

## 산업 재해 데이터에 의한 인간신뢰성 분석<sup>†</sup>

### Analysis of Human Reliability Using Industrial Accidents Data

정 원\*·서 승 록\*·임 완 회\*

#### Abstract

Safety aspect in the manufacturing facility or at the construction site is increasingly emphasized in Korea for last a decade. As a result, the number of industrial accident is decreased slowly by improving the reliability of equipments and human performance through organizational efforts. This paper proposes a mathematical model to estimate and predict the human reliability level corresponding to the worker's job experience. For this purpose, we used the statistics of industrial accidents issued by the Department of Labor in the years of 94-96. The methodology developed in this research will provide a basis for better cost estimation in planning labor policy in the early stage of a project. We believe that this effort would eventually lead to a basis for a new approach to the safety planning.

<sup>†</sup> 본 연구는 1998년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

\* 대구대학교 산업공학과

## 1. 서론

현대 산업사회는 설비의 자동화와 생산기술의 발달로 품질 및 생산성향상이 가속화 되었고 그 결과 경제적 생활 수준이 크게 진전되었다. 이에 반해 산업구조의 새로운 변화로 인한 중대재해 및 신종 직업병의 발생이 증가하고 그에 따른 경제적 손실이 늘어나고 있다. '96년도 국내 산업재해 현황에 따르면 총 재해자 수는 71,548명으로 '95년도의 78,034명에 비하여 8.3% 감소하였으나 재해로 인한 경제적 손실은 6조 7,767억원으로 '95년도의 5조 6,679억원에 비하여 19.56%가 오히려 증가하였다(노동부, 1991). 또한, 산업기술의 고도화로 근로자의 근무 숙련도 및 집중도가 요구되는 만큼 근무년수가 짧고 안전의식이 부족한 미숙련 근로자에 의한 중대재해 발생 빈도가 증가하고 있다.

산업재해 예방은 예방원리 측면에서 크게 두 가지로 요약 될 수 있는데, 첫째로는 기계설비의 신뢰성을 높이는 것이고, 둘째로는 인간의 신뢰성을 높이는 것이다. 과거에는 기계설비의 신뢰성을 높이는데 산업재해 예방의 주안점이 되었지만 현재는 인간의 신뢰성을 높이는 데 주안점이 되고 있다. 이것은 현대의 빠른 과학기술의 발달로 인하여 기계설비의 첨단화 및 무인 자동화에 힘 입어 설비 자체의 결함은 감소하고 있는 반면에 첨단 기계설비를 조작하는 인간능력의 전문화가 요구됨에 따라 인간의 신뢰성이 산업재해 발생에 미치는 영향이 커졌기 때문이다.

우리 나라는 60년대부터 본격적인 경제개발

을 시작한 이후, 산업재해에 대하여 관심을 갖게 되기는 70년대 초기부터라고 할 수 있다. 그로부터 노동부 주관하에 각종 산업재해에 관한 통계자료를 산출하고, 미흡하나마 산업재해 예방 및 안전관리에 관한 연구들이 있어왔으며, 최근에는 산업재해 발생과 관련된 여러 연구들이 상당수 발표되고 있는데 예를 들면, 산업재해의 원인분석과 예방대책에 관한 연구(송대오, 1987)를 비롯하여 주로 산업재해가 우리에게 미치는 영향, 추세 및 발생원인을 살펴 사업장의 안전사고 감소 및 예방을 위하여 행정당국과 각 사업장에서의 시행 대책을 제시하거나(이은혜, 1990; 최옥철, 1985) 보상제도에 관하여 연구하였다(안병준, 1997; 정완조, 1996) 그러나, 위의 연구들에서 산업재해 통계자료를 입사 근속기간별로 분석 검토하여 재해를 감소에 관한 수학적 모델을 설정하고 사고 빈도를 예측하여 재해를 인간신뢰성의 측면에서 관리하고 분석할 수 있는 방법을 제시한 연구는 발견하지 못했다.

