한국산업정보학회논문지 제7권 제4호 (2002. 12)

# 산업재해 통계자료를 이용한 인간 신뢰성 분석†
# (An Analysis of Human Reliability by Industrial Accident Statistics Data)

김종환* 장순태**
(Jong-Hwan Kim) (Soon-Tae Jang)

**요 약** 기업의 경영범위가 확대되고 경영패러다임이 글로벌 경영으로 전환되면서 기업 의 가치평가도 제품 및 서비스 위주 평가뿐만 아니라 작업장내에서 발생하는 각종 사고에 대한 평가까지도 포함시키는 포괄적인 기업경영평가로 확대되고 있다. 그래서 기업들도 안전보건에 대한 관리에서 실패할 경우, 기업의 이미지 저하는 물론 사고처리비용이 많이 들기 때문에 각 기업은 안전보건에 대해 지속적인 투자와 많은 관심을 가져야 한다. 따라서 본 연구에서는 산업현장에서 안전관리를 하는데 있어서 문제점을 살펴보고, 그리고 재해예방전문기관의 설립 전과 설립 후에 대한 재해통계자료를 Duane의 신뢰성 성장모델을 이용하여 분석해 보고, 모델의 적합성을 검증해 보고자 한다. 이러한 분석을 위해서 재해발생 수는 포아송 분포로, 그리고 분포의 평균값은 시간에 따라 변화하는 NHPP로 가정하였다.

***Abstract*** Due to the administrative expand and the paradigm shift in global environments, the range for the enterprises assessment are now expanding to inclusive administration assessment including all kinds of accidents in work places as well as products and services. Therefore, continuous investment and concern to safety and health are needed since some faults in safety and health lead to the enormous expense as well as decline of brand image. In this paper, we are concerned with the safety administration in industrial field and analyze the accident data, before and after the establishment of specialized organizations for accident prevention, using the reliability growth model of Duane. The validity of the model is verified under the assumptions of NHPP(non-homogeneous Poisson process) of the accidents.

## 1. 서 론

기업들은 경영범위가 확대되고 경영 패러다임이 글로벌 경영으로 전환되면서 기업의 가치평가를 제품 및 서비스에 대한 평가뿐 아니라 인적자원에 대한 평가까지도 포함하는 등 전사적 차원의 가치평가로 확장되어가고 있다. 또한 기업이 주목해야 할 대상들도 단지 주주들만이 아니라 은행, 지역사회, 노동단체, NGOs 등 소위 이해관계자들로까지 확산되고 있기 때문에, 기업들은 이러한 이해관계자들의 가치를 극대화할 수 있도록 노력해야 한다. 그러므로 소위 초일류 기업들은 성공적인 기업경영을 위하여 생산성 증대와 품질향상은 물론, 안전·보건·환경경영실패에 따른 손실 또는 리스크 관리에도 각별한 관심을 기울이고 있다. 기업들이 이러한 손실 또는 리스크 관리를 실시하는 것은 사업장에 대한 지속적인 안전·보건성과를 달성함으로서 손실감소를 통한 이윤의 극대화를 창출하고자 함이다. 또한 이러한 안전·보건경영을 통한 산업재해 예방 및 직업병 관리는 기업의 이윤 극대화는 물론 그 기업의 대외적인 이미지 제고에도 크게 기여하게 된다. 따라서 이러한 안전·보건경영은 경제적 측면의 국가 산업경쟁력 향상뿐만 아니라 기업의 경쟁력을 높이는 데도 매우 중요한 역할을 하고 있다.[6]

그러나 우리나라는 1960년대 이후 압축 경제성장 정책에 힘입어 양적인 경제발전은 단기간에 이룩하였으나, 이로 인한 여러 가지 부작용들이 지금에서야 나타나고 있다. 이러한 부작용들 중 하나가 인명경시풍조로 인한 심각한 산업재해의 발생이다. 경제의 주체인 사람, 즉 근로자의 생명을 다루는 안전문제가 경제성장의 그늘에 가려져 등한시 되어왔던 것

† 이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비지원에 의한 논문임
* 대구대학교 자동차·산업·기계공학부 교수
** 한국산업안전공단 경북안전체험센터 교수

이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 산업현장에서 나타나고 있는 안전관리의 문제점을 살펴보고, 그리고 재해예방전문기관인 노동부 산업안전국과 한국산업안전공단이 설립되기 전과 후의 재해통계자료로 Duane의 신뢰성 성장모델을 이용하여 신뢰성 분석을 실시한 후, 그 타당성을 입증하고자 한다.

