



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

불편비용을 고려한 연륙교의  
사후 비용편익분석

- 압해대교를 사례로 -

Ex Post Cost-benefit Analysis of a Sea-crossing  
Bridge Considering Inconvenience Costs

- A Case of the Abhae Bridge -

2015년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과 교통관리전공

기 현 균

# 불편비용을 고려한 연륙교의 사후 비용편익분석

- 압해대교를 사례로 -

지도교수 김 성 수

이 논문을 도시계획학 석사학위 논문으로 제출함

2014년 10월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

기 현 균

기현균의 도시계획학 석사학위 논문을 인준함

2014년 12월

위 원 장 \_\_\_\_\_(인)

부위원장 \_\_\_\_\_(인)

위 원 \_\_\_\_\_(인)

## 국문초록

우리나라는 섬과 육지 사이의 통행을 편리하게 하기 위해 연륙교 건설사업을 활발하게 추진하고 있다. 지금까지 총 37개의 연륙교가 개통되었으며, 현재도 많은 연륙교 건설이 추진되고 있다.

연륙교가 건설됨으로써 육지와 섬을 통행하는 사람들은 통행의 유연성(페리의 운항 시간과 간격에 영향을 받지 않고 24시간 내내 자유롭게 통행 가능)이 향상된다. 그러나 현재 예비타당성조사 등에서는 이러한 특성을 반영하지 못한다. 또한, 연륙교 건설이 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 연륙교의 사후 비용편익분석 방법론을 정립하고, 개통 전 페리의 통행량과 개통 후 TMS 교통량 자료를 바탕으로 연륙교의 사후 비용편익분석을 수행하였다. 기존 편익 항목 이외에 연륙교가 건설됨으로써 향상되는 통행의 유연성을 반영할 수 있는 불편비용(Inconvenience costs) 감소 편익을 추가로 고려하였다.

분석대상구간은 연륙교 개통 전 페리 자료를 구득할 수 있고 개통 후 TMS 교통량 자료를 수집하여 연륙교 개통 전·후의 통행량을 구할 수 있는 압해대교를 선정하였다. 연륙교 개통 전 통행량은 압해도와 목포시 북항을 운항하던 압해농협호의 운항일지를 바탕으로 산출하고, 개통 후 통행량은 TMS 교통량 자료를 이용하여 구축하였다. 장래 통행량은 신안군 통행 증가비율을 바탕으로 예측하였다.

압해대교의 경우 불편비용 감소 편익을 고려한 사후 비용편익분석 결과 B/C가 1.1인 것으로 분석되었다. 편익 항목들 중 통행시간 절감 편익, 운행비용 절감 편익, 불편비용 감소 편익은 플러스 편익이 발생하고, 환경비용 절감 편익, 사고비용 절감 편익은 마이너스 편익이 발생하는 것으로 분석되었다. 편익항목들 중 통행시간 절감 편익이 가장 크게

발생하였고, 불편비용 감소 편익은 총 편익의 약 32%를 차지하여 상당히 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

기존 예비타당성조사에서 수행하는 방식으로 비용편익의 비율을 산정한 후 값을 비교한 결과 유발수요를 기존 수요의 50%로 가정할 때 B/C는 0.55, 교통량 자료를 활용하여 장래 통행량을 예측했으나 불편비용 감소 편익을 고려하지 않았을 때 B/C는 0.76인 것으로 분석되었다. 연륙교 개통으로 인한 유발통행량은 기존 예측치보다 더 많이 발생한 것으로 나타났는데 이는 연륙교 건설로 통행의 유연성이 향상됐기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 연륙교의 사후 비용편익분석을 수행하였다. 대상 구간의 한정 및 영향권 설정 부재 등 연구의 한계점이 존재하나 불편비용 감소 편익을 추가로 고려함으로써 연륙교의 특수성을 반영했다는 점에 의의가 있다.

.....  
주요어 : 연륙교, 사후 비용편익분석, 불편비용 감소 편익,  
유발수요, 압해대교

학 번 : 2009-22130

## <목 차>

### 제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적 .....	1
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
제2절 연구의 범위 및 수행 절차 .....	3
1. 연구의 범위 .....	3
2. 연구의 수행 절차 .....	4

### 제2장 연륙교의 비용편익분석 방법 고찰

제1절 국내 사례 .....	5
1. 연륙교의 비용편익분석 방법 .....	5
2. 신공항의 편익 추정방법 .....	11
제2절 국외 사례 .....	13
1. 불편비용(Inconvenience costs) 감소 편익 .....	13
2. 사후 사회·경제적 평가 .....	21
제3절 국내·외 연구의 시사점 및 연구 방향 .....	23
1. 국내·외 연구의 시사점 .....	23
2. 연구 방향 .....	24

### 제3장 연륙교의 사후 비용편익분석 방법론 정립

제1절 방법론의 개요 .....	25
제2절 편익의 산정 .....	27
1. 통행시간 절감 편익 .....	27
2. 불편비용 감소 편익 .....	29
3. 운행비용 절감 편익 .....	32
4. 사고비용 절감 편익 .....	34
5. 환경비용 절감 편익 .....	36
제3절 비용의 산정 .....	39
제4절 비용편익 비율의 산정 .....	40

## 제4장 자료의 구축

제1절 연구대상 연륙교의 선정 .....	41
제2절 압해대교 통행량 자료의 구축 .....	44
1. 압해대교 개통 전·후의 통행량 .....	44
2. 압해대교 미시행시와 시행시의 예측 통행량 .....	48

## 제5장 압해대교의 사후 비용편익분석 결과

제1절 사후 비용편익분석의 전제 .....	55
1. 비용편익분석을 위한 가정 .....	55
2. 비용편익분석의 한계 .....	56
제2절 사후 비용편익분석 결과 .....	58
제3절 예비타당성조사 방법을 적용한 분석 결과와의 비교 .....	60

## 제6장 결론

제1절 연구 결과 .....	62
제2절 연구의 한계 및 향후 연구과제 .....	64

## < 표 목 차 >

<표 II- 1> 연륙교 및 연도교 건설사업의 예비타당성조사 개선방안 .....	6
<표 II- 2> 연륙교 및 연도교 예비타당성조사의 유발수요 반영 사례 .....	8
<표 II- 3> 유발수요를 반영한 연륙교 및 연도교 사업의 편익 산정 방법 .....	9
<표 II- 4> 부산 신공항 건설 편익 산정시 결항률 감소로 인한 편익 .....	12
<표 II- 5> 불편비용 및 불편비용 포함 시 편익 .....	18
<표 II- 6> fixed link에 대한 노르웨이의 불편비용(시간절감과 비용으로 전환) 19	
<표 II- 7> Skye Bridge 사용자 편익(2006년) .....	20
<표 II- 8> Bernery causeway와 Sound of Harris ferry의 편익(2000년) .....	20
<표 II- 9> Oresund Bridge 비용편익분석(2000~2050년)* .....	22
<표 III- 1> 도로사업 시행에 따른 편익항목 .....	25
<표 III- 2> 예비타당성조사와 본 연구의 편익 항목 비교 .....	26
<표 III- 3> 승용차, 버스, 화물차의 평균 통행시간 가치(2008년 기준) .....	29
<표 III- 4> fixed link에 대한 노르웨이 불편 비용(시간절감과 비용으로 전환) ..	31
<표 III- 5> 연륙교의 불편비용 감소 편익(2008년 기준) .....	32
<표 III- 6> 도로유형별 교통사고 사상자수 .....	35
<표 III- 7> 사고 건당 및 사상자당 교통사고 비용 (2008년 기준) .....	35
<표 III- 8> CO2 배출계수 .....	37
<표 III- 9> 대기오염비용 원단위(2008년 기준) .....	37
<표 III- 10> 차종별·속도별 원단위(2008년 기준) .....	38
<표 III- 11> 유지관리비 산정결과 .....	39
<표 IV- 1> 전국 연륙교 현황 .....	41
<표 IV- 2> 압해농협호의 이용 차량대수 .....	45
<표 IV- 3> 압해농협호의 접근 교통수단별 인원 .....	45
<표 IV- 4> 압해대교 TMS 교통량 자료 .....	46
<표 IV- 5> 압해대교 통행량 .....	47
<표 IV- 6> 압해대교 개통 전·후 수단별 통행량 비교 .....	47
<표 IV- 7> 압해대교 미시행시 장래 통행량 예측(2008~2037년) .....	49
<표 IV- 8> 압해대교 건설로 인한 기존 통행자 수단 선택 .....	50
<표 IV- 9> 압해대교 미시행시 장래 통행량 예측(2008~2037년) .....	50
<표 IV- 10> 압해대교 교통량을 반영한 통행량(2008~2037년) .....	51
<표 IV- 11> 압해대교 건설 후 유발통행(기존 수요 50%로 가정) 반영시 .....	52
<표 IV- 12> 유발수요 50%를 반영한 압해대교 통행량(2008~2037년) .....	52
<표 IV- 13> 연륙교 사업 시행시·미시행시 예측 통행량 비교 .....	53
<표 V- 1> 압해대교 사후 비용편익분석 결과 .....	59
<표 V- 2> 예비타당성조사 방법을 적용한 분석 결과와의 비교 .....	61



## <그림 목 차>

<그림 I - 1> 연구의 수행 절차 .....	4
<그림 II - 1> 불편비용의 개념 .....	14
<그림 II - 2> 교통비용 감소로 인한 편익 .....	16
<그림 II - 3> 교통비용 감소로 인한 편익(불편비용 포함) .....	17
<그림 III - 1> 불편비용 감소 비용 포함 시 편익 .....	29
<그림 IV - 1> 대상 구간 .....	43
<그림 IV - 2> 시간대별 통행 비교 .....	48
<그림 IV - 3> 연륙교 미시행시·시행시 통행량 변화 .....	54
<그림 V - 1> 분석 대상 구간 .....	57

# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구의 배경

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있는 반도 국가라는 지리적 환경 때문에 많은 섬들이 존재한다. 1990년대만 하더라도 육지에서 도서지역을 가기 위해서는 주로 배를 타고 이동하였지만 경제적 수준이 높아짐에 따라 사람들은 이전보다 더 편리한 생활과 사회적 복지를 요구하게 되었다. 이에 따라 상대적으로 지역 낙후도가 심한 도서지역에 지역 균형정책의 일환으로 2000년대부터 육지와 섬을 연결하는 연륙교와 섬과 섬을 연결하는 연도교 건설 사업이 활발하게 이루어져 현재 연륙교 37개소와 연도교 28개소 등 총 65개의 연륙교 및 연도교가 건설되었고, 그 외 많은 연륙교와 연도교 건설이 추진되고 있다.

현재의 예비타당성조사지침으로는 일반 도로와 다른 특성을 지닌 연륙교와 연도교만의 특성을 모두 반영하지 못한다. 이로 인해 연륙교 및 연도교에 대한 경제성 분석 결과가 낮게 나와 사업 추진에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 연륙교 및 연도교 건설 사업은 경제성보다 지역 및 사업 특성을 고려하여 추진 여부를 결정해야 한다는 지적과 함께 기존 예비타당성조사지침을 조정해야 한다는 요구가 있다.

본 연구에서는 일반 도로나 철도와는 다른 특성을 지닌 연륙교 및 연

도교에 대해 고찰하고, 이를 반영한 새로운 비용편익분석 방법론을 정립한다. 또한, 정립된 비용편익분석 방법론을 바탕으로 사후 비용편익 분석을 수행한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구를 수행하고자 하는 목적은 다음과 같다.

첫째, 연륙교의 비용편익분석 방법론을 정립한다.

연륙교는 육지와 섬을 연결하는 다리로써 연륙교 건설 전 페리를 이용해야 통행이 가능했던 지역이 연륙교 건설 후 차량을 이용하여 통행을 할 수 있게 된다. 이에 따라 일정한 간격으로 운항하는 페리를 기다릴 필요 없이 통행이 가능하게 되고, 페리의 운항시간에만 가능하던 통행이 늦은 밤과 새벽까지로 확장된다. 이러한 연륙교는 일반 도로와는 다른 특수성을 지니고 있다. 현재의 예비타당성조사 지침에서는 유발수요를 고려하여 특성을 반영하고 있지만 정확하게 반영하지 못하는 한계를 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 지금보다 연륙교의 특성을 좀 더 정확하게 반영하는 비용편익분석 방법론을 정립한다.

둘째, 위의 정립된 연륙교의 비용편익분석 방법론을 바탕으로 사후 비용편익분석을 수행한다.

지금까지 연륙교 개통 후 비용편익분석을 수행한 사례는 없다. 따라서 연륙교 건설이 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 새롭게 정립된 비용편익분석 방법론을 바탕으로 연륙교의 사후 비용편익분석을 수행하여 연륙교 개통이 미치는 영향에 대해 평가한다.

## 제2절 연구의 범위 및 수행 절차

### 1. 연구의 범위

#### 가. 시간적 범위

본 연구는 2000년부터 2037년까지의 시간적 범위를 바탕으로 수행된다. 분석 사례구간인 압해대교가 2000년 공사 착공 후 2008년 5월 완공되어 개통됐다. 따라서 연륙교 건설에 따른 사후 비용편익분석을 수행하기 위해 공사 기간과 개통 후 30년인 2000~2037년을 시간적 범위로 선정하였다.

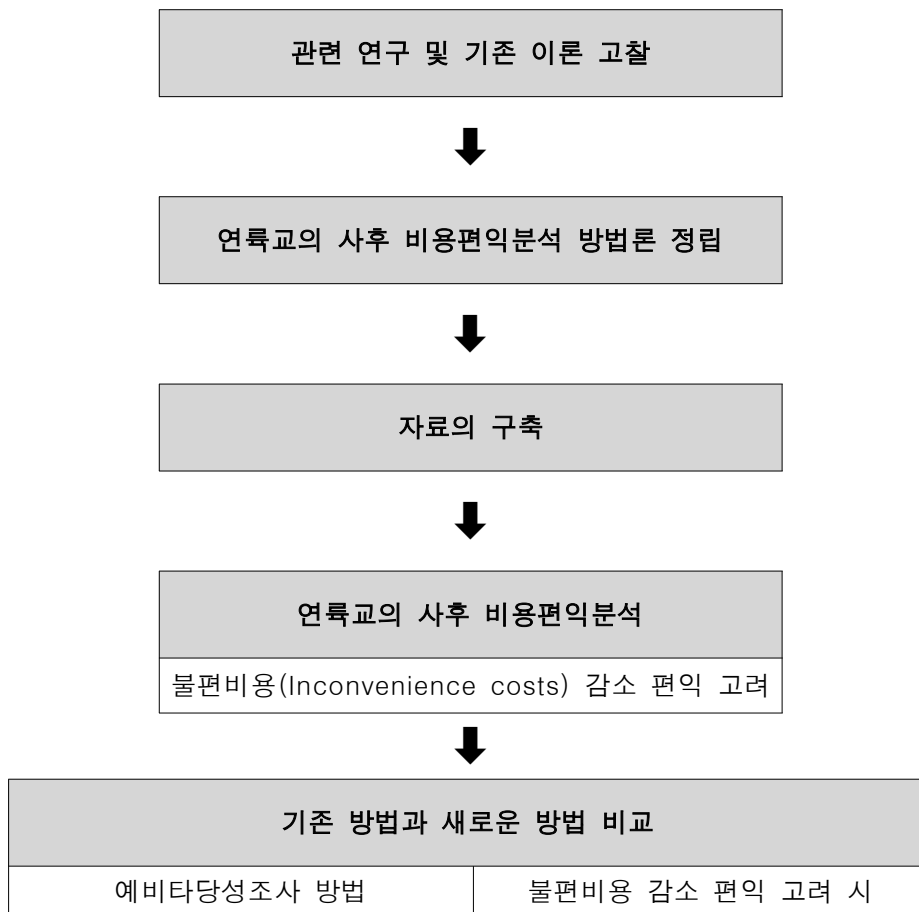
#### 나. 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 전라남도 신안군의 압해대교이다. 압해대교는 전라남도 목포시 연산동과 신안군 압해면 압해도를 연결하는 연륙교로서 2000년 6월 착공하였고, 2008년에 완공된 국도 2호선이다. 총 길이는 3,563m이며, 이 가운데 해상 교량이 1,420m, 육상 교량이 420m, 접속 도로가 1,720m이다.

