

# 위험도 접근방법에 의한 건설사업 안전영향평가방안에 관한 연구

## Risk-based Safety Impact Assessment for Construction Projects

최현호\*, 정평기\*\*, 서종원\*\*\*, 최 옥\*\*\*\*  
Choi, Hyun-Ho · Jung, Pyung-Ki · Seo, Jong-Won · Choi, Ook

### 요 약

건설사업의 안전관리는 건설공사의 종류, 공법, 공정, 기후의 특성, 환경적 영향 등 여러 가지 복잡한 제반 요소에 영향을 받는 특성을 지니고 있으나, 현재 계획 및 설계단계에서 설계 실무를 담당하는 설계전문가들조차도 안전에 관하여 고려하지 않고 설계업무를 수행하고 있으며, 설계로 인하여 대상 시설물이 어느 정도의 안전도를 지니게 되는지에 대한 인식이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 건설사업의 안전사고 예방차원에서 유해위험을 설계단계에서 사전 안전도 차원의 설계를 수행하도록 유도하기 위하여 건설안전영향평가의 개념을 도입하고자 하며, 이에 따라 안전영향평가 관련 기술동향을 분석하여 위험도 방식에 근거한 합리적인 안전영향평가모형을 제안하였다. 제안된 안전영향평가모형은 건설사업의 안전영향요소 수집 및 사고시나리오 작성방안, 설계와의 연관성 여부에 근거하여 설계에 의한 안전영향요소와 시공에 의한 안전영향요소로의 분류방안, 그리고 이에 대한 사건중요도 산정기법이 제안되어 있으며, 설계에 의한 안전영향요소로 분류된 각각의 안전영향요소와 설계항목과의 상관성을 규명한 안전영향평가 Checklist 개발방안과 이에 따른 위험도 접근방법에 의한 안전영향평가방안을 제시하고자 한다.

키워드: 안전영향요소, 안전영향평가, 위험도 접근방식, 위험등급, 설계위험지수

### 1. 서 론

국내 건설 산업은 1960년대 초부터 급속한 산업화 과정에서 성장위주의 경제정책과 맞물려 양적팽창에 주력함으로써 대형 건설프로젝트의 내실화를 기하지 못하였다. 이와 같은 국내의 건설 산업은 경제 성장과 더불어 국민 생활을 향상시키고 편의를 제공하는데 크게 기여해 왔으나 최근에 다발적으로 발생한 대형 시설물의 붕괴 및 인명손실로 인하여 우리 건설기술은 국민들로부터 극도의 불신을 받고 있다. 그럼에도 불구하고 대형 건설 사업은 계속 증가하고 있으며, 그에 따라 기술적인 면뿐만 아니라 사회경제적인 면에서 사회불안요인이 많은 최근의 상황을 고려해 볼 때 대형 시설물의 안전의 중요성에 대해 그 어느 때보다 관심이 높아지고 있다.

건설사업 특히, 시설물 관련(지하철, 건축물, 터널, 교량 등)의 안전관리는 각각 건설공사의 종류, 공법, 공정, 기후의 특성, 환경적 영향 등 여러 가지 복잡한 제반 요소에 영향을 받는 특성을 지니고 있다. 그러나 현재 계획 및 설계단계에서는 설계 실무를 담당하는 설계전문가들조차도 안전에 관하여 고려하지 않고 설계업무를 수행하고 있으며, 설계로 인하여 대상

시설물이 어느 정도의 안전도를 지니게 되는지, 시설물의 안전에 설계항목이 얼마나 영향을 미치는지, 또는 설계로 인하여 어느 시설물의 어느 항목이 상당히 취약점을 보이는지, 더 위험한 공법을 쓰게 되는지 등에 대한 문제에 대해서는 실제적인 분석 및 해결능력이 부족한 실정이다. 따라서 건설사업의 안전사고 예방차원에서 유해위험을 설계단계에서 사전 안전도 차원의 설계를 수행하여 안전시공을 유도하고, 이에 따라 건설사업의 재해발생가능성과 피해정도를 최소화하여 막대한 국고의 낭비 및 인명손실 등의 인재를 방지하기 위한 평가방안의 필요성이 대두되었다.

