Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 1 pp.37-43, February 2008

산업현장의 휴먼에러 예방을 위한 통합적 분석모델의 개발

이관석[1] · 임현교[2] · 장성록[3] · 이광원[4] · 김유창[5]

[1]홍익대학교 정보산업공학과 / [2]충북대학교 안전공학과 / [3]부경대학교 안전공학부 /
[4]호서대학교 안전보건학과 / [5]동의대학교 산업경영공학과

Development of a Comprehensive Model for Human Error Prevention in Industrial Fields

Kwan Suk Lee[1], Hyeon Kyo Lim[2], Seong Rok Chang[3], Kwang-Won Rhie[4], Yu-Chang Kim[5]

[1]Department of Information & Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 127-791
[2]Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, Chungbuk, 361-763
[3]Division of Safety Engineering, Pukyong National University, Pusan, 608-739
[4]Department of Safety & Health Engineering, Hoseo University, Cheonan, Chungnam, 330-713
[5]Department of Industrial & Management Engineering, Dongeui University, Pusan, 614-714

ABSTRACT

A lot of models have been developed for prevention of human errors. Nevertheless most of them failed to attract attention of industry which has been looking for an integrative model that can show practical countermeasures as well as causal factors of human errors. This research aimed to develop a comprehensive model that can mainly be applied to industrial fields. Therefore, in the model, it was tried to explain sequences of an operator's information process that might cause human errors on one hand, and life cycle stages of facilities involved when human errors occur on the other hand. This model was validated by using a typical accident case. With the comprehensive model presented in this research, one could follow up the sequence of human errors caused by operators, and errors made at the design stage which might cause accidents could be tracked. As a consequence, it is expected that much attention would be paid to preventing human errors in industrial fields since safety personnel can easily find out cause of human errors throughout life cycle stages of man-machine facilities if utilizing the suggested model.

Keyword: Human Error, Performance Shaping Factors(PSF), Lifecycle, System Safety Precedence

1. 서 론

이미 약 한 세기 전에 Spearman(1928)에 의하여 휴먼에러에 대한 논의가 시작되었지만 휴먼에러가 사고에 끼치는 영향에 대해서는 외국에서도 1980년대까지는 연구가 활발하지 않았다.

하지만 1970년대 후반부터 발생한 일련의 사고 즉, 1977년 Tenerife에서의 충돌 폭주, 2년 뒤 Three Miles Island, 1984년 Bhopal의 메틸 이소시아네이트 비극, 1986년

교신저자: 임현교
주 소: 361-763 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410, 전화: 043-261-2462, E-mail: hklim@chungbuk.ac.kr

Challenger와 체르노빌의 재앙, Herald of Free Enterprise의 전복, 1987년 King's Cross 지하철역의 화재와 1988년 Piper Alpha 주유소의 폭발 등이 휴먼에러에 기인한 비극적 사고로 인정된 것을 계기로 휴먼에러에 대한 관심이 다시 고조되기 시작하여, 이제는 많은 사고가 휴먼에러에 의하여 일어나고 있다는 데 많은 학자와 전문가들이 동의하게 되었다. 또한 전통적인 기술 발전이나 작업자 교육에 의존하는 사고 예방이 한계에 다다랐다는 것을 깨닫게 되었음은 물론(Kletz, 2001), 산업재해 기록이 좋은 회사에서도 공중의 신뢰도를 잃어버릴 수 있는 대형사고가 가끔씩 일어난다는 것을 알아냈다. 따라서 이제는 사용자나 보전 관리자 및 감독자까지를 포함하는 총괄적인 휴먼에러 예방에 의한 재해 예방이 필요하다는 것을 인식하고 이에 대한 조치를 취하기 시작하였다.

하인리히(Heinrich)는 1931년에 발표한 '산업재해예방(Industrial Accident Prevention)'이라는 책을 통하여 안전 관련 학문을 최초로 과학으로 만든 사람으로 알려져 있다. 이 책은 1978년까지 계속 출판되었는데 2000년 이후에도 대부분의 안전공학이 하인리히의 개념의 많은 부분을 따르고 있다는 것이다(Wallace and Ross, 2005). 그는 사고가 발생하는 과정을 일련의 요인들의 연쇄적 반응에 의한 것이라고 파악하여 사고 연쇄론을 주장하였는데, 그는 사고가 발생하는 데에는 인적 요인에 해당하는 불안전행동(unsafe act)과, 물적 요인에 해당하는 불안전상태(unsafe condition)가 관계한다고 주장하고, 불안전행동의 원인으로는 다음과 같은 4가지를 들었다(Heinrich et al., 1959).

