

중소규모 건설현장 화학물질로 인한 화재·폭발 재해예방 사례연구

신운철* · 권준혁* · 이용수**

*한국산업안전보건공단 연구원

**경희대학교 건설안전경영학과

Case Study on Prevention of Fire/Explosion Accidents caused by Chemical Substances in Small/Medium Sized Construction Sites

Woonchul Shin* · Jun Hyuk Kwon* · Yong Soo, Lee*

*Occupational Safety and Health Research Institute

**Dept. of Construction Safety Management, Kyung Hee University

Abstract

There has been an increase in fire/explosion accidents caused by chemical substances used in new small/medium sized construction, reconstruction, or extension sites. There is vast room for improvement, especially in safety training, safety inspection, and selection of countermeasures because training, technicality, and management systems regarding fire-explosion risks in small/medium sized construction sites are very immature in most cases. The purpose of this study is to propose a differentiated technical, educational, and management application plan for preventative management of fire-explosion accidents caused by chemical substances used in small/medium sized construction sites.

Key words : Small/medium Sized Construction Sites, Chemical Substances, Fire/explosion Accidents Prevention, Risk evaluation

1. 서론

중소규모 건설현장의 신축, 개축, 증축 공사 등에서 발생하는 건설재해 중 2008년 1월7일 발생한 이천 냉동 창고 화재는 40명의 근로자가 사망하고 10명이 부상한 사고로, 가연성, 인화성 물질의 증기가 건물내부에 채류되어 화재·폭발 기인물의 가능성으로 조사된 것처럼, 최근 들어 화학물질로 인한 화재·폭발재해 발생

빈도가 높아지고 있다. 특히 공사규모 120억 원 미만의 중소규모 건설현장의 화재·폭발의 위험성에 대하여 교육, 기술, 관리적 부분이 취약하여 안전교육과 안전점검 및 조치방법의 개선이 필요하며, 중소규모 건설현장의 화학물질로 인한 화재·폭발 재해 예방관리를 위한 방안이 필요하다1).

† Corresponding Author: Woonchul Shin, Dept. of Occupational Safety Research, Occupational Safety and Health Research Institute, 400, Jongga-ro Jung-gu, Ulsan, 403-711, Republic of Korea
Tel : 82.52.7030.850, E-mail : s88119@kosha.net

Received July 20, 2014; Revision Received September 17, 2014; Accepted September 20, 2014.

연구의 방법은 중소기업 건설현장 화재·폭발 재해 과거 10년간 원시자료를 분석 및 화재·폭발 기인 화학물질 위험성 평가, 중소기업 건설현장 재해예방 지도·점검 중 화재·폭발재해 예방자료를 분석하여 화학물질의 화재·폭발 위험성 우선순위(RPN)를 선정하여 중소기업 건설현장의 화재·폭발 재해예방 지도·감독 대안 및 안전교육 방안을 도출하고자 한다.

연구대상으로 점검한 현장은 공사비 3억~10억 사이의 경기도 남양주 소재 근린생활시설 신축, 수원시 메탄동 청사 증축, 안산 초자동 아파트, 충남 예산 빌라 현장 등 5개소이다.

2. 중소기업 건설현장의 화재·폭발사고 실태 및 원인분석

2.1. 중소기업 건설현장 화재·폭발 위험성 우선순위(RPN) 분석

위험성 RPN (Risk Priority Number)는 가능성(발생빈도, 지적빈도)와 중대성(발생강도)에 관리도(검출도)를 곱하여 산출할 수도 있다. 위험성의 결정은 각 회사별로 사업장에서 허용할 수 있는 실정에 따라 허용가능 여부를 판단하여 적용할 수 있다. 위험성 우선순위의 관리기준으로 <Table1>과 같이 일례를 나타내며, $343 \leq RPN \leq 1000$ 일 경우 허용 불가, $64 \leq RPN \leq 343$ 일 경우 조건부 허용 등으로 프로세스 특성에 따라 사업장별 차이가 발생할 수 있으며, 이것을 기준으로 부분작업을 중지 할 수 있는 기준을 마련할 수 있다.

