ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

사업장 안전보건관리체계 향상을 위한 역학모형 기반의 사고분석기법 활용 방안 연구

김 경 환* · 정 기 효*
*울산대학교 산업경영공학과

An Application Study of Accident Analysis Method Based on Epidemiological Model to Improve Occupational Safety and Health Management System

Kyunghwan Kim* · Kihyo Jung*
*School of Industrial Engineering, University of Ulsan

Abstract

The Severe Disaster Punishment Act had recently been established in order to promote safety and health (OSH) management system for severe accident prevention. OSH management system is primarily designed based on risk assessments; however, companies in industries have been experiencing difficulties in hazard identification and selecting proper measures for risk assessments and accident prevention. This study intended to introduce an accident analysis method based on epidemiological model in finding hazard and preventive measures. The accident analysis method employed in this study was proposed by the U.S. Department of Energy. To demonstrate the effectiveness of the accident analysis method, this study applied it to two accident cases occurred in construction and manufacturing industries. The application process and results of this study can be utilized in improving OSH management system and preventing severe accidents.

Keywords : Safety and health management system, Risk assessment, Accident analysis method, Severe accident prevention

1. 서 론

우리나라는 산업재해를 줄이기 위해 지속해서 노력해 왔으나, 산업재해율은 유럽의 주요 선진국과 비교할 때 4~10배 높은 수준이다[1]. 2018년 화력발전소에서 발생한 끼임 사고, 2020년 물류창고 건설 현장에서 발생한 화재 사고, 2022년 주상복합아파트 붕괴 사고 등과 같은 중대한 산재사고는 사회적으로 커다란 논쟁거리가 되었다. 이러한 산재사고의 근본 원인은 사업장 안전 문화의 결여와 안전관리 시스템의 부재에 따른 것으로 알려지고 있다[2]. 그로 인해, 최근에는 사업장 안전보건 관리체계 구축 등 안전보건 확보 의무를 사업주와 경영책임자 등에게 부여하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률(이하, 중대재해처벌법)이 제정되었다.

중대재해처벌법은 중대재해가 발생하면 산업안전보건법의 위반 직접 행위자와는 별개로 조직, 예산 등 안전보건 상의 의사 결정권을 가진 경영자를 처벌한다. 이러한 중대재해처벌법은 안전보건확보의무를 위반하여 중대재해를 초래한 사업주와 경영책임자 등을 처벌 대상에 포함함으로써 중대재해를 사전에 방지하고자 제정되었다. 사

†이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1003282)
†Corresponding Author : Kihyo Jung, School of Industrial Engineering, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan, E-mail: kjung@ulsan.ac.kr
Received March 28, 2023; Revision June 14, 2023; Accepted June 28, 2023

업주는 개인 사업주만을 의미[3]하며, 경영책임자 등은 중대재해처벌법 제2조에 의거 “사업을 대표하고 사업을 총괄하는 권한과 책임이 있는 사람 또는 이에 준하여 안전보건에 관한 업무를 담당하는 사람”으로 정의된다. 따라서 사업주와 경영책임자는 사업 전반의 안전 및 보건에 관한 조직, 인력, 예산 등에 관하여 총괄하는 권한과 책임을 가진 사람을 의미하는 것으로 해석된다[4].

중대재해처벌법에 명시된 사업주와 경영책임자 등의 안전보건확보의무(중대재해처벌법 제4조)는 총 4가지이며, 그중에서 가장 대표적 의무(법 제4조 제1항)는 “재해예방에 필요한 인력 및 예산 등 안전보건관리체계의 구축 및 그 이행에 관한 조치”이다. 안전보건관리체계의 구축 및 이행은 사업주에게 고용되어 일하는 모든 사람의 안전보건을 확보하기 위해 사업장 스스로 유해·위험요인을 파악하여 제거·대체 및 통제 방안을 마련하고, 이를 지속적으로 이행 및 개선하는 체계적인 재해예방활동으로 정의될 수 있다[4]. 이러한 유해·위험요인의 통제에는 위험성평가(사전 예방)와 사고분석(재발 방지) 등이 활용될 수 있다. 위험성 평가는 사고를 예방하기 위한 사전적 대응기법으로, 사업장 내에 잠재된 유해위험요인을 파악하고, 그로 인해 작업자들이 사망, 부상 또는 질병을 당할 수 있는 위험성의 크기가 허용기준을 벗어나면 위험성 감소대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 말한다[5]. 반면, 사고분석은 사고 발생 이후 시행되며 재해예방 측면에서 사고로부터의 배움, 즉 사고에 대한 원인과 발생과정을 명확히 규명하여 대책을 수립함으로써 동종·유사재해 재발을 방지하기 위해 수행된다[6]. 한편, 사고분석은 능동적으로 위험성이 큰 요인을 도출하여 작업 전에 적절하게 조치하는 위험성 평가와 밀접한 연관성이 있다. 예를 들면, 사고분석을 통해 도출된 사고의 직접적인 원인과 이를 통제하지 못한 안전보건관리체계의 결함(근본 원인)은 위험성평가의 포괄적 접근에 따른 위험예측 및 실행 상의 문제 파악 시 참조될 수 있다[5].

