
『대형사고예방을 위한』
중 대 재 해 사 례 집

2013. 10

◆ 이 자료는 최근 ○○○ 배수지 침수사고, 00전자 불산누출사고, 00산업 사일로 폭발사고, 00제철 아르곤가스 질식사고 등 다수의 인명피해가 발생하는 대형사고가 자주 발생함에 따라, 최근 발생한 중대재해를 업종(분야)별로 작성하였으며, 재해 예방을 위한 감독이나 기술지도시 참고자료로 활용하여 주시기 바랍니다.

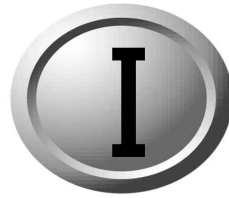
목 차

【업 종】

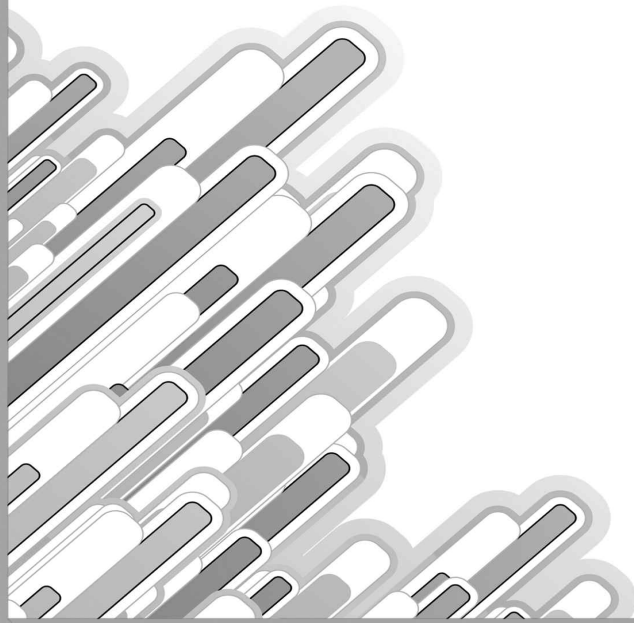
I . 제조업	1
II . 건설업	27
III . 서비스업	85

【사고 유형】

IV . 중대산업사고	111
V . 산소결핍, 질식, 중독	147



제조업

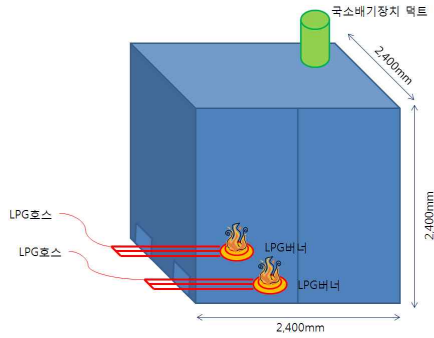


I . 제조업

01. LP가스를 이용한 건조 작업중 폭발 사고	5
02. ○○(주) 익산공장 Dust silo 폭발사고	8
03. ○○영농조합 굴착면 무너짐 사고	10
04. ○○목재(주) 판재더미 무너짐 사고	12
05. ○○금속 용해로 브리징(Bridging)현상에 의한 폭발사고	14
06. (주)○○금속 용해로 작업중 비산된 용탕에 화상	16
07. ○○철강(주) 크레인 작업중 떨어짐 사고	18
08. 자체 제작 보일러 사용중 폭발사고	20
09. 승강로에 끼인 일반작업용 리프트가 떨어져 사망	22
10. 작업장 이동중 후진하는 지게차와 건물구조물 사이에 끼임	24

01

LP가스를 이용한 건조 작업중 폭발 사고



○ 작업 상황은

- 프레스 · 절곡 · 용접 · 분체 도장 등의 공정을 거쳐 제작한 철제 분전반을 건조시키기 위해 LP가스를 이용한 직화방식의 건조실 내부에 건조대상물을 적재한 상태였음.

※ 건조설비 주요 사양

- 형식 : 직화식
- 열원 : LP GAS
- 규격 : 2,500W×2,500L×2,500H
- 8개의 LP가스용기(50kg)가 자동절체식 조정기를 거쳐 25kPa의 압력으로 감압되어 배관에 공급.
- 가스누설감지거나 ASV(자동차단밸브) 미 설치.
- 180℃에서 건조작업 종료를 알려주는 알람발생.
- 국소배기장치와 연결되어 있음.

○ 재해발생 상황은

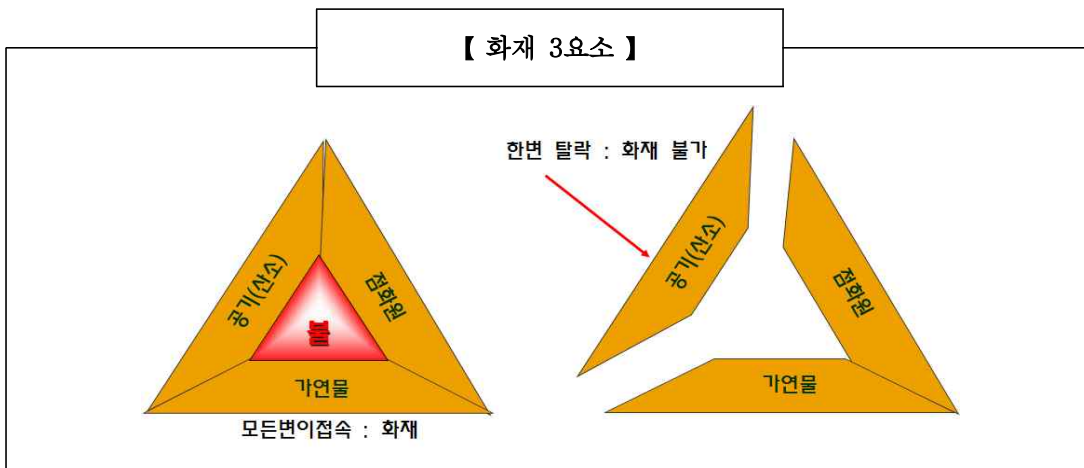
- 2012. 09. 17(월) 08:30~10:20분경 : 철제분전반 1차 건조작업을 완료하였음.
- 12:30분경 : 2차 건조작업을 하기위해 건조실에 철제분전반을 적재 한 상태에서 LPG 버너에 불을 붙인 후 점심식사를 하러 감.
- 13:30분경 : 점심식사 후 건조설비 가동을 확인하니 온도계가 60℃정도 밖에 되지 않아 건조작업 책임자인 ○○○에게 연락 후 대기.
- 13:30분경 : 건조작업 책임자인 ○○○이 건조실 온도 확인(60℃) 후 버너에 불을 붙이기 위해 라이터를 켜는 순간 “펑” 소리와 함께 폭발.

<가연물(LPG)의 물리·화학적 특성>

구분	함유량[%]	화학식	인화점[℃]	폭발한계[Vol.%]		증기밀도 (공기대비)	최소점화 에너지(MIE)
				하한(LEL)	상한(UEL)		
프로판	95	C ₃ H ₈	-105℃	2.0%	9.5%	1.55	0.26mJ (5%, Vol)
부탄	5	C ₄ H ₁₀	-60℃	1.5%	8.5%	2.05	0.25mJ (4.7%, Vol)

○ 재해발생의 주요원인은

- 가스검지 및 경보설비가 부착되지 않은 상태에서 급기불량 등의 사유로 인해 건조실내 LP 버너의 불꽃이 꺼진 상태에서,
- LP 가스의 지속적 누설로 폭발분위기가 형성된 것을 인지하지 못하고 화재 3요소 중 하나인 라이터(점화원)를 켜





[가스검지기 설치]



[가스누설 경보설비 설치]



[폭압방산구 설치]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 인화성물질을 사용하여 작업하는 장소에는 인화성물질의 누설여부를 감지하여 알려주는 『가스검지기』를 설치하고, 사람이 상주하는 곳에 『가스누설 경보장치』를 설치하여야 하며,
- 건조설비에 작업시간과 온도에 따른 정상범위에서 벗어나는 경우 위험을 알릴 수 있는 경보설비를 설치하고 건조설비 버너에 불꽃이 꺼질 경우 가스공급을 자동으로 차단할 수 있는 불꽃검지기와 자동차단밸브를 연동시킬 것.
- 또한, 폭발 시 피해를 최소화 할 수 있도록 폭발압력 방산구(폭발구)를 설치.

02

○○(주) 익산공장 Dust silo 폭발 사고



○ 작업 상황은

- 마루판 반제품이 틀어진 상태로 Cross Cut Saw 기계에 진입되어 그레콘 (Grecon) 알람이 울려, 집진설비의 이상 유무를 확인하는 중에 백필터에서 연기(화재)가 발생함을 인지함.
- 옥외소화전을 이용하여 화재진압중 화재가 집진기(백필터) 인근에 설치된 Dust Silo 내부로 전파되어 압력방산구가 터지면서 소화작업중인 협력업체 근로자가 화염에 화상을 입음.

* 그레콘(Grecon)설비: Cross Cut Saw로 재단작업시 발생하는 부산물(톱밥등)이 덕트를 통해 집진기로 포집 운반되는데 재단 작업중 마찰열 등으로 인하여 불티가 발생하여 덕트내부로 이송될 때 이를 자동으로 감지 후 살수하여 소화하는 설비로 덕트내에 설치되어 있음.(불꽃검출부, 제어부, 소화부로 구성)

○ 재해발생 상황은

- Cross Cut Saw 기계에 설치된 그레콘(Grecon) 설비가 동작되어 백필터의 목분진 이송 팬이 중지됨에 따라 작업장 외부에 설치된 집진기의 백필터를 점검창을 통하여 육안으로 확인하였으나, 화재, 불씨등 이상 징후가 없었음.
- 재단작업 중에 마루판 반제품이 다시 틀어진 상태로 Cross Cut Saw 기계에 진입하면서 2차 그레콘 알람이 울려 집진설비를 재확인하던 중 백필터에서 화재가 발생함을 인지하여 타직원에게 전파를 화재진압을 실시함.
- 집진기 인근에 설치된 Dust Silo 내부로 화재가 전파되어 압력팽창에 의한 Dust Silo내 압력방산구가 터지면서 소화작업 중인 협력업체 근로자 3명에게 화염이 전파되어 화상을 입음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 반제품이 틀어져서 Cross Cut Saw에 투입되거나 웅이가 있을 경우 특정부분에 Saw 회전 마찰열에 의한 불티 발생 가능성이 있어서 그레콘 설비를 설치하여 운용 중이었으나 사고 발생시 현장에서 그레콘 설비가 작동된 원인(1차)에 대한 자세한 확인과 화재 발생 여부를 정확히 확인하지 않고 백필터를 재가동하여 이미 전파된 불티에 의해서 화재가 시작됨.
- Cross Cut Saw를 이용한 재단 작업시 마찰열에 의해 덕트내 불티 발생 가능성이 있으며, 덕트내 기타 화재요인(점화원)이 있을때 불꽃을 감지하여 소화설비가 작동고 덕트내 이송 팬의 작동을 정지시키는 장치가 불완전하게 작동하여 집진기 백필터 내부로 불티가 전파되고 화재가 성장하게 됨.
- 집진기 및 백필터(Bag Filter) 내부에 화재가 발생한 경우 경우 내부에 설치된 살수설비를 이용하여 화재진화 작업을 실시하도록 되어 있으나, 살수설비를 조작하지 않고 소화전을 이용한 백필터 외부에 주수(注水)하는 소화작업 도중에 백필터 옆의 목분진 저장 Silo까지 전파된 화염에 의하여 화상을 입음.

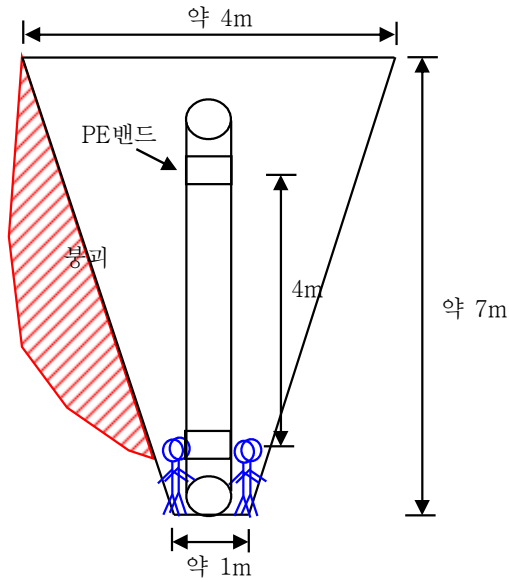


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 목재가 Cross Cut Saw에 투입될 때 목재가 틀어지거나 웅이가 있을 경우 특정부분에 Saw의 회전마찰열이 집중되지 않도록 Cross Cut Saw 작동을 중지시키는 등 시스템을 보완하시기 바랍니다.
- 그레콘 설비는 덕트내부에서의 불티 또는 화염이 발생할 때 빠른 불꽃감지와 소화에 충분한 살수가 이루어지고 집진기의 백필터로 화염이 전파되지 않도록 이송팬을 정지시키는 등 연동 장치가 항상 유효한 성능을 유지하도록 하여야 합니다.
- 현장내 화재 발생시 소화설비인 살수장치의 작동 방법 및 비상대피 방법이 숙지될 수 있도록 소방훈련을 실시하되 협력업체의 직원까지 포함하여 훈련에 참여하도록 하기 바람.

03

○○영농조합 굴착면 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 기 조성된 성토 사면의 배수로(플류관)가 파손되어 배수로(플류관)을 철거하고, 지중으로 수직·수평의 배수관로(PE 이중벽관 $\phi 600\text{mm}$) 설치작업을 수행함.

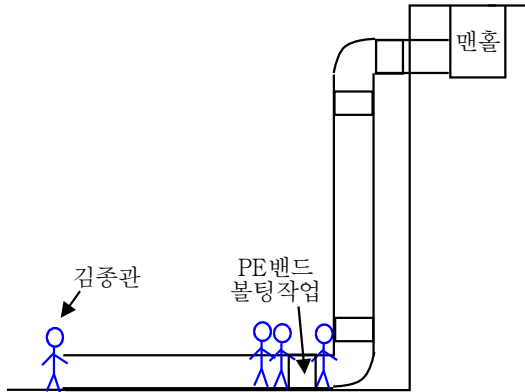
* 굴착면: 폭:약4m, 깊이:약7m, 경사기울기: 약1:0.2

○ 재해발생 상황은

- 굴착면의 토질은 농장 조성공장시 성토된 토사이고, 약7m깊이로 굴착된 굴착면 상단부의 폭은 4m, 하단부의 폭은 1m로서 굴착 좌우측법면의 기울기는 약1:0.2로 추정할 수 있으며, 수직관로 배면의 굴착면은 수직으로 굴착되었고 배면 상단부의 노면은 콘크리트 포장임.
- 기 조성된 성토법면을 길이직각방향으로 굴착한 후 기존 맨홀의 배수관에 PE밴드(PE이중벽관 이음부재)로 접합하여 수직 배수관로(PE이중벽관 $\Phi 600\text{mm}$, $L=4\text{m/분}$)를 설치하였음.
- 수직 배수관로 설치를 완료하고, 작업자 3명이 굴착면 바닥에서 PE이중벽관 접합을 위한 PE밴드 볼팅작업 중 굴착된 좌측법면이 붕괴되면서 근로자 4명이 매몰되어 1명은 구조되고, 3명이 사망한 재해임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 깊이 약 7m의 성토지반을 굴착하면서 굴착 법면의 붕괴 방지를 위하여 굴착면의 기울기 기준을 준수하거나 흙막이 등을 설치하는 등의 지반 붕괴방지조치 없이 급경사로 굴착(≒1:0.2)한 후 굴착 저면에서 배수관로 매설작업을 실시함.



[재해발생상황도]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

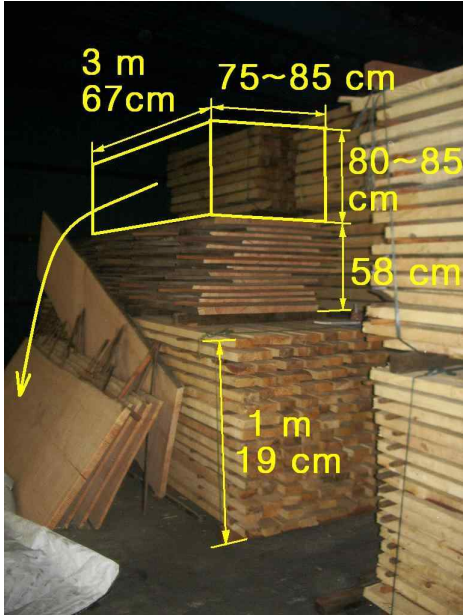
- 지반 등을 굴착하는 때에는 붕괴 방지를 위하여 굴착면의 기울기 기준을 준수하거나 이를 확보하기 곤란한 때에는 흙막이 등을 설치하는 등의 조치를 한 후 작업실시하여야 합니다.

※ 굴착면의 기울기 기준

- 보통흙 습지 1:1~1:1.5
- 보통흙 건지 1:0.5~1:1

04

○○목재(주) 판재더미 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- ○○목재(주)는 건조로를 사용하여 목재판재를 건조하는 사업장으로서, 판재입고→상적작업→건조→출로작업→하적/출하의 공정으로 이루어짐.
- 건조 완료된 제품 일부를 출로 한 후 다른 목재 더미의 건조를 준비하기 위한 바닥 청소작업을 수행하고 있었음.

* 목재판재: 수종:더글라스, 길이:3.67m, 폭 : 75~85Cm, 두께:1.8~4.2Cm, 비중:0.48~0.55

○ 재해발생 상황은

- 상적작업은 바닥에 있던 목재더미(길이:2.8m, 폭:1.16m, 높이:1.19m) 두 단 위에(총길이:4.7m) 고임목 5개를 깔고 그 위에 판재더미를 추가로 올려 놓고 건조를 시작함.
- 건조를 마친 목재더미를 출로한 후 다른 목재 더미의 건조작업을 준비하기 위해 바닥 청소작업을 실시함.
- 판재더미가 건조중 수축하며 변형이 일어나 무게중심이 이동되어(편하중발생) 판재더미 일부가 붕괴됨으로써 바닥 청소작업중이던 근로자를 덮쳐 근로자 1명이 사망하고, 1명이 부상하였음.

* 더글라스목의 수축율 : 길이방향:0.7%, 방사방향:5.05%, 접선방향:7.8%, 용적수축율:13.5%

○ 재해발생의 주요원인은

- 높이가 2m이상인 물건을 쌓거나 무너뜨리는 작업시 원부재료의 취급방법 및 요령, 낙하 및 붕괴재해예방에 관한 사항 등 업무와 관계된 안전보건에 관한 특별안전교육을 실시하지 않았음.
- 목재판재등의 중량물취급작업시 낙하 및 붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책을 포함한 작업계획서 작성하지 않았음.
- 중량물 취급작업에 관한 작업계획서를 작성한 경우 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따른 작업을 지휘하도록 하여야 하나 그러하지 않음.
- 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 작업을 하는 경우 안전모등 개인보호구를 지급하고 착용토록 하여야 하나 그러하지 않음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자는 높이가 2m이상인 물건을 쌓거나 무너뜨리는 작업에 근로자를 종사시킬 경우에는 원부재료의 취급방법 및 요령, 물건의 낙하 및 붕괴예방에 관한 사항, 적재방법 및 전도방지에 관한 사항 등 안전보건에 관한 특별교육을 하여야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 중량물 취급작업을 하는 경우 낙하 및 붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책을 포함한 작업계획서를 작성하고, 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 합니다.
- 또한, 사업주 또는 관리자는 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 작업의 경우 근로자에게 안전모등 개인보호구를 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.

05

○○금속 용해로 브리징(Bridging) 현상에 의한 폭발사고



○ 작업 상황은

- 평상시와 같이 현장 근로자들은 용해 작업을 위한 용해로 가동준비를 하였으며,
- 고철을 단계별로 주입하고 용해작업을 수행함

* 용해로 종류 : 전기로(유도로)

- 동(銅)코일의 고주파에 의한 유도전류로 열원을 발생시켜 장입된 철재를 용융
- 냉각수 : 동(銅)코일 내부에는 고순도 증류수인 냉각수가 순환되며, 냉각수 온도가 일정온도(40℃이상)가 되면 자동으로 전원이 차단되는 구조
- 용해로 내부의 방열을 위해 설치하는 축로재는 80회 정도 사용이 가능하며, 사고발생 사업장에서는 보통 50회 정도 사용 후 교체하였으며 사고당시에는 33회 정도 사용함

○ 재해발생 상황은

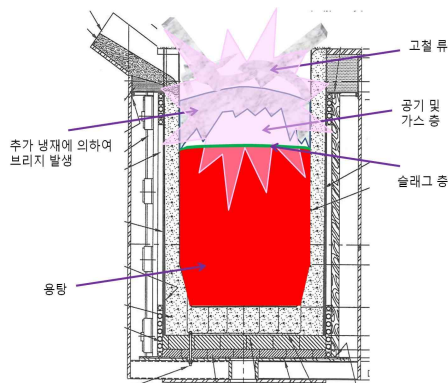
- 용해작업중 브리징(Bridging) 현상* 등으로 용해작업이 원활하지 않자 브리징(Bridging) 현상 및 용탕 상부의 슬래그층을 뚫기 위하여 1차적으로 철근을 이용하여 브리징현상을 해소하기 위한 조치를 취함

※ 브리징(Bridging)현상 : 용해로에 추가된 냉재가 하부의 용탕에 직접 닿아 용해되지 않고 로체 상부에 걸려 있는 것으로 브리징이 발생하면 상부의 차가운 장입재와 하부의 용탕 사이에 단열층이 형성되어 하부 용탕의 열이 상부로 발산되지 못하고 투입된 출력에 의해 과열되어 라이닝이 급격하게 손상될 수 있음

- 현장관리자인가 크레인에 원통형 중량물을 이용하여 브리징(Bridging) 현상을 해소하기 위해 단단해진 용해로 상부를 가격하였으나 여의치 않음
- 관리감독자인 이사를 호출하여 현장 확인 후 재차 브리징(Bridging) 현상을 해소하기 위하여 굵은 철근으로 용탕 상부의 슬래그 층 등을 뚫는 과정에서 내부 압력과 온도에 의하여 용탕이 분출하여 비산된 용탕이 작업자 4명을 덮침
- 이로 인한 화상으로 근로자 4명이 병원에서 치료중 3명 사망함

○ 재해발생의 주요원인은

- 고철을 용해로내에 한꺼번에 다량 투입하여 용융물 상부에 브리징(Bridging)이 형성되어 용탕에서 발생된 가스가 분출되지 못하고 압축된 상태로 존재하여 용탕의 온도 및 압력상승으로 용탕이 비산됨.

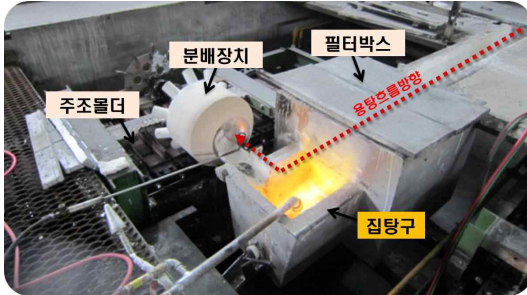


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 브리징 현상의 주된 요인인 과다 투입을 방지하기 위하여 용해로 내에 철재 장입물 투입작업시 일시에 투입하지 말고 고철 등의 용융상태를 보면서 조금씩 투입하여야함
- ※ 필요시 작업지침에 반영하여 추가 장입량 제한
- 용융고열물의 비산 등으로 인한 화상재해 발생위험이 내재되어 있기 때문에 용해작업 시에는 반드시 규정된 방열복, 보안면, 안전장갑 등 개인보호구를 착용한 후 용해작업을 실시하여야 함

06

(주)○○금속 용해로 작업중 비산된 용탕에 화상



○ 작업 상황은

- 연속주조기 공정 : 용해로에서 나온 용해된 알루미늄 합금(이하 “용탕”이라 함)이 필터박스(필터로 이물질 제거) 및 집탕구를 지나 분배장치에서 연속적으로 컨베이어 타입의 주조몰드에 용탕을 투입되고 컨베이어 하부에 냉각수가 투입되어 주조몰드 내 용탕을 식혀주는 자동 공정임.

재해당시 작업내용 : 작업이 끝날 무렵 집탕구에 남아있던 용탕(이하 “잔탕”이라 함)을 치구(국자모양으로 손잡이 길이 1000mm)를 사용하여 제거하는 작업을 함.

○ 재해발생 상황은

- (주)○○금속울산공장 생산직 근로자 A가 알루미늄 합금 잉곳 주조가 끝날 무렵 집탕구에 남아있던 용해된 알루미늄 합금(용탕)을 제거하기 위하여 치구를 용탕에 넣는 순간 용탕이 비산하여 화상을 입었으며, 옆에 서있던 B 조장도 비산된 용탕에 의해 화상을 입은 재해임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 용탕 제거용 치구 내 물이 고이거나 습윤 상태에 대한 조치 및 확인절차를 준수하지 않음.
 - 고열물의 비산 등으로 인한 화상을 예방하기 위한 보안면, 방열복 등 개인 보호구를 착용하지 않음.
-



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 용융고열물을 취급하는 설비에 물이 고이거나 습윤상태에 있지 않음을 확인하여야 하며, 용탕 제거용 치구 사용 전 충분히 예열하여 수분을 완전히 제거한 후 사용하여야 함.
- 용융고열물을 취급하는 작업을 하는 장소에 대하여 해당 고열물의 비산 및 유출 등으로 인한 화상이나 그 밖의 위험을 방지하기 위하여 근로자에게 방열복, 보안면, 방열장갑 등을 착용토록 하여야 함.
- 연속주조기의 냉각수에 의해 발생한 수증기를 제거하기 위하여 연속주조기 상부에 국소배기장치를 설치하여 충분한 환기를 통하여 작업장 내 습도를 낮추는 등 습도에 대한 관리방법을 개선하시기 바람.

07

○○철강(주) 크레인 작업중 떨어짐 사고



○ 작업 상황은

- ○○철강(주)의 협력업체인 ○○산업은 고철장에서 천장크레인(30톤-조종석설치구조)으로 고철을 장입장으로 운반하여 전기로에 장입하는 과정으로, 피재자 2명은 고철 운반용 천장크레인 조종석으로 이동 중 점검통로에서 추락하였음.

※ 동역산업에서 고철장에 설치되어 있는 천장크레인 6대 모두를 운전하고 있음.

○ 재해발생 상황은

- 재해자는 ○○철강(주) 사내 협력사인 ○○산업에 입사 후 고철 운반용 천장크레인을 운전하여 왔음.
- 근로자 1명 과 피재자 2명은 출근한 후 천장크레인 운전하여 고철장에 입고되어 있는 고철의 정리정돈 작업을 수행하였음.

※ 1개조는 3명이며 피재자 2명과 근로자 1명이 같은 조로 구성되어 있음.

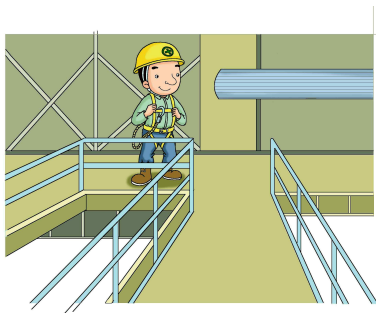
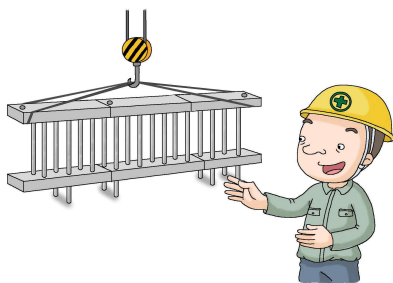
- 저녁식사 후 피재자 1명은 고철장 외벽에 설치되어 있는 계단을 올라 크레인 점검통로 출입문으로 이동하였으며, 약 5분 후 다른 피재자 1명도 동일한 경로로 이동하였음.

* 근로자 1명은 개인적인 용무로 외출중이었음.

- 작업지시자가 피해들에게 작업지시를 하기 위하여 무전기로 호출하였으나 응답이 없어 근로자 1명에게 휴대전화를 거는 등 피해자 2명의 소재를 확인하기 시작함.
- 작업지시자는 2명의 명의 소재를 직접 확인하기 위해 고철장 외벽에 설치되어 있는 계단을 올라가 보니 크레인 점검통로 바닥에 피해자들의 것으로 보이는 보호구(안전모, 마스크 등)가 놓여져 있고 크레인 점검통로상 혈흔이 있는 것을 보고 계속 찾던 중 피해자 2명이 고철장 내부 바닥에 떨어져 있는 것을 목격함.
- 작업지시자는 고철장 바닥으로 내려와 피해자의 모습을 확인하고 동료작업자들과 함께 119에 신고하였으나 현장에서 사망한 것으로 추정되는 재해임.