본 연구의 목적은 국내 제조업 및 건설업 분야에 종사하는 근로자의 최근 3년간 산업재해 발생에 관한 노동부 통계자료를 이용하여 근속기간에 따른 재해율의 변화를 인간신뢰성의 측면에서 분석이 가능하도록 수리적 모델을 개발하는데 있다. 이 모델을 이용하면 입사근속기간별 사고(재해)빈도를 예측, 평가할 수 있으며, 확률적 신뢰수준 내에서 데이터의 변화에 대한 추적이 가능하다. 또한, 초기 신뢰성의 변화가 향후 미칠 영향 등에 대한 평가를 가능하게 함으로써 국내 산업재해 예방 및 사고율 감소를 위한 정책수립에 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 산업재해의 발생원인

사고는 생산현장의 불안정한 물리적 상태, 환경 및 인간의 불안정한 행동 등으로 발생하게 되며 그로 인한 인명의 피해나 재산상의 손실을 가져오게 된다. 우리나라 산업안전보건법에서는 산업 재해란 “근로자가 업무에 관계되는 건설물, 설비, 원재료, 가스, 증기, 분진등에 의하거나 작업, 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환 되는 것을 말한다.” 라고 정의되어 있다(강희양, 1992). 산업재해는 <그림1>과 같이 사회적인 환경, 유전적인 요소, 개인적 결함 등의 간접적인 원인과 불안정한 행동, 불안정한 상태 등의 직접적인 원인에 의해서 발생한다.

H. W. Heinrich는 사고의 88%가 인간의 불안정한 행동에 의해서 발생되며, 10%가 기계, 설비의 불안정한 상태에 기인되고 2%가 불가항력적(천재지변) 요인에 의해서 발생한다고 하였다(안병준, 1997). 그러므로, 사고의 직접적인 원인인 불안정한 행동 및 상태를 제거하면 대부분의 재해는 방지할 수 있을 것이다.

재해 발생에 큰 영향을 미치는 불안정한 행동은 인간의 실수에 기인한다. <표1>에서와

같이 인간의 실수를 유발하는 요인은 크게 3가지로 구분할 수 있는데 개인적인 특성, 사회적인 특성, 상태적인 특성이다. 개인적인 특성은 인간 개개인의 생활습관이나 사고방식 및 교육수준등에 의해 다르게 나타날 수 있으며, 사회적인 특성은 인간의 일상생활 과정에서 영향을 받을 수 있고, 상태적인 특성은 인간의 실수를 유발한 시점의 주위환경에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다.

불안정한 상태란 사고(재해)의 직접적인 원인이 되는 물질이나 물체가 사고를 일으키도록 방치된 상태를 말한다. 인간의 불안정한 행동 다음으로 재해발생의 주요 요인이 되는 불안정한 상태는 그 재해 발생이 주로 기계 및 작업 환경에 있기 때문에 원인 규명이 수월하고, 재해예방을 위한 대책수립이 빠르게 이루어질 수 있다.

표 1. 인간의 실수 요인(한국산업안전공단, 1991)

| 구분        | 세부사항  |
|-----------|---|
| 1.개인적인 특성 | 인간 정보처리 과정, 착각, 습관, 동기, 지식, 인간성, 공포, 기쁨, 잘못된 가설                 |
| 2.사회적인 특성 | 사회적 압력, 사회적 목표, 생활상의 스트레스, 가정생활                                 |
| 3.상태적인 특성 | 신체적 스트레스(흡연, 음주, 피로등), 환경적 스트레스(온도, 소음, 조도 등), 조작특성(제어설계, 교육 등) |

