

# 시스템 다이내믹스를 이용한 건설 작업자의 불안정한 행동의 인지 과정 모델링

김진우<sup>1</sup> · 이현수\* · 박문서<sup>1</sup> · 권나현<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>서울대학교 건축학과

## A System Dynamics Approach for Modeling Cognitive Process of Construction Workers' Unsafe Behaviors

Kim, Jinwoo<sup>1</sup> · Lee, Hyunsoo\* · Park, Moonseo<sup>1</sup> · Kwon, Nahyun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University

**Abstract :** Finding causes of workers' unsafe behaviors is important to prevent construction accidents because 80 percent of accidents occur by workers' unsafe behaviors. In this regard, this research aims to investigate possible reasons of workers' unsafe behaviors based on workers' cognitive process model using System dynamics. This study is based on two ways of workers' cognitive process which are in relation to hazard perception and failure of hazard perception. Based on existing literature, causal loops for workers' cognitive process are developed to explain workers' habituation by staying out of accidents, safety learning by experience, failure of hazard perception, and attitude change by accidents. The interactions between the developed loops provide managerial insights to reduce workers' unsafe behaviors from a safety manager's perspective including increasing the probability of workers' hazard perception through knowledge management, maintaining workers' positive attitude toward safety, and controlling first-line supervisors to eliminate workers' unsafe behavior. The research allows us to better understand the causes and solutions of workers' unsafe behaviors in workers' cognitive perspectives.

**Keywords :** System Dynamics, Cognitive Process, Unsafe Behaviors, Accidents, Construction Management

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건설 산업이 대형화됨에 따라 건설현장의 작업방식이 복잡화, 다양화되고 있어 건설 근로자의 재해 위험성도 증가하고 있다(Mearns et al., 1995; Mitropoulos et al., 2005; Choudhry et al., 2007; Lee et al., 2011; Chi et al., 2012; Kim et al., 2013; Park et al., 2013; Shin et al., 2014; Jiang et al., 2014; Fang et al., 2016). 2015년 한국의 고용노동부 통계에 따르면 1,810명이 산업현장에서 목숨을 잃었으며 그중 27.2%는 건설현장에서 발생하였다(Korea Ministry of Employment and Labor, 2015). 미국에서도 20.5%의 사망사고가 건설현장에서 발생하였다고 보고된 바 있다(United

States Department of Labor, 2014).

지난 몇 십 년간 건설 재해를 예방하기 위하여 정부와 건설 업계에서는 다양한 안전관리 방안을 시도하였다. 안전 방호 장비의 설치와 작업자 안전 교육 개선 및 의무화 등의 노력은 건설 재해 발생 건수를 상당히 감소시켰다. 그러나 산업 전반적 측면에서 건설 재해는 아직도 많은 부분을 차지하고 있다. 따라서 건설현장의 작업자 재해방지를 위해 기존의 안전관리 접근방법에서 발견하지 못한 근원적인 문제점을 찾고 그 해결방안을 제안하는 것이 필요한 시점이라 할 수 있다.

건설 재해는 작업장의 불안정한 상태와 작업자의 불안정한 행동에서 기인할 수 있다(Heinrich, 1959; Svenson, 2001; Chi et al., 2012; Shin et al., 2014). 불안정한 상태는 추락 방지 장비 등과 같은 작업자를 둘러싼 작업장의 환경적인 부분이 불충분한 상태이다(Heinrich, 1980; Langford et al., 2000; Abdelhamid et al., 2000; Chi et al., 2012). 불안정한 행동은 작업자가 정해진 작업절차를 따르지 않거나 예견된 위험한 상황에 대해 올바른 행동을 하지 않는 등의 상황에 대한 부적절한 대응을 의미한다(Mitropoulos et al., 2005). 따

\* Corresponding author: Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Korea  
E-mail: hyunslee@snu.ac.kr

Received December 9, 2016; revised January 12, 2017

accepted January 24, 2017

라서 불안정한 상태와 행동을 예측하여 사전에 방지하는 것이 재해예방에 중요하다. 그러나 건설현장의 불안정한 상태는 상대적으로 개선되었지만, 작업자의 불안정한 행동의 방지는 아직 개선이 필요하다. 그 이유는 작업자의 불안정한 행동은 순간적으로 발생하며 개인의 인지처리에 근거하기 때문에 불안정한 행동의 원인과 행동 경위를 정확히 이해하기 어렵기 때문이다(Gould et al., 2009; Shin et al., 2014). 즉, 작업자들이 불안정한 행동을 실행하게 된 정신적 과정을 분석하여 불안정한 행동의 이유를 이해할 필요가 있다(Donald et al., 1996). 따라서 본 연구의 목적은 작업자의 불안정한 행동에 대한 인지과정을 시스템 다이내믹스 방법론을 적용하여 파악하는데 있다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

작업자들의 불안정한 행동은 의도된 행동과 의도되지 않은 행동으로 분류할 수 있다. 의도된 행동은 작업자가 위험한 상황을 인식한 후 인지적 과정을 거쳐 행동으로 실행한 경우이다. 의도되지 않은 행동은 위험한 상황에 대한 인식이 하지 못한 상태에서 행동을 실행하는 경우이다. 건설현장은 다양한 공사가 함께 진행되고 중장비가 빈번히 사용되어 잠재적 위험이 많다(Lee et al., 2011; Tixier et al., 2014; Namian et al., 2016). 이러한 현장 상황은 작업자가 작업 환경의 위험요소를 인식하지 못한 채 작업을 수행하는 경우를 불러일으킬 수 있다.

그러나 이전 연구들은 작업자의 불안정한 행동의 원인을 규명하면서 작업자가 위험을 인식한 경우만을 주로 반영하였다. 그것은 작업자의 불안정한 행동의 원인 규명하면서 불충분하다(Namian et al., 2016). 본 연구에서는 작업자가 위험을 인식하는 경우와 인식하지 못하는 경우로 분리하여 연구를 진행하였다. 또한, 작업자의 인지 과정은 복잡하고 다양한 피드백 과정을 가지고 있으므로 복잡한 시스템의 상호관계를 분석하는데 효과적인 시스템 다이내믹스 방법론을 적용하였다. 연구 범위는 작업자의 인지 과정에 큰 영향을 미치는 안전 지식과 태도에 초점을 두었다.

연구 절차는 다음과 같다. 1) 문헌 조사를 통하여 기존의 안전관리동향을 이해하고 작업자의 불안정한 행동, 위험인지 과정 그리고 위험 인식에 관한 사항을 작업자 측면에서 파악한다. 2) 작업자의 위험 인지 과정에 영향을 미치는 중요변수들을 도출하고 변수 간의 관계를 정립하여 시스템 다이내믹스 모델을 개발한다. 3) 개발된 모델을 바탕으로 작업자의 불안정한 행동을 분석하고 해결방안을 논의한다.

## 2. 선행연구 분석

### 2.1 기존의 건설 안전 관리

작업자의 안전에 관한 행동은 작업장의 안전관리 전략에 영향을 받는다. 따라서 작업자의 행동에 영향을 주는 관리방안을 이해하는 것은 중요하다. 안전관리 방법은 과거 수십 년 동안 연구되었으며 Fig. 1과 같이 시대의 흐름에 따라 변해왔다(Gordon et al., 1996; Goetsch, 2009; Tam et al., 2011; Health and Safety Executive, 2015).

