

재해사례 분석을 통한 제철소 공정별 주요위험요인 도출

홍성만* · 박범* · 선수빈**

*아주대학교 산업공학과 · **한동대학교 상담심리학과

Deduction of Main Hazard Cause to the Progress of Iron Work for Accident Analysis

Sung-Man Hong* · Peom Park* · Su-bin Sun**

*Dept. of Industrial Engineering, Ajou University

**Dept. of Counsel Psychology, Handong University

Abstract

Steel and iron manufacture works exist that many latency risk as melting liquid of high temperature, work of high place, and so on. Once in a while, the accident case make use of basic data for latency risk analysis in a place of business. In this paper, we investigated the cause of the accident in steel an iron works. The result, we came across that many latency risk in steel and iron manufacture works. The main type of risk are fall, narrow, come flying, etc. Most of the latency risk type are repetition and conventional accident. Accordingly, steel and manufacture works must prevent to repetition and conventional accident.

Keywords : Near Miss, Accident, Iron Works

1. 서 론

1.1 연구목적

최근까지 효율적인 철강 생산을 위해 국내·외에서 다양한 기술적 연구가 진행되어 왔다.

특히 2007년 7월 포항 제철소에서는 제선공정의 획기적인 원가절감과 환경 친화적 용선 생산을 도모할 수 있는 FINEX 설비가 개발되어 국내 제철산업의 앞선 기술적 성과를 크게 입증하였다. 하지만, 철강생산 기술의 괄목할만한 성과 못지않게 다양한 원인에 기인한 사고가 끊이지 않았고 그로 인한 재해도 많이 일어났으나 철강 생산기술 성과에 비해서 철강산업 재해예방을 위한 연구 성과는 극히 미미하다. 더구나, 재해예방을 위한 기초자료로 활용할 수 있는 일관제철 공정에 대한 재해분석 사례는 현저히 부족한 실정이다.

철광석에서 막대한 설비투자를 통해 여러 강재를 생

산하기까지는 제선, 제강, 압연공정의 3단계로 나누며 이와 같은 공정이 하나의 장소에서 이루어지는 사업장이 일관제철소이다. 일관제철 사업장의 공정에 대한 재해사례 분석을 위해서는 공정별 특성에 따른 분류가 선행되어야 한다.

제선공정은 주원료인 철광석과 열원인 코크스를 고로에 장입한 후 고온의 열풍을 불어 넣어 코크스를 태워 철광석을 녹여 선철을 생산하는 공정으로 선철은 잘 부스러지는 취성을 갖고 있어서 일부만 주물로 사용되고 대부분 제강원료로 사용된다.

제강 공정은 고로로부터 이송된 용선 및 고철을 전로에 장입한 후 전로에 산소를 불어 넣어 용선 중의 불순물을 산화 제거시켜 생산된 용강을 이용하여 연속 주조 작업을 거쳐 철강 반제품(SLAB, BLOOM, BILLET)을 만드는 공정으로 이 때 생산되는 강은 인성과 연성이 풍부하여 여러 가지 형태의 제품으로 가공할 수 있다.

† 교신저자: 홍성만, 경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지 POSCO 안전팀

M · P: 010-5056-7807, E-mail: smhong75@posco.co.kr

2009년 6월 23일 접수; 2009년 8월 20일 수정본 접수; 2009년 8월 20일 게재확정

마지막 공정인 압연공정은 제강공정에서 생산된 철강 반제품을 두개의 롤(ROLL)사이를 통과하면서 압착시켜 판재, 선재 등 여러 가지 형태의 강재를 만드는 공정으로 열간압연과 냉간압연이 있다. 세 공정 모두 중후 장대한 설비에 의해 원재료가 가공되고 작업과정에서 고온물질을 취급하는 등 다른 산업과 다른 공정상의 특이성을 지니고 있어서 기존의 일반화된 재해예방 분석 방법만으로는 철강 제조 사업장의 잠재위험요인에 대한 사전예측이 어렵다.

공정별 재해 및 Near Miss 사례분석은 사업장의 잠재위험 도출과 예방대책 수립을 위한 기초자료로써 활용범위가 크다. 가장 보편적이면서 간단한 위험성 파악 방법은 사고 분석과 관련이 있다. 사고 분석의 가장 보편적이면서 간단한 위험성 파악 방법은 사고보고서를 분석함으로써 발생한 사고 손실 원인에 의한 결론을 도출하는 것이다[12]. 대부분의 기업들은 사고보고서를 작성만하고 분석을 제대로 하지 않는데 사고사례분석은 보다 심세한 기법이 사용되기 전에 반드시 해야 하는 위험성 평가의 출발점이다[14].

본 연구에서는 제철 사업장의 위험성 파악을 위해 국내 일관제철소에서 발생하였던 최근 5년간의 재해 및 3년간의 Near Miss 사례를 분석함으로써 제철 사업장의 재해예방을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 함을 목적으로 한다.

1.2 수행 방법

제철소의 재해사례 분석을 위하여 다음과 같은 과정을 거쳤다.