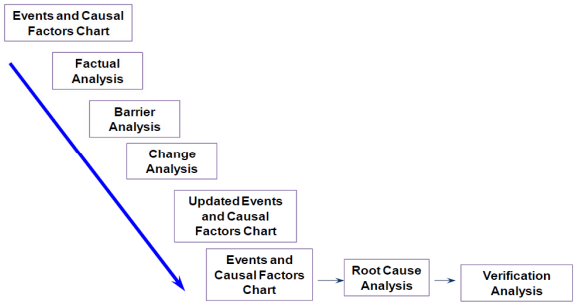
사고분석기법은 산업의 변천 및 고도화되면서 다양한 종류가 활용되고 있으며 각각의 기법은 고유한 특징을 지니고 있다[7]. 일반적으로 1930년대 기계장비가 작업자 안전을 위협하던 시기에는 하인리히의 도미노이론에 기반한 사건순서모형(1세대)이 활발히 사용되었다. 그러다가 1970년과 80년대에 들어서면서 기계장비의 안전성이 개선되었으나 이를 다루는 인간의 실수(Human Error)로 인해 대형사고가 발생하면서 제임스 리즌(James Reason)의 스위스 치즈 이론에 기반한 역학모형(2세대)이 제안되었다. 한편, 최근에는 복잡한 사회기술시스템(Socio-technical System)에서 발생하는 사고의 진행과정을 해석할 수 있는 시스템모형(3세대)이 개발되었다. 이 중에서 역학모형에 기반한 사고분석기법은 사업장 내 오랜 기간 존재해 왔던 잠재적 요인(Latent Factor)이 작업자의 인적실수 등 활동적 요인(Active Factor)과 결합하여 사고가 발생하게 되며, 이러한 사고에 대해 사업장 관리시스템상의 방호벽(Barrier)를 강화함으로써 사고를 예방할 수 있게 하는 장점이 있다[8]. 한편, 위험성평가는 역사적으로 1979년 미국에서 발생한 TMI(Three Mile Island) 핵발전소 사고를 계기로 인간의 실수가 인간-기계체계(Man-Machine System)에서 안전의 중요한 요소로 간주되면서 고안되었다[9]. 위험성평가는 사업장 내 잠재되어 있는 유해위험요인을 찾아내어 그 위험성의 수준을 평가한 후 허용기준을 초과하는 경우 위험성 감소대책인 방호벽(Barrier)을 강화하는 것으로, 위험성평가를 중심으로 한 안전보건관리체계와 사고분석 역학모형은 사고의 사전 예방을 위한 안전보건관리체계와 재해 재발방지 측면의 상호보완적 관계라고 할 수 있다.

본 연구는 미국에너지부(U.S. Department of Energy)에서 제안된 역학모형 기반의 사고분석기법(이하, DOE 기법)을 건설업과 제조업의 중대재해 분석에 적용하여 중대재해처벌법의 안전보건관리체계 구축 및 이행에 적용 유용성을 살펴보고자 한다. DOE 기법은 사건 및 사고요인 도표(Events and Causal Factors Chart, E&CF)에 기반하여 재해의 근본 원인(Root Cause)을 분석하는 사고분석 기법이다[10]. DOE 기법은 역학적 사고분석 모형으로서 안전보건관리체계의 현장 작동성을 분석하고, 현장 작동성을 저해하는 문제를 체계적으로 도출할 수 있어 안전보건관리체계의 현장 이행성에 대한 체질 개선에 유용하게 활용될 수 있다. 본 연구는 국내 건설업과 제조업에서 발생한 중대재해 2건에 대해 DOE 기법을 적용하는 사례를 제시함으로써 산업현장에서 DOE 기법을 적용할 때 유용한 예시적 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. DOE 기법

DOE 기법은 사고조사와 사고분석의 2가지 부문으로 구성된다. 먼저, 사고조사(Accident Investigation)는 사고와 관련된 증거 수집을 통해 무슨 일들이 일어났는지 사실관계를 파악한다. 사고분석(Accident Analysis)은 사고가 왜 일어났는지를 체계적인 분석을 통해 파악한다. 사고분석은 Figure 1에 나타낸 것과 같이 3단계 절차(1: 사건 및 사고요인 차트 작성, 2: 근본원인 분석, 3: 검증 분석)를 통해 사고의 근본원인을 파악하게 된다.

