Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 30, No. 1 pp.127-135, February 2011 DOI:10.5143/JESK.2011.30.1.127

조선업종에서의 휴먼에러 예방

김유창[1] · 정현욱[2] · 배창호[3]

[1]동의대학교 산업경영공학과 / [2]대우조선해양주식회사 / [3]삼성중공업주식회사

Prevention of Human Error in Shipbuilding Industry

Yu-Chang Kim[1], Hyun-Wook Jung[2], Chang-Ho Bae[3]

[1]Department of Industrial Management Engineering, Dong-Eui University, Busan, 614-714
[2]Industrial Safety & Health Team, Daewoo Shipbuilding Marine Engineering, Geoje, 656-714
[3]Environment & Safety Team, Samsung Heavy Industries, Geoje, 656-710

ABSTRACT

The nuclear power plants and chemical industries are trying to find human error to prevent occupational injury. The ratio of occupational injury is higher than the other industries in shipbuilding industry. It is known that the most important reason is human error. Recently, the shipbuilding industries interest in human error to prevent occupational injury. This paper outlines four approaches of human error identification used in shipbuilding industry such as survey of occupational injury, root cause analysis, risk assessment, and performance shaping factors. Finally, this paper proposes the interventions of ergonomics for preventing the human errors.

Keywords: Human Error, Shipbuilding industry, Occupational Injury

1. Introduction

한국의 조선업은 산업 파급효과가 크기 때문에 자동차업종과 더불어 정부의 적극적인 육성정책에 힘입어 세계수준으로 성장하였다. 그러나 조선업은 규모가 방대하고, 조업밀집도가 높고, 주문생산에 따른 생산구조가 복잡하여 표준화가 어렵고, 협력업무가 많은 특성 때문에 산업안전관리에 많은 한계성이 존재한다. 2009년 한국 전체산업의 재해율은 0.7, 제조업의 재해율은 1.0, 조선업의 재해율은 1.4로 조선업의 재해율은 타 업종에 비하여 매우 높다(Ministry of Employment & Labor, 2010). 조선업체는 산업재해를 줄이려는 다양한 제도를 마련하고 실행하고 있으나 산업재해율의 감소는 정체 상태를 보이고 있어 조선업체들은 지금까지 설비에만 관심을 갖고 있던 산업재해 예방 방식에서 벗어나 새로운 산업재해 예방대책을 찾으려고 하고 있다. 새로운 재해 예방대책 중 조선업종에서 가장 관심을 갖고 있는 분야가 휴먼에라 예방이다. 조선업체의 최근 3년간 발생한 재해의 분석 자료에 따르면, 인적요인이 90~95% 차지하고 있으며 이러한 인적요인은 부주의, 불안전자세/동작, 불안전한 상태방치, 안전수칙 미준수, 신호 및 연락 불충분, 위험장소 접근, 보호구 미착용 순이었다. 그러나 90% 이상을 차지하는 인적요인의 분석뿐만 아니라 인적요인을 일으키는 세부요인에 대한 분석도 할 수 없는 실정이다. 따라서 조선업체에서는 이러한 분석과 예방대책을 마련할 수 있는 휴먼에러 모형을 도입할 준비를 하고 있다.

Corresponding Author: Yu-Chang Kim. Department of Industrial Management Engineering, Dong-Eui University, Busan, 614-714.
E-mail: yckim@deu.ac.kr
Copyright@2011 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

체르노빌 원자력 사고, 보팔가스 폭발 사고 등 대형 사고는 휴먼에러와 관련이 매우 크다(Swain, 1983; Kletz, 1998). 복잡하고 위험한 시스템들은 다중 안전장치를 내장하고 있어 시스템의 고장에 의한 사고보다는 휴먼에러에 의한 사고가 훨씬 더 많기 때문에 원자력발전소, 대규모 화학회사, 그리고 철도운영업체는 휴먼에러 예방대책을 활발히 도입하고 있다(Shin et al., 2008; Lee et al., 2003; Kim and Jung, 2001, Kim et al., 1994). 그러나 제조업에서 체계적인 휴먼에러 예방방안을 도입하는 하는 경우는 드물고 단지 휴먼에러 예방에 대한 교육만 하고 있는 실정이다. 그러나 최근 세계 최고수준인 조선업체들은 많은 안전장치 등의 도입으로 재해율이 선진국 수준에 이르게 되자, 과거의 산업안전관리 방법이 이제는 효과적이지 않기 때문에 휴먼에러에 대한 관심이 증가하고 있다.

휴먼에러는 인간의 가장 보편적인 특성의 하나이다. 인간의 다양성 때문에 휴먼에러를 모두 제거한다는 것은 불가능하다. 따라서 휴먼에러에 의한 사고가 발생하였을 때 사고를 일으킨 인간을 비난하기 보다는 휴먼에러를 감소시키는 방안과 휴먼에러가 발생하였을 때 피해를 최소화하는 방안을 마련하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 조선업종에서 사용하는 휴먼에러의 정의와 분류방안을 알아보고, 휴먼에러를 예방하기 위한 여러 활동을 소개한다. 또한 효과적인 휴먼에러 예방 활동을 실시할 때 해결하여야 할 방안을 제시하고자 한다.

