

KOSHA GUIDE

C - 70 - 2012

냉동·냉장 물류창고 단열공사 화재예방
안전보건작업 지침

2012. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국안전학회 최명기
- 제·개정 경과
 - 2012년 10월 건설안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - KOSHA GUIDE F-3-2011 경질폴리우레탄폼 취급시 화재예방에 관한 기술지침
 - KOSHA GUIDE F-1-2011 용접 용단 작업시 화재예방 기술지침
 - 한국산업규격 KS F 2271:2006(건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법)
 - 건설교통부 고시 제 2006-476호(건축물 내부 마감재료의 난연성능 기준)
 - BS : HS(G)150 health and safety in construction(safety working with flammable substance, construction health and safety checklist)
 - 미국
 - 1) 29 CFR 1926 safety and health regulation for construction(general safety health provision, fire protection and prevention)
 - 2) Alliance for the polyurethane industry
 - 3) Fire safety guidelines for use of rigid polyurethane and polyisocyanurate foam insulation in building construction, Alliance for the polyurethanes industry, USA
 - 4) Spray polyurethane foam systems for cold storage facilities operating between -40℃ and + 10℃, Spray polyurethane foam alliance, USA
 - 5) Polyurethane products in fires : Acute toxicity of smoke and fire gases
 - 일본 소방법 시행규칙 제1조의2(공사 중인 소방대상물에 있어서 방화관리)
- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방)
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제236조(화재의 위험이 있는 작업의 장소 등)
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제239조(위험물 등이 있는 장소의 화기 등의 사용금지)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 11월 29일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

냉동·냉장 물류창고 단열공사 화재예방 안전보건작업 지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제23조(안전상의 조치), 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방), 제236조(화재의 위험이 있는 작업의 장소 등) 및 제239조(위험물 등이 있는 장소의 화기 등의 사용금지) 등의 규정에 의하여 냉동·냉장 물류창고 단열공사 중 발생할 수 있는 화재예방 등에 필요한 안전보건작업 지침을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 조립식 철골 판넬 구조형식, 철근콘크리트 슬래브 구조형식, 우레탄 판넬 구조형식의 냉동·냉장 물류창고 등에서 단열공사 작업을 위해 일반적으로 행해지는 모든 작업에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) “냉동·냉장 물류창고”이라 함은 야채, 과일 등 신선도를 요하는 식료품이나 냉동 어패류, 육류 등을 보관하기 위해 냉각설비를 갖춘 단열된 건축물을 말한다.

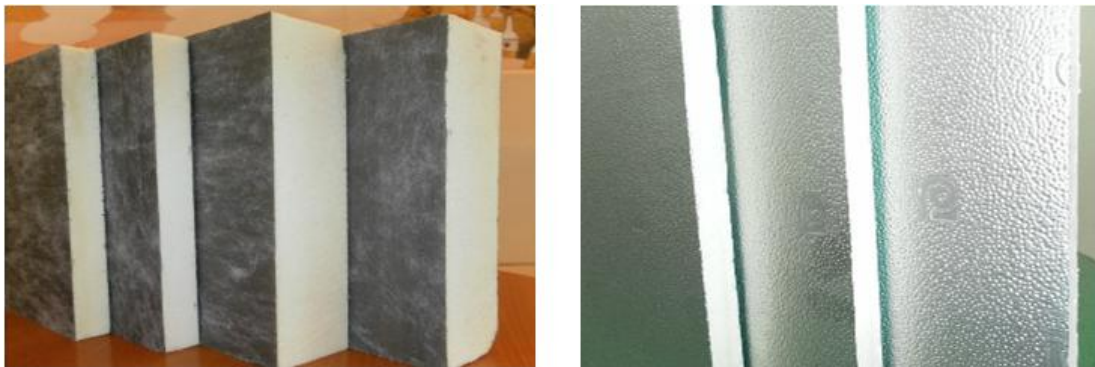


<그림 1> 냉동·냉장 물류창고



<그림 2> 우레탄폼 냉동·냉장 물류창고 내부

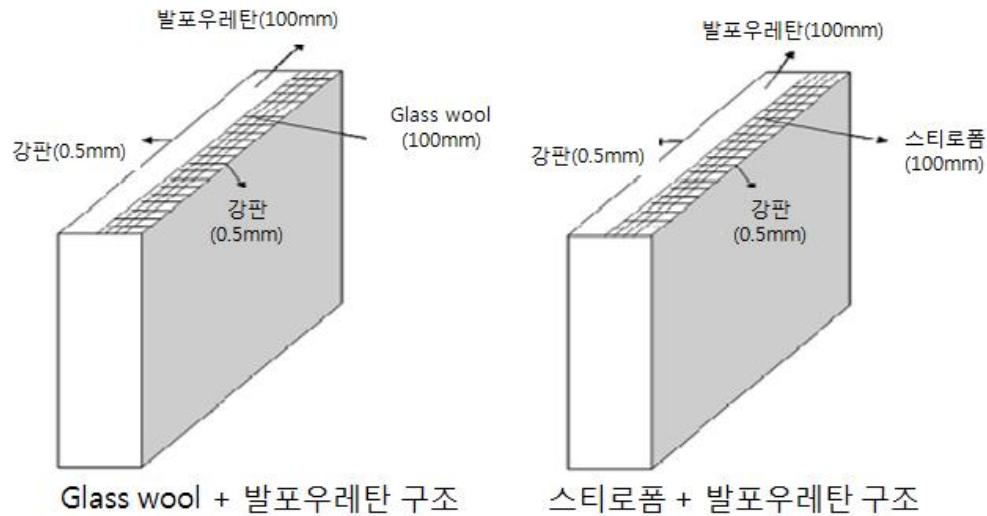
(나) “우레탄폼(Urethane foam)”이라 함은 액체 상태의 폴리올(Polyol)과 이소시아네이트(Isocyanate)라는 두 화학물질을 섞은 후 발포제를 넣어서 만들어 단열재나 흡음재로 사용되는 화학물질을 말한다. 우레탄폼의 종류로는 단열재 등을 미리 성형하여 제조한 우레탄폼 단열판과 현장에서 직접 시공하는 스프레이 우레탄폼 등이 있다. 우레탄폼은 건축물에서 단열설계에 필수적으로 적용되나 일반적으로 열에 약하고 일단 불이 붙으면 폭열을 일으키면서 연소하는 특성을 가지고 있다.



<그림 3> 폴리우레탄 폼 단열재(우레탄 보드)

(다) “단열공사”이라 함은 폴리우레탄폼(Polyurethane foam, 우레탄폼), 유리섬유, 발포폴리스타이렌(Expanded polystyrene, 스티로폼), 단열 모르타르 등의 각종 단열재를 사용하여 건축물의 바닥, 벽, 천장 및 지붕 등의 열손실을 방지하는 목적으로 시공하는 공정을 말한다.

(라) “조립식 판넬(샌드위치 판넬)”이라 함은 단열재(우레탄폼, 스티로폼 등)를 가운데 놓고 얇은 합석판을 앞뒤로 덧댄 건축 자재를 말한다.



