

폐기물매립지 완충수림대 식재계획의 사례 연구

- 수도권매립지 경계지역을 대상으로 -

조주형 · 최미진
수도권매립지관리공사

1. 서론

수도권매립지는 동서로 약 2%이내의 경사를 갖는 해안 간사지로 낮은 기복을 이루고 있으며 총면적 630만평의 국내 최대규모의 위생매립지로서 4개 매립장으로 구분되어 있다. 이중 제1매립장은 1992년부터 폐기물 반입을 시작하여 2000년 10월에 매립 완료되어 안정화 공사가 진행중이며, 현재는 제2매립장의 매립이 진행 중에 있다. 이 중 제3, 4매립장의 매립예정부지는 공한지로 관리되고 있는데, 현재 상태에서 추후 매립이 시작되면 혐오시설로서의 주변지역 생활권에 미치는 영향이 가중될 것으로 예상됨에 따라 '폐기물처리시설 촉진및주변지역지원등에대한법률' 제23조(폭 20m 녹지대조성)에 의거 제3, 4매립장 경계지역에 미리 수목을 식재하는 완충수림대 조성 계획은 향후 환경보전림으로서의 역할을 할 수 있을 뿐만 아니라, 수도권매립지가 표방하고 있는 생태공원화사업에도 기여할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 보인다.

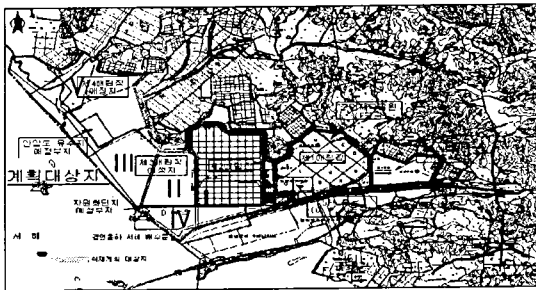


그림 1. 대상지 및 식생조사 위치도

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구대상지 현황

대상지의 단면은 표 1에서와 같이 최저표고가

1~3.81m 사이에 있고, 최고표고는 5.98~19.83m로 고저의 차가 심하고 매립지에서 내륙으로 들어갈수록 높아지는 경향을 보이고 있다.

표 1. 단면별 표고현황

구분	최저표고	최고표고	웬스지역표고	내륙지역표고
Section A	3.81	6.53	6.53	4.80
Section B	3.00	6.56	6.56	4.40
Section C	3.01	6.15	6.15	3.20
Section D	3.20	7.40	7.40	5.71
Section E	1.00	6.82	6.82	8.09
Section F	1.00	19.83	6.30	9.13
Section G	1.00	5.98	5.98	8.83
Section H	1.00	8.80	5.60	8.83
Section I	1.86	9.67	9.40	-
Section J	3.50	9.44	9.44	-

