시스템 접근 방식에 기반한 건설현장 통합 안전리스크 관리

안 선 주* · 송 상 훈**
*한미파슨스 · **한국토지주택공사 토지주택연구원

Integrated Safety Risk Management System on Construction Site Using System Approach

Sun-Ju An* · Sang-Hoon Song**
*Hanmiparsons Corporation · **LH Land, Housing, & Urban Research Institute

Abstract

Establishing a framework, to explain the path to safety accidents considering major safety management factors such as physical conditions including on-site activities and workplace, as well as human factors as to labor, supervisors, or managers, would be effective as the basis to control project's risks by preventing disasters. Therefore, this study aimed to clarify the mechanism in safety management and disaster occurrence. In order to accomplish the purpose, it identified and classified the factors related to accidents, reviewed the causal relationships among them, and suggested the influence diagram. The results of this research are expected to contribute to reinforcing the preventive management, and facilitating the development of integrated site control system based on safety risks.

Keywords : Construction Safety, System Approach, Safety Risk, influence factors

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

안전은 공사비, 공정, 조달 및 품질과 함께 건설사업의 계획과 관리의 주요 요소로서, 안전요인의 통제 결과는 사업의 성공 및 조직의 이익에 직결된다. 최근 안전사고가 기업이미지 형성에 주는 영향력이 커지고 잠재적 손실비용(hidden cost of accident)에 대한 인식이 확산되면서 많은 기업들은 재해율을 개선하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다.

건설재해는 1980년대 중반부터 지속적으로 감소하고 있으나, 최근 건축물이 고층화되고 복잡화되면서 중대재해는 오히려 증가하는 추세에 있다. 현재 산업재해로 인한 경제적 손실은 간접손실을 포함하는 경우 연간 14조원에 추정되고 있으며, 전체 산업재해 사망자수 중 30%가 발생하는 건설산업은 가장 심각한 수준으로서 연 3조에 달하는 손실액을 감수하고 있다.

한편, 건설현장 내의 모든 활동은 상호복합적인 연관관계를 갖고 있으며, 독립적으로 이루어지는 것은 거의 없다. 건설경영 측면에서 시스템적 사고는 특정 환경하에서 시스템 내부로 들어 온 투입물에 대해 시스템 내부 구성요소들의 유기적인 관계가 이루어지면서 내부의 변형과정이 이루어지고, 이를 통하여 다양한 산출물을 외부로 배출하는 지속적인 과정으로 인식된다[1].

건설현장 내에서 지속적인 안전을 확보하기 위해서는 현장의 물리적 환경과 작업자(인간) 등 상호 관련성을 지닌 여러 요소들을 규명하고 이를 관리할 수 있는

† 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (기초과학 분야: KRF-2007-357-D00267)
† 교신저자: 안선주, 서울시 강남구 삼성동 159-9 도심공항타워 9층 한미파슨스
Tel: 070-7118-1947, E-mail: sjan@hanmiparsons.com
2010년 7월 20일 접수; 2010년 9월 13일 수정본 접수; 2010년 9월 14일 게재확정

방안이 필요하다. 이를 통해 시간, 비용 등의 제약 조건 하에서 투입되는 자원에 대한 피해를 최소화할 수 있게 된다[2].

이러한 측면에서 보았을 때, 현재 건설관리분야에서는 안전재해가 발생하는 원인을 위험원(hazard)으로 규정한 상황에서, 건설현장의 작업 진행에 따라 생성되고 소멸되는 위험원이 실질적인 안전재해로 이어지는 기구(mechanism)가 명확하게 정의되어 있지 않다. 이에 따라 현장의 안전관리는 안전시설물의 설치를 중심으로 하며, 인적요소에 해당하는 작업자에 대해서는 안전교육의 중요성만 강조되고 있는 실정이다.

따라서, 건설사업관리에 있어 작업자체를 포함한 작업환경 등의 물적요인과 작업자와 관리자가 포함되는 인적 요인 등 안전재해로 이어지는 주요 요인을 포괄적으로 이해하고 관리할 수 있는 체계가 마련된다면, 안전재해를 사전에 예방함으로써 건설프로젝트의 대내외적인 리스크를 제어할 수 있는 기반으로 활용할 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 안전재해와 연계된 모든 요인들을 규명하여 유형별로 분류하고, 각 요인들의 전체적인 인과관계를 파악하여 건설현장의 재해예방 기구를 명확히 하고자 하였다. 본 연구의 결과물은 예방중심의 안전관리체계를 강화하고, 안전리스크 기반의 통합 현장관리 시스템 개발에 기여할 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 절차

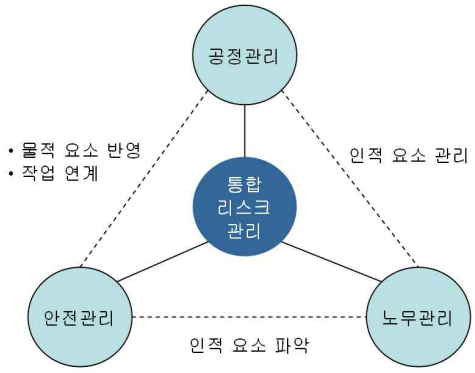
본 연구의 범위는 안전관리 및 재해를 중심으로 건설사업의 단계, 건설사업관리 지식영역, 건설사업 참여자 등 3가지 측면에서 설정하였다.

① 건설사업 단계

건설사업은 개략적으로 기획, 설계, 시공, 유지관리 등으로 구분되어 수행된다. 또한 단계별 프로세스는 하위 공종에 해당하는 세부 프로세스로 나누어지며, 세부 프로세스는 실제 업무 또는 작업으로 구성된다. 본 연구는 시공단계에서 수행되는 작업을 중심으로 하며, 세부 프로세스 간의 연계를 고려하도록 한다. 이를 통해 여러 공종이 상호 연결되거나 동시에 수행되는 건설생산의 특징을 고려하고, 실제로 작업자들이 투입되는 현장관리의 최하 단위인 작업수준에서 안전재해 예방을 위한 실질적인 대응방안 작성이 가능하도록 하였다.

② 건설사업관리 지식영역

건설사업관리에 요구되는 지식은 일정관리, 비용관리, 리스크관리 등 다양한 영역으로 분류된다. 본 연구에서는 그 중 공정(일정)관리, 안전관리, 노무관리를 주요연구 대상으로 하되, 이러한 관리영역이 안전재해라고 하는 리스크의 관리로 연계되도록 한다([그림 1] 참조). 공정관리는 작업의 진행에서의 물적요소로 이어지고, 노무관리는 인적요소에 해당하는 작업자들의 통제에 대한 내용을 제공한다.