2. Definition and Classification of Human Error in Shipbuilding Industry

2.1 Definition of human error

휴먼에러에 대한 정의와 사용하는 용어는 매우 다양하다. 일반적으로 휴먼에러는 인간이 원하는 일을 정확히 하지 못한 것을 칭한다. 현재 산업안전분야에서 많이 인용되고 있는 메이스터(Meister, 1971)의 휴먼에러 정의는 다음과 같다. 휴먼에러는 "시스템의 안전, 성능, 효율을 저하시키거나 감소시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있는 부적절하거나 원치 않는 인간의 결정, 또는 행동으로 어떤 허용범위를 벗어난 일련의 동작이다"라고 하였다.

한국에서는 휴먼에러, 인적 오류, 인간실수, 불안전 행동 등으로 다양하게 사용하고 있다. 인간의 판단능력을 중요시하는 원자력발전소 등에서는 인적 오류라는 용어를 주로 사용하고 있으며, 고의성 없이 정확하게 업무를 수행하지 못했을 때 휴먼에러와 인간실수라는 용어를 많이 사용하고 있으며, 고의적인 규칙위반 등의 행동을 포함하여 위험한 행동 전체를 불안전한 행동으로 많이 사용하고 있다. 그러나 조선업종을 포함한 산업현장에서는 사고를 발생시킬 가능성이 있는 인간의 판단과 행동을 인간실수, 휴먼에러로 부르며 관리하고 있다. 현재 조선업종, 자동차업종 등 많은 업종에서는 위와 같은 위험한 판단과 행동을 휴먼에러를 부르고 있다.

2.2 Classification of human error

휴먼에러를 분류하는 여러 가지 방법이 있으나 통일된 분류방법은 없다. 휴먼에러 분류는 대부분 특별한 목적을 위해 분류되며 한가지 분류체계로 모든 욕구를 만족시킬 수 없다. 따라서 대부분 휴먼에러 분류는 다양한 이론적 분류와 실용적 분류를 반영하며 각각 이론적 한계를 가지고 있다.

휴먼에러 분류 중에서 행위에 따른 분류, 정보처리과정에 따른 분류, 작업에 따른 분류, 수행수준별 분류 등을 많이 사용하고 있으며 구체적 내용은 아래와 같다. 그 중 행위에 따른 분류와 정보처리에 의한 분류방법이 조선업종을 비롯한 여러 산업현장에서 이해가 쉽기 때문에 많이 사용되고 있으며, 특수 업종이나 연구 프로젝트에는 수행수준에 의한 분류를 많이 사용하고 있다.

2.2.1 행위에 따른 휴먼에러 분류

Swain(1983)은 휴먼에러를 인간의 행위에 따라 분류하였다. 분류방법이 쉽고 구체적이어서 산업현장에서 자주 사용되고 있는 분류방법이다.

- 생략 에러(omission error)
- 지연 에러(delay error)
- 불확실한 수행 에러(incorrect action error)
- 순서 실행 에러(sequence error)
- 불필요한 수행 에러(undesirable action error)

2.2.2 정보처리과정에 따른 휴먼에러 분류

Wickens et al.(2004)와 芳賀繁(2000) 등은 휴먼에러를 인간의 정보처리과정에 따라 분류하였다. 분류방법은 아래와 같이 3가지 분류방법이 일반적이나 일부 학자들은 동작 후 확인과정을 포함하기도 한다.

- 인지(확인) 에러: 감각기관의 정보입력에서 발생하는 에러이며, 확인 착오도 포함한다.
- 판단(결정 및 기억) 에러: 중추신경의 의사결정과정에서 일어나는 에러로 의사결정의 착오나 기억에 관한 실패도 포함한다.
- 동작(동작) 에러: 운동중추에서 올바른 명령이 이루어 졌으나 동작도중에 일어난 에러

2.2.3 작업의 종류에 따른 휴먼에러 분류

Meister(1971)는 휴먼에러를 작업의 종류에 따라 분류하였으며, 구체적 내용은 다음과 같다.

- 설계 에러: 설비, 장치를 설계할 때 발생하는 에러
- 설치 에러: 설비, 장치를 설치할 때 잘못된 설치와 조정을 한 에러
- 조작 에러: 기계나 장치의 조작 시 발생하는 에러
- 제조 에러: 조립을 주로 하는 제조공정에서의 에러
- 검사 에러: 양품, 불량품을 구별하거나 결함을 검출하는 도중에 발생하는 에러로 검사에 관한 기록상의 에러
- 보전 에러: 점검, 보수를 주로 하는 보전작업상의 에러
- 관리 에러: 작업장에서 잘못된 관리로 발생하는 에러

2.2.4 수행수준에 따른 휴먼에러 분류

Rasmussen(1987)과 Reason(1990) 등은 휴먼에러를 수행수준에 따라 분류하였으며, 특히 원자력 분야에서 많이 사용되고 있다.

