

# 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델 개발 - 일반건설공사(갑)의 공사비 50억미만 공사를 대상으로 -

염동준<sup>1</sup> · 이미영<sup>1</sup> · 오세욱<sup>2</sup> · 한승우<sup>1</sup> · 김영석\*

<sup>1</sup>인하대학교 건축공학과 · <sup>2</sup>(재)한국조달연구원

## Development of a Safety and Health Expense Prediction Model in the Construction Industry

Yeom, Dong Jun<sup>1</sup>, Lee, Mi Young<sup>2</sup>, Oh, Se Wook<sup>2</sup>, Han, Seung Woo<sup>1</sup>, Kim, Young Suk\*

<sup>1</sup>Department of Architectural Engineering, Inha University

<sup>2</sup>Korea Institute of Procurement

**Abstract :** The importance of the appropriate use and procurement of Safety and Health Expense has been increasing along with the recent increase of construction projects in height, size and complexity. However, the current standards for deducting the Safety and Health Expense have shown limitations in applying the properties and environment of the construction project due to its Safety and Health Expense Rate's classification method. Therefore, the purpose of this study is to develop a prediction model for the Safety and Health Expense that enables the consideration of different environment and properties of construction projects. The study uses multiple regression analysis to analyze the Safety and Health Expense of Ordinary(A) of less than 0.5 billion WON. The research results have shown that the use of multiple regression analysis reduces the error rate to 4.38% which the current standard calculation method have shown 18.48%. Therefore, the use of the suggested model provides reliable Safety and Health Expense prediction values that considers the properties of the project. It is expected that the results of this study contributes to the effective safety management by providing the appropriate amount of Safety and Health Expense to the project. In this study, only projects of less than 5 billion WON have been considered in the analysis. Therefore, more data is required for future studies to suggest an overall Safety and Health Expense prediction model that covers the whole construction industry.

**Keywords :** Safety and Health Expense, MRA(Multiple Regression Analysis), Regression

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설프로젝트가 고층화, 대형화, 복잡화됨에 따라 건설안전에 대한 중요성이 증가하고 있다. 건설프로젝트는 생산위치가 옥외이고, 프로젝트 단위로 이동하며, 현장 근로자의 작업 변화가 일정하지 않다는 특성을 가지고 있기 때문에 일반적인 제조업의 안전관리와는 달리 동적인 관리개념이 요구된다. 또한 작업 자체의 위험성으로 인해 안전사고 발생 확률 및 작업장에서의 산업재해 위험도가 높으므로(홍정석

2005), 안전관리비의 적절한 사용은 건설 재해율을 감소시키는데 크게 기여할 수 있다(오세욱 2013).

이러한 이유로 건설업 산업안전보건관리비는 고용노동부 「산업안전보건법」 제30조(산업안전보건관리비의 계상) 1항에 근거하여 고용노동부 장관이 정한 고시 기준에 의해 산정된 일정금액을 확보하도록 의무화되어있다. 고시에 따르면 건설업 산업안전보건관리비는 건설 안전관리 중요성에 대한 인식이 증가함에 따라 1988년 요율이 제정된 이후 26년만인 2014년에 상향조정되었다(고용노동부 2014).

그러나 건설 안전관리의 중요성이 증가하고 있음에도 불구하고, 현재 활용되고 있는 건설업 산업안전보건관리비 계상 요율(이하 “요율”)은 공사종류 및 공사비 규모만으로 분류하여, 각각의 건설프로젝트가 지니고 있는 공사의 환경 및 특성을 반영하지 못한 채 일괄적으로 적용된다는 한계점을 지니고 있다. 그러므로 보다 현실적인 건설업 산업안전보건관리

\* Corresponding author: Kim, Young-Suk, Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon 22212, Korea  
E-mail: youngsuk@inha.ac.kr  
Received September 10, 2015; revised September 22, 2015  
accepted September 23, 2015

비의 계상을 위해서는 공사의 종류 및 규모 뿐 아니라, 공사의 환경 및 특성 등 그 밖의 영향요인도 함께 고려되어야 할 것으로 사료된다(오세욱 2013).

따라서 본 연구의 목적은 건설공사의 환경 및 특성이 반영되고 보다 합리적인 건설업 산업안전보건관리비를 산정할 수 있도록 하는 예측 모델을 개발하고, 제시된 예측 모델이 건설업 산업안전보건관리비의 계상을 위한 적절한 산정 기준으로 활용될 수 있는지를 검토하는 것이다. 본 연구를 통해 개발된 건설업 산업안전보건관리비 산정 예측모델이 현업에 적용될 경우 보다 합리적인 건설업 산업안전보건관리비 예측이 가능하게 됨으로써 건설현장에서는 적정수준의 건설업 산업안전보건관리비를 확보할 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로는 안전관리 업무의 효율성 제고 또한 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델 개발을 위한 초기 단계의 연구로서, 건설공사의 특성이 명확하게 구분되는 일반건설공사(갑) 중에서 공사비 규모 50억 미만의 현장에 대한 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델을 개발하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다. 본 연구를 위한 방법은 아래 Fig. 1과 같다.

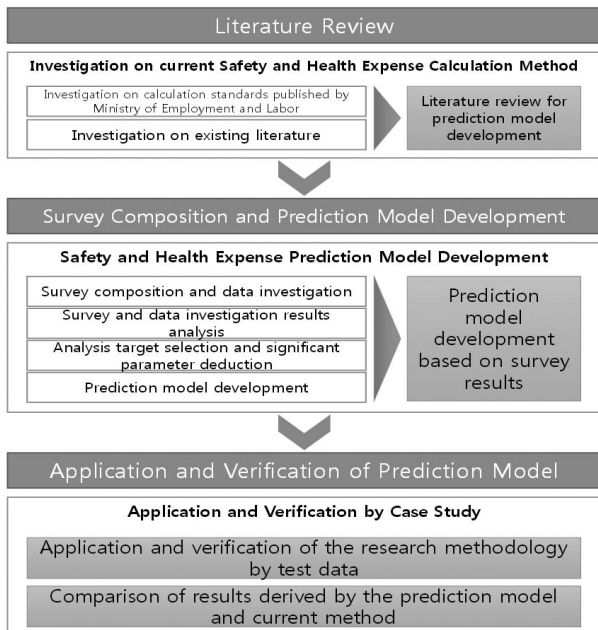


Fig. 1. Research methodology and flow

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 건설업 산업안전보건관리비의 계상 기준

건설업 산업안전보건관리비(이하 “건설안전관리비”)는 공사원가의 간접공사비 중 현장경비에 속하는 항목으로, 작업현장에서의 산업재해 및 건강장해 예방을 위해 법령에 의거

요구되는 비용을 의미하며(기획재정부 2014), 안전관리자 등 인건비 및 각종수당, 안전시설비 등, 개인보호구 및 안전장비 구입비 등, 안전진단비 등, 안전보건교육 및 행사 등, 근로자 건강관리비 등, 기술지도비, 본사사용비의 8개 항목으로 구분하여 집행할 수 있다(고용노동부 2014).

