

철강 제조업의 플랜트 공사 중 유해·위험 저감 방안

서 성 화* · 원 종 일* · 우 흥 식*
*동국대학교 안전환경시스템공학과

A Study on Reduction of Hazard Conditions on Plant Work of Steel Industry

Seong-Hwa Seo* · Jong-Il Weon* · Heung-Sik Woo*

*Department of Safety Environmental System Engineering, Dongguk University

Abstract

The hazard conditions on plant works of the steel industry have been investigated to efficiently prevent from industrial accidents. The plant works are eventually carried out by workers of smaller service companies where the safety management systems are not well established, on behalf of the main steel company. Based on the preliminary risk assessment on the plant working and open literature reviews, the safety management systems, which can be applied to the plant workplace of each process, are studied and then the step-by-step 4M check-list method is established. Accordingly, the risk assessment technique using 4M checklist for the plant workplace is proposed. In addition, a standardized flow-chart for safety management of plant work is introduced. These risk assessment technique and flow-chart can definitely contribute to the reduction of industrial accidents, considering the risk characterization and the unsafe conditions in small and medium-sized plant workplace, as effective safety management tools and safety guide line.

Keywords : Plant work, Steel industry, Industrial accident, 4M checklist, Risk assessment

1. 서 론

철강 제조업의 특성상 일상 작업 중에는 대부분 조작성에서의 운전자의 조작 또는 자동화 시스템에 의한 자동 제어 생산 체계를 갖춘 경우가 대부분이다. 철강 전문제조업체인 D사 및 H사, P사의 경우 공정에 따라 7~10일간의 정상조업 후 1~2일의 정기 보수 기간을 갖는 이른바 유지·보수(maintenance) 주기를 갖고 있으며, 또한 설비를 1년간 가동 후 약 15~30일간의 정기 대보수 기간을 운용하고 있다. 이때 해당 회사가 보유한 공무 또는 전기부문의 정비 인력 외에 외부의 용역이나 입찰 또는 계약에 의한 전문 기술력을 보유한 업체의 기능공들이 해당 공정의 보수 작업을 담당하게 된다.

철강 제조 공정의 이런 가동 패턴에 기인하여, 안전 관리부문에서는 일상 작업 시 보다는 정기적인 보수작업이나 대보수기간에 발생하는 유해·위험 요소에 대비하여 안전보건관리 시스템을 구축하는 경향이 있다. 국내 최대 철강단지인 포항지역을 관장하는 안전보건공단 경북동부지도원의 자료를 토대로 작성한 <표 1>의 “2006년부터 2010년까지 철강업종 산업재해 현황”을 분석해보면 일상적인 제조 작업 중 발생하는 재해건수는 5년간 평균 5건이 발생하는데 비해 공정의 보수, 설비증설 등을 수행하는 플랜트 공사와 관련된 재해건수는 5년간 평균 14.4건으로 일상적인 제조 작업 중 발생하는 재해 건수의 약 2.9배가 발생되고 있는 것으로 분석되었다[1].

† 교신저자: 우흥식, 경상북도 경주시 석장동 707번지 동국대학교 안전환경시스템공학과

M · P: 054-770-2525, E-mail: woohs@dongguk.ac.kr

2011년 9월 24일 접수; 2011년 12월 20일 수정본 접수; 2011년 12월 21일 게재확정

〈표 1〉 철강업종 산업재해 현황

년도	P사		D사		H사		평균	
	제조	플랜트	제조	플랜트	제조	플랜트	제조	플랜트
2006	10	42	2	10	10	3	7.3	18.3
2007	10	28	0	7	10	7	6.7	14
2008	5	26	2	9	6	8	4.3	14.3
2009	5	21	2	6	2	5	3.0	10.7
2010	6	22	1	11	4	11	3.7	14.7
평균	7.2	27.8	1.4	8.6	6.4	6.8	5.0	14.4

이는 각 철강 공정의 보수작업에 참여하는 업체 대부분이 중·소규모 플랜트 공사업체로서 안전관리 실무 능력이 부족하며, 특히 현장의 실질적 시공 기능을 담당하고 있는 소규모 업체의 경우는 이른바 일용공이라 불리는 비정규직 인원을 활용하는 관계로 더욱 열악하다고 할 수 있다. 또한 플랜트 공사의 특징으로는 작업 기간이 설정되어 있다는 것, 단품 수주 생산인 것, 주로 옥외작업인 것, 작업이 진행됨에 따라 작업 상황 및 사용 기자재가 변화하는 것 그리고 시공사와 전문공사 업체가 협력해서 작업이 진행 되어지는 것 등의 특징이 있다[2][3]. 따라서 제조업 등 다른 산업에 비해서 산업재해로 이어질 우려가 있는 잠재적인 유해·위험 요인의 제거 및 감소가 어렵고, 많은 유해·위험 요인이 내재된 상태에서 공사가 진행되고 있다. 또한 플랜트 공사의 고질적인 문제점인 3D 업종 기피에 따른 고령화, 장시간 노동, 건설현장 노사 간 파트너십 부재, 숙련공 우대정책 부재, 산재 다발 소규모 사업장의 재해 예방 미흡 등의 문제점으로 작용되어 높은 재해율과 재해자 수는 플랜트 공사 전반에 걸쳐 효율적인 안전관리가 이루어지지 않음을 보여준다. 최근에는 고용노동부와 안전보건공단에서 안전사고를 감소시키기 위해 각종 관련 법령의 정비 및 제도를 적용하고자 많은 연구와 논의가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 플랜트 공사와 관련된 표준작업지시서의 개발이나 위험성평가 제도의 보급 등 다수가 참여하는 총체적인 안전관리 체계를 설정하여 전반적인 플랜트 공사 안전관리 체계의 구조 개편을 위해 노력하고 있다. 그러나 철강 제조업체내에서 시행되고 있는 플랜트 공사의 경우에는 생산 일정에 따라 좌우되거나 공정을 관리하는 제조업체의 공정특성을 적용해야하는 제도적 한계가 있다. 따라서 상대적으로 안전관리 수준이 낮고 사망 사고 발생 가능성이 높은 중·소규모 현장을 위한 체계적이고 효율적인 안전관리 방안을 모색할 필요성이 있다[4][5]. 플랜트 공사의 효율적인 안전관리를 실현하고 플랜트 현장의 재해를 효과적으로 줄이기 위해서는 단순히 경험적이고 사후 관리적인 안전관리에서 벗어나 작업 종류