## 2. 연구의 수행 절차

연구의 수행절차는 다음과 같다.

관련 연구 및 기존 이론 고찰을 통해 연륙교 사후 비용편익분석 방법론을 정립한다. 연륙교의 개통 전 페리 통행량과 개통 후 TMS 교통량 자료를 바탕으로 연륙교 개통 전·후 자료를 구축하고 연륙교의 사후 비용편익분석을 수행한다. 이를 기존 비용편익분석 방법과 비교·분석한다.



<그림 1 - 1> 연구의 수행 절차

## 제2장 연륙교의 비용편익분석 방법 고찰

### 제1절 국내 사례

#### 1. 연륙교의 비용편익분석 방법

『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서는 연륙교 및 연도교 사업과 같이 특수한 사업의 경우에 한해서 유발수요를 반영하되, 신중한 분석이 필요하다고 제시하고 있다. 이를 반영하여 기존 예비타당성조사 및 타당성제조사 수행시 연륙·연도교 사업에 한하여 유발수요를 반영하고 있다.

기획예산처(2007)에서는 연륙교 및 연도교 건설사업에 따른 사회·경제적 파급효과들을 살펴보고 이 중 예비타당성조사 지침에 반영할 수 있는 항목을 검토하였다. 총 14개의 준공된 연륙·연도교를 대상으로 사회경제지표를 각 항목별로 비교하였고, 그 결과 선별적으로 효과가 있는 것으로 분석되었다.

이를 바탕으로 경제성 분석 개선, 별도의 평가체계 적용, AHP 가중치 항목간 비율 조정 등을 연륙·연도교 건설사업의 예비타당성조사 개선방안으로 제안하였다.

<표 II- 1> 연륙교 및 연도교 건설사업의 예비타당성조사 개선방안

개선방안	장점	단점	적용시기	
경제성 분석	관광, 주말 교통수요 반영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보다 정확한 교통수요 추정 가능</li> <li>• 보다 현실적인 타당성 분석 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세부 존별 관광수요 통계가 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단기적 도입 가능</li> <li>• 중·장기적으로 방법론 보완</li> </ul>
	인구, 가구 증가 반영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제성 분석의 신뢰성을 높일 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 편익부분에 포함시키기 위한 방법론 개발이 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단기적 도입 가능</li> <li>• 중·장기적으로 방법론 보완</li> </ul>
	편익항목 별도 신설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보다 현실적인 편익 산정 가능</li> <li>• 평가결과의 객관성을 높일 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구체적 방법론의 정립, 항목의 신설 등을 위한 별도 연구가 필요함에 따라 단기간 내 도입이 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중·장기적으로 방법론 보완</li> </ul>
	교량별 평균 공사비 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보다 현실적인 공사비 적용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하층부의 지질구조에 따라 공사비 변동요인 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단기적 도입 가능</li> </ul>
별도의 평가체계 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연륙교 및 연도교나 낙후지역이 상대적으로 불리한 현행 지침상의 문제점 해결 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이 경우가 사례가 되어 다른 특수 상황에 대해 별도의 지침을 만들어 적용하자는 요구가 있을 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중·장기적 도입 가능</li> </ul>	
AHP 가중치 항목간 비율 조정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가장 단시간 내에 간단하게 적용할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가중치 비율 조정에 대한 근거 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단기적 도입 가능</li> <li>• 중·장기적으로 방법론 보완</li> </ul>	

자료 : 기획예산처(2007), 연도·연륙교 건설사업의 예비타당성조사 분석기법 연구.

한국개발연구원(2013)에서는 교통부문 예비타당성조사 방법론의 이론적 기초 마련, 예비타당성조사 결과의 객관성 확보 및 타당성조사 방법론 정립의 선도적 역할 수행을 위해 교통수요 추정 및 편익 산정 부분의 네 가지 세부 주제를 연구대상으로 설정하여 기초 연구를 수행하였고, 그 중 한 주제가 유발수요를 고려한 O/D 구축 방법론 연구였다.

연륙·연도교 예비타당성조사 및 타당성재조사 사업의 유발수요 반영 사례 검토 결과 처음으로 유발수요를 반영한 신안군 3개 연륙교 및 연도교 건설사업에서는 신안군과 기타 전남지역의 자동차 보유율, 신안군과 주요 주변지역의 여객 외부통행량, 기존 연륙화된 섬 지역의 교통량 변화 등을 검토하여 기존 수요의 약 50% 수준을 유발수요로 가정하였다. 이후 연륙교 및 연도교 건설사업 예비타당성조사 수행시 기존 수요의 50% 수준을 유발수요로 가정하였다. 한편, 삼산연륙교 건설사업 예비타당성조사에서는 연륙교 건설시 강화도 내 내륙지역의 통행행태를 보일 것으로 가정하고 이들 지역의 통행원단위를 적용하여 유발수요를 반영하였다.

이렇게 반영된 유발수요의 편익산정방법 검토 결과 4개의 편익 항목 중 통행시간 절감 편익 산정 시에만 Rule-of-a-half를 적용하여 산출하고 운행비용 절감 편익, 교통사고 절감 편익, 환경비용 절감 편익에 대해서는 산정 방법의 어려움 등으로 Rule-of-a-half를 고려하지 않았다. 다만 최근에 수행된 삼산연륙교 건설사업 타당성 재조사(2012)에서는 운행비용 절감 편익도 Rule-of-a-half를 적용하여 편익을 산정하였다.



<표 II- 2> 연륙교 및 연도교 예비타당성조사의 유발수요 반영 사례

사업명	내용
신안군 지역 3개 연륙·연도교 건설사업 예비타당성조사 (2003. 6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여러 지표 검토결과, 약 50% 정도 통행량이 증가할 것으로 가정</li> <li>• 신안군과 기타 전남지역의 자동차 보유율 비교</li> <li>• 신안군과 주요 주변지역의 여객 외부통행량 비교결과, 신안군의 경우 1인당 1일 외부통행량이 0.13회 인데 반해 지역낙후도 수준이 비슷한 영양군과 봉화군의 경우 각각 0.78, 0.6으로 신안군의 외부통행량이 다른 지역에 비해 상당히 낮은 수준</li> <li>• 기존 연륙화된 섬 지역의 교통량 변화 비교               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인천·옹진군 영흥도는 선제대교(2000.11)와 영흥대교(2001.11)로 육지와 연결</li> <li>- 주변도로 교통량이 2001년 10월 대비 2002년에 58% 증가</li> </ul> </li> </ul>
강화 교동교 연륙교 건설사업 예비타당성조사 (2004. 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존에 수행되었던 각 사업별 기본 설계보고서에 따라서 연륙교 사업에 따른 유발효과가 기존 수요의 50%일 것으로 예측</li> <li>• 연륙교 건설로 인해 교동면과 강화군의 자동차 보유율이 비슷한 수준으로 증가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2003년 교동면의 인구 100명당 자동차 보유대수 25.26대</li> <li>- 강화군의 인구 100명당 자동차 보유대수는 39.28대</li> </ul> </li> </ul>
국도 77호선 (신지~고금) 연도교 건설사업 예비타당성조사 (2006. 9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완도군의 연도교 사업의 경우, 연륙화로 인한 교통량 증가를 기대할 수 있으며, 유발수요 효과는 기존 수요의 50% 수준으로 분석</li> <li>• 경남 사천시의 창선-삼천포대교 사례               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2003년 4월 개통된 연도교로 5개의 도서를 7개의 교량(삼천포대교, 초양대교, 늑도대교, 창선교)으로 연결</li> <li>- 국도3호선의 경우, 개통 초기연도인 2003년 68% 교통량 증가, 2004년 46%로 증가</li> </ul> </li> </ul>
삼산 연륙교 건설사업 예비타당성조사 (2008. 6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통행발생 원단위를 사업 시행 시와 미시행 시를 구분하여 별도 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 미시행 시의 경우 해상 운송실적을 이용한 원단위 산정 후 통행발생량 추정</li> </ul> </li> </ul>
삼산 연륙교 건설사업 타당성 재조사 (2012. 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 시행 시의 경우 연륙화에 따른 석모도(삼사면)도 강화도 내 타 면들과 같은 통행 행태를 보일 것으로 가정하고, 강화도의 통행발생 원단위를 적용하여 통행발생량 추정</li> </ul>

자료: 한국개발연구원(2013), 교통부문 예비타당성조사 쟁점 연구.

<표 II- 3> 유발수요를 반영한 연륙교 및 연도교 사업의 편익 산정 방법

사업명	편익항목	Rule-of-a-half 고려 여부	편익 산정 방법	
			링크기반	기준점기반
신안군 지역 3개 연륙·연도교 건설사업 예비타당성조사 (2003. 6)	통행시간 절감 편익	○	○	
	운영비용 절감 편익	×	○	
	사고비용 절감 편익	×	○	
	환경비용 절감 편익	×	○	
강화 교통교 연륙교 건설사업 예비타당성조사 (2004. 8)	통행시간 절감 편익	○		○
	운영비용 절감 편익	×	○	
	사고비용 절감 편익	×	○	
	환경비용 절감 편익	×	○	
국도 77호선 (신지~고금) 연도교 건설사업 예비타당성조사 (2006. 9)	통행시간 절감 편익	○	○	
	운영비용 절감 편익	×	○	
	사고비용 절감 편익	×	○	
	환경비용 절감 편익	×	○	
삼산 연륙교 건설사업 예비타당성조사 (2008. 6)	통행시간 절감 편익	○		○
	운영비용 절감 편익	×	○	
	사고비용 절감 편익	×	○	
	환경비용 절감 편익	×	○	
삼산 연륙교 건설사업 타당성 재조사 (2012. 1)	통행시간 절감 편익	○		○
	운영비용 절감 편익	○		○
	사고비용 절감 편익	×	○	
	환경비용 절감 편익	×	○	

위의 타당성 조사 중 최근에 수행된 삼산연륙교 건설사업 타당성조사<sup>1)</sup>의 편익 산정방법에 대해 자세히 검토한 결과 통행시간 절감 편익

1) 한국개발연구원(2008), 삼산연륙교 건설사업 예비타당성조사.

산정시 미시행시의 도보이용객 및 기존 차량의 통행시간 절감 편익, 사업 시행시 유발된 차량의 통행시간 절감 편익으로 구분하여 편익을 산정하였다. 유발수요에 대한 편익은 계산된 값의 1/2만을 편익으로 취하고 다른 항목에 대해서는 적용하지 않았다.

$$\begin{aligned} \text{통행시간 절감 편익} = & \sum_{i=1}^2 \text{Traveler}_i \times (\text{Time}_i^{\text{여객선}} - \text{Time}^{\text{삼산연륙교}}) \times VT^{\text{비업무}} + \\ & \sum_{j=1}^3 [\sum_{i=1}^2 \text{Car}_{i,j}^{\text{미시행시}} \times (\text{Time}_i^{\text{여객선}} - \text{Time}^{\text{삼산연륙교}}) \times VT_j^{\text{평균}}] + \\ & \sum_{j=1}^3 [\sum_{i=1}^2 \text{Car}_j^{\text{시행시}} - \sum_{i=1}^2 (\text{Car}_{i,j}^{\text{미시행시}}) - \sum_{i=1}^2 (\text{Car}_{i,j}^{\text{시행시 전환}}) \times \\ & \sum_{i=1}^2 (\text{Time}_i^{\text{여객선}}) / 2 - \text{Time}^{\text{삼산연륙교}} \times VT_j^{\text{평균}}] / 2 \end{aligned}$$

여기서,

i : 여객선 운항 구간(석포선착장~외포선착장 구간=1  
보문선착장~선수선착장 구간=2)

j : 차종(승용차=1, 버스=2, 트럭=3)

$\text{Traveler}_i$  : 여객선 운항 구간 i의 여객선 도보이용객 수

$\text{Car}_j^{\text{미시행시}}$  : 사업 미시행시 여객선 운항 구간 i를 통행하는 차종 j 수

$\text{Car}_j^{\text{시행시}}$  : 사업 시행시 강화도~석모도 간 차종 j 통행 수

$\text{Time}_i^{\text{여객선}}$  : 사업 미시행시 여객선 운항 구간 i 여객선 통행시간

$\text{Time}^{\text{삼산연륙교}}$  : 사업 시행시 삼산연륙교 통행시간

$\text{Car}_{i,j}^{\text{시행시 전환}}$  : 사업 미시행시 도보여행객의 사업시행시 전환된 차량 수  
단, 도보 여행객은 승용차와 버스로 전환된다는 가정하에  $\text{Car}_{i,j}^{\text{시행시 전환}}$ 은 '0' 이 됨

$VT^{\text{비업무}}$  : 도보이용객 비업무 통행시간가치(단위:원/시·인)

$VT_j^{\text{평균}}$  : 차종 j의 평균통행시간가치(단위:원/시·대)

## 2. 신공항의 편익 추정방법

한국교통연구원(2006)에서는 부산 신공항 건설에 따른 편익을 산정할 때 결항률 감소로 인한 편익을 추정하였다. 관련 지침<sup>2)</sup>에서는 신공항 건설 타당성조사 수행 시 결항률 감소에 대한 편익 항목은 존재하지 않는다. 그러나 신공항이 건설되어 운영될 경우 김해국제공항의 높은 결항률이 개선되는 효과가 발생하기 때문에 이와 관련된 편익을 산정하여 반영하였다.

김해국제공항 신활주로가 운용되기 시작한 2000년부터 2003년까지 평균 약 2.93%를 기록하였으며, 결항원인 중 기상에 의한 것은 약 58.4%에 달하고 있다. 신공항이 건설되어 운영될 경우 현 공항의 기상에 의한 결항 중 97%정도는 운항이 가능할 것으로 판단된다. 비행기의 운항이 가능해짐으로써 항공사들은 결항으로 인한 매출손실이 감소되고, 이것이 결항률 감소 편익이 되는 것이다.

