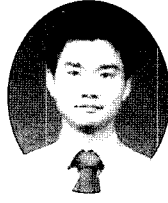


도로터널 화재위험의 정량적 평가 기법 개발



윤성욱
(주)GS건설/
선임연구원



김성구
(주)GS건설/
부장

1. 개요

1999년 프랑스 몽블랑 터널과 2001년 스위스 고타드 터널에서의 화재사고는 터널이라는 특수한 도로환경에서 발생할 수 있는 화재가 얼마나 위험한지를 유럽뿐만 아니라 세계에 인식시켜주는 계기가 되었다. 이들 화재사고는 안전을 무엇보다 중요시 하는 유럽에서 사회적 이슈가 되었으며 문제를 해결하기 위해 유럽 각국은 유럽연합(European Union) 차원에서의 대책마련을 고심하기 시작하여 최근에는 관련기술의 개발 및 성능향상에 박차를 가하고 있다.

관련 기술 중 하나는 유럽 곳곳에 산재 되어 있는 도로 터널에서의 화재 위험도를 정량적으로 평가하기 위한 기법이다. 사실, 정량적 위험관리 기법은 이미 영동선 철도 터널, 배후령 도로터널, 부산-거제간 침매터널의 설계에서 HBI, COWI, ARUP, ROMBARDI 등의 외국회사 및 몇몇 국내 설계사를 통해 이미 소개된 바 있고 국내 기술 발전에 상당한 영향을 미쳤다. 하지만 국내 도로터널의 화재위험 평가를 제대로 수행하기 위해서는 국내 도로터

널 현황파악, 사고유형 분석, 사고발생빈도 연구 등이 우선적으로 수행되어야 하고 이 후에는 국내 실정에 맞는 분석기법의 개발이 이루어져야 하는 것이 사실이다.

여기서는 우선 위험관리란 무엇인지에 대해 간략하게 소개하고, 도로터널 화재 위험관리 모델에 대해 설명을 한 뒤 현재 GS건설에서 개발중인 도로터널 화재위험 정량적 평가모델의 특징에 관해 소개하는 순서로 진행 하겠다.

2. 위험관리

터널에서의 화재위험평가(Fire Risk Assessment)는 일반적인 위험평가 방식과 동일한 과정에 의해 수행된다. 일반적인 위험평가는 다음의 세 단계에 의해 수행된다.

- 위험분석
- 위험수용한계비교평가
- 위험축소/조절

그림 1에서 볼 수 있듯이 일반적으로 위험평가(Risk Assessment)란, 위의 세 단계 중 위험분석(Risk Analysis)과 위험수용한계비교평가(Risk Evaluation)의 두 단계를 뜻하고, 위험관리(Risk Management)라 함은 위의 세 단계를 통틀어 지칭하는 것으로 이해할 수 있다. 각 단계에 대한 자세한 내용은 다음과 같다.

2.1 위험분석 (Risk Analysis)

이 단계에서는 우선 관리하고자 하는 위험의 범위를 한정한다. 예를 들어, 도로터널이 직면할 수 있는 위험에는 터널붕괴, 지진, 테러, 차량충돌에 의한 화재 등 여러 가지가 있을 수 있는데 이러한 모든 위험요소에 대해 관리를 할 수도 있으나 일부 위험에 대해 한정적으로 위험관리를 수행할 수도 있으므로 먼저 이 부분에 대한 합의가 이루어져야 한다.

그 다음에 위험분석 단계에서 수행해야 할 내용은 다음의 질문에 대한 해답을 찾는 과정이라 할 수 있다.

- 어떤 사고(위험)가 발생할 수 있을까?
(위해요소 확인 및 사고 시나리오 구성)
- 얼마나 자주 그러한 사고가 발생할 것인가?
(발생빈도(frequency)의 예측)
- 사고 발생시 그 결과는 어느 정도인가?
(결과(consequence)의 예측)

도로터널 화재위험 평가의 경우 사고라는 것은 화재사고를 의미하는 것이고 사고 발생시의 결과란 인명피해의 경우에는 사망자를 그리고 재산피해의 경우는 피해액을 의미한다.