본 연구에서는 건설사업의 안전사고 예방차원에서 유해위험을 설계단계에서 건설사업의 안전도를 사전 안전도 예방차원의 설계를 수행하도록 유도하기 위한 건설사업 안전영향평가 방안마련을 위하여 건설안전영향평가의 기본개념 및 관련 기술동향을 분석하여 합리적인 안전영향평가모형을 위험도 접근방법에 의하여 제안하고자 하였다.

### 2. 건설안전영향평가 기본개념

일반적인 의미에서 건설사업의 설계단계에서 안전영향평가(Safety Impact Assessment)는 "건설사업에서의 안전은 각각 건설공사의 종류, 공법, 공정, 기후의 특성, 환경적 영향 등 여

\* 정회원, Vanderbilt Univ. 토목환경공학과 박사후과정, 공학박사  
\*\* 정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정  
\*\*\* 종신회원, 한양대학교 토목공학과 조교수, 공학박사, 교신지자  
\*\*\*\* 정회원, 한국시설안전기술공단 기술개발실 차장, 토목시공기술사

러가지 복잡한 제반 요소에 영향을 받으므로, 설계로 인하여 어떤 시설물이 어느 정도의 안전도를 지니게 되는지, 시설물의 안전에 설계항목이 얼마나 영향을 미치는지, 또 설계로 인하여 어느 시설물의 어느 항목이 상당히 취약점을 보이는지, 더 위험한 공법을 쓰게 되는지 등에 대한 영향에 대해 평가하는 것"이라고 말할 수 있다.

유사한 개념으로서 Design for Safety(이하 DFS)를 들 수 있는데, 영국의 Neil Storey(1997)는 Design for Safety를 "설계단계에서 안전을 고려할 수 방법을 강구할 수 있는 방법을 찾는 것"이라고 정의하고 있으며, "통상 설계 및 기획단계에서 건설사업생애주기에 걸쳐 발생할 수 있는 안전사고의 저감을 위한 모든 노력"을 DFS라 칭할 수 있다고 정의하고 있다<sup>13)</sup>.

### 3. 건설안전영향평가관련 연구동향

건설안전영향평가에 관한 연구로 건설관련 DFS에 관한 연구, 가상현실과 같은 전산 Tool을 이용한 안전도 검토방안에 대한 연구, 그리고 일반적인 엔지니어링 시스템 개발시 안전에 대한 고려방안 등을 들 수 있다. 이러한 연구는 주로 유럽과 미국을 중심으로 비교적 활발하게 이루어지고 있으며, 정부기관차원에서는 대표적으로 영국의 HSE(Health and Safety Executive) 와 미국의 OSHA(Occupational Safety & Health Administration) 들 수 있으며, 주요 연구내용을 표 1에 간략히 기술하였다.

표 1. 안전영향평가 현황 및 실태

연구기관	연구내용	년도
Health and Safety Executive (U.K)	HSE의 정보를 바탕으로한 지식기반 시스템(KBS)통한위험요소인지를 통한 위험예측 및 안전설계정보 제공에 대한 연구	2003
	영국의 2002/3년의 중대재해 사례조사보고서	2002 /2003
	설계에 연관된 건설사고의 분석을 통한 안전설계 정보 분석방법 연구	2004
Occupational Safety & Health Administration (U.S.A)	지하건설현장에 있어서의 OSHA의 규정의 적용성연구	2003
	건설산업의 안전한 설계 및 계획에 대한 규정조사 연구	2003
	DFS에 대한 소개서적 저필	

또한, Hinze와 Wiegand(1992)는 DFS에 관한 시초적인 연구를 하였으며 이를 위해 각 설계회사들에 메일을 보내 설문조사를 실시하였다<sup>6)</sup>. Gambatese와 Hinze(1997, 1999)는 건설노동자들의 안전을 위한 설계제안사항들을 포함하는 컴퓨터 프로그램을 개발하였으며<sup>10)</sup>, 설계단계에서 건설노동자들의 안전재해를 저감시킬 수 있는 제안사항을 도출하였다<sup>8)</sup>.