<그림 4> 샌드위치 판넬 구조(단면도)



<그림 5> 샌드위치 판넬

(마) “방화벽”이라 함은 건축물에 화재가 발생했을 때 화염이 확산되는 것을 방지하기 위하여 콘크리트 및 철판 등 내화재료로 건축물의 내부를 소구획으로 나누어 막는 벽을 말한다.

(바) “화기작업”이라 함은 용접(Welding), 용단(Cutting), 연마(Grinding), 땀(Soldering, Brazing), 드릴(Drill) 등 화염 또는 스파크를 발생시키는 작업 또는 가연성 물질의 점화원을 발생시킬 수 있는 모든 기기를 사용하는 작업을 말한다.

(2) 그 밖의 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙 및 고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 냉동·냉장 물류창고 구조형식의 종류와 특징

- (1) 냉동·냉장 물류창고 구조형식에는 조립식 철골 판넬 구조형식, 철근콘크리트 슬래브 구조형식, 우레탄 판넬 구조형식 등이 있다.
- (2) 조립식 철골 판넬 구조형식의 특징은 다음과 같다.
 - (가) 철골 구조에 샌드위치 판넬 시공 후 우레탄을 발포하고 철판으로 마무리하는 형식이다. 시공이 간단하며 공사 기간이 짧아 가장 많이 선호하는 형식이다.
 - (나) 일반적인 공사 방법은 기초공사 위에 철구조물을 세우고 샌드위치 판넬을 설치한 후, 내부에 우레탄 단열재를 발포 시공한다.
- (3) 철근콘크리트 슬래브 구조형식의 특징은 다음과 같다.
 - (가) 철근콘크리트 구조인 건축물 내벽에 단열 시공을 하고 냉동기를 설치하여 물품의 온도에 맞도록 각층별로 사용하는 형식이다.
 - (나) 철근콘크리트 슬래브 구조형식은 여러 층으로 시공하는 경우나 창고 위에 주택을 짓거나 다용도로 사용 시에 적용된다.
- (4) 우레탄 판넬 구조형식의 특징은 다음과 같다.
 - (가) 우레탄 판넬로 공간을 만들고 냉동기를 설치한 소형창고 형식이다. 일반적으로 소형 냉동창고, 저온저장고 등에 많이 사용된다.
 - (나) 식당, 정육점, 슈퍼용, 주방용 등으로 장소가 협소한 곳에서 설치하며 저장 기간이 짧거나 온도에 민감하지 않은 물품 등을 저장할 때 사용된다.

5. 냉동·냉장 물류창고 단열재의 화재특성

- (1) 냉동·냉장 물류창고의 외부벽체는 콘크리트와 같은 불연재 벽체로 이루어져야 한다. 그러나, 조립식 자재인 샌드위치 판넬로 칸막이 벽체를 형성하고 우레탄폼으로 샌드위치 판넬 벽체의 함석표면을 일정두께로 덧대는 방법을 일반적으로 적용한다. 덧대는 우레탄폼 단열재의 두께는 냉동실, 냉장실 내부표면인 경우에는 50~100mm, 천장의 경우에는 50~150mm 두께가 일반적이다.
- (2) 단열재로 사용하는 우레탄폼은 작업현장에서 반응 혼합물에 발포제를 혼합

하여 제조한다. 혼합과정의 특성상 열기와 휘발성 유기화합물의 사용으로 인하여 작업장에는 독성과 인화성이 강한 유증기가 발생(정체)한다. 가연성 제품인 단열재와 유증기에 착화 시 화염확산이 매우 빠르게 일어나 폭열성을 가지면서 연소하게 된다.

- (3) 우레탄폼은 가연성 제품으로서 연소가 시작되면 소화하기가 매우 어렵게 된다. 또한 함석판이 휘거나 녹아내리면 벽체가 쉽게 무너져 버리기 때문에 화염이 급속히 확산되는 상황을 초래하게 되고, 스티로폼이나 우레탄폼이 연소하면서 발생하는 유독가스로 인하여 인체에 치명적인 피해를 초래한다.
- (4) 우레탄폼 연소 시 발생하는 연기에는 염화수소(HCl), 황화수소(H₂S), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 이산화황(SO₂), 시안화수소(HCN) 등의 유독가스가 포함되어 있다. 이러한 유독가스를 흡입한 근로자들은 화재현상에서 중독 또는 질식으로 쓰러지게 되고 2차로 화상을 입어 결국 사망하게 된다.
- (5) 시안화수소는 질소성분을 가지고 있는 합성수지 등의 섬유가 불완전 연소 시 발생하는 맹독성 가스로 0.3%농도에서 즉시 사망한다. 일명 청산가스라고도 하며, 100g 우레탄이 연소될 때 치명적 독가스인 시안화수소는 420ppm이 발생한다. 이 농도는 5분 내에 질식해 의식을 잃거나 사망하는 수치이다.

6. 냉동·냉장 물류창고 단열공사의 화재 위험요인

- (1) 냉동·냉장 물류창고 단열공사의 주요 화재 발생요인은 용접 작업 등 화기 사용작업의 불꽃, 고온 작업, 담배꽂초 및 쓰레기 소각 등의 부주의, 전기적인 요인 등으로 화재가 발생한다.
- (2) 전기와 관련된 화재의 원인은 다음과 같다.
 - (가) 누전
 - (나) 합선(단락)
 - 전선피복 손상으로 인한 접촉 스파크
 - 전동기계기구, 조명, 송풍기 등의 합선
 - (다) 전기시설 콘센트 정격용량 초과
 - (라) 과열

- 접촉된 금속체 발열 뒤 인화물질에 연소
- 전동기계기구 전선, 콘센트 과열
- (마) 가설전등과 같은 가설전기 관리 소홀
- (바) 접촉 불량
- (사) 기타 관리소홀로 인한 불꽃 또는 열 발생



<그림 6> 냉동·냉장 물류창고 화재의 유형 사례

- (3) 용접, 용단, 연마, 드릴, 땀 작업 시 인화성 물질이 존재하는 경우 고온의 불꽃, 불티의 비산, 높은 마찰열, 스파크 등이 점화원으로 작용하여 화재를 일으킬 위험이 있다. 인화성 물질의 종류는 아래와 같다.

<표 1> 인화성 물질의 종류

N0	사용 제품	함유성분	인화점	폭발한계	비고
1	유성접착제	톨루엔	4℃	1.1~7.1%	
		아세톤	-18℃	2.2~13%	
2	PVC용 접착제	MEK	-9℃	1.4~11.4%	
3	노즐세척제	에틸렌글리콜 모노에틸 에테르	44℃	1.7~15.6%	
4	다목적 신너	MEK 헵탄	-7℃	2~11%	
5	발포제	1,1-디클로로-1-플루오로에탄	-	6.4~17.7%	

- (4) 용접·용단 작업 시 발생하는 비산불티의 특성은 다음과 같다.