- 기술기반 에러(skill based error): 일상적인 행동과 관련이 있으며, 정신의 상태가 멍함으로써 발생하는 에러
- 규칙기반 에러(rule based error): 문제 해결 상황에서 나쁜 결과를 예방하거나 최소화하기 위해 설계된 규칙을 적용하는 데 실패한 에러
- 지식기반 에러(knowledge based error): 틀린 의사결정을 하거나 불충분한 지식이나 경험으로 잘못된 계획으로 인해 발생한 에러

3. Interventions for Human Error in Shipbuilding Industry

조선업종에서 많은 업체들이 휴먼에러를 예방하고자 아차사고 제도 등 여러 활동을 전개하고 있다. 그 중 체계적이고 많이 사용하고 있는 산업재해조사, 근원적 원인분석, 위험성평가, 인적 오류 영향분석 등을 간단히 소개한다.

3.1 Survey of occupational injury

Heinrich는 재해 연쇄론에서 사고를 일으키는 직접 원인으로 불안전 상태와 불안전 행동을 제시하였다(Heinrich, 1959). 한국에서도 산업재해 보고 시 직접 원인을 보고하게 되었는데 조선업종의 많은 업체에서는 산업재해조사 시 불안전 행동을 조사하여 대책을 강구하도록 하고 있다. 산업재해조사 시 사용하는 방법은 체크리스트 방법인데 조사자의 수준이 일정하지 못하여 변동이 심하고, 수준 높은 교육을 시키기 곤란한 경우 조사자에 관계없이 쉽게 요인을 파악할 수 있도록 하는 동시에, 통계적인 집계가 가능하다는 점이 가장 큰 장점이다. 그러나 조사자의 자질에 따라서는 조사결과를 신뢰하기 곤란하고, 사고 당시의 진행과정을 파악하기 곤란하며, 사고요인간의 상호관계를 이해할 수 없기 때문에 결과적으로 사고라는 복잡한 특성이 잘 이해되지 못한다는 단점을 안고 있다.

3.1.1 불안전 행동 정의

사고 당시 피해자 자신 혹은 주변에 있던 동료 혹은 제 3자의 행동 중 결과적으로 사고를 초래한 행위요인을 말한다.

3.1.2 불안전 행동 분류체계

주요 분류체계는 Table 1과 같이 기본적으로 분류해 놓고, 사고 원인 조사에서는 해당 항목을 기입하는 식으로 운영하는 것이 보통이다.

Table 1. Classification of unsafe acts

1. 위험장소 접근	추락할 위험이 있는 장소 접근 전도 위험장소 접근, 협착 위험장소 접근 압력, 매몰 위험장소 접근 비래 위험장소 접근 폐쇄물 내부 접근 위험물 취급장소 접근 기타 경계표시가 있는 지역 등 접근
2. 안전장치의 기능 제거	기능 제거, 동작정지 등 잘못 사용, 기타
3. 복장, 보호구의 잘못 사용	보호구 미착용(보호구 미비로 미 착용시는 불안전한 상태로 분류), 보호구 착용 잘못 및 용도착오, 지정복장 미착용, 미 준수
4. 기계기구 잘못 사용	기계기구의 잘못 사용, 필요기구 미사용, 미비된 기구의 사용
5. 운전 중인 기계장치의 손질	운전중인 기계장치의 주유, 수리, 용접, 점검, 청소 등, 통전중인 전기장치의 수리, 점검, 청소 등, 가압, 가열, 위험물과 관련되는 용기 등의 수리, 용접, 점검, 청소 등
6. 불안전한 속도 조작	기계장치의 과속, 기계장치의 저속, 기타 불필요한 조작
7. 위험물 취급 부주의	화기, 가연물, 폭발물, 압력용기, 중량물 등 취급 시 안전조치 미비, 기타
8. 불안전한 상태 방치	기계장치 등의 운전 중 방치, 기계장치 등의 불안전 상태 방치, 적재, 청소 등 정리정돈의 불량
9. 불안전한 자세 동작	불안전한 자세(뛸, 던짐, 뛰어오름, 뛰어내림) 불필요한 동작(장난, 잡담, 잔소리, 싸움) 무리한 힘으로 중량물 운반, 기타
10. 감독 및 연락 불충분	감독 없음, 작업지시 불철저, 경보 오인, 연락 미비, 기타
11. 기타	1~10 항목으로 분류 불능 시 기재하며, 원인을 약술