한편, Wang(1995) 등은 FMECA와 BRM을 조합한 귀납적인

bottom-up 위험도규명과 추정방법을 일반적인 엔지니어링 시스템에 대하여 제안하였다<sup>9)</sup>. Hadikusumo와 Steve Rowlinson(2002, 2004)는 가상현실을 고려한 design for safety process tool을 개발하여 건축시설물에 적용해 보았다<sup>11,2)</sup>. Hiroshi Wada(2002)는 DFS를 위한 FMFEA와 S-H Matrix 방법을 소개하였다<sup>7)</sup>.

### 4. 건설안전영향평가모형

일반적으로 안전영향평가의 의미는 기획 및 설계단계에서 건설사업의 안전영향요소(Safety Impact Factor)가 건설사업에 미치는 안전피해의 정도 및 규모 등에 미치는 영향을 예측하고 평가하여 이를 다시 설계단계에 반영, 피해의 영향을 줄일 수 있는 사전 안전성 확보에 그 의미가 있다고 할 수 있으므로 본 연구에서는 안전영향요소를 합리적으로 반영할 수 있는 안전영향평가모형을 그림 1과 같이 제안하였다.

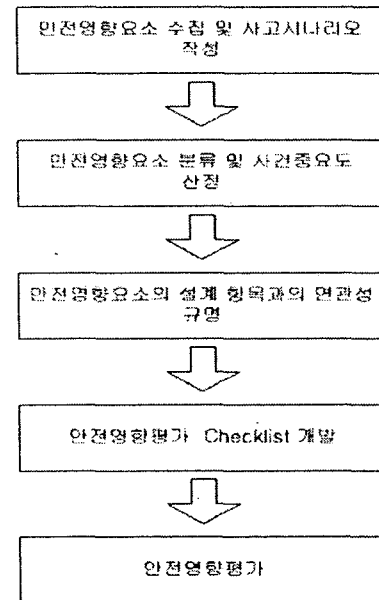


그림 1. 안전영향평가모형

제안된 안전영향평가 모형은 크게 5단계로 구성하였다. 우선 1) 건설프로젝트의 안전영향요소 수집 및 사고시나리오를 작성하고, 2) 설계와의 연관성 여부를 평가하여 안전영향요소를 설계에 의한 안전영향요소와 시공에 의한 안전영향요소로 분류 및 사건중요도를 산정하며, 3) 설계에 의한 안전영향요소로 분류된 각각의 안전영향요소와 설계항목과의 상관성을 규명하고, 4) 이에 따라 안전영향평가 Checklist를 개발한다. 그리고 5) 이와 같은 절차에 의해 개발된 안전영향평가 Checklist를 기반으로 분석대상사업의 안전관련 현황을 분석하고 이에 따라 안전영향평가를 수행하도록 하였다.

#### 4.1 안전영향요소 수집 및 사고시나리오 작성

안전영향요소 수집 및 사고시나리오 작성단계는 "어떤 건설 프로젝트에 내재되어 있는 안전영향요소에 대한 존재여부를

인식하고 그 안전영향요소들이 원인이 되어 발생할 수 있는 안전사고들을 정의하는 과정"이다. 이는 안전영향평가를 위한 첫 번째 단계이며 안전영향요소 규명 및 안전영향평가 Checklist 작성을 위한 기초 자료로서 안전영향평가 Checklist 에서 고려되어야 할 사항들이 누락이 되지 않도록 대상 건설 사업과 관련된 공사에 대하여 기존 안전설계 매뉴얼 및 Checklist, 설계도서, 기존 연구 자료와 전문가 인터뷰 등의 다양한 접근방법을 활용하여 가급적 철저히 조사를 실시하여, 대상 건설사업에 내재되어 있는 안전영향요소들에 대해 보다 구체적으로 인식하고 숨겨져 있는 안전영향요소를 간과하지 않도록 하여야 한다. 또한 도출된 안전영향요소들을 건설사업의 공정별로 분류하여, 건설사업의 공정별에 영향을 미치는 안전영향요소로 구분하여야 한다. 이 작업은 추후 안전영향요소와 관련이 있는 설계항목의 파악을 용이하게끔 만들어 주게 된다.

