

치수사업에 따른 교통두절피해 절감편익 산정에 관한 연구

Study of the Reduction Benefit of the Traffic Suspension Damage with Flood Control

정한우*, 최승안**, 김형수***, 심명필****, 박 건*****

Jung, Han Woo / Choi, Seung An / Kim, Hung Soo / Shim, Myung Phil / Park, Kun

요 지

치수사업에서 실시하는 경제성분석은 계획하고 있는 사업의 사회적 후생의 극대화 측면에서 경제적 타당성을 분석 평가하는 것으로서 일반적으로 편익·비용분석이 사용되고 있다. 이러한 경제성분석시의 문제점으로 직접편익뿐 아니라 간접편익 및 비계량편익에 해당하는 사업의 효과도 편익부분의 계산에 포함할 수 있는 방법이 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 홍수에 의한 교통두절로 인한 피해를 간접편익으로 고려하여 오산천지역에 적용해 보았다. 교통두절피해 편익의 항목으로서 주로 차량운행비용 절감과 통행시간비용 절감의 두 항목을 고려하였으며, 이 두 항목에 대한 결과에서 홍수지체시간당(단위 1일당) 적지 않은 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 일반적인 치수사업 경제성분석에서 이뤄지지 않았던 교통두절에 의한 피해항목을 간접편익으로 고려함으로써 홍수로 인한 교통두절피해를 정량적으로 계량할 수 있었으며, 실질적으로 편익에 영향이 가장 큰 편익가치(제화가치, 시간가치)에 대한 연구가 계속적으로 수반된다면 이후의 다른 치수사업 경제성분석시에 효과적인 분석이 이뤄질 것으로 판단된다.

핵심용어 : 경제성분석, 교통두절피해 절감편익

1. 서 론

치수사업을 시행하기에 앞서 실시하는 치수경제성분석은 주로 국가에서 정한 기준을 토대로 시행하며, 그 과정에서 수리·수문학적 요소와 사회·경제적인 요소가 포함되기 때문에 매우 범위가 넓은 과업이라 할 수 있다. 그리고 다른 사회간접자본의 경제성 분석에 비해서 경제적으로 정량화하는 것이 힘들기 때문에 다른 어떠한 분야보다도 연구가 많지 않은 편이다.

치수사업에서 홍수에 대한 경제성분석은 홍수범람피해 방지효과를 편익으로 파악하는 것으로 한다. 즉, 홍수범람피해를 방지하기 위한 댐이나 제방 등의 구조물에 의해 방지되는 직접적·간접적인 홍수범람피해를 산정하여 이것을 편익으로 전환한다.

본 연구에서는 치수사업의 경제성분석시에 고려되지 않았던 도로 등의 침수로 교통이 차단됨에 따른 과급피해를 간접편익으로 취급하여 교통두절피해 절감편익의 산정방안을 제시하고자 한다.

* 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 석사과정 · E-mail : g2031247@inhavision.inha.ac.kr

** 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 박사과정 · E-mail : g2021534@inhavision.inha.ac.kr

*** 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 조교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

**** 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 교수 · E-mail : shim@inha.ac.kr

***** 정회원 · 한국종합기술개발공사 수자원부 이사 · E-mail : kpark@kecc.co.kr

2. 교통두절피해 절감편익

2.1 편익의 유형

도로 등의 침수로 인해 교통이 차단됨에 따라 교통정체의 피해가 주변까지 확산되어 피해가 발생하는데, 침수된 도로를 이용하지 못하고 우회하는데 따른 시간 및 거리손실과 교통이 정체되는데서 발생하는 시간손실을 피해액으로 계상할 수 있다. 이 편익을 산출하기 위해서는 교통수요분석 및 예측의 분석단계에서 도출된 교통수요, 즉 각 링크의 교통량으로부터 통행속도 및 통행시간이 계산되고, 통행속도로부터 단위 거리당 연료 소모량 및 차량운행비용도 추정 계산되어야 한다.

◇ 피해액 = 시간손실 + 거리손실

◇ 시간손실 = $\sum_{link} \sum_{차량} \text{시간가치원단위} * (\text{우회시 소요시간} * \text{차량수} - \text{평시소요시간} * \text{차량수})$

◇ 거리손실 = $\sum_{link} \sum_{차량} (\text{우회시주행경비원단위} * \text{우회시주행거리} * \text{차량수} - \text{평시주행경비 원단가} * \text{평시주행거리} * \text{차량수})$

교통사업에 따른 편익으로는 통행시간 절감편익, 차량운행비용 절감편익, 사고 감소 편익, 환경 편익 등이 있으나, 이 연구에서는 총 편익 중 80~90% 이상을 차지하는 통행시간 절감편익과 차량운행비용 절감편익만을 편익항목으로 고려하고자 한다.