현재 건설안전관리비는 공사원가 중 재료비, 노무비, 경비를 합산하여 계상하는 직접경비에 일정요율을 적용하여 산정하고 있으며, 여기서 일정요율은 고용노동부 고시 제2014-37호 「건설업 건설안전관리비 계상 및 사용 기준」 별표 1에서 제시하는 공사종류 및 규모별 요율로 구성된 계상기준표에 따른다(Table 1).

Table 1. Current standards for calculating the Safety and Health Expense (Ministry of Employment and Labor 2014)

(Unit : ₩1,000)

Construction Type	Total Cost Below ₩0.5billion	₩0.5~₩5billion		Above ₩5billion
		Rate(X)	Base Cost(C)	
ordinary(A)	2.93%	1.86%	5,349,000	1.97%
ordinary(B)	3.09%	1.99%	5,499,000	2.10%
heavy construction	3.43%	2.35%	5,400,000	2.44%
railroad/track construction	2.45%	1.57%	4,411,000	1.66%
other	1.85%	1.20%	3,250,000	1.27%

\*Note: The Safety and Health Expense of project cost ₩0.5~₩5 billion is calculated by the following formula:

$$\text{Safety and Health Expense} = \text{Project Total Cost} \times X + C$$

여기서 5개의 공사종류 구분에 대한 시설물의 예시는 「건설업 건설안전관리비 계상 및 사용기준」 별표 5에 근거에 의하며 아래 Table 2의 예시와 같다.

Table 2. Facilities defined by different types of construction projects (Ministry of Employment and Labor 2014)

Construction Type	facilities examples
ordinary(A)	Building(apartment, school, hall, gym, office, department, shop, factory, power plant, research institute, hospital, monument, station, wooden building etc.), Building related facilities construction, Civil(bridge, pavement), Repair of railway track, Dismantling and demolition of the workpiece, Dredging and reclamation, Airfield and stadium creation etc.
ordinary(B)	Installation for the various mechanical devices and instruments, Ropeway construction, Thermal and nuclear power generation facility construction, Lifts and escalators installation work, Pollution prevention and waste water treatment facility construction, Communication equipment construction etc.
heavy construction	High dike(dam) new construction, Hydroelectric power plant facility construction, New construction tunnel etc.
railroad/track construction	On railway or tramway new construction and includes construction
other	Single projects such as: Dredging, Landscaping, Residential land development, Pavement, Electrical engineering, Information and Communication construction

## 2.2 국외 건설안전관리비 산정 기준

본 연구에서는 국내에서 적용되는 건설안전관리비의 계상 기준 외에도 국외에서 적용되고 있는 건설안전관리비 계상 방법에 대한 분석을 수행하였다. 건설안전관리비 계상방식을 보유하고 있는 6개 국가(러시아, 일본, 미국, 영국, 독일, 스위스)의 건설안전관리비 계상방식을 조사하였으며, 그 내용은 아래 Table 3과 같다.

Table 3. Existing standards of Safety and Health Expense calculation method

	legislation ordinance law	labor related department												
Russia	The Labor Code of the Russian Federation (N197- Federal law) The Article 226, The Article 217	Ministry of Healthcare of the Russian Federation (MHSD)												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Fixed ratio of 0.2% regardless project total cost (Kim, 2011)													
Japan	legislation ordinance law	labor related department												
	Industrial Safety and Health Law	Ministry of Labor												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Example of Common Temporary Cost Estimation (Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2012)													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Construction costs</th> <th>Below ¥10million</th> <th>Above ¥10million</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>common</td> <td>Max</td> <td>4.33%</td> <td><math>5.78 \times P^{-0.0313}</math></td> </tr> <tr> <td>temporary cost</td> <td>Min</td> <td>3.25%</td> <td><math>4.34 \times P^{-0.0313}</math></td> </tr> </tbody> </table>		Construction costs		Below ¥10million	Above ¥10million	common	Max	4.33%	$5.78 \times P^{-0.0313}$	temporary cost	Min	3.25%	$4.34 \times P^{-0.0313}$
	Construction costs		Below ¥10million	Above ¥10million										
	common	Max	4.33%	$5.78 \times P^{-0.0313}$										
	temporary cost	Min	3.25%	$4.34 \times P^{-0.0313}$										
	Formula : $Kr=7.56 \times P^{-0.1105} \times T^{0.2389}$													
	Kr : common temporary rate(%)													
P : direct construction cost (¥1,000, T(Duration/month))														
US	legislation ordinance law	labor related department												
	Industrial Safety and Health Law and Federal rules (OSHA, 29 CFR)	Occupational Safety and Health Administration (OSHA)												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Calculated by using similar projects as a reference(Park, 2006)													
UK	legislation ordinance law	labor related department												
	Industrial Safety and Health Law and Sub-regulation (HSA, CDM)	Health and Safety Executive (HSE)												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Calculated by deducting operations that require Safety and Health Expense and multiplied by unit cost (Park, 2006)													
Germany	legislation ordinance law	labor related department												
	Industrial Safety and Health Law and Accident Prevention Regulations (ASIG, UVV)	Federal Ministry of Labour and Social Affairs (BMA), Construction Accident Insurance Fund												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Calculated by multiplying rates published by construction accident insurance fund (Park, 2006)													
Switzerland	legislation ordinance law	labor related department												
	Swiss Federal Labor Law Article 6	Suva Accident Insurance (SUVA)												
	Safety and Health Expense Calculation method													
	Safety and Health Expense calculation method in Switzerland (Son, 2005)													
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Apartment</td> <td>1.0%</td> </tr> <tr> <td>Office</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>Tunnel</td> <td>1.0%</td> </tr> <tr> <td>Dam</td> <td>0.1%</td> </tr> <tr> <td>Industrial facilities</td> <td>0.5%</td> </tr> </tbody> </table>		Apartment	1.0%	Office	0.2%	Tunnel	1.0%	Dam	0.1%	Industrial facilities	0.5%		
	Apartment	1.0%												
	Office	0.2%												
	Tunnel	1.0%												
	Dam	0.1%												
	Industrial facilities	0.5%												
Compared to the Total Cost regardless of Construction Size														

국의 건설안전관리비 산정 기준에 대한 분석 결과, 러시아, 스위스는 총액대비 요율을 활용하여 국내와 유사한 방식으로 건설안전관리비를 산정하고 있었으며, 미국의 경우는 유사현장의 자료를 활용하여 건설안전관리비를 추정하는 것으로, 영국, 독일은 원가계산을 통한 건설안전관리비 산정을 수행하는 것으로 조사되었다. 건설안전관리비 산정을 위한 별도의 산정방식을 지니고 있는 것은 일본뿐인 것으로 조사 및 분석되었다.