○ 재해발생의 주요원인은

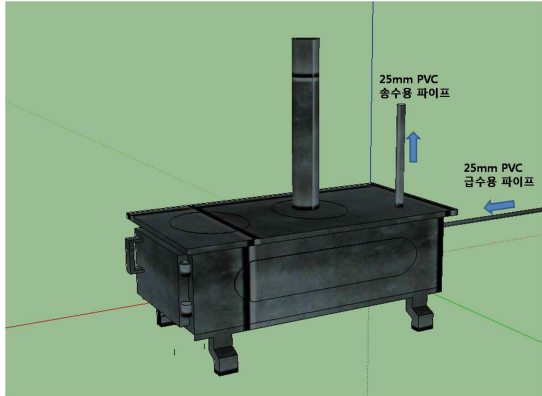
- 고철장 천장크레인 점검통로는 추락에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있으나 추락방지를 위한 방호울 등의 안전조치 미실시.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 고철장 천장크레인 점검통로 등 추락에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에는 방책을 설치하는 등 관계근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 함.

08 자체 제작 보일러 사용중 폭발사고



○ 작업 상황은

- ○○기업 작업장에서 방화문 제작 작업을 위하여 철판과 충진재(종이)를 접합하는 핫프레스에 열원을 공급하는 자체제작 보일러*를 가동하고 보일러 용수 예열용 화목 보일러에 연료용 나무를 넣고 연소를 시작하고 있었음.

* 보일러 규격 및 구조 : 직경 100cm x 길이 140cm 의 원통형 철구조물 내부에 화목연소실(직경70cm x 가로 110cm)이 설치되어 있으며 연소실 외부에 물이 채워져 있음.

○ 재해발생 상황은

- ○○기업 작업장에서 방화문 제작 작업을 위하여 철판과 충진재(종이)를 접합하는 핫프레스에 열원을 공급하는 보일러*를 가동하고 보일러 용수 예열용 화목 보일러에 연료용 나무를 넣고 연소를 시작하였고,
- 용수 예열용 화목보일러는 설 연휴기간(2012. 1. 21~25 5일) 동안 운전을 정지하였다가 사고 당일 가동을 시작하였으며 설 연휴동안 한파*로 인하여 급·배수 배관이 동결된 상태에서 화목의 연소로 보일러 예열용 용수의 온도가 점차 상승하였으며,
 - * 기상청 관측 결과 사고지역과 인접한 이천시의 사고 전날(2012. 1. 25)의 최저기온 -11.8℃, 평균기온 -7.8℃ 로 급·배수용 배관은 내부의 용수가 완전히 동결된 상태였음.
- 예열탱크 내부에는 용수가 증기화되어 설비 밖으로 배출되지 못하고 내부에 압력이 축적되어 화목보일러가 폭발하였으며 보일러 본체가 설치된 장소에서 비래하여 근로자 1명이 사망하고, 2명이 부상을 당하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 연휴 등으로 인한 화목보일러의 가동 중지 후 재가동시 작업 전 점검을 통하여 설비의 이상유무를 점검하고 안전성을 확인한 후 작업에 임하여야 하며 특히 보일러는 급·배수 설비의 이상유무가 매우 중요하므로 작업전 반드시 정상작동여부를 점검하지 않았음.
- 화목보일러 예열탱크는 과압에 의한 폭발위험이 있으므로 안전밸브 등 압력방출장치를 설치하여야 하나 이를 설치하지 않아 내부압력 증가를 해소하지 못하여 폭발의 직접원인으로 작용했음.
- 화목보일러 가동시 적절한 수위를 확보하기 위하여 고저수위지점을 알리는 경보등·경보음 장치를 설치하여 자동으로 급수되거나 단수되도록 하여야 하나 이를 설치하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자는 보일러 가동 중지 후 재가동시 작업 전 점검을 실시하여 급·배수 배관의 이상유무 및 용수의 공급상태 등 설비의 작업 전 점검을 실시한 후 안전성을 확인한 후 작업을 실시하여야 합니다.
- 또한, 사업주는 화목보일러를 자체 제작시에는 보일러 예열탱크에 과압형성시 이를 해소하여 용기를 보호할 수 있는 안전밸브 등 압력방출장치를 설치하여야 하고 보일러 가동시 적절한 수위를 확보할수 있는 고저수위지점을 알리는 경보등·경보음장치를 설치하여 자동으로 급수되거나 단수되도록 하여 보일러의 과열을 방지하여야 합니다.

09

승강로에 끼인 일반작업용 리프트가 떨어져 사망



○ 작업 상황은

- ○○엔지니어링 작업장에서 작업자 3명이 3층에서 작업 중 작업장이 더워서 냉방장치가 되어 있는 2층에서 작업하고자 제품을 운반하기 시작함
- 리프트 운반구가 3층에서 2층으로 내려가면서 “탈각” 소리가 나, 2층에 내려가 보니 운반구가 덜 내려온 상태에서 대차 1개의 한쪽이 들려있고 리프트 운행이 멈춰져 있었음

* 일반작업용 리프트 사양

- 승강로 높이 : 14m
- 호이스트 정격하중 : 2.8톤
- 운반구 적재하중 : 0.6톤
- 종류 : 와이어로프식
- 조작방식 : 수동

○ 재해발생 상황은

- ○○엔지니어링 작업장에서 리프트 운반구가 작업장 3층에서 2층으로 하강 중, 운반구 내에 실은 대차 2개 중 1개가 승강로 쪽으로 이동하면서 대차의 바퀴가 승강로 구조물(ㄱ형강 부재)에 끼이면서 운반구의 바닥면이 2층 승강 바닥에서 약 75cm 상부 지점에서 운반구가 비정상적으로 멈춤
- ▶ 운반구에 화물반입문이 설치되어 있었다면, 대차의 불시 이동은 화물반입문에 제지되어 대차의 바퀴가 승강로 구조물에 끼이며 운반구가 비정상적으로 멈추는 현상은 발생하지 않았을 것임

○ 재해발생의 주요원인은

- 리프트 운반구 내부에는 화물의 이탈을 방지할 수 있도록 당초에는 화물반입문이 설치되어 있었으나, 이를 제거하고 이와 연동된 리미트스위치의 기능을 해체한 상태로 리프트가 운행되어,
 - ☞ 운반구에 실은 대차가 승강로 구조물까지 이탈하여 걸리면서 비정상적인 위치에 멈추는 현상이 발생하여 이를 해결하는 과정에서 재해가 발생함
- 사고발생 리프트의 운반구는 금번 사고 이전에도 수회(3~4회) 운반구가 떨어지는 사고가 발생한 적이 있어, 그 때마다 낙하방지장치 용접구조부가 충격을 받아 용접부 파단현상이 선행되고 있었던 것으로 판단되나,
 - ☞ 이를 방지하여, 운반구의 비정상적인 불시낙하를 위하여 설치한 낙하방지장치의 용접부위가 떨어져 나가 방호장치의 기능을 상실함으로써 재해가 발생함



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 리프트의 운반구에는 안전인증 및 안전검사 기준에 따른 화물반입문이 설치되어 있어야 하며, 화물반입문 개방시에는 리프트의 운행이 중단될 수 있도록 연동장치를 설치하고, 설치된 방호장치가 정상적으로 작동될 수 있도록 하여야 함
- 낙하방지장치의 용접부는 안전인증 기준에서 정한 바에 따라, 용접부위의 용해가 충분하고 용접결함이 없는 상태를 확인하여 방호장치의 기능이 유지되도록 하여야 함
- 운반구의 낙하위험이 있는 등 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에는, 근로자의 출입을 금지시키고 리프트의 고장상태를 수리하는 등 위험을 제거한 후 근로자를 출입시켜야 함

10

작업장 이동중 후진하는 지게차와 건물구조물 사이에 끼임



○ 작업 상황은

- 작업특성상 공정중에 여러 가지 부산물이 발생되어 이를 처리하는 처리장으로 수시 이동하고 있음
- 피재자는 작업중 발생하는 부산물을 이동대차에 싣고 이동

* 작업장 상태

- 출입문에서 재해발생 지점까지의 거리는 4m
- 지게차 후진시 경보음이 발생하고 있으나, 재해발생 지점은 주위의 기계소음으로 88~92dBA의 소음이 발생하고 있어 주위 작업자가 후진경보음을 인지하기 어려움
- 조도는 500Lux 이상으로 물체나 이동중인 지게차, 작업자를 인지하기에는 충분함
- 재해발생지점의 통로는 90° 회전통로 형태 이므로 후진하는 지게차 운전자와 이동하는 작업자 사이에 사각지대가 형성됨

* 작업장 상태

- 규격 : 2070mm×1090mm×1995mm
- 적재하중 : 1.5톤
- 주행속도 : 11km/h

○ 재해발생 상황은

- 작업중 발생하는 부산물을 이동대차에 싣고 재해발생지점으로 이동하였으며, 지게차 운전자는 창고에 물건을 입고한 후 재해발생지점으로 후진상태로 지게차를 운전하였음

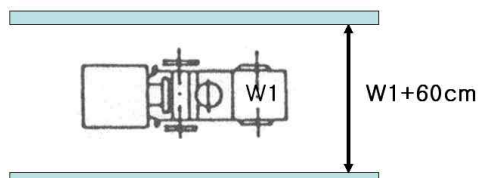
- 지게차를 후진 운전중이던 지게차 운전자는 지게차가 무엇인가와 충돌하는 것을 인지하고 뒤를 돌아보자 재해자가 지게차 후면과 안전가드 사이에 끼어 있는 것을 확인하고 지게차를 전진시켜 119에 신고하였으나 사망함

○ 재해발생의 주요원인은

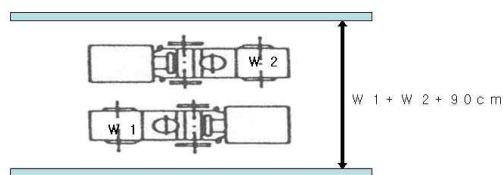
- 가공기계 소음이 90dBA내외로 발생하는 협소한 작업장내에서 작업자 이동 통로가 별도로 구획되지 않은 공간에서 이동대차를 밀고 가는 피재자가 후진하는 지게차에 치임



[지게차 전용통로와 보행자 통로]



[그림 1] 지게차 1대가 다니는 통로



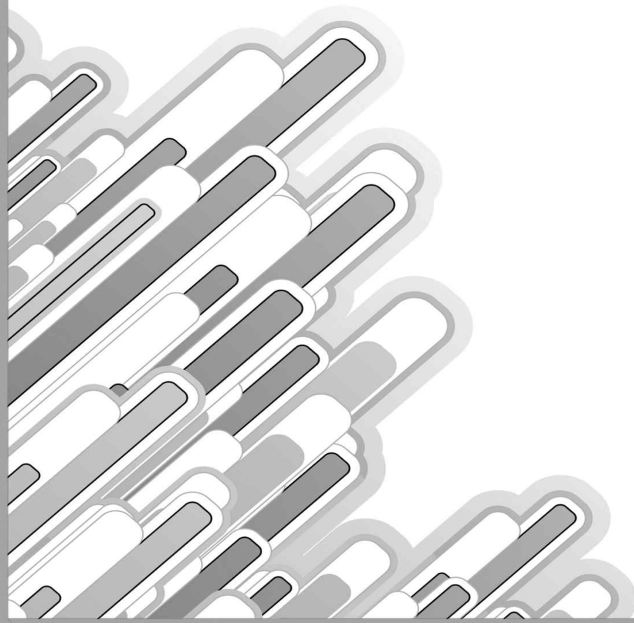
[그림 2] 지게차 2대가 다니는 통로

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 작업장내에 근로자가 사용할 수 있는 안전한 통로를 설치하고 구획표시
- 지게차와 근로자가 동시에 통행하는 장소는 지게차 전용통로와 보행자 전용통로 별도 구획
- ※ 재해발생지점은 지게차와 작업자 통로로 구별하여 사용하기에는 공간이 협소하므로 작업자의 이동통로를 다른 장소로 이전 설치
- 90° 회전통로의 사각지대 해소를 위해 반사경을 설치하여 지게차 운전자와 이동 작업자의 시야를 확보
- 지게차 후진 시 발생하는 경보음을 주위 기계소음에도 작업자가 쉽게 인지할 수 있도록 경보음을 상향 조절



건설업



Ⅱ. 건설업

11. ○○건설(주) 미술관 화재사고	31
12. ○○건설주 교량상판 무너짐 사고	33
13. ○○건설(주) 바지선 침몰사고	35
14. ○○건설(주) 교량 작업대차 탈락사고	37
15. [주]○○공사 고소작업대 무너짐 사고	39
16. 산소-LPG 용단작업 중 폭발사고	41
17. ○○발전주 시스템비계 무너짐 사고	43
18. ○○건설(주) 철구조물 무너짐 사고	45
19. [주]○○ 우수박스 작업 중 익사사고	47
20. ○○건설주 데크플레이트 무너짐 사고	49
21. 지붕 보수작업 중 떨어짐 사고	51
22. [주]○○건설 터널암반 무너짐 사고	53
23. ○○건설(주) 냉매 배관 파열사고	55
24. ○○건설주 크레인 작업대 탈락 사고	57
25. ○○전기 고소작업대 불 파손사고	59
26. ○○산업 케이블 대차 추돌사고	61

Ⅱ . 건설업

27. [주]○○건설 정수시설 익사사고	63
28. ○○건설(주) 정각지붕 무너짐 사고	65
29. [주]○○ 시스템동바리 무너짐 사고	67
30. ○○건설(주) 크레인 버켓 탈락사고	69
31. [주]○○전력 크레인 버켓 탈락사고	71
32. ○○건설(주) 가물막이 무너짐 사고	73
33. ○○건설(주) 고소작업대 붕 꺾임사고	75
34. ○○개발(주) 타워크레인 무너짐 사고	77
35. ○○개발(주) 터널막장 무너짐 사고	79
36. ○○건설(주) 상수도관 송수터널 익사 사고	81
37. ○○엔지니어링(주) 물탱크 파열사고	83

11

○○건설(주) 미술관 화재사고



○ 작업 상황은

- 재해당일 ○○건설(주)의 미술관 건립공사 지하층에서는 골조(○○아이앤씨), 조적(○○건축), 방수 및 우레탄뿔칠 (○○방수), 전기·통신·설비(○○네오텍), 내화피복뿔칠(○○엔지니어링) 등의 작업을 152명이 수행하고 있었으며, 최초 화재발생 장소인 지하 3층 기계실에서는 조적공 4명이 벽체 블록쌓기와 기계실 물빼기 작업이 진행 중이었음.

○ 재해발생 상황은

- 기계실 천장에 설치된 가설전등(메탈할라이드)중 저수조 출입구 앞에 설치된 전등의 상부에서 스파크 및 불꽃이 발생하면서 천장에 뿔칠된 폴리우레탄폼에 발화되어 발생한 화재로,
- 지하3층 기계실 옆 전기실에서 물빼기작업을 하던 원청업체인 ○○건설(주) 직영근로자 1명, 지하2층 에서 천장에 우레탄뿔칠작업을 하던 (주)○○방수 소속근로자 1명, 지하1층에서 탈의실 이전작업을 하던 (주)○○아이앤씨 소속 근로자 2명이 연기 및 유독가스에 질식되어 총 4명이 사망하고 9명이 부상을 입음.

* 폴리우레탄폼 연소 시 발생하는 연소가스는 일산화탄소, 이산화탄소, 아황산가스, 암모니아, 시안화수소, 염화수소, 아크롤레인, 포스겐 등이 발생하여 주요한 치사원인으로 작용.

○ 재해발생의 주요원인은

- 단락, 반단선 등에 의한 전기스파크에 의해 우레탄 뿔칠 작업 시 가설전등 오염방지를 위해 씌워진 비닐에 착화되면서 폴리우레탄폼에 점화되었음.
 - * 비닐과 종이테이프는 전기스파크에 의해 쉽게 점화됨을 실험으로 확인.
- 보양비닐을 작업자가 제거 시 일부가 가설전등에 남아 있었을 경우 또는 보양비닐이 제거되지 않았을 경우(조명 부분만 제거 되었을 경우) 연소촉진제의 역할이 가능하였을 것으로 추정됨.
- 누전(지락)에 의한 발화 가능성(가능성이 없음)
 - * 천장 등의 철 구조물에서도 단락흔적이 발견되지 않았음.
- 과열에 의한 발화 가능성(가능성이 희박함)



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 성형된 폴리우레탄폼 등 가연성 물질과 점화원의 차단조치 및 가설전등 전선연결부 절연처리를 철저히 하여야 하며,
- 발포 후 성형된 우레탄폼 및 보양비닐 등의 가연성물질에 전선 접촉 금지 조치를 철저히 하여야 합니다.
- 또한, 화재발생에 따른 적합한 경보 설비 설치 및 대응체계를 수립하여,
- 화재 등 비상시 주변 근로자에게 긴급 상황을 알릴 수 있도록 경보 설비 설치하여야 합니다.

12

○○건설(주) 교량상판 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 재해현장인 ○○교 가설공사는 ILM(압출)공법에 의해 연속교로 시공이 되었으며 사고가 발생한 연결교량(L=55m) 구간은 접경지역에 설치되는 특성에 따라, 전쟁발발 등 유사시 교량 일부를 폭파하기 용이하도록 주교량과 분리된 IH(Innovated Hybrid) 교량형식의 단순교(單純橋)로 시공 중이었음.

○ 재해발생 상황은

- 사고당일(9월 22일) 콘크리트 타설 작업자 17명, 신호수 1명, 연석작업자 3명 등 총 21명이 07시경 출력하여 07시35분경부터 교각(P1) → 교대(A1) 방향으로 연결교량(IH 교량형식) 상부 슬래브 콘크리트 타설작업을 진행함.
- 교각(P1)에서 교대(A1) 측으로 약 20m 지점을 타설하던 중(총 206m³ 중 40m³ 타설) 08시 50분경 거더(L=55m) 상현강재가 좌굴(P1에서 약 10.7m 위치)되면서 거더 3열 중 2열(G1, G2)이 무너(낙교)지면서 상부에서 작업하던 근로자 14명이 약 15m 아래로 함께 떨어져 2명이 사망하고 12명이 부상을 당함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 사고발생 연결교량(IH 교량형식) 시공 시 설계도서의 시공순서 미준수에 따른 무너짐(낙교) 가능성이 높음.

* 사고발생 연결교량의 가설공법은 당초에는 지상에서 거더를 제작 및 조립한 후 크레인에 의

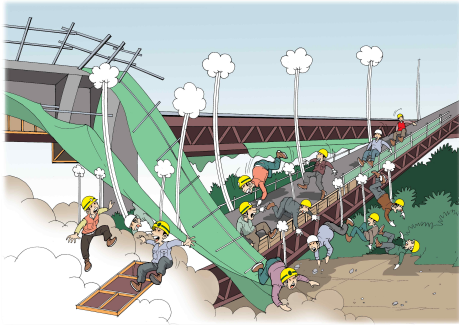
한 일괄가설공법으로 설계되었으나 현장여건상 부적합하여 교량하부에 성토와 벤트를 설치하여 가설하도록 설계변경 되었음.

－ 상현강재 용접결함으로 인한 붕괴 가능성이 낮음.

* 현장용접 품질관리 서류 및 용접상태 현장 확인 결과 용접균열 등의 결함이 발견되지 않았고 또한 상현강재의 좌굴이 연결 용접부위가 아닌 부위에서 발생함에 따라 용접결함으로 인한 무너짐 가능성은 낮음.

－ 기상악화(태풍 및 홍수)로 인해 장기간(73일) 공사중단 상태로 구조자체가 변형되었을 가능성은 확인이 어려움.

* 현장확인 결과 무너진 상태의 거더에서는 특별한 변형상태를 발견하지 못함.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

－ 공사단계별로 구조검토 된 설계도서의 시공순서를 반드시 준수하고 시공계획서에 의한 주요 단계의 작업이 완료되면 시공자 및 감리원은 설계도서, 지방서에 따른 시공여부 확인 실시를 철저히 하여야 하며,

－ 상부구조가 금속 또는 콘크리트로 구성되며 높이가 5m이상 이거나 최대 지간거리가 30m 이상인 교량설치·해체 또는 변경작업 시에는 작업방법 및 순서, 부재의 낙하전도 또는 붕괴를 방지하기 위한 방법 등이 포함된 작업계획서를 작성하고 그 내용을 근로자에게 알려야 하며 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 재해가 일어나지 않을 것입니다.

13

○○건설(주) 바지선 침몰사고



○ 작업 상황은

- ○○신항 방파제 축조공사는 항내 정온도 향상을 위해 연장 1km 규모의 방파제를 축조하는 공사로 사고발생 공정은 방파제 기초공사를 위한 해상 DCM(심층혼합처리공법) 작업으로 재해당일 DCM 작업 중 기상악화가 예상되어 피항지시를 받고 한국예선업협동조합에 DCM Barge 피항을 위한 예선을 요청함.

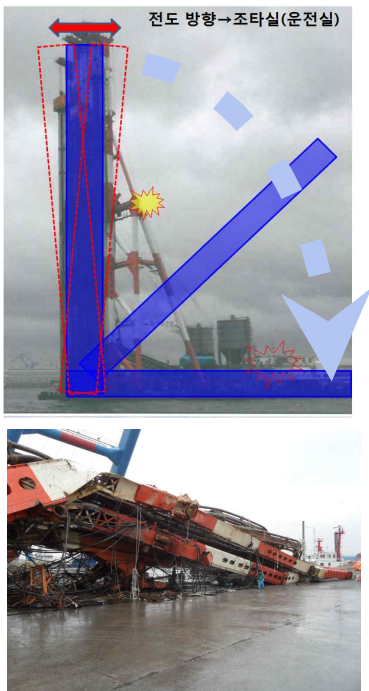
* DCM(Deep Cement Mixing Method, 심층 혼합처리공법) : 해저면 깊은 곳(깊이 약 40~45m)까지 천공하여 흙속에 시멘트페이스트를 고압분사하여 지반을 강화시키는 지반개량공법.

○ 재해발생 상황은

- 현장관계자 진술 및 침몰된 석정36호(DCM Barge) 상황을 볼 때 외적 불안정으로 인한 전복이라기보다는 선체 부재의 구조적 문제로 인한 내적 불안정에 기인한 장비선 침몰로 판단됨.
- 한국예선업협동조합에서는 DCM Barge가 앵커 1개 내린 상태이고, 예인선 접근 불가로 다른 조치가 필요하다고 관제실(VTS)에 유선 통보하여, 다른 예인선에 현장지원을 요청하고 대기하던 중 DCM Barge의 Leader가 DCM 운전실 쪽으로 전도되면서 DCM Barge가 침몰하여 근로자 12명이 사망함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 구조검토 없이 개조된 선체의 구조물이 장기간 부가하중(파랑, 풍속, 조류 등)에 의해 부식, 피로 및 반복하중이 발생되어 선체 및 리더, 지지부재 등에 취약부분이 발생하였고 재해당일 악천후시의 파고, 강풍 등의 충격력 등을 견디지 못하고 리더 지지부재가 파단된 것으로 추정되며,
- 자체 기상예측 프로그램에 의해 기상악화를 우려하여 10:30분경 피항 지시가 떨어졌지만 잔여 지반개량(DCM) 공사(즉시 작업 중단을 하지 않음)로 초기에 앵커를 제거하지 못해 시기를 잃어 앵커 회수가 곤란하게 되었고 계속되는 악천후에 피항이 계속 지연되었음. 또한, 악천후 시에는 예인선 및 양묘선을 별도로 운영하여 신속한 피항을 하여야 하나 피항 대책 등 안전관리 계획에 반영되어 있지 않아 인명피해가 대형화되었음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 구축물 또는 이와 유사한 시설물에 대하여 자중, 적재하중, 적설, 풍압, 지진이나 진동 및 충격 등에 의하여 붕괴·전도·도괴·폭발하는 등의 위험을 예방하기 위해 설계도서의 지침에 의거 제작했는지의 여부를 확인해야 하며,
- 구조물, 건축물, 그 밖의 시설물이 그 자체의 무게·적설·풍압 또는 그 밖에 부가되는 하중 등으로 붕괴 등의 위험성에 대한 안전진단 등 안전성평가를 실시하여야 하고,
- 피항 지원 불가 접수 및 풍랑주의보 발표 시 즉시 작업을 중지시키고 근로자를 안전한 곳으로 대피시켜야 합니다.

14

○○건설(주) 교량 작업대차 탈락 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 ○○산단 진입도로 개설 공사로 접속교량 본 구조물은 공사가 완료되었고, 하수급업체인 ○○코리아(주)가 접속 D교 교량상판 하부 면 정리 작업 및 균열보수작업을 진행 중으로 전체 공정률은 약 88.25%이며, 면 정리 작업과 균열보수작업은 2~3인이 한조가 되어 교량 하부 작업용 대차에 탑승하여 작업을 실시하였음.

* 작업대는 전체 무게 2.7ton으로 교량상판 임시 레일에 수평이동하면서 작업.

○ 재해발생 상황은

- 피해자 2명이 한조가 되어 접속 D교 교각(Pier#8번)에서 교각(Pier#7번) 쪽으로 11m 지점 현장에서 교량 하부 작업용 대차를 이용 균열보수 및 면 정리 작업을 완료하였고,
- 다음 작업구간으로 작업용 대차를 궤도에 따라 수평이동 하려하였으나, 기 설치된 우수 드레인(Drain)이 돌출되어 작업발판지지 연결철물에 걸려서 이동할 수 없게 되자 작업용 대차의 작업발판(하부작업대)지지 연결 지지대(양쪽 연결 가세)를 산소절단기로 절단하였음. 그러자 동시에 작업발판(하부작업대)이 자체 하중을 견디지 못하고 작업용 대차의 수직지지대에서 편심과 전단파괴로 인해 분리되면서 피해자 2명과 같이 접속 D교 하부 땅바닥으로 떨어져(높이 : 37m) 사망함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 교량의 하부 작업용 대차에 탑승하여 교량 하부 면 정리 및 균열보수작업 시 사용하는 달대비계 사용 시에는 재료의 결함 유무를 점검하고, 작업방법 및 근로자 배치를 결정함은 물론 안전대와 안전모 착용 상황을 감시하는 등의 근로자의 위험을 방지하기 위한 사전 작업계획서를 작성함은 물론 그 계획에 따라 작업하도록 하여야 하나 미흡하였음.
- 작업지휘자를 지정하여 그 작업계획서에 따라 교량 하부 면 정리 및 균열보수작업 후에 우수 드레인(Drain)을 설치하도록 하는 등의 작업지휘가 필요하였으나 미 지정하여 작업을 진행하였음.

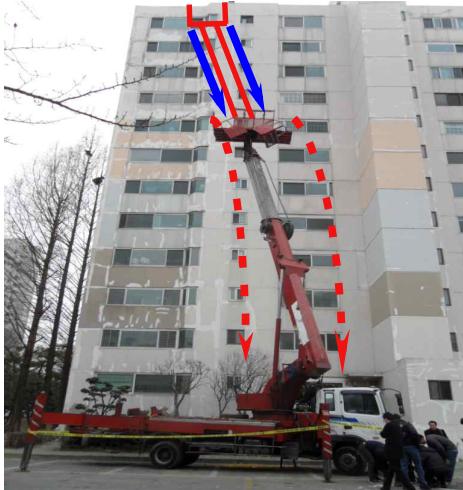


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 교량의 하부 작업용 대차에 탑승하여 교량 하부 면 정리 및 균열보수작업 시 사용하는 달대비계 사용 시에는 재료의 결함 유무를 점검하고, 작업방법 및 근로자 배치를 결정함은 물론 안전대와 안전모 착용 상황을 감시하는 등의 근로자의 위험을 방지하기 위한 사전 작업계획서를 작성함은 물론 그 작업계획에 따라 작업하도록 하여야 하는 등 작업방법을 개선하고,
- 사전 작업계획서를 작성한 경우에는 작업지휘자를 지정하여 그 작업계획서에 따라 교량 하부 면 정리 및 균열보수작업 후에 우수 드레인(Drain)을 설치하도록 하는 등의 작업지휘를 실시하면 재해가 발생하지 않을 것입니다.

15

(주)○○공사 고소작업대 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 서울 ○○아파트 36개동의 외벽 크랙보수 및 재도장 공사 현장으로, 재해발생일 현재 501동, 505동, 506동은 크랙보수 작업이 완료되었으며, 509동, 510동, 511동은 약 70~80% 정도 작업이 진행된 상태임.