안전영향요소가 도출된 이후 일련의 안전영향요소들에 의해 발생가능한 안전사고 경로에 대한 사고시나리오의 작성은 안전영향요소 규명을 용이하게 한다. 이러한 안전영향요소들로 구성된 사고시나리오의 작성은 대상 건설사업의 안전영향요소 규명에 중요한 자료가 되므로 가능한 많은 전문가들과 다양한 연구 자료에 근거하여 실제 발생 가능한 경로에 가깝도록 구성을 해야 한다. 아울러 실제 세부적인 안전사고 경로까지 포함하게 된다면 사고시나리오는 무수히 많아질 것으로 사료되나, 현재 국내에는 전문적으로 사고사례를 조사하는 기관이 없고 공사현장에서는 사고를 은폐하려는 경향이 강하기 때문에 기존의 건설공사의 사고사례에 대한 자료가 절대적으로 부족한 상황이다. 따라서 실제 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문, 기존 사례 및 연구 자료의 분석을 통해 주요한 안전영향요소에 대한 사고시나리오를 구성해서 안전영향평가를 수행하는 것이 좀더 바람직하다고 판단되었다.

안전영향요소의 수집 및 사고시나리오를 합리적으로 작성하기 위한 Sheet를 표 2와 같이 제시하였다. 본 연구는 안전영향평가를 위한 모형제시에 초점이 맞추어져 있으므로 표 2에서는 예시로서 간략하게 개착식 지하철 공사에서의 토사붕괴/유출이라는 안전사고가 발생하는 안전영향요소 및 중간사건을 정리하여 보았다.

표 2. 안전영향요소 수집 및 사건시나리오 작성 Sheet

작업 공정	세부 공정	안전영향요소	중간사건	안전사고유형
가시철 공사	흙막이	지하수 등 유입수 침투	토사 유실	토류벽 붕괴
		도류판 설치부 과다 굴착	토사 붕괴	토류벽 붕괴
		지반조사 부적절	지반강성 저하	토류벽 붕괴
			지반 침하	지반용기 주변 피해
	주보 거치	중앙파일 횡방향 간격과다	차선과다 점유	교통사고 유발
		상재하중 과다	주보 붕괴	인명 피해
노후 자재 사용		주보 붕괴	인명 피해	

#### 4.2 안전영향요소 분류 및 사건중요도 산정

안전영향요소의 분류 및 사건중요도 산정은 "어떤 건설프로젝트에 내재되어 있는 안전영향요소가 설계항목과의 연관성이 있는지 여부를 판단하고, 설계항목과 연관된 안전영향요소에 의해 발생가능한 안전사고의 발생 빈도 및 피해 규모를 산정하는 과정"으로서, 건설프로젝트의 수행과정에서 발생 가능한 잠재적인 안전사고에 대한 사고시나리오가 구성되면 그 사고시나리오를 바탕으로 안전영향요소와 설계항목과의 연관성 여부를 판단하여, 설계항목과 연관성이 있는 안전영향요소를 분류하여야 한다. 설계항목과의 연관성 여부의 판단은 기존의 다양한 연구자료, 안전 매뉴얼 및 사고사례 분석 그리고 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문을 통해 산정하여야 한다.

안전영향요소의 설계항목과의 연관성 여부가 판별된 이후, 설계항목과 연관성 여부가 있는 안전영향요소 항목들에 대한 사건중요도를 산정하여야 하며, 이는 향후 안전영향평가시 중요한 평가자료로 활용될 것이다. 본 연구에서는 이 사건중요도 산정을 위하여 위험도 접근방식(Risk-based Approach)을 취하였다. 일반적으로 정량적인 분석이 가능한 경우 위험발생확

표 3. 안전영향요소 분류 및 사건중요도 산정 Sheet

작업 공정	세부 공정	안전영향요소	중간사건	안전사고유형	설계연관성 여부	사건중요도	
						M	F
가시철 공사	흙막이	지하수 등 유입수 침투	토사 유실	토류벽 붕괴	○	High	Medium
		도류판 설치부 과다 굴착	토사 붕괴	토류벽 붕괴	×	High	Low
		지반조사 부적절	지반강성 저하	토류벽 붕괴	○	Medium	Medium
			지반 침하	지반용기 주변 피해	○	High	Medium
	주보 거치	중앙파일 횡방향 간격과다	차선과다 점유	교통사고 유발	○	Low	Medium
		상재하중 과다	주보 붕괴	인명 피해	○	High	Medium
노후 자재 사용		주보 붕괴	인명 피해	×	High	Low	

률에 따른 결과를 바탕으로 안전영향요소에 대한 사건중요도 (위험도, Risk)가 된다고 할 수 있다. 그러나 관련 자료가 부족하여 정량적인 발생확률 및 피해규모에 대한 평가가 거의 불가능한 경우 정성적인 방법이 수반될 수 밖에 없다. 그러므로 본 연구에서 제안한 안전영향요소 사건중요도 산정은 안전영향요소에 의해 발생하는 안전사고의 발생 빈도와 피해 규모를 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문 및 기존 사례/연구자료를 통해 산정하였다.

