

분절된 서식처의 연결을 위한 생태이동통로에 관한 이론적 연구(I) *

- 유형구분 및 조성절차를 중심으로 -

김귀곤* · 최준영**

*서울대학교 조경학과 교수

** 서울대학교 대학원 협동과정 조경학전공 박사과정

A Theoretical Study on the Wildlife Passage for Connecting Fragmented Habitat(I) - In the Case of Wildlife Passage Types and Design Process

*Kim, Kwi-Gon · **Choi, Jun-Young

*Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University

**Ph D. Program in Landscape Architecture, Seoul National University

ABSTRACT

This study has been divided into two parts, (1) literature review and (2) a case study. Based on literature review and case studies found in Korea and abroad, this study aimed at classifying wildlife passages and establishing their development procedures in order to establish a theoretical ground for the development of wildlife passage as a way to link habitats that have been fragmented by the construction of roads and other developments.

The results of the literature review are as follows :

- 1) Impact of road construction on surrounding ecological environment is found in various aspects. Along with damage of habitats as direct impact, decrease of biodiversity and simplification of species due to limited breeding and movement are cited as possible indirect impact.
- 2) In order to lessen the impact generated from fragmented habitats, various types of wildlife passage are being developed in Europe and are showing

positive results.

- 3) In Korea, interests on animal passages have been rising recently. The Ministry of Environment and local authorities are establishing development plans for the passages. However, practical materials on the usefulness of adopted methods are not available.
- 4) In order to create an effective wildlife passage, decisions have to be made first on basic factors of planning and designing such as ecosystem rehabilitation methods and surveys on wildlife movement routes and habitat environment. Based on this, in a planning and designing stage, the location and type of a passage, size and measures to attract animals and prevent a collision need to be finalized. This should be followed by a series of process of maintenance, management and monitoring after the development.

Based on the results of a theoretical study to develop an wildlife passage, Part 2 of this study deals with the results of an experiment through a specific planning and design that includes a process of ecological surveys, site selection, type selection, ecosystem infrastructure, planting design and construction details on an actual study area and presents them as a model project.

I. 서론

가. 연구의 배경 및 목적

철도나 도로와 같은 교통시설에 의한 서식처의 분절화(fragmentation)는 우리나라와 같이 인구밀도가 높은 나라에 있어서 점차 심각한 문제로 등장하고 있다. 인구의 증가와 경제적 성장은 도시지역과 산업지역에 필요한 더욱 많은 공간을 요구하며 이에따라 얼마남지 않은 자연 지역 및 농업적 서식처를 고립화시키고 있다. 더욱이 최근들어 급속하게 보급된 자가용의 증가와 경제적 여유에 따른 레저인구의 증가는 도시와 인근지역에 대한 교통수요를 폭발적으로 증가시키고 있다. 이러한 수요는 마을과 지역을 연결하는 조밀화된 교통망을 형성하게 되며 이에 따라 더욱 많은 고립화가 발생하게 된다.¹⁾

외국의 경우에 있어서 최근 수년간 서식처 분절화에 의한 동물개체수의 감소는 많은 과학자와 생태학자들의 관심을 끌어들였다. 이러한 서식처 분절화의 영향을 완화시켜주기 위한 방법이 여러 수준에서 제안되어오고 있다.

국내의 경우 급속한 경제성장에 따른 개발은 산악지형으로 이루어진 국토의 곳곳에 서식처를 단절시키는 도로개설 및 도시의 건설 등이 이루어져왔으며 이에따라 직접적인 녹지와 산림의 훼손 이외에도 기존 야생동식물의 서식처의 질적 저하를 불러오게 되었다.²⁾

이러한 문제를 해결하기 위하여 최근들어 생태적 통로(Wildlife passage)에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 현상을 타개하기 위하여 환경부에서는 '그린네트워크화 계획'의 추진을 통한 생물서식공간의 단편화를 방지하기 위한 노력을 기울이고 있으며³⁾ 도로개설시 이

1) 구 서독의 경우 1km마다의 도로에 의한 서식처 고립의 정도가 평균 2.2km정도로 나타나고 있으며 여기에는 1.4km의 포장된 농로는 포함되고 있지 않다(Mader 1984).

2) 경기도 지역의 경우 단절지역수는 고속도로 48개소, 국도 111개소, 10km당 평균 단절지역수는 고속도로 2개소, 국도 0.9개소에 달하고 있다. (김귀곤1996)

동통로 개설을 의무화하고 있다.

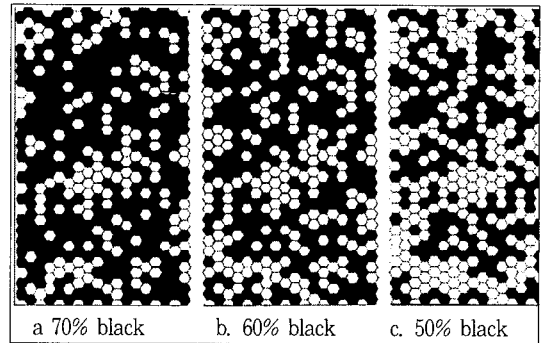
이러한 상황에 맞추어 에코브리지와 같은 구체적 시설의 도입계획 및 조성이 이루어지고 있으나 생물이동통로의 개념 및 유형 등에 대한 정확한 이해가 부족한 가운데 사업이 진행되고 있다고 판단됨에 따라 생물이동통로의 유형, 조성 기법에 대한 구체적인 연구를 수행하고자 한다.

나. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 생물이동통로 조성에 있어서 이론적 근거의 설정, 생물이동통로의 등장배경 및 유형구분, 조성절차 및 고려사항 등에 관한 연구를 수행하고자 하며 이를 위하여 관련 문헌 및 외국사례연구를 중심으로 진행하고자 하였다.

이와같은 연구결과를 필자들이 우리나라의 실제입지에 적용시켜 계획,설계를 수행한 사례 연구는 다음 논문을 통해서 발표하고자 한다.

단위의 고립과 장벽효과 등에 의한 이동경로의 차단에 따른 종의 이동의 제한을 연구하였으며 다음 <그림 1>은 잘 연결되어 있는 경관 단위가 점차적으로 고립되어가는 형태를 보여주고 있다.



<그림 1> 경관의 중립모형(Dawson 1994)

나. 교통과 야생동물과의 상충성

야생동물들은 도로에 접근하지 않는 경향이 강하나 개설된 도로가 원래의 이동경로를 횡단하고 있을 경우 원래의 이동경로에 대한 이동 습관에 따른 이동과 양서류의 경우 상대적으로 높은 지열로 봄철에 도로위에 올라와 밤을 보내 많은 희생을 당하기도 한다(심 1997).