별, 업종별로 발생 가능한 잠재 위험을 확인하여 기술적으로 유해위험을 제거함으로써 사고를 예방할 수 있는 안전관리 시스템 개발이 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 철강제조업 공정 내에서 이루어지는 중·소 규모 플랜트 공사시의 안전을 효율적으로 관리할 수 있는 안전관리 지원체계 흐름도(flowchart)를 제시하였다. 그리고 4M(Man : 인적, Machine: 기계적, Media : 물질·환경, Management : 관리적)을 활용한 4M 체크리스트(checklist) 위험성평가 시스템을 적용하고자 한다[6][7].

2. 이론적 배경

철강 제조 공정의 보수 작업에 참여하는 중·소규모 플랜트 공사는 용역이나 계약에 의해 작업에 참여하는 중·소규모 공사업체에 의해 진행되는 특징이 있다. 한편, 건설공사에서의 중·소규모 플랜트 공사와 관련된 부분에 대한 연구는 상당히 활발하게 이루어지고 있으며, 특히 위험성평가와 관련된 연구는 공정별 안전관리 모델이 연구되어 안전보건공단을 통해 정보가 제공되고 있다. 그러나 철강 제조공정에 참여하는 중·소 규모 플랜트 공사에 있어서 선행 연구들이 중소 건설 현장의 안전관리 활동에 치중된 연구 결과로서 간접적인 참고는 될 수 있지만, 철강 제조업 내에서의 플랜트 공사의 안전관리에 직접 적용하기에는 미흡하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 철강 제조 공정 내 중·소규모 플랜트 공사를 대상으로 4M을 활용한 체크리스트로 위험성을 평가함으로써 재해를 예방하고 효율적인 예방 대책을 수립하는 방법을 제안하고자 한다.

2.1. 선행연구 고찰

최근에는 건설공사 및 플랜트 공사 안전사고의 효율적 예방을 위하여 제조공정의 위험성평가 시스템을 응용하여 위험요인 발굴기법 등 시스템적인 안전관리 체계에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[8]. 유영정(2009)은 중·소 건설 현장에 적용되는 위험성평가 체크리스트 기법을 제안하였고[9], 안홍섭(2002)은 중·소규모 건설현장의 안전관리 활동에 대한 기술지도 제도의 운용상의 한계와 이에 대한 개선 방안을 제시하였다[10]. 또한 장준호(2004)는 중·소규모 건설현장의 재해 특성과 안전관리 현황을 문헌과 설문조사를 통해 파악한 안전관리 실태와 비교하여 문제점을 규명하고, 이를 제도적, 관리적, 교육적 측면에서의 개선 방안을 제시하였다[11]. 그리고 재해예방을 위한 건축공사 설계 단계 안전 위험성평가 체크리스트 개발(한병수, 2007) 등

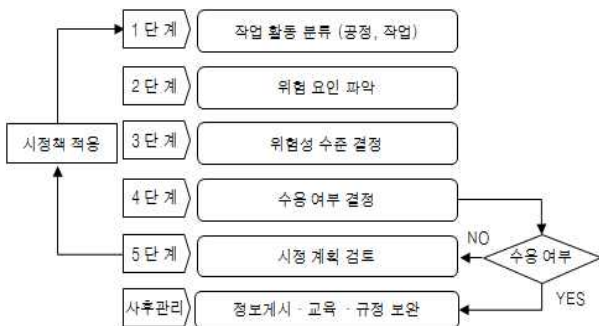
의 기초 연구를 토대로 시공자에만 국한되었던 안전관리에서 벗어나 발주자, 설계자를 위한 매뉴얼 개발에 관한 연구도 활발히 진행되고 있으며, 이러한 추세에 맞춰 효과적인 사전 재해예방 활동을 위해 위험성평가에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[12].

2.2. 위험성평가의 이론적 고찰

위험성평가(risk assessment)는 공정에서의 잠재위험(hazard)을 확인하여 사고 발생 가능성인 발생빈도(incident frequency)와 사고발생시의 피해 크기인 피해강도(심각성) 즉, 피해크기를 단계별로 수준을 정하고 양자의 곱으로 위험도를 계산하여 위험성을 표현하는 것으로 사고에 의하여 인체나 건물에 미칠 수 있는 피해를 경감 또는 예방하고자 하는 시스템이다[13][14].

2.2.1 위험성평가 절차

[그림 1]은 일반적인 위험성평가의 흐름도이다. 1단계는 체계적으로 위험을 인지하기 위해 작업공정이나 작업별로 분류하고 2단계는 위험요인을 파악하게 된다.