안전영향요소의 분류 및 사건중요도 산정을 위한 Sheet를 표 3과 같이 제시하였으며, 표 2의 예와 연결하여 표현하여 보았다. 여기서 안전영향요소의 사건중요도는 Magnitude(피해규모)와 Frequency(발생빈도)에 대한 평가에 기초하여 표 4와 같이 최종적으로 산정될 수 있다. 예를 들면 지하수 침투-토사 유실-토류벽 붕괴사건의 사건중요도는 Magnitude는 High, Frequency는 Medium으로 평가되어 최종적으로 'High'의 사건중요도를 갖게 된다.

표 4. 위험도 접근방식에 의한 안전영향요소 사건중요도 산정

구분		Magnitude		
		Low	Medium	High
Frequency	Low	Low	Low	Medium
	Medium	Low	Medium	High
	High	Medium	High	High

#### 4.3 안전영향요소의 설계항목과의 연관성 규명

안전영향요소의 설계항목과의 연관성 규명은 “어떤 프로젝트에 내재되어 있는 안전영향요소에 대한 특성을 파악하여 안전영향요소와 관련된 주요 설계항목을 도출” 하는 단계로서 본 연구의 안전영향평가모형에서 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 안전영향요소와 관련된 주요 설계항목의 도출은 기존의 다양한 연구자료, 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문, 다양한 사고사례, 설계도서, 안전 Manual에 대한 검토를 통한 연구자의 노력에 의해 산정될 수 있다.

안전영향요소의 설계항목과의 연관성 규명작업을 위한 Sheet 및 예를 다음 표 5와 같이 제시하였다.

표 5. 안전영향요소의 설계항목과의 연관성 규명 Sheet

작업 공정	세부 공정	안전영향요소	안전사고유형	관련된 설계항목
가시설 공사	흙막이	지하수 등 유입수 침투	토류벽 붕괴	차수공법 선정
		지반조사 부적절	토류벽 붕괴	지보재 관입깊이
	주보 거치	중앙과일 횡방향 간격과다	교통사고 유발	교통처리계획 반영한 중앙과일 횡간격
		상재하중 과다	인명 피해	주보 상재하중 산정

#### 4.4 안전영향평가 Checklist 개발 및 안전영향평가

안전영향평가를 합리적이고 체계적으로 수행하고자 하는 노력에도 불구하고 여전히 대상사업의 설계항목들의 안전영향에 대한 적절한 평가를 위한 평가항목에 대한 파악 및 이에 대한 평가기준이 전무한 실정이다. 한편, 기 수행된 설계작업의 설계에 대한 안전대비평가는 수치화된 정량적평가가 보다는 안전영향평가자나 프로젝트관리자의 경험과 판단이 결정적인 영향을 미치게 되는 것이 일반적이다. 따라서 도출된 안전영향요소와 관련된 설계항목을 작업공정별에 대한 안전영향평가관련 설계항목으로 재작성 및 제시하여, 향후 안전영향평가를 실시하는 설계자, 건설관리자, 혹은 입찰심사자가 분석대상 건설사업프로젝트에 대한 안전영향평가 수행시 참고자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다. 다음 표 6은 안전영향평가 Checklist 및 안전영향평가 양식을 나타내었다.

