

건설공사의 사고예방비용에 대한 효과분석(I)

- The Benefit Cost Analysis of the Accident Prevention Cost in Construction Work (I) -

임 현 진 *

Lim Heon Jin

김 창 은 **

Kim Chang Eun

김 진 수 ***

Kim Jin Soo

Abstract

This study delivers the actual condition of investment for industrial accident prevention based on survey of 526 construction sites. The various research techniques were used such as technical statistic analysis for construction industry, construction and civil engineering works, cost comparison of industrial accident prevention and accident loss. A formula was deduced to calculate accident loss and accident frequency by accident prevention cost through regression analysis.

Key words : Construction work, Accident prevention cost, Accident cost, Statistics, Regression analysis.

1. 서 론

산업재해는 인적, 물적 또는 사회적 환경 등과 같은 요소들이 복합적으로 작용하여 발생하고 산업재해로 인한 경제적 손실정도는 이와 같은 요소들간의 상호관계에 의해 결정되므로 기업의 재해예방 투자효과 분석에는 재해예방활동 변수를 명확히 설정하고 재해예방비용 및 재해손실비용의 분석을 수행하여야 한다. 그러나, 국내에서는 이와 같은 분석활동을 수행하지 못하고 있는 실정이며, 단지 법적 기준을 충족시키기 위해 투자를 결정하고 있기 때문에, 안전관련 법령에 의한 규제가 사회적 규제로 인식되

* 명지대학교 대한원 산업공학과 박사과정

** 명지대학교 산업공학과 교수

*** 명지대학교 산업대학원 객원교수

2005년 10월 접수; 2005년 12월 수정본 접수; 2005년 12월 게재 확정

지 못하고 불필요한 기업규제로 인식되고 있다. 이와 관련된 대부분의 국내 연구결과는 재해 예방을 위한 투자 비용을 고려하지 않고 재해손실비용 산출방법만이 일부 제시되어 있기 때문에 현장에서 효율적으로 활용하기에는 많은 문제점들이 대두되고 있다. 국내에서도 사고예방 비용 및 재해 손실 비용 분석을 통한 안전투자비의 효과 분석을 수행할 수 있는 방법론 및 지표 제시가 시급한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내 건설 현장에서 투자하고 있는 사고 예방 비용에 따른 재해손실비용과 안전사고와의 상관관계를 규명하여 사업주가 합리적인 안전투자 규모를 산정할 수 있도록 안전투자비 분석 모델을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법과 대상

본 연구에서 사용한 데이터는 2004년 국내 5인 이상의 근로자를 고용하는 사업장을 대상으로 안전보건과 관련하여 사업장의 현황을 다양한 분야에서 심층적으로 파악하고자, 산재예방투자비에 따라 재해손실비용 및 재해건수의 규모를 예상할 수 있는 설문지를 작성하여 설문조사 및 분석을 실시하였다. 본 연구에서 산재예방투자비분석을 위해서 활용한 설문 내용 및 변수를 요약하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 적정안전투자비 효과분석 항목

구 분	항 목
1. 종합건설업형태	건물(건축) 건설업, 토목 건설업
2. 공사금액	120억 미만(토목공사의 경우 150억원 미만), 120억~800억 미만(토목공사의 경우 150억 이상), 800억 이상
3. 산재자, 공상자의 경상자현황	도급사 건수, 협력업체(하도급사)건수
4. 산재예방투자비	인력유지비, 활동비, 시설장비투자비, 교육비, 건강관리비, 관리대행비, 작업환경측정비, 기타
5. 재해손실비용	직접비, 간접비

본 연구에서는 국내 건축·토목 현장 526개 현장의 설문조사 결과를 중심으로 통계 분석을 실시하였다. 526개 현장 데이터 중에서 대분류 항목으로 건물(건축) 건설업과 토목건설업으로 분류하였고, 중분류 항목으로 공사금액 120억 미만(토목공사의 경우 150억 미만) 현장, 공사금액 120억 이상 800억 미만(토목공사의 경우 150억 이상)현장, 공사금액 800억 이상 현장의 설문 결과를 토대로 공사 금액별 안전관리 투자 비율과 직·간접비 비율의 실태를 파악하고, 산재예방 투자비가 재해손실비용과 재해건수에 미치는 영향을 상정하기 위한 회귀분석을 실시하였다.