- 지식의 부족: 몰랐기 때문에
- 기능의 미흡: 알지만 제대로 할 수 없어서
- 태도의 불량: 알지만 하기 싫어서
- 휴먼에러 : 알지만 어쩔 수 없어서

이중에 태도의 불량은 고의적인 규정위반(violation)으로 파악되어야 한다는 주장이 높다(正田, 1988; 海保 등, 1996). 나머지의 불안전행동은 휴먼에러라고 볼 수 있으므로 이를 예방하는 것이 사고를 감소시킬 수 있다고 본다(Kletz, 2001).

한편, 우리나라에서는 최근 외국, 특히 일본의 안전관리 서적이나 자료를 번역, 보급하는 일이 빈발하고 있으나, 이 자료들의 대부분은 산업현장에서의 관리적, 교육적 편의를 위하여 사고와 관련된 인적 요인을 모두 휴먼에러라고 간주하고 있어, 진정한 의미의 휴먼에러와 많은 인적 요인들을 혼동하는 결과를 초래하였다. 그 결과, 산업현장에서 이해하고 있는 휴먼에러와 학문적인 영역에서 연구되고 있는 휴먼에러와는 그 범위나 뜻에 있어서 상당한 차이가 있다.

안전사고를 연구하는 것은 여러 가지 학문적 목적도 있지만 같은 원인에 의한 사고나 유사한 사고를 방지하자는 데에 가장 큰 의미가 있다. 그러나 기존의 연구모델들은 각각 학자의 연구목적이나 관심에 따라 개발된 것이므로, 휴먼에러를 야기하는 인지적 과정이나 심리적 특성에 초점을 맞춘 것이 많은 반면, 휴면에러의 근본적인 원인에 맞추어 구체적으로 작업상황에서 무엇을 개선해야 하는지 개선 대상을 제시하는 기능이 부족하였다. 이러한 사실을 인지하고 자체적으로 개선을 하려해도 현재 주어진 조사 보고서로는 사고에 대한 정보가 부족한 경우가 많다. 일반적으로 산업계에서 관리자들은 현업이 바빠 사고가 일어나도 원인을 가능한 한 빨리 결정하고 사고처리를 마무리 지으려하는 경향이 있다(Wallace and Ross, 2005). 따라서 이러한 경향을 개선하기 위해서는 사고 조사시 관련 설비와 인원에 대하여 개발과 교육에서 폐기까지에 이르는 전체적인 관점을 고려하게 할 수 있는 제도가 필요하다.

따라서 본 연구는 생산현장에서 산업재해를 예방하기 위해서 현실적으로, 또 구체적으로 무엇을 어떻게 개선하여야 할 것인가가 쉽게 이해될 수 있도록, 기존의 휴먼에러 분석모델들을 개선하고 현장에서 개발에서 폐기까지의 전체적인 관점을 가지도록 하여 활용성이 높은 분석모델을 개발하고자 하였다.

2. 휴먼에러 분석모델과 신모델의 개념

2.1 휴먼에러 분석모델

과거 수십 년간 많은 휴먼에러모델이 개발되었다. 이를 분류하면 사고이론모델, 정보처리모델, 심벌처리모델, 의사소통모델, 제어시스템모델, 작위에러모델 등으로 나눌 수 있다. 사고이론모델은 사고의 원인을 직접적인 휴먼에러 외에 시스템 디자인, 관리적, 교육적 원인 등 간접적이고 근본적인 측면에서 원인을 찾는 모델이다. 정보처리모델은 인간의 정보처리 단계인 지각, 의사결정, 실행, 기억 등에서의 에러 발생을 파악하는 모델이다. 이에는 Wickens(1984)의 모델을 들 수 있다. 심벌처리모델은 정보처리모델에 비해 인간을 심벌(표상)을 처리하는 문제 해결자로 보고, 멘탈모델을 도입해 휴먼에러 분석에 인지적인 접근을 하는 모델이다. Rassmussen의 SRK model(1987)과 Reason의 GEMS(1990)이 이에 속한다. 의사소통모델은 인간을 메시지를 주고받는 전달자로 보고, 메시지, 매체, 전달자와 수신자의 기대 등의 요인으로 에러를 분석한다. 제어시스템모델은 폐회로의 연속 조종이 요구되는 시스템에서, 운전자의 제어작업에 대한 휴먼에러 분석에 유용하다. 신호탐지이론은 인간을 배경 소음으로부터 신호를 찾아내는 존재로 보고, 휴먼에

러 발생을 모델링한다. 검사, 경계 임무와 같은 작업에 적합하다. 작위에러모델은 고도의 복잡하고, 명확한 기술 중심 시스템에 대한 상호작용(interaction)상의 에러를 분석하는데 유용하다.

