

FMECA 기법을 적용한 건설현장 거푸집작업의 통합 안전위험성 평가 및 대응방안 마련

안 선 주* · 송 상 훈**

*한미글로벌 · **한국토지주택공사 토지주택연구원

Integrated Safety Risk Assessment and Response Preparation on Construction Site Formwork Using FMECA Method

Sun-Ju An* · Sang-Hoon Song**

*HanmiGlobal Corporation · **LH Land & Housing Institute

Abstract

Risk Assessment to list possible safety disasters and their probability and severity is the starting point for effective safety management on construction project site. However, the safety managers in owners, construction supervisors, contractors, and sub-contractors still have difficulties in judging the priorities of safety activities and preparing responses to each potential safety disasters. Therefore, this study aimed to suggest a systematic method in assessing safety risk prior to commencement with the agreement of stakeholders. FMECA(failure mode effects and criticality analysis) was selected as a main assessment tool and it was modified according to the characteristics of construction projects and trades. Each risk is, firstly, evaluated with occurrence probability, possible loss and impacts to projects, and detections, and then risk priority number(RPN) is calculated. Subsequently, the managers of each stakeholder discuss the types, timing, and responsibilities of responses as a group decision-making process.

Keywords : Construction Safety, Safety Risk, Risk Assessment, FMECA

1. 서 론

건설프로젝트의 관리자는 주어진 공사기간과 예산 내에서 적정 품질을 확보하려는 기본적인 목표를 달성하려는 노력을 기울이게 된다. 또한, 최근에는 사회적 변화에 따라 안전사고 저감, 환경성 제고, 사회적 책임을 위한 노력 등이 추가적으로 요구되고 있다.

특히, 안전성과에 있어서는 현장 내 작업자를 비롯하여 관리자까지 안전의 중요도에 대한 인식이 향상되었음에도 여전히 건설부문은 전체 산업 평균에 비해 높은 재해율을 보이고 있다.

현장 내에서 안전재해를 줄이기 위해서는 목적물에 대한 설계와 시공계획을 안전 측면에서 면밀하게 검토하여 그 위험성을 분석한 후, 대응방안을 수립하고 실행여부를 모니터링하는 등의 전체 과정을 통합적으로 관리하는 것이 요구된다.

본 연구에서는 건설 현장에서 착공 이전 단계에서 안전재해 발생 위험성을 진단하는 방법론을 제시하고, 이를 활용하여 안전재해 저감을 위한 대응방안을 수립하여 안전리스크를 저감함으로써 결과적으로는 안전사고 발생을 예방하는 방안을 제안하고자 한다.

† 교신저자: 송상훈, 대전시 유성구 전민동 462-2 한국토지주택공사 토지주택연구원 건설환경연구실
M·P : 016-203-8265, E-mail : ssong@lh.or.kr

2012년 7월 20일 접수; 2012년 9월 10일 수정본 접수; 2012년 9월 14일 게재확정

이를 위해 안전사고 예방과 관련하여 건설현장에서 수행되는 각 공종과 세부작업의 위험성을 평가할 수 있는 실질적인 도구 개발과 적용방안 마련이 이루어질 수 있도록, 건설현장 안전재해 발생 현황과 원인 파악, 건설작업 안전위험성 평가 및 대응을 위한 도구 마련, 재해 다발 공종에 대한 위험성 평가 실시 등으로 주요 내용을 구성하였다.

또한, 연구의 범위에 있어서는 대량의 안전재해 사례를 분석한 기존 문헌[1]에 근거하여 안전재해 예방을 위한 집중적인 대응이 필요하다고 생각되는 영역에 대해 FMECA에 의한 안전위험성 평가를 실시하는 것으로 하였다. 그에 따라 공동주택(아파트)과 상업건축(근린생활시설) 건설현장의 거푸집 작업 중에 발생하는 재해유형의 위험 수준을 파악하고 이를 예방하기 위한 대응방안 마련에 한정하여 연구를 수행하였다.

본 연구를 통해 건설현장의 각 참여주체는 현행 안전사고 처리 위주의 결과 중심적 관리에서 예방 위주 방식으로 관리체계를 개선하고, 위험성평가 기반의 통합 안전관리시스템을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 건설 안전과 재해의 원인

2.1 건설 안전재해 발생 현황

2011년 산업재해 통계에 따르면, 2011년의 산업재해율은 전년에 비해 0.04% 하락한 0.65%로 집계되었으며, 이는 지난 20년 동안 최저치에 해당한다. 재해유형별로 보면 3대 재래식 재해인 전도, 협착, 추락의 비율이 여전히 높은 수준을 보이고 있고, 건설업 사망자가 늘어나는 등 불안정한 요인은 여전하였으나, 안전 우선

의 사회적 인식 확산과 근로자 의식 제고에 따라 재해율이 지속적인 감소추세에 있는 것으로 드러났다.[2]

건설업 안전재해를 업무상사고에 한정하여 살펴보면, 재해자수가 전년에 비해 1.4% 증가하였고, 업무상사고 사망자의 41.7%가 건설현장에서 발생하여 이 역시 전년에 비해 3.8% 늘어났다. 또한, 재해유형별로 보면, 전도, 협착, 추락 순으로 재해가 많이 발생하였으나, 사망자의 경우 추락에 의한 사망의 비중이 가장 높았다.

2009년부터 2011년까지 3년간 업무상사고와 업무상 질병의 수치를 보여주는 <Table 1>에 따르면 전체 재해자의 22.88%, 사망자의 28.3%가 건설업에서 발생하고 있어, 건설노무자가 전체 산업에서 차지하고 있는 비율만큼이나 많은 재해가 발생하는 것으로 나타났다.[3]

2.2 건설 안전재해의 원인 분류

건설현장의 생산과정은 대부분의 작업이 옥외에서 이루어지고, 작업자와 작업환경이 수시로 변화하며, 복잡성과 난이도에 차이가 있는 개별 작업이 동시에 진행된다고 하는 특성을 지녔다. 따라서, 작업 중 재해발생에는 다양하고 복합적인 원인이 개입되는 경우가 많다.[4]

건설현장에서의 재해발생 원인과 관련하여 김순구와 양순갑[5]은 재해발생원인의 연쇄과정에서 간접원인을 재해의 가장 깊은 곳에 존재하는 원인으로서의 기초원인과 2차원인으로 구분하고, 직접원인(1차원인)은 시간적으로 사고발생에 가장 가까운 원인으로서는 물적 원인의 불안정한 상태와 인적원인의 불안정한 행동으로 구분하였다. 현장 안전재해 발생 원인은 Loughborough University and UMIST[6] 등 기존 문헌의 분류를 중심으로 <Table 2>와 같이 정리할 수 있으며, 각 요인들의 현장별·작업별 수준에 따라 재해가 발생한다.