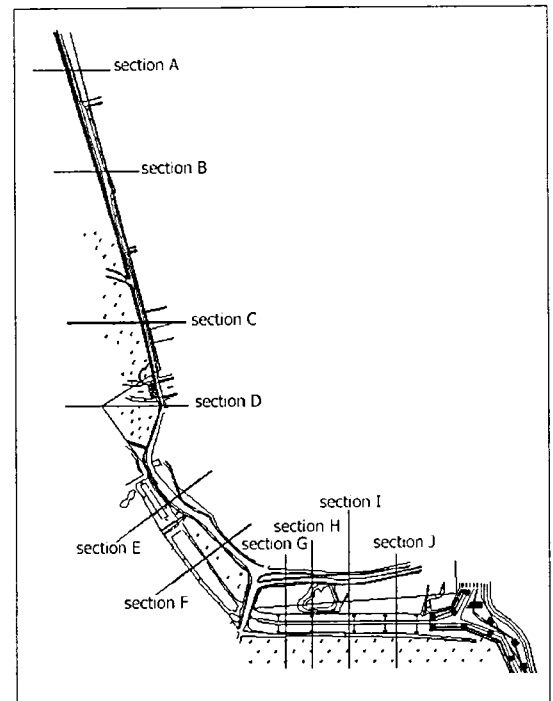


그림 2. 단면 개념도

또한 주변 지역의 식생현황은 IV지역에 위치한 복숭아 섬에서 목본으로 팔배나무, 진달래, 덜꿩나무, 회잎나무, 밤나무, 싸리, 노린재나무, 보리수나무, 뽕나무, 참회나무, 아그배나무, 장구밥나무, 화살나무, 야광나무 총 14종이 자생하고 있으며, II, III, IV의 염습지역에서는 염생식물(칠면초, 퉁퉁마디, 해홍나물 등)이 많이 출현되고, 목본으로는 부분적으로 위성류, 아까시나무, 용버들, 싸리, 자귀나무 등이 분포되어 있고, 특히 위성류는 다른 목본에 비하여 우점종으로 자생하고 있다. V지역은 간척되기 이전의 원식생 지역으로 싸리, 덜꿩나무, 신갈나무, 갈참나무, 회잎나무, 생강나무, 개웃나무, 떡갈나무, 작살나무, 소나무, 리기다소나무 등 11종의 목본이 생육하고 있다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구의 내용은 수도권매립지 기후, 토양, 식생 등의 자연환경에 대한 현황을 조사·분석한 자료를 바탕으로 경계지역 완충 수림대 조성을 위한 적정 폭, 높이 산정과 염생식물이 자라는 염농도가 높은 지반굴착토사와 외부반입 식생토양을 비교분석하여 적정 단면을 산정하고 대상지 특성에 맞는 생태적 환경복원을 위한 식재방안을 제시한다.

토양조사는 이화학적 특성과 물리적 특성을 구분하여 이화학적 특성의 분석항목을 유기물 함량, 토양산도(PH), 전기전도도(EC), 염분농도(%), 치환성 이온, 전질소(%) 등을 주 대상으로 하여 분석하였으며, 역학 및 물리적 특성의 분석항목을 단위중량(t/m³), 점착력(kg/cm), 투수계수, 압축지수, 함수비(%) 등으로 하였다. 토양의 PH는 토양과 증류수(1:5)로 초자전극으로 측정하였고, 전기전도도(EC)는 토양과 증류수(1:5)로 1시간 진탕하여 EC meter로, 토양의 유기물은 Walkely-Black 법으로, 토양의 입도 분석은 micro-pipette법으로 (주) 제일분석센터에서 측정하였다.

역학 및 물리적 특성은 현장 지반토 및 반입 토사의 자연시료를 채취하여 실내에서 여러 가지 물성시험 및 역학시험을 실시하였으며, 시추조사, 표준관입시험, 더

표 3. 토양의 역학 및 물리적 특성

구분	두께(m)	단위중량(t/m ³)	내부 마찰각(°)	점착력(kg/cm)	탄성계수(kg/cm)	포아손비	투수계수(cm/sec)		간극비	압축지수	압밀계수 Cr(cm/sec)	함수비(%)
							실내	현장				
연약층1	5	1.85	-	0.2	35	0.35	5×10 ⁻⁷	2.4×10 ⁻⁵	1.0	0.2	3×10 ⁻³	35
연약층2	5	1.85	-	0.25	45	0.35	2×10 ⁻⁵	2.4×10 ⁻⁵	0.9	0.2	2×10 ⁻³	35
하부퇴적층	10	1.90	-	0.5	90	0.30	1×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁵				
식생토양(제방)	-	1.85	25	0.2	200	0.30	2.0×10 ⁻⁴		0.6			13

치콘시험, 베인시험, 현장투수시험, 지하수위 측정 등 각종 현장시험을 실시하였다. 그 결과 토질특성 및 지반정수 값을 종합적으로 비교분석한 수도권매립지 지반조사보고서를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양환경분석

본 대상지역의 지반굴착토와 식생반입 토양의 물리적, 이화학적 특성은 표 2, 3과 같다.

표 2. 토양의 이화학적 특성

분석항목(단위)	시료구분		
	지반토	식생토양(제방)	
유기물(%)	0.55	0.24	
N(%)	0.031	0.051	
유효P2O5(mg/kg)	68.9	19.1	
치환성K(me/100g)	1.87	0.22	
치환성Ca(me/100g)	1.08	2.89	
치환성Mg(me/100g)	4.23	2.07	
치환성Na(me/100g)	13.01	0.11	
양이온치환용량(me/100g)	7.32	9.48	
pH (1:5)	8.21	5.23	
전기전도도(dS/m)	3.16	0.04	
NaCl(%)	0.90	흔적	
토성 (미국 농무성 분류)	모래(%)	20.17	44.22
	미사(%)	37.23	43.57
	점토(%)	42.60	12.21
	분류	식토	양토

2. 기본구상 및 계획

1) 기본구상

식재에 적합한 단면은 산의 흙 단면(Soil depth)의 형태가 가장 이상적인 단면으로서 실제 계획 반영에 있어서는 기능성, 시공성, 생태성, 경제성 등을 고려한 계획을 다음과 같이 수립하였다.