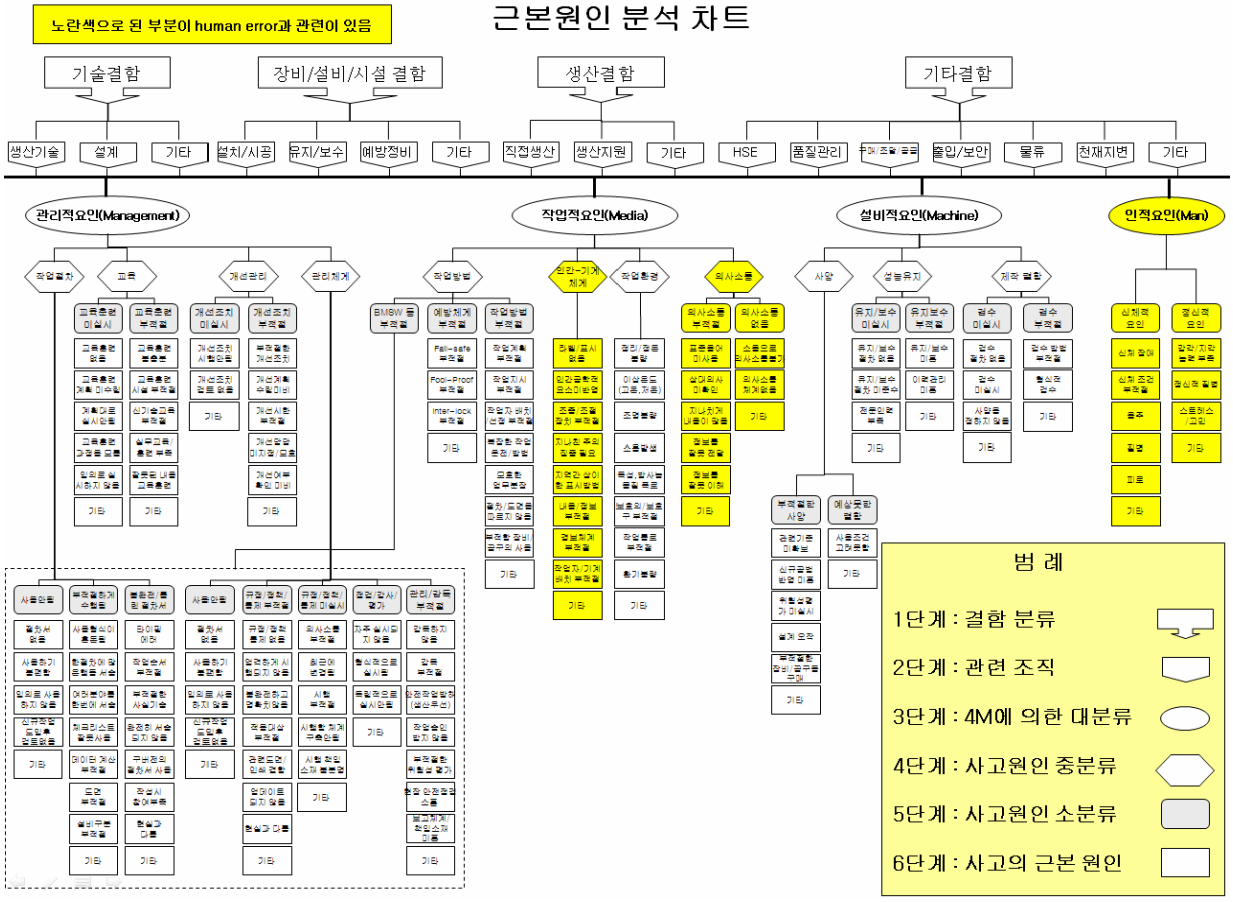


Figure 1. Chart of root cause analysis

3.2 Root cause analysis

일반 제조업체에서도 일부 이 기법을 사용하고 있으나 많은 조선업체들은 이 기법을 매우 중요한 기법으로 강조하여 사용하고 있으며, 산업재해가 발생하였을 경우 반드시 이 기법을 사용하여 근원 원인을 분석하여야 하는 업체도 있다. 조선업체들은 조선업의 특성과 자기업체의 특성에 맞게 관리 항목을 개발하여 사용하고 있으나 큰 체계는 비슷하다. 아래에는 한 대기업의 방안을 소개한다.

재해를 발생시키는 결함으로 기술결함, 장비/시설결함, 생산결함, 기타결함으로 나누고 발생요인으로는 관리적요인, 작업적요인, 설비적요인, 인적요인으로 나눈다. 특히 작업적요인의 인간−기계 체계와 의사소통, 인적요인의 신체적요인과 정신적 요인이 휴먼에러와 관련이 있다고 판단되어 업체에서는 이 부분을 강조하고 있다. 전체적인 근본원인분석 차트는 Figure 1과 같으며, 이중 휴먼에러에 해당되는 부분을 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Human error of root cause analysis

재해 요인	세부요인 I	세부요인 II	근본원인
작업적 요인	인간 – 기계체계		라벨/표시 없음, 인간공학요소 미 반영 조종/조정장치 부적절, 지나친 주의집중 필요 지역간 상이한 표시방법, 내용/정보 부적절 경보체계 부적절, 작업자/기계 배치 부적절, 기타
	의사소통	의사소통 부적절	표준용어 미사용, 상대의사 미확인, 지나치게 내용이 많음, 정보를 잘못 전달, 정보를 잘못 이해, 기타
		의사소통 없음	소음으로 의사소통 불가, 의사소통 체계 없음, 기타
인적 요인	신체적 원인		신체장애, 신체조건 부적절, 음주, 질병, 피로, 기타
	정신적 원인		감각/지각능력 부족, 정신적 질병, 스트레스/고민, 기타

3.3 Risk assessment

위험성평가는 산업재해의 요인이 되는 유해위험 정도 즉, "위험(Risk)"을 재해중대성과 발생가능성에 착안하여 정량화 등의 방법으로 구체적인 평가를 통하여 위험성 수준을 정하고 이에 대한 개선조치 필요성 검토, 우선순위 결정과 함께 위험감소 대책을 검토하여 "위험제로(Risk zero)"를 목표로 한 예방 활동이다.