이제까지 이와 같은 많은 모델들이 제시되었지만 어느 한 모델로 모든 사고를 설명하기에는 무리가 있다(Wallace and Ross, 2005). 또한 제어시스템모델, 신호탐지이론, 작위에러모델은 특정한 목적이나 시스템에 쓰이게 개발되었다. 따라서 이 모델들의 특성을 종합적으로 반영하여 휴먼에러가 일어나는 전체 프로세스를 볼 수 있는 관점이 필요하다.

2.2 신모델의 개념

휴먼에러란 인간이 환경이나 기계, 시스템 등과의 인터페이스에 부적절하게 반응하고, 이로 인하여 원하는 목표에 어긋나거나 잘못된 결과를 초래하게 만드는 행동을 말한다. 즉, 효율, 안전, 또는 시스템 수행도를 감소시키거나 감소시킬 수 있는 부적절하거나 바람직하지 못한 인간의 결정 또는 행동이다.

2.2.1 시스템 안전 우선순위

재해사고를 예방하는 방법으로 시스템 안전공학에서는 시스템 안전 우선순위(System Safety Precedence) 혹은 위험성 경감 우선순위(Hazard Reduction Precedence)라는 원칙을 제시하고 있다(Roland et al., 1983). 이는 '최소 위험성을 위한 설계' – '안전장치' – '경고 표시' – '특수한 절차'로 이어지는 우선순위에 따라 안전조치를 강구하여야 한다는 의미로서, 선행 단계에서 충분히 검토되지 않은 채 후행단계조치를 강구하는 것은 효과적인 안전보장이 불가능하다는 의미이다.

따라서, 인간과 기계를 하나의 시스템으로 파악할 때, 시스템에 사고가 발생한다는 것은 이상의 조치과정에 문제점이 있을 수 있다는 것을 의미하므로, 사고 예방을 위해서는 이상의 조치과정을 면밀히 조사할 필요성이 있다는 의미이다.

2.2.2 시스템의 수명주기

한편, 시스템의 안전은 시스템의 수명주기에 대한 이해로부터 출발하는데, 이것은 시스템의 종류에 관계없이 시스템의 출생에서부터 사멸까지의 과정을 구상–정의–개발–생산–운용–보전–폐기 등 일련의 상징적인 단계로 나타낸 것이다. 시스템의 일생을 단계별로 설명하는 수명주기의 개념은 시스템 안전공학이나 신뢰성 공학분야에서는 시스템의 고장이나 사고를 예방하기 위한 논리를 이해하는 데 있어서 가장 초보적이지만 동시에 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서, 사고 요인을 조사할 때에는 이 과정을 거꾸로 추적하는 방법이 종종 이용된다.

2.2.3 인간의 정보처리과정

휴먼에러의 발생 메커니즘을 설명하는 데에는 여러 가지 모델이 있지만, 가장 대표적인 것으로 자주 언급되는 것이 인간의 정보처리과정 모형이다. 다시 말해, 휴먼에러는 인간의 정보처리 단계인 지각, 기억 및 회상, 의사결정, 실행 등의 과정 속에서 발생한다고 설명하는 것이다(Wickens, 1984). 이러한 접근방법은 휴먼에러의 발생 시점을 인지과정 속에서 파악함으로써 대책수립에 크게 도움이 된다는 이점이 있다.

2.2.4 행동형성요인

인간의 상황판단과 의사결정, 행동 등에 영향을 미치는 요인들을 총망라하여 행동형성요인(Performance Shaping Factors; PSF's)이라고 하며, 인간의 내적인 요인과 외적인 요인으로 크게 나눌 수 있다. 학자에 따라서는 외적 요인에 의한 휴먼에러를 상황유발에러(situation–caused error)라고 하고, 내적 요인에 의한 휴먼에러만을 진정한 의미의 휴먼에러라고 구분하기도 하며, 비슷한 의미에서 전자를 디자인 에러(design error)라고 후자를 운전자 에러(operator error)라고 구분하기도 한다(Proctor et al., 1994).

3. 신모델의 개발

이상의 전체적인 사항들을 설명할 수 있는 통합모델의 개발은 다음과 같이 이루어졌다.