## 2. 재해의 특성과 기업의 경영전략

### 2.1 재해의 특성

기업경영의 목적은 이익의 창출을 통하여 더 많은 일자리를 근로자들에게 제공하고, 그리고 삶의 질을 향상시키는데 있다. 그러나 국제 노동기구의 보고서에 의하면 전 세계인구중에서 약 25억명이 직업을 가지고 있으며, 그 중에서 매년 약 33만여명 정도가 불행하게도 작업현장에서 사망하고 있다. 또한 우리나라에서도 매년 산업현장에서 약 50,000~60,000명 정도가 부상을 입고, 약 2,000~3,000명 정도가 사망하는 실정이다.

우리나라는 지금까지의 어려운 경제여건에도 불구하고 산업안전분야에 종사하는 각계 각층의 꾸준한 노력의 결과, 지난 1987년도에 2.66%이던 재해율이 1995년도에는 처음으로 1% 미만대로 진입하였고, 그리고 2001년도에는 재해율 0.77%이라는 놀라운 성과를 거두었다. 그러나 우리나라에서 산재통계 집계가 시작된 1964년 이후부터 2001년까지 총 산업재해자 수는 약 331만명으로서, 이는 대구광역시의 전체인구(251만명)보다도 훨씬 많은 인원이다. 또한 사망자 수만도 약 60,000명으로서, 이는 월남전에 참전하여 사망한 군인 수(5,083명)보다도 11배 이상이나 높다.[9, 10]

이러한 재해를 다른 선진국의 산업재해 통계와 비교해 볼 때, 근로자 1만명 당 사망인원을 나타내는 사망만인율의 경우, 우리나라는 2.60(2001년도)으로서, 일본 0.34(1998년도), 독일 0.33(1998년도), 미국 0.37(1998년도) 보다 약 7~8배 정도가 높고, 싱가포르의 1.04(1999년도)보다도 2.5배 이상이 높다. 그리고 이러한 산업재해로 인하여 발생한 경제적 손실액만도 약 8조 7,200억원(2001년도)으로써, 이는 100억원 짜리 공장을 872개 세울 수 있는 엄청난 금액이다.[8, 10]

이러한 산업재해들이 많이 발생하고 있는 주요원인으로는, 첫째, 50인 미만의 영세 사업장에서 발생하는 재해가 전체재해의 69.1%로 높다. 이는 영세사업장의 사업주들이 안전에 대한 의식수준이 낮을 뿐만 아니라 안전에 대한 투자를 기피하는 등 안전관리에 대한 기반이 취약하기 때문이다. 둘째, 입사한지 6개월 미만의 신규 입사자에 대한 재해가 전체재해의 47.7%를 차지하고 있다. 이는 신규 입사자에 대해 법적으로 실시하게 되어있는 신규채용자 교육을 실시하지 않은 채로 근로자들을 작업현장에 투입함으로서 작업의 유해·위험성을 잘 알지 못하는 근로자들이 그 현장에 적응되기도 전에 재해를 입는 경우가 많기 때문이다. 셋째, 근로자들이 지급된 안전장구를 착용하지 않는 등 안전수칙을 무시함으로서 발생하는 단순 반복재해가 전체 재해의 절반이상을 차지하고 있다.[10] 그 이유는 근로자들의 안전에 대한 중요성 인식이 부족하고, 그리고 안전장구의 착용이 평소에 습관화 되어있지 않기 때문이다. 넷째, 재해의 많은 부분이 대기업의 협력업체에서 발생하고 있다. 그 이유는 협력업체의 경영자 및 관리자들이 낮은 가격의 공사수주로 인하여 안전대책보다는 이윤추구에 급급하고, 그리고 자체적으로 안전교육을 시킬 수 있는 능력도 없으며, 또한 모기업의 협력업체에 대한 안전관리 지원이 소홀하기 때문이다. 다섯째, 전체 업무상 질병중 뇌혈관 및 심장질환 등이 차지하는 개인질병의 비중이 크게 증가하고 있다. 이는 IMF로 인한 기업의 구조조정으로 업무부담이 가중되고, 그리고 기업들의 근로자들에 대한 건강관리활동을 소홀히 하기 때문이다. [4, 5, 7]

