

# 정전사고 사례분석을 통한 고속도로 운영 위험비용 산정에 대한 연구

## A Study on Cost Prediction of Highway Operating Risk through a Case Study of Power Failure

권용훈\*  
Kwon, Yong Hoon

김경주\*\*  
Kim, Kyong Ju

임원석\*\*\*  
Lim, Won Seok

박찬진\*\*\*  
Park, Chan Jin

채명진\*\*\*\*  
Chae, Myung Jin

### 요 약

오늘날 고속도로 운영은 IT를 기반으로 하는 복잡한 Digital Infrastructure이다. 이러한 IT의 활용은 점점 많아지고 있는데, 예측 불가능한 운영위험이 발생할 경우 IT의 편리함만큼이나 피해가 예상외로 커질 수 있다. 고속도로 운영 위험은 도로의 운영이 중단되어 도로이용자들이 서비스를 제공받지 못하는 것이다. 운영위험은 예상하지 못한 과다한 운영관리비 및 유지관리비의 발생으로 계획된 운영비를 초과하는 것이며, 운영수입의 손실을 가져온다. 그 결과 이용자 안전의 위험과 운영자의 부실을 초래하게 되는데, 기존의 연구는 이를 추정할 수 있는 방법에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 디지털화된 고속도로에서 대규모 정전사태가 발생할 경우 추가로 발생하는 운영비 항목을 구체적으로 제시하고 각 항목에 대한 예상 가능한 위험비용을 시뮬레이션 추정을 하고자 하였다. 이를 근거로 하여 운영위험을 방지하기 위한 비용예산과 운영계획 측면에서 방안을 제시하고자 하며, 향후 운영의 건전성을 확보할 수 있는 기초자료로 활용을 도모코자 한다.

키워드 : 유지관리비, IT, Digital Infrastructure, 위험비용

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

고속도로 운영에 있어 IT는 센서, 통신, 제어시스템 등과 통합되어지며, 시설물 관리에 용이하게 쓰여 진다. 또한, 통신기술과 제어시스템의 향상은 고속도로 이용자의 기대수준을 높게 되어, 실시간으로 교통정보를 제공하는 서비스를 바라게 되었다. 반면 고속도로 운영자는 이러한 수요를 맞추기 위해 디지털 인프라 설치에 높은 비용 부담에 직면하게 되었다.

고속도로 계획과 건설, 운영에 이르기까지 IT 기술 통합은 시스템을 모니터링하는데 효과적이기 때문에 이러한 기술을 활용

하는 현대화가 진행되고 있다. 그러나 편리한 기술인만큼 위험성도 커지고 있다.

2003년 8월 미국 및 캐나다 동부지역에 대규모 정전사태가 발생했는데 그로인해 지하철과 통근열차 운행이 중단됐고, 신호등이나 터널의 전등이 가동되지 않아 극심한 교통 혼잡을 빚는 등 전기가 사라진 도시는 황폐화와 공황사태<sup>1)</sup>를 경험한바 있다. 국내에서는 제주도 전역 정전사태(2006.4.1), 여수국가산단 정전(2008.5.3), 여천NCC 3공장의 2차 정전사고(2008.5.6), 삼성 전자 반도체 정전사고(2007.8.3), 서울 홍지문터널 화재(2003.6.6)가 있었는데, 이들 시설의 경우 예비전력을 갖추고 있음에도 정전시 외부전력과 차단, 내부배전설비 문제, 제어시스템의 미작동, 오작동 등으로 내부 및 외부의 전원공급이 원활이 이루어지지 못했다. 또한, 시설물의 기능을 회복하는데도 많은 시간과 손실 등의 피해가 발생되었다.

고속도로에서 대부분의 시스템들이 통합되어 운영되기 때문

\* 일반회원, 중앙대학교 토목공학과 박사수료 yhkwn@kdi.re.kr

\*\* 종신회원, 중앙대학교 토목공학과 부교수, 공학박사(교신저자) kjkim@cau.ac.kr

\*\*\* 일반회원, 중앙대학교 일반대학원 석사수료 wiaae@naver.com

\*\*\*\* 일반회원, 건설기술연구원 건설관리연구실 선임연구원, 공학박사 chae@kict.re.kr

1) 김입경(2003). 미국, 캐나다 동부지역 대정전 사태의 교훈에서 당시 정전 사태를 시간대별로 전개하여 설명하고 있다.

표 1. 정전사고시 원인 및 복구에 대한 사례

대규모 정전 사례	정 전 원 인	정전 및 복구
북미 및 캐나다 동부 정전 (2003.8.14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전기와 송전선로 고장, 이러한 고장들이 광역정전에 영향을 미침. 부하의 증가에 의한 것이 아니라, 다수의 송전선, 발전기 등이 짧은 시간에 연쇄적으로 정지되면서 관련 계통의 전압이 붕괴되어 발생됨<sup>4)</sup></li> <li>고장의 확산을 막을 수 있는 보호 장치에 문제</li> <li>송전망 설비의 노후화 및 투자 미흡에 원인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003.8.14, 15:06 발생</li> <li>8.15, 08:00 79% 복구</li> <li>8.16, 09:00 90%이상 복구</li> </ul>
삼성전자 반도체 정전사고 (2007.8.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>배전설비 자체에서 발생한 예러로 인한 정전사고로 결론</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2007.8.3 14:30 발생</li> <li>4시간 후 전력 재공급</li> <li>8.4 04:30 가동시작으로 사고 후 21시간 30분만에 정상복구<sup>5)</sup></li> </ul>
제주도 전역 정전사태 (2006.4.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>해저 케이블 손상, 과부하로 인한 정전사태</li> <li>외부 송전선에 수오 전력의 절반에 이를 정도로 너무 많이 의존하는 구조에서 비롯됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2006.4.1, 10:40 발생</li> <li>2시간 30여분 후 재공급<sup>6)</sup></li> </ul>
홍지문터널 화재사고 (2003.6.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>화재사고 당시 터널 내 정전의 원인은 근무자의 기기 오작동 원인(터널 안 공기를 내보내기 위해 환풍기를 역방향으로 가동시키려 했으나 실수로 공기를 빨아 들이는 정방향으로 가동시켰고, 이를 다시 역방향으로 바꾸는 과정에서 기기에 과부하가 걸려 정전<sup>7)</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003.6.6, 09:10 화재발생</li> <li>2시간 30분간 교통혼잡 발생<sup>8)</sup></li> </ul>
여수국가산단 정전 (2008.5.3) 여천NCC 3공장 2차 정전사고 (2008.5.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후 피뢰기가 소손됐고, 이로 인해 발생한 저전압 현상을 모선보호계전기가 적시에 차단하지 못해 발생됨<sup>9)</sup></li> <li>수용가 일부 전력설비의 노후화, 설비 관리미흡 및 관련기술 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008.5.3 15:32 발생,</li> <li>5.4 03:00 전력공급 재개, 재가동시 5일정도 소요</li> </ul>

1: 북미 신뢰도위원회(NERC: North America Reliability Council), 9월12일 발표자료  
2: www.electimes.com

에 원활한 전력공급이 제공되지 못할 경우 한순간에 시스템이 무용지물이 될 수 있는 특징이 있다. 따라서 운영중인 인프라 시설에 대한 위험관리가 필요하게 되었으며, 이러한 위험을 대비하기 위해서는 운영시 예산관리가 중요하다. 특히 불가항력적인 사고로 인한 직접적인 위험비용의 추정은 위험관리 측면에서 의미를 가진다. 본 연구에서는 디지털화된 고속도로 시설물에서 정전으로 인한 재난이 발생할 경우 운영 위험비용과 손실비용을 추정하고, 이를 바탕으로 위험관리의 방안을 예산측면과 관리측면에서 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

고속도로에서의 운영 위험은 예산을 초과하는 과도한 운영관리비, 유지관리비, 안전에 대한 비용<sup>2)</sup>의 증가이다. 예상 못한 사

2) 운영위험이란 시설을 운영하는데 소요되는 비용이 예산을 초과하게 되어 사업의 예상 수익에 미치지 못하는 것이다.  
3) 사고시 시설물에 대한 직접적인 점검비 및 유지보수비용은 예산범위를 크게 초과하지 않을 수 있다. 그러나 IT기술은 한순간 무용지물이 될 수 있는 특성이 있고, 정상적인 가동에 대한 회복시간이 늦어진다면 그에 따른 시설보수 및 유지비용은 더욱 커지며, 운영손실은 더욱 크게 발생된다.

고로 인한 운영비 증가에 대비하기 위해서 시설물과 인적을 담보로 하는 보험으로 위험을 대비할 수 있다. 그러나 디지털화로 복잡해지는 시설물에서의 위험비용은 예상외로 커질 수밖에 없다.<sup>3)</sup> 고속도로 운영중 예측 불가능한 정전사고를 가정<sup>4)</sup>한다면 발생할 수 있는 상황은 다음과 같다. 통행요금 징수의 어려움으로 인한 혼란과 가로등시설, 터널내 환기 및 조명시설의 미작동 등<sup>5)</sup>이며 이는 도로 사용자의 불편을 발생시킨다. 또한, 도로관리자는 교통시스템의 불능으로 이용자를 통제할 수 없는 상황이 발생하게 된다.<sup>6)</sup> 인근지역을 포함한 정전사고는 교통신호처리가 어려워지고, 도로와 접속부에서의 교통 흐름에 큰 혼잡을 발생시킨다.