국내선과 국제선으로 구분하여 편익을 산정한 결과 2018년 약 21,564백만원/년, 2037년 38,234백만원/년의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

---

2) 국토해양부(2009), 교통시설 투자평가 지침 개정안.

$$Benefit_{\text{국내선}} = 74,105\text{회} \times 0.8 \times 2.93\% \times 58.4\% \times 97\% \times 8,970,000^3)$$

여기서, 74,105회 : 2018년 신공항 개항 시 비행기 운항 횟수  
 0.8 : 국내선 항공편 비율  
 2.93% : 현재 김해국제공항의 결항률  
 58.4% : 기상으로 인한 결항률  
 97% : 신공항이 건설될 경우 운항이 가능한 비율  
 8,970,000 : 국내선 1회 운항시 항공사의 매출

$$Benefit_{\text{국제선}} = 74,105\text{회} \times 0.2 \times 2.93\% \times 58.4\% \times 97\% \times 56.7\% \times 61,200,000^4)$$

여기서, 74,105회 : 2018년 신공항 개항 시 비행기 운항 횟수  
 0.2 : 국제선 항공편 비율  
 2.93% : 현재 김해국제공항의 결항률  
 58.4% : 기상으로 인한 결항률  
 97% : 신공항이 건설될 경우 운항이 가능한 비율  
 56.7% : 국제선 중 국적항공사 운항 비율

<표 II- 4> 부산 신공항 건설 편익 산정시 결항률 감소로 인한 편익

연도	결항감소로 인한 편익		합계 (백만원)
	국내(백만원)	국제(백만원)	
2018	8,826	8,536	21,564
2020	9,867	9,543	24,108
2025	11,547	11,168	28,212
2030	13,398	12,958	32,734
2035	15,060	14,565	36,794
2037	15,649	15,135	38,234

자료 : 한국교통연구원(2006), 부산 신공항 개발의 타당성 및 입지조사 연구.

3) 항공요금은 2003년 기준 서울 및 제주노선 운임이 61,000원, 55,500원임. 두 노선비율 약 7:3을 적용하여 평균값인 59,000원으로 가정. 회당 탑승객수는 152명. 59,000원×152명=8,967,000원.

4) 주력노선의 운임을 평균 45만원으로 고려. 회당 탑승객수는 136명. 450,000원×136명=61,200,000원.

## 제2절 국외 사례

### 1. 불편비용(Inconvenience costs) 감소 편익

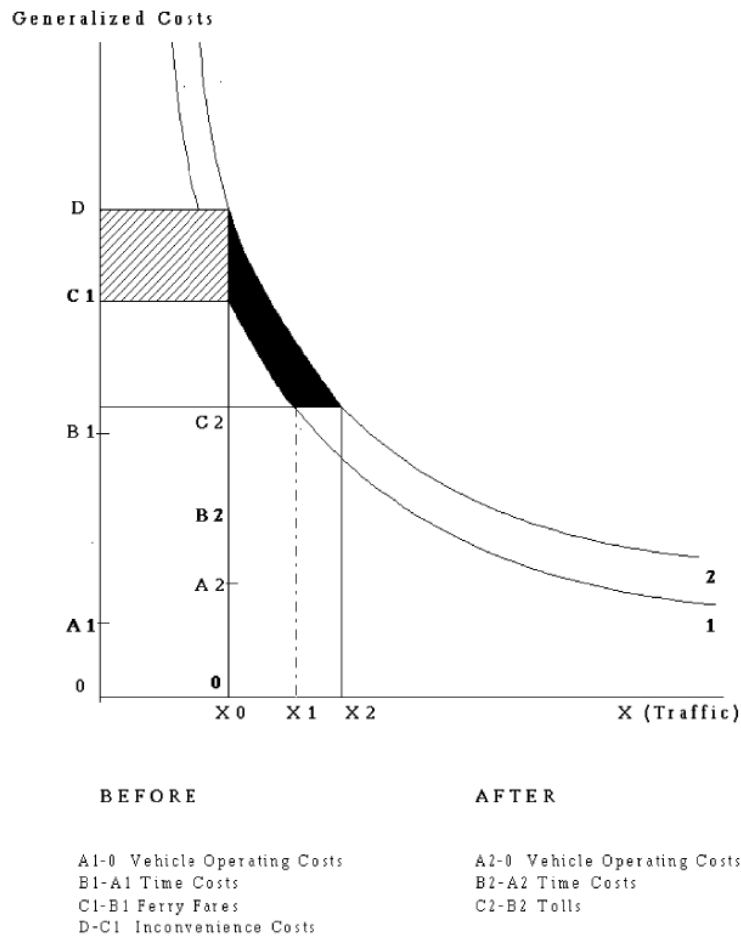
통행제약과 관련된 연구는 Barthen and Hervik(1997)의 불편비용, Small(1982)의 Schedule delay, Wilson(1989)의 Schedule cost 등이 있다. 이 중 불편비용은 Barthen and Hervik(1997)에서 처음 제시되었다. 불편비용은 통행에 대한 유연성(24시간 내내 아무 때나 통행할 수 있고, 페리의 일정한 운항간격에 맞추지 않고 제약 없이 통행할 수 있는 것)의 지불용의액으로 정의하였다. 이는 특수하게 나타나는 Schedule cost 를 말한다. 즉, 불편비용은 추가적인 통행시간 비용으로 전통적으로 수행하는 경제성 평가에 포함되어있지 않는 비용인 것이다.

Barthen and Hervik(1997)는 노르웨이의 해협을 통과하는 교량의 예측 교통량과 실제 교통량의 차이로 CBA(Cost Benefit Analysis)에 미치는 영향을 알아보기 위해 불편비용의 이론적 모델을 제시하였다.

일반적으로 일반화비용(통행시간, 차량운행비용, 요금 등)이 감소함에 따라 교통수요곡선은 새로운 균형점을 찾아가게 되고, 새롭게 형성된 균형점의 교통량과 일반화 비용을 바탕으로 편익을 산정한다. 이때, 예측 교통량과 실측 교통량이 일치할 경우 실제 편익이라 할 수 있다. 하지만 노르웨이 사례를 검토한 결과 예측 교통량과 실제 교통량이 일치하는 경우는 거의 없었다.

이는 새로운 시설물에 대한 지불용의액(Willing To Pay)이 발생한다는 것을 보여주었고, 이를 “불편비용”이라고 정의하였다. 즉, 연륙교가 건설됨으로써 고정된 스케줄로 운행되던 페리에 비해 24시간 내내 아무

때나 통행할 수 있고, 페리 운행 스케줄에 맞출 필요 없이 자유롭게 통행할 수 있게 되는 통행의 유연성에 대한 지불용의액인 것이다.<sup>5)</sup>



<그림 II- 1> 불편비용의 개념

불편비용은 처음 예측했던 수요곡선 1이 예측치보다 더 커질 때 발생한다. 교통량이 증가함에 따라 일반화 비용은 C1에서 C2로 감소한다.

5) Brathen and Hervik(1997), Strait crossings and economic development : Developing economic impact assessment by means of ex post analyses.

그러나 실제 교통량은 예측된  $X_1$  대신에  $X_2$ 가 관측된다. 수요곡선이 수요곡선 1에서 수요곡선 2로 이동함에 따라 유발교통량은  $X_1 - X_0$ 이 아닌  $X_2 - X_0$ 인 것이다. 따라서 실제 일반화 비용은  $C_1$ 이 아닌  $D$ 가 된다. 즉, 새로운 교통시설로 인해 증가한 교통량의 추가적인 지불용의액과 같은 것이다.

산정된 불편비용은 페리의 각종 대기시간비용을 뛰어 넘는 것으로 페리의 제한적 운영시간에 따른 계획의 불확실성에 대한 비용, 24시간 서비스에 대한 가치, 그 외의 긍정적인 요소와 부정적인 요소를 나타낸다.

불편비용에 대한 개념은 Brathen(2001)에서 좀 더 자세히 설명하고 있다. 연륙교 건설시 페리로 운행할 때에 비해 통행의 유연성이 증가하게 되고 이를 IC로 표현할 수 있다.

IC가 포함되지 않는 효용함수는 다음과 같다.

$$U_i = U_i(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

$U_i$ : 개별적인  $i$ 의 효용

$X_1$ : A에서 B까지 횡단

$X_2, \dots, X_n$ : 모든 재화 및 서비스

그러므로 다리를 횡단하는 교통수요함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$X_1 = X_1(P_1, P_2, \dots, P_m, R)$$

$X_1$ : 교통 수요

$P_1$ : 다리를 횡단을 하기 위한 일반화비용(통행시간, 요금, 차량운행비용)

$P_2, \dots, P_m$ : 교통수요에 영향을 치는 모든 재화 및 서비스의 가격

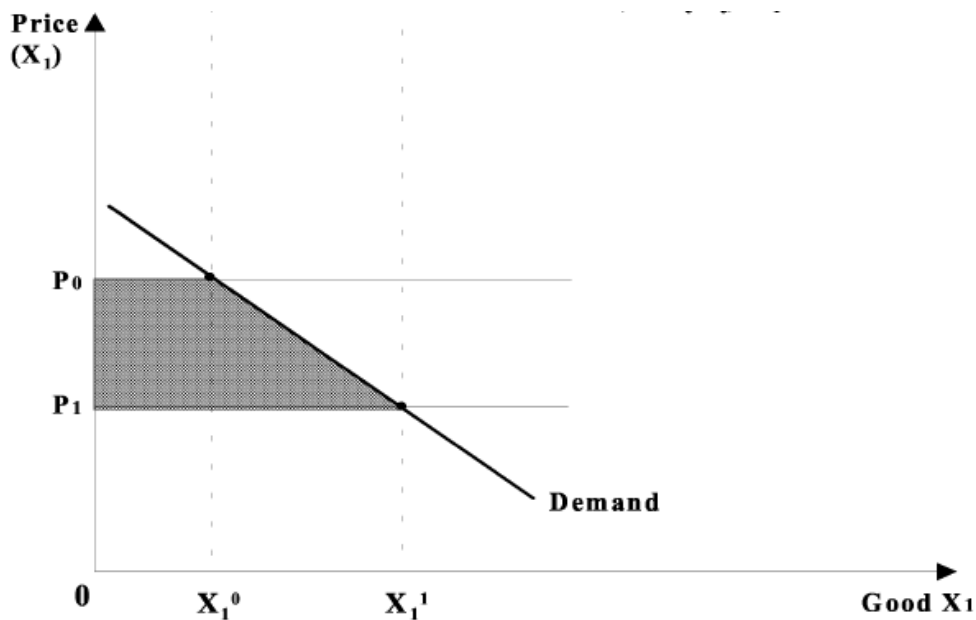
$R$ : 소득



만약  $X_2, \dots, X_n$  을 '합성 재화'  $X_c$ (가격 변화 제외)로 할 경우 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$U_i = U_i(X_1, X_c)$$

이를 바탕으로 연륙교 건설 전·후의 교통수요곡선은 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>6)</sup>



<그림 II- 2> 교통비용 감소로 인한 편익

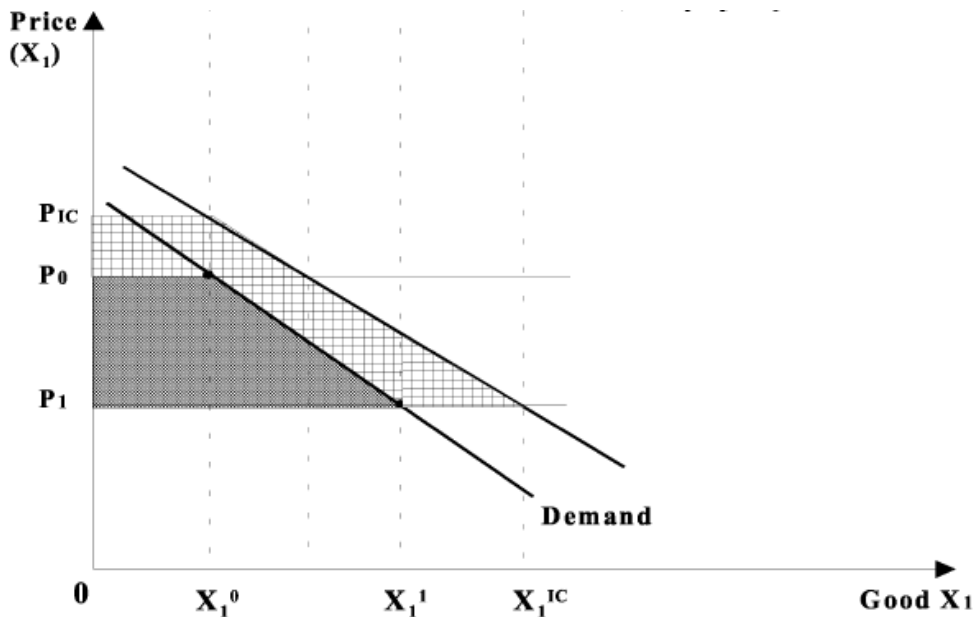
연륙교 건설에 따른 예측 교통량은  $X_1^1$ 이다(이 값이 개통 후 실제 교통량과 같거나 같지 않을 수 있다). 교통 비용감소로 인해 발생하는 편익은 색칠해진 영역이고 불편비용이 포함되지 않았다.

6) 주 : Brathen(2001), Essays on economic appraisal of transport infrastructure - Examples from aviation and fixed ford links.

만약 IC가 개별 효용함수에 부가적인 요소로서 통행비용에 포함될 경우 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$U_i = U_i((X_1 + IC), X_c)$$

이를 바탕으로 연륙교 건설 전·후의 교통수요곡선은 다음과 같이 표현할 수 있다.7)



<그림 II- 3> 교통비용 감소로 인한 편익(불편비용 포함)

IC의 영향을 받은 사후 수요는  $X_1^0$  에서  $X_1^1$  대신  $X_1^{1C}$  가 된다. 이로 인해 기존 편익 이외에 빗금친 부분의 면적이 추가되어 편익이 산정된다.

7) 주 : Brathen(2001), Essays on economic appraisal of transport infrastructure - Examples from aviation and fixed ford links.

Barthen and Hervik(1997)에서는 위와 같이 불편비용을 정의한 후 노르웨이의 5개 연륙교를 대상으로 불편비용 감소 편익을 산정하였다. 그 결과 불편비용이 CBA 결과에 대해 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 5개 사업에 대해 연륙교 개통 10년 후 자료로 분석한 결과 IC를 포함할 때와 하지 않을 때 편익의 차이가 발생하였다. 차 한 대 당 불편비용은 -1.3 USD에서 +5.2 USD로 통행시간가치의 최대 60%인 것으로 분석되었다.