교통시설과 야생동물간의 상충성은 직접적인 서식처의 훼손과 더불어 미기후의 변화도 일정부분 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다 도로에 의한 다양한 생태적 영향은 도로로부터의 거리에 의하여 결정되어지며 이들은 몇m에서 몇km까지 다양하게 나타난다 (Forman 1995).⁴⁾

Oxley(1974) 등은 4차선의 고속도로가 소형 포유류가 이동하는 것에 대한 효과적인 장벽으

II. 연구사

가. 서식처의 분절화와 야생동물 이동

서식처의 분절화는 기본적으로 경관생태학적 모델이 기반을 두고 있으며 Forman & Gordon(1981), Hanski & Gilpin(1991)을 비롯한 많은 연구자들이 잘 연결된 경관 모자이크의 요소들은 종들의 패취사이의 움직임에 있어서 휴식장소를 제공해 주며 회랑(corridor)은 서식처의 연결에 의하여 경관내부의 이동을 가능하게 한다는 등의 연구결과를 통하여 그 중요성을 지적하고 있다.

Daswon(1994), Mader(1990) 등은 경관

3) 환경부는 전국 [그린네트워크화] 구상의 목표로 ① '우리 동·식물'의 보호와 생물다양성 보전을 위한 야생생물의 서식지 단편화 방지 및 단편화·취약화된 서식지 복원, ② 자연과 생태계 보전이 우선적으로 고려되는 새로운 국토이용 및 토지이용질서의 구축과 낭비적 투자지출요소의 방지, ③자연성을 선호할 21세기의 국민요구에 부응할 친자연적 공간을 확보하고 생태적으로 바람직한 자연을 창조, ④ 신규 개발사업을 생태적으로 건전하게 유도하고 개발사업자, 기업 등이 스스로 자연과 생태계의 중요성을 깨달아 친환경적 사업을 추진, ⑤ 생태적으로 건전한 한반도 모습의 구상 등으로 설정하고 있다.

4) 일반적으로 도로주변부 폭30m에 이르는 지역의 미기후가 도로 등의 교통시설에 의하여 영향을 받는 것으로 알려지고 있다.

로 기능하는 것을 밝혔으며 무시류를 대상으로 한 Samway(1989)의 연구는 무척추동물 역시 확산능력이 많이 감소되었음을 밝혀내고 있다.

Mader(1984)는 도로의 장벽효과에 대하여 ① 도로의 가장자리는 미기후 조건의 단절 ② 소음, 배출가스, 먼지와 같은 도로교통에 따른 배출과 교란의 다양한 원인 존재 ③ 도로의 가장자리는 주기적으로 잘리워지고 화학적 물질의 도포에 따라 환경적으로 불안정한 공간 형성 ④ 도로 주변의 동·식물종들의 구성은 좀더 떨어진 지역에 비하여 많은 다른 양상 발생 ⑤ 도로교통의 영향에 따른 동물의 사망위험상존 등을 제시하고 있다⁵⁾.

다. 야생동물 이동통로의 등장배경 및 개념

생물이동통로(wildlife passage)는 도로개설 및 각종 인간행위에 의하여 단절된 서식처를 연결하는 특별한 형태이다. 최초의 생물통로의 조성은 개설된 도로가 동물들에게 영향을 준다는 것을 파악하게 된 후 설치되었으며 초기 단계에 있어서 해결책을 찾아낸 주체는 동물들의 이동 경로를 파악하고 있는 사냥꾼 등이었다.

야생동물의 이동을 위한 최초의 생태통로는 프랑스에서 시작되었다. 지하통로의 형태로 건립된 이러한 최초의 통로는 사냥의 대상이 되는 동물을 대상으로 건설되었다.⁶⁾ 초기단계에 건설된 대부분의 통로들은 대체로 규모가 작고 폭이 좁은 관계로 비효율적인 것으로 판단되었으며 실제 목표로 삼은 종이 이용하는 경우가

드문 것으로 밝혀졌다(Keller & Pfister 1995).

이러한 과정을 통하여 인공적인 생물이동통로가 서식처의 분절이라는 문제를 일정부분 해결할 수 있다는 것을 파악하게 되었으며 이후 다양한 형태의 생물이동통로가 고안, 적용되게 되었다.

이러한 개별적 종의 이동을 위한 생물이동통로의 조성은 유럽 전체적인 차원에서 서식처의 단절 및 이에 따른 종다양성의 감소추세를 방지하기 위하여 유럽차원의 생물네트워크를 구축하기 위하여 제안된 EEONET(The European Ecological Network)선언(Bennett, 1995)을 비롯하여 이를 구체화한 EU의 'Natura 2000', 독일의 '전유럽 보호지역 네트워크(pan-European network of protected areas)' 등에 의하여 뒷받침을 받게 되었다.(ECNC 1997)⁷⁾

생태통로의 개념은 여전히 새롭고 국가별로 일정한 차이를 보여주고 있으며 현재까지의 건설된 통로들은 비교적 소규모 형태를 나타내고 있다.

유럽의 경우 이러한 생태통로의 개념에 있어 일정부분 차이가 있으며 이는 전체경관의 연결 또는 생태적 기능의 연결이라는 의미부터 사냥 대상이 되는 동물의 통로 또는 식생에 의해 회복된 다리를 일컫는 등 그 범위가 매우 넓은 것으로 나타나고 있다.⁸⁾

라. 생태통로의 기능 및 역할

생태통로는 생태적 네트워크가 필수적으로 갖

5) 이밖에 집중적으로 관리되어지는 도로변 식생의 주기적 감소로서 이것은 동물의 은신처를 감소시키며 포식의 가능성을 증대시키게 된다.

6) 이러한 점은 "passage à gibier"라는 불어의 어원에 잘 나타나 있다.

7) 이러한 유럽전체 차원에서의 네트워크의 형성과 더불어 국가차원에서의 'Natural Framework'(리투아니아), 'National Ecological Network'(네덜란드), 'Interwoven Biotope System'(독일) 등의 계획이 수립되고 있으며 지역적 차원의 'Green Structure'(폴란드, 벨기에) 등 다양한 측면에서 생태적 네트워크의 형성계획이 수립되고 있다.

8) 네덜란드에서는 "cerviduct" 또는 "ecoduct"로 불리워지고 있으며 프랑스의 "passages à gibier"는 사냥의 대상이 되어지는 동물을 목표로 하고 있으며 독일의 "Landschaftsbrücken"은 전체경관의 연결이라는 의미를 내포하고 있다. 스위스의 "Oekobrücken"(ecological bridge)는 일반적인 생태적 기능을 포함하고 있으며 독일의 "Grünbrücken"(green bridge)는 단 순히 식생에 의하여 회복된 다리를 나타내고 있다. 이러한 언어학적인 측면에서의 고려는 통로의 역할에 있어 아직 명백한 정의가 내려지고 있지 않음을 나타내고 있다.

추고 있어야 하는 요소인 ① 주요 서식처 유형의 보전을 확보하기 위한 핵심지역(core area) ② 개별적 종의 핵심지역간 확산(dispersion) 및 이주(migration)를 위한 회랑(corridor) 또는 디딤돌(stepping stone) ③ 서식처의 적절한 다양성 제공과 최적크기로의 네트워크의 확산을 가능하게 하는 복원(restoration) 또는 자연개발지역(nature development area) ④ 오염 또는 배수 등 외부로부터의 잠재적 위협으로부터 네트워크를 보호하기 위한 완충지역 등과 밀접한 관련을 맺고 있다.