가장 먼저 선행된 안전관리는 하드웨어적인 관점이다. 초창기 안전 연구는 작업장의 불안정한 상태를 완화하기 위한 연구가 주도적으로 진행되어 왔다(Goetsch, 2009). 이는 개인보호 장비, 추락방지시설 뿐만 아니라 크레인 등과 같은 중장비의 안전성을 높이고자 하였다(Donald et al., 1996). 이러한 현장을 둘러싸고 있는 물적 상태 중심의 안전관리를 환경기반 안전관리(Environment-based safety management)라고 한다.

두 번째는 인적 기반 안전관리(Human-based safety management)이다. 이 시기는 건설 재해의 원인이 불안정한 상태에 있는 것이 아닌 작업자의 불안정한 행동에 있다고 주장된 시기이다(Gordon et al., 1996). 이러한 관점은 불안정한 상태가 개선되고 상대적으로 인간의 오류가 늘어났다는 점에서 설득력을 얻었다. 이 시기의 재해 책임은 작업자의 불안정한 행동으로 돌아가게 되었다(Gordon et al., 1996).

세 번째는 조직문화 기반 안전관리(Culture-based safety management) 시대이다. 조직문화의 시대는 건설 재해의 원인이 작업자의 불안정한 행동과 작업장의 불안정한 상태의 차원이 아닌 조직 전체의 영향에 있다고 주장되는 시대이다(Zohar, 1980; Langford et al., 2000).

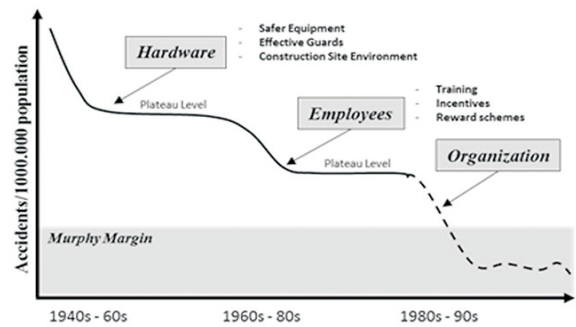


Fig. 1. Studies on long term development of safety

### 2.2 작업자의 불안정한 행동

기존의 불안정한 행동에 관한 연구는 행동기반 연구(Behavior-based safety management), 안전문화기반 연구(Culture and climate-related safety management), 인지기반 연구(Cognitive-based safety management)로 구분될 수 있다(Fang et al., 2016).

행동기반 연구는 인센티브, 교육, 트레이닝 등과 같은 선행자극과 작업자의 불안전 행동의 상관관계를 규명하였다(Reber et al., 1990; Choudhry et al., 2007). 그러나 이러한 접근은 작업자의 불안전한 행동의 원인 대한 설명이 쉽지 않다(Fang et al., 2016).

안전 문화 기반 연구는 조직적 측면의 접근이기 때문에 개인 측면은 잘 반영하지 못한다는 단점이 있다(Dejoy, 2005).

이러한 두 측면의 단점을 보완하기 위해 작업자인지 기반 연구가 진행되고 있다. 인지 기반 접근방법은 Fig. 2와 같이 행동 기반 접근 방법(미시적)과 안전 문화 기반 접근 방법(거시적)의 사이에서 작업자의 불안전한 행동에 대한 근본적인 원인을 보다 분명하게 설명할 수 있다(Dejoy, 2005; Fang et al., 2016).

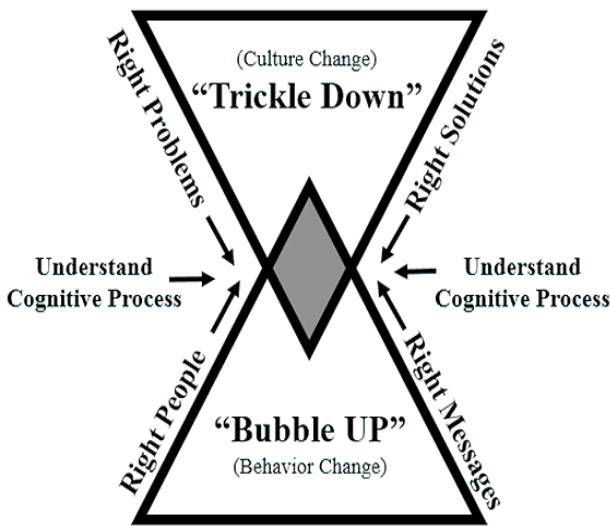


Fig. 2. Approaches to reduce workers' unsafe behavior (Modified by Dejoy, 2005)

### 2.3 작업자 인지 모델

인지 과정(Cognitive Process)은 주변 환경을 해석하고 지각하여 판단하는 등의 심리적 과정을 의미한다. 따라서 작업자 위험인지 과정(Worker's Hazard Cognitive Process)은 건설현장의 불안전한 요소에 대한 작업자의 심리적 해석과정이라고 할 수 있다.

건설현장의 작업자에 대한 위험인지모델은 Figure 3와 같이 4단계로 분류될 수 있다. 건설현장에서 작업자는 감각기관에 의해 위험에 대한 정보를 얻게 된다. 그리고 뇌에서의 정보 처리 과정을 통해 행동에 대한 의사결정을 하게 되고 그 행위는 결과로 이어지게 된다(Shin et al., 2014; Jiang et al., 2014; Fang et al., 2016).

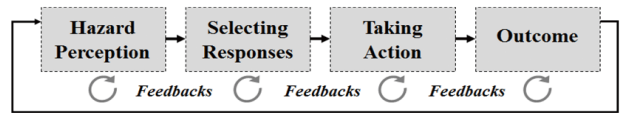


Fig. 3. Worker's hazard cognitive process

선행연구의 작업자에 대한 인지 과정 연구의 내용과 그 한계점을 살펴보면, Shin et al. (2014)의 경우 작업자의 위험에 대한 인식과 태도를 중심으로 작업자의 습관화에 대한 인지 과정을 설명하였다. 그러나 안전관리 레벨과 작업자 개인 레벨의 관계를 충분히 규명하지 못하였다는 한계점을 가지고 있다. Fang et al. (2016)의 경우 작업자의 인지 과정을 다양한 사회과학의 이론을 바탕으로 설명하였으며 불안전한 행동에 대한 정성적 분석으로 하였다. 그러나 안전관리와 개인의 측면의 피드백과정을 충분히 설명할 수 없는 한계점을 가진다. Jiang et al. (2014)의 경우 개인 상태, 환경 상태, 관리 상태의 3가지 측면을 고려하여 요소의 상호작용을 설명하였다. 그러나 개인의 차이를 고려하지 못하였다.

특히 앞서 설명하였던 기존 작업자 인지 관련 연구는 공통으로 작업자의 위험에 대한 인식실패를 충분히 반영하지 못하였다. 그 이유는 대부분 작업자의 불안전한 행동이 작업자의 의도에 따른 위반이라고 가정하기 때문이다. 그러나 건설 현장에서 작업자는 위험 그 자체를 인식하지 못할 때도 있다(Haslam et al., 2005; Namian et al., 2016). Chi et al. (2012)에 따르면 2002년부터 2011년까지의 미국 재해 통계를 분석한 결과 재해자의 32.1%가 위험을 잘못 인지하였거나 인식 자체를 실패한 것으로 보고되었다. 이는 작업자의 위험 상황에 대한 인식 정도가 사고율과 관련이 있다는 것을 보여주고 있다(Choudhry et al., 2008; Chi et al., 2012).