이러한 원인들을 살펴볼 때, 우리나라에서 발생하고 있는 산업재해의 원인은 근본적으로 경영자를 비롯한 관리자들이 재해를 근원적으로 예방하겠다는 적극적인 의지가 부족하고, 그리고 기업내의 자율적인 안전·보건 경영체제의 구축이 미흡하기 때문에 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

### 2.2 기업의 경영전략과 안전

기업이란 궁극적으로 이윤창출을 목적으로 운영되는 집단이다. 그래서 과거의 기업들은 오직 생산성 향상에 대해서만 관심이 있었고 작업간에 발생하는 재해에 대해서는 그 위험형태가 단순하고 피해 규모가 크지 않았기 때문에 관심이 적었던 것이 사실이다. 그러나 생활수준이 향상되고 산업재해에 따른 자산손실이 점차 커짐에 따라 기업들도 산업안전·보건기능을 경영의 각 기능에 도입하는 등 소위 기업의 가치창출에 기여하도록 하는 통합적 기법으로 활용하고 있다. 또한 인사조직 분야에 있어서도 과거의 안전·보건 기능은 단순히 사후 피해보상에만 국한되었으나, 최근에는 산업재해로 인한 근로자의 생산성 파급효과, 피해보상을 위한 최적의 보험제도

도입 등 기업의 가치결정에 영향을 주는 부문까지 확대되고 있고, 그리고 마케팅 분야에서도 제품 및 기업의 이미지 제고를 위하여 S마크, CE마크 등 안전·보건관련 인증획득에 주력하고 있다.[6]

기업경영에 있어서 안전에 대한 고려는 기업경영 시스템의 전 과정에 걸쳐 이루어져야 한다. 안전은 기본과 원칙에 충실함은 물론, 제반 인적·물적자원의 투입단계에서부터 경영 내부시스템인 전환과정을 거쳐 경영성과의 산출단계에 이르기까지 사전에 사고요인이 제거된 경로 또는 시스템을 따라 유기적으로 결합되도록 하는 등 원활한 기업활동을 촉진하고, 그리고 장기적으로는 기업의 유효성을 증대시키는데 기여하는 등 경영에 있어서 중요한 요소 중의 하나이다.

경영자는 경영전략을 수립할 때 기업의 외부환경과 내부환경에 대한 안전을 고려해야 한다. 그 중에서 외부환경으로는 국제적인 환경으로서, 이는 WTO체제 출범이후 범세계적으로 기업간 경쟁이 격화되고 기업경영의 세계화가 가속화되면서 교역의 조건으로 국제적 안전기준의 준수를 요구하고, 그리고 Blue Round의 등장이후 산업안전보건이 통상의 규제수단으로 부상이 예상되고 있다. 그 다음으로는 국내적 환경요인이다. 우리나라는 성수대교, 삼풍백화점 붕괴와 씨랜드, 인천 호프집 화재사고 등 대형사고가 잇따라 발생하는 등 일련의 안전사고로 인하여 국가 안전관리체계에 대한 국민의 불신이 증대되고 있다. 그래서 1999년 12월 대통령의 지시에 의거 총리실이 중심이 되어 민·관 전문가로 구성된 한시적인 안전관리기획단을 구성하여 6개 부문에 대한 100개 과제를 중점적으로 개선해 나가기 위한 국가안전관리 종합대책을 발표함은 물론, 이를 범국민 안전문화운동의 일환으로 추진하려고 하고 있다. 따라서 우리나라 기업들은 이러한 대내외적인 여건을 고려하여 종합손실관리를 실시해야한다.