3.1 단계 1(시스템 운용 및 폐기 단계: 사용자 에러 요인)

그림 1은 새로이 제시하고자 하는 통합 모형의 일부로서, 휴먼에러의 발생 원인 중 사용자 에러 요인을 설명하는 모델이다. 이 그림을 생산현장의 사고와 연관시켜 설명해 보면, 그림에서 가로축은 일반적으로 산업현장에서 진행되는 제품생산/서비스를 위한 설비의 설치를 위한 계획에서부터 노후화되어 폐기될 때까지의 과정을 나타낸다. 여기에서 '업무계획 – 시운전 – 운전 – 계획점검 – 사후보전 – 폐기'에 이르는 '시스템 운용 및 폐기' 과정의 표현은 산업현장의 경력이 많은 전문가들의 의견을 반영하여 결정하였다.

세로축에는 휴먼에러가 발생하게 된 요인을 가리킨다. 휴먼에러가 발생하게 되는 요인으로는 우선 순수하게 개인적인 요인에 의한 것이 있으며, 다른 한편으로는 이와 상관없

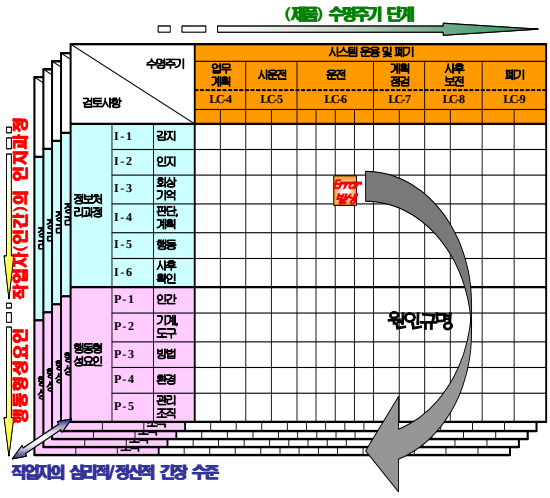

그림 1. 휴먼에러의 분석 – 단계 1 사용자 에러 요인의 규명

이 기업내 조직이나 문화에 의한 것이 있을 수 있다. 그림에서 세로축 위쪽에 표시된 작업자의 정보처리과정은 개인적인 요인을 설명하기 위한 것이며, 세로축 아래쪽에 표시된 관리 조직은 기업의 조직 및 문화를 나타내기 위한 것이다.

따라서, 만약 산업기계를 도입하여 업무계획, 시운전, 운전, 계획점검, 사후보전, 폐기 등으로 이루어지는 과정 중 어딘가에서 휴먼에러로 인한 산업안전상의 사고가 발생하였을 경우, 해당 작업자의 정보처리과정 중 어디에서 발생하였는가는 세로축의 인간 정보처리과정을 통하여 파악할 수 있으며, 경우에 따라서 그 근본적인 원인은 행동형성요인에 표시된다.

이 중 정보처리과정은 Wickens(1984)의 모델을 간략화하여 채택한 것이며, 행동형성요인의 분류는 산업재해의 분석에 종종 이용되는 4M(Man, Machine, Media, Manage-ment) 분류에 의한 사고 원인 분석방식(西島, 1988)을 채용하여 현장 작업자들의 거부감을 최소화하고자 한 결과이다. 이때 인간기계 상호작용에 대한 문제는 기계, 도구의 문제나 교육, 훈련에서 다루게 된다.

한편, 그림에서 z축에 해당하는 부분을 여러 장의 시트(sheets)로 표현한 것은 작업의 난이도나 작업의 요구에 따라 인간의 경계수준(alert level) 혹은 감정수준을 변화시켜 대응하는 인간의 심리적 특성을 표현하기 위한 것으로, 각 시트는 하나의 수준을 설명한다. 예를 들어, Rasmussen의 SRK model은 인간의 의식수준이 skill, rule, know-ledge 기반의 3수준으로 구성되어 있다고 주장하였는데(Rasmussen et al., 1987), 이것은 그림 1이나 2의 z축에 대응하는 층(layer)이 각각 3층으로 구성되어 있다고 이해하면 설명될 수 있다. 또한, 5수준 모델을 주장한 橋本(1984)의 경우에는 시트가 5수준으로 구성되어 있다고 이해하면 된다. 극단적으로, 인간의 감정이나 경계수준이 지극히 다양하다는 점을 설명하자면, 이 시트들의 매수가 무한히 많은 경우를 상상하면 설명이 가능하다. 그러나, 橋本의 주장과 같이 일반적인 제조활동 중에 작업자에게 요구되는 의식수준은 비교적 단순하기 때문에, 수많은 수준의 설정은 실제적으로 그다지 필요가 없을 것으로 예상된다.