<Table1> Risk Priority Number (RPN)

위험성	RPN	조치 방법
★★★ 중대한 위험	$343 \leq RPN \leq 1000$	허용 불가
★★ 상당한 위험	$64 \leq RPN \leq 343$	조건부 허용
★ 경미한 위험	$RPN \leq 64$	허용 가능

2.1.1. 중소기업 건설현장 화재·폭발 재해 10년간 자료 분석

<Table2>는 10년간 화학물질로 인한 건설현장 규모별 화재·폭발 재해자수로서 전체건설재해자수의 0.77~1.14%의 발생률을 나타냈으나, 2007년 이후 국내건설경기가 위축되어 건설현장의 수가 감소한 반면에 화재·폭발재해는 증가 하였다. 화재·폭발 재해는 떨어짐 등 다른 위험요인에 비하여 발생건수는 적지만 건설현장에서 화재·폭발사고 발생 시 <Table2>와 같이 2007년 및 2008년 2개 현장에서 각각 40명 이상의 사상자가 발생하였다2). 2008년 1월7일 발생한 이천 냉동 창고 화재는3) 40명의 근로자가 사망하고 10명이 부상한 사고로, 가연성, 인화성 물질의 증기가 건물내부에 체류되어 화재, 폭발 기인물의 가능성으로 조사된 것처럼, 최근 들어 화학물질로 인한 화재, 폭발재해 발생가능성이 높아지고 있으며, 특히 공사규모 120억 원 미만의 중소기업 건설현장의 화재, 폭발의 위험성이 크게 나타났다. 냉동 창고 관련 화재가 발생되고 다수의 인명피해로 이어지는 것은 지하작업장(산업안전보건 기준에 관한 규칙 제296조)에서 충분한 안전조치 없이 공사를 하고 있기 때문이다. 냉동 창고는 단열효과를 위해 밀폐된공간에 사용하는 우레탄폼은 유증기를 발생, 작은 불씨에도 폭발할 위험성을 갖고 있어 세심한 안전관리가 요구되거나 안전관리 미흡으로 대형 참사로 이어진 사례로 사용승인을 받은 후 지하층 내부 냉장·냉동설비 공사를 진행 중인 현장이었다4). 또한 1998년 10월 사망 27명과 부상 16명 등 모두 43명의 사상자를 낸 부산 안남동 신축 냉동 창고 화재는 과부하를 견디지 못한 전선이 합선돼 발생한 불씨에서 비롯됐다. 불씨로 인해 창고 내부를 가득 차있던 유증기가 폭발하면서 유독가스가 발생, 순식간에 8층 건물 전체에 퍼졌다. 여기에 화재에 대비한 소화기 등 최소한의 소방장비도 갖추지 않았고 비상대피계단을 유도하는 비상등과 유도등도 설치하지 않아 건설근로자들은 넓은 창고에서 우왕좌왕하다 재해를 당했다. 1994년 4월에는 전남 나주군 냉동 창고 신축건설현장에서 화재가 발생하여 근로자 6명이 연기에 질식사 숨지고 5명은 중화상을 입었다. 이 사고는 건물 양쪽의 비상계단을 제외하고는 창문 하나 없이 밀폐된 상태인데도 인화성 물질 바로 옆에서 용접작업을 하는 등 안전수칙을 지키지 않은 사례이었다.

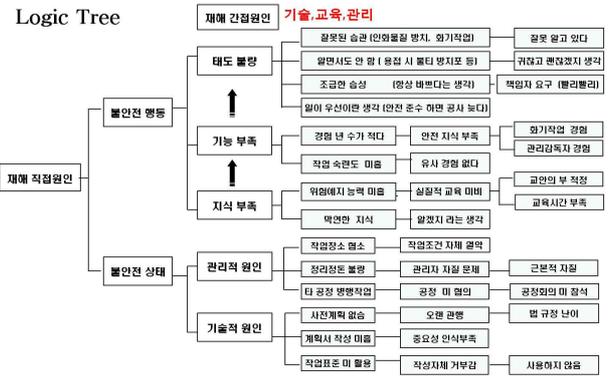
<Table 2> Number of fire/explosion accidents in construction caused by chemical substances for 10 years
 (단위 : 명)

규모 (억 원)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.1 이하	7	15	15	25	27	18	19	20	13	14
0.1~0.4	22	23	20	22	21	19	21	35	20	15
0.4~1	21	25	15	18	10	18	24	16	8	11
1~3	30	40	20	27	73 사망 40	26	21	32	29	44
3~10	43	56	20	30	45	43	39	31	24	44
10~20	19	17	13	14	15	23	13	14	7	6
20~120	23	26	20	25	27	73 사망 40	23	21	25	40
120	2	2	15	22	4	17	8	9	11	10
계	167	204	138	184	222	238	168	178	137	184

