

## 고속도로 생태통로 위치 선정 방법에 관한 연구

- 경부 고속도로 양재-판교 구간을 중심으로 -

신수안<sup>1)</sup> · 안동만<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 환경대학원 협동과정 조경학 박사수료 · <sup>2)</sup> 서울대학교 조경학 교수

## Approach to the Location of Wildlife Corridors on Highways

- Between Yang-jae and Pan-gyo ICs of Seoul-Busan Highway, Korea -

Shin Su An<sup>1)</sup> and Ahn Tong Mahn<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, Ph. D. Candidate, Seoul National University, Korea,

<sup>2)</sup> Prof. of Landscape Architecture, Seoul National University, Korea.

### ABSTRACT

Ecosystem fragmentation by human intervention breaks down the biosphere habitat. Wildlife corridors connect biosphere habitats to maintain ecosystem continuity and provide animals with connecting routes. In Korea, there are 17 existing wildlife corridors on highways (as of December, 2006. Korea Freeway Corporation). There are 24 highway routes, 2,923km of highway(as of December, 2004. Korea Freeway Corporation). However, wildlife corridors are not enough and roadkill increases every year, so we need to construct additional wildlife corridors on highways.

This study proposes a new approach to the location of wildlife corridors on highways, using a comprehensive analysis method for main location elements, and applies it to a study area.

First, it examines traditional approaches to location of wildlife corridors through literature review and field study to analyze the present conditions of existing wildlife corridors.

Then, it develops a comprehensive analysis method for the location of wildlife corridors.

① Field investigation : investigate planting, water bodies and so on.

② Roadkill analysis : roadkill counts, locations, time, and so on.

---

Corresponding author : Shin Su An, College of Agriculture and Life Sciences 200dong 9214, Seoul National University  
San 56-1 Sillimdong Kwanakgu, Seoul 151-742, Korea,  
Tel : +82-880-4884, E-mail : suani1@hanmail.net

Received : 17 January, 2008. Accepted : 10 April, 2008.

③ Monitoring : animal traces were surveyed and sensor cameras were installed to determine target species.

④ Simulation for animal movement : most probable wildlife dispersal was simulated by a computer software.

⑤ A new comprehensive approach overlays all analysis on a map and determines the location of proposed new wildlife corridors.

In conclusion, it proposes an over-bridge type wildlife corridor in *Dalnaenae* Hill (413-414km from *Busan*) and an underpass type near the entrance to *Gwanhyun* temple way (415-416km from *Busan*). This new approach based on roadkill data, computer simulation of wildlife dispersal, monitoring of animals, and site analysis, may contribute to better location of wildlife corridors on highways.

Key Words : *Wildlife corridor, Roadkills, Simulation, Monitoring, Synthetic analysis method.*

## I. 서 론

고속도로 등 인간의 자연 간섭에 의해 발생되는 생태계 파편화는 생물의 이동을 방해하여 다양한 유전자가 섞이는 것을 막아 생물다양성의 감소를 일으키고, 생물 서식지를 파괴·교란시킨다.<sup>1)</sup> 생태통로는 파편화된 생물 서식처를 연결하여 생물의 이동을 도와 다양성 유지에 기여하고 있다. 이러한 생태통로의 기능을 활성화시키기 위해서는 규모와 위치 선정이 중요한 요소로 작용한다.<sup>2)</sup>

우리나라 고속도로 24개 노선 2,923km(2004년 12월말 현재)구간에 현존하는 생태통로는 17개 (2006년 12월 현재, 한국도로공사자료)로써 국도 141개소(2006년 12월 현재, 건교부 자료), 지방도 94개소(2006년 12월 현재, 지자체)에 비하여 그 수가 부족하다 할 수 있다.

부족한 생태통로의 설치로 매년 야생동물의 교통사고사는 증가하는 추세를 나타내고 있다. 야생동물 교통 사고사를 예방하기 위해서는 생태통로의 추가 건설이 필요하다.

생태통로의 위치 선정은 생태계의 연결성이 있어서 큰 비중을 차지한다. 현존하는 생태통로의 위치 선정은 ‘과거의 동물이 다니는 길’을 중심으로 세워졌으며 이에 대한 뚜렷한 과학적 근거를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

또한 현 생태통로 위치선정의 문제점이 부각되고 있어 생태통로 위치 선정기법에 대한 재검토가 필요하다.