3.2 단계 2(시스템 설계 및 설치: 설계자 에러 요인)

인간공학적 접근방법에 따르면, 휴먼에러는 많은 경우 시스템의 개발자 혹은 설계자의 에러에서부터 기인하며, 그것을 개선함으로써 휴먼에러를 예방할 수 있다고 생각한다. 이 과정을 체계적으로 고려할 수 있도록 도입된 것이 단계 2이다.

단계 1에서 휴먼에러의 발생 시점이 확인되면, 보다 근본적인 원인을 규명하기 위한 노력이 시작된다. 단계 2는 이 과정을 입체적으로 설명하기 위한 것이다. 그림 2에서 가로축은 그림 1에서 휴먼에러가 발생하는 데 관계된 산업설비를 가리킨다. 단, 단계 1에서 가로축의 공정이 산업설비의 사용과정이었다면, 단계 2에서는 가로축이 설비의 개발과정이라는 점, 그리고 세로축의 정보처리과정의 주체는 설비 혹은 시스템의 개발자라는 점이 다를 뿐이다.

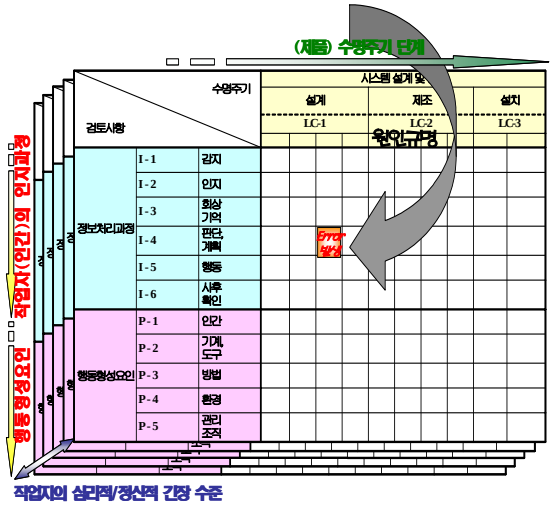

그림 2. 휴먼에러의 분석-단계 2 설계자 에러 요인의 규명

이렇게 구성되면 생산현장에서 발생하는 직접적인 휴먼에러의 분석을 파악하는 데에도 도움이 되며, 보다 근본적인 요인으로서 소홀히 취급된 시스템의 설계과정이나 인간공학적 요인들을 파악하는 데에도 도움이 된다.

3.3 통합모델

단계 1과 단계 2로 나뉜 모델은 인간-기계 시스템 내에서 휴먼에러의 원인을 이론적으로 규명하는 데에는 도움이 되지만, 일선 현장에서 사고분석 경험이 많지 않은 일반 관리자들이 활용하는 데에는 어려움이 뒤따를 수 있다. 이에 대한 하나의 방법으로, 두 모델은 통합되어 그림 3과 같은 하나의 도표로 정리되었다. 내용으로 보자면 그림 1과 그림 2를 단순히 합친 형태가 되는데, 이렇게 되면 가로축은 시스템의 구상으로부터 폐기에 이르는 완성된 하나의 수명주기를 형성한다.

그러나, 본 연구가 위에서 설명한 바와 같이 산업현장에서 활용될 것을 지향하였기 때문에 단순하게 표현하는 것이 바람직하며, 한편으로는 분석이 가능하다 하더라도 현장에서 마땅한 관리 방안이 없다는 점에서 단계 1과 2에서 표현되었던 인간의 감정수준이나 경계수준은 단일 쉬트로 정리하여 현장 근로자들의 활용도를 높이고자 하였다.

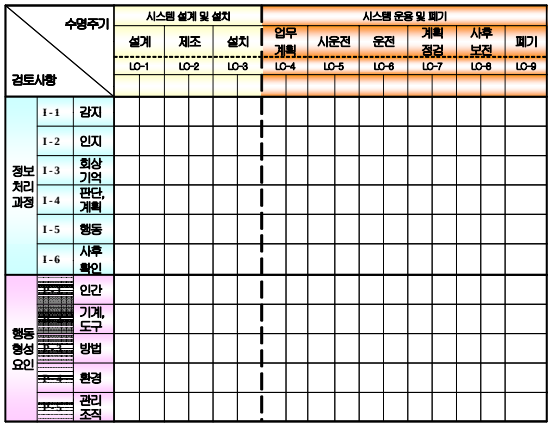

그림 3. 통합적 휴먼에러 분석모델

3.4 신모델에 의한 분석 사례

본 연구에서 개발된 휴먼에러 분석모델의 유용성을 검증하기 위하여 전형적인 산업재해(正田, 1988)를 예로 들어 분석과정을 설명하였다.