[그림 1] 건설관리 지식영역간 연계와 통합

③ 건설사업 참여자

건설사업은 발주자에서부터 작업자에 이르기까지 다양한 주체가 참여하게 되며, 개별 참여자는 단일 또는 복수의 사업단계에 관여하게 된다. 본 연구는 건설사업에서 안전의 확보에 있어 가장 중요한 역할을 담당하는 시공자(contractor) 내부 조직에서 안전성과를 향상시키기 위한 요인들을 살펴보았다. 즉, 수급인에 해당하는 종합건설업체의 관점에서 안전관리 업무와 요소와 요소 간의 연관성을 살펴보았다.

또한 연구는 다음과 같은 단계를 거쳐 진행하였다.

1단계 : 건설 안전관리 요소 추출

인적 요소와 물적 요소로 구분된 관리 요소를 추출하고, 이들을 분류체계에 따라 구분한다. 또한 분류체계와는 별도로 건설안전의 확보에 필요한 요소를 관리수준에 따라 파악하였다.

2단계 : 안전관리 요소 연계 및 인과지도 작성

다수의 안전관리 요소의 상호 관계를 규명하고, 개별 관리요소에 대한 통제 미흡으로 안전 재해가 발생하는 경로를 파악함으로써 재해 중심의 안전관리 인과지도를 작성한다.

2. 건설 안전과 재해의 원인

2.1 건설 안전과 리스크

안전(safety)은 재해와 위험이 없는 상태이며, 안전관리(safety management)는 사고 요인을 제어하는 것, 즉 근로자의 작업, 설비 및 물리적 환경을 안전하게 관

리하는 것이다[3]. 한편, 리스크는 발생 시 프로젝트에 긍정적이거나 부정적인 영향을 주는 불확실한 사건(event)이나 상태(condition)[4], 또는 위험성이 실현되어 바람직하지 않는 구체적인 사상이 일어날 가능성이라 할 수 있다. 건설의 모든 활동들은 근본적으로 리스크를 가지게 되며, 안전관리에서 리스크 관리 활동의 실패는 재해의 발생과 직접적으로 연관된다.

여러 문헌에서 다양한 용어를 사용하였지만, 기본적인 리스크 관리 프로세스는 유사하다. 즉, 리스크를 규명하고, 규명된 리스크를 분석하여 허용가능한지를 판단하며, 리스크 대응책을 개발하고 통제하는 것이다.

따라서 사고의 사전예방 측면에서 현장특성을 반영한 안전 리스크 저감 활동의 수행이 무엇보다도 요구된다.

<표 1>은 재해방지 활동 및 안전 관련 영향요인에 대한 기존 연구동향을 정리한 것이다. 분석 결과, 전반적인 연구들이 물적 요인들을 다룬 문헌이 많았으며, 안전관리 활동에 필요한 의사결정을 지원할 수 있는 수준까지의 정보활용성과 가공성은 다소 미흡하였다.

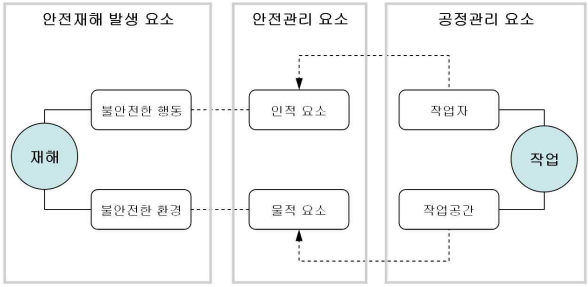
2.2 안전사고 발생 과정과 원인

1) 재해발생기구

재해발생 과정에 대해 기존에 제기된 대표적인 논의를 살펴보면 다음과 같다. 우선 가장 널리 알려진 것으로 Heinrich[13]는 ①사회적 환경과 유전적 요소, ②개인적 결함, ③불안전한 행위와 상태, ④안전사고, ⑤상해

<표 1> 주요 기존 연구 동향 분석

저자	연구내용	분석대상
Navon[5]	추락재해를 중심으로 자동화된 재해 모니터링 및 통제 알고리즘 개발	재해 모니터링
Carter[6]	사례 분석을 통해 건설 프로젝트의 유형별 건설재해의 안전 위험성 분석	재해유형
최승모[7]	건설현장의 공통 및 공종별 안전장구와 안전시설을 표준화	안전장구 안전시설
김준호[8]	현장의 근로자 편의 시설 부족과 안전의식 결여의 문제를 해결하기 위해 감성안전문화시설들을 현장에 적용	인적
이규진[9]	이동과정에서의 작업자 안전리스크를 직종별로 분석	작업이동
Chua[10]	건설 안전지식의 피드백을 향상시키기 위한 재해 원인 분석모델 개발	원인분석
이규진[11]	공정관리기법을 반영하여 사전에 안전관리계획을 세울 수 있는 기법을 제시	공정연계
최민우[12]	분진, 낙하, 추락, 보양 등의 문제점을 해결하기 위하여 건축공사용 안전펜스공법(SCfence) 개발	안전시설



[그림 2] 재해 및 작업 중심의 안전관리 요소 연계

발생 등 5가지 요소가 순차적으로 반응하여 재해가 발생한다는 연쇄반응론(domino theory)을 제시하였으며, 이에 대해서는 관리상의 결함을 근본원인으로 재설정하여 가장 중요한 인자로 설정[14]하는 등의 다양한 보완이 최근까지 시도되었다.

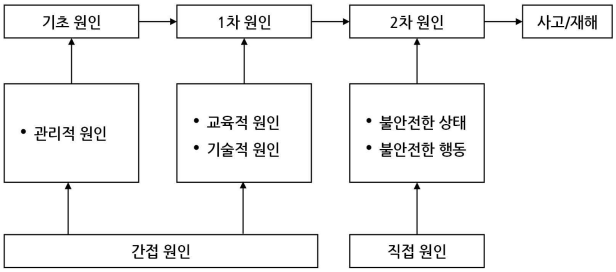
그 중 홍성호[15]는 연쇄반응론에 시스템을 이루고 있는 개인과 기계, 환경 등 구성요소 측면에서의 결함, 각 요소간 부조화 등이 가져오는 의사결정의 오류가 재해를 유발한다는 시스템 모형 이론을 조합한 모형을 구축함으로써, 관리상 결함의 중요성과 불안전한 행동이나 상태로 발생되는 과정을 설명하고자 하였다.