<Table3>은 10년간 화학물질로 인한 중소규모 건설 현장 화재·폭발 재해자 수 1,829명을 대상으로 재해 유형별로 분석을 한 결과이다2). 용접·용단 작업 시 주변 인화물질에 의한 화재·폭발재해가 514명으로 28%를 차지하였고, 가동 중인 난로나 불법 쓰레기 소각 시에 휘발유, 신너, 스프레이 라카 등으로 인한 화재·폭발재해가 498명으로 27%를 차지하고, 또한 전기 및 계량기 등의 작업 시 발생한 화재·폭발 재해자 수도 427명으로 23%에 달했다. 10년간 화학물질로 인한 공사비 120억 원 미만 중소규모 건설현장 유형별 화재·폭발 재해통계로서 상기 3대 재해가 전체의 78%를 차지하고 있었다. 용접 용단은 유류에 의한 인화물질이 많았고 난로소각은 휘발유나 신너에 의한 물질이 많았다.

<Table 3> Number of fire/explosion accidents in small/medium sized construction caused by chemical substances for 10 years

유형	03년	04년	05년	06년	07년	08년	09년	10년	11년	12년	계	%
용접·용단+유류·인화물질	45	40	36	49	90	82	36	41	42	53	514	28
난로, 소각+휘발유, 신너	52	65	30	45	32	44	48	64	46	82	498	27
가스 등 질식	6	19	21	12	10	13	19	20	11	15	146	8
LPG 등 폭발	25	45	15	26	36	23	25	20	18	11	244	13
전기, 계량기 등	39	32	39	52	54	83	40	33	20	33	427	23
계	167	204	138	217	222	238	166	178	137	194	1,829	100



[Figure1] Logic tree analysis on causes of fire/explosion accidents in small/medium sized construction sites

2.1.2. 중소규모 건설현장 화학물질에 의한 화재·폭발 위험성 우선순위(RPN)

[Figure1]은 재해원인을 직간접으로 나눌 때 직접적인 것은 불안전행동과 상태로 구분하고, 간접적인 것은 그 이외의 기술이나 관리 교육을 나눌 수 있다. [Figure1]에서의 Logic Tree를 통해 재해의 원인을 분석하면 불안전한 행동과 불안전한 상태의 직접적인 원인보다 화재·폭발에 대한 기초 안전지식과 기술적, 관리적인 간접적인 원인들이 특히 중소규모 건설현장들을 점검한 결과 대부분이 비슷한 실정으로 위험성이 높게 나타나고 있다. 잠재 원인변수 X's의 발굴 및 FMEA실시 결과 <Table4>에서 중소규모 건설현장의 화재·폭발재해 발생 원인을 Logic Tree 분석을 통하여 구한 16가지 잠재원인 변수(X')를 핵심원인 인자를 우선 순위화 하기 위해 국내 해당 전문가 5명의 팀원의 Team-Voting을 실시하였다. 핵심적인 잠재 원인변수(X')는 3가지로 축약이 되었다. <Table4>에서와 같이 첫 번째가 안전교육시간 부족이었으며, 두 번째가 불안전한 상태의 현장조건과 법적조치 미흡이었으며 세 번째가 위험인식부족 및 안전지식 미흡으로 나타났다.

<Table4> Root causes(X') of fire/explosion accidents in small/medium sized construction sites

Multi(Team)-Voting	잠재 원인변수 X's의 발굴					해심인자 우선 순위화
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
잠재 원인 변수(X's)	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	순위
잘 모르고 있다 (안전지식 미흡)	8	10	8	8	8	42
귀찮고 편찮게지 생각 (태도 불량)	5	8	5	8	8	34
책임자 요구 (불리불리)	5	9	7	7	8	37
일이 먼저 (안전 지키면 공사 늦다)	8	8	8	8	8	40
화기작업 경험 부족	5	5	5	5	5	25
관리감독자 경험 부족	5	5	5	8	5	28
유사 경험 없다	3	8	5	5	5	21
교양의 부족	5	5	5	5	3	23
교육시간 부족	10	10	8	10	8	46
알겠지 라는 생각	5	5	5	5	3	23
작업조건 자체 열악 (불안전 상태)	10	10	8	8	8	44
근본적 지질	5	8	8	5	5	31
공정회의 미 참석	3	3	5	5	5	21
법 통제 미흡 (지도점검 등)	10	10	8	8	8	44
위험 인식부족 (안전지식 미흡)	8	10	8	8	8	42
작업표준 사용하지 않음	5	8	5	8	8	34

