

# 건설공사의 정량적 위험도 산정 방법론

## Quantitative Risk Assessment Methodology for Construction Site

김 현 수\*○ 이 현 수\*\* 박 문 서\*\*\*  
Kim, Hyun-soo Lee, Hyun-soo Park, Munseo

### 요 약

건설 분야는 건설업의 특징으로 인해 타 산업에 비해 많은 위험요소를 포함한다. 2007년 기준 산업재해로 인한 1년 간 손실은 근로손실일수로는 약 7000만일, 경제적 직접손실액(산재보상금 지급액)은 약 3조원이다. 여기에 간접손실을 포함한 경제적 손실 추정액은 16조원에 달한다고 추정되고 있다. 이러한 손실을 예방하기 위한 대책이 필요한 실정이다. 하지만 기존의 안전관리는 일괄적인 안전지표 및 규칙과 규제 형태의 경험적 안전지식을 중심으로 수행되어 비효율적인 측면이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 정량적인 재해지표 산정 방법론을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다. 기존의 재해지표에 대한 한계점을 분석한 뒤, 위험도 산정에 필요한 변수들을 설정하고, 이를 조합하여 정량적 위험도 산정 방법론을 제시하여 현 상황의 문제점들을 해결하고자 한다.

키워드: 건설안전관리, 리스크 관리, 위험도 산정

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

노동부의 “2007년 산업재해현황분석<sup>1)</sup>”에 의하면 재해자수는 제조업이 34,117명(38%)로 가장 많고, 건설업이 19,050명(21%)으로 그 다음을 차지한다. 하지만 사망자수 및 사망만인율을 비교하면 건설업 630명(2.18), 제조업 605명(1.95)으로 건설업 종사자가 위험에 노출되는 경우가 많음을 알 수 있다. 이러한 결과는 건설공사 작업의 특성 및 조건, 작업자의 특성이 복합적으로 작용하여 매우 다양한 위험 요인을 내재하고 있기 때문이다.

건설재해예방을 위한 지속적인 노력에도 불구하고 대책들이 실효성을 얻지 못하고 있다. 그 이유는 현행 안전관리 활동은 검사 및 기준 충족에 중점을 두고, 동일한 기준과 성과지표로 구성된 안전 지식을 중심으로 수행되기 때문이다. 그런데 이러한 안전지식은 객관적이고 평균적인 형태로

존재하기 때문에 복잡한 공사내용과 다변화된 현장의 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다.

건설재해의 가장 큰 특징이 ‘유사재해의 반복발생<sup>2)</sup>’이다. 이러한 반복발생은 현행 안전관리활동이 효율적으로 이루어지지 못하고 있는 것을 보여준다. 과거사례를 통한 경험적 지식과 기존의 재해지표의 활용이 적절하지 못하기 때문이다.

건설공사에서 리스크는 발생 시 프로젝트에 긍정적이거나 부정적인 영향을 주는 불확실한 사건(event)이나 상태(condition)를 말한다. 또는 위험성이 실현되어 바람직하지 않은 구체적인 사상이 일어날 가능성이라 할 수 있다. 본 연구에서는 건설프로젝트에 종속되는 리스크인 건설안전리스크에 대해 정량적 위험도 산정 방법론을 개발하여 안전관리 효율을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 문헌조사를 통해 재해위험도 산정에 대한 관련연구 동향을 파악하고, 이를 바탕으로 통용되는 재해지표를 파악하고 한계점을 분석한다. 이를 바탕으로 현장 안전관리에 쉽게 사용 할 수 있는 종합한 재해위험도 산정 방법을 제안한다. 구체적인 연구 방법은 그림 1과 같다.