- (가) 용접·용단 작업 시 수천 개의 불티가 발생하고 비산된다.
- (나) 비산불티는 풍향, 풍속에 따라 비산거리가 달라진다.
- (다) 용접 비산불티는 3,000℃ 이상의 고온체이다.
- (라) 발화원이 될 수 있는 비산불티의 크기는 최소 직경은 0.3~3mm 정도이다.
- (마) 가스 용접시의 산소 압력, 절단속도 및 절단방향에 따라 비산불티의 양과 크기가 달라질 수 있다.
- (바) 비산된 후 상당시간 경과 후에도 축열에 의하여 화재를 일으키는 경향이 있다.



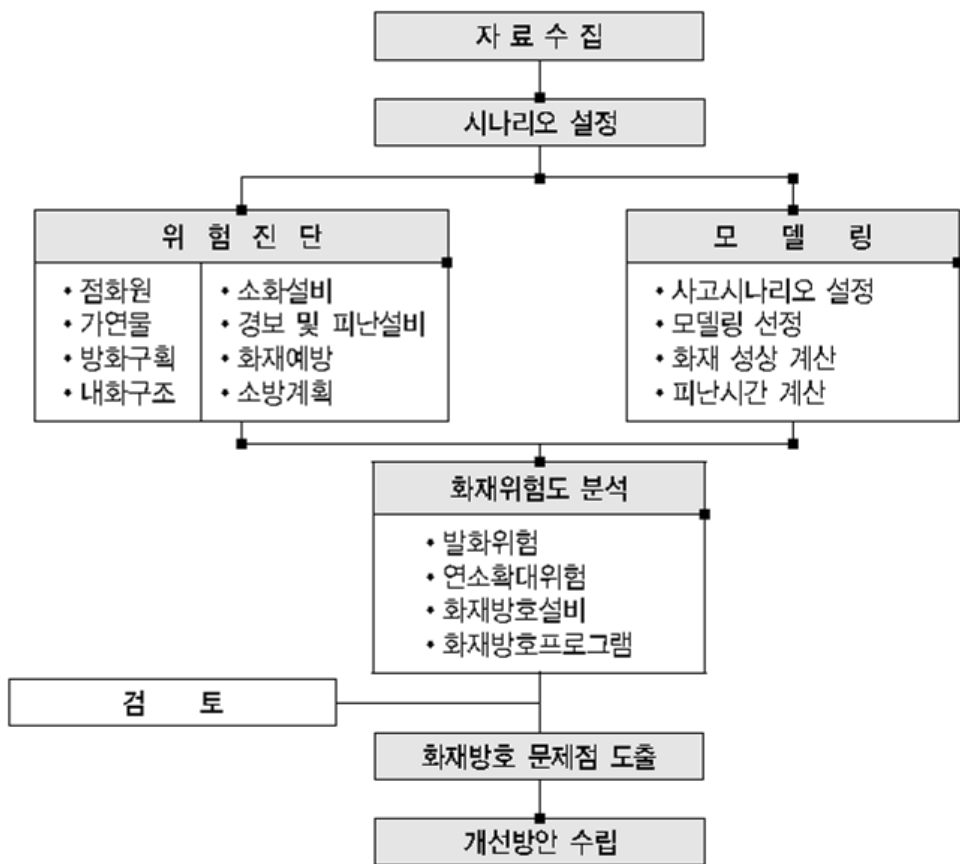
<그림 7> 경기도 이천 물류창고 화재 발생(2008.12.5) 사고 사례

7. 단열공사 중 화재예방을 위한 각 주체별 안전조치사항

7.1 원청업체(시공사)

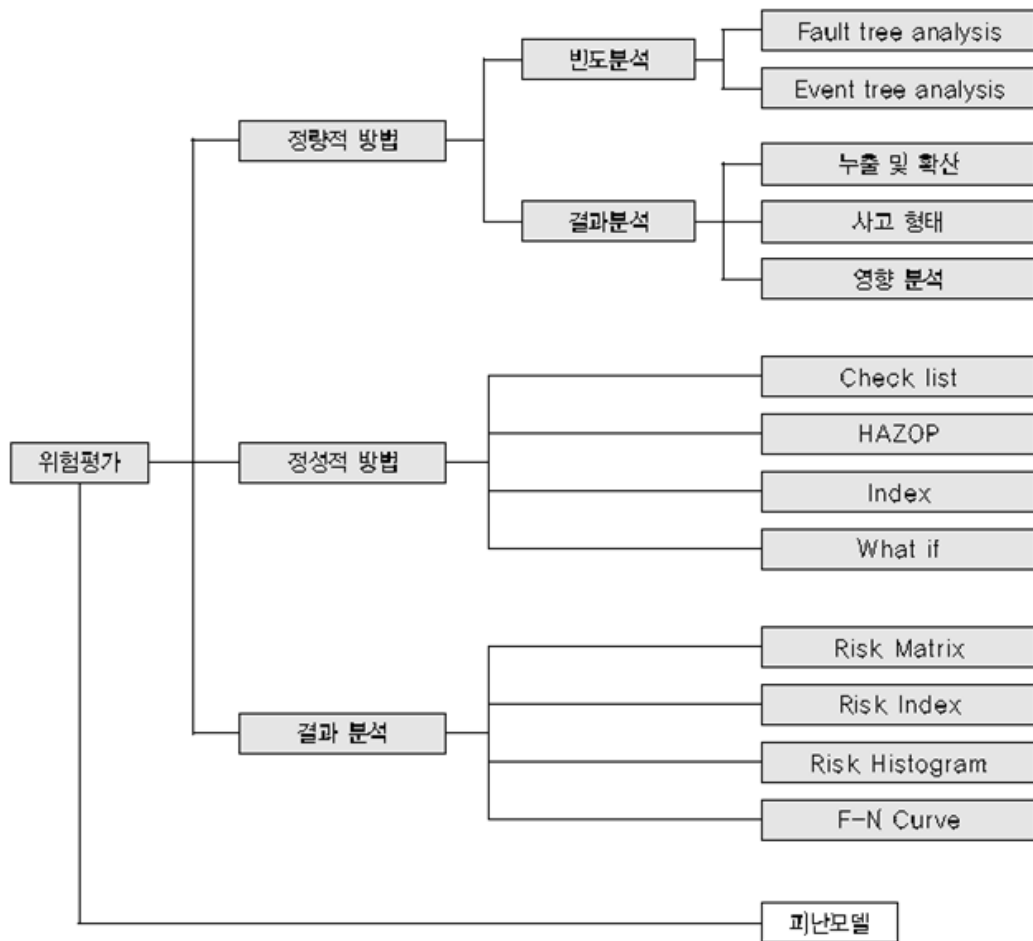
- (1) 화재예방을 위하여 우레탄을 사용하는 작업 전·중·후에는 협력업체간 안전회의를 반드시 실시하여야 한다.
- (2) 아래 <그림 8>, <그림 9>와 같이 각 작업 단계별로 반드시 위험성평가를 실시하고 위험요인에 대하여는 사전에 안전성 확보대책을 수립하여야 한다. 화재위험을 파악하기 위해서는 현장과 동일한 조건으로 실험한 값을 사용하는 것이 가장 좋은 방법이나 현실적인 제약으로 인하여 한계가 있으므로, 신뢰성 높은 시뮬레이션을 통한 위험성 예측 방법을 활용하여 평가하는 것이 바람직하다.