### 2.4 작업자의 위험 인식

건설작업은 다이내믹한 작업환경 요소를 포함하고 있어 예상하지 못한 상황이 지속적으로 발생한다(Lee et al., 2011). 또한, 작업자들은 할당된 업무를 제한시간 내에 끝내야 한다(Lee et al., 2011). 이러한 건설현장의 특성은 작업자의 부정확한 위험 인식을 유발할 수 있다(Carter et al., 2006).

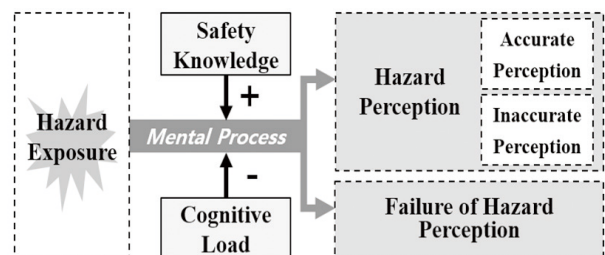


Fig. 4. Worker's hazard perception

Fig. 4은 건설현장에서 발생한 위험을 작업자가 인식(Perception)할 수 있는 방법을 나타낸다. 작업자가 위험한 상황에 노출되었을 때 위험한 상황에 대한 작업자의 정신적 과정(Mental Process)을 통해 상황에 대해 인식을 한다. 이때, 올바른 안전 관련 지식이 있다면 위험 상황을 정확히 인식할 것이다. 하지만 작업자들이 부정확한 안전지식을 가지고 있다면 이는 불충분한 위험 인식으로 이어질 가능성이 크다(Namian et al., 2016).

그리고 작업자들이 안전에 대한 지식이 충분하더라도 동시 작업이나 개인의 신체적 상태의 문제 등으로 인지적 부하(Cognitive Load)를 느끼고 있다면 위험을 인식하는 것을 실패할 수 있다. 만약 작업자들이 위험을 인식하지 못하였다면 위험을 대비할 충분한 시간을 갖지 못하여 건설 재해를 유발할 수 있다(Namian et al., 2016). 따라서 작업자들이 위험을 정확하게 인식하는 것이 중요하다. 앞서 언급하였듯이 작업자들은 위험을 인식할 때 자신의 지식과 경험을 사용하게 된다. 그리고 작업자들이 올바른 지식과 경험이 있을 때 위험에 대해 옳은 판단을 하게 된다(Carter et al., 2006). 이러한 지식은 명시적 유형(explicit type)과 암묵적 유형(tacit type)으로 구분될 수 있다(Hadikusumo et al., 2004; Hallowell, 2011). 명시적 지식의 경우 표준화 된 지식을 의미하며 안전 관리자에 의한 교육 및 훈련을 통해 상대적으로 작업자에게 전달되기 쉽다는 특성이 있다(Nonaka, 2008; Sherehiy et al., 2006). 암묵적 지식의 경우 작업자의 경험이나 다른 작업자에게 공유된 지식을 의미한다(Hallowell, 2011). 두 종류의 지식 모두 위험을 이해하기 위해 중요하지만 암묵적 지식의 경우 조심히 사용되어야 한다(Choudhry et al., 2008). 왜냐하면 작업자가 다른 작업자와의 의사소통 및 자신의 경험을 통해 얻은 지식은 특정 상황에 편향되어 있을 가능성이 있으며 게다가 때때로 작업자 간 잘못된 정보를 교환하기 때문이다. 이러한 부정확한 정보는 불충분한 위험 인식을 초래할 수 있다(Geller, 2016).

### 2.5 시스템 다이내믹스

시스템다이내믹스란 복잡한 시스템들의 일정 기간 내 행태를 이해하기 위한 접근법으로, 1961년 MIT의 Jay W. Forrester가 개발한 이후, 산업·경제·사회·환경시스템 등을 분석하는데 널리 사용됐다. 이는 전체 시스템에 영향을 미치는 내부 피드백 루프(Internal Feedback Loop)와 시간 지연(Time Delay)을 다루며, 시스템의 안정적 작용을 초래하는 자기조절 피드백 루프(Balancing Loop)와 시스템의 선순환 작용 또는 악순환 작용을 지속시키는 자기 강화 피드백 루프(Reinforcing Loop)로 구성된다(Forrester, 1961; Park et al., 2009; Kim et al., 2016). 시스템 다이내믹스 모델의 기본 도식 표현은 아래의 Table 1과 같다.

Table 1. System dynamics legends (Sterman, 2000; Park et al., 2009)

Legends	Explanation	
	when other conditions are the same	When factor A increases(decreases), factor B increases(decreases)
		When factor A increases(decreases), factor B decreases(increases)
	Including weighted delayed time	
	Define the rate of change in system states and control quantities flowing into and out of stocks	
	Define the state of a system and represent stored quantities	

건설현장의 작업자 심리 측면에서 작업자 행동은 건설현장의 복잡한 환경의 영향을 받기 때문에 이전의 다수 연구는 시스템 다이내믹스를 사용하여 안전에 관한 이해도를 높이는 연구를 수행하였다(Cooke, 2003; Jiang et al., 2014; Shin et al., 2014). 본 연구는 건설현장의 위험에 대한 작업자의 불안정한 행동의 인지 과정에 초점을 두고 있다. 작업자의 인지 과정을 시스템 다이내믹스의 접근법을 통하여 연구하게 되면 다양한 피드백 루프 관계를 좀 더 명확하게 이해할 수 있다.

### 3. 작업자의 인지 모델 개발

작업자가 건설현장에서 불안정한 행동의 과정에 영향을 줄 수 있는 변수를 고려하여 각각의 인과지도를 만든다. 이는 작업자의 불안정한 행동의 원인을 파악하여 이를 관리하기 위한 기초를 마련한다. 앞서 2.3절에서 언급된 선행연구들을 바탕으로 작성한 인과지도의 기본과정은 아래와 같다.

- 1) 위험한 상황(Exposure Hazard) → 위험 인식(Hazard Perception) → 의도된 행동(Intended Behaviors) → 적절한 안전 통제 (Proper Safety Controls) → 결과 (Outcome)
- 2) 위험한 상황(Exposure Hazard) → 위험 인식(Hazard Perception) → 의도된 행동(Intended Behaviors) → 부적절한 안전 통제(Improper Safety Controls) → 결과(Outcome)
- 3) 위험한 상황(Exposure Hazard) → 위험 인식 실패 (Failure of Hazard Perception) → 의도되지 않은 행동 (Unintended Behaviors) → 부적절한 안전 통제(Improper Safety Controls) → 결과 (Outcome)

본 모델에서는 작업자의 불안정한 행동을 중심으로 다루고 있으므로 부적절한 안전 통제에 대한 과정인 2), 3)에 초점을 맞추었다. 2), 3)의 과정에서 서로 영향을 주는 요인의 상관관계를 Fig. 5와 같이 설정하였다. Fig. 5의 변수는 기호로 되어 있으며 기호에 대한 설명은 Fig. 5하단부에 설명되어있다. 또한, 추출된 변수와 인과지도에 대한 기본적인 설명은 3.1장에서 자세하게 설명한다. Fig. 5에서 빗금(/)을 기점으로 왼쪽에 (+)가 되어 있는 경우 해당 줄의 횡 방향에서 종 방향으로 양의 관계에 있는 것이다.