- 1) 재해사례 연구에 대한 이론적 고찰
- 2) 잠재위험요인 분류에 대한 사전조사
- 3) 재해 및 Near Miss 사례조사
- 4) 재해 및 Near Miss 사례분석
- 5) 재해 및 Near Miss 저감 대책 수립

우선 기존의 재해사례 연구에 대한 연구에 대해 파악하여 이론적으로 정립된 자료를 수집한 다음 잠재위험요인 분류에 대한 사전조사를 실시하였는데 이 과정은 재해분석 범위를 정하기 위함이었다. 다음으로 재해 및 Near Miss 사례를 조사하고 조사된 자료에 대한 분석을 하였다. 마지막으로 재해 및 Near Miss 분석 결과를 토대로 국내 일관제철소 안전주관부서 근무자의 의견 청취 및 기존문헌에서 제시한 사례를 참고하여 재해예방을 위한 대책을 제시하였다.

2. 잠재위험요인에 대한 사전 조사

2.1 재해사례 분석에 대한 고전연구

재해사례 분석에 대한 고전적 연구는 Heinrich 가 일찍이 조사한 바 있고 이후 Bird와 Germain이 Heinrich의 이론을 수정하였다.

Heinrich[7]에 의하면 산업현장에서 총 330건의 재해가 발생하면 극히 경미하거나 사고로 이어지지 않은 Near Miss가 300건 발생하고 29건의 경상해 사고와 1건의 사망 또는 중대사고가 일어난다고 주장하였다.

'Near Miss'란 아차하는 실수를 범했지만 사고를 무사히 모면하는 경우를 말한다. Heinrich의 재해 피라미드 이론은 이 후 Bird와 Germain 등 많은 연구자들의 사고조사 연구에 토대가 되었다.

Bird와 Germain[4]은 Near Miss를 포함한 사고가 발생하면 그 중 중상이 1건, 경상이 100건, 재산손실이 500건, 무손해가 10,000건 발생한다고 하였다. Bird와 Germain의 물손과 무손해와의 비율은 하나의 재료를 취급하는 공장에 대해서 행한 한정된 조사에 의거하여 제한을 두고 사용하여야 하지만 재해사례 분석 연구에 대한 기초를 마련하였다는데 의의가 크다.

본 연구에서는 재해 피라미드 이론에 대하여 국내 일관제철소의 최근 3년간(2005년 5월~2008년 5월) 발생한 재해형태별 비율을 분류하여 고전연구와 비교하는데 활용하였다.

2.2 재해 통계

재해사례연구에 기초가 되는 재해통계 방법에는 여러 가지가 있으나 기존 문헌의 많은 곳에서 언급되어 일반화된 지식이 많아서 본 연구에서 참고한 재해통계 방법인 도수율과 강도율 및 연천인율만을 간략히 언급하고자 한다.

1) 도수율

산업재해의 발생빈도를 나타내는 것으로 연간 총 근로시간 합계 100만 시간당 재해발생 건수이고 현재 재해발생의 빈도를 표시하는 표준의 척도로 사용하고 있다.

$$\text{도수율} = \text{재해발생건수} / \text{연간 총 근로시간 수} \times 106$$

2) 강도율

근로시간 1000시간당 재해발생에 의해서 잃어버린 근로손실 일수를 말하며 재해발생의 경중 즉, 강도를 나타내는 척도이다.

$$\text{강도율} = \text{근로손실일수} / \text{총 근로자 수} \times 1000$$

3) 연천인율

근로자 1000명을 기준으로 한 재해발생 건수의 비율이다.
 연천인율 = 연간재해건수/연평균 근로자수 x 1000

이 외에도 재해통계를 집계하는 기준은 재해의 산출이 용인한 연천인율, 사망 재해통계인 만인율, 기업의 위험도를 비교하는 수단으로써의 종합재해지수, 일정기간의 안전 활동을 평가하기 위한 지표로 사용하는 안전 활동률 등이 있다.

재해통계를 산출하는 방법은 국가마다 재해를 인정하는 기준이 차이가 있고 재해발생의 중요도를 바라보는 시각에 대한 미묘한 차이로 인해 통일되어 보편적으로 사용하는 재해통계 방식이 드물고 국가별, 지역별, 혹은 산업별, 기업별 실정과 목적에 맞추어 다양한 방식을 채택하여 산출하고 있다.

2.3 재해원인 분류

보편적으로 재해 원인은 크게 직접원인과 간접원인으로 분류한다. 기인물은 사고발생의 원인이 된 기계나 물건을 의미하고, 가해물이란 사고 발생 시 사람에게 직접 상해를 가하는 물건이나 물체를 말한다.