본 연구에서 제안하는 정성적인 안전영향평가절차는 분석대상사업이 결정된 후 분석대상사업의 설계도서를 검토하여 표 6에 보인 바와 같이 안전영향요소 Checklist의 각각의 항목에 대하여 평가등급(Risk Rank)을 부여하고, 조사된 설계항목과 관련된 안전사고의 사건중요도와 부여된 안전영향요소 대비

표 6. 가시설(흙막이) 공사에 대한 안전영향평가 Checklist

안전사고유형	안전영향요소	관련설계항목	사건중요도	평가등급	위험등급
토류벽 붕괴	지하수 등 유입수 침투	차수공법 선정	High	Poor	High
	지반조사 부적절	지보재 관입깊이	Medium	Good	Medium
지반용기 주변 피해	지반조사 부적절	지반보강공법 선정	High	Excellent	Medium
교통사고 유발	중앙과일 횡방향 간격과다	교통처리계획 반영한 중앙과일 횡간격	Low	Good	Low
인명피해	상재하중 과다	주보 상재하중 산정	High	Maginal	High
		:	:	:	:
		:	:	:	:

○ ○ 프로젝트 가시설공사 안전영향평가 위험지수

설계항목에 대한 평가등급을 고려하여 표 7에 제시된 위험등급 산정표를 참조하여 최종위험등급을 매기게 되며, 이를 종합하여 공정의 위험지수(Risk Index)를 안전영향평가의 지표로 삼아 적절한 위험대응방안을 강구한다.

표 7. 안전영향요소별 위험등급 산정표

구분		안전영향요소별 사건중요도 (Magnitude & Frequency)		
		Low	Medium	High
평가등급 (전문가의견)	Excellent	Low	Low	Medium
	Good	Low	Medium	Medium
	Marginal	Medium	Medium	High
	Poor	Medium	High	High

상기에서 언급된 안전영향평가 모형 중 1-4단계는 대상 건설사업 종류를 선정 후 사례분석, 관련문헌 검토, 전문가와의 인터뷰를 통해 이루어지는 연구 및 기초작업인 것이며, 현재 지하철 개착공사에 적용하여 연구를 수행 중에 있다. 이와 같은 연구에 의하여 안전영향평가 Checklist를 개발하게 되면, 실제 대상사업에 대한 안전영향평가는 기획/설계자 혹은 입찰시 평가자들이 Checklist를 이용하여 그림 2와 같이 안전영향평가를 수행할 수 있게 된다.

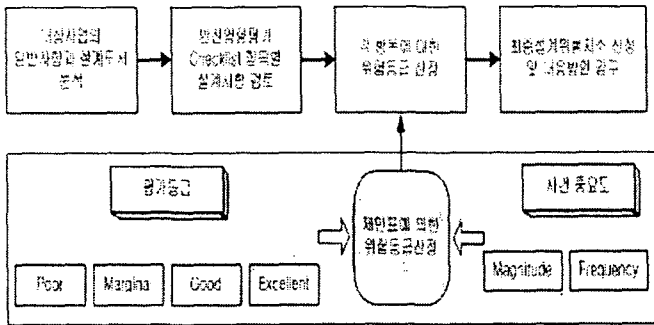


그림 2. 안전영향평가 절차

#### 4. 결론

본 연구에서는 건설안전영향평가의 기본개념 및 관련 기술동향을 분석하여 위험도 방식에 근거한 합리적인 안전영향평가모형을 제안하였다. 제안된 안전영향평가모형은 건설프로젝트의 안전영향요소 수집 및 사건시나리오 작성방안, 설계와의 연관성 여부에 근거하여 설계에 의한 안전영향요소와 시공에 의한 안전영향요소로의 분류방안, 그리고 이에 대한 사건중요도 산정기법이 제안되어 있으며, 설계에 의한 안전영향요소로 분류된 각각의 안전영향요소와 설계항목과의 상관성을 규명한 안전영향평가 Checklist 개발방안에 대하여 기술하였다.

이와 같이 본 연구를 통하여 건설사업의 안전영향평가 연구를 도입하는데 있어 국내에서는 거의 불모지나 다름없는 안전

영향평가 연구에서 건설사업에 체계적이고 합리적인 안전영향평가를 도입할 수 있는 기반을 처음으로 마련하였다. 그리고 이를 실제 건설사업에 적용할 수 있는 방법을 모색하였다. 이는 현재 선진외국에서조차 과학적인 안전영향평가 사례가 부족한 실정을 감안해 본다면 본격적인 안전영향평가의 모형 및 절차를 제시하였다는 점에서도 큰 의의가 있다고 할 수 있다. 그리고 보다 더 심도 깊은 연구를 통하여 다양한 건설공사의 유형별 안전영향평가 Checklist를 개발하고 이를 뒷받침 할만한 제도적 장치가 마련되어 건설안전영향평가가 제대로 도입된다면 얻을 수 있는 기술적, 사회적 파급효과 및 활용방안은 다음과 같이 정리 될 수 있다.