Variables and relationships (affects/affected by column to row)								
	HP	FHP	I	UB	NAE	SK	WAS	A
HP			+/			/+		
FHP				+/		/-		
I	/+			-/			/+	
UB		/+	/-		+/			+/
NAE				/+			-/	-/
SK	+/	-/						/+
WAS			+/		/-			/+
A				/+	-/	+/	+/	

Note: HP=Hazard Perception; FHP=Failure of Hazard Perception; I=Intention for Safety Behaviors; UB=Unsafe behaviors; NAE=No Accident Experience with Unsafe Behaviors; SK=Safety Knowledge; WAS=Workers' Attitude toward Safety; A=Accidents

Fig. 5. Analysis of variable and relationships

### 3.1 작업자 위험 인지 모델 요소 도출

작업자의 불안정한 행동의 인지 과정을 이해하기 위해서 각 용어에 대한 정의와 인과관계를 설명하였다.

위험 상황의 발생(Hazard Exposure)은 건설현장의 환경적인 측면에서 재해가 발생할 수 있는 위험이라고 할 수 있다(Mitropoulos et al., 2005; Fang et al., 2016).

위험 인식(Hazard Perception)은 건설현장에 대하여 얻은 정보를 토대로 작업자가 자신이 일하고 있는 상황이 위험하다고 판단하는 과정이다(Mearns et al., 1995; Fang et al., 2016). 위험 인식을 위해 작업자는 정보 습득(Obtaining information)을 하는데 이는 작업자가 건설현장에 잠재된 위험에 대한 정보를 얻고 있는 상태이다(Baddeley, 1992; Gerrig et al., 2011). 주변 상황에 대한 정보는 작업자의 작동 기억에서 저장되고 처리되는데 작업자의 안전에 대한 지식 수준과 작동 기억의 수준에 따라 정보를 획득하게 된다(Reason, 1990).

안전지식(Safety Knowledge)은 작업자가 위험을 인지하는데 필요한 정보의 축적량으로 표현할 수 있다(Jiang et al., 2014). 현장에 대한 정보와 안전에 대한 지식이 많은 작업자는 불안정한 상태에 대한 정보를 더욱 빠르고 정확하게 인식할 수 있다(Choudhry et al., 2008). 과거의 사건을 통한 배움, 상위 관리의 안전에 대한 교육 등이 작업자의 안전에 대한 지식을 상승시킬 수 있다(Namian et al., 2016). 그러나 작업자가 안전에 대한 지식을 많이 가지고 있다고 해서 항상 위험을 더 잘 인식하는 것은 아니다. 왜냐하면, 인간의 작동 기억은 정보를 처리하면서 한 번에 저장하고 처리할 수 있는 정보의 양이 제한되어 있다. 따라서 작동 기억이 처리할 수 있는 양을 넘어선 데이터는 처리되지 못하고 소멸하거나, 과부하를 일으킬 수 있으며 이를 인지 과부하(Cognitive Load) 상태라고 한다. 이러한 작업자의 작동 기억 상태에 영향을 줄 수 있는 외부적인 조건(극한 온도, 작업량)을 포함하여 이를 작업자의 작동 기억 상태(Memory Span)라고 한다.

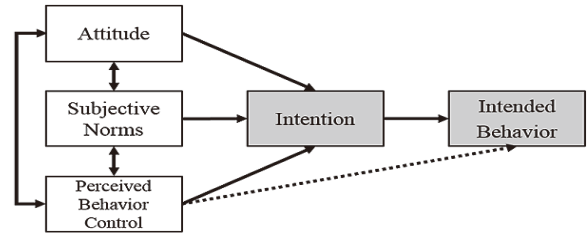


Fig. 6. Theory of planned behavior (modified by Ajzen, 1991)

의도(Intention)는 인식된 상황에 대응하기 위한 행위 의도이다. 즉 의도는 행동에 대한 동기라고 할 수 있다. 초기 행동 이론은 작업자의 태도가 작업자의 행동과 항상 일치한다고 간주했다. 그러나 Fig. 6과 같이 계획된 행동이론(The theory of planned behavior)에 따르면 행동에 대한 의도는 태도(Attitude), 주관적 규범(Subjective Norms), 지각된 통제감(Perceived Behavior Control)의 조합에 따라 결정된다고 주장한다(Ajzen, 1991).

태도는 안전 행동에 대해 개인이 가지고 있는 신념(belief)이다(Shin et al., 2014). 태도에 영향을 줄 수 있는 요소는 3가지로 분류될 수 있다(Tixier et al., 2014; Fang et al., 2016). 첫 번째는 안전과 관련된 믿음(safety-related belief)이다(Fang et al., 2016). 이는 재해 발생 가능성과 작업자의 태도를 설명한다. 둘째는 사용되는 장비들의 착용성(wearability of personal protective equipment)이다. 이는 장비의 착용성에 따라 작업자가 불편함을 느낄 수 있고 이에 따라 안전에 대한 태도가 감소한다는 것이다(Bohm et al., 2010; Shin et al., 2014). 셋째는 작업 속도관련 믿음(operation pace-related beliefs)이다(Fang et al., 2016). 이는 현장의 작업압박과 안전태도의 관계에 대한 것이다. 주관적 규범(subjective Norms)은 준거 집단의 의견에 대해 작업자가 지각하는 정도이다(Ajzen, 1991). 마지막으로 지각된 통제감(Perceived Behavior Control)은 안전 행동을 위한 상황적 요소이다. 예를 들어 과도한 업무량, 극한의 날씨 등은 작업자가 안전한 행동을 하겠다는 의지가 있지만, 행동으로 옮기는 것을 방해하는 상황적 요소라고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 상위 관리 레벨과 작업자 개인 레벨 간의 영향만을 변수로 설정하였으며 작업자의 태도와 행동과의 관계를 중점적으로 모델링하기 위해 작업자 주관적 규범과 지각된 통제감을 통제 변인으로 두고 모델링을 진행하였다.

의도된 행동(Intended Behavior)은 위험을 인지하고 행동을 의도한 작업자가 실질적인 행동으로 옮기는 단계이다. 안전에 대하여 긍정적인 의도를 가진 작업자는 안전행동을 할 가능성이 크고 안전에 대하여 부정적인 의도를 가진 작업자는 불안정한 행동을 할 가능성이 크다(Shin et al., 2014).

위험 인식실패(Failure of Hazard Perception)는 작업자의

위험 및 안전에 대한 부족한 지식 그리고 위험에 대한 정보를 처리하지 못하는 인지 과부하 등의 현상은 위험 인식 실패의 원인으로 작용한다(Jiang et al., 2014; Fang et al., 2016; Namian et al., 2016). 잠재된 위험을 인지하지 못한 작업자는 위험에 대한 사전 대응을 할 수 없으며 위험에 무방비 상태로 노출되게 된다(Namian et al., 2016). 건설현장의 작업 특성은 반복적 작업이 적고 다른 작업과의 교차점이 많은 것이 특징이다. 따라서 건설현장의 위험은 예측하기가 쉽지 않고 즉각적으로 나타나 작업자의 빠른 판단을 요구하는 부분이 많다. 만약 작업자가 사전에 위험을 판단하지 못할 경우 의도하지 않은 행동으로 이어지게 된다.

의도되지 않은 행동(Unintended Behavior)은 작업자가 작업환경의 위험상황을 인식하지 못하여 행위 의도 없이 행동한 것이다. 위험한 상황에서 작업자는 위험을 미리 대비하고 있는 작업자보다 반사 신경이 떨어질 뿐만 아니라 위험회피를 못할 확률이 높다. 건설현장의 작업은 상세수준의 매뉴얼로 정리되어 있지 않은 경우가 빈번하며 작업 환경에 따라 작업 방식도 다르다. 이러한 상황에서의 위험 인지 실패는 치명적인 재해로 이어질 가능성이 크다(Namian et al., 2016).