* 재해는 509동 후면부 12층 크랙보수 작업 중 발생하였고, 외벽 크랙보수 작업은 달비계를 타고 경미한 크랙보수 작업을 먼저 실시하였으며(달비계 작업은 피재자들이 아닌 다른 근로자들이 실시), APT의 방이 있는 부분의 외벽은 누수가 심하여 고소작업대에 탑승하여 보수작업을 실시함(각 고소작업대별 2명씩 탑승하여 작업 실시)

○ 재해발생 상황은

- 509동 후면 좌측부의 크랙보수(퍼티) 작업을 완료하고 고소작업대를 다른 곳으로 이동시키기 위해 운전원(김성중, 41세)이 붐대를 오른편으로 돌리는 순간,
- 붐대가 갑자기 접히면서 아파트 5층 지점까지 고소작업대가 내려오는 충격에 의해 고소작업대에 탑승하고 있던 작업자 3명중 근로자 1명과 관리소 직원 1명이 아파트 단지내 아스팔트 등으로 추락하여 사망하고, 근로자 1명은 고소작업대의 운반구 난간에 매달려 병원으로 후송된 재해임.

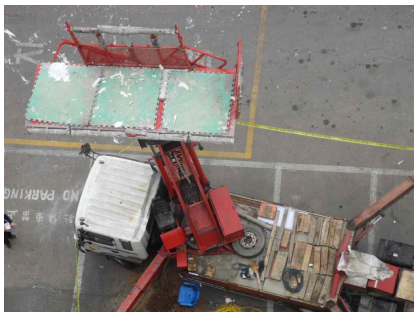
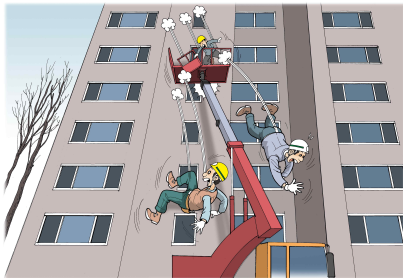
* (주)○○개발 소속 관리소 직원은 외벽의 금이 가있는 부분에 퍼티작업이 잘 되는지 여부를 확인하기 위하여 고소작업대에 탑승한 것으로 추정.

○ 재해발생의 주요원인은

- 고소작업대의 와이어로프 안전성 검토결과 안전율은 2.79로 규정에서 정한 기준값 5에 못 미치는 위험한 상태이며, 안전율이 미확보된 와이어로프는 반복되는 각종 동하중의 반복적인 작용에 취약하여 피로, 변형되어 결국 파단된 것으로 추정됨.

* 동 고소작업차량의 출고당시에는 14mm의 압축와이어로프(안전율 4.5)가 장착되었으나 이후 12mm(안전율 2.79)와이어로프로 교체하여 안전성이 저하되었음.

- 각 붐의 인출을 위한 2개의 와이어로프에서 한 개가 파단 되더라도 다른 연결부가 유지되어 붐기구의 안전성을 확보해야하나 와이어로프 연결기구 볼트체결부(hole)의 안전성이 미확보되어 동체결부가 찢어지고 볼트가 빠져 와이어로프가 이탈됨.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 와이어로프에는 견인력, 마찰력, 충격하중, 풍하중 등의 동적하중이 작용하고 계속 사용에 따른 피로하중이 영향을 미치므로 안전율 5이상의 안전한 와이어로프를 사용하여야 하고,
- 와이어로프가 연결부에서 이탈하는 경우에는 로프 파단과 같이 붐 하중에 영향을 미치므로 여러 가지 가혹한 조건을 고려하고 이를 충분히 견딜 수 있는 와이어로프 연결기구가 요구되며,
- 작업대의 모든 측면(4개면)에는 물체나 사람이 낙하 또는 추락하지 않도록 안전난간이 설치된 상태에서 작업을 실시하여야 합니다.

16

산소-LPG 용단작업 중 폭발사고



○ 작업 상황은

- 재해발생 당시 작업내용은 ○○재생센터 내에 설치되어 있는 비상용 발전기 설비를 교체하기 위해 기존 설비를 해체하고자 산소-LPG 절단기를 이용해 배관 등을 용단하는 작업으로 가스압축기실과 발전기실은 벽돌구조로 각각 격리되어 있는 구조였으며 두 개의 실(room) 사이에 출입문(방화문)이 설치되어 있으나 개방된 상태였고, 가스압축기실과 발전기실의 상부는 개방된 구조로 서로 뚫려 있는 건물구조 상태였음.

○ 재해발생 상황은

- 사고 당일 (주)○○엔텍 소속 사망자를 포함한 피재자 6명이 오전 7시 45분경에 현장에 도착하여 안전교육 후 오전 8시경에 현장 작업에 투입되었고, 10시 30분까지 발전기실 상부의 통행로(Walkway)를 2명이 철거하였으며, 그 외 2명은 이미 해체한 배관 등을 외부로 운반하였고, 나머지 2명은 발전기와 연결된 배관 등을 해체하였음.
- 이후 휴식을 취하고 있다가 10시 50분경에 다시 내부에 들어가 통행로(Walkway) 철거작업을 시작하였고 해체된 배관들을 보다 쉽게 운반하기 위해 재차 배관 절단작업을 하려고 하던 중 11시 5분경 폭발이 발생하여 작업자 5명은 2도 등의 화상을 입은 채 밖으로 뛰쳐나왔고, 작업자 1명은 발전기(1호기) 옆에 사망한 채로 발견됨.

* 가스압축기실과 발전기실 사이의 열린 출입문과 각 실(room) 상부가 서로 뚫려있는 개방된 구조로 인해 공기보다 가벼운 메탄가스가 쉽게 가스압축기실에서 발전기실로 유입되었을 것으로 추정.

○ 재해발생의 주요원인은

- 메탄포집가스 저장탱크(재생가스 탱크 1,2)로부터 가스압축기실의 가스필터(F1~F3)까지의 가스공급 배관 상에 설치되어 있는 중간밸브가 잠겨있지 않은 채 가스압축기실로 메탄가스를 공급하는 배관의 차단밸브를 해체하여 가스가 누출된 상태에서 발전기 및 관련설비 해체작업을 실시하였고,
- 가스필터만을 해체하여야 하나, 가스필터 전단의 차단밸브(1개소)를 해체하여 다량의 메탄가스가 누출되었고, 가스냄새가 날 경우에는 가연성가스 농도를 측정하고 폭발·화재 등 급박한 위험이 있는 경우에는 즉시 작업자를 안전한 장소로 대피시켜야 하였으나 이를 준수하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 가연성(인화성)가스를 공급하는 배관을 수리·청소·철거 등의 작업을 하는 경우에는 작업장소에 가연성 가스가 누출되지 않도록 가스공급 밸브를 잠그고 시건장치를 이용해 차단했음을 알 수 있도록 하여 조작 금지 표지판을 부착하는 등 안전조치를 먼저 하여야 하며,
- 해체작업 전 작업책임자가 사전에 현장을 점검하고 이상 유무를 확인하여 이상이 없을 경우에만 해체작업을 지시하여야 합니다.
- 또한, 가스냄새가 날 경우에는 가연성 및 독성가스 농도를 측정하여 폭발·화재 등 급박한 위험이 있다고 판단되면 즉시 작업자를 안전한 장소로 대피시켜 재해가 일어나지 않도록 하여야 합니다.

17

○○발전(주) 시스템비계 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 재해발생 현장은 ○○발전(주) ○○화력본부 제5호기 계획예방정비공사 현장으로 5호기 노내(爐內, 보일러 내부) 정비공사로, 사고발생 5호기 보일러는 정비를 위해 2월 25일 발전을 중지하고 2월 26일부터 3월 1일까지 노내(이하 “보일러 내부”라 함) 정비를 위해 시스템비계를 조립함.

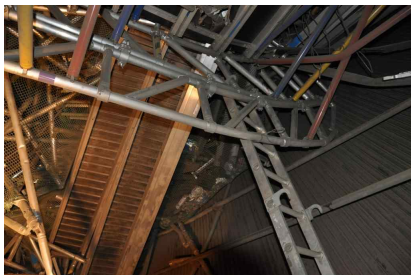
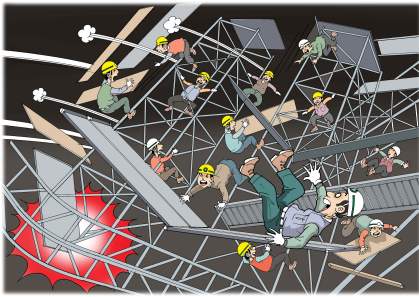
* 붕괴된 시스템비계는 아일랜드(Ireland) “Instant uprigh”사에서 수입된 제품(모델 No. E-1571)으로 ○○발전(주) 본사에서 직발주 구매함.

○ 재해발생 상황은

- 재해 당일 보일러 내부에는 내부 정비공사, 노즐팁 보강공사, 비파괴검사 등 3개 협력업체 등의 근로자 13명이 투입되어 보일러 보수 및 비파괴 검사를 수행 중이었음.
- 10:45경 보일러 내부에 설치된 시스템비계 하부 Base Truss가 파괴되며 시스템비계가 도괴되면서 붕괴, 비계에 설치된 작업발판 상부에서 작업 중이던 작업자 13명이 추락하여 2명이 사망하고 11명이 부상을 당함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 당 현장에서 사용한 시스템 비계는 노동부고시(제2009-81호)에 의해 의무적으로 안전인증을 받아야 하나 미인증 제품을 ○○발전(주)에서 수입·사용하였고,
- 비계 반입 시 부재 특성, 상세 조립도 작성, 부재조립방법 등을 검토한 후 조립작업을 실시하여야 하나 기 시공한 경험을 토대로 조립작업을 실시하였을 뿐만 아니라,
- 조립 시 부재를 누락하고 조립상태가 불량하여 자중 및 투입근로자 체중, 추가로 설치한 작업발판 및 자재 적치 하중 등을 지지하는 하부 기초트러스 받침이 하중을 견디지 못하고 붕괴된 것으로 추정되며,
- 비계를 조립한 후 해당 작업을 시작하기 전에 발판재료의 손상여부 및 부착 또는 걸림 상태, 비계의 연결부 또는 접속부의 풀림상태 등을 점검하고 이상 발견 시 즉시 보수하여야 하나 점검 미실시하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 비계 반입 시 부재 특성, 상세 조립도, 부재조립방법 등 설계 및 매뉴얼을 검토하여 안전한 작업방법을 강구하고, 부재는 누락 없이 견고히 설치하고 작업발판의 최대 적재하중을 정하여 이를 초과하지 않도록 관리를 철저히 하여야 하며,
- 비계를 조립한 후 해당 작업을 시작하기 전에는 발판재료의 손상여부 및 부착 또는 걸림 상태, 해당 비계의 연결부 또는 접속부의 풀림상태 등을 점검하고 이상 발견 시 즉시 보수해야 비계의 붕괴사고가 발생하지 않을 것입니다.

18

○○건설(주) 철구조물 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 연면적 12,840㎡ 규모의 공장동(2개동) 및 사무동 신축현장으로 공장동 구조는 기둥과 보는 Roll 구조이며, 천정부재는 P·E·B 철골구조를 이용한 혼합방식의 철골구조물 공사임.

* P·E·B (Pre Engineered Metal Building) ; 구조물 해석(설계)시 요구되는 응력에 견딜 수 있는 최적의 부재를 사용함으로써 기둥연결용 작은 보가 없이 시공이 가능하며 장 스팬의 철골공장이나 창고 구조에 적용하는 공법(PEB 공법에서는 천정 트러스 구조물을 라프트[썩까래]라고도 함)

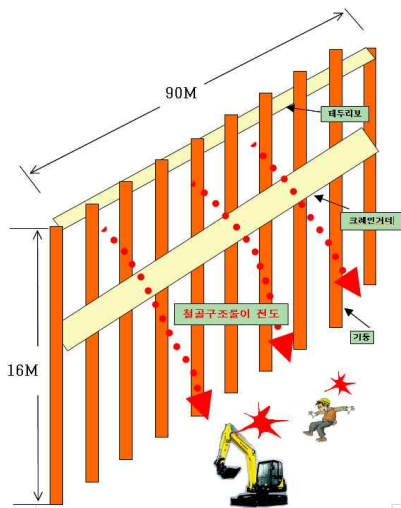
○ 재해발생 상황은

- 원청업체는 철골공사(제작, 설치)를 전문업체인 ○○중공업(주)에 하도급하였고 ○○중공업(주)는 철골공사 중 현장설치를 개인업자인 ○○○에게 재하도급한 상태로 재해당일 비가 내려 철골조립 작업이 불가능하여 근로자 3명이 자재 적재작업 및 정리작업을 진행 중,
- 프레스 공장동에 기 설치되어 있던 F열의 철골 구조물(철골기둥 및 크레인 거더 및 상부 테두리보)이 C열 방향으로 전도되면서 인근에서 작업 중이던 근로자 1명이 상부 테두리 보에 충돌하여 사망하였고, 장비운전원은 굴삭기 지붕 위로 떨어진 철골 기둥에 의해 굴삭기 내부에 끼여 사망한 재해임.

* 전도된 철골 구조물(F열) 설치 현황(9개 스팬, 전체길이 90m, 높이 16m)

○ 재해발생의 주요원인은

- 기 설치된 철골부재 등이 넘어지지 않도록 붙들어 지탱하게 하는 조치를 하여야 하나 전도방지를 하지 않았음.
- 중량물 취급 작업 시 전도위험을 예방할 수 있는 안전대책을 수립 후 작업을 하여야하나 동 안전대책이 포함된 작업계획서를 작성하지 않았음.
- * 철골 구조물 전도원인은 현장 입지조건상 기 설치된 철골 구조물에 지속적으로 풍하중이 부하될 수 있는 조건에서 별도의 전도방지 조치를 하지 않은 상태로 철골 구조물에 약 93톤에 달하는 철골구조물이 지속적으로 풍하중에 노출된 것으로 예상되며, 그에 따라 기둥 주각부의 앵커볼트도 지속적인 하중에 의해 구조내력이 저하된 상태에서 사고 당시 일시적인 강풍이 철골부재에 재하되면서 앵커볼트의 허용 인장하중을 초과하여 전도된 것으로 추정.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 기 설치된 철골부재 등이 넘어지지 않도록 붙들어 지탱하게 하는 조치를 실시하고 작업을 하여야 하며,
 - * 철골부재의 전도를 예방하기 위해서는 한 면만을 2절점 이상 동시에 세우지 않도록 하고, 1 스패이상 종방향으로도 부재설치가 되도록 시공하여야하며, 부득이한 경우 와이어로프나 철골 부재를 이용하여 전도방지 시설을 하여야함.
 - * 연속적으로 철골기둥을 2개 이상 세우면 기둥사이의 보를 동시에 종방향, 횡방향으로 동시에 설치한 상태에서 작업을 진행하여야함.
- 중량물 취급 작업 시 전도위험을 예방할 수 있는 안전대책을 수립 후 작업을 실시하여야 재해가 일어나지 않을 것입니다.

19

(주)○○ 우수박스 작업 중 익사 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 기존 지하 우수박스 (1983년도 시공, 콘크리트) 내부의 손상된 단면(벽체, 바닥, 슬라브)을 할석 및 모르타르 바름 등 보수작업을 실시하는 것이 주요작업으로, 재해조사 당시 공정율이 63% 진행 중이었음.

* 사고지점 우수박스 : 2.0m×2.0m(길이 760m)

○ 재해발생 상황은

- 근로자 6명이 지하 우수박스 단면 보수작업(할석 및 모르타르 바름 등)을 실시하고 15:40분경 당일작업이 거의 마무리되자 우수박스 내부에 방치된 작업전선, 각종 장비 및 자재를 정리하는 등 철수준비를 하고 시점방향(평화기공앞 맨홀기준 용연사방향)에 있었던 피재자 등 3명은 우수박스 단면 보수 마무리작업(20~30분 소요)를 하던 중,
- 16:20분경 갑자기 내린 국지성 호우로 빗물이 우수박스 내부로 유입되면서 우수박스 벽에 설치된 가설조명이 소등되고 발목부위에서부터 빗물이 점점 불어나기 시작하자 종점방향의 근로자 6명과 시점방향의 근로자 1명(남상명)은 자력으로 대피하였으나, 시점방향의 피재자 2명은 우수박스내에서 미처 대피하지 못하고 갑자기 불어난 빗물에 휩쓸려 실종, 익사함.

* 사고지역 강우자료

- 사고당일 30여분 동안 우박이 섞인 폭우가 26mm 내림(인터넷뉴스)
- 달성군 재난안전 대책본부 자료에는 사고지역 일강우량은 38mm로 관측

○ 재해발생의 주요원인은

- 사고현장은 경사진 곳에 위치하고 있고 인근주변에는 공장건물이 밀집되어 있어 우천 시 빗물 유입이 많은 장소로서 재해당시 빗물이 지하 우수박스 내부로 유입되는 경우 작업을 중지하고 신속히 대피를 하여야 하나 작업전선 정리, 각종장비 및 자재정리 등 철수준비 및 마무리 작업을 하느라 미처 대피하지 않았음.
- 밀폐공간 내에서 작업 시 집중호우 등으로 인해 갑자기 빗물이 유입되어 빗물이 불어날 위험이 있는 경우 감시인을 외부에 배치하여 우수박스내 작업자에게 작업을 중단하고 대피하도록 하는 등 필요한 조치를 하도록 하여야 하나 감시인을 배치하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 지하 우수박스 내부에서 작업 시 집중호우 등으로 일시에 빗물이 유입되어 빗물이 불어날 우려가 있는 경우 즉시 작업을 중지하고 작업자는 신속하게 대피하여야 하며,
- 밀폐공간내에서 작업 시 항상 작업 상황을 감시할 수 있는 감시인을 외부에 배치하여 집중호우 등으로 인해 빗물이 유입되는 경우 우수박스 내 작업자에게 즉시 작업을 중단하고 신속하게 대피할 수 있도록 신호체계를 유지한다면 재해가 발생하지 않을 것입니다.



○ 작업 상황은

- 당현장은 지상 4층 철골조 신축 및 기존 공장 증축공사 현장으로 재해 발생 당시 옥탑층 골조 및 내부 설비공사 등 마감공사자 진행중이었으며, 피재자는 콘크리트 타설공으로 동료와 함께 공장 3동 지붕 누름 콘크리트 타설작업을 오전에 완료 후 오후에 옥탑층 슬래브 콘크리트 타설 준비작업을 시작함.

○ 재해발생 상황은

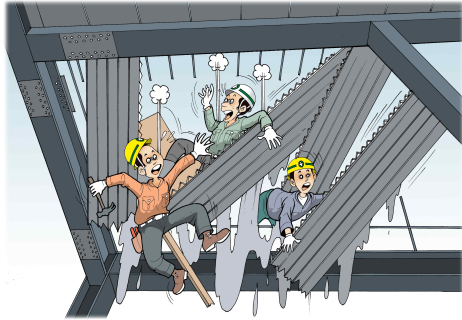
- 14:30경 철골 및 데크플레이트 구조인 옥탑지붕층 콘크리트 타설작업을 시작하여 15:30경 타설작업을 완료 후 피재자 2명은 자재정리(바이브레이터, 콘크리트 타설호스 등)작업을 하고, 미장공이 면보수 작업을 진행하던 중,
- 데크플레이트(Ferro Deck)를 지지하던 철물(평판철물 60cm×5cm×0.3cm)이 탈락하며 데크플레이트가 무너져 상부에서 자재정리 및 미장작업 중이던 근로자가 1명은 지상 1층 바닥으로 떨어져 사망, 다른 1명은 지상 2층 바닥으로 떨어져 사망하였음.

* 평판철물은 철골보 접합부에 데크플레이트 겹침길이 확보를 위하여 설치한 철물임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 데크플레이트(Ferro Deck) 등 무지보형 거푸집동바리 작업 시에는 데크플레이트를 통해 전달된 상부 콘크리트 하중을 데크 받침 평판철물 등이 견고히 지지할 수 있도록 사전 구조검토 후 설치위치, 개소, 용접 등 이음방법을 결정한 후 상세 조립도를 작성 후 작업하여야 하나,

- 데크받침 평판철물에 대한 설치위치, 개소 등 사전 구조검토를 하지 않고 주요구조부인 데크 받침 평판철물을 테크(점)용접을 하여 상부하중을 지지하지 못하고 탈락하며 데크플레이트가 무너짐.
- 콘크리트 타설작업 시에는 데크플레이트와 보접합부 및 데크받침 평판철물 이상 유무, 콘크리트 타설작업 중 무너짐 위험 등을 감시하고 근로자 대피 등 향후 조치를 할 감시자 배치 등 관리감독을 하여야 하나 하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 데크플레이트(Ferro Deck) 등 무지보형 거푸집동바리 작업 시에는 데크플레이트를 통해 전달된 상부 콘크리트 하중을 데크받침 평판철물 등이 견고히 지지할 수 있도록 사전 구조검토 후 설치위치, 개소, 용접 등 이음방법 등을 기록한 상세 조립도를 작성 후 조립도에 의거 정밀작업 하여야 하고 평판철물과 같은 구조적 힘을 받는 부재는 모살용접 등의 방법으로 용접 실시를 하여야 하며,
- 콘크리트 타설시 타설하중 등 작업 하중에 의해 데크플레이트의 처짐 등이 과도하게 발생해 탈락·무너짐 위험이 있는 경우에는 데크플레이트 하부에 씨포트를 설치하는 등 보강조치를 실시했다면 무너짐 사고는 일어나지 않았을 것입니다.

21 지붕 보수작업 중 떨어짐 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 지상 1층 목장 지붕의 선라이트(sunlight) 지붕재를 보수하는 작업이며, 재해발생 당일 목장 선라이트(sun light) 지붕재 보수작업 진행 중이었으며, 근로자 4명이 2인 1조를 이루어 피해자 2명(사망자)은 남쪽 지붕에서 작업을 하였고, 다른 조(부상자 포함)는 북쪽 지붕에서 작업을 실시하였음.

○ 재해발생 상황은

- 선라이트 지붕 보수작업은 다음과 같은 순서로 진행하였음.
 - ① 기존 용마루(함석 재질, 길이 3m) 해체
 - ② 우박으로 파손된 기존 선라이트 위에 신재 선라이트(7.3m, 5.6m) 덧씌우기
 - ③ 구간별로 함석 지붕(7.3m, 5.6m) 설치
 - ④ 선라이트 및 함석 지붕을 중도리(Purlin)에 피스로 고정
 - ⑤ 용마루 신재로 교체하여 설치
- 피해자 2명이 목장 지붕에서 선라이트(sunlight) 보수 작업을 하던 중 해체된 용마루(길이 3m, 폭 0.5m)를 밟은 순간 선라이트가 파손되면서 용마루와 함께 지상 1층 콘크리트 바닥으로 떨어져(h≒7m) 사망하였고, 다른 피해자는 사고 지점으로 급히 이동 중 선라이트가 파손되면서 지상 1층 축사 안으로 떨어져(h≒7m)하여 부상을 입었음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 강도가 약한 선라이트(sunlight) 재료로 덮은 목장 지붕 위에서 작업을 할 때에 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 폭 30센티미터 이상의 발판을 설치하거나 안전방망을 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 하나 미조치 하였음.
- 지붕 높이가 약 7m에서 고소 작업 시 안전대를 미지급하고 미착용하여 떨어짐 사고가 발생하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 강도가 약한 선라이트(sunlight) 재료로 덮은 목장 지붕 위에서 작업을 할 때에 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 폭 30센티미터 이상의 발판을 설치하거나 안전방망을 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 하며,
- 지붕 높이가 약 7m에서 고소 작업 시 안전대를 지급하고 착용했다면 재해가 발생하지 않을 것입니다.

22

(주)○○건설 터널암반 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 총연장 11.958km(B=23.4m, 4차로)의 고속국도 건설공사로서 공정율은 약 29.5%이며, 재해발생 장소는 ○○터널 ○○방향(총연장 10,962m중 약 10,451m 굴진) STA. 7+458 지점으로 굴진작업이 진행 중이었음.

* 지보패턴 : P-3(Type-III ; 전단면 굴착)

* 굴착공법 : 전단면 굴착(굴진장 : 2m)

○ 재해발생 상황은

- 사고당일 슛크리트 타설 완료 후 슛크리트 잔재 처리작업을 위해 굴삭기(규격 : 21.2Ton)를 이용 슛크리트 잔재 처리작업을 실시함.
 - * 슛크리트 잔재 처리작업은 굴삭기 운전원과 보통인부 1명이 작업을 실시함.
- ○○터널 ○○방향 STA. 7+458지점에서 슛크리트 잔재 처리작업 중 23:30분경 높이 약 8m 천단부에서 암반이 붕락되면서 하부에서 작업 중이던 굴삭기 운전원과 보통인부 1명이 붕락된 암석에 충돌, 사망하였음.
 - * 재해발생 당시 붕락된 암반의 크기는 알 수 없으며(사고조사 시 추가 낙석이 지속적으로 발생하는 상태로 붕락된 구간 접근이 불가능한 상태였음), 사고조사 후 현장(대우건설 및 안전진단기관 참여)에서 간이 측정한 암반 붕락 크기는 가로 7.11m, 세로 6.95m, 깊이 평균 1.16m, 중량은 약 113.4t이나, 사고발생 시점의 붕락 크기는 이보다 작았을 것으로 판단됨.

○ 재해발생의 주요원인은

- 터널 등의 건설작업을 하는 경우에 낙반 등에 의하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우에 터널 지보공 및 록볼트의 설치, 부석의 제거 등 위험

을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 방지 조치를 하지 않았음.

* 설계된 지보패턴(P-3)을 준수 시공하였으나, 일부 록볼트의 시공 상태가 국부적으로 미흡한 상태였음.

- 터널 천단부 하부에서 작업을 하고 있는 장소로써 낙반 또는 낙석 등에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에는 근로자 출입을 금지하여야 하나 미 실시 하였고, 터널 굴착작업 시 터널 막장면의 절리 발달상황 등 지질 및 지층상태, 지하수 발생 여부 등에 대한 사전조사를 하여야 하나 실시하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 터널 등의 건설작업을 하는 경우에 낙반 등에 의하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우에 터널 지보공 및 록볼트의 설치, 부석의 제거 등 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 철저히 하여야 하며,
- 록볼트 설치 작업 시 설계도면 상의 설치간격 준수, 록볼트 정착 시 시멘트 페이스트의 완전충진 및 발현시간 경과 후 (막장의 자립 안정성을 확보 후) 터널 굴착작업 실시하여야 합니다.
- 또한, 대상지반에 대한 판단근거를 제일 먼저 얻을 수 있는 막장 관찰자료(Face mapping) 등의 작성 및 관리에 있어서 막장면 천단부의 영향을 고려하여(터널 후방부의 지하수 발생 상태, 취약부분 천단부 RMR 조사 및 반영 등) 반영토록 보다 철저한 관리를 한다면 재해가 발생하지 않을 것입니다.

23

○○건설(주) 냉매 배관 파열사고



○ 작업 상황은

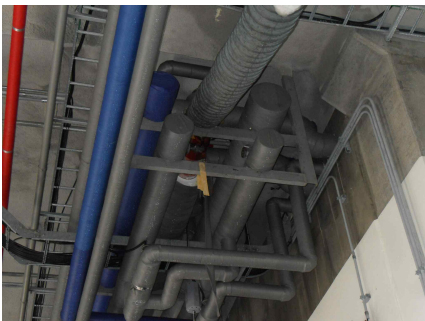
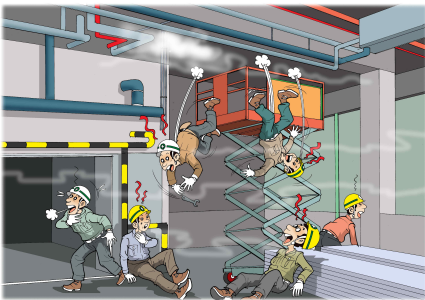
- 당해 건물은 지하 2층, 지상 4층(연면적 51,195㎡)의 냉동창고로 신축 후 임시 사용 승인(12.5.25)을 득한 후, '12.06.25 부터 사고일 현재까지 냉동창고를 부분적으로 가동 중(지하2층, 지상1~2층)에 있었으며, 재해일 당시 냉장용 냉매배관에서 냉매(암모니아가스)가 누출되어 이를 보수하기 위한 작업을 진행하였음.