생태통로의 개념 및 기능에 대해서 여러 가지 의견이 제시되고 있으나 위의 4가지 요소와의 관계를 고려할 때

- 생태계의 비오토프 시스템에서의 요소로서 서식처의 연결
 - 이동경로의 보전
 - 서식지 범위의 보전
 - 충돌에 의한 위험성의 경감
 - 가장자리의 파괴된 서식처의 대체로서 새로운 서식처의 제공
- 으로 정의내릴 수 있다.

마. 야생동물 이동통로의 유형

서식처의 분절에 따른 야생동물의 이동을 돕기 위한 동물이동통로는 설치되는 지점의 특징 및 목표종의 특성 등을 고려하여 다양한 형태의 구조물들이 동물이 도로를 횡단하는 것을 돕기 위하여 설치되어오고 있다.

이러한 구조물들은 80년대말~90년대초에 걸쳐 설치되기 시작하였고 대부분 유럽지역에 위치하고 있는 것으로 나타났으며 북미지역에 있어서도 일부 설치되고 있는 것으로 알려지고 있다(Forman 1995).

네덜란드의 IENE(Infra Eco Network Europe)에서는 형태 및 기능에 따라 유형을 <표 1>과 같이 구분하고 있다.

Forman 등(1995)의 경우 (1)양서류 터널

<표 1> IENE의 동물이동통로 유형구분

대분류	중분류	소분류
완화 수단	동물이동통로	소형동물이동터널
		양서류 터널
		개방형 동물이동터널
		대형포유류 이동터널
		생태로
	기존 시설에 적용	소형 압거(culvert)
		대형 압거
		교량
		교통터널
		경유로(viaduct)
	신규 시설에 적용	생태적 압거
		기타방법들
	올타리	소형 야생동물 올타리
		대형 야생동물 올타리
		전기 올타리
복합 올타리		
유도수단	양서류를 위한 유도수단	
	그루터기 벽	
		환경친화적 제방
		침수회피용 동물출구

(amphibian tunnel) (2)압거(culvert) 및 생태관(ecopipe) (3)지하통로(underpass) (4)다리(overpass) (5)경관 커넥터(landscape connector)의 5가지로 크게 나누고 있다.

국내의 경우 환경부(1995)에서는 (1)완벽한 생태통로(네발 달린 육상동물 이동 가능) (2)징검다리식 생태통로(조류, 곤충 등 이동 가능)로 크게 구분짓고 있으나 구체적인 유형을 제시하고 있지는 못하고 있는 것으로 나타나고 있다.

국내외의 유형구분을 토대로 각종 사례를 종합하여 생물이동통로의 유형을 그 형태적 특성과 대상동물에 따라 재분류, 통합하여 4개의 유형으로 설정하였으며 사례 및 특징은 다음과 같다.

1. 생태교량(Ecoduct)

가) 개념 및 특징

야생동물의 이동을 위하여 도로상단부에 교량 및 박스를 설치하는 형식으로서 여러 가지 유형중 가장 적극적이며 대형 시설물이다⁹⁾.

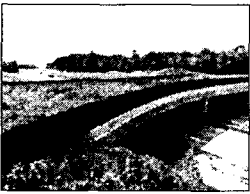

9) 국내에서 Ecobridge라는 명칭으로 주로 소개되어지고 있는 것이 이 유형에 해당한다고 볼 수 있다.

‘Ecoduct’라는 용어는 네덜란드에서 사용되어지는 개념으로서 가장 실험적이지만 근래 들어 일반대중의 지지를 토대로 중앙 및 지방 정부에 의해서 점차 설치되는 경우가 증가하고 있다.

나) 조성사례

생태교량의 경우 독일-스위스, 스위스-독일 국경 지역과 네덜란드 및 프랑스와 같은 유럽 지역을 중심으로 조성되어지고 있다.

〈사진 1〉 생태교량 조성 사례 및 특징

사 례	특 징
	- 목표종 : 야생동물 - 설치장소 : Boerskotten(네덜란드) - 설치년도 : 1995 - 구조적 특징 : 두께1m콘크리트상에 10cm두께의 양토도포(유기질 함량 18%이상), 방음 및 불빛제어를 위한 2m높이의 목재방음벽 설치
	- 목표종 : 야생동물 - 설치장소 : A50 Veluwe(네덜란드) - 설치년도 : 1993 - 특징 : 서식처의 분절화를 방지하기 위하여 조성되었으며 측면에 경사면을 조성, 도로상의 초지와 연결을 도모

형태에 있어서는 2중아치구조를 많이 사용하고 있으며 웨스트 웨베(Woeste Hoeve)와 보르스코텐(Boerskotten)에 위치한 것은 포물선형태를 띄고 있으며 테를렛(Terlet)의 것은 직선형의 형태를 띄고 있다(Friedman 1997).

북미의 경우 넓은 면적과 상대적으로 낮은 인구밀도 등으로 인하여 동물의 이동을 위한 별도의 시설의 설치 등에 대한 관심이 낮으며 이에 따라 ‘Ecoduct’의 경우에서도 북미지역에 있어서는 뉴저지주의 사례¹⁰⁾가 유일하지만 최근들어 생태교량에 대한 관심이 높아지면서

미국과 캐나다에서 생태교량이 계획되어지고 있다.¹¹⁾

다음 〈표 2〉는 유럽에 조성된 사례의 제원을 종합한 것이다. 스위스의 경우를 제외하고 살펴볼 때 비교적 초기에 조성된 프랑스의 경우가 가장 좁은 것으로 나타나고 있으며 네덜란드 및 독일의 경우 40~50m의 폭을 나타내고 있는 것으로 나타난다. 이렇게 조성된 에코브리지의 국가별 폭의 차이는 생물이동통로 시설에 대한 각국의 견해 및 의견이 상이함에 따라 발생하는 결과로 생각된다.

이러한 생태교량의 조성효과에 대한 검토는 대부분의 생태교량 조성이 근래에 이루어져 장기적 모니터링 결과는 부족하지만 현재까지 알려진 바로는 네덜란드의 A1도로 상에 설치된 지역에서 노루, 붉은 날다람쥐*Sciurus vulgaris* 및 산토끼*Lepus europaeus*등이 다수 이용하고 있는 것으로 나타났으며(Stegehuis 1995) 독일의 B31n 및 프랑스의 A36도로상에 설치된 사례에 있어서도 각종 곤충 및 거미류가 활발하게 이용하고 있는 것으로 나타나고 있다(Keller & Pfister 1995).

이밖에 네덜란드의 A50도로상에 조성된 Woeste Hoever 과 Terlet의 경우에도 붉은사슴, 멧돼지, 여우, 토끼*Oryctolagus cuniculus* 등이 초기에 이용하였으며 이후 오소리 등이 활발하게 이용하고 있는 것으로 밝혀지고 있다(Berris 1995).

2. 지하통로(Underpass)

지하통로는 도로의 하단부에 설치된 유형으로 교량형에 비하여 규모가 작으며 적은 비용으로 많은 장소에 설치가 가능한 장점으로 네덜란드, 이탈리아, 미국, 캐나다 등에서 조성되어오고 있다.