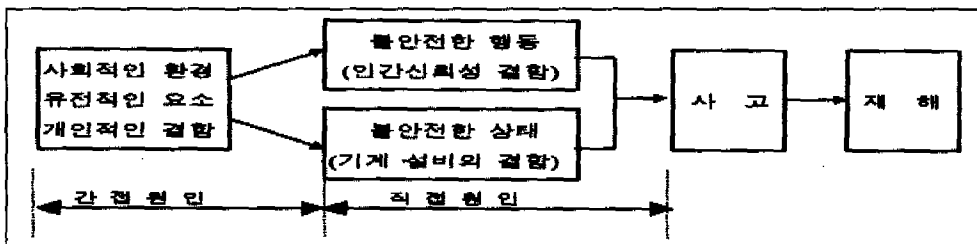


그림 1. 재해발생의 일반적인 구조

### 3. 그래프에 의한 재해 데이터 분석

#### 3.1 全産業에 대한 입사 근속기간 별 재해 데이터의 분석

최근 3년간 우리나라 재해 데이터를 입사 근속기간별로 분석하면 <표2>와 같다. 이 자료에서 알 수 있듯이 재해율은 '95년도에는 전년도 대비 9.21% 감소 하였으며, '96년도는 8.31% 감소로 나타났다. 년도별 입사 근속기간에 따른 재해자수를 비교해 보면 '96년도에 1년 미만인 58.82%(42,079명), 1-2년 미만이 10.98%(7,859명), 2-3년 미만이 6.04%(4,320명) 등으로 입사 근속기간이 짧을수록 재해 발생율이 높게 나타나고 있는데, '94, '95년도에도 비슷한 경향을 보이고 있다. 이는 근속기간이 짧은 근로자가 지식부족, 경험부족, 기술습득 수준 등이 미흡하기 때문이라고 해석할 수 있다. <표2>의 '94년도 데이터를 그래프화 하면 <그림2>와 같으며 '95, '96년도 데이터도 비슷한 모양을 나타내고 있다.

<그림2>를 보면 사고율의 변화가 일반 그래프상에서는 Power 함수 형태를 가지며, 이것을 Log그래프상에 나타나면 Log 1차 함수인 일직선의 형태임을 알 수 있다. 데이터에서 5-10년 미만은 5년으로 평균한 값을 그래프상의 8년 지점에 나타내었으며, 10년 이상 수치는 20년간 근무하는 것으로 보았을 때 10년으로 평균한 값을 15년 지점에 나타내었다.

표 2. 최근 3년간 입사 근속기간별 재해율 현황 (단위:명)

| 근속기간    | '94년도              | '95년도              | '96년도              |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1년미만    | 53,218             | 47,903             | 42,079             |
| 1-2년미만  | 8,659              | 8,040              | 7,859              |
| 2-3년미만  | 5,568              | 4,517              | 4,320              |
| 3-4년미만  | 3,701              | 3,261              | 2,841              |
| 4-5년미만  | 2,403              | 2,418              | 2,306              |
| 5-10년미만 | 7,358<br>(1,471.6) | 6,636<br>(1,327.2) | 6,422<br>(1,284.4) |
| 10년이상   | 5,041<br>(504.1)   | 5,259<br>(525.9)   | 5,721<br>(572.1)   |
| 소 계     | 85,948             | 78,034             | 71,548             |
| 근로자 수   | 7,273,132          | 7,893,727          | 8,156,894          |
| 재해율     | 1.18               | 0.99               | 0.88               |
| 증감(%)   | '95년도              | -9.21              |                    |
|         | '96년도              |                    | -8.31              |

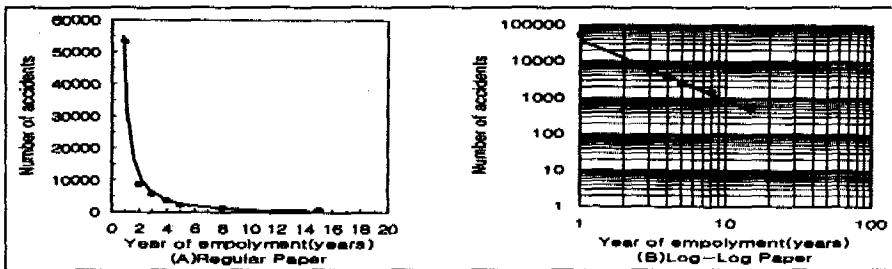


그림 2. 1994년도 입사 근속기간별 재해율 현황

### 3.2 제조업 및 건설업의 입사 근속기간별 재해 데이터의 분석

최근 2년간의 우리나라 재해 데이터 중 제조업 및 건설업부문에 대한 입사 근속기간별 변화추이를 보면 <표3>과 같다.