2) 재해발생원인

안전 재해는 [그림 2]와 같이 궁극적으로는 불안전한 행동과 관련된 인적요소와 불안전한 환경과 관계된 물적 요소에 대한 관리 미비로 발생하게 된다. 즉, 안전재해는 작업자체를 포함한 작업환경 등의 물적요인과 작업자와 관리자가 포함되는 인적요인을 통제함으로써 줄일 수 있다.

물적요인의 통제는 안전시설물 등의 설치를 통해 작업자의 위험원에 대한 접근을 직접 차단하는 것이며, 인적요인은 작업자의 심리적인 변화를 유도해 스스로 위험원에 접근하는 것을 차단하는 방법이라 할 수 있다. 즉, 심적 요인에는 직장내 분위기, 현장팀워크, 개인 특성 등이 포함되며, 작업자 측면에서의 요인은 작업장에 대한 인식, 작업 성취감 등이 해당된다. 또한 공정과 연관시키는 경우, 재해는 작업(작업을 위한 이동을 포함)과 밀접한 관계를 가지며, 불안전한 행동은 작업자와 불안전한 환경은 작업 공간과 이어진다.

이러한 재해발생의 원인을 규명하는 데 있어 김순구와 양순갑[16]은 [그림 3]과 같이 발생원인의 연쇄과정에서 간접원인을 재해의 가장 깊은 곳에 존재하는 원인으로서의 기초원인과 2차원인으로 구분하고, 직접원인, 즉 1차원인은 시간적으로 사고발생에 가장 가까운 원인으로 물적 원인의 불안전한 상태와 인적원인의 불안전한 행동으로 구분하였다.



[그림 3] 안전재해 발생 원인 분류

Chua와 Goh[10]가 제안한 MLCM(Modified Loss Causation Model)과 같이 안전사고의 원인분석에 활용되는 분석 모형에 의해서도 재해의 원인과 관련 요소들을 파악할 수 있는데, 이 모형은 주로 공종 또는 작업유형으로 이루어진 상황변수, 사고발생순서, 직접적 원인, 배후 원인, 안전관리시스템의 결함 등에 대한 분석을 통해 안전사고와 그 재해 손실을 파악하는 방안을 다루었다.

2.3 안전관리와 성과의 평가

지금까지의 건설현장의 안전관리의 목표는 무재해로 정의되어 왔다. 그러나, 구체적인 목표는 건설현장의 위험성을 어떤 수준으로 통제할지에 관한 것으로 구체적이고 명확한 달성가능한 값으로 나타나야 한다는 측면에서 보면 무재해라는 것은 안전관리의 이상적인 방향으로 구체적인 목표라고는 할 수 없다. 이에 따라 기존의 안전관리 활동 평가에 있어서는 재해율과 같은 지표를 주로 활용하였다. 재해율은 모든 프로젝트에 공통적으로 적용하는 지표로 프로젝트의 특성을 반영하지 못하고[17], 재해가 발생한 후에야 알 수 있다는 한계가 있다[18].

관리 활동의 목적을 고려해 볼 때, 기존의 성과평가 체계로는 안전관리 활동의 적합성을 미리 진단하여 사고가 발생하는 것을 차단하는 활동에 대해 적절한 통제가 이루어지기 어렵다. 따라서, 안전관리 프로세스 전체를 연결시키고 안전데이터를 바탕으로 구체적인 관리활동에 영향을 주는 새로운 방법들이 요구되고 있다.

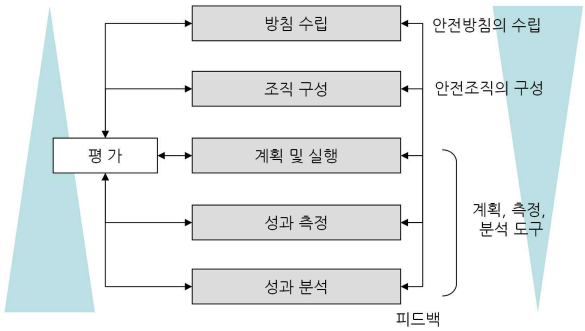
3. 건설 안전관리 절차와 수준

3.1 안전관리 수행 절차와 활동

1) 안전관리 총괄 절차

안전관리와 관련된 일반적인 흐름을 살펴보면 [그림 4]를 중심으로 다음과 같이 정리할 수 있다[19]. 즉, 안전관리는 방침의 수립, 조직의 구성, 시행을 위한 계획의 수립, 실행과정에서의 성과 측정과 분석, 평가, 피드백 등의 요소들이 안전관리시스템 내에서 지속적이고 반복적으로 수행된다.

- 안전방침 : 개략적인 안전요구 수준 설정
- 안전조직 : 안전방침에 따른 안전조직 구성
- 안전계획의 수립 및 실시
  - 개략적인 안전요구를 실행 요구수준으로 세분화
  - 요구수준을 충족시키기 위한 안전관리 수행
- 성과의 측정 및 평가
  - 안전계획의 실행정도 측정, 실제 안전성 향상에 기여했는지 평가
  - 평가는 척도를 할당하는 측정을 통해 이루어지며, 목표, 대책 및 수단 사이의 교량역할
  - 관리수준 향상은 관리사이클 중 평가기능에 좌우
  - 관리상의 결함도 건실한 평가로 최소화 가능



[그림 4] 안전관리의 절차

2) 안전관리 활동의 구분

건설 안전관리 활동은 안전리스크 관리활동, 재해관리활동, 안전작업 관리활동 등이 상호 연계되어 수행되면서 이루어진다. 안전작업 관리는 일반적인 작업 활동 중 안전시설물 설치 등에 관련된 활동을 의미한다. 일반적으로 현장에서 안전 수준 평가 시 기준이 될 수 있는 안전리스크 관리와 재해관리 활동을 비교하여 살펴보면 <표 2>와 같다. 리스크 관리는 사고발생전의 예방활동으로 리스크 규명, 리스크 분석, 리스크 대응책 개발, 리스크 대응책 통제의 구체적인 관리활동들을 수행한다. 재해관리는 사고발생 후의 사고처리과정으로 사고수습·보상, 원인분석 등의 관리활동들을 수행한다.