본 연구에서는 디지털화된 고속도로에서 운영중 예측불가능한 대규모 정전사고를 가정하였는데, 이러한 가정은 최근에 발생하는 국내외 정전사태를 고려한 운영 위험관리에 대한 것이다. 위험비용산정은 간접적인 사회적 비용에 대해서는 고려하지 않고 특정 사업에 대한 직접적인 운영비용의 변동으로 한정하였다. 대규모 정전으로 인한 위험비용추정의 방법은 다음과 같다.

첫째 고속도로에서 운영비 항목의 내용을 분석하고, 도로운영시 위험요소를 분석하였다. 운영비 항목의 신뢰를 위해서 30년 이상 운영 중인 경부고속도로와 영동고속도로의 유지관리비 투입금액을 분석하였다. 운영 위험요소 분석은 실시협약이 체결된 민자고속도로의 협약을 근거로 위험요소를 파악하였으며 또한, 정전사고 원인에 대한 위험요소를 분석하였다.

둘째, 위험 추정에 앞서서 위험비용 추정의 신뢰를 위해 공사 중인 3개 민자고속도로 사업에 대하여 실시협약을 근거로 운영비 항목과, 유지관리비를 비교하였다. 3개 사업 모두 사업규모가 달라 4차선으로 환산 후 유지관리비의 비교를 하였다. 그 후 3개의 사업 중 대표사업을 선정하여 위험비용을 추정하였다.

셋째, 위험비용추정은 사례 고속도로에서 정전사고를 가정할 때 계획된 운영비 항목의 산출을 근거로 운영비의 변화를 추정하여 위험비용을 추정하였다. 또한 정전기간은 정전사태를 고려할 때 정상가동 되는데 짧게는 수 시간에서 수 일이 소요되는 것을 참고로 하였다.

4) 대규모 정전의 가정은 앞서 언급된 미국의 정전사태나 첨단장비의 운용 부족으로 인한 제주도 전역에 걸친 외부전력의 차단인 정전사태의 수준 또는 내부적인 내부배전설비의 문제, 오류, 오작동의 사태를 가정한다.  
5) 최근의 SOC시설들은 전력 공급선 2중장치, 무정전 전원공급 장치, 비상발전기, 특정 구간만 전기를 차단하는 보호개선 시스템을 고려하고 있다. 그러나 사례에서와 같이 정전시 외부 및 내부 전력 공급이 원활히 이루어 지지 않았다.  
6) 개방식 요금의 경우와 달리, 폐쇄식의 경우 사용자 징수는 어느 IC에서 진입하였는지에 따라 사용료를 달리 받아야 하는데 징수시스템의 운영불능은 징수에 큰 혼란을 초래한다.

넷째, 재난으로 인한 운영비 항목의 증가요소를 파악하기 위해 운영비의 항목을 교통량과 전력상황에 따른 비용변동을 고려하여 고정비 및 변동비로 구분하였다. 예상을 초과하는 운영비용 추정을 위해 전문가의 브레인스토밍을 통한 설문을 근거로 추가적인 비용발생의 확률과 피해액을 산정하였다. 이 결과로부터 시뮬레이션을 수행하여 위험비용을 추정하였다.

다섯째, 추정된 위험비용과 운영시 매출손실을 고려하여 직접적인 피해액을 산정하였다.

본 연구는 고속도로에서 대규모 정전시 위험비용 분석을 수행하고, 이에 대한 위험관리 방안을 운영비용 예산측면과 운영계획 측면에서 제시하고자 하였다.

## 2. 연구의 동향

도로사업의 운영위험에 관련된 기존의 논문을 검토한 결과 크게 고속도로 운영비의 산정에 대한 연구와 도로 사업기간 중 위험관리에 대한 연구, 공사중 확률적 위험분석의 연구로 구분되었다.

운영비관련 연구의 경우 이규방(2001, 국토연)의 민간투자사업의 운영관리비 산정에 관한 연구가 있었는데, 30년간 도로 운영시 LCC개념을 통한 적정유지관리비 산정모형을 제시하였다. 그러나 도로의 유지관리비 추정에 한정되어 있다. 위험관리에 관한 연구로는 심상달(2005, 한국개발연구원)의 사회기반시설 민간투자사업의 위험측정 및 분석연구와 사회기반시설 민간투자사업의 위험관리방안에 대한 연구가 있었다. 여기서는 사업위험의 배분상황을 선진국과 비교하고, 협약을 근거로 정부와 민간의 위험배분현황을 분석하였다. 재정사업의 실적을 근거로 당초 추정치보다 공사비용과 기간이 더 늘어나고, 이에 따른 편익은 더 적어지는 경향을 산정하는 낙관적 편의를 추정하여 위험의 가치를 계량화하였다. 그러나 재정사업의 총사업비 변경의 실적을 근거로 하여 공사기간의 연장과 비용 증가를 분석하는 위험관리에 한정하였다. 심상달(2006, 한국개발연구원)의 민간투자사업 적격성 평가의 위험방안연구에서는 영국 및 호주의 VFM평가 방식을 통하여 한국으로의 적용방안을 연구하였다.

다음으로는 조효남(2000, 건설교통부) 건설공사의 확률적 위험도분석 평가기법 개발에서는 건설프로젝트 중 설계·시공간 발생 가능한 오류, 사고, 재해를 과학적으로 조사하고 이를 확률적으로 분석·평가하는 위험도분석평가 모형 및 분석기법을 정립하고자 하였다. 그러나 공사중에 한정되어 분석하였다. 김신국(2006)의 민자유치사업의 리스크 관리를 위한 민감요인분석에서는 BTL사업의 추진 단계별로 사업에 영향을 미치는 요인과

특성에 대하여 영향도를 분석하고 대응방안을 제시하였다. 그러나, 사업의 영향요인으로 위험비용에 대한 분석은 수행하지 않았다.

기존의 연구의 경우 도로운영시 적정 운영비를 추정하거나, 도로의 실시협약을 근거로 하여 사업위험요소를 열거하고 정부와 민간의 위험배분을 하여, 재정사업의 총사업비 변경 실적을 근거로 공사기간의 연장과 비용 증가를 분석한 위험관리에 한정하였다. 또는 사업기간 중 일반적인 운영위험요소로부터 위험분석을 산정하거나, 확률적 위험도 분석을 이용하여 설계·공사중 위험도 관리방안을 제시하였다. 따라서 운영기간 중 특정 위험요소에 따른 운영 위험비용을 추정할 기존의 연구는 전무한데, 본 연구의 경우 도로의 운영 중 불가항력적인 요소가 원인이 되어 계획된 비용에서 추가적으로 발생하는 직접적인 비용을 추정하여 운영에 필요한 소요재원과 더불어 관리방안을 제시하고자 한다.

## 3. 디지털 기술을 기반으로 한 고속도로 운영 현황

### 3.1 운영비 구성 현황

고속도로 운영비는 이용자들이 도로를 이용하는데 최상의 도로 상태를 유지하기 위해 소요되는 제반비용이다. 예비타당성조사 일반지침에서는 고속도로 운영비를 영업소 운영비, 도로관리 행정인건비, 포장보수비, 구조물 보수비, 정비비, 제설 및 노면 청소비용 등의 비용으로 구분하고 있다. 운영비는 도로의 공용기간, 시설물의 특징, 서비스 수준에 따라 개별 고속도로의 운영비 차이가 발생하게 된다. 본 연구에서는 운영비 항목을 인건비, 제경비, 유지관리비, 시설물 대체비로 구분<sup>7)</sup>하였다.

표 2. 운영비 구성 항목

예비타당성조사 일반지침(4판)	본 연구에서의 구분
영업소 운영비 및 관리인건비	인건비 및 경비 • 관리조직 및 그에 따른 경비
보수비(포장 및 구조물), 청소비 등	유지관리비 • 유지보수비(점검비, 도로보수비) • 유지경비(전력비 및 보험료 등)
-	시설물 대체비 • 운영설비 및 집기비용 등

7) 시설의 준공이후 운영기간 중 투입되는 보수·개량 및 대수선비 등을 고려한 시설 운용에 소요되는 비용으로 예비타당성 조사 일반지침(4판)을 근거로 본 연구에 맞게 항목을 조정하였으며, 관리조직 비용과 시설관리 비용으로 구분한다.

표 3. 운영비 세부내용<sup>8)</sup>

구분	세부내용	
인건비 및 경비	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리조직 및 그에 따른 경비</li> <li>징수인원의 인건비와 경비</li> </ul>	
유지관리비	점검비	<ul style="list-style-type: none"> <li>정기점검 : 구조물의 손상을 조기에 발견하기 위해 육안을 이용하여 정기적으로 실시하는 정기점검은 반기에 한번 수행</li> <li>정밀점검 : 정밀육안 점검 및 장비를 이용하고 2년에 1회이상 실시</li> <li>긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등 재해 발생시 긴급한 손상이 발견될 때 필요</li> <li>정밀안전진단 : 특별한 시설물의 외관상태, 내구성, 내하성 및 안전도의 파악을 위해 실시, 10년 경과 후 5년에 1회 실시</li> </ul>
	도로보수비	<ul style="list-style-type: none"> <li>일상보수비(인건비와 복리후생비 자재비), 절토부 및 성토부 토공의 법면보수, 암거, 배수관, 옹벽, 도수로, 측구 등의 구조물 보수, 교량의 경우(상판, 받침, 이음 및 교좌장치, 교대, 교각, 도장),</li> <li>터널보수(균열, 누수, 타일 보수),</li> <li>표장보수(아스팔트 및 콘크리트표장보수),</li> <li>각종 부대시설보수로(차량방책보수, 중앙분리대, 낙석방지, 건물보수 등)</li> <li>청소(노면, 방책, 표지판청소, 측구청소, 터널, 건물 청소, 쓰레기 청소),</li> <li>도정(자선, 차량방책, 표지판, 건물),</li> <li>제설작업</li> <li>전기시설보수(가로등, 터널등, 건물전기보수)</li> <li>설비시설보수(터널환기, 건물설비 등)</li> </ul>
	교통관리시스템보수	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통관리시스템의 보수는 S/W유지보수비, 차량단속시설유지보수비, 시스템유지보수비</li> </ul>
	유지경비	<ul style="list-style-type: none"> <li>징수시스템보수 : 통행료징수시스템 보수비는 TCS, ETCS, 시스템유지보수비, S/W보수비, 징수시스템의 인쇄용지 및 영수증 등의 소모품비용 등</li> <li>전력비 : 가로등, 터널, 유지관리사무소, 영업소의 전력비</li> <li>보험료 : 시설물손해에 대한 완성도목공사를 보험, 운영을 못하게 됨으로써 필요로 하는 휴지보험, 사고에 따른 영업배상보험, 운영관리직원에 대한 사용자배상책임보험</li> </ul>
시설물 대체비	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로운영설비관련 시설 재투자비용</li> </ul>	

인건비 및 경비, 유지관리비, 시설물대체비의 상세한 내용은 아래와 같다. 유지관리비는 유지보수비와 유지경비로 나뉘며 유지보수비의 경우 점검비, 도로보수비로 구분된다. 유지경비로는 통행료 징수시스템 보수비, 교통관리시스템, 전력비, 보험료로 구분된다.

