

타워크레인 사고 위험 지각에 영향을 미치는 위험 요인에 관한 연구(타워크레인 업무유형의 조절효과를 중심으로)

은 남 권* · 김 창 은*

*명지대학교 산업경영공학과

A study on risk factors having effect on perception of tower crane incident risk

(Focusing on the moderating effect of task type).

Nam-Gwon Eun* · Chang-Eun Kim*

*Department of Industrial and Management Engineering, Myoungji University

Abstract

Construction sites have gradually become bigger and bigger according to Korea economic growth. Also use of tower crane and other heavy equipment has been increased. The increased use of heavy equipment like tower crane is leading to fatality incident. This study will verify hazards to influence tower crane incident through structural and positive verification and find which hazard influence incident risk. The result of this study is as follows.

First, while there is a significant difference between safety managers and tower crane operators for working environment, safety management, personal manage among risk factors, we can not find any evidence on the difference in perception of tower crane incident risk between them. Second, task manage risk and personal manage risk has a significant positive effect on perception of tower crane incident risk. Third, while site environment risk has a significant positive moderating effect of task type between risk factors and perception of tower crane incident risk, personal environment risk has a significant negative moderating effect between them.

Keywords : Tower Crane, Risk Factors, Task Type, Hierarchical Logistic Regression analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설현장이 대형화, 복잡화, 최고층화 되어감에 크레인, 리프트, 곤도라, 항타기 등 대형 건설 중장비의 사

용이 점점 늘고 있다. 특히, 타워크레인과의 같은 대형 장비의 사용 증가로 인하여 안전사고도 대형화되고 생명을 잃는 경우가 많아지고 있다. 산업안전공단에서 나온 타워크레인 재해 발생현황의 경향을 보면 다음 <Table 1>과 같다.

† Corresponding Author : Kim Chang-Eun, San 38-2 Nam-dong, Cheoin-gu, youngin-si, Gyeonggi-do, 449-728 Korea Myong Ji University, E-mail: changkim@mju.ac.kr

Received July 18, 2016; Revision Received August 20, 2016; Accepted September 20, 2016.

<Table 1> The Number of Tower Crane Incident during Recent 5 Years.

Category	2009	2010	2011	2012	2013	total
N of Incident	3	2	3	0	3	11
Total Number of Casulty	8	3	3	0	7	21
Number of Deceased	6	3	3	0	4	16
Number of Injured	2	0	0	0	3	5

표를 보면 타워크레인의 재해발생 건수도 낮고 사망자 수나 부상자 수가 매우 낮지만 재해발생 건수에 비해 사망자 수가 매우 높다는 것을 알 수 있다. 즉, 타워크레인 경우 재해건수는 낮지만 일단 발생을 하면 사망으로 이어질 가능성이 매우 높은 특성을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 또 타워크레인 안전사고의 문제점은 안전사고의 영향력이 건설현장에만 국한되는 것이 아니라 주변 환경에까지 미쳐 초대형 사고의 가능성이 항상 존재하고 있다. 최근 부평역에서 타워크레

인 사건이 그 대표적인 예이다. 부평 복합건물 신축공사 시 타워크레인 설치작업 중 인근 경인선전철 방향으로 전도 되면서 타워크레인 설치를 위해 작업 중이던 이동식 크레인과 경인선전철 동력선이 파손된 사고이다[Figure 1]. 다행히 그 당시 지나가는 전철이 없어 초대형 사고로까지 이어지지는 않았지만 타워크레인 안전사고의 대형화 가능성을 보여주는 대표적인 사례로 꼽을 수 있다.



[Figure 1] Incident of Tower Crane at Bupyeong Substation

또한 이해석(2014) 연구에 따르면 인명 피해가 없는 재해까지 포함하여 2007년부터 2011까지 건설장비별 재해 발생 현황을 보면 타워크레인에 의한 재

해 사고가 리프트, 지게차보다 많이 발생하고 있다는 것을 알 수 있다<Table2>.

<Table 2> The Number of Incident by Types of Construction Facilities.