1=매우 약함, 3=약함, 5=보통, 8=강함, 10=절대적

<Table5> Identifying root causes, X's and implementing FMEA

NO	공정기능 (요구사항)	잠재원인(영향)	잠재영향결과 (Y's)	산	잠재영향결과 (X's)	발생	현재관리상태	검출	RPN	순위
1	전기분전반	누전합선	화재폭발감전	8	접지 및 ELB	8	위험방지	10	640	1
2	가설전기	누전합선	화재폭발감전	8	비규격전선	5	위험방지	8	512	2
3	전기공도구	누전합선	화재폭발감전	8	비규격공도구	8	위험방지	8	448	3
4	인화성물질	불티비산	화재폭발	8	현장내방치	10	위험방지	5	400	4
5	소화기	진압실패	화재폭발	7	불량소화기	10	위험방지	5	350	5

잠재 원인변수 X's의 FMEA실시로 위험성 우선순위 (RPN)산정에서 도출된 중소규모 건설현장 화재·폭발 재해의 핵심적인 잠재원인변수(X') 3가지 중 두 번째인 불안정한 상태의 현장조건에 대하여 요구되는 공정기능으로는 전기분전반, 가설전기 및 전기공도구, 그리고 인화성물질 관리 상태와 소방장비 중 소화기 배치 및 관리 상태였으며, 이를 <Table5>에 나타내었다. <Table5>에 잠재 실패 유형을 분석하고, 잠재 원인변수(X's)와 잠재영향 결과(Y's)를 도출하여 FMEA를 실시하여 위험성 우선순위(RPN)를 추정하였다. 현장 실태 조사 대상 사업장의 RPN (치명도(심각도) x 발생빈도(가능성) x 검출도(능력,관리))은 1~1,000점이다. 중소규모 건설현장 화학물질로 인한 화재, 폭발 위험에 대한 점검 후 위험도를 산정한 결과 현 수준은 343≤RPN≤1000으로 아주 위험한 상태로 작업중지를 해야 할 정도의 수준으로 판단이 된다. 잠재 원인변수 X's의 발굴 및 FMEA실시 결과 중소규모 건설현장의 전기 및 인화성물질의 관리 상태는 누전, 합선, 불티 비산, 화재 진압 실패 등으로 화재, 폭발의 잠재 영향을 도래하며, 잠재 원인은 접지 미설치, 누전차단기 미설치, 비규격 전선 및 공도구 사용과 인화성 물질의 현장 내부 방치, 불량소화기 방치 등이다. 현재 관리 상태는 위험을 방지 하고 있는 수준으로 판단이 되었으며 위험성 평가 기준을 제시하려고 한다. 화재·폭발 예방 지도· 점검 결과 위험성 우선순위 RPN이 343≤RPN≤1000 허용 불가 수준일 경우 부분 작업 중지 등의 제도적인 장치가 필요하다.

2.2 예방 점검·지도 분석

중소규모 건설현장의 재해예방 기술지도 점검방법은 관리적인 사항으로 안전보건관리체계 및 안전관리비, 안전교육등이며 기술지도 항목은 단순히 추락, 낙하,

비래, 화재 등의 재해유형에 대한 일반적인 내용으로 점검자의 주관에 따라 예방활동이 되며, 또한 안전보건 지침이 활동 점검표는 일반적인 점검자의 주관에 따라 점검을 하는 상태로, 특히 화재·폭발사항은 일반적이거나 아예 점검양식에 누락되어 있고 가장 중요한 공정 요구 사항인 분전반, 가설전기, 전기공도구 및 인화성물질 및 소화기 관리상태 등에 대한 구체적인 사항이 누락되어 있고 지적이 된다. 하지만 반복적으로 시정조치가 제대로 되지 않는 실태로 구체적인 점검 체크리스트와 위험도 추정 및 조치 방안이 필요하다5).