## 2.3 선행연구 분석

국내 건설 안전관리비 관련 연구는 1988년 ‘안전보건관리비 계상 및 사용기준’에 관한 고시가 제정된 이후 건설 안전에 대한 관심이 높아짐에 따라 건설안전관리비 관련 연구가 현재까지 지속적으로 수행되고 있다. 건설안전관리비 산정 관련 선행연구를 분석한 결과는 아래 Table 4와 같다.

Table 4. literature review

Author	Title	Contents
Son, Ki-Sang (2005)	Establishing Appropriate Rate for Standard Safety & Health Management Cost	The study focuses on investigating Safety and Health expenses of 11 representative facilities. Regression analysis and AHP has been used to analyze the occupational safety and health expense rate.
Jung, Myeong-Jin (2011)	The Ways to improve the Appropriation Standards for the Occupational Safety and Health Expenses in Construction	Deducted the limitations of current Safety and Health expenses calculation method by expert interview and survey. The study also suggests an advanced method of calculation.
Oh, Se-Wook (2013)	A Study on the Estimation of Occupational Safety and Health Expense Rate by Safety Environment Change in Construction Industry	The study suggests the occupational safety and health expense rate by analyzing Safety and Health Expense data and suggests the occupational safety and health expense rate for calculation.

\* Note: 11 representative facilities : Construction of Building(apartment, residential complex, hospital, Commercial Building etc.), Plant, Bridge, Tunnel, Port, Water and Wastewater, Road, Electric, Telecommunications, Cultural property repairs, Fire Protection etc.

건설안전관리비 산정 관련 선행연구 분석 결과, 손기상(2005)의 연구는 건설안전관리비를 계상하기 위한 적정요율을 공사금액에 의해 도출할 수 있도록 하는 단순 회귀식만을 제시하는데 그쳤고, 오세욱(2013)의 연구는 현장 실태조사를 통하여 기존의 공사종류 및 규모별 분류에 따른 안전관리비 적정요율을 제시하였으나, 건설안전관리비를 산출하기 위하여 공사금액 이외에 공사별 환경 및 특성이 반영되지 못하는 한계점은 개선하지 못하였다. 또한, 정명진(2011)의 연구는 적정 건설안전관리비 산정을 위한 공사의 분류재정립과 실적데이터 축적에 따른 회귀분석의 필요성을 언급하였으나, 실적데이터의 부재로 인하여 개념적인 방안만을 제시하는데 그쳐 구체적인 변수설정 및 회귀모델 등은 제시하지 못하는 한

계점을 지닌다. 따라서 본 연구에서는 기존 요율에 의한 산정 방식의 한계점을 개선하는데 목적을 두고, 설문을 통해 실제 진행 중인 공사현장의 건설안전관리비 관련 데이터를 수집함으로써 각 건설공사의 환경 및 특성을 변수로 반영할 수 있는 건설안전관리비 산정 모델을 개발하고자 한다.

한편, 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)은 건설 공기, 적정예산, 개산건적 등 다수의 독립변수에 의한 종속변수의 예측을 위해 건설 분야의 연구에서 주로 활용되는 기법으로 다수의 연구를 통해 그 실효성을 입증해온 바, 본 연구의 건설안전관리비 예측모델 개발에 적합한 방법으로 고려되어 본 연구의 예측모델 개발을 위한 주요 방법론으로 다중회귀분석을 선정하였다.

### 3. 자료수집 및 건설안전관리비 예측 모델 개발

#### 3.1 건설안전관리비 자료수집을 위한 설문의 구성

본 연구에서는 건설 프로젝트별 건설안전관리비의 사용실태 및 현황을 조사하기 위해 건설현장 안전관리자를 대상으로 건설안전관리비 관련 설문조사를 수행하였다. 조사대상 현장은 2012년 전국에서 수행된 50억 미만의 공사현장으로 한정하였으며, 조사된 64개의 현장에 대한 건설안전관리비 사용실태 및 안전관리 관련사항을 조사하였다. 조사항목은 아래와 같이 8가지로 구분되며 각각의 특성에 적합한 설문문항을 구성하였다.

##### 1) 총 공사금액(Total Cost)

현행 수행되고 있는 건설안전관리비의 산정은 총 공사금액에 요율을 적용하여 산정하는 방식으로, 총 공사금액은 안전관리비 산정에 있어 가장 중요한 요소 중 하나라고 판단되어 해당항목에 대한 현장별 조사를 수행하였다.

##### 2) 현장별 공정률(Construction Progress)

본 연구에서 조사된 64개의 현장은 현장마다의 공정률이 상이하므로 공정률과 건설안전관리비의 연관성을 판단하기 위해 해당항목에 대한 현장별 조사를 수행하였다.

##### 3) 총 공사기간(Duration)

총 공사기간은 프로젝트에 투입되는 노무 인력, 노무 인력의 위험 노출 시간 등 안전관리 관련사항과 직접적인 연관이 있을 것으로 사료되므로, 해당항목을 건설안전관리비 산정에 미치는 영향요인으로 판단하여 현장별 조사를 수행하였다.

##### 4) 현장별 일평균 출력이원(Daily average labor input)

일일출력이원은 안전관리자의 안전관리 감독 범위, 위험 노출 노무인력의 수 등 안전관리 관련사항과 직접적인 연관이 있을 것으로 사료되므로, 이를 분석결과에 반영할 수 있도록 해당항목에 대한 현장별 조사를 수행하였다.

##### 5) 안전관리자의 현장 경력(Field Experience)

안전관리자의 현장 경력은 안전관리자의 역량을 나타내는 척도로 건설안전관리비 집행에 직접적인 영향을 줄 수 있는 변수이므로, 안전관리자의 현장 경력을 1~3년, 4~7년, 8~11년, 12년 이상의 4가지 범주로 구분하여 현장별 조사를 수행하였다.