## II. 연구사

김기대(1998)는 환경영향평가서에 나타난 생태계 파편화 현황과 생태통로 조성 실태에 대해 분석하였다. 환경부(2001)에서는 생태통로의 국내·외 설치 사례를 제시하였고, 설치방법에 있어서도 동물 크기별 분류, 주변 자연 식생별 분류 및 각종 보완시설에 대하여 설명하였다.

건설교통부(2002)에서는 백두대간의 단절지를 대상으로 생태통로 설치 가능 지점 생태 조사를 실시, 생태통로 규격 및 형식기준을 모색하였다. 경상남도(2000)는 경상남도의 6개 고속도로, 국도 22개 노선, 지방도로 48개 노선을 대상으로 자연환경, 야생동물, 산림형태, 산림생태, 훼손지 생태복원, 환경 보호 분야를 조사하여 생태통로 조성계획을 연구하였다.

1) Ministry of Transport, Public Works and Water management(2000), *Road and Hydraulic Engineering Division*, Netherlands. Habitat Fragmentation, 21.

2) Harris(1991).

표 1. 기존 생태통로 관련 문헌 상 위치선정 기법(종합 정리).

고려항목	건설교통부 서울지방 국토 관리청 2002 (신설도로설치)	환경부 2002 (신설도로설치)	건설교통부 2002 (기존도로설치)	경상남도 2000 (기존도로설치)	환경부 2003 (기존도로설치)
지형(서식지 단절)				✓	
식생분포(수문 포함)	✓	✓	✓		✓
동물상 중요도 산정	✓		✓		✓
야생동물분포(흔적조사)		✓		✓	✓
지형 · 토목공학적 고려			✓		✓
동물 특성		✓		✓	

\*건설 교통부(2002), 생태이동통로 설치를 위한 생태조사 연구 : 184-198, 환경부(2003) 야생동물 이동통로 설치 및 효율적 관리 방안에 관한 연구 : 21-28.

- 식생조사 : 도로 양편 식생의 유사도, 지형요소 다양성, 수계환경 존재 유무, 종 풍부도, 자연도, 사면 경사, 사면 상 위치, 식생의 구조적 다양성, 훠손정도(변화된 공간의 넓이), 주변지역의 토지이용유형 종류.
- 지형 토목공학적 고려 : 도로의 평면선형 굴곡 여부, 도로의 종단구배에 따른 소음 정도, 성질토에 따른 경제성 정도, 공사 중 환경훼손 최소화 정도, 유지관리의 용이성 정도, 공사 중 가도 설치가능 여부, 토질 상태에 따른 구조물의 안정성, 주변 토질에 따른 경제성 정도, 지형조건에 적합한 생태통로 설치기능 여부, 구조물 설치 후 주변 환경 친화적 정도.
- 각 동물상의 중요도 산정 : 포유류, 조류, 양서 과충류, 곤충, 식생.
- \*경상남도(2000),에코브릿지 조성 계획 : 19-21, 106-112.
- 서식지 단편화 실태 : 서식지 단편 유형 및 현황.
- 야생동물 조사 : 동물 분포 및 특성 조사, 도로횡단에 의한 동물의 피해 상황 조사.
- 산림생태.

안동만(2004)의 지속가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법의 개발 연구에서는 토지 피복 분류를 중심으로 목표종의 이동시뮬레이션을 개발을 통해 생태통로 위치를 선정하는 기법을 본 논문에 위치선정 방법 중 한 가지 방안으로 사용하여 연구를 시행하였다.

표 1은 국내 생태통로 위치 선정에 관한 선행 연구를 재정리 한 것이다.

야생동물 사고사를 줄이기 위해서 생태통로 위치선정은 종합적이고 과학적인 분석이 필요하다.

해외 생태통로 중 Yellowstone National Park의 생태통로 위치선정<sup>3)</sup>에 있어 야생동물 사고사

와 센서 카메라를 이용한 모니터링, 목표종의 이동 시뮬레이션 등을 통한 과학적인 종합 분석이 연구된 사례가 있다.

### III. 연구범위 및 방법

#### 1. 연구 범위

본 연구에서는 문헌 고찰을 통해 생태통로 위치 선정의 분석 방법을 종합적으로 알아보았고 이를 중심으로 생태통로 위치 선정 방법을 분석 하여 사례 연구 대상지 내 생태통로 위치 선정 방법을 모색하였다. 사례 연구 대상지의 고속도로 상 야생동물 사고 빈도 및 위치, 사고사 동물 등, 사고 현황을 조사, 분석하였으며 이동시뮬레이션<sup>4)</sup>과 모니터링<sup>5)</sup>을 통해 거시적인 동물의 이

3) Caraghead(2001), Bozeman Pass Wildlife Linkage and Highway Safety Study, *International Conference on Ecology and Transportation*.