[그림 1] 위험성평가 기본 절차[14]

위험요인이 확인되면 3단계에서 위험성 수준을 결정하게 되는데 이때 <표 2>의 발생빈도 산출표와 <표 3>의 피해강도(심각성)의 산출표에 의해 수준이 결정되며, 결정된 수치의 곱으로 위험도(위험의 크기)가 결정된다[5]. 4단계는 결정된 위험도를 어느 수준까지 허용할 것인가에 대한 허용가능 여부에 대한 평가를 실시한 후 일정 수준이상의 위험 즉, 중요위험에 대하여는 5단계의 위험 감소를 위한 시정계획을 검토하고 대책을 수립·적용한다. 수용 가능한 위험에 대하여는 정보게시나 교육 등을 실시하고 사고 예방을 위해 사후관리를 실시한다[12]. 발생빈도와 피해강도에 대한 평가 기준은 다양하며, 현장 규모와 공사의 종류에 따라 발생빈도와 피해강도의 척도를 축소하거나 확장하여 정할 수 있으며, 이는 절대적인 기준은 아니다[15].

<표 2> 발생빈도 산출표[안전보건공단]

단계	빈도수준	내용
5	빈번함	동종 또는 유사작업에서 3년간 중대재해 1건이상 발생하였거나 잇따라 5건이상 발생
4	높음	동종 또는 유사작업에서 3년간 재해 2건 발생 또는 잇따라 3~5건 발생
3	있음	동종 또는 유사작업에서 3년간 재해 1건 발생 또는 잇따라 3건 발생
2	낮음	동종 또는 유사작업에서 잇따라 2건 발생
1	거의 없음	동종 또는 유사작업에서 잇따라 1건 발생

<표 3> 피해강도(심각성) 산출표[안전보건공단]

단계	강도수준	내용
4	매우 심각	손실일수 310일 이상
3	심각	손실일수 100일 ~309일
2	보통	손실일수 99일 이하
1	영향 없음	손실일수 없음

2.2.2 위험도 수준에 따른 허용기준과 관리기준

<표 4>는 위험도 수준에 따른 허용기준과 관리기준을 나타낸 것이다. 위험성평가의 주된 목적은 현재 계획되거나 시행되고 있는 제어수단이 적절한지를 판단하고자 하는 것으로 사고가 발생되기 전에 위험성을 제어하기 위한 것이다.

<표 4> 위험도 수준에 따른 허용수준과 관리기준

등급	위험도 수준	관리기준	허용기준	
A	1-3	무시할 수 있는 위험	현재의 안전대책 유지	
	4-6	미미한 위험	안전정보 및 주기적 표 준작업, 안전교육의 제공이 필요한 위험	작업을 허용함 (현 상태로 계속 작업 가능)
	8	경미한 위험	위험의 표지부착, 작업 절차서 표기 등 관리적 대책이 필요한 위험	
B	9-12	상당한 위험	안전대책을 세운 후 작업을 할 수 있는 위험	조건부 위험 작업허용
	15	중대한 위험		
C	16-20	매우 중대한 위험	작업을 하려면 즉시 개선을 실행해야 하는 위험	위험작업 즉시 개선(즉시 작업 개선하여야 함)

일반적으로 위험성평가는 비정형적으로 수행되어 왔으나, 최근에는 안전보건경영시스템의 사전조치를 위한 주요 기반으로서의 안전성 평가와 그 시스템의 성공을 보증하는데 필요한 조직적인 절차로 인식되고 있다[16]. 따라서 이를 토대로 본 연구에서는 선행연구 및 위험성평가의 이론적 고찰을 통해 철강 제조공정의 중·소규모 플랜트 공사 중 유해·위험 저감 방안에 대한 연구를 진행하고자 한다.

3. 연구방법

3.1. 연구대상

본 연구의 대상은 철강제조업체 중 대기업 군에 소속된 업체이며, <표 5>에서 나타난 바와 같이 철강 제조의 일상작업에는 재해율이 1.3건으로 분석되어 안전한 수준을 보이고 있지만, 플랜트 공사에 있어서는 연평균 8.3건의 높은 재해건수를 나타내고 있으며, 연간 평균 927건의 플랜트 공사가 활발히 진행되고 있는 D사를 대상으로 선정하였다. 본 연구의 진행은 철강 제조 공정에 참여하고 있는 중·소 규모 플랜트 업체를 대상으로 출입 절차에서부터 작업완료 승인까지의 프로세스를 검토하고 각 공정의 진행에 따른 위험요인 및 보완 대책을 적용한 check sheet를 고안·정리하여 데이터베이스화 하고 작업현장에 적합한 4M 체크리스트 기법을 적용하였다.

<표 5> D사의 연도별 플랜트작업 및 재해현황

년도	플랜트 작업건수	재해건수	
		제조 일상작업	플랜트 공사시
2007	1,678	0	7
2008	840	2	9
2009	480	2	6
2010	710	1	11
평균	927	1.3	8.3

3.2. 작업특성 분석

D제강 A공정의 플랜트 공사(작업기간 : 2011. 2. 1~ 2011. 2. 15)에 참여한 업체의 특성을 분석해본 결과, <표 6>에서 나타난 바와 같이 36개 업체가 참여하여 각 업체별 일일 평균 18명의 작업자를 투입하고 평균 10일의 작업기간 동안 토목작업 3개 업체, 건물 중설작

업 3개 업체, 설비정비·보수작업 28개 업체, 설비설치 2개 업체로서 전체의 약 80%가 설비의 정비·보수작업에 참여하고 있다. 작업 특성을 살펴보면 설비의 정비나 보수 작업시 필수적인 아크 용접기 혹은 절단기의 사용에 따른 감전의 위험 및 화상의 위험 및 유압이나 가스라인 등 고압라인의 해체 시 폭발이나 화재의 위험 등 상당한 중대 위험을 안고 있었다[17]. 특히 설비의 규모에 따라 크레인이나 중장비의 사용으로 인해 추락, 낙하, 협착, 충돌 등 다양한 재해 형태의 위험이 잠재되어 있는 특성이 있었다[18].