3.4.1 사고개요

1980년대 초, 외국의 어떤 기업의 자동차 기어 마무리 가공 라인에서 기어 가공기와 산업용 로봇에 흉부를 협착당하여 작업자가 압사한 사망사고가 발생하였다. 사고 당시 상황은 다음과 같았다.

그림 4와 같이 4대의 연삭 가공기를 대상으로 프레임 착탈용 로봇이 한 대 설치되어 있었다. 이 로봇의 작업은 4번 연삭 가공기에서 마무리가 끝난 프레임을 취출하여 반출 컨베이어에 실은 후, 그 다음에 3번 가공기로부터 프레임을 취출하여 4번 가공기에 셋트하고, 다시 차례로 2번 가공기로부터 프레임을 취출하여 3번 가공기에 셋트하며, 1번 가공기로부터 프레임을 취출하여 2번에 셋트하고, 마지막으로 반출 컨베이어로부터 가공재료를 잡아 1번 가공기에 셋트하는 식으로 수행되었다.

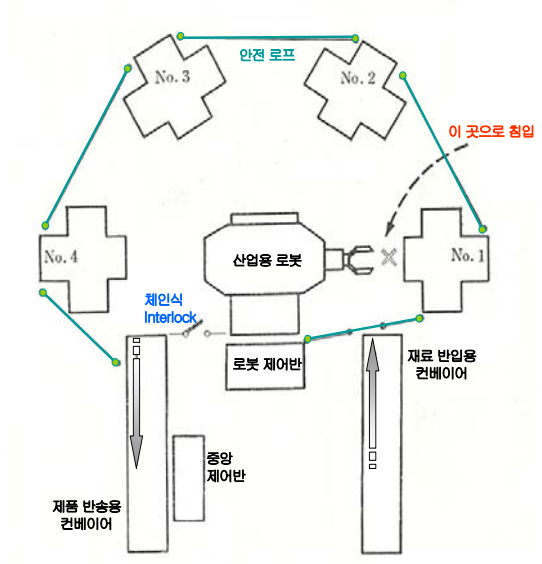

그림 4. 로봇 압사사고의 현장상황

이 경우, 장애가 발생한 경우의 올바른 표준 작업 수순은 다음과 같았다.

① 로봇 조작반의 스위치를 OFF로 한다.

② 체인을 벗겨낸다(인터록이 OFF 상태로 된다).

③ 장애 발생 가공기에 다가가, 기계 정면 오른쪽의 운전 스위치를 수동으로 절환하고 또한 정면 왼쪽의 연동 스위치를 수동으로 절환하여 로봇과 가공기와의 연동을 끊는다.

④ 가공기 장애 원인을 제거한다.

⑤ 조정 종료 후, 두 개의 스위치를 수동으로부터 자동으로 바꾼다.

⑥ 로봇의 가능범위 밖으로 나와 체인을 걸고(이 때, 인터록이 ON 상태로 된다).

⑦ 로봇 조작반의 스위치를 ON으로 한다.

그런데, 현장 조사에 따르면 이 재해사고의 경우, ①과 ②의 수순이 생략되었고, 또한 1번 가공기 근처의 로프가 벗겨져 있었다고 한다. 이 상황들로부터 재해사고의 원인을 분석하자면 다음과 같다. 기기장애를 나타내는 점멸 경보등을 발견한 작업자는 ①과 ②의 수순을 생략하고 1번 가공기 가까이의 로프를 뛰어 넘어 1번 가공기에 다가가(로프는 벗겨져 있었다), 두 개의 스위치를 수동으로 절환하여 기계를

조정하고, 그 후 스위치를 자동으로 절환하여 조정의 상황을 점검하고 있었다. 그 때, 체인을 벗겨 놓지 않았기 때문에 로봇과의 연동이 발생하여, 작업자의 배후로부터 로봇의 팔이 그를 가공기 방향으로 눌러버렸다.

3.4.2 신모델에 의한 분석

이와 같은 사항을 종합하여 신모델에 의한 사고 원인 사례를 정리하면 그림 5와 같다.