<표3>에서 최근 2년간 제조업의 입사 근속기간별 재해자 수는 감소 추세에 있다는 것을 알 수 있다. 구체적으로 '94년 대비 '95년도는 9.51% 줄었으며, 근로자수는 0.60%, 재해율은 9.23% 줄어 들었다. 입사 근속기간별 재해율 감소를 살펴보면 1-4년 미만의 경우에는 재해율이 빠른 속도로 감소하고 있는데 비하여 4년 이상의 경우에는 증가 또는 작은 감소를 보이고 있다. 이는 근속기간이 짧은 근로자가 장기근속자에 비하여 새로운 기술이

나 작업환경에 빠르게 적응하고 있음을 나타내는 것이다. <표3>의 제조업에 관한 데이터를 그래프화 하면 <그림3>과 같다. 이 그래프의 형태는 <그림 2>와 유사하다는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 최근 2년간 건설업의 재해자 수도 근속기간 1년 미만 근로자가 '94년도 94.66%, '95년도 94.81%로 건설재해의 대부분을 차지하고 있다. 더욱이 '95년도는 전년도 대비 근로자 수가 13.26% 증가하였으나 재해자 수는 오히려 7.12% 감소하여 결국 17.89%의 재해율 감소를 나타내었다. <표 3> 건설업의 데이터를 그래프화 하면 <그림4>와 같다. 따라서 재해율의 변화추이는 <그림 1>, <그림 2>, <그림 3>에서 유사한 형태를 나타내며 이를 근거로 인간신뢰성에 대한 수리적 분석을 하고자 한다.

표 3. 최근 2년간 제조업 및 건설업 입사 근속기간별 재해율 현황 (단위:명)

| 근속기간     | 제조업              |                  |         | 건설업       |           |        |
|----------|------------------|------------------|---------|-----------|-----------|--------|
|          | '94년도            | '95년도            | 증감      | '94년도     | '95년도     | 증감     |
| 1년 미만    | 20,089           | 17,539           | -12.69% | 22,976    | 21,373    | -6.98% |
| 1-2년 미만  | 5,094            | 4,908            | -3.65   | 592       | 588       | -0.68  |
| 2-3년 미만  | 3,301            | 2,690            | -18.51  | 254       | 195       | -23.23 |
| 3-4년 미만  | 2,218            | 1,953            | -11.95  | 141       | 98        | -30.50 |
| 4-5년 미만  | 1,439            | 1,371            | -4.73   | 81        | 86        | 6.17   |
| 5-10년 미만 | 4,894<br>(978.8) | 4,442<br>(888.4) | -9.24   | 120(24)   | 126(25.2) | 5.00   |
| 10년 이상   | 3,002<br>(300.2) | 3,325<br>(332.5) | 10.76   | 107(10.7) | 76(7.6)   | -28.97 |
| 소 계      | 40,037           | 36,228           | -9.51   | 24,271    | 22,542    | -7.12  |
| 근로자 수    | 3,084,827        | 3,066,431        | -0.60   | 1,978,629 | 2,240,990 | 13.26  |
| 재해율      | 1.30             | 1.18             | -9.23   | 1.23      | 1.01      | -17.89 |