Year	Excavator	Lift	Folk Lift	Tower Crane
2007	0	2	7	15
2008	2	2	10	1
2009	10	1	2	5
2010	13	2	3	4
2011	10	1	3	6
total	35	8	25	31

이와 같이 건설현장에서 타워크레인의 안전문제가 중요하게 됨에 따라 이에 관한 연구도 활발히 진행되고 있지만 타워크레인 안전사고에 영향을 미치는 위험요소에 따라 구조적이고 실증적인 분석은 아직 시도되고 있지 않다. 또한 타워크레인 안전사고에 대한 안전관리자와 타워크레인 운전원간의 원활한 소통을 위해서 양자간의 인식차이에 대한 연구가 시급함에도 불구하고 이에 관한 연구는 전혀 진행되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 안전관리자와 타워크레인 운전원간에 타워크레인의 안전에 관한 다양한 인식차이를 조사하고 어떤 위험요소가 타워크레인 사고위험에 영향을 미치는지 실증적으로 분석하였다.

2 연구방법 및 대상

2.1 연구모형과 연구가설

이 연구에서 사용한 데이터는 고용노동부 등의 재해 통계 및 정책자료와 산업안전보건법 내용, 선행 연구문헌의 분석 및 통계자료를 참고 인용하였으며, 타워크레인 안전을 위협하는 여러 요인들을 영역별로 분류하여 타워크레인 운전원과 안전관리자에게 설문하였다. 이 요인들이 타워크레인의 안전 위험여부에 미치는 영향을 분석하였다. 독립변수로 타워크레인 안전사고에 영향을 줄 수 있는 요인을 김창은 등(2002), 이명은 등(2001), 윤인수와 강경식(2007) 연구 등을 참조하여 타워크레인 사고위험 지각에 영향을 미칠 수 있는 요인을 작업관리 요인, 기계관리 요인, 현장조건 요인, 작업환경 요인, 안전관리 요인, 인적관리 요인 등 6개 영역으로 나누고 Likert 5점 척도로 측정하였다.

작업관리 요인에는(안전수칙 및 작업공정 미준수, 양중작업 관리 및 주변통제 불량, 기후변화 대처 미흡 등) 타워크레인의 작업 자체에 관련된 위험요인을 말한다.

기계관리 요인은(장비노후, 장비의 구조적 결함, 형식적인 기계 안전점검, 구조부 안전장치 작동불량, 설치 전 장비안정성 미확보 등) 타워크레인 기계에서 발생하는 위험요인을 말한다.

현장조건 요인은(안전시설 및 휴식시간 부족, 작업내용 변경, 타공정 간섭, 돌발성 작업 등) 현장 작업시 안전에 위험을 줄 수 있는 주변환경 요인을 말한다.

작업환경 요인은(과다근무, 야간작업, 작업시간 단축 강요, 작업속도 빠름 강요, 작업지위자의 독촉 등) 타워크레인 사고를 유발시킬 수 있는 노동 환경을 말한다.

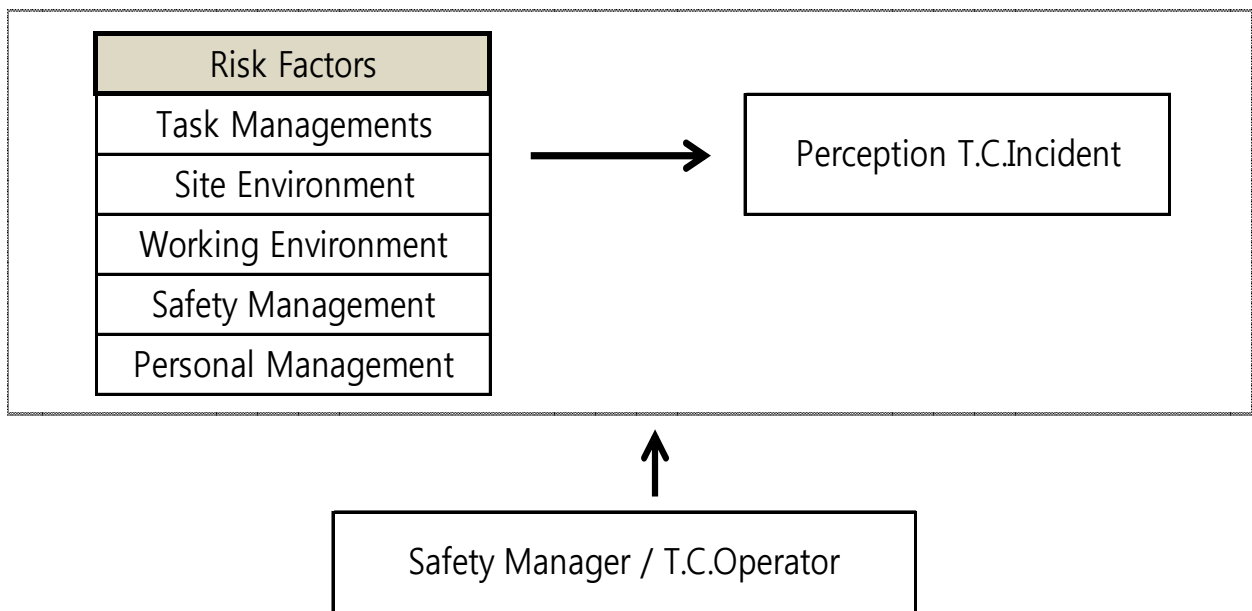
안전관리 요인은(작업 전 작업계획서 미작성, 작업계획서 미검토, 안전교육 미흡, 작업 중 안전점검 미흡, 작업계획서와 다른 작업 등) 타워크레인 작업에 관련된 전반적 안전관리 위험요인을 말한다.