위험성평가는 회사의 조직 활동, 제품 및 서비스가 안전보건에 미치는 직·간접적인 위험성을 파악, 검토 및 평가를 통하여 중요한 위험요소에 대한 등록관리를 통해 회사의 안전보건 수준을 지속적으로 개선하기 위한 자료로 사용하는데 목적이 있다. 산업안전보건법의 규정에서 위험성평가의 목적은 안전보건경영체제를 구축하고자 하는 사업장에서 위험성평가에 관한 사항을 정하여 이를 활용함으로써 산업재해를 예방하기 위한 것이라 규정하고 있다.

따라서 대부분 조선업체에서는 위험성평가를 실시하고 있으며, 많이 사용하고 있는 조선업체 위험성평가 사례를 Figure 2와 그 Figure 3에 나타내었다. A 업체 양식은 영국 등 유럽의 기업들이 많이 사용하는 양식이며, 주로 OSHAS 18000 인증 업체들이 사용하고 있으며 비교적 간단한 방법이다. B 업체 양식은 한국 산업안전보건공단에서 개발하여 보급한 양식으로 한국에서 가장 광범위하게 사용되고 있다. 조선업종의 특성상 위험공정이 너무 많기 때문에 복잡한 위험성 평가기법을 사용하면 위험성평가에 많은 작업이 필요하기 때문에 형식적인 평가가 되는 경향이 있다. 최근 복잡한 위험성평가 양식을 사용하고 있는 업체들도 최근에는 A, B 업체 양식을 많이 사용하고 있다.

위험성구분	위험요소	상태	시나리오	피해 대상자	발생 가능성	피해 심각도	위험도	현재관리상태	개선방향

Figure 2. Risk assessment form of company A

평가대상		위 험 성 평 가 표 (Risk Assessment)							평가자				
평가일시									평균위험도	현재	개선후		
작업내용	평가 구분	위험요인 및 재해형태	현재안전조치	현재 위험도			개 선 대 책		개선후 위험도				
				빈도	강도	위험도		코드 번호	빈도	강도	위험도		
	기계적												
	물질·환경적												
	인적												
	관리적												

Figure 3. Risk assessment form of company B

3.4 Performance shaping factors

인적 오류 영향분석은 B 업체에서 사용되는 휴먼에러 분석기법으로 휴먼에러를 인간의 정보처리과정 따라 분류하고 영향을 분석하는 기법이다. 인적 오류를 정보입력, 인지확인 오류, 판단기억오류, 동작조작오류, 조작확인으로 분류하고 인적 오류영향 요소로 작업자요인, 작업특성요인, 관리적요인, 작업환경요인으로 나누어 분석하고 있다. 조선업체 중 가장 정교하게 휴먼에러를 분류하고 분석하는 기법이라고 판단된다. 본 분석기법의 사용 양식은 Figure 4에 나타내었다.

4. Strategies for Prevention of Human Error in Shipbuilding Industry

4.1 Education

작업을 하는 데 필요한 지식과 기능을 가진 작업자의 선정은 휴먼에러를 줄일 수 있다. 작업자 선정을 위해서는 직무분석을 통하여 작업자의 지식과 신체능력을 평가하여야 한다. 따라서 조선업체에서는 작업자의 지식과 신체능력을 평가할 수 있는 체계를 만들도록 노력하여야 한다.

작업자를 또한 적절히 훈련시키면 휴먼에러를 줄일 수 있다. 작업자에게 작업내용과 설비뿐만 아니라 생산공정 시스템에 대해서도 충분한 지식을 가지고 있도록 교육하여야 한다. 교육받은 교육내용을 실행하도록 반복 교육을 하여야 하며, 매뉴얼 개발과 소집단 활동 등도 휴먼에러를 예방하는데 매우 중요하다.

훌륭한 휴먼에러 교육을 위해서는 휴먼에러에 대한 리더 양성에도 많은 노력을 하여야 한다. 간단한 휴먼에러 예방 방안은 쉽게 실행할 수 있지만 더욱 정교한 모형을 이용하기 위해서는 인간의 특성과 능력 등 인간에 대한 근본적인 지식을 가지고 있는 리더를 확보하고 양성하여야 한다.