교통관리시스템(FTMS, Freeway Traffic Management Systems)은 실시간 정보를 바탕으로 정보를 수집하거나, 교통처리 및 관리, 제어 및 감시 등 시스템의 유지관리를 수행하고 있다. 터널, 교량 등과 같은 토목구조물과 Vehicle Detector System(VDS), Variable Message Signboard(VMS),

표 4. 교통관리시스템 현황

구분	설비	역할
교통자료수집	<ul style="list-style-type: none"> <li>루프 검지기, 영상검지기(VDS)</li> <li>CCTV</li> <li>비상전화 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간으로 교통류 자료를 수집</li> <li>본선과 연결로 및 인접도로의 교통상태를 실시간으로 모니터링</li> <li>통신수단으로써 설치</li> </ul>
처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>WEB서버, ARS서버 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수집된 자료는 교통관리센터에 있는 각각의 서버를 통해 중앙처리장치에 전송하고 서버를 통해 교통gm를 제어</li> </ul>
정보제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>인터넷 및 휴대전화</li> <li>차로제어시스템, 도로내 전광 표시판(VMS) 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반인을 대상으로 정보 제공</li> <li>도로상황을 신속히 표시</li> </ul>

Closed-Circuit television(CCTV) 및 Electric Toll Collection System(ETCS)과 같은 IT 기반의 기술을 접목하여 복합적으로 운영된다. 또한, 교통관리시스템은 교통 시설의 효율성과 안전 운영을 향상시킬 목적으로 이용자에게 적절한 정보를 제공하고, 유고(有故)발생시 교통흐름의 지체 및 정체를 최소화 시키는데 기여하고 있다.

통행료 징수시스템의 경우 유인식 징수시스템(TCS, Toll Collection System) 및 전자식 징수시스템(ETCS, Electric Toll Collection System)으로 구분된다. TCS의 경우 영업원이 요금을 징수하여 처리하는 것으로 영수증발행기, 차량감지장치, 정액권 확인기, CCTV, 교통카드 단말기 등으로 구성되며, 국내 고속도로에서 주로 이 시스템이 이용되고 있다. ETCS의 경우 무정지 자동통행요금징수를 처리하는 것으로 차량감지시스템, 차로제어기, 위반차량관리시스템, 스마트카드 등으로 구성된다. ETCS의 경우 TCS에 비해 교통류의 지체시간을 최소화하게 된다.<sup>9)</sup>

### 3.2 운영비 현황

#### 3.2.1 운영비 사례분석

사례분석을 위해 실시협약이 체결된 3개 민자 고속도로 운영비 비교를 수행하였다. 다음은 각 사업의 운영비 구성 비율을 분석하였다. 인건비 및 경비항목<sup>10)</sup>과 대체투자비를 제외한 유지보수비, 유지경비의 경우 A사업의 유지보수비가 다소 큰 비중을 차지하는 것 외에는 운영비의 비율에 있어서 큰 차이가 나지 않는다.

각 사업의 규모와 사업 특수성에 따라 운영비의 차이가 있어 직접적인 비교는 어려우므로 각 도로의 4차선 환산차로를 산정할 경우 A사업은 66km, B사업은 46km, C사업은 29km이며, 이를 각각의 유지관리비(유지보수비+유지경비)로 환산할 경우 연

8) 점검비는 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」의 항목을 근거로 하였으며, 도로보수비 및 유지경비는 「2000년대를 향한 고속도로 유지관리비전(1995, 한국도로공사)」의 예산배정 항목을 근거로 하였고 또한, 민자고속도로의 실시협약 협상자료를 근거로 재구성하였다.

9) 한국도로공사 홈페이지 자료에 의하면 2000년 서울외곽순환고속도로 3개의 영업소에 하이패스(Hi Pass)를 개통한 이후 현재 262개 모든 영업소에서 운영 중에 있으며, 성남영업소는 2004년 1,887,650대에서 2005년 2,862,331대로, 청계영업소는 2004년 2,671,198대에서 2005년 3,753,866대로, 판교영업소는 2004년 3,033,997대에서 2005년 4,291,486대로 이용이 증가하고 있다. 또한 하이패스의 추가설치구간 및 소요예산은 꾸준히 증가하고 있다.

10) 운영 주간사 특성에 따라 인건비 및 경비의 차이가 있다.

표 5. 민자고속도로 운영비 구성

구 분		A 사업	B 사업	C 사업
규모 및 연장		62.1km (4~6차로) 영업소 8개소 (72차로)	38.5km (4~6차로) 영업소 7개소 (79차로)	22.9km (4~6차로) 영업소 3개소 (48차로)
운영비	인건비 및 경비	33.03%	46.55%	50.47%
	유지보수비	36.10%	19.42%	19.91%
	유지경비	20.30%	20.79%	22.81%
	대체투자비	10.57%	13.24%	6.82%
인건비 및 경비를 제외한 운영비 중 IT 유지관리비 비율		9.18%	13.21%	12.66%

간 유지관리비(4차로 환산, km당)는 A사업은 124백만원, B사업은 147백만원, C사업은 114백만원으로 산정<sup>11)</sup>되어 3개 사업에 있어서 차이가 크지 않다.

### 3.2.2 유지보수비 사례분석

앞서 사례분석에서는 3개의 민자고속도로에 대한 운영비 비교를 하였는데 이는 실시협약을 근거로 한 비교이다. 따라서 실제 운영중인 경부고속도로와 영동고속도로의 연도별 유지보수비 실제 투입비를 비교하였다.<sup>12)</sup>

표 6. 고속도로 유지관리비 투입비용

연도	경부선 보수비 (백만원)	2차로 환산 (km)	영동선 보수비 (백만원)	2차로 환산 (km)
69	18	550.4	-	-
70	203	856.0	-	-
71	*1,825 *	856.0	2	104.0
72	*1,965 *	856.0	73	104.0
73	*1,614 *	856.0	89	104.0
74	*1,347 *	856.0	93	104.0
75	*1,833 *	856.0	136	201.0
76	*2,522 *	856.0	595	201.0
77	*3,033 *	856.0	531	201.0
78	*4,050 *	856.0	616	201.0
79	*5,201 *	856.0	*1,197 *	201.0
80	*7,424 *	856.0	592	201.0
81	*12,602 *	856.0	*1,390 *	201.0
82	*11,488 *	856.0	*2,999 *	201.0
83	*12,093 *	856.0	*2,654 *	201.0
84	*14,841 *	856.0	*3,181 *	201.0
85	*16,148 *	856.0	*4,874 *	201.0
86	*13,619 *	856.0	*3,909 *	201.0
87	*14,136 *	877.7	*2,887 *	201.0
88	*9,890 *	877.7	*2,975 *	201.0
89	*10,036 *	877.7	*3,850 *	201.0
90	*6,779 *	877.7	*3,686 *	201.0
91	*4,817 *	877.7	*2,545 *	201.0
92	*6,436 *	927.5	*2,851 *	201.0
93	*7,851 *	927.5	*5,246 *	201.0
94	*8,078 *	927.5	*4,161 *	282.0
95	*13,251 *	927.5	*4,500 *	282.0
96	*15,943 *	1087.3	*5,582 *	283.7
97	*26,948 *	1087.3	*5,428 *	302.3

경부선은 8차선 102km, 6차선 41.6km, 4차선 284.4km, 계 428km로 운영 중이며, 영동선의 경우 4차선 101.3km, 2차선 99.7km, 계 201km로 운영중에 있다. 유지보수비의 항목은 보수비의 항목은 덧씌우기, 콘크리트포장보수, 구조물보수, 상시보수 등이며, 동등한 비교를 위해 2차선으로 환산한다.

각 연도의 비용을 2007년의 시점비교를 위해 소비자물가지수를 고려하여 보정을 하였다. 이 경우 경부선의 보수비는 연간 25.85백만원(2차선 환산, km당)이며, 영동선의 보수비는 연간 25.99백만원(2차선 환산, km당)으로 산정되었다. 4차선으로 환산할 경우 경부선의 경우 51.69백만원/km, 영동선의 경우 51.99백만원/km으로 산출된다.

