

생태통로(Eco-Bridge) 설치사례 및 성과분석



경기도 기술심사담당
백 충 현

I. 서론

길은 원래 자연발생적으로 생긴 것으로 자연의 가운데에 만들어지고 자연의 여러 가지 요소에 순응하며 잘 공존하였으나, 오솔길에 우마차 길이 뚫리면서 신작로가 생기더니 이제는 여러개의 도로가 거미줄처럼 국토를 갈갈이 찢어놓고 있는 상황이다.

더욱이 경기도는 수도권에 위치하고 있어 매년 인구가 약 40만명씩 증가하고 있어 도로시설 확충은 불가피한 실정이다. 그래서 도로건설은 자연 파괴의 주범으로 비난을 면치 못하는 실정에 이르게 되었고, 도로 이용자에 대한 서비스의 질을 향상시키기 위해 신속·쾌적·안전성 측면이 강조된 반면 환경 보전 측면이 등한시되면서 자연의 파괴는 어찌면 당연한 것인지도 모른다. 따라서 도로건설에 있어 환경보전은 필요성이 대두되게 이르렀다.

경기도 의왕시 고천동에서 화성군 봉담읍까지 연결하는 연장 14km 폭 20m의 고색~의왕간 도로개설 현장은 많은 흙쌓기를 필요로 했기 때문에 경제성 측면에서 농

지의 잠식을 최소화하지 않을 수 없어, 산 능선을 관통하여 이의 토량을 흙쌓기에 이용을 해야만 했다.

더욱이 저비용 고효율 투자효과를 위해 터널방식이 아닌, 절개방식으로 설계되어 오봉산이 두 동강난 절개지 높이가 30m이상에 이르게 되어 환경파괴의 극심함을 깨닫게 되었을 뿐만 아니라, 도로에서의 초기 환경문제는 대기 및 소음공해 같은 인간생활에 직접 영향을 미치는 생활환경이 주 관심사였으며, 곧 자연환경에 대한 문제도 중요시되어 자연식생, 야생동물의 보호등이 도로 정비에 있어 필수조건이 부각되어 가고 있는 상황에서 경기도는 지방도 312호선 오봉산 자락에 국내에서 처음으로 오봉산 생태통로(Eco-Bridge)를 1998년 12월에 건설하게 되었다.

II. 생태통로(Eco-Bridge) 설치사례

1. 사업시행 방법 및 절차

본 사업은 도로개설에 의해서 단절된 서식지를 연결하여 생물서식 공간의 고립화를 방지하고, 단절된 생물서

식공간을 이어줌으로서 야생 동·식물의 이동을 원활하게 하여 생물종의 다양성을 유지·증진 시키고자 사업의 목적을 두고 추진하게 되었으며, 이의 사업은 도로개통시기에 맞추어 사업을 추진해야 하므로 공기내 사업 마무리를 위해 별도사업을 발주 추진치 않고, 설계비 및 공사비를 시공사에 설계 변경하여 도로건설과 병행 추진하는 방식을 택하였다.

생태통로(Eco-Bridge)를 설치하기 위해서는 제일 먼저 그 지역에 서식하는 동·식물상과 서식처를 파악키 위해 4계절 생태환경을 조사하여 생물상과의 관련성을 비교, 분석하여 생물 서식공간 및 동물의 이동경로에 적절한 장소를 찾아 위치를 선정한다. 그 다음 구조물을 설치하고, 주변 환경과 조화성을 이루고 야생 동·식물의 유지·증진시킬 수 있는 식생을 선정하여 조경을 하고, 사업 완료 후에는 동물 이동에 기여하는 지를 확인키 위해 반드시 모니터링을 지속 실시하여야 한다.

2. 생태환경 조사

(1) 조사항목 및 조사방법

생태통로(Eco-Bridge) 조성을 위한 대상지역 종합분석에 있어서 조사항목 선정은 지역에 서식하는 동·식물상 및 서식처의 파악과 이들에게 영향을 주는 각종 인자를 고려해서 이루어졌으며, 생물상에 있어서는 식생과 더불어 포유류, 조류, 양서·파충류 등의 항목에 대한 조사를 수행하였으며, 이들의 서식분포 및 이동경로 등에 대한 조사를 병행시켰다. 또한 이러한 생물상에 영향을 주는 물리적 인자로서 지형, 사회적 인자로서 토지 이용에 관한 항목을 추가 조사하여 생물상과의 관련성을 비교·분석토록 하였다.