그림 1. 통행시간 및 차량운행비용 절감편익 산정과정

2.2 편익가치 산정

2.2.1 일반재화 가치

유류가격의 경우에 한정하여 시장가격에서 교통세, 교육세 및 부가가치세를 제외한 실질가격(공장도가격+도소매 마진포함)을 적용하여 휘발유 및 경유에 대한 실질가격은 2000년 평균 가격인 396.08원과 377.34원을 적용하였다.

2.2.2 통행시간가치

통행시간가치는 그 통행목적에 업무통행인가 비업무통행인가에 따라 크게 달라지므로 각각의 경우에 대하여 별도로 시간가치를 적용하였다.

2.3 편익추정 관련모형

2.3.1 교통량-속도 관계식

교통량-속도 관계식은 통행배정에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 교통량-속도 관계식은 다양하나 그동안 국내에서 대부분 사용되고 있는 것은 BPR 유형으로서, 이의 파라미터 값은 도로의 특성 또는 시간대별 교통류 특성에 따라 다양하다.

2.3.2 일반적인 속도-운행비용 관계식

교통량-속도 관계식이 정립되면, 차량속도에 따른 차량운행시간과 차량운행비용이 추정되는데, 차량운행비용은 차량속도별로 상이하게 나타나고 있는 바, 속도-운행비용 관계식이 먼저 정립되어야 한다.

본 연구에서의 속도-운행비용 관계식은 KDI의 『에비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』에서 제시된 것을 사용하였는데, 이는 국토연구원(1999)이 『도로사업 투자분석 기법정립』에서 제시한 전국을 대상으로 조사한 대표 차종에 실제 현장에서 실험을 통해 도출한 자료를 근거로 하고 최근 연료비의 변동상황을 고려한 것이다. 총운행비용은 유류비용을 비롯한 차량관련비용 항목의 소모량 혹은 소모율에 단위 가격을 곱하여 산정하였다.

2.4 교통두절피해 절감편익 산정방법

2.4.1 차량운행비 절감편익

차량운행비용은 분석 영향권 내 링크를 대상으로 통행배정 작업의 결과로 산출된 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 차량운행비용 원단위를 적용하여 산출하였다.

분석 네트워크에 부여된 각 링크의 차종별 교통량과 길이를 곱한 결과를 링크 평균 속도에 기초한 차종별 차량운행비 원단위와 곱하여 개별 링크의 차량운행비를 산출하여 이를 분석 도로망내에 있는 모든 링크를 대상으로 합한 뒤 Do-minimum과 Do-something의 비교된 차액을 운행비용의 절감편익으로 산출하였으며, 이때 일년 편익으로 편익 산정시 과거의 홍수 데이터를 토대로 일년중 홍수로 인해 교통이 두절되는 평균일수나 기후 예측 데이터를 고려하여 일년중 홍수로 인해 교통이 두절될 가능성이 있는 일수를 곱하여 연편익으로 산출하였다. 분석 각 년도의 차량운행비 절감편익(VOCS) 계산은 다음과 같다.

$$VOCS = VOC_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VOC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{kl} \times VT_k \times N)$$

D_{kl} = 링크 l 의 차종별 대 · km

N = 일년중 홍수로 인해 교통이 두절되는 평균일수

k = 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)

2.4.2 통행시간 절감편익

통행시간 절약에 따른 편익 산출은 통행배정 작업의 결과로 산출된 영향권 내 링크의 통행시간과 차종별 교통량의 곱을 이용하여 총통행시간을 산출하였다.

Do-minimum과 Do-something에 대해 수단별로 산출된 총통행시간에 통행목적별로 각기 다른 시간가치를 적용하여 총통행시간 비용을 산출한 후 비교된 차액이 치수사업으로 인한 통행시간 절감 편익을 나타낸다. 이때, 일년 편익으로 편익 산정시 과거의 홍수 데이터를 토대로 일년중 홍수로 인해 교통이 두절되는 평균일수나 기후 예측 데이터를 고려하여 일년중 홍수로 인해 교통이 두절될 가능성이 있는 일수를 곱하여 연편익으로 산출하였다. 각 년도의 통행시간 절감편익(VOTS) 계산식은 다음과 같다.

