

# 재해비용과 하인리히방식

이혁주

서울산업대학교 행정학과

(2001. 4. 7. 접수 / 2001. 8. 20. 채택)

## Industrial Accident Costs and Heinrich Method

Hyok-Joo Rhee

Department of Public Administration, Seoul National University of Technology

(Received April 7, 2001 / Accepted August 20, 2001)

**Abstract :** For the policy makers and managers as well as the workers at work, it is important to identify what affects, to what extent, the safety level and costs of work sites. Within this context, the author analyzes fifteen construction work sites of the Incheon International Airport from 1996 to 1999 and shows that the expenditures for safety personnel and education programs contribute to reducing industrial accident costs. In addition, the author demonstrates that the regression analysis out-performs Heinrich method in estimating the accident costs of those work sites.

**Key Words :** accident costs, Heinrich method

### 1. 서론

재해의 발생은 확률적 속성도 가지고 있어서, 재해의 발생여부, 빈도, 크기는 가변적이다. 따라서, 확률현상인 재해비용을 예측하고 그 變量을 만족스럽게 설명하기가 쉽지 않다. 기존 문헌에서는 각종 재해비용 산출방식을 제시하고 있으나, “안전사고의 손실을 정확하게 산출한다는 것이 아직은 곤란하다”(하성관 외, 1997)고 말하는 이유는 바로 재해 발생의 확률적 속성 때문이다. 그러나, 개별 재해의 비용을 정확하게 추정하는 것이 쉽지 않다고 해서, 一群의 유사재해 전체의 재해비용 추정도 그러한 것은 아니다.

기존의 직간접 재해비용에 대한 연구는 하인리히 방식의 한계를 벗어나지 못하고 있다. 이들 연구는 산업현장을 그 특성에 따라 구분한 후 직접손실비용(이하 직접비용)과 간접손실비용(이하 간접비용) 간 비율을 추정한다(하성관 외, 1997). 현장을 그 특성에 따라 분류함으로써, 재해비용간 관계에 영향을 미치는 요인을 통계적으로 일정 부분 제어할 수 있다. 그러나, 하인리히流의 방식은 직간접 비용에

영향을 미치는 다양한 요인을 고려하지 않고 직접 비용 하나만 사용한다. 즉, 하인리히流의 접근법은 재해비용이 현장의 물리적 특성과 工種뿐만 아니라 현장의 안전관리 수준과 같은 경영관리적 변수에도 영향을 받는다는 사실을 간과하고 있다. 그 결과, 경영자나 정책당국이 이들 연구로부터 지극히 제한된 범위 내에서만 현장의 안전성 제고를 위한 정책적 시사를 얻을 수 있다.

이 연구는 기존의 工種분류에 의한 방식과 하인리히流의 접근법에서 한발 더 나아가, 직간접비용간 비율에 영향을 미치는 각종 요인을 복합적으로 고려해 간접비용을 추정할 수 있는 방법을 제시한다. 또한, 재해비용 감소에 영향을 미치는 정책변수를 식별해 내고 그 크기를 측정해 제시한다. 이를 위해, 재해비용 가운데 큰 비중을 차지할 뿐만 아니라 그 추정이 비교적 어려운 간접비용을 반응변수로 놓고, 직접비용과 더불어 간접비용의 變量에 영향을 미칠 것으로 추정되는 요인을 찾아 설명변수로 놓는 회귀식을 구한다. 그리고, 이 회귀식을 사용해 간접비용을 현장별로 추정한다. 이 추정결과를 하인리히방식에 의해 추정된 간접비용과 비교함으로써, 회귀분석의 간접비용 예측력이 하인리히방식보다 우월하다는 점을 보인다.

## 2. 건축현장의 일반현황

재해비용 연구에 사용한 자료는 1996년부터 1999년까지 영종도 신공항의 건설현장 가운데 토목공사 현장을 제외한 건축공사 현장 15곳에서 수집했다. 총손실비용은 직접비용과 간접비용으로 구성되어 있다. 직접비용은 요양급여, 휴업급여, 유족급여이며, 간접비용은 회사 자체보상비, 인적·물적 손실비용, 작업중단으로 인한 특수손실비용, 피해 근로자 및 유족에 대한 법정보상비 외 지급하는 경비 등 기타 손실비용을 말한다. 따라서, 본 논문에서 말하는 총손실비용은 사고에 따른 기업이미지 손상비용이나 매출감소에 따른 비용을 포함하는 총재해비용보다 좁은 의미의 개념이다. 그리고, 본 논문에서 사용하는 비용은 회계비용이다.