<Table 1> Occupational Disaster Statistics for Past Three Years(2009~2011)

구분	2011년		2010년		2009년		3년 총계				
	재해자수	사망자수	재해자수	사망자수	재해자수	사망자수	재해자수	사망자수	재해자 비율	사망자 비율	재해자 중 사망자 비율
광업	1,103	375	1,084	386	1,118	399	3,305	1,160	1.14%	17.86%	35.10%
제조업	32,294	548	34,069	618	32,997	561	99,360	1,727	34.29%	26.59%	1.74%
전기·가스·수도업	86	4	85	7	114	9	285	20	0.10%	0.31%	7.02%
건설업	22,782	621	22,504	611	20,998	606	66,284	1,838	22.88%	28.30%	2.77%
운수·창고·통신업	4,226	134	4,365	122	4,372	132	12,963	388	4.47%	5.97%	2.99%
기타 산업	32,801	432	36,538	456	38,222	474	107,561	1,362	37.12%	20.97%	1.27%
총계	93,292	2,114	98,645	2,200	97,821	2,181	289,758	6,495	-	-	-

<Table 2> Causes of Construction Disasters

구 분	원 인
작업자 및 작업팀	<ul style="list-style-type: none"> • 안전에 대한 태도 • 동기부여/인센티브 • 급여 • 작업자 행위 • 작업자 역량 • 의사소통 • 직접적 감독 • 작업자 건강/피로 • 교육 및 훈련 • 작업시간
작업 공간	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 조건 (장비, 자재, 날씨 제외) • 작업 환경(조명, 소음, 온도, 습도) • 현장 배치/공간 • 작업 일정 • 정리정돈 • 복지 시설
자재	<ul style="list-style-type: none"> • 자재의 적정성 • 자재의 사용가능성 • 자재의 상태
장비	<ul style="list-style-type: none"> • 장비의 적정성 • 장비의 사용가능성 • 장비의 상태
도구	<ul style="list-style-type: none"> • 작업도구 • 개인보호장구
간접 영향 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 작업 설계(설계수정, 세부디테일, 유틸리티정도 등) • 프로젝트 관리(시공사 상황, 노무자 공급, 공정 및 일정 압박 등) • 시공 프로세스 • 안전 문화(책임성, 안전관리자, 리스크 관리, 사고 조사, 재해복구조치, 저문 등)

3. 건설현장 위험성 평가

3.1 건설현장 작업의 위험성 평가 현황

위험성 평가는 공정에서의 잠재위험(hazard)을 확인하여 가상 시나리오에 대한 재해발생 가능성과 재해 결과 분석을 통해 위험성을 계산·표현하는 것으로 사고가 인체나 건물에 미칠 수 있는 피해를 평가하는 것이다.[7] 제조업에서 이러한 위험성 평가는 일차적으로 발생 가능한 사고 및 재해의 특성을 규명하며, 아차사고의 발생 확률과 사고결과를 예측하고, 궁극적으로 공정과 시스템이 사고로부터 안전한 상태로 가동·유지되도록 관리하는 것을 목적으로 한다.

건설업에서는 일정 규모 이상의 현장에서 유해·위험방지계획서를 제출하고 안전관리계획서를 작성하는 과정에서 위험성 평가를 실시하여 착공 또는 작업 개시 전 대응체계를 갖추도록 하는 등 위험성 평가를 확산시키기 위한 노력이 진행 중이다. 그러나, 관계 기관의 노력에도 불구하고 현재 건설현장에서는 위험성 평가가 자리 잡고 있지 못하며, 절차 내에서 형식적인 요소로만 다루어지고 있다. 이에 따라 현장 안전관리는 여전히 위험성 평가 결과에 따른 계획 중심이기 보다는 일일 단위의 점검, 재해 처리 등이 위주가 되고 있다.

또한, 현장 안전 관리자들은 체크리스트를 중심으로 관리계획을 수립하고 현장을 점검함에 따라, 체크리스트 상에 나타나지 않는 항목에 대해서는 점검을 실시

하지 않아 사고가 발생할 때까지 위험을 찾을 수 없고, 이미 발생한 재해를 기준으로 체크리스트를 작성하기 때문에 작업과정 내의 모든 잠재위험을 도출하지 못하고 있다. 이와 같이 위험성 평가 본래의 목적 달성이 미흡한 데에는 위험성 평가의 난이도와 현실성 부족, 안전관리자의 인식 부족 등이 원인으로 자리 잡고 있다.

3.2 건설현장의 적정 위험성 평가 도구

3.2.1 위험성 평가 도구 선정

건설현장에서는 동일한 공중에서 유사한 사고가 반복되는 경우가 많으므로, 반복재해 이면에 존재하는 잠재적 원인을 파악하여 안전재해 발생을 억제할 수 있는 획기적 방법론의 도입·활용이 요구된다고 할 수 있다. 본 연구에서는 산업안전보건법에서 제시한 위험성 평가 도구 중에서 전술한 건설현장 위험성 평가 현황을 개선하면서 현장 참여자들이 공동으로 용이하게 활용할 수 있는 도구를 검토하고자 하였다.

산업안전보건법 제130조의 제2호에서는 아래 위험성 평가 기법을 활용하여 평가서를 작성하고, 잠재위험에 대해 사고예방·피해최소화 대책을 수립하도록 한다.