대형포유류를 위한 경우는 북미지역에서 많이 조성되었는데 남플로리다에 위치하고 있는

10) 뉴저지주 유니온카운티내 Watchung보전지역을 양분하는 6차선 78번 고속도로상에 설치된 2개의 31m폭을 가졌으며 흰꼬리사슴 및 기타 야생동물종이 이용

11) 미국 콜로라도주 에버그린 파크웨이의 고라니 이동을 위한 125m폭의 생태교량과 캐나다 알버트주 캐나다 횡단고속도로의 고라니와 회색곰을 위한 이중아치구조의 폭50m 생태교량이 계획중에 있음

<표 2> 유럽지역 생태교량 종합

국가	명칭	도로위치	폭(m)	비고
독일	Schwarzgraben	B31(Baden-Württemberg)	50	포장지방도와 공용
	Weierholz	B31(Baden-Württemberg)	80	보행로 없음
	Hirschweg	B31(Baden-Württemberg)	80	비포장 농로와 공용
	Nesselwagen	B31(Baden-Württemberg)	29	식생피복된 농로
	Negelhof	B31(Baden-Württemberg)	20	식생피복된 농로
	Hohereute	B33(Konstanz-Radolfzell)	35	
	Württembergle	B33(Konstanz-Radolfzell)	35	
프랑스	Oberderdingen	DB (Manheim-Stuttgart)	8	
	Hardt 1	A36 (Mulhouse)	8	
	Hardt 2	A36 (Mulhouse)	8	
	Hardt 3	A36 (Mulhouse)	12	
네덜란드	Hardt 4	A36 (Mulhouse)	8	
	Terlet	A50 (Arnhem-Apeldoorn)	50	
	Woeste Hoeve	A50 (Arnhem-Apeldoorn)	50	
	Roerdal	A2(Venlo-Maasbracht)		
이탈리아	Boerskotten	A1		목조방음벽, 상부피복
	Autostrade del Carso	Trieste	8	
스위스	Fuchswise	N7 (Frauenfeld-Kreuzlingen)	200	
	Aspiholz	N7 (Frauenfeld-Kreuzlingen)	200	



Alligator Alley를 따라 설치된 24개의 지하통로는 21~26m의 폭과 48.5m의 길이로 이루어져 있으며 이들은 기본적으로 Everglades로의 지하수의 흐름을 증대시키는 것이었으며 이와 더불어 플로리다 표범이 고속도로를 이동하도록 하는데 있으며 유사한 형태의 터널 중 하나는 중부 플로리다의 레이크 카운티의 46번 도로상에 흑곰의 이동을 위하여 설치되었다(Roof & Wooding 1996)¹²⁾.

알버트주의 Banff국립공원내의 캐나다 횡단 고속도로로부터 약 1km떨어진 지점에 있는 열개의 지하통로들에 대한 연구들이 이루어져왔다. 이것들은 4m의 높이와 4m~13m정도의 폭을 가지고 있으며 이들은 고라니, 회색곰, 늑대, 코요태, 쿠커, 시라스니, 큰빨양 등에 의하여 이용되고 있다(Lesson 1996).

이러한 대형포유류 이외에 오소리, 너구리 등

의 소형동물들을 위한 유형으로서 생태관(ecopipe)을 들 수 있으며 단순한 형태로서 도로개설 전

<사진 2> 지하통로-생태관 조성사례 및 특징

사 례	특 징
	<ul style="list-style-type: none"> - 목표종 : 소형 동물 - 설치장소 : Boerskotten의 A1 도로(네덜란드) - 설치년도 : 1994 - 구조적 특징 : 소형동물의 이동을 돕기위한 터널로서 원형의 형태로 펜스와 조합하여 설치되었음
	<ul style="list-style-type: none"> - 목표종 : 오소리 - 설치장소 : Nijmegen (네덜란드) - 설치년도 : 1994 - 구조적 특징 : 오소리를 위하여 조성되었으며 오소리의 크기를 고려하여 폭을 조절

12) 3곳의 고속도로상에서 모두 당초 목적이 달성되어졌으며 더욱이 살쥬이 *Lynx rufus*, 흰꼬리사슴, 악어, 미국너구리, 칠면조, 여우, 수달, 흑곰 등을 포함한 기타 여러 종들이 세곳의 고속도로상에 설치된 지하통로를 정기적으로 이용하여 건너 다니는 것이 확인되어졌다. 많은 종들이 75번 주간고속도로의 대규모 지하통로를 이용하여 건너다니왔다. 아르마딜로 *Dasypus novemcinctus*와 주머니쥐 *Didelphis virginiana*, 토끼와 땅거북 *Gopherus polyphemus*이 46번 도로상의 지하통로를 이용하고 있는 것으로 나타나고 있다(Evink 1996, Land 1996, Roof & Wooding 1996).

〈표 3〉 네덜란드에서의 시기별 오소리 이동통로 조성경향 변화

조성시기	조성위치	규격	특징	평가
1974	네덜란드 South Limburg의 A76	지름 80cm	- 도로건설 중 동시에 건설 - 처음에는 유도울타리 설치 없음 - 후에 높이 40cm정도의 파상형 울타리가 설치	- 울타리의 높이가 낮으며 파손우려가 높음 - 울타리 길이 30m로 오소리가 우회하여 이용을 낮음
1975 ~ 1979	네덜란드 Oss~Arnhem간 A50	높이 80cm 폭 120cm의 정방형	- 4개소가 동시에 건설 - 국립자연관리연구소 지원	- 오소리가 땅을 파고드는 것을 방지하는 울타리 설치 미흡
1980 ~ 1984	네덜란드 Dekenburg ~Heumen간 A73	4개소는 지름50cm 1개소는 지름30cm	- 5개소가 조성(4개소는 Rijkswaterstaat에 의하여, 1개소는 농업부, 자연관리어업청에 의하여 지원) - 강화아연합금의 점용접 방식의 울타리설치 - 울타리 하단부에 대하여 오소리가 땅을 파는 것을 방지하기 위하여 보강	- 설치되는 총개소수와 직경에 대하여 논의집중 - 울타리와 산울타리 결합형의 터널 기법으로 발전
1985 ~ 1989	네덜란드 전역	직경 40cm의 철제파이프	- 40개소 설치 - 울타리와 조합하여 사용 - 기존 도로(A27)에 설치	- 도로건설시 병행하여 건설하는 것과 비교할 때 예산이 과다하게 소요
1990 ~ 현재			- 도로건설에 있어서 오소리 이동통로 설치는 표준과정으로 정착 - 습한지역에 설치할 수 있는 완전방수형(건조형) 터널의 개발중	- 오소리 이동통로의 필요성에 대한 논의는 더 이상 없음 - 위치와 개소수 산정을 위한 과정에 대한 연구가 주를 이루고 있음 - 울타리의 설치/사용에 대해서는 논의 계속진행


후 모두 설치가 가능한 유형이다. 다음 〈사진 2〉는 이러한 생태관의 설치사례를 보여주고 있다.

오소리를 위한 통로의 경우 네덜란드의 A73 도로상에 설치후 5년여에 걸친 모니터링 결과 활발하게 이용되어지고 있는 것으로 나타나 그 효과가 입증되고 있다(Douwel 1995). 이밖에 Bekker & Coanters(1995), Huisman (1995) 등에 의해 오소리 이동통로의 효과가 있음을 밝혀냈다.