2.3 안전교육 실태 분석

중소규모 건설현장의 안전교육은 [Figure1]의 중소규모 건설현장 화재·폭발 재해 발생원인 Logic Tree 분석에서 처럼 아주 미흡하여 사내 안전교육의 성과를 기대하기 어려운 실정이었으며, 건설현장 신규투입근로자들을 위한 기초안전교육인 <Table6>의 기초안전보건교육 강의시간 및 교육내용을 나타내었다. <Table7>은 D기관 기초안전보건교육에서 교육내용과 교육기관에서 진행되고 있는 교육내용을 확인한 결과이다. 이 기관에서는 근로자에게 주지 시켜야 할 화학물질에 의한 화재·폭발 재해예방을 위한 기초안전 교육구성내용이 미흡한 실태이다.

<Table6> Time and contents for basic safety and health education

구분	교육내용	시간
공통	산업안전보건법 주요 내용 (건설일용근로자 관련부분)	1 시간
	안전의식 제고에 관한 사항	
교육 대상별	작업별 위험요인과 안전작업 방법 (재해사례 및 예방대책)	2 시간
	건설 직종별 건강장해 위험요인과 건강관리	1 시간

또한, <Table4>에서 Team-Voting 실시 결과 핵심 잠재 원인변수(X')에서 나타났던 내용에 대해서도 안전교육시간 부족과 안전지식 부족이었으며, 불안정한 상태와 불안정한 행동의 요구되는 공정기능인 전기시설 및 인화물질, 소화기 배치 및 관리 등이 미흡했다.

<Table7> Teaching plan of a basic safety and health education institution

구분	교육내용		시간
공통	산업 안전 보건법	- 산업재해현황 - 산업안전보건법 - 산업재해보상보험법	1 시간
	안전 의식	- 교육기관 자체교안	
교육 대상 별	건강 위험 대책	- 업무상 질병 예방 - 밀폐공간 재해예방 - 석면 건강장해예방	1 시간
	건축 공사	- 굴착 및 흙막이 - 가설 공사 - 철근콘크리트 및 철골 공사 - 조적, 미장, 방수 및 견출, 도장 공사 - 지붕 및 외벽 공사	1 시간
	토목 공사	- 토공사, 상하수도 - 교량 및 터널 공사 - 기타 토목공사	
	기타 공사	- 전기, 정보통신 공사 - 플랜트 공사	
	중대 재해 대책	- 장비, 추락, 감전, 붕괴, 질식, 기타	1 시간

내부 방치, 불량 소화기 방치 등이다. 현재 관리 상태는 위험을 방치 하고 있는 수준으로 판단이 되었다.

3.1.2 FMEA 실시 위험성 결정 및 활용방안

FMEA는 제품 및 프로세스의 가능한 문제점 및 원인들을 사전에 예측하고 위험도를 평가하여 사전예방이 가능하도록 한 기법으로 궁극적으로 문제발생 시 대처방안이 아니라 문제발생을 미연에 발생하기 위해 실시하는 것이다. 위험성 우선순위(RPN : Risk Priority Number)의 관리 수준에서 중소규모 건설현장 화학물질로 인한 화재, 폭발 위험에 대한 결과 수준은 $343 \leq RPN \leq 1000$ 으로 아주 위험한 상태로 작업 중지를 해야 할 수준이다. 일반적으로 보통인 경우 $RPN = 5$ (중대성 보통) \times 5(가능성 보통) \times 5(검출도 보통) = 125를 초과하면 허용하지 못하는 수준으로 안전관리 대상이 되어 집중적으로 개선대책을 세워 실시하여야 하나, 위험성 우선순위(RPN)가 허용한계를 넘는 심각한 경우인 $RPN = 7$ (중대성 높음) \times 7(가능성 많음) \times 7(검출도 적음) = 343을 초과하면 절대 허용해서는 안 되는 수준으로 실수나 사고 발생 시 재해를 발생시킬 수밖에 없는 경우이므로 반드시 작업을 중지시킬 수 있는 법적조치를 하여야 한다.