· 기능성 - 매립장의 분진·악취·소음 차단효과 등

을 위한 완충방풍림과 경관림을 고려

- 시공성 - 시공의 용이성, 구조적 안정성 검토
- 생태성 - 천이과정에서 나타나는 식생구조대 조성 (초본 - 관목 - (중)교목 - 낙엽, 침엽교목)
- 경제성 - 비탈면 안정도 유지 및 안암도 유수지 굴착지반토 활용, 수도권매립지 자급토사 이용

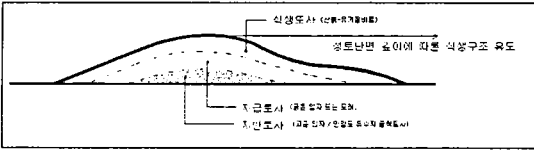


그림 3. 토양단면

2) 기본계획

(1) 식재구간 및 배수체계

향후 매립지역의 토지이용을 증대시키기 위해 완충 녹지 폭을 기존 녹지폭과 연계된 최대 35m 이내로 하고, 원지형을 바탕으로 식재구간 (평균 500m)을 설정하였고, 배수 체계는 각 식재구간 시점과 종점 지역에 자연적으로 형성된 소지류 및 유역을 고려하여 구간별로 이격 조정하였다.

(2) 토양단면 설정

표 4. 대안별 토공량 및 장단점 비교

	토공량	장점	단점
I 안 (최소형)	토공량 최소 (81,410㎡ /2.4km)	· 공사비 최소	· 완충녹지의 기능 약화 · 생태적 안정성 최소 · 경관성 미약
II 안 (최대형)	토공량 최대 (270,310㎡ /2.4km)	· 완충녹지기능 최대 · 생태적 안정성 최대 · 경관성 우수 · 안정된 식생구조	· 공사비 최대 · 유지관리의 어려움
III 안 (제방형)	토공량 적정 (191,150㎡ /2.4km)	· 공간 이용성 좋음	· 완충녹지 기능 약화 · 토사유실 우려 · 경관적인 안정감 미약 · 식재공사 난이 · 유지관리의 어려움
IV 안 (계획안)	토공량 적정 (247,431㎡ /2.4km)	· 완충녹지기능 적정 · 생태적 안정성 적정 · 안정된 식생구조 연출 · 토사유실 최소 · 유지관리가 비교적 용이 · 경관성 높음	

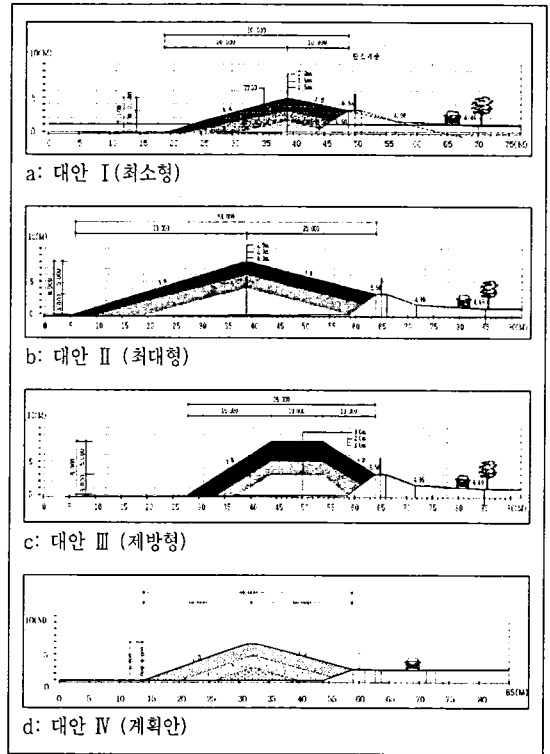


그림 4. 토양단면 대안 비교

(3) 수목 식재설계

문헌조사와 현지 식생조사를 통해 상대적 적응성을 검토하여 완충녹지 폭 최대 35m 이내로 매립지 측은 인천시 해안가 주변의 자연방풍림, 내륙측은 군상혼효 경관림의 형상을 가질 수 있는 수종을 위주로 선정하였고, 매립지내 양묘장에서 생산된 해당화, 상수리나무, 살구나무 등 7종의 목목을 배식하여 경비질감과 함께 수목의 활착율을 높이고, 자연적인 식생변화를 유도할 수 있는 식생구조로 계획하였다.

- 선정수종 : 곰솔, 소나무, 팔배나무, 자귀나무, 왕

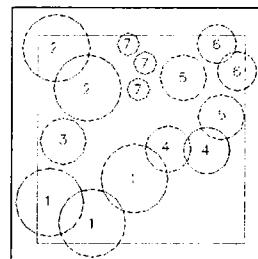


그림 5. 수관투영도



그림 6. 층위구조도

1. 소나무: 2. 해송: 3. 팔배나무:
4. 자귀나무: 5. 생강나무:
6. 노린재나무: 7. 살구나무

벗나무, 참나무류, 상수리나무, 꽃사과, 중국단풍, 산수유, 층층나무, 회화나무, 포플라속, 생강나무, 개나리, 좁쌀살나무, 박태기나무, 보리수나무, 노린재나무, 인동덩굴, 장미 등 총 28종