- 체크리스트(Check List)
- 상대위험순위 결정(Dow and Mond Indices)
- 작업자 실수 분석(HEA)
- 사고 예상 질문 분석(What-if)
- 위험과 운전 분석(HAZOP)
- 이상위험도 분석(FMECA)
- 결함 수 분석(FTA)
- 사건 수 분석(ETA)
- 원인결과 분석(CCA)

위의 목록 가운데 이상위험도 분석(FMECA)은 위험 원 확인을 위한 시스템적 평가에 가장 널리 사용되는 기법으로서, 제품을 설계 개발하거나 안전성을 검토하는 단계에서 실무적으로 이해하기 쉽고, 분석된 결과에 대한 공정 반영이 용이한 상황식 기법이다.[8] 한편, 체크리스트 기법과 사고 예상 질문분석 기법의 경우 다양한 분야에서 사용되고 있으나 위험요소를 정량적으로 표현하기에 어려움이 있으며, 결함 수 분석 기법과 사건 수 분석 기법은 논리적인 분석과 수학적 분석의 어려움이 있어 현장 활용에 한계를 지닌다.[9]

이러한 측면에서 본 연구에서는 현장의 설계 단계에서부터 잠재적 위험성을 귀납적 방법을 통해 효율적으로 검토할 수 있는 정량적·정성적 방법인 FMECA를

적용하고자 한다. FMECA는 타 기법에 비해 상대적으로 용이하게 적용할 수 있어, 체크리스트 사용에 한정되어 위험성 평가가 자리잡지 못하고 있는 현행 안전관리 수준에 적합하며, 유사한 재해가 반복해서 발생하는 특정 공종에 잠재된 위험성을 정량적으로 평가하고자 하는 본 연구의 취지에 부합하는 것으로 판단된다.

전문가적 경험과 노하우를 지닌 건설현장의 다양한 참여자들이 공동으로 FMECA를 통해 반복재해가 발생하는 공정을 보다 세분화하여 원인을 파악하고, 재해발생의 잠재적 위험성을 평가함으로써 사고의 발생가능성을 줄이고 중점관리를 통해 안전관리에 있어서의 효과성을 높일 수 있을 것이다.

3.2.2 FMECA의 활용 방법

1) FMECA의 정의와 유형

FMECA(이상위험도 분석, failure mode effects and criticality analysis)는 설계의 불완전성이나 사용 중 발생가능한 잠재적 결함을 알아내기 위해 구성요소의 고장 형태와 상위 시스템에 미치는 영향을 분석하는 기법으로서 개선대책 수립과 신뢰성 향상을 목적으로 하며, 이상영향분석(FMEA, failure mode and effects analysis)과 유사하나 시스템에 영향이 큰 치명도를 중시하는 경우에는 FMECA를 사용한다.[10]

이러한 FMECA의 종류에는 시스템 또는 하위시스템의 초기 설계 구상단계에서 시행되는 최상위 수준의 시스템 FMECA, 제품설계에 관련된 고장을 식별하고 방지하기 위한 설계 FMECA, 제조 혹은 기타 프로세스에 관련된 고장의 식별 및 방지를 위한 프로세스 FMECA가 있다. 각 유형의 실시시기를 제조업 기준의 제품개발 단계별로 보면 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Types of FMECA

단계	시스템 FMECA	설계 FMECA	프로세스 FMECA
개념설계	시작		
시뮬레이션 설계	완료	시작	시작
상세 설계		수정	
시작품 설계		완료	수정
생산 개시			완료
고객 사용	수정	수정	수정

2) FMECA의 요소

FMECA을 수행하는 데 있어서는 기능과 잠재적 고장모드, 고장의 원인과 영향에 대해 다음과 같은 요소를 활용하여 평가를 진행하게 된다.[9][10][11]

① 심각도

고장이 발생할 경우, 구성품, 하위시스템, 시스템이 고객에 미치는 영향의 심각한 정도를 평가하되, 단지 영향에 의해서만 판단하도록 한다.

② 발생빈도 또는 빈번도

설계수명 동안에 특정한 원인, 메커니즘이 발생할 수 있는 가능성으로, 원인 또는 메커니즘을 예방하거나 제어하기 위해 설계 또는 설계과정을 변경함으로써 빈도를 줄일 수 있다.

③ 검출도

잠재적 고장형태 및 원인을 검출하기 위한 현 설계관리와 검출방법에 의한 검출능력으로, 설계유효성 확인과 각종 검증활동을 통해 향상될 수 있다.

④ 치명도(RPN, risk priority number)

FMECA의 결과로서, 제품의 심각도, 발생도, 검출도 등을 곱하여 계산한다.

3.3 건설현장 위험성 평가 개선 방향

건설현장에서의 안전위험성 평가를 다룬 선행 연구에는 위험영향요소의 가중치와 공종별 위험도에 따라 현장 위험도를 산정하거나[12], 위험성 평가 기법을 사용하여 실제 현장 공종에서의 안전관리 순위를 파악하고 위험도를 측정하는 연구[9][11] 등이 있었으며, 서성화 등(2011)[13]은 관리자수가 부족한 중소규모 플랜트 업체의 특성을 고려하여, <Table 4>와 같은 4M을 이용한 체크리스트를 제시함으로써 위험도에 따라 관리가 필요한 요인을 신속하고 용이하게 파악하도록 하였다.

<Table 4> Hazard Factors by 4M Categories

구분	유해·위험요인
Man (인적)	<ul style="list-style-type: none"> 근로자특성(장애자/고령자/외국인 등)의 불안전행동 작업에 대한 안전보건 정보의 부적절 작업자세, 작업동작의 결함 작업방법의 부적절 등 휴먼에러(Human error) 개인 보호구 미착용
Machine (기계·설비적)	<ul style="list-style-type: none"> 기계, 설비 구조상의 결함 위험 방호장치의 불량 위험기계의 본질안전 설계의 부족 비상시/비정상작업 시 안전연동장치/경고장치 결함 사용 유틸리티(전기, 압축공기 및 물)의 결함 설비를 이용한 운반수단의 결함 등
Media (물질·환경적)	<ul style="list-style-type: none"> 작업공간(작업장 상태 및 구조)의 불량 가스, 증기, 분진, 흙 및 미스트 발생 산소결핍, 병원체, 방사선, 유해광선, 고온, 저온, 초음파, 소음, 진동, 이상기압 등 취급 화학물질에 대한 중독 등
Management (관리적)	<ul style="list-style-type: none"> 관리조직의 결함 규정, 매뉴얼의 미작성, 안전관리계획의 미흡 교육, 훈련의 부족 부하에 대한 감독, 지도의 결여 안전수칙 및 각종 표지판 미게시 건강검진 및 사후관리 미흡 고혈압 예방 등 건강관리 프로그램 운영

그 중 FMEA가 사용된 2개 연구를 평가요소를 중심으로 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. 해당 연구 중 유정호 등(2008)[9]은 일반적으로 사용되는 검출도 대신 영향도의 개념을 도입하였으나, 발생에 따른 영향의 정도가 실제 상황에서는 다양하게 나타날 수 있어 예측이 어렵다는 점에서 안전관리자가 평가할 때 혼란을 가져올 수도 있을 것으로 판단된다.