이러한 지하통로-생태관의 발달경과를 네덜란드 사례를 중심으로 정리해 보면 〈표 3〉과 같다.

이와 더불어 도로개설시 교차하는 소규모 하천에 설치하는 소규모 콘크리트관을 이용한 경우도 있다. 양측 입구부에 적절한 자연소재를 이용하여 이동을 위한 조건을 제공해 줌으로써

〈사진 3〉 생태적 관거의 조성사례 및 특징

사 례	특 징
	- 목표종 : 대형포유류 및 양서류 - 조성연도 : 1993 - 조성장소 : Sologne RW 7, (프랑스) - 특성 : 도로밀의 공간을 복합적으로 활용하여 물, 초지 등의 공간이 공존할 수 있도록 함

배수 및 이동통로의 유지라는 2가지 목표를 동시에 달성할 수 있으며 기존시설의 보완을 통하여 쉽게 설치되어질 수 있다.

이러한 관거의 경우 배수의 목적으로 조성된 후 야생동물이 이동하는 경우가 많지만 최근 들어서는 동물의 이동을 염두에 두고 계획, 조성되는 경우가 증가하고 있다.¹³⁾


13) 캘리포니아의 모하비 사막에 위치하고 있는 58번 고속도로를 따라 설치된 배수로는 0.9m부터 3.6m의 폭까지 다양하며 그 길이는 33m에서 66m에 이르고 있다. 이들은 사막거북이와 코요테, 북미서부산 산토끼 등에 의하여 이용되어지는 것으로 나타나고 있다.

3. 양서류 이동통로(amphibian tunnel)

양서류의 경우 도로개설에 따른 토사유출 등에 의하여 적절한 습도의 유지가 불가능하게 됨에 따라 서식처가 쉽게 훼손되어진다. 양서류는 먹이사슬에 있어서 저차소비자와 고차소비자를 연결하는 위치에 있으므로 지역의 생물상 보전에 중요한 위치를 점하고 있다고 볼 수 있다.

이러한 양서류를 위한 이동통로의 경우 도로개설에 따른 배수목적으로 설치된 구조를 이용하는 경우가 많으며 다음 <사진 4>는 이러한 예를 나타내고 있다.


<사진 4> 양서류 이동통로

사 례	특 징
	- 목표종 : 양서류 - 설치장소 : 독일 - 설치년도 : 1994 - 구조적 특징 : 양서류의 이동을 위하여 조성된 콘크리트 박스 형태로서 주변의 옹벽이 유도로의 역할을 수행

양서류 이동통로는 유럽지역과 더불어 미국에서도 메사츄세츠주 암허스트 헨리가에 설치된 폭25cm의 점박이 도롱뇽 *ambystoma maculatum*을 위한 통로와 텍사스주 사프트롭 카운티 21번 고속도로의 휴스턴 두꺼비 *Bufo houstinensis*를 위한 사례가 보고되고 있다.

이러한 직접적인 양서류의 이동을 위한 통로는 보다 효과적인 이용을 위해서는 유도를

<사진 5> 양서류 유도수단의 조성사례 및 특징

사 례	특 징
	- 목표종 : 양서류 - 설치년도 : 1988 - 설치장소 : Kuth-Wildestein (독일) - 특징 : 양서류의 보호와 이동경로를 유도하기 위하여 관거를 효과적으로 이용

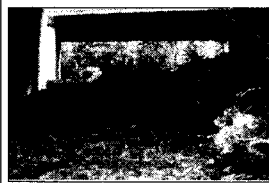

위한 보조시설이 필요하며 이러한 보조시설의 설치사례는 <사진 5>와 같다.

위의 사례는 이러한 고려를 바탕으로 설치된 유도수단의 유형을 나타내주고 있다. 폭은 좁으나 길이를 연장, 주변의 서식처와 연결하여 이동통로로서 기능을 발휘할 수 있도록 해 주고 있음을 알 수 있다.

4. 생태다리 및 그루터기벽

본 유형의 경우 대규모 시설이라기 보다는 기존의 시설에 소규모 시설의 부착 또는 보완적 성격이 강하다고 할 수 있으며 야생동물의 이동뿐만 아니라 곤충 및 소형포유류의 서식공간인 다공질 공간의 제공을 통한 동물의 서식환경제공이라는 차원에서의 접근이라 할 수 있다.

<사진 6> 생태다리 및 그루터기벽

사 례	특 징
	- 목표종 : 야생동물 - 설치년도 : 1995 - 설치장소 : A27 Hilversum (네덜란드) - 특징 : 교량하단부를 활용, 그루터기 등을 적치하여 곤충 및 소동물 서식처 제공
	- 목표종 : 야생동물 - 설치년도 : 1993 - 설치장소 : Overijsselse Vecht (네덜란드) - 특징 : 서식처의 분절을 방지하기 위하여 교각의 하단부에 동물이 이동할 수 있는 턱을 조성, 이동통로로 활용

이상의 4가지 유형별로 정리해 보면 다음 <표 4>와 같다.

<표 4>와 같이 생태이동통로는 그 특징과 목표종에 따라 유형이 구분되어지며 그에 따라 설치비용과 설치용이성이 다르게 나타난다. 각 유형은 나름대로의 장. 단점을 보유하고 있으므로 이를 면밀히 검토, 지역별 특성과 목표에 적합한 유형을 선정하며 필요할 경우 복합적

〈표 4〉 생태이동통로 유형별 특징

	목표종	설치비용	설치용이성
생태교량	대형포유류	많음	어려움
지하통로	포유류 및 양서류	유형에 따라 다양	약간 어려움
양서류이동통로	양서류	매우 적음	용이
생태다리 및 그루터기벽	소형포유류 및 곤충	적음	용이

방안의 도입 등도 검토할 수 있을 것이다.

바. 국내 조성사례

국내의 경우 야생동물 이동통로에 대한 관심이 90년대 중반이후 높아지게 되었으며 환경부를 중심으로 조성을 위한 시도가 이루어지고 있으며 현재까지 알려진 조성 및 계획이 수립된 사례지역은 다음 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 국내의 동물이동통로 조성현황

	위 치	형태	단계	조성주체
백두대간	시암재	교량	조성중	환경부
	진부령	교량	구상	
	미시령	교량	구상	
	한계령	교량	구상	
	구룡령	교량	구상	
	진고개	교량	구상	
	대관령	교량	구상	
경기도	전남밤머리재	교량	구상	경기도
	수원 칠보산	교량	구상	
	의왕 모락산	교량	구상	
	의왕 고고리	교량	설계중	
	수원 영통	터널	구상	
	의정부 낙양동	교량	구상	
잠사곤충연구소	교량	구상	잠사곤충연구소	
분당 불곡산	교량	기조성	한국토지공사	

〈표 5〉에서 알 수 있듯이 국내의 조성지역은 크게 백두대간을 비롯한 산림지역을 대상으로 한 지역과 도시 인근지역으로서 도로개설에 따라 단절된 지역으로 크게 구분될 수 있으며 그 형태에 있어서는 교량형식이 주를 이루고 있음을 알 수 있다. 이는 국내에 생물이동통로의 유형중 교량형식의 것이 대표적인 것으로

소개되었으며, 산림지역의 관통에 따른 서식처 훼손이 주를 이루고 있음에 따른 결과로 판단된다.