(2) 조사결과

① 동물

- 포유류 : 고라니, 고슴도치, 두더지, 너구리, 청솔모, 족제비, 멧토끼, 다람쥐, 삿, 등줄쥐, 곰쥐, 땃쥐, 등 12종
- 조류 : 꿩, 까치, 박새, 노랑턱멧새, 참새, 오목눈이, 노랑지빠귀, 쑥새, 소쩍새, 딱따구리, 붉은머리오목눈이, 멧비둘기, 어치, 직박구리, 때까치, 동고비 등 16종
- 파충류 : 아무르장지뱀, 누룩뱀, 유혈목이, 쇠살모사, 능구렁이 등 5종
- 양서류 : 참개구리, 두꺼비 산개구리, 청개구리, 몸개구리, 도롱뇽 등 6종

② 식물

- 리기다소나무, 상수리나무, 아카시아나무, 소나무, 밤나무 등 군락
- 진달래, 갈참나무, 싸리, 짚레꽃, 떡갈나무, 회나무 등
- 환삼덩굴, 개별꽃, 산겨울, 그늘사초, 맑은대쑥, 억새, 씨뜨기, 산깨풀 등

3. 위치선정

당초 수원시 칠보산 자락에 설치하려 하였으나, 이곳은 단절부위가 적고, 향후 도로확장계획이 있어 대상에서 제외 하였으며, 오봉산은 초지가 풍부하고, 습지가 많이 분포하고 있을 뿐만 아니라, 인간의 간섭이 심하지 않으며 단절부위가 커서 습지와 계곡을 연결하는 8부 능선에 동·식물의 서식분포 및 이동경로 등을 고려하여 <그

림 1)의 위치를 선정하게 되었다.

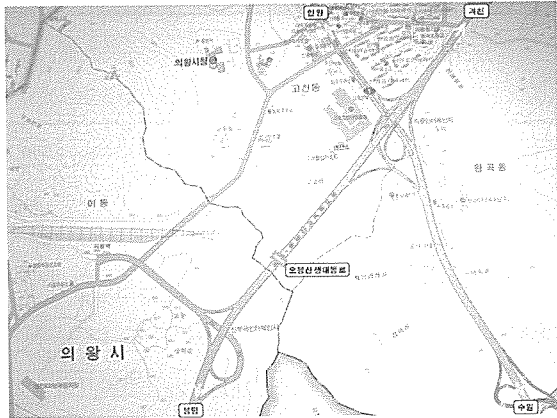


그림 1. 오봉산 생태통로(Eco-Bridge) 설치위치

- '98.11 : 서울대학교 조경시공 기술자문
- '98.12 : 에코브리지 설치 완료 및 도로개통



그림 2. 준공후 전경

4. 사업개요

- 위치 : 경기도 의왕시 고천동 오봉산(지방도 312호선)
- 사업량 : 연장 26m, 폭 50m
- 구조 : 2경간 콘크리트 암거교
- 사업비 : 30억원
- 사업기간 : '97.10~'98.12
- 시행청 : 경기도 건설본부

5. 추진경위

- '97. 8 : 경기개발연구원 기술지원 의뢰
- '97. 9 : 관련부서 협의회의 개최 및 사업방침 결정
- '97.10 : 서울대학교 생태계조사 용역의뢰
- '97.12 : 조경설계 협의회 개최
- '98. 2 : 생태계 조사분석 중간보고회의 개최
- '98. 3 : 에코브리지 설계심의
- '98. 8 : 홍보표지판 디자인 협의회의 개최

6. 시공방법

구조물 터파기, 맹암거설치등 배수공사, 구조물공사, 상부흙쌓기, 수목식재, 전기공사, 홍보표지판 설치, 부대공사 순으로 시공하였다.

슬래브 두께가 1m이나, 흙쌓기 높이가 7m 이상 되므로 슬래브위 방수를 하고, 모래 20cm를 부설한 다음, 토압을 줄이기 위해 EPS 경량토 블록 3m를 쌓은 후 토량을 성토하였으며, 최상단 3m는 사질 양토로 복토를 실시하였으며, 생태통로(Eco-Bridge) 주변 지형적 특성을 살려 상단부 중앙에는 양서류 이동 통로를 1~1.5m 형태의 자연계곡과 유사하도록 <그림 3>와 같이 진흙 등 자연소재 위주로 시공하였고, 강우시 양서류 및 곤충의 서식처 제공을 위해 물웅덩이를 3개소 설치하였다.