○ 재해발생 상황은

- 피재자 2명이 고소작업대를 이용하여 냉동실 전실 복도 6M 높이에서 암모니아가스가 누출되고 있는 냉장용 냉매배관 부분의 보온재를 제거하고 가스 누출 취약부로 판단되는 Drain Valve의 접합부에 대한 1차 용접작업(직류 아크용접)을 진행하여 이상이 없는 것으로 판단하고,
- 고소작업대에 탑승하여 용접도구(용접봉 및 홀더선 등)를 정리하고 있던 중, 용접작업 지점으로부터 50cm 떨어진 배관 말단부의 경관(CAP) 용접부위(기 시공된 부분)가 파열되어 냉매(암모니아) 액상 및 가스가 분출하였고 피재자 2명이 냉매가스에 순식간에 휩싸이면서 중독(냉동상)되어 고소작업대에서 1층 콘크리트 바닥으로 추락(약6미터)하여 사망하였고, 동료 작업자 1명이 피재자 등을 구출해 나오는 과정에서 냉매가스 흡입 및 냉매 액상에 동상(손등)을 입었음.
 - * 당시 인근에서 작업 중이었던 타사 근로자 3명[극동플러스 1명, (주)한성피씨건설 2명]도 암모니아가스를 흡입하여 병원으로 후송되어 진료 및 치료를 받음
 - * 냉동/냉장 설비 내 냉매(암모니아) 용량 : 21ton
 - * 파열 시 냉매 분출량 : 약0.3ton

○ 재해발생의 주요원인은

- 냉장/냉동 공조설비의 배관을 보수할 때는 설비의 운전을 정지하고 배관 및 설비내부의 냉매(암모니아)를 완전히 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 냉동기 내부에 존재하는 암모니아 냉매 중 배관공사 작업지역의 냉매만 회수하고 음압을 유지한 상태에서 작업을 실시하여 수격의 원인을 제공하였을 가능성이 있으며,
- 배관용접 후 누설여부 확인 시 독성이 없는 압축공기 등을 사용하여야 하나 암모니아 냉매를 사용하여 재해발생의 원인을 제공하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 인화성 가스를 누출방지를 위한 적절한 조치를 취하지 않고 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위를 하여서는 아니되며,
- 용접작업 시 위험물(인화성액체)이 남아 있는 배관 등의 용기에 대하여 미리 위험물을 제거하는 등 재해예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 용접 등 화기를 사용하는 작업을 실시하여서는 안됩니다.
- 또한, 용접작업을 비롯한 배관에 열을 가한 작업을 실시한 후 배관을 냉각시킬 때는 충분한 시간 동안 서서히 공냉이 유지되도록 하여야 하며 배관이 완전히 냉각되기 전에 암모니아 등 차가운 냉매(통상 -26°C 이하)를 주입하여 가열부위가 급냉함에 따른 취성 등이 발생하지 않도록 하였다면 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

24

○○건설(주) 크레인 작업대 탈락 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 5층 다세대 주택 총 4개 동 가운데 1개동인 나동에서 발생한 재해로 기 준공(사용승인 : 2012.3.6) 되었으나 하자보수 기간 중에 가동과 나동 창틀로 빗물이 새는 하자를 보수하기 위하여 카고 크레인(스틱 크레인) 작업대에 탑승하여 외벽 창틀 방수작업을 하던 중 재해가 발생하였음.

○ 재해발생 상황은

- 작업방법으로는 카고 크레인에 탑승한 2명이 창틀 하부 실리콘 위를 우레탄으로 방수작업을 하였으며 운전원이 조종석에서 조작하여 붐을 선회시켜 작업대를 작업위치로 옮기는 방식으로 진행하였음.
- 14:00경 카고크레인(4.5톤)을 타고 가동에서 나동쪽으로 붐을 선회시켜 작업대를 옮기던 중 카고 크레인 작업대와 붐을 연결한 연결핀이 빠지면서 작업대에 타고 있던 근로자 2명이 작업대와 함께 약7.9m 아래로 추락하여 사망하고 운전석에서 카고 크레인을 조작하던 운전원 1명이 떨어지는 작업대에 맞아 부상을 입었음.

* 낙하한 작업대는 찌그러져 있었으며 카고 크레인 붐과 작업대를 연결한 부위의 연결핀은 빠져 있었고(목격자 진술), 경찰서에서 보관중인 연결핀은 변형되거나 파단 되지 않은 상태였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 크레인에 전용의 탑승설비를 설치하고 근로자를 탑승시켜 작업할 경우에는 추락위험을 방지하기 위하여 탑승설비가 뒤집히거나 떨어지지 않도록 필요한 조치를 하여야 하나, 크레인 붐과 작업대를 연결하는 연결핀을 끼워 넣고 분할핀(안전핀)을 체결하지 않은 상태로 작업하면서 연결핀이 빠지면서 작업대에 탑승하여 작업하던 근로자 2명이 작업대와 함께 지상 약 7.9m 아래 바닥으로 추락하였음.
- 카고 크레인 작업대와 붐은 연결핀으로 끼워져 있었으나 분할핀 등으로 고정이 되어있지 않은 상태에서 계속된 작업 또는 붐을 선회시켜 작업대를 옮기던 도중 작업대가 흔들리면서 연결핀이 빠지며 180도로 뒤집어 지면서 낙하함으로써 재해가 발생한 것으로 추정됨.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업에 종사시켜서는 아니 되나, 전용 탑승설비를 설치하고 추락위험을 방지를 위해 다음 각 호의 조치를 하여야 합니다.
- 탑승설비가 뒤집히거나 떨어지지 않도록 필요한 조치를 할 것.
- 안전대나 구명줄을 설치하고, 안전난간을 설치할 수 있는 구조인 경우에는 안전난간을 설치할 것.
- 탑승설비를 하강시킬 때에는 동력 하강방법으로 할 것.

25

○○전기 고소작업대 붐 파손사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 ○○관광호텔 외벽 LED 조명등 설치공사 현장으로 지하 1층, 지상 5층 기존 건물 외벽에 LED조명등을 설치하는 공사로 옥상 몰딩부 2줄 및 호텔 간판 주위 LED조명등을 설치하는 작업진행 중이었음.

* 작업대의 크기

- 세로 : 약 1.1m, 가로 : 약 3.2m, 안전난간 높이 : 약 1.1m

○ 재해발생 상황은

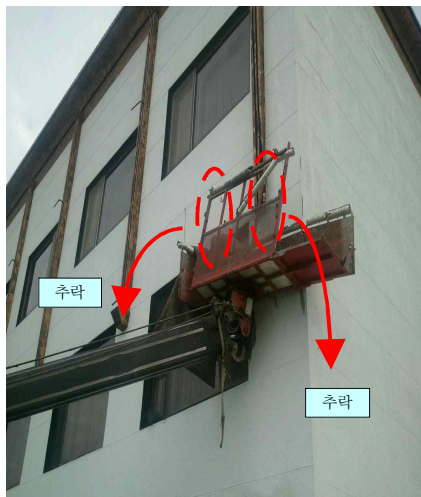
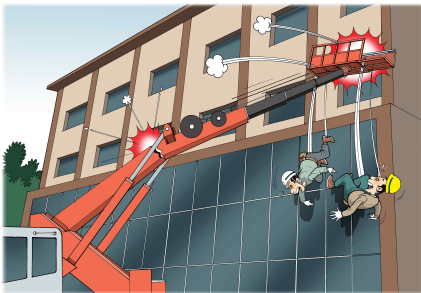
- 재해당일 13:45분경 ○○전기 소속 피재자 2명이 호텔 전면 외벽 조명등 설치작업을 위해 차량 탑재형 고소작업대를 이용, 호텔 5층 외벽으로 붐을 인출시키던 중,
- 고소작업대의 붐이 파손되면서 작업대가 낙하하였고, 동시에 작업대에 탑승한 작업자 2명이 약 10m 아래 3층 테라스 바닥으로 추락하여 병원 후송 치료 중 사망하였음.
- * 사고 당시 피재자 2명은 개인보호구(안전모, 안전대)를 미착용한 상태였음.
- * 사고 당시 고소작업대 적재량 : 약 145~180kg(작업자 2명+자재 및 장비 중량)

○ 재해발생의 주요원인은

- 파단부위의 강도는 정상상태의 단면계수 감소에 따른 43.0%가 저하된 상태였으며, 사고의 직접적인 요인은 붐의 지지 및 각도조절을 위한 실린더

브라켓 강판의 용접 부위에서 발생한 피로균열이 붐의 내부로 성장하여 파단된 것임.

- 그러나 피로균열의 시작 시점은 재해발생 수개월 또는 수년 전으로 정확히 예측하기 어려우며 피로균열 발생의 요인이 과거 작업 중 작업자의 실수에 의한 과도한 외력 때문에 발생한 것인지 고소작업차의 설계 강도 부족 및 제작 시 용접 결함에 기인한 것인지는 불분명함.
- 차량 탑재형 고소작업대의 주요 구조부인 붐에 재해발생 오래전에 피로균열이 발생하였으나, 점검관리가 미흡하여 붐의 강도가 저하되었음.(재해당시 파단부의 강도는 정상상태의 43%가 저하됨).



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 차량 탑재형 고소작업대의 붐 등 주요 구조부에 대해서는 정기적인 정비, 점검 등을 통해 지속적인 점검관리 철저히 하여야 하며,
- 고소작업대를 이용하여 고소작업을 할 때에는 근로자의 추락방지를 위해 개인보호구(안전모, 안전대)를 지급하고 이를 착용하도록 하여야 하고, 근로자에게 안전대를 착용시킨 때에는 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 안전대 부착설비를 설치하고 여기에 안전대를 부착하도록 한다면 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

26

○○산업 케이블 대차 추돌사고



○ 작업 상황은

- 당해 공사는 (합자)○○산업사에서 시공하는 경의선 ○○-○○간 배전선로 및 ○○역사 전력설비 신설 공사 현장으로, 2012.03. 01일 현장개설 후 ○○역 지하 4층 터널 바닥 동력배관 설치작업을 시작하였으며, 재해발생일 현재 공정율은 약 60%로 터널내 케이블 포설작업 진행 중이었음.

○ 재해발생 상황은

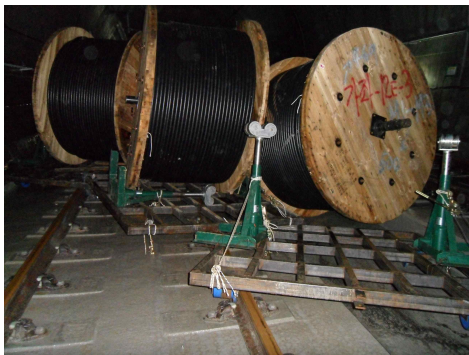
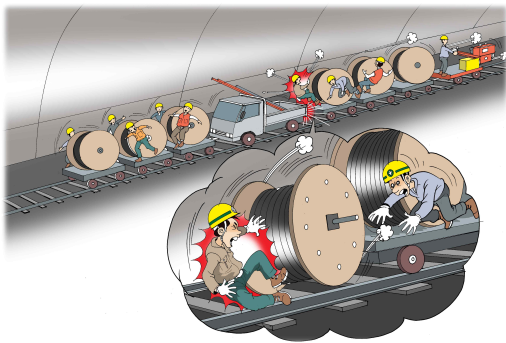
- 케이블드럼 6개를 개조한 1톤 트럭 앞부분에 연결된 대차 3량에 각 1개씩 상차 운반하고 뒤이어 개조된 경운기 앞 대차 3량에 케이블드럼 각 1개씩을 상차 운반 하던 중,
- 터널내 하향경사 곡선구간이 나와 1톤 트럭이 운반속도를 줄이면서 서서히 이동하였고, 뒤따라오던 개조된 경운기에 연결된 대차 3량이 내리막 경사 구간에서 속력을 줄이지 못하고 앞서가던 1톤 트럭 적재함을 추돌하여 트럭 앞 대차에 상차되어 있던 케이블드럼이 대차에서 굴러 떨어지면서 대차 위 드럼측면에 탑승해 있던 근로자가 협착되어 1명 사망하고 앞, 뒤 작업 대차에 탑승해 있던 근로자 8명이 부상당하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 기계·기구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용하여서는 아니 되나 임의 개조하여 작업대차에 과적한 상태에서 경사로를 운행 중 과부하 등으

로 인하여 제동장치가 제대로 작동하지 않아 충돌사고가 발생하였음.

- 차량계 하역운반기계 등을 사용하여 중량물 취급작업을 할 경우에는 경사로 위치 및 곡선구간 등 운행경로 및 작업방법, 중량물취급에 따른 낙하, 전도, 협착 등의 위험을 예방할 수 있는 안전대책에 관한 작업계획서를 작성하고 준수하여야 하나 미작성한 상태에서,
- 경운기의 구동바퀴를 제거하고 체인을 연결하여 구동력을 대차 바퀴축에 전달하여 자재를 운반하기 위하여 임의 개조한 경운기 앞에 작업대차 3량을 연결하여 케이블드럼(무게:2.28톤)을 상차하고 승차석이 아닌 자재 적재함에 근로자가 탑승하여 재해가 발생하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 경사로 위치 및 곡선구간 등 운행 경로 및 작업방법, 중량물취급에 따른 낙하, 전도, 협착 등의 위험을 예방할 수 있는 안전대책에 관한 작업계획서를 작성하고 준수하여야 하며,
- 기계·기구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용하여서는 안 되며, 승차석이 아닌 자재 적재함에 근로자가 탑승하지 않도록 관리감독 철저히 한다면 재해가 일어나지 않을 것입니다.
- 또한, 기계·기구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용하여서는 안 되며, 개조 또는 구조변경을 할 경우에는 관련 기관의 허가 또는 확인을 득한 후 사용하여야 합니다.

27

(주)○○건설 정수시설 익사사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 ○○시에 상수도를 공급하기 위한 취·정수시설을 설치하는 공사로 시설이 준공된 경우 물처리 과정은 강변의 모래층에서 여과된 물을 취수하여 정수과정을 거쳐 상수도로 공급되며 정수과정에서 발생한 배출수는 배출수조에서 처리과정을 거쳐 강으로 방류함
- 현재 2단계 준공을 위해 시운전과정에서는 취·정수 시설의 정비과정에서 나온 배출수는 배출수조에 저류한 후 강으로 방류함.

○ 재해발생 상황은

- 15:00경 포기반응조 점검 하던 시운전팀장이 명일작업의 원활한 진행을 위해 금일 야간에 배출수를 점검하기로 결정하고, 대상정수장 운영담당자에게 방류 펌프사용을 허가 받았음.
- 19:00경 저녁식사 마친 피재자 2명은 배출수 점검을 하기 위해 배수수조(우수 방류조) 펌프조작반에서 작업 미팅을 마친 뒤 무전기와 손전등을 들고 강변 제방에 설치된 방류구, 방류 수로를 점검하기 위해 팀장 자차로 이동하였음.
- 21:00경 펌프 가동 후 약 10분 뒤에 정상적으로 유출수가 방류되는 것을 무전기로 상호 확인하고 방류상태를 점검하러간 동료가 돌아오지 않는 점을 이상히 여겨 방류구가 위치한 제방쪽으로 이동하여 경찰에 신고하였고, 다음날 피재자 2명이 낙동강 바닥에 익사한 채로 발견되었음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 방류작업을 위해 펌프등 기계의 운전을 시작할 때에는 필요한 방호장치 등 필요한 조치를 미리 확인한 후 위험방지를 위한 조치를 하여야 하나, 제방 비탈면에 설치된 방류시설을 점검하면서 안전한 통로를 확보하거나 구멍의 등 개인보호구를 착용한 상태로 작업하여야 하나 운전시작 전 조치사항을 이행하지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 방류작업을 위해 펌프등 기계의 운전을 시작할 때에는 필요한 방호장치 등 필요한 조치를 미리 확인한 후 위험방지를 위한 조치를 하여야 하며,
- 제방 비탈면 등 전도 및 미끄러짐으로 인해 익사 위험이 있는 경우, 점검통로를 설치하거나 구멍의 등을 착용하는 등 안전조치의 이행사항을 준수했다면 재해는 일어나지 않을 것입니다.

28

○○건설(주) 정각지붕 무너짐 사고



○ 작업 상황은

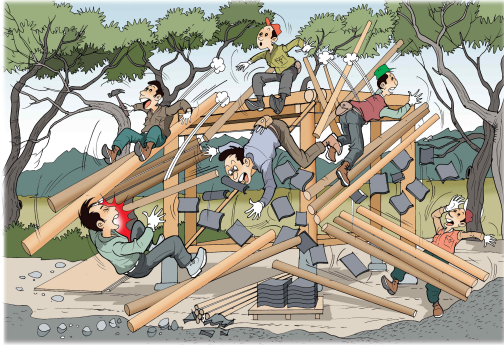
- 육각정각 지붕 등의 골조공사는 일주일 전에 작업을 완료하였고, 사고 당일에는 작업자 5명이 육각정각 지붕 상부에 시멘트 기와를 설치하기 위해 현장에 출역하여 트럭크레인(7.5ton)으로 기와 등의 자재를 지붕으로 올려 진흙을 놓고 기와를 설치하는 작업을 진행하였음.

○ 재해발생 상황은

- 작업방법은 작업자 1명은 지상에서 진흙을 비비는 등의 작업을 보조하고 나머지 작업자 4명은 사다리를 타고 육각정각(H=4m)의 지붕 위로 올라가 진흙을 놓고 기와 설치하는 작업방식을 작업을 진행하였음.
- 기와는 4명이 1개조가 되어 지붕상하 전면에 기와를 설치하면서 한방향으로 작업을 진행하였고, 11:50분경 기와작업을 마무리하던 중 지붕 중앙부분에 찰주와 서까래 및 추녀를 연결해 놓은 못, 나사못, 꺾쇠 등 이음철물이 분리되면서 지붕이 붕괴되어,
- 정각 가까이에서 작업을 구경하고 있던 마을주민 1명이 사망하였고, 지붕 위의 작업자(4명)와 지상 작업자(1명) 5명 모두가 부상을 입었음.

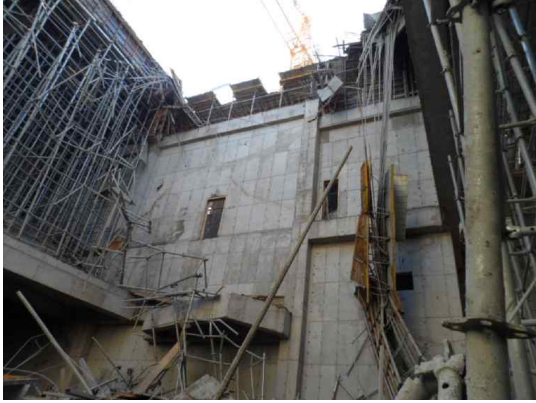
○ 재해발생의 주요원인은

- 지붕의 찰주와 추녀 등 지붕부재를 연결해 주는 못, 나사못 등 이음철물설치가 미흡하여 기와작업으로 돌출된(L=1.6m) 처마부분에 하중이 가중되어 찰주와 추녀 등을 연결해 놓은 이음철물이 분리되면서 지붕이 무너짐.
- 작업장 내에 인근 마을주민이 작업을 구경하도록 방치하는 등 작업장 내 관계자 외 출입금지조치 미흡 등 관리감독이 소홀하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 정각 등과 같이 한옥지붕의 처마 등이 길게 돌출되어 지붕위에서 기와잇기 등 작업 시 외부 또는 내부로 작용하는 편하중에 대하여 지붕재가 붕괴될 우려가 있는 구조는 찰주와 추녀 등의 고정, 연결은 설계도서를 준수하여 견고히 설치하는 등 지붕 상부작업 시 붕괴방지조치를 철저히 하여야 하며,
- 작업장 내에 마을주민 등 공사관계자 이외의 자가 출입하지 않도록 작업자에게 주지하는 등 관리감독을 철저히 하였다면 재해가 일어나지 않았을 것입니다.



○ 작업 상황은

- 당 현장은 ○○아트홀 신축공사 현장으로 공사규모는 지하 2층, 지상 5층 1개동이고, 구조물은 철근콘크리트 구조로서 재해발생일 현재 5층 옥상바닥 골조공사 진행 중으로, 전체적인 공정률은 56%임. 지상5층 객석 홀 슬래브는 당초 설계인 철골 및 데크플레이트 구조에서 철근콘크리트 구조인 포스트텐션보로 설계 변경되었음.

○ 재해발생 상황은

- 15:00경 지상 5층 옹벽 및 기둥, 계단 등 부분(콘크리트 강도 $240\text{kg}/\text{cm}^2$)의 레미콘차량 65대(388m^3)를 타설한 후, 객석홀 옥상 부위 포스트텐션 보(길이 20m, $600\text{mm} \times 1200\text{mm}$) 및 슬래브(150mm) 부분에 콘크리트(강도 $300\text{kg}/\text{cm}^2$) 타설을 시작함.
- 20:50경 객석홀의 서쪽방향부터 시작한 콘크리트 타설 작업은 콘크리트 물량 200m^3 중 남쪽방향 일부 레미콘 7대(40m^3) 정도를 남겨 놓은 상태에서 콘크리트 타설 중 2층 관람석 있는 부분($20\text{m} \times 9\text{m}$)을 제외한 나머지 객석홀 옥상층 부분($20\text{m} \times 12\text{m}$) 거푸집 슬래브 하부 부위의 시스템동바리가 붕괴되어, 붕괴된 부분에서 타설작업 및 배관 운반작업을 운전하고 있던 타워크레인 운전기사를 포함한 작업자 4명이 지상 3층 바닥으로 시스템동바리 및 슬래브 거푸집, 타설된 콘크리트와 같이 떨어져, 1명 사망, 3명이 부상을 당하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 당초 철골 보에서 포스트텐션 콘크리트 보로 설계 변경하면서, 시스템동바리 구조검토 및 조립도를 작성하지 않았음.
- 객석 홀 시스템동바리의 높이가 17~18m, 홀 바닥이 계단형식으로 경사져 있으며, 층고가 높아 상재하중에 의한 동바리 압축수축에 의한 수평력(횡력)이 발생되어 전체 수직재 좌굴현상에 의한 붕괴 위험 높은 상태였으나,
- 수평력 및 좌굴방지를 위하여 가새, 수평재 및 수평연결재를 전체적으로 설치하여야 하나, 가새는 전체적으로 설치하지 않았을 뿐만 아니라, 수평연결재도 통행부분 및 보와 슬래브 사이 일부구간에 미설치하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 철골 보에서 포스트텐션 콘크리트 보 등으로 설계변경하여 시스템동바리를 설치하는 경우에는 작업 전 거푸집동바리 구조검토 및 조립도를 작성하여 작업을 실시하고,
- 시스템동바리의 높이가 17~18m로 높아 상재하중에 의한 동바리 압축수축 및 수평력(횡력) 발생에 의한 좌굴현상으로 거푸집동바리의 붕괴 위험이 높은 경우 수평력 및 좌굴방지를 위하여 수평연결재를 전체적으로 설치하고, 가새는 구조계산을 3D로 해석하여 전체적으로 설치하고, 통행부분 및 보와 슬래브 사이의 수평연결재도 구조검토 및 조립도를 준수하여 설치하였다면 재해는 발생하지 않았을 것입니다.



○ 작업 상황은

- 당 현장은 인근 지역에 농업용수를 공급하기 위해 집수정, 양수장, 송수관로, 용수로를 설치하는 공사로 재해발생 당일 제1호 양수장의 집수정 구조물을 시공하기 위해 집수정 하부 굴착 작업 진행 중이었으며, 제2호 양수장의 집수정은 완료된 상태로 집수정은 원통형으로 내경 3.5m, 깊이 24m, 두께 0.3m이고 구조물 완료후 수평 착정공을 만들어 농업용수를 저장하는 용도로 사용될 예정임.

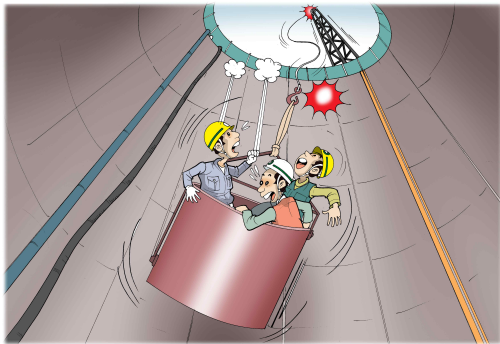
○ 재해발생 상황은

- 크롤러크레인(10ton)은 클램셀 버켓 또는 대형정(비트)을 연결하여 암 파쇄·반출 및 원통형 버켓을 연결하여 근로자를 인양하는 용도로 사용하였으며, 피재자인 착암공 3명은 클램셀 버켓 및 대형정(비트)으로 1차 굴착한 부위를 착암기로 정리하는 작업을 하였음.
- 피재자 3명이 집수정 바닥면에서 굴착면 마무리 작업 후 크롤러크레인(10ton)에 와이어로프로 연결된 버켓에 탑승하여 지상으로 올라오던 중, 버켓이 집수정 내부 콘크리트 턱에 걸리고 와이어로프 이음매가 시브(sheave, 도르래)에 걸려 분리되면서 집수정 굴착면 바닥으로 버켓과 함께 추락(h≒9m)하여 2명이 사망하고, 1명이 부상을 입은 재해임.

* 크롤러크레인 기사의 진술에 따르면 폴리우레2번 시브에 있던 와이어로프가 감아 올라오던 중 1번 시브로 넘어와 바깥쪽으로 이동하면서 1번 환봉 연결부분에 물려 분리되었다고 함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 와이어로프를 탑승용 버킷에 연결하여 사용할 경우 이음매가 있는 것을 사용해서는 아니 되나, 소선이 손상된 와이어로프를 산소절단기로 절단 후 접속하여(상호 교차이음) 사용 중 버킷이 집수정 내부 콘크리트 턱에 걸리고 이음부위가 시브(sheave, 도르래)에 걸리면서 와이어로프가 분리되었음.
- 크롤러크레인을 사용하여 근로자를 운반하여서는 아니 되나, 크롤러크레인 에 탑승용 버킷을 연결하여 근로자를 운반 중 와이어로프가 분리되어 근로자가 추락하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 와이어로프를 탑승용 버킷에 연결하여 사용할 경우 이음매가 있는 것을 사용해서는 아니되며, 불량한 와이어로프는 폐기 및 교체하여 사용하여야 하며,
- 크롤러크레인을 사용하여 근로자를 운반하여서는 아니됩니다.
- 또한, 깊이가 약 22.5m의 집수정 바닥에서 작업하는 경우 근로자가 안전하게 승강하기 위해 가설통로, 사다리식 통로 등 설비를 설치하였다면 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

31

(주)○○전력 크레인 버켓 탈락 사고



○ 작업 상황은

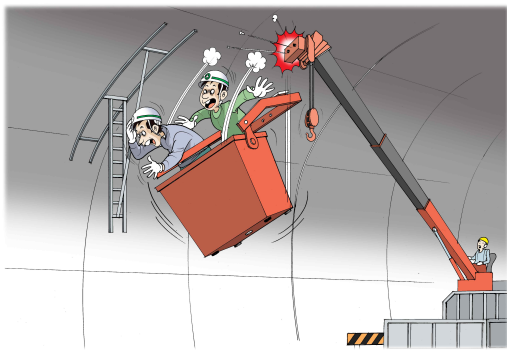
- 당해 공사는 호남지역의 교통 물류 난 해소를 위해 충북○○ ~ 전남○○까지 고속철도공사현장의 전차선로 공사로서 공정을 약3%이며, 재해는 충남소재 ○○터널 시점기준 1.5KM지점에서 발생하였고, 봉명터널은 굴착 후 내부에 라이닝 콘크리트타설이 완료되었고, 조명이 다소 어둡고 컴컴한 환경에서 전차선로 작업이 진행 중이었음.

○ 재해발생 상황은

- 전차선로는 고속열차가 이동하는 선을 따라서 전선을 터널천정에 매달기 위한 하수강(철제지주L=2m, W=106kg)을 설치하는 작업으로 하수강(Drop Support)설치작업은 '13.1.10부터 시작하여 재해발생일까지 11번째 작업 진행 중이었음.
- 15:10경 카고크레인 단부에 장착한 버켓에 피재자 2명이 탑승하여 터널천정에 하수강(Drop Support)을 부착 후 크레인 이동도중 버켓을 지지하던 볼트가 파단되어 버켓과 함께 작업자 2명이 6M아래 콘크리트 바닥으로 추락, 사망한 재해임.
- * 근로자 탑승용 버켓(70×109×103cm, W=330kg)은 현장에서 임의 제작된 카고크레인 붐대 단부에 볼트 4개로 체결하여 설치되는 구조이고 볼트 체결시 전용 조임기구를 사용하여 긴결히 체결하지 않아 반복 작업도중 하수강 등에 충돌 및 볼트유격이 복합적으로 작용하여 너트 풀림현상이 발생한 것으로 추정됨.