인적관리 요인은(운전원의 기능 및 투입근로자의 기능부족, 관리감독자의 관심 및 안전관리자의 이해부족, 협력사의 장비관리 인력부족 등) 노무적 관점에서 타워크레인의 사고를 유발할 수 있는 항목을 말한다.

또 종속변수로는 심각한 안전사고 위험을 느낀 경우를 1, 그렇지 않는 경우는 0으로 이진변수화 하여 로지스틱 회귀모형을 적용하였다. 또한 조절변수인 업무 유형은 안전관리자의 경우 0, 타워크레인 운전원의 경우 1로 이진변수화하였다. 업무유형별로 타워크레인 사고위험 인지와 이와 관련된 위험요인 평가가 다를 수 있다. 운전원은 사고를 직접 느끼는 당사자이기 때문에 위험에 대해 직접적, 구체적으로 지각하는 반면 안전관리자는 위험을 직접 느끼는 당사자는 아니지만 객관성을 유지할 수 있는 장점이 있다. 또 운전원은 경력이 늘어남에 따라 위험에 대해 관성화, 타성화 되는 경향이 생길 수 있다. 따라서 업무유형별로 따라 사고 위험 인지와 이와 관련된 위험 요인에 대한 평가가 달라질 수 있다. Son & Eun(2013) 연구에서 “전반적인 건설현장 공사주체간 위험성관리 의식에서 차이가 있다” 에서 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

가설 H1. 업무유형에 따라 위험요소 인지에 차이가 있다.
 가설 H2. 업무유형에 따라 타워크레인 사고 위험 인지에 차이가 있다.
 Lee & Nae(2001), Lee(2014), Shim & Rie(2010), Kwon(2015) 연구 결과를 통해서 타워크레인의 구조적 요인, 작업환경, 안전관리 미흡 등 다양한 요인들이 타워크레인 사고를 가져온다고 보고하고 있다. 따라서 타워크레인 위험요인 등이 사고 지각에 유의적인 영향을 미칠 수가 있다. 또 가설 H1과 가설 H2서와 같이 타워크레인 위험요인과 사고 지각간의 관

계가 안전관리자와 운전원간에 차이가 있을 수 있다. 따라서 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.
 가설 H3. 위험요소 인지는 타워크레인 사고 위험 인지에 영향을 미친다.
 가설 H4. 업무유형은 위험요소 인지와 타워크레인 사고 인지간에 조절효과가 있다.
 따라서 본 연구모형은 다음 [figure 2]처럼 도형화 할 수 있다.



[Figure 2] Theoretical Model

2.2 연구대상

설문조사는 국내 건설현장에 종사하는 안전관리자와 타워크레인 운전원 420명을 대상으로 실시하였다. 각 건설현장 책임자에게 설문의 목적과 설문 응답방법을

자세히 설명한 후 건설현장 책임자의 관리하에서 설문 당사자가 직접 응답하도록 하였다. 회수된 설문지 중 분석에 부적절한 2부를 제외한 총 418부를 실증분석에 사용하였다. 설문응답자의 일반적 특성은 다음 <Table 1 3>과 같다.