빛과 소음을 줄이기 위해서 상단 중앙에는 <그림 4> 계곡처럼 깊게하여 밖이 보이지 않게 하였으며, 안에서 밖으로 갈수록 큰 나무의 수목을 식재하였는데 식재 시

는 성토후 영향분이 많은 부엽토를 깔고 주변식생에 어울리는 노간주나무, 자귀나무, 국수나무, 달뿌리풀, 억새풀 등 50여 품종을 식재하고 중앙에는 양서류와 파충류의 이동이 가능하도록 저습지를 만들었다.



그림 3. 진흙 깔기

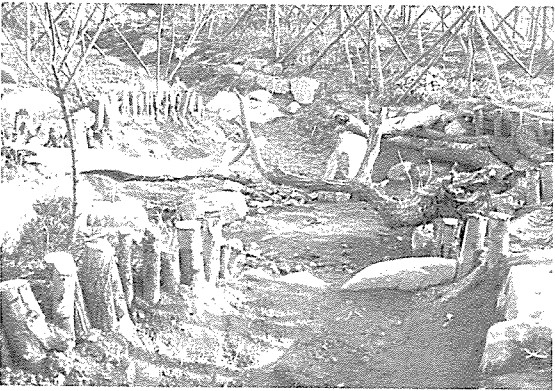


그림 4. 자연계곡

Ⅲ. 사업성과 분석

사업성과 분석은 환경부에서 발간(2004.7.31)한 「지속 가능한 도시녹지조성을 위한 생태통로 설계기법 개발」 보고서를 토대로 분석했다.

1. 생태통로 모니터링

모니터링의 목적은 생태통로가 설치된 후 동물 이동에 기여 하는지를 확인하고, 차후 설계지침 마련시 보완 개선하기 위함이다.

따라서 이번 모니터링을 통해 확인한 내용은 야생동물의 발견 빈도나, 서식 밀도 등의 세부적인 개체군 정보가 아닌, 생태통로를 통해 야생동물의 이동이 실제로 이루어지는지를 확인하는 것으로 했다.

야생동물이 생태통로를 통해 이동하는지를 확인하기 위해 전방에서 물체가 움직이면 자동으로 감지하여 작동하는 무인카메라(Super Compact Camera와 적외선 감지장치)를 사용하여 모니터링을 실시하였으며, 1주일에 한 번 정도의 주기로 무인카메라의 필름을 교체하며 이동현황을 파악하였다.

카메라 위치 선정 시, 소형 포유류는 가급적 도로에서 발생하는 소음과 빛의 영향이 적은 계곡부로 이동할 것이며, 양서·파충류는 일반적으로 습한 지역을 좋아하기 때문에, 지면에 습기가 다른 지역에 비해 많을 것으로

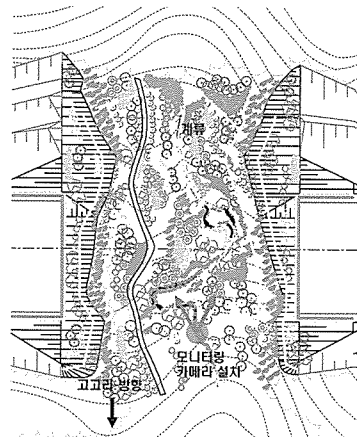


그림 5. 모니터링 장비 설치 위치

생각되는 계곡부로 이동할 것으로 판단하여 생태통로 내부에 형성된 계곡부를 주 관찰 지역으로 <그림 5>와 같이 선정했다.

2. 생태통로 모니터링 결과

2000년에서 2001년 사이에 이루어진 생태통로 식생 현황 조사 시 생태통로를 이용하는 동물에 대한 모니터링이 동시에 이루어졌는데, 당시의 모니터링 방법은 발자국, 배설물을 토대로 동물 종을 추정하는 흔적조사 방법이 사용되었다.

이때 포유류로써는 너구리의 발자국과 배설물, 족제비의 발자국, 멧토끼의 이동흔적, 조류 중에서는 수평의 이동 흔적이 확인되었고, 청설모와 산 개구리가 이동하는 모습이 확인 되었다.

연구진에 의한 모니터링은 4월22일부터 6월22일까지 2개월간 실시하여 지속적으로 실시하였다. 무인카메라를 이용하여 조사 대상지를 횡단·이동하는 야생동물이 있는지를 알아본 결과, 다람쥐, 오소리 등의 소형 포유류가 생태통로를 통해 녹지 사이를 왕래하는 것으로 확인 되었다.