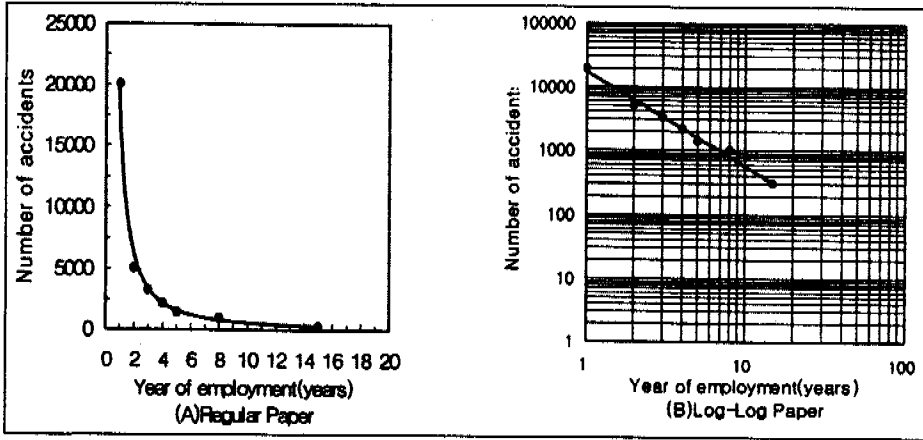


그림 3. 1994년도 제조업 입사 근속기간별 재해율 현황

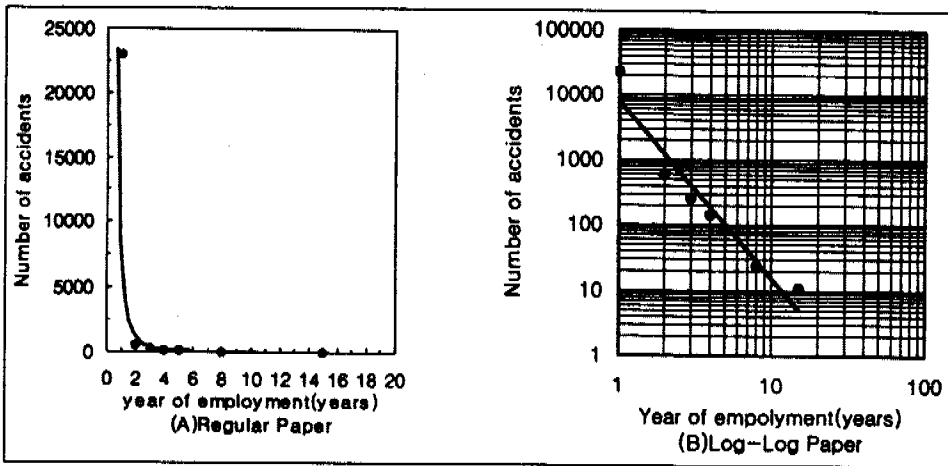


그림 4. 1994년도 건설업 입사근속기간별 재해율 현황

## 4. 신뢰성 성장관리에 의한 수리적 분석

### 4.1 이론적 배경

신뢰성 성장을 위해 가장 일반적으로 수용되는 형태는 Duane (1962)에 의해 처음으로 발표되었는데, 그는 개발 시험기간 동안에 발

생한 몇몇 시스템의 고장 데이터에 관한 관찰을 토의하였다. 그는 누적 고장율과 누적 작동시간의 관계를 Log-Log 그래프에 그렸을 때 직선에 근접한 형태로 나타난다는 것을 관찰하였다. 그 후 Duane 모델은 Crow(1990, 1981)에 의해 미국 군사장비에 대한 신뢰성 성장의 표준모델로 개발되었고, 자동차 (Brunner, 1987), 컴퓨터(Lin, 1985) 등 다양한 형태의 시스템에서 활용되었다. 이에

본 연구에서는 근속기간에 따라 사고율이 달라지는 우리나라 재해 데이터에 장비나 부품에 대한 신뢰성의 변화 분석결과를 적용하여 이에 맞는 모수를 발견하고 이를 인간신뢰성의 측면에서 분석하기 위해 Duane이 제안한 기본 모델을 변경하려고 한다.

### 4.2 신뢰성 성장 모델링

Duane이 제안한 신뢰성 성장에 관한 기본 수식은 Log-Log 용지에 다음과 같이 정리된다.

$$\log U_c(t) = \log K - a \log t \quad (1)$$

$$U_c(t) = Kt^{-a} \quad (2)$$

여기서,  $U_c$  = 누적 재해율

$K$  = 상수( $K$ 는 직종, 작업장의 여건, 각 개인의 차에 따라 변한다)

$T$  = 누적 근무연수

$a$  = 성장률

Duane의 제안에서 식1의  $U_c$ 는 누적 고장율을,  $t$ 는 누적사용시간으로 사용되었지만, 그 개념을 재해데이터에 적용하기 위하여 의미를 변형하였다.