### 3.3 사례분석을 통한 대상사업 선정

3개 민자 고속도로사업과 운영중인 2개 고속도로의 연간 유지보수비(4차로 환산)를 비교시 A사업이 79백만원, B사업은 80백만원, C사업은 53백만원으로 운영중인 2개 고속도로의 실 투입과 비교시 C사업과 차이가 나지 않는다. 따라서 본 연구의 위험사례 분석을 위해서 C사업을 선정사업으로 하여 위험을 분석하기로 한다.

본 연구에서는 위험비용 추정을 위해 운영비 항목을 고정비와 변동비 항목으로 구분하였다. 도로의 관리 인건비와 경비를 고정비 항목으로 정의하고, 그 외 시설물에 대한 유지관리비, 대체비를 변동비로 구분하였다. 이러한 구분의 근거는 교통량에 따라 변동될 수 있는 비용을 변동비로 정의하는데, 전력상황에 따른 위험비용 분석을 용이하게 하기 위해서이다. 도로운영시 사고로 인하여 운영이 불가할 경우 이에 대한 손실 보상을 위해 가입하는 휴지보험(Business Interruption)은 가입대상을 고정비와 차입이자를 대상으로 하는데 이때의 고정비는 유지관리비를 포함하고 있어 앞서 언급된 고정비의 정의와 차이가 있다.

## 4. 도로 운영 위험

### 4.1 운영중 위험요소

고속도로에서의 운영 위험은 운영자의 부도위험, 예상을 초과

11) 연간 유지관리비(유지보수비+유지경비)는 A사업이 8,259백만원, B사업은 6,758백만원, C사업은 3,273백만원으로 산정된다.

12) 2000년대를 향한 고속도로 유지관리 비전(1999.5 한국도로공사)에서 운영비중 유지보수비의 자료를 근거로 비교하였다.

하는 과도한 운영관리비의 소요<sup>13)</sup>, 유지관리 및 안전에 대한 비용소요, 고속도로 운영자의 부실화 등을 들 수 있다. 이러한 위험은 도로의 운영이 중단되어 서비스의 제공이 어려워 질 수 있다. 수익형 민자사업 표준실시협약을 근거로 할 경우 위험 요소는 다음과 같다. 불가항력<sup>14)</sup>적인 요소, 원자재 및 노동력 가격상승요소, 기타 예상치 못한 변수에 의한 운영비용초과, 건설된 시공물이 당초 예상된 기능을 수행치 못할 경우, 이용수요가 당초 계획과 큰 편차가 있는 경우, 주변지역개발의 효과가 미흡한 경우, 교통계획이나 관련계획의 변경으로 인한 영향, 경합노선의 발생 또는 경쟁수단의 운영으로 이용수요가 감소할 경우의 요소로 분석된다.

## 4.2 정전 위험요소

우리나라 전력은 미국의 정전과는 달리 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 전체 송전망을 한전이 소유하고 관리하므로 투자재원의 확보나 관리 등이 용이하다는 것, 둘째 송전망 구성이 독립적으로 운영되는 단독계통으로써 비교적 단거리 송전선로가 다중 연결된 그물망 구조이므로 대표적 부하 밀집지역인 수도권인 경우도 수도권 이외의 지역을 연결하는 6개의 송전선로에 의해 견고한 형태로 연결되어 있다는 것, 셋째 송전망 운영측면에서 전력거래소에 의한 운영체제로 전체 전력계통을 효과적으로 통합하여 감시하고 있다는 것을 고려할 때 정전의 위험에는 미국과 차이가 있다. 그러나 제주도 정전의 경우 외부전력과 차단으로 미국정전의 사례와 비슷하다.

전력공급의 신뢰도 실적비교에서 고객평균정전시간(CAIDI: Customer Average Interruption Frequency Index)의 경우 한국이 41.5분/호, 미국 127분/호, 일본 68.8분/호<sup>15)</sup>로 한국이 우수한 것으로 나타나고 있고, 호당정전시간(SAIDI: System Average Interruption Duration Index)도 우리나라의 경우 20

분/호 미만으로 양호한 것으로 나타나고 있다. 이는 호당정전시간에 근거할 경우 대규모 정전사태의 발생빈도는 아주 미비하다. 그러나 설비 오조작과 불시의 사고에 대체 능력의 저하로 사고확률은 커질 수 있다. 사례에서도 삼성전자 정전사고, 터널화재, 산단정전 경우에서와 같이 배전설비의 문제, 오작동, 전력시설의 노후, 정전관리 미흡으로 인한 내부전원 차단이 원인인 정전으로 정상 가동되기까지 짧게는 수 시간에서 길게는 수 일이 소요되었다.

현재의 전력 상태는 경제 발전에 따라 건물, 교량 등 시설물의 대형화와 밀집화, 인구의 집중화가 진전되면서 재난 위험과 잠재적 피해규모가 증대함에도 불구하고 재난 관리의 체계의 사전적·사후적 기능 수행이 원활하게 수행되지 못하고 있다.<sup>16) 17)</sup> 사전적으로도 사고 예방을 위한 안전관리 체계가 완비<sup>18)</sup>되어 있지 않아 이에 대한 개선 또는 대책 마련이 필요하다.

## 4.3 운영위험 추정방법<sup>19)</sup>

### 4.3.1 분석을 위한 사업개요

C고속도로는 시설규모가 23km(왕복 4~6차로)로, 교량 3,895m/22개소, 터널 8,174m/10개소, 출입시설 IC 6개소, JCT 1개소, 본선영업소 2개소, IC영업소 1개소로 전체 48차로로 운영된다. 사업의 비용 및 수입현황은 매출은 4,836.3백만원/월, 인건비와 제경비인 고정비가 322.3백만원/월, 변동비인 유지관리비 및 대체투자비가 316.34백만원/월, 세금 등이 645.8백만원/월, 수익은 3,552백만원/월로 구성된다.

본 사업의 전기시설은 조명시설로서 가로등, 통로 박스조명, 교량내부의 조명설비와 건물의 전기설비, 터널의 전력설비로 구성된다. 터널의 전력설비는 가장 중요한 시설물으로써 변전실 및 변압기로 구성되는 수전 및 변전 설비, 환기동력설비, 조명설비, 전력의 경보 및 상태변화를 감시하는 전력제어설비, 비상발전기 설비와 UPS인 무정전설비, 축전지를 이용하는 설비인 예비전원

13) 투입비용의 증가, 품질하락, 예상치 못한 장비 또는 건물의 업그레이드, 부적절한 설계에 따른 비용발생, 고유의 결함, 낙후된 기술 등으로 예상치를 상회할 수 있다.

14) 지진, 홍수, 해일, 화재, 화산폭발, 산사태, 태풍, 비행기 충돌 등으로 인한 재해 및 위험물이나 유물의 발진. 전국적 또는 사회전반전반의 파업. 정부의 정책 또는 이자율, 환율 등의 급격한 변동. 자금차입계약의 불가능, 사업의 수익률에 현저한 악영향을 미치는 경우. 전쟁 또는 사변, 적국의 침공 행위. 핵폐기물, 화학 또는 방사능에 따른 부지의 오염. 폭동, 테러. 환전 및 해외송금 통제. 사업에 영향을 미치는 법의 개정 등 이다.

15) 「고품질 전기서비스로 고객 '눈높이' 맞춘다」 한국전기공사협회 전기설비, 2006.9. pp82, 고객평균정전시간(CAIDI)은 연간 정전회수의 정전시간을 연간 정전회수로 나눈 계산하며, SAIDI의 경우 연정전회수의 정전시간/전체 고객회수로 산정함.

16) Rae Zimmerman and Thomas Horan(2004). "Digital Infrastructures Enabling Civil and Environmental Systems through Information Technology pp116-140에 의하면 전력 인프라는 보안, 향상된 질, 신뢰성, 유용성 등 고성능 수준의 디지털을 요구하는 이용자의 수요에 신속히 업데이트하고 유지하는데 어렵다.

17) 2008년 5월 3일 여수산단에 정전사고가 발생되었는데, 공장의 전면 중단 또는 부분 중단으로 가동에 따른 큰 피해가 발생되었다. 2006년 5월에도 정전사고로 큰 피해가 있었다.

18) 모든 시설물에서 예비전력을 갖추고 있으나, 정전시 외부 및 내부와의 전력공급이 원활히 이루어지지 않았다.

설비로 구성되어 운영된다. 따라서 고속도로에서 정전 사고시에 도 비상발전 및 축전지를 이용하도록 설계되어 있고, 한전에서 의 배전자동화시스템 등으로 인한 원활한 전력의 공급을 계획하고 있다.

유지관리비 산정 내역은 다음과 같으며 운영비중 고정비인 인건비 및 제경비가 전체운영비에 50.5%, 교통량과 전력상황을 고려한 변동비(유지관리비 및 대체투자비)는 49.5%를 차지하고 있다.