<Table 3> General Characteristics of Sample

Category	Classification	N	%
Age	<30yr	32	7.7
	<40yr	116	27.8
	<50yr	152	36.4
	<60yr	104	24.9
	>60yr	14	3.3
Marriage Status	unmarried	104	24.9
	married	305	73.1
	etc	8	1.9
Task Type	Safety Managers	310	74.2
	Tower Crane Drivers	108	25.8
Career	<1yr	25	6
	<3yr	38	9.1
	<5yr	43	10.3
	<10yr	93	22.3
	>10yr	218	52.3

표에 의하면 연령별에서는 40대가 전체의 36.4%로 가장 많았고, 그 다음으로 30대가 27.8%, 50대가 24.9%의 순으로 나왔다. 결혼 상태를 보면 미혼이 전체의 24.9%, 기혼이 73.1%로 나왔다. 업무별로 보면

안전관리자가 전체의 74.2%, 타워크레인 운전원이 25.8%로 나왔다. 업무 경력에서는 10년 이상자가 전체의 52.3%로 과반을 넘었고, 그 다음으로 5-10년 경력자가 22.3%, 3-5년 경력자가 10.3%로 나왔다.

2.3 설문도구의 신뢰도와 타당도분석

<Table 4> Result of Factor Analysis

Construct	Items	Factor Loadings	Eigen value	% of Variance	Cumulative %	Cronbach α
Task Management	c1	0.725	3.121	13.571	63.078	0.881
	c2	0.666				
	c3	0.741				
	c4	0.733				
Machinery Management	c6	0.678	3.568	15.511	49.507	0.922
	c7	0.729				
	c8	0.688				
	c9	0.708				
	c10	0.706				
Site Environment	c11	0.714	1.955	8.499	71.577	0.842
	c12	0.818				
Working Environment	c16	0.638	3.925	17.064	17.064	0.928
	c17	0.668				
	c18	0.838				
	c19	0.806				
	c20	0.807				
Safety Management	c21	0.833	3.895	16.933	33.996	0.925
	c22	0.837				
	c23	0.716				
	c24	0.645				
	c25	0.646				
Personal Management	c26	0.765	1.867	8.116	79.693	0.829
	c27	0.668				

<Table 4>는 각 영역별 안전 위험에 대한 측정도구의 신뢰도와 타당도 분석을 위해 요인분석을 하고 신뢰도 분석의 Cronbach α 값을 구한 결과이다. 요인분석시 요인적재값 추정은 주성분 방식을 택하고 회전은 varimax 방식을 택하였다. 부적절한 측정도구 제거 기준은 요인적재값 0.5/0.4 기준을 적용하였다. 요인 분석 결과 작업 관리의 c5 문항, 현장조건이 c13,c14,c15 문항, 인적관리

의 c28, c29, c30 문항은 요인적재값이 0.5 이하로 나와 이 문항들을 제거한 후 요인분석을 다시 실시하였다. 최종 분석결과 요인적재값은 모두 0.5 이상으로 나왔고, 고유값은 모두 1.0 이상, 6개 요인이 설명하는 누적 변동 설명력은 79.603%로 50.0% 이상으로 나왔다. 또 각 구성개념에 해당하는 Cronbach α 값도 모두 0.7 이상으로 나와 측정도구의 신뢰도와 타당도는 양호하게 나왔다.

2.4 자료처리 방법

제시된 연구모형과 연구가설을 검증하기 위해 통계 분석을 실시하였다. 사용된 통계 프로그램은 SPSS 18.0이다. 구체적인 통계방법론은 다음과 같다. 첫째, 표본의 특성과 타워크레인 안전사고 현황을 분석하기 위해 빈도분석을 실시하였다. 둘째, 측정도구의 신뢰도와 타당도 분석을 위해 요인분석(Factor Analysis)을 하고 Cronbach α 값을 구하였다. 셋째, 각 영역별 위

험 요소의 기술통계(Descriptive Statistics)와 상관계수(Correlation Coefficient)를 제시하였다. 넷째, 직무 유형별 위험요소 인지 차이가 있는지 검증하기 위해 t 검증(t-test)을 실시하고 안전사고 위험인지에서 차이가 있는지 검증하기 위해 교차분석(Crosstabs Analysis)을 실시하였다. 현장의 위험요소가 안전사고 위험인지에 미치는 영향과 직무 유형별 조절효과를 검증하기 위해 위계적 로지스틱 회귀분석(Hierarchical Logistic Regression analysis)을 실시하였다.