- 식재밀도 : 수고 2.5m 이상의 중교목은 1.5×1.5m(1.45주/㎡), 묘목은 50×50cm(4주/㎡) 간격의 식재밀도로 3열 이상 군락하여 식재하였고, 관목은 규격에 따라 9~16주/㎡로 조정 후 구간에 따라 경관성이 요구되는 지역에는 수고 3.0m 이상의 대형목을 도입

(4) 식재 후 유지관리

식재 후 유지관리는 일반적인 사항을 참고할 수 있으나 해안매립지 수목이 받는 가장 큰 스트레스는 뿌리의 물 흡수 부족이므로 완전히 착근될 때까지(봄에서 여름의 비대생장기) 적정한 수분이 유지되도록 하고 특히, 갈수기 및 바람에 의한 표층토의 건조가 심한 시기에는 하층부 염분의 상승 방지를 위해 멀칭 등으로 표층토의 토양수분이 부족하지 않도록 한다.

또한 해풍 및 분진으로 인한 수목의 피해를 최소화하기 위해 수목의 잎 세척을 주기적으로 하며, 사전에 관수를 위한 소규모 저수유역을 지형조건을 고려하여 확보하고, 주변에 수전시설 도입이 가능하면 간이 관수 시설 설치가 요구된다.

IV. 결론

본 연구에서는 서해안 폐기물 매립지역의 경계지역 완충수림대 조성시 해안 굴착 지반토를 고려한 적정 단면과 조기에 식생층위가 구분된 수림대가 형성될 수 있도록 교목·중목·저목 등으로 구분하여 매립지 양묘장에서 생산된 묘목과 함께 식재밀도를 조정하여 계획하였다.

1. 매립지에서의 식재를 위한 마운딩 조성은 필수적이다. 식재를 위한 경제적이고 효율적인 성토 높이와 토량을 산정하고, 토사 재활용 측면을 고려하여 굴착 지반토로 식재 지반을 조성한 후, 그 위에 염분차단 및 식생 배수층 역할을 위한 자급토사(1.5~2m)를 성토 후, 양질의 식생토사를 2m 두께로 복토하여 전체 높이 6m를 기준으로 식생단면을 조성하였다.

2. 대상지의 성격이 외곽경계지역이므로 매립지 내

부를 향한 비탈면(기울기 1:3)과 내륙지역을 향한 비탈면(기울기 1:4)으로 구분하여 완충녹지폭 최대 35m 이내로 매립지역은 방풍림을, 내륙지역은 혼효 경관림을 기준으로 하여 식재계획을 수립하였다.

3. 수종은 문헌 및 현지 식생조사를 통해 곱솔, 소나무, 팔배나무, 자귀나무, 벗나무, 생강나무, 보리수나무 등 21종과 양묘장에서 생산된 해당화, 상수리나무, 살구나무 등 7종, 총 28종으로 수고 2.5m 이상의 중교목은 1.5×1.5m(1.45/㎡), 묘목은 50×50cm(4주/㎡) 간격의 식재밀도로 3열 이상 군락하여 식재하였고, 관목은 규격에 따라 9~16주/㎡로 조정하였다.

4. 식재 이후의 유지관리 대책으로는 갈수기의 모세관 현상으로 인한 염분상승을 방지하기 위해서 멀칭 등을 시행하여 건조를 방지하고, 관수시설을 확보하여 수분 부족으로 인한 수목의 스트레스를 저감시키고, 주기적인 수목의 잎 세척을 통해 해풍 및 분진의 피해를 최소화하였다.

본 사례연구는 수도권매립지를 대상으로 한 식재기반 단면기준 및 식재계획이므로 해안폐기물매립지 환경요인 분석 및 환경오염원(토양염분, 해풍, 분진, 가스 등) 저감을 위한 완충수림대 조성시 본 계획이 일반적인 기준으로 제시되기는 부족하므로 향후 종합적인 해안폐기물매립지 환경식생 복원을 위한 생태학적 대안 제시 연구가 요망된다.

참고문헌

1. 김도균(2001) 입해매립지의 식재지반별 토양 물리·화학적 특성. 한국환경복원녹화기술학회, pp.12-18.
2. 김판기, 김선희, 이상모, 조주형, 이은주(2002) 김포 수도권매립지에 식재된 현사시나무의 환경 적응 반응(1). 한국임학회지, pp.79-88.
3. 배영훈, 이동근(2001) 해안간척지의 생태적 환경복원을 위한 식물 선정에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회, pp.66-74.
4. 조주형, 이재근(2001) 폐기물매립지 인공식재지반 조성 사례연구. 한국조경학회 pp.131-139.
5. 수도권매립지운영관리조합(1995) 수도권매립지(3공구) 기반 시설조성사업 실시계획 지반조사보고.
6. 農耕と園藝(昭和154年), 上の造園デザイン, 誠文堂新光社.
7. Sherry Dorward(1990) Design for Mountain Communities VAN NOSTAND REINHOLD.