<표 4> 토목 건설업 기술 통계 분석 결과

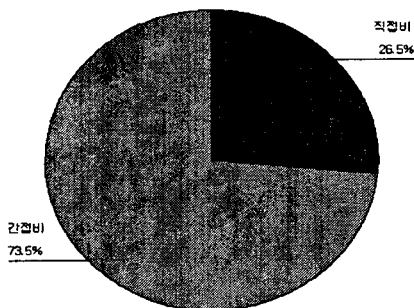
[단위 : 만원, 건]

구분	분석	공사금액	인력 유지비	활동비	시설장비 투자비	교육비	건강 관리비	관리 대행비	작업환경 측정비	기타	총재해 예방비용	재해손실 비용	사고 건수
150억 미만 전체	평균	3408700	10581	1289	19610	1551	435	65	201	11	53356	644	0.56
	최소	28100	96	0	598	0	0	0	0	0	1685	0	0
	최대	1054000	36621	10747	53110	4982	1086	260	1210	100	135438	2515	2
	관측수	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
150억 이상 800억 미만	평균	4297900	8410	856	9648	1278	660	519	308	167	27708	3286	0.68
	최소	149700	199	0	598	0	30	0	0	0	1087	0	0
	최대	7210100	38600	24000	56021	10994	7500	8910	4800	1730	161910	90700	8
	관측수	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
800억 이상	평균	13574200	23156	747	28554	3772	1626	644	409	225	85907	11230	1.9
	최소	6160000	0	0	0	0	0	0	0	0	944	0	0
	최대	72437700	175437	13600	242168	23765	15034	37996	10000	7517	676087	278775	18
	관측수	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118

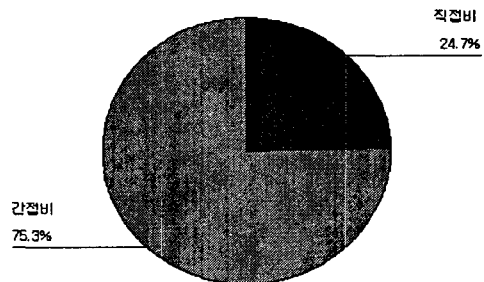
4. 재해손실비용 비교 분석

4.1 건설업 전체 재해손실비용

설문조사 526개 공사현장 중 직접비와 간접비를 명기한 공사현장이 82개 공사현장이고, 82개 공사현장의 직접비(치료비, 장해보상비, 휴업보상비, 유족보상비, 장례비, 기타)와 간접비(물적손실, 생산손실, 임금손실, 기타)의 비율을 계상하면 그림 1.과 같이, “직접비 : 간접비 = 1 : 2.8”로 하인리히의 1:4보다 훨씬 낮은 비율로 조사되었다. 이들 82개 현장의 총재해건수는 265건이고, 이를 1건당 직접비 · 간접비 · 재해손실비용으로 환산하면, 1건당 직접손실비용은 7,544만원, 1건당 간접손실비용은 22,390만원, 1건당 총 재해손실비용은 29,934만원의 비용이 소요되는 것으로 나타났다.



<그림 1> 건설업 전체 직·간접비



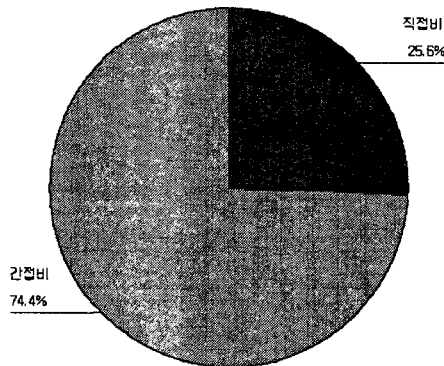
<그림 2> 건축 건설업 직·간접비

4.2 건축 건설업 재해손실비용

설문조사 526개 공사현장 중 직접비와 간접비를 명기한 공사현장이 82개 공사현장 이고, 이 중에서 건물(건축) 건설업 53개 공사현장의 직접비와 간접비의 비율을 계상 하면 그림 2와 같이, “직접비 : 간접비 = 1 : 3.0”로 하인리히의 1:4보다 낮은 비율로 조사되었다. 이들 53개 현장의 총재해건수는 190건이고, 이를 1건당 직접비·간접비·재해손실비용으로 환산하면, 1건당 직접손실비용은 2,843만원, 1건당 간접손실비용은 8,710만원, 1건당 총 재해손실비용은 11,553만원의 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