3.2 안전관리 수준의 구분

1) 안전관리에 있어서의 조직의 역할

대부분의 사고는 근로자의 부주의 보다는 조직 내 또는 특정 작업에서 관리자의 책임인 제어의 실패로 발생

<표 2> 안전관리 활동의 구분

관리 구분	리스크 관리	재해 관리
시점	사고발생 전	사고발생 후
주안점	예방	사고처리
관리활동	리스크 규명 리스크 분석 리스크 대응책 개발 리스크 대응책 통제	사고처리 원인분석
성과지표	리스크 수준	재해율

하기 때문에[20], 건설 안전관리자들의 안전관리 계획 및 실적 평가를 지원하여 안전관리 활동의 효과성을 증진시킬 수 있는 방법이 필요하다. 안전관리 활동의 효과성을 높여 조직 목표 달성을 위해서는 본사의 안전관리 정책 수립, 이에 따른 안전관리 조직 편성, 정책달성을 위한 세부 추진 계획 수립 및 이의 실행, 성과 측정 등 전사적 차원의 노력이 필요하다.

기존에는 안전관리는 현장에서만 하는 것으로 안전사고는 현장 안전관리 미숙으로 발생하는 것으로 여겨져 왔다. 그러나 기존 연구들에서 살펴보면 안전관리 레벨, 특히 재해가 적은 기업일수록 상위관리레벨에서의 안전관리에 대한 관심 및 지원이 활발함을 알 수 있었다.

손창백[21]은 본사의 안전관리 활동이 현장 안전관리 활동보다 안전성과에 더 많은 영향을 준다고 하였다.

2) 안전관리 수준

건설 프로젝트의 안전관리는 본사의 안전관리, 현장의 안전관리로 나눠볼 수 있으며, 이러한 다양한 수준에서 안전관리 주체들의 최적 의사결정을 통해 안전사고를 줄일 수 있다. 즉, 건설프로젝트의 안전관리 성과는 실제적인 사고가 발생하고 직접적인 통제를 하는 현장, 본사지원부서, 안전전략을 수립하는 경영자 간의 원활한 정보를 공유를 기반으로 협력적인 관리체계를 수립함으로 개선할 수 있다.

건설프로젝트의 안전관리는 크게 세 주체를 중심으로 통합되는데, 여기에는 현장 안전관리자 중심의 작업안전관리 수준(operational level), 현장 총괄 안전관리자(현장소장)의 현장안전관리 수준(management level), 그리고 본사 안전관리자 및 안전관리 경영진(임원) 수준의 전사적안전관리 수준(strategic level)이 있다.

- 작업 안전관리에서는 현장 안전리스크를 규명하고, 리스크관리, 작업관리, 재해관리로 구성된 수평적 통합 프로세스로 리스크 저감 노력을 한다.
- 현장 안전관리에서는 수평적 통합 프로세스를 통해 현장 차원에서 리스크 저감 활동 및 현장 안전사고의 처리·관리 활동을 수행한다.
- 전사적 안전관리에서는 개별 현장의 안전관리 및 재해율 현황, 본부별 안전관리 및 재해율 현황 등을 관리하며, 이를 토대로 안전과 관련된 전략적 의사결정을 실행한다.

3.3 안전관리 수준별 활동과 세부업무

먼저 각 안전관리 수준별 안전관리자들의 안전관리 활동 및 안전관리 활동을 제약하는 사항들을 분석하면 다음과 같다.

1) 전사적 안전관리 수준 (strategic level)

전사적 안전관리 수준에서 해당 안전관리 담당자는 기업차원의 안전전략을 비롯하여, 주된 안전관리 활동으로서 다음의 역할을 수행한다.

- 전략 및 방침 수립
- 재정(비용) 지원

이 수준에서 상위경영진은 기업 차원에서 안전관리에 투입되는 재정의 지원 여부에 대한 의사결정을 수행하며, 상대적으로 비용발생을 수반하지 않는 안전 전략 수립 등을 담당한다. 이러한 의사결정은 본사 안전관리 부서의 안전관리 활동에 영향을 미친다.

2) 현장 안전관리 수준 (management level)

현장 안전관리 수준의 안전관리자는 현장 내 활동 수행 전략을 수립하고 실행함으로써 안전재해를 통제하며, 주된 안전관리 활동은 다음과 같다.

- 안전관리비용의 분배와 지출통제
- 재해예방조치
- 집중 관리 정책의 실행

현장의 총괄안전관리자는 건설프로젝트 수준에서 안전리스크 분석결과에 따라 현장의 안전관리에 필요한 자원을 배분하는 활동을 수행한다. 또한 개별 현장의 구체적인 안전관리 정책을 수립하며, 현장 안전관리자의 활동 계획을 수립하고 안전관리비의 구체적인 사용을 통제한다. 이러한 안전관리 활동은 현장 안전관리 계획서를 기반으로 수행된다.

3) 작업 안전관리 수준 (operational level)

작업 안전관리 수준의 안전관리자는 작업자를 직접 통제하고 안전시설물을 설치하는 등 작업이 이루어지는 지점에서 안전관리 활동을 수행하게 된다. 해당 수준에서 안전관리자의 주된 활동은 다음과 같다.

- 재해예방 사전계획

- 안전교육
- 안전점검
- 재해 조사 및 기록 관리

안전관리 활동은 불안전한 환경을 통제하는 활동과 불안전한 행동을 통제하는 활동으로 나뉘며, 불안전한 환경은 안전점검, 안전시설물 설치를 통해 통제하며, 불안전한 행동은 안전교육 및 안전장구 착용 독려를 통해 통제한다. 이러한 활동의 수행은 궁극적으로 현장의 사고를 줄이는데 기여한다.

지금까지 살펴본 세 수준에서의 안전관리 활동은 서로 영향관계에 있으며, 모든 주체들의 안전관리 활동 수행이 원활히 되어야만 안전사고를 효과적으로 줄일 수 있다.

4. 안전관리 인과지도 작성

4.1 안전관리 요소 파악

1) 기존 문헌 분석에 의한 요소 정리

안전관리 성과의 관리 또는 성공에 영향을 미치는 요인을 다루고 있는 문헌을 검토하여 <표 3>와 같이 주요 요인을 정리하였다.