\*일반회원, 서울대학교 건축학과, 석사과정  
verserk13@naver.com

\*\*중신회원, 서울대학교 건축학과 정교수, 공학박사

\*\*\*중신회원, 서울대학교 건축학과 부교수, 공학박사

※. 본 논문은 건설교통기술평가원 연구과제 “위치정보를 활용한 건설안전리스크 관리기술개발”의 지원에 의한 결과임(과제번호 : 06건설핵심D10)

1) 노동부, “2007년 산업재해현황분석”, 2007, pp.1-12

2) 안홍섭, “건설재해사례의 효과적 활용을 위한 사고 정보 분류 체계에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 1996, 12(6), pp.241-255

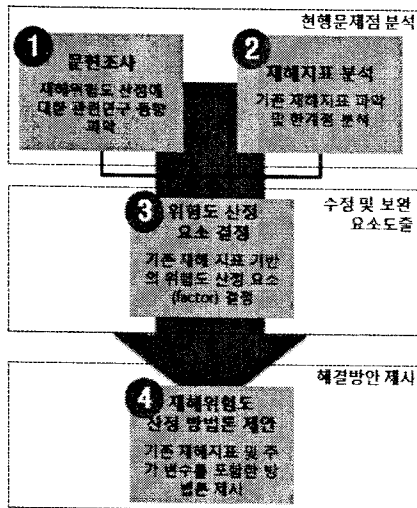


그림 1 연구방법론

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 위험의 정의

위험은 다양한 방식으로 정의할 수 있다. Osama Ahmed Jannadi(2003)은 위험(Risk)을 특정 활동에 속하는 모든 재해의 발생가능성, 강도, 노출정도의 측정이라고 정의하였다. 고성석(2002)은 위험을 특정한 사건이 일어날 가능성과 위험 크기의 결합이라 정의 하였고, 위험도 산정(Risk Assessment)을 위험의 크기를 예측하고 위험 허용범위를 결정하는 전 과정으로 정의하였다.

본 논문에서는 위험을 원치 않는 사건의 발생 가능성과 사건의 강도의 조합으로 정의한다. 그리고 위험도 산정은 위험에 내포된 발생 가능성과 강도를 구해 위험의 크기를 예측하는 것으로 정의 한다.

### 2.2 관련연구동향

표 1. 관련 연구 고찰

선행 사례 연구 분석		
분류	논문	연구내용
국외	정량적 Knab. L. I(1978)	강도의 기준으로 보험료 제시
	Osama Ahmed Jannadi (2003)	재해의 가능성, 강도, 노출빈도를 통해 정량적 위험도 산출
	정성적 J.W.Seo (2008)	강도와 빈도를 3단계로 구분하여 매트릭스로 만들어 위험도산정
국내	정량적 이민우 (2000)	재해의 위험강도를 환산휴업예정일 수를 기반으로 산정
	고성석 (2004)	위험지수를 중대재해발생비율과 소요인력구성비를 통해 산정
	기타 이종빈 (2003)	건설안전관리 평가기관의 평가지수 분석 및 개선방안 제시

관련 연구들은 표 1과 같이 정량적 분석 방법과 정성적 분석 방법 그리고 기존 안전평가지수에 관한 연구들이 실

시되었다. 정성적인 분석은 위험의 빈도와 강도를 텍스트 기반으로 구간을 정하여 위험도 분석 매트릭스를 통해 위험도를 산정하는 방식으로 구분하였다. 정량적 분석은 위험도를 개별사건들의 통계치를 기반으로 분석하는 방식이다.

### 2.3 재해지표 및 산정방식 분석

표 2. 정성적 위험도 산정 방법

분류	한국산업안전공단	MIL-STD-882B
빈도	5단계(빈번함, 가능성 높음, 있음, 낮음, 없음)	5단계(자주, 보통, 가끔, 거의, 발생 않을 것 같은)
강도	4단계(중대재해, 경미한 휴업재해, 경미한 불휴업재해, 영향 없음)	4단계(파국, 위기, 한계, 무시)
위험도	20단계(1~20까지의 단계)	4단계(수용가능, 통제아래 수용가능, 바람직하지 못한, 허용불가)
범위 기준	빈도와 강도의 구분 기준 부족	빈도와 강도의 개략적 구분기준 제시

표 2는 한국과 미국의 대표적인 위험성평가 모델을 정리한 것이다. 한국산업안전공단의 "안전보건경영시스템 구축에 관한 지침(2008)"<sup>3)</sup>의 위험도 산정방식은 모든 사업장을 대상으로 적용 가능하지만, 옥외작업, 복합공종 등의 건설분야의 특성을 반영하지는 못한다. 또한 텍스트 위주의 빈도와 강도 구분기준으로 위험도가 정량적으로 표현되지 않는다.