(가) 화재 위험성 평가절차



<그림 8> 화재 위험성 평가절차

(나) 화재 위험성 평가방법



<그림 9> 화재 위험성 평가방법

(다) 화재위험성 평가 혹은 안전성 평가는 화재 상황에 따른 실제 위험을 공학적으로 측정하여 안전성을 확보하는데 목적이 있다. 평가단계에 따른 절차는 다음과 같다.

- 사전평가 : 대상물에 대한 잠재위험을 조사
- 도면평가 : 설계도면 작성과정에서 검토
- 시공중 평가 : 설계도면과 시공 중 변경사항에 대한 타당성 평가 및 변경 사항을 포함하여 주기적 안전성 평가

(3) 우레탄폼과 같은 단열재 인근에서 발화 위험이 있는 작업 시에는 화재감시인을 필히 배치하여야 한다. 기타 사항은 KOSHA GUIDE F-1-2011 (용접 용단 작업시 화재예방 기술지침)에 따른다.

(가) 화재감시인을 배치하여야 하는 장소

- 작업현장에서 반경 10m이내에 다량의 인화성 물질이 있을 때
- 작업현장에서 반경 10m이내에 위치한 벽 또는 바닥 개구부를 통하여 인접지역의 인화성 물질에 발화될 수 있을 때
- 인화성 물질이 금속 칸막이, 벽, 천장 또는 지붕의 반대쪽 면에 인접하여 열전도 또는 열복사에 의해 발화될 수 있을 때
- 인화성 물질이 작업현장에서 반경 10m이상 떨어져 있지만 불티에 의해 쉽게 발화될 수 있을 때
- 밀폐된 공간에서 작업할 때
- 기타 화재발생의 우려가 있는 장소에서 작업할 때

(나) 화재감시인의 임무

- 화재감시인은 즉시 사용할 수 있는 소화설비를 갖추고 그 사용법을 숙지하여 초기에 화재를 진화할 수 있어야 한다.
- 화재감시인은 주위 인근의 소화설비 위치를 확인하여야 한다.
- 화재감시인은 비상경보설비를 작동할 수 있어야 한다.
- 화재감시인은 용접·용단 작업이 끝난 후에도 30분이상 계속하여 화재발생 여부를 확인하여야 한다.

(4) 화기작업을 실시하는 기능공들이 잘 볼 수 있는 장소에는 물질특성과 취급시 주의사항 등이 기재된 물질안전보건자료(MSDS)를 비치하고 “경고·주의” 표지판과 라벨을 설치하여야 한다. 화기금지, 흡연금지, 인화성물질 경고 등의 표지판을 설치하고 출입금지 등의 조치를 하여야 한다.

(5) 우레탄과 같은 단열재가 설치된 후에는 즉시 석고보드 등과 같은 방화판을 설치하여야 한다. 방화판이 설치될 때까지 근로자들은 지정된 장소에서만 작업을 수행하도록 관리 감독하여야 한다. 만약 방화판이 설치되기 전에 근로자들이 위험지역에서 작업을 한다면 화재감시자를 필히 배치하여야 한다.

(6) 인화성 물질 취급 등과 같은 화재가 발생하기 쉬운 장소에는 비상 대피로를 확보하여야 한다. 또한 정전이 되더라도 작동되는 경보설비와 외부와의 연락장치, 유도등, 비상조명 시설 등을 설치하여야 한다.

- (7) 강제 환기시설을 설치하고 작업자 근처까지 연장하여 강제 급·배기를 실시하여야 한다. 배기장치에는 고성능 필터 등 공기정화장치를 설치하여야 한다.

7.2 화기작업을 수행하는 협력업체

- (1) 화기작업은 반드시 위험성평가를 실시하고 승인을 득한 후 실시하여야 한다. 위험성 평가 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- (가) 환기가 불충분한 밀폐된 공간에서의 수행 여부
 - 작업 전 및 작업 중 산소농도와 인화성 물질 및 독성 물질의 농도 측정
 - 환기의 필요성 및 필요한 환기량 파악
 - (나) 화기작업 대상 기계기구의 상태
 - (다) 인화성 물질 및 독성 물질의 발생 여부
 - 작업 중 인화성 물질 및 독성 물질의 발생 가능성
 - 인화성 물질 및 독성 물질의 처리방법
 - 필요한 개인보호구의 종류
 - (라) 작업구역에서 취급하는 인화성 물질이 잔류할 가능성
 - (마) 출입제한구역 설정 여부
 - (바) 소화장비 비치 및 사용방법
 - (사) 작업 중 관리감독자 감독 필요 여부
 - (아) 화기작업 시 사고 사례와 문제점 등
- (2) 화기작업은 인화성 물질이 없는 지정된 장소에서 수행하여야 한다. 만약 화기작업이 인화성물질 인근에서 수행된다면 화기작업으로부터 10m이상 떨어진 안전한 곳으로 인화성물질을 옮겨야 한다. 인화성물질을 옮길 수 없다면 방화덮개나 용접방화포와 같은 방화커버로 보호하여야 한다.
- (3) 화기작업 지역에서 작업하는 다른 공종의 근로자에게도 우레탄 등 단열재의 화재 특성에 대하여 위험성평가 결과를 포함한 안전보건교육을 실시하여야 한다.

7.3 모든 협력업체 및 근로자

- (1) 만약 화재가 발생했을 때 화재를 초기진화 할 수 없다면 즉시 그 장소를 신속히 벗어나 대피하도록 교육시켜야 한다.
- (2) 근로자들이 이용하기 편한 장소에 소화기와 비상전화를 비치하고 소화기 (이산화탄소 및 건식 소화기)사용법을 교육시켜야 한다.
- (3) 가연성 폐자재는 각각의 특성을 고려하여 매일 지정된 장소에 처리하도록 하여야 한다.

8. 단열공사 중 화재예방을 위한 안전대책

8.1 일반사항

- (1) 인화성 물질을 취급하는 장소에서의 화기작업은 가능한 한 피하여야 한다.
- (2) 우레탄을 사용하는 단열공사 시에는 다음과 같은 내용을 포함한 안전보건 작업허가서를 작성하여 허가 승인을 받은 후에 작업을 실시하여야 한다. 작업허가서 작성에 관한 사항은 KOSHA GUIDE P-94-2012(안전작업허가지침)에 따른다.