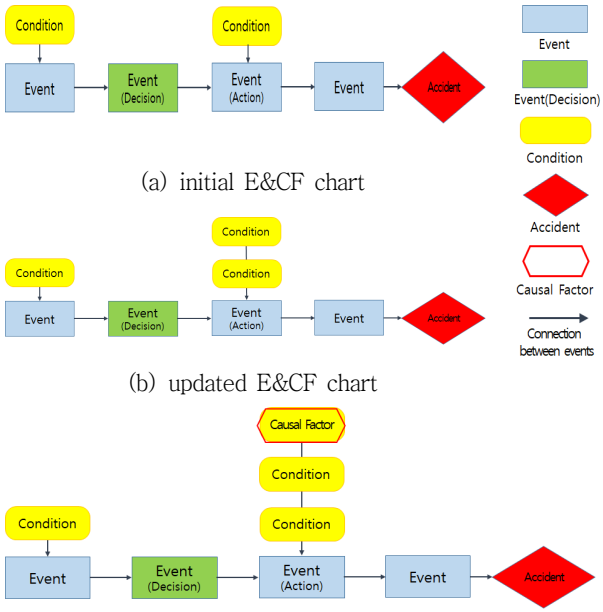
ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)



[Figure 1] DOE Accident Analysis Process[7]

사건 및 사고요인(Events & Causal Factors) 차트(이하, E&CF 차트)는 4단계를 통해 작성된다. 첫째, Figure 2.a에 예시적으로 나타낸 것과 같이 초기 E&CF 차트는 사고조사에서 발견된 주요사항을 사건별로 정리하는 사실분석(Factual Analysis)을 통해 이루어진다. 초기 E&CF 차트는 사실분석에 근거하여 사고(Accident) 이전에 있었던 사건들(Events)을 인과관계 또는 발생시간 등의 논리적 순서에 따라서 수평적으로 나열하고, 각 사건에 대해 물리적·환경적 상황 등의 조건들(Conditions)을 수직적으로 연결하여 작성된다. 둘째, 역학모형에서 사고는 유해위험요인과 작업자의 접촉에 의해 발생하게 되므로, 양자의 접촉을 사전에 차단하기 위해 해당 사업장에 적용되었던 물리적·관리적 방호조치의 종류가 무엇이며, 각 방호조치의 작동이 왜 실패하여 사고가 발생하게 되었는지를 규명하는 방호벽분석(Barrier Analysis)을 수행한다. 셋째, 사고발생 직전의 작업상황이 평상 시 작업상황 또는 표준작업상황과 비교했을 때 어떠한 차이점이 있었으며, 그 차이점이 사고발생에 어떻게 영향을 미쳤는지를 변화분석(Change Analysis)을 통해 파악한다. 마지막으로, 방호벽분석 및 변화분석을 통해 파악된 추가적인 사건 또는 사건·사고와 관련된 조건들을 초기 E&CF 차트에 반영하여 Figure 2.b와 같이 수정 E&CF 차트를 작성한다.

근본원인 분석은 수정된 E&CF 차트(Figure 2.b)로부터 사고요인(Causal Factor)을 Figure 2.c와 같이 도출하고, 유사재해 방지를 위한 관리시스템 관점의 근본원인을 찾는다. DOE 기법에서 사고원인은 크게 3가지 유형(직접원인, 기여원인, 근본원인)으로 구분된다. 첫째, 직접원인(Direct Cause)은 사고를 직접적(Immediate)으로 일으킨 원인을 의미한다. 둘째, 기여원인(Contributing Cause)은 사고를 직접적으로 일으키지는 않았으나 사고 발생 가능성을 높이는 원인을 의미한다. 마지막으로, 근본원인(Root Cause)은 사고와 관련된 관리시스템 결함 등을 의미하며, 유사재해를 예방하기 위해서는 근본원인을 찾아 개선하는 것이 필요하다.