○ 재해발생의 주요원인은

- 이동식 카고크레인을 사용하여 근로자를 운반하거나 근로자를 달아 올린 상태에서 작업을 실시하지 말아야하나 볼트가 풀린 상태의 버켓지지용 볼트가 파단되어 탈락사고가 발생하였음.
 - 기계장비 등에 부착된 볼트, 너트가 풀림위험을 방지하기 위해 볼트, 너트를 적정하게 조임상태를 수시로 확인하는 등 필요한 조치를 하여야 하나 실시하지 않았음.
- * 소성변형을 버티지 못한 볼트가 한개는 파단 되고 한개는 너트가 빠지는 현상으로 버켓이 탈락 한 것으로 추정됨.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 법적으로 인정받은 장비(SKY 등)에 근로자가 안전하게 탑승하여 작업을 실시할 수 있도록 사전에 안전작업계획 수립 후 작업을 진행하여야 하며,
- 건설장비의 주요 연결부에 볼트, 너트가 적정하게 조여 있는지 조임 상태를 수시로 확인, 점검 등 관리감독을 철저히 했다면 재해는 발생하지 않을 것입니다.



○ 작업 상황은

- 당 현장은 (주)○○○건설에서 시공하는 ○○지구 저수지 둑 높이기 사업 현장으로, 재해당시 공정율은 65%로써 취수탑 가물막이 해체작업이 진행되었으며, 재해는 가물막이 원형 띠장 해체 작업 중 발생함.

* 가물막이 :

- 복 합 파 일 (S H e e t - P i l e (S - 5 0 0 × 1 7 5 × 1 6 . 5) + H - P i l e (H - 3 0 0 × 3 0 0 × 1 0 × 1 5)
- W a l e (R i n g W a l e (H - 3 0 0 × 3 0 5 × 1 5 × 1 5) , 보 결 이 (L - 9 0 × 9 0 × 1 0)
- 지름 13.0m, 수위에서 약 4m 높이까지 설치, 원형 띠장 9단

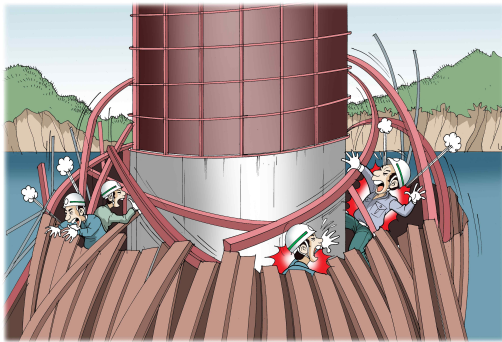
○ 재해발생 상황은

- 피재자 등 근로자 7명(작업반장 1명, 가물막이 해체공 3명, 상·하부 신호수 2명, 크롤러크레인(80톤) 기사 1명)이 출역하여 약 30여분 작업 준비 후 08:00분부터 가물막이 해체공사를 함.
- 오전에는 8단 원형 띠장 일부 해체 및 가물막이 해체를 위한 사전 준비 작업과 7단 띠장 하부 50cm 지점까지 물채우기를 하고, 재해 전까지 재해 지점의 7단 가물막이 원형 띠장을 해체하기 위해 산소용접기로 띠장 한 부분을 절단하는 순간 탕하는 소리가 나서 상부에서 작업을 지휘하던 작업반장이 근로자들을 지상으로 대피시킨 후,
- 약 20분정도 지켜본 후 별 이상이 없다고 판단한 후 계속하여 해체 작업을

지시한 후 작업반장이 직접현장 사무실에 가서 현황설명을 하고 재해 현장에 도착 하자마자 가물막이가 터지면서 2명 사망, 2명 부상을 당함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 가물막이(SHeet-Pile+H-Pile, Ring Wale) 설치 시 조립도에 따라 조립을 하여야 하나 쉬트파일, 보강재 및 뒷채움용 철골, 원형 띠장의 용접 및 이음부 연결방법이 미흡하였으며,
- 해체 작업 시에는 가물막이 설치·해체 시 존치 기간 및 깊이별 수압에 따른 충분한 검토를 통해 해체 단계별 상세한 해체안전작업계획서 [해체 방법 (띠장 하부 물채움 깊이·채움 속도)], 부재 해체순서(절단방법 및 위치·순서·절단시 이상 발견시 즉시 작업 중지 등)등을 작성(일부 작성했으나 미흡)하고 그 계획에 따라 해체 작업을 했어야 하나 일부 미 실시 하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 가물막이(SHeet-Pile+H-Pile, Ring Wale)설치 시 조립도에 따라 조립을 하고, 해체 작업 시에는 상세한 해체 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 해체 작업을 실시하여야 하며,
- 또한 계측은 설계서에 명시된 계측기를 빠짐없이 설치하고 해체 작업 중에도 실시하여 변위발생 등을 미리 예측할 수 있도록 하고, 해체 작업 시 가물막이의 부재의 변형 등 이상한 점을 발견 시에는 즉시 근로자 대피 후 별도의 보강 조치 후 작업을 실시하였다면 재해는 발생하지 않았을 것입니다.

33

○○건설(주) 고소작업대 붐 꺾임 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 ○○빌라 도장공사 현장으로 건물외벽 도장작업을 위해 근로자 2명이 고소작업대(총 중량 5톤, 스카이)의 작업대에 탑승하여 작업을 진행하였음.

* 고소작업대 주요제원

- 제조사: (주)호룡 SKY-N4B1, 2008년식
- 탑승함 크기 : 580*3,200*1,100(길이*너비*높이)
- 베이스 회전각도 : 270도

○ 재해발생 상황은

- 07:50경 당일 작업인 ○○빌라 A동(지상 4층) 건물 외벽 도장작업을 위해 근로자(도장공) 2명과 고소작업대(총 중량 5톤, 스카이) 1대가 현장에 출역하였음.
- 08:20경 작업책임자의 작업 지시 하에 피재자 2명은 빌라 구조물 외벽 도장 공사를 위한 면고르기 및 퍼티작업을 위해 고소작업대에 탑승하여 상부로 이동 중 작업대(탑승함) 하부의 상·하수평 실린더 힌지 고정판(145mm×120mm)이 파손되어 작업대(580mm×3,200mm×1,100mm)가 아래로 꺾이면서 피재자 2명이 약 6m 아래의 지상 바닥으로 추락하여 2명이 사망한 재해임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 고소작업대를 사용하여 작업대 위에서 근로자가 작업을 진행하는 경우에는 안전모, 안전대 등의 보호구를 착용하도록 하여야 하나 미착용하였고, 작업대의 각 부위(플랫폼 베이스, 힌지 고정판 등)를 정기적으로 점검하고 이상 유무를 확인해야 하나 미 실시 하였음.
- 차량계 하역운반기계(고소작업대)를 사용하는 경우에는 근로자의 위험을 방지하기 위하여 아래의 내용을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 하나 작업계획서를 작성하지 않았음.
 - * 해당 작업에 따른 추락, 낙하, 전도, 협착, 붕괴 등의 위험 예방대책
 - * 차량계 하역운반기계 등의 운행경로 및 작업방법



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 고소작업대를 사용하여 작업대 위에서 근로자가 작업을 진행하는 경우에는 안전모, 안전대 등의 보호구를 착용하도록 하여야 하며, 작업대의 각 부위(플랫폼 베이스, 힌지 고정판 등)를 정기적으로 점검하고 이상 유무를 확인하여야 합니다.
- 또한, 차량계 하역운반기계(고소작업대)를 사용하는 경우에는 근로자의 위험을 방지하기 위하여 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 했다면 재해는 발생하지 않을 것입니다.

34

○○개발(주) 타워크레인 무너짐 사고



○ 작업 상황은

- 당 현장은 지상 13~15층 아파트 9개동을 신축하는 현장으로 구조물공사 완료 후 내부 마감공사가 진행 중이며 재해당시 공정율은 약 50%이며, 사고 타워크레인은 1호기로 401동, 408동 및 409동의 중심에 위치하고 있었으며, 립벨(LIEBHERR)사 1996년식으로 기종은 220HC임.

* T/C 해체작업자 현황 : T/C 운전원 1명, 지상의 신호수 2명, T/C 해체작업자 4명

○ 재해발생 상황은

- 10:30분경 T/C 상부 작업자의 위치는 아래 그림과 같으며, 피재자가 유압조작스위치(레버타입)로 텔레스코핑 케이지를 하강시키기 위하여 ‘내려갑니다’ 라고 이야기하고, 하강되던 중 순간 텔레스코핑 케이지와 상부구조가 갑자기 해체한 마스트 높이(약5m) 만큼 아래로 떨어짐.
- 이 충격에 의하여 타워크레인은 메인지브와 카운터지브가 운전석을 중심으로 양쪽으로 꺾였고 균형추 역할을 담당했던 지지프레임(약 1.5ton)과 마스트(12번, 약 2.1ton)가 지상으로 떨어졌으며,
- 텔레스코핑 케이지 작업발판에 있던 2명은 발판 밖으로 튕겨져 나가면서 약 50.6M 아래 지상으로 떨어져 사망, 2명은 부상을 당하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 당 현장의 해체작업계획서의 해체순서는 자립고 상부까지 마스트 해체 후 브레이싱 해체 작업을 하여야 하나, 브레이싱 해체를 먼저 함으로써 해체작업계획서의 해체순서를 준수하지 않았음.
 - * 당 현장의 해체작업계획서에는 마스트 해체 시 신호수 상, 하부 각각1명, 해체작업자 3명으로 구성되어 있었으나 상부 신호수가 배치되어 있지 않음.
- 고소에서 T/C 해체작업을 하면서 안전대를 착용하지 않은 상태에서 작업함으로써 운전석이 수직 하강하고 메인지브와 카운터지브 꺾임으로 인한 충격에 의해서 떨어졌음.
 - * 당해 T/C 자립고는 9단이나 지지용 와이어로프를 해체한 상태로 12번 마스트 해체작업을 진행함으로써, 실린더 받침대로 지지된 T/C 상부구조가 흔들리면서 수평지지대로부터 이탈된 것으로 추정.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 타워크레인을 해체할 경우에는 타워크레인의 종류와 형식, 해체순서, 작업도구·장비·가설 설비 등이 포함된 해체계획서를 작성하고 해체작업계획서의 해체순서에 따라 각 부재를 해체하여야 하며, 텔레스코핑 케이지에 의하여 상부 측 마스트를 해체하면서 T/C 지지용 와이어로프를 순차적으로 해체하고 최종적으로 자립도가 확보된 상태에서 와이어로프를 해체하여야 합니다.
- 또한, 고소에서 T/C 해체작업을 하면서 작업 근로자의 실수 또는 외부 충격에 의하여 떨어질 위험에 대비하여 안전대 등 개인보호구를 착용한 상태에서 작업을 실시하였다면 재해가 발생하지 않았을 것입니다.



○ 작업 상황은

- 당 현장은 경기도 ○○시 일원에서 ○○시 ○○동까지 지하 터널(NATM공법, 총연장 (L)=8.63km)과 수직구(환기구) 3개소를 설치하는 공사로, 공정율은 약 28%이고, 수직구 3개소(#13, #14, #15)를 통해 지하 약 50m 아래에서 2개 방향으로 나누어 터널 굴진공사가 진행 중이며, 재해발생 구간인 수직구 #14 4번 본산터널은 횡갱으로부터 ○○방향으로 약 600m 위치에서 터널 굴진작업이 실시되고 있었음.

○ 재해발생 상황은

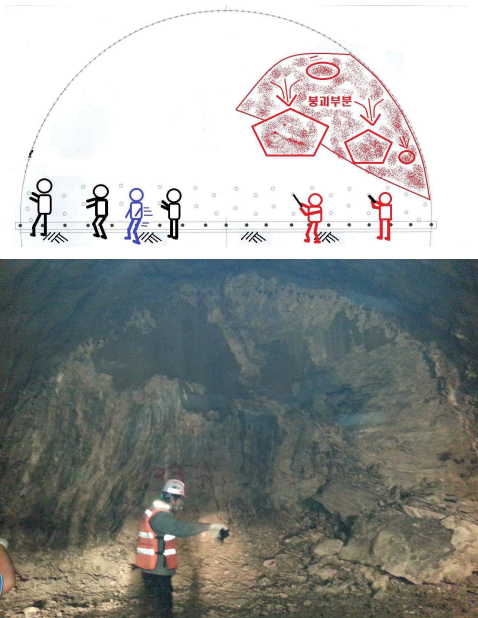
- 17:17분경부터 화약주입 지휘아래 근로자 총 5명이 막장면 하부 다단발파 예정구간의 장약작업에 투입되어, 각자 작업위치에 가서 총 4열(66공) 중 1(맨 아래)열부터 공내 청소 및 화약 삽입 등 작업을 시작하여, 1열의 20공과 장약작업(전색까지)을 완료하고, 2-3열의 공내 청소작업을 진행 하던 중,
- 17:23분경 막장면 우측 상부의 암석이 절리면을 따라 붕괴·낙하하며, 막장면 우측 전면 바닥에서 공기구(Blow Pipe)로 공내 청소를 하던 터널보조공 2명이 낙반(약 12m³)에 깔려(매몰되어), 2명 모두 사망한 재해임.

* 막장면 장약 및 발파작업 순서

- ① 장약공 주변 잔돌 제거 및 장약봉 제거
- ② 공내 청소(잔돌제거)
- ③ 뇌관(전기식) 연결 및 화약(뉴마이트, Emulsion 폭약) 삽입
- ④ 전색재(모래주머니) 삽입
- ⑤ 결선작업(1~5영역까지 순서대로 결선)
- ⑥ 발파 : 결선완료 후 안전한 장소인 수직구 #14 횡갱부에서 발파를 실시.

○ 재해발생의 주요원인은

- 터널 등의 건설작업을 하는 경우에 낙반 등에 의하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우에 부석의 제거 등 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 조치가 미흡하였음.
- 당초 설계도서 상에서 사고지점의 굴착방법이 무진동 암파쇄 방법이었으나 민원 제기 등의 이유로 막장면 하부 발파와 상부 암파쇄 병행에 의한 방법으로 변경 하였으며, 재해발생 지점에서 실시한 막장면 관찰도(Face Mapping)에는 연암과 풍화암의 경계(지층 변화가 예측)로 표기되어 있으나, 지층 상태에 대한 정확한 판단 및 적절한 보강 조치 없이 굴착을 진행 하다 재해가 발생하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 터널 등의 건설작업을 하는 경우에 낙반 등에 의하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우에 부석 제거 등 낙반 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하며,
- 또한, 설계서에 명시된 굴착방법 등을 변경하는 경우 지형, 지질 및 지층상태를 추가로 조사(암판정 등)하고 변경된 공법에 대한 적정성 및 안정성을 분석·검토한 후 감리·감독원의 승인을 득하고 안전한 작업계획을 수립하여야 하고, 재해발생 지점과 같이 예상된 지층 변화 구간에는 비파괴검사 등을 활용하여 암판정 및 파괴 예상면(절리)의 위치 파악 등을 지속적으로 실시하고, 결과에 따라서 적절한 보강 조치를 하여야 재해를 예방할 수 있을 것입니다.

36

○○건설(주) 상수도관 송수터널 익사 사고



○ 작업 상황은

- ○○정수센터에서 ○○○배수지로 공급하는 송수관로 중 올림픽대로~노량애돌 교각 하부구간의 송수관(상수도관)을 이중화(비상관로)하는 공사로, 송수터널(D=2,200mm, L=1,426m) 굴착 및 송수관(강관, D=1,500mm, L=1,511m)을 설치하는 공사임.

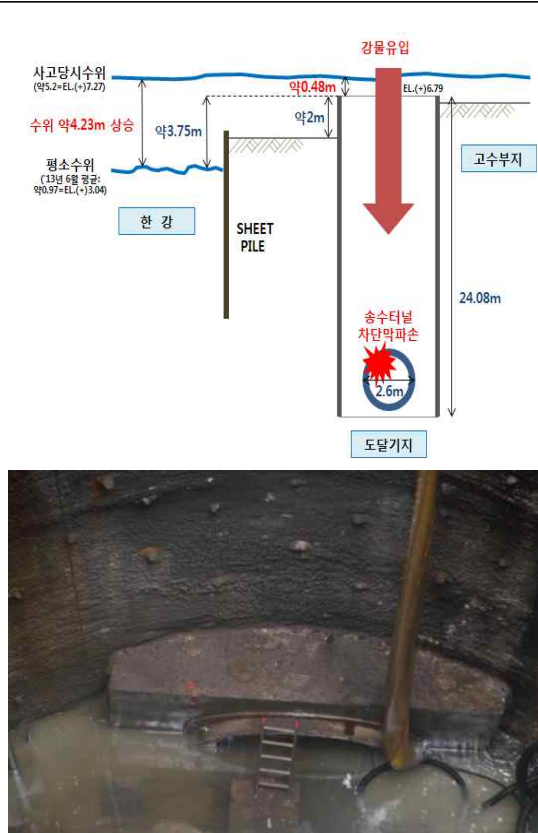
○ 재해발생 상황은

- 재해발생 당일 작업내용은 송수터널 내부에 송수관 설치작업을 하기 위해 송수터널 굴진 시 사용한 운반대차 이동요 Rail 및 침목을 철거하고 터널 내부 바닥을 청소하는 작업으로
- 07:30경 터널공사 협력업체 소속 근로자 8명이 터널 내부로 들어가 운반대차를 이용하여 전진기지에서부터 약 1km 떨어진 지점으로 이동하여 Rail 및 침목 철거작업을 실시함.
- 16:50경 장마철 호우호 한강수위가 급상승하면서 한강고수부지에 위치하고 있는 도달기지 상부로 한강물이 유입되었고, 도달기지 하부 터널입구 차단막(강판, Ø=2600mm)이 수압을 견디지 못하고 파손되어 물살에 휩쓸려 나가면서,
- 송수터널 내부에서 침목 및 Rail 철거 작업 중이던 근로자 8명 중 6명은 수몰되어 사망하였고, 1명은 구조 후 치료 중 사망, 1명은 대피하여 생존함.

※ 재해 발생 당시 장마철 호우 및 팔당댐 방류로 인해 한강수위가 약 4.23m('13년 6월 평균 약 0.97m→사고당시 약 5.2m) 상승하면서 도달기지 상부 개구부로 한강물이 유입된 것으로 추정됨.

○ 재해발생의 주요원인은

- 장마철 호우로 인한 악천후 시 하천 수위가 급상승하여 터널 수직구로 강물 등이 유입되어 터널 내부로 출수 등에 의해 재해가 발생할 급박한 위험이 있는 경우, 하천 수위 변동과 주변상황을 통합 예측하여 작업 중지 및 비상대피기준을 마련하고, 하천 수위 급상승시 즉시 작업을 중지하고 근로자들을 대피시키는 등 안전조치를 하여야 하나 미 실시 하였고,
- 도달기지 수직구로 강물이 유입되는 긴급한 상황에서 원청 시공사와 하청 업체간 작업중지 및 비상대피지시가 원활하게 전달되지 않았음.

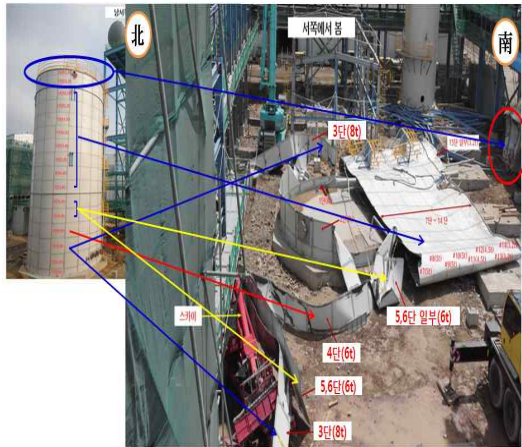


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 터널 내부로 강물이나 빗물 또는 지하수가 유입되는 것을 막는 시설물을 설치 시에는 사전에 강물 등의 유입차단 시설물의 설치 위치, 시설물 형식, 구조검토 등의 안전성평가를 실시하여 근로자에게 미칠 위험성을 사전에 제거하여야 하며,
- 장마철 호우로 인한 악천후 시 하천 수위가 급상승하여 터널 수직구로 강물 등이 유입되어 터널 내부로 출수 등에 의해 재해가 발생할 급박한 위험이 있는 경우에는 위험상황을 전파하는 유기적인 연락체계를 수립하고, 즉시 작업을 중지하고 근로자들을 안전하게 대피시킨다면 이러한 재해가 발생하지 않았을 것입니다.

< 사고 前 >

< 사고 後 >



○ 작업 상황은

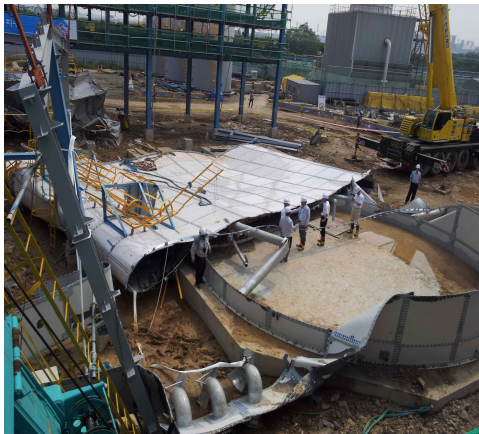
- 당 현장은 태양광전지 원료인 폴리실리콘 생산을 위한 공장 신축공사로, 주요공사현황은 PIPE RACK : 25,920㎡, STRUCTURE : 29,220㎡, SHELTER : 11,964㎡, BUILDING : 13,218㎡이며, 물탱크 제원은 다음과 같다.
- 규 격 : 내경 10.51m x 높이 17m x 두께 8.0~2.3 mm(총 16단)
- 설계 용량 : 1,300톤(충수량: 1,430톤)
- 재질(동체) : SS400(구조용 탄소강)
- 설계기준 : AWWA Standard(D-103: 1997)
- 연결방법 : 볼트로 판넬 연결

○ 재해발생 상황은

- 재해발생전일 협력업체 OO테크 직원 4명이 약 300톤(누계 920톤)의 물을 탱크에 충수하였으며, 야간에는 충수된 상태로 둬.
- 재해당일 09:00~13:00까지 전날과 유사한 방법으로 충수작업을 진행하였고, 13:00~15:00까지 누수 부위에 대한 볼트 재조임 등의 보수 작업을 위해 고소작업차량이 투입되어 OO테크 작업자 2명이 고소작업차량에 탑승하여 보수 작업을 진행함.
- 17:10분경 물탱크 중간부위에서 물이 누수되는 것을 발견하여 볼트 재조임작업과 누수 확인 등의 작업을 진행하던 중, 17:30경 연속적인 볼트 파단음과 함께 물탱크가 파열되면서 파손된 탱크 동체 및 쏟아지는 물에 의해 작업 근로자와 인근 근로자들이 상해를 입어 3명이 사망, 12명이 부상을 입음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 설계 시방서에서 고장력볼트(인장강도 1,000 MPa, 보증하중 Min. 800 MPa)를 사용하도록 규정하고 있으나, 파손된 물탱크의 경우, 고장력볼트와 일반볼트(인장강도 약 500 MPa)를 혼용하였고, 특히 당해 물탱크 동체 판넬 연결 볼트 중 전단하중을 크게 받는 3단~5단 사이에 일반볼트가 집중적으로 사용되었고,
- 해당 충수작업은 탱크설치 작업 후 누수발생여부 및 탱크전체의 안정성을 확인하는 과정이므로 누수 발생 시 해당 지역의 체결볼트를 죄어 누수를 막을 수 있으나, 해당 볼트의 토크(죄는 힘)에 대한 기준을 설정하여 과도한 힘이 볼트에 전달되지 않도록 하여야 하나, 이러한 기준이 없어 현장에서 과도하게 볼트를 체결하는 등 누수 시 조치방법이 부적절하였음.

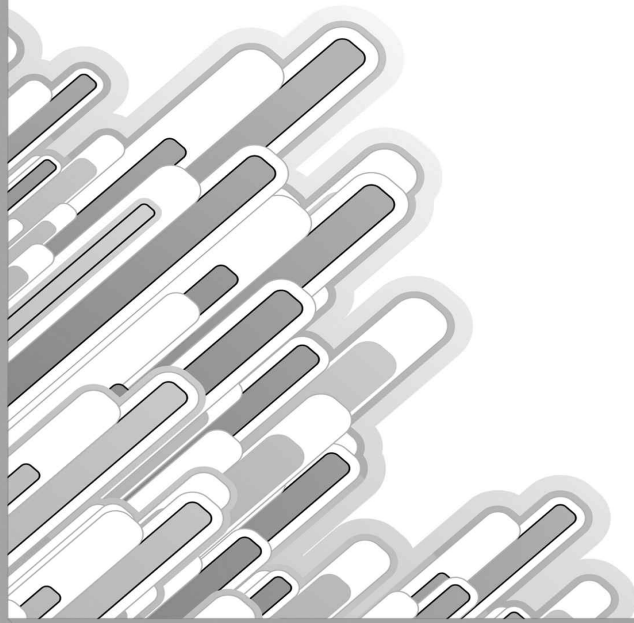


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 건축물 또는 이와 유사한 시설물 등은 자중 등에 의하여 붕괴·도괴재해 예방을 위해 건설공사 시방서에 따라 반입 자재의 규격, 강도 등을 사전에 확인하고 현장에 시공토록 하여야 하며, 자중, 적재하중, 풍압, 지진이나 진동, 충격 등에 의하여 붕괴·전도·도괴·폭발하는 등의 위험을 예방하기 위해 설계 도서에 의거 제작·설치되었는지의 여부를 확인해야 합니다.
- 또한, 고장력볼트를 사용하여 구조물을 제작할 경우에는 부적격품이 반입되지 않도록 볼트·너트에 대한 시험성적서, 자재검수기록, 납품업체, 납품수량 등에 대한 관리를 엄격히 수행한다면 재해를 예방할 수 있을 것입니다.



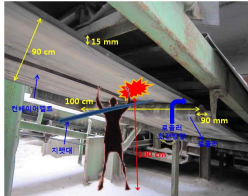
서비스업



Ⅲ. 서비스업

38. 벨트컨베이어 롤러 청소작업 중 끼임	89
39. 분뇨 수거차량 문짝에 끼임	91
40. 불발탄 해체 작업중 연쇄 폭발	93
41. 건물 외벽 보수작업 중 떨어짐	95
42. 지게차 하역작업 중 끼임	97
43. 철근다발을 크레인으로 인양중 떨어짐	100
44. 토사 무너짐으로 매몰 사고	102
45. 지붕 철거 작업 중 떨어짐	104
46. 군사용 화약류 폐기물 상차 작업 중 화재	106
47. 이동식 사다리위에서 전구 교체 중 떨어짐	109

38 벨트컨베이어 롤러 청소작업 중 끼임



[재해발생 상황도]



[지렛대]

○ 작업 상황은

- (주)○○개발 건설폐기물 파쇄작업현장에서 피재자가 가동중인 파쇄라인의 벨트컨베이어 하부 가이드 롤러에 코팅된 이물질(흙)을 금속제 지렛대를 이용하여 제거하는 작업을 실시하고 있었음.

* 기인물 : 벨트컨베이어, 지렛대

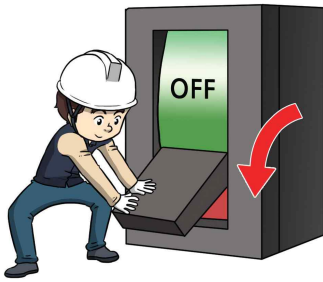
- 컨베이어
 - 벨트(두께×폭×전장) : 15t×900mm×24m
 - 가이드롤러(직경×폭) : Φ90mm×100cm
- 지렛대
 - 정사각형 환봉 형태로서 한쪽 단면은 경사면으로 가공되어 있음.
 - 가로×세로×길이[mm] : 15×15×1,200

○ 재해발생 상황은

- 평소 피재자는 파쇄 설비 가동 시 설비가 원활하게 작동될 수 있도록 현장을 순회하면서 골재 이송용 컨베이어벨트의 리턴 롤러에 코팅된 흙이나 얼음 등의 이물질을 지렛대를 사용하여 털어 내거나, 현장바닥에 떨어진 골재 등을 청소하는 작업을 담당하였음.
- 재해발생 당일 오전 09시경 피재자는 평소와 같이 가동 중인 컨베이어 하부에서 지렛대를 사용하여 컨베이어 벨트 가이드 롤러에 묻은 흙을 제거하던 중, 지렛대의 경사진 단부가 벨트와 리턴 롤러 사이에 끼이면서, 벨트와 지렛대 사이에 재해자의 상체가 끼어 압박, 호흡기 계통 눌림으로 사망하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

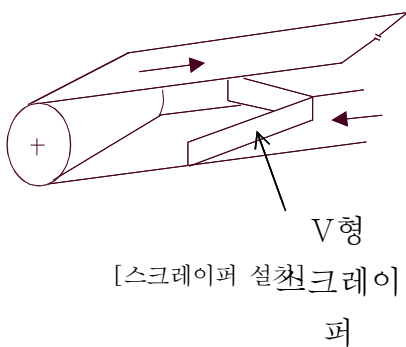
- 벨트컨베이어 리턴 롤러에 코팅된 이물질(흙) 제거작업을 설비 가동중인 상태에서 지렛대를 사용하여 실시하였음.
- 운전 상태의 컨베이어에 접근 시 근로자의 신체 일부가 말려 들어갈 위험이 있음에도 긴급 상황 시 컨베이어의 운전을 정지시킬 수 있는 비상정지장치가 설치되어 있지 않았음.