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^3 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times N$$

T_{kl} = 링크 l 의 차종별 통행시간

P_k = 차종별 시간가치

Q_{kl} = 링크 l 의 차종별 통행량

N = 일년중 홍수로 인해 교통이 두절되는 평균일수

k = 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)

3. 교통두절피해 절감편익 산정

3.1 오산천의 지역적 특성

경기도 용인시, 화성시, 오산시를 흐르는 유로연장 31km의 하천으로, 용인시구성읍, 동백리, 석성산에서 발원하여 기흥읍 중앙을 가로질러 신갈저수지로 흘러들고 저수지 남쪽에서 흘러나온 물길은 동쪽에서 흘러오는 신리천, 장지천 등의 지류를 합치면서 오산시 중심부를 남쪽으로 흐르다가 평택시서탄면과 진위면의 경계에서 진위천으로 흘러든다.

3.2 기본자료 및 영향권 설정

「오산천범람으로 인한 교통피해산출」에서는 교통수요 추정을 위해 기본적으로 KDI의 『도로부문 표준지침』(제3판)(2001)에서 제공하는 네트워크 및 O/D를 사용하였으며, 본 연구에 맞게 수정·보완하였다. KDI가 제공한 네트워크 및 수단별 O/D는 국가교통DB 자료를 이용하여 구축한 전국 246개 교통존 체계 자료이다.

교통수요 분석을 수행함에 있어서 분석결과의 정확성을 검증하고 모형의 정밀도를 높이기 위해서 영향권을 재설정하였으며, 영향권은 서울과 수도권을 포함하며 직접영향권인 수원, 오산, 평택까지 포함하여 설정하였다. 설정된 영향권은 <그림 2>와 같다.

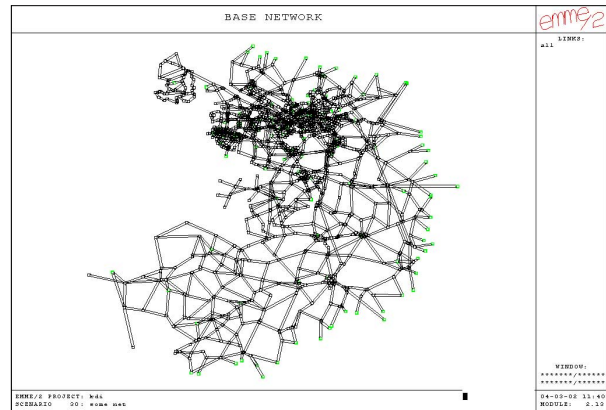


그림 2. 영향권 설정내역

3.3 시나리오 설정

오산천지역 홍수지도는(건설교통부) 홍수가 범람하는 범위를 30년 빈도부터 500년 빈도까지 도시되어 있지만, 홍수가 나서 도로가 단절되는 현상은 30년 빈도나 500년 빈도나 마찬가지로이므로 시나리오 설정에 있어 빈도를 기준으로 설정하지 않고 홍수가 발생했을때 침수되는 일수를 기준으로 하여 분석하였다. 따라서 1일을 기본단위로 설정하여 편익을 산정하였다.

홍수가 발생해서 도로가 단절되기 전을 Do-minimum으로 하고 홍수가 발생되어 도로가 단절되었을 때를

Do-something으로 설정하였다.

- **Do-minimum** : 홍수가 발생해서 도로가 단절되거나 침수되기 전의 경우
- **Do-something** : 홍수가 발생한 후 도로가 단절되거나 침수되어 차량의 통행이 불가능한 경우