이러한 이동통로중 현재까지 조성된 지역은 분당 1곳에 머무르고 있으며 나머지 지역에 있어서도 2개소를 제외하고는 구상단계에 머무르고 있어 국내에 있어서는 아직까지 생물이동통로에 대한 관심에 비해 실제 조성사례는 매우 부족한 것으로 나타나고 있다. 특히 국내에서 야생동물 이동통로 조성후 모니터링을 통해 이용중에 대한 검증은 실시한 연구가 전무한 실정으로서 외국에서 제시되고 있는 여러 유형의 야생동물 이동통로의 유용성을 검증, 보완하기 위한 연구가 시급한 실정이다.

Ⅲ. 이론적 모형의 개발

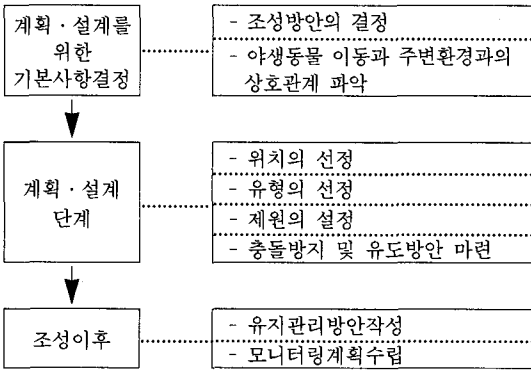
이상의 연구사 및 국내외 사례를 토대로 야생동물 이동통로의 조성절차를 정립하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

가. 조성절차의 설정

효과적인 동물이동통로의 설치를 위해서는 적절한 조성절차의 개발이 선행되어야 하며 이에 따른 계획, 설계 등이 연속적으로 수행되어야 할 것이다. 이러한 생물이동통로 조성절차는 표준적이며 공식화된 사례를 찾아보기 힘들며 일부 국가에서 최근들어 필요성을 인식하여 작성하기 시작하고 있다. 일본과 스웨덴에서 이러한 생물이동통로 조성 및 환경적 도로건설을 위한 절차들이 제시되고 있다. 스웨덴의 경우 경관생태학적 관점 및 전략계획수준에서의 절차 및 고려사항을 중시하며(Seiler 1995) 일본의 경우 구체적 시설의 설치시 고려사항을 강조하고 있다(日本道路公團, 1988).

이상적인 동물이동통로의 조성을 위해서는 동물의 이동경로 및 서식환경 등에 대한 완전한 파악과 더불어 도로개설 등에 따른 영향의 검토와 같은 사전조사단계가 선행되어야 하며

실제 조성단계에 있어서는 위치, 유형의 선정, 제원의 확정 및 충돌방지. 유도방안의 마련이 필요하며 조성이후의 유지, 관리 및 모니터링 방안에 이르는 일련의 과정을 수행해야 할 것이다. 이러한 사항을 기본으로 외국의 사례를 종합하여 개발한 동물이동통로 조성절차 이하는 다음 <그림 2>와 같이 나타내어질 수 있다.



<그림 2> 동물이동통로 조성절차

이러한 조성절차에 있어 간과하기 쉬운 단계로는 '계획, 설계를 위한 기본사항결정' 및 '조성이후'를 들 수 있다. 야생동물 이동과 주변환경과의 상호관계 파악의 경우 사업시행 이전에 장기간에 걸친 조사가 선행되어야 하나 실제 사업에 있어서는 이러한 단계를 생략하고 진행되는 경우가 많으며 이에 따라 이전의 상태를 파악하여 효과적인 연결 및 복원대책을 수립하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 또한 조성이후의 유지관리방안 및 모니터링계획의 경우에 있어서도 효과검증, 문제점 파악 및 보완에 필수적이나 생략되는 경우가 빈번하다.

각각의 단계별 고려사항은 다음과 같다.

나. 단계별 고려사항

1. 계획·설계를 위한 기본사항결정 단계

가) 조성방안의 결정

실제 에코브리지 조성에 앞서 고려해야 할 사항으로 대상지역의 현황을 정확히 파악할 필

요가 있다. 즉 도로 및 철도개설 등에 따른 대상지역의 환경변화의 폭을 감안하여 그에 따른 수행계획 및 계획안의 도출이 필요한 것이다.

동물이동통로의 조성은 1차적으로 훼손된 자연지역의 복원이라는 측면에서 바라볼 수 있으며 이를 다시 환경에 대한 영향의 측면에서 구분해 보면 그 정도에 따라서 (1) 이전상태 그대로 복원 (2) 원래 상태와 유사한 상태로 복원 (3) 새로운 조건을 형성하여 복원 등의 3단계로 구별하여 살펴볼 수 있다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면 다음 <표 6>과 같이 종합되어질 수 있다.

<표 6> 생태이동통로 조성계획 수립을 위한 판단기준

구분	판단 기준	추진 계획
이전상태 그대로 복원 (Original conditions)	-원래 상태의 훼손 경미 -이전상태의 자료 충실히 존재	-기존의 야생동물 이동경로를 그대로 복원
이전상태와 유사상태로 복원 (Similar conditions)	상당부분 훼손되었지만 이전상태 자료 등의 존재로 복원가능	-기존 야생동물 이동 경로와 최대한 유사 하도록 복원
새로운 조건을 형성복원 (Alternative conditions)	-높은강도의 개발로 원형을 발견하기가 거의 어려우며 이전 상황에 대한 자료 거의 없음	-공사후 형성된 조건에 적합한 이동경로를 새로이 선정, 이동통로 설치 -원래보다 더 많은 생물다양성의 증진 기회제공

나) 야생동물 이동과 주변환경간의 상호관계 파악

야생동물을 위한 생태통로의 조성에 있어 신설 도로로 인하여 받을 영향을 미리 예측·평가하는 과정이 정확히 이루어져야 하며 이러한 단계에 있어서 해당지역에 서식하는 야생동물의 종구성 및 분포, 계절적 변화, 산란장소, 서식처, 일상의 행동권, 식생, 주변 수환경 요인 등 전반적인 생태조사를 수행하여야 한다.

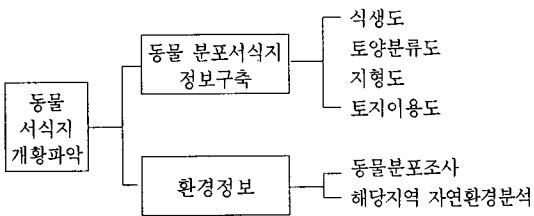
도로, 철도 등의 개설이전에 주변생물상에 대한 충실한 생물상 조사를 통하여 생물종, 서

식공간의 위치와 이동경로 등을 파악하여 이러한 공간을 우회하여 도로가 개설되도록 하는 것이 바람직할 것이다.

도로개설에 대한 영향을 평가하기 위해서는 경관단위(landscape scale)에서 판단되어야 하며 이러한 경관생태적 영향을 고려하기 위한 방법론이 필요하게 되었으며 이는 다음과 같이 3가지로 제시되어질 수 있다.