<표 II- 5> 불편비용 및 불편비용 포함 시 편익

사업명	시행 전 IC 미포함시 사회적 편익(백만달러)	시행 후 IC 포함시 사회적 편익(백만달러)	IC/Vehicle (달러)	IC 포함 시 총 편익 증감 (%)	가격 탄력성( $t_{95\%}$ )
Alesund (1987)	0	-56	-1.3	-25.5	-0.88 (-2.89)
Molde (1991)	22	38	2.7	+30.2	-0.90 (-4.09)
Kristiansund (1992)	0	54	5.2	+39.2	-0.79 (-4.86)
Bergen (1993)	67	168	3.4	+60.5	-0.75 (-2.86)
Helgeland (1991)	-9	-3	1.7	+19.0	-0.81 (-3.52)

수요곡선의 전환으로 인해 사후 분석 시 명확하게 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났고, 총 편익은 모든 사업에서 19~60% 증가(Alesund 사업은 총 편익 25% 감소)하는 것으로 나타났다. 이는 IC가 사회경제적 후생에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

위의 연구를 기초로 하여 노르웨이 평가 지침(2004년 update)에서는

바다를 통과하거나 섬을 연결하는 페리에 대해 불편비용을 포함하여 분석하도록 하였다. 그리고 페리를 유형/차종별로 구분하여 불편비용가치를 산정하였다.

페리의 유형은 페리가 직접적으로 도심과 연결될 경우, 운행횟수가 현저히 작을 경우, 그 외 기타로 구분하였다. 각 유형별로 승용차와 화물차에 대해 불편비용을 통행시간으로 전환했을 때의 값과 그에 따른 비용을 산정하여 제시하였다.

<표 II- 6> fixed link에 대한 노르웨이의 불편비용(시간절감과 비용으로 전환)

페리 유형		차량유형 및 통행 목적		
		승용차		화물차
		업무	비업무	
페리가 도심과 직접적으로 연결되어 있는 경우 (예 : CBD를 걸어서 갈 수 있는 거리)	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	2.2	4.4	15.6
	불편비용 (2002년 기준)	£ 0.96	£ 0.33	£ 2.65
기타 페리	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	6.9	13.8	18.8
	불편비용 (2002년 기준)	£ 3.03	£ 1.05	£ 3.18
높은 의존도/ 운행 횟수가 작은 페리	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	10.3	20.6	28.1
	불편비용 (2002년 기준)	£ 4.54	£ 1.57	£ 4.77

자료 : DHC(2007), Evaluation of the Economic and Social Impacts of the Skye Bridge.

DHC(2007)는 Loch Alsh와 Isle of Skye를 연결하는 skye bridge에 대한 사회경제적 영향 연구에서 불편비용 감소 편익을 고려하였다.

2006년의 이용자 편익을 산출한 결과 페리를 이용할 때 보다 약 £12 million(2006년 기준)의 편익이 발생한 것으로 조사되었다. 이 중 불편비용 감소 편익은 약 £1.5 million로 전체 편익의 약 13%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 II- 7> Skye Bridge 사용자 편익(2006년)

항목	편익 (£000)
요금 감소 편익	6,067
통행시간 감소 편익	4,688
불편비용 감소 편익	1,541
차량 운행비용 감소 편익	(80)
합계	12,216

Laird(2008)는 Bernery causeway와 Sound of Harris ferry에 대해 Scheduling benefit를 산정하였다. 그 결과 Scheduling benefit이 전체 편익의 약 36%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 II- 8> Bernery causeway와 Sound of Harris ferry의 편익(2000년)

구분	Bernery Traffic	Sound of Harris Traffic	Total traffic
<b>통행 및 운행비용 절감</b>			
통행시간 절감	£51,000	£80,000	£131,000
요금 절감	£75,000	£0	£75,000
차량운행비용 절감	£0	-£6,000	-£6,000
<b>통행 및 운행비용 절감 편익 합계</b>	<b>£126,000</b>	<b>£74,000</b>	<b>£200,000</b>
<b>Scheduling benefits</b>			
대기시간(통행시간 절감과 중복)	-£18,000	£0	-£18,000
Scheduling benefits(주민)	£49,000	£10,000	£90,000
Scheduling benefits(그 외)	£31,000		
<b>Scheduling benefits 합계</b>	<b>£62,000</b>	<b>£10,000</b>	<b>£72,000</b>
<b>총 합계</b>	<b>£188,000</b>	<b>£84,000</b>	<b>£272,000</b>
<b>통행 및 운행비용 절감 편익 대비 Scheduling benefits 비율</b>	<b>49%</b>	<b>14%</b>	<b>36%</b>

주 : 1996년 가격 기준임

## 2. 사후 사회·경제적 평가

해외에서는 해저터널이나 해상교량과 같이 규모가 큰 인프라 사업들에 대해서 건설 전 예측 교통량과 개통 후 실제 교통량을 비교하고 평가하는 사후 사회경제적 분석(Ex post socio-economic assessment)이 활발하게 이루어지고 있다.

Anguera(2006)는 채널터널의 사후 경제적 평가를 통해 해저터널 건설 전 예측 교통량과 완공 후 실제 교통량을 비교하고 평가하였다. 1987~2003년까지 사후 비용편익분석 결과 총 비용이 총 할인편익보다 큰 것으로 나타났다. 이는 추정치에 비해 높게 소요된 비용과 경쟁 수단에 대한 간과로 예측교통량보다 실제 교통량이 적었기 때문인 것으로 분석되었다.

Rich(2013)는 덴마크와 스웨덴을 잇는 Oresund Bridge에 대해 사후 사회·경제적 분석을 하였다. 기본 시나리오(Medium growth)는 연간 성장률 5%, 장기 성장률 1.8% 가정하였고, 이보다 더 비관적인 시나리오(No growth)는 연간 성장률 2%, 장기 성장률 1%로 가정하였다. 시나리오 분석 결과 기본 시나리오(Medium growth)일 때 B/C가 2.2인 것으로 나타났고(2000년 가격 기준, 분석기간은 2000~2050년까지 50년), 비관적 시나리오(No growth)일 경우에도 B/C는 1.4로 1이 넘는 것으로 분석되었다. Oresund Bridge가 Channel Tunnel이나 Great Belt Bridge에 비해 성공적으로 운영될 수 있는 요인으로는 상대적으로 거리가 짧아 Channel Tunnel처럼 승객이나 화물을 항공으로 빼앗길 염려가 적었고, 사업이 완료될 때까지 외부의 영향이 작았다. 또한, 큰 노동 시장의 효과가 있었기 때문으로 분석되었다.

<표 II- 9> Oresund Bridge 비용편익분석(2000~2050년)\*

단위 : DKK(2000년 가격)

구분	Medium growth	Low growth	No growth
총 비용	-76,775	-77,836	-79,382
총 수익	76,297	59,387	51,656
총 편익	91,929	52,438	34,952
NPV	91,450	52,438	34,952
B/C	2.2	1.7	1.4
IRR	9%	7%	6%

주 : 할인율 3.5%를 적용함.

## 제3절 국내·외 연구의 시사점 및 연구 방향

### 1. 국내·외 연구의 시사점

국내외 연구 검토 결과 연륙교 및 연도교의 건설 사업은 일반도로와 다른 특성을 지니고 있고 이를 반영해야하는 필요성에 대해 대체적으로 공감하고 있다.

국내에서 연륙교 건설사업의 타당성을 평가할 때 유발수요를 반영하여 수요를 추정하고 이를 통행시간 절감 편익과 운행비용 절감 편익에 반영하고 있다. 또한, 운행비용 절감 편익은 사업 미시행시 선박 운행비용을 포함하여 편익을 추정하고 있다. 신공항 건설 경제성 분석에서는 타당성 지침에 포함되어 있지 않은 결항률 감소 편익을 추정하여 반영한 사례도 있다.

국외 연구 검토 결과 스칸디나비아 반도의 나라들 중에서 노르웨이만이 연륙교나 연도교 건설 편익 산정 시 불편비용 감소 편익을 고려하는 것으로 나타났다. 하지만 스코틀랜드나 잉글랜드 등에서도 정식 지침에는 없지만 사례 분석을 통해 불편비용 감소 편익에 대한 논의가 꾸준히 있는 것으로 나타났다.

이와 더불어 영국, 덴마크 등 유럽지역에서는 연륙교 및 연도교, 해저 터널 등 규모가 큰 인프라 사업을 한 후 일정기간 모니터링을 통해 개통 전 예측 교통량과 실제 교통량을 비교하고 편익을 재산정하는 사후 경제성 분석이 이루어지고 있다.



## 2. 연구 방향

연륙교 건설에 따른 효과는 다음과 같다.

첫째, 자기가 원하는 시간에 통행을 할 수 있게 된다. 연륙교가 건설되기 전 육지와 섬을 통행하기 위해서는 배의 정해진 운항시간에 맞춰서만 통행이 가능했다. 하지만 연륙교가 건설되면 배의 운항시간에 맞출 필요 없이 자신이 원하는 시간에 통행 할 수 있게 된다. 특히, 페리는 안전상의 이유로 밤과 새벽시간에 운항을 중지한다. 그러나 연륙교가 건설되면 시간에 구애받지 않고 자신이 원하는 시간에 통행할 수 있게 된다. 즉, 통행가능 시간이 확장되는 것이다.

둘째, 통행의 불확실성이 없어진다. 연륙교 건설 전 페리로 통행 시 자신의 총 통행시간에 대한 불확실성이 존재한다. 예를 들어 자신이 원하는 시간에 도착하기 위해서는 페리의 운항시간, 대기시간 등 많은 요소들을 고려해야한다. 그러나 연륙교가 건설되면 위의 불확실성이 사라지고 자신의 일정에 맞춰서 자유롭게 통행을 할 수 있게 된다.

지금까지의 연륙교에 대한 편익 추정은 기존의 예비타당성 조사 지침에서 제시한 4가지 편익 항목에 대해서만 산정하고 있다. 이로 인해 연륙교의 큰 장점인 통행시간대의 확장(24시간 내내 통행 가능)과 통행의 불확실성 감소에 대한 편익을 반영하지 못하고 있다. 또한, 연륙교 개통 전의 통행량과 개통 후의 통행량을 비교분석하는 사후 비용편익분석을 수행되지 않아 연륙교 건설의 실제 효과에 대한 연구가 부족하다.

따라서 본 연구에서는 연륙교 개통 후 실제 교통량 자료를 바탕으로 기존의 편익 항목 이외에 통행의 유연성(24시간 내내 통행이 가능하고 페리의 운항 간격에 상관없이 통행이 가능)을 추가적으로 고려한 사후 비용편익분석을 수행한다.

## 제3장 연륙교의 사후 비용편익분석 방법론 정립

### 제1절 방법론의 개요

도로사업 시행에 따른 편익 항목은 직접편익과 간접편익으로 나눈다. 직접편익이란 교통시설을 이용하는 교통주체들이 도로사업 시행과 관련하여 직접적으로 얻게 되는 편익인 반면, 간접편익은 도로사업 시행으로 인해 비이용자들이 얻게 되는 파급효과이다.

<표 III- 1> 도로사업 시행에 따른 편익항목

구 분	편익항목
직접편익	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차량운행비용 절감</li> <li>• 통행시간 절감</li> <li>• 교통사고 감소</li> <li>• 쾌적성 증가, 정시성 향상, 안정성 향상 등*</li> </ul>
간접편익	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경비용 절감</li> <li>• 지역개발 효과*</li> <li>• 시장권의 확대*</li> <li>• 지역 산업구조 개편*</li> </ul>

주 : \*는 실제 경제성분석의 편익에는 계량화하여 반영하지 못한 항목임.

교통사업의 경제성 평가는 관련 지침<sup>8)</sup>에 따라 차량운행비용 절감, 통행시간비용 절감, 교통사고비용 절감, 환경비용(대기오염비용 및 소음비

8) 한국개발연구원(2008), 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판).

용을 모두 포함함) 절감의 4가지 항목에 대해 편익을 산출하고 있다.

본 연구에서는 지침에서 제시한 4가지 편익 항목에 연륙교의 특수성을 반영할 수 있는 불편비용 감소 편익을 추가하여 편익을 산출한 후 비용편익분석을 수행한다.

<표 III- 2> 예비타당성조사와 본 연구의 편익 항목 비교

구분	예비타당성조사	본 연구
편익항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운행비용 절감</li> <li>• 통행시간 절감</li> <li>• 교통사고 감소</li> <li>• 환경비용 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운행비용 절감</li> <li>• 통행시간 절감</li> <li>• 교통사고 감소</li> <li>• 환경비용 절감</li> <li>• 불편비용 감소</li> </ul>

운행비용 절감 편익은 연륙교 건설 전 페리를 이용하여 통행할 때 소요되는 선박비용과 연륙교 건설 후 차량으로 이동할 때 소요되는 운행비용의 차이로 산출한다. 통행시간 절감 편익은 연륙교 건설 전 페리를 이용하여 통행할 때 소요되는 시간(대기시간, 승선시간, 소요시간, 하선시간)과 연륙교 건설 후 차량으로 이동할 때 소요되는 시간의 차이를 바탕으로 산출한다. 환경비용 절감 편익은 연륙교 건설 전 페리를 이용하여 통행할 때 발생하는 환경비용과 연륙교 건설 후 차량으로 이동할 때 발생하는 환경비용의 차이로 산출한다. 교통사고 감소 편익은 연륙교 건설 후 소요되는 통행시간 및 통행속도, 교통량의 자료를 바탕으로 편익을 산출한다. 불편비용 감소 편익은 연륙교 개통에 따른 통행의 유연성(24시간 내내 통행이 가능하고 페리의 운항 간격에 상관없이 통행이 가능)에 대한 가치와 교통량을 바탕으로 편익을 산출한다. 여기서 연간 편익은 1일 편익에 365를 곱하여 산출하였다.

## 제2절 편익의 산정

### 1. 통행시간 절감 편익

연륙교 건설로 인해 페리를 이용하여 통행하던 사람들이 다리를 이용하여 통행할 수 있게 됨으로써 통행시간이 감소하게 된다.

사업 미시행시와 시행시에 대하여 수단별로 산출된 통행시간에 각기 다른 시간가치를 적용하여 총 통행시간 비용을 산출하고 차액을 통행시간 절감 편익으로 산정하였다.

분석 각 년도의 통행시간 절감 편익(VOTS) 계산식은 유발수요를 고려한 소비자잉여의 증가분 편익을 추가로 산정하였고, 유발수요를 고려한 통행시간 절감 편익 계산식은 다음과 같다.

$$VOTS = \sum_{i=1}^3 [Trip_{donot_i} \times (T_{ferry_i} - T_{bridge_i})] \times VT_i$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 [(Trip_{do_i} - Trip_{donot_i})(T_{ferry_i} - T_{bridge_i})] \times VT_i$$

여기서,  $Trip_{donot_i}$  : 미시행 시 차종별 통행량(유발수요 미반영)  
 $Trip_{do_i}$  : 미시행 시 차종별 통행량(유발수요 반영)  
 $T_{ferry_i}$  : 사업 미시행시 여객선 통행시간  
 $T_{bridge_i}$  : 사업 시행시 압해대교 통행시간  
 $VT_i$  : 차종 i의 평균통행시간가치(원/시·통행)  
*i* : 차종(승용차=1, 버스=2, 트럭=3)

$T_{ferry}$ 는 연륙교 건설 전 페리를 이용하여 통행 할 때 소요되는 시간을 나타낸다. 페리의 통행시간은 대기시간, 승선시간, 탑승시간, 하선시간

으로 구분하여 산정한다.

$$T_{ferry} = WT_{ma} + BT_{ma} + TT_{ma} + LT_{ma}$$

여기서,  $WT_{ma}$  : 페리를 타기 위한 대기시간  
 $BT_{ma}$  : 페리에 타는 승선시간  
 $TT_{ma}$  : 페리 타고 이동하는 탑승시간  
 $LT_{ma}$  : 페리에서 내리는 하선시간

$T_{bridge}$ 는 사업 시행 후 연륙교가 건설되고 나서 통행할 때 소요되는 시간으로 다리의 길이와 주행속도를 바탕으로 산정한다.

$$T_{bridge} = L/V$$

여기서,  $L$  : 연륙교 길이  
 $V$  : 통행속도

$T_{ferry}$ 와  $T_{bridge}$ 의 소요시간을 바탕으로 연륙교 개통으로 인한 통행시간 절감 편익을 산정하였다.