- (가) 작업개요
- (나) 안전담당자 지정 및 감시인 배치
- (다) 산소농도측정
- (라) 인화성 가스 측정
- (마) 환기설비 설치
- (바) 연락설비 구비
- (사) 개인보호구 지급 및 점검
- (아) 방폭용 전기기계·기구의 사용
- (자) 소화기 비치무
- (차) 호흡용 보호구 비치
- (카) 사고발생시 대응조치 계획

(타) 조명 설치 계획

(파) 안전교육 실시 및 안전통로 확보 등

- (3) 우레탄과 같은 단열재를 사용하는 작업은 현장의 모든 협력업체(근로자)와 안전정보를 공유하고 관리하여야 한다.
- (4) 우레탄과 같은 단열재의 화재특성, 위험요인 및 안전대책 등을 협의체 회의를 통하여 협의하는 절차를 구축하고 근로자에 대하여 안전교육을 실시하여야 한다.
- (5) 용접 등과 같은 화기사용 작업은 우레탄폼을 사용하는 작업보다 선행 시공하는 등 화재예방을 고려한 작업 공정 계획을 수립하여야 한다.
- (6) 인화성 물질, 가연성 가스, 유증기 및 부유물이 체류하지 않도록 환기를 실시하여야 한다. 또한, 불티 등이 우레탄폼 표면에 접촉하지 않도록 방화포와 같은 차폐시설을 설치하여야 한다.
- (7) 인화성물질 취급 작업장 내에서는 화기사용을 금하고 외부로부터 불꽃 등이 유입되지 않도록 조치하여야 한다. 특히, 서로 다른 물질끼리의 접촉을 통해 발화나 폭발할 위험이 없도록 조치하여야 하고, 불꽃 또는 아크를 발생하거나 고온으로 될 우려가 있는 화기 또는 기계·기구 및 공구류의 사용을 금지하여야 한다.
- (8) 발포 후 성형된 우레탄폼은 가연성 물질로서 고온 또는 용접 불티 등의 점화원에 의하여 쉽게 점화되어 화재로 이어질 수 있으므로, 용접 등과 같은 화기작업 시에는 반드시 불티비산방지를 위하여 불꽃, 불티, 고온 등을 차폐할 수 있는 방화포 등을 설치하여야 한다.
- (9) 피복이 손상된 전기케이블은 교체 또는 절연조치하고 단자부 이완 등에 의한 발열이 되지 않도록 조임을 철저히 하여야 한다. 또한, 우레탄 분사기를 포함하여 작업에 사용되는 모든 전동기계기구는 누전차단기를 통하여 전원을 인출하고, 작업 중 폭발의 위험성이 있는 장소의 조명등은 방폭등으로 설치하여야 한다.

- (10) 우레탄폼 시공 작업 장소에는 물질특성과 취급 시 주의사항 등이 기재된 물질안전보건자료(MSDS)를 비치하고 “경고·주의” 등과 같은 표지판을 설치하여야 한다. 또한, 화기금지, 흡연금지, 인화성물질 경고 등의 표지판을 설치하고 출입금지 등의 조치를 하여야 한다.
- (11) 비상시 위험상황을 알릴 수 있는 경보설비와 외부와의 연락장치, 비상용사다리, 개인용보호구, 구명 로우프 등을 갖추어 긴급사태에 대처할 수 있도록 조치를 취하여야 한다. 또한 사전에 비상대피경로를 확보하고 안내표지, 간이 비상탈출기구 등을 설치하여야 하며, 정전이 되더라도 작동되는 유도등, 비상조명 시설 등을 설치하여야 한다.
- (12) 흡연금지 등 근로자에 대한 화재예방 교육과 피난교육을 실시하여야 한다. 또한 소화기에 의한 초기진화 실패 시에는 즉시 화재장소에서 대피하도록 교육하여야 한다.
- (13) 보수공사 시에는 기존에 설치되어 있는 스프링클러(Sprinkler)와 같은 소방시설이 정상 작동하도록 관리하여야 한다. 화재가 발생하였을 경우에는 즉시 화재를 진화할 수 있도록 소화장비 작동방법을 숙지하고 있어야 한다.
- (14) 용접·용단 작업허가서 작성에 관한 사항은 KOSHA GUIDE P-94-2012 (안전작업허가지침)에 따른다.
- (15) 기타 사항은 KOSHA GUIDE F-3-2011(경질폴리우레탄폼 취급시 화재예방에 관한 기술지침), KOSHA GUIDE F-1-2011(용접 용단 작업시 화재예방 기술지침)에 따른다.
- (16) 건축물에 단열재로 사용되는 우레탄폼은 건설교통부 고시 제2006-476호 (건축물 내부 마감 재료의 난연 성능 기준)에서 정한 난연 성능을 보유하여야 하며 이러한 요건을 충족시키기 위해서는 할로겐화합물이나 인(Phosphate)계 화합물 등의 난연제를 혼합하는 것을 권장한다.

8.2 작업 전 안전대책

- (1) 화기작업을 수행하기 전에 주변 상황을 고려하여 위험요인을 찾아낸 후 다음 사항을 포함한 안전대책을 적절히 수립하여 이행하여야 한다.
 - (가) 화기작업이 이루어지는 지역 인근에 인화성 물질있거나 가연성 가스가 허용농도를 초과하는 경우 등에는 작업을 시작해서는 안된다.
 - (나) 밀폐공간에서 작업하는 경우에는 환기량이 충분한지 확인하여야 한다. 이때 통풍이나 환기를 위하여 산소를 사용하여서는 안된다.
- (2) 화기작업을 수행하기 전에 화기작업허가서를 발급받아야 한다. 작업허가서의 승인은 화기작업을 수행하는 신청자의 서면요구에 의하여 작업하고자 하는 공정지역의 공사부서 책임자가 승인하고, 작업을 할 지역의 관리감독자가 발급한다.
- (3) 화기작업 시작 전에 인화성 가스 농도를 확인하였다고 할지라도 화기작업의 열 혹은 복사열 등으로 인화성 증기가 발생할 수 있으므로 작업 중 정기적으로 가스농도를 측정하여 허용농도 이하임을 확인하여야 한다. 만일 가스농도가 허용농도를 넘어설 경우에는 작업을 중지하여야 한다.

8.3 우레탄폼 원료 원액 관리 안전조치사항

- (1) 우레탄폼 원료 제조자가 제공하는 시공 매뉴얼(설명서)에 따른 각 원료별로 정해진 온도범위 내에서 사용하도록 하여야 한다. 이소시아네이트 및 시스템폴리올 등의 원액은 제조자가 정한 온도이하에서 저장하여야 하며 특히 동절기에는 예열 시 과열되지 않도록 하여야 한다. 제조자가 정한 온도조건이 없는 경우에는 제조자에게 확인하거나 물질안전보건자료(MSDS)를 참조하여야 한다.
- (2) 이소시아네이트 및 시스템폴리올 등의 원액은 발포 작업 장소와 격리된 곳으로 직사광선, 불꽃 등에 노출되지 않는 별도의 장소에 보관하고, 발포 작업 장소에는 일일 사용량을 고려하여 최소량만을 보관하여야 한다.



<그림 10> 이소시아네이트와 시스템폴리올

- (3) 발포 작업 장소에서 촉매류, 난연제 및 발포제 등을 혼합하여 사용하는 경우에는 화재 예방을 고려하여 원료 보관 및 취급하여야 한다.
- (4) 원료 드럼을 개방할 때에는 내부의 높은 증기압에 의하여 원료 및 원료증기가 분출되지 않도록 드럼의 마개를 서서히 돌려 개방하여야 한다.
- (5) 발포제로 사용되는 용제류(HCFC-141b) 또는 싸이클로펜탄은 끓는점이 낮기 때문에 밀폐 용기에 저장된 상태에서 외부온도가 상승하면 증기압에 의하여 폭발이 발생할 수 있으므로 저온 보관하여야 한다.