### 3.2 무재해에 의한 습관화

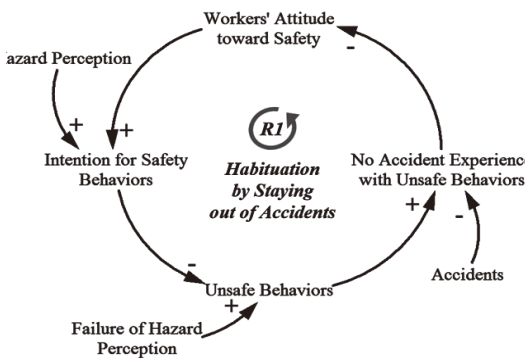


Fig. 7. Habituation by staying out of accidents loop

작업자의 불안정한 행동이 안전한 행동보다 상대적으로 재해를 일으킬 확률은 높지만 불안정한 행동 하나하나가 재해로 이어지는는 않는다. 재해는 작업자의 불안정한 행동뿐만 아니라 주변 상황의 일련의 오류가 중첩되었을 때 발생한다.

Fig. 7에 의하면 작업자의 불안정한 행동이 무재해를 통한 불안정한 행동(No Accident Experience with Unsafe Behaviors) 요소를 강화하는 만큼 건설 재해가 그것을 상쇄하지는 못한다. 이는 안전 태도 하락(Safety Attitude Decrease)으로 이어지고 이는 작업자의 의도된 행동의 하락을 일으킨다. 즉 작업자가 위험을 인식(Hazard Perception) 하였지만 의도적으로 불안정한 행동을 하도록 만드는 것이다(Geller, 2016; Choudhry et al., 2008).

작업자는 불안정한 행동이 재해로 이어지지 않는 것을 경험적으로 학습하게 되며 안전에 대한 태도가 부정적인 쪽으로 커지게 된 것이다.

### 3.3 안전 경험 습득

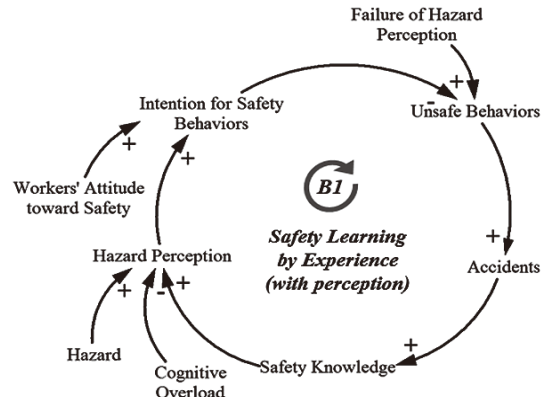


Fig. 8. Safety learning by experience (with perception)

작업자는 지난 재해사례를 통해 안전 지식을 넓혀간다. 안전에 대한 지식수준이 높아지면(Safety Knowledge) 작업자가 위험 인식(Hazard Perception)의 확률이 높아진다. 인식된 위험에 대해 작업자는 안전 행동을 의도(Intention for Safety Behavior)하고 위험에 대하여 안전하게 행동을 하게 된다. 이는 재해발생확률을 낮춘다. 그러나 재해가 발생하지 않은 상태가 유지되면 작업자의 작동기억은 망각곡선을 그리며 떨어지게 된다. 이는 재해를 통해 습득한 작업자의 안전지식이 줄어들게 되어 위험을 인식하지 못하게 되는 상황이다 시 유발됨을 의미한다. 이러한 상황이 지속되면 작업자는 위험을 인식하지 못하고 불안정한 행동을 하게 된다. 이렇게 안전 경험 습득 루프는 자기조절 피드백 루프(Balancing Loop) 역할을 하게 된다.

### 3.4 위험 인식 실패

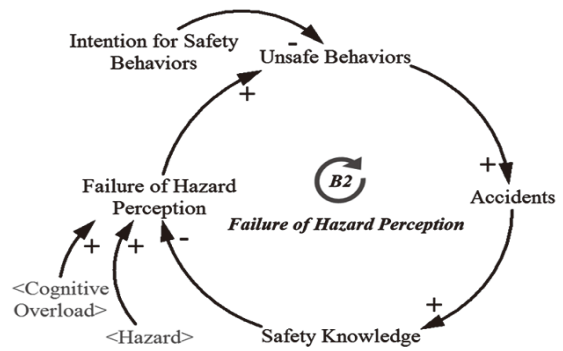


Fig. 9. Failure of hazard perception

작업자가 위험한 상황을 발견하지 못한 채 작업을 하게 되면 이는 위험 인식 실패 단계(Failure of Hazard Perception)로 이어지게 된다. 위험을 인식하지 못한 작업자는 불안정한 행동을 하게 되고 이는 재해를 유발할 가능성을 높게 된다. 작업자가 위험을 인식하지 못하는 경우는 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 불충분한 지식이고 두 번째는 인지 과부하(Cognitive OverLoad)이다.

위험 인식 실패는 안전 지식이 상대적으로 적은 신입 작업자의 경우가 많다. 또한, 신입 작업자뿐만 아니라 인지의 압박(스트레스, 한계 이상의 작업량, 부적절한 날씨 등)을 받는 숙련 작업자도 인지 실패를 할 수 있다.

평소와 같은 행동으로 작업할지라도 위험을 인지하지 못한 위험 상황의 작업은 그 자체가 불안정한 행동(Unsafe Behavior)이 될 수 있으며 이는 가장 위험하다고 할 수 있다.

### 3.5 태도 변화

작업자의 안전행동에 대한 의도는 불안정한 행동(Unsafe Behavior)과 재해발생확률을 낮춘다. 그러나 재해가 발생되지 않으면 작업자는 안전에 대한 부적절한 태도를 가지게 되고 이는 의도적인 불안정한 행동을 할 확률을 상승시킨다(Shin et al., 2014). 결국 재해발생확률을 상승시키게 되고 발생한 재해를 통해 작업자의 태도는 긍정적으로 균형을 맞추게 된다.

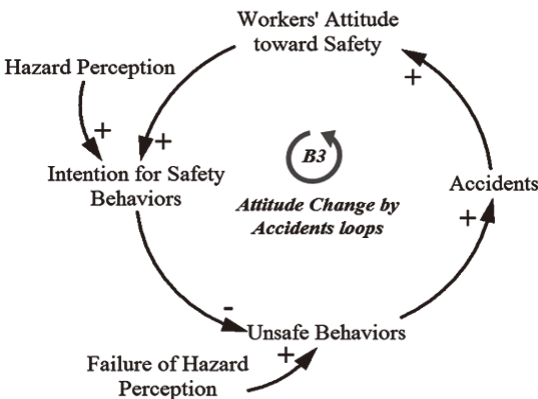


Fig. 10. Attitude change by accidents

### 3.6 모델 검증

본 연구의 목적은 작업자의 불안정한 행동에 대한 인지과정을 SD 모델을 통해 이해함에 있다. 그러나 제안된 SD 모델은 개인의 정신적 인지 과정을 표현한 것이기 때문에 실험적 관찰과 통계적 분석을 적용하여 검증하기 힘든 한계점을 가지고 있다. 따라서 모델이 본 연구의 목적에 맞도록 거동하는지 확인하기 위하여 시나리오를 통한 검증방법을 사용하였다(Park et al., 2009). 시나리오를 통한 검증방법은 SD 모델의 거동과 실제사례

의 재해 시나리오의 유사성을 정성적으로 테스트하는 것이다.