4.3 토목 건설업 재해손실비용

설문조사 526개 공사현장 중 직접비와 간접비를 명기한 공사현장이 82개 공사현장 이고, 이 중에서 토목 건설업 29개 공사현장의 직접비와 간접비의 비율을 계상하면 그림 1.3과 같이, “직접비 : 간접비 = 1 : 2.9”로 하인리히의 1:4보다 낮은 비율로 조사되었다. 이들 29개 현장의 총재해건수는 76건이고, 이를 1건당 직접비·간접비·재해손 실비용으로 환산하면, 1건당 직접손실비용은 5,328만원, 1건당 간접손실비용은 13,632만 원, 1건당 총 재해손실비용은 18,960만원의 비용이 소요되는 것으로 나타났다.



<그림 3> 토목 건설업 직·간접비

4.4 공사금액별 재해손실비용

공사금액별 직·간접비의 경우는 <표 5>와 같이, 건축건설업 120억 미만 현장은 1:2.8, 120억 이상 800억 미만 현장은 1:3.0, 800억 이상 현장은 1:3.1 비율로 소요된 것으로 나타났고, 토목건설업 직·간접비의 경우에는 150억 미만 현장이 1:0.3, 150억 이상 800억 미만 현장이 1:2.2, 800억 이상 현장이 1:3.1로 소요된 것으로 나타났다. 또한,

재해 1건당 소요되는 손실 비용의 경우에는 건축건설업의 경우 800억 이상의 현장이 17,110만원(직접비용 3,918만원, 간접비용 13,193만원), 토목건설업의 경우에도 800억 이상의 현장이 21,922만원(직접비용 6,178만원, 간접비용 15,744만원)으로 공사금액이 큰 현장이 1건당 손실비용이 더 소요되는 것으로 나타났다.

<표 5> 공사 금액별 재해손실비용

[단위 : 만원]

구 분	직접비:간접비	재해1건당 직접손실비용	재해 1건당 간접손실비용	재해 1건당 총 재해손실비용
건설업전체	1 : 2.8	7,544	22,390	29,934
건축건설업	1 : 3.0	2,843	8,710	11,553
120억 미만	1 : 1.9	3,865	7,539	11,404
120억 이상 800억 미만	1 : 3.1	1,877	5,871	7,749
800억 이상	1 : 3.1	3,918	13,193	17,110
토목건설업	1 : 2.9	5,328	13,632	18,960
150억 미만	1 : 0.3	4,210	1,450	5,660
150억 이상 800억 미만	1 : 2.2	4,798	12,417	17,215
800억 이상	1 : 3.1	6,178	15,744	21,922

5. 재해예방비용이 재해손실비용과 재해건수에 미치는 영향

본 연구에서는 설문조사 결과를 토대로 사업장에서 투자하고 있는 재해예방비용 증감에 따라서 재해손실비용과 재해건수에 미치는 영향을 분석하기 위해서 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 프로그램을 활용하여 단순회귀분석 결과식을 도출하였다.

5.1 재해예방비용과 재해손실비용과의 상관 관계

본 연구에서는 재해예방비용에 따른 재해손실비용 산출식을 도출하기 위해서 재해손실비용(Y)을 종속변수로 설정하고, 재해예방비용(X)을 독립변수로 설정하여 다음과 같은 결과식을 도출하고자 한다.

$$Y = \alpha + \beta X + \epsilon$$

여기서, α 는 “참인” 재해손실비용의 절편, β 는 “참인” 재해예방비용의 기울기, ϵ 은 오차항고, 신뢰수준을 95%로 하여 단순회귀분석을 수행하였다. 또한, 재해예방비용에 따른 재해손실비용을 예상할 수 있는 단순회귀분석 결과 및 결과식은 <표 6>과 <표 7>과 같고, 건축 및 토목 건설 현장에서 재해예방투자비 산정 또는 예상시에 본 연구

에서 제시한 결과식을 이용한다면, 재해손실비용을 고려한 적정 재해예방투자비 산정의 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