<그림 11> 용제류(HCFC-141b)와 싸이클로펜탄

- (6) 우레탄폼의 원료 보관 장소에서나 우레탄폼을 사용하는 작업 시에는 용접 및 흡연 등과 같이 화재 발생 위험이 있는 행위를 금지하여야 한다. 특히, 싸이클로펜탄은 인화점이 매우 낮은 액체이므로 점화원으로부터 격리하여야 한다.

8.4 발포 작업 전 준비 안전조치사항

- (1) 발포 작업 전에는 용접 등과 같은 화기작업을 중지하고 타 공종의 작업자와 반드시 안전회의를 실시하여야 한다.
- (2) 발포 작업에 대한 사전 안전교육을 실시하여야 한다.
 - (가) 발포 작업 시의 화재 위험성
 - (나) 작업 전 비상구 확인 및 비상시 대피 요령
 - (다) 여러 업체가 동시에 작업 시 타 작업자와 의사소통
- (3) 발포 작업 시 발생하는 인화성 및 가연성 가스 등이 제거할 수 있도록 강제 급기 및 배기장치 설치 등의 환기 대책을 수립하여야 한다.
- (4) 발포 작업 장소 주변에는 “화기취급 주의 또는 경고” 등의 안내표시를 하고 소화기구를 비치하여야 한다. 발포 작업 장소가 지하공간 또는 냉동창고 등과 같은 실내인 경우에는 정전 시에도 충전지 등으로 작동하는 유도등 및 비상 조명기구를 설치하여야 한다.
- (5) 발포 작업 장소는 외부로부터 불꽃 등이 유입되지 않도록 조치하고 불꽃 또는 아크를 발생하거나 고온으로 될 우려가 있는 화기 또는 기계·기구 및 공구류 등의 사용을 금지하여야 한다.
- (6) 싸이클로펜탄 등 인화성이 매우 높은 발포제를 사용하는 경우 발포 작업 장소에서 사용하는 전기기계기구는 방폭형이어야 한다.

8.5 발포 작업 중 안전조치사항

- (1) 우레탄폼 발포 작업 시에는 우레탄폼 원료 제조자 및 공급자가 제공하는 안전보건정보를 준수하여야 한다.
- (2) 설계자가 제시한 시방서, 설계도서 등에 따라 우레탄폼을 엄격하게 시공하여야 한다. 또한, 우레탄폼 취급 장소에서의 화재를 예방할 수 있도록 화재 예방 안전수칙을 준수하여야 한다.

(3) 인화성 물질의 증기 또는 가연성 가스가 체류할 수 있는 지하공간 또는 냉동창고 내부에는 가스농도측정를 측정 하고 경보장치를 설치하여야 한다. 가스의 농도가 폭발하한계 값의 25 % 이상인 때에는 즉시 근로자를 안전한 장소에 대피시키고 통풍·환기 등을 실시하여야 한다. 가스농도측정 시기는 다음과 같다.

(가) 매일 작업을 시작하기 전

(나) 인화성물질의 증기, 가연성가스에 대한 이상을 발견한 때

(다) 인화성물질의 증기, 가연성가스가 발생하거나 정체할 위험이 있을 때

(라) 장시간 작업을 계속하는 때

(4) 인화성 물질을 취급하는 경우에는 인화성 물질의 가스농도를 작업 전과 작업 중 매 4시간마다 반복적으로 측정하여 폭발하한계 값의 10%에 도달할 경우 화기작업을 중단하여야 한다.

(5) 화기작업 중 휴식 등의 이유로 작업을 중단한 후 작업을 다시 시작하기 전에는 인화성 물질의 가스농도를 측정하여 허용농도 이하임을 확인하여야 한다.

(6) 화기작업이 이루어지는 지역을 설정한 후 다음과 같이 관리하여야 한다.

(가) 해당 작업자 외의 출입을 금지하고, 표지판을 설치하여야 한다.

(나) 불필요한 가연성 물질은 화기작업 영향구역 밖으로 이동하여야 한다

(다) 작업 중 용접불티 등에 의한 화재가 발생하지 않도록 비산불티차단막 또는 방화포 등을 설치하여야 한다.

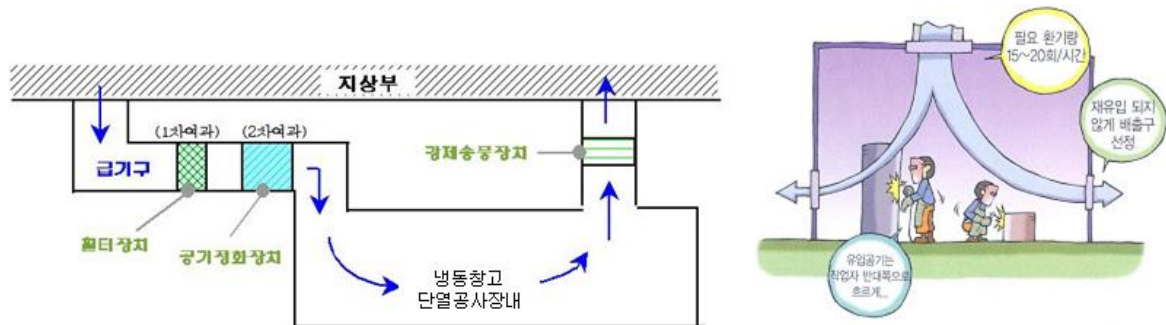
(라) 밀폐공간에서 화기작업이 이루어지는 경우, 환기설비를 가동하여 신선한 공기를 공급하고 작업 중 발생할 수 있는 유해가스의 농도를 정기적으로 측정하여야 한다.

(7) 추락 위험이 있는 장소에서 앵커작업, 우레탄 스프레이 작업을 하는 경우에는 작업발판설치 또는 고소작업대 사용하여야 하며, 근로자는 안전대, 안전모 등의 개인보호구를 착용하여야 한다.



<그림 12> 우레탄 스프레이(Spray) 작업

- (8) 냉동창고 등 밀폐된 실내 등 스프레이 작업 시 각종 유독 가스의 발생으로 인하여 질식 또는 중독의 위험이 있는 장소에서는 강제 환기를 실시하여 적정공기를 유지하거나 송기마스트 등 호흡용 보호구를 착용 후 작업하여야 한다.
- (9) 우레탄 발포 작업은 발화원이 발생할 수 있는 다른 공정의 작업과 병행되지 않도록 작업계획을 수립하여야 한다.
- (10) 환기가 불충분한 작업 장소에서 우레탄 스프레이 작업 시에는 강제 급배기 설비를 설치하여야 한다.