종합손실관리란, 첫째, 기업의 내부 고객인 사업장에서 일하는 근로자들에 대한 안전보건을 유지·증진시키고, 둘째, 불량률의 감소와 제품의 정밀성 확보로 상품을 구입하는 고객에 대한 신뢰를 확보해야 하며, 셋째, 지역사회로부터 공장시설 등의 안전에 대한 신뢰도를 높여야 하고, 마지막으로 국내·외 권위 있는 단체로부터 생산된 제품이나 기계·기구 및 설비 등에 대한 공인된 안전성 평가를 받는 안전인증을 획득하는 것이다. 결론적으로 미래의 기업들은 이러한 4가지 기본요소가 달성되지 않으면 기업의 경쟁력확보가 곤란할 뿐만 아니라 생산성 향상도 이룰 수 없다.

## 3. 인간 신뢰성 성장 모델링

### 3.1 인간신뢰성 성장 모델링

일반적으로 널리 사용되고 있는 신뢰성 성장모델은 1962년 G.E회사의 J. T. Duane에 의해 처음으로 발표되었다. 이 모델은 전자제품의 개발시험기간동안에 발생하는 몇몇 시스템에 대한 고장 데이터를 관측한 후, 이를 로그-로그 용지 상에 누적 고장율과 누적 작동시간과의 관계로 도식한 결과, 그것이 직선형태로 나타난다는 것을 알게 되었다. 그 후 이 모델은 Crow에 의해서 수리 가능한 시스템에 대한 신뢰성을 분석할 수 있도록 모델이 확장되어 미국의 군사장비에 대한 신뢰성을 분석하는데도 사용하였다. 뿐만 아니라 이 모델은 오늘날에도 자동차, 컴퓨터 등 다양한 형태의 시스템에 대한 신뢰성을 분석하는데도 유용하게 사용하고 있다. 이러한 신뢰성 성장모델 중에서 가장 널리 이용되고 있는 모델이 Duane의 신뢰성 성장 모델이다. 이는 관측된 누적 고장율을 누적 시간의 함수로 로그-로그 용지상에 도식하게되면 일정형의 형태를 갖는다는 것에 기초를 두고 있다. 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.[3, 11, 12, 13]

$$\ln \lambda_c(t) = \ln k - b \ln t \quad (1)$$

식 (1)의 양변에 로그를 제거하면, 식 (1)은 식 (2)와 같은 누적 고장율에 대한 식으로 나타낼 수 있다.

$$\lambda_c(t) = kt^{-b} \quad (2)$$

여기서

$\lambda_c(t)$=누적 고장률

$k$=상수( $k$는 시스템의 복잡성, 설계목표 등에 따라 변화)

$t$=시험시간

$b$=성장률(곡선의 기울기)

식 (2)는 Duane이 성능시험을 통하여 구한 식으로써, 이는 제품에 대한 신뢰성을 향상시키고자 노력을 계속하는 한 시간 t가 증가함에 따라 누적 고장율은 감소하고, 그리고 결국에는 신뢰성도 증가한다는 것을 의미한다.

이와 같은 Duane의 신뢰성 성장모델을 인간신뢰성 성장모델로 변환시켜보면 다음과 같다.

$$\ln U_c(t) = \ln k - b \ln t \quad (3)$$

$$U_c(t) = kt^{-b} \quad (4)$$

여기서

$U_c(t)$=누적 재해율

$k$=상수

$t$= 누적 기간 수

$b$=성장률

여기서 상수 k는 작업환경 및 근로조건, 근로기간, 그리고 개인차에 따라 다르게 나타날 수 있다. 이러한 누적 재해율 함수는 아래와 같이 일정기간동안의 누적 재해자 수를 계산하거나 또는 순간 재해율을 구하는 식의 형태로도 나타낼 수 있다. 식 (4)를 순간 재해율에 대한 식으로 전환하면 다음과 같다.

$$U_i(t) = \lim_{\triangle t \to 0} \frac{\triangle N(t)}{\triangle t} = \frac{dN(t)}{dt} \quad (5)$$

이므로,

$$U_c(t) = kt^{-b} = N(t)/t \quad (6)$$

$$N(t) = kt^{1-b}$$

$$dN(t) = k(1-b)t^{-b}dt$$

따라서 일정시점에 대한 순간 재해율 $U_i(t)$는 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_i(t) = \frac{dN(t)}{dt} = k(1-b)t^{-b} \quad (7)$$

여기서 $N(t)$는 시간 t까지의 누적 재해자 수를 의미한다.