(1) 식물의 특성

2000년에서 2001년 사이에 이루어진 생태현황 조사 결과¹⁾에 따르면 대상지에는 육상식물과 수생식물을 합쳐 총 98종류가 확인되었다. 생태통로 계획 시 도입된 수종은 43종이었으나, 조성 후 53종의 수종이 새로 생태

| 표 1 | 대상지에 분포하는 초·목본류 현황

구분	초 본 류			목 본 류			
	1년생	다년생	계	관목	교목	덩굴성	계
계	15	47	62	14	18	2	34
비율(%)	15.6	49	64.6	14.6	18.8	2.1	35.4

| 표 2 | 대상지 주변 서식 동물종 현황

구분	동 물 종
양서류	참개구리, 두꺼비, 산개구리, 청개구리, 올개구리, 도롱뇽
파충류	아무르장지뱀, 누룩뱀, 유혈목이, 쇠살무사, 능구렁이
조 류	노랑턱멧새, 붉은머리 오목눈이, 멧비둘기, 박새, 까치, 황로, 뺨꾸기, 피꼬리, 파랑새, 참새
포유류	청설모, 너구리, 족제비, 멧토끼

통로에 도입되었다. 또한 2001년의 조사결과에서는 2000년에 확인된 수종이외에 13종의 식물이 추가되고, 1종이 사라진 것으로 확인되었다. 생태통로에 자생하고 있는 초·목본류의 구성은 아래 표와 같다.

2) 동물 특성

대상지 주변 서식하는 것으로 조사된 동물은 양서류 6종, 파충류 5종, 조류 10종, 포유류 4종으로 확인되었다. 각 동물 종별 현황은 아래 표와 같다.

3. 모니터링 결과의 시사점

생태통로 폭이 20m정도이면 소형 포유류와 조류, 양서류 및 파충류의 활발한 이동이 가능하고, 생태통로 상부의 토심이 충분할 경우 식생의 발달이 활발하며 이는 생태통로를 이용하는 동물의 증대를 가져옴을 알 수 있으며, 생태통로 내에 물을 도입할 경우 다양한 서식처

1) 환경부(2002) 효율적인 생물서식공간 조성기술 개발
2) 서울대학교 생태조경학과 환경생태계획 연구실에서 실시한 조사 결과임.

를 조성할 수 있고, 동물이동에 중요한 유인요소가 될 수 있음을 알 수 있었다. 모니터링을 통해 이동이 확인된 야생동물의 현황은 다음 <그림 6>과 같다.

현재 무인카메라에 의한 감시 지역이 통로 전체를 대상으로 하지 못하고 있으며, 소형포유류가 이동하는데 주로 이용하는 것으로 파악된 능선부분을 감시하지 않고 있는 것을 감안할 때, 2001년에 이루어졌던 흔적조사와 유사한 결과를 얻을 수 있을 것으로 보이며, 당시에 발견되지 않았던 오소리나 다람쥐가 확인되는 것으로 볼 때, 생태통로 상의 식생구조가 주변 산림의 식생구조와 비슷한 정도로 발달되어, 통로를 통해 이동하는 동물의 종이 더욱 다양해졌음을 알 수 있다.

오소리	다람쥐
조류	멧비둘기(2002년 5월 16일 10시 41분)
한국족제비 (2003년 5월 13일 23시 03분)	

그림 6. 모니터링 결과 확인된 야생동물

IV. 향후 발전방향

이곳의 생태통로(Eco-Bridge)는 '98년도에 준공하여 6년 반이 지났는데 상수리나무 등 활엽수는 7~8m이상 <그림 7>과 같이 자랐고, 억새풀 등은 사람의 키를 넘고 있으며 각종 수풀 <그림 8>은 뒤엉켜 사람이 들어가기에는 수풀을 헤치고 들어가야 할 정도로 상당히 우거져 있다. 이는 영양분이 많은 부엽토를 깬 덕분이 아닌가 생각된다.