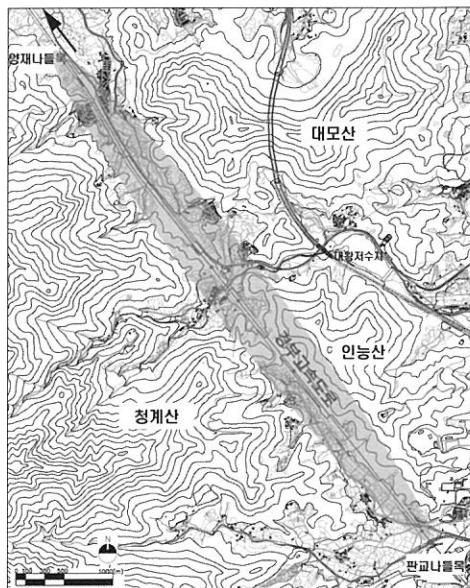


그림 1. 사례 연구 대상지 위치.

동을 조사하고 위의 자료를 토대로 종합적 분석을 통하여 생태통로 설치 위치를 제안한다.

생태통로 위치선정 방법을 실제로 적용해 보는 사례 연구 대상지의 공간적 범위는 서울시를 중심으로 경부고속도로 상 가장 야생동물 사고사의 빈도가 높은 지역으로 양재와 판교 나들목 사이 청계산과 대모산, 인능산으로 둘러싸인 부산 기점 411.5km에서 417km 구간이다.<sup>6)</sup>

## 2. 연구방법

사례 연구 대상지를 중심으로 생태통로 위치 선정 방법을 생태통로 입지 선정 방법에 관한 이

- 4) 김명수(2002) 대도시 녹지 연결성과 생물 이동성 평가기법 개발 : 경관생태학적 접근, 서울대학교 박사 학위 논문에서 개발된 이동시뮬레이션을 본 연구에 적용.
- 5) 안동만(2004) 지속가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법의 개발의 프로젝트의 과정에서 필자가 참여한 모니터링 일부를 도입.
- 6) 이하 본 연구에서 사례대상지라 함은 경부고속도로 양재와 판교 나들목 사이로 청계산과 대모산, 인능산으로 둘러싸인 부산기점 411.5km에서 417km 구간을 일컫는다.

동시뮬레이션과 목표종의 특징, 사례 연구 대상지의 자연환경을 문헌 조사하였으며 사례 연구 대상지 구간의 야생동물 사고사 자료 수집을 위해 현장조사 및 한국도로 공사를 방문하여 최근 5년간(1998-2002년)의 야생동물 사고사 자료를 입수하였다. 또한 사례 연구 대상지에서 야생동물 사고사 빈도가 높은 지역을 중심으로 목표종의 생존 여부를 알기 위한 모니터링을 실시(2003년 6월~8월)하였으며 이동시뮬레이션을 통한 야생동물의 이동 가능성을 분석하였다.

## IV. 결과 및 고찰

본 사례 연구 대상지는 중부권(서울, 경기)에서 야생동물 사고사 빈도가 가장 높은 지역(한국 도로 공사 수원지사 관리지역)인 경부고속도로 양재-판교 나들목 사이 구간으로 서울과 경기도의 경계부분으로 야생동물 사고사가 빈번히 발생하는 지역이다.

청계산, 인능산, 대모산이 위치한 지역으로 경부고속도로(8차선 약 40m)가 가로지르고 있다. 도로주변으로 대부분 밭과 논이 인접하고 있으며, 고속도로로 인해 청계산, 인능산, 대모산의 서식처 파편화가 많이 진행된 상태라 할 수 있다.

### 1. Roadkill 조사

본 연구에서는, 한국 도로공사에서 집계한 고속도로 상 야생동물 사체 수거 자료를 기초로, 자세한 사항은 98년~2002년까지의 고속도로 순찰 일지 기록에서 얻어진 야생동물 사고의 실태를 정리하였다.

98년부터 2002년 5월까지 집계한 각 권역별 고속도로 상의 교통사고에 의해 수거된 야생동물 사체 수는 매년 증가 해왔다.

고속도로에서 사고사 한 야생동물은 너구리, 고라니, 족제비, 오소리 순으로 나타났다. 따라서, 이들 동물을 목표종으로 하는 생태통로의 조성이 필요하다고 할 수 있다.