SD 모델을 검증하기 위해 안전보건공단에서 제공하는 중대 재해 사례 6개를 참조하여 SD 모델과 비교 분석하였다. 재해시나리오는 건설업 재해 발생형태별로 추락, 전도, 낙하 및 비레, 협착, 충돌, 절단에 의한 사망 사례를 선택하였다. 재해 시나리오를 분석하기 위해 먼저 각 사례의 위험 상황 발생원인, 위험에 대한 작업자의 인식(Perception) 정도, 인식된 위험에 대한 작업자의 행위 의도, 위험에 대한 작업자의 대처, 대처 행위에 따른 결과에 대한 내용을 추출하였다. 추출된 내용을 본 SD모델에 대입하여 해석하였고 인지 과부하 및 지식부족으로 인한 위험 인식실패, 부정적 안전태도로 인한 부적절한 대처 등에 대한 인지적 측면에서의 건설 재해의 원인과 발현시점을 찾을 수 있었다.

### 3.7 작업자의 불안정한 행동에 관한 인지모델

작업자 인지 모델의 목적은 작업자가 불안정한 행동을 하게 되는 정신적 과정의 관계를 나타내는 것이다. 작업자는 안전에 대한 지식수준을 토대로 위험을 인식하게 되고 인식된 위험은 행동에 대한 의도과정을 거쳐 행동의 실행단계로 표현된다. 한편 작업자가 위험에 대한 인식을 실패하게 되면 이는 불안정한 행동의 상승을 불러일으킬 수 있다. 이러한 개념을 바탕으로 Fig. 11과 같이 인과 지도를 형성하게 된다. 그 인과 지도 안에서 크게 다음의 5개의 피드백 루프를 가진다.

## 4. 작업자 불안정한 행동의 관리방안

### 4.1 작업자 인지 관리 방안

건설현장에서 작업자에게 적절한 안전관리를 하는 것은 중요하다. 앞서 언급된 안전관리 방안은 Table 2와 같이 환경 안전 관리와 인적 안전 관리 두 가지로 나눌 수 있다(Shin et al., 2014). 환경 안전관리(Environment based Safety Management)는 건설현장의 불안정한 물적인 상태를 파악하여 관리하는 것을 의미한다. 인적 안전 관리(Human based Safety Management)는 관리자 안전 관리, 안전 문화 관리, 지식 관리로 3개의 하위 항목으로 나눌 수 있다. Fig. 12는 각 안전관리 방안의 영향을 표현한 것이다.

Table 2. Interaction between cognitive process and safety management

Order	Safety Management Method	Classified Safety Management Method	Safety Management Target
①	Environment based Safety Management	Environment based Safety Management	Accidents Occurrence Rate
②		Supervisor based Safety Management	Unsafe Behaviors
③	Human based Safety Management	Culture based Safety Management	Safety Attitude
④		Knowledge based Safety Management	Hazard Perception

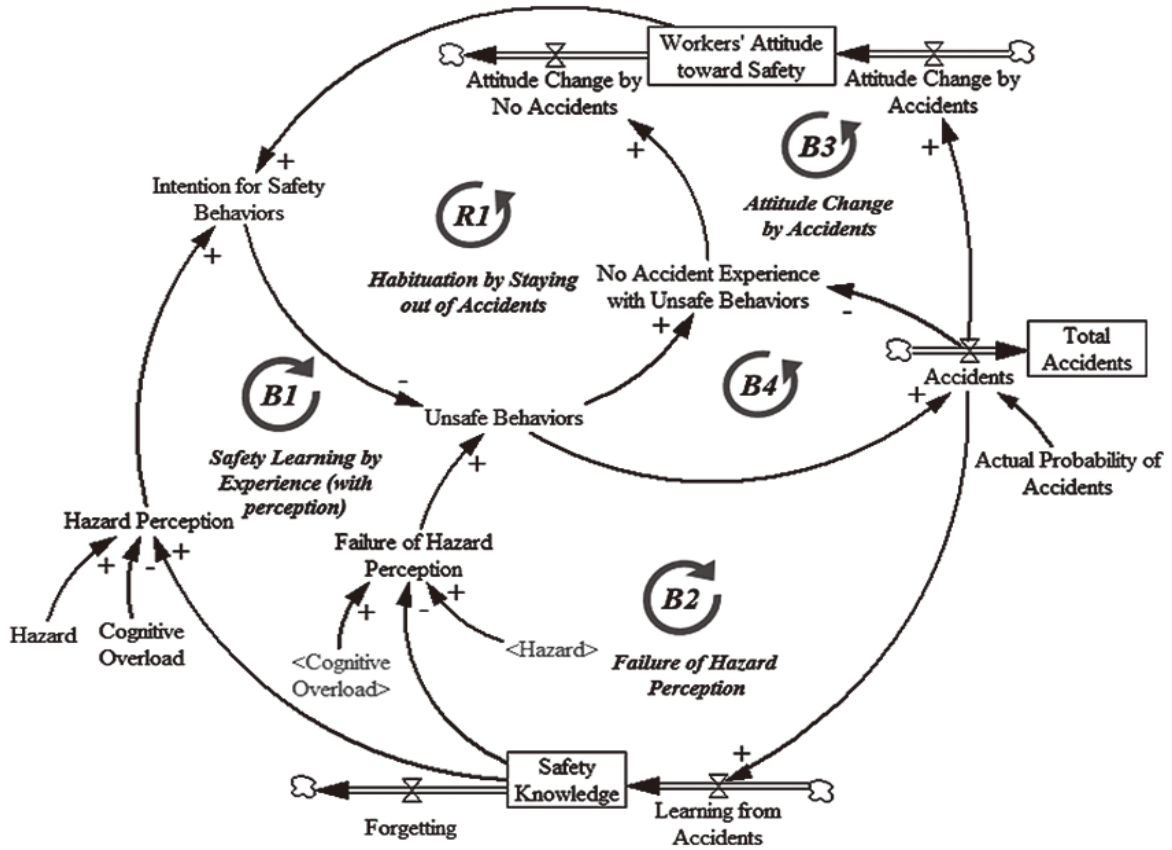


Fig. 11. Workers' cognitive process model of unsafe behaviors

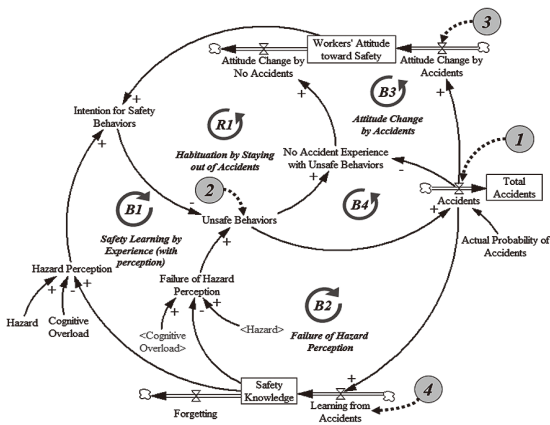


Fig. 12. Effects of safety management

#### 4.2 인적 안전관리를 통한 작업자 인지 관리

작업자가 건설현장에서 안전에 대한 지식을 얻기는 쉽지 않다. 왜냐하면, 작업자는 자신이 가진 현장에 관한 지식을 자산으로 생각하기 때문에 다른 작업자에게 지식 전달을 쉽게 하지 않기 때문이다. 또한, 이러한 형태의 지식은 부정확한 경우가 많으며 암묵적인 지식 유형으로 이루어져 있다. 결

국, 신입 작업자의 경우 안전에 관한 교육 없이는 정확한 지식을 얻는 것에 일정 시간이 소요된다. 또한, 이러한 지식은 지속해서 관리되지 않으면 망각곡선을 그리며 잃어버리게 된다. Fig. 12의 4번은 작업자가 지속적인 안전지식관리를 하는 것을 의미한다.