(a) initial E&CF chart

(b) updated E&CF chart

(c) final E&CF chart

[Figure 2] Example of Events & Causal Factors Chart[7]

마지막으로, 사고분석을 통해 작성된 보고서 초안에 대해 검증분석(Verification Analysis)을 실시한다. 이 단계에서는 주로 보고서 구성 내용에 대해 조사과정에서 발견된 사실들(인적·물적 증거)과의 논리적 일치성 여부 및 정확성 등을 검증하게 된다.

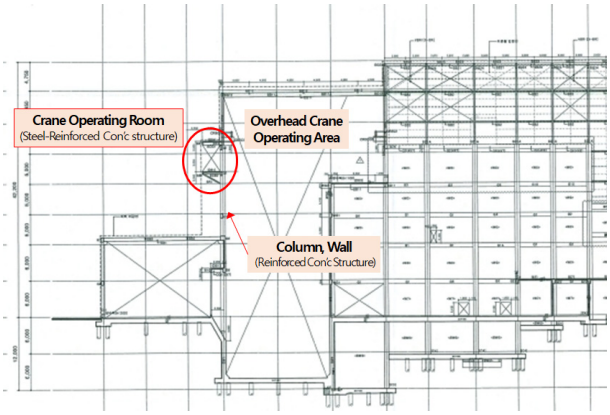
3. 적용 사례

3.1 건설업 사례

3.1.1 사실분석

사고는 콘크리트공 3명이 폐기물 처리시설의 켄틸레버(외팔보) 바닥에서 콘크리트 타설 작업 중 데크플레이트의 지지부가 하중을 견디지 못하고 붕괴되면서 콘크리트공 3명이 약 24 m 아래의 지상으로 떨어져 발생하였다. 사고 발생 위치는 Figure 3에 나타낸 것과 같이 폐기물 집하장 상부의 천장크레인 운행구간 측면의 운전실이다. 사고 장소는 철근콘크리트 벽체에 철골철근콘크리트 켄틸레버가 지지되는 형식이며, 철근콘크리트와 철골구조물은 각기 다른 협력 업체에 의해 시공되었다. 사고는 두 업체의 작업이 겹치는 구간에서 발생하였다. 켄틸레버 공사는 철골보에 데크플레이트를 거치한 후 철근배근 및 콘크리트 타설을 진행하였으며, 데크플레이트의 한변은 철골보

위에 다른 한변은 철근콘크리트 벽체에 못으로 고정된 목재각재 위에 거치되었다. 그러나 목재각재가 콘크리트 타설 중 발생하는 작업하중을 견디지 못하고 탈락되면서 사고가 발생하였다. 당초에는 켄틸레버 구조물 하부에 외부비계가 설치되어 있었으나, 폐기물 집하장 출입구 공사 등 후속공정으로 인해 사고발생 시에는 해체된 상태였다.



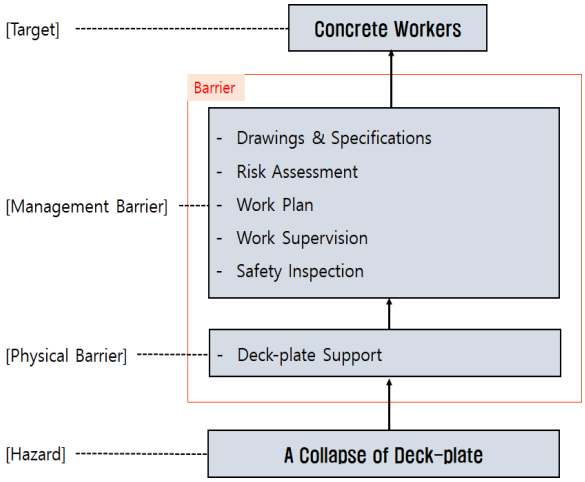
[Figure 3] The Location of the Accident

3.1.2 방호벽 분석

방호벽분석을 통해 유해위험요인이 작업자에게 접촉하지 못하도록 차단하는 사업장의 물리적·관리적 방호조치를 Figure 4와 같이 파악하였다. 예를 들면, 물리적 방호조치는 콘크리트 타설 시 작업하중에 의한 데크플레이트의 탈락·붕괴를 방지하는 데크플레이트 지지부(받침대)의 안전성을 확보하는 것이다. 또한, 관리적 방호조치에는 시공상세도 준수, 사전 안전성 검토, 작업 계획 수립, 안전점검, 작업 관리감독이 해당된다.