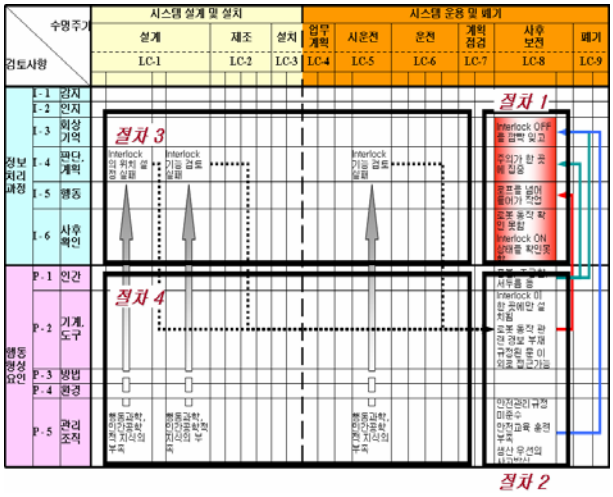

그림 5. 신모델에 의한 로봇 압사사고 분석 예

절차 1: 작업자의 에러가 '시스템 운용 및 폐기' 과정 중에 기기장애를 처리하려다 발생하였으므로 수명주기 상으로는 단계 1에 해당하는 모델의 오른쪽에서 '사후보전' 단계 열에 해당하며, 작업자 정보처리과정에서는 '회상/기억', '판단/계획', '행동', '사후확인' 모두에 걸쳐 에러가 있었으므로 해당 열을 찾아 각각의 란에 관련사항을 기입한다.

절차 2: 에러 행위자의 행동에 영향을 준 행동형성요인들을 '사후보전' 열의 아래쪽 행에서 찾아 해당사항을 기입한다. 이때 해당되는 요인들을 가능한 한 많이 검토하는 것이 휴먼에러를 예방할 수 있는 좋은 방법이다.

절차 3: 근본적으로 로봇 시스템의 설계 및 구조와 관련된 관계자들의 에러가 있으므로 '사후보전' 이전의 '설계'와 '시운전' 단계에서 찾아 관계자들의 에러 요인을 기입한다. 이때에도 역시 정보처리과정을 기본으로 판단한다.

절차 4: '설계'와 '시운전' 단계에서 관계자들이 시스템의 미흡함을 발견하지 못했던 것은 어떤 이유에서였는지, 영향요인들을 '행동형성요인' 열에서 찾아 해당란에 각각 기입한다. 이때에도 절차 2에서와 마찬가지로 가능한 한 많은 요인을 찾아 내어 기입하는 것이 바람직하다.

이러한 분석 결과에 따르면 그림에서 보는 바와 같이 휴먼에러에 영향을 미치는 요인들을 시계열적으로 파악할 수 있는 장점도 있고, 추론과정의 단순함도 현장에서 사용하기에 적합하다고 판단된다. 다만, 현장의 작업자들이 행동형성요인의 다양성을 이해하고 활용하도록 지도하는 데에는 다소 시간이 걸릴 것이라고 예상되지만, 지침서를 개발하여 교육한다면 길지 않은 시간에 수용할 수 있으리라 생각된다.

3.5 기존의 이론과의 관계

이와 같이 생산공정 속에서 휴먼에러의 발생을 이해하고 분류하게 되면, 시스템이나 제품 개발과정에서의 휴먼에러 분류체계를 고려한 Meister의 견해를 그대로 설명할 수 있고, 또 한편으로는 인지과정이나 정보처리과정에서의 휴먼에러 분류 입장을 취한 Reason을 비롯한 심리학자들의 주장도 모두 설명할 수 있다.

다만, Swain et al.(1983)이나 Meister(1977)의 분류체계는 작업자인 인간의 행동 결과에 초점을 맞춘 것이다. 따라서 휴먼에러의 원인을 추구하고자 하는 본 연구와 분석 방향이 다르기 때문에 본 모델을 가지고 설명하기에는 곤란하다고 할 수 있으며, 현재로서는 발생한 휴먼에러의 형태를 해당 셀(cell)에 기입하여 표현하는 방법만이 가능하다. 이 점까지를 반영하려 한다면 향후 좀 더 본 모델을 확장하거나 수정할 필요가 있을 수 있다.