##### 6) 안전관리 책임자의 직책(Position)

안전관리 책임자의 직책 또한 안전관리자의 업무 역량을 나타내는 척도이므로 건설안전관리비에 직접적인 영향을 줄 수 있어 안전관리 책임자의 직책을 현장소장, 공사 또는 공무관리자, 안전관리자, 감리감독관, 기타의 5가지 범주로 구분하여 현장별 조사를 수행하였다.

##### 7) 현장의 위험도(Risk Level)

현장에서 안전관리자가 인식하고 있는 현장의 위험도는 건설안전관리비 집행에 있어 직접적인 영향을 줄 수 있을 것으로 사료되므로 안전관리자가 인식하는 해당현장의 위험도를 5점 척도로 구분하여 현장별 조사를 수행하였다.

##### 8) 건설안전관리비(Safety and Health Expense)

본 연구에서는 건설안전관리비 예측 모델을 개발하기 위해 현장별로 실제 집행하였거나, 집행 예정에 있는 건설안전관리비의 총 합, 즉 현장별 실제 건설안전관리비를 조사하였다.

#### 3.2 설문 및 자료조사 결과

2012년 전국에서 수행된 50억 미만 공사 현장에 대한 설문 및 자료조사 결과, 총 64개의 현장 중 설문 응답의 신뢰성이 부족한 8개의 현장을 제외한 56개 현장의 자료가 분석을 위한 데이터로 활용되었다. 설문 및 자료조사 결과를 정리한 것은 아래 Table 5와 같다.

Table 5. Data collection of construction projects of total cost below ₩5billion

No.	Total Cost (₩1,000)	Duration (Month)	Construction progress (%)	Daily average labor input (Man)	Field Experience	position	Risk level	Safety and Health Expense (₩1,000)
1	477,940	5	25	10	4	1	1	9,940
2	400,000	4	80	10	2	1	3	7,400
3	45,000	5	40	8	4	1	3	7,850
4	541,300	5	42	15	2	3	2	15,502
5	396,550	4	80	5	3	2	3	7,700
6	45,000	4	80	7	3	2	3	8,690
...								
54	1,870,000	7	38	15	4	1	1	65,527
55	3,748,000	40	60	20	4	1	2	8,813
56	558,240	12	40	4	4	3	1	11,629

본 연구에서는 조사된 자료의 정규성 검토를 위해 조사된 자료에 대한 기술통계 분석을 수행하였다. 분석결과, 조사된 자료는 종속변수인 건설안전관리비에 대하여 Fig 2와 같이 일정한 정규성을 나타내고는 있으나, 예측 정확도가 높은 회귀모델을 개발하기 위해서는 이상치 제거 등의 자료 재정렬

수행의 필요성이 있는 것으로 판단된다.

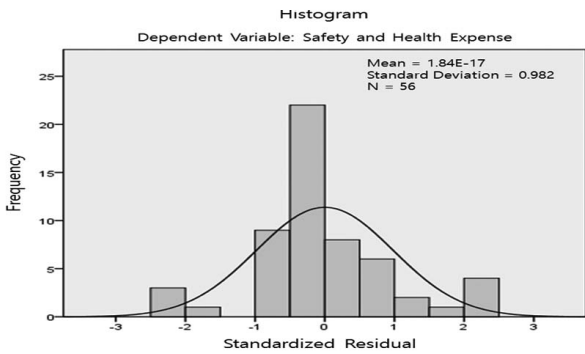


Fig. 2. Histogram of studentized residuals

### 3.3 이상치 제거 및 분석대상 자료 선정

본 연구에서는 건설안전관리비 예측을 위해 수집된 자료를 종속변수와 독립변수로 구분하였다. 또한 안전관리자의 현장 경력, 안전관리 책임자의 직책은 독립변수이면서 명목척도이므로 더미변수로 변경하여 설정하였다(Table 6).

Table 6. Description of collected data

variable	Parameter	Unit	Range	measure
dependent	Safety and Health expense of each construction project	₩1,000	+∞	ratio
	total duration	₩1,000	+∞	ratio
	total duration	Month	+∞	ratio
independent	Construction progress	%	0~100	ratio
	Daily average labor input	Man	+∞	ratio
	Experience of safety manager	-	1~4	dummy
	Position of safety manager	-	1~5	dummy
	Risk ratio	-	1~5	ratio

또한 본 연구에서는 Pearson 상관 계수 분석을 통해 안전관리비에 높은 영향을 주는 변수가 무엇인지를 파악하고, 해당 변수와 안전관리비와의 산점도를 출력하여 이상치를 판단하고자 하였다. 통계 분석에는 IBM SPSS Statistics 18.0 프로그램을 활용하였으며, 앞서 구분된 종속변수와 독립변수를 기반으로 Pearson 상관분석을 수행하였다. Pearson 상관분석 수행결과, 종속변수인 안전관리비와의 상관성이 0.4 이상인 변수는 일평균출력인원(0.624)과 총 공사금액(0.519)의 두 변수인 것으로 분석되었다. 따라서 분석결과를 토대로 종속변수인 안전관리비와 일평균출력인원, 총 공사금액의 대응산점도 각각 도출하고, Fig. 4와 같이 이상치 제거를 수행하였다.

이상치 제거 수행 결과, 총 9건의 데이터(안전관리비와 일평균출력인원과의 대응산점도를 통해 2건, 안전관리비와 총 공사금액과의 대응산점도를 통해 5건, 다시 안전관리비와 일평균출력인원과의 대응산점도를 통해 2건을 제거)가 이상치로 판단되어 제거되었으며, 정렬된 47건의 자료의 표준화된 잔차를 도출하여 절대 값이 3이상인 2개의 자료를 이상치로

판단하여 제거하였다. 이에 따라 총 45건의 현장 데이터가 회귀모델 개발에 사용되었다(Table 7).

