

# 수도권매립지 완충녹지의 식재구조 개선을 위한 생태적 식재모델

이경재\* · 이수동\*\* · 김정호\*\* · 피재황\*\*

\*서울시립대학교 도시과학대학 건축도시조경학부 · \*\*서울시립대학교 대학원 조경학과

## I. 서론

우리나라의 경우 해안매립지 등 간척지는 국토면적의 약 2.7%이지만 해안경관 및 생태계를 훼손하고 있어 매립되지 않은 갯벌의 보호와 기매립지의 환경개선이 시급히 요구되고 있다. 인천광역시 서구 백석동, 검단동, 김포군 양촌면 일대에 위치한 수도권매립지는 1980년 동아건설이 해안간척사업을 실행하여 조성한 매립지 중 628만여평을 정부가 매입하여 폐기물매립지를 조성하였으나 체계적인 토지이용계획 없이 매립완료부지, 매립진행중인부지, 공한지지만 구분·이용하고 있어 토지의 활용이 비효율적 상태이었다.

수도권매립지는 1993년 매립이 완료되어 안정화공사에 들어간 난지도와는 달리 위생매립지로서 환경에 대한 영향이 일정 수준 이하이나 악취와 오염물질의 분산 등 지역주민에 미치는 피해와 사람들의 혐오감이 계속 제기되고 있어 이를 해소하기 위하여 매립지 주변과 대상지 외곽에 완충녹지를 조성하고 있다. 하지만 해안의 자연환경과 생태계를 고려하지 않았을 뿐만 아니라 토양의 물리·화학적 성질을 고려하지 않고 식재하거나 해안에 적합하지 않은 수목을 식재하여 고사하거나 활력이 저하되고 있는 실정이다. 일반적으로 완충녹지는 위해요소를 차단하기 위하여 조성하는 녹지로 혐오물의 시각적 차단, 악취 및 오염물질의 확산방지, 야생동물 서식처 제공이 주요 조성목적으로서 매립당시 또는 일정기간 후에 충분한 완충기능을 갖도록 계획되어야 한다. 그러나 대상지의 완충녹지는 식재기반이 갯벌이거나 산림심토를 복토한 지역으로 식재지반이 불량하고 해안 및 매립지환경에 부적합한 종선정, 어린수목식재로 완충기능 뿐만 아니라 단층구조로 생물서식기능

이 부재되어 있는 상태이었다.

따라서 본 연구는 수도권매립지의 외곽에 설치되어 악취 및 오염물질 저감시키는 역할을 위하여 조성된 완충녹지의 식재구조를 조사·분석하여 문제점을 파악하고, 식재모델을 제안하기 위하여 주변 자연식생지역구조를 조사·분석하여 적정수종 및 식재밀도를 제안하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상지 선정

수도권매립지에 조성된 완충녹지는 식재수종 및 구역, 녹지폭 등에 의하여 5개 지역으로 구분하여 총 59개소를 조사·분석하였다. 완충녹지의 전반적인 상태를 살펴보면 경인운하변에 조성된 선형의 완충녹지는 폭 5m내외로 식재량이 많지 않았으며, 제 2매립장 남측(경인운하변)으로 경인운하부지와 접한 완충녹지는 넓은 폭에 아까시나무, 곰솔이 식재되었으나 밀도는 낮은 상태이었다. 수로와 제 2매립지 동·서·북측 사이에 조성된 완충녹지는 묘포장형으로 식재되어 있었으며 제 2매립장 북측으로 도로와 접한 마운딩(mounding)형의 완충녹지는 대경목인 양버즘나무와 상수리나무가 식재되어 있었다. 북쪽의 수로의외곽부에 조성된 완충녹지는 녹지폭은 넓었으나 식재량이 부족한 상태이었다. 대부분 외래종이 식재되어 있었으며 단순한 층위구조로 인해 식재량이 부족한 상태인 것으로 판단되었다.

### 2) 조사분석 방법

### 1) 완충녹지 식재구조

지역별로 대표적인 식생구조를 나타내는 지역에 방형구를 설치하고 교목층과 아교목층의 수관투영 및 층위구조를 도면으로 작성하여 식재밀도 및 간격 등을 분석하였다. 녹피울 및 녹지용적계수는 수목식재지에서 식재량 뿐만 아니라 질적인 측면도 파악할 수 있는 것으로 녹피울은 단위면적당 수목의 수관투영면적 합계를 나타낸 것이며 녹지용적계수(GVZ: Grünvolumenzahl)는 단위면적당 수관용적의 합계를 나타내는 것이다. 수관용적은 수관폭, 수고, 지하고 측정값과 수목의 형태(구형, 기둥형, 원추형)에 따른 체적 계산공식을 적용하여 용적을 계산하여 녹지의 풍부함을 비교하기 위한 정량적 자료를 산출하기 위한 것으로  $m^2$ 당 평균적인 녹지용적( $m^3/m^2$ )으로서 녹지용적계수 산정하였다.

