 18m Sheet Pile 2매 연결직타입(34.0m)
 - 2nd Sheet Pile : 18m Sheet Pile 2매 연결직타입(34.0m)

□ 설계조건

- 타입심도 : 19m~48.4m
- 근입심도 : 풍화암 1m , 연 암 0.5m

□ 결론

J.V 공법을 이용한 Sheet Pile 최대타입심도는 30m를 기준으로 함

〈 사유 〉

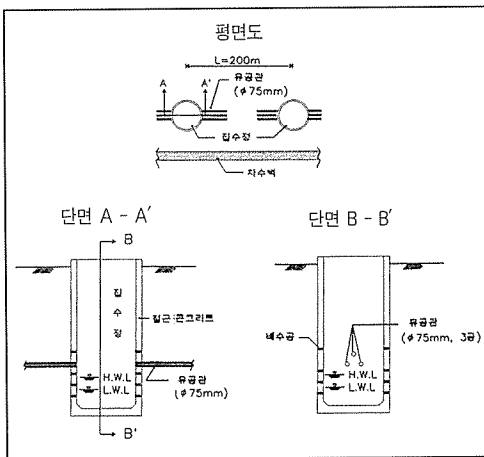
- Sheet Pile 연속 타입시 연결부위가 매우 취약
- 근입심도 풍화암 1m 및 연암 0.5m으로 암반 관입
- 연속타입시 경사도 유지가 곤란
- Sheet Pile 선단부의 파손여부 확인 불가
- 고압(400kg/cm²)으로 인한 Sheet Pile 본체 손상, 파손 및 안전사고 우려
- 연결부 1개소(30cm), 18m 이상은 주문생산
- 높이 30m 이상의 경우 Buckling 발생 등으로 타입곤란 및 이음부 손상

3. 침출수 차집시설(집수정) 공사

■ 시설목적

- 침출수가 주변지역으로 유출하는 것을 차단하고, 매립지내 침출수 수위를 안정수위로 유지시켜 사면의 붕괴 예방

■ 설계개념도



■ 공법

- 수 량 : 수평배수형 31개소
- 설치심도 : 하부 충적층 상단 3.0m
- 시공방법 : 우물통(Caisson) 공법
- 집수정 사이의 지하수위 조절 효과 탁월하며 공사비가 저렴함

4. 침출수 처리시설 공사

■ 시설목적

- 침출수 유출로 인한 인근지역 토양과 지하수 및 한강의 수질오염을 방지하기 위함.

■ 처리방안

- 상시 전처리 후 난지하수처리장으로 방류
- 전처리시설
 - 처리용량 : 1,860 톤/일
 - 계획수질 : COD 200~2,000ppm → 60~600ppm
- 침출수 처리를 신뢰있게 할 수 있으나, 건설 및 운영비가 다소 증가함.

5. 가스 포집 처리 공사

■ 시설목적

- 유해 발생가스를 포집하여 안정처리 하고 매립지 식물이 성장할 수 있는 환경을 제공함.

■ 처리방안

- 계획 포집량 : 300Nm³/min
- 포집방법
 - 매립지 상부 : 수직추출정 120m 간격 55공
 - 매립지 사면 : 수직추출정 51공
- 가스처리

소각하고, 운영과정중 경제성 검토 후 가스 이용방안을 결정토록 함.

6. 사면 안정시설공사

■ 시설목적

- 사면붕괴에 대한 안정성을 확보하고 우수 침투의 최소화

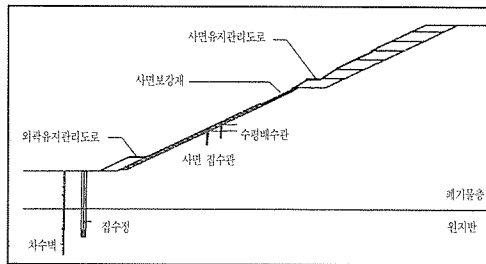
■ 시공계획

- 사면정비
- 사면경사

- 1:2보다 완만한 구간 : 기존 사면유지
- 1:2보다 급한 구간 : 사면경사 조정 및 보호공 설치

- 사면유지관리도로 : 1개소
- 침출수에 의한 사면붕괴 방지시설은 기본설계안과 동일
- 기존 안정사면을 최대한 유지토록 하므로 공사비가 저렴하다.
- 우수침투가 상대적으로 다소 증가

■ 설계개념도



대포에서

송용호

밤새 파도에 밀려온 것은
 비늘 싱싱한 여명이었다 시름을 벗고
 세파를 건너와 지친 날개를 접는 물새들
 높은 음으로 또 하나의 새벽을 부르면
 성스런 아침이 고전적으로 열리고
 역센 투망으로 비린 삶을 건져올리는 사내들과
 가시를 발라내듯 정갈한 솜씨로 하루를 시작하는
 여인들의 꿈을 향해
 환호처럼 통통배들은 돛을 올렸다
 애조같이 푸른 이들은 바다로 나가 해를 품었다
 햇무리처럼 퍼지는 희망을 굳게 잡아
 더 넓은 바다로 띄워보내거나 소금기 밴
 손으로 빛나는 모래 위에 집을 짓는 사람들
 깃바람에 밀려온 이방인의 갈라진 발자국마저
 부드럽게 감싸안은 대포의 아침이
 만선의 축배를 향해 힘차게 물살을 가르고 있었다