시간  $t$ 까지의 누적 재해수를  $N(t)$ 라고 했을 때, 누적 재해율은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_c(t) = \frac{N(t)}{t} \quad (3)$$

$$N(t) = Kt^{1-a} \quad (4)$$

시간  $t$ 에서의 순간재해율은  $N(t)$ 의 순간 변화율이다. 즉,

$$\frac{dN(t)}{dt} = K(1-a)t^{-a} \quad (5)$$

이다. 순간 재해율을  $U_i(t)$ 라 하고 식2와 식5에서, 누적재해율과 순간재해율의 관계를 살펴보면

$$U_i(t) = (1-a)Kt^{-a} = (1-a)U_c(t) \quad (6)$$

이다. 이때 임의의 작은 시간간격  $dt$  동안 기대되는 재해자의 수는

$$U_i(t)dt \quad (7)$$

이다. 어떤 임의의 시간 간격  $[t_1, t_2]$  동안 발생하는 평균 재해자의 수는 다음과 같다.

$$N_{ij} = \int_{t_1}^{t_2} u_i(t)dt, \quad 0 \leq t_1 \leq t_2 \quad (8)$$

시간의 흐름에 따라 변하는 값  $N_{ij}$ 는 NHPP(Nonhomogeneous Poisson Process)의 평균값 함수로 사용될 수 있다. NHPP의 특성은 평균값이 시간의 변화에 따라 달라지는 것 외에는 포와손 분포의 모든 것을 만족한다. 그러므로, 어떤 특정한 시간 간격  $[t_1, t_2]$  동안에  $X$ 건의 재해가 발생할 확률은 다음과 같은 포와손 분포를 따른다.

$$P_i[X_{12} = x] = \frac{e^{-N_{12}} [N_{12}]^x}{x!} \quad (9)$$

여기서  $12$ 는 시간 간격  $[t_1, t_2]$  동안의 재해자의 수이다.

### 4.3 모수의 추정(Parameter Estimation)

모수의 추정을 위해 본 연구에서 MTBF는 재해 사고간의 평균시간으로 풀이될 수 있다. MTBF 성장곡선은 단순히 식2의 역수를 취하면 된다. 즉,

$$M_c(t) = K^{-1}t^a \quad (10)$$

이며, 식(10)에  $\log$ 를 취하면

$$\log M_c(t) = \log K^{-1} + a \log t \quad (11)$$

식(11)은 log-log 그래프에서 직선으로 나타나며, 성장률  $\alpha$ 은 직선의 기울기이다. 시간  $t=1$  일때,  $K^{-1}$ 은 이와 관련한 누적 MTBF와 같다. 만약 두개의 시간시점, 예를 들어  $t_2 > t_1$ 인  $t_1, t_2$ 에서 MTBF를 안다면 식 10으로 부터 두개의 모수를 추정할 수 있다. ( $t_1, t_2$ )를 식(10)에 대입하여 다음과 같은 식으로 변형하면,

$$\log M_c(t_1) = K^{-1} + \alpha \log t_1 \quad (12)$$

$$\log M_c(t_2) = K^{-1} + \alpha \log t_2 \quad (13)$$

식12와 식13을 동시에 풀면 모수들은 다음과 같이 추정된다.

$$\alpha = \frac{\log M_c(t_2) - \log M_c(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (14)$$

$$\log K^{-1} = \log M_c(t_1) - \alpha \log t_1 \quad (15)$$

작업자의 신뢰성을 고려할 때는 누적 MTBF를 생각하기 보다는 순간 MTBF를 고려할 때가 많다. 식5의 역수를 취하면 순간 MTBF를 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$M_i(t) = \frac{t^\alpha}{K(1-\alpha)} \quad (16)$$

식16에 log를 취하면

$$\log K^{-1} = \log M_c(t_1) - \alpha \log t_1 \quad (17)$$

여기에서 식6을 이용하여

$$\log M_i(t) = \log \frac{1}{1-\alpha} - \log K + \alpha \log t \quad (18)$$

$$M_i(t) = (1-\alpha) - M_c(t) \quad (19)$$

따라서 기울기를 결정하는 식은

$$\alpha = \frac{\log M_i(t_2) - \log M_i(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (20)$$

이 된다. 식14, 식18 및 식20으로 부터 순간 MTBF는 누적 MTBF와 기울기가 같고, 순간 MTBF가 누적 MTBF보다 높다는 것을 알 수 있다. 이 식들을 이용해서 K를 결정하

기 위해서는 식15를 이용하면 된다. 식1~식 20은 재해자료와 관련한 작업자의 신뢰성 변화를 추적하고 재해에 관한 효율적인 관리를 위해 신뢰성의 성장과정을 평가할 수 있다.