<표 3> 안전관리 영향 요인의 유형

연구	안전관리 영향 요인	
안민재 [22]	• 최고경영자의 리더십 • 교육·훈련 • 안전활동에의 참여	
양성환 [2]	• 작업의 밀도 • 작업에 대한 숙련도 • 작업의 강도	
Hinze [23]	• 사업의 규모 • 발주자 성향 • 약물 검사 • 협회의 역할	• 사업의 매출(기성) • 안전 인센티브 • 교육/훈련 • 안전 점검
이규진 [11]	• 교육/훈련 • 감시/점검 • 사전계획	
Jaselskis [24]	• 상위경영진 태도 • 안전관리자의 관리 노력 • 전문건설업자 • 현장 안전 점검	• 사업관리팀 교체 • 작업반장과의 공식회의 • 작업반장과의 비공식회의 • 작업자 벌금
정지영 [18]	• 통계 • 교육/훈련, 캠페인 • 고발과 시정조치	• 모니터링과 준수 • 점검과 감사

<표 4> 사고원인 분석에 따른 영향 요인[22,23]

구분	안전관리 영향 요인		
직접 요인	구분	구성요인	직접요인
	작업자와 작업팀	• 태도와 동기 • 지식과 기술 • 감독 • 건강과 피로도	• 작업 • 행위 • 역량 • 의사소통
	현장과 작업장소	• 현장 제약조건 • 작업 일정 • 청소 상태	• 배치와 공간 • 밝기/소음 • 습도/온도 • 지역별 위험원
	자재/장비	• 설계 • 시방서 • 공급/가용성/유지보수	• 적합성 • 사용성 • 상태
근원적 요인	• 시설물 설계 • 시공(작업) 방법 • 리스크 관리		• 사업관리 • 안전 문화

이러한 요소들의 분석을 통해 안전관리에 있어 중점을 두어야 할 사항을 건설기업 차원에서부터 특정 작업 차원까지 수준별로 파악할 수 있다. 그리고 실제 재해 발생으로 이어지기까지의 불안전한 물리적 환경과 불안전한 행동과 같은 재해의 직접원인으로서 이와 같은 안전관리 영향 요인을 연계하면 건설프로젝트에서의 재해발생 기구와 이를 예방(저감)하기 위한 관리차원의 요구사항을 도출할 수 있다.

2) 사고원인 분석 모형에 따른 관리요소

각 영향요인을 범주화하여 분류하고, 이들 사이의 관계를 규명한 경우로서 Haslam 등[22]과 Lougborough University와 UMIST[23]가 인과 영향요인을 재구성하여 작성한 위계를 보면, <표 4>와 같이 근원적 요인, 직접환경요인과 구성요인 등을 두고서, 작업자, 현장환경, 자재/장비 등에 대해서는 직간접적인 영향요인을 파악하였다.

3) 사고 예방 활동 유형에 따른 관리요소

안전사고를 예방하기 위한 안전관리 활동은 요소가 형성되고 영향을 미치는 기간에 따란 크게 장기적 안전관리 활동과 단기적 안전관리 활동으로 나누어 볼 수 있다. <표 5>에서 보는 바와 같이 장기적 안전관리 요소에는 전략적 차원의 회사 방침, 경영방식 등과 같이 본사의 역할을 포함한 관리적 요소와 중장기적으로 추진되어야 하는 개선사항이 해당되며, 단기적 안전관리에는 불안전 행동 통제, 안전규칙, 설비 등 현장 점검을 통한 지적사항의 해결, 재해원인 분석, 단기적 개

<표 5> 사고방지의 원칙에 따른 장단기적 요소

장기적 안전관리 요소	단기적 안전관리 요소
• 회사방침 수립 • 회사 분위기 • 계획수립 기조(분위기) • 경영방식 • 안전계획의 방식 • 동기 부여 • 근로자 욕구 • 사기 • 교육/훈련 • 기타	• 사고 • 사건 • 불안전한 행동 • 불안전한 사고 • 사내 규칙 • 안전 규칙 • 절차 • 설비 • 분석 • 기타

선사항 등이 여기에 해당된다. 이러한 장기적 안전관리는 안전사고 예방에 보다 중요한 요소로 간주된다.

4) 안전관리 수준 및 원인별 관리요소

앞에서 검토한 안전관리 수준별로 수행되는 주요 활동을 고려하여 안전관리 요소들을 세분화하면 <표 6>과 같이 나타낼 수 있다. 안전관리 요소의 세분화에 있어서는 큰 틀에서 관리적, 교육적, 기술적 원인과 같은 간접원인과 불안전한 상태나 행동으로 연계되는 직접원인을 우선적으로 파악하였다. 간접원인은 3개 안전관리 수준에서 이루어지는 기본 활동 요소들을 중심으로 투입물과 결과물, 그리고 활동으로 인해 기대할 수 있는 효과에 대해 검토하였다. 또한 직접원인에 대해서는 작업환경과 작업자에 있어 재해와 바로 연관성을 지니는 요소들을 별도로 추가하여 기본 요소에 포함시켰다.

4.2 안전관리 인과지도 작성

본 절에서는 안전관리 성과에 영향을 주는 안전관리 주체들의 안전관리 활동 및 안전관리 요소를 고려한 안전관리 인과지도를 도출한다.

인과분석을 통해 표면화하고 있는 문제와 궁극적으로 해결해야 할 원인의 파악을 시도하였으며, 안전관리 인과지도 작성의 기본 개념은 다음과 같다.

- 안전관리의 개념적 대상은 안전리스크(위험)이며, 이로부터 재해가 발생하는 것으로 설정
- 안전관리의 3개 수준별로 요인과 관계 규명
- 사고발생과 연관된 요인들을 정리하고, 불완전한 인적·물적 상황에 이들을 연계

1) 안전관리 요소 총괄 정리 및 분류

안전관리 인과지도의 작성을 위해 지금까지 검토한 안전관리 요소들을 상세수준과 요소간 의미 등에 따라 <표 7>과 같이 재정리하고 분류를 명확히 하였다. 각 요소들의 특성을 정의하고 분류하는 데 사용된 기준은 다음과 같다.

<표 6> 안전관리 수준과 원인별 관리 요소

구 분	안전관리 수준별 요소			재해원인별 요소	
	전사적 차원	현장 차원	작업 차원	작업환경 관련	작업자 관련
투입물	• 경영진 안전경영 의식	• 현장관리자 안전보건의식	• 작업관리자 안전보건의식	-	-
기본 요소	• 전략(방침) 수립 • 재정지원	• 안전관리비용 배분 • 재해예방조치 • 집중관리정책	• 재해예방 사전 계획 • 안전교육 • 안전점검 • 재해 조사 및 기록 관리 • 인센티브 제공	• 장비 점검 철저 • 작업방식 적절성 확인 • 작업장 정비 철저	• 작업강도 조절 • 작업숙련도 향상 • 작업자 상태 수시 확인
결과물	• 안전관리에 대한 강조 • 본사 안전관리 예산 확보 • 본사 안전관리인력 확충 • 본사 현장점검 철저	• 현장 안전보건관리비 확보 • 현장 총괄 안전점검 철저 • 적정 하도급업체 선정 • 재해기록 철저	• 수시 보완 지시 • 안전시설물 설치 확인 철저 • 작업자 안전의식 제고 • 안전보호구 지급율 향상	-	-
효과	• 생산성 증가 • 시장점유율 확대 • 대외이미지 제고 • 매출 향상	• 안전보건의식 고양 • 재해예방효과 향상 • 업체 협조도 향상	• 전반적 현장 안전상태 제고	• 불완전한 물적 상태 저감	• 불안전한 행동 저감