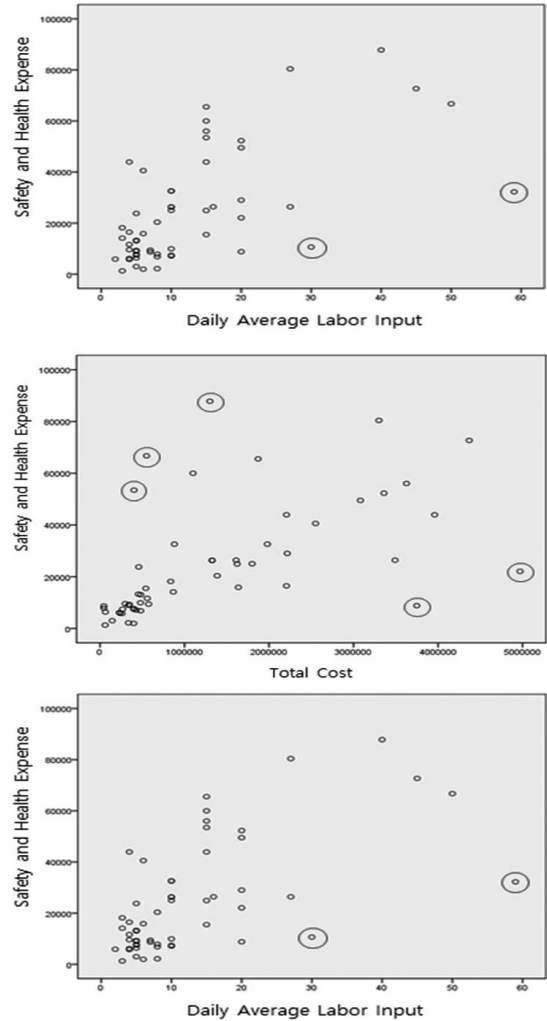


Fig. 4. Scatter plot of selected parameters with safety and Health Expense

Table 7. Data used for developing the prediction model

No.	Total Cost (₩1,000)	Duration (Month)	Construction progress (%)	Daily average labor input (Man)	Field Experience	position	Risk level	Safety and Health Expense (₩1,000)
1	45,000	5	40	8	4	1	3	7,850
2	45,000	4	80	7	3	2	3	8,690
3	62,580	11	75	5	2	2	2	6,366
4	144,180	12	80	5	4	5	1	3,012
5	232,919	16	67	2	4	1	4	5,912
6	259,420	13	35	4	4	1	4	5,773
...								
43	3,960,000	12	100	15	4	1	1	43,928
44	4,368,600	16	90	45	4	1	2	72,679
45	266,730	14	27	5	3	2	4	7,480

### 3.4 예측 모델 도출을 위한 변수선택

본 연구에서는 앞서 상관분석에서 우려되는 다중공선성의 여부를 판단하고, 예측 모델 도출을 위한 적정 변수를 선택하기 위해 먼저 변수선택 방법 중 입력방법을 통해 회귀분석을 수행하였다. 아래 Table 8, 9, 10은 입력방법을 활용한 회귀분석의 결과이다.

Table 8. Multiple regression analysis results using enter method

R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	Durbin-Watson
.940a	.884	.846	2.001

a. Predictive value : (Constant), Risk level, Field Experience4, Position5, Position3, Duration, Construction Progress, Position4, Daily average labor input, Field Experience2, Position2, Total Cost  
 b. independent: Safety and Health Expense

Table 9. Multiple regression analysis results using enter method (analysis of variance)

model	sum of squares	degree of freedom	mean square	F	p-value
regression	1.283E10	11	1.167E9	22.932	0.000a
residual	1.679E9	33	5.087E7		
total	1.451E10	44	-		

a. Predictive value : (Constant), Risk level, Field Experience4, Position5, Position3, Duration, Construction Progress, Position4, Daily average labor input, Field Experience2, Position2, Total Cost  
 b. independent: Safety and Health Expense

Table 10. Multiple regression analysis results using enter method (Coefficient)

independent variables	unstandardized		standardized	t	p-value	multicollinearity statistics	
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF
(Constant)	-5,946	4,894.5	-	-1.215	.233	-	-
Total Cost	.009	.002	.557	4.823	.000	.263	3.809
Duration	726.97	224.85	.247	3.233	.003	.602	1.662
Construction Progress	-10,857	3,596.3	-.195	-3.019	.005	.842	1.187
Daily average labor input	1,344.5	327.80	.411	4.102	.000	.349	2.866
Field Experience2	1,297.3	3,482.6	.029	.373	.712	.583	1.717
Field Experience4	1,598.0	2,898.0	.044	.551	.585	.539	1.857
Position2	1,766.4	2,878.7	.049	.614	.544	.559	1.788
Position3	7,013.5	5,216.2	.097	1.345	.188	.668	1.498
Position4	11,185	8,126.0	.092	1.376	.178	.788	1.269
Position5	-1,985	5,671.5	-.023	-.350	.729	.828	1.208
Risk level	-163.68	1,199.4	-.011	-.136	.892	.559	1.789

분석결과, 회귀모형의 수정된 R<sup>2</sup>는 0.884로 높은 설명력을 나타냈으며, 분산분석 결과 유의확률은 0.000으로 0.05보다 낮게 나타나 유의수준 5% 이내의 통계적으로 유의한 모형인

것으로 분석되었다. 각 독립변수의 회귀계수는 유의확률이 0.05보다 낮은 총공사금액, 공사기간, 공정률, 일평균출력인원의 계수만이 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 또한 공차한계가 0.1보다 작거나, VIF가 10보다 크면 공선성이 존재한다고 할 수 있는데, 본 회귀모형의 경우 도출된 모든 변수에 대해 공선성이 존재하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 예측 모델 도출을 위한 유의한 변수로써 총공사금액, 공사기간, 공정률, 일평균출력인원의 4개의 변수를 선택하였으며, 회귀 모형의 정확성을 높이기 위해 단계선택 방법을 통해 최종 회귀분석을 수행하였다.

### 3.5 건설안전관리비 예측 모델의 개발

본 연구에서는 단계선택 방법을 활용하여 최종 회귀모델 도출을 위한 다중회귀분석의 종속변수, 독립변수를 Table 6과 같이 동일하게 입력하여 분석을 수행하였다.

단계선택 방법을 활용한 결과, Table 11과 같이 4가지 선형회귀모형이 도출되었다. 도출된 각 단계별 회귀모형의 수정된 R<sup>2</sup>값이 R<sup>2</sup>값과 큰 차이를 보이지 않기 때문에 4가지 선형회귀모형 모두 독립변수가 종속변수를 충분히 잘 설명하고 있는 것으로 판단된다. 단계 선택방법을 활용할 경우 중요도가 낮은 변수가 중간 단계에서 제거될 수 있지만 본 회귀분석에서는 앞서 변수선택에서 선택된 4가지 변수가 모두 반영된 회귀모형이 도출되어 유의한 변수를 모두 포함한 것으로 판단할 수 있다. 자기상관 여부를 판단하는 Durbin-Watson 값 또한 2.058로 2에 근사하므로 자기상관이 존재하지 않는다고 판단할 수 있다. 4가지 회귀모형에 대한 모형 적합도 검정을 위해 분산분석을 수행한 결과는 아래 Table 12와 같다.