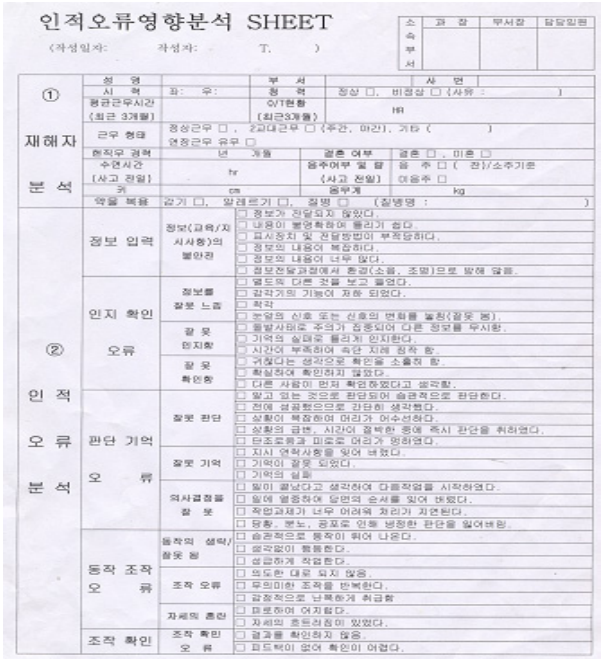


Figure 4. Performance shaping factors form

4.2 Ergonomics design

대부분 휴먼에러는 인간능력의 부족이기보다는 인간의 지식과 능력을 사용하지 않기 때문에 발생한다. 그러나 인간의 육체적, 정신적 능력의 부족으로 일어나는 사고가 많지는 않지만 때때로 발생하며, 대부분 인간의 능력 부족보다는 그 사람이 가지고 있는 능력보다 많은 일을 하도록 요구 받고 있기 때문이다. 따라서 인간의 육체적, 정신적 능력 한계 내에 시스템을 설계하는 것이 중요하다.

인간의 육체적, 정신적 능력에 맞도록 설계하는 인간공학적 중요한 설계요소는 아래와 같다.

4.2.1 양립성

작업설비는 여러 구성요소 간에 많은 상호관계가 성립한다. 예를 들어, 조작과 반응과의 관계, 조절장치와 작동결과에 관한 관계 등이 존재한다. 이때, 표시장치와 조작장치는 서로 모순되지 않는 관계를 유지하여야 휴먼에러를 줄일 수 있다. 이렇게 사람들이 기대하는 바와 일치하는 성질을 양립성(Compatibility)이라 한다.

양립성을 고려하지 않은 경우, 설비의 운전자는 시스템의 작동방법을 배우는 데 시간이 많이 걸릴 것이며, 조작 시간도 많이 걸릴 수밖에 없고, 실수도 많을 수밖에 없다. 그러나 많은 연습을 하여 억지로 작동방법을 배웠다 하더라도 긴박한 상황에서는 원래 사람이 기대했던 대로 행동이 나타난다. 따라서, 인간의 기대와 일치하도록 설계하는 양립성의 개념은 휴먼에러를 줄이는 데 매우 중요하다.

4.2.2 정보의 피드백

피드백(Feedback)이란 시스템의 작동결과에 관한 정보를 작업자에게 알려주는 것을 의미한다. 작업자가 시스템을 사용하면서 얻고자 하는 목표를 얻기 위해서는 조작에 대한 결과가 어떤 상태로 나타나는가를 알려주기 위한 피드백이 필요한 것이다.

일반적으로 피드백에는 시각적 피드백인 표시장치 뿐만 아니라 청각적인 피드백이나 촉각적인 피드백 등도 사용할 수 있다. 예를 들어, 설비의 작동 버튼을 누른 경우 버튼이 눌렸다는 소리와 버튼의 반력 등은 좋은 정보 피드백의 예이다.

4.2.3 풀 프루프(Fool-Proof) 기능

작업자가 조작실수를 하더라도 작업자에게 피해를 주지 않도록 하는 설계 개념을 풀 프루프라 한다. 초보자나 미숙련자가 잘 모르고 설비를 사용하더라도 고장이 나지 않도록 하거나 작동하지 않도록 하여 안전을 확보하는 개념이다. 예를 들어 극성이 정해져 있는 전원 커넥터를 사용하여야 하는 경우에는 극성이 다르게 삽입되는 것을 방지하기 위하여 커넥터의 모양을 비대칭적으로 하여 극성이 올바르게 맞는 경우에만 삽입될 수 있도록 설계하는 경우이다. 프레스에 설치된 양수조작식, 광전자식, 손쳐내기식, 수인식, 게이트 가드

(Gate-guard)식 안전장치 등도 대표적인 풀 프루프 설계의 하나이다.

4.2.4 인체측정자료의 활용

설계자가 작업자의 인체측정치의 평균치를 기준으로 설계한다면 작업자의 50%는 닿을 수 없을 것이다. 따라서 필요에 따라 설계자는 작업자의 90%, 95% 이상이 닿을 수 있도록 설계하여야 한다. 또한 육체적으로 쉽게 작업할 수 있도록 인체측정치 외에도 근육의 힘과 같은 작업자의 능력한계를 설정하여 시스템을 설계하는 것이 중요하다. 가장 힘이 약한 사람(작업자 집단의 1%, 5%)도 쉽게 작업할 수 있어야 한다.

4.2.5 작업의 과부하와 저부하를 고려한 설계

작업자에게 정보가 과부하가 걸리거나, 전혀 부하가 없을 때, 그리고 사건이 매우 드물게 일어나거나 습관적으로 작업할 때 사고를 일으키기 쉽다. 만일 과부하가 걸리면 인간은 중요하다고 생각되는 한 가지 일에 집중하고 나머지 일은 포기하는 경향이 높다. 설계자가 논리적으로 제시한 작업절차도 긴박한 상황에서는 작업자는 작업절차대로 행동을 하지 않는 경우가 많다. 만일 2개 이상의 작업을 동시에 하도록 하면 작업자들은 정확한 판단을 할 수 없다. 그리고 컴퓨터 시스템의 도입으로 현대의 작업자들은 항상 많은 정보에 노출되어 있으며, 매일 프린트되어 나오는 수십 페이지의 중요한 정보들은 책상 위에 쌓여 있을 뿐 대부분의 작업자들은 정보를 읽지 않는다.