매개변수 b, k, 그리고 t가 주어지면, 순간 재해율 $U_i(t)$를 구할 수 있으며, 그리고 순간 재해율 $U_i(t)$를 알면, 시간구간 $[t_1, t_2]$동안 발생하게 될 평균 재해자 수도 구할 수 있다.

$$N(t_2) - N(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} U_i(t)dt, \quad 0 \le t_1 \le t_2 \quad (8)$$

시간구간 $0 \le t_1 \le t_2$에서 $j$건의 사망재해가 발생할 확률은 포아송 식에 의거 다음과 같이 구할 수 있다.

$$pr\{N(t_2) - N(t_1) = j\} = \frac{e^{-\int_{t_1}^{t_2} U_i(t)dt} \left(\int_{t_1}^{t_2} U_i(t)dt\right)^j}{j!}, \quad j \ge 0 \quad (9)$$

만약 사망재해가 포아송 과정과 일치한다면, 모든 t에 대하여 $U_i(t) = U_c(t)$가 된다. 그러나 실제 산업현장에서 $U_i(t)$는 시간 t의 함수로서 시간에 따라 변화한다. 이러한 것을 비동질성 포아송 과정(Non-homogeneous Poison Process, NHPP)이라고 한다.

### 3.2 모수 추정 및 신뢰구간

표본자료를 모집단에 적합화시키는 방법에는 최우추정법, 최소 자승법 등의 방법이 있으나 ,여기서는 직선형태의 단순 회귀선 추정에 가장 널리 이용되고 있는 최소 자승법에 의한 회귀선 추정을 실시하였다. Duane의 이론에 의하면, 누적 재해율과 누적 기간 수를 로그-로그 용지상에 도식하면 식 (3)과 같이 기울기가 $b$, 절편이 $\ln k$인 직선형태로 나타난다고 하였다. 이 때 직선의 기울기와 절편은 다음 식에 의거 구할 수 있다.[1, 2, 3]

$$\text{절편 } \hat{a}^1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i = \bar{y}, \quad y = \ln\lambda \quad (10)$$

$$\text{기울기 } \hat{b} = -\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}, \quad x = \ln t \quad (11)$$

따라서, 절편 $\hat{a}$는

$$\hat{a} = \hat{a}^1 - b\bar{x} \quad (12)$$

로서, 식 (3)의 k에 대하여 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\ln k = \hat{a} \quad (13)$$

성장률 b에 대한 신뢰구간을 구하기 위해 식 (11)의 $\hat{b}$ 값을 사용한다.

### 3.3 적합도 검정

시험 자료의 분석에 대한 적합도 검정에는 Kuipper's Test, Crammmer-Von Mises Test, Watson's Test, Anderson- Darling Test, 그리고 Chi-Squired Test 등이 있으며, 여기서는 재해의 발생시간이 임의의 시간 $t_i$에서 시작하는 경우에 대해 효과적으로 분석할 수 있는 Chi-Squired Test를 적용하였다. 이때 단계별 검정방법은 다음과 같다.

· 단계 1 : 일정구간 $[t_1, t_2]$에 대한 산업현장의 기대 재해 수를 계산한다.

$$\hat{\theta}(j) = \hat{k}\left(t_2^{1-\hat{b}} - t_1^{1-\hat{b}}\right) \quad (14)$$

· 단계 2 : $\chi^2$통계량을 계산한다.

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{d} \frac{[N(j) - \hat{\theta}(j)]^2}{\hat{\theta}(j)} \quad (15)$$

· 단계 3 : 자유도 $df = d-2$를 갖는 $\chi^2$ 분포값이 요구되는 유의수준 이내일 때 $\lambda_i(t) = (1-b)kt^{-b}$는 NHPP를 따르게 된다. 이때 d는 총 구간 수를 나타낸다.

## 4. 신뢰성 성장에 대한 수치 적용 예

본 연구에서는 산업재해 예방을 위한 전문 재해예

방기관이 없었던 시기와 재해예방 전문기관인 한국산업안전공단(1987년)과 노동부 산업안전국(1989년)이 신설된 이후 재해율에 있어서 어떤 변화가 있는지를 Duane의 인간 신뢰성 모델을 이용하여 분석해 보고자 한다.