표 1에서 보는 바와 같이 분석대상 건축공사 현장은 공사규모와 총손실비용의 크기가 다양하다. 특히 주목할 점은 총손실비용의 현장간 격차가 크고, 이로 인해 총손실비용의 중위수와 평균이 큰 차이를 보이고 있다는 것이다.

표 2에 따르면, 직간접비용간 비율의 중위수와 평균 모두 하인리히계수 1/4과 크게 다르고 변동계수도 매우 크다(토목공사 현장까지 포함하는 경우, 중위비율이 0.22, 평균이 2.36, 변동계수가 3.30, 최대값이 40.77, 최소값이 0이다. 중위비율은 하인리히계수와 비슷한 크기이나 중위비율의 평균은 크게

다르다). 이 두 표에 따르면, 손실비용을 하인리히계수 1/4를 적용해 산출할 때, 실제 손실비용과 크게 다를 수 있다는 점을 알 수 있다.

## 3. 분석모형의 선택

직간접비용간 관계는 다양하게 설정할 수 있다. 여러 대안 가운데, 가능하면 자료수집이 어렵고 크기가 큰 비용항목을 반응변수로 놓고자 한다. 이렇게 함으로써, 추정된 회귀식의 실무 활용가능성을 높일 수 있다. 이에 따라, 직간접비용간 관계를 다음과 같이 설정한다.

$$\text{간접비용} = f(\text{직접비용}, \text{안전관리 수준}, \text{공사규모}, \text{기타}) \quad (1)$$

간접비용은 직접비용과 전반적으로 밀접한 관계에 있으며, 간접비용은 현장의 안전관리 수준에 큰 영향을 받을 것이다. 이 안전관리수준은 비교적 수집이 용이한 현장별 안전관리비 지출과, 계량화가 어려운 관리자와 근로자의 안전관리 충실도에 따라 좌우된다. 본 연구에서는 수집이 용이한 안전관리비 지출로 현장의 안전관리수준을 측정한다. 안전관리비는 안전관리 요원의 인건비, 안전진단비, 안전교육비, 근로자의 건강관리비, 안전시설비, 보호장구비로 구성되어 있다. 공사규모 변수로는 근로자수나 공사금액을 사용할 수 있다. 기타로 분류되는 설명변수 가운데 통계적 제어를 위해 회귀식에 포함하는 변수도 있을 것이다. 그리고 이들 변수가 설명하지 못하는 변량은 殘差로 남는다. 본 연구에서는 線型模型을 사용해 (1)을 표현하고자 한다.

표 3은 회귀분석결과를 보여주고 있다(본 회귀분석에서 不等分散문제 발생하지 않아서 별도의 교정작업은 생략했다). 안전관리비 가운데 보호장구비는 제외했다. 그 이유는 첫째, 현재 보호장구비는 낭비적 지출이 많아 재해손실비용과 별다른 관련이 없으며(김남훈, 2000), 둘째, 多重共線性문제를 완화하고 회귀계수의 효율성을 제고하기 위해서이다.

우선, 위 네 가지 모형을 구축하면서 사상자수는 통계학적으로 유의미한 결과를 얻기 위해 포함된 일종의 통제적 제어용 변수이다. 표 3에는 없지만, 사상자수, 근로자수 및 공사금액 등 세 가지 변수 모두를 포함한 모형에서는 심각한 수준의 다중공선성 문제가 발생하고, 유도한 회귀계수의 부호가 기대한 값으로 나오지 않는다. 이 두 가지 이유에서

Table 1. General Description of the Work Sites  
(unit: 100 million Won in current price; persons)