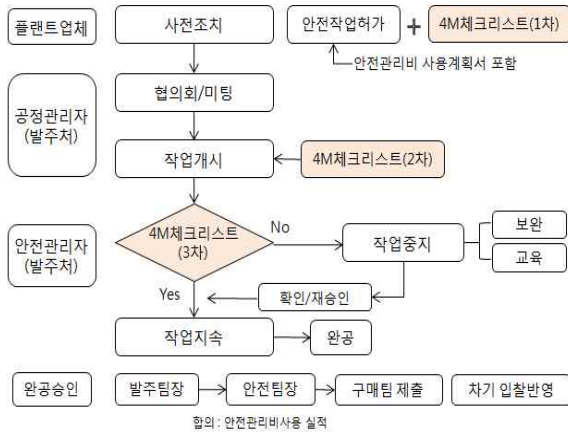
<표 6> 플랜트 작업업체의 특성(A공정)

업체명	금액 (만원)	평균 인원/일	작업 일수	작업특성	관리자수	안전관리자 배치여부
A01기업	2,500	10	12	설비정비, 중량물운반	1	없음
A02기업	13,200	54	12	크레인정비, 고소작업	3	겸임
A03기업	8,500	35	12	설비도색, 위험물취급	2	없음
A04기업	5,700	33	8	설비정비, 중량물취급	2	"
A05기업	1,500	3	15	토목기초, 중장비작업	1	"
A31기업	15,600	22	12	건물중설, 고소작업	2	겸임
A32기업	17,000	18	8	설비정비, 고소작업	3	없음
A33기업	33,000	12	5	설비설치, 고소작업	4	겸임
A34기업	6,000	35	8	설비정비, 중량물취급	3	없음
A35기업	1,650	8	10	건물도색, 위험물취급	1	"
A36기업	5,020	20	12	크레인정비, 고소작업	3	"
평균	6,550	18	10	-	1.7	-

그러나 이런 위험을 관리하는 전임 안전관리자는 없으며, 겸임관리자가 5개 업체에서 각 1명씩 배치되어 관리되고 있지만 대부분의 업무는 공정 진행에만 전념하고 있어 플랜트 업체의 자율적인 안전관리 기능은 전무한 상태라고 볼 수 있다. 앞서 기술한 중·소규모 플랜트 공사에 있어서 재해발생은 예견된다고 할 정도로 안전관리 상태가 열악하였다. 따라서 철강공정의 보수작업에 참여하는 중·소규모 플랜트업체에 대하여는 안전관리를 지원 할 수 있는 체계가 필요함을 알 수 있다.

3.3. 시스템의 개발

작업특성의 분석 검토 결과에 따른 시스템적 구체적 인 접근 사항으로서 플랜트 공사현장의 각 공정의 진행에 따른 지원 방법은 [그림 2]에서 나타난 바와 같이 제조공정을 관리하고 있는 관리자나 발주처의 안전관리자가 기본적인 절차에 따라 안전관리 지원을 체계화



[그림 2] 안전관리 지원체계 흐름도

하고 작업의 진행정도에 따른 차수별 4M 체크항목을 설정하여 작업 현장에 적합한 4M 체크리스트를 적용하고자 한다.

먼저 4M 체크리스트(checklist)기법에 대한 개요를 보면 4M 체크리스트 기법은 기존의 기준절차에 따라 일이 진행되고 있는가를 확인하는 기능에 4M 즉, 인적(Man), 기계·설비적(Machine), 관리적(Management), 물질·환경적(Media) 요소를 접목시켜 좀 더 구체적이고 효율적인 유해·위험요인을 확인할 수 있으며, 유해·위험요인이 제거되거나 문제점이 보완되지 않으면 차기공정의 진행불가의 근원적인 예방관리 절차를 가진 흐름도이다.

4M의 기본적인 유해·위험 요인은 <표 7>의 “4M의 항목별 유해·위험 요인에서 나타내었다[6]. 본 연구에서 4M 체크리스트 기법을 적용, 제안하는 이유는 철강 제조 공정의 플랜트 공사에 참여하는 중·소규모 현장의 특성에 적합한 위험성평가 기법 및 모델을 개발하고, 이를 안전시스템 측면의 재해예방 기법으로 적용함으로써 효과적인 재해 예방을 하고자 하는 목적이 있다. 특히 플랜트 공사를 관리하는 관리자 수가 업체당 평균 1.7명에 불과한 중·소규모 플랜트 공사현장에서 <표 8>과 같이 시트화된 유해·위험 요인을 쉽고 빠르게 파악할 수 있는 장점을 지니고 있다.

<표 7> 4M의 항목별 유해·위험요인[안전보건공단]

4M	유해·위험요인
Man (인적)	<ul style="list-style-type: none"> · 근로자 특성(장애자, 여성, 고령자, 외국인, 비정규직, 미숙련자 등)에 의한 불안전행동 · 작업에 대한 안전보건 정보의 부적절 · 작업자세, 작업동작의 결함 · 작업방법의 부적절 등 · 휴먼에러(Human error) · 개인 보호구 미착용
	<ul style="list-style-type: none"> · 기계, 설비 구조상의 결함 · 위험 방호장치의 불량 · 위험기계의 본질안전 설계의 부족
	<ul style="list-style-type: none"> · 비상시 또는 비정상 작업시 안전연동장치 및 경고장치의 결함 · 사용 유틸리티(전기, 압축공기 및 물)의 결함 · 설비를 이용한 운반수단의 결함 등
Machine (기계·설비적)	<ul style="list-style-type: none"> · 작업공간(작업장 상태 및 구조)의 불량 · 가스, 증기, 분진, 흙 및 미스트 발생
Media (물질·환경적)	<ul style="list-style-type: none"> · 산소결핍, 병원체, 방사선, 유해광선, 고온, 저온, 초음파, 소음, 진동, 이상기압 등 · 취급 화학물질에 대한 중독 등
Management (관리적)	<ul style="list-style-type: none"> · 관리조직의 결함 · 규정, 매뉴얼의 미작성, 안전관리계획의 미흡 · 교육, 훈련의 부족 · 부하에 대한 감독, 지도의 결여 · 안전수칙 및 각종 표지판 미게시 · 건강검진 및 사후관리 미흡 · 고혈압 예방 등 건강관리 프로그램 운영