미 국방성 시스템 안전프로그램인 MIL-STD-882B는 빈도와 강도의 개략적 구분 기준을 제시하고 있다. 하지만 건설현장의 효율적 위험도를 산정하기 위해서는 각 현장의 특성에 맞는 정의와 기준을 요구하고 있다.

위의 두 방법은 각국의 대표적인 위험도 산정의 방법이지만 위험도를 등급으로 나누어 표현함으로써 동일 등급 내에 속하는 위험요소들에 대한 상대적인 평가를 내릴 수 없기 때문에 합리적인 방식이라고 볼 수 없다.

표 3<sup>4)</sup>은 국내의 재해추정지표를 정리한 것이다. 재해율, 사망재해율, 연천인율은 각각의 단일 지표로는 재해의 크기 및 빈도를 산정하는 것이 어렵다. 재해율은 재해자의 비율만을 나타내므로 강도를 추출하는 것에 문제점이 있다. 사망재해율과 연천인율 역시 사상자수에 초점을 맞추어 재해율과 마찬가지로 문제점이 존재한다.

일반적으로 재해 위험도 산정에 사용되는 도수율과 강도율은 각각 재해의 양적인 상태, 질적인 상태를 표현한다. 하지만 두 지표의 기준 시간이 다르기 때문에 효과적이고, 목적에 맞는 위험도를 산정하기 위해서는 데이터의 가공이 필요하다. 또한 빈도와 강도를 조합하여 위험도로 나타내기 위한 연산자가 필요하다.

3) 한국산업안전공단, 안전보건경영시스템(KOSHA 18001) 구축에 관한 지침, pp 16~31 2008. 6

4) 이민우 외, "건설공사의 위험도 산정에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 구조계 16권5호 pp 106

표 3. 국내 재해 측정 지표

분류	내용
재해율 (Injury Rate)	정의: 근로자수 100인당 발생하는 재해자수의 비율
	식: 재해율(%) = 재해자수/근로자수 X 100
사망재해율 (Fatality Rate)	정의: 근로자수 10,000인당 발생하는 사망자수의 비율
	식: 사망재해율 = 사망자수/근로자수 X 10,000
연천인율	정의: 근로자 1,000명당 1년간에 발생하는 사상자수
	식: 연천인율 = 사상자수/연평균근로자수 X 1,000(인)
도수율(빈도율, Frequency Rate)	정의: 산업재해의 발생빈도를 나타내는 것으로 연 근로시간 합계 100만 시간당의 재해발생 건수
	식: 도수율(FR) = 재해발생건수/ 연근로시간수 X 1,000,000(시간)
강도율 (Severity Rate)	정의: 재해의 강도를 나타내는 척도로 근로시간 1,000 시간당 재해에 의해 잃어버린 근로손실 일수
	식: 강도율=근로손실일수/연근로시간수 X 1,000(시간)

### 3. 위험도 산정

#### 3.1 위험강도 산정 방법

재해의 강도를 측정하는 정량적인 지표는 부상 혹은 사망으로 인한 휴업예정일수(이민우 2000)와 보험지급액(Knab, L. I 1978) 등이 있다. 건설현장의 특성상 재해 발생 시 사상자가 1인을 초과하는 경우가 있다. 이 경우 보험 지급액을 기반으로 위험 강도를 산정할 때 한 재해에서 발생한 2인 이상의 사상자에게 지급된 보험내역으로는 재해당 보험지급액을 산정하는데 문제점이 있다. 하지만 휴업예정일수 기반의 위험 강도 산정은 한 사건의 사상자 모두가 휴업예정일수에 포함되므로 강도 산정이 보다 효율적이다. 따라서 본 논문에서는 휴업예정일수를 기반으로 위험강도를 산정하기로 한다.