표 7. C고속도로 운영비 내역<sup>20)</sup>

구분	산정내역	
인건비 및 경비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,870백만원/년(322.5백만원/월)</li> <li>• 징수원 인건비 및 경비 포함</li> </ul>	
유지보수비	<ul style="list-style-type: none"> <li>상시보수비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 보수비 794백만원/년(66백만원/월)</li> <li>• 정기점검 포함하여 수형 150백만원/(6개월)</li> </ul> </li> <li>보수비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물의 포장보수비, 379백만원/년</li> </ul> </li> <li>구조물 점검비 (교량, 터널)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정밀진단, 280백만원/발생시, 2년마다 1회</li> <li>• 정밀안전(교량, 터널), 1500백만원/발생시, 준공 후10년 5년마다 1회</li> </ul> </li> </ul>	
	통행료징수 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCS 보수비 : 유지보수 용역으로 집행, 유지보수 항목 정비 총설치비용의 1%, 초기2년간 하자보수기간, 56백만원/년 (4.67백만원/월)</li> <li>• ETCS 보수비 : 유지보수 용역으로 집행, 유지보수 항목 정비 총설치비용의 1%, 초기2년간 하자보수기간, 8백만원/년 (0.67백만원/월)</li> <li>• S/W유지보수비: S/W개발업체와 유지보수 용역으로 집행, 초기1년간 하자보수기간, 2년마다 1회, 5백만원/년</li> <li>• 요금징수관련 소모품(인쇄용 관련소모품, бат데리, 영수증발생기 관련 소모품), 1백만원/월</li> </ul>
		교통관리시스템
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차량 단속시설 : 유지보수 용역으로 집행, 유지보수 항목 정비 설치비용의 2%, 초기1년간 하자보수기간, 4백만원/년(0.33백만원/월)</li> </ul>		
유지 경비		<ul style="list-style-type: none"> <li>전력비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 759백만원/년(가로등, 터널, 통로박스, 유지관리사무소, 영업소의 전력비)</li> </ul> </li> <li>보험료                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 508백만원/년(완성토목공사물보험, 이익상실보험, 영업배상책임보험, 사용자책임 보험)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>대체투자비                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 522백만원/년(TCS, ETCS, FTMS, 차량정비, 집기비품)</li> </ul> </li> </ul>	

19) 영국 재무부(HM Treasury)의 경우 VFM(Value for Money)이 있는 경우에만 PFI사업을 추진한다는 원칙으로 공공투자사업의 조달방식을 결정하고 있는데, VFM은 정량적인 비용과 정성적인 요소를 함께 고려한다. 위험분석과정은 전문가와 경험자들이 참여하여 사업관련위험을 도출하고 분류하며, 위험의 계량화로서 위험의 영향을 평가하고, 위험 발생확률을 평가한다. 그리고 예상위험비용을 계산하고, 위험관련민감도를 수행하여 위험을 민간과 분담하게 된다. 위험계량화는 해당 위험을 추정하는데 자료와 경험이 없기 때문에 전문가들을 의존하게 된다. 이러한 위험은 사업위험의 계량화를 다루며, 위험확인을 위해서는 워크숍을 진행하여 각 분야의 위험전문가로 구성(의견조정 및 토론의 한계를 고려하여 4~5인 정도)하고 사업에 대한 배경의 설정을 하게 된다. 여기서 브레인스토밍에서 위험을 분류와 위험항목을 산출한다. 다음 위험계량화를 위해 위험의 발생률, 강도, 기간을 고려하게 된다. 위험계량화의 정성적인 평가를 위해 발생확률과 영향을 높음, 중간, 낮음으로 분류하여 위험의 분류를 이해하게 된다. 위험확률을 추정하기 위해서는 단순확률평가와 확률분석에 근거하여 분석이 가능하다. 단순 확률평가기법의 한계는 한 개의 위험추정치를 산정한다. 따라서 확률분석은

### 4.3.2 위험 평가방법 및 계량화

위험분석방법을 위해 먼저 본사업과 관련된 위험 전문가<sup>20)</sup>를 구성하였다. 위험확인을 위해서는 브레인스토밍에서 위험을 분류와 위험항목을 산출하는데, 운영위험 중 대규모 정전<sup>22)</sup>에 대한 운영위험의 평가항목을 분류하였다. 평가항목 선정은 다음과 같다. C고속도로 사업의 개요와 <표7>의 운영비 항목의 현황을 근거로 위험항목을 추정 하였다. 대규모 정전을 가정하였으므로 평가항목 설정을 위해 운영비 항목 조정을 하였다. 시설물의 파손은 없는 것으로 판단되어, 고정비인 인건비와 제경비는 평가항목에서 제외하고, 또한 변동비인 대체투자비도 평가항목에서 제외하였다. 변동비인 유지관리비를 대상으로 평가항목을 설정 하되, 유지관리 중에서도 구조물의 포장보수비, 시설의 전력비 경우도 비용증가가 없을 것으로 판단되어 평가항목에서 제외 하였다. 또한 보험료의 경우도 사고로 인한 차기 보험료의 인상은 있을 수 있으나 사고당시 도로운영자가 부담하는 비용이 발생하지 않으므로 제외하였다. 또한 ETCS로 운영되는 차량의 경우 징수원의 추가 투입이 필요함으로 평가항목으로 포함하였으며, 사고로 인한 매출감소의 확률과 회복기간을 평가항목으로 구성 하였다.

다음으로 위험계량화를 위해 위험수준확인을 수행하였다. 위험의 발생률, 강도, 기간을 고려하게 되는데, 발생확률의 경우 고(60%초과), 중(30%~60%), 저(30%미만), 비용정도에 대해서는 각 계획된 연간 및 월 운영비에 대한 정보를 근거로 하여 위험발생시 계획된 연간 비용을 초과하지 않는 것으로 하였다. 비용수준은 고(월간 계획대비 80%초과), 중(월간 계획대비 10%~80%), 저(월간 계획대비 10%미만)로 정하였다. 기간수준에 대해서는 정상가동이 정전사태에서와 같이 사고후 수일이 소요되고 있는 점을 고려하여 고(2일 초과), 중(1일~2일), 저(1일 미만)로 구분하였다. 평가항목에 대한 위험수준결과는 다음과 같다.

각 위험에 대한 확률분포를 정하고 위험의 효과를 조합함으로써 단순 접근이 한계를 극복하고 분석 결과가 범위가 되어 위험변동성 고려시 유용하다.

20) C도로사업의 실시협약을 근거로 운영비 내역을 구성하였다.

21) 위험 전문가 구성은 C고속도로사업에 기획, 계획, 협상 및 실시협약에 직접적으로 참여하여 본 사업의 세부 운영비 흐름을 파악하고 있는 전문가로서, 구조물 분야 2명, 유지보수 분야 3명, 보험 분야 1명, 운영설비분야 1명으로 7명으로 구성하였으며, 도로사업의 계획, 건설, 운영에 참여경력에 7년~10년의 경력을 가진 연구원, 건설회사, PM사, 보험회사, 엔지니어링 회사로 구성된다.

22) 국내의 정전 사례를 근거로 운영비의 위험요소를 구분하였는데, 정전사유가 외부전력의 문제 또는 내부전력의 문제로 인하여 실제 발생된바, 대규모 정전을 설정하도록 하였다.

표8. 평가항목의 위험의 수준

구 분	위험항목	발생확률	추정비용
상시보수비	•도로 보수비 증가여부	M	M
구조물 점검비 (교량, 터널)	•정밀진단 수행여부	L	H
	•정밀안전(교량, 터널) 수행여부	L	M
통행료징수시스템 보수비	•TCS 보수비 증가여부	M	H
	•ETCS 보수비 증가여부	M	H
	•S/W 유지보수비 증가여부	M	H
	•요금징수관련 소모품 증가여부	L	L
교통관리시스템	•유지보수 증가여부	M	H
	•S/W 보수비 증가여부	M	H
	•차량 단속시설 증가여부	H	H
징수관련 인건비	•인건비 및 경비 징수 관련비용 증가여부	H	H
사고로 인한 매출감소	•매출감소 확률	H	-
회복기간	•기간(일)	M	-

주: H(High), M(Medium), L(Low)

설문평가항목 작성 후, 각 평가항목에 대하여 발생확률과 발생될 비용을 직접적으로 추정하여 기입하도록 하였다.<sup>23)</sup>

표9. 설문 평가항목

구 분	평가항목	발생확률 (%)	추정비용 (백만)
유지보수비	•도로 보수비 증가여부 (정기점검포함 150백만원/6개월) •794백만원/년 (66백만원/월)		
	구조물 점검비 (교량, 터널) •정밀진단 수행여부 •280백만원/발생시 •정밀안전(교량, 터널) 수행여부 •1500백만원/발생시		
통행료 징수시스템 보수비	•TCS 보수비 증가여부 •56백만원/년(4.67백만원/월)		
	•ETCS 보수비 증가여부 •8백만원/년(0.67백만원/월)		
	•S/W 유지보수비 증가여부 •2년마다 1회, 5백만원/년		
	•요금징수관련 소모품 증가여부 •1백만원/일		
교통관리 시스템	•유지보수 증가여부 •23백만원/년(1.92백만원/월)		
	•S/W 보수비 증가여부 •10백만원/년(0.83백만원/월)		
	•차량 단속시설 증가여부 •4백만원/년(0.33백만원/월)		
징수관련 인건비	•인건비 및 경비 징수 관련비용 증가여부 (0.0358백만원/일,인당)		
사고로 인한 매출감소	•매출감소 확률		-
회복기간	•기간	( )일	-

23) 앞서 언급된 영국 재무부(HM Treasury)에서의 정성적인 위험평가 방법을 고려하였다. 위험수준은 브레인스토밍결과이며, 이를 근거로 설문평가를 실시하였다. 브레인스토밍 후에도 개별 설문결과시 발생확률, 위험비용이 전문가들간 편차가 나게 되는데 극단적인 값을 제외한 중간값 사용으로 위험비용을 평가하였다.

## 5. 위험비용산정

### 5.1 추정 결과

C고속도로의 계획된 운영비용을 근거로 정상가동까지의 48시간<sup>24)</sup> 정전을 가정하였으며 분석방법은 아래와 같다.