<표 8> 4M Check Sheet 예시

4M	체크항목(유해·위험요인)	보완대책	체크항목(유해·위험요인)	보완대책
Man (인적)	- 안전보호구 착용여부 (작업특성별 보호구)	특성별 보호구	- 크레인 운전자와 신호수 신호체계 일치 여부	신호체계 숙지
	- 정비, 보수안내 표지 설치 여부	표지판 설치	- 출결이 작업의 걱정 여부 (출결이 내각 60°이상 유지) 취급자 교육	취급자 교육
	- 작업지휘자 현장대 위치 여부	현장 상주	- 전기작업시 조작설비에 ILS 실시 여부	차단기 시진
	- 고소작업시 안전대 걸이용 로프 활용 여부	로프설치,착용	- 절연보호구 착용 여부 (젖은 신체여부 등)	사전 준비
	- 지붕, 개구부 발생 작업시 추락방지망 설치 여부	방지망 설치	- 구동설비 전원차단 실시 여부	차단확인
	- 안전대 적용이 어려운 작업시 추가보호구 활용여부	보조용구 활용	- 가동중 설비에 접근 여부	전원 Off
	- 작업자가 추락위험 Point 인지 여부	사전 교육	- 작업반경내 접근통제 실시 여부	감시자 배치
	- 중량물 및 주변 작업반경내 접근 통제 여부	차단통제	- 중량물 취급시 작업시야 확보 여부	신호수 배치
	- 중량물 취급 작업시 신호수 임무 수행 여부	신호수 지정	- 밀폐공간내 작업시 산소농도 확인 및 환기실시 여부	농도 측정
	Machine (기계·설비적)	- 정비,보수 작업시 설비 Off 실시 여부	Off 확인	- 방호장치 설치 유무
- ARC용접기홀더 절연여부		정상확인,예비	- 보수, 정비작업시 작업공간 확보 여부	공간 확보
- 설비구조상 안전시설 확보여부		기준 확인	- 가스용기 역화방지기 설치 여부	필히 설치
- 안전난간대 노후 및 파손여부		보완, 보수	- 가스 누설여부 (호스, 절단기, 홀더부 등)	수리, 교체
- 안전난간대 발발막이판 설치 유무		설치	- 가스용기 전도방지 조치 여부	체인,로프
- 작업발판 및 안전대 걸이 가능구조 확보 여부		사전 계획	- 가스사용처와 화기와의 이격거리 준수 여부	8m이상
- 비계, 사다리, 작업대 전도방지 조치 여부		고정조치	- 가스 누설 경보기 정상작동 여부	1회/월 점검
- 개구부 막음 조치 여부 (도개, 펜스차단 조치 등)		개구부 막음	- 정압실 정상상태 확인	수시 확인
- 중량물 활용 작업시 안전대 걸이 가능여부		안전걸이 철지	- 인화성 취급시 소화설비 확보 여부 (소화기)	2M 이내
- 크레인 안전장치 정상 작동여부		작동Test	- 소화기 정상위치 및 사용가능 여부	1회/월 점검
- 크레인(천장, 호이스트) 정기안전검사 실시 여부		작동Test	- 옥내소화전 누수 및 내용물 이상유무	1회/월 점검
- 달기구 상태 (W/R, 벨트, 체인, 후크, 샤프, 클램프 등) 수시점검		수시점검	- 옥외소화전 누수 및 내용물 이상유무	1회/월 점검
- 지하(하부) 작업시 안내표지 설치 여부		사전교육	- 소화전함 및 발신기 표시등 On상태 여부	수시 확인
- 휴대용 전동기계기구 잠지 여부		사용전 확인	- 화재수신기 화재 및 비화재보 (표시등)작동 여부	설치 운전실
- 분전함 잠지 및 단자대 커버 정상설치 여부		절연보강	- 스프링클러 작동 및 헤드&배관 파손여부	수시 확인
- 전선 및 접속부 절연파괴 여부	ILS 적용	- 유도등(비상구, 통로) 점등 및 외형 이상유무	수시 확인	
- 설비 보수시 전원차단 여부	ILS 적용	- 위험물 적정량 저장 및 청결유지 여부	허가량 확인	
- 설비 구동테스트시 작동 중지 여부	사전 교육	- CO2 소화설비 비화재보 및 Sol-V/V 기동여부	담당자 통보	
Media (물질·환경적)	- 안전난간대 정상 (또는 설치) 여부	기준 확인	- 자재 및 제품 적치대 낙하방지조치 여부	방지턱 설치
	- 표지판 설치 여부 (경고, 금지, 지시, 안내표지 등)	특성별 부착	- 분진등 비상방지조치 여부	작업장 살수
	- 조명(시야) 확보 여부 (불가시 휴대용 전등 확보 여부)	조명 보완	- 보수 및 정비 작업시 공간 확보 여부	공간 확보
	- 고소작업시 작업발판, 안전대 걸이용 시설 확보 여부	구조 보완	- 설비 및 주변 작업장의 변형 여부	작업전 확인
	- 강풍, 강우, 강설시 작업 지속가능 여부	작업전 확인	- 고열에 의한 화상 위험 여부	보호구 착용
	- 고소개소 통로 걸릴 Point 방지 여부	수시 확인	- 밀폐공간내 작업시 산소농도 확인 및 환기실시 여부	농도측정
	- 고소작업시 분진 등에 의한 시야 확보 여부	보안경 착용	- 위험물 취급시 흡입으로 중독예방 환기가능 여부	보호구 착용
	- 중량물 취급시 강풍, 강설, 강우에 의한 위험 여부	작업전 확인	- 화기작업장 주변 위험물(인화성 물질) 방치 여부	작업전 점검
- 중량물 이송 경로상 충돌부 유무	사전 확인	- 용접, 용단 작업시 주변 가연물 방치 여부	가연물 제거	
Management (관리적)	- 작업지휘자 및 신호수 배치 여부	사전 지정	- 달기기구 사용기준 준수여부	작업전 교육
	- 작업계획서 작성 여부	계획수립, 작성	- 신호수 지정 및 배치 여부	신호수지정 배치
	- 표지판 설치 여부 (경고, 금지, 지시, 안내표지 등)	특성별 부착	- 전원 접속장치 ELB 연결 여부	ELB 설치
	- 보수, 정비작업시 유관부서와 사전협의 실시 여부	협의체 실시	- 전기설비 습윤한 환경에 방치 여부	습기 제거
	- 작업장 정리정돈 여부	작업후 정리	- 비접지형 전선, 릴, 전동기계기구류 구매사용 여부	규격품 구매
	- 안전통로 지정의 걱정 여부	통로 확보	- 장비간 병행 작업시 지휘자 및 신호수 배치 여부	작업전 지정
	- 안전보호구 지급대장 관리 여부	기록유지 관리	- 발생 가능한 사고에 대한 위험성 교육 실시 여부	작업전 교육
	- 설비의 일상, 수시, 정기점검 실시 여부	점검결과 유지	- ILS 적용 여부 (출입문, 덮개 잠금장치 등)	시진확인
	- 안전교육 실시 여부	기록유지 관리	- 부적절한 방호조치의 개선여부	개선보완
	- 작업안전수칙 확보 및 준수교육 실시 여부	작업전 교육	- 설비가동중 조업, 보수작업 금지 대책적용 여부	대책수립
	- 건강검진 (배치전/정기/특수) 실시 여부	결과 관리	- 회전체, 작동설비 주변 경고, 금지 표지판 설치 여부	표지설치
	- 작업특성별 보호구 지급여부	지급대장 관리	- 밀폐공간내 작업간 비상대비 연락체계 확보 여부	체계확보
	- 안전미팅(TBM) 실시 여부	매회 실시	- 밀폐공간 작업시 산소농도 측정 실시 여부	산소농도측정
	- 유해위험 공정별 MSDS 자료 게시 및 교육 여부	게시, 교육	- 화기작업장 용접,용단작업 확인서 관리 여부	관리대장 날인
	- 안전보호구 지급 여부	지급대장 관리	- 화기 작업시 화재감시자 배치 여부	작업전 지정
	- 고소작업시 하부 감시자 배치여부	작업전 지정	- 주기적 비상훈련 실시 및 비상대용 체계 숙지여부	계획수립 적용
	- 중량물 취급 작업계획서 준수 여부	작업전 교육	- 인화성 가스 및 액체 누설점검 실시 여부	수시 확인

