

고속도로사업의 위험도관리 기술

임종권, (주)아이엠기술단 대표이사
박흥민, (주)아이엠기술단 VE사업부 차장



1. 머리말

고속도로 사업과 같이 대규모 기간시설사업의 다양한 공종을 갖는 시설물의 경우 사업의 원활한 진행 및 성공을 방해하는 여러 종류의 위험도가 존재한다.

하지만 국내에서는 이런 위험도에 대한 적극적인 대응 및 관리기술이 미흡한 실정이고 이에 관련하여 발주처, 시공사, 설계사 등에서도 체계적인 관리체계가 미비한 상태이다.

국내에서도 1997년도 건설공사의 확률적 위험도분석 평가 기법에 대한 연구를 시작으로 위험도 관리에 대한 인식이 높아지고 있고 위험도관리 요소기술에 대한 연구가 어느 정도 진행되고 있으나 아직 이렇다할 실적을 보여주지 못하고 있는 실정이다.

반면 캐나다, 핀란드, 독일, 네덜란드, 스코틀랜드, 영국, 미국 등 세계 각국에서는 위험도분석 및 위험도 할당에 대한 연구와 실무적용이 활발하게 진행되고 있다.

영국 Highway Agency는 공공재정 사업에서 현실적인 예산을 책정하기 위하여 건설비용 및 시공기간의 불확정성을 고려하여 산정하는 모델인 HARM(Highway Agency Risk Management; 이하 HARM)을 개발하였다(Highway Agency Framework for Business Risk Management, 2001). 또한 네덜란드의 The Ministry of Transport, Public Works와 Water Management는 위험도 분석을 통한 정부측 실행예산안(PSC; Public Sector Comparator)과 정부측-민간측 실행예산비교안(PPC; Public-Private Comparator)을 개발한 바 있다.

미국의 도로관리청은 이러한 HARM과 PSC/PPC 같은 규정된 위험도 평가와 관리 프로그램을 사용하고 있고 또한 미국내에서의 위험도에 대한 인식이 높아지고 있는 실정이다. 특히 미국의 워싱턴교통국(WSDOT)은 비용산정 타당성과정(Cost Estimate Validation Process; CEVP)과 비용위험도평가(Cost Risk Assessment; CRA) 방법을 개발하여 실무에 활용하고 있다. 이러한 CRA기법은 2007년 5월 한국건설관리학회에서 해외 VE전문가 초청세미나때 미국 VMS사의 Robert Stewart가 소개한 바 있다.

본 기사에서는 현재 해외에서 고속도로 사업에 일반적으로 사용되어지고 있는 위험도 관리 프로세스 및 단계별 주요요소 기술 동향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 위험도 분석의 목적 및 개요

위험도 분석의 전략적 목적은 위험도를 규정, 평가, 분석, 경감, 할당하고 구조물의 위험도를 모니터링하는 것이다.

고속도로 시설물의 성공적인 시공을 위해서는 광범위한 관리 프로그램과 프로젝트 관리도구가 필요하다.

위험도분석시 추천되어지고 있는 방법으로는 1) 사용자의 목적과 일치하는 최고의 팀을 구성하고 2) 위험도 평가와 할당 기술을 개발하고 3) 대안수행방법을 전략적으로 적용한다.

영국 Highway Agency(January, 2001)에서는 사업 위험도관리안 구성으로 인해 정규 위험도 관리의 필요성

이 활발히 논의되었고 VFM(Value for Money)의 극대화를 기본으로 사업 위험도관리안이 구성되었다.

U.S. Department of Energy(DOE)의 2003년도 보고서(Project Management Practices)에서는 위험도 관리는 탐기능이다라고 정의하고 있다. 이것은 위험도의 확산되는 특성과 위험도관리 계획이 다른 프로젝트의 계획과 수행방법에 영향을 끼치기 때문에 팀활동이 필요하기 때문이다.

