

서울외곽순환고속도로 부천고가교 화재로 인한 사회적 비용 분석

The Social Cost of a Fire under Bucheon Viaduct on Seoul Ring Expressway



홍상연



정소영



백승걸



최윤희

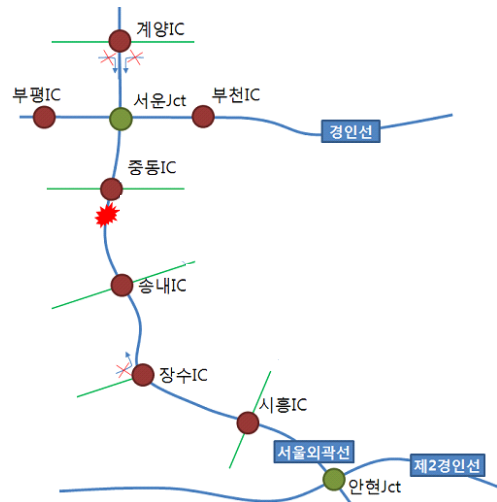
1. 서론

지난 2010년 12월 13일 서울외곽순환고속도로 중동나들목 인근 부천고가교 하부에 불법주정차된 차량과 컨테이너에서 화재가 발생하여 차량 39대 및 컨테이너가 전소되었다. 화재로 인해 교량의 거더 6개가 과도하게 변형되고 바닥판 처짐 현상 및 교각 콘크리트 파손 등이 발생하여, 안전상의 문제로 사고 구간은 전면 통제되었다.

화재 발생 직후 60m 구간에 대한 처리 및 철거 작업이 개시되었으며, 철거에는 약 30일이 소요되었다. 또한 사고 구간의 재개통에는 약 4개월의 재시공과 복구과정이 소요될 것으로 전망된다.

화재가 발생한 서울외곽순환고속도로 부천고가교 구간은 2009년 기준 1일 평균 교통량이 23만 대(승용차 76.0%, 버스 2.2%, 화물 21.8%)에

달하는 상습정체구간으로 복구기간 동안 사고 구간을 통과하는 통행자들의 불편이 불가피하다. 이



<그림 1> 사고발생 위치 개요도

홍상연 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실 선임연구원, hongsy@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3492, 직장팩스:031-371-3319
 정소영 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실 연구원, youstech@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3428, 직장팩스:031-371-3319
 백승걸 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실 수석연구원, bsctrans@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3311, 직장팩스:031-371-3319
 최윤희 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실 선임연구원, yhchoi76@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3429, 직장팩스:031-371-3319

로 인한 과급효과는 부천시를 중심으로 수도권 서남부 지역 전반에 미칠 것으로 예상된다.

초기단계에 체계적인 교통처리 대책을 수립하고 시설물복구 계획 및 대응전략의 수준을 설정하기 위해서는, 사고로 인한 과급효과의 규모와 사회적 비용에 대한 면밀한 분석이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 교통통제에 따른 주변 교통망의 영향을 분석하고, 통행시간, 차량운행비, 대기오염 및 교통사고 측면에서 산출된 사회적 비용을 제시하고자 한다.

II. 주변현황 및 국외사례

1. 주변지역 교통량 현황

사고 구간은 개방식 고속도로의 무료구간으로 중장거리 통행(장수↔김포)이 약 49%를 차지하고, 단거리 통행(송내↔계양)이 약 51%를 차지하여 타 고속도로 구간에 비하여 단거리 통행의 비중이 높은 특징을 보이고 있다.

해당 구간은 사고 이전 평균 교통량이 약 23만 대/일, 평균 통행속도가 약 50km/h로 혼잡이 매우 심한 곳이다. 사고 후에 조사된 주변도로의 침

〈표 1〉 주변도로의 교통량 변화 (단위: 대/시)

노선	구간	12/7 D-6	12/14 D+1	12/15 D+2
서울외곽순환선	서운~중동	11,047	3,550 (▽67.9%)	3,191 (▽71.1%)
	장수~시흥	8,012	3,156 (▽60.6)	3,704 (▽53.8)
영동선	서창~월곶	4,493	4,281 (▽4.7%)	3,892 (▽13.4%)
	서안산~안산	7,833	8,274 (5.6%)	7,809 (▽0.3%)
서해안선	광명~일직	3,643	5,917 (70.9%)	5,718 (56.9%)
경부선	판교~양재	8,442	8,801 (4.2%)	7,111 (▽15.8%)
올림픽대로	행주~한남	20,663	20,992 (1.6%)	20,448 (▽1.0%)
강변북로	가양~한남	34,443	35,339 (2.6%)	34,789 (1.0%)

자료: 한국도로공사 내부자료

두시 교통량을 보면, 사고 구간의 교통통제로 서울 외곽순환고속도로의 교통량은 큰 폭으로 감소한 반면, 인접한 서해안고속도로의 경우에는 교통량이 56~70% 가량 증가하였다.