<Table 5> Previous Researches Using FMEA

저자	주요 평가 요소
유정호 등(2008)	<ul style="list-style-type: none"> • 빈도 : 잠재된 위험의 발생가능성으로 5단계로 구분 • 치명도 : 재해발생 시 예상되는 인적피해로서 6단계로 구분 • 영향도 : 발생한 재해로 인하여 공사 진행에 영향을 주는 정도로서 3단계로 구분
김홍현과 이강(2007)	<ul style="list-style-type: none"> • 빈번도 : 실패가 반복적으로 일어나는 정도로서 10등급으로 구분 • 심각도 : 실패의 심각성과 영향을 나타내는 정도로서 10등급으로 구분 • 검출도 : 사고 발생 전에 이를 미리 감지할 수 있는지에 대한 평가 척도로서 10등급으로 구분하되, 안전장치의 유무, 작업에 영향을 미치는 특정 환경(주), 작업자의 숙련도 및 근속년수, 안전교육 실시 여부에 근거하여 산출

주) 해당 연구는 크레인 관련 중대 재해와 관련된 위험도를 다루었으며, 크레인 작업이 바람의 영향을 많이 받는다는 점에서 작업에 미치는 직접적 환경영향요인으로 풍속을 설정하였다.

이와 같이 건설현장에서의 위험성을 평가해 온 기존 모델에서는 결과를 산정함에 있어 재해 당사자의 상해

정도만을 산정하여 인적 손실을 위주로 평가하는 경향을 보여 왔다. 본 연구에서는 선행 연구의 이러한 미비점을 보완하기 위해, 안전재해의 피해결과를 1차적 피해(직접피해)와 2차적 피해(간접피해)로 구분하여 인적 손실과 물적 손실을 물론, 향후 건설현장에서의 후속 작업에 미치는 일정과 비용 측면에서의 영향까지 관리자가 고려할 수 있도록 하였다.

아울러, FMECA를 기반으로 건설현장에서 위험성을 평가하고 대응방안을 마련하는 방법론을 개발함에 있어서는 기존에 제시된 도구에 대해 아래 기준에 있어서의 개선이 이루어질 수 있도록 하였다.

① 적용성 향상

주관성이 개입되는 FMECA기법에는 다수 전문가의 참여가 필요하다. 따라서, 건설현장의 참여주체들이 공동으로 위험성평가에 참여하여 용이하게 사용할 수 있는 방안을 검토하도록 한다.

② 통합성 고려

개별 관리부문에 대한 제한적 관리에서 나아가, 건설현장의 총괄관리라는 측면에서 관리부문 간에 안전재해의 영향을 공동으로 평가할 수 있도록 한다.

③ 현실성 제고

건설현장, 공중, 작업자(노무자)의 특성을 고려하여 평가대상의 위험성을 고려하고 대응방안을 작성함으로써 기존 모델에 비해 현실성을 높이도록 한다.

<Table 6> Status on Disasters by Trades of Commercial Buildings and Apartments

구분	순위	작업공종 분류	계	추락	전도	낙하 비래	충돌	감김 끼임	절단,베임 찢림	작업관련 질병(머슴)	분류, 불가 무리한 동작	붕괴 도괴	사고성
													무리한 동작
상업 건축 - 근 생		계	2,910	1,026	495	446	300	275	136	22	46	44	40
	1	거푸집작업	804	216	154	190	132	54	16	8	11	7	7
	2	수장작업	317	81	36	33	25	49	69	1	6	8	4
	3	조적, 미장 및 건축작업	236	98	68	25	17	8	5	-	5	3	2
	4	석재 및 타일작업	143	39	29	29	16	16	4	-	1	2	4
	5	철골작업	134	62	9	25	10	26	-	-	-	1	-
	6	안전가시설 작업	133	63	18	25	16	3	1	1	1	-	-
	7	전기설비작업	126	59	16	7	6	10	5	-	2	-	5
	8	기계설비작업	126	51	15	15	14	12	4	-	4	-	2
	9	도장작업	125	86	19	4	3	2	4	2	-	2	1
10	판넬 등 외부마감작업	123	77	10	11	8	6	4	-	4	1	2	
공동 주택 - 아 파 트		계	2865	934	579	394	296	262	87	74	63	38	38
	1	거푸집작업	795	260	151	159	94	60	16	14	18	6	10
	2	조적, 미장 및 건축작업	254	107	71	21	18	10	4	5	6	3	6
	3	수장작업	197	40	26	27	18	47	31	2	2	-	1
	4	철근작업	182	33	63	18	15	35	4	3	4	3	4
	5	기계설비작업	138	44	25	15	17	9	5	6	6	1	5
	6	도장작업	124	72	30	6	8	1	1	-	-	-	2
	7	안전가시설 작업	111	63	11	14	13	4	-	1	1	1	2
	8	전기설비작업	96	24	14	9	7	9	5	-	7	-	1
	9	철근작업	77	20	19	8	10	9	2	2	2	3	1
10	방수작업	68	28	14	4	6	4	-	4	4	-	1	

4. 건설현장 거푸집 작업 위험성 평가

4.1 거푸집 작업 안전재해 발생 현황

<Table 6>과 같이 본 연구에서 분석대상으로 하는 시설물 유형인 근린생활시설과 아파트 현장에서의 안전재해 발생 현황을 공중별로 구분하여 살펴보면, 두 시설물 모두에서 거푸집 작업, 수장작업, 조직, 미장 및 견출작업 등이 재해율 상위 3개 공중에 포함되고 있다. 그 중 거푸집 작업에서 가장 많은 재해가 발생하고 있으며, 추락과 낙하·비래, 전도, 충돌 등의 비중이 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 건설현장 거푸집 작업의 위험도를 평가해 보고, 대응방안 마련까지의 안전관리 업무를 진행해 보았다.

4.2 거푸집 작업 안전위험성 평가방법

우선 작업방식과 사용재료, 적용 장비에 따라 위험성 평가의 내용이 달라지는 점을 고려하여, 본 연구에서는 유로폼이 적용되고 양중을 위해 타워크레인 또는 이동식크레인을 사용하는 것으로 작업계획을 정의하고 위험성 평가를 실시하였으며, 그 결과는 <Table 10>에서 보는 바와 같다.