<표 9> 플랜트 작업용 위험성평가(4M체크리스트) 예시

위험성평가서(4M 체크리스트)				평가차수	(2) 차				
공사업체	0 0 산업(주)		주관부서	0 후관 정비팀	연관부서	0 후관 생산팀, 토건Part			
공사명	0 후관공장 Hot dividing shear 이설공사			평가일시	2011. 5. 21 10:15~10:32(17분)				
공사기간	2011. 5. 19 ~ 2011. 6. 5 (18)일간			작업위치	압연공정				
작업개요	0 후관공장 Mill stand 후면의 Hot dividing shear를 Cooling bed 전단부로 이동 설치								
안전책임자	공사업체	김 0 0 소장		발주부서	0 후관 정비팀 박 0 0 과장				
안전보건정보 (해당 항목에 O표 또는 등록]	근로자 특성	장애자(0 명), 여성(2 명), 고령자(0 명), 외국인(0 명), 비정규직(17 명), 미숙련자(5 명)							
	교육	신규 채용교육(24 명), 특별안전보건교육(5 명)							
	안전작업허가	대상작업 : 중량물 취급, 고소작업, 용접 · 용단작업							
	사용장비(대수)	굴삭기(), 지게차(), 기중기(2), 불도저(), 로우더(), 스키도(), 펌프카(), 덤프트럭(), 피니셔(), 모터그레이더(), 기타()							
	사용유틸리티	전기, 압축 공기, 물, 기타()							
	유해·위험인자	분진, 소음, 고열, 흙, 유기 가스, 방사선, 낙하·비레물, 기타(고소작업에 따른 추락 위험)							
사 고 현 황	동종, 유사작업에서 과년도 3년간 사고 (1)건, 맞차사고 (2 건)								
위험성평가									
평가일	2011. 5. 21			평가자	소속	0 후관 정비팀			
세부작업	4M	체크항목(유해·위험요인)	피해 대상	재해 형태	위험등급		보완대책	성명	박 0 0
					A	B			
Hot dividing shear 해체작업	Man	설비상부 작업시 추락위험	해체작업자	추락		0	안전대결이 설치, 안전대착용	완료	지속점검
	Man	설비전원차단 여부	해체작업자	감전		0	전원차단, ILS 설치	완료	지속점검
	Machine	ARC용접기 홀더 절연여부	용접작업자	감전		0	절연부 정상 확인, 예비보유	-	지속점검
	Machine	가스용기전도예방조치여부	작업자	폭발		0	로프로 기중에 고정	완료	
	Media	분진비산 예방관리여부	작업자	비레	0		작업장 살수	완료	지속점검
	Media	설비하부 산소결핍 여부	지하작업자	산소결핍		0	산소농도 측정(안전팀 지원)	-	주기적 측정
	Management	신호수 배치 여부	주위작업자	충돌/낙하비레		0	신호수지정, 배치	-	지속관리