	근로자	사상자			총손실 비용	공사 금액	안전 관리비
		사망	부상	계			
중위수	346	0	2	2	1.2	227	3.9
평균	491.7	0.2	3.1	3.3	4.9	266	4.9
변동계수	0.87	2.71	0.94	0.92	1.59	0.66	0.7
최대	1800	2	10	10	27.6	574	13.7
최소	40	0	0	0	0	14	0.8

註 : 변동계수 = 표준편차/평균

Table 2. The Ratio of Direct Cost to Indirect Cost

	중위비율	최대값	7.35
	0.39		
	평균	최소값	0
	0.87		
	변동계수		
	2.12		

Table 3. Alternative Regression Models

	모형 1		모형 2		모형 3		모형 4	
	계수	p값	계수	p값	계수	p값	계수	p값
절편	3.00	0.29	1.31	0.61	2.56	0.29	2.54	0.38
직접비용	6.41	0.01	4.65	0.05	6.33	0.00	7.01	0.00
인건비	-12.95	0.05	-11.94	0.01	-10.78	0.01	-12.01	0.07
진단비	-4.03	0.92	26.16	0.48	4.41	0.89	2.50	0.95
교육비	-1.75	0.42	-2.79	0.04	-2.61	0.04	-0.16	0.93
건강관리비	19.64	0.04	8.78	0.45	19.22	0.03	24.02	0.01
시설비	0.71	0.59	0.19	0.88	1.01	0.36	1.21	0.37
사상자수			1.11	0.28				
근로자수	0.01	0.24	0.02	0.10	0.01	0.16		
공사금액	0.01	0.63					0.02	0.47
조정 결정계수	0.84		0.87		0.86		0.82	

註 : 금액은 억 원(1999년 불변가격), 인원은 人; 공사금액은 매년 집행금액; p값 = Pr ( | t | ≥ t<sub>0</sub> ) ( t<sub>0</sub> 는 산출된 회귀계수의 t값)

이들 세 가지 변수 모두를 포함한 회귀식은 고려 대상에서 제외했다.

본 연구에서 사용할 모형은 도출한 회귀계수 부호의 타당성, 결정계수의 크기, 그리고 회귀계수의 편향가능성 최소화 등 세 가지 기준에 따라 선택한다. 이들 기준에 비추어 보았을 때, 모형 2가 가장 적합한 것으로 판단된다. 왜냐하면, 모형 2에서는 진단비와 건강관리비를 제외한 모든 변수의 부호가 예상대로 나왔으며, 진단비와 건강관리비 회귀계수도 유의수준 5%에서 유의하지 않다. 또한 결정계수의 크기도 모형 2가 가장 커서, 간접비용의 현장별 변화를 모형 2가 가장 잘 설명한다. 한편, 모형 1과 모형 3의 교육비 회귀계수 및 그 p값에서 보는 바와 같이 공사금액 변수는 교육비를 제외한 다른 변수와 다중공선성 문제가 크게 발생하고 있지는 않다. 반면, 사상자수와 근로자수는 다른 변수들과 다중공선관계에 있어 이들 두 변수는 회귀식에 포함하는 것이 회귀계수의 편향가능성을 최소화할 수 있다. 따라서, 이하 논의에서는 모형 2를 이용해 분석하기로 한다.

#### 4. 개별 안전관리비 지출항목의 간접손실비용 감소효과

표 3에서 보는 바와 같이, 인건비가 안전관리비

가운데 가장 효과적인 간접비용 최소화 지출수단임을 보여주고 있다. 이 분석결과는 총손실비용을 분석한 김남훈(2000)의 연구결과와 일치하는 것으로, 안전관리인력이 현장의 안전관리에서 차지하는 중요성을 다시 한번 확인시켜 주고 있다.

한편, 김남훈(2000)의 연구에서는 교육비의 지출 효과가 불분명한 것으로 분석되었다. 그러나, 모형 2에 의하면, 교육비가 간접비용 감소에 작지 않은 기여를 하는 것으로 나타나고 있다. 김남훈(2000)의 연구에서는 직간접비용을 더한 총손실비용을 교육비 지출규모에 회귀시켰는데, 직간접비용을 더하면서 교육비가 간접비용에 미치는 영향이 희석되어 그 감소효과가 불분명하게 나타났던 것으로 추정된다. 결국, 본 연구를 통해 근로자 및 감독자에 대한 안전관리교육의 중요성을 실증적으로 확인할 수 있다.