본 연구에서의 평가 및 대응방안 표는 프로젝트 착공 전 및 각 공종의 착수 전에 공동으로 개최한 회의에서 참석한 안전총괄책임자 이하 안전관리자 등이 작성하고 결정하는 것이다. 위험성 평가에 포함된 각 요소와 그 내용은 다음과 같다. 우선 평가부문에서는 다음의 요소에 따라 요구 안전활동의 우선순위를 살펴보았다.

① 발생빈도

발생빈도의 경우, 안전재해가 발생할 가능성을 <Table 7>을 참고하여 5개 수준으로 빈도를 산정하도록 한다.

<Table 7> Evaluation Criteria of Occurrence

구분	수준	내용
가능성 거의 없음	1	10년 1회 정도 발생
가능성 낮음	2	3년 1회 정도 발생
가능성 있음	3	1년 1회 정도 발생
가능성 높음	4	1개월에 1회 정도 발생
빈번하게 발생	5	1일 1회 정도 발생

② 영향도

영향도는 <Table 8>과 같이 4가지로 구분하여 검토하였다. 기존 모델 개선을 위한 방안에서 논의한 바와

같이 통합성을 고려하여 인적 손실에 대한 영향에서 나아가 물적 손실과 공사비 및 일정에 미치는 간접적 손실까지 종합적으로 파악할 수 있도록 하였다. 평가방법에 있어서는 물적 손실, 공사비 추가 및 일정 지연의 규모 등이 작업 이전에 명확한 판단이 어려우므로, 위험성 평가 회의에서 전문가들이 3개 수준(상/중/하 또는 심각한 수준/고려가 필요한 수준/무시할 수준)으로 평가할 수 있도록 한다. 결국 안전 이외의 영향도가 모두 무시할 수 있는 낮은 수준이면, 안전의 영향도가 그대로 본 사고 위험의 영향도가 된다고 볼 수 있다.

<Table 8> Types of Severity(Impact) by Disasters

직접적 피해		간접적 피해	
1차적 피해		2차적 피해	
사망, 상해	물적피해	공사비 추가	일정 지연
인적손실(S1)	물적손실(S2)	(S3)	(S4)

③ 검출도

검출도는 재해 발생 이전에 안전재해의 원인을 탐색할 수 있는 능력을 의미하며, 현행 안전관리, 현장관리 수준, 재해원인의 특성을 바탕으로 <Table 9>의 기준에 따라 평가하도록 하였다. 전문가들로 구성된 평가자들은 해당 재해유형과 원인항목이 유해·위험방지계획서, 공중별 안전관리계획서, 작업안전 체크리스트 등의 사전계획과 현장 안전관리지침에 포함되어 있는지의 여부와 같은 현장 안전관리 수준을 우선적으로 확인한다. 또한, 검출도를 현장에서의 원인 통제가능성으로 확장하여, 물적 요소 통제 관점에서 원인항목이 도면 또는 현장 확인이 가능한 물리적 요소인지, 그리고 건설현장 내에서는 다수의 작업자가 광범위한 현장 작업 개소에 분산되어 작업함으로써 작업자 상시 제어가 어렵다는 측면에서 인적요소가 원인에 개입된 정도를 검토하도록 한다. 이에 따라, 현장 확인이 가능하고 안전 체크리스트 기본 사항인 톱날보호대 여부, 안전대 부착 여부 등은 '1 수준'에 해당하고, 양중기 조작 미숙이나 작업자 전도 등 특정 환경에서의 인적요소에 대한 사항은 원인 탐색이 어려운 수준(4 수준)으로 판단하였다.

<Table 9> Evaluation Criteria of Detection

구분	수준	내용
거의 확실	1	원인 탐색이 거의 확실함
높음	2	높은 수준으로 원인 탐색 가능
보통	3	보통 수준으로 원인 탐색 가능
희박함	4	적은 수준으로 원인 탐색 가능
절대적 불확실	5	현재 수준에서는 원인 탐색 불가

FMECA의 요소 가운데, 영향도는 대개 변동이 없으나 관리방식 개선을 통해 검출도는 크게 낮출 수 있고, 발생도 역시 결과적으로 다소 감소될 수 있다. 즉, 위험성 평가의 결과를 지침, 작업 체크리스트 등에 반영함으로써 관련 원인 제어 가능성을 높여 RPN의 저하를 가져올 수 있다.

④ RPN

RPN은 FMECA의 결과로서 지금까지 살펴본 발생빈도, 영향도, 검출도를 이용하여 구하며, RPN이 높은 상위그룹의 항목에 대해 안전활동을 집중하여 재해방지를 위한 적정 조치를 수립·시행하도록 한다. 본 연구에서는 안전측면만을 고려한 RPN1과 종합적 영향도를 고려한 RPN2를 산출하여 관리자 의도에 맞게 결과를 활용하도록 하였다. RPN1이 영향도의 직접적 피해 가운데 사망, 상해 등 인적손실(S1)과 발생빈도, 검출도의 곱으로 계산되는 반면, RPN2는 발생빈도, 검출도, 인적손실(S1), 물적손실(S2), 공사비추가정도(S3), 공기변동 영향정도(S4) 모두를 곱하여 산출한다.

RPN 값이 동일한 항목 사이에서는 영향도, 빈도, 검출도의 순으로 개별 요소값을 반영하여 우선순위를 결정하였다. 이에 따라 <Table 10>에서 순위 1, 순위 2로 표기된 '시방서 미준수로 동바리 내력 저하'와 '해체 절차 무시'의 경우, RPN1과 영향도까지 동일하나 발생 가능성이 높은 '시방서 미준수'가 높은 순위에 위치하여 관리에 있어 우선순위를 갖게 된다.

⑤ 4M

선행 연구에서 검토한 바에 따라 안전을 위협하는 사고원인들을 네 가지 생산요소에 따라 분류하였다. 단지, 본 시설물에 대별되는 가시설물이 생산을 위해 임시로 설치되고, 이러한 가시설물이 현장 안전에 미치는 영향이 크다는 점을 고려하여 이를 Machine(기계, 장비, 설비) 부분의 소분류로 포함시켰다. 또한, 생산과 관련되지 않은 개구부 등 안전시설물의 경우는 Media(환경, 재료, 자재)에 해당하는 것으로 보았다.

또한, 위험성 평가의 대응부문에서는 안전담당자들로 하여금 다음과 같은 항목을 규정할 수 있도록 하였다.