Table 11. Multiple regression analysis results using Stepwise Method

Step	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	standard error	Durbin-Watson
1	.848a	.719	.712	9,745.927	-
2	.880b	.774	.763	8,839.502	
3	.911c	.830	.818	7,756.512	
4	.932d	.869	.856	6,886.192	

a. Predictive value : (Constant), Total Cost  
 b. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input  
 c. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input, Duration  
 d. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input, Duration, Construction Progress  
 e. independent: Safety and Health Expense

Table 12. Multiple regression analysis results using Stepwise Method(analysis of variance)

step	model	sum of squares	degree of freedom	mean square	F	p-value
1	regression	1.048E10	1	1.043E10	109.774	.000a
	residual	4.084E9	43	9.498E7		
	total	1.451E10	44			

2	regression	1.123E10	2	5.615E9	71.856	.000b
	residual	3.282E9	42	7.814E7		
	total	1.451E10	44			
3	regression	1.204E10	3	4.015E9	66.731	.000c
	residual	2.467E9	41	6.016E7		
	total	1.451E10	44			
4	regression	1.261E10	4	3.154E9	66.503	.000d
	residual	1.897E9	40	4.742E7		
	total	1.451E10	44			

a. Predictive value : (Constant), Total Cost  
 b. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input  
 c. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input, Duration  
 d. Predictive value : (Constant), Total Cost, Daily average labor input, Duration, Construction Progress  
 e. independent: Safety and Health Expense

분산분석 결과, 4가지 모형 모두 0.000의 유의확률이 도출되었으며, 이는 4개의 모형 모두 종속변수를 설명하기에 적합한 모델임을 의미한다. 따라서 4가지 모형이 모두 건설안전관리비 예측에 사용가능하나, 본 연구에서는 다양한 독립변수가 적용되어 다양한 공사의 환경 및 특성을 반영할 수 있고, 건설안전관리비에 대한 설명력을 나타내는 수정된 R<sup>2</sup>값이 가장 높은 모형 4를 최종 모형으로 선정하였다. 최종 모형에 대한 계수는 아래 Table 13과 같다.

Table 13. Multiple regression analysis results using Stepwise Method(Model 4)

independent variables	unstandardized		standardized	t	p-value	multicollinearity statistics	
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF
(Constant)	-4,878.581	3,022.68		-1.614	.114		
Total Cost	.009	.001	.514	6.160	.000	.469	2.133
Daily Average Labor Input	1,469.859	266.687	.449	5.512	.000	.491	2.035
Duration	816.896	182.206	.277	4.483	.000	.854	1.171
Construction Progress	-11,368.523	3,279.27	-.204	-3.467	.001	.944	1.059

본 연구를 통해 도출된 최종 모형은 공차가 0.1보다 크고, VIF값이 10보다 작으므로 공선성의 문제는 존재하지 않는 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 최종적으로 도출된 건설안전관리비 예측 모델은 아래 식 1과 같다.

$$\begin{aligned}
 T = & -4,878.581 + (0.009 \times Total\ Cost) \\
 & + (1,469.859 \times Daily\ Average\ Labor\ Input) \\
 & + (816.896 \times Duration) \\
 & - (11,368.523 \times Construction\ progress)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

(Unit : ₩1,000)

여기에서 T는 건설안전관리비 예측 값이고, 예측 모델에 반영된 변수는 총공사금액, 일평균출력인원, 공사기간, 공정률을 구성된다. 종속변수인 건설안전관리비와 독립변수인 총

공사금액의 단위는 천원이며, 일평균출력인원의 단위는 인, 공사기간의 단위는 개월이다. 또한 공정률의 단위는 %로 0~1사이의 값을 가진다.

도출된 회귀식에 의하면 독립변수인 총공사금액, 일평균출력인원, 공사기간은 종속변수인 건설안전관리비와 양의 상관관계를 가지고 있으므로, 총공사금액, 일평균출력인원, 공사기간이 증가할수록 건설안전관리비가 증가하는 것으로 분석되었다. 반면, 독립변수인 공정률은 종속변수인 건설안전관리비와 음의 상관관계를 가지는 것으로 도출되었다. 또한, 표준화 계수 Beta 값에 따라 총공사금액, 일평균출력인원, 공사기간, 공정률의 순으로 예측되는 건설안전관리비에 영향을 주는 정도가 큰 것으로 분석되었다.

본 예측 모델을 활용할 경우 정확한 예측에 어려움을 가지고 있던 건설안전관리비를 건설 프로젝트의 초기단계부터 현행 적정요율 방식 보다 정확하게 예측할 수 있을 것으로 기대되며, 이에 따라 건설 프로젝트에서 안전에 대한 신뢰성이 보다 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

## 4. 건설안전관리비 예측 모델의 적용 및 검증

### 4.1 사례 적용을 통한 건설안전관리비 예측 모델의 타당성 검증

본 연구에서는 앞서 건설공사 건설안전관리비 예측 모델의 검증을 위해 모델에 사용된 45건의 자료의 약 10%에 해당하는 5건의 자료를 건설안전관리비 예측 모델의 타당성 검증을 위한 자료로 선정하였다(Table 14).

Table 14. Test data used for verification

No.	Total Cost (₩1,000)	Duration (Month)	Construction progress (%)	Daily average labor input (Man)	Field Experience	position	Risk level	Safety and Health Expense (₩1,000)
1	232,919	16	.67	2	4	1	4	5,911.5
2	1,980,000	10	.25	10	2	2	1	32,580
3	3,330,000	24	.87	27	4	2	3	80,400
4	3,360,000	10	.75	20	3	1	1	52,300.8
5	3,626,290	14	.65	16	2	2	2	56,025

Table 14의 자료에 본 연구를 통해 도출된 예측 모델을 적용하여 건설안전관리비를 산출하고, 이를 실제 소요된 건설안전관리비 금액과 비교분석하여 예측 모델의 정확성을 검증하고자 한다. Table 15-(B)는 검증을 위한 5건의 현장 데이터에 예측 모델을 적용한 결과이다. 또한 본 연구에서는 예측 모델을 통해 산출된 건설안전관리비와 실제 소요된 건설안전관리비의 비교를 통한 오차율 및 예측의 상한/하한을 다음 Table 15-(C)와 같이 도출하였다.