식재밀도는 식재거리 및 식재패턴을 파악하기 위한 것으로 식재수목의 규격, 식재수종간 간격, 단위면적당 식재주수를 각각 조사·분석하였다. 식재종과 식재규격은 각 녹지공간에 식재된 수목에 대하여 식피울, 식재주수, 녹지용적계수를 파악하기 위하여 각각의 수목에 대하여 수고, 지하고, 흉고직경, 수관폭 등을 조사하였다. 식재간격은 단위면적당 식재주수를 수관투영도를 바탕으로 녹지공간별로 식재된 개체수를 산정하여 단위면적당의 식재주수 및 밀도를 산정하였다.

### 2) 주변 자연지역 식생구조

수도권매립지내 완충녹지의 식재모델을 제안하기 위하여 대조구를 선정하였으며 현황을 파악하기 위하여 일반적 개황으로 조사구의 방위, 경사도, 교목층과 아교목층의 평균수고, 평균흉고직경, 울폐도와 관목층의 평균수고, 식피울 등을 조사하였다. 또한 각 조사구의 층위별 중간 상대적 우세를 비교하기 위하여 임경빈 등(1980)의 방법으로 상대우점치(I.V.: importance value)를 구하였고 수고를 고려하여 평균상대우점치(M.I.V.: mean importance value)를 구하였다. 종다양성은 희귀종(rare species)에 중요성을 두는 Shannon의 종다양도(Pielou, 1975)와 최대종다양도( $H'$ max), 균계도( $J'$ ), 우점도(D) 등을 구하였고 각 조사구의 층위별 종수 및 개체수를 산정하였다. 우점종을 중심으로 평균흉고직경에 해당하는 표본목 2~6주를 선정하여 목편을 추출·분석하여 수령과 성장상태를 파악하였다. 한편 완충녹지와외의 식재량을 비교분석하기 위하여 녹지용적계

수를 산정하였으며 식재모델을 제안하기 위하여 생육 밀도를 구하였다.

### 3) 식재지반구조 및 토양 특성

대상지의 식재지반구조를 파악하기 위하여 각 층위별 깊이를 측정하고 표층으로부터 토양을 채취·혼합하여 분석하였다. 토양분석에 있어서 토성분석은 micro-pipette법(Miller and Miller, 1987) 이용하였으며 토양산도는 유리전극법(1:1), 유기물 함량은 Walkly-Black법에 따라 정량하였다. 그 외에 양이온 치환용량, 치환성 양이온함량 등을 분석하였다.

### 4) 생태적 식재모델

수도권매립지내 완충녹지의 수목식재량 및 수종을 선택하기 위하여 해안과 인접하여 해풍에 적응성이 강한 지역으로 매립지내에 잔존해 있는 자연림과 도서지방에 자생하는 자연림을 대상으로 대조구를 선정하였다. 제 4매립장에 위치한 안암도는 원형 그대로 보존되어 있는 상수리나무림을 대상으로 조사하였으며 해안의 도서지역으로는 덕적도의 곰솔림, 소나무림을 대상으로 현황을 조사·분석하여 식재모델을 제안하고자 하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 완충녹지 식재구조

#### 1) 식재구조(식재종 및 층위구조)

각 완충녹지 유형별 식재구조를 살펴보면 제 2매립장 남측 완충녹지에는 도로변에 곰솔을 1열로 식재하고 내부에 아까시나무를 5열 식재하였으나 생육상태는 불량하였으며 관목층에는 수목이 식재되어 있지 않았다. 제 2매립장과 동·서·북측 수로와의 사이에 조성된 완충녹지는 자귀나무, 중국단풍, 회화나무 등이 도로변에 1열로 열식되어 있었으며 내부에는 수고 0.5~1.0m인 곰솔, 느티나무, 뽕나무 등이 3열 또는 4열로 열식되어 있는 상태이었다. 제 2매립장과 접한 마운딩(mounding)형의 완충녹지는 제 2매립장과 접하는 사면지역은 비수리와 귀화종인 능수참새그렁이 파종되어 있었으며 사면상부에는 상수리나무, 스트로브잣나무,

곰솔 등이 5월 식재되어 있었다. 도로변사면에는 대부분 툇립나무 치수가 식재되어 있었으며 일부 구간에는 죽제비싸리, 꽃말발도리 등이 군락으로 식재되어 있는 상태이었다. 북쪽의 수로외곽부에 조성된 완충녹지는 호안을 따라 곰솔, 회화나무, 자귀나무, 스트로브잣나무 등이 열식되어 있었으며, 관목으로는 수고 1.5m 이하의 은행나무, 리기다소나무, 물오리나무 등의 치수가 3~4월 식재되어 있었다.