3. 분석모형

3.1 로지스틱 회귀모형 (Logistic Regression Model)

$$Y = \frac{e^{\sum_i \beta_i x_i}}{1 + e^{\sum_i \beta_i x_i}} + \epsilon$$

여기서 Y는 심각한 안전위험을 느끼는 경우는 1, 그렇지 않은 경우는 0으로 코딩된 이진변수이고 ϵ 는 오차항이다. 또 x_i 는 안전위험 요인이다. β_i 가 양수이면 안전위험 요인인 x_i 가 상승하면 심각한 위험 인지 가능성이 상승하고 음수이면 심각한 위험 인지 가능성이

작업관리 요인, 기계관리 요인, 현장조건 요인, 작업 환경 요인, 안전관리 요인, 인적관리 요인이 심각한 타워크레인 사고 위험 현장에 미치는 영향을 분석하기 위해 로지스틱 회귀모형을 적용하였다. 모형식은 다음과 같다.

낮아지고 0이면 안전위험 요인과 심각한 위험 인지 가능성이 무관한 경우이다. 따라서 통계분석에서 β_i 가 0 인지 아닌지를 검증하게 된다. e^{β_i} 는 오즈비(OR: odds ratio)로 x_i 한 단위 상승할 때 심각한 위험 인지 확률의 변화율을 말한다.

3.2 위계적 로지스틱 회귀모형 (Hierarchical Regression Model)

본 연구에서는 위험 요인과 타워크레인 사고 위험 인지간에 관계에서 안전관리자와 타워크레인 운전자간의 조절효과가 있는지 검증하기 위해 위계적 로지스틱 회귀모형을 적용하였다. 위계적 회귀모형은 독립변수항

에 고차원의 변수가 투입되었을 경우 고차원변수에 포함된 저차원 변수도 독립변수로 들어가야 하는 모형을 의미한다. 위계적 로지스틱 모형은 다음과 같다. 이해를 높이기 위해 독립변수는 X, 조절변수인 안전관리자와 타워크레인 운전자를 표현하는 이진변수 M이라 하면 위계적 로지스틱 회귀분석의 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 M + \beta_3 XM$$

과 같이 된다. 여기서 조절변수인 M의 값이 0인 경우,

위 모형식은

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 X$$

가 되고, 조절변수 M의 값이 1인 경우, 위 모형식은

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 + \beta_3 X = (\beta_0 + \beta_2) + (\beta_1 + \beta_3) X$$

가 된다. 따라서 안전관리자와 타워크레인 운전자간의 차이는

$$\beta_2 + \beta_3 X$$

가 된다. 이때 $\beta_3 X$ 의 β_3 은 조절변수 M간의 상호작용효과(interaction effect), 즉 조절효과로 β_3 가 유

의적으로 0이 아니면 조절변수 M이 독립변수 X와 관련되어 유의적인 조절효과가 있다고 판단한다.

4. 실증분석

4.1. 타워크레인 재해현황

<Table 5> Status of Tower Crane Incidents

Category	Items	N	%
Seriousness of Incident	No	137	33
	Yes	278	67
Number of Casulty	NO	180	47.2
	1 injured	71	18.6
	more than 2 injured	50	13.1
	1 dead	41	10.8
	more than 2 dead	39	10.2
Type of Incident	Fall	75	20.9
	Falling Object	160	44.7
	Collision	53	14.8
	Collapse	33	9.2
	Tripping	14	3.9
	Etc	23	6.4
Most Dangerous Instance	first installation	45	10.9
	Telescoping	91	22
	Lifting Work	132	31.9
	Dismantling Tower Crane	146	35.3

<Table 5>은 타워크레인 재해현황을 조사한 표이다. 사고 심각성에서 심각하지 않다가 전체의 33.0%, 심각하다가 전체의 67.0%로 나왔다. 인명피해를 보면 없는 경우가 47.2%, 1명 부상이 18.6%, 2명 이상 부상이 13.1%, 한 명 사망이 10.8%, 2명 이상 사망이 10.2%로 나왔다. 사고 유형별로 보면 낙하/비레가 전

체의 44.7%로 가장 많았고, 그 다음으로 추락이 20.9%, 충돌/협착이 14.8%, 붕괴/도괴가 9.2%, 전도가 3.9%, 기타가 6.4%로 나왔다. 가장 위험한 순간에서는 타워크레인 해체시가 35.3%, 현장 양중 작업이 31.9%, 추가 인상작업이 22%, 최초 설치가 10.9%로 나왔다.