#### 5. 회귀분석과 하인리히방식의 비교

설명변수의 관측치를 모형 2에 대입해 간접비용의 추정치(즉, 회귀식에 의한 간접비용 추정치)를 구할 수 있다. 이 값을 실제 간접비용에서 除해 회귀잔차를 구한다(즉, 회귀잔차=실제 간접비용 - 회귀식에 의한 추정치). 마찬가지로, 하인리히방식으로 하인리히잔차를 구할 수 있다(즉, 하인리히 잔차=실제 간접비용 - 4×직접비용). 그 결과가 부록 2에 있다. 표 4는 이들 잔차에 절대값을 취한 값(즉, 잔차절대값)을 이용해 회귀분석과 하인리히방식을 비교한다. 이 표를 통해, 중위수와 최소치를 제외한 모든 지표에서 회귀분석이 하인리히방식보다 간접비용을 더 정밀하게 예측한다는 점을 알 수 있다.

Table 4. Comparison of the Two Approaches

(unit: 100 million Won)

잔차절대값의	회귀분석	하인리히 방식
평균	1.49	3.59
변동계수	0.97	1.07
중위수	1.46	1.04
최대치	3.23	14.01
최소치	0.48	0.01
정밀도지수	1.09	10.14

註 : 정밀도지수 =  $\sum_{\text{모든 현장}} \text{절대편차} \times \text{간접비용} / \text{간접비용계}$

특히, 잔차절대값의 최대치와 잔차절대값을 가중평균한 정밀도지수 등 두 지표에서 두 추정방식의 추정정밀도 차이가 확연히 드러난다.

한편, 14개 개별현장의 회귀잔차와 하인리히잔차에 절대값을 취한 후 이들 값을 섞어 내림차순으로 정렬했을 때(모두 28개 자료, 무재해 현장 한 곳 제외) 상위 5개 자료가 모두 하인리히잔차다. 이 가운데 상위 2개 자료의 잔차는 연간 간접비용이 20억 원 내외인 건축현장의 것이며, 제3위 자료의 간접비용은 연간 400만원에 불과하다. 그리고, 제4, 5위에 해당하는 자료의 연간 간접비용도 전체 14개 현장 가운데 제3, 4위를 차지하는 곳에서 나타난다. 따라서, 통상 총손실비용의 대부분이 간접비용임을 고려할 때(부록 2 참조), 하인리히방식은 건축공사 재해현장의 총손실비용을 과소평가하는 경향이 큰 것으로 의심된다.

절대값을 취하지 않은 잔차를 이용해 두 추정방식간 차이를 좀더 살펴보자. 그림 1과 그림 2에서 보듯이, 하인리히방식이 회귀분석보다 실제 값에 가깝게 간접비용을 추정하고 있는 계급은 -1억 원에서 0원 구간뿐이다. 이와 대칭인 0원에서 1억원까지의 계급에서는 오히려 회귀분석이 하인리히방식보다

실제에 가깝게 간접비용을 추정하고 있다. 한편, 여타 계급에서는 회귀잔차가 전반적으로 하인리히잔차보다 작다. 또한, 부록 2에서 보듯이 회귀잔차는 모두 연간 3억 2천만원 이내의 크기이나, 하인리히잔차는 연간 10억 원을 넘는 현장이 두 곳이나 된다.

이상의 분석을 통해 건설현장 간접비용과 총손실비용의 추정에 있어 회귀분석이 계수 1/4을 사용하는 하인리히방식보다 그 예측력이 월등함을 알았다. 특히 하인리히방식은 재해가 크게 발생한 현장에서 회귀분석보다 지나치게 큰 추정오차를 보이고 있다. 따라서, 만일 회사의 안전관리부서 혹은 정부 관련 부서가 하인리히방식을 이용해 一群의 현장에서 발생한 전체 총손실비용을 추정해 사용한다면, 실제의 손실비용을 크게 과소평가할 우려마저 있다. 여기서, 회귀분석이 하인리히방식보다 우수한 예측력을 보이는 것은 당연하다. 왜냐하면, 회귀분석은 손실비용을 추정하면서 工種뿐만 아니라, 공사규모, 안전관리 수준 등 여러 가지 요인을 함께 고려하기 때문이다. 반면, 하인리히방식은 직접비 하나만을 참고하고 여타 귀중한 정보를 활용하지 않는다.