Table 15. Comparison of research methodology with current calculation standards

No.	(A) Actual Cost	(B) Calculation formula (Regression Model)	Prediction using regression model	(C)		(D)		
				95% confidence interval		Error Rate between actual Cost and prediction using regression model	Prediction using current standards	Error Rate between actual Cost and calculation using current standards
				Lower	Upper			
1	5,911.5	$T = -4878.581 + 0.009 \times 232,919 + 1469.859 \times 2 + 816.896 \times 16 - 11368.523 \times .67$	5,610.83	1,576.89	9,462.53	5.1%	6,824.52	15.44%
2	32,580	$T = -4878.581 + 0.009 \times 1,980,000 + 1469.859 \times 10 + 816.896 \times 10 - 11368.523 \times .25$	32,996.83	28,678.31	35,706.29	1.2%	36,828	13.04%
3	80,400	$T = -4878.581 + 0.009 \times 3,300,000 + 1469.859 \times 27 + 816.896 \times 24 - 11368.523 \times .87$	74,222.50	63,909.87	81,953.33	7.7%	61,380	23.66%
4	52,300.8	$T = -4878.581 + 0.009 \times 3,360,000 + 1469.859 \times 20 + 816.896 \times 10 - 11368.523 \times .75$	54,401.16	47,778.67	58,394.94	4.0%	62,496	19.49%
5	56,025	$T = -4878.581 + 0.009 \times 3,626,290 + 1469.859 \times 15 + 816.896 \times 14 - 11368.523 \times .65$	53,852.91	46,969.94	57,898.83	3.9%	67,448.99	20.39%

(Unit : ₩1,000)

예측 모델의 타당성 검증을 위해 Table 14의 검증군을 대상으로 오차율 및 예측정확도 분석을 실시한 결과, 예측 모델의 평균 오차율 4.38%, 표준편차 2.35%로 도출되었으며, 예측공기에 대한 95% 신뢰구간 내에 실적 안전관리비가 모두 포함되는 것으로 분석되었다. 이는 예측 모델이 기획설계 단계부터 사용가능함을 고려할 때 충분히 신뢰할 수 있는 수준의 예측결과인 것으로 판단된다.

#### 4.2 건설안전관리비 산정요율과의 비교를 통한 검증

본 연구에서는 현행 요율을 통해 산정된 건설안전관리비 (Table 15-(D)), 본 연구의 결과물인 예측 모델을 통해 산정된 건설안전관리비 (Table 15-(B), (C)), 실적 건설안전관리비 (Table 15-(A))간의 비교를 통해 예측 모델의 타당성을 추가적으로 검증하고자 한다.

분석 결과, 본 연구의 예측 모델을 통해 산정된 건설안전관리비(평균 오차율 4.38%, 표준편차 2.35%)는 현행 요율을 통해 산정된 건설안전관리비(평균 오차율 18.40%, 표준편차 4.19%)에 비해 모든 검증군에 대해 높은 예측정확도를 보였다 (Table 15). 특히 현행 요율을 통해 산정된 건설안전관리비는 5개의 사례 중 4개의 사례가 예측 모델의 상한 및 하한 범위에 포함되지 않았으므로 현행 요율은 적절한 건설안전관리비의 산정에 다소 부적절함을 알 수 있다 (Fig. 5).

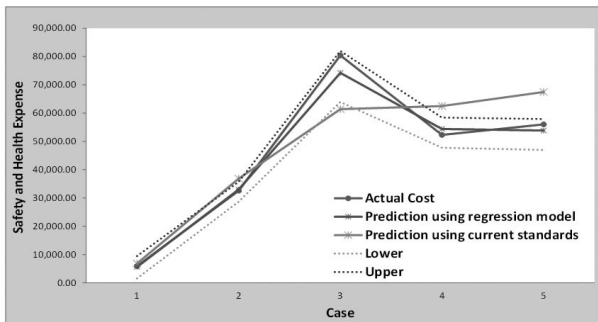


Fig. 5. Comparison of Current standards for calculating the Safety and Health Expense and prediction model

본 연구를 통해 도출된 건설안전관리비 예측 모델은 기준 적정요율을 통해 비합리적으로 산정되던 건설안전관리비의 적정성 판단도구로 활용될 수 있을 것이며, 나아가 추가 연구를 통해 모든 공사 유형 및 규모에 대한 예측 모델을 개발할 경우 현행 요율을 대체하여 건설안전관리비를 산정하는 기준으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 5. 결론

본 연구에서는 건설공사의 환경 및 특성이 반영된 현실적인 건설안전관리비를 산정할 수 있는 예측 모델을 개발하고, 개발된 예측 모델이 건설안전관리비 계상을 위한 적절한 산정 기준으로 활용될 수 있는지 검토하기 위해 1)국내외 건설안전관리비 산정 기준 및 선행연구 분석, 2)64개 건설공사 현장에 대한 설문조사 및 실적자료 수집, 3)건설안전관리비 예측을 위한 주요 요인 도출, 4)다중회귀분석을 활용한 실적자료 기반의 건설안전관리비 예측 모델 개발, 5)개발된 예측모델의 검증을 수행하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 건설안전관리비 계상 기준(요율) 관련 분석 결과, 현행 활용되는 건설안전관리비 산정요율은 공사금액 이외에 각 건설공사가 지닌 환경 및 특성을 반영하지 못하고 있는 것으로 분석되었으며, 선행연구 분석 결과 건설공사의 다양한 환경 및 특성이 반영된 건설안전관리비 예측 회귀모델은 전문한 것으로 분석되었다.

2) 건설안전관리비 예측 모델 개발을 위한 실적자료 수집을 위해 2012년 전국에서 수행된 50억 미만 공사 현장에 대해 설문 및 자료조사를 수행하였으며, 총 64개의 현장 중 예측 값을 포함하고 있는 8개의 현장을 제외한 56개 현장의 자료가 분석을 위한 데이터로 활용되었다.

3) 변수 선택을 위한 상관분석 결과, 일평균출력인원과 총 공사금액의 독립변수가 0.4 이상의 상관계수를 가져, 높은



상관관계를 나타냈으며, 각 변수에 대해 총 11건의 데이터를 이상치로 판단하여 제거하였고, 이에 따라 45건의 현장 데이터가 회귀모델 개발에 사용되었다.