4.2 기술통계와 상관관계

<Table 6> Descriptive Statistics and Correlation

Variable	Perception of Risk	Task Management	Machinery Management	Site Environment	Working environment	Safety Management	Personal Management
Perception of Risk	1						
Task Management	0.33***	1					
Machinery Management	0.32***	0.72***	1				
Site Environment	0.25***	0.49***	0.61***	1			
Working environment	0.28***	0.6***	0.65***	0.62***	1		
Safety Management	0.31***	0.64***	0.71***	0.62***	0.66***	1	
Personal Management	0.29***	0.61***	0.66***	0.54***	0.61***	0.64***	1
m±sd	0.67±0.47	3.75±0.94	3.53±1.01	2.95±0.96	3.29±1.01	3.09±0.97	3.29±1.09

*** p<.001

<Table 6>는 위험지각과 각 영역별 위험 요인들의 기술통계와 그들간의 상관관계를 보기 위해 Pearson 상관계수를 구해 정리한 표이다. 표에 의하면 영역별 위험 요인들간의 유의적인 정(+)의 상관관계가 있었고, 타워크레인 사고 위험 지각과 각 영역별 안전 위험

지각간에도 유의적인 정(+)의 상관관계가 있었다. 영역별 안전관리 위험 지각 정도를 보면 작업관리가 평균 3.75로 가장 높게 나왔고, 그 다음으로 기계관리가 3.53, 작업환경과 인적관리가 각각 3.29, 안전관리가 평균 3.09, 현장조건이 평균 2.95의 순으로 나왔다.

4.3 가설 1 검증

<Table 7> Difference in Risk Factors between Safety Manager and Tower Crane Operators

risk factor	task type	m	sd	t	p-value
Task Management	manager	3.80	0.90	1.662	0.097
	driver	3.62	1.04		
Machinery Management	manager	3.57	0.94	1.424	0.155
	driver	3.41	1.17		
Site Environment	manager	2.91	0.89	-1.541	0.124
	driver	3.07	1.13		
Working Environment	manager	3.38	0.96	2.915	0.004**
	driver	3.05	1.12		
Safety Management	manager	3.16	0.93	2.454	0.015*
	driver	2.89	1.05		
Personal Management	manager	3.44	1.03	4.702	0.000***
	driver	2.87	1.14		

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

<Table 7>은 타워크레인 안전사고에 영향을 미칠 수 있는 위험요인이 업무 유형별로 유의적인 차이가 있는지 분석하기 위해 t 검증을 실시한 결과이다. 분석 결과 현장환경을 제외하고 안전관리자가 타워크레인 운전원보다 위험 요인에 대해 더 높게 지각하고 있으

나 작업환경(p<.01), 안전관리(p<.05), 인적관리(p<.001)에서 유의적인 차이가 있었고, 작업관리, 기계관리, 현장환경에서는 두 집단의 유의적인 위험 인지 차이가 없었다.

4.4 가설 2 검증

<Table 8> Difference in Perception of Tower Crane Incident between Safety Manager and Tower Crane Driver

task type	no	yes	χ^2	p-value
manager	101	206	0.007	0.934
	(32.9)	(67.1)		
operator	36	72		
	(33.3)	(66.7)		

<Table 8>는 작업 유형별로 심각한 타워크레인 사고 위험 인지에서 유의적인 차이가 있는지 검증하기 위해 교차분석을 실시한 결과이다. 분석결과 안전관리자에서는 심각한 안전사고 위험이 없다고 응답한 사람

이 32.9%. 있다고 응답한 사람이 67.1%로 나왔고, 타워크레인 운전원의 경우 심각한 안전사고 위험이 없다고 응답한 사람이 33.3%, 있다고 응답한 사람이 66.7%로 두 집단간에 유의적인 차이는 없었다.

4.5 가설 3과 가설 4 검증

<Table 9> Result of Hierarchical Regression Analysis

Independent Variables	B	S.E.	Wald	p-value	Exp(B)
Task Management	0.357	0.204	3.070	0.048*	1.430
Machinery Management	-0.035	0.221	0.024	0.876	0.966
Site Environment	-0.200	0.201	0.997	0.318	0.818
Working Environment	0.119	0.194	0.378	0.538	1.127
Safety Management	0.154	0.214	0.516	0.472	1.167
Personal Management	0.433	0.190	5.189	0.023*	1.541
m	-0.537	1.119	0.231	0.631	0.584
Task Management * m	-0.236	0.447	0.279	0.597	0.790
Machinery Management * m	0.563	0.445	1.602	0.206	1.756
Site Environment * m	0.991	0.469	4.466	0.035*	2.693
Working Environment * m	-0.267	0.432	0.382	0.536	0.766
Safety Management * m	-0.059	0.489	0.015	0.904	0.943
Personal Management * m	-0.747	0.371	4.052	0.044*	0.474
Constant	-2.234	0.613	13.293	0.000	0.107
Fitness	-2 Log likelihood=454.379, Nagelkerke R Square=0.205				