DOE 연구에서 위험도 관리는 규정화되고 체계적인 과정이어야 한다고 강조하고 있다. 건설사업과 위험도 관리는 대부분 복잡한 구조를 갖고 있어 규정화된 체계적인 위험도 관리 과정이 필요하기 때문이다.

Pennok과 Haimes (Principles and Guidelines for Project Risk Management, 2001)은 기본적인 위험도 형태를 기술적 위험도 즉, 프로젝트의 성능이 기준에 미흡할 경우 발생하는 위험도와 프로그램 위험도 즉 공기 지연, 비용과과다지출이라는 2가지 세부요소를 가지고 있는 위험도로 구분하였다. 이러한 구분이 중요한 이유는 위험도 정의에만 초점을 맞출 경우 공기지연이나, 구조물 성능 등의 기준을 맞추지 못하는 경우가 있기 때문이다.

또한 위험도를 특성화하는 중요한 요소는 위험비용(Contingency)이다.

위험비용은 "조직이 수용 가능한 프로젝트 목적들의 초과달성에 관한 위험도를 줄이기 위하여 산정되는 필요 이상의 비용과 시간의 양"이라고 할 수 있다.

위험비용은 프로젝트 초기에는 과다하고 설계가 진행되면서 위험사건이 해결되거나 위험비용이 사용되면서 점점 줄어든다.

다음 그림 1. 은 프로젝트 비용과 설계가 진행되면 될

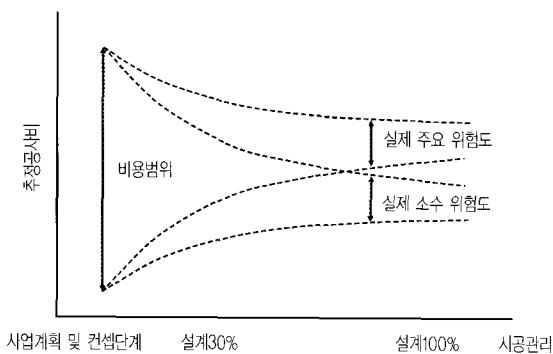


그림 1. 위험비용의 산정

수록 임시비용이 줄어들고 있다는 것을 개념적으로 보여 주고 있다.

설계가 진행되면서 비용범위는 아래의 그림에서처럼 점점 줄어들게 되고 추정공사비는 실제 주요 위험도가 발생하는 경우가 실제 소수 위험도가 발생하는 경우에 비해 크게 된다.

프로젝트 특성에 따른 위험도분석 과정을 통하여 다양한 결과가 도출된다. 일반적인 경우는 다음과 같다.

- 비용과 공기의 확률치 분석
- 정보와 가치의 조절
- 비용과 공기의 임시비용 평가
- 각각의 위험도에 따른 민감도 분석
- 위험도 경감계획과 전략
- 입찰/계약 방법 위험도 분석
- 위험도 할당결정

그림 2. 는 프로젝트의 비용검증과 타당성 평가에 대응하는 위험도관리 방법의 상대적 중요성을 보여주고 있다.

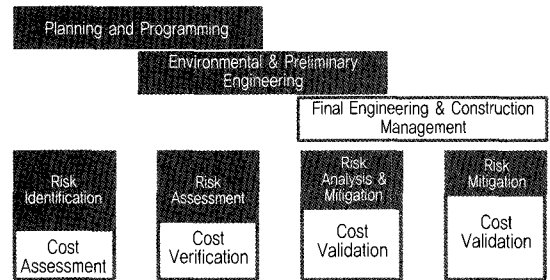


그림 2. 위험도 관리와 비용타당성 평가 (WSDOT CEVP process)