[청소, 정비작업시 전원차단]



[비상정지장치 설치]



[스크레이퍼 설치]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해·위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 설비 가동중 정비, 보수, 청소 작업을 하지 않도록 관리 감독을 철저히 하여야 하고, 정비 보수를 위한 설비 전원차단 시에는 반드시 메인 스위치에 “정비중” 또는 “청소중” 꼬리표를 부착하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(설비 정지 후 청소, 보수, 롤러 코팅제거, 롤러 코팅 방지를 위한 스크레이퍼 설치, 비상정지장치 설치 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

39 분노 수거차량 문짝에 끼임



[재해발생 상황도]

○ 작업 상황은

- ○○환경 차고지내에서 운전기사인 피해자가 분노수거차량 7대의 운행 준비를 위해 주차된 순서대로 시동을 거는 작업을 수행 하고 있었음.

* 기인물 : 라이노바쿰카

• 차량제원

길 이	7,055mm	너 비	2,200mm	높 이	2,440mm
총중량	10,515kg	배기량	7,412cc	최대적재량	5,000kg

※ 차량 최초등록일 : 1999. 2. 9, 마지막 자동차 검사일 : 2013. 1. 24

※ 본 차종의 경우 기어가 들어간 상태에서 시동이 걸리는 구조임

○ 재해발생 상황은

- ○○○환경 차고지에 출근한 피해자가 전날 운행을 마치고 차고지에 주차되어 있던 분노차량의 운행을 위해, 주차된 순서대로 첫 번째 차량(25톤)부터 차례로 시동을 거는 작업을 수행하였음.
- 사고차량(5톤, 9656)에 시동을 거는 순간 차량이 갑자기 앞으로 움직이면서 피해자가 긴급하게 핸들을 좌측으로 돌리자 좌측에 주차되어 있던 또 다른 차량(23.5톤) 우측부분과 사고차량 운전석문이 부딪치면서 차체와 운전석문과의 사이에 있던 피해자의 흉부가 압착되어 병원으로 후송, 치료 중 43일 후 사망하였음.

※ 피해자는 사고차량에 시동을 걸 때 운전석에 정상적으로 탑승한채 시동을 걸지않고 시간절약을 위해 운전석문을 연상대로 차량에 올라타지 않고 바닥에 서서 시동을 걸었음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 전날 차량을 주차한 후 운전석을 이탈할 때 시동키를 운전대에서 분리시키고, 갑작스러운 주행이나 이탈을 방지하기 위한 브레이크를 체결하지 않았으며, 기어가 들어간 상태에서 사이드 브레이크를 체결하지 않았음.
- 잘못된 운전습관 등으로 운전석에 오르지 않은 상태에서 시간절약을 위해 차량의 문을 연 상태에서, 사이드 브레이크의 위치(P:주차)를 확인하지 않고 기어가 1단에 위치한 상태를 확인 하지 않고 지상에서서 차량의 시동을 무리하게 걸었음.



[주차시 키 제거]



[사이드 브레이크 체결]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 차량 운행자들이 차량을 정차한 경우에는 반드시 브레이크를 체결하고, 시동을 걸 때는 반드시 운전석에 앉아서 시동을 걸고, 주정차 시 기어는 주차 위치에 둘 수 있도록 하고, 가급적 해당 차량의 운전자가 직접 시동을 걸고 운행을 할 수 있도록 관리 감독을 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(사이드 브레이크 체결, 주정차 시 기어위치 확인, 차량 전담 운전자가 시동걸기 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

40 불발탄 해체 작업중 연쇄 폭발



[유탄에서 빼낸 구리]

○ 작업 상황은

- 소형 고물상 거래처 등 외부에서 구입하여 트럭으로 대형 자루에 반입된 고물중 철, 구리, 동(구리+주석), 신주(구리+아연), 알루미늄, 스테인리스 등의 재질로 구분 분리하여 이를 다시 대형 고물상으로 반출하는 고물 분리 해체작업장에서,
- 군 사격장에서 대형자루에 담겨 반입된 유탄(불발탄) 해체 작업을 수행하고 있었음.

* 기인물 :

- 연습용 유탄 : 유탄 하단에 추진체만 달려있어 유탄발사기로 발사하면 추진만 되고 탄착점(彈着點)에서는 폭발되지 않는 군사훈련용 유탄.
- 실탄 유탄 : 유탄발사기로 발사하면 유탄이 추진되고 탄착점에 도착하면 격렬하게 폭발되는 전시용 대인살상용 유탄.

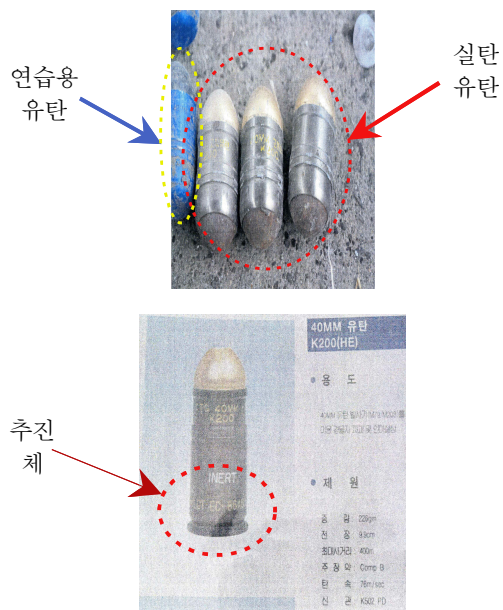
○ 재해발생 상황은

- 피해자가 40MM 연습용 유탄과 군 사격장에서 폭발이 되지 않은 실탄 유탄(불발탄)이 섞여있는 대형자루를 트럭으로 운반하여 작업장에 하차하였음.
- 대형자루에서 유탄을 꺼내는 과정에서 군 사격장에서 발사는 됐으나 탄착점에서 터지지 않은 실탄 유탄 불발탄(6개)이 섞여 있어 작업장 바닥에 구분하여 분류해 놓음.
- 연습용 유탄을 대형 자루에서 꺼내 유탄 안에 들어있는 구리 등을 분해하여 빼내는 작업을 시작하여 작업순서별로 플라스틱 박스에 구분하여 담아두었음.

- 연습용 유탄과 동일하게 실탄 유탄을 분해하는 작업을 하던 중 갑자기 실탄 유탄이 폭발하여 피해자가 현장에서 출혈상태로 옆으로 누워있었고 이를 본 동료 작업자가 119에 신고를 하였음.
- 출동한 소방대원이 피해자 주변에서 구조작업을 하던 중 바닥에 놓여 있던 또 다른 실탄이 2차로 추가 폭발하여 주위에 있던 작업자 1명이 사망하고 사업주 등 3명과 소방대원이 부상을 당하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 군사격장에서 실탄을 유탄발사기로 발사하였으나 탄착점에서 폭발되지 않은 실탄을 다 사용한 연습용 유탄과 비슷할 것으로 착각하고 그 위험성을 모른 채 연습용 유탄처럼 임의로 분해하는 작업을 실시함.
- 인근 군 사격장에서 발사된 연습용 유탄 및 실탄 유탄(불발탄)을 임의로 외부에서 습득하여 작업장으로 반입시키고 군사용 위험물질을 사전 안전조치 없이 임의로 분해하는 작업을 실시하였음.
- 군사용 폭발물 중 유탄은 TNT 등 니트로화합물 계열로 마찰 또는 충격으로 인해 쉽게 폭발할 수 있으나 위험에 대한 인식이 부족하였음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 작업장에 고물을 반입 시 군사용 폭탄과 같은 위험물질을 임의로 반입하지 않도록 작업장으로 들어오는 지입차량의 내용물을 확인하여야 합니다.
 - 특히 군사용 물품을 민간용으로 쓰기 위해 임의로 작업장내로 반입시켜 이를 분해하거나 개조하여 사용할 수 없도록 철저히 관리하여야 합니다.
- ※ 군사용 폭탄과 같은 폭발성 물질은 「총포·도검·화약류 등 단속법」에서 규정하는 자격을 가진 자가 취급할 수 있음.

41 건물 외벽 보수작업 중 떨어짐



[재해발생 상황도]



[파단된 로프]

○ 작업 상황은

- ○○호텔 건물 외벽 크랙 보수 및 우드 사이딩 보수작업을 위해 호텔 옥상에서 외벽에서 로프를 타고 내려오면서 외벽 크랙 부위를 실리콘 건으로 보강, 페인트로 마감 작업을 수행하고 있었음.

* 기인물명 : 섬유로프

직경 : 20~22mm

길이 : 50m

○ 재해발생 상황은

- 호텔 시설팀 회의에서 호텔 건물 외벽 크랙 보수 및 우드사이딩 보수작업을 결정하고 팀장인 피해자는 로프 및 장비를 챙겨 먼저 건물 옥상으로 올라감.
- 피해자는 호텔 옥상의 건물 난간 끝부분에서 약 10m 거리에 있는 팬츄레터에 로프가 풀리지 않도록 설치하고 달비계를 이용하여 건물외벽을 타고 내려가서 보수 작업 하던 중 작업자의 체중에 의한 정하중과 하강작업 시 가해지는 충격하중에 의해 샤클에 체결되어 있던 부분의 노후 된 부분이 파단 되어 달비계와 함께 건물 3층 높이(약 12m)에서 수영장 복도 외부출입문 앞 테라스 바닥으로 떨어져 사망하였음.

※ 작업 시 사용한 로프는 로프가 필요한 작업에 사용하기 위해 2-3년 전 호텔 협력 업체로부터 얻은 것으로 노후 된 상태이며, 사고발생 이전에도 2-3차례 사용하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

▶ 사용 전 로프의 상태를 점검하지 않음.

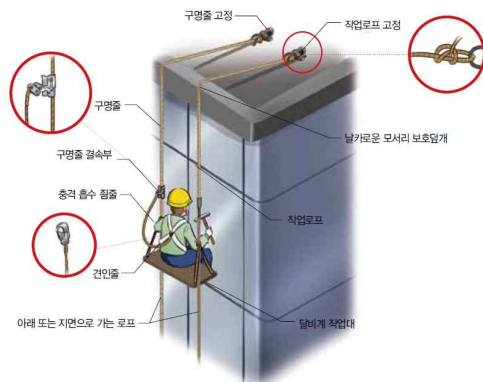
- 또한 로프 스트랜드 외부에 털이 심하게 부풀어 오르고 꼬임이 끊어지거나 심하게 손상된 섬유로프를 사용 전에 이상유무 점검을 않았음.

▶ 떨어짐 방지용 구명줄 미설치.

- 높이 2m 이상의 고소작업 장소에서 건물 외벽 보수 작업 등을 할 때에는 떨어짐에 의한 근로자의 위험을 방지하기 위하여 작업용 로프와는 별도로 안전대 걸이용 구명줄을 설치하고 작업하여야 하나 구명줄과 안전대를 착용하지 않고 작업을 실시하였음.

관련 사진

(안전보건 확보사진/삽화 등 추가)

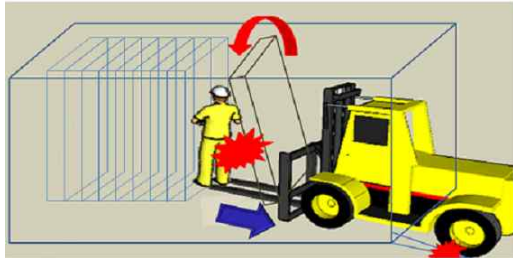


[외벽 작업 안전조치]

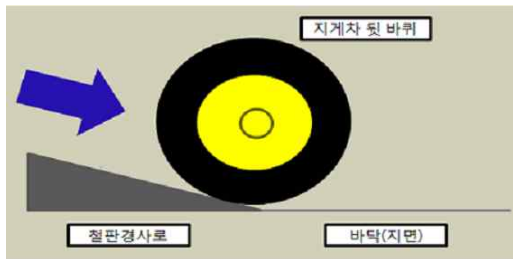
○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해·위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 근로자가 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때는 안전성확보를 위해 안전대를 착용하고 별도 설치된 구명줄에 걸고 작업을 수행하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(로프 파손상태 점검, 구명줄 설치, 안전대 착용 등 떨어짐 방지조치), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

42 지게차 하역작업 중 끼임



[재해발생 상황도]



[지렛대]

○ 작업 상황은

－ ○○글로벌물류센터(주) 항운노조원인 피해자가 컨테이너 내부에서 지게차에 의한 펄프 번들 하역 작업을 용이하도록 번들 하부에 고임목을 받쳐주는 보조작업을 수행하고 있었음.

* 기인물 : 디젤식 지게차

• 제 조 사 : ○○산업차량(주)

• 모 델 명 : D45S-5

• 마스트 종류 : FFT

• 차량중량(어태치먼트 제외) : 7046 KG

• 마스트 경사각 : 전경각 8° / 후경각 8°

• 타이어 공기압 : 전륜 785 KPA / 후륜 860

KPA

• 정격용량 : 4,565 KG

• 하중중심 : 600 mm

• 최대작업높이 : 4,250 mm

○ 재해발생 상황은

- 재해발생 사업장은 창고 및 포장·물류업체로서 사고발생 당시 피재자와 지게차 운전기사 2명이 입고된 컨테이너 내부의 펄프 번들을 지게차로 적출하는 작업을 수행하였음.
- 작업대상 컨테이너 내부에는 펄프가 11개 번들이 적재되어 있었고, 앞쪽에 있는 2개 번들은 컨테이너 외부에서 지게차 포크를 번들의 묶음 와이어(철재 강선) 위(상단부)에 넣고 인양하여 후진하는 방식으로 적출하였음.
- 3번째 번들부터는 지게차가 컨테이너 외부에서 가깝게 접근이 불가능하여 지게차가 컨테이너 내부로 진입하기 위해 피재자는 컨테이너와 작업장 바닥사이에 철판경사로를 설치하고 3번째 번들을 적출하기 위하여 펄프번들 밑(하단부)에 고임목 한 개를 가운데에 받침.
- 지게차 운전자가 지게차를 컨테이너 쪽으로 운전하여 지게차의 앞바퀴가 철판경사로의 2/3 지점에 놓였을 때 포크를 펄프번들 밑(하단부)의 고임목을 밀어, 살짝 들린 공간에 포크를 넣었음. 사고 당시 비가 오고 있어 철판경사로가 미끄러웠고, 지게차 앞바퀴가 경사로 위에서 헛바퀴를 몇 번 돌며, 포크를 넣는 작업을 수차례 시도하였음.
- 포크를 펄프번들 밑(하단부)으로 여러 번 넣는 과정에서 펄프가 뭉치게 되어 수평이 맞지 않아, 펄프번들이 오른쪽으로 기운 채 지게차 포크로 인양되었고 1m 정도 후진하는 과정에서 뒷바퀴가 철판경사로와 바닥이 맞닿는 부분에서 덜컥거리며 펄프번들이 넘어가면서 컨테이너 내부에 있던 피재자의 골반 부위를 충돌·압박하였고 후송 치료 중 과다출혈로 사망하였음.



○ 재해발생의 주요원인은

- 중량물 운반작업 시 낙하·충돌·협착 등의 위험을 발생시킬 우려가 있는 장소에서는 근로자의 출입을 통제하는 등 안전대책을 수립하여야 하나 위험반경 내에 근로자가 있는 상태에서 번들 적출 작업을 실시하였음.
- 지게차를 사용하여 중량물을 들어올릴 때 중량물의 안정상태 및 포크에 대한 편하중이 없는지 등을 확인하지 않았음.
- 지게차를 사용하여 중량물 운반 작업을 하는 때는 추락·낙하·전도·협착·붕괴 등의 위험을 예방할 수 있는 안전대책에 관한 작업계획서를 작성하고, 당해 근로자에게 교육토록 하여야 되나 작업계획서를 작성하지 않았음.

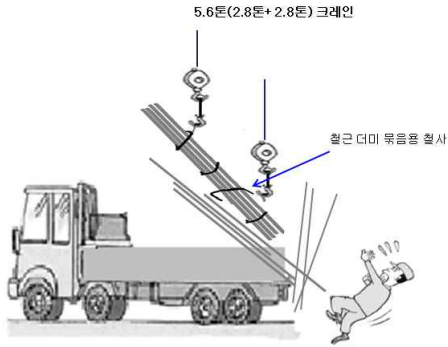


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해·위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 위험장소에 작업자의 접근을 금지하고, 화물의 안정 상태와 포크에 대한 편하중이 없는지 등을 확인하고, 지게차의 포크가 삽입될 수 있도록 적합한 구조의 받침목을 사용하여 중량물을 적재하고 안전대책에 관한 작업계획서를 작성하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(위험구역 출입 금지, 적합한 구조의 받침목 사용 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

43

철근다발을 크레인으로 인양중 떨어짐



[재해발생 상황도]

○ 작업 상황은

- ○○철강내에서 5톤 트럭으로 이송되어온 철근다발을 내리기 위해 5.6톤(2.8t + 2.8t) 천장크레인으로 작업장내 적재장소로 내리던 작업을 수행하고 있었음.

* 기인물

- 철근더미(길이방향으로 4개소에 강선으로 묶여 있는 철근묶음) 길이 8m, 직경 10mm, 수량 210개, 중량 941Kg
- 크레인 : 5.6톤(2.8톤 + 2.8톤), 2012.12월 검사필

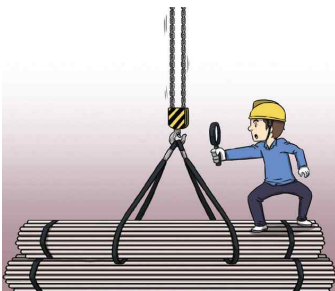
○ 재해발생 상황은

- (주)○○철강 소속 근로자 ○○○이 5톤 트럭으로 이송되어 온 철근더미를 크레인을 이용하여 작업장 적재장소에 하치하는 작업을 실시함.
- 철근더미는 길이 방향으로 4개소에 강선(철사)으로 묶여 있었으며, 크레인의 훅크 2개를 첫 번째와 세 번째 강선에 걸고 위로 들어서 바닥에 하역하는 작업을 실시함.
- 5.6톤(2.8톤 + 2.8톤) 크레인의 훅크 2개를 철근더미를 묶고 있는 첫 번째와 세 번째 강선(철사)에 걸고 위로 들어서 수평으로 약 50cm 정도 이동할 때 (주)○○스틸 소속 피재자가 철근더미 균형 및 적재장소에 정확히 안착하기 위해 트럭 옆으로 접근하던 중 크레인 훅크에 걸려 있던 강선(철사)이 풀리면서 철근이 피재자 머리, 목부분에 떨어져 사망하였음.

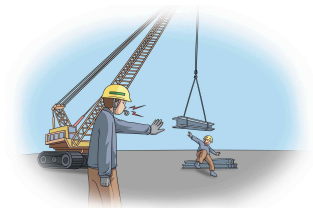
※ (주)○○스틸은 (주)○○철강의 작업장 일부를 빌려 형강, 파이프를 보관하여 도매로 판매하고 있고, (주)인영철강은 철근을 보관하여 도매로 판매하는 업체임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 중량이 941kg인 철근을 크레인으로 들어서 바닥에 하역할 때는 적절한 안전계수를 갖는 달기구(섬유로프 또는 슬링와이어)로 견고하게 묶고 작업하여야 하나, 묶음 상태가 불안정한 강선(철사)에 훅크를 달고 들어올려 철근의 하중에 의해 강선이 풀리면서 철근이 떨어졌음.
- 크레인에 매달린 중량물 유도 시에는 떨어지거나 부딪힐 위험이 있으므로 적절한 유도 로프 또는 수공구를 사용하여야 하나 직접 손으로 유도 작업을 실시하였음.



[중량장착물 줄걸이 작업시 점검절저]



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해 위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 매달린 물체에 의한 부딪힘, 떨어짐 위험이 있을 때에는 안전성확보를 위해 유도로프 또는 수공구를 사용하고, 중량물은 반드시 적정 달기구(섬유로프 또는 와이어 로프)를 사용하여 작업을 수행하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(유도로프 또는 수공구 사용, 적적 줄걸이 용구), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

44 토사 무너짐으로 매몰 사고



○ 작업 상황은

- 건축 폐기물을 크래셔, 샌드밀을 통해 생산된 골재를 옥외 야적장에 적재하는 현장 살수작업에 공급되는 급수 배관(φ125mm, 강관)에 누수가 발생하여 누수부분을 찾아 보수하기 위한 작업을 수행하고 있었음

○ 재해발생 상황은

- 최근 잦은 비로 야적된 토사는 물기를 많이 머금은 상태였음
 - ※ 기상청 확인 결과 해당지역은 5월 1일, 2일, 3일, 5일, 8일, 9일 비가 내렸음.
- 골재 야적 현장에 살수용 물이 공급되지 않아 생산에 문제가 발생하자 원인을 파악하였고 토사 야적장 하부로 통과하는 배관에서 누수가 발생하는 것 판단하였음.
- 재해발생일 전 5.11(금)~12(토)까지 2일간 굴삭기(2m³: 버킷용량) 3대를 이용하여 토사(높이 약7~8m, 폭 약10~13m, 길이 약20m)를 파내는 작업을 진행하였음.
- 5.12(토) 퇴근 전 현장소장 안양원은 5.13(일) 배관 보수작업을 완료하기 위해 본인을 포함한 7명의 특근을 신청하였고 전무의 승인을 받음.
- 5.13(일) 08:00분경 출근한 특근자들은 보수공사 현장으로가 배관 상부의 토사를 제거하는 작업을 시작함.
 - 굴삭기 기사 3명은 굴삭기(2m³: 버킷용량) 3대를 사용하여 진입로 부근의 토사를 밖으로 나르는 작업을 하였고,
 - 피재자 등 3명(사망자)은 배관을 찾기위해 삽을 이용한 인력작업을 하고 주변에 부상자인 전무는 작업 상황을 확인하고 있었음.

- 현장소장은 11시경부터 소형굴삭기(0.2m³: 버킷용량)를 운전하여 삼을 이용한 인력작업자(사망자) 인근에서 토사를 나르는 작업을 함.
- 배관을 찾기 위한 토사 제거 작업 진행 중 갑자기 측면의 토사가 붕괴(약 40m³)되면서 피재자 3명(사망자), 전무(부상자) 및 굴삭기를 덮쳐 3명은 매몰되어 사망하였고, 전무는 중상을 입었으며, 굴삭기 운전자인 현장소장은 운전석에서 무사했음.

○ 재해발생의 주요원인은

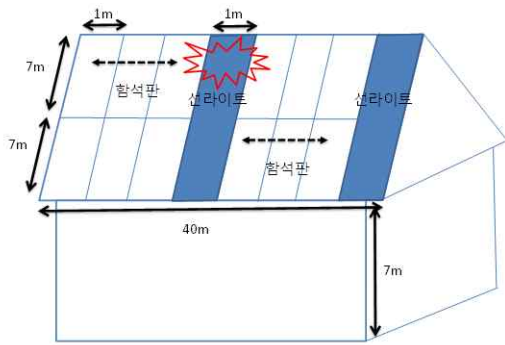
- 붕괴된 지반은 일반토사 성토층으로 절취작업 시 토사붕괴로 인한 위험방지를 위해 안전한 경사(1:1~1:1.5)를 유지한 상태에서 작업을 실시하여야 하나, 경사도가 1:0.77(조사시 인근 측정치)이었고,
- 잦은 강우로 인해 빗물 등이 성토지반에 침투하여 토사와 혼입되어 토사이완 및 함수량 증가 등으로 붕괴위험이 높음에도 불구하고, 성토지반에 비닐 또는 천막 등을 미리 설치하지 않아 강우 시 빗물 등이 침투하여 지반이 연약화되어 붕괴되었음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 성토지반의 절취, 제거과정에서 주변 절취법면의 무너짐 예방을 위한 경사 기울기 확보 후 작업
- 사업주 또는 관리자는 성토지반에 빗물 등이 침투하여 토사와 혼입되어 토사 이완으로 인한 지반의 붕괴위험을 방지하기 위하여 비닐 또는 천막 등을 미리 설치하여 빗물 등의 침투를 막아야 하고
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전조치(지반의 경사도 확보, 토사 빗물침투방지조치 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 하여야 합니다.

45 지붕 철거 작업 중 떨어짐



[축사 구조물 도해]

○ 작업 상황은

- ○○스틸 축사 철거작업 현장에서 일용근로자인 피재자와 동료작업자 등 2명은 지붕 위에서, 나머지 2명은 지상에서 해체된 합석판 운반작업을 수행하고 있었음.

* 축사 지붕은 선라이트 및 합석판 재료로 이루어짐.

○ 재해발생 상황은

▶ 09:10경 피재자, 작업책임자 신중본 등 근로자 4명이 축사 철거작업을 위해 현장에 출역함.

- 축사는 지상 1층 철골 구조이며 지붕은 합석판과 선라이트 재료로 이루어짐.

※ 지붕재료인 합석판을 재활용하기 위해 피재자와 동료작업자 등 2명은 지붕 위에서 합석판을 해체하는 작업을 하였고, 나머지 근로자 2명은 지상에서 운반 작업을 수행함.

▶ 09:50경 피재자 정철호(41세,남,인부)는 축사 지붕 위에서 합석판 해체 작업 중 지붕 선라이트 부분이 파손되면서 약 7m 아래의 콘크리트 바닥으로 추락하여 사망.

○ 재해발생의 주요원인은

- 선라이트(sunlight) 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕위에서 작업 시 근로자가 떨어질 우려가 있는 경우 폭 30cm 이상의 발판을 설치하거나 안전방망 설치 등의 안전조치를 하지 않음.
- 높이 7m이상의 떨어짐 위험이 있는 지붕 철거 작업을 수행하면서 안전대 및 안전모 등의 개인보호구를 착용하지 않고 작업을 실시함.

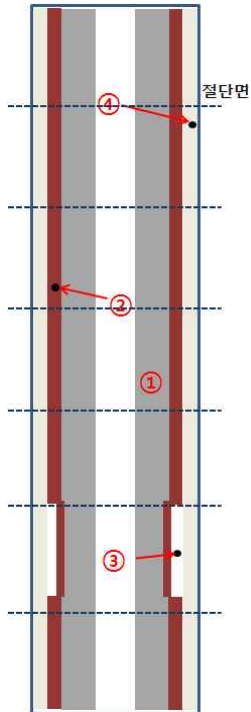


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해·위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 근로자들이 작업시작 전 점검사항 이행, 안전작업절차 준수, 유해·위험작업 정보 확인, 비상대피요령 등에 대해 숙지하고 작업을 실시하고 있는지 관리감독을 철저히 이행하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전 조치(30cm이상의 작업발판, 안전방망, 안전대 착용 등 떨어짐 방지 조치 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

46

군사용 화약류 폐기물 상차 작업 중 화재



- ① 추진제
- ② 라이너(고무재질)
- ③ 튜브(고무재질)
- ④ 알루미늄 커버

○ 작업 상황은

-전북 전주시에 소재한 ○○환경(주) 소각전처리장에서 전일 소각로에 투입하였다 폭발이 발생된 폐기물을 배출업체에 되돌려 보내기 위해 집게굴삭기로 암롤(Arm Roll)박스에 폐기물을 상차하는 작업을 수행하고 있었음.