* p<.05

M:조절변수

현장 근무자들이 지각하는 각 영역별 안전위험이 타워크레인 위험지각에 미치는 영향을 분석하기 위해 위계적 로지스틱 회귀분석을 하였다<Table 9>. 또 작업 유형의 조절효과를 보기위해 현장 안전관리자는 0, 타워크레인 운전원은 1로 코딩한 다음 각 영역별 위험 요인과의 상호작용항을 만들어 독립변수로 추가 투입 하였다. 로지스틱 분석결과는 table 5와 같다. 작업관리에서는 B=0.357(p<.05), 인적관리에서는 B=0.433(p<.05)로 유의적인 정(+)의 영향력이 있었다. 즉 작업관리나 인적관리에서 위험지각이 상승하면 사고위험 지각도 유의적으로 상승하였다. 또 작업관리에서 오즈비는 1.430, 인적관리 오즈비는 1.541로 작업관리 위험지각 한 단위가 상승하면 사고위험 지각은 1.430배 상승하고 인적관리 위험지각 한 단위가 상승하면 사고 위험 지각은 1.541배 상승하였다.

작업유형의 조절효과를 보면 현장조건에서는 B=0.991(p<.05)로 유의적인 정(+)의 조절효과가 있는 것으로 나온 반면 인적관리에서는 B=-0.747(p<.05)로 유의적인 부(-)의 조절효과가 있는 것으로 나왔다. 즉 현장조건에서는 타워크레인 운전원이 안전관리자보다 현장조건

이 위험요소가 클수록 사고가 일어날 확률이 더 크다고 본 반면, 인적관리에서는 안전관리자가 타워크레인 운전원보다 인적관리 위험 요소가 커지면 안전사고가 일어날 가능성이 더 크다고 보고 있다.

5. 분석

본 연구의 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 영역별 안전관리 위험지각 정도를 보면 작업관리, 기계관리, 작업환경, 인적관리, 안전관리, 현장조건 순으로 나왔다. 각 위험 요소간에 모두 유의적인 정(+)의 상관관계가 있었고, 또 각 위험요소는 타워크레인 안전사고 위험지각과 유의적인 정(+)의 상관관계가 있었다.

둘째, 전반적으로 안전관리자가 타워크레인 운전원보다 위험요인에 대해 더 높게 지각하고 있었고, 작업환경, 안전관리, 인적관리에서 유의적인 차이가 있었다, 그러나 타워크레인 사고위험 지각에서는 유의적인 차이가 없었다.

셋째, 위험요소가 타워크레인 사고지각에 미치는 영

향을 살펴보면 작업관리와 인적관리가 유의적인 정(+)의 영향력이 있었고, 업무유형에 따른 조절효과를 보면 현장조건에서는 유의적인 정(+)의 조절효과가 있었고, 인적관리에서는 유의적인 부(-)의 조절효과가 있었다. 즉, 작업관리 위험요인은 타워크레인 안전사고에 정(+)의 영향력이 있었으나 안전관리자와 운전원간에 영향력의 유의적인 차이가 없었다. 현장조건에서는 전체적으로 타워크레인 안전사고에 미치는 영향은 없었으나 운전원이 안전관리자보다 현장조건이 위험요소가 클수록 타워크레인 안전사고가 일어날 가능성이 유의적으로 더 크게 나왔다. 인적관리 위험요인은 타워크레인 안전사고에 정(+)의 영향력이 있었고, 또 안전관리자가 운전원 보다 인적관리 위험요소가 커지면 타워크레인 안전사고가 일어날 가능성이 더 크다고 보고 있다.