### 4.1 1987년 이전 발생한 전 산업 분야의 일반 재해에 대한 분석

이 시기는 산업안전보건법은 개정(1981년)되었으나 체계적인 재해예방을 위한 전문기관이 없던 시기로써, 1973년부터 1987년까지 15년에 걸쳐 산업현장에서 발생한 재해자 수와 천인율을 살펴보면 <표 4.1>과 같다. 여기서 천인율이란 근로자 1천명당 재해를 입은 근로자의 수를 의미한다.[8]

이러한 재해자 수에 관한 자료를 이용하여 누적 재해율을 구하면 <표 4.2>와 같다.

먼저, 누적 재해율을 이용한 회귀함수를 구하기 위하여, <표 4.2>의 자료를 식 (10), (11), 그리고 (12)에 대입하여 풀면, 다음과 같이 절편과 기울기를 구할 수 있다.

$$\hat{a} = -2.950$$

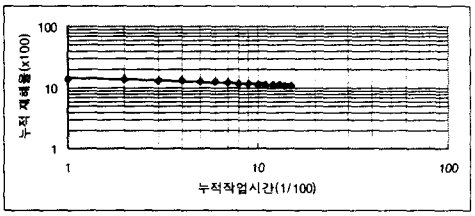
$$\hat{b} = -0.109$$

그러므로 산업현장에서 발생한 일반재해에 대한 적 재해율은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$U_c(t) = kt^{-b}$$

$$U_c(t) = 0.052t^{-0.109}$$

이를 로그-로그 용지 상에 표시하면 <그림 4.1>과 같은 직선형태의 회귀선을 구할 수 있다.




<그림 4.1> 1987년 이전 신뢰도 성장곡선

이러한 자료들이 Duane의 신뢰성 모델에 적합한지를 Chi-Squired test를 이용하여 검정해보면

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{d} \frac{[N(j) - \hat{\theta}(j)]^2}{\hat{\theta}(j)} = 21.125$$ 이고,

$\chi^2(13, 0.05) = 22.36$으로서, 1987년도 이전의 데이터들이 Duane의 신뢰성 성장모델에 적합함을 알 수 있다.

<표 4.1> 1987년도 이전 산업현장에서 발생한 재해자 수와 천인율

| 년 도 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 근로자수 | 1,166,650 | 1,353,167 | 1,836,209 | 2,269,796 | 2,646,506 | 3,105,757 | 3,607,595 | 3,752,975 |
| 재해자수 | 59,367 | 70,142 | 81,641 | 97,716 | 118,011 | 139.242 | 130,307 | 113,375 |
| 천인율 | 50.89 | 51.84 | 44.46 | 43.05 | 44.59 | 44.83 | 36.12 | 30.21 |
| 년 도 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | |
| 근로자수 | 3,457,000 | 3,465,000 | 3,941,000 | 4,385,000 | 4,495,000 | 4,749,000 | 5,357,000 | |
| 재해자수 | 117,930 | 137,816 | 156,972 | 157,800 | 141,809 | 142,088 | 142596 | |
| 천인율 | 34.12 | 39.77 | 39.83 | 36.99 | 31.55 | 29.92 | 26.62 | |

<표 4.2> 기간별 전 산업분야에 대한 누적 재해율

| 누적기간(일수) | 누적인원 | 누적재해율 | 누적기간(일수) | 누적인원 | 누적재해율 |
|---|---|---|---|---|---|
| 365 | 50.89 | 0.139425 | 3,285 | 380.11 | 0.115711 |
| 730 | 102.73 | 0.140726 | 3,650 | 419.88 | 0.115036 |
| 1,095 | 147.19 | 0.13442 | 4,015 | 459.71 | 0.114498 |
| 1,460 | 190.24 | 0.130301 | 4,380 | 496.7 | 0.113402 |
| 1,825 | 243.83 | 0.128674 | 4,745 | 528.25 | 0.111328 |
| 2,190 | 279.66 | 0.127699 | 5,110 | 558.17 | 0.109231 |
| 2,555 | 315.78 | 0.123593 | 5,475 | 584.79 | 0.106811 |
| 2,920 | 345.99 | 0.11849 | | | |