#### 4.4 신뢰성 성장 수치 예

<그림 2>(B)의 회귀직선으로부터 '94년도 재해자중 1년 미만 근속자의 재해자수가 35,000명이며, 만약 1년에 300일, 하루 10시간의 작업을 한다고 가정하면 1년 미만 근속자들의 재해 발생간 평균시간은

$$MTBF_c(1년\ 미만) = 3,000\text{시간}/35,000\text{명} * 60\text{분/시간} = 5.1428\text{분이다.}$$

한편 1-2년 근속자의 평균 재해자 수는 <그림2>(B)의 회귀 직선으로부터 12,000명이다. 만약 1-2년 근속자의 재해자수를 현재의 재해율에서 5% 정도 줄일 수 있다고 가정하면, 평균 기대되는 재해자 수는  $12,000 \times 0.95 = 11,400$  명이며 재해 발생간 평균시간은  $MTBF_c(1-2년) = 3,000\text{시간} / (35,000 + 11,400)\text{명} \times 60\text{분/시간} = 7.7586$  분이다. 이때 직선의 기울기 식14로 부터

$$\alpha = \frac{\log(7.586\text{분}) - \log(5.1428\text{분})}{\log(360,000) - \log(180,000)} = 0.7954$$

이다. 식 15로 부터 K를 구하면

$$\log \frac{1}{K} = \log(5.1428) - 0.7954 \log(180,000)$$

$$K = 2,943$$

가 되고, 식4로 부터 누적사고수는

$$N(t) = 2,943 t^{0.2046} \text{ 으로 표시 할 수 있다.}$$

근속기간이 각각 4, 5년인 근속자의 평균사고수는

$$N(5년) = 2,943(900,000)^{0.2046} = 48,643\text{명,}$$



수는 2,171명이다. 이는 <그림2>에서 (B)로부터 5년 근속자의 재해자 수 2,800명과 비교하면 22.46% 감소한 숫자이다. 같은 방법으로 이 연구에서 개발된 신뢰성의 식들을 이용하면 초기 근속기간의 재해율의 감소 시도가 근속기간의 연장에 따라 전체 재해자 수에 어떤 영향을 미치는지를 분석해 볼 수 있다.

### 5. 결 론

최근 국가와 기업의 꾸준한 노력으로 산업 재해 발생 건수는 감소하는 추세이나 중대재해는 오히려 증가하여 그로 인한 경제적 손실이 크다는 것을 통계자료에서 알 수 있다. 따라서 재해발생 건수의 감소는 물론 중대재해를 줄이는 것이 예방의 주안점이 되고 있다. 산업 재해 예방원리는 기계설비의 신뢰성과 이를 조작하는 인간의 신뢰성에 대한 관리요소로 구분되는데 본 연구에서는 근로자의 입사근속기간을 기준으로 인간신뢰성 측면을 분석하였다. 이는 94-96년에 발생한 우리나라의 재해자 중 1년 미만 근속자가 60%이상을 차지하여 근속기간에 따른 재해율의 변화가 중요한 요소가 되기 때문이다. 본 연구를 통하여 Duane의 신뢰성 성장곡선을 인간의 신뢰성을 추정 및 예측하는데 적용할 수 있도록 변형하였으며, 재해발생수가 포와손 분포를 따르며 분포의 평균값이 시간의 흐름에 따라 변하는 NHPP(Nonhomogeneous Poisson Process)를 제안하였다. 이론의 근거는 조사된 근속기간별 재해자의 수가 업종에 관계없이 Duane이 제안한 기본 직선의 형태를 나타내