2.2 위험수용한계비교평가 (Risk Evaluation)

이 단계에서는 앞서 설명한 위험분석을 통해 나온 위험

도 수치가 미리 정해놓은 위험수용한계를 초과하는지에 대해 평가하는 단계이다. 위험수용한계는 현재 선진각국에서 인명피해에 대해서만 수용 한계치를 정의하고 있다. 재산피해에 대해서는 상대성인 성격이 강하므로 별도로 정의하고 있는 곳이 없다. 인명피해에 대한 위험수용한계는 위험을 개인적인 측면에서 따져볼 것 것인가(individual risk) 아니면 사회적인 측면에서 따져볼 것인가(societal risk)에 따라 서로 다른 수용한계(Risk criteria or tolerability limit)가 적용될 수 있다. 개인적 위험과 사회적 위험에 대한 설명은 본 내용에서 생략하도록 한다.

2.3 위험축소/조절 (Risk Reduction/Control)

이 단계에서는 수용한계를 넘어선 위험요소에 대해 어떤 방법을 통해 어떻게 위험도를 낮출 것인가에 대해 고민한다.

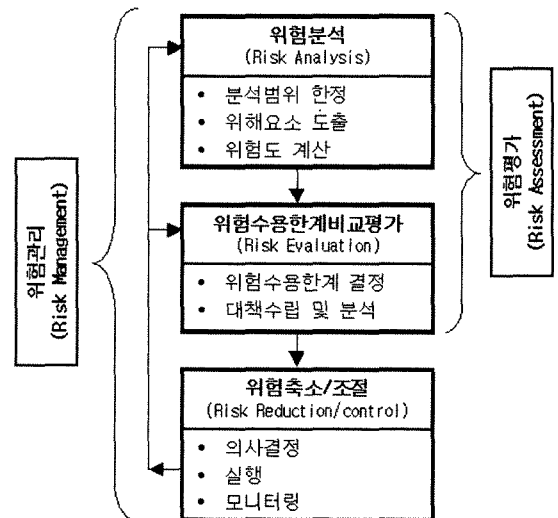


그림 1. 위험관리 작업 흐름도 (International Electrotechnical Commission, 1995)

3. 터널화재 위험관리

터널화재 위험관리는 2장에서 설명한 위험관리(Risk Management)의 3단계에 근거하여 수행하되 위험수용 한계 평가 시 개인적인 관점과 사회적 관점을 구별하여 각각 그림 2와 그림 3에 나타난 흐름도에 의해 수행된다. 이와 같이 개인위험과 사회적 위험에 따라 수행흐름에 차이를 보이는 것은 일반적으로 개인위험은 그 허용한계가 최대허용치 하나만으로 주어지는데 반하여 F-N곡선을 이용한 사회적 위험은 그 허용한계가 최대허용치 및 'ALARP zone' 이라고 불리는 영역으로 표현되기 때문이다. 만약 위험도가 ALARP zone 내에 있게 되면 비용-편익 분석 또는 비용-효용 분석을 수행하여 추가적인 장비 또는 대책으로 위험도를 낮출 것인가를 판단한다.

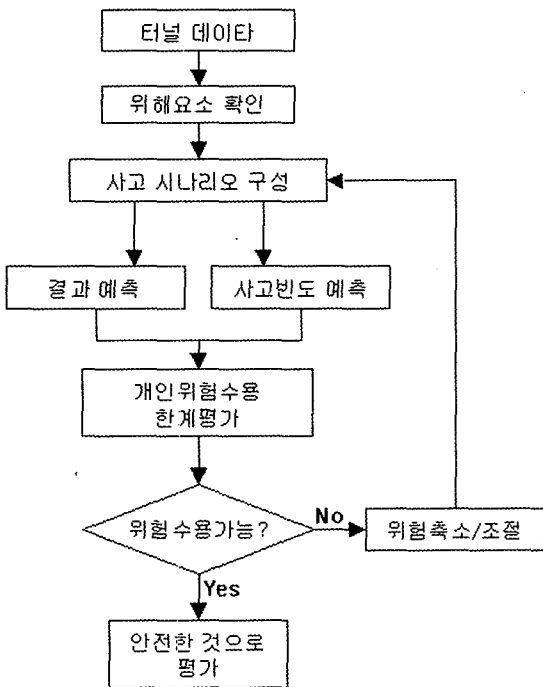


그림 2. 도로터널 화재위험관리 수행단계 (개인위험)