### 4.2 1987년 이후 발생한 전 산업 분야의 일반 재해에 대한 분석

다음에는 재해예방 전문기관인 한국산업안전공단과 노동부 산업안전국이 신설되고 난 이후 산업현장에 있어서 재해율이 어떻게 변화되었는지를 분석해 보고자 한다. 1987년 이후 산업현장에서 발생한 재해자 수와 천인율을 살펴보면 <표 4.3>과 같다.[9]

<표 4.3>의 자료를 이용하여 매년 단위로 재해자 수에 대한 누적 재해율을 구하면 <표 4.4>와 같다. 먼저, 누적 재해율에 대한 회귀함수를 구하기 위하여, <표 4.4>의 자료를 식 (10), (11), 그리고 (12)에 대입하여 풀면, 다음과 같이 절편과 기울기를 구할 수 있다.

$$\hat{a} = -5.166$$

$$\hat{b} = -0.271$$

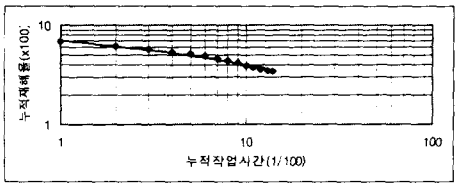
그러므로 산업현장의 일반재해에 대한 누적 재해율은 식 (4)에 대입하면 다음과 같다.

$$U_c(t) = kt^{-b}$$

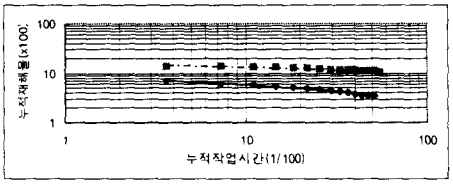
$$U_c(t) = 0.006t^{-0.271}$$

이를 로그-로그 용지 상에 표시하면 <그림 4.2>와 같은 직선형태가 된다.

이러한 분석을 통하여 1987년도 이전과 이후의 신뢰성 성장곡선을 비교해 보면 <그림 4.3>과 같다.




<그림 4.2> 1987년 이후 신뢰도 성장곡선




<그림4.3> 1987년도 전후 신뢰도 성장곡선 비교

<그림4.3>에서 보는 것처럼 맨 위의 파선형태는 1987년도 이전의 회귀식이고, 그 아래의 실선형태는 1987년도 이후의 회귀선을 나타낸다. 이때 기울기를 비교해 보면, 0.108과 0.271로 상당한 차이가 나는데, 이는 재해예방전문기관이 없었던 1987년 이전보다 재해예방전문기관을 설립하여 활용한 1987년 이후가 보다 체계적이고 과학적인 기법으로 사고예방활동을 실시한 결과라고 생각된다.

<표 4.3> 1987년도 이후 산업현장에서 발생한 재해자 수와 천인율

| 구 분 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 근로자수 | 5,744,000 | 6,688,000 | 7,543,000 | 7,922,704 | 7,058,704 | 6,942,527 | 7,273,132 |
| 재해자수 | 142,329 | 134127 | 132,893 | 128,169 | 107,435 | 90,288 | 85,948 |
| 천인율 | 24.78 | 20.06 | 17.62 | 16.18 | 15.22 | 13.01 | 11.82 |
| 구 분 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
| 근로자수 | 7,893,727 | 8,156,894 | 8,236,641 | 7,582,479 | 7,411,160 | 9,485,557 | 10,581,186 |
| 재해자수 | 78,034 | 71,548 | 66,770 | 51,514 | 55,405 | 68,976 | 81,434 |
| 천인율 | 9.89 | 8.77 | 8.11 | 6.79 | 7.45 | 7.27 | 7.69 |

<표 4.4> 기간별 전 산업분야에 대한 누적 재해율

| 누적기간(일수) | 누적인원 | 누적재해율 | 누적기간(일수) | 누적인원 | 누적재해율 |
|---|---|---|---|---|---|
| 365 | 26.62 | 0.072932 | 2,920 | 145.31 | 0.049764 |
| 730 | 51.4 | 0.070411 | 3,285 | 155.2 | 0.047245 |
| 1,095 | 71.46 | 0.06526 | 3,650 | 163.97 | 0.044923 |
| 1,460 | 89.08 | 0.061014 | 4,015 | 172.08 | 0.042859 |
| 1,825 | 105.26 | 0.057677 | 4,380 | 178.87 | 0.040838 |
| 2,190 | 120.48 | 0.055014 | 4,745 | 186.32 | 0.039267 |
| 2,555 | 133.49 | 0.052247 | 5,110 | 193.59 | 0.037885 |