표 1. 위험도 평가 : 시간, 주요고려사항, 목적, 결과

프로젝트단계	현황	전형적 위험도	위험도 평가 목적	기대효과
장기계획/ 프로그래밍	<ul style="list-style-type: none"> 일반적인 선형과 형태에 집중 세부설계는 미고려 비용 미고려 민원 미협의 	<ul style="list-style-type: none"> 환경의 경제적 영향 비용의 불확실 정치적/민원문제 발생 이해당사자들간의 문제 	<ul style="list-style-type: none"> 정치적, 민원해소, 승인 조건별 비용지출 우선순위 결정 주요 설계/시공 위험도 정의 	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트에 직면한 환경, 설계, 시공 관련 문제에 대한 이해증가. 위험도비용의 발생우선 순위와 각 조건별 전체비용 범위.
예비설계	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 목적의 세부적인 정의 환경검토 완료 초기승인 고비용/스케줄지연 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 범위 및 예산 변경 환경비용 적절한 입찰방법 설계요구사항 변경 용지수용 기술적 불확실 수량 오류 시장현황 자금 불확실 	<ul style="list-style-type: none"> 주요범위, 예산스케줄의 위험도 발생가능성 정의 및 정량화 전체 프로젝트 발생가능 비용정의 대안설계 개념과 입찰방법의 위험도 	<ul style="list-style-type: none"> 주요 프로젝트 발생 위험도 리스트. 위험도 비용의 합리적인 평가와 전체 프로젝트의 가능 비용과 공기. 위험도 경감 전략 작성. 설계와 시공위험도에 초점을 맞춘 예비위험도, 관리 계획. 예비 위험도 할당 계획.
최종설계	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 목적 정의완료 프로젝트 범위, 비용과 스케줄 결정 비용 및 설계의 최소변경 시공승인 	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 범위 및 예산변경 수량 오류 설계요구사항 변경 시장현황 허가사항 	<ul style="list-style-type: none"> 주요범위, 예산스케줄의 위험도 발생가능성 정의 및 정량화 기본비용의 세부정의와 전체 가능 발생비용 전체 예산과 공기의 타당성검토 	<ul style="list-style-type: none"> 전체 프로젝트의 비용과 공기에 영향을 미치는 위험도 우선순위에 초점을 맞춘 주요 위험도 리스트. 위험도 비용 평가와 전체 프로젝트의 가능 비용과 공기. 위험도 경감의 비용/편익과 위험도 할당 전략 위험도 관리와 할당 계획
시공단계	<ul style="list-style-type: none"> 설계완료 적절한 비용, 정책 시행 시공진행 	<ul style="list-style-type: none"> 시공품질 최종승인, 용지수용 예상치 못한 현장조건/시공조건 현장조건 시공안전 	<ul style="list-style-type: none"> 시공문제 및 원인과 잠재적 발생비용 및 공기영향의 평가 체계적인 대책 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 주요 문제 분석. 가능한 대책의 비용/편익 공기와 비용과다지출을 회피하기 위해 사업주의 위험도 대책계획 승인

표1.는 위험도 평가시 설계단계별 주요고려사항 및 분석 목적이다.

3. 고속도로 사업의 위험도 분석과정

다음과 같이 6가지 주요한 위험도 관리 단계가 있다.

- 1) 위험도 정의
- 2) 위험도 경감
- 3) 위험도 평가
- 4) 위험도 할당
- 5) 위험도 분석
- 6) 위험도 모니터링 및 업데이트

다음 그림은 미국 캘리포니아 교통국의 위험도 관리 프로세스이다.

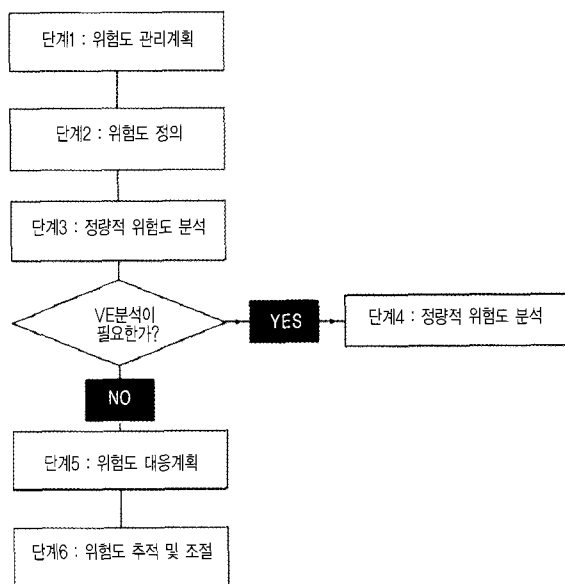


그림 3. 위험도관리 프로세스 (Caltrans)

위험도 분석시 중요한 것은 각 단계별 연계와 프로세스의 반복적 적용이다.