① 대응방안 적용 시점

현장 안전의 경우, 다양한 시점에서 대응방안을 시행하여야 하며, 상위 안전관리자는 시행 여부를 정기적으로 반드시 확인하도록 한다. 대응방안 적용 시점은 작업 전, 작업 중, 작업 후, 또는 수시 등으로 구분하였다.

② 대책 담당자

건설현장의 수행체계는 복잡하고, 역할과 책임이 명확하지 않은 경우 대응방안 시행과 재해 처리에 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 발주자, 설계자, 관리자, 감리, 수급인, 하수급인 등에게 최대한 정확하게 역할을 배분하는 것이 필요하다. 참여자들 사이에서 역할이 구분된 경우에도 안전관리자는 모든 대응방안의 수립과 실행을 모니터링하도록 한다.

4.3 거푸집 작업 안전위험성 평가결과

FMECA를 적용하여 거푸집공사에서의 위험성을 평가한 결과, 다음과 같은 사항을 확인할 수 있었다.

우선, 거푸집작업의 중공중 수준에서 RPN 평균을 비교해 보면, 거푸집자체의 반입·운반에서의 RPN1이 21.50으로 인양(19.50), 해체(19.00), 조립(16.20)에 비해 높았으며, RPN2로 볼 때 조립과정(178.80)에서의 재해 대비가 반입·운반(150.00), 해체(80.13), 인양(67.67) 보다 우선해야 하는 것으로 나타났다.

세부 원인별 위험성 평가 결과를 보면, 우선 RPN2를 기준으로 하는 경우, 거푸집/동바리 조립 시 '시방서 미준수에 의한 동바리 내력 저하'에 의한 거푸집시스템의 붕괴, 거푸집/동바리 해체 시 '해체 절차 무시'에 의한 거푸집시스템 붕괴 등 조립과 해체 시점에서의 거푸집/동바리 붕괴가 가장 높은 수치를 보였으며, 부실 재료 사용으로 인한 거푸집 붕괴, 와이어 또는 보조로프 파단 또는 양중기 조작 미숙에 의한 양중기계 주변의 낙하 등의 RPN이 높게 나타나 거푸집 붕괴 방지와 양중 관련 장비 및 조작원 점검을 위한 보다 적극적인 대응방안이 필요한 것으로 판단되었다.

안전사고에 의한 인적손실로 영향도를 제한하는 RPN1은 RPN2와 다소 다른 양상을 보여준다. 현장에서의 작업자 전도가 가장 높은 수치를 보였고, 와이어 또는 보조로프 파단 또는 양중기 조작 미숙에 의한 양중기계 주변의 낙하, 부실 재료 사용으로 인한 거푸집 붕괴, 가공용 톱에 의한 거푸집 재료 가공 시의 인적사고, 거푸집 낙하에 의한 인명 손실, 인양용 로프에 파단에 의한 기계 주변의 낙하, 무리한 거푸집 해체에 따른 상해 등이 관리 우선 항목으로 나타났다.

RPN1과 RPN2는 기본적으로 동일한 발생빈도와 인적손실영향, 검출도를 공유함에 따라, 물적손실, 공사비 영향, 일정영향 등 3개 추가 영향요소의 규모가 차이를 가져오게 된다. 해체거푸집 자재에 의한 전도와 양중기 조작 미숙에 의한 양중기 주변의 낙하사고는 유사한 수준의 RPN1을 갖지만, 전자가 인적 손실에 그 영향이

한정되는 반면 양중기 관련 낙하사고는 파손, 재시공, 추가 인력 투입, 장비교체 등이 수반되어 RPN₂에서는 큰 차이가 발생하게 된다. 이러한 이유는 낙하 거푸집에 의한 작업자 상해와 불량 재료·시공에 따른 거푸집 붕괴의 경우에도 동일하게 적용된다.

위험성 평가를 수행한 후에는 사고원인을 통제하기 위한 대응방안을 수립하게 되는데, 일상적인 수준의 대

응방안 수립은 전체 항목에 대해서 실시하도록 하고, RPN이 높은 항목의 경우에는 집중적으로 유해·위험 방지계획서, 현장안전관리계획서를 수정하되, 작업 착수 전에는 작업을 수행하는 하도급업체(전문건설업체)와 작업자들에게 대한 교육과 지시점검을 강화하는 것이 필요하다.

<Table 10> A Sheet for Safety Risk Assessment and Response on Construction Site Formwork

안전재해 위험성 평가 - 평가 시트													
현장명 : ○○ 아파트 신축 현장													
공 중 : 거푸집 작업													
일련번호 : SAR-A-○○													
작업	4M	사고 유형	원인	발생빈도	영향도					검출도	RPN		순위 (RPN ₂)
					O	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄		D	RPN ₁	
자재반입, 가공, 운반	인적	낙하	양중기 조작 미숙	4	2	2	2	2	2	4	32	256	5
	기계	낙하	양중기 와이어 또는 보조로프 파단	3	3	3	2	2	3	27	324	3	
	환경	붕괴	자재적재 불량에 의한 붕괴	4	2	2	1	1	2	16	32		
	기계	감전	가공용 톱 감전	3	3	1	2	1	3	27	54	10	
	기계	접촉	톱날 접촉	3	3	1	2	1	1	9	18		
거푸집 /동바리 조립	기계	낙하	양중기 붐대 불량	2	3	3	2	2	3	18	216	6	
	인적	충돌	작업자 머리가 동바리에 부딪힘	4	1	1	1	1	2	8	8		
	인적	추락	안전대를 부착설비에 미연결	4	3	1	1	1	1	12	12		
	가시설	붕괴	동바리 미검정품 사용, 조립 불량	3	3	3	2	2	3	27	324	3	
	가시설	붕괴	시방서 미준수로 동바리 내력 저하	3	3	3	3	3	2	18	486	1	
거푸집/ 동바리 해체	가시설	낙하	가조립 보판, 슬라브판 탈락	4	2	2	1	2	2	16	64	9	
	인적	접촉	작업 중 쪼리거나 부딪힘	4	1	1	1	1	3	12	12		
	인적	추락	무리한 힘으로 거푸집 해체	3	2	1	1	1	4	24	24		
	환경	추락	개구부, 슬라브 단부 이동 중 추락	3	3	1	2	1	1	9	18		
	가시설	낙하	해체 중 거푸집 작업자에 낙하	3	3	1	1	1	3	27	27		
거푸집/ 동바리 인양	환경	붕괴	해체자재 적재 불량에 의한 붕괴	3	2	2	1	1	2	12	24		
	인적	붕괴	해체 절차 무시	2	3	3	3	3	3	18	486	2	
	가시설	추락	고소의 해체장소에 작업발판 미설치	3	3	1	1	1	2	18	18		
	환경	전도	해체 자재에 걸려 넘어짐	4	2	1	1	1	4	32	32		
	인적	충돌	작업 중 쪼리거나 부딪힘	4	1	1	1	1	3	12	12		
거푸집/ 동바리 인양	기계	낙하	인양용 로프 파단	4	2	2	2	2	3	24	192	7	
	기계	낙하	인양을 위한 로프 결속 미흡	4	2	2	2	2	2	16	128	8	
	기계	낙하	소형자재 별도 인양 처리 미숙	4	2	1	1	1	2	16	16		
	환경	추락	인양 후 개구부 미처리	3	3	1	2	1	1	9	18		
	환경	전도	자재 정리정돈 미비로 작업자 넘어짐	5	2	1	1	1	4	40	40		