그러나, 휴먼에러의 예방을 위해서는 행위가 발생하기까지의 과정을 시스템의 설계 구상으로부터 시작되는 흐름 속에서 파악하여야 하며, 이렇게 하는 것이 휴먼에러의 근본적인 원인들을 파악함에 있어서 피상적인 휴먼에러의 외관적 형태에 근거한 분류보다 더 효용가치가 높다(Proctor, et al., 1994)고 알려져 있다. 본 연구 결과가 휴먼에러의 학문적 분석이나 분류에는 미흡할 수 있으나, 산업현장에서 산업재해로 발전할 수 있는 휴먼에러를 발굴하고 그 원인을 제거시키기 위한 본래 연구의 목적에는 적합하다고 판단된다.

4. 결 론

인간공학자들은 전통적으로 인간-기계 시스템의 성능을 저하시킬 가능성이 있는 모든 행위 혹은 행위의 생략을 휴먼에러라고 간주해 왔으며 이러한 에러의 원인을 찾아 사고를 예방하려는 노력을 기울여 왔다. 하지만 산업현장에서 전문

가의 도움을 받지 않고 근본적인 원인을 찾을 수 있는 방법이 부재하여 많은 사고의 원인이 피상적인 것으로 파악되는 경우가 많았다. 본 연구는 이러한 개념을 따라 작업 수행과정을 시스템 구성요소로 파악하여 인간과 기계를 생각하고, 시스템 장애를 발생시키는 휴먼에러의 직간접 원인을 시스템적 접근방법에 의하여 규명할 수 있는 통합적인 분석모델을 개발하였다. 사고 사례를 통하여 검토한 결과를 보면, 사고 발생과정을 System Dynamics 차원에서 시각적으로 보여줄 수 있을 뿐 아니라, 사고 조사의 요령을 학습하게 하는 데에도 도움이 될 것으로 판단된다. 그러나, 현장에서의 활용도를 높이기 위해서는 인간공학적 교육을 받지 않은 작업자들도 인간공학적인 원인을 쉽게 확인할 수 있는 추가적인 지침의 개발이 필요할 것으로 기대된다. 또한 노동부에서 요구하는 재해조사표가 이 모델에 필요한 정보를 제공할 수 있게 바뀔 수 있도록 안전관련 전문가의 노력이 필요할 것이다.

참고 문헌

Meister, D., Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems, In Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety, Center for Chemical Process Safety of the AICE, New York, 1966.

Heinrich, H. W., Petersen, D. and Roos, N., Industrial Accident Prevention, 5th ed., McGraw-Hill, 1959.

Proctor, R. W. and Van Zandt T., Human Factors in Simple and Complex Systems, Allyn and Bacon, 1994.

Rasmussen, J., Duncan, K. and Leplat, J., New Technology and Human Error, John Wiley & Sons, 1987.

Reason, J., Human Error, Cambridge University Press, 1990.

Roland, H. E. and Moriarty, B., System Safety Engineering and Management, John Wiley & Sons, 1983.

Swain, A. D. and Guttmann, H. E., NUREG/CR 1278, Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983.

Wallace, B. and Ross, A. Beyond Human Error, pp.23-25, Taylor and Francis, 2005.

Wickens, C., Engineering Psychology and Human Performance, Columbus, 1984.

橋本邦衛, 安全人間工学, 中央労働災害防止協会, 1984.

西島茂一, これからの安全管理, 中央労働災害防止協会, 1988.

正田亘, ヒュ-マン・エラ-, エイデル研究所, 1988.

海保博之, 田辺文也, ヒュ-マン・エラ-, 新曜社, 1996.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 이 관 석 ❖ kslee@hongik.ac.kr

The University of Michigan 박사
현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 교수
관심분야: 인간공학, WMSD, 안전공학, Human Error

❖ 임 현 교 ❖ hklim@chungbuk.ac.kr

한국과학기술원 산업공학과 박사과정 수료,
일본 산업의과대학 인간공학과 박사과정
현 재: 충북대학교 안전공학과 교수
관심분야: 산업안전, 제품안전, Human Error 등

❖ 장 성 록 ❖ srchang@pknu.ac.kr

서울대학교 산업공학과 박사
현 재: 부경대학교 안전공학부 교수
관심분야: 산업안전, WMSD, 작업생리, Human Error 등

❖ 이 광 원 ❖ kwrhie@office.hoseo.ac.kr

Berlin공대 안전공학과 박사
현 재: 호서대학교 안전보건학과 교수
관심분야: 신뢰성공학, 시스템 안전공학

❖ 김 유 창 ❖ hklim@chungbuk.ac.kr

한국과학기술원 산업공학과 박사
현 재: 동의대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: WMSD, 안전공학, Human Error 등

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 07월 03일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 10월 15일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 02월 01일