※ 기인물 : 다련장로켓추진기관의 폐기물

※ 추진제 성분: 부타디엔(고무재질)+알루미늄분말(연료)+과염소산암모늄(산화제) 등



○ 재해발생 상황은

- 4월 12일 사고폐기물이 실린 암롤박스를 계량하지 않은 상태로 야적장에 분리 하차 보관
- 4월 23일(화재폭발 전일) 야적장에 분리 하차한 암롤박스를 탑재하고 정식 계량을 한 후 암롤박스에 실린 사고폐기물을 소각동 선별장에 쏟아 놓음.
- 4월 23일 13시경 소각로에 혼재된 폐기물 투입시 소규모 폭발 발생.
- 4월 23일 18시경 펑 소리와 함께 소각로 내에서 큰 폭발과 화염이 발생.
※ 경찰과 소방서가 출동하였으나 자세한 확인 없이 경미한 사항으로 처리하고 되돌아 감.
- 4월 24일(화재 폭발당일) 07시경 반입한 사고폐기물을 (유)00에 되돌려 보내기 위해 현장에 작업자 10여명이 투입되어 폐기물 선별작업에 들어감.
- 4월 24일 14시경 사고폐기물을 집게굴삭기로 (유)00 차량 암롤박스에 상차 하던 중 급격한 화재 발생.

○ 재해발생의 주요원인은

화재는 연소의 3요소(가연물, 산소, 점화원)가 충족되어야 발생될 수 있으며, 이번의 급속한 화재는 다련장로켓 추진제의 보조연료인 알루미늄 분말이 산화제인 과염소산암모늄과 혼합된 상태에서 집게굴삭기의 집게와 작업장 바닥의 충격, 마찰에너지에 의해 점화되어 발생하였음.

- 군사용 화약류 폐기물의 부적절한 취급

로켓의 추진제를 충전 했던 추진기관은 내부 잔존 추진제로 인해 화재, 폭발의 위험이 매우 높은 군사용 폐기물로 화기나 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근 시키거나 충격·마찰·가열을 가하는 행위를 하지 않아야 하나 집게굴삭기를 이용하여 집게와 작업장 바닥면의 충격 또는 마찰을 일으키는 작업을 수행하였음.

- 폭발사고 사전징후에 대한 정밀원인분석 미실시

- 사고 전일(4. 23) 사고폐기물을 소각로 내에 투입하다 소각로 가동을 중단할 정도의 폭발이 발생하였을 때, 배출업체나 수집운반업체를 통해 사고폐기물의 종류와 위험성을 파악하지 않은 상태로 충격, 마찰에 민감한 폐기물을 집게굴삭기를 이용하여 상차하다 재해가 발생하였음.
- 사고 전일 폭발신고를 받고 경찰과 소방서가 출동하였으나 자세한 확인 없이 경미한 사항으로 처리하고 되돌아 갔음.

－ 전문처리업체가 아닌 일반처리업체가 화약류를 처리

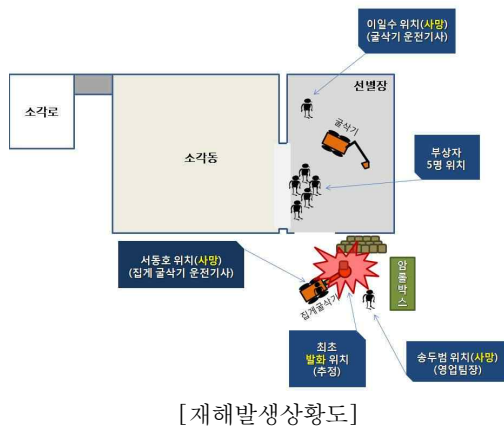
화약류의 폐기처리는 화약류 전문처리업체가 폐기처리하여야 하나 전문성이 없는 일반폐기물처리업체가 처리 및 반송하는 과정에서 사고가 발생하였음.

－ 화약류 유통에 대한 관리·통제의 부재

군용화약류는 군에서 지정한 전문처리업체가 폐기처리하도록 되어 있으나 군에서 지정도 받지 아니한 일반처리업체에 군용화약폐기물이 반입되는 등 관리 및 통제의 부재상태가 사고의 간접적인 원인으로 작용하였음.

관련 사진

(안전보건 확보사진/삽화 등 추가)



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- － 화재·폭발 위험이 있는 폐기물을 파악한 경우에는 중장비를 사용하여 충격·마찰을 가하는 작업을 금지하여야 합니다.
- － 신규로 입고되는 폐기물은 배출업체를 통해 물질 성분을 철저히 파악하고, 명문화된 절차(작업표준)에 의해 진행해야 합니다.
- － 폐기물 소각시 정상 운전상태를 벗어난 폭발 등의 사고가 발생한 경우, 해당 사고에 대한 정밀원인분석을 실시하고, 그 결과에 따라 후속작업을 실시한다.
- － 화약류와 화약류폐기물은 허가를 받은 유자격업체에서만 유통되고 처리되도록 국가적인 차원에서 유통과정에 대한 관리와 통제가 강화되어야 합니다.

47

이동식 사다리위에서 전구 교체 중 떨어짐



[기인물인 A형 사다리]

○ 작업 상황은

- ○○빌딩 관리인인 피해자는 지상 1층 화장실 입구 천정에 설치된 형광등이 꺼져 있는 것을 인지하고 건물주와 함께 A형 사다리를 이용해 형광등 교체 작업을 수행함.

* 기인물(A형 사다리) 제원

- 길이 : 1,900mm - 상단폭 : 360mm
- 하단폭 : 500mm - 발판폭 : 300mm
- 재질 : 알루미늄 - 단수 : 6단 발판

○ 재해발생 상황은

- 피해자는 형광등 교체 작업(천장의 높이는 3.6m)을 위해 인근에 있는 oo인테리어에서 A형 사다리를 빌려오고 건물주와 형광등 교체작업을 하기로 함.
- 피해자가 사다리 5단 까지 올라가 형광등 교체를 위한 준비 작업(파손 형광등 제거)을 하고 있는 동안 보조 작업자인 건물주는 사다리 설치위치에서 2m 떨어진 위치에 있는 신품 형광등을 가져오기 위해 이동하는 순간 사다리위의 피해자가 균형을 잃고 바닥으로 떨어져 병원으로 후송 치료 중 2일 후 뇌출혈로 사망하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- A형사다리(A형)를 이용하여 2인 1조로 작업하였으나 보조 작업자가 신품 형광등을 가지러간 동안 단독 작업이 수행되었음.
- 형광등 교체작업 시 사용한 사다리 작업은 떨어짐 등 잠재위험이 있었으나, 안전모 등 보호구를 착용하지 않고 작업 중 균형을 잃고 바닥으로 떨어졌음.

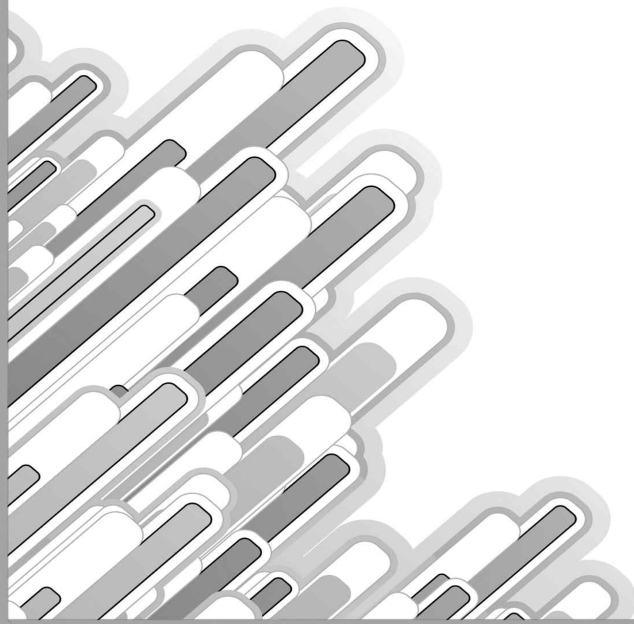


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업 시작 전 작업내용, 안전작업절차, 유해·위험작업에 대한 정보 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 근로자가 떨어지거나 넘어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때는 안전성확보 사다리 또는 전용작업대를 설치하여 작업을 수행하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전 조치(안전사다리, 전용작업대, 사다리에 작업자가 올라가 있는 동안 사다리 고정 등 떨어짐 방지조치 등), 안전교육, 확인점검 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.



중대산업사고



IV. 중대산업사고

48. [주]○○글로벌 불화수소 누출사고	115
49. ○○제철(주) 가스누출 중독사고	117
50. ○○(주) 반응기 폭발사고	119
51. [주]○○ Dust제거 작업중 질식사고	121
52. ○○인더스트리(주) 화재·폭발 사고	123
53. ○○화학(주) 화재·폭발 사고	125
54. 저유소 휘발유 저장탱크 폭발	127
55. ○○○(주) 래들기열기 폭발사고	129
56. ○○화학(주) 염소가스 누출사고	131
57. ○○전자(주) 불산누출 사고	133
58. ○○공업(주) 드럼 화재·폭발 사고	135
59. ○○산업(주) 사일로 폭발사고	139
60. ○○제약(주) 여과기 폭발사고	141
61. ○○에너지(주) Off-Gas 폭발사고	143
62. [주]○○케미칼 건조기 폭발사고	145

48

(주)○○글로벌 불화수소 누출 사고



○ 작업 상황은

- (주)○○글로벌은 옥외에 주차되어 있는 탱크컨테이너에서 100% 불화수소를 희석설비로 공급 후 물과 희석시켜 약 50% 농도의 불산을 제조하는 사업장입니다.

* 사고 탱크컨테이너 사양 : 내경이 2,000mm, 저장탱크 길이가 5,700mm로 저장용량이 약 18톤임.

○ 재해발생 상황은

- 탱크 컨테이너 1호에 연결된 플렉시블 배관을 해체하여 탱크 컨테이너 2호에 연결하여야 하므로 작업자 중 일부는 탱크 컨테이너 1호에 연결된 배관을 제거하는 작업을 실시하였고, 나머지 작업자는 탱크 컨테이너 2호의 밸브 후단에 체결되어 있는 맹판을 제거하는 작업을 하고 있었다.
- 이때, 고장 난 펌프를 수리하는 수리업체 직원이 방문하였고, 탱크 컨테이너 2호 위에 있던 작업자 중 한명이 내려와 수리업체 직원과 수리에 관해서 이야기를 나누었다.
- 탱크 컨테이너 2호에서 “퍽”소리와 함께 앞을 볼 수 없을 정도로 운무가 발생하였다. 탱크 컨테이너에서 누출된 불화수소는 현장에 있던 5명의 근로자를 사망시켰고, 추가로 인근 사업장과 지역주민, 사고를 수습하던 관계자들에게도 영향을 주어 입원치료 12명, 건강검진 7,162명, 농작물 237.9ha, 가축 3,209두, 차량 1,138대 등의 막대한 피해를 입혔다.

* 불화수소(HF, Hydrogen Fluoride) : 상온, 상압에서 기체상태의 급성독성물질로 무색이지만 강하고 자극적인 냄새가 나며 기체상태의 불화수소를 가압·냉각시키면 액화되어 다량으로 운반·보관이 가능함.

○ 재해발생의 주요원인은

- 탱크 컨테이너와 회석설비를 안전하게 연결하는 순서가 정해져 있으나 순서를 무시하고 불화수소 및 공기배관의 맹판을 모두 개방하였다.
- 탱크 컨테이너에 부착되어 있는 불화수소 이송용 밸브가 볼밸브이고 조작 손잡이가 Lever형태로 설치되어 작업자가 작업 중 작업자의 무게에 의하여 손잡이가 젖혀지면서 밸브가 개방되고 대량의 불화수소가 누출되었다.
- 불화수소 및 불산을 취급하는 작업 시 보호복 및 호흡용 보호구, 내산성 안전장갑 등 취급 물질에 맞게 적절한 보호구를 착용하고 작업하여야 함에도 불구하고 보호구를 착용하지 않아 사고로 다수의 근로자가 사망하였다.



[사고발생 탱크 컨테이너 (Tank Container)에 설치된 볼 밸브]



[누출위험이 적은 게이트 밸브]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주는 작업시작 전에 진행되는 작업의 내용, 안전작업절차 등에 대해 근로자에게 알려주어야 하며 근로자는 안전작업절차를 준수하여야 합니다.
- 작업자가 밸브의 손잡이를 밟더라도 개방되지 않도록 볼밸브 대신 게이트밸브나 글로브 밸브를 설치하여야 합니다.
- 독성물질을 취급하는 작업을 할 때는 반드시 작업방법과 취급물질의 성상을 파악하여 전면형 보호마스크와 보호의, 보호장갑 등을 작업장에 구비하여 사용하고, 주기적으로 교육을 실시하여 작업자의 인식능력 저하를 방지하고 적응성을 높여야 합니다.

49

○○제철(주) 가스누출 중독사고



○ 작업 상황은

- 2010.02.09.(화) 14:33분경 충남 당진군 소재 ○○제철(주) 당진제철소 #1고로 신설공장 LDG 부스터실에서 #1 부스터 하우징부(임펠러 커버)를 해체하던 중 LDG*가 다량 유출되어 해당 작업 근로자 7명 및 인근 근로자 20명이 중독된 사고

* LDG : 제강공장의 전로에서 발생하는 부생가스

○ 재해발생 상황은

- LDG 부스터의 하우징부에서 가스가 누출됨을 부스터 시험중에 발견하여, 2010.2.9. 10시부터 12시까지 ○○엔지니어링의 감독자의 책임하에 협력업체 근로자 4명이 #1 부스터 전단 자동밸브 (MOV)를 차단하고 수봉(밸브에 물을 채워 기밀을 유지)함.
- 2010.2.9. 오후 13:20경 근로자 1명이 #1 부스터 모터의 전원을 차단하고 하우징 해체작업을 13:30경부터 실시함.
- 14:32경에 #1 부스터 하우징 커버가 해체된 후 약 1분후인 14:33:30에 LDG가스가 #1 부스터 하우징으로부터 다량 누출(현장CCTV 확인)되어 해당 작업 근로자(7명) 및 인근 근로자들(20명)이 중독되었고 이중 2명이 입원함.

○ 재해발생의 주요원인은

- #1 부스터 모터 전단의 자동밸브의 로컬스위치를 자동으로 설정한 상태에서 부스터 해체작업을 수행함으로써 원격제어로 밸브의 개방 동작이 가능함.(PLC 상에서 부스터 모터의 모든 운전조건이 정상 상태가 되면 부스터 전단 MOV는 자동으로 개방됨)
- #1 부스터 해체 작업을 수행함에 있어서 사전에 원청에서 자동밸브 차단 상태를 확인해야 했으며, 또한 하청업체도 작업전 자동밸브를 수동상태로 전환시켰어야 함.
- PLC조작으로 인한 자동밸브 작동의 가능성이 있었으나 동시에 동일 설비에서 동시작업이 이루어져 밸브가 개방됨.

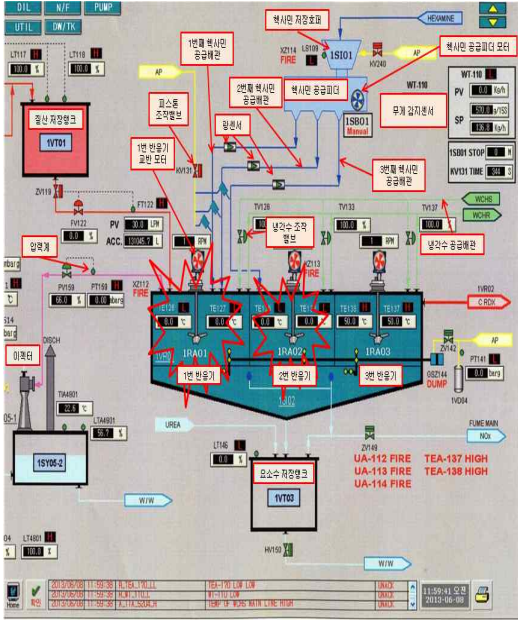


<부스터 전단 MOV(자동운전밸브)>

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자는 자동으로 운전되는 부스터 모터 전단의 자동밸브의 로컬스위치를 수동으로 설정한 후 자동밸브 모터의 전원을 차단 후, 부스터 해체작업을 수행해야 합니다.
- 부스터 해체 작업을 수행함에 있어서 사전 원청과 하청에서 안전작업 조치를 하여야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 유해 가스 취급 등 유해·위험 작업시는 안전작업 허가를 득하고 사전에 안전이 확보된 상태에서 작업이 이루어져야 합니다.
- 동일 설비에서 동시작업이 이루어질 때는 타 작업자의 작업내용을 사전 인지하여 위험성을 파악하고, 사전 안전 조치를 강구하여야 합니다.

○○(주) 반응기 폭발사고



○ 작업 상황은

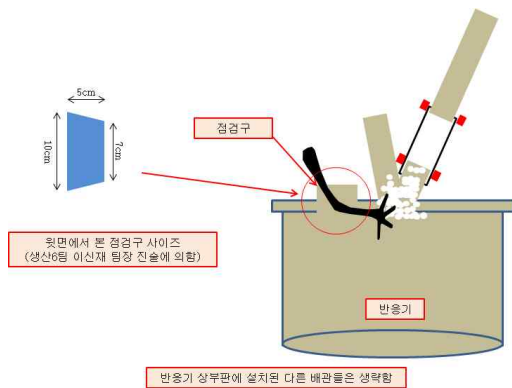
- 98% 질산과 헥사민을 일정비율로 연속 공급하여 1번, 2번, 3번 반응기를 거쳐 반응이 완결되며, RDX 결정과 다량의 부산물이 함유된 반응물은 4기의 희석기에서 온도를 90℃ 유지하면서 불안정한 부산물을 분해시킨 후 냉각기에서 40℃ 이하로 냉각되고 여과기 및 세척기를 통해 재결정 공정으로 이송하는 작업이 수행되고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- 가동중이던 1번 반응기의 1번째 헥사민 공급 배관이 헥사민 분말에 의하여 막힘 현상이 발생하여,
- 피해자가 현장 스위치를 이용하여 1번 반응기 교반 모터 가동 정지하고 막힌 1번째 헥사민 공급배관을 뚫기 위해 1번 반응기의 상부에 설치된 점검구 덮개를 제거하고, 손을 반응기 내부로 집어 넣어 막힌 배관을 뚫었으며,
- 막힌 배관을 뚫으면서 1번째 배관내부에 체류되었다가 나온 헥사민분말과 질산함의 급격한 반응으로 발생한 화재가 점화원으로 작용하여 폭발 발생.

○ 재해발생의 주요원인은

- 작업자가 반응기 온도가 12℃이하가 되지 않았음에도 불구하고 피스톤 조작 밸브를 조작하였고, 점검구 덮개를 열고 직접 손으로 배관을 뚫는등 안전작업절차를 준수 하지 않았음.
- 반응공정에서 발생될 수 있는 각종 이상 상황에 대한 조치 교육 미 실시.
- 반응기 교반 모터 가동 정지 등 폭발 위험이 있음을 인지함에도 불구하고 즉시 근로자를 안전한 장소로 대피토록 조치를 하지 않았음.
- 점검구 덮개를 개방할 경우 화상 등의 재해가 발생할 수 있음에도 불구하고 점검구 덮개를 임의로 해제하지 못하도록 하는 안전조치(볼트 체결 또는 열쇠 잠금장치 등)를 하지 않았음.

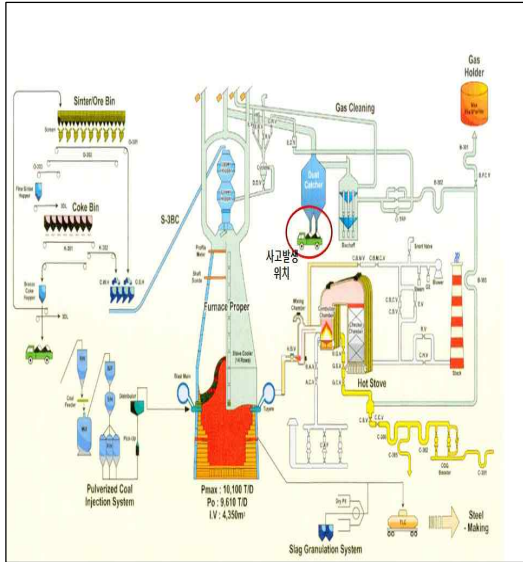


○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서

- 사업주 또는 관리자는 피스톤을 동작시켜 헥사민 막힘이 해결되지 않을 경우 헥사민 공급배관의 사이트호스를 해제하여 헥사민을 제거할 수 있도록 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 RDX반응 공정에서 발생될 수 있는 각종 이상 상황에 대하여 근로자들이 적절히 조치할 수 있도록 교육을 실시하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 반응기 교반 모터 가동 정지 등으로 인해 폭발에 의한 산업재해발생시 즉시 작업을 중지하고 근로자를 안전한 장소로 대피하도록 유도하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

51

(주)○○ Dust제거 작업중 질식 사고



○ 작업공정은

철광석(원료)을 Coke(연료)로 용융 및 환원시켜 선철을 만드는 공정으로서 고로 상부에 철광석과 Coke를 장입하고 하부의 풍구에서 열풍을 불어넣어 Coke를 연소시켜 발생하는 가스와 열로써 철광석을 용융·환원시키고 용융·환원된 선철은 노하부에 저장되었다가 일정 간격으로 출선구를 통해 노외로 배출시켜 제강으로 보내는 것임.

○ 주된 작업은

(주)포스코 2제선공장 3고로의 Dust Catcher 하부에서 Dust를 절출하여 차량에 적재하는 것임.

※ Dust Catcher : 고로에서 발생하는 BFG로부터 Dust를 중력에 의한 침강작용으로 분리하는 설비

○ 재해발생 상황은

- ※ Dust Catcher에 의해 침강된 Dust가 Hopper에 차게 되면 Dust가 적재트럭으로 적재되게 되는데 절출주기는 평균 1회/일이며 회당 25톤 트럭 2~3대(대당 20분 정도 소요)가 필요함.
- － 트럭 운전사인 피재자는 휴대폰으로 운전실로 Dust 트럭도착, Dust 절출 요청함.
- － 작업동료가 CC-TV 모니터상 트럭 움직임이 없어 운전실 근무자에게 현장을 확인하도록 지시함.
- － 운전실 근무자가 현장도착후 차량의 운전석 문을 두드렸으나 반응이 없어 운전실에 무전 연락하여 지원 요청하여 병원이송 후 의식불명상태로 있다가 사망함.

○ 재해발생의 주요원인은

- Dust 배출이 진행됨에 따라 유출되는 가스의 양이 서서히 증가하게 되고 Dust가 완전히 빠져나오게 되면 가스의 유출량이 급격히 증가하게 되므로 적정시기에 배출밸브를 차단하여야 하나 배출밸브를 수동으로 조작하고 있어 이 차단시간이 지연이 됨.
- Dust 절출작업시 배출슈트로부터 유출되는 가스를 제거하기 위하여 국소배기장치를 설치하였으나 사고당시 국소배기장치 덕트의 댐퍼가 작동되지 않음.
- 가스감지기 5기가 주위에 설치되어 있으나 멀리 떨어져 있어 작업 시 유출되는 가스를 감지하지 못하고 있으며, 경광등도 CC-TV에 잘 잡히지 않는 위치에 설치되어 있어 경보시에 제어실에서 확인이 어려움.
- CO에 의한 가스중독 및 질소에 의한 산소결핍 위험작업을 수행할 시에는 해당 작업 책임자로 하여금 작업허가서를 작성하여 유해위험요인별 안전대책을 검토승인 받도록 되어 있으나 Dust 절출작업은 작업허가서를 발급하지 않고 이루어지고 있음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 가스의 농도가 상승하여야만 배출밸브를 잠그는 작업방식은 이미 독성가스가 배출된 이후에 이루어지게 되어 사고발생의 우려가 있으므로 고농도로 유출되기 전에 배출밸브 잠글 수 있도록 작업방법을 개선해야 하며,
- Dust 절출작업을 수행할 경우에는 작업장 배출슈트에서 발생하는 가스를 배출하기 위한 국소배기장치를 작업전에 필히 점검한 후 작업에 임해야 합니다.
- 아울러, Dust 절출작업이 이루어지는 위치에 가스감지기를 추가로 설치하여 작업자가 수시로 누출상황을 확인할 수 있도록 해야 하며, 이를 배출밸브와 연동시켜 고농도의 CO 가스가 누출되는 것을 근원적으로 차단하여야 함.
- Dust 절출작업시에는 작업을 실시하기 직전에 안전조치사항을 확인한 후 안전작업허가서를 발행한 후 작업할 수 있도록 하여야 합니다.



○ 작업 상황은

- ○○○인더스트리(주)김천공장의 직원이 하이록시 생산공정에서 중간물 저장탱크에 저장되어있는 Gel물질(중간물) 이송작업을 수행하고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- C조 근무자가 중간물 이송작업을 실시하던 중 작업이 원활히 진행되지 않아 저장탱크 하부의 이송배관을 점검하였고,
- 트러블을 해소하기 위해 중간물 저장탱크 하부 배관에 임시 배관을 연결하여 질소로 블로잉(Blowing)작업을 하던 중 질소와 함께 중간물 속에 남아있던 MIBK 증기가 상부 시트 등에서 분출되어 작업장으로 확산되었음.
- 재해발생은 고상포장실에 MIBK가 확산되어 폭발분위기를 형성하고, 전기스파크 등의 점화원에 의해 폭발·화재가 발생하고, 이 폭발 압력에 의하여 고상포장실과 중간물 저장탱크 작업장 사이에 설치된 샌드위치 판넬이 파손되고 화염이 중간물 저장탱크로 전파되어 중간물 이송 작업중이던 근로자가 전신에 화상을 입고 사망함.

* 메틸이소부틸케톤(MIBK) : 폭발범위 1.4%~7.5%, 인화점 18℃의 인화성 증기

○ 재해발생의 주요원인은

- 중간물 저장탱크 지역 및 고상포장실을 폭발위험장소의 구분도에서 제외하여 가스에 적합한 방폭성능을 가진 방폭형 전기설비를 설치하지 않았음.
- 인화성증기 존재를 미리 감지할 수 있는 가스검지 및 경보기를 설치하지 않았음.
- 중간물 처리공정에 대한 안전운전지침서를 작성하지 않았음.
- 임시배관 설치 작업에 대하여 공정위험성평가 등의 변경관리를 실시하지 않았음.
- 임시배관 설치 작업은 작업전·중·후에 안전조치 등을 실시 및 확보하도록 작업안전허가서를 발급하지 않았음.



[비방폭형 전기설비]



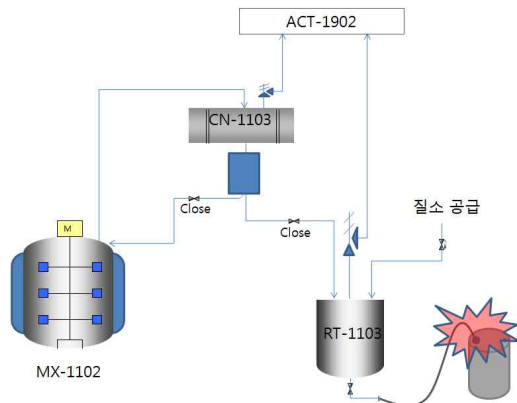
[방폭형 전기설비]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 인화성 액체를 사용, 취급하는 중간물 저장탱크 지역 및 고상포장실을 한국산업표준으로 정하는 기준에 따라 폭발위험장소의 구분도를 작성하여 관리하고, 그 증기·가스에 적합한 방폭성능을 가진 방폭구조 전기 기계기구를 선정하여 설치 및 사용하여야 합니다.
- 사업주 또는 관리자가 인화성증기의 존재를 미리 감지할 수 있도록 중간물 저장탱크 지역 및 고상포장실에 가스검지 및 경보성능을 갖춘 가스검지 및 경보기를 설치하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 중간물 처리 공정에 대한 안전운전지침서 작성(공정설명, 가동전 준비사항, 시운전 및 정상운전 절차서, 정상가동 중지, 연동시스템, 비상정지, 안전정보 등), 안전교육, 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

53

○○화학(주) 화재·폭발 사고



○ 작업 상황은

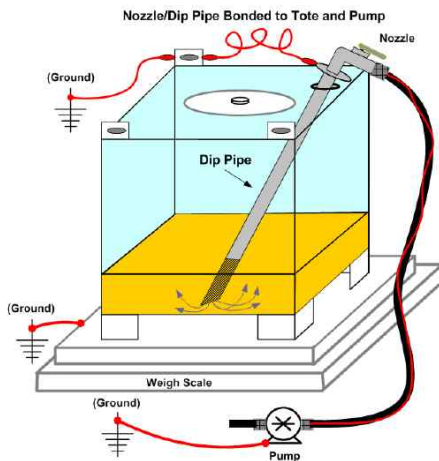
- 2012년 8월 23일(목) 오전 10시 10분 경 충북 청주시 ○○화학(주)의 OLED (Organic Light Emitting Diode) 재료생산팀에서 반제품인 P2 Crude(OLED 재료용) 재결정 작업중 용매로 사용한 1,4-Dioxane을 200 L 드럼으로 회수하는 과정에서 폭발이 발생하여 소속 근로자 9명과 협력업체 근로자 2명이 부상을 입어 그 중 8명이 사망하고 3명이 부상을 당한 재해

○ 재해발생 상황은

- 제품(P2 Crude)에서 용매인 1,4-Dioxane을 분리하기 위하여 반응기의 온도를 1,4-Dioxane의 끓는점인 101℃ 이상으로 승온가열하는 대신, 감압상태에서 끓는점이 낮아지는 원리를 이용하여 진공상태에서 80℃로 승온 시켜 용매(1,4-Dioxane)를 분리시키고, 이때 발생한 1,4-Dioxane의 증기는 응축기)를 거치며 저온으로 냉각시킴.
- 응축기에서 냉각된 1,4-Dioxane은 분리기(Separator)를 거쳐 중간탱크로 이동하여 저장함.
- 중간탱크의 액위가 약 1/2(250 L) 가량 되면 하부 배출 밸브를 수동으로 개방하여 1층의 Portable vessel 또는 빈 드럼으로 이송하게 되고, 회수된 용매는 반응 공정으로 재 투입함.
- 이 과정에서 폭발이 발생하여 8명이 사망하고 3명이 부상을 당한 재해

○ 재해발생의 주요원인은

- 당초 설계된 용매회수 작업 방법을 변경시 변경관리 절차에 따라 위험성 평가를 실시하고 안전조치 마련 후 작업하여야 하나 임의로 작업을 변경함.
- 인화성 액체 취급시 인화성 액체의 증기에 의한 폭발분위기가 조성되지 않도록 환기 또는 불활성화 조치를 실시하여야 하나 미실시.
- 인화성액체를 취급 할 경우 설비에서 정전기 등에 의한 점화원이 생성되지 않도록 접지 등 조치를 실시하여야 하나 미실시.