비록 작업자가 위험을 정확하게 인식하였더라도 작업자는 안전에 대한 부정적인 태도로 인해 불안정한 행동을 실행하기도 한다. 따라서 안전문화 관리를 통해 작업자의 태도관리를 해야 한다. Fig. 12의 3번은 작업자 태도관리를 의미한다.

한편 Fig. 12의 2번과 같이 작업자의 불안정한 행동은 일선 관리에 의해 관리되어야 한다(Heinrich et al., 1980). 작업자의 행동을 직접 관리 할 기회가 많은 일선 관리자를 잘 관리한다면 불안정한 행동의 방지를 할 수 있다.

#### 4.3 안전관리의 적용 시기

앞서 제안된 SD 모델에 4가지 관리방안이 적용되었다. 그러나 이러한 관리방안들이 언제나 유용한 것은 아니며 더 나아가 부작용을 일으킬 수도 있다. 예를 들어 관리자가 환경관리에만 집중한다면 일차적으로 재해가 눈에 띄게 줄게 되지만 장기적 안목에서 안전에 대한 태도가 작업자의 부정적인



태도를 형성될 수 있기 때문이다. 또한, 작업자는 재해로 인한 교환을 받을 가능성이 줄어들어 안전지식수준이 낮아진다. 그 이유를 SD 모델에서 보자면 사고 발생의 하락은 R1, B2, B4를 강화하게 되어 작업자의 안전에 대한 태도를 부정적으로 만들기 때문이다. 따라서 4개의 관리방안 중 1개의 관리방안이 선행되어 작업장이 안전하다고 느낄 때 안전 관리자는 상황에 맞는 안전문화, 지식, 환경, 그리고 일선 관리를 병행하여 작업자들의 인지관리를 하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 다시 말해 편향된 안전관리 전략은 부작용을 가져올 수 있으며 안전 관리자는 작업자의 인지 상태에 따라 적절한 관리전략을 사용해야 한다.

#### 4.4 작업자 안전관리에 대한 소결

건설현장의 작업자 인지 과정 모델에 건설 안전 관리 방안을 적용하여 그 효과를 살펴보았다. 그 결과 작업자들의 불안정한 행동을 일으키는 것은 위험에 대한 인식실패와 작업자들의 안전에 대한 부정적인 태도인 것을 확인하였다. 더불어 편향된 작업자 안전관리는 장기적 안목에서 작업자의 위험 인식 실패나 부정적인 태도를 강화하는 부작용을 낳을 수 있다는 것을 확인하였다. 따라서 건설현장의 안전관리자는 작업자들의 인지 상태에 맞는 안전관리 방안을 수립하는 방법을 강구되어야 한다.

### 5. 결론

본 연구는 작업자의 불안정한 행동을 이해하기 위한 위험 인지 모델을 SD 방법론을 이용하여 만들었다.

본 모델은 위험 인식 등과 같은 다양한 요소들의 관계를 파악하고 관리방안을 제시하였다. 먼저 각 루프에 대하여 요약하면, 무재해에 의한 습관화 루프(R1)는 작업자의 불안정한 태도를 설명한다. 안전경험습득 루프(B1)는 재해를 통한 작업자의 안전지식 수준의 변화를 설명한다. 위험 인식 실패 루프(B2)는 작업자의 위험 인식 실패과정에 대하여 설명한다. 안전 지식수준이 낮은 신입 작업자가 겪기 쉬우나 숙련 작업자도 인지 과부하가 걸리게 되면 인식실패를 할 수 있다. 태도 변화 루프(B3)는 건설 재해로부터 작업자들의 안전에 대한 태도 변화를 설명한다.

정성적인 SD모델링 분석을 기반을 통해 4개의 관리적 방안이 제시되었다.

- 1) 관리 레벨은 작업자의 위험 인식을 안전교육을 통해 상승시켜야 한다.
- 2) 만약 작업자가 위험 인식률이 상승하게 되면 안전관리자는 작업자의 안전에 대해 태도 관리를 관리해야 한다.
- 3) 안전관리자는 일선 관리자가 작업자의 불안정한 행동을 직접 개선할 수 있도록 유도해야 한다.

4) 현장 환경 안전관리를 하더라도 하나에 편향된 안전관리는 작업자의 부정적인 안전태도나 얇은 안전지식을 부작용으로 불러일으킬 수 있다. 따라서 관리자는 작업자의 위험에 대한 정신적 변화를 관찰한 후 태도, 지식 등의 부족한 부분을 채워주는 방식으로 안전관리를 하는 것이 필요하다.

앞서 서술되었듯 작업자의 인지상태는 다양한 원인과 함께 시간에 따라 변화하고 이는 불안정한 행동을 유발하기도 한다. 본 연구에서는 작업자가 위험을 인식하지 못하는 그 상황 자체의 위험성에 대하여 강조하였으며 작업자가 위험을 인식 하였더라도 불안정한 행동을 할 수 있음을 나타냈다. 또한 불안정한 행동이 바로 사고로 이어지지 않는다는 습관은 작업자의 안전에 대한 부정적 태도로 이어진다는 점에 대해서도 규명하였다.

본 연구의 한계점은 관리방안을 세부적으로 다루지 못한다는 점이다. 또한, 인지 과부하(cognitive load), 주관적 규범(subjective norm) 등의 다른 변수를 고려하지 못했다. 또한, 모든 작업자의 수준이 같다고 가정하여 연구를 진행하였다.

앞으로 연구로는 좀 더 구체적인 인지 과정을 개발하여 안전관리방안을 도출하는 것이며 현장의 통계 및 설문을 반영하여 연구의 타당성을 확보하는 것이다.

### 감사의 글

연구는 국토교통부가 주관하고, 국토교통과학기술진흥원에서 시행하는 국토교통기술촉진연구사업(16CTAP-B080352-03) 지원을 받아 수행함.

### References

- Abdelhamid, T. S., and Everett, J. G. (2000). "Identifying root causes of construction accidents" *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(1), pp. 52-60.
- Ajzen, I. (1991). "The theory of planned behavior." *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), pp. 179-211.
- Bohm, J., and Harris, D. (2010). "Risk perception and risk-taking behavior of construction site dumper drivers." *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(1), pp. 55-67.
- Carter, G., and Smith, S. D. (2006). "Safety hazard identification on construction projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(2), pp. 197-205.
- Chi, S., Han, S., and Kim, D. Y. (2012). "Relationship