3. 화재·폭발 재해예방 대책

3.1 위험성 우선순위(RPN) 활용 방안

3.1.1 잠재 원인변수 X's의 발굴 결과

실제 현장에서 활용하기 위한 잠재 원인변수 X's의 FMEA 실시를 하여 위험성 우선순위(RPN)를 하기 위해 도출된 중소규모 건설현장 화재·폭발재해의 핵심적인 잠재 원인변수(X') 3가지 중 두 번째인 불안정한 상태의 현장조건에 대한 요구되는 공정기능인 전기분전반, 가설전기 및 전기공도구, 그리고 인화성물질 관리상태와 소방장비 중 소화기 배치 및 관리 상태를 잠재 실패 유형을 분석하고, 잠재 원인변수(X's)와 잠재영향 결과(Y's)를 도출하여 FMEA를 실시한 결과로 위험성 우선순위(RPN)를 나타낸 결과 중소규모, 특히 공사비 3억 원~ 10억 원의 대부분의 현장의 상태는 화재·폭발 위험에 대한 위험도는 $343 \leq RPN \leq 1000$ 으로 아주 위험한 상태로 나타나 작업을 중지시켜야 할 정도의 수준으로 판단이 되었다. 중소규모 건설현장의 전기 및 인화성 물질의 관리 상태는 누전, 합선, 불티 비산 화재 진압 실패 등으로 화재, 폭발의 잠재 영향 결과를 도래하며, 잠재 원인은 접지 미실시, 누전차단기 미설치, 비 규격전선 및 공도구 사용과 인화성 물질의 현장

3.2. 재해예방 지도·감독 방안

3.2.1 화재·폭발재해 핵심 원인

중소규모 건설현장 화재·폭발재해의 핵심 원인은 <Table2>와 <Table3>의 과거 10년간 중소규모 건설현장의 화학물질로 인한 화재·폭발 재해 분석결과가 있었다. 또한, 전기 및 인화물질 등의 관리 상태 분석과 [Figure1]에서 Logic Tree 분석을 통한 핵심원인인자에 대하여 우선 순위화 한 결과이다. 이 결과들은 화재·폭발 재해예방을 위한 대책으로 안전교육, 안전점검·지도 및 법적조치 개선으로 요약이 되었다.

3.2.2 재해예방 지도·감독 대책방안

기술지도 점검 시 사용하는 재해예방 기술지도와 건설현장 안전보건지킴이 활동 점검표는 일반적인 점검자의 주관에 따라 점검을 하는 상태로, 특히 화재·폭발 사항은 일반적이거나 아예 점검양식에 누락되어 있고 가장 중요한 공정요구 사항인 분전반, 가설전기, 전기공도구 및 인화성물질 및 소화기 관리상태 등에 대한 구체적인 사항이 누락이 되고 지적이 된다 하더라도 반복적으로 시정조치가 제대로 되지 않았다6). 그러므로 구체적인 화재·폭발 재해 예방 위험성 평가를 실시

할 수 있는 <Table8>의 화재·폭발 재해 예방 위험성 평가 체크리스트를 추가 첨부하여 점검·지도 하면 안전 교육 및 기술적인 수준점검, 불안정한 행동과 안전한 상태 제거와 비상시 대책 수립 등 활용할 수 있다. <Table8>의 위험성평가 체크리스트는 이 표는 현장에서 오랜 안전 관리를 실시한 경험과 현장에서 재해예방에 실질적인 내용을 토대로 작성하였다. <Table5>의 잠재 원인변수 X's의 발굴 및 FMEA실시한 결과 화재·폭발사고를 발생시키는 가장 중요한 항목들을 구체적인 점검내용들로 구성을 한 체크리스트이다. 이 체크리스트는 점검자의 주관보다는 개선대책에 중점을 두고 정확한 기준에 의한 점검을 하므로 점검의 신뢰성과 위험에 대한 구체적인 대책을 마련할 수 있다.

화재, 폭발 위험에 대한 RPN이 $343 \leq RPN \leq 1000$ 인 경우 위험한 상태로 작업 중지를 해야 할 수준으로 판단된다. 중소기업 건설현장의 법적인 안전점검을 실시하는 재해예방기술지도 점검자와 건설안전지킴이 등의 점검자가 상부기관으로 정확한 위험정도에 대한 보고를 함으로 작업중지 및 시정조치 등의 조치를 할 수 있는 근거를 마련할 수 있다.