사람은 일이 너무 많았을 때와 마찬가지로 너무 일이 없을 때 신뢰성이 떨어진다고 알려져 있다. 완전 자동화된 공장에서 감시작업을 하는 작업자들은 작업부하가 낮아 신뢰성 있게 일을 할 수 없을 때가 있다. 따라서 자동화를 할 때에는 작업자가 어느 정도 긴장 속에 일을 할 수 있도록 설계하여야 한다. 연구자들이 연구한 바에 따르면 완전 수동, 반자동, 완전 자동화된 보일러 시스템을 비교하였을 때 운전자가 있는 반 자동 시스템이 가장 신뢰성이 있었다고 한다.

매우 드물게 발생하는 일을 탐지하여야 하는 운전자는 그 일을 발견하지 못하거나, 발견하더라도 그 사실을 믿지 못하여 사고가 발생하는 경우가 있다. 25년 동안 한 번도 켜지지 않은 경고 등이 켜졌을 때 운전자가 적절하게 대응하기는 어렵다.

인간이 육체적, 정신적으로 작업을 하기에 곤란하거나 불가능한 작업을 하도록 하는 경우에는 작업자는 휴먼에러를 일으키기 쉽다. 아래는 인간의 능력을 고려하지 않은 작업설계에 의한 사고의 예이다.

- 조선회사에서 크레인 조종사는 운반 물체를 보기 위해서는 때때로 옆으로 몸을 기울여야 하며, 이때 운전자는 크레인 조종장치 중 하나가 너무 멀어 손으로 조작할 수 없어 사고를 일으킬 수 있다. 또한 지게차 운전자는 뒤로 운전을 할 때 좋은 시야를 확보를 할 수가 없어 에러를 저지를 수 있다. 이에 대한 예방대책으로는 거울을 사용하거나 CCTV 카메라를 사용하여 시야를 확보할 수 있다.
- 완전 자동화된 새 공장에서 경고 신호가 울리고, 컴퓨터 시스템에서는 무려 50여장의 경고메시지가 프린트되었으나, 정작 작업자는 무엇이 잘못 되었는지 즉시 알아차리지 못해 조치를 취하지 않아 폭발이 발생하였다. 이 경우 너무 많은 정보가 작업자에게 노출되어 작업자가 빠른 시간 내에 처리를 할 수 없는 경우이다. 이에 대한 대책으로는 여러 가상 시나리오를 통해 가능한 최소의 정보로 작업자가 조치를 취할 수 있도록 훈련이 되어 있어야 한다.

4.3 Communication

조선업체에서 많은 산업재해의 원인 중 하나가 의사소통이다. 조선작업의 특성상 장소가 밀폐되고, 많은 사람이 밀집되어서 작업을 하며, 용접장비 등을 비롯한 많은 장비들은 소음을 발생시킨다. 또한 많은 외국작업자들이 조선업체서 근무하기 때문에 의사소통이 매우 중요하다.

작업 중 가장 많이 사용되는 의사소통 방법은 구두 대화이다. 통상 중요한 내용이나 심각한 문제를 야기할 수 있는 내용은 잘못 전달되거나 오해의 소지가 다분하므로 의사전달을 구두로 하는 것이 바람직하다고 생각하기 쉽지만, 실제로 구두전달만이 가장 효과적인 것은 아니므로, 원활한 의사소통을 위해서는 다른 방법도 동원해야 한다. 다음은 의사전달이 잘못되어 발생한 사고의 예이다.

- 두 대의 지게차가 출발준비를 마치고 대기 중이었다. 이때 한 작업자가 와서, "출발해, 김씨!" 라고 한 지게차 운전자에게 말했다. 그러나 맞은편의 다른 지게차의 운전자도 김씨였다.

4.4 Data collection of human error

사업장에서 휴먼에러를 효과적으로 다루기 위해서는 휴먼에러가 발생하기 쉬운 작업을 찾아내어 개선하는 것이 가장 중요하다. 사업장의 모든 위험작업을 한꺼번에 개선할 수 없으므로 우선순위를 정하여 체계적으로 개선을 하는 것이 중요하다. 따라서 개선작업을 선정하기 위해서는 안전순찰 등을 통한 인간의 불안전 행동의 자료, 안전사고의 자료, 아차사고의 자료, 그리고 면담 및 설문 조사 등을 통하여 휴먼에러 자료를 확보하여야 한다. 또한 특수 작업의 경우 연구자들이 연구하여 만들어 놓은 휴먼에러 자료를 이용할 수 있다.