본 연구에서 적용한 차종별 차량 1대당 평균 통행시간가치는 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』의 통행시간가치에 전국권 재차인원의 업무 및 비업무 통행목적별 비율을 적용하여 수단별 통행시간가치를 재산정하였다.

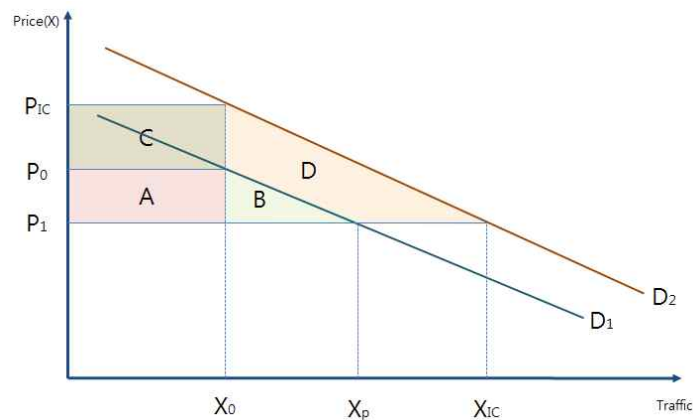
차종별 차량 1대당 통행시간가치를 산정한 결과 2008년 기준 승용차 1대당 평균 시간가치는 15,691원/대·시간, 버스는 61,298원/대·시간, 화물차는 17,346원/대·시간으로 산정되었다.

<표 III- 3> 승용차, 버스, 화물차의 평균 통행시간 가치(2008년 기준)

구분	승용차		버스		화물차	
	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무
재차인원(인)	0.44	1.11	2.35	7.63	1	0
시간가치(원)	18,626	6,091	10,228(1인) 18,626 (1.35인)	3,036	16,571	-
시간가치(원/대·시)	8,245	6,744	35,401	23,161	16,571	
평균시간가치(원/대)	14,990		58,561		16,571	
2008년 기준(원/대)	15,691		61,298		17,346	

## 2. 불편비용 감소 편익

교통시설사업의 시행에 따른 불편비용 감소 편익은 연륙교 건설로 추가적인 대기시간이 감소하고 통행시간대의 자유로움으로 인해 발생하는 편익이다. 즉, 페리와 같이 통행에 제약이 있는 상황에서 연륙교가 건설됨으로써 24시간 통행이 가능해지고 페리의 운항간격에 맞춰 이동할 필요가 없게 되어 발생하는 편익을 말한다.



<그림 III- 1> 불편비용 감소 비용 포함 시 편익

<그림 III- 1>에서와 같이 현재 교통량은  $X_0$ , 연륙교 개통 후 예측 교통량은  $X_p$ 이다. 그리고 통행비용은  $P_0$ 에서  $P_1$ 으로 감소하게 되고 통행 시간 절감 편익은  $A+B$ 가 된다. 그러나 실제 교통량은  $X_{IC}$ 가 관측되고 이로 인해 수요곡선은  $D_1$ 에서  $D_2$ 로 이동하게 된다. 따라서 수요곡선  $D_2$ 와 현재교통량  $X_0$ 가 만나는 지점에서  $P_{IC}$ 가 형성되고,  $P_{IC}$ 와  $P_0$ 의 차이가 불편비용인 것이다. 따라서 불편비용 감소 편익 고려 시 현재 편익 산정방식에서 고려하지 못한 C와 D부분까지 편익이 확장된다.

불편비용 감소 편익은 각 수단별 불편비용을 산정한 후 연륙교 개통 전·후 발생하는 각 수단별 통행량을 바탕으로 산출한다.

불편비용 감소 편익은 연륙교를 통행하는 차종 중 승용차와 화물차는 발생하고 버스는 발생하는 않는다. 버스가 불편비용 감소 편익이 없는 이유는 연륙교를 통행하는 버스는 대부분 시내버스나 시외버스인데 이 버스들은 대중교통으로 페리와 마찬가지로 일정한 운행간격이 존재하고 운행시간의 제약이 있다. 따라서 통행이 페리에서 버스로 전환되더라도 통행의 유연성(운행 시간과 간격에 영향을 받지 않고 24시간 내내 자유롭게 통행 가능)이 없기 때문에 불편비용 감소 편익이 발생하지 않는다.

차종별 불편비용 원단위는 DHC(2007)에서 정리한 노르웨이 도로 평가 편람의 불편비용을 이용하여 산출하였다.

<표 III- 4> fixed link에 대한 노르웨이 불편 비용(시간절감과 비용으로 전환)

페리 유형		차량유형 및 통행 목적		
		승용차		화물차
		업무	비업무	
페리가 도심과 직접적으로 연결되어 있는 경우 (예 : CBD를 걸어서 갈 수 있는 거리)	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	2.2	4.4	15.6
	불편비용 (2002년 기준)	£ 0.96	£ 0.33	£ 2.65
기타 페리	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	6.9	13.8	18.8
	불편비용 (2002년 기준)	£ 3.03	£ 1.05	£ 3.18
높은 의존도/ 운행 횟수가 작은 페리	불편비용을 통행시간절감으로 전환시(분)	10.3	20.6	28.1
	불편비용 (2002년 기준)	£ 4.54	£ 1.57	£ 4.77

자료 : DHC(2007), Evaluation of the Economic and Social Impacts of the Skye Bridge.

페리의 유형은 도심부로 걸어갈 수 있는 거리에 접한 경우, 매우 의존적이거나 운행 횟수가 적은 경우, 기타로 구분할 수 있다. 페리의 운행 간격, 항구와 도심과의 거리 등을 고려할 때 국내 여건상 기타페리의 값을 사용하는 것이 가장 적절하다고 판단된다. 따라서 기타페리를 기준으로 불편비용을 통행시간으로 환산한 값(승용차 업무통행은 6.9분, 승용차 비업무 통행은 13.8분, 화물차는 18.8분)을 적용하여 차종별 불편비용을 산정하였다. 불편비용 가치를 산정한 결과 승용차는 2,614원/대, 화물차는 5,435원/대로 나타났다.



<표 III- 5> 연륙교의 불편비용 감소 편익(2008년 기준)

구분	승용차		화물차	
	업무	비업무	업무	비업무
재차인원(인)	0.44	1.11	1	0
시간가치(원)	18,626	6,091	5,192	-
불편비용 통행시간 환산(분)	6.9	13.8	18.8	
불편비용(원/대)	2,498		5,192	
2008년 기준(원/대)	2,614		5,435	

### 3. 운행비용 절감 편익

운행비용은 분석 대상 링크의 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 운행비용 원단위를 적용하여 산출한다. 본 연구에서는 유발 수요를 고려하여 사업 시행 후의 통행량을 바탕으로 운행비용을 산출하였다.

연륙교 건설사업의 경우 사업 미시행시 통행이 해상교통수단으로 이루어지기 때문에 해상노선에 대해서는 차량운행비용이 발생하지 않는다. 그러나 연륙교 개통으로 해상교통수단이 사라지기 때문에 페리 운항비용이 발생하지 않는다. 따라서 이를 고려하여 운행비용 절감 편익을 산출하였다.

$$VOCS = (VOC_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}) + \text{페리 운항비용}$$

여기서,  $VOC = \sum_I \sum_{k=1}^3 (D_{kl} \times VT_k \times 365)$

- $D_{kl}$  : 링크  $l$ 의 차종별 대·km
- $VT_k$  : 해당속도에 따른 차종별 차량운행비용
- $k$  : 차종(1 : 승용차, 2 : 버스, 3 : 화물차)

『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서는 해상 선박에 대한 운항비용 산출방법이 있지 않기 때문에 이에 대한 별도의 페리 운항비용 산정이 요구된다.

페리 운항비용은 강화 교동도 연륙교 건설사업 예비타당성조사<sup>9)</sup>를 토대로 산정하였다. 위의 조사에서 페리 운항비용 산정 내용을 살펴보면, 해상선박(여객선, 도선)의 경우 운항비의 20% 정도가 유류비이며 해상항로를 1km 운행하는데 소요되는 유류비는 20ℓ로 보았다. 이 자료를 토대로 1일 평균 출항 횟수에 해상항로 운행거리 및 유류비를 곱한 값을 기준으로 페리 운항비용을 산출하였다.

$$AFC = (D \times U \times FC) \times 365$$

- 여기서,  $AFC$  : 총 유류비  
 $D$  : 하루 운행 횟수  
 $U$  : 소모연료  
 $FC$  : 유류비

이렇게 산정된 총 유류비는 총 운항비용의 약 20%로 가정하고 이를 바탕으로 선박의 전체 운항비용을 산정하였다.

9) 한국개발연구원(2004), 강화 교동교 연륙교 건설사업 예비타당성조사.

#### 4. 사고비용 절감 편익

교통사고비용은 교통사고로 발생한 모든 경제적 손실을 화폐가치로 환산한 것으로 경제적 손실은 개인에게 발생하는 손실 이외에 사회 전체에서 발생하는 손실까지 포함된 개념이다. 따라서 직접적인 손실비용, 교통사고처리비용, PGS 비용이 교통사고비용이라고 말할 수 있다.

연륙교 사업에 대한 사고 비용은 연륙교 개통 전 페리가 운항할 때의 사고비용과 연륙교 개통 후 차량이 통행함에 따라 발생하는 사고 비용으로 구분할 수 있다. 연륙교 건설 전 페리가 운항할 때의 사고비용은 지침상 산정방식이 있지 않기 때문에 이를 추정하는 것은 거의 불가능하다. 또한, 연안 해상로의 선박사고와 인명사고가 거의 없기 때문에 본 연구에서는 연륙교 개통 전 페리 운항의 사고비용은 없는 것으로 가정한다.

연륙교 개통 후 사고비용 절감 편익을 추정하기 위해 도로 유형별·사고 유형별로 가치를 산정하였다.

$$VICs = VIC_{\text{사업미시행}} - VIC_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VIT = \sum_{t=1}^3 \sum_{s=1}^2 (A_{ts} \times P_s \times VL_{ts})$$

$A_{ts}$  : 도로유형별·사고유형별 백만-km당 교통사고건수

$P_s$  : 사고유형별 사고비용

$VL_t$  : 연간 도로유형별 운행거리(백만-km)

$t$  : 도로유형 (1: 고속도로, 2: 국도, 3: 지방도)

$s$  : 사고유형 (1: 사망, 2: 부상)

도로 유형에 따라 사상자의 수가 상이함에 따라 도로유형에 맞는 1억 대·km당 사망자수 및 부상자수를 적용하였다.

<표 III- 6> 도로유형별 교통사고 사상자수

구 분	km당 사고건수	1억대 - km당 사망자수	1억대 - km당 부상자수
고속도로	1.09	0.79	16.97
일반국도	2.49	3.11	107.27
지 방 도	0.94	2.40	73.61

자료 : 경찰청(2008), 교통사고통계.  
 건설교통부(2008), 2007년 도로교통량 통계연보.

사고 유형에 따라 경제적 손실이 다르므로 사고 유형별 교통사고 비용 원단위를 적용하였다. 직접적인 손실비용을 포함한 사상자 1인당 비용을 소비자물가지수를 이용하여 2008년 기준으로 환산하면 사망 약 5억5천만원, 부상 약 2천3백만원에 이른다.

사상자 수에 사상자 1명당 교통사고비용을 곱하여 대 · km당 사고비용(원)을 산출한 후 교통사고비용 절감 편익을 산정한다.

<표 III- 7> 사고 건당 및 사상자당 교통사고 비용 (2008년 기준)

(단위: 만원)

구 분		사망	부상
사상자 1명당	PGS 제외	43,915	543
	PGS 포함	55,220	2,257
사고 1건당	PGS 제외	2,717	
	PGS 포함	4,354	

주 1 : PGS 제외 비용 = 순평균비용(위자료, 장례비, 생산손실비, 의료비 및 기타)+교통경찰비용+보험행정비용.

주 2 : 사고 1건당 및 PGS 비용은 2005년 기준비용에 소비자물가지수(1.0488)를 적용하여 2007년 기준으로 보정한 금액임.

주 3 : 부상의 경우에는 PGS 비용 중 가중평균 값을 적용.

자료: 도로교통공단(2008), 07. 도로교통사고비용의 추계와 평가.

한국교통연구원(2007), 2005년 교통사고비용 추정.

## 5. 환경비용 절감 편익

교통시설사업 시행의 환경비용은 다음의 단계를 거쳐서 산정한다. 우선, 자동차 및 그 외 교통수단으로 인해 발생하는 오염물질별 배출계수를 산정한 후 오염물질 단위 당 환경피해비용을 산출한다. 사업시행으로 인한 오염물질 배출량의 변화를 산정하고, 오염물질별 환경피해비용 원단위를 곱하여 화폐 가치화한다.

본 연구의 대상지역은 연륙교로써 해상에 건설되기 때문에 인근에 주거지역이나 상업시설과 같이 사람이 거주하거나 활동하는 시설이 존재하지 않는다. 따라서 자동차 주행 및 페리 운항 시 배출되는 오염물질과 발생하는 소음은 해상으로 사라지기 때문에 이로 인해 영향을 받는 시민들은 없다. 이에 따라 본 연구에서는 연륙교 건설로 인한 대기오염 절감 편익 중 오염물질 배출에 의한 편익과 소음 절감 편익은 산정하지 않는다.

다만, 온실가스는 지구 온난화에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 고려는 필요하다. 본 연구에서는 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서 제시한 환경비용 절감 편익 중 대기오염 절감 편익의  $CO_2$ 에 대해서만 편익을 산정한다.

연륙교 개통 전 페리 운항에 의해 발생하는 온실가스 배출량과 연륙교 개통 후 자동차 통행에 의해 발생하는 온실가스 배출량을 산정하여 그 차이를 바탕으로 환경비용 절감 편익을 산정한다.

페리 운항 시 발생하는 온실가스 배출량은 한국환경공단(2012)에서 제시한 Tier 2 방식으로 산정한다.

$$Emission = \sum_i (Fuel_i \times EF_i)$$

여기서, *Emission* : 배출량(kg)  
*Fuel* : 연료 종류 i의 에너지 양(TJ)  
*EF* : 배출계수(kg/TJ)  
*i* : 연료의 종류

<표 III- 8> CO2 배출계수

연료	CO2(kg/TJ)	
	기본값	국내값
가솔린	69,300	72,233
등유	71,900	71,500
경유	74,100	72,600
B-A유		74,067
B-B유	77,400	75,167
B-C유		75,900
. . .	. . .	. . .