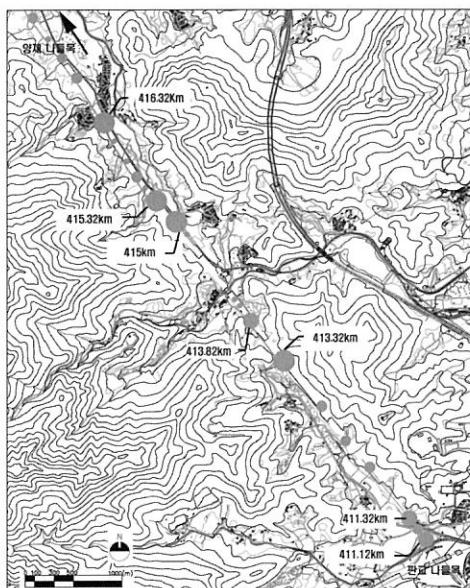


그림 2. 연구대상지 내 야생동물사고사 빈번지역.

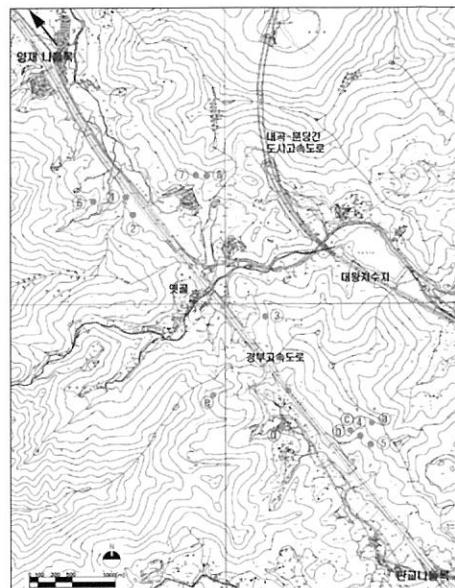


그림 3. 사례 연구 대상지 내 모니터링 및 흔적 조사 장소.

주) ①~⑧ : 모니터링 카메라 설치 장소

ⓐ~ⓔ : 동물 흔적 발견 장소(2) 모니터 장비 설치  
와 흔적 조사

## 2. 주변 서식동물 조사

사례 연구 대상지에 서식 및 이동하는 야생동물 종들을 조사하기 위해 2003년 6월 10일부터 8월 18일까지 두 달 동안 야생동물 사고사가 높은 지역과, 고속도로 주변의 이동 가능성이 높은 지역, 산림이 우거진 지역을 중심으로 무인 센서 카메라를 설치, 1-2주간의 간격으로 모니터링을 하였다.

다음 그림 3은 사례 연구 대상지내 총 8곳의 모니터링 카메라 설치 지역을 나타낸 것이다.

모니터링 결과 카메라에 포착된 야생동물은 포유류가 다수를 차지했으며 목표종 선정 시 문헌상의 오소리, 족제비, 너구리, 청설모, 고슴도치가 조사되었으며 그 외에도 조류로는 까치, 꿩 등이 발견 되었다. 또한 문헌상에는 나오지 않았던 고라니가 발견되어 사례 연구 대상지에 고라니가 서식하는 것을 알 수 있었다.

표 2에서는 그림 5의 모니터링 카메라 설치 위치별 설치기간과 주요 발견 동물, 그 외 특이사항을 정리 한 것이다.

3개의 카메라로 1-2주간의 간격을 두고 모니터링 하였으며, ①지역은 한달 간격으로 두 번 모

니터링 하여 야생동물 이동 구간을 포착하였다.

서울시 자료 및 모니터링 결과와 전문가 자문에 의하여 포유류 목표종으로는 사슴파인 고라니와 개파인 너구리, 족제비파인 오소리와 족제비, 그리고 고슴도치를 선정하였다<sup>7)</sup>.

## 3. 야생동물 아동시뮬레이션 분석

마지막으로 사용한 이동시뮬레이션은 안동만 (2004)의 “지속 가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법”에서 사용하였던 방법<sup>8)</sup>을 본

7) 서울시 관리야생동식물(2000.11.15 지정)은 총35종으로 그중 포유류는 4종으로 노루, 오소리, 고슴도치, 족제비이다.

8) 이동시뮬레이션은 도시녹지의 현황을 토대로 최적의 녹지 및 통로입지를 선정하는 것으로 Visual C++를 사용한 이동시뮬레이션 프로그램을 작성하여 이동모의실험을 한 후, ArcView프로그램으로 이동경로를 중첩하여 시각적으로 표현하였다. 환경부(2004) ‘지속 가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법 개발’ 266278 참조.