이러한 프로세스는 그림 4. 와 같이 반복적이고 순환적인 개념을 가지고 있다.



그림 4. 위험도 관리 과정의 순환특성

3.1 위험도 정의

위험도 정의의 목적은 사업에 영향을 미치는 위험도를 정의하고 분류하는 것이다. 위험도 정의는 위험도 사건 정리로부터 시작된다.

정의과정은 다양하고 프로젝트 특성에 따라 다르다. 그러나 가장 중요한 것은 주요 이슈사항의 조사와 관련자 설문조사이다.

표 2. DOT 위험도 정의 체크리스트(예)

CALTRANS 위험도 예제	WSDOT 2002 도로사업의 일반적인 위험도 예제
기술적	경제
외부요인	환경
환경	제3자
조직	토지보상
사업관리	관리
토지보상	지형
시공	설계과정
법률	시공
SOURCE : PROJECT RISK MANAGEMENT HANDBOOK, CALTRANS 2003	SOURCE : PROGRAMMATIC COST RISK ANALYSIS FOR HIGHWAY MEGA PROJECT, MOLENAAR 2005

위의 표는 최상위레벨의 위험도 체크리스트이다. 주요 이슈사항과 고려사항은 사업성격 조사와 WBS(Work Breakdown Structure), 비용평가, 설계와 시공스케줄, 입찰계획 및 일반적인 위험도 체크리스트 등을 조사함으로써 정의된다.

3.2 위험도 평가

위험도 평가는 위험도정의 단계에서 정의된 위험도를 정량화하는 단계이다. 위험도 평가는 위험도 발생확률과 영향이라는 2가지 특성을 갖는다

위험도 영향은 보통의 경우 비용 및 시공기간 증가 등의 형태로 확실히 나타나게 된다. 그러나 때로는 민원, 환경, 안전 그리고 인명피해 등의 형태로 나타나기도 한다.

위험도 평가단계는 위험도 사건의 체계적인 고려, 발생가능성과 발생결과 분석이 주요 목적이 된다.

고속도로 사업은 매우 복잡하고 위험도 평가를 하기 위해서는 복잡한 과정을 수행하여야 한다.

위험도평가의 기본적인 요소는 “누구를 위한 위험도인가”이거나 누구의 위험도를 평가하고 측정할 것인가이다.

전형적인 고속도로 사업은 많은 관련 사업자가 있다. 그 중에서 위험도를 누가 책임질 것인가는 매우 중요하다.

다음 그림 5는 원인별 위험도 정의의 한 예이다.

위험도 정의				
예기치 않은 외부요인	예상가능한 외부요인	비기술적 내부요인	기술적 요인	법적요인
<ul style="list-style-type: none"> • 법적요인 • 자연재해 • 가점사건 	<ul style="list-style-type: none"> • 시장위험도 • 운영 • 환경영향 • 사회적 요인 • 인플레이션 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리 • 스케줄 • 비용 • 현금흐름 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술의 변화 • 성능 • 신기술 • 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 면허 • 계약 • 제3자 • 불가항력

그림 5. 원인별 위험도 정의

3.3 위험도 분석

전형적인 프로젝트의 정성적 위험도 분석은 위험도의 발생가능성과 영향이 심각한지를 파악하는 것이다.

정량적 위험도 분석의 주요목적은 전체사업의 위험도 평가를 위한 위험도 사건들의 정의와 평가의 영향을 조합하는 것이다.