첫째, 대규모 정전<sup>25)</sup>에 따른 디지털화된 도로 시설물의 직접적인 발생비용의 추정에 한정하고 피해에 대한 사회적인 비용에 대해서는 제외하였다. 둘째, 예상을 초과하는 운영비 추정을 위해서 설문에서 운영비 항목의 발생확률과 추정비용을 근거로 시뮬레이션 분석을 하였다. 운영비의 변동이 되는 항목과 매출감소, 회복기간에 대해서도 추정하였다. 셋째, 비용발생 확률의 경우 직접적인 확률값을 제시하도록 하였으며, 추정비용의 경우 각각의 운영비항목에 대하여 연간 및 월간 계획비용을 근거로 하여 평가항목의 위험발생비용을 추정하였다. 또한, 운영비의 산출이 2004년 기준으로 산정되어 소비자물가 보정 지수 1.05를 고려한 2007년 초의 비용으로 조정하였다. 각항목에 대한 위험비용<sup>26)</sup> 분석하기 위해 각 평가항목의 발생확률과 추정비용에 난수를 발생 시켜 극단적인 값(최대, 최소)을 제외하고 중간값에 대한 1,000회 시뮬레이션<sup>27)</sup>을 수행한 평균값을 추정하였다. 결과값은 발생확률과 추정비용을 곱한 것으로 각 항목에 대한 발생확률과 추정비용, 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

표10. 유지보수비 중 상시보수비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
상시보수 증가	50	20.0×1.05= 21.00	최대: 85.68
	20	0.5×1.05= 0.53	최소: 0
	0	0.0×1.05= 0.00	평균: 14.20
	5	100.0×1.05=105.00	최반: 5.25
	10	10.0×1.05= 42.00	
	100	81.6×1.05= 85.68	
50	158.0×1.05=165.90		

24) 대규모 정전 후 시설물이 정상가동 되고 단계적인 수요 회복을 고려한 것이다. 브레인스토밍의 위험수준에서 중간수준인 48시간으로 기간을 추정하였다. 또한, 대규모 정전 후 정상적인 가동으로 사고전의 교통량 회복에 최소 2일에서 최대 7일 소요될 것으로 설문 평가를 얻었다.

25) 도로를 포함한 인근지역의 장시간, 대규모 정전을 가정하였는데 미국의 정전사태와 국내정전을 회복수준을 고려하였다.

26) 위험수준에서 평가항목에 대하여 평가위험수준을 사전에 평가하였음에도 설문결과시 각 항목에 대한 평가자가 위험에 대해 느끼는 비용의 편차가 발생되었다. 향후 위험분석에 경험이 많은 위험전문가들로 구성된다면 이러한 문제를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

27) XLSim(Simulation for Excel) version 2.0을 사용

표11. 유지보수비 중 정밀점검비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
정밀점검 증가	50	10.0×1.05= 10.50	최대: 94.5
	90	50.0×1.05= 52.50	최소: 0.29
	90	100.0×1.05=105.00	평균: 9.30
	14	30.0×1.05= 31.50	최반: 2.94
	10	2.8×1.05= 2.94	
	10	28.0×1.05= 29.40	
	10	28.0×1.05= 29.40	

표12. 유지보수비 중 정밀안전비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
정밀안전비 증가	0	0.0×1.05= 0.00	최대: 8.4
	0	0.0×1.05= 0.00	최소: 0
	0	0.0×1.05= 0.00	평균: 2.99
	8	100.0×1.05=105.00	최반: 0
	5	15.0×1.05= 15.75	
	5	150.0×1.05=157.50	
	5	150.0×1.05=157.50	

표13. TCS 보수비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
TCS 보수비 증가	40	10.0×1.05=10.05	최대: 18.89
	60	30.0×1.05=31.05	최소: 0.06
	90	5.0×1.05= 5.25	평균: 3.80
	2	3.0×1.05= 3.15	최반: 4.2
	5	2.8×1.05= 2.94	
	100	5.6×1.05= 5.88	
	50	4.67×1.05=4.90	

표14. ETCS 보수비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
ETCS 보수비 증가	40	7.0×1.05= 7.35	최대: 4.72
	80	2.0×1.05= 2.10	최소: 0.02
	90	5.0×1.05= 5.25	평균: 1.11
	3	1.0×1.05= 1.05	최반: 0.84
	5	0.4×1.05= 0.42	
	100	0.8×1.05= 0.84	
	50	0.67×1.05=0.70	

표15. 징수시스템 S/W 유지보수 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
징수시스템 S/W보수비 증가	60	5.0 ×1.05= 5.25	최대: 3.15
	70	1.0 ×1.05= 1.05	최소: 0
	20	2.0 ×1.05= 2.10	평균: 0.42
	0	0.0 ×1.05= 0.0	최반: 0.42
	5	0.25×1.05= 0.26	
	100	0.5 ×1.05= 0.53	
	50	0.5 ×1.05= 0.53	

표16. 징수관련 소모품 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
징수관련 소모품 증가	0	0.0 ×1.05= 0.0	최대: 1.05
	5	1.0 ×1.05= 1.05	최소: 0
	0	0.0 ×1.05= 0.0	평균: 0.12
	0	0.0 ×1.05= 0.0	최반: 0
	5	0.05×1.05= 0.05	
	100	1.0 ×1.05= 1.05	
	100	1.0 ×1.05= 1.05	

표17. 교통관리시스템 유지보수비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
교통관리유지 보수비 증가	50	20.0 ×1.05= 21.00	최대: 10.5
	80	10.0 ×1.05= 10.50	최소: 0.06
	60	7.0 ×1.05= 7.35	평균: 4.48
	12	2.0 ×1.05= 2.10	최반: 4.41
	5	1.15×1.05= 1.21	
	100	2.3 ×1.05= 2.42	
	50	12.5 ×1.05= 13.13	

표18. 교통관리시스템 S/W 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
교통관리 S/W 증가	50	5.0×1.05= 5.25	최대: 4.40
	80	5.0×1.05= 5.25	최소: 0.02
	60	7.0×1.05= 7.35	평균: 1.63
	30	3.0×1.05= 3.15	최반: 1.05
	5	0.5×1.05= 0.53	
	100	1.0×1.05= 1.05	
	10	2.0×1.05= 2.10	

표19. 교통관리시스템 단속유지비 추정

평가항목	발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
교통관리 차량단속 유지비 증가	10	1.0×1.05= 1.05	최대: 2.09
	60	1.0×1.05= 1.05	최소: 0
	60	1.0×1.05= 1.05	평균: 0.51
	0	0.0×1.05= 0.00	최반: 0.63
	5	0.2×1.05= 0.21	
	100	1.0×1.05= 1.05	
	100	2.0×1.05= 2.10	

표20. 징수원 인건비 및 제경비 추정

발생확률(%)	추정비용(백만원)	결과(백만원)
70	0.0358×8차로×3.45×2×1.05=2.07	최대: 2.07
90	0.0358×8차로×3.45×2×1.05=2.07	최소: 0
90	0.0358×8차로×3.45×2×1.05=2.07	평균: 1.87
0	0.0×2×1.05=0.0	최반: 1.86
100	0.0358×8차로×3.45×2×1.05=2.07	
100	0.015×8차로×3.45×2×1.05=0.86	
100	0.0215×8차로×3.45×2×1.05=1.24	

1: 전체차로 48차로 중 ETCS가 8차로 임.

2: 차로당 징수인원의 인원이 3.45명으로 산정함. (관리인원 및 유무인원 포함)

표21. 매출감소 추정

평가항목	발생확률(%)	결과 (%)
매출감소	90	최대: 100
	100	최소: 5
	100	평균: 64.44
	5	최반: 80
	80	
	20	
	30	

정상적인 서비스를 회복하는데 최소 2일에서 최대 7일의 기간이 필요하다는 결과를 얻었다.

평가 항목에 대한 각각의 발생확률과 추정비용으로 부터 중간값에 대한 시뮬레이션 결과, 위험비용은 아래와 같다.

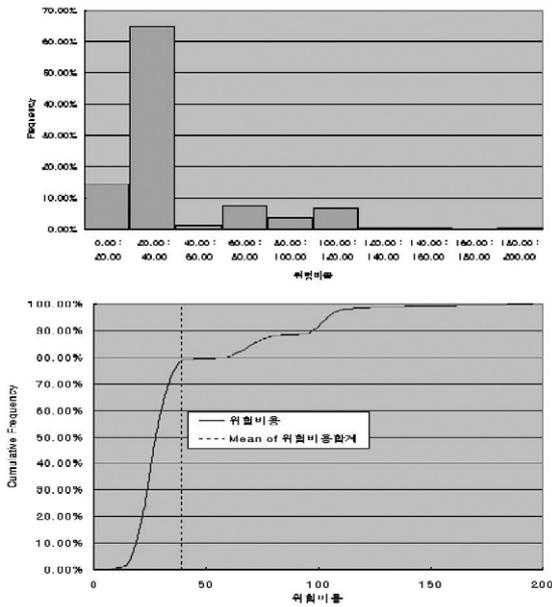


그림 1. 추정비용

각각의 비용추정 항목의 결과는 <표22>와 같으며, 평가 항목의 총 위험비용은 40.18백만원으로 추정되었다. 위험비용은 중간값에 대한 평균 결과를 사용하였다.

표22. 위험비용 결과값

비용추정 항목	결과값(백만원)	비용추정 항목	결과값(백만원)
상시보수	14.20	정밀점검	9.30
정밀안전	2.99	교통관리유지보수	4.48
교통관리 S/W	1.63	교통관리 차량단속	0.51
TCS 보수비	3.80	ETCS 보수비	1.11
징수시스템S/W보수비	0.42	징수관련소모품	0.12
징수관련 인건비 및 제경비	1.87	매출감소	64.44%

평가항목에 대한 비용 변화를 파악하기 위해 유지보수비와 유지경비의 변화를 비교할 때 2일간 계획된 비용의 경우 보수비 4.41백만원, 포장보수비 2.10백만원, 구조물 점검비 1.96백만원이며, 운영설비 유지비가 2.67백만원, 전력비 4.22백만원, 보험료가 2.82백만원으로 계획된다. 사고시 계획된 비용을 차감하고 증가되는 운영비는 보수비 9.79백만원, 구조물 점검비 10.33백만원, 운영설비 유지비 9.40백만원, 징수원관련 비용 1.87백만원의 추가적인 비용이 발생되어 총 31.39백만원이 증가된다. 아래 그림에서 발생비용과 계획된 비용의 차이들간 합이 31.39백만원이다.