6. 결 론

건설현장이 점점 대형화, 복잡화, 최고층화 되어감에 타워크레인 등 대형 중장비의 사용이 점점 늘고 있다. 타워크레인의 경우 구조상으로 안전사고의 위험이 크고 또 사고가 발생하면 대형 중대재해로 진행될 가능성이 높다. 이에 타워크레인의 사고가능성을 줄일 수 있는 구조적 요인을 파악하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구의 분석결과가 함의하는 바를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 타워크레인 안전위험에 대해서는 안전관리자나 운전원간에 차이가 없었지만 위험요소는 전반적으로 안전관리자가 더 심각하게 느꼈다. 운전원의 입장에서는 사고는 자신에게 즉각적인 위험으로 다가오기 때문에 안전관리자와 비교해서 그 차이가 없지만 위험 요소에서는 현장경력이 쌓여감에 따라 사고위험성에 도리어 타성화되고 둔감해 질 수 있다. 따라서 위험요소에 대한 운전원의 평가를 전적으로 신뢰해서는 안된다고 본다. 특히 작업관리, 기계관리에 대한 위험요소 평가가 상대적으로 높게 나왔기 때문에 이 영역 안전관리에 철저한 준비가 되어 있어야 한다.

둘째, 위험요소는 개별적으로는 타워크레인 사고위험 지각과 유의적인 상관관계가 있지만 로지스틱 회귀 분석에서는 작업관리와 인적관리 위험요소만 유의적인 영향력이 있는 것으로 나왔다. 이 결과는 위험수준이 높은현장은 전반적으로 모든 위험요소에서 그 수준이 높고, 위험수준이 낮은현장은 전반적으로 모든 위험요소에서 낮다는 것을 암시한다. 개별 건설현장에 타워크레인 위험요소에 대한 평가가 실시되어 고위험현장에 대한 더 철저한 관리와 교육이 실시되어야 한다.

셋째, 작업관리와 인적관리는 위험수준이 올라가면

타워크레인 안전사고에 유의적으로 올라가기 때문에 특히 이 영역에서 안전관리를 철저히 해야 하고 타워크레인 안전사고를 줄이려면 이 영역의 위험을 낮추는 것이 가장 효율적이다. 또한 안전관리자와 운전원간의 위험에 대한 인식차이가 많이 있기 때문에 현장에서 안전관리자와 운전원간의 원활한 의사소통이 중요하다.

6. References

- [1] Kim Chang Eun, Lee Weon Geun & Yoon San Ha(2002), "A Study on The Development of Safety Estimation Program for Tower Crane.", K. Korea Saf, Manag. Sci., 4(2):43-56.
- [2] Korea industry Safety(2015), A Case Study and Safety of Tower Crane Incidents.
- [3] Kwon, Oh-man(2015), Deduction of Incident Cause for Tower-crane using FMEA Method.
- [4] Kyu-hyung Shim, Dong-ho Rie(2010), "A Quantitative Risk Analysis of Related to Tower Crane Using the FMEA.", Journal of the KOSOS, 25(6):34-39.
- [5] Lee, Hae-Suk(2014), A Study on the Control and Analysis for Cause of Tower Crane Incident, Master Thesis, Seoul National University of Science & Technology.
- [6] Myeoung-Gu Lee, Min-Lae Ru(2001), "Structural Analysis for the Collapse Accident of Tower Crane.", Journal of the KIIS, 16(4):147-152.
- [7] Son, K. S. & Eun, N. K.(2013), "Weighting Factors of Consciousness between Main and Sub Contractor for Establishing and Effective Risk Management in Construct Industry.", Journal of the Korean Society of Safety, 28(4):72-80.
- [8] Seo-Yeon Choi, Kee-Hong Cho, Dong-Hyun Park, Byung-Gil Choi(2015), "A study on the work environment and incident exposure status of Tower Crane workers.", K. Korea Saf, Manag. Sci, 71(3):115-123.
- [9] Yoon In Soo, Kang Kyung Sik(2007), "A Study on the Safety Inspection System Model of the Tower Crane a Construction Site in Korea.", 9(1):37-49.

저자 소개

김창은



고려대학교 산업경영공학과에서 학사, TEXAS A&M 산업경영공학과에서 석사, 박사 학위를 취득하였다. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수.

관심분야는 경제성공학, 경영혁신, 6시그마, ERP 등 임

은남권



조선대학교 산업공학과에서 학사, 서울과학기술대학교에서 석사 학위를 취득하였다. 현재 명지대학교 산업경영공학과 박사과정에 있으며, 대림산업에 경영지원본부 안전보건팀에서 근무함.

관심분야는 안전공학, 건설안전 등 임