<표 6> 재해예방비용 단순회귀분석 결과

구분	공사금액	R	R ²	수정된R ²	유의확률	상수	재해예방비용계수
건축	120억 미만	.816	.665	.659	1.61E-17	-1517.019	.802
	120~800억	.965	.931	.931	1.51E-19	-7247.554	.582
	800억 이상	.718	.516	.510	6.63e-16	1219.164	.042
토목	150억 미만	.967	.936	.925	8.46E-05	-818.806	.105
	150~800억	.598	.358	.348	9.05E-08	-959.546	.165
	800억 이상	.874	.764	.762	5.86E-19	-5369.727	.165

<표 7> 재해예방비용이 재해손실비용에 미치는 영향 산출식

[단위 : 만원]

구분	공사금액	결과식
건축	120억 미만	Y = 0.802X - 1517.019
	120이상 800억 미만	Y = 0.582X - 7274.554
	800억 이상	Y = 0.042X + 1219.164
토목	150억 미만	Y = 0.105X - 818.806
	150억 이상 800억 미만	Y = 0.165X - 959.546
	800억 이상	Y = 0.165X - 5369.727

Y : 재해손실비용, X : 재해예방비용

5.2 재해예방비용과 재해건수와의 상관 관계

본 연구에서는 재해예방비용에 따른 재해건수 산출식을 도출하기 위해서 재해건수(Y)을 종속변수로 설정하고, 재해예방비용(X)을 독립변수로 설정하여 다음과 같은 결과식을 도출하고자 한다.

$$Y = \alpha + \beta X + \epsilon$$

여기서, α 는 “참인” 재해건수의 절편, β 는 “참인” 재해예방비용의 기울기, ϵ 은 오차항이고, 신뢰수준을 95%로하여 단순회귀분석을 수행하였다. 또한, 재해건수 산출은 건축건설업의 재해예방비용에 따라 단순 회귀분석 결과식을 도출하였다. 또한, 재해예방비용에 따른 재해건수를 예상할 수 있는 단순회귀분석 결과 및 결과식은 <표 8>과 <표9>와 같고, 건축 및 토목 건설 현장에서 재해예방투자비 산정 또는 예상시에 본 연구에서 제시한 결과식을 이용한다면, 재해건수를 고려한 적정 재해예방투자비 산정의 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

<표 8> 재해건수 단순회귀분석 결과

구분	공사금액	R	R ²	수정된R ²	유의확률	상수	재해예방비용계수
건축	120억 미만	.821	.674	.668	1.75E-17	0.315	5.70E-05
	120~800억	.881	.776	.775	1.51E-19	-0.136	5.926E-05
	800억 이상	.921	.848	.846	2.56E-18	0.375	9.578E-06
토목	150억 미만	.992	.984	.982	1.22E-06	-0.015	1.176E-05
	150~800억	.769	.591	.585	8.95E-17	0.116	1.791E-05
	800억 이상	.854	.729	.726	5.86E-19	0.054	2.215E-05

<표 9> 재해예방비용이 재해건수에 미치는 영향 산출식

[단위 : 만원]

구분	공사금액	결과식
건축	120억 미만	$Y = (5.70 \times 10^{-5})X + 0.315$
	120이상 800억 미만	$Y = (5.93 \times 10^{-5})X - 0.136$
	800억 이상	$Y = (9.58 \times 10^{-6})X + 0.375$
토목	150억 미만	$Y = (1.18 \times 10^{-5})X - 0.015$
	150억 이상 800억 미만	$Y = (1.79 \times 10^{-5})X + 0.116$
	800억 이상	$Y = (2.21 \times 10^{-5})X + 0.054$

Y : 재해건수, X : 재해예방비용

5.3 사례연구

앞에서 국내 건설·토목 건설업 설문 결과를 토대로 공사금액별 회귀분석을 실시하여, 재해예방비용이 재해손실비용과 재해건수에 미치는 영향을 정량적으로 산출할 수 있는 수식을 도출하였다. 본 사례연구에서는 도출한 재해손실비용 산출식을 이용하여 과거 국내 건설현장에서 집행된 사고예방비용에 따른 재해손실비용과 산출식 결과와 비교하여 어느 정도 오차를 보이고 있는지 검토하고자 한다. 또한, 재해건수 산출식을 이용하여 과거 국내 건설현장에서 발생한 재해건수와 본 연구에서 도출한 사고예방비용에 따른 재해건수 산출식과 비교하여 어느 정도 오차를 보이고 있는지 검토하고자 하며, 그 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 국내 건설업 공사금액별 수식 적용 사례

[단위:만원, 건]