표 2. 모니터링 결과.

위치	기 간	주요 발견 동물	비 고
①	2003. 06. 10. ~ 06. 17. 07. 28. ~ 08. 06.	족제비, 너구리, 오소리, 고슴도치	
②	2003. 06. 10. ~ 06. 17.		
③	2003. 06. 26. ~ 07. 14.	너구리	
④	2003. 07. 14. ~ 07. 28.	고라니, 너구리	너구리 때
⑤	2003. 07. 14. ~ 07. 28.	족제비, 너구리	
⑥	2003. 08. 11. ~ 08. 18.	너구리	너구리 때
⑦	2003. 08. 11. ~ 08. 18.	족제비, 너구리, 오소리	
⑧	2003. 08. 11. ~ 08. 18.	족제비, 너구리, 오소리	너구리 때



그림 4. 청계산 - 대모산 이동시뮬레이션 결과.



그림 5. 청계산 - 인능산 이동시뮬레이션 결과.

연구에 적용하여 사례 연구 대상지에 야생동물 이동가능성을 분석한 것이다.

생태통로 위치 선정 방법의 하나인 이동 시뮬레이션은 토지피복도를 이용하여 포유류가 선호하는 이동경로를 찾아가는 실험으로 청계산과 대모산, 청계산과 인능산의 연결 경로를 분석하는 것이다. 경부고속도로로 단절되는 두 산자락을 야생동물의 방문횟수가 많은 지점으로 연결하여 야생동물들의 이동 가능성을 과학적으로 분석한다. 이동시뮬레이션을 통해 경관조각과 경관조각 간의 이동통로로 많이 이용된 곳을 생태통로의 최적 입지로 선정하는 방법을 사용한다. 즉, 이동 시뮬레이션을 통해 목표종의 이동경로를 파악하는 방법이다. 본 연구에서는 500회의 실험을 통해 방문빈도가 많은 지점을 최적의 생태통로 입지로 선정하였다.

서울시 주변의 큰 서식처인 청계산-대모산-인능산 지역에 컴퓨터 이동시뮬레이션을 실시하였다.

## V. 결 론

고속도로 내 야생동물 사고사, 서식동물 모니터링, 이동시뮬레이션의 결과를 수치지도에 중첩하여 나타내면 다음과 같은 결과를 도출할 수 있다.

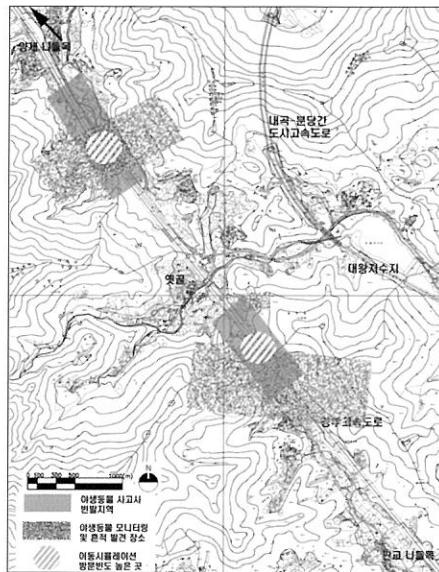


그림 6. 생태통로 위치 종합적 분석.



그림 7. 생태통로 위치 후보지 현황 분석도.

결과적으로 생태통로 위치 후보지 1지역은 달내내 고개(413km-414km)로 불려지는 곳으로 청계산, 인능산, 대모산 산자락이 경부고속도로에 의해 절개된 구간이다. 이 곳은 산지 능선부가 양 옆으로 마주보고 있어 생태통로 설치 시 경제적으로 유리한 지형을 이루고 있다.

생태통로 위치 후보지 2지역(415km-416km)은 8차선도로 옆으로 주차장부지가 연접하여 생태통로의 길이가 길어지는 등 현장 적용 시 경제적, 기술적으로 다소 불리한 곳이라 할 수 있다.

생태통로 위치 후보지 3지역(415km-416km)은 기존 시설물인 지하터널이 있어 야생동물들의 이동이 가능하여 지하통로형 생태통로에 적합한 위치와 형태를 가지고 있다.

효과적인 생태통로 조성을 위하여 적절한 위

치선정, 목표종 결정과 더불어 선정된 지역에 적합한 생태통로 유형과 구조물의 형태를 결정하는 것이 필요하다.