- 어떻게 도로망이 경관속에서 자연과정과 동적변화과정에 영향을 주는지에 대한 이해
- 영향의 예측과 평가를 위한 방법론
- 자연에 대한 영향의 보호, 완화, 대체의 측정을 위한 방법론

계획단계에 있어서 조사는 건강한 산림과 자연성이 높은 환경, 식생이 다양한 지역의 훼손 금지, 평지와 능선부 그리고 산기슭과 연결되는 동물이동 통로의 유지, 하천, 호수, 습지의 수환경 등의 종합적인 환경을 우선적으로 고려하여 이루어져야 하며 이는 다음<그림 3>과 같이 도식화되어질 수 있다.



<그림 3> 동물서식지 개황파악 절차(日本道路公園 1988)

2. 계획·설계과정에서의 고려사항

가) 위치의 선정

야생동물이동통로의 설치에 있어 가장 핵심이 되는 요소가 위치의 선정이라 할 수 있을 것이다.

위치 선정시 우선적으로 고려해야 할 사항으로 ‘일반 야생동물을 위한 범용성 있는 이동통로인가?’ 또는 ‘특정한 종을 위주로 한 이동통로인가?’를 우선적으로 결정해야 할 것이다. 특정한 종을 위주로 한 경우에 있어서는 그러

한 종이 대상지역내에 있어서 핵심종(key stone species) 또는 희귀종으로서 가치가 있는지를 사전에 판단할 수 있어야 할 것이다.

보편적으로 받아들여지던 통로의 위치는 서식처 사이를 연결하는 최단거리라는 것이었으나 최근 들어 서식지 사이의 최단 거리가 최적 이동로라는 견해가 비판을 받으면서 시뮬레이션을 통해 통로의 위치를 정하고자 하는 시도가 이루어지기도 하고 있다(Gustafson 1996). 이러한 방법 이외에 아르고스 등의 인공위성을 이용한 이동패턴 조사, 도로에 남겨진 사체의 빈도조사, 지형도로부터 단절된 서식지를 찾는 방법 등이 있을 수 있다.

보다 정확한 경로를 설정하기 위해서는 소생물권의 지역특성에 따른 분류, 연결통로간의 기회요소나 제약요소의 유무에 따른 이동통로 등급조정, 이동통로간 종의 풍부도에 따른 등급기준설정, 표고나 경사 등의 지형적인 조건 배려 등을 고려하는 것이 필요하다.

효과적인 동물이동통로의 위치선정을 위한 평가항목은 다음 <표 7>과 같이 물리적 요소, 생물적 요소 등을 위주로 고려되는 것이 바람직할 것이며 이와 더불어 실제 시공과정에 있어서의 조성 편의성, 소요비용, 조성후 유지관

<표 7> 동물이동통로 조성을 위한 지역별 평가항목

평가기준		위치	
		후보지역 A	후보지역 B
물리적 요소	표 고		
	경 사		
	지 형		
	지 질		
	토 양		
생물적 요소	소 음		
	식 생		
	동 물 상		
	이동경로		
	서식처와의 거리		
공사의 편의성			
소요비용			
유지관리의 용이성			
홍보 및 교육효과			
총 합			

리의 편의성 등을 종합적으로 평가하여 위치를 선정하여야 한다.

나) 유형의 선정

위치선정후 가능한 대안을 비교하여 실제 적용가능한 유형을 선정하여야 한다. 이 과정에 있어서 한가지 유형의 적용을 최종적으로 선정하는 방안과 더불어 여러 가지 방안의 복합적 도입을 검토, 상호보완을 통한 이동통로의 효율성을 제고할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

다) 제원의 확정

일반적으로 야생동물통로의 경우 그 폭이 넓을수록 유리한 것으로 알려지고 있으나 실제 대상지역의 지형적 조건 및 경제적 비용 등의 여러 제약조건에 의하여 제한되어진다. 이러한 경우 주어진 조건에 있어서 최적화된 통로의 폭을 설정할 필요가 있는데 최대한 많은 동물종의 이동을 지원하는 방안과 특정종을 대상으로 이동을 지원하는 방안을 선택하여 고려하여야 한다.

라) 충돌방지 및 유도

신설도로에서 동물이 이동하다 차량에 충돌하는 원인은 ① 번식기에 산란장소와 먹이 섭취장소로 이동 ② 일정기간 성장후 분산 ③ 번식기에 짝을 찾기 위하여 이동 ④ 동물 특유의 본능 ⑤ 충돌사체를 먹기위한 접근 등과 같은 다섯가지로 파악할 수 있다.



이러한 측면에서 볼 때 생태통로에 의하여 보호받을 수 있는 종은 다음과 같은 종류이다.

- 차량과의 충돌로 높은 사망률을 보이는 종
- 강한 이동행태를 보이는 종
- 개체수준 또는 군집수준에 있어서 넓은 공간을 필요로 하는 종
- 도로등에 의하여 확산이 제약을 받는 종

이러한 충돌을 방지하며 동물을 설치된 동물 이동통로로 유도하기 위해서는 울타리의 효과적인 배치가 필요하다. 일반적으로 울타리는 동물의 이동을 제한하여 서식처를 분절화시키며 불안정하게 만드는 요인으로 지목되고 있지만 생태통로와 조합하여 사용할 경우 도로횡단을 억제하여 충돌을 방지하며 설치된 이동통로로 유도하여 효율성 제고 등 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.¹⁴⁾

이러한 울타리는 대형 포유류를 위해 이용되지만 소형포유류와 양서류에게 있어 가장 바람직한 효과를 기대할 수 있다.

<사진 7> 울타리의 조성사례 및 특징

사 례	특 징
	- 목표종 : 소형 포유류 - 설치장소 : Woestehoeve, (네덜란드) - 설치년도 : - 구조적 특징 : 소형포유류를 위한 일반통행로와 펜스의 병행설치
	- 목표종 : 양서류 - 설치장소 : Oldenzaal의 A1 도로인근(네덜란드) - 설치년도 : 1994 - 구조적 특징 : 양서류를 위한 것으로 하단부 촘촘한 펜스를 설치, 통로와 조합형

직접적인 충돌의 방지 이외에도 동물에게 영향을 미치는 불빛 또는 소음 등의 예방도 실제 생태통로 또는 에코브리지 조성시 고려해야 할 사항이다. 이러한 목적들을 위하여 표지판, 방음벽, 거울 등과 같은 다양한 수단을 고려하여야 한다.

3. 조성이후의 유지관리시 고려사항

이상의 조성이전, 조성과정에서의 고려사항과 더불어 조성이후의 관리단계의 대책을 고려해야 할 것이다. 신설도로 건설 후 도로를 관

14) 울타리의 적절한 설치기준으로 네덜란드의 경우 붉은사슴의 경우 높이 2m, 수사슴은 1.6m, 멧돼지는 1.2m, 작은 포유류는 1m, 양서류의 경우는 0.5m정도를 제시하고 있다(Friedman 1997).

리하고 또한 동물의 충돌을 억제하기 위하여는

- (1) 충돌기록을 종류별, 월별, 시간대별, 충돌장소 등을 상세히 기록하는 기록관리체계 수립
- (2) 연속적인 충돌을 막기 위한 사체수거 시스템의 도입 등이 필요하다.