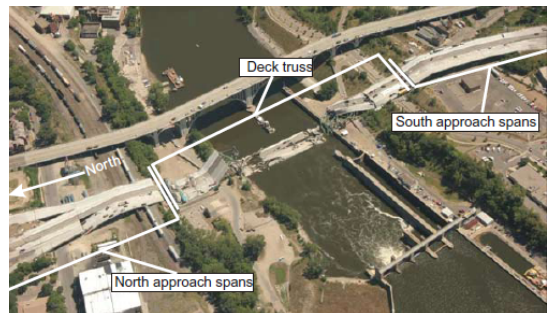
2. 국외사례

미국 미네소타주의 고속도로 I35W 미시시피 교량(Mississippi River Bridge)은 미네아폴리스 도심과 미네소타 대학, 중심상업지구 및 교외지역을 직접 연계하며, 1일 약 14만 대 이상의 차량이 통과하는 구간이다. 2007년 8월 1일 이 교량이 붕괴되어 2008년 9월 18일 신규 교량의 개통까지 약 13개월 간 통행이 차단되었다.

미네소타주 교통국(Mn/DOT)은 이 교량의 붕괴로 인한 도로이용자의 경로우회로 1일 약 40만 달러(약 4.8억 원)의 손실비용이 발생하며, 미네



〈그림 2〉 사고 위치



〈그림 3〉 붕괴된 I35W 교량

자료: National Transportation Safety Board (2008). Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis, Minnesota.

〈표 2〉 I35W 교량 붕괴에 따른 사회적 비용

구분	승용차	화물차
통행시간비용	\$247,000	\$15,000
차량운행비용	\$126,000	\$12,000
계	\$373,000	\$27,000

자료: Economic Impacts of the I-35W Bridge Collapse, Minnesota DOT website.

소타주 경제에 2007년 1천7백만 달러, 2008년 4천3백만 달러의 손실을 가져올 것으로 분석하였다.

반면에 동일한 사건에 대하여 미국 국토안보부(US Department of Homeland Security)는 차량 당 통행거리가 3마일, 통행시간이 30분 증가하는 것으로 가정할 때, 1일 손실비용이 약 125만 달러(약 15억 원)에 이를 것으로 분석한 바 있다.

III. 사회적 비용 분석

1. 전제조건

부천고가교 화재로 인한 사회적 비용을 추정하기 위하여 교통통제로 인한 교통영향을 분석하고 이에 따른 통행시간 손실, 차량운행비 손실, 대기오염 손실 및 교통사고 손실비용을 산출하였다.

기초자료는 국가교통데이터베이스(KTDB)의 수도권 자료(2009년 6월 배포자료)를 활용하였으며, 중동 나들목(양방향), 장수 나들목(일산 방향), 계양 나들목(판교 방향)이 통제되는 상황을 대상으로 하였다.

분석의 시간적 범위는 복구가 완료되는 약 4개월(120일)을 대상으로 하였으며, 공간적으로는 사고 구간 미통제시와 통제시의 교통량을 분석하여 변화량이 일정수준을 상회하는 링크를 중심으로 주변 주요 간선도로 및 인접 세부가로를 포함하도록 설정하였다. 또한 교량 복구비용(약 150억 원) 및 차량 소실비용은 산정에서 제외하였다.

2. 통행패턴 분석

(1) 수도권 영향

교통통제에 따라 통행량이 감소한 구간은 서울

외곽순환고속도로를 포함한 고속도로 주요 연결로로 나타났으며, 통행량이 증가한 구간은 외곽순환고속도로 통제구간과 인접한 중동대로를 중심으로 한 부천시 주변지역으로 나타나고 있다.

(2) 주요 간선도로 영향

장거리 통행의 경우에는 교통통제에 따라 서해안선, 영동선 등 주변 고속도로로 교통량이 분산되었으며, 이로 인한 영향은 경부선, 용인서울선 등 광범위한 노선에 걸쳐 발생하였다.