또한, 전력손실에 따른 위험비용 31.39백만원 중 유지보수비가 64%(구조물의 점검비 31%, 보수비 33%)와 유지경비 36%의 비중을 차지하며, 위험비용 중 유지보수비용이 큰 부분을 차지하고 있다. <그림3>은 사고 전(계획된 비용)과 <그림4>사고 후

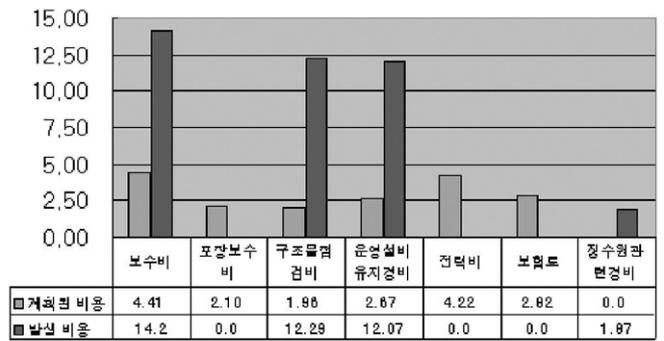


그림 2. 운영비 발생비용(백만원)

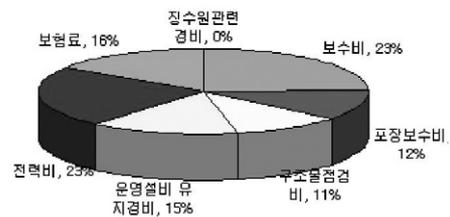


그림 3. 사고전 유지관리비 구성현황

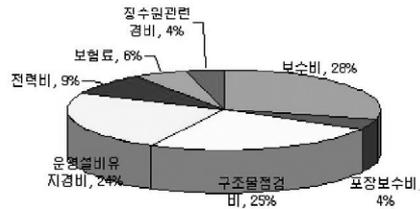


그림 4. 사고후 유지관리비 구성현황

(계획된 비용에 위험비용을 포함)의 변화이다. 전체적으로는 구조물 점검비와 유지보수가 큰 비중을 차지하며 증가되었으며, 전력비의 경우 감소되고 징수원관련 비용이 추가적으로 발생된다.

### 5.2 위험비용 추가 분석

앞 절에서 2일간 발생된 위험비용은 40.18백만원에서 계획된 운영비를 제외 한 실제 증가된 위험비용이 31.39백만원으로 산정되었다. 매출 감소의 경우 64.44%로 추정되었고, 정전후 도로의 기능이 회복하는데 2~7일 이후 회복이 가능하다는 설문결과가 있었다. 일일 차로당매출은 약 3.3백만원<sup>28)</sup>을 근거로 할 때 최소 2일에서 최대 7일 경과 후 사고전의 교통량을 회복한다고 한다면 손실에 따른 수입감소는 최소 3.3백만원×48차로×(2일~7일)×64.44%=204백만원에서 최대 714백만원으로 산정된다. 인건비와 제경비를 고정비로, 그 외 전력상황을 고려한 유지관리를 변동비로 구분할 경우 2일간비용은 고정비 21.49백만원(50.5%), 변동비 21.09백만원(49.5%)으로 총비용이 42.58백만원으로 계획된다.

사고당시 66.44%의 매출감소를 고려할 때 35.56%(100%-64.44%)의 매출은 정상적으로 발생된다. 48시간의 사고시간 중 17.06시간(35.56%×48시간=17.06시간)은 실제 가동된다. 사고가 없을 경우 예정된 48시간에 영업소를 통과하는 교통량과 사고중 통과되는 교통량은 같다고 본다. 주요 매출감소원인은 영업소에서의 교통 혼잡으로 교통량의 무료처리가 발생하기 때문이다. 교통처리가 가능한 가동율을 고려할 때 계획된 예산비용과의 비교가 필요하다. 본 연구에서는 제조업에서의 비용분석과 같이 제조원가와 함께 직접적으로 인지되지 않은 제조 간접비의 분석과 같이 위험발생비용을 제조간접비와 같이 분석을 하였다. 이는 정확한 비용산정과 정전으로 인한 비용분석을 위한 것이다.

첫 번째로 비용분석은 <그림5>와 같다. 도로 운영시 48시간의 계획된 비용은 변동비와 고정비의 합인 42.58백만원이다. 실제 위험비용이 31.39백만원이 발생되어 합계인 73.97백만원이 실제 발생 비용으로 산정된다. 아래 그림에서와 같이 실제시간(17.06시간)일때의 예산액과 발생된 비용차이가 예산차이<sup>29)</sup>이며 직선1과의 차이를 나타낸다. 0시간일때 고정비인 21.49백만원에서 48시간일때 42.58백만원의 비용을 이은 직선1으로써 변동비에 대한 시간당 비용의 증가율로 나타낸다. 직선2는 0시간일때 비용에서 48시간일때의 비용을 이은것으로 비용에 대한 표준증가율을 나타낸다<sup>30)</sup>. 가동율 차이<sup>31)</sup>는 직선1과 직선2와의 차이로써 직선2의 표준증가율과의 차이를 나타내며 48시간 기준시 비용에 비해 가동율 불량을 (-)금액으로 산정한다. 작업능률의 정도를 나타내는 능률차이<sup>32)</sup>는 고정비를 상회하는 비용으로 나타낼 수 있으나 본 분석에서는 고정비용 값을 하회하고 있어 (+)금액으로 산정된다.

<그림5>에서 예산차이 (-)44.98백만원(고정비+변동비/48시간×0.3556×48시간-73.97백만원), 직선1과 직선2의 차이인 가동율차이 (-)13.85백만원( $[0.3556 \times 48 \text{시간} \times 48 \text{시간} \text{비용} / 48 \text{시간}] - [\text{고정비} + \text{변동비} / 48 \text{시간} \times 0.3556 \times 48 \text{시간}]$ ), 능률차이 6.35백만원(고정비-[ $0.3556 \times 48 \text{시간} \times 42.58 / 48 \text{시간}$ ])의 합을 산정하면 (-)52.48백만원이 고정비와 발생액과의 차이이다.<sup>33)</sup>

28) 월매출 4,836.3백만원/48차로/30일로 산정  
 29) 예산차이는 실제시간(17.06시간)일 때 고정비를 포함한 변동비의 계획된(예산)비용과 발생된 비용의 차이이며, 본 분석에서는 위험비용으로 인하여 예산을 초과하고 있다.  
 30) 예산기간(48시간)에 대한 산정한 예산(비용)을 나타낸다.  
 31) 조업도차이라고 하며 실제작업시간과 표준작업시간의 차이에 의해 생긴다.  
 32) 전윤식(2003) 「경영회계」, pp127~145, 실제 생산량에 대한 인정된 시간을 허용시간으로 나타내는데 본 분석에서 단위당 표준가공시간은 의미가 없다.

두 번째로 정전에 따른 분석은 다음과 같다. <그림5>를 근거

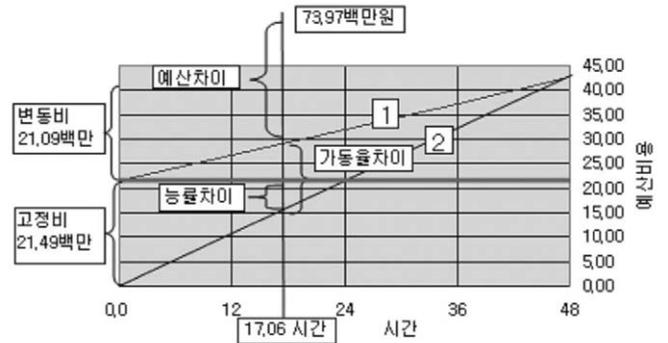


그림 5. 예산과의 차이분석

로 할 때 정전사고시 교통량처리가 60%, 70% 90%로 증가됨에 따라 계획대비 예산과의 차이는 39.93백만원, 37.72백만원, 33.50백만원으로 차이가 줄어든다. 또한 위험비용(31.39백만원) 대비 교통량처리에 따른 운영비 금액이 34.14백만원, 36.25백만원, 40.47백만원로 증가하고 그때의 위험비용과의 비율은 92%, 86%, 77%으로 감소된다.

4.2절의 사업현황을 근거로 운영비중 전력비가 9.4%를 차지하고, 유지관리비 대비 전력비는 23.2%를 차지하고 있다. 정전에 따른 위험비용은 월간 운영비의 4.7%를 차지하고, 월간 유지관리비 대비 11.5%를 차지한다. <그림6>은 월간 운영비를 1로 산정할 경우 정전시 위험비용이 추가되어 각 운영항목의 비율을 제시하고 있다.