<그림 13> 강제 급배기 장치 설치 예

- (11) 발포 작업 시에는 용접 등과 같은 화기 작업을 금지하고 화재감시인을 배치하여야 한다.
- (12) 화재 발생 시를 고려하여 작업 장소의 구간별 전력 시스템을 구축하고 비상전원 공급 계획을 수립하여야 한다.

8.6 발포 작업 후 안전조치사항

- (1) 우레탄폼 표면 등과 10m 이내에서 화기작업을 수행하여야 할 경우에는 방화덮개 또는 방염포로 표면을 차단하거나 화재감시인을 배치하여야 한다.
- (2) 발포된 우레탄폼은 용접 또는 용단 중인 고열물 등과 접촉되지 않도록 조치하고, 우레탄폼을 벽체 및 천장 내장재로 마감할 경우에는 폼 표면 위에 12mm 이상의 석고보드 또는 그와 동등한 성능을 갖는 불연재를 사용하여 내부를 점화원으로부터 격리하여야 한다.
- (3) 이소시아네이트 및 폴리올을 혼합 발포한 후 혼합헤더 내부의 경화 방지를 위하여 메틸렌클로라이드(Methylene chloride) 등과 같은 인화성물질을 사용하여 청소하는 경우에는 인화성이 높은 유증기가 발생할 수 있으므로 주변의 점화원을 제거하여야 한다.



<그림 14> 메틸렌클로라이드와 폴리올

- (4) 가연성 물질인 우레탄폼이 적재 또는 시공되어 있는 장소에서 용접 등의 화기작업을 할 경우 KOSHA GUIDE P-94-2012(안전작업허가 지침)에 따라 화기작업허가서 발행 등 사전 안전조치를 수행하여야 한다.

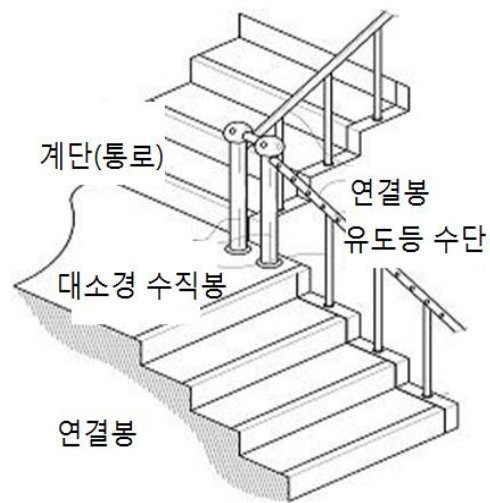
8.7 우레탄 원액 여분처리 안전조치사항

- (1) 사용하고 남은 이소시아네이트와 시스템폴리올을 밀폐용기에 넣고 서로 혼합할 경우 반응에 의한 압력이 발생하여 용기가 파열 또는 폭발할 수 있으므로 분리하여 잔여분을 처리하여야 한다. 폐액이 담겨있는 폐액 밀폐용기는 파열 또는 폭발위험이 있으므로 반드시 압력이 상승하지 않도록 조치하여야 한다.

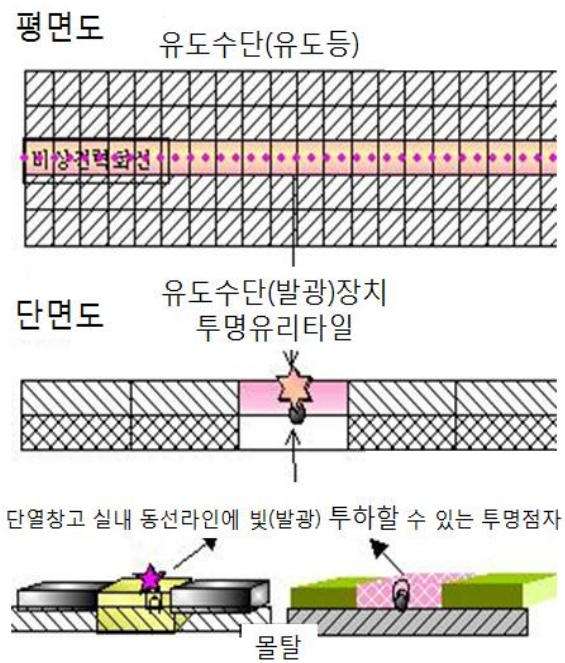
- (2) 벤젠 등 유독성이 높은 물질 취급 시에는 물리·화학적 특성 및 독성에 관한 정보 등 물질안전보건자료(MSDS)를 비치하고 해당 근로자에 대하여 안전보건교육을 실시하여야 한다.
- (3) 화재 예방을 위하여 발포 작업 후, 우레탄폼 조각 등의 폐자재는 적재되어 방치되지 않도록 하여야 한다.

9. 피난계획 및 응급구조

- (1) 화기작업을 수행하기 전에 다음 사항이 포함된 작업계획서를 작성하고 근로자를 대상으로 교육을 실시하여야 한다.
 - (가) 화기작업 영향구역 내에서 취급되는 물질에 대한 정보
 - (나) 화기작업 영향구역 내에서 차단이 필요한 설비, 배관 등에 대한 정보
 - (다) 화기작업 위험성평가 결과에 따른 위험요인과 안전대책
 - (라) 작업시간 및 작업 표지의 내용과 부착
 - (마) 필요한 개인보호구, 용접불티 비산방지덮개, 소화장비 등의 수량
 - (바) 비상조치 및 대피방법
- (2) 우레탄폼을 취급하는 작업장 및 당해 작업장이 있는 건축물에는 출입구에 근로자가 안전한 장소로 대피할 수 있도록 1개 이상의 비상구를 다음과 같이 설치하여야 한다. 비상구에 문을 설치하는 경우에는 항상 사용 가능한 상태로 유지하여야 한다.
 - (가) 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고 출입구로부터 3m 이상 떨어져 있을 것
 - (나) 작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리는 되도록 최단거리가 되도록 할 것
 - (다) 비상구의 폭은 0.75m 이상으로 하고 높이는 2.0m 이상으로 할 것
 - (라) 비상구의 문은 피난방향으로 열리도록 하고 실내에서 항상 열 수 있는 구조로 하며 내부 및 외부에는 비상구의 표시를 할 것
- (3) 비상구·비상통로 또는 비상용 기구에 대하여는 비상용이라는 표시를 하고 근로자가 쉽게 이용할 수 있도록 관리하여야 한다. 또한 작업 중 화재가 발생한 경우를 대비하여 대피경로와 신속한 대피방법을 숙지하고 작업을 시작하여야 한다.