이상의 기록을 토대로 조성된 이동통로의 문제점을 파악하여 개선 혹은 추가설치 등을 통하여 문제점을 계속적으로 보완해 나가야 할 것이다.

보다 정확한 효과분석을 위하여 이동통로를 통한 야생동물의 이동을 확인할 수 있는 모니터링시설의 설치가 필요하며 포획-방사의 방법을 사용하여 이동여부를 확인하는 등의 활동이 병행되어야 한다.

또한 보다 적극적으로 생태통로 상단, 내부 그리고 인근에 생태통로 이용동물을 위하여 들썰기와 덩불조성 등과 같은 소규모 서식처를 조성, 관리해 주는 방안도 고려해볼 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 연구는 이론적 연구(1부)와 사례연구(2부)로 나뉘어 진행된 연구중 이론적 연구에 해당하는 부분으로서 분절된 서식처를 연결하기 위한 동물이동통로의 조성을 위한 이론적 배경 및 개념의 규명, 동물이동통로 유형의 구분 및 효과적 조성절차의 수립 등에 관한 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같이 요약되어질 수 있다.

- ① 도로개설에 따른 주변 생태환경에 대한 영향은 매우 다양한 측면에 걸쳐 나타나고 있으며 서식처의 직접적인 훼손과 더불어 발생하는 각종 간접적인 영향에 의한 종다양성의 감소, 번식 및 이동의 제한 등에 의한 종의 단순화가 우려되고 있음
- ② 서식처의 분절화에 의한 영향을 저감시키

기 위하여 네덜란드, 독일 등의 유럽지역을 중심으로 다양한 형태의 동물이동통로의 설치가 이루어지고 있으며 그 효과에 대해서도 긍정적인 것으로 나타나고 있음

- ③ 국내의 경우 이러한 동물이동통로에 대한 관심이 최근 들어 증대되고 있으며 환경부 및 지방자치단체를 중심으로 조성계획이 수립되고 있으나 조성절차 및 조성방안 등에 대한 구체적 검토가 부족함
- ④ 효과적인 동물이동통로의 조성을 위해서는 조성방안의 결정, 동물의 이동경로 및 서식환경 파악과 더불어 도로개설 등에 따른 영향의 검토와 같은 사전조사단계가 선행되어야 하며 실제 조성단계에 있어서는 위치, 유형의 선정, 제원의 확정 및 충돌방지, 유도방안의 마련이 필요하며 조성이후의 유지, 관리 및 모니터링 방안에 이르는 일련의 과정을 따라야 함

이상의 효과적인 동물이동통로를 조성하기 위한이론적 연구의 수행결과(제1부)는 본 연구의 후속연구(제2부)인 실제 사례지역(위치 : 경기도 고색-의왕간 도로 조성지역, 시행처 : 경기도 도로과)을 대상으로 한 생태환경조사 및 위치의 선정, 유형의 결정, 생태기반시설 및 식재설계, 시공상세설계 등을 수행한 구체적인 계획·설계 등을 통하여 실험되고 하나의 선도적인 사업으로 제시하고자 한다.

인용문헌

김귀곤 (1996), 에코브리지 조성방안에 관한 연구, 경기도 행정쇄신위원회, p. 13
 심재한, 정규희(1997), 생물다양성 보존을 위한 강원도 계방산 지역 양서·파충류의 종다양성 및 군집분석에 관한 연구, 환경생태학회지 11(1), p. 95
 환경부(1995), "전국 「그린네트워크」화 구상 - 사람과 생물이 어우러지는 자연만들기, p. 79
 日本道路公園, (사)道路綠化保全協會(1988), 高速道路と野生動物, pp. 19-56
 Bekker, Conters(1995), The continuing story of badgers and their tunnels, Proceedings of the

- international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21
September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, pp 344-451
- Bennett(1995), Habitat fragmentation : The European dimension, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21
September 1995, Maastricht and The Hague, the Netherlands, pp 63-67
- Berris, L. (1995), The importance of the ecoduct at Terlet for migrating mammals, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, p419
- Dawson(1994), Are habitat corridors conduits for animals and plants in a fragmented landscape?, English Nature Research Report, p.18.
- Douwel(1995), Provision for badgers realised in the Huenen/A73-area, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, pp 404-408
- ECNC(1997), <http://www.ecnc.nl/doc/ecnc/sitemap.html>
- Evink(1996), Florida Department of Transportation initiatives related to wildlife mortality Florida DOT Report FL-ER-58-96, pp.177-190
- Forman, R.T.T, Friedman, D.S et al(1995), Ecological effects of roads : Towards three summary indices and an overview for North America, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, pp 47-49
- Forman, T.T.T & Gordon, M. (1981), Patches and structural components for landscape ecology, Environmental Management 8, pp.495-510
- Friedman, D.S(1997), 'Walking in the wild side', Landscape Architecture, Sep. 1997. pp.51-57
- Gustafson, E.J., R.H. Gardner(1996), 'The Effect of Landscape Heterogeneity on the Probability of Patch Colonization', Ecology, 77(1), pp. 94~107
- Hanski, I. & Gilpin, M. (1991), Metapopulation dynamics : brief history and conceptual domain, Biological Journal of the Linnean Society, 42, pp. 3-16
- Harris(1989), Edge effect and the conservation of biotic diversity, Ecology of greenways, p.47
- Harris, L.D.(1984), 'The fragmented forest', University of Chicago Press, Chicago
- Huisman(1995), The mobile workshops : Introduction and overview, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, p 377
- IENE(1997), <http://www.minvenw.nl/projects/iene>
- Keller V., Pfister H.P. (1995), Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, pp 70-75
- Lesson (1996), Highway conflicts and resolution in Banff National Park, Alberta, Florida DOT Report FL-ER-58-96, pp.91-96
- Mader, H.J. (1984), Animal Habitat isolation by roads and agricultural fields, Biological Conservation 29, pp.81-96
- Mader, H.J., Schell, C & Kornacker, P(1990). Linear barriers to arthropod movements in the landscape. Biological Conservation 54, pp 209-222
- Noss, R.F(1987), 'Corridors in real landscape : A reply to simberloff and cox', Conservation Biology, Vol 2, p.159
- Oxley, D.J., Fenton, M.B & Carmody, G.R(1974) The effects of roads on populations of small mammals, Journal of Applied Ecology, 11, pp51.-59
- Roof & Wooding(1996), Evaluation of the S.R 46 wildlife crossing in Lake Country, Florida DOT Report FL-ER-58-96, pp. 387-395
- Samways, M.J(1989), Insect conservation and landscape ecology : a case-history of Bush Crickets in Southern
- France, Environmental Conservation 16, pp.217-226
- Seiler, Eriksson(1995), New approach for ecological consideration in Swedish road planning, proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, pp.253-264
- Spellerberg, I.F and Gaywood M.J(1993), Linear features : linear habitats & wildlife corridors.
- Stegehuis(1995), The Mobile workshop : introduction and overview, Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, p390
- Tassone(1981), Utility of hardwood leave strips for breed birds in Virginia's Central Piedment, Ecology of greenways, p.46
- Turchin, P.(1996), 'Fractal analysis of animal movement : A critique', Ecology, 77(7), p.2086.