산업마다 취급하는 설비, 장치, 작업내용 및 작업방법 등의 차이가 있어서 직접원인과 간접원인 및 기인물과 가해물이 조금씩 상이하다. 제철산업의 위험 파악을 위한 사전 조사로 본 연구에서 선정한 재해사례 조사 대상 회사의 안전보건표준 문서[1]에 등록된 재해의 직접원인 및 간접원인과 기인물 및 가해물을 참조하여 잠재위험요인에 대해 <표 1>과 같이 정리하였다. <표 1>에서 직접원인, 간접원인, 기인물, 가해물의 결정은 그 동안 일어났던 재해를 근간으로 P사에서 근무하는 안전주관부서 직원의 의견이 가미되어 사내 표준문서로 등록된 사항이다.

2.4 재해발생 형태 및 상해 유형

재해의 발생형태란 ‘재해 및 질병이 발생된 형태 또는 근로자(사람)에게 상해를 입힌 기인물(재해의 원인이 되는 것)과 상관된 현상’을 의미한다. 한국산업안전공단[2]에서는 산업 전반에서 일어나는 재해발생 형태를 21가지로 나누고 있는데 이 중 본 연구에서 참고한 재해발생형태는 추락, 진도 등 <표 2>와 같은 15종이다.

또한, 한국산업안전공단[2]에서는 재해발생형태의 정의뿐 아니라 산업 전반에서 일어나는 재해 시 발생할 수 있는 상해의 종류를 분류하여 정의하여 안전 분야 기초

자료로 활용하도록 하고 있다. 이 중 본 연구에서는 골절, 부종 등 <표 3>과 같은 10종의 상해를 참고하였다.

3. 재해 및 Near Miss 사례조사

3.1 조사대상 및 방법

재해는 환경의 특수한 결합에 의해 발생하고 종종 재해 전에 ‘Near Miss’라고 하는 사건이 있다. Near Miss가 재해의 징후가 된다는 것은 전부는 아니지만 거의 모든 재해의 조건에 들어맞는다[3]. 따라서, 사업장에서는 Near Miss의 발생 원인을 찾아내어 사전에 차단함으로써 재해의 확률을 줄일 필요가 있다.

본 연구에서는 일관제철소인 P사의 '05년 5월 ~ '08년 4월 동안 발생한 재해 및 Near Miss 사례를 조사하였다. P사는 '07년 12월 현재 3,280만톤의 조강생산량을 기록한 바 있는 국내 유일의 일관제철소이다. P사는 철강 제조의 전 공정을 사업장 내에 모두 포함하고 있어서 철강 제조 공정별 재해사례 분석이 가능하다.

재해 및 Near Miss 조사에 대한 초점은 공정별 잠재위험요인의 도출에 맞추었다. 세부 조사방법은 P사 안전주관부서의 재해조사 보고서에 기록된 내용에 대하여 재해건수와 재해유형 및 재해원인을 우선 파악하였다. 재해조사 보고서에 상세기록이 남아있지 않거나 일부 재해에 대해서는 당시 재해조사를 담당하였던 회사 관계자와의 직접 인터뷰를 통해 관련 자료를 수집하였다. Near Miss 사례는 P사의 안전관련 전산시스템에 입력되어있는 자료를 정리하여 분석하였다. P사는 '05년부터 현장직원이 근무 중 Near Miss가 발생하면 안전관련 전산시스템에 입력하여 직원들이 정보를 공유하고 관계자가 필요한 조치를 수행할 수 있도록 제도화하였기 때문에 전산시스템에 등록되어 있는 Near Miss 내용은 제철 사업장의 잠재위험요인을 파악하는데 매우 활용 가치가 높다.

3.2 재해사례 조사결과

P사에서 발생한 '03년 1월 ~ '07년 12월까지의 재해를 조사한 결과는 <표 4>와 같다. 재해통계 산정에 필요한 근로자 수는 P사에 소속된 직원과 동일 사업장에서 근무하는 정규직원만으로 한정하였다.

<그림 1>은 P사의 재해 유형별 재해발생 형태를 나타낸 것이다.