야생동물 사고사 발생빈도 자료, 컴퓨터 이동시뮬레이션 우선순위, 모니터링 결과, 목표종 특성 등을 검토한 후 지형도 분석과 현장조사를 통하여 선정된 생태통로 유형별 설치 위치 최적 대안은 다음과 같다.

현재 우리나라 고속도로 상 생태통로는 전체 고속도로 노선에 17곳만 도입된 상태이며, 이들의 위치 선정 방법과 야생동물 교통사고사 증가 및 생태통로 이용 흔적 등을 통해 볼 때, 위치선정 방법에 대한 과학적인 검증이 필요한 시기라 할 수 있다.

또한 고속도로 상 과학적인 검증을 통한 생태

표 3. 생태통로 유형별 설치 위치 최적 대안.

생태통로 유형	설치 사례 연구 대상지	목표종
육교형	달내내고개 (413-414km 지역, 415-416km 지역)	대형 포유류, 소포유류
지하통로형(Box형)	관현사 진입로 부근(415-416km)	소포유류

통로의 추가적 설치는 야생동물들의 서식처를 연결해 생태적 안정감을 도모할 뿐 아니라 교육적으로도 야생동물 보호의 필요성을 일깨워 주는 역할을 한다.

## 인 용 문 헌

- 건설교통부. 2002. 생태이동통로 설치를 위한 생태조사 연구. 건설교통부.
- 경상남도. 2000. 에코브릿지 조성계획, 진주산업대학 환경문제연구소.
- 국토연구원. 2002. 건설현장 등의 자연생태계 보전기법 및 복원기술 개발 연구보고서(I), 건설교통부, 한국건설기술연구원.
- 김귀곤. 2000. “단편화된 서식처의 연결을 위한 야생동물 이동통로의 조성”, 한국조경학회지 28(1) : 70-82.
- 김기대. 1998. “환경 영향 평가서에 나타난 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성 실태”, 환경영학과.
- 김명수. 2002. 대도시 녹지 연결성과 생물이동성 평가기법 개발 : 경관생태학적 접근, 서울대학교 박사학위논문.
- 서울특별시. 1997. 산림생태계조사 연구보고서, 서울특별시, pp.175-348.
- 안동만 · 김명수. 2003. “환경친화적인 도시공원 녹지계획 연구 - 생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로”, 한국조경학회지 31(1) : 1225-1756.
- 안동만. 2004. 지속가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법의 개발, 환경부.
- 한국도로공사. 2003. 생태통로설계기준과 주변 부대시설 조성 방안에 관한 연구, 한국도로공사.
- 환경부. 1997. 도시지역에서의 효율적인 생물서식 공간 조성기술의 개발.
- 환경부. 2001. 자연생태계 복원을 위한 야생동물 이동통로 설치지침, 환경부.
- 환경부. 2002. 효율적인 생물서식공간 조성기술 개발(공공기반기술개발사업), 환경부.
- 환경부 자연생태과 내부자료(№ 504 : 9284, 2110 : 6745-7).
- 환경정책평가연구원(ERI). 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류.
- Andrew F. Bennett. 1999. Linkages in the Landscape - The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation, IUCN.
- Barrett, Gary W., and John D. Peles. 1999. Landscape Ecology of Small Mammals. Springer.
- Bekker, Hans(G.J.) and Kees J. Canters. 1995. “The continuing story of badgers and their tunnels. Habitat fragmentation & infrastructure, 344-353.
- Bennett, Andrew F. 1999. Linkages in the Landscape, IUCN Publications Services Unit, UK.
- Hans(G.J.) Bekker and J. Kees Canters. 1995. “The continuing story of badgers and their tunnels”, Habitat fragmentation & infrastructure, 344-353.
- Harris, L. D., and J. Scheck. 1991. “From implication to application : the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity.”, In Saunders, D.A. and R.J. Hobbs. eds. Nature Conservation, 2 : The Role of Corridors, Surrey Beatty, Chipping Norton, 189-220.
- John A. 1997. Wildlife and Landscape Ecology - Effect of Pattern and Scale. Springer.
- Keller, Verena and Hans Peter Pfister. 1995. “Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines”. Proceedings of the international conference “Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering” 1997. Ministry of Transport, Public works and Water Management Directorate-General

- for Public Works and Water Management Road and Hydraulic Engineering Division (DDW), Netherlands, 70-80.
- Mansergh, I. M., and D. J. Scotts. 1989. "Habitat continuity and social organization of the mountain pygmy-possum restored by tunnel.", Journal of Wildlife Management, 53 : 701-707.