## 2) 녹지량: 녹지용적계수

제 2매립장 남측 완충녹지는 수목성장상태가 양호한 지역과 불량한 지역을 대상으로 조사·분석한 결과 수목성장상태가 양호한 지역과 불량한 지역은 교목층에서 녹지용적계수가 각각  $0.61\text{m}^2/\text{m}^2$ ,  $0.01\text{m}^2/\text{m}^2$ 로 양호한 지역이 높았으나 관목층은 큰 차이가 없었다. 제 2매립장과 주변 수로 사이에 조성된 완충녹지는 교목층상의 식재수목에 따라 자귀나무식재지, 중국단풍식재지, 회화나무식재지, 양버즘나무식재지 등 식재종에 의해 구분되었다. 녹지량을 살펴보면 정도에 차이는 있으나 교목층은  $0.00\sim 0.07\text{m}^2/\text{m}^2$ , 관목층  $0.02\sim 0.17\text{m}^2/\text{m}^2$ 이었으며 아교목층은 식재되지 않은 단순한 층위구조를 이루고 있다. 제 2매립장 북측에 조성된 마운딩(mounding)형 완충녹지의 녹지량을 살펴보면 정도에 차이는 있으나 교목층은  $0.04\sim 0.21\text{m}^2/\text{m}^2$ 로 낮았으나 관목층은 죽제비싸리가 식재되어 다소 높은 상태이었다. 제 2매립장 북측 수로외곽부에 조성된 완충녹지는 교목층에 곰솔, 회화나무, 자귀나무, 스트로브잣나무가 식재되어 있었으며, 관목층에는 은행나무, 물오리나무, 죽제비싸리 등의 치수(H:  $0.4\sim 1.2\text{m}$ )가 밀식되어 있었다. 녹지량은 아교목층이 식재되지 않았으며, 교목층과 관목층은 녹지용적계수가 각각  $0.11\text{m}^2/\text{m}^2$ ,  $0.03\text{m}^2/\text{m}^2$ 로 식재량은 유사한 상태이었다.

따라서 대상지내 완충녹지는 식재된 수종이 대부분 외래종이었고 아교목층과 관목층의 식재량도 부족하여 완충녹지로서의 기능 뿐만 아니라 생물서식공간으로서의 역할도 수행하지 못하는 것으로 판단되었다.

## 2. 주변 자연지역 식생구조

수도권매립지내 완충녹지의 수목식재량 및 수종을

선택하기 위하여 원형이 그대로 보전되어 있는 제4매립지 안암도 내부의 상수리나무림과 해안의 도서지역인 덕적도의 곰솔림, 소사나무림 등을 대상으로 조사하여 식재수종 및 식재밀도를 제안하였다.

안암도 상수리나무군집에 출현하는 수종은 해풍에 강한 수종일 것으로 판단되므로 수도권매립지에 식재수종으로 적정할 것이다. 성상별 출현종을 살펴보면 교목성상에는 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 산벚나무 등 6종, 아교목성상에는 팔배나무, 붉나무, 다릅나무, 생강나무 등 9종, 관목성상에는 딱총나무, 참싸리, 작살나무, 진달래 등 16종이 출현하였으며 이들 종은 해안에 적응성이 강한종으로 토양조건이 갖추어지면 생육할 수 있을 것으로 판단되었다. 안암도에 잔존하고 있는 상수리나무림과 비교하면 교목층, 아교목층, 관목층에서 모두 식재량이 모자라나 특히 아교목층이 존재하지 않아 층위구조가 형성되지 않았으며 식재량이 적어 완충녹지로서의 역할뿐만 아니라 생물서식 및 이동로로서의 역할도 수행하지 못할 것으로 판단되었다. 덕적도에 출현하는 상수리나무군집과 곰솔군집내에 출현하는 수종을 나타낸 것으로 해안매립지의 식생복원시 교목층에는 곰솔, 산벚나무, 굴피나무, 상수리나무 등 8종, 아교목층에는 자귀나무, 팔배나무, 보리수나무 등 5종, 관목층에는 참싸리, 조록싸리, 짚레꽃 등 10종 중에서 선정하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