자료 : 한국환경공단(2012), 지자체 온실가스 배출량 산정지침(Ver 3.0).

위의 산정식에 의해 계산된 온실가스 배출량과 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서 제시한 대기오염비용 원단위를 고려하여 페리 운항에 따른 온실가스 배출 비용을 산정한다.

<표 III- 9> 대기오염비용 원단위(2008년 기준)

오염물질	(단위: 원/kg)				
	CO	HC	NOx	PM	CO2
비용	8,245	9,563	9,920	32,387	44.4

주 1 : CO2의 대기오염비용 원단위는 철도청(2003)의 철도투자 평가편람 에서 제시된 수치를 적용함.  
 자료: 한국개발연구원(2008), 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

연륙교 개통 후 환경비용은 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서 제시한 차종별·속도별  $CO_2$  비용을 바탕으로 산정한다.

<표 III- 10> 차종별·속도별  $CO_2$  원단위(2008년 기준)

(단위: 원/km)

속 도	승용차	소형버스	중형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	16.14	16.83	21.40	44.87	18.34	27.98	133.26
20	10.91	11.54	16.47	34.95	12.42	22.96	101.71
30	8.69	9.33	12.60	30.20	9.89	18.80	86.85
40	7.39	8.16	9.79	27.23	8.50	15.52	77.63
50	6.52	7.41	8.04	25.12	7.87	13.11	71.17
60	5.88	7.10	7.35		7.63	11.58	66.28
70	5.39	7.20	7.72		7.78	10.93	62.42
80	5.00	7.73	9.15		8.33	11.14	59.25
90	4.68	8.68	11.65		9.26	12.22	56.59
100	4.41	10.07	15.20		10.59	14.17	54.32

주: 대형버스는 시내버스를 의미하며, 시내버스 이외의 대형버스는 대형트럭의 배출계수 적용함.  
 자료: 한국개발연구원(2008), 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

본 연구에서는 연륙교 개통 전 페리 운항 시 발생하는  $CO_2$  비용과 연륙교 개통 후 자동차에 의해 발생하는  $CO_2$  비용의 차이를 환경비용 절감 편익으로 산정하였다.

### 제3절 비용의 산정

비용은 공사비와 유지관리비, 잔존가치 등으로 구분할 수 있다. 공사비는 대상 연륙교의 총공사비용을 적용한다.

유지관리비는 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서 국도 및 지방도로 등 간선급 무료도로의 경우 고속도로 기준의 평균 25%, 도시지역 도로는 통행량 등을 감안하여 35% 수준으로 적용하는 것을 원칙으로 하고 있다. 유지관리비 산정을 위해 2003년 기준단가에 건설공사비지수 1.33을 적용하여 2008년 기준의 표준유지관리비를 산정한다. 본 사업노선이 지방도임을 감안하여 표준유지관리비의 25%를 적용한다.

<표 III- 11> 유지관리비 산정결과

(단위: 억원)

구분	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
유지관리비	0.62	0.74	0.88	1.04	1.24	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5
구분	11년	12년	13년	14년	15년	16년	17년	18년	19년	20년
유지관리비	2.89	3.26	3.65	4.05	4.44	4.8	5.2	5.6	6	6.3
구분	21년	22년	23년	24년	25년	26년	27년	28년	29년	30년
유지관리비	6.58	6.84	7.09	7.3	7.49	7.7	7.8	7.9	8	8.1

주: 연륙교는 지방도로로, 고속도로 유지관리비의 25%를 기본으로 적용함.

또한, 도로사업의 경우 용지보상비 중 용지구입비에 대해서는 잔존가치를 고려해야한다. 연륙교 건설의 경우 교량은 잔존가치가 없지만 접속도로 등은 용지보상비가 있기 때문에 잔존가치가 발생한다. 따라서 용지보상비가 발생하는 도로에 대해서는 잔존가치를 추가적으로 고려하여 비용을 산정한다.



## 제4절 비용편익 비율의 산정

경제적 타당성을 평가하기 위한 비용편익 비율은 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율을 말한다. 즉, 발생하는 비용과 편익을 현재가치로 환산해서 편익을 비용으로 나눈 것이 비용편익분석(B/C)이다. 일반적으로 편익·비용비율이 1보다 같거나 큰 경우 경제적 타당성이 있다고 판단할 수 있다.

$$\text{편익} \cdot \text{비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서,  $B_t$  : 편익의 현재가치  
 $C_t$  : 비용의 현재가치  
 $r$  :  $r$   
 $n$  : 교통사업의 내구년도(분석년도)

## 제4장 자료의 구축

### 제1절 연구대상 연륙교의 선정

현재 전국적으로 연륙교 37개소, 연도교 28개소가 있다.

<표 IV- 1> 전국 연륙교 현황

도서명	구분				연장(M)	폭원(M)
	교량명	노선명	위치	준공년도		
안면도	안면연륙교	군도	충남 태안	1970	208.3	7.5
	안면대교	일반국도 77	충남 태안	1997	300	10.5
남해도	남해대교	일반국도 19	경남 남해	1973	660	12
영도	부산대교	광역시도	부산 영도	1980	694.3	20.3
	남항대교	특별,광역시도	부산 영도	2008	1,941	25.6
	영도대교	특별,광역시도	부산 영도	2013	214.8	25.3
돌산도	돌산대교	일반국도 17	전남 여수	1984	450	11.7
	거북선대교	일반국도 17	전남 여수	2012	744	18
진도	진도대교	일반국도 18	전남 진도	1984	484	11.7
	제2진도대교	일반국도 18	전남 진도	2006	484	12.5
저도	(구)저도연륙교	시도	경남 창원	1987	170	3
	저도연륙교	시도	경남 창원	2004	182	13
비토도	비토교	지방도 1005	경남 사천	1992	270	8
신진도	신진대교	지방도 603	충남 태안	1993	620	12
나로도	나로1대교	일반국도 15	전남 고흥	1994	380	10
미륵도	총무교	시도	경남 통영	1994	152	10
	통영대교	시도	경남 통영	1998	591	20.7
태인도	태인대교	일반국도 2	전남 광양	1994	600	22
	섬진대교	일반국도 59	전남 광양	1995	700.4	18.5

자료 : 국토교통부 통계누리(<https://stat.molit.go.kr>)

<표계속>

도서명	교량명	구분			연장(M)	폭원(M)
		노선명	위치	준공년도		
강화도	강화대교	일반국도 48	인천 강화	1997	780	19.5
	초지대교	국가지원지방도 84	인천 강화	2003	1,200	17.6
거제도	신거제대교	일반국도 14	경남 통영	1999	940	20
달도	남창교	일반국도 13	전남 완도	1999	180.2	20
영종도	영종대교	고속국도 130	인천 중구	2000	4,420	41
	인천대교	고속국도 110	인천 중구	2009	11,856	33.4
모개도	삼천포대교	일반국도 3	경남 사천	2003	436	15
지죽도	지죽대교	군도	전남 고흥	2003	440	9
백야도	백야대교	일반국도 77	전남 여수	2005	325	12
소당도	길호대교	시도	전남 광양	2005	640	30
고금도	고금대교	일반국도 77	전남 완도	2007	760	13.5
소록도	소록대교	일반국도 27	전남 고흥	2008	1,160	12.7
압해도	압해대교	일반국도 2	전남 신안	2008	1,420	21.4
	김대중대교	일반국도 77	전남 신안	2013	925	
놀차도	가덕대교	국가지원지방도 58	부산 강서	2010	1,120	21
	놀차대교	국가지원지방도 58	부산 강서	2011	1,020	21
고하도	목포대교	일반국도 1	전남 목포	2013	3,060	14
묘도	묘도대교	시도	전남 여수	2013	1,945	29.1

<표 IV - 1>의 연륙교 중 대상 지역을 선정하기 위해서는 다음과 같은 두 가지의 기준이 필요하다.

첫째, 연륙교가 개통된 지 오래되지 않고 개통 전 통행량 자료를 구득할 수 있는 곳 이어야 한다. 현재 육지와 섬 지역을 오가는 페리의 운항 자료는 버스나 철도와 같은 다른 교통수단과 다르게 전산상으로 자료를 구축하지 않고 서류상으로 자료를 남기는 경우가 대부분이다. 따라서 그 자료들은 일정기간이 지난 후 폐기처분되기 때문에 연륙교가 개통된 지 오래된 경우 페리의 이용승객 및 이용 차량대수 자료를 구득하는데 어려움을 겪는다. 따라서 최근에 개통된 연륙교가 자료를 구득하는데 용이하다.

둘째, 대상 구간이 교통량 조사 지점이어야 한다. 가용자료인 TMS 교

통량 자료를 활용하기 위하여 상시조사지점 또는 수시조사지점 중 하나  
 여야 개통 후 교통량 자료를 구득할 수 있다.

위의 두 가지의 선정 기준을 바탕으로 페리 운항자료를 구득할 수 있  
 고 연륙교 개통 후 교통량 조사를 수행하는 곳을 대상구간으로 선정하  
 여야한다. 이 기준을 충족하는 연륙교는 전라남도에 위치하고 있는 압  
 해대교이다. 전라남도 목포시와新安군 압해면을 연결하는 연륙교인 압  
 해대교는 2008년 5월 개통되었다.

연륙교 개통 전 압해도로 통행을 하기 위해서는 목포시 북항과 압해  
 도 신장마을을 운항하는 압해농협호를 이용했다. 이 때 배를 이용하던  
 승객 및 차량대수가 기입된 압해농협호 운항일지를 활용하여 연륙교 건  
 설 전 차량대수 및 이용인원을 추정할 수 있다.

이와 더불어 압해대교는 TMS 교통량 조사지점(0201-9)으로서 2009년  
 부터 교통량 조사가 실시되고 있다. 2009~2012년까지 수시교통량 조사  
 가 시행되었고, 2013년부터는 상시교통량 조사지점으로 변경되어 교통  
 량 조사가 계속 실시되고 있다. 따라서 압해농협호의 운항일지와 TMS  
 교통량 자료를 활용하여 연륙교 건설 전·후의 통행량을 비교할 수 있다.



<그림 IV- 1> 대상 구간

## 제2절 압해대교 통행량 자료의 구축

### 1. 압해대교 개통 전·후의 통행량

#### 가. 개통 전의 통행량

연륙교가 건설되기 전 육지와 도서지역을 통행하기 위해서는 페리를 이용한 통행만이 가능했다. 목포시와 압해도를 운항했던 압해농협호는 98~110톤급의 철부선으로 승용차 기준 최대 15대까지 적재가 가능한 배이다. 총 4대의 배 중 3대가 운항을 하고 1대는 예비로 대기하고 있었다. 압해농협호는 06:20~19:00까지 20분 간격으로 운항되었고, 2007년 1월 18일부터 전국 최초로 야간 운항이 시작되어 운항시간 이외에도 하루에 3회(5:20, 20:20, 22:20) 추가운항이 이루어졌다.

본 연구에서는 압해농협호 2007년 4월의 운항일지를 바탕으로 철부선의 통행량을 추정하였다.

압해농협호의 운항일지를 분석한 결과 하루 평균 1,079대/일의 차량이 통행한 것으로 나타났다. 대부분이 승용차와 트럭이었고, 버스는 1달 동안 3회 통행을 한 것으로 조사되었다. 이는 매우 적은 횟수로 압해농협호 승선시 버스를 교통수단으로 이용하는 경우는 없을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 연륙교 개통 전 압해농협호를 탑승하기 위해 이용한 교통수단은 승용차와 트럭 2가지로 가정하였다.

<표 IV- 2> 압해농협호의 이용 차량대수

(단위 : 대/일)				
승용차	버스	소형트럭	중형트럭	합계
620	0	409	50	1,079

주 : 압해농협호 철부선 운항일지 2007년 4월 자료로 구축함.

차량을 이용하는 사람들 외에 표를 구입하여 도보로 승선한 사람은 3,189명/일이다. 압해농협호를 이용하는 승용차와 화물차의 경우 운전자 이외의 동승자는 따로 표를 구입하여 통행을 하여야 한다. 따라서 차량 대수와 도보 승선인원을 합친 값이 1일 탑승인원이 되고 이 인원은 4,268명/일인 것으로 나타났다.

배 승선인원이 이용할 수 있는 수단은 승용차, 도보, 화물차가 있다. 위에서 언급했듯이 표를 구입하고 탑승한 사람 중 승용차 동승자가 포함되어 있다. 따라서 페리에 탑승한 수단별 통행인원을 각 수단별 재차인원을 적용하여 산출하였다. 그 결과 승용차 961명, 도보 2,848명, 화물차 459명이 이용하는 것으로 분석되었다.

<표 IV- 3> 압해농협호의 접근 교통수단별 인원

(단위 : 명/일)			
승용차	도보	화물차	합계
961	2,848	459	4,268

주 1 : 압해농협호 철부선 운항일지 2007년 4월 자료로 구축함.

주 2 : 승용차는 예비타당성지침 전국권 재차인원 1.55명/대를 적용함.

## 나. 개통 후의 통행량

압해대교는 2008년 개통 후 2009년부터 교통량 조사가 시행되고 있다. 2009~2012년은 수시교통량 조사 지점으로 1년에 1~2회 조사가 시행

되었고, 2013년 이후에는 상시조사지점으로 변경되어 교통량조사가 시행되고 있다.

<표 IV - 4>의 교통량 자료를 보면 2009년 약 5,100대/일 수준에서 2013년 약 8,200대/일로 개통 초기 대비 교통량이 약 60%만큼 증가한 것을 볼 수 있다. 교통량의 구성비를 살펴보면 승용차가 70% 이상을 차지하고 있고, 소형화물차, 버스 순서로 교통량이 구성되어 있는 것을 볼 수 있다. 이 교통량을 전국권 재차인원을 이용하여 통행단위로 환산하면 2009년 약 8,100통행/일에서 2013년 12,300통행/일로 증가하였다.

2013년 통행량이 2009년 대비 50% 정도 증가한 것으로 나타났으며 2011년 이후 전체 통행량은 약 12,300~12,800통행/일 수준으로 일정하게 나타나 안정화 단계에 접어든 것으로 판단된다.

<표 IV- 4> 압해대교 TMS 교통량 자료

(단위 :대/일)

연도	계	승용차	버스	소형 화물차	중형 화물차	대형 화물차
2009	5,137	3,523	119	1,198	297	0
2010	5,748	3,104	202	2,320	122	0
2011	7,563	5,214	266	1,721	362	0
2012	8,429	5,809	103	2,135	382	0
2013	8,188	6,228	76	1,644	222	18

주 : 2009~2012년은 수시조사, 2013년은 상시조사를 시행함.

수시조사의 조사일은 다음과 같음.