다음으로는 2일간의 매출손실로 부터 월간 손익분기점의 변

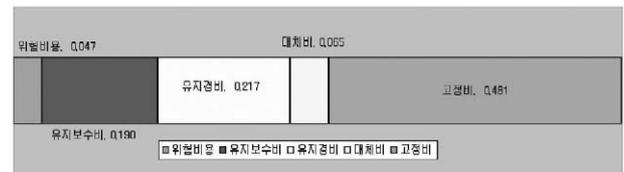


그림 6. 운영비의 비율분석

화를 추정해 보면 4.3.1절의 사업현황을 근거로 한계이익률 산정은 아래와 같다. 한계이익률은 프로젝트의 총 매출에서 프로젝트 수행을 위해 투입되는 변동비를 제외한 금액의 비율을 산정하는데 채산성을 파악하는 기준이 된다. 월간 매출액을 기준으로 할 때 변동비 변화는 31.39백만원의 비용이 증가하여 사고전 7.55%에서 사고후 8.67%로 비중이 증가하였고, 고정비의 경우 비용의 증가는 없으나 매출액대비 7.69%에서 8.04%로 비중이 증가되었다.

33) 전윤식(2003) 「경영회계」, pp127~145, 세가지 합계의 제조간접비 차이는 허용시간의 표준배부액과 발생액과의 차이이다.

표23. 사고전후 변동비 및 매출 변화

구 분	위험전(백만원)	구 성	위험 추가후(백만원)	구 성
총매출액(월)	4,190.56	100%	4,010.5	100%
변동비(월)	316.34	7.55%	347.73	8.67%
고정비(월)	322.3	7.69%	322.3	8.04%
이익 등	3,552	84.76%	3,340	83.29%
한계이익률	0.92	-	0.91	-

사고후 2일간의 수입이 64.44% 감소되고 변동비에 위험비용을 고려할 때의 변화를 분석하였다. 한계이익률을 고정비/(1-변동비/매출액)로 산정시 0.92에서 0.91로 낮아지며, 손익분기점(고정비/한계이익률)은 350백만원(322.3/0.92)에서 354백만원(322.3/0.91=354백만원) 높아진다. 따라서 사고 후 적극적인 매출 영업활동으로 운영 손실부분을 회복하는 것이 필요하다.

## 6. 결론

고속도로 운영 위험은 운영자의 부도위험, 예산을 초과하는 과다한 운영관리비 소요, 유지관리 및 안전에 대한 소요비용, 운영자의 부실화 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 예산을 초과하는 유지관리 및 안전에 대한 소요비용을 추정하기 위하여 대규모 정전사례로부터 직접적인 운영위험비용과 매출감소를 추정하였다. 위험비용 추정은 도로 운영전문가에 의하여 위험계량화를 수행하고, 위험의 영향을 평가함으로써 분석을 수행하였다.

실제 정전 사례를 참고할 때 외부전력 또는 내부전력의 문제로 대규모 정전이 발생되었다. 본 사례분석에서는 정전 후 정상가동까지를 48시간으로 가정하고 이 때 발생하는 추가비용을 산정하였는데, 그 결과 유지보수비가 유지경비 보다 큰 비중을 차지하며 위험비용이 발생되었다. 위험비용은 31.39백만원이 산정되었고, 정전으로 인한 매출손실은 한계이익률이 0.92에서 0.91로 수익성이 낮아졌다. C고속도로의 경우 월간 전력비가 유지관리비의 23.2%를 차지하는 시설물로 구성되고 IT관련 비용(교통관리 및 징수 시스템)이 유지관리비의 15%를 차지할 때, 대규모 정전에 따른 위험비용은 월간 유지관리비대비 11.5%를 차지하였다. 이를 정전시간 대비 운영비와 매출을 연계하여 비교할 경우 본 사례에서는 시간당 3.75백만원의 매출손실과 0.65백만원의 추가비용이 산정되었다.

다음으로 대규모 정전에 따른 시설물의 유지관리적인 측면과 예산적인 측면에서 위험관리 방안을 제시한다. 유지관리적인 측면의 경우, IT를 기반으로 하는 시설에서 화재, 정전 사고시 대부분의 시스템들이 통합되어 운영되기 때문에 한순간에 이러한 시스템들이 무용지물이 될 수 있는 특징이 있다. 정전사례에서와 같이 외부전력사고의 경우 원활하지 못한 송전이 정전의 원

인이며, 내부전력사고의 경우 설비의 노후화, 오작동, 관리미흡 등이 정전의 원인이었다. 전력시설의 경우 다른 시설물의 유지와는 달리 항상 지속적으로 작동하고 있어야 한다. 시설노후화에 따라 소요비용을 투입하는 일반적인 시설관리로는 전력시설을 유지관리하는 것이 미흡하다. 따라서 예방적 자산관리체계를 활용하여 시설물 정보에 기반한 관리계획과 원활한 서비스에 기반한 유지관리가 필요하다.

고속도로에서 대규모 정전 사고시 직접적인 비용보다 교통흐름이 원활하지 못하게 되는 사회적 혼잡비용이 크다.<sup>34)</sup> 정전사례에서도 재난 관리체계의 사전·사후적 기능 수행이 원활하게 수행되지 못하고 있는데 사고예방, 대피, 사후피해방지를 위한 지속적인 위험관리가 되어야 한다. 또한, 유고시 교통 혼란을 방지하기 위한 차량운행정지조치, 훈련 등 교통통제가 필요하고, 시설관리조직과 도로운영조직을 연계한 재난관리 운영조직이 필요하다.

예산적인 측면의 경우 예정된 운영수입이 당초 계획에 미달하거나 운영비 및 지급이자 금액이 당초 예상보다 초과하는 경우를 대비하여 예비비의 확보가 중요하다. 정전사례분석에서 위험비용보다 통행료 징수의 어려움에 따른 매출손실이 큰 것으로 나타났다. 이 경우 완성토목공사물 보험, 휴지보험, 영업배상보험, 사용자배상책임보험으로 위험을 감할 수 있으나, 사고발생시 보험으로도 커버하지 못하는 부분은 도로 운영자의 비용부담이 발생하게 된다. 따라서 투입재원의 유연성 확보키 위해 예비비 확보가 필요하며, 본 분석에서는 대규모 정전에 따른 예비비가 월매출액의 4.2%(사고전후의매출차이/사고전매출) 수준의 재원 확보가 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 고속도로 운영위험 중 유지관리 및 안전에 대한 소요비용을 위험비용으로 추정하였는데, 운영자의 부실 및 부도위험, 예산을 초과하는 과다한 운영관리비 소요 등 위험요소 계량화의 연구가 향후에 필요하고, 이들 위험비용으로부터 고속도로 운영시 적정 예비비를 산정하는 연구도 병행되어야 한다.

## 감사의 글

본 논문은 2008년도 중앙대학교 우수연구자연구비 지원에 의한 것이며, 건설교통부 건설교통R&D정책인프라사업의 연구비 지원(과제번호 : 06 기반구축 A03)에 의해 수행되었습니다.

34) 지난 2004년 3월 고속도로 폭설대란과 관련 손해배상 청구소송이 있었다. 판결에서 고속도로 폭설대란 피해자들의 손해배상 청구를 일정 범위 내에서 인정한 판결 사례가 있었다.

## 참고문헌

1. 김선국(2006). “민자유치사업의 리스크 관리를 위한 민감요 인분석”, 건설관리학회, 제7권 제1호, pp. 168-175.
2. 김입경(2003). “미국, 캐나다 동부지역 대정전 사태의 교훈”, 대한전기협회 전기저널, 10월호.
3. 박정식·박중원(2000). 재무관리, 다산출판사, pp. 97-99.
4. 심상달(2005). 사회기반시설 민간투자사업의 위험측정 및 분석연구, 한국개발연구원, pp. 35-45.
5. 심상달(2006). 민간투자사업 적격성평가의 위험방안연구, 한국개발연구원, pp. 85-131.
6. 심상달(2004). 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(4판), 한국개발연구원, pp. 309-322.
7. 심은보(2006). “고품질 전기서비스로 고객 ‘눈높이’ 맞춘다”, 한국전기공사협회 전기설비, 9월호, pp. 80-83.
8. 이규방(2001). 민간투자사업의 운영관리비 산정”, 국토연구원, pp. 94-106.
9. 전윤식(2003). 경영회계, 건설연구사, pp. 127-144.
10. 조효남(2000). 건설공사의 확률적 위험도분석 평가기법 개발, 건설교통부, pp. 6-17.
11. 홍성필(2006). 수익형 민자사업 표준실시협약안 연구, 한국개발연구원, pp. 254-257.
12. 한국도로공사(1995). 2000년대를 향한 고속도로 유지관리 비전, pp. 192-255
13. Rae Zimmerman and Thomas Horan(2004). “Digital Infrastructures Enabling Civil and Environmental Systems through Information Technology”, Routledge Taylor & Francis Group, London and New York, pp. 116-140.
14. <http://www.ex.co.kr/>
15. <http://www.electimes.com/>

논문제출일: 2008.05.28

심사완료일: 2008.11.26

## Abstract

Recently, operation of highway is the complex digital Infrastructure based on complicated IT. The application of IT is increasing more and more in digital Infrastructure. Though IT is very convenient, if unpredicted operating risk of highway occurs, widespread damage can be large. When operating risk of highway occurs, road users are out of smoothly-run service because of the operating interruption. This risk causes unpredicted operating management cost and additional maintenance cost. It will excess over the planned operating cost, which may leads to users's unsafety and operator's insolvency because of income loss. Until now, related studies to find out the risk are not sufficient. The purpose of this study is to suggest risk cost items and to estimate the reasonable risk cost by using simulation method in case of occurring the huge power failure at the operating digitalized highway. This study indicates the several plans to hedge against risk cost and the management of highway project. From now on, it will be used as basic data to confirm the soundness of operating system in Digital Infrastructure.

Keywords : maintenance cost, IT, Digital Infrastructure, risk cost