<표 1> 재해원인 분류

구분	내용
직접인	<ul style="list-style-type: none"> 작업 수행: 임의작업 수행 상호신호연락 불충분: 상호 신호연락 안전생보호구 미착용: 미착용, 미소지, 오용 등 구동기 손질 접근: 수리, 점검, 청소, 주유 S/W 스위치 등: 오조작, 생략, 순서바꿈, 파손 등 에너지 미 차단: 전원, 유틸리티 미 차단, ILS 불량 등 가스취급 불량: 환기불량, 가스농도 미측정, 피로, 비방폭형 전기, 기계, 기구 사용 등 통전여부 확인 소홀: 접지, 검전불량 등 작업 절차 및 순서 미 준수: 작업표준 미 준수 간섭 압력 미 제거: 방산 등 안전편지 미 사용: 안전장치 임의 제거 등 안전시설물 미 설치: 작업발판, 보조로프, 방호차바, 안전시설물, 제거 등 불안전한 시공: 방치, 정리정돈 불량 등 비안전 상태로 미화보: 안전통로 불이용, 주변확인 소홀: 전방주시 소홀, 주변확인 불량 등 동작 및 작업: 중량물취급불량 등 공구 사용: 적정공기구 미사용, 미확보, 공기구 및 치공구 오용 설비적 결합: 환경, 물적 결합 기타
간접인	<ul style="list-style-type: none"> 관리 인: 책임감부족, 작업기준 부적절한 배치, 근무의욕 침체 교육 인: 부지, 나쁜 습관, 훈련 미숙, 이해 부족 등 기술 인: 기계, 기구, 장비 등의 결함 신체 인: 질병, 피로, 수면부족 등 정신 인: 대만, 반항, 불만, 초조, 긴장 등 기타
기인물	<ul style="list-style-type: none"> 용융물: 용선, 용강, 용접용단, 내화물 등 고온 열물 전기 시설: 변전실, MCC, Local 등 각종 판넬 등 사내 부생가스: BFG, COG, CFG, LDG, Mixed 등 로울러: 생산라인의 구동롤, 정비중의 롤 등 회전체 중 물에 국한함 유해 화학물질: 염산, 질산, 불산, 황산, 혼산, 암모니아, 각종 수처리 약품류 등 가스: LPG, LNG, 산소, 질소, 알콘, 아세틸렌의 용기, 배관의 폭발과 열 등 크레인 호이스트: 주권, 보권, 시브 관련, 주행 중 협착, 추락 등 벨트 콘베이어 낙하물 고소: 추락 등의 위험이 있는 2m 이상의 고소 교류 Arc 용접기 밀폐 공간 이동통로: 계단, 개구부 등 각종 통로상 동력기계: 원동기, 가공용기계, 건설용기계, 일반동력기계, 연삭기 등 운반기계: 각종 대차, 이송차, 장입차, 리크레이터, 지게차 등 각종 동력 운반기계 설비 장치: 압력용기, 화학설비, 용접장치, 전기설비, 공기구 등 건축구조물: 비계, 지붕, 건축물, 구축물 등의 붕괴, 도괴 위험 환경: 안개, 폭풍, 홍수 등 이상환경 기타
가해물	<ul style="list-style-type: none"> 기계적 에너지, 방사선 에너지, 열 에너지, 전기적 에너지, 화학적 에너지, 기타

<표 2> 재해발생형태 및 정의

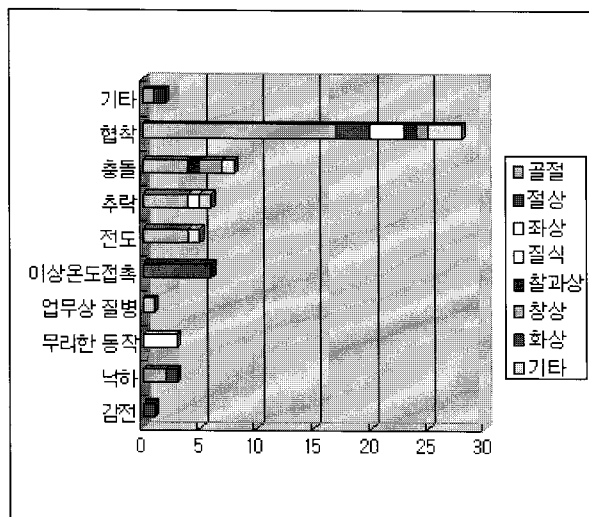
구분	정의
추락	사람이 건축물, 비계, 사다리, 계단, 경사면, 나무 등에서 떨어지는 경우
전도	사람이 평면상으로 넘어진 경우(과속, 미끄러짐 포함)
충돌, 격돌	사람이 정지물에 부딪친 경우
낙하, 비래	물건이 주체가 되어 사람이 맞은 경우
붕괴, 도괴	적재물, 비계, 건축물이 무너진 경우
협착	물건에 끼워진 상태, 말려든 상태
감전	전기접촉이나 방전에 의하거나 Arc에 접촉되어 사람이 충격을 받은 경우
폭발	압력의 급격한 발생 또는 개방으로 폭발을 수반한 팽창이 일어난 경우
파열	용기 또는 장치가 물리적인 압력에 의해 파열한 경우
화재	화재로 인한 경우를 말하며 관련 물체는 발화물을 기재
무리한 동작	무거운 물건을 들거나 부자연한 자세 또는 동작의 반동으로 허리를 뻐 경우
이상온도 접촉	고온이나 저온에 접촉한 경우(고열물에 접촉)
유해물 접촉	유해물 접촉으로 중독되거나 질식된 경우(가스중독, 질식 포함)
업무상 질병	직업병 판정일 기준
기타	14가지 이외의 경우

<표 3> 상해의 종류

구분	정의
골절	뼈가 부러진 상해
부종	국부의 혈액순환의 이상으로 몸이 통통 부어 오르는 상해
자상	칼날 등 날카로운 물체에 찢린 상해
좌상	타박, 충돌, 추락 등으로 피부 표면보다는 피하조직 또는 근육부를 다친 상해
절상	신체부위가 절단된 상해
중독, 질식	음식, 약물, 가스 등에 의한 중독이나 질식된 상해
찰과상	스치거나 문질러서 벗겨진 상해
창상	창, 칼 등에 베인 상해
화상	화재 또는 고온물 접촉으로 인한 상해
기타	이 외의 상해