## 6. 결론

비록 표본이 작기는 하나, 건설현장의 실제자료를 통해 안전관리비가 손실비용에 미치는 영향의 유무와 그 크기를 알아보았으며, 손실비용의 추정에 있어 관행적으로 사용하고 있는 하인리히계수 1/4에 의한 방식보다 회귀분석에 의한 추정방식이 우월함을 보였다. 이 회귀분석 방식은 현장관리자, 경영자, 정부당국이 안전관리현황을 분석하고 정책을 수립하면서 유용하게 활용할 수 있다. 예를 들어, 어떤 공사현장 혹은 우리나라 건설현장의 전년도 안전관리 지출금액, 직접손실비용 및 공사규모에 대한 자료만 있으면 하인리히방식보다 훨씬 정밀하게 전년도 재해손실비용을 추정하고 통계학적 신뢰구간을 구할 수도 있다(총손실비용을 직접 추정하는 방식은 김남훈(2000) 참조). 하인리히방식을 이용하면 이러한 통계적 추론자체가 불가능하며, 경우에 따라 손실비용을 지나치게 작게 추정하게 되어 우리나라 건축사업현장의 위험도를 과소평가할 가능성마저 있다.

하인리히방식을 사용하는 각 분야의 의사결정자는 이러한 추정편향의 존재가능성을 염두에 두고 정책결정을 해야 할 시점이다. 따라서, 향후 관련학

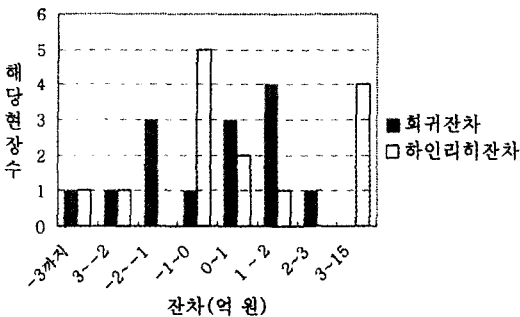


Fig. 1. Frequency distribution of errors

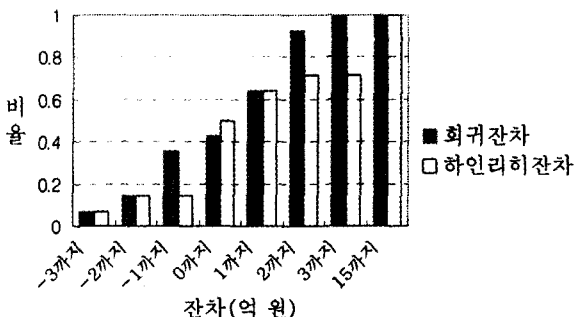


Fig. 2. Cumulative relative frequencies of errors

자들간 자료를 공유하고, 각 분야별로 자료를 꾸준히 축적해 나가면서 후속 연구를 지속적으로 할 필요가 있다. 이를 통해 손실비용의 규모와 영향요인을 파악함으로써, 적실성 있는 안전관리정책의 수립과 현장관리가 가능하도록 학계가 뒷받침해야 한다.

**감사의 글 :** 이 논문은 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의하여 연구되었음.

**참고문헌**

- 1) 김남훈, 건설공사의 투자효과 분석을 통한 안전관리 향상에 관한 연구, 서울산업대학교 산업대학원 안전공학과, 석사학위논문, 2000.
- 2) 하성관, 장석규, 노병수, 건설안전실무론, 학문사: 서울, 1997.
- 3) Gujarati, Damodar, Basic Econometrics, Third Ed., McGraw-Hill: Singapore, 1995.