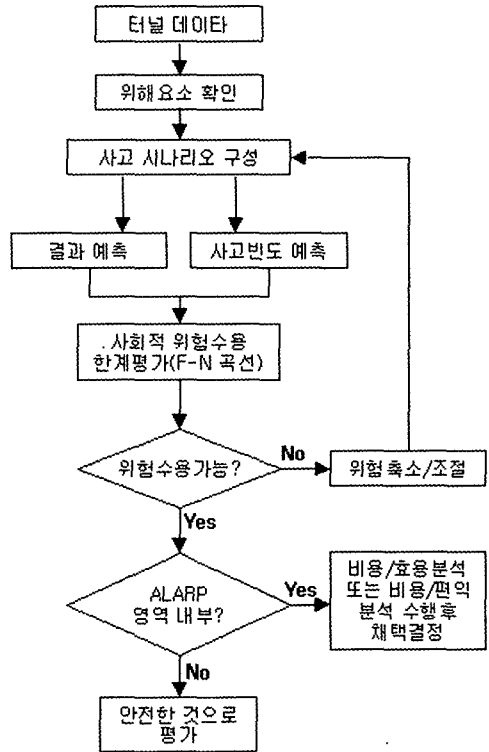


그림 3. 도로터널 화재위험관리 수행단계 (사회적 위험)

4. 개발 모델의 특징 및 향후 추진계획

4.1 당사 모델의 특징

당사가 개발한 도로터널 화재위험 정량적 평가 모델이 기존의 외국컨설팅 회사가 수행한 방식과 차별화 되는 내용 중 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

- 사고 시나리오를 구성하기 위해 선택한 위해요인으로 미래의 교통정체가능성을 포함하였다. 원활교통 및 정체 비율은 년도별 터널이용 교통량 예측자료와 터널의 교통용량을 비교 분석하여 년도별로 산정할 수 있도록 하였다.

- 비용/편익 분석 또는 비용/효용 분석을 수행하기 위해서는 화재로 인해 사망한 사람의 가치를 금전 가치화 (Monetary Value)할 필요가 있다. 이전 외국의 컨설팅 회사는 외국의 자료를 인용한 한국의 경제력 등을 고려하여 사망자 일인당 약 1million USD 정도의 손실이 발생하는 것으로 예측한 바 있다. 하지만 이 자료는 그 근거가 미약하여 당사에서는 교통개발원에서 발간한 “2001년 교통사고비용 추정방법론 연구” 자료를 준용하여 사망자 1인의 손실가치를 한화 3억7천3백만원으로 산정하였다. 이 금액은 교통비용(PGS)을 포함한 금액이다. 사망자의 손실가치는 현재까지도 많은 논란이 있는 부분이나 안전시설 투자 결정을 위해 꼭 필요한 부분이다.
- 화재로 인해 터널을 일정기간 폐쇄함으로써 발생할

수 있는 재산피해는 터널의 소유자가 국가라 가정하였을 경우, 터널통행료 수입감소, 터널 이용자의 우회에 의한 시간낭비 및 추가소요 연료비를 합쳐 총피해액이 계산되도록 하였다.

4.2 향후 추진계획

당사의 도로터널 화재위험 정량적 평가 모델 개발은 2005년도 연구를 시작하였으며 2006년도에 1차적으로 개발 완료될 예정이다. 이후에도 지속적으로 업그레이드해 나갈 계획을 가지고 있다. 그리고, 2006년 중반부터는 철도터널 화재위험 정량적 평가 모델 개발을 목표로 연구를 시작할 계획이다.