<표 4> P사의 재해 통계('03~'07)

구분		'03	'04	'05	'06	'07
직영	재해건수 [사망자수]	9 [1]	14 [3]	7 [2]	6 [1]	5
	도수율	0.49	0.82	0.37	0.41	0.36
	연천인율	0.96	1.69	0.74	0.82	0.72
외주	재해건수 [사망자수]	6	6	5	4 [1]	3
	도수율	0.39	0.28	0.24	0.18	0.13
	연천인율	1.01	0.74	0.75	0.46	0.34
직영 + 외주	재해건수 [사망자수]	15 [1]	20 [3]	12 [2]	10 [2]	8
	도수율	0.44	0.52	0.3	0.27	0.22
	연천인율	0.98	1.22	0.74	0.63	0.51



<그림 1> P사의 재해발생 유형별 재해 형태('03~'07)

조사 기간 동안 발생한 총 63건의 재해 중 재해발생 유형별로는 협착이 28건(44.4%)으로 가장 많았고, 충돌·격돌이 8건(12.7%), 추락과 이상온도 접촉이 각 6건(9.5%), 전도가 5건(7.9%) 발생하였으며 낙하·비래와 무리한 동작이 각각 3건(4.8%)씩 발생하였다.

다음으로 감전과 근골격계 질환에 의한 업무상 질병이 각각 1건(1.6%)씩 발생하였다.

기타 2건은 계단에서의 전락 1건(1.6%)과 콘베이어 벨트에 스쳐 재해유형으로 달리 분류하기 어려운 사고 1건(1.6%)이었다.

재해형태는 골절이 31건(49.2%)으로 가장 많았고, 화상 7건(14.3%), 좌상 6(9.5%)건, 창상 4건(6.3%), 절상 3건(4.8%), 찰과상 2건(3.1%), 중독/질식 1건(1.6%) 순이었다. 기타는 근골격계 질환으로 인한 재해 1건 외에 전신 상해 또는 극미한 상해 및 복합적인 재해형태의 발생으로 달리 분류하기 어려운 재해 6건을 포함하여

총 7건(11.1%)이 발생하였다.

P사의 최근 5년간 발생한 재해의 원인은 다음과 같다.

작업절차 미준수로 인한 콘베이어 벨트, 롤러에 접근하여 발생하는 협착사고가 가장 많았고, 높은 곳에서 추락하거나 와이어로프, 첩판으로 인한 충돌·격돌 사고가 그 다음을 차지하였다. 조사기간 중 발생한 사망 사고는 협착, 추락, 유해물질 접촉에 의해 각각 1건씩 발생하였다.

인적, 물적 사고 분류 했을 때 작업절차 및 순서 미준수, 주변 확인 소홀 무리한 동작으로 인한 재해 등 인적으로 기인한 재해가 대부분이었고(98.8%), 안전시설물 불량, 설비적 결함으로 인한 재해는 상대적으로 적었다(7.3%).

사망사고의 원인은 작업절차 및 순서 미준수 이외에 구동기기 손질접근(12%), 임의작업 수행(15%)으로 인한 재해비율이 높았다.

사고 당시 재해자의 연령은 23세부터 63세까지 고루 분포되어 있었다. 재해자의 평균 44.3세였으며 40대가 30명(47.6%), 50대가 16명(25.4%)으로 전체의 74%가 450대 근로자였다. 재해자의 평균 근속연수는 16.3년 이었고 이 중 15년 이상의 고근속 숙련자가 45명(71.4%), 3년 미만의 저근속 미숙련 근로자가 13명(20.7%)으로 전체의 92%를 상회하는 사고자가 미숙련자이거나 고근속 숙련자였다.

사고발생요일은 화요일이 16건(25.4%), 월요일과 금요일이 각 10건(15.9%) 발생한 반면 수요일은 2건(3.2%)으로 가장 적은 발생분포를 보였다.

사고 발생부위는 손과 손가락이 각 11건(17.5%)으로 가장 많았고, 다리가 8건(12.7%)으로 다음 순위를 차지하였다. 그 밖에 머리, 발, 얼굴, 엉덩이 부위에 각 4건(6.3%)의 사고로 인한 상해가 발생하였다.

3.3 Near Miss 사례 조사결과

P사의 전산시스템에 등록되어 있는 Near Miss 중 2005년 5월부터 2008년 4월까지 총 27,030건의 Near Miss 사례를 분류한 결과는 <표 5>와 같다. 총 27,030의 Near Miss 사례 중 전도가 7,468건(27.6%)으로 가장 높았고, 충돌 5,232건(19.4%), 추락 3,250건(12.0%), 협착 2,995건(11.1%), 이상온도 접촉 1,935건(7.2%), 낙하·비래 1,551건(5.7%), 무리한 동작 959건(3.5%), 유해물 접촉 669건(2.5%), 감전 286건(1.4%), 폭발 326건(1.2%), 파열 299건(1.1%), 붕괴·도괴 141건(0.5%), 화재 212건(0.8%), 업무상 질병 19건(0.1%), 기타 1,588건(5.9%)의 순이었다.