부록 1 : 건설현장의 재해현황

단위: 억 원(1999년 불변가격), 人

현장명	연도	손실비용		안전관리비 각 항목						근로자수	사망자수	부상자수	공사금액
		직접	간접	인건비	진단비	교육비	건강관리비	시설비	보호구비				
가	1999	0.1346	4.6138	0.6421	0.1073	0.0972	0.0365	2.4026	0.6323	190	0	1	227.3612
나	1998	0.0000	0.0000	0.1664	0.0035	0.1521	0.0041	0.5196	0.1127	300	0	0	81.6000
나	1999	1.1271	18.5328	2.0760	0.0460	0.2033	0.7936	3.4878	2.4938	900	1	9	573.5613
다	1998	0.2309	0.4670	0.5387	0.0525	0.1974	0.0725	2.2812	0.7201	238	0	1	156.2867
다	1999	0.0000	0.0635	1.7922	0.0608	0.1469	0.1224	3.7992	2.6722	717	0	1	471.9618
라	1998	0.2421	0.9602	0.6214	0.0099	0.2408	0.0463	1.3417	0.5245	226	0	2	129.1205
라	1999	0.4208	1.3667	1.4368	0.0315	0.2072	0.1034	3.9530	1.3667	426	0	6	479.8200
마	1996	0.0152	0.5524	0.4005	0.0058	0.1926	0.0130	0.2274	0.0566	40	0	2	15.3152
마	1997	0.3446	0.4997	0.7218	0.0019	0.3460	0.0243	0.5422	0.2394	136	0	2	100.1256
마	1998	0.7707	0.0898	1.2227	0.0601	0.3753	0.0553	1.2196	0.4572	219	0	3	312.2173
마	1999	1.5638	0.0384	1.4770	0.0791	0.4576	0.0718	0.8839	0.3006	382	0	2	281.0503
바	1998	0.3766	0.5132	0.9444	0.0825	3.5131	0.0401	2.6226	0.9472	800	0	1	145.1825
바	1999	1.0348	9.7728	2.7533	0.0467	7.4405	0.7666	8.5874	2.7859	1800	0	10	318.9995
사	1998	2.8290	24.3733	0.3849	0.0684	0.1499	0.0190	1.1589	0.3744	346	2	2	127.7864
사	1999	0.4215	2.7780	1.8639	0.0818	0.3165	0.2261	2.7925	1.3208	656	0	4	551.5813

註 : 사상자수=사망자수+부상자수

부록 2. 회귀잔차와 하인리히잔차

단위: 억 원(1999년 불변가격)

현장	연도	총손실비용	간접비용(가)	직접비용(나)	회귀분석		하인리히방식	
					간접비용 추정치(다)	회귀잔차(가)-(다)	간접비용 추정치(라)	하인리히잔차(가)-(라)
가	1999	4.7484	4.6138	0.1346	2.4764	2.1375	0.5384	4.0754
나	1999	19.6599	18.5328	1.1271	19.0760	-0.5432	4.5083	14.0245
다	1998	0.6979	0.4670	0.2309	3.6946	-3.2276	0.9238	-0.4568
다	1999	0.0635	0.0635	0	-1.7254	1.7889	0	0.0635
라	1998	1.2023	0.9602	0.2421	1.9923	-1.0320	0.9683	-0.0081
라	1999	1.7875	1.3667	0.4208	3.1744	-1.8076	1.6830	-0.3163
마	1996	0.5676	0.5524	0.0152	-0.6009	1.1533	0.0610	0.4914
마	1997	0.8442	0.4997	0.3446	-1.3684	1.8681	1.3783	-0.8786
마	1998	0.8605	0.0898	0.7707	-0.7610	0.8509	3.0827	-2.9929
마	1999	1.6021	0.0384	1.5638	2.3713	-2.3330	6.2550	-6.2166
바	1998	0.8898	0.5132	0.3766	2.0214	-1.5082	1.5064	-0.9932
바	1999	10.8076	9.7728	1.0348	9.0045	0.7683	4.1393	5.6335
사	1998	27.2024	24.3733	2.8290	22.9653	1.4081	11.3161	13.0572
사	1999	3.1995	2.7780	0.4215	2.3014	0.4766	1.6861	1.0919

註 : (가)는 부록 1의 간접손실비용, (나)는 부록1의 직접손실비용, (다)=설명변수의 각 관측치를 모형 2에 대입한 값, (라)=4×직접비용