3.3. 재해예방 안전보건교육 방안

현재 시행 중인 건설현장근로자 기초안전교육이 2014년부터 중소기업 건설 현장뿐만 아니라 전체 건설현장에 적용이 되고 건설현장에 신규로 들어오는 근로자가 매년 30만~35만 명의 수준으로 기초안전보건 교육 자료를 중소기업 건설현장 근로자에게 맞는 상세한 안전 교육 개선방안이 필요하다. <Table6>과 <Table7>에서 현재 진행되고 있는 건설근로자 기초안전교육 교안으로 화학물질에 의한 화재, 폭발 재해 예방을 위한 기초 안전보건 교육 자료가 미흡하여 이에 대한 대책방안으로 2014년부터 적용되는 전체 건설현장의 신규근로자에게는 기초적인 원리 중심의 안전교육으로 화재·폭발 관련 안전보건교육을 강화 시켜야 할 것이다.

기초안전보건교육 강의시간 및 교육내용 중 작업별 위험요인과 안전작업 방법 (재해사례 및 예방대책)도 중요하지만 특히, 소규모 건설현장에 종사하는 관리 감독자 및 근로자에게는 상대적으로 안전보건교육이

<Table8> Checklist for fire/explosion risk assessment

구분	점검 내용		위험 수준
빈도	지적 빈도 반복 횟수(1회 2, 2회 4, 3회 6, 4회 이상 10)		1 ~ 10
	주요 지적 내용 1. 소화기 불량 및 미 배치) 2. 소화기 관리 및 화재, 폭발 예방교육 이수(전 종사자) 3. 전기 분전반 ELB 및 미 접지 4. 가설 전기 불량 연결 사용 5. 화재 대처방법 및 이동경로 교육 6. 불법 소각 및 난로 사용 중 주유 7. 인화성 물질 현장 내부 방치 8. 용접, 용단 등 화기 작업 주변 인화물 방치 등		
심각도	심각도 (위험 없음 1, 경미 3, 경상 5, 중상 8, 중대재해 10)		1 ~ 10
	주요 지적 내용 1. 휘발유, 신너 등 NFPA 화재등급4 현장 내부 무단 방치 2. 용접, 용단 인화성 물질 방치 3. 분전반, 공도구 접지, ELB 없음 4. 밀폐구간 환기 미 실시 화학물질 분진작업 및 화기 작업 5. 사용 중인 난로 휘발유 등 급유		
관리도	관리도 (양호 1, 보통 3, 불량 5, 아주 불량 7, 작업중지10)		1 ~ 10
	주요 지적 내용 1. 관리감독자 소방시설 점검, 지정 2. 화재 예방 안전지식 실천 의지 3. 인화성물질,분전반, 공도구 관리 4. 화재, 폭발 안전교육 실시 여부		
위험도	RPN	조치 방법	비고
중대 위험	$343 \leq RPN \leq 1000$	허용 불가	지적빈도: 동일위험 지적건수 심각도: 사고발생시 결과의 심각성 검출도: 위험작업의 검출도
상당한 위험	$64 \leq RPN \leq 343$	조건부 허용	
경미한 위험	$RPN \leq 64$	허용 가능	

미흡한바 실질적인 원리 중심의 교육과 화학물질에 의한 화재, 폭발 및 건강 관련 내용을 보건교육 및 안전교육시간을 활용하여 적어도 1시간 이상의 시간을 할애해야 할 것으로 제안 한다. <Table9>의 건설근로자 기초안전보건교육 중 화재·폭발 관련 교안 개선 내용은 보건 강의 시간 20분에 화학물질 GHS MSDS 관련교육 및 안전 강의시간 40분 배정하여 화재, 폭발 재해 예방 및 비상 시 피해 최소화 방안 등을 집중적으로 원리와 동영상 중심의 교육을 시켜야 한다.