기타로 분류되는 유형은 전도와 낙하가 결합된 형태인 전락 등 재해발생 유형이 공통되는 사례가 대부분이었고 날카로운 물체에 베일뻔한 사례와 같이 발생유형을 분류하기 곤란한 사례도 일부 있었다.

<표 5>의 결과에서 공정별 Near Miss를 분류하기 위해 전 사업장을 활동범위에 두고 있는 부서에서 등록된 Near Miss사례 4,198건을 배제하고 제강, 제선, 압연공정별로 구분이 가능한 공장의 Near Miss 사례를 재분류하였다. 재분류한 결과는 <그림 2>와 같다.

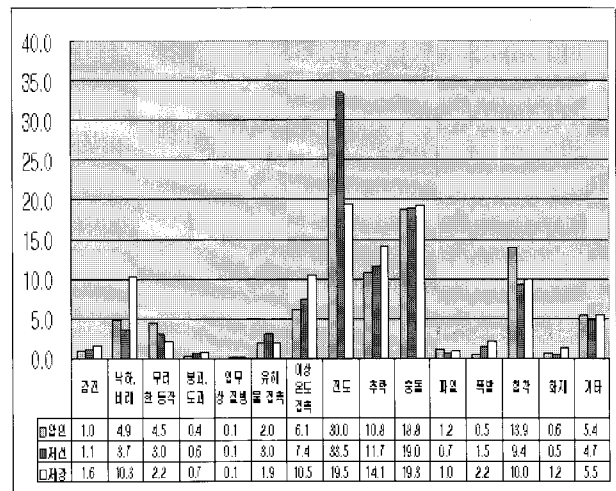
<그림 2>의 공정별 재해발생형태 비율 그래프를 살펴보면 공정별로 발생한 Near Miss 사례에 대한 특징이 확연히 구분된다. 압연공정의 경우 제선, 제강공정에 비해 협착에 대한 비율이 높았고, 제강공정은 낙하·비래에 대한 비율이 다른 공정에 비해 현저히 높은 대신 전도에 대한 잠재위험이 상대적으로 적었다.

충돌에 대한 비율은 제강, 제선, 압연에서 공통적으로 높은 편이고 이상온도 접촉에 대한 비율은 제강, 제선, 압연공정 순이었다.

Near Miss 사례조사 결과에서 나타난 공정에 따른 재해발생형태별 차이는 공정별로 잠재위험이 다르다는 의미이다. 따라서, 제철 사업장에서도 공정별 특성을 고려한 재해예방 대책을 강구할 필요가 있다.

<표 5> 재해발생유형별 Near Miss 건수(비율)

발생유형	건수	비율(%)
전도	7,468	27.6
충돌	5,232	19.4
추락	3,250	12.0
협착	2,995	11.1
이상온도 접촉	1,935	7.2
낙하, 비래	1,551	5.7
무리한 동작	959	3.5
유해물 접촉	669	2.5
감전	386	1.4
폭발	326	1.2
과열	299	1.1
붕괴, 도괴	141	0.5
화재	212	0.8
업무상 질병	19	0.1
기타	1,588	5.9
계	27,030	100



<그림 2> 공정별 재해발생형태 비율

4. 결과 종합 및 토론

P사에서 발생한 재해사례 및 Near Miss 사례를 재해의 경중에 따라 분류 한 결과 2003년에서 2007년까지 5년간 P사에서 발생한 경상해사고 이상의 재해는 총 63건이었다. 이 중 중대사고는 8건이고 경상해 사고는 55건이 발생하였다.

본 연구에서 조사한 재해통계 기간과 Near Miss 사례통계 기간이 달라서 다음과 같이 Near Miss 건수를 보정하였다. 즉, 2005년 5월에서 2008년 4월까지 3개년 간 동일 사업장에서 발생한 Near Miss 의 건수가 27,030건이므로 5개년간의 Near Miss 의 건수는 다음과 같이 추정할 수 있었다.

$$3 : 27,030 = 5 : X \text{의 식에서}$$

$$X = (27,030 \times 5) / 3 = 45,050$$

추출된 Near Miss 건수를 가지고 중대사고와 경상해 사고의 비율을 포함하여 추정한 사고비율은 8:55:45,050으로 약 1:7:550의 비율이 산출되었다. 여기서 Near Miss의 조사는 전산시스템에 등록된 건수만으로 산출하였기 때문에 결과 값보다 다소 많으리라 추정된다. P사 재해의 경중에 따른 분류결과 하인리히나 버드의 이론에 비해 중대사고의 비율은 다소 높게 산출되었으나 재해의 경중에 따른 분류가 피라미드의 형을 띠는 데에는 결과가 일치하였다.