- between unsafe working conditions and workers' behavior and impact of working conditions on injury severity in US construction industry." *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(7), pp. 826–838.
- Choudhry, R. M., and Fang, D. (2008). "Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites." *Saf. Sci.*, 46(4), pp. 566–584.
- Choudhry, R. M., Fang, D., and Mohamed, S. (2007). "Developing a model of construction safety culture." *Journal of management in engineering*.
- Cooke, D. L. (2003). "A system dynamics analysis of the Westray mine disaster." *System Dynamics Review*, 19(2), pp. 139–166.
- DeJoy, D. M. (2005). "Behavior change versus culture change: Divergent approaches to managing workplace safety." *Saf. Sci.*, 43(2), pp. 105–129.
- Donald, I., and Young, S. (1996). "Managing safety: an attitudinal-based approach to improving safety in organizations." *Leadership & Organization Development Journal*, 17(4), pp. 13–20.
- Fang, D., Zhao, C., and Zhang, M. (2016). "A Cognitive Model of Construction Workers' Unsafe Behaviors." *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016039.
- Forrester, J. (1961). "W.(1961). Industrial Dynamics." Cambridge: MIT Press.
- Geller, E. S. (2016). *The psychology of safety handbook*, CRC press.
- Gerrig, R. J., Zimbardo, P. G., Campbell, A. J., Cumming, S. R., and Wilkes, F. J. (2011). *Psychology and life*, Pearson Higher Education AU.
- Goetsch, D. L. (2009). *Construction safety and the OSHA standards*, Prentice Hall.
- Gordon, R. P., Flin, R. H., Mearns, K., and Fleming, M. T. "Assessing the human factors causes of accidents in the offshore oil industry." *Proc., SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference*, Society of Petroleum Engineers.
- Gould, F. E., and Joyce, N. E. (2009). *Construction project management*, Prentice Hall.
- Hadikusumo, B., and Rowlinson, S. (2004). "Capturing safety knowledge using design-for-safety-process tool." *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(2), pp. 281–289.
- Hallowell, M. R. (2011). "Safety-knowledge management in American construction organizations." *Journal of Management in Engineering*, 28(2), pp. 203–211.
- Haslam, R. A., Hide, S. A., Gibb, A. G., Gyi, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., and Duff, A. (2005). "Contributing factors in construction accidents." *Applied ergonomics*, 36(4), pp. 401–415.
- Heinrich, H. (1959). "Industrial accident prevention." London: McGraw Hill.
- Heinrich, H. W., Petersen, D. C., Roos, N. R., and Hazlett, S. (1980). *Industrial accident prevention: A safety management approach*, McGraw-Hill Companies.
- Health and Safety Executive (2015). "Briefing note no 7 - safety culture." <<http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/culture.htm>> (Jan. 3, 2016)
- Jiang, Z., Fang, D., and Zhang, M. (2014). "Understanding the causation of construction workers' unsafe behaviors based on system dynamics modeling." *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04014099.
- Kim, H., Lee, H.-S., Park, M., Chung, B., and Hwang, S. (2013). "Information retrieval framework for hazard identification in construction." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(3), 04014052.
- Kim, J.-H., Lee, H.-S., Park, M., and Lee, S. (2016). "A Dynamic Approach for Evaluating the Validity of Boosting Pocliies for Green Standard for Energy and Environmental Design Certification." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 17(1), pp. 28–39.
- Langford, D., Rowlinson, S., and Sawacha, E. (2000). "Safety behaviour and safety management: its influence on the attitudes of workers in the UK construction industry." *Engineering Construction and Architectural Management*, 7(2), pp. 133–140.
- Lee, H.-S., Kim, H., Park, M., Ai Lin Teo, E., and Lee, K.-P. (2011). "Construction risk assessment using site influence factors." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(3), pp. 319–330.
- Lee, H.-S., Lee, K.-P., Park, M., Baek, Y., and Lee, S. (2011). "RFID-based real-time locating system for construction safety management." *Journal of*

- Computing in Civil Engineering*, 26(3), pp. 366–377.
- Mearns, K., and Flin, R. (1995). "Risk perception and attitudes to safety by personnel in the offshore oil and gas industry: a review." *Journal of loss prevention in the process industries*, 8(5), pp. 299–305.
- Mitropoulos, P., Abdelhamid, T. S., and Howell, G. A. (2005). "Systems model of construction accident causation." *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(7), pp. 816–825.
- Namian, M., Albert, A., Zuluaga, C. M., and Behm, M. (2016). "Role of Safety Training: Impact on Hazard Recognition and Safety Risk Perception." *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016073.
- Nonaka, I. (2008). *The knowledge-creating company*, Harvard Business Review Press.
- Park, M., Ji, S.-H., Lee, H.-S., and Kim, W. (2009). "Strategies for design-build in Korea using system dynamics modeling." *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(11), pp. 1125–1137.
- Park, M., Kim, E., Lee, H.-S., Lee, K., and Suh, S.-W. (2013). "Real time safety management framework at construction site based on smart mobile." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(4), pp. 3–14.
- Park, M.-S., Ahn, C.-B., Lee, H.-S., and Hwang, S.-J. (2009). "Analysis of the Korean housing market mechanisms and housing sales policies using system dynamics." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 10(3), pp. 42–52.
- Reason, J. (1990). *Human error*, Cambridge university press.
- Reber, R. A., Wallin, J. A., and Chhokar, J. S. (1990). "Improving safety performance with goal setting and feedback." *Human Performance*, 3(1), pp. 51–61.
- Sherehiy, B., and Karwowski, W. (2006). "Knowledge management for occupational safety, health, and ergonomics." *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 16(3), pp. 309–319.
- Shin, M., Lee, H.-S., Park, M., Moon, M., and Han, S. (2014). "A system dynamics approach for modeling construction workers' safety attitudes and behaviors." *Accident Analysis & Prevention*, 68, pp. 95–105.
- Sterman, J. D. J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*.
- Svenson, O. (2001). "Accident and incident analysis based on the accident evolution and barrier function (AEB) model." *Cognition, Technology & Work*, 3(1), pp. 42–52.
- Tam, V. W., and Fung, I. W. (2011). "Behavior, attitude, and perception toward safety culture from mandatory safety training course." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3), pp. 207–213.
- Tixier, A. J.-P., Hallowell, M. R., Albert, A., van Boven, L., and Kleiner, B. M. (2014). "Psychological antecedents of risk-taking behavior in construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(11), 04014052.
- United States Department of Labor (2014). "Bureau of Labor Statistics Reports." <<https://www.osha.gov/oshstats/commonstats.html>> (Mar. 1, 2016)
- Zohar, D. (1980). "Safety climate in industrial organizations: theoretical and applied implications." *J. Appl. Psychol*, 65(1), p. 96.

---

**요약** : 건설재해의 직접적인 원인은 작업자의 불안정한 행동과 작업장의 불안정한 상태로 분류할 수 있다. 그러나 작업자의 불안정한 행동의 원인은 불안정한 상태에 비해 상대적으로 발견이 어렵다. 왜냐하면 불안정한 행동은 개인의 인지과정을 거쳐 순식간에 발생하기 때문이다. 따라서 작업자 인지과정모형을 통해 불안정한 행동의 원인을 밝히고 그 관리방안을 밝히는 것이 본 연구의 목적이다. 작업자의 인지과정모형을 개발하기 위해 피드백 관계를 규명하기에 알맞은 시스템 다이내믹스 방법론을 사용하였다. 개발된 인지과정모형은 작업자가 위험을 인식하지 못하는 그 상황 자체의 위험성에 대하여 강조하였으며 작업자가 위험을 인식 하였더라도 불안정한 행동을 할 수 있음을 나타냈다. 또한 불안정한 행동이 바로 사고로 이어지지 않는다는 습관은 작업자의 안전에 대한 부정적 태도인 태도로 이어진다는 점에 대해서도 규명하였다. 이러한 분석은 건설현장의 안전관리자가 작업자의 인지상태를 관리하는데 도움이 될 것이다.

**키워드** : 시스템 다이내믹스, 인지과정, 불안정한 행동, 재해, 건설관리

---