3.1.3 변화분석

변화분석을 통해 사고발생 시의 작업상황이 정상 작업상황 또는 표준 작업상황과 비교했을 때 6가지 측면의 차이가 있음이 도출되었다. 첫째, 데크플레이트 지지부(목재각재 4×5 cm)의 경우 상세도면이 없음에도 구조검토 없이 유사도면을 잘못 해석하여 적용하였다. 둘째, 사고지점은 철근콘크리트업체와 철골업체의 겹치는 작업구간으로 각 업체의 작업에 대한 책임이 불명확하였다. 셋째, 휴가 후 복귀한 안전관리자가 콘크리트타설 전날 해당위험을 인지하였으나 시공팀이 수용할 수 없는 방법으로 개선을 지시하고 이를 확인하지 않았다. 넷째, 시공팀은 안전관리자의 개선 지시에 대해 효과적인 개선 없이 작업을 진행하는 등 의사소통에서 문제가 있었다. 다섯째, 켄틸레버 하부 비계를 조기에 해체하여 데크플레이트 지지부 보강작업이 용이하지 않았다. 마지막으로, 해당 위험요인에 대한 위험성평가를 실시하지 않았다.



[Figure 4] Summary Results from a Barrier Analysis

3.1.4 E&CF 차트 작성

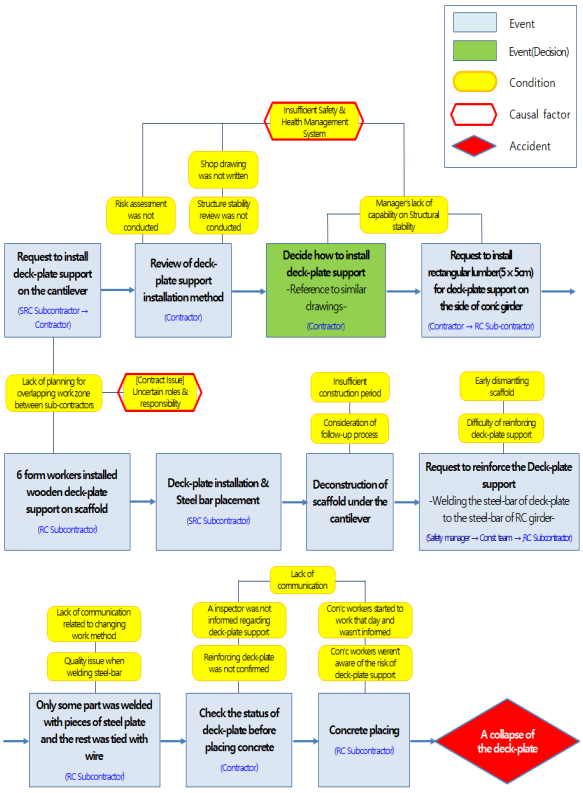
본 연구는 사실분석을 통해 발견한 사항들을 토대로 초기에 E&CF 차트를 작성한 후 방호벽 및 변화분석을 통해 도출된 추가적인 내용들을 E&CF 차트에 업데이트하였다. 먼저, 초기 E&CF 차트는 시간적 순서에 따라서 사건을 전개하여 작성되었다. Figure 5를 예로 들면, 사고와 관련된 사건(11개)을 시간적 순서에 따라 수평적으로 나열하였으며, 그중에서 3번 사건(데크플레이트 받침 설치 방법 결정)은 사실 분석을 통해 파악된 정보로부터 추정된 의사결정 사건이다. 그리고 난 후, 본 연구는 방호벽분석과 변화분석 결과를 토대로 초기 E&CF에 사건 관련자 및 작업시설/상황을 업데이트하였다. Figure 4를 예로 들면, 각 사건의 관련자를 사건과 함께 표시하였으며, 각 사건이 발생하게 된 조건(상황)을 사건의 상단에 수직적으로 나열하였다.