정량적 분석을 위하여 여러 가지 방법들이 있다. 위험도 분석방법의 선택시 필요한 것은 어떠한 입력 위험도 수치가 유효한지를 분석하고 어떤 형태의 결과치가 필요한지를 분석하는 것이다.

위험도 분석방법에는 전통적인 방법, 분석적 방법(이차모멘트 방법), 시뮬레이션 방법(Monte Carlo

Method), 확률트리방법 등이 있다.

확률트리는 다양한 사건들의 연속적인 결과를 보여주는 방법으로 어떠한 사건의 특정한 발생관계를 평가할 때 쓰이기도 하고 특히 명확한 조건부 확률모델로 사건들간의 관계를 모델링하는데 유용하게 사용할 수 있다.

다음 그림은 전형적인 확률트리 분석도를 나타내고 있다.

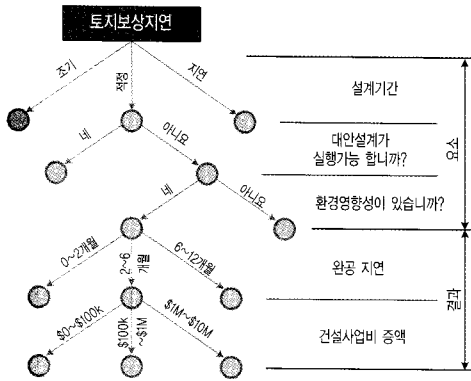


그림 6. 확률트리방법

3.4 위험도경감 및 계획

위험도 경감과 대응계획의 목적은 정량적/정성적 위험도 분석에서 정의된 위험도에 대하여 전략적으로 대응계획을 세우기 위함이다. 이 단계에는 각각의 위험도에 대한 책임을 어느 단체에 할당하는지를 결정한다.

고속도로사업에서 정의된 위험도의 경감과 대응계획은 계획에서 시공까지 전단계에서 더 나은 비용관리라는 결과를 도출할 수도 있고 사업팀과 사용자간의 사업의 성능목적을 부합할 수 있는 위험도 할당계획을 세울 수도 있다.

Pennock 과 Haimes (Principles and Guidelines for Project Risk Management, 2001)는 위험도 경감 대책 수립을 위한 3가지 주요 질문을 다음과 같이 정의하였다.

1. 무엇을 해야하고 어떤 조건이 유용한지?
2. 유용한 조건사이에서 모든 비용과 편익 그리고 위험도와 교환할수 있는 것은 무엇인가?
3. 미래상황에서 현재의 결정이 어떤 영향을 미치는가?

Caltrans(California Department of Transportation)의 Project Risk Management Handbook(2003)에서

는 사업개발팀이 각각의 위험도에 대한 적절한 대응전략을 마련하여야 하고 전략수행을 위한 합리적인 활동을 하여야 한다고 말하고 있다.

Handbook에서는 다음과 같이 전략과 활동에 대한 내용을 포함하고 있다.

- 회피 : 위험도를 제거하거나 사업에 영향을 미치지 못하도록 사업계획을 변경한다. 자원과 사업범위, 공기등을 변경하므로 이러한 목적을 달성한다.
- 전가 : 계약에 의하여 위험도가 미치는 재정적 영향을 전가한다.
- 경감 : 위험도 사건의 발생확률과 미치는 영향을 줄이는 방법을 강구한다. 비용과 시간의 소요가 발생하더라도 경감단계에서 위험도를 줄여야 한다.
- 수락 : 발생할 위험도에 대해 적절한 전략을 수립하기 힘든 경우와 사업계획을 바꾸기 힘든 경우에는 사업관리자와 위험도분석팀은 어느 정도의 위험도는 수락한다.

위험도 계획은 위험도전략의 수립으로 시작하여 초기에 위험도분석 목적규정, 특정위험도에 대한 책임 할당, 기술적 전문가가 필요한지 결정, 고려해야 할 위험도와 분석과정 평가, 대략적인 경감 및 할당의 고려과정을 결정, 보고서작성 및 모니터링 매트릭스 작성을 수행한다.