안전재해 위험성 평가 - 대응방안 시트 일련번호 : SAR-R-○○

안전재해 위험성 평가 - 대응방안 시트											
공 중 : 거푸집 작업											
일련번호 : SAR-R-○○											
작업	4M	사고 유형	원인	대응방안	대응 시점	담당자					
자재반입, 가공, 운반	인적	낙하	양중기 조작 미숙	양중기 운전원 자격 및 경력 확인	전	수급인, 하수급인					
	기계	낙하	양중기 와이어 또는 보조로프 파단	양중기 와이어로프 및 보조로프 손상, 마모, 변형, 부식 확인	전	수급인, 하수급인					
	환경	붕괴	자재적재 불량에 의한 붕괴	자재 적재 시 안전여부 확인	전	하수급인					
	기계	감전	가공용 톱 감전	등근통 절지, 누전차단기 설치	전	하수급인					
	기계	접촉	톱날 접촉	검측방 사용 덮개 설치	전	하수급인, 작업자					
거푸집 /동바리 조립	기계	낙하	양중기 붐대 불량	양중기 반입 시 장비 점검 철저	전	수급인, 하수급인					
	인적	충돌	작업자 머리가 동바리에 부딪힘	안전모 등 개인보호구 착용 점검	전	수급인, 하수급인					
	인적	추락	안전대를 부착설비에 미연결	안전대 부착설비 확인 및 체결여부 점검	전/중	하수급인, 작업자					
	가시설	붕괴	동바리 미검정품 사용, 조립 불량	동바리 검정품 또는 가시협회 등록 여부 확인	전	수급인, 하수급인					
	가시설	붕괴	시방서 미준수로 동바리 내력 저하	동바리 수행연결재 연결부 확인, 시스템 동바리 사용	중	발주자, 수급인					
거푸집/ 동바리 해체	가시설	낙하	가조립 보판, 슬라브판 탈락	구조검토한 조립도에 따라 정밀시공	중	수급인, 하수급인					
	인적	접촉	작업 중 쪼리거나 부딪힘	안전모 등 개인보호구 착용 점검	전	하수급인, 작업자					
	인적	추락	무리한 힘으로 거푸집 해체	해체 순서에 따라 작업 실시	중	하수급인, 작업자					
	환경	추락	개구부, 슬라브 단부 이동 중 추락	주라위험 지역에 덮개 및 안전시설물 확인	전/중	수급인, 하수급인					
	가시설	낙하	해체 중 거푸집 작업자에 낙하	천정, 벽체 거푸집은 받침대 지지상태에서 해체	중	수급인, 하수급인					
거푸집/ 동바리 인양	환경	붕괴	해체자재 적재 불량에 의한 붕괴	자재 적재 시 안전여부 확인	중	하수급인					
	인적	붕괴	해체 절차 무시	사전에 작업절차 수립 및 점검, 숙지 지시	전/중	발주자, 수급인					
	가시설	추락	고소의 해체장소에 작업발판 미설치	고소 지역 안전시설물 설치 계획 및 확인	중	수급인, 하수급인					
	환경	전도	해체 자재에 걸려 넘어짐	해체 자재의 정리정돈 철저	중	하수급인, 작업자					
	인적	충돌	작업 중 쪼리거나 부딪힘	안전모 등 개인보호구 착용 점검	전	하수급인, 작업자					

4.4 기존 방식에 대한 개선 사항

거푸집 작업에 대해 위험성 평가를 실시한 결과를 검토해 볼 때 기존의 FMEA를 이용한 안전위험성 평가에 비해 본 연구가 제안한 방식은 다음과 같은 측면에서 개선되었다고 할 수 있다.

① 발생강도 산정 영역 확장

일반적으로 안전위험도 산정 시 재해발생결과는 치명도 또는 발생강도라는 명칭으로 인적재해에 한정하여 등급을 매기거나 과거 데이터를 활용하여 산재요양 일수를 환산함으로써 계산하게 된다. 본 연구에서는 직접적인 인적재해로 한정된 현행 방식에서 나아가 안전재해의 발생으로 인한 영향을 1차적 영향과 2차적 영향으로 구분하였다. 이 때의 1차적 영향은 직접적으로 재해와 관련하여 발생한 영향으로 인적손실과 물적손실로 나누어 산정하도록 하였다. 또한 2차적 영향은 재해 발생이 건설 프로젝트 주요 목표에 미치는 간접적인 영향을 의미하는 것으로 프로젝트 주요 성과 중 비용과 일정에 대해 산정하도록 하였다.

이와 같은 방식으로 발생강도 영역을 확장하여 산정함으로써, 전술한 위험성 평가결과 분석 내용에서 확인한 바와 같이 인적손실만을 고려했을 때 동일한 RPN(RPN1)을 가지던 '해체거푸집 자재에 의한 진도'와 '양중기 주변의 낙하사고'의 2가지 항목이 추가 영향도 고려에 따라 RPN(RPN2)이 각각 32, 256으로 상당한 격차가 발생하게 되며, 현실성을 강화하는 이러한 수치 생성은 현장관리자에게 보다 실질적인 시사점을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

또한, 안전재해가 미치는 영향을 건설 프로젝트 관리 전반적인 측면에서 고려할 수 있도록 하는 방식은 FMECA 기법에서 정리하는 서브시스템과 총괄시스템의 고장 영향(failure effects)의 내용에 상응하는 것으로, FMECA에서는 내용을 정리하지만 본 연구에서는 이를 등급화하여 점수에 포함시키는 차이가 있다.