## 5. 결 론

산업의 발달에 따라 산업구조가 복잡·다양화되면서 우리 주변에는 예기치 못한 사고가 생활 속에서 빈번하게 발생하고 있다. 특히 1990년대 들어 성수대교 붕괴, 대구 지하철 가스폭발, 아현동 가스 폭발, 삼풍백화점 붕괴 등의 대형참사들이 잇달아 발생하였다. 기업경영에 있어서도 안전은 인간존중의 실천이자 이윤극대화의 목적을 달성하는 가장 중요한 관건으로 떠오르고 있다. 따라서 본 연구에서는 인간신뢰성에 대한 분석을 하기 위하여 기존의 제조분야에 적용하였던 Duane의 신뢰성 성장 모델을 인간신뢰성 분석모델로 전환한 후, 이 모델을 이용하여 재해예방 전문기관이 없던 1987년도 이전과 전문기관이 설립되고 난 1987년도 이후의 전 산업분야에 대한 산업재해통계자료를 분석해 보았다. 그 결과, 1987년도 이전의 재해감소를 나타내는 회귀선의 기울기가 1987년도 이후의 기울기 보다 적은 것을 알 수 있다. 이는 재해전문기관을 통한 체계적인 재해예방활동이 산업재해 예방에 크게 기여하고 있음을 나타내고 있다. 이러한 분석을 위하여 재해발생 수는 포아송 분포로, 그리고 분포의 평균값은 시간의 흐름에 따라 변화하는 NHPP로 가정하였다.

## 참 고 문 헌


[1] 박경수, 신뢰도 공학 및 정비이론, 서울 : 희중당, 1993.

[2] 박성현, 회귀분석, 서울 : 대영사, 1997.

[3] 장순태, "PCS 교환기의 In-service 신뢰도 성장분석", '98 추계산업공학회 발표논문집, 대한산업공학회, 1998.

[4] 박재영, 건설재해가 사회에 미치는 영향 및 감소방안, 월간안전보건(1월호), 1999.

[5] 박규홍, 산업재해가 기업에 미치는 영향에 관한 연구. 월간안전보건(7월호), 1999.

[6] 한국산업안전공단, 경영과 안전, 인천, 1999.

[7] 한국산업안전공단, 21세기를 대비한 건설안전정책 발전방향, 월간안전보건, 1999.

[8] 한국산업안전공단, 주요국의 산업재해 현황 및 통계제도, 인천, 1999.

[9] 노동부, 2000년도 산업재해 분석, 서울, 2001.

[10] 노동부, 2001년도 산업재해 분석, 서울, 2002.

[11] Duane, J. T., "Learning curve approach to reliability monitoring", IEEE Transactions on Aerospace, Vol. 2, No. 2, 1964.

[12] Crow, L. H., "On tracking reliability growth", Proc. 1975 Annual Reliability and Maintainability Symposium, Washington D. C., Jan. 1975.

[13] O'connor, P. T., Practical reliability engineering, 3rd ed., British Aerospace : John wiley & Sons, 1991.

**김종환 (Jong-hwan Kim)**

1984년 서울대학교 산업공학과 공학사

1986년 한국과학기술원 경영과학과 공학석사

1995년 한국과학기술원 경영과학과 공학박사

1990년 ~ 현재 : 대구대학교 자동차·산업·기계공학부 교수

1998년 University of Houston 교환교수

관심분야 : 대기행렬론, 확률모형, 경영과학

**장순태(Soon-Tae Jang)**

1982년 영남대학교 토목공학과 공학사

1988년 국방대학원 OR 공학석사

2000년 대구대학교 산업공학과 공학박사

1999년 ~ 현재 : 한국산업안전공단 경북안전체험센터 교수

관심분야 : 경영과학, 산업안전