단거리 통행의 경우에는 사고 구간과 인접한 부천시 중동대로 및 무네미길 등 남북방향의 주요 도심도로를 이용하여 우회하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 주요도로의 교통량 변화 (단위: 대/일)

노선	구간	Before	After
서울외곽순환선	서운~중동	264,342	117,392
	중동~송내	275,476	121,271
서해안선	광명~일직	128,808	142,878
경부선	신갈~판교	202,948	239,109
용인서울선	현릉~서판교	103,884	117,237
중동대로		74,168	93,659
무네미길		32,939	42,946

이와 같이 부천고가교 구간 교통통제는 서울, 인천을 포함한 수도권 통행패턴에 전반적으로 영향을 미칠 것으로 예측되었다. 특히, 서울 서남권(영등포, 양천, 관악) 및 경인권(인천, 부천, 광명)의 통행패턴에 미치는 영향이 큰 것으로 분석된다.

3. 사회적 비용 분석방법

사회적 비용 산정을 위한 전반적인 분석방법은 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」(KDI, 2008)을 준용하였다.

분석항목은 크게 통행시간 손실비용, 차량운행비 손실비용, 대기오염 손실비용 및 교통사고 손실비용으로 구분하였으며, 항목별 산출식 및 적용 원단위는 다음과 같다.

(1) 통행시간 손실비용

$$VOT = \sum_l \sum_k (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl})$$

단, VOT : 통행시간가치

T_{kl} : 차종별 링크 통행시간

P_k : 차종별 시간가치

Q_{kl} : 차종별 링크 통행량

k : 차종, l : 링크

(2) 차량운행비 손실비용

$$VOC = \sum_l \sum_k (D_{lk} \times VT_k)$$

단, VOC : 차량운행비용

D_k : 차종별 대·km

VT_k : 차종별, 속도별 차량운행비용

k : 차종, l : 링크

(3) 대기오염 손실비용

$$VOPC = \sum_l \sum_k (D_{lk} \times VT_k)$$

단, $VOPC$: 대기오염비용

D_k : 차종별 대·km

VT_k : 차종별, 속도별 대기오염비용

k : 차종, l : 링크

<표 4> 대기오염비용 원단위 (2007년 기준)

(단위: 원/kg)

오염물질	CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
비용	7,877	9,155	9,477	30,941	42.4

주: CO₂의 대기오염비용 원단위는 철도청(2003)의 「철도투자 평가편람」에서 제시된 수치를 적용하여, 소비자물가지수를 이용하여 2007년 자료로 보정함.

자료: 한국환경정책평가연구원, 「육상교통수단의 환경성비교분석」, 2002, 12.

(4) 교통사고 손실비용

$$VAC = \sum_{t=1}^3 \sum_{s=1}^2 (A_{ts} \times P_s \times VL_t)$$

단, VAC : 교통사고비용

A_{ts} : 사고유형별 1억대-km당 교통사고 사상자수

P_s : 사고유형별 사고비용

VL_t : 연간 도로유형별 억대-km

4. 사회적 비용 산정결과

통행시간 손실비용은 경로전환에 따른 추가적인 통행시간비용과 이로 인한 인접도로 혼잡가중에 따른 통행시간비용을 모두 집계하였다. 이에 따라 산출된 통행시간 손실비용은 1일 약 26.0억 원으로 통행시간(4개월)에 걸쳐 약 3,120억 원이 발생할 것으로 분석되었다.

차량운행비 손실비용 및 대기오염 손실비용은 차종별 운행대·km에 차종별, 속도별 차량운행비용과 대기오염비용을 각각 반영하여 산출된다. 이에 따라 산출된 차량운행비 손실비용은 1일 -6.3억 원, 대기오염 손실비용은 1일 -1.7억 원, 교통사고 손실비용은 1일 0.3억 원으로 분석되었다.

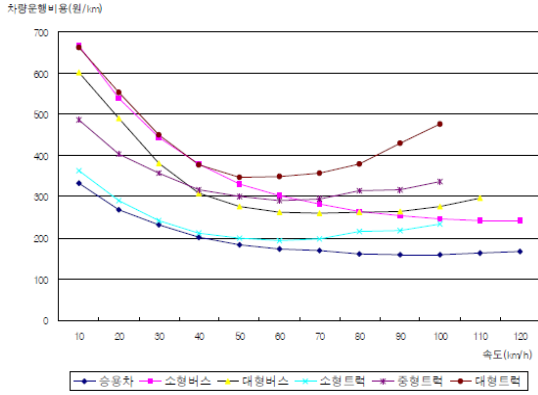
위와 같은 과정을 거쳐 산출된 사회적 비용은 1일 약 18.3억 원으로 통행시간 동안에 발생하는 사회적 손실비용은 총 2,198억 원에 이를 것으로 예측된다.