<표 7> 안전관리 인과지도 작성을 위한 안전관리 요소의 구분

No.	관리 요소	요소간 관계		관리 수준	복합관리 영역	재해억제 소요시간	재해 예방 대책 유형	주체 구분
		원인	결과					
1	최고경영자 안전경영의식	8	2	전사적	-	장기적	관리적	경영진/임원
2	안전관리 강조	1	5	전사적	-	장기적	관리적	경영진/임원
3	전사 안전경영 예산	1	4, 15	전사적	재무관리	장기적	관리적	경영진/임원
4	본사 안전관리 인력	3	6	전사적	인사관리	장기적	관리적	본사담당부서
5	본사관리자 안전보건의식	2	6, 7	전사적	-	장기적	관리적	본사담당부서
6	본사 현장점검	4, 5	7	전사적	-	장기적	관리적	본사담당부서
7	안전전략(방침) 전달	5, 6	14	전사적	-	장기적	관리적	본사담당부서
8	회사수익	9	1	전사적	재무관리	-	(후행요인)	-
9	매출	10, 11	8	전사적	재무관리	-	(후행요인)	-
10	노동생산성	47	9	전사적	생산관리	-	(후행요인)	-
11	시장점유율	12, 13	9	전사적	영업관리	-	(후행요인)	-
12	고객만족도	47	11	전사적	영업관리	-	(후행요인)	-
13	기업 대외이미지	47	11	전사적	영업관리	-	(후행요인)	-
14	현장관리자 안전보건의식	7	16, 17	현장관리	-	장기적	관리적	현장관리자
15	현장 안전보건관리비	3	16	현장관리	-	장기적	관리적	현장관리자
16	현장 총괄 안전점검	14, 15	17	현장관리	-	장기적	관리적	현장관리자
17	현장 재해예방 조치	14, 16	25, 26	현장관리	-	장기적	관리·기술	현장관리자
18	재해기록 관리 수준	14	21	현장관리	-	장기적	관리적	현장관리자
19	적정 하도급업체 선정	14	29, 30	현장관리	업체관리	장기적	관리적	현장관리자
20	작업관리자 안전보건의식	14	21, 22	작업관리	-	장기적	관리적	안전관리자
21	사전예방계획	18, 20	22	작업관리	-	장기적	관리·기술	안전관리자
22	현장 수시 점검	20, 21	23, 24	작업관리	-	단기적	관리적	안전관리자
23	불안전한 인적상태 인지	22	25	작업관리	노무관리	단기적	관리적	안전관리자
24	불안전한 물적상태 인지	22	26	작업관리	공정·품질관리	단기적	관리적	안전관리자
25	인적 예방조치	23	35, 36, 37	작업관리	노무관리	단기적	관리적	안전관리자
26	물적 예방조치	24	38, 39, 40, 41	작업관리	공정관리	단기적	관리·기술	안전관리자
27	일반 안전교육	20	33	작업관리	-	장기적	교육적	안전관리자
28	인센티브	5, 14	33	작업관리	업체관리	장기적	관리적	현장관리자
29	하도급업체 안전보건의식	19	30, 31, 32	작업관리	업체관리	장기적	관리적	하도급업체
30	안전협의체 활동	19, 29	23, 24	작업관리	업체관리	장기적	관리적	하도급업체
31	유해위험원 교육	20, 29	33	작업관리	-	단기적	교육적	하도급업체
32	안전보호구 지급율	29	34	작업관리	-	장기적	관리적	하도급업체
33	작업자 안전의식	27, 28, 31	34, 42	작업관리	-	장기적	관리적	작업자
34	안전보호구 착용률	32, 33	42	작업관리	-	장기적	관리적	작업자
35	작업자상태	25	42	작업관리	노무관리	단기적	관리적	작업자
36	작업숙련도	25	42	작업관리	노무관리	단기적	관리적	작업자
37	작업강도	25	42	작업관리	공정관리	단기적	관리·기술	작업자
38	안전시설물 설치	26	43	작업관리	-	단기적	기술적	안전관리자
39	작업장 준비	26	43	작업관리	공정관리	단기적	기술적	작업관리자
40	작업방식 적절성	26	43	작업관리	공정관리	단기적	기술적	작업관리자
41	장비 상태	26	43	작업관리	장비관리	단기적	기술적	작업관리자
42	불안전한 행동	33, 34, 35, 36, 37	44, 45	작업관리	-	단기적	(결과요인)	안전관리자
43	불안전한 환경	38, 39, 40, 41	44, 45	작업관리	-	단기적	(결과요인)	안전관리자
44	재해강도	42, 43	46	작업관리	-	-	(결과요인)	안전관리자
45	재해빈도	42, 43	46	작업관리	-	-	(결과요인)	안전관리자
46	안전리스크	44, 45	47	작업관리	-	-	(결과요인)	안전관리자
47	사고/재해	46	12, 13	작업관리	-	-	(결과요인)	안전관리자

① 요소간 관계 : 각 요소 사이에 영향을 주고 받는 관계를 원인과 결과로 구분하여 정의

② 관리 수준 : 전사적 관리 수준, 현장관리 수준, 작업관리 수준으로 구분

③ 복합관리 영역 : 안전관리 영역의 업무를 기본으로 하되, 안전성 제고 또는 관련 정보 관리를 위해 협력과 조정이 필요한 관리 영역을 지정. 경영관리 측면에서는 재무, 인사, 생산, 영업관리를 대상으로 하

고, 건설사업관리 측면에서는 노무, 공정, 품질, 업체, 장비관리 등의 해당여부 확인

④ 재해억제를 위한 예방활동 유형 : <표 5>를 기준으로 장기적, 단기적 요소로 구분

⑤ 재해예방 대책 유형 : <표 6>과 재해의 원인 및 대책 분류에 사용하는 일반 기준에 준하여 관리적, 기술적, 교육적 요인 등으로 구분

⑥ 주체 구분 : 건설사업의 안전에는 본 연구의 주대상인 시공자를 비롯하여 시공자와 협업하여 작업을 수행하는 하도급업체가 관여함. 시공자의 경우 본사와 현장의 관련조직과 담당자를 나열하고 하도급업체는 업체와 작업자로 구분