체크항목은 <표 9>의 위험성평가 예시의 유해·위험 요인에 적용하고 연관된 보완 대책을 적용하여 위험등급을 산정함으로써 고위험 요소를 인지하여 효율적으로 관리함으로써 사고나 재해의 사전 예방관리가 가능하다.

3.4. 적용 및 결과분석

4M 체크리스트를 D사 B공정의 플랜트 공사(작업 기간 : 2011. 5. 20~2011. 6. 6)에 참여한 업체에 대하여 적용한 결과는 <표 10>에 나타난 바와 같다.

D사 B공정의 플랜트 공사에 적용한 결과를 분석해 보면 적용 업체수는 48개 업체였으며, 4M의 1차, 2차, 3차 결과의 평균 불량수는 3.1건으로서 전체 문항수 대비 9.5%의 불량률을 기록하였다. 점검에 소요된 평균시간은 9.9분으로서 작업에 미치는 영향은 미미한 것으로 분석되었으며, 점검 흐름도에 따라 플랜트 공사업체의 관리자 혹은 대표자를 입회한 가운데 발주처의 공정관리자나 안전관리자에 의해 점검하도록 함으로서 작업 공정에 대한 이해도를 높일 수 있는 계기가 되었다. 체크리스트에 의한 즉시 보완 대책을 제시하고 이를 적용하게 하여 사전예방의 시스템적인 관리가 가능하다.

또한 [그림 3]에서 나타난 바와 같이 작업 일정에 따라 적용된 4M 체크리스트 위험성평가서를 게시함으로써 잠재위험에 대한 정보의 제공 및 안전 교육시 활용 등 작업자의 안전의식 고취에 상당히 기여할 것으로 예상된다. 특히 D사의 B공정 플랜트 공사를 완료할 때까지 재해건수는 0건으로 확인되었다.

<표 10> D사 B공정 플랜트 공사 시행시 4M 체크리스트 적용 결과

업체명	차수	전체 문항수	소요시간	불량수	불량률	대책 적용수	사고건수
00기업	1차	18	8.5	2	11.1	2	0
	2차	22	13	8	22.7	3	0
	3차	15	6.5	1	6.7	0	0
	평균	18.3	9.3	3.7	14.5	2	0.0
	(주)00	1차	15	8	1	6.7	1
00산업	2차	18	15	5	16.7	2	0
	3차	8	5	2	25.0	1	0
	평균	13.7	9.3	2.7	14.6	1	0.0
	00기업	1차	12	5	1	8.3	0
00산업	2차	31	13	7	22.6	6	0
	3차	12	7	2	16.7	1	0
	평균	18.3	8.3	3.3	18.2	2	0.0
00기업	1차	30	12	3	10.0	2	0
	2차	53	22.5	5	9.4	3	0
	3차	18	8	2	11.1	1	0
	평균	33.7	14.2	3.3	9.9	2	0.0
00토건	1차	12	6	2	16.7	1	0
	2차	27	14.5	3	11.1	2	0
	3차	12	6.5	0	0.0	0	0
	평균	17.0	9.0	1.7	9.8	1	0.0
00산업	1차	16	6	1	6.3	1	0
	2차	25	17	2	8.0	2	0
	3차	11	5.5	1	9.1	1	0
	평균	17.3	9.5	1.3	7.7	1	0.0
(주)00	1차	26	5	2	7.7	1	0
	2차	33	15.5	3	9.1	3	0
	3차	15	5	0	0.0	0	0
	평균	24.7	8.5	1.7	6.8	1	0.0
계	1차	18.5	7.6	2.0	9.2	1	0.0
	2차	28.3	15.8	6.2	11.3	4	0.0
	3차	13.0	6.3	1.0	6.2	1	0.0
	평균	19.9	9.9	3.1	9.5	2	0.0



[그림 3] 4M 체크리스트 위험성 평가서 제시

4. 결 론

본 연구에서는 철강제조 공정의 플랜트 공사에 참여하는 중·소규모 플랜트 업체에 대하여 사고예방관리를 위한 지원체계를 정립하고 간편하면서도 과학적이고 기술적으로 접근한 4M 체크리스트로서 위험성을 평가하는 기법을 적용, 제안하였다. 본 연구과정에서 검토된 안전관리자 부재에서 오는 안전관리 불비 현상은 제시된 공정관리자나 발주처 안전관리자가 플랜트 공사현장의 문제점을 발견하고 이를 확인, 평가, 보완하는 흐름도를 제시함으로써 그 효과가 클 것으로 예상되며, 4M 체크리스트를 통하여 위험성 평가를 효과적으로 실시하여 잠재위험을 발굴하고 위험을 사전에 인지하여 발생 가능한 위험을 사전에 파악할 수 있어 위험의 감소 및 위험을 제거하는 노력에 도움을 줄 것이라고 생각된다. 또한 안전사고 건수에서 큰 비중을 차지하고 있는 중·소규모 플랜트 공사현장에서 간편하고 이해가 쉬운 4M 체크리스트 기법을 활용하여 안전점검, 협의체 회의, 안전교육 등 관리적 사항의 안전관리 활동에 적극 활용하여 플랜트 공사와 관련된 모든 이해관계자들이 참여하는 자율안전관리 활동을 기대할 수 있다. 다만 효과분석 측면에서는 연구기간 동안 전 플랜트 공사 참여업체가 무재해로 완공하였으나 교육의 내실화나 관리의 강도, 작업환경의 문제 등 여타 복합적인 관리적 작용이 있기 때문에 명확한 효과 검증은 다소 부족한 면이 있다고 생각된다. 하지만 본 연구에서 적용, 제안된 사항은 철강 제조 공정 플랜트 공사의 재해 예방 관리에 있어서 하나의 중요한 기법으로서 충분히 활용이 가능하다고 판단되며, KOSHA GUIDE의 ‘체크리스트를 이용한 사업장의 리스크 평가 기술지침(X-38-2011)’이나 ‘중소규모 사업장의 안전보건을 위한 리스크 평가 지침(X-5-2010)’, 등의 GUIDE나 기술