흙으로 쌓은 물웅덩이는 세월이 지나면서 퇴적되어 일부 메워져 있고 <그림 9>와 같이 돌무더기를 쌓은 것은



그림 7. 생태통로 숲속



그림 8. 우거진 숲

대체적으로 그대로 잘 보전되고 있으며, 일부 등산객이 지나간 발자국은 오솔길이 형성되어 있는 것을 볼 때 인간의 간섭이 이루어지고 있는 안타까운 현실을 느끼며 향후에는 인간의 간섭을 줄이기 위한 철조망 등 적절한 시설을 추가로 설치하였으면 하고, 이를 근본적으로 막기 위해서는 등산객을 위한 육교를 산 정상부에 별도로 설치하였으면 한다

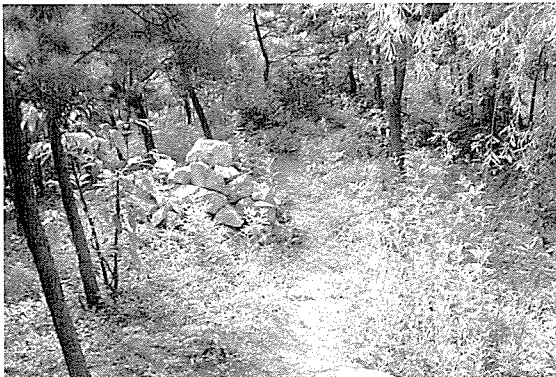


그림 9. 돌무더기 및 오솔길

그리고 생태통로(Eco-Bridge) 준공 후 1~2년 후에는 국내에서 처음으로 설치한 관계로 이를 벤치마킹 오는 사람들 때문에 인간의 간섭이 많아 동물이 다니는데 더욱 늦어지지 않았을까 생각되며, 이제는 국내에 생태통로(Eco-Bridge)가 크고 작은 것이 50여개 넘는 것으로 볼 때 인간의 간섭이 줄어들고, 수풀이 무성해짐에 따라 동물은 더 많이 서식할 것으로 예견된다.

또한 물웅덩이를 만들 때는 토사가 아닌 주변의 돌을 이용하여 쌓으므로써 호우 등으로 무너짐을 줄일 수 있도록 하였으면 하고, 서식 동물에 적합한 초목을 식재하여 동물의 먹이사슬로 피를 연결하여 자연스럽게 Bridge화 하였으면 좋겠다.

그리고 당 현장은 예산부족 이유로 모니터링 시설을 설치 못하여 연구기관 등에서 모니터링을 하며 성과를 얻을 수 있었으므로 앞으로는 생태통로(Eco-Bridge) 설치 시 반드시 모니터링 장비를 의무화하여 단절된 도로 주변을 중심으로 생물 다양성의 변화가 어떻게 어느 정도 일어나는지를 주기적으로 모니터링하고 이를 통하여 생태통로의 효능성과 위치선정의 적합성 등을 조사·분석하여 개선방안 등을 찾았으면 한다.

V. 맺는 말

경기도가 오봉산에 생태통로(Eco-Bridge)를 처음 만들 때는 성공여부에 대하여 걱정과 두려움이 상당히 많았다.

지금에 와서는 나름대로 남이 해보지 않은 것을 처음으로 시도하여 이에 대한 지표를 만드는데 이바지 했는데 대하여 그 의의가 있었다고 할 수 있었다. 아무쪼록 우리 도가 본 사업을 처음 추진하면서 미흡하고 부족한 부분을 보완하고 개선해서 우리보다 더 훌륭한 생태통로가 만들어지기를 기원한다.

또한 생태통로(Eco-Bridge)를 처음 만들 때는 이에 따른 세부 유지관리계획을 수립하여 추진해야 했었는데, 관련법상 지방도는 도로관리청이 시장이기 때문에 어쩔 수 없이 의왕시에 떠 넘겨야 했던 당시의 여건이 본인으로서의 몫시 안타까운 현실이었다.

향후 이런 것을 만들 때는 정책결정 단계에서부터 유지관리계획을 수립하여 실시설계에 반영하여 철저한 유지관리가 이루어질 수 있도록 하였으면 한다.

그리고 근본적으로는 도로건설시 중요 산간능선을 가급적 절개방식이 아닌 터널방식으로 건설하고, 소형 포유류 및 양서·파충류의 이동을 위해 소형 관거(BOX)를 도로 밑에 설치하되, 이의 바닥 면은 콘크리트화 하기 보다는 자연지형 특성에 맞게 조성하였으면 하고, 굴곡이 심한 계곡에는 교량 등을 건설하여 그 밑으로 동물이 이

동할 수 있도록 함과 많이 훼손된 지역의 경우에는 원식생에 가까운 인공식생을 조성토록 설계에 반영하여 도로건설에 따른 환경파괴를 최소화하여 생물서식공간의 고립화 발생 및 단절을 줄여 환경친화적 공감대가 형성 되도록 도로를 건설하여야 하겠다. 