위험의 강도를 산정하는 방법론은 그림 2와 같다. 재해강도는 휴업 예정일수를 부상자와 사망자의 휴업예정일수를 더한 것을 재해 건수로 나누어 나타낸다. 즉, 위험 강도는 재해 건수 당 휴업예정일수로 나타낸다.

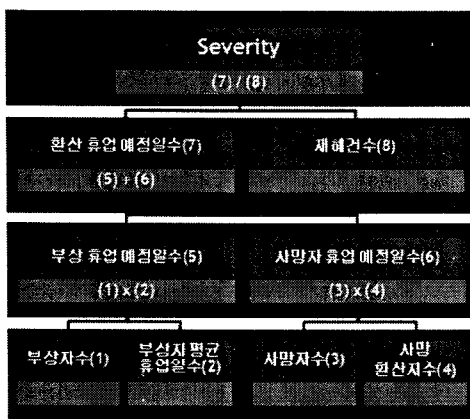


그림 2 위험강도(Severity) 산정 방법

#### 3.2 위험빈도 산정 방법

위험의 빈도를 산정하는 방법은 그림 3과 같다. 위험의 빈도는 공정별 위험 발생확률로 정의한다. 공정별 위험 발생확률은 각 공정별 위험의 발생횟수를 상대적으로 비교할 수 있는 지표이다. 이를 산정하기 위해 공정별 재해발생 횟수를 공정별 상시 근로자수와 전체 재해 발생횟수로 나누어 공정별 위험 발생확률을 산정한다.

기타 통계 자료에서 공정별 재해발생 횟수 및 전체 재해 발생횟수를 구할 수 있지만 공정별 상시 근로자수는 기존의 조사 자료가 없어서 기초 자료를 바탕으로 식(1), (2), (3)의 과정을 통해 구하도록 한다.

$$\text{공정별 노무비} = \text{공정별 공사비} \times \text{공정별 노무비의 비} \quad (1)$$

$$\frac{\text{공정별 노무비}}{\text{공사기간}} = \text{1일 투입 노무비} \quad (2)$$

$$\frac{\text{1일 투입 노무비}}{\text{1인당일일 노무비}} = \text{공정별 평균상시 근로자수} \quad (3)$$

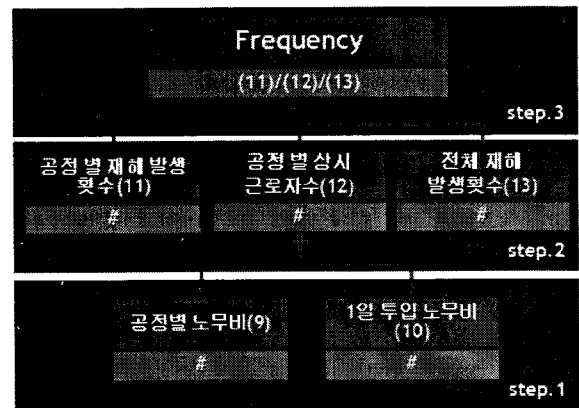


그림 3 위험빈도(Frequency) 산정 방법

#### 3.3 위험도 산정 방법

효율적인 위험도의 활용을 위해서 안전 관리자가 이해하기 쉽도록 최대값을 100으로 정하고, 그 크기를 각 공정별로 비교할 수 있도록 한다.

위험도를 산정하기 위해 비교 강도 지수와 비교 빈도 지수를 도입한다. 강도와 빈도는 동등한 중요도를 가진다고 가정한다. 비교 강도 지수와 비교 빈도 지수는 각각 강도와 빈도에서 가장 크기가 큰 경우를 100으로 두고, 나머지 경우들을 가장 크기가 큰 경우로 나누어 나타낸다.

위험도는 두 지수의 기하 평균을 사용한다. 산술평균 대신 기하평균을 한 이유는 한 지수의 대소의 영향을 적게 받으며, 두 지수의 결합적 성격이 더 잘 나타나기 때문이다. 예를 들어 위험의 강도는 몹시 높지만 거의 발생할 가능성이 낮은 사건의 경우 산술평균을 사용하면, 일정이상의 빈도와 강도를 가지는 사건의 위험도와 비슷해지는 오류가

발생한다.