지침을 근간으로 중·소규모 플랜트 공사의 사고 예방관리에 필요한 GUIDE나 기술지침의 제·개정시 본 연구 사항이 도움이 될 수 있을 것이며, 또한 본 연구의 작업 특성에서 분석된 중·소규모 플랜트 공사시의 문제점인 겸임 안전관리 체계의 보완 방법인 발주처나 원청업체의 안전관계자나 이해관계자가 의무적으로 참여하고 관리하는 즉, 협의체 활동시 본 연구에서 제안된 ‘4M 체크리스트 위험성 평가’를 활성화 될 수 있는 법규가 강화된다면 위험을 사전에 파악하고 제거하는 근원적 예방관리의 자율 안전관리 활동을 기대할 수 있고, 재해 예방에 크게 기여할 것으로 판단된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 안전보건공단(KOSHA), 산업재해통계, 2010.
- [2] 이정우, “건설공사 사전안전성 평가의 효율적인 적용 방안에 관한 연구”, 서울산업대학교 석사 학위논문, 2006.
- [4] 남명우, “건축공사 중대재해 위험성평가 모델 연구”, 고려대학교 석사학위논문, 2008.
- [3] 정성훈, 이길환, 안계인, 임성일, 강경식, “전문건설업종별 재해 현황 및 특성에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, 11권 4호, 2009. 12
- [5] 홍성만, 박범, 선수빈, “제철 사업장 적용을 위한 위험성평가 시스템 개발”, 대한안전경영과학회지, 11권 4호, 2009. 12
- [6] 안전보건공단(KOSHA), “4M 위험성평가 기법에 관한 기술지침(M-62-2008)”, 2008.
- [7] 안전보건공단(KOSHA), “4M 위험성평가 매뉴얼 (No_209766)”, 2010.
- [8] 장서일, 하정호, 류보혁, 김태욱, “중소규모 사업장용 안전보건경영시스템 인증기준 개발”, 대한안전경영과학회지, 10권 4호, 2007. 12
- [9] 유영정, “중·소규모 건설공사의 중점관리 위험요인 도출 및 평가방법”, 강원대학교 석사학위 논문, 2009.
- [10] 안홍섭, “건설업체의 안전보건관리 수준평가 방안”, 대한건축학회지 제18권 제1호 통권 제159호, pp.105~112. 2002
- [11] 장준호, “중·소규모 건설현장의 안전현황과 기술지도기관의 역할”, 계명대학교 석사학위논문, 2004.
- [12] 한병수, “재해예방을 위한 건축공사 설계단계 안전 위험성 평가 체크리스트”, 한국건설관리학회 논문집 v.8 n.2, pp.68~74. 2007
- [13] 이영순, “사업장 유해·위험성 평가기법 개발 및

국내 적용방안 연구”, pp. 101~173, 2005.
 [14] 노동부, “위험성평가제도”, pp. 33~36, 2007.
 [15] 대한산업안전협회, 안전기술(2009-08), pp. 48~51, 2009.
 [16] 강미진, 김형석, 이영순, 박희철, “중소규모 사업장의 위험수준평가 프로그램 개발”, 한국안전학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 141~144. 2009.

[17] 김선규, “공사단계의 효율적인 위험관리를 위한 공사 위험관리 모델”, 대한건축학회논문집, 제23권 제3호(통권221), 2007. 03.
 [18] 안전보건공단(KOSHA), “철강업종 재해예방 협의회 자료”, 2010.

저 자 소 개

우 흥 식



성균관대학교에서 파괴역학을 전공하여 학사, 석사, 박사 학위를 취득하였다. 현재 동국대학교 안전환경시스템공학과 교수로 재직 중이며, 기계·설비 안전에 관한 연구를 진행 중이다.

주소: 경북 경주시 석장동 707 동국대학교 경주캠퍼스 안전환경시스템공학과

서 성 화



동국대학교에서 석사, 안전공학과 박사 재학 중, 현재 동국제강(주) 안전보건Part specialist로 재직 중이며, 관심분야는 안전보건시스템 구축, 위험성평가 및 활성화 활동 등이다.

주소: 경북 포항시 남구 효자동 새천년대로 306, 109-1401

원 중 일



동국대학교에서 학사, 성균관대학교에서 석사 및 Texas A&M 대학에서 박사학위를 취득하였다. 재료의 신뢰성 및 내구성에 관한 연구 과제를 수행 중이다. 현재 동국대학교 안전환경시스템공학과 교수로 재직 중이다.

주소: 경북 경주시 석장동 707 동국대학교 경주캠퍼스 안전환경시스템공학과