3.1.5 근본원인 분석

본 연구는 방호벽 및 변화 분석 등을 통해 작성된 수정 E&CF 차트를 활용하여 사고원인을 파악하고(Figure 5 참조), 동종재해 재발을 방지하기 위한 관리시스템적 개선사항을 도출할 수 있도록 파악된 사고원인을 직접원인, 기여원인, 근본원인으로 구분하였다. 사고를 야기한 직접원인은 데크플레이트 받침의 구조적 안전성이 확보되지 않은 상태에서 콘크리트 타설작업을 진행하여 그 작업하중을 견디지 못하고 받침이 붕괴한 것으로 파악되었다. 그리고 사고의 발생 가능성을 증가시킨 기여원인은 공사팀

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

직원이 사고 발생 위치에 맞는 상세도면 없어 유사 도면을 잘못 적용한 점, 작업 방법을 결정하는 절차상의 문제, 콘크리트 타설 전날 안전팀 직원이 해당 부위의 문제점을 인지하고도 적합한 보강 방법을 도출하지 못하고 개선 여부를 확인하지 않은 점, 후속 공정으로 인해 비계가 조기에 해체되어 데크플레이트 받침대 보강작업이 여의치 않았던 점 등이 도출되었다.



[Figure 5] Events & Causal Factors Chart(Const. Accident)

사고를 일으킨 근본원인은 관리시스템 관점에서 볼 때 크게 2가지로 파악되었다. 첫째, 데크플레이트 받침 설치 작업에 대한 위험성평가를 실시하지 않아 해당 작업에 대한 위험성 파악에 실패하였고, 그로 인해 구조검토에 의한 상세도면 작성 및 작업방법 준수 등 적절한 대책을 도출하지 못했다. 둘째, 업체선정단계에서 철골업체와 철근콘크리트업체가 각각 선정 및 분리 계약되었고, 사고가 발생한 데크플레이트 받침 설치작업은 두 업체의 작업이 겹치는 구간으로 계약상의 책임과 역할이 명확하지 않았다. 따라서 본 사고와 유사한 사고를 예방하기 위해서는 (1) 위험성평가를 통해 위험요인을 관리하는 체계의 수립이 필요하며, (2) 두 개 이상의 업체의 작업 구간이 겹치면 원청과 시공사의 책임과 역할을 명확화 하는 관리체계 구축, 그와 더불어 (3) 작업방법 결정 및 안전조치 사항에 대한 확인 체계가 필요하다.

3.2 제조업 사례

3.2.1 사실분석

사고는 제철소 산소공장 내 노후 플랜트 설비 일부를 철거하기 위한 사전 조치로 산소배관 차단작업을 진행하던 중 발생하였다. 철거 대상 노후 플랜트 설비에 연결된 산소배관을 차단(차단판 설치)하기 위해 수동 산소밸브(Ball Valve)를 잠그고 배관 내 잔류 산소 배출 및 질소퍼지작업을 하였다. 그러나 파악이 어려운 배관 내 산소 누설 등으로 산소농도가 목표농도를 상회함에 따라 사고 당일 해당 작업 마무리가 어렵다고 판단하고, 차단밸브를 다시 여는 중에 화재가 발생하였고 폭발적으로 이어져 작업자 3명이 사고를 당했다.

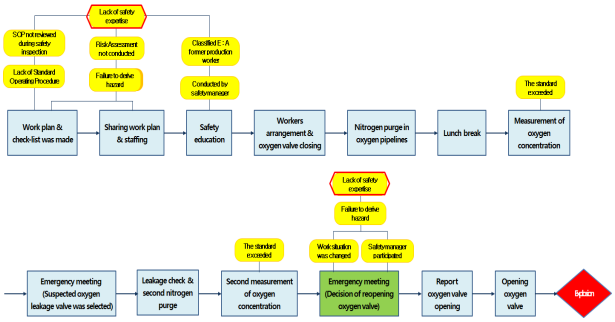
사고 발생의 원인은 탄소강 재질의 고농도 산소배관 내 존재하는 금속입자 및 이물질 등이 차단밸브 개폐 시 발생하는 난류(Turbulence)로 인해 입자 간 또는 입자와 배관 사이의 충돌에 의한 에너지로 인해 점화되면서 고압산소화재로 발전한 것으로 추정된다. 산소배관 철거작업을 위해 사전에 작업계획서를 작성하였고, 작업 전 안전교육을 실시하였으며, 작업계획 상의 순서대로 작업을 진행하던 중에 사고가 발생하였다. 산소배관 밸브 조작업무는 산소공장 점검 및 보수 협력업체에 위탁되어 있었으며, 사고 당일 당초 협력업체 작업 예정팀의 일부가 코로나19로 인한 자가격리 상황으로 인해 이전 경력자 및 원청 직원 일부가 작업에 투입되었다.