또한, 주요 재해발생형태도 재해사례와 Near Miss 사례 분석에서 공통으로 협착, 충돌, 추락, 전도의 비율이 가장 높아 재해발생이 피라미드 형태를 보인다는 고전연구 이론을 뒷받침하는 결과가 나왔다.

조사대상 기간이 짧고 Near Miss 의 산출이 데이터

수집 값에 대한 단순 추정이라는 점을 감안하면 지극히 신뢰할만한 수준에는 미치지 못하는 비율이 도출되었다고 판단하지만 국내 일관제철소의 재해경중에 따른 비율을 고전적 연구와 비교하여 제시하였다라는 점에서 의의를 둔다. 향후 제철 사업장에서도 주기적으로 재해분석을 실시하여 재해경중에 따른 분류 데이터를 장기간 누적하면 보다 신뢰할만한 수준의 재해발생 경중에 따른 비율 값이 산출될 수 있으리라 기대된다.

P사의 재해사례와 Near Miss 사례를 종합한 결과 협착, 추락, 전도, 충돌의 합계가 공통적으로 70% 이상(재해 70.5%, Near Miss 72%)의 비율을 상회하였다.

다시 말해서, 발생빈도만을 고려할 때 최근 P사 전체의 잠재위험은 협착, 추락, 충돌, 전도의 빈도가 가장 높다고 할 수 있다. 따라서, P사에서는 협착, 추락, 전도, 충돌재해에 대해 전사적 관점에서 재해예방 대책을 수립할 필요가 있다. 즉, 도출된 협착, 추락, 전도, 충돌에 대한 재해발생 항목은 P사 재해에 대한 발생빈도가 다른 항목에 비해 높으므로 전사적 재해예방 계획 수립에 중점관리 항목으로 활용할 필요가 있다.

국내에서는 '00년부터 재해발생 확률을 줄이고자 하는 Hi-Five 운동이 사업장에 확산되고 있다. Hi-Five 운동은 사업장별로 발생한 과거재해유형 중 빈도와 강도의 비율의 곱하여 가장 높은 값을 나타내는 재해유형 5가지를 선정해 중점 관리하여도 재해발생확률을 십분 줄일 수 있다는 취지에서 출발한 재해예방활동 방법이다. P사의 경우 이와 유사한 방법론을 가지고 과거재해를 분석하여 사업장내에서 재해예방을 위하여 반드시 지켜야 하는 Cardinal Rule 제도를 2005년부터 운영하고 있다.

P사에서 Cardinal Rule의 Rolling 시 제시한 4가지 재해발생유형에 대하여 중점 재해예방대책을 수립하여 전사적 시행으로 확대하는 것도 한 가지 활용방법이라 할 수 있다.

이상을 정리하면 제철소 재해특성은 첨단산업에서 발생할 수 있는 원인불명의 업무상 질병, 무리한 동작의 반복 등에 기인한 근골격계 질환 등 보건 분야로 분류되는 사고보다 기존부터 끊이지 않고 반복적으로 일어나는 재래형 반복사고에 대한 잠재위험요인이 많음을 발견하였다. 특히 제선, 제강, 압연공정의 Near Miss 중 공통으로 전도와 충돌의 잠재위험요인이 많은 것으로 나타났다. 전도와 충돌 사고의 대책을 강구하면 사업장 정리정돈으로도 잠재위험요인을 제거하는데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

제철소의 과거 재해 및 Near Miss 사례 분석을 통해 재해발생 빈도에 대해서는 잠재위험요인의 재해발생형태를 도출할 수 있었다.

사업장의 잠재위험요인을 판단하기 위해서는 재해의 발생빈도 외에 발생빈도가 적더라도 파국효과가 큰 재해발생 강도를 고려하여야 한다.

현재 사례연구 대상 회사인 P사에서는 Near Miss 등록, 관리 등 재해 발생빈도를 고려한 잠재위험요인 관리가 어느 정도 정착단계에 이르렀고 재해발생강도의 관리를 위해 위험성 평가를 개선하여 시행을 준비하고 있다.

향후 P사에서는 재해 발생빈도와 재해 발생강도의 적절한 관리를 위해 전사 차원의 위험성평가에 대한 정착 노력이 필요하다.

요컨대, 일관제철소 재해사례 및 Near Miss 사례 분석을 통해 공정별 잠재위험요인을 도출하는 과정에서 일반화된 고전이론과 같이 제철 사업장에서도 Near Miss 와 경상, 중상의 빈도수가 재해 피라미드 형태를 보이고 있음을 발견하였다. 이것은 제철 사업장에서도 전사 차원의 Near Miss 관리가 재해예방에 매우 중요함을 시사한다.

과거 재해사례와 Near Miss 사례 조사결과 협착, 추락, 전도, 충돌의 합계가 공통적으로 70%이상(재해 70.5%, Near Miss 72%)의 비율을 상회하였다. 협착, 추락, 전도, 충돌과 같이 과거에서부터 끊이지 않고 반복적으로 발생하여 온 사고를 재래형 반복사고라 한다.