3.6 위험도 할당

최적의 위험도 할당 목적은 비용을 각 책임자별 분류의 필요성 때문이 아니라 전체사업의 위험비용을 최소화 하는데 목적이 있다. 그래서 때때로 한 책임자가 위험비용을 많이 맡고있는 것 같을 수도 있다. 그러나 긴 관점으로 봤을때 최적의 위험도 할당계획은 모든 분야의 비용을 줄일 수 있고 모든 참여자의 경쟁심을 증가시킬 수 있다.

고속도로사업 발주청은 고속도로 사업에 대한 위험도 할당 기준을 가지고 있어야 한다. 미국에서는 대부분의 고속도로 사업 발주청은 AASHTO의 Guide Specification for Highway Construction에서 제시하고 있는 기준을 따르고 있다.

위험도할당 목적은 사업의 다양한 목적에 따라 달라지지만 4가지 기본주의가 있다

1. 위험도 할당은 그 위험도를 가장 잘 관리할 수 있는 책임자에게 할당한다
2. 프로젝트의 목적에 맞게 위험도를 할당한다
3. 프로젝트의 목적을 달성하기 위하여 위험도를 배분한다
4. 사용자 중심의 성능목적에 맞게 위험도를 할당한다.

위험도 할당의 목적은 사용자 중심의 성능목적을 달성하기 위하여 사업팀을 돕는데 있다.

유럽 고속도로사업에서는 많은 부분의 위험도를 민간 측에 할당하였는데 사용자의 목적과 설계자의 목적을 부합시키는 결과를 낳고있다.

3.7 위험도 모니터링 및 업데이트

위험도 모니터링과 업데이트의 목적은 1) 규정된 위험도에 대한 체계적인 관리, 2) 새로운 위험도 규정, 3) 위험비용의 효과적인 관리, 4) 미래발생할 위험도 평가와 할당 효과에 대한 학습이다.

주기적인 사업위험도 검토는 위험도 정의, 평가, 분석, 경감, 계획과 할당작업을 반복적으로 시행한다.

만약 예기치 못한 위험도가 발생하게 되면 예상하고 있던 위험도 보다 훨씬 위급하고 영향도도 크게 되기 때문이다.

이러한 관점에서 사업팀은 위험도를 관리하기 위하여 부가적인 대응계획을 수립하여야 한다.

4. 맺음말

위험도 정의 및 분류는 사업전반에 큰 영향을 미칠수 있다. 특히 고속도로 사업과 같은 대규모 사업에서는 그 영향이 더욱 클 수밖에 없다. 그러므로 국내 고속도로 사업에 적용가능한 적절한 위험도 관리 프로세스의 개발이 시급한 실정이다.

이러한 위험도 분석은 사업에서 위험도를 제거하는 것은 아니고 사업에 직면한 주요한 위험도를 인식하고 그에 알맞은 합리적인 대응계획을 세우는 것이다.

위험도 모델링의 복잡성과 분석을 위하여 자료의 주관적인 판단을 요하기 때문에 위험도 분석과정은 매우 복잡하다.

그러나 분석의 복잡성은 위험도 분석으로 인하여 발생하는 편익에 비하면 크다고 볼 수 없다,

이러한 위험도의 특성들을 고속도로사업에 잘 반영하여 위험도관리를 수행하여야 한다.

위험도의 정의와 그 위험도가 미치는 결과가 잘 이해 되었을 때 비용최소와 사업목적의 달성, 시공팀과 민원을 해결하기 위한 위험도 할당의 의사결정이 이루어지고 사업의 성능을 충분히 확보할 수 있게 될 것이다.

참고문헌

본 기사는 아래 자료를 인용하여 기술하였으며 본문의 인용 및 참고 문헌은 아래 Guide를 참고 바랍니다. (<http://international.fhwa.dot.gov/riskassess/index.cfm>)

Guide to Risk Assessment and Allocation for Highway Construction Management, 2006

(E-mail: whcool@hanmail.net)