앞서 제시된 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」(KDI, 2008) 상의 산출식에서와 같이 통행시간 손실비용은 주로 통행시간에 의해 결정되며, 따라서 전반적인 혼잡 심화로 인해 통행시간이 증가함에 따라 통행시간 손실비용은 (+)값을 나타낸다.

또한 교통사고 손실비용의 경우에도 일반국도에 비해 사고발생률(1억 대-km당 사망자 수 또는 부상자 수)이 낮은 고속도로에서 일반국도로 교통량이 전환됨에 따라 사고발생에 따른 손실비용이 증

<표 5> 사회적 비용 산정결과 (단위: 억 원)

구분	전체기간	1일
통행시간 손실비용	3,120	26.0
차량운행비 손실비용	-756	-6.3
대기오염 손실비용	-204	-1.7
교통사고 손실비용	38	0.3
계	2,198	18.3



〈그림 4〉 통행속도에 따른 차량운행비용

가하여 교통사고 손실비용 역시 (+)값을 보인다.

반면에 차량운행 손실비용 및 환경오염 손실비용은 (-)값으로 나타났는데, 속도별 차량운행비용 및 대기오염비용 함수의 형태와 교통통제로 인한 경로전환 행태에서 그 원인을 찾을 수 있다.

차량운행 손실비용 및 환경오염 손실비용은 통행속도와 및 이동거리에 의해 결정되며, 〈그림 4〉에서와 같이 통행속도가 40~80km/h일 경우에는 통행속도에 따른 차량운행비용의 차이가 비교적 작게 나타난다. 따라서 사고 구간의 교통통제로 인한 단위거리당 차량운행비용의 차이는 크지 않은 것으로 분석된다.

반면에 서울외곽순환고속도로 사고 구간은 단거리 통행이 총 통행량의 절반에 이르러 도시외곽순환도로의 기능을 일부 수행하는 것으로 나타나고 있다. 즉, 신호교차로 등으로 인해 지정체가 발생하는 도시부 도로 대신 통행거리가 다소 증가하여도 서울외곽순환고속도로를 통해 우회하는 통행량이 상당수를 차지하며, 이러한 경향은 사고 구간이 무료구간으로 운영됨에 따라 더욱 가중되었다.

그러나 교통통제로 인해 사고 구간의 순환기능이 약화되어 통행량이 도시부 도로로 집중되었고, 전체적인 통행거리가 감소하는 현상을 보이게 된다. 따라서 통행속도 감소에 의한 영향은 제한적인 것에 반해, 상당수 차량의 이동거리가 단축되어 차량운행비 손실비용 및 대기오염 손실비용이 (-)값을 나타내는 결과를 나타내는 것으로 판단된다.

IV. 결론

서울외곽순환고속도로 부천고가교 화재로 인해 약 4개월에 걸친 철거 및 재시공 기간이 소요될 예정이며, 이에 따라 사고 구간을 중심으로 한 수도권 서남권의 교통정체가 불가피할 것으로 보인다.

교량 복구비용이나 차량 소실에 따른 사고비용과 같은 사적비용(private costs)과 달리, 교통통제에 따른 통행시간 증가, 차량운행비 상승 및 대기오염 심화와 같은 외부비용(external costs)은 직접적인 시장을 갖지 않는다. 따라서 외부비용을 계량적으로 파악하기 위한 사회적 비용 분석을 통해 복구의 중요성을 파악하고 교통통제 수준을 결정하는 등의 합리적인 대책 수립이 가능할 것이다.

본 연구에서는 교통통제에 따른 통행패턴 영향을 검토하고, 이에 따른 사회적 비용을 분석하였다. 총 사회적 비용은 약 2,198억 원에 달할 것으로 분석되었으며, 이 중 통행시간 손실비용이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

산출된 사회적 비용은 향후 재개통 이후의 사후평가 및 지속적인 모니터링에 활용될 수 있으며, 장래 유사사례 발생시 신속한 대책수립을 위한 참고자료로 사용될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. National Transportation Safety Board (2008), Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis, Minnesota.
2. Minnesota DOT web site (<http://www.dot.state.mn.us/>).
3. 국토해양부 (2010), 2009 도로교통량통계연보.
4. 국토해양부 (2009), 국가교통데이터베이스.
5. 한국개발연구원 (2008), 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).
6. 한국도로공사 내부자료 (2010~2011), 부천고가교 긴급복구 일일상황.
7. 한국도로공사 내부자료 (2010), 중동나들목 사고 전·후 영향 분석.