있기 때문에 가능하였다. Duane모델의 적용 가능성에 대한 Validation을 위해 주로 사용되는 방법은 카이제곱 적합도 검정인데 (Crow, 1990) 이는 플롯된 점들이 직선의 형태라고 보기 어려울 때 사용하는 것이며, 본 응용 예에서는 시각적으로도 확실한 직선의 형태를 이루므로 검정을 위한 복잡한 계산과정을 거칠 필요는 없다. NHPP는 평균값의 변화 이외에는 포와손분포의 모든 특성을 따른다. 본 연구의 결과 식들을 적용에 있어서는 초기재해를 변화에 관한 데이터만 있으면, 근속기간의 연장에 따른 재해율의 변화추이를 예측 가능하게 하여 안전교육 및 자원의 효율적활용에 의한 노동안전계획을 수립할 수 있다. 이는 특히, 신규진행 사업에 대한 재해관리에 크게 효과가 있을 것으로 본다.

주어진 데이터의 분석결과 2년 미만된 근로자의 평균 재해율 감소를 위해서는 다음의 세 가지 측면을 고려 하여야 한다고 본다. 우선 기술적인 측면에서 작업자가 실수 또는 오조작을 하더라도 기계자체가 통제 가능한 Fail Safe 체계를 구축하여야 한다. 이를 위해 필요한 행동에 대한 예고경보나 에러 후 조치에 대한 정보를 제공할 수 있는 경보시스템을 고려할 수 있다. 둘째로는 교육적인 측면에서 기계설비의 기본적인 재원과 표준안전작업, 안전 지식 및 수칙 등 안전에 관한 내용을 반복적으로 교육하여야 한다. 안전의식이 일상화되도록 하는 수단으로서 모의 훈련이나 작은집단별 대화에 의해 안전포스터 의식을 향상시키는 위험 예지활동 등을 들 수 있다. 마지막으로 관리적인 측면에서 작업지시 및 작업수칙을 철저히 준수하고, 안전조직 및 인원 배치에 세심한 주

의를 기울여야 한다. 특히, 인간의 특성으로부터 설비(작업환경, 시스템의 결함 등)의 문제점을 조직적으로 분석하여 개선하고, 효율적인 안전보건 조직 구성과 안전보건경영체제에 의한 자율적인 활동 및 정기적 자체평가 등에 의하여 관리체계를 더욱 강화할 수 있을 것이다. 이 세가지를 잘 지켜나간다면 산업재해에 의한 경제적손실을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 본다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강희양, 산업안전보건론, 서울대학교출판사, 1992.
- [2] 송대오, "한국의 산업재해 원인분석과 예방대책에 관한 연구." 박사학위논문, 동아대학교, 1987.
- [3] 안병준, "한국 근로자의 산업재해 보상제도에 관한 연구." 박사학위논문, 광운대학교, 1997.
- [4] 이은혜, "산업재해의 원인분석과 대책에 대한 조사연구." 석사학위논문, 단국대학교, 1990.
- [5] 정완조, "산업재해 보상제도에 관한 연구." 박사학위논문, 원광대학교, 1996.
- [6] 최옥철, "산업재해가 기업경영에 미치는 영향." 석사학위논문, 경희대학교, 1985.
- [7] 한국산업안전공단, 안전보건 10월호, 46~47, 1991.
- [8] 노동부, 1994-1996년도 노동부 산업재해원인 분석결과 재해현황 보도자료, 1997.
- [9] Benton, A. W. and L. H. Crow, "Integrated Reliability Growth Testing." Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, 160~166, 1989.
- [10] Brunner, F. J., Application of Reliability Technology in Vehicles Development. Society of Automotive Engineers paper 871956, 234~246, 1987.
- [11] Crow, L. H., Evaluating the Reliability of Repairable Systems. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, 160~166, 1990
- [12] Duane, J. T., Learning Curve Approach to Reliability Monitoring. IEEE Transactions on Aerospace, 2, 563~566, 1962.
- [13] Lin, T.T., A New Method for Estimating Duane Growth Model Parameters." Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, 389~393, 1985.
- [14] U.S. MIL-HDBK-189, Reliability Growth Management, 1981.