② 안전을 매개로 한 통합관리 환경 조성

건설 프로젝트의 여러 목표와 이를 관리하기 위한 성과지표는 일정관리, 공사비관리, 품질관리, 안전관리, 환경관리 등 부문별로 설정되지만, 각 부문에서 발생한 이벤트는 복수의 여러 부문의 성과에도 직·간접적인 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 기존에 안전만을 고려했던 한정된 FMECA 기법에서 나아가 안전이라는 개념을 매개로 하여 건설현장의 관리부문 간의 통합관리를 촉진할 수 있는 방법론을 제시하였다.

5. 결론

건설현장에서의 위험성 평가를 강화함으로써 예방차원의 노력을 통해 재해를 저감하고자 하는 시도의 일환으로서 본 연구는 건설 현장에서 착공 이전 단계에서 안전사고 발생 위험성을 진단하는 방법론을 실무 적용성이 높은 FMECA를 적용하여 제시하고, 이에 따라 안전사고 저감을 위한 대응방안을 수립하여 안전리스크를 저감함으로써 결과적으로 안전사고 발생을 예방할 수 있는 방안을 제안하였다.

근린생활시설과 아파트의 거푸집 공사에 대한 위험성 평가에 FMECA를 적용함에 있어서는 건설현장 작업 수행체계의 복잡성, 관리부문 간의 연계성 등을 고려하여 항목과 평가방법에 변화를 줌으로써 보다 실질적인 위험성 평가가 이루어질 수 있도록 하였다. 거푸집 공사의 위험성 평가 결과 인적손실만을 고려하는 RPN1에서는 작업자 진도, 양중기계 주변의 낙하, 거푸집 붕괴, 재료가공 시의 인적사고 등이 주요 원인으로 나타났고, RPN2를 통해서도 거푸집시스템 붕괴, 양중기계 주변의 낙하와 관련된 원인항목들이 상위 5개를 차지하였다. 아울러, RPN의 계산에 적용되는 영향도 범위의 차이가 가져오는 두가지 유형의 RPN 수치의 차이에 대해서도 확인함으로써 본 연구에서 제시하는 방법론의 유용성을 검증하였다.

향후 본 연구를 통해 건설프로젝트의 각 참여주체는 현행 안전사고 처리 위주의 결과 중심적 관리에서 벗어나 예방 중심의 안전관리체계를 강화하고, 위험성 평가 기반의 통합 안전관리시스템을 강화할 수 있을 것으로 기대하며, 추가적으로 본 연구에서 제안한 방법론에 의한 안전재해 예방의 개선효과에 대한 검증작업을 실시하도록 한다.

6. 참고 문헌

- [1] Korea Occupational Safety & Health Agency (2009), "Safety Risk Assessment for Construction Trades." Korea Occupational Safety & Health Agency
- [2] Safety Technology(2012), "Year 2011 Occupational Disaster Statistics." Safety Technology, 171-6: 6-10
- [3] Homepage of Korea Occupational Safety & Health Agency (<http://www.kosha.or.kr>) (2012), "Safety & Health Information for Occupational Disaster Statistics" (Last connection on July 15th 2012)

[4] Ministry of Employment and Labor and Korea Occupational Safety & Health Agency(2011), "Safety & Health Management Manual for Public Client." Korea Occupational Safety & Health Agency

[5] Sun-Gu Kim, Sun-Gap Yang(1998), "A Study on the Analysis of Construction Accident Causes with F.T.A. Method." Journal of the Architectural Institute of Korea, 14-1: 417-423

[6] Loughborough University and UMIST(2003), "Causal factors in construction accidents. Research Report 156." HSE.

[7] Ho-Keun Hwang(2004), "Development of Model for Risk Assessment in the Manufacturing industry Using Risk Correction Factor.", Master's Thesis of Korea National University of Transportation

[8] Yong-Hui Lee, Ji-Hwa Nam(2002), "A Critique on the Safety Assessment Techniques for Product Safety." Proceedings of The Korea Society of Safety(Spring) in 2002, 503-508

[9] Jung-Ho Yu, Ji-Won Song, Chang-Duk Kim(2008), "Construction Safety Management Using FMEA Technique for Selecting Priority order." Korea Journal of Construction Engineering and Management, 9-6: 185-193

[10] Do-Sun Lee(2010), "Study for Reliability Improvement of Belt Type Door System Using FMECA." Master's Thesis of Seoul National University of Science and Technology

[11] Hong-Hyun Kim, Ghang Lee(2007), "A Quantitative Analysis of Fatal Accidents Related to Cranes Using the FMEA Method." Journal of the Korea Institute of Building Construction, 7-3: 115-122

[12] Hyun-soo Lee, Hyunsoo Kim, Moonseo Park, Kwang-pyo Lee, Sabum Lee(2009), "Construction Risk Assessment Methodology Using Site Risk Influence Factors." Korea Journal of Construction Engineering and Management, 10-6 : 117-126

[13] Seong-Hwa Seo, Jong-Il Weon, Heung-Sik Woo(2011), "A Study on Reduction of Hazard Conditions on Plant Work of Steel Industry." Journal of Korea Safety Management & Science, 13-4: 61-69

저 자 소 개

안 선 주



단국대학교 건축공학과를 졸업하고, 서울대학교 대학원에서 건설관리/경영 석사와 박사학위를 취득하였으며, UIUC(University of Illinois at Urbana-Champaign)에서 포스트닥터(post-doctor)로 근무하였다. 현재 한미글로벌에 재직 중이며, 주요 관심분야는 건설기업과 사업에서의 안전, 환경, 인력육성, 교육체계 등이다.

주소: 서울시 강남구 삼성동 159-9 도심공항타워 9층 한미글로벌

송 상 훈



중앙대학교 건축학과를 졸업하고, 서울대학교 대학원에서 건설관리/경영 석사와 박사학위를 취득하였다. 현재 한국토지주택공사(LH) 토지주택연구원 건설환경연구실에 재직 중이며, 주요 관심분야는 건설기업과 사업에서의 품질, 안전, 환경관리 등이다.

주소: 대전시 유성구 전민동 462-2 한국토지주택공사 토지주택연구원