사고발생 제철소의 산소 배관에는 차단밸브 전·후단의 압력을 동일하게 하여 밸브 조작 시 발생할 수 있는 화재·폭발을 예방하기 위한 균압밸브가 설치된 곳도 있으나, 사고가 발생한 수동 차단밸브에는 균압밸브가 설치되어 있지 않았다. 사고발생 약 6년 전 산소배관 신설작업 중 화재사고가 발생한 이력이 있었지만 산소밸브 조작 및 배관작업은 작업허가 대상에 포함되지 않았으며, 사고발생 전 작성된 작업계획은 안전팀의 검토과정 없이 결재되어 진행되었다. 해당 작업과 관련된 회사의 작업표준(Standard Operating Procedure)에는 단순히 밸브를 서서히 작동하도록 하고 있었다.

3.2.2 E&CF 차트 작성

본 연구는 사실분석 결과에 따라 사건의 발생 순서를 초기 E&CF 차트로 작성하였다. 그리고 난 후, 방호벽 및 변화분석을 통해 도출된 정보를 활용하여 초기 E&CF 차트를 업데이트하였다. 본 연구는 3.1절에 건설업에 대한 E&CF 차트 절차를 상세히 제시하고 있어 제조업에 대한

절차는 생략하고 결과만을 Figure 6에 제시하였다.



[Figure 6] Events & Causal Factors Chart (Manufacturing Accident)

3.2.3 근본원인 분석

본 연구는 건설업 사례(3.1절)와 동일하게 수정된 E&CF 차트를 활용하여 사고원인을 파악한 후 직접원인, 기여원인, 그리고 근본원인으로 구분하였다(Figure 6 참조). 사고의 직접원인은 노후화된 산소배관 내 금속입자, 이물질들이 존재하는 상태에서 밸브를 개방하자 난류가 발생하였고, 그로 인한 입자-배관 사이의 충돌에너지에 의해 점화된 것으로 추정되었다. 기여원인은 주기적으로 진행된 안전진단에서 안전조치 실시 유무의 확인에만 치중하여 위험성평가 및 작업표준의 적정성 검토가 이뤄지지 않은 점, 정기 위험성평가에서 산소밸브 개폐 위험요인 도출에 실패하고 수시평가를 미실시한 점으로 파악되었다.

불안전한 상태·행동 제어를 위한 사업장 관리시스템과 관련이 깊은 근본원인은 위험성평가를 중심으로 하는 사업장 안전보건관리체계의 작동성과 효과성 문제로 나타났다. 산소배관 관련 국제표준인 ASTM(American Society for Testing and Materials), AIGA(Asia Industrial Gases Association)에서 기술하고 있는 산소밸브 관련 조치사항(동압밸브를 활용하여 산소밸브 전·후 동합상태 확인 후 밸브를 서서히 개방)이 있음에도 불구하고, 사업장의 작업표준에는 단순히 산소밸브를 서서히 개폐해야 한다고 기술하고 있었다. 그리고 안전진단 및 위험성평가 시 산소밸브 개폐에 따른 위험성 도출에 실패하였고, 해당 작업표준에 대한 적정성 검토가 이뤄지지 않았다. 또한, 오랜 기간 생산직으로 근무한 후 안전관리자격을 취득하여 선임된 안전관리자는 해당 문제를 다루는 데 필요한 안전 역량을 갖추지 못하고 있었던 것으로 파악되었다. 따라서 유사사고 재발 방지를 위해서는 해당 분야의 전문가로부터 도움을 받아 위험성평가를 실시하고, 관련 작업표준의 적정성 검토 및 개정이 필요하다.

4. 토의 및 결론

중대재해처벌법으로 인해 안전보건관리체계의 구축 및 이행 조치가 대단히 중요해지고 있다. 본 연구는 역학 모형에 기반한 미국에너지부(DOE)의 사고분석기법을 활용하여 사업장의 관리시스템상 결함을 도출하고, 이를 안전보건경영시스템 개선으로 환류(feedback)시킴으로써 사업장 안전보건관리체계를 확보하는 방안을 제시하였다. 또한, 본 연구는 DOE 기법의 적용 절차 및 효과성 시연을 위해 건설업과 제조업 사업장에서 발생한 2건의 중대재해를 DOE 기법을 적용하여 분석하고 해당 사업장의 관리시스템상 근본원인을 도출하였다. DOE 기법을 통해 파악된 관리시스템상의 근본원인을 안전보건관리시스템 개선을 통해 제거하면 동종의 유사재해를 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 DOE 기법을 중대재해에 적용하는 사례를 제시하였으나, DOE 기법은 경미한 사고 및 아차 사고의 분석에도 적용하는 것이 추천된다. 하인리히의 재해발생 피라미드에 따르면(1:29:300 이론), 1건의 중대사고가 발생하기 전에 29건의 경미한 사고와 300건의 아차 사고가 발생했다고 볼 수 있다. 따라서 사업장에서 발생한 경미한 사고 또는 아차 사고에 대한 사고분석은 중대재해로 이어질 수 있는 안전보건경영시스템상의 결함을 조기에 발견하여 제거토록 할 수 있어 효과적인 중대재해 예방 접근법이 될 수 있다.