위험도는 식(4)와 같이 비교 강도 지수와 비교 빈도 지수를 기하 평균하여 나타내며, 이 경우 위험도의 최대값은 100이 된다.

$$\text{위험도} = \sqrt{\text{비교강도지수} \times \text{비교빈도지수}} \quad (4)$$

#### 4. 결론

건설 공사는 대형화 추세와 많은 복합공종으로 많은 위험을 지니고 있다. 또한 안전은 공기, 공사비, 품질 등과 함께 중요한 관리 대상이다. 정부 및 건설업체는 재해예방을 위해 많은 노력을 하고 있지만, 정량적 위험도 산정을 통해 적절한 자원의 배분이 이루어지지 못하고 있다.

본 논문은 정량적인 위험도를 산정하기 위해 위험 강도와 위험빈도의 산정 모델을 제시하였고, 이를 바탕으로 위험도를 구할 수 있는 방법론을 제시하였다.

위험 강도와 빈도는 각각의 크기를 구한 뒤에 각 공정별로 상대비교를 통해 최대 100의 값을 가지게 하였다. 그리고 강도와 빈도를 기하평균하여 100을 최대값으로 가지는 위험도를 산정하도록 하였다.

제시한 위험도 산정 방법론은 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째로 위험의 강도와 빈도를 모두 고려하여 위험의 특성을 표현하였다. 둘째, 위험도를 수치로 표현하여 안전관리자들이 쉽게 위험의 정도를 이해할 수 있도록 하였다. 셋째, 각 공정별 위험도를 비교할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시한 정량적 위험도 산정 방법론에 따라 한정된 산업안전보건관리비의 사용과 안전관리자의 배치를 통해 보다 효율적인 안전관리활동이 가능 할 것이다.

향후 공정별 상시 근로자 수, 실제 근로시간, 근로손실일 수 및 보험 지급액 등의 실제 자료를 체계적으로 축적하여 위험도 산정과정에 반영할 수 있다면, 공정별 위험도를 보다 정확하게 산정할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. 고성석 외(2004), "건축공사 공종별 위험도에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집, 20(5), pp.137~144
2. 노동부(2007), 산업재해현황분석
3. 안홍섭(1996), "건설재해사태의 효과적 활용을 위한 사고 정보분류체계에 관한연구", 대한건축학회논문집, 12(6), pp. 241-255
4. 이민우 외(2000), "건설공사의 위험도 산정에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집 구조계 16권5호 pp. 105~112
5. 이종빈, 고성석(2003), " 건설현장 안전관리수준 평가지수에 관한연구", 대한건축학회 논문집, 제 19권 3호, pp.171~178
6. 한국산업안전공단(2000), 안전 보건 경영 시스템(KOS-HA 18001) 구축에 관한 지침, pp 16~ 31
7. J.W.Seo, Hyun Ho Choi(2008), "Risk-Based Safety Impact Assessment Methodology for Underground Construction Projects in Korea.", J. Constr. Eng. Manage., 134(1), pp. 72~81
8. Osama Ahmed Jannadi, Salman Almishari(2003), "Risk Assessment in Construction.", J. Constr. Eng. Manage., 129(5), pp. 492~499
9. Knab, L. I.(1978). "Numerical aid to reduce construction injury losses.", J. Constr. Eng. Manage., 104(4), pp. 437~445

#### Abstract

Owing to the characteristics of the construction industry, large number of risk factors exist in construction projects compared to other industries. In the year 2007, due to industrial disaster, there was a loss of about 70 million number of working days and about 3 trillion won of the economic direct loss . Economic loss is estimated up to 16trillion won including the indirect loss. Hence, a countermeasure is required to reduce the loss. However, the existing safety management is inefficient because it is based on experiential safety knowledge in the form of safety index, regulations.

The purpose of this research is to improve this problem by proposing a quantitative risk assessment methodology. First, the limitation of existing hazard index is analyzed and subsequently variables for assessing degree of risk is established. Finally, these variables are then combined and a quantitative risk assessment methodology is proposed.

Keyword : construction safety management, risk management, risk assessment