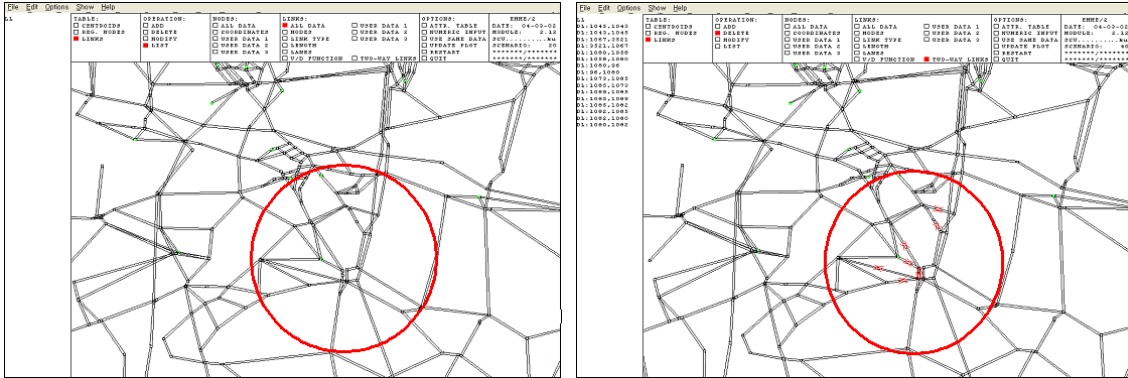


그림 3. 홍수발생 전
네트워크(Do-minimum)

그림 4. 홍수발생 후
네트워크(Do-Something)

주 : X 표시는 네트워크상의 링크가 단절되었다는 표시임

3.4 교통두절피해 절감편익산정 결과

3.4.1 차량운행비용 절감편익 산정결과

차량운행비용 절감편익은 홍수가 발생했을 때 도로가 침수되는 기간을 1일로 하여 산정하였다. 1일 도로가 침수되었을 경우 약 4,750만원정도의 운행비용 절감편익이 발생되며, 이는 침수된 도로로 인하여 차량들이 우회하기 때문에 운행거리가 길어짐에 기인한다. 분석년도의 차량운행비 절감편익(VOCS) 계산은 다음과 같고, 여기서 N은 1로 설정하였다.

표 1. 차량운행비용 절감편익 산정결과 (단위: 원)

구분	홍수 발생 전 총 운행비용(①)	홍수 발생 후 총 운행비용(②)	운행비용 절감편익 (②-①)
승용차, 트럭	14,452,034,938	14,496,865,231	44,830,293
버스	562,308,081	564,990,660	2,682,580
합 계	15,014,343,018	15,061,855,892	47,512,873

3.4.2 통행시간 절감편익 산정결과

통행시간 절감편익도 운행비용 절감편익과 마찬가지로 홍수가 발생했을 때 도로가 침수되는 기간을 1일로 하여 산정하였다. 1일 도로가 침수되었을 경우 약 1.36억원정도의 통행시간 절감편익이 발생되며, 이는 침수된 도로로 인하여 차량들이 우회하기 때문에 통행하는데 시간이 더 소요되어 추가된 시간에 시간원단위를 곱하여 산정하였다. 통행시간 절감편익(VOTS) 계산식은 다음과 같고, 여기서 N=1로 설정하였다.

표 2. 통행시간 절감편익 산정결과 (단위: 원)

구분	홍수 발생 전 총 통행시간비용(①)	홍수 발생 후 총 통행시간비용(②)	통행시간 절감편익 (②-①)
승용차, 트럭	21,834,153,544	21,963,394,591	129,241,047
버스	3,913,466,518	3,921,011,987	7,545,469
합 계	25,747,620,062	25,884,406,578	136,786,516

4. 결 론

치수사업을 통한 교통두절피해 절감편익을 산정한 결과 운행비용 절감편익과 통행시간 절감편익을 모두 합산하면 총 184,299,389원의 편익이 창출되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 살펴본 바와 같이 일반적인 치수사업 경제성분석에서 이뤄지지 않았던 교통두절에 의한 피해항목을 간접편익으로 고려함으로써 홍수로 인한 교통두절피해를 정량적으로 계량할 수 있었다. 또한 실질적으로 편익에 영향이 가장 큰 편익가치(재화 가치, 시간가치)에 대한 연구가 계속적으로 수반된다면 이후의 다른 치수사업 경제성분석시에 효과적일 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 수자원공사 유역조사단 『북한강유역조사 용역(치수조사)』에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 심명필(2000). 수자원 경제성 입문, 한국수자원학회지
2. 한국개발연구원(2001), 도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)
3. 문병섭, 이승재, 임강원(2001). 통행시간변화를 고려하는 신뢰도 통행배정모형 개발, 대한교통학회지
4. A. Nicholson and Z. Du(1997). "Degradable Transportation Systems : Sensitivity and Reliability Analysis", Transportation Research. Vol.31 B(3)