- 국내에서는 선두적 연구이며 실용화를 목표로 하고 있으므로, 다양한 형태의 건설사업 관련 안전영향요소의 규명 및 분석·평가에 대한 기술이 발전할 것이며 관련 연구에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.
- 국외에서도 아직 본격화되지 않은 분야이므로 국내 연구의 수준향상에 많은 도움이 된다고 판단된다.
- 국가적인 차원에서도 유해위험수준의 식별을 통한 사전 안전도 차원의 설계가 가능해지며 이를 통한 안전시공을 유도하여 재해발생 가능성과 강도를 최소화하고, 건설사업의 안전사고 예방차원에서 막대한 국고의 낭비를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 인명손실 등의 인재를 방지할 수 있다.

#### 참고문헌

1. B.H.W. Hadikusumo and Steve Rowlinson, "Capturing Safety Knowledge Using Design for Safety Process Tool", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE/March/April 2004, pp 281-289.
2. B.H.W. Hadikusumo, Steve Rowlinson, "Integration of virtually real construction model and design for safety process database", Automation in Construction, Elsevier, Vol 11, 2002, pp 501- 509.
3. D. G. Elms, "Safety by Design : An Engineer's Responsibility for Safety", 1996.
4. Elaine L. Chao, John L. Henshaw, "Underground Construction(Tunneling) : OSHA 3115-06R, 2003", 2003.
5. Health and Safety Executive, "Statistics of Fatal Injuries 2002/03", 2003.
6. Hinze, J., and Wiegand, F., "Role of Designers in Construction Worker Safety", Journal of Construction Engineering and Management", Vol. 118, No. 4, December, 1992, pp. 677-684.
7. Hiroshi Wada, "Safety analysis methods and applications at the design stage of new product development-Introducing the FMFEA and S-H Matrix Method", ESPEC Technology Report No. 10, 2002.
8. J. Gambatese, J. Hinze, "Addressing construction worker safety in the design phase Designing for construction worker safety", Automation in Construction,

ASCE Vol 8, 1999, pp 643-649.

9. J. Wang, T. Ruxton & C. R. Labrie, "Design for safety of engineering systems with multiple failure state variables", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 50, 1995, pp 271-284.
10. John. A. Gambatese, Jimmie W. Hinze, Carl T. Haas, "Tool to Design for Construction Worker Safety", *Journal of Architectural Engineering*, ASCE, Vol 3, No 1, 1997, pp. 32-41.
11. Liz Bluff, *Regulating Safe Design and Planning of Construction Works(A review of strategies for regulating OHS in the design and planning of buildings, structures and other construction projects)*", 2003.
12. Muhammed Sohail, "Review of Safety in Construction and Operation for the WS&S Sector-a literature review : Part II", 1999.
13. Neil Storey, " Design for Safety", University of Warwick Coentry, UK, 1997.
14. US. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration(OSHA), "Analysis of Construction Fatalities-The OSHA Data Base 1985-1989", November, 1990.

---

#### Abstract

Safety assessment of construction projects may be affected by various factors such as types and scale of projects, construction methods, procedure, climactic, and site conditions etc. Presently, in planning and design phases, designers are still often uncertain of their responsibilities, lack information and training of safety. Therefore, designers are still failing to exploit the potential they have to eliminate and reduce risks on site. In this study, the concepts of safety impact assessment is introduced in order to derive the performing design for safety in design phase. For this purpose, a framework for safety impact assessment model using risk-based approach for construction projects is suggested. The suggested model includes of information survey and scenarios, classification of safety impact factors occurred by design and construction, and quantitative estimation of magnitude and frequency. Moreover, the checklist which is enable to identify relationship between safety impact factors and design factors is developed and the methodology of safety impact assessment model using risk-based approach is also proposed.

Keywords: Safety Impact factor, Safety Impact Assessment, Risk-based Approach, Risk Rank, Design Risk Index

---