2009년 : 4월 8일 화요일, 10월 27일 화요일

2010년 : 2월 24일 수요일

2011년 : 4월 28일 목요일

2012년 : 6월 26일 화요일

<표 IV- 5> 압해대교 통행량

(단위 :통행/일)

연도	승용차	버스	화물차	계
2009	5,476	1,128	1,492	8,096
2010	4,811	2,006	2,443	9,260
2011	8,091	2,645	2,078	12,814
2012	9,037	988	2,500	12,525
2013	9,653	758	1,884	12,296

주 1 : 전국권 승용차 재차인원 1.55인/대, 버스 9.98인/대 이용하여 환산함.

주 2 : 화물차는 소형, 중형, 대형을 다 합산함.

다. 개통 전·후의 통행량 비교

연륙교 개통 전·후의 통행량을 비교한 결과 통행이 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났다. 통행량 비교 결과 개통 직후인 2009년 통행량이 개통 전에 비해 약 2배 증가한 것으로 나타났고, 가장 최근 자료인 2013년과 2007년 통행량을 비교한 결과 약 3배 증가한 것으로 나타났다.

<표 IV- 6> 압해대교 개통 전·후 수단별 통행량 비교

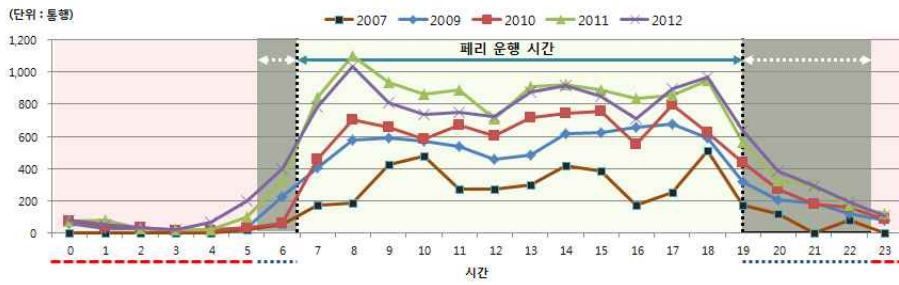
(단위 :통행/일)

구분		승용차	도보	버스	화물차	합계
연륙교 개통 전	2007년	961	2,848	-	459	4,268
	2009년	5,476	-	1,128	1,492	8,096
연륙교 개통 후	2013년	9,653	-	758	1,884	12,296

시간대별 통행량 분석 결과 전체 통행량의 3~5%가 연륙교 개통 전 페리가 운항하지 않는 시간에 통행을 한 것으로 나타났다. 이를 통해 연



륙교의 개통으로 시간에 얽매이지 않고 자신이 원하는 시간에 통행을 할 수 있게 됨으로써 통행의 유연성이 향상된 것을 볼 수 있다.



<그림 IV- 2> 시간대별 통행 비교

## 2. 압해대교 미시행시와 시행시의 예측 통행량

### 가. 미시행시의 예측 통행량

압해대교가 건설되지 않았을 경우의 장래통행량은 압해농협호의 운항 일지 자료를 이용하여 예측하였다. 최신 O/D 자료의 기준년도가 2012년이기 때문에 이 자료를 활용하기 위해 2007년부터 2012년까지는 통행량이 동일하게 유지된다고 가정하였다. 장래 통행량은 2013년 현행화에서 예측한 신안군 통행량 증가 비율을 따르다고 가정하였다. 한국교통연구원에서 예측한 장래 통행량 분석 결과 2012년 대비 2020년 5.8%, 2030년 9.2%, 2037년 11.8% 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 위의 증가율을 반영하여 장래 통행량을 예측하였다.

<표 IV- 7> 압해대교 미시행시 장래 통행량 예측(2008~2037년)

(단위 : 통행/일)

년도	승용차	도보	화물차	합계
2008	961	2,848	459	4,268
2012	974	2,888	465	4,268
2015	1,001	2,967	478	4,447
2020	1,017	3,014	486	4,517
2025	1,024	3,035	489	4,548
2030	1,049	3,110	501	4,661
2035	1,072	3,178	512	4,763
2037	1,074	3,184	513	4,772

위의 통행은 연륙교 개통 전 페리를 이용하는 사람들의 접근수단별 통행량이다. 연륙교가 완공이 된 후에는 페리의 운항이 중단된다. 이렇게 될 경우 승용차나 화물차를 이용하던 사람들은 그대로 이용하지만 도보로 승선하던 승객들은 이용 교통수단이 바뀔 것이다.

압해대교를 건널 수 있는 수단은 승용차와 버스가 있다. 본 연구에서는 도보로 페리를 승선하던 사람들이 현재 신안군의 수단분담률에 따라 수단을 선택할 것으로 가정하였다. 신안군 O/D 분석 결과 승용차와 버스의 수단분담률은 8 : 2 인 것으로 나타났다. 따라서 2007년 기준 도보로 접근하는 2,848명 중 2,278명은 승용차를 이용하고, 570명은 버스를 이용하여 압해대교를 통행한다고 가정하였다. 이를 반영한 기존 이용자의 교통수단별 연륙교 통행인원은 승용차 3,239명, 버스 570명, 화물차 459명인 것으로 분석되었다.

<표 IV- 8> 압해대교 건설로 인한 기존 통행자 수단 선택

(단위 : 통행/일)

승용차	버스	화물차	합계
3,239	570	459	4,268

주 1 : 압해동협호 칠부선 운항일지 2007년 4월 자료로 구축

주 2 : 승용차는 예비타당성지침 전국권 재차인원 1.55명/대를 적용함.

위의 통행량에 신안군의 장래 통행 증가율을 반영하여 연륙교 개통에 따른 기존 통행의 장래 통행량을 예측하였다.

<표 IV- 9> 압해대교 미시행시 장래 통행량 예측(2008~2037년)

(단위 : 통행/일)

년도	승용차	버스	화물차	합계
2008	3,239	570	459	4,268
2015	3,375	593	478	4,447
2020	3,428	603	486	4,517
2025	3,452	607	489	4,548
2030	3,537	622	501	4,661
2035	3,615	636	512	4,763
2037	3,622	637	513	4,772

#### 나. 시행시의 예측 통행량

##### (1) 교통량 자료를 이용한 예측 통행량

압해대교 개통 후의 통행량을 검토한 결과 개통 후 3년이 지난 2011년부터 약 12,000대/일 수준으로 안정화된 경향을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 연륙교 개통 후 통행량은 현재 수준이 계속 유지된다고

가정하고, 신안군의 장래 통행 증가율을 반영하여 연륙교 개통 후 장래 통행량을 예측하였다.

<표 IV- 10> 압해대교 교통량을 반영한 통행량(2008~2037년)

(단위 :통행/일)

년도	승용차	버스	화물차	합계
2008	5,476	1,128	1,492	8,096
2010	4,811	2,006	2,443	9,260
2011	8,091	2,645	2,078	12,814
2012	9,037	988	2,500	12,525
2013	9,653	758	1,884	12,296
2015	9,924	780	1,937	12,640
2020	10,081	792	1,967	12,840
2025	10,153	798	1,981	12,932
2030	10,407	818	2,031	13,255
2035	10,637	836	2,076	13,549
2037	10,658	837	2,080	13,575

(2) 유발수요를 반영(기존 수요의 50%)한 예측 통행량

연륙교는 새로운 교통 수요를 유발하기 때문에 예비타당성조사에서 유발수요를 반영하여 분석한다. 국내 연구사례에서 살펴본 바와 같이 기존수요의 50%를 반영하거나 인근지역의 통행 원단위를 산정하여 유발수요를 반영한다. 본 연구에서 대상지로 잡은 신안군 압해면의 경우 인근지역의 통행발생 원단위를 기준으로 유발수요를 반영하기에는 한

계가 있다. 그리고 최근에 인근지역과 관련된 예비타당성조사에서도 연륙교에 대한 유발수요를 기존 수요의 50%로 가정하고 분석을 수행하였다. 따라서 본 연구에서도 기존 예비타당성조사 방식으로 유발수요가 기존수요의 50%라고 가정하였고, 이를 반영할 경우 총 통행은 6,402통행/일인 것으로 나타났다.

<표 IV- 11> 압해대교 건설 후 유발통행(기존 수요 50%로 가정) 반영시

(단위 :통행/일)

구분	승용차	버스	화물차	합계
기존통행	3,239	570	459	4,268
유발통행	1,620	285	230	2,134
총 통행	4,859	854	689	6,402

다른 자료와 마찬가지로 신안군의 장래 통행 증가율을 반영하여 장래 통행량을 예측하였다.

<표 IV- 12> 유발수요 50%를 반영한 압해대교 통행량(2008~2037년)

(단위 :통행/일)

년도	승용차	버스	화물차	합계
2008	4,859	854	689	6,402
2015	5,063	890	717	6,671
2020	5,142	904	729	6,775
2025	5,178	911	734	6,823
2030	5,306	933	752	6,991
2035	5,422	953	768	7,144
2037	5,432	955	770	7,157

다. 압해대교 시행시와 미시행시의 예측 통행량 비교

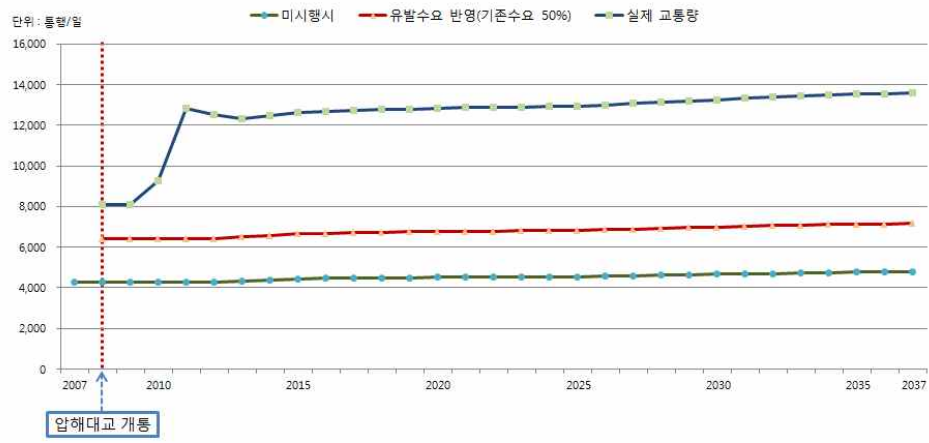
연륙교 건설 전·후의 예측 통행량 비교 결과 사업 미시행시는 2008년 약 4,200통행/일에서 2037년 약 4,800통행/일으로 증가하는 것으로 나타났다. 연륙교 개통 후 실제 교통량 자료를 바탕으로 장래교통량을 예측한 결과 2008년 약 8,100통행/일에서 2037년 약 13,600통행/일로 증가하는 것으로 나타났고, 기존의 예비타당성조사 방식대로 기존수요의 50%를 유발수요로 가정하여 통행량을 예측할 경우 2008년 약 6,400통행/일에서 2037년 약 7,200통행/일로 증가하는 것으로 예측됐다.

<표 IV- 13> 연륙교 사업 시행시·미시행시 예측 통행량 비교

(단위 :통행/일)

년도	미시행시	시행시	
		교통량 기반 예측	유발수요 반영 (기존 수요의 50% 가정)
2008	4,268	8,096	6,402
2015	4,447	12,640	6,671
2020	4,517	12,840	6,775
2025	4,548	12,932	6,823
2030	4,661	13,255	6,991
2035	4,763	13,549	7,144
2037	4,772	13,575	7,157

이는 연륙교 개통 후 통행량이 개통 전에 비해 약 3배, 유발수요를 기존 수요의 50%로 가정했을 때보다 약 2배 더 많은 것으로 나타났으며, 장래에도 이러한 추세가 이어질 것으로 예측됐다.



<그림 IV- 3> 연륙교 미시행시·시행시 통행량 변화

## 제5장 압해대교의 사후 비용편익분석 결과

### 제1절 사후 비용편익분석의 전제

#### 1. 비용편익분석을 위한 가정

비용편익분석을 위한 기본 가정은 다음과 같다.

기준년도는 압해대교 개통연도인 2008년으로 설정하였으며, 분석기간은 연륙교 착공부터 개통 후 30년(2000~2037년), 사회적 할인율은 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에 따라 5.5% 값을 적용하였다.

본 연구에서 편익을 산정하기 위해서는 페리의 통행시간과 운항비용에 대한 가정이 필요하다.

페리의 통행시간은 대기시간, 승선시간, 탑승시간, 하선시간으로 구분할 수 있다. 페리로 목포시 북항과 압해도의 통행시간은 10분으로 나타났다.<sup>10)</sup> 페리의 운행간격은 20분으로 승선시간과 하선시간이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 페리의 운행간격을 고려하여 승선시간 5분, 통행시간 5분, 페리 탑승시간 10분으로 가정하였다. 일반적으로 대기 시간은 배차 간격의 1/2 수준이다. 그러나 페리가 자주 운항되기 때문에 페리 대기시간은 기존보다 더 짧은 것으로 가정하였다. 따라서 본 연구에서는 운항간격의 절반인 10분의 50% 수준에서 대기시간이 발생한다고 가정하였다. 따라서 페리를 이용하여 통행을 하기 위해서는 대기시간 5분,

10) 압해농협호 운항 관계자의 의견을 수용하였다.



승선시간 5분, 탑승시간 10분, 하선시간 5분 등 총 25분이 소요될 것으로 가정하였다.

선박 운항비용은 3장에서 살펴본 것과 같이 유류비가 전체 운항비의 20% 정도를 차지하는 것으로 가정하고 분석하였다. 운항비용 산출을 위해 페리 운항 횟수를 살펴본 결과 1일 총 82회(6:20~19:00 20분 간격, 5:20, 20:20, 22:00) 운항하는 것으로 나타났다. 목포시 북항에서 압해도 선착장까지는 약 1km로 편도 1회 운항 시 유류는 20ℓ 소요될 것으로 가정하였고, 2008년 기준 선박용 경유가격 812.44원/ℓ<sup>11)</sup>을 적용하여 유류비용을 산정하였다. 이렇게 산정된 유류비를 바탕으로 선박운항비용을 산정하였다.

## 2. 비용편익분석의 한계

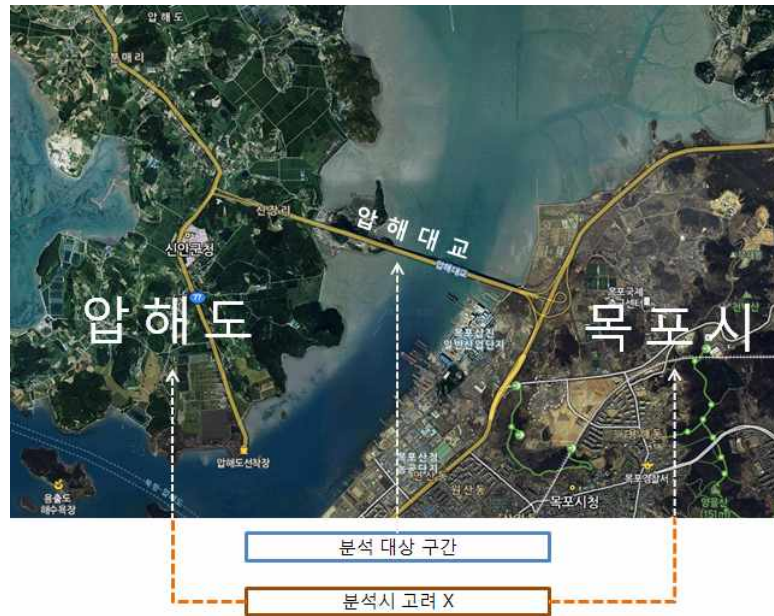
본 연구의 비용편익분석 시 관련 자료의 부재 및 미구축 등으로 다음과 같은 분석의 한계가 있다.