국내에서 적용되고 있는 위험성평가는 유해위험요인을 도출하고 개선대책을 수립하는 핵심 도구이나 위험성평가를 수행하는 개인과 사업장마다 적용상의 차이가 발생하는 등 효과적 정착에 어려움을 겪고 있다. 특히, 위험성평가 절차 중에서 유해위험요인을 도출하는 것과 도출된 유해위험요인에 대한 개선대책을 수립하는 데 어려움이 큰 것으로 알려지고 있다[11]. 그러나 사고 예방을 위한 사전 조치인 위험성평가에 사후 조치인 사고분석을 연계함으로써 위험성평가의 한계점(예: 유해위험요인 도출 및 개선대책 수립)을 일부 보완할 수 있다. 예를 들면, 아차사고에 DOE 분석기법을 적용하여 유해위험요인과 이를 제어하지 못한 관리시스템상의 결함을 도출하여 위험성평가에 환류시키면 허용기준을 초과하는 유해위험요인 도출 및 대책 마련에 기여할 수 있을 것이다.

그간 국내 발생 산업재해에 대한 조사자의 관점은 물적·인적증거 등 사고를 일으킨 직접적인 원인과 법위반 여부(사고 조사)에만 집중되었다. 그로 인해, 사고의 기저원인인 시스템상의 결함과 이를 도출할 수 있는 사고분석에 대한 중요성이 상대적으로 낮았다. 국내에서는 공공기관 일부에서 사고분석을 이제 시작하는 단계이며, 위험성

평가를 중심으로 한 안전보건관리체계에 사고분석을 적용하기까지는 상당 기간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 사고분석 기법을 보다 적극적으로 보급하기 위해서는 사고분석 교육프로그램 개발, 사고분석의 적용을 촉진하기 위한 정부 차원의 정책 도출, 그리고 국내 현실에 적합한 사고분석모형 개발 등과 같은 후속 연구가 필요하다.

5. References

[1] W. C. Yoon, D. H. Ham, D. H. Back(2019), A study on OSH policies in preparation for occupational safety & health paradigm shifts. Occupational Safety & Health Research Institute.
[2] Ministry of Employment & Labor(2021), The explanation for severe industry accident of the severe disaster punishment act. Dong-myung Planning.
[3] D. H. Hwang(2022), "Constitutional consideration on the severe disaster punishment act." Institute of Law Studies of Pusan Univ., 63(2):1-29.
[4] K. S. Kim(2022), "A review of the constituent requirement on the severe disaster punishment act." Institute of Law Studies, 30(2):30-46.
[5] Ministry of Employment & Labor(2020), Guidelines for workplace risk assessment.
[6] J. B. Kwon, Y. K. Kwon(2021), "Development of RCA incident investigation method as easily adopted industry field." Journal of the Korean Society of Safety, 36(5):43-51.
[7] G. W. Bae, K. H. Kim(2021), "The application of systemic analysis on complex and multi-layered shipbuilding yard in Korea." Journal of the Korean Society of Safety, 36(4):88-98.
[8] J. Reason(1998), Managing the risks of organizational accidents. Ashgate Book.
[9] E. Hollnagel(2014), Safety I vs. Safety II. Dorset Press.
[10] U.S. Department of Energy(2012), Accident and operational safety analysis Vol.1: Accident analysis techniques.
[11] Y. H. Seo, I. S. Woo, C. Jang, M. H. Hwang(2015), "Research on effectiveness of risk assessment of construction industry by self administered questionnaires." Risk Management Study, 26(3):1-27.

저자 소개

김 경 환
현재 울산대학교 대학원 산업경영공학부 박사과정 중.
관심분야 : 건설안전, 사고분석, 안전보건경영시스템

정 기 효
포항공과대학교 산업경영공학과 박사 취득.
현재 울산대학교 산업경영공학부 교수 재직 중.
관심분야 : 인간공학, 산업안전보건, 데이터 분석