구분	현장	공사금액	과거 데이터			수식 적용 데이터			
			재해예방비	재해손실비	재해건수	재해손실비	증감[%]	재해건수	증감[%]
건축	A	1,180,500	12,145	8,764	1	8,223	93	1.00	100
	B	2,009,445	76,755	30,000	5	37,393	124	4.23	84
	C	23,440,000	153,208	6,940	1	7,653	110	1.84	184
토목	D	1,428,980	91,077	8,840	1	8,744	98	1.06	105
	E	5,862,000	64,232	9,831	2	9,638	102	1.43	71
	F	17,499,600	262,285	36,500	6	37,907	103	5.85	97

6. 결 론

본 연구에서는 2004년 국내 5인 이상의 근로자를 고용하는 사업장을 대상으로 수행한 설문조사 결과를 토대로 기술적 통계분석, 재해손실비용분석, 재해예방비용 투자 규모에 따라 재해손실비용과 재해건수에 미치는 영향을 산정할 수 있는 결과식을 도출하였으며, 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 건물(건축) 건설업과 토목 건설업의 종합건설업 형태에 따라서 공사금액 대비 산재예방투자비에 대한 분석을 수행하였다. 분석 결과 국내 건설업은 시설·장비투자비 및 인력유지비에 85.9% 이상을 투자하고 있으며, 이러한 투자 효과가 산재예방으로 직결된다는 아무런 근거 제시를 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 산재예방투자비의 각 항목들에 대한 다중 회귀 분석을 수행하여 각 항목과 재해손실비용과의 상관관계에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

둘째, 재해 손실 비용의 직접비와 간접비의 분석결과 건축업의 경우 1:3.0, 토목업의 경우 1:2.9의 비율로 나타났다. 이러한 분석결과는 설문조사시 현장관계자의 무성의한 답변에 원인이 있을 수도 있으나, 데이터 부족 및 산출 연건이 조성되어 있지 않은 원인이 더 큰 것으로 사료된다. 따라서, 건설 현장에서 직접비와 간접비에 관한 데이터를 보유할 수 있도록 현장 특성에 맞는 가이드라인 개발 연구 및 교육이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

셋째, 재해예방비용이 재해손실비용 및 재해건수에 미치는 영향을 분석하기 위해서 단순회귀 분석 결과를 토대로, 현장에서 재해예방비용 산정시 간단하게 재해예방비용의 증감에 따라 재해손실비용 및 재해건수에 미치는 영향을 정량적으로 산출할 수 있는 결과식을 제시하였다. 이 결과식을 토대로 공사금액에 따라 재해손실 총 비

용의 크기가 가장 적으면서, 재해가 가장 적게 발생할 수 있는 재해예방투자규모를 산정한다면 보다 합리적이고 효율적인 산재예방비용산출의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

7. 참 고 문 헌

- [1] 강금식, “통계분석”, 전영사, 1999.
- [2] 국립노동과학연구소, “재해손실비용 조사연구 보고서”, 1985.
- [3] 국립노동과학연구소, “재해손실비용 표준모델 개발에 관한 연구”, 1988.
- [4] 김선민, “통계학 이해”, 양지출판사, 2000.
- [5] 박명수, “산업재해의 경제적 손실 및 산재예방투자효과에 대한 분석”, 한국노동연구원, 1993.
- [6] 박명수, “산업재해의 경제학”, 한국노동연구원 고위지도자 과정, 1994.
- [7] 박필수, “산업안전관리론”, 중앙경제사, 1991.
- [8] 송기호, “산업재해의 경제학적 연구”, 서울대학교 대학원 경제학 박사논문, 1993.
- [9] 이충호, “산업재해의 경제적손실분석을 통한 재해예방대책 연구”, 경희대학교 경영대학원 석사논문, 1996.
- [10] 한국산업안전공단, “안전보건”, 1999.
- [11] 한국산업안전학회, “산업재해로 인한 업종별 직간접 손실액 산출기준에 관한 연구”, 1999.

저 자 소 개

임 헌 진 : 명지대학교 대학원 산업공학과 박사수료
한솔건설(주) 품질안전팀

김 진 수 : 현 명지대학교 산업대학원 겸임교수
진 군장대학교 교수

김 창 은 : 현 명지대학교 산업공학과 정교수
한국보건학회 부회장, 품질경영학회 편집위원장
관심분야 : 경영혁신, 6Sigma, TPS