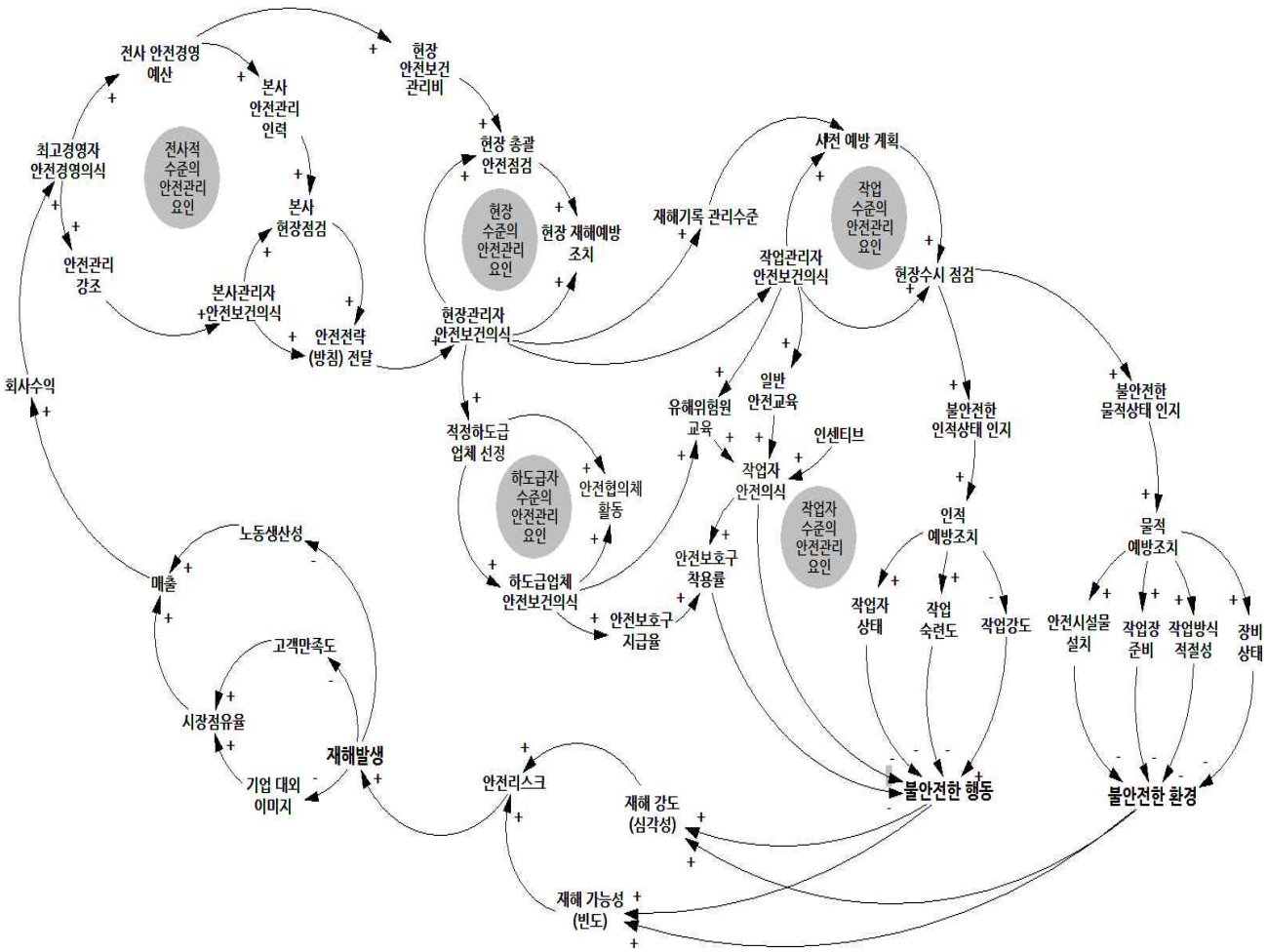
2) 인과지도 작성

지금까지 살펴본 안전관리 활동의 요소와 상호관계를 바탕으로 인과지도(influence diagram)를 작성하면 [그림 5]와 같다. 각각의 안전관리 요소가 상호 영향을 주고받으며, 이러한 영향은 궁극적으로 현장의 안전리스크에 영향을 주게 된다.

인과지도는 앞에서 살펴본 전사적·현장·작업 등 3가지 수준에서 안전관리자의 활동과 결정 요소들을 포함하고 있으며, 이러한 활동이 최종적으로 재해의 직접적인 원인이 되는 불안전한 물적상태(환경)과 불안전한 행동에 어떠한 영향을 미치는 지를 보여준다. 아울러 현장과 작업의 특성에 따라 안전성과에 영향을 미치는 요소들을 추가로 인과지도에 나타내고, 그 관계를 도시하였다.

4.3 인과지도의 활용

본 연구에서 작성한 안전관리 인과지도는 재해 최소화에 간접적인 영향을 미치는 관리활동을 비롯하여 불안전한 행동과 환경을 유발하는 작업·근로자와 직접적으로 연관된 요인들 간의 관계를 나타낸다. 작성된 인과지도의 특성을 고려할 때 향후 다음과 같은 용도로의 활용이 가능하다.



[그림 5] 안전관리 요소의 인과모형

1) 안전관리 활동의 최적화

시공업체 최상위 경영진의 안전경영의식에서부터 실제 재해발생까지의 요인들이 상호 연계됨에 따라, 기초 데이터를 입력함으로써 안전에 대한 기본적인 의식의 향상, 비용의 투자 등이 가져오는 안전 성과의 향상 정도를 판단할 수 있다. 나아가 본 인과지도의 시뮬레이션을 통해 안전관리 업무의 효율성을 향상시킬 수 있는 최적점을 판단하여 원활한 관리를 도모할 수 있다.

2) 안전요인의 영향과 성과에 대한 다각적 분석

요인간 상호 관계에 따라 개별 안전요인이 다른 요인에 미치는 영향에 대해 현재 설정된 요인별 범주에 근거하여 다각적인 분석이 가능하다. 또한, 각 범주는 요인들을 조합하거나 분리하는 기능을 통해 분석 수준을 조정할 수 있도록 함으로써 안전관리자의 의사결정을 지원할 수 있다.