첫 번째, 영향권의 혼잡을 충분히 반영하지 못하였다.

비용편익분석 시 사업 대상구간의 인근지역을 영향권으로 설정한 후 영향권 내의 모든 링크들에 대해 분석을 수행하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 인근 지역에 대한 자료 미구축 등으로 영향권 설정 없이 연륙교만을 대상으로 비용편익분석을 수행하였다.

---

11) 주 : 면세유 기준임.



<그림 V- 1> 분석 대상 구간

이로 인해 영향권으로 예상되는 압해도와 목포시, 무안군 등이 비용 편익분석 대상지역에서 제외가 됨에 따라 유발수요로 인한 영향권의 혼합 가중을 반영하지 못하는 한계가 있다.

둘째, 정확한 비용 산정을 하지 못하였다.

압해대교는 2000년 6월에 착공하여 2008년 5월에 완공되었고, 총 공사비는 2,098억원이 소요되었다.<sup>12)</sup> 그러나 세부 항목별 공사비 자료는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 1년 내내 공사를 수행하지 않은 2000년과 2008년은 2001~2007년에 비해 공사비가 절반 수준으로 소요된다고 가정하였다. 또한, 도로사업의 경우 용지보상비의 용지구입비 산정 시 토지의 잔존가치를 반영해야 한다. 그러나 세부 공사비 자료가 부재하기 때문에 이를 반영하지 못한 한계가 있다.

12) 자료 : <http://ko.wikipedia.org/wiki/>

## 제2절 사후 비용편익분석 결과

앞서 제시한 항목별로 목표년도에 따라 연간 편익과 비용을 산정하였다. 총 편익은 운행비용 절감 편익, 통행시간 절감 편익, 교통사고비용 감소 편익, 환경비용 절감 편익, 불편비용 감소 편익의 합으로 구성하고 총 비용은 공사비와 유지보수비의 합으로 구성하였다.

본 연구에서는 『도로·철도부문 표준지침(제5판)』에서 제시한 원단위를 2008년 기준으로 갱신하여 사용하였다. 사후 비용편익분석 결과 총 편익 중 통행시간 절감 편익과 운행비용 절감 편익, 불편비용 감소 편익은 플러스 편익이 발생하고 환경비용 절감 편익과 사고비용 절감 편익은 마이너스 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

편익 항목별 분석 결과 통행시간 절감 편익이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 불편비용 감소 편익은 총 할인편익의 약 32%의 비중을 차지하여 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 통행시간 감소에 따른 편익 이외에 연륙교 건설로 인해 통행의 유연성(페리의 운항 시간과 간격에 영향을 받지 않고 24시간 내내 자유롭게 통행 가능)이 향상됨으로써 시민들에게 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

사고비용 절감 편익이 마이너스 편익이 발생하는 이유는 기존 페리로 운행을 할 때는 차량이 움직이지 않았지만 연륙교 개통 후에는 차량이 통행하게 되기 때문에 마이너스 편익이 발생하는 것으로 판단된다.

환경비용 절감 편익은 페리 운행에 따른 오염물질 배출비용에 비해 자동차의 운행에 의한 오염물질 배출비용이 더 커서 마이너스 편익이 발생한 것으로 판단된다.

운행비용 절감 편익은 자동차의 운행으로 비용이 발생되지만 페리의 운항 중단으로 선박운행비용이 없어지기 때문에 플러스 편익이 발생한 것으로 판단된다.

사후 비용편익분석 결과 불편비용 감소 편익을 고려했을 때 B/C가 1.11인 것으로 분석되었다.

<표 V- 1> 압해대교 사후 비용편익분석 결과

(단위 : 백만원)

구분	총 할인비용	총 할인 편익						B/C
		통행시간 절감 편익	운행비용 절감 편익	환경비용 절감 편익	사고비용 절감 편익	불편비용 감소 편익	합계	
Ex-post (IC 포함)	265,026	190,092	15,741	-631	-3,474	93,683	295,411	1.11

### 제3절 예비타당성조사 방법을 적용한 분석 결과와의 비교

본 연구에서는 기존 예비타당성조사에서 수행하는 유발수요 반영 방법이 아닌 연륙교 개통 후 실제 교통량 자료를 바탕으로 장래 교통량을 예측하였고, 편익 산정 시 기존의 4개 편익 항목 이외에 불편비용 감소 편익을 추가적으로 고려하여 사후 비용편익분석을 하였다. 따라서 기존 분석 방법과의 차이를 검토하고자 기존 예비타당성 조사에서 수행되는 방법대로 비용편익의 비율을 산정한 후 값을 비교하였다.

예비타당성조사에서 수행되는 방법대로 유발수요를 기존 수요의 50%로 가정할 때 B/C는 0.55, 교통량 자료를 활용할 경우 B/C는 0.76으로 불편비용 감소 편익을 반영했을 때보다 B/C 비율이 낮은 것으로 분석되었다.

연륙교 개통으로 인한 유발수요는 기존 수요의 50% 수준보다 더 많이 발생하였다. 이는 통행의 유연성(페리의 운항 시간과 간격에 영향을 받지 않고 24시간 내내 자유롭게 통행이 가능)이 향상되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 이를 비용편익분석 시 편익에 반영할 경우 경제적 타당성이 증가하는 것으로 분석되었다.

<표 V- 2> 예비타당성조사 방법을 적용한 분석 결과와의 비교

(단위 : 백만원)

구분	총 할인비용	총 할인 편익						B/C
		통행시간 절감 편익	운영비용 절감 편익	환경비용 절감 편익	사고비용 절감 편익	불편비용 감소 편익	합계	
기존 방식	265,026	122,220	26,130	233	-1,772	-	146,811	0.55
Ex-post (IC 미포함)	265,026	190,092	15,741	-631	-3,474	-	201,728	0.76
Ex-post (IC 포함)	265,026	190,092	15,741	-631	-3,474	93,683	295,411	1.11

## 제6장 결론

### 제1절 연구 결과

연륙교 및 연도교 건설사업은 다른 일반 도로 사업과는 다른 특성을 지니고 있다. 현재의 예비타당성조사에서는 연륙교 건설사업의 비용편익분석 수행 시 유발수요를 고려하여 연륙교의 특성을 반영하려는 노력을 하고 있다. 그러나 이는 연륙교의 특성인 통행의 유연성(페리의 운항 시간과 간격에 영향을 받지 않고 24시간 내내 자유롭게 통행이 가능)을 반영하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 통행의 유연성을 반영하여 연륙교의 사후 비용편익분석을 실시하였다.

연륙교 개통 후 교통량을 바탕으로 4개의 편익항목(통행시간 절감 편익, 운행비용 절감 편익, 환경비용 절감 편익, 사고비용 절감 편익) 이외에 불편비용 감소 편익을 추가로 고려하여 사후 비용편익분석을 수행하였다.

압해대교의 사후 비용편익분석 수행 결과 B/C가 1.1인 것으로 나타났다. 특히, 추가로 고려한 불편비용 감소 편익은 전체 할인편익의 약 32% 수준인 것으로 분석되어 상당히 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

이 결과는 기존 예비타당성 조사 방법인 유발수요를 기존수요의 50%로 가정하고 분석했을 때의 B/C 0.55, 실측 교통량 자료를 바탕으로 불편비용 감소 편익을 고려하지 않았을 때의 B/C 0.76과 비교할 때 상당

히 높은 것으로 나타났다.

연륙교 개통으로 인한 유발교통량은 기존 예측보다 더 많이 발생한 것으로 나타났으며, 이는 연륙교 건설로 인해 통행의 유연성이 향상됐기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 연륙교 비용편익분석 시 불편비용 감소 편익을 고려하여 정확한 편익을 산정하는 것이 필요하다고 판단된다.



## 제2절 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구에서는 연륙교 개통 후 실제 교통량 자료를 바탕으로 불편비용 감소 편익을 반영하여 사후 비용편익분석을 수행하였다.

그러나 비용편익분석 시 대상링크만을 대상으로 사업 시행 전·후 비용편익분석을 수행하여 연륙교 개통으로 영향을 받는 인근지역의 통행행태 변화를 반영하지 못한 한계가 있다.

또한, 불편비용 감소 편익 산정 시 노르웨이 편람에서 제시한 값을 기준으로 편익을 산정하였는데 이 값이 우리나라의 실정에 잘 맞는지에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구를 바탕으로 연륙교와 같이 일반 도로와는 다른 특성을 지닌 도로시설물에 대해서는 새로운 비용편익분석 방법에 대한 고민이 필요하며, 실제 불편비용 감소 편익이 어느 정도 발생하는지 SP 조사 등을 통해 가치를 산정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한, 압해대교 이외에 완공된 연륙교 및 연도교에 대해 사후 비용편익분석을 수행하여 추가적인 검증을 할 필요가 있다.

## 참고문헌

### ‡ 국내문헌

1. 국토교통부(2013), “2013년 국가교통조사 및 DB구축사업 전국 여객 O/D 현행화”.
2. 국토해양부(2009), “교통시설 투자평가 지침 개정안”.
3. 기획재정부(2007), “연륙교 및 연도교 건설사업의 예비타당성조사 분석기법 연구”.
4. 아주대학교·유신코퍼레이션(2004), “강화 교동교 연륙교 건설사업 예비타당성조사 보고서”, 한국개발연구원.
5. 한국개발연구원(2002), “신안군 지역 3개 연육·연도교 건설사업”.
6. \_\_\_\_\_(2008), “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구 [제5판]”.
7. \_\_\_\_\_(2012), “삼산연륙교 건설사업 타당성 재조사”.
8. \_\_\_\_\_(2013), “교통부문 예비타당성조사 쟁점 연구”.
9. 한국교통연구원·동일기술공사(2008), “삼산연륙교 건설사업 예비타당성조사”, 한국개발연구원.
10. 한국교통연구원·부산광역시(2006), “부산 신공항 개발의 타당성 및 입지조사 연구”, 한국교통연구원.
11. 한국환경공단(2012), “지자체 온실가스 배출량 산정 지침(Ver.3.0).

‡ 국외문헌

1. Anguera, R. (2006), The Channel Tunnel-an ex post economic evaluation, *Transportation Research Part A*, Vol. 40, Issue 4, pp. 291-315.
2. Brathen, S. (2001), *Essays on economic appraisal of transport infrastructure - Examples from aviation and fixed fjord links*, Ph. D. thesis, Norwegian University of Science and Technology.
3. Brathen, S., Arild H. (1997), Strait crossings and economic development : Developing economic impact assessment by means of ex post analyses, *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 193-200.
4. DHC(2007), *Evaluation of the Economic and Social Impacts of the Skye Bridge*.
5. Highlands & Islands Enterprise(2007), *The Economic Impacts Of Fixed Links And Enhanced Ferry Services In The Highlands and Islands*.
6. Kjerkreit, A., Odeck, J., Sandvik, K. O. (2008), *Post opening evaluation of road investment projects in Norway - How correct are the estimated future benefits?*, Association for European Transport and contributors.
7. Laird, J. J. (2008), *Modelling the economic impact of transport projects in sparse networks and peripheral regions*, Ph. D. thesis, University of Leeds.
8. Norwegian Road Federation(2012), *Norwegian Road Network Strategic Assessment: Re-examining the Estimation of Costs and*

Benefits of Investments in Road Transport in Norway.

9. Rich, J., Knudsen M. Aa. (2013), Ex post socio-economic assessment of the Oresund Bridge, Transport Policy 27 pp. 53-65.
10. Scottish Government(2009), Transport Research Series - Review of Economic Assessment in Rural Transport Appraisal.

‡ 인터넷 자료

1. 교통량 정보제공 시스템, <http://www.road.re.kr>
2. 국토교통부 통계누리, <https://stat.molit.go.kr>
3. 오피넷(한국석유공사 유가정보시스템), <http://www.opinet.co.kr>
4. 통계청 통계 포털, <http://stat.kosis.kr>

Abstract

Ex Post Cost-benefit Analysis of  
a Sea-crossing Bridge Considering  
Inconvenience Costs  
- A Case of the Abhae Bridge -

Advised by  
Prof. Kim, Sungsoo

December, 2014

submitted by  
Ki, Hyeon Gyun

Department of Environmental Planning Graduate School  
of Environmental Studies  
Seoul National University

37 sea-crossing bridges have been built while many others are under consideration in Korea. Their purposes are to ease difficulty for trips between the islands and the land. Sea-crossing bridges have improved the flexibility of travelers. However, guidelines for the sea-crossing bridge project do not reflect sea-crossing bridge's characteristics in its cost-benefit analysis. Furthermore, there have been insufficient studies regarding the effects of sea-crossing bridge.

This study has established an ex post cost-benefit analysis methodology of a sea-crossing bridge. Ex post cost-benefit analysis compared amount of ferry trips before the opening of sea-crossing bridge with the traffic volume upon the completion of the bridge.

The ex post cost-benefit analysis methodology established in this study added inconvenience costs to reflect the travel flexibility of its users.

This study took 'Abhae Bridge' as a case study of available traffic volume data for both before and after the bridge opening. Traffic volume for before the bridge completion was based on a sailing log, and the data for after the bridge completion used TMS traffic survey. Future traffic volumes were estimated based on Sin-An's future traffic growth rate.

Considering inconvenience costs, ex post cost-benefit ratio (B/C) resulted 1.1. VOTS (The Valuation of Travel Time savings), VOCS (The Valuation of Vehicle Operating Costs savings) and VICS (The Valuation of Inconvenience Costs Savings) showed positive benefits; while, VACS (The Valuation of Accident Costs Savings) and VOPCS (The valuation of Pollution Costs Savings) showed negative benefits. VOTS was the largest benefit. VICS showed a significantly greater proportion account of the

total benefit by 32%.

This study also compared the results of using the old methodology with the established methodology. If induced traffic is assumed to be 50% of the existing demand, cost-benefit ratio (B/C) was 0.55. When the inconvenience costs were not considered, B/C was estimated to be 0.76. After the completion of the 'Abhae Bridge', the actual induced traffic volume was bigger than predicted traffic. It seems to be a result of improved travel flexibility.

This study has constraints. It was analyzed with a limited number of target regions, and no area of influence was set. However, this study is significant in its effort to reflect travel flexibility as the inconvenience costs in the cost-benefit analysis featuring sea-crossing bridge's characteristics.

.....

*keywords : Sea-crossing bridge, Ex post cost-benefit analysis,  
Inconvenience costs, Induce traffic, Abhae bridge*

*Student Number : 2009-22130*