이와 같은 사고의 유형은 과거 재해를 분석하여 제대로만 대책수립을 하여도 재발방지가 십분 가능하다.

공정별 Near Miss 조사 결과 압연공정의 경우 제선, 제강공정에 비해 협착에 대한 비율이 높았고, 제강공정은 낙하, 비래에 대한 비율이 다른 공정에 비해 현저히 높은 대신 전도에 대한 잠재위험이 상대적으로 적었으며 이상온도접촉에 대한 비율은 제강, 제선, 압연공정 순으로 분류되었다.

공정별로 공통적으로 높은 비율을 보인 협착, 추락, 전도, 충돌에 대해서는 전사적 예방대책을 수립할 필요가 있다. 또한, 각 공정별 특성에 따라 다른 공정에 비해 현저히 상회하는 재해 발생유형에 대해서는 공정단위로 잠재위험요인 제거를 위한 방안을 따로 모색할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 일관제철소의 공정별 잠재위험요인 대한 분석을 재해사례 및 Near Miss 사례를 통해 제시하였다. 그 과정에서 향후 관련업무 수행자들이 재해분석 등과 같은 니즈(Needs) 발생 시 전반적인 분석 절차에 대하여 참고할 수 있는 Working Model을 제시하였고, 분석방법에 대한 가이드라인을 제시하였다.

제철 사업장에서는 주기적으로 재해조사 분석사례에 기반한 노하우를 축적하여 재해예방 활동에 필요한 기초자료로 활용할 필요가 있다.

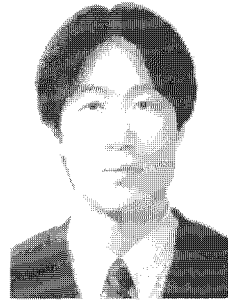
제시한 재해분석 사례를 참고로 국내 제철 사업장에서도 보다 상세한 재해분석 사례가 지속적으로 도출될 수 있기를 기대한다.

6. 참고 문헌

- [1] 포항제철소 안전보건표준 자료집, 2008.
- [2] 한국산업안전공단, KOSHA CODE G-8-2006, 산업재해 기록, 분류에 관한 지침, pp 23~27, 2006.
- [3] A.D. Swain, & H.E. Guttman, "HandBook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application (NUREG/CR-1278)", 1983.
- [4] Bird, F. E. and Germain, G.L. "Damage Control", New York: Am. Mbmt Ass. 1966.
- [5] Curtis S., "Safety & Total Quality Management", Professional Safety, Vol. 40, No. 1, American Society of Safety Engineer. 1995.
- [6] Frank P. Lees., "Loss Prevention in the Process Industries", Butterworth & Co. Ltd, 1980.
- [7] H.W. Heinrich, "Industrial Accident Prevent", Macgraw-Hill, New York, 1931.
- [8] Harry H. Harman., "Morden Factor Analysis", The University of Chicago Press, chap. 4, 1976.
- [9] HSE., "Successful Health & Safety Management", Health & Safety Executive, HMSO, London. 1991.
- [10] Rasmussen, J., "Risk Management in a Dynamic Society: A Modeling Problem", Safety Science, Vol27, PP183~213, 1997.
- [11] Reason, J., "Human Error", Cambridge, U.K: Cambridge University, 1990.
- [12] Reason, J., "Errors, Outcoms and Circumvention: a Reply to Dougherty", Reliability Engineering and System Safety Vol.46, pp297~298, 1994.
- [13] Reason, J., "Lapses of attention", In R. Parasuraman & R. Davis (eds.), Varieties of attention, New York: Academic Press, 1984.
- [14] Van Cott, HP., and Kinkade, R.G., (Eds.), "Human engineering guide to equipment design", Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1974.

저 자 소 개

홍 성 만



아주대학교 산업공학과에서 박사 과정을 수료하였고, 현재 POSCO 포항제철소 안전팀에 재직 중이다. 주요 관심분야는 산업안전, 인간공학 등이다.

주소: 경북 포항시 남구 괴동동 1번지 POSCO 안전팀

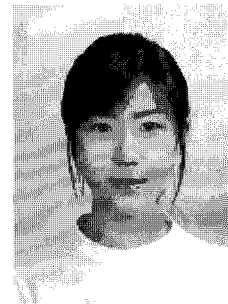
박 범



아주대학교 산업공학과를 졸업하고 OHIO Univ.에서 Industrial & Systems Eng. 석사학위를 취득하였다. IOWA STATE Univ.에서 공학박사 학위를 취득하였고, 현재 아주대학교 산업공학과에서 정교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 HCI, Human Factors 등이다.

주소: 경기도 수원시 팔달구 원천동 아주대학교 산업공학과

선 수 빈



현재 한동대학교 상담심리학과 석사과정에 재학 중이고, 주요 관심분야는 산업심리, 인간공학 등이다.

주소: 경북 포항시 남구 지곡동 그린아파트