5. 결론 및 기대효과

최근에는 건설 안전에 대한 발주자와 시설물 사용자들의 요구수준이 높아지면서 안전이 주요 기업 경쟁요소로 자리 잡고 있다. 이에 따라 각 건설기업은 경쟁력 강화 차원에서 안전에 대해 적극적으로 사내 관심과 투자를 확대하고 있다. 국내 건설현장의 안전관리는 물적 요소 관리 위주로 대부분 이루어지며, 인적요소와 관련된 활동은 안전교육이 대부분이었다. 건설 안전 재해가 기본적으로 작업자나 안전관리자 등 사람이 위험원에 접근함으로써 발생하는 점을 생각하면 물적 요소 위험원 분석뿐만 아니라 인적 요소에 대한 위험원 분석이 매우 중요하다. 그러나 다수의 기존 연구가 인적요소에 대한 중요성을 인식하였음에도, 유형이 너무 다양하고 인적요소의 상태를 객관적으로 파악하기 어렵다는 점과 인적요소의 상태에 영향을 미치는 요인과 경로에 관한 연구는 다소 미흡하였다.

따라서, 본 연구에서는 안전관리와 관련된 전체 요소들을 검토하고, 개별 기업의 안전관리체계 하에서 이러한 요소들이 상호 영향을 주는 메커니즘을 체계화하고자 하였다. 이를 위해 건설 안전관리에서의 궁극적인 목적인 재해예방에 초점을 두고 시스템적 접근방식 하에서 재해에 영향을 주는 안전관리 주체들의 안전활동을 중심으로 현장 안전과 관련된 요소들의 영향 관계를 분석하였다. 이를 통해 안전사고와 관련된 물적요소와 심적요소가 분석되었으며, 전체 요소를 상호 연계함으로써 인과지도를 작성하였다.

이러한 시스템 체계는 현장 및 본사의 안전관리자들이 종합적인 관점에서 안전재해를 예방하고 관련 계획을 수립하는 것을 지원할 수 있을 것이다. 또한, 건설 안전관리에서의 인적요소 관리를 위한 새로운 기반 기술로서, 관리자 및 작업자 통제의 어려움을 극복하는데 이론적 기반을 제공하고, 인적·물적 요소의 통합적 관리체계 수립에 크게 기여할 것이다.

6. 참 고 문 헌

[1] 공신표, 국내 건설현장의 안전실태와 안전문화, 울산대학교 대학원 공학박사 학위논문, (2004)

[2] 양성환 외, 안전관리시스템. 형설출판사, (2004)

[3] 김문한 외, 건설경영공학, 기문당, (1999)

[4] Project Management Institute, A Guide to project management of body of knowledge, 3rd Edn., PMI, (2004)

[5] Navon, R., and Kolton, O., "Algorithms for Automated Monitoring and Control of Fall Hazards", Journal of Computing in Civil Engineering, 21-1 (2007): 21-28

[6] Carter, G., and Smith, S. D. "Safety Hazard Identification on Construction Projects." Journal of Construction Engineering and Management, 132-2 (2006): 197-205

[7] 최승모, 손창백, "건설현장의 안전장구 및 안전시설 표준화," 한국건설관리학회 전국 대학생 학술발표대회 논문집, (2006): 207-210

[8] 김준호, "근로자의 감성안전문화조성에 의한 작업능률 향상 및 재해 예방", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, (2006): 473-477

[9] 이규진, "건설공사 근로자의 현장내 이동작업시 발생하는 재해위험도", 한국건설관리학회논문집, 6-3 (2005): 120-127

[10] Chua, D. K. H. and Goh, Y. M., "Incident Causation Model for Improving Feedback of Safety Knowledge", Journal of Construction Engineering and Management, 130-4 (2005): 542-551

[11] 이규진, "재해위험도와 공정의 연계에 의한 안전관리 사전계획 모델", 대한건축학회 논문집, 20-4 (2004): 109-116

[12] 최민우, 노환길, 이재용, 이현수, "건축공사용 안전펜스 공법의 개발 및 적용", 한국건설관리학회논문집, 1-3 (2000): 108-115

[13] Heinrich, H. W. et al. Industrial Accident Prevention, 5th Edn., McGraw-Hill, (1980)

[14] Bird, Jr. F. E. and Germain, G. L., Damage Control, American Management Association, (1966)

[15] 홍성호, Design for Safety 개념을 활용한 건설안

전관리정보모형 개발, 중앙대학교 대학원 박사학위 논문, (2003)
[16] 김순구, 양순갑, “건설안전사고 발생원인의 분석방법에 관한 연구/결함수 분석법을 중심으로.” 대한건축학회 논문집, 14-1 (1998): 417-423
[17] 안홍섭, 신종현, “건설업 재해율 조사의 발전방안 연구”, 대한건축학회지, 21-6 (2005): 89-96
[18] 정지영, 박영기, “건설공사의 안전관리와 재해 감소대책에 대한 연구 - Ⅰ, Ⅱ”, 대한건축학회학술발표대회논문집, 16-1 (1996)
[19] Health and Safety Executive, Successful Heal & Safety Management, (1995)
[20] 안홍섭, “건설안전활동 평가기준 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 11-12 (1995): 309-317
[21] 손창백 외, “대형건설회사 본사 및 현장의 안전관리수준 평가”, 대한건축학회논문집, 18-6 (2002): 135-142
[22] 안민재, 김의식, 양극영, “TQM이 기업성과(건설업자 중심)인 안전에 미치는 영향”, 한국건축시공학회 논문집, 8-2 (2008): 89-97
[23] Hinze, J., and Gambatese, J. “Factors that Influence Safety Performance of Specialty Contractors”, Journal of Construction Engineering and Management, 129-2 (2003): 159-164
[24] Jaselskis, E. J., Anderson, S. D., and Russell, J. S., “Strategies for Achieving Excellence in Construction Safety Performance”, Journal of Construction Engineering and Management, 122-1 (1996): 61-70
[25] Haslam, R. A., Hide, S. A., Gibb, A. G. F., Gyi, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., and Duff, A. R., "Contributing factors in construction accidents", Applied Ergonomics, 36 (2005): 401 - 415.
[26] Lougborough University and UMIST, Causal factors in construction accidents. Research Report 156. HSE. (2003)

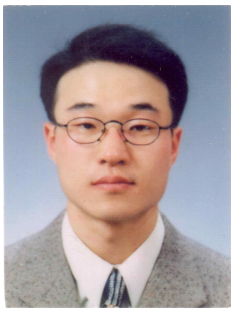
저 자 소 개

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 한미파슨스에 재직중이며, 주요 관심분야는 건설기업과 사업에서의 안전, 환경, 인력육성, 교육체계 등이다.

주소: 서울시 강남구 삼성동 159-9 도심공항타워 9층 한미파슨스

송 상 훈



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

주소: 경기도 성남시 분당구 정자동 217 한국토지주택공사(LH)