이러한 휴먼에러 자료를 바탕으로 휴먼에러 자료를 분류하고 분석하여 공통의 휴먼에러를 찾아내고 경제성 등을 고려하여 가장 먼저 해결하여야 할 개선작업을 선정한다. 사업장에 맞는 개선 우선순위를 정하는 규칙을 만들어 사용할 수 있으나 많은 사업장에서는 브레인스토밍(brain storming)과 같은 기법을 통하여 개선작업을 선정한다.

5. Conclusion

휴먼에러에 의한 산업재해 예방을 고려함에 있어서는 안전관리자나 엔지니어들이 인간의 본능을 바꾸는 것은 힘들다는 것을 인지하여 더 이상 작업자에게 실수를 하지 말라고 설득하는 대신에 인간의 본능 그대로를 인정하고 공장이나 설비 디자인을 바꾸거나 작업방법을 바꿈으로써 휴먼에러를 줄이는 것이 필요하다. 또한 에러의 결과가 치명적이지 않게 하거나 에러를 하여도 곧 문제가 안 생기게 시정할 수 있게 하는 것이 중요하다. 일반적으로 인간의 능력을 볼 때 에러를 안 하게 하는 것보다는 에러를 시정할 수 있게 하는 것이 더 좋은 방법이기 때문이다. 따라서 설계자에게도 인간공학과 휴먼에러에 대한 교육이 필요하다(Kletz, 2001). 또한 불안전 행동에 따른 잠재위험과 아차 사고 관련 에러의 경험과 설비 운전 상태 등을 체크하고 작업자들은 지시명령을 어떻게 판단하여 행동하고 있는지 등을 파악하여 휴먼에러의 잠재위험을 찾아 효율적인 대책을 강구하게 하는 것이 필요하다.

원자력 산업과 화학업종에서는 휴먼에러를 예방할 수 있는 모델을 개발하여 사용하고 있다. 따라서 조선업체들은 화학업종에서 개발된 휴먼에러 모델을 적용하려고 많은 시도를 하고 있다. 그러나 작업자가 적은 장치산업인 화학업종과 많은 작업자가 일하는 조선업종과는 작업특성이 많이 다르기 때문에 휴먼에러 모델 적용에 실패할 가능성이 높다. 최근 국내에서 제조업에 적용될 수 있는 모델들이 연구되고 있다(Lee et al., 2008). 그러나 조선업종의 특성에 맞는 휴먼에러 예방 모델의 개발이 필요하다.

References

Heinrich, H. W., Industrial Accident Prevention, New York: McGraw-Hill, 1959.

Kim, J. H. and Jung, W. D., Selection of Influencing Factors for Human Reliability Analysis of Accident management Tasks in Nuclear Power Plants, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 20(2), 1-28, 2001.

Kim, Y. S., Yoon, W. C. and Lee, Y. H., Human Error Analysis in Nuclear Power Plants Based on a Cognitive Model, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 13(2), 33-42, 1994.

Kletz, T. A., *Engineer's View of Human Error*, 3rd Ed., IChemeE, 2001.

Kletz, T. A., *Process Plants: A Handbook for Inherently Safety Design*, 2nd ed., Taylor & Francis, 1998.

Lee, K. S., Lim, H. K., Chang, S. R., Lee, K. W. and Kim, Y. C., Development of a Comprehensive Model for Human Error Prevention in Industrial Fields, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(1), 37-43, 2008.

Lee, Y. H., Jang, T. I. and Lim, H. K., A Modification of Human Error Analysis Technique for Designing Man-Machine Interface in Nuclear Power Plants, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 22(1), 31-42, 2003.

Meister, D., *Human Factors: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 1971.

Ministry of Employment & Labor in Korea, *Analysis of Industrial Accident in 2009*, 2010.

Rasmussen, J., *Information Processing and Human-Machine Interaction*, North Holland: Amsterdam, 1986.

Rasmussen, J., *New Technology and Human Error*, John Wiley & Sons, New York, 1987.

Reason, J., *Human Error*, Cambridge, 1990.

Shin, M. J., Back, D. H., Kim, D. S. and Yoon, W. C., A Framework for Computerized Human Error Analysis System-Focused on the Railway Industry, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(3), 43-53, 2008.

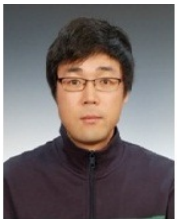
Swain, A. D. and Guttman, H. E., *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*, NUREG/CR-1278, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983.

Wickens, C., Gordon, S. and Liu, Y., An introduction to human factors engineering, 2nd ed., Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2004.

저자 소개

김유창: yckim@deu.ac.kr
한국과학기술원 산업공학과 박사
현 재: 동의대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 근골격계질환, 산업안전보건, Human Error 등

정 현 욱: ergonomist@dsme.co.kr
동의대학교 산업경영공학과 박사과정
현 재: 대우조선해양 안전보건팀
관심분야: 근골격계질환, 산업안전보건
Human Error 등



배 창 호: changho.bae@samsung.com
동의대학교 산업경영공학과 박사과정
현 재: 삼성중공업 환경안전팀
관심분야: 근골격계질환, 산업안전보건
Human Error 등

Date Received : 2011-01-31
Date Revised : 2011-02-09
Date Accepted : 2011-02-09