4) 45건의 데이터를 토대로 건설안전관리비 예측 모델을 도출한 결과, 총공사금액, 일평균출력인원, 공사기간, 공정률의 독립변수가 건설안전관리비 예측을 위한 유효한 변수로 분석되었으며, 건설공사의 환경 및 특성 반영이 용이하고, 건설공사 건설안전관리비에 대한 설명력을 나타내는 수정된 R<sup>2</sup> 값이 가장 높은 모형을 건설안전관리비 예측 모델로 선정하였다.

5) 건설안전관리비 적정요율과의 비교를 통한 예측 모델의 검증 결과, 5개의 검증군에 대해 본 연구의 예측 모델을 통해 산정된 건설안전관리비(평균 오차율 4.38%, 표준편차 2.35%)가 현행 요율을 통해 산정된 건설안전관리비(평균 오차율 18.40%, 표준편차 4.19%)에 비해 모든 검증군에 대해 높은 예측정확도를 보이는 것으로 분석되었다.

본 연구를 통해 도출된 결론은 현업에서 비합리적으로 요율에 의해 산정되고 있는 건설안전관리비의 적정성을 판단할 수 있는 도구로 활용될 수 있을 것이며, 개별 프로젝트의 공사 환경 및 특성을 고려한 보다 현실적이고 적절한 규모의 건설안전관리비를 계상함으로써 안전관리자의 효율적인 안전 관리는 물론, 안전사고를 저감하는 효과까지 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 고용노동부 고시에서 분류하고 있는 공사종류 및 규모 중에서 일반건설공사(갑)의 공사비 50억 미만의 소규모 공사를 연구 범위로 한정하였으나, 향후에는 일반건설공사(갑) 이외의 공사종류와 공사비 50억 이상의 대규모 공사를 대상으로 하는 건설안전관리비 예측 모델이 개발되어야 할 것이다. 또한 현장별 설문조사 항목을 보다 구체화하여 예측모델이 보다 상세한 현장별 특성을 반영할 수 있도록 구체화해야 할 것으로 판단된다. 추가 연구를 통해 모든 공사 유형 및 규모에 대한 보다 상세한 예측모델 개발을 수행할 경우, 현행 요율을 대체할 수 있는 신뢰성 높은 건설안전관리비 예측 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었으며, 지원에 감사드립니다.

## References

Hong, J. S., Bae, D. K., and Kim, J. J. (2005). A Safety Management Activity Model in Construction Sites through Analysis of Success Factors, *Korean Journal*

*of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(5), pp. 1-8.

Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2009) '公共建築工事積算における共通費', 『建築コスト研究』, 一般財団法人 建築コスト管理システム研究所.

Kim, Y. G. (2001). A Safety Management Case Study of Overseas Construction Sites : Comparisons between St. Petersburg Area and Domestic Sites, *Hankyoung University PhD thesis, grad school of Hankyoung University*.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (1999). *A study on the appropriate rate of standard safety management cost for construction work*, KISCO Research Report, 1999-09.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (1993). *A Study on the Criteria & Improvement of Standard Safety Management Cost*, KISCO Research Report.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (1987). *A Study on the Estimation Criteria of Standard Safety Management Cost for Construction Work*, KISCO Research Report.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (2005). *Establishing appropriate rate for standard safety & health management cost*, KISCO Research Report, 2005-11.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (2009). *The Efficiency strengthening plan of operation of standard safety & health management cost system*, KISCO Research Report.

Korea Occupational Safety & Health Research Institute (KISCO) (1990) *Fixation Research on the Application of Standard Safety Management Expense*, KISCO Research Report.

Ministry of Employment and Labor (MOEL) (2012) *A Study on the Criteria & Improvement of Occupational Safety and Health Expense*, 2012-23.

Ministry of Employment and Labor (MOEL) (2014) *A Study on the Criteria & Improvement of Occupational Safety and Health Expense*, 2014-37.

Ministry of Employment and Labor (MOEL) (2014). *Improvement of Occupational Safety and Health Expense*, occupation safety and health acts, 제30조

Ministry of Strategy and Finance (2014). *The Record*

*Criteria of Predetermined Amount, An Established Rule of Contract,*  
Oh, S. W., Kim, Y. S., Choi, S. H., and Choi, J. W. (2013). A Study on the Estimation of Occupational Safety and Health Expense Rate by Safety Environment Change in Construction Industry, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(4), pp. 97-107.

Park, T. Y. (2006). Owner – Leading Total Safety Management Process, *Chungang University PhD thesis, grad school of Chungang University.*

---

**요약 :** 최근 건설프로젝트가 고층화, 대형화, 복잡화됨에 따라 적정 수준의 건설업 산업안전보건관리비 확보 및 사용에 대한 중요성이 증가하고 있다. 그러나 현행 건설업 산업안전보건관리비 계상요율은 공사의 종류 및 규모로만 분류하여 일괄적으로 제시되어 있어 각각의 건설프로젝트가 지니고 있는 공사의 환경 및 특성을 반영하지 못한다는 한계점을 지니고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 건설업 산업안전보건관리비 산정 시 건설프로젝트별 공사 환경 및 특성을 고려할 수 있도록 하는 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델을 개발하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 일반건설공사(갑) 50억 미만 공사현장에 대해 현장의 여건 및 건설업 산업안전보건관리비의 사용 실태를 조사하고, 이를 대상으로 통계적 기법인 다중회귀분석에 적용하였다. 분석 결과, 예측 모델은 검증군에 대해 기존 요율로써 산정할 때의 오차율(18.48%)보다 낮은 오차율(4.38%)을 보여, 기존의 방식보다 높은 예측정확도를 보이는 것으로 분석되었다. 개발된 예측 모델을 활용할 경우 각 건설프로젝트가 지닌 공사 환경과 특성이 반영된 보다 현실적인 건설업 산업안전보건관리비를 확보할 수 있을 것으로 예상되며, 이러한 적정 수준의 건설업 산업안전보건관리비 확보는 건설프로젝트에 양질의 안전관리를 제공함은 물론, 나아가 건설 안전사고 최소화 및 건설 재해율 감소에 기여할 것으로 기대된다. 본 연구는 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델 개발을 위한 초기단계의 연구로 50억 미만의 일반건설공사(갑)으로 범위를 한정하였으나, 향후 추가적인 데이터 수집을 통해 건설업 전반에서 활용 가능한 건설업 산업안전보건관리비 예측 모델이 개발될 필요가 있다.

**키워드 :** 건설안전관리비, 다중회귀분석, 회귀분석

---