## 3. 식재지반구조 및 토양 특성

각 군집별 토양이화학적 특성을 살펴보면 토성은 완충녹지와 사면지역을 포함한 대부분 지역이 사양토(sandy loam)이었으며 토양산도(pH)는 완충녹지지역이 해안에 위치하고 있어 대부분 pH 6.00 이상으로 다소 알칼리성화되어 있었으나 자연식생이 남아있는 안암도는 pH 4.86, pH 5.44로 타지역에 비해 산성화되어 있는 상태이었다. 유기물함량은 제 1매립장 사면과 안암도를 제외하면 대부분 1mg/kg 미만으로 발토양뿐만 아니라 산토양의 평균에도 미치지 못하고 있는 실정이었으며 전기전도도, 유효인산(mg/kg), 치환성양이온함량은 안암도를 제외한 전지역에서 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

## 4. 생태적 식재모델

수도권매립지내 완충녹지의 위해요소 배제 및 생물 서식 기능을 부여하기 위한 식재밀도 및 식재수종을 선택하기 위하여 제 4매립장에 위치한 안암도 내부의 원형 그대로 보존되어 있는 상수리나무림과 해안 도서지역인 덕적도의 곰솔림, 소나무림을 대상으로 현황을 조사·분석하여 식재모형을 제안하였다.

곰솔모델림은 해안의 염해에 대한 적응성이 강한 종으로 영흥도 장경리해수욕장의 해안가 사면에 분포하는 곰솔림을 조사한 결과를 바탕으로 식재모형을 제안하였다. 교목층은 곰솔을 10주 식재하며, 수목의 수고 3m, 수관폭 2m, 식재거리 4.4m를 기준으로 현장 디테일 조사자료를 바탕으로 자유식재를 전제로 하였으며 아교목층에서는 곰솔을 비롯한 5종, 23주를 식재하며 수목의 수고는 1.5m, 수관폭 1m, 식재거리 2.9m를 기준으로 하였다. 관목층에서는 진달래를 비롯한 13종 101주를 식재하며 수목의 수고는 0.3m, 수관폭 0.3m를 3~5주씩 모아 심되 랜덤하게 식재하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

소나무모델림은 해안가의 일부 지역에서 방풍림으로 조성된 지역이 있으므로 반드시 이들을 모수로 채취한 종자를 표목으로 키워서 식재하는 것을 전제로 하였다. 소나무림 식재모델은 자연림인 덕적도 서포리 소나무-상수리나무군집의 자료를 바탕으로 재구성한 결과 교목층에서는 소나무 10주와 곰솔 1주를 식재하며 수고 4m, 수관폭 2m, 식재거리 4.3m를 기준으로 하며 현장에서 조사된 상세조사된 야장을 바탕으로 자유식재를 전제로 하였으며 아교목층에서는 소나무를 비롯한 5종, 29주를 식재하며 수목의 크기는 수고 1.5m, 수관폭 1m, 식재거리 2.6m를 기준으로 하였음. 관목층에서는

소나무를 우점으로 14종, 71개체를 식재하며 수목의 수고는 0.3m, 수관폭 0.3m를 3~5주씩 모아 식재하되 랜덤하게 식재하는 것을 원칙으로 하였다.

상수리나무모델림은 대상지인 수도권매립지 내에서 자연성이 비교적 많이 남아있는 안암도의 조사자료를 바탕으로 작성한 결과 교목층에서는 상수리나무, 산벚나무 12주를 식재하며 식재거리는 3.5m로 하였다. 아교목층에서는 팔메나무, 때죽나무, 산딸나무, 산벚나무 등 9주를 식재하며 식재거리는 3.9m로 하였으며 관목층은 노린재나무, 참회나무, 명석딸기, 땃대잉달굴, 켈레꽃을 중심으로 16종 126주를 3~5주씩 모아심고자 하였다.

## 인용문헌

1. 김도균(2001) 임해매립지의 식재지반별 토양 물리·화학적 특성. 한국환경복원녹화기술학회지 12-18.
2. 김종원, 정용규(1995) 김포매립지와 그 근린지역의 식물상 분석. Korean J. Ecol. 18(1) : 31-41.
3. 김종원, 정용규(1995) 식생구조와 토양환경 분석을 통한 서식처의 생태학적 구분-김포매립지와 그 근린지역의 식생을 사례로-. Korean J. Ecol. 18(3) : 307-321.
4. 배영훈, 이동근(2001) 해안간척지의 생태적 환경복원을 위한 식물선정에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 66-74.
5. 조주형, 최미진(2002) 폐기물매립지 완충수림대 식재계획 사례 연구-수도권매립지 경계지역을 대상으로-. 한국환경복원녹화기술학회지 5(5) 58-66.
6. 한선기, 신항식, 김상현, 김현우, 박주양(2002) 완료 매립지의 재이용에 관한 환경성 평가. J. of KSEE, 24(11) : 1881-1890.
7. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
8. Pielou, E.C.(1975) Ecological diversity. New York: John Wiley & Sons, Inc..