<Table9> Improvements in teaching plan of basic safety and health education regarding fire/explosion risks for construction workers

구분	개선 전	개선 후
시간	5분 이내	안전(40분 배정)+보건(20분 배정)=60분 배정
교육 내용	교육 기관별 교육 자료	1. 안전교육 - 화재 시 대처방법 관한사항 - 화재예방시설 확인사항 - 소화기 관리 및 작동 방법 - 화기작업 및 인화성물질 취급 위험 사항 등 2. 보건교육 - 화학물질 GHS MSDS 3. 원리,사례 중심 동영상 강의

4. 결론

FMEA는 제품 및 프로세스의 가능한 문제점 및 원인들을 사전에 예측하고 위험도를 평가하여 사전예방이 가능하도록 한다. 위험성 우선순위(RPN)의 평가기준에 의해 중소규모 건설현장의 화학물질로 인한 화재, 폭발 위험의 현 수준 평가한 결과는 $343 \leq RPN \leq 1000$ 으로 아주 위험한 상태로 허용해서는 안되는 작업중지를 해야 할 수준이다. 즉, 위험성 우선순위(RPN)가 허용한계를 넘은 수준으로 실수나 사고 발생 시 재해를 발생시킬 수밖에 없는 경우이므로 반드시 작업을 중지시킬 수 있는 법적조치 등이 필요하다. 위험성평가 체크리스트를 현장점검 시 활용할 수 있도록 하여 재해예방기술지도 및 건설현장 안전보건지킴이 활동 시 구체적인 화재·폭발 재해 예방 위험성 평가를 실시할 수 있다. 중소규모 건설현장의 법적인 안전점검을 실시하는 재해예방기술지도 점검자와 건설안전지킴이 등의 점검자가 상부기관으로 정확한 위험성에 대한 자료제시를

함으로 작업 중지 및 시정조치 등의 조치를 할 수 있다.

또한 건설현장에서 가장 자주 접하는 화재·폭발 기인물인 화학물질의 기초적인 지식이나 사용 및 관리의 안전지식의 미흡이 핵심 잠재원인으로 도출되었다. 산업안전보건법상의 안전교육 중에 중소규모 건설현장에 가장 빨리 다가갈 수 있는 현행 교육제도는 시행 중인 건설현장근로자 기초안전교육이다. 건설현장에 신규로 들어오는 근로자가 매년 30만~35만 명의 수준으로 기초안전보건 교육 개선방안으로 기초적인 원리 중심의 화재·폭발 관련 안전보건교육을 보건 및 안전교육시간을 활용하여 적어도 1시간 이상의 시간을 할애할 것을 제안 한다. 보건 강의 시간 20분에 화학물질 GHS MSDS 관련교육 및 안전 강의시간 40분 배정하여 화재, 폭발 재해 예방 및 비상 시 피해 최소화 방안을 집중적으로 기초적인 안전 원리와 동영상 중심의 실질적인 교육을 시킬 수 있는 제도적인 개선방안이 필요하다.

5. References

- [1] Yun Jin, Kang(2010), "A Study on Cause Analysis and Countermeasure for Fire Accident During Construction" Ph.D. thesis Myongji University.
- [2] Korea Occupational Safety & Health Agency (2013), "Accident Analysis data of fires and explosions for the past ten years "
- [3] Keun Won, Lee (2010), "The research survey report Icheon Warehouse fire", Korea Occupational Safety & Health research Institute.
- [4] Dong-Myeoung Ha, "A Study on Explosive Limits of Flammable Materials Explosive Limits of Flammable Binary Liquid Mixture by Liquid Phase Compositions, Journal of the KIIS, vol. 16, No. 4, p103~108, 2001
- [5] Sin Won, Baea,(2012) "A Study on the Safety Awareness and Survey of Small Construction Sites", Korea Occupational Safety & Health research Institute.
- [6] Yi Kyoo-Jin , "Accident Prevention and System Improvement Strategies for small and medium-sized construction sites", Journals of The Korea Institute of Building Construction, vol. 9, No. 3, p59-64, 2009

저자소개

신운철



현재 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실에서 실장으로 근무. 공단 근무 경력 26년. 단국대학교 대학원 기계공학과 박사(열유체전공) 취득
관심분야 : 열유체 전공 분야 및 산업안전 재해예방 연구 등.

주소 : 울산광역시 중구 함월6길41~9, 202호(강산파란들)

권준혁



현재 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실에서 근무. 공단 근무 경력 13년. 영남대학교 건축공학과 석사. 미시간대학교 토목공학과 석사
관심분야 : 건설안전 및 인간공학 분야 등

주소 : 울산광역시 중구 중가로 400, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

이용수



현재 경희대 테크노경영대학원 건설안전경영학과 겸임교수로 재직하고 있음
명지대 대학원 산업공학과 공학박사
관심은 건설안전공학, 건설장비 및 건설기계 안전 분야 등

주소 : 인천시 연수구 원인재로 88번지