<그림 15> 화재탈출 유도난간 예



<그림 16> 바닥면 탈출 유도 예



<그림 17> 소화기 및 비상통로 배치도 예

- (4) 우레탄폼을 취급하는 작업장으로 연결되는 통로에는 75럭스 이상 조도를 유지하고 통로의 주요한 부분에는 통로표시를 하여야 한다.
- (5) 우레탄폼을 취급하는 작업 장소에는 정전 시에도 비상전원으로 작동가능한 화재 경보용 설비 또는 기구를 설치하여야 한다.
- (6) 화재발생시 즉시 화재 경보기를 작동하고, 초기진화에 실패하는 경우 신속하게 안전한 장소로 대피할 수 있도록 근로자를 대상으로 주기적으로 소방 교육 및 비상훈련을 실시하여 화재예방 및 대응활동에 대한 체제를 확립하여야 한다.
- (7) 우레탄폼을 취급하는 작업장에는 작업 중 화재가 발생한 경우 신속하게 소화할 수 있는 소화설비를 설치하여야 한다. 소화기는 소방대상물의 규모를 고려하여 설치하되, 소방 대상물의 각 부분으로부터 1개의 수동식 소화기까지의 보행거리는 소형수동식 소화기는 20미터, 대형수동식 소화기는 30미터 이내가 되도록 배치하여야 한다. 또한, 모든 근로자에게 소방시설의 사용법에 대한 교육과 실습훈련을 실시하여 유사시에 즉각 대응할 수 있도록 하여야 한다.
- (8) 외부 협력업체 근로자가 화기작업을 실시하는 경우 화기작업계획서의 내용과 근로자가 그 내용을 충분히 숙지하고 있는지 확인하고 감독자를 배치한 후에 작업이 진행되도록 하여야 한다.

- (9) 보호구, 응급구조체계, 구조장비, 통신장비 구비 및 경보설비의 정상 작동 여부를 정기적으로 점검하여야 하고, 작업장에서 비상시에 사용할 수 있는 외부와의 연락체계를 구축하여야 한다.
- (11) 화재 발생시 인근지역의 119 또는 응급기관에 구조요청을 하고 응급처치 및 후송할 수 있도록 하여야 한다. 또한 응급기관이 도착하였을 때 신속한 구조조치가 이루어질 수 있도록 밀폐공간의 특정한 위험에 대한 정보를 제공하여야 한다.
- (12) 구조자는 공기호흡기, 구명줄 등 구조에 필요한 장비 및 응급장비(인공호흡기, 인공호흡 마스크 등)을 지참하여야 한다. 응급기관이 도착하기 전까지 응급처치는 KOSHA GUIDE H-59-2012(현장 인공호흡 및 심폐소생술 시행 지침)에 의하여 실시하여야 한다.
- (13) 응급처치 방법의 전반적인 내용은 KOSHA GUIDE H-57-2012(현장 응급처치의 원칙 및 관리지침)과 KOSHA GUIDE H-59-2012(현장 인공호흡 및 심폐소생술 시행 지침)을 따른다. 또한 밀폐공간에서의 구조방법은 KOSHA GUIDE X-25-2012(밀폐공간 리스크에 대비한 구조계획 수립지침)을 참조한다.

10. 사전 피해예방 대책 수립

- (1) 냉동·냉장 물류창고와 같은 밀폐공간 등에서 화재가 발생할 경우 예상되는 최대 피해를 고려한 안전대책을 수립하여 2차 사고를 제어하여야 한다.
- (2) 시공자는 피해범위의 명확한 파악을 위하여 KOSHA GUIDE P-102-2012(사고피해예측 기법에 관한 기술지침)을 토대로 실제 사고가 발생할 경우 예상되는 피해거리와 확산범위를 도면상에 정확하게 표시하여야 한다.
- (3) 피해범위가 정확하게 예측이 되면 실제 사고발생시 신속한 대응을 하기 위하여 화재사고에 대한 진압 전략 등과 같은 대응지침을 작성하여야 한다. 화재에 대한 대책 수립 시 초기화재, 화재의 성장, 화재의 쇠퇴, 화재의 종료와 같이 일련의 진행순서를 고려하여야 한다.

(4) 화재 발생 시 복사열에 의한 건물 내 인명피해 가능성과 내화기준에 대한 건물의 안전성을 검토하여야 한다. 이때, 대형화재의 발생으로 인하여 비상 대피가 불가능 할 경우에 대한 대책을 마련하여야 한다.

(5) 사고가 지속적으로 진행되거나 혹은 대형화될 수 있다고 판단될 경우에는 비상대응요원을 제외한 모든 근로자들은 신속하게 안전지대로 대피하여야 한다. 사고시나리오에 대한 대피장소의 지정방법은 아래와 같은 기본적인 질문을 통하여 선정하여야 한다.

(가) 사고의 위험으로부터 안전한가?

(나) 신속하게 대피할 수 있는 곳인가?

(다) 사고지점을 통과하게 되어 있는가?

(라) 사고가 대형화될 경우 제2의 안전한 곳으로 이동이 가능한가?

(6) 과거에 사고사례와 현장 관리감독자 및 근로자의 의견을 토대로 가상 사고 시나리오를 선정하여야 한다. 사고사례는 아차사고를 포함한 모든 형태의 사고를 포함하며 사고발생 시나리오를 구성하는 순서는 다음과 같다.

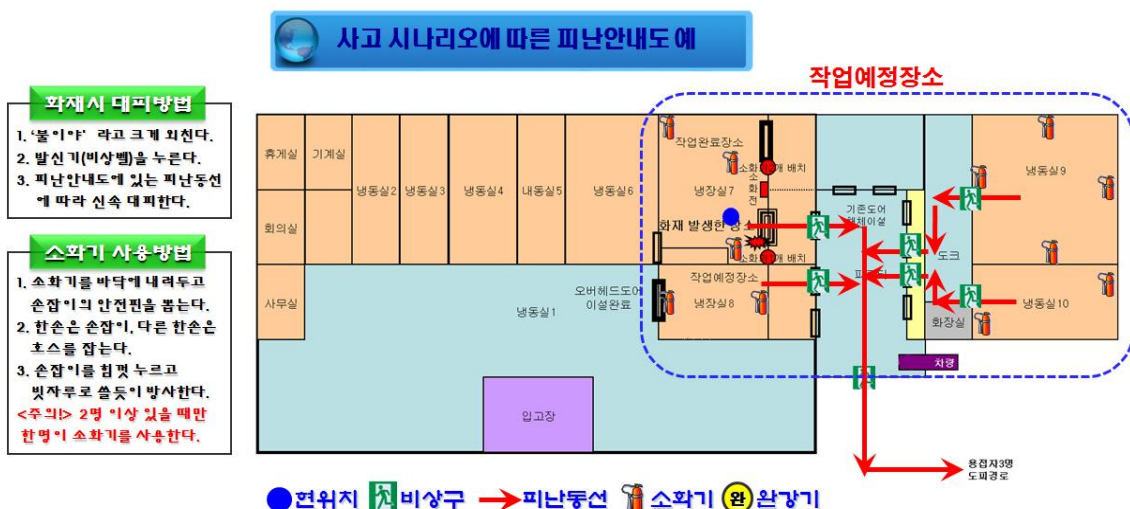
(가) 과거의 사고사례 자료수집 및 정리

(나) 화재, 폭발에 의하여 중대산업사고를 유발했던 사고에 대한 검토

(다) 현 공정에서 사고를 유발할 수 있는 위험요인 분류

(라) 해당 작업 관계자의 의견 수렴

(마) 화재, 폭발 예상 시나리오 정리



<그림 18> 사고시나리오에 따른 피난 안내도 예