<이동식 용기에 인화성액체 이송시의 안전조치>

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자는 초기 설계의 도와 달리 운전절차를 변경할 경우에는 공정안전보고서 안전운전계획의 변경관리지침에 의거하여 변경관리 절차를 준수하여야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 1,4-Dioxane과 같은 인화성액체를 취급하는 장소에서는 증기의 발산에 의한 폭발·화재를 예방하기 위하여 증기의 농도가 폭발한계 내에 들어가지 않도록 적절히 통풍 또는 환기 등의 제거 조치를 하여야 합니다.
- 사업주 또는 관리자는 위험물을 드럼 등에 주입하는 설비를 사용할 때에 정전기에 의한 화재 또는 폭발 등의 위험이 발생할 우려가 있는 경우에는 접지, 도전성페인트, 유속의 제어, 방폭형 전기기계기구의 사용 등 점화원 관리를 철저히 하여야 합니다.

54 저유소 휘발유 저장탱크 폭발



○ 작업 상황은

- ○○○○(주) ○○저유소 내에 있는 사고발생 설비는 휘발유를 저장하는 탱크로 액체 위험물 저장설비로 분류되어 위험물안전관리법에 의한 검사 대상설비이며, 정기검사 시기가 도래되어 정기검사를 받기 위해 휘발유를 제거하는 작업을 수행하고 있었음.

* 저장탱크: 내경 22.9 m, 높이 16.8 m, 액면높이 15.5 m

○ 재해발생 상황은

- 재해발생은 0000(주) 00저유소에서 소방검사를 받기 위해 저장탱크에 남아 있는 휘발유 약 15,561 L를 제거하기 위해 탱크의 휘발유 입구측에 개방되어 있는 맨홀에 이동식 펌프 입구측 배관을 탱크 맨홀을 통하여 내부에 넣고 토출배관은 다른 저장탱크에 연결하여 이송 준비를 완료함.
- 휘발유 이송 작업 중에 정전기 또는 스파크로 추정되는 점화원에 의해 화염이 탱크 맨홀을 통하여 밖으로 분출되어 펌프 주위에 있던 작업자 2명과 저유소 소장이 화상을 당함.
- 최초 화염은 화염방사기의 화염형상으로 발생하였으며, 폭발이 발생하고 탱크가 파손된 후 이어서 2차 화염이 발생하여 화재가 발생함.

* 휘발유 : 자동차 연료용 휘발유로 인화점 -43°C , 증기밀도 3~4로 공기(1) 보다 무거움.

○ 재해발생의 주요원인은

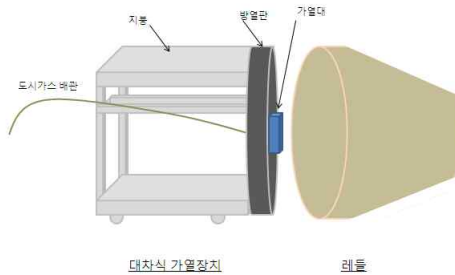
- 인화성액체의 증기나 인화성가스 등을 제조, 취급하는 장소에서 비방폭형 전기설비를 사용함.
- 위험물을 저장탱크로 이송하는 경우에는 정전기에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위해 도전성재료를 사용하거나 발생된 정전기를 제거하는 조치를 하여야 하나 방지대책을 소홀히 함.
- 작업시작 전 근로자에게 탱크 개방검사에 대한 안전운전지침서를 작성하지 않고, 이에 대한 교육도 실시하지 않음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 폭발위험장소에 해당하는 지역에서는 한국산업표준에서 정하는 기준으로 그 증기, 가스에 적합한 방폭 성능을 가진 방폭구조 전기기계기구를 선정하여 설치 및 사용하여야 합니다.
- 위험물을 저장탱크로 이송하는 경우에는 정전기에 의한 화재·폭발을 예방하기 위해 도전성재료를 사용하거나 발생된 정전기를 제거하기 위한 본딩 및 접지를 실시하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 방폭구조의 전기기계기구를 사용하고, 정전기 등 점화원을 제거하기 위한 조치를 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

제강공정 LADLE 작업 설비 구조



○ 작업 상황은

- 세아베스틸(주)제강공정 내 래들가열대 3호기에서 래들가열작업을 진행하고 있었음

* 래들(Ladle) : 전기로를 이용하여 녹인 쇳물로 잉곳을 만들기 전 중간 저장(이송)을 위해 사용하는 노(Furnace). 전기로로 녹인 쇳물이 식지 않도록 미리 예열(1200℃)을 한 상태에서 쇳물을 받음.

* 래들가열장치 : 래들을 가열하기 위한 장치로서 전·후 이동이 가능하도록 레일을 이용한 대차 구조를 가지고 있으며 열원으로 도시가스(LNG)를 사용함.

○ 재해발생 상황은

- 최초 피재자 혼자 수직형 래들가열대로 이동하여 가열을 시도하였으나 점화가 되지 않는다면 대기실로 돌아오자, 동료 작업자 혼자 래들가열대로 이동하여 가열로의 주 차단밸브가 닫힌 상태를 확인하고 개방 후 점화를 실시함.
- 버너의 연소상태가 적정하다는 판단 후, 래들과 래들가열대의 방열판 사이의 간격이 있어 가열효율이 낮을것이라 판단해 틈새를 단열재로 덮기로 판단하고 작업을 시작하여 20분후 작업을 마침
- 이때 래들 3호기에서 폭발이 발생하였고, 설비보수 인원이 사고현장에 도착하였을 당시 사고지점에는 가스냄새가 났으며, 설비보수 인원이 가스 공급 주 차단밸브를 닫음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 래들과 같은 밀폐된 부분은 가스가 내부로 누출되어 재점화시 폭발할 가능성이 있으므로 질소와 같은 불활성가스를 주입하여 내부의 인화성가스를 제거하여야 하나 래들 내부에 불활성가스를 주입할 수 있는 설비가 설치되어 있지 않음.
- 래들 가열대를 재가동하기 전에는 가동전 점검을 실시하여야 하나 가동전 점검을 실시하지 않음.
- 천연가스 주공급배관에 설치된 차단밸브사양을 변경하였으나 사양변경 시 변경관리 절차를 준수하지 않음.



[래들 가열기]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 래들 내부로 질소와 같은 불활성가스를 주입할 수 있는 설비를 설치하여 점화가 이루어지지 않을 경우, 일정시간동안 래들 내부에 불활성가스를 공급하여 누출된 가연성가스의 치환작업을 수행한 후에 재점화도록 운전절차를 변경하는 것이 필요하며,
- 래들 가열대를 휴지 후 재가동하는 경우에는 가동전 안전점검표에 따라서 가동전 점검을 실시한 후 재가동을 하는 것이 필요합니다.
- 또한, 천연가스 주공급 배관의 밸브사양을 변경하는 경우에는 변경관리 절차를 준수하여 사양 변경에 따른 위험성 및 기술적인 사항이 충분히 검토하였다면 이러한 재해는 사전에 예방할수 있다고 생각합니다.

○ 재해발생의 주요원인은

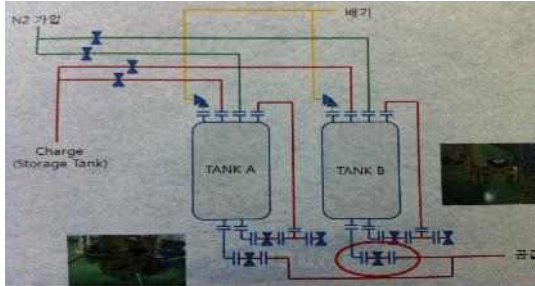
- 펌프 Purge 방법 절차서상에 운전정지 후에 진공배관의 차단밸브를 잠그도록 규정하고 있으나 펌프 기동전에 펌프의 진공배관 차단밸브를 잠그지 않음.
- 사업장 비상조치계획에는 염소 누출 시 공기호흡기를 착용, 조치를 취하고, 안전한 곳으로 이동 후, 염소가스농도를 최종적으로 측정하고 안전지역임을 확인한 후에 공기호흡기를 벗도록 규정하고 있으나, 이에 대한 근로자 교육 및 준수가 미흡하였음.
- 염소저장탱크의 펌프 토출측과 연결된 배관의 연결부위가 펌프의 토출측 차단밸브 전단에 설치되어 펌프의 유지보수 및 관련 계통 운전 중 진공배관의 차단밸브만 개방되면 액체염소가 누출될 수 있는 상태임.

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 펌프 Purge 방법 절차서상에 진공배관 차단밸브를 닫는 부분은 차단밸브를 복수로 설치하고 완전 닫힘의 판단근거 등을 구체적으로 제시하여야 함.
- 또한 다른 탱크에 연결된 펌프를 통하여 액화 염소를 이송하는 절차가 안전운전절차서에서 누락되어 있으므로 이를 작성하고 근로자 교육을 실시하여야 함.
- 염소 누출로 인하여 공기호흡기를 착용 하고 벗을 때에는 반드시 가스농도를 측정하고 안전지역임을 확인한 이후에 벗을 수 있도록 근로자들에게 교육을 실시하고 해당 내용을 철저히 준수할 수 있도록 조치하여야 합니다.

57

○○전자(주) 불산누출 사고



○ 작업 상황은

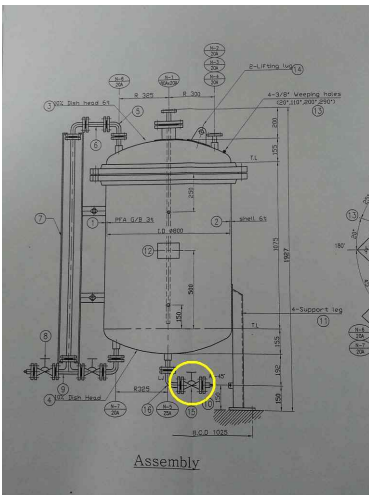
- ○○전자(주) 화성사업장내 11라인 케미컬 공급실에서 50% 불산탱크 공급설비를 통하여 반도체 생산에 필요한 불산을 공급하는 설비에서 발생하였으며,
- 불산은 외부저장탱크에 저장된 불산을 케미컬 공급실내에 설치된 서비스탱크에 이송한 후 질소압력을 이용하여 탱크하부에 연결된 배관을 통하여 반도체 생산현장에 공급 하던 것이었음.

○ 재해발생 상황은

- 사고전일 오후 1시경 50% 불산공급설비의 서비스탱크 하부 연결 배관의 밸브몸체에서 누출이 발견되어 밸브본체를 조였으나 계속되는 누출로 사고 당일 자정경 밸브를 교체함.
- 오전 4시경부터 교체된 밸브의 플랜지에서 누출 발생 후 점점 더 많은 누출이 발생하여 5시경까지 누출방지작업이 이루어졌으며,
- 누출 방지조치 작업 등을 하던 협력업체 근로자 5명이 불산증기에 노출되어 1명이 사망하고, 4명이 경상을 입은 사고임.
- 또한 사고 후 사용정지된 불산 공급설비를 재가동하기 위한 시험중 저장탱크 상부 측면 플랜지에서 누출이 발생하였으며,
- 저장탱크를 완전 교체후 배관연결 작업중 배관 잔류 불산의 누출 사고가 발생함.

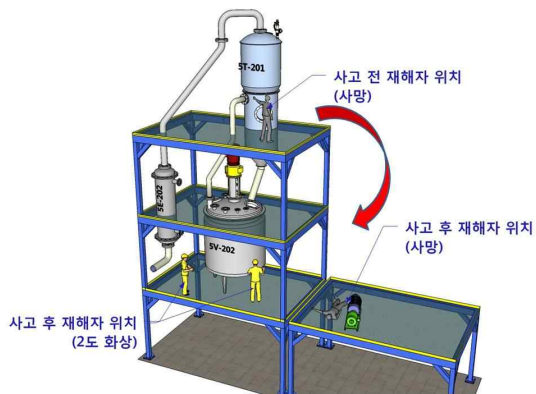
○ 재해발생의 주요원인은

- 불산이 누출되고 있음에도 화학물질공급을 차단하지 않은 상태에서 보수작업을 지속하였으며,
- 작업 근로자에 대해 불산의 위험성에 대한 교육이 미흡하였음.
- 원청업체에서 도급작업자에 대한 작업중지, 근로자대피, 출입통제, 보호구 착용 등에 관한 관리감독 등의 안전보건조치를 적절히 취하지 않았음.
- 밸브 교체시 적절한 방법으로 플랜지개스킷의 설치가 이루어지지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 화학물질의 유해위험성과 안전보건 조치에 대해 정확히 이해되도록 교육이 필요하며,
- 위험상황이 발생한 때에는 작업중단 및 작업 근로자가 즉시 대피하도록 조치를 해야 할 것입니다.
- 위험물질을 제조하거나 취급하는 장소에서 이상발생 시 또는 급성독성물질 누출과 같은 급박한 산재발생위험이 있을 때에는 원·하도급업체간 신속한 대응체계를 마련하도록 하고,
- 급성독성물질 누출과 같은 사고 발생 시 누출된 위험물질을 안전하게 회수, 포집, 중화처리하고 남아있는 물질은 안전하게 배출할 수 있는 표준화된 절차서를 제정하여 관계근로자에게 교육하고 이의 준수 이행여부를 철저히 관리 감독해야 할 것입니다.
- 독성물질을 취급하는 작업 근로자의 경우에는 작업에 적합한 형태의 방독마스크, 내산성 보호복, 보호장갑 및 보호장화를 갖추어두고 착용하도록 하였다면 이러한 재해는 발생하지 않았을 것입니다.



○ 작업 상황은

- PP(폴리프로필렌) 제조시설에서 정기보수 작업 중 PP생산팀 소속의 작업자 3명이 드럼의 측면 맨홀 입구(4층)에서 드럼내부 세척작업을 하던 중 작업자 1명이 폭발과압에 의해 2층으로 추락하여 사망하고, 드럼하부 배출구(2층)에서 발생한 화재를 진압하던 작업자 2명이 화상을 입은 사고임.

※ 폴리프로필렌:사출, 필름, 섬유, 파이프 등의 원료로 사용됨.

○ 재해발생 상황은

- 4층에 위치한 드럼(Flasher)으로 연결되어 있는 용제인 2개의 노말헥산 인입배관(질소 퍼지 배관이 노말헥산 인입배관으로 같이 연결되어 있음)에 설치되어 있는 차단 밸브(Shut-off Valve) 중 하나가 열려 있고, 다른 하나의 밸브는 닫혀 있는 것으로 판단하면 질소 퍼지작업을 실시한 것으로 판단됨.
- 4층 드럼 측면의 맨홀에 화염의 흔적이 남아 있고, 안전난간대가 휘어져 있는 것으로 판단하면 드럼 내부에서 폭발·화재가 발생하여 맨홀을 통하여 폭발 과압과 화염이 분출하였음.
- 작업자의 진술 및 2층 저장드럼(Hold Tank)의 하부 보온재와 바닥에 화염의 흔적이 있는 것으로 판단하면 저장드럼 하부 배출구에 설치되어 있었던 포대에 화재가 발생한 것으로 판단됨.(화재로 인해 포대는 모두 연소됨)

- 이상의 결과로부터 드럼 및 저장드럼에 질소 퍼지작업을 실시하였으나 슬러지 (Sludge) 내부에 잔존하는 노말-헥산을 모두 배출시킬 수 없으므로 잔존하는 노말-헥산 증기의 농도가 폭발범위 내에 들어간 상태에서 임의의 점화원에 의해 드럼 내부에서 1차 폭발·화재가 발생하여 드럼 측면 맨홀로 폭발 과압 및 화염이 분출되어 맨홀 주변(4층)에서 작업하던 작업자가 폭발 과압에 의해 2층으로 추락하고 저장드럼 하부에 있는 포대에 화재가 발생하였음.
- 또한, 화재에 의해 드럼 내부에 있는 슬러지 내부에 잔존하는 노말-헥산이 다시 증발하여 저장드럼 하부에서 2차 폭발·화재가 발생하여 저장드럼 하부에서 화재를 진압하던 작업자가 화상 재해를 입은 것으로 판단됨.

* 노말 헥산 - PP제조공정에서 용제로 사용되는 인화성 액체

화학물질명	CAS No.	인화점(℃)	발화점(℃)	폭발범위(%)	끓는점(℃)
노말-헥산	110-54-3	-22	225	1.1~7.5	69

○ 재해발생의 주요원인은

- 이상의 결과로부터 슬러지 내부에 잔존하는 노말-헥산 증기의 농도가 폭발범위 내에 있는 상태에서 슬러지 덩어리 및 파우더가 드럼에서 포대로 떨어지면서 발생한 정전기에 의해 폭발·화재가 발생한 것으로 판단됨.
- 드럼 내부 세척작업을 하면서 인화성 증기가 존재할 수 있는 상태에서 슬러지를 담기 위한 포대로 일반형 포대를 사용함으로써 낙차, 마찰, 충격 등에 의한 정전기가 발생하였음.(대전방지용 포대 미사용)
- 드럼 내부에서 슬러지 덩어리 및 파우더가 낙하할 경우 슬러지 자체 및 벽면과의 마찰, 충격 등에 의해 정전기가 다량으로 발생할 수 있는데 정전기 발생을 억제하기 위한 작업을 하지 않고 드럼 내부 세척작업을 실시함.(세척작업시 드럼 내부 정전기 발생 억제 작업 미실시)
- 세척작업 절차서에 따라 세척작업을 실시하지 않고 관례적으로 실시하는 방법에 따라 세척작업을 실시함. 또한, 세척작업 전에 교육을 실시하였다고 하나 사업장에서 제시한 작업 절차서에 따라 세척작업을 실시하지 않았으며 교육에 대한 기록관리가 이루어지지 않음.(세척작업 절차서 및 기록관리 미흡)

-
- 세척작업은 공장을 Shut-down하고, 질소 퍼지작업 및 인화성 증기가 존재할 수 있는 상황에서 세척작업을 실시하므로 산소결핍, 화재·폭발 등의 사고 발생 위험성이 있는데 사고당일 세척작업에 대해 안전작업허가서를 발행하지 않음.(안전작업허가서 미발행)
-



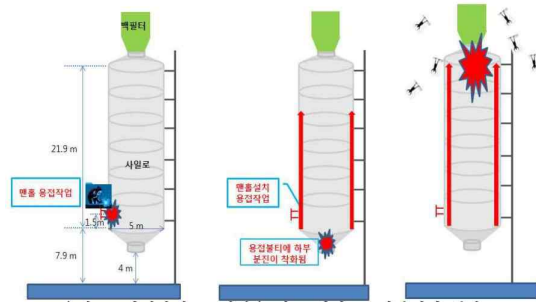
(사진-드럼내부에서의 폭발로 과압에 의해 분출된 맨홀과 휘어진 안전난간)

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- (대전방지용 포대 사용)대전방지용 포대를 사용하여 정전기의 발생을 억제함으로써 폭발·화재의 점화원으로 작용하지 않도록 하여야 합니다.
 - (세척작업시 드럼 내부 정전기 발생억제 작업 실시)내부 세척작업을 위해 맨홀을 개방(산소가 유입됨)하기 전에 정전기 발생을 억제시키기 위해 드럼 내부의 습도를 높일 수 있도록 저압의 물을 드럼 내부로 스프레이 하여야 합니다.
 - (세척작업 절차서 재작성, 준수 및 교육 등의 기록관리 철저)현재 실행되고 있는 세척작업절차와 상이하므로 세척작업 절차서를 재작성하고, 작업 전에는 관계 작업자를 대상으로 교육을 실시하고 그 결과를 기록관리하여야 합니다. 또한, 작업진행 상황에 대한 작업일지 등의 기록관리를 철저히 하여 Human Error에 의해 작업 단계가 누락되는 것을 예방할 수 있도록 하여야 합니다.
-

-
- (안전작업허가서 발행)세척작업은 질소 퍼지작업 및 인화성 증기가 존재할 수 있는 상황에서 실시되므로 산소결핍, 화재·폭발 등의 사고 발생 위험성이 있으므로 안전작업허가서를 발행하여야 하고 수공구의 마찰, 충격 등에 의해 폭발·화재가 발생할 수 있으므로 수공구는 방폭형 수공구를 사용할 수 있도록 하며 작업허가서 발행시 관련 위험성에 대한 안전조치를 취하였는지 확인한 후 작업을 실시할 수 있도록 하여야 합니다.

59 ○○산업(주) 사일로 폭발사고



○ 작업 상황은

- ○○산업(주)에 설치된 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 저장탱크(사일로) 정기보수기간중 사일로 점검을 용이하게 개선할 의도로 사일로 하부 측면에 맨홀을 설치하기 위해서 구멍을 뚫은 후 맨홀을 붙이는 용접작업을 하던 중이었음.

* 사일로 : 재질은 알루미늄으로서 직경 5m, 높이 21.9m, 용량 400m³의 원통형 모양

○ 재해발생 상황은

- ○○산업(주)은 사고당일 아침까지 작업대상 HDPE 사일로에 대한 질소치환을 실시하여 인화성가스가 감지되지 않은 후 공기로 대체하였으며,
- 점심 후 에는 정비보수업체인 ○○기술(주)의 근로자가 투입되어 사일로에 맨홀마킹→ 드릴로 1차천공 → 전기톱을 사용한 직사각형 천공 → 연삭기로 원형천공 → 맨홀 가용접 → 본용접의 순서로 맨홀을 설치하던 중으로서,
- 공사를 시작할때는 사일로 하부 슬라이드식 개방밸브를 열고 작업하였으나 사일로에 남아있던 분진이 계속 유출되자 식사 후 야간작업 전 밸브를 차단하고 야간 맨홀 용접작업을 계속함.
- 재해발생은 20시 50분경 용접작업중이던 사일로에서 1차 폭발이 발생하고 이로 인하여 인접, 배관으로 연결된 사일로 2기에서도 폭발과 함께 화염이 분출되어 맨홀설치작업이던 근로자와 사일로 상부에서 플랫폼설치작업을 하던 근로자가 사일로에서 분출된 화염과 폭발충격으로 인한 추락으로 6명이 사망하고 11명이 부상을 입음.

* HDPE : 고밀도 폴리에틸렌으로서 Pluff(아주 작은 분말) 상태의 제품은 매우 미세하여 분진폭발을 유발하고 열분해시 가연성 가스를 형성할 수 있음.

○ 재해발생의 주요원인은

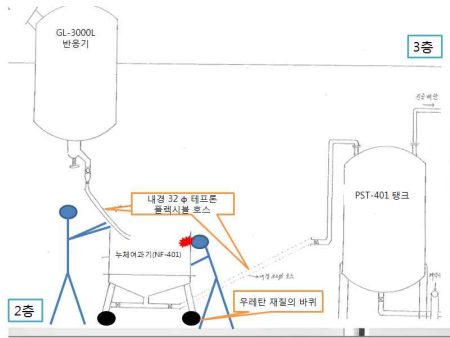
- 가연성물질인 HDPE가 저장되었던 사일로에 대한 용접작업에 앞서 HDPE가 완전히 제거되지 않았으며,
- 작업중 사일로 벽에 붙어 있는 HDPE가 낙하하여 배출구로 계속 나오자 이를 배출하여 제거하지 않고, 오히려 배출밸브를 차단하여 하부말단에 축적됨.
- 안전작업허가에 있어 사일로 내부 분진의 체류여부 및 위험에 대한 확인이 없었음.
- 해당 작업과 관련하여 물질특성, 작업위험, 위험제거와 관련하여 충분한 위험성평가와 개선조치 및 전달교육이 이루어지지 않았음.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사일로 등의 가연물이 있던 설비의 정비 작업전 물세척 방법으로 사일로 내부의 가연성분진을 완벽히 제거한 상태에서 화기 작업이 이루어져야 합니다.
- 작업전 안전작업허가시 사일로 작업특성에 맞게 인화성가스와 증기 외에 가연성분진의 위험에 대해서도 점검토록 하여야 합니다.
- 사일로 같은 밀폐용기는 만일의 폭발이 발생하더라도 안전한 방향으로 폭발압력이 배출되도록 폭발방산구를 설치하여야 합니다.
- 협력업체를 통한 작업에 있어 필요한 안전정보를 전달 교육하고, 작업안전 확보에 필요한 충분한 시간의 제공과 조치확인이 이루어졌다면 이러한 사고는 발생하지 않았을 것입니다.

60 ○○제약(주) 여과기 폭발사고



○ 작업 상황은

- ○○제약(주) ○○공장에서 작업자 2명이 신규로 개발된 의약품 원료를 양산하기 위해 누체여과기에서 감압여과작업을 수행하던 중에 사고가 발생하였음

※ 누체여과기 : 0.5m³(ID : 1,200mm), 재질 STS316

○ 재해발생 상황은

- ○○제약(주) ○○공장 연구원 1명, 생산팀 1명이 동시에 참여하여 신규로 개발된 의약품 원료를 양산하기 위해 개발공정을 Test하는 과정에서 중간 생성물인 시클로헥산 혼합물을 플렉시블 호스를 이용하여 중력으로 반응기에서 누체여과기로 이송하여 감압여과작업을 실시하였음.
- 생산팀 직원 1명은 플렉시블 호스를 손으로 잡고, 호스 끝에 설치된 볼밸브를 이용하여 누체여과기로 이송되는 유체의 속도를 조절하고 있었고, 연구원 1명은 이상유무를 확인하기 위해 옆에서 작업 진행과정을 지켜 보았음.
- 이때, 누체여과기 내에서 “틱, 틱”하는 소리가 들려서 누체여과기 몸체에 귀를 가까이 하는 순간 정전기 방전에 의해 화재가 급격히 발생하여, 화상을 입은 작업자 2명은 비치된 ABC 분말소화기 3개를 이용하여 초기소화를 시도하였으나, 진화에 실패하여 같은 층에 있던 인화성 용제 드럼에 인화되며 화재가 폭발로 확대된 사고임.

※ 시클로헥산(Cyclohexane) : 폭발범위 1.3~8.4 Vol%, 인화점 -20℃, 끓는점 80.7℃, 최소 점화에너지 0.22mJ

○ 재해발생의 주요원인은

- 본 사고는 누체여과기 내에 연소하한 이상의 증기가 축적되어 1차로 시클로hexan 액면에서 화재발생 후 피해가 확대된 사고이고, 시클로hexan의 인화점은 -20°C 로 사고발생 상황처럼 실온에서는 정전기 방전과 같은 점화원만 존재하면 화재가 발생할 수 있음.
- 특히, 시클로hexan 등 비도전성 액체를 취급하는 설비에는 정전기가 축적되어 쉽게 점화원이 될수 있으나, 본딩 및 접지를 실시하지 않고 작업을 수행함에 따라 화재가 발생하였음.



(반응기 전소사진)



(누체여과기 전소사진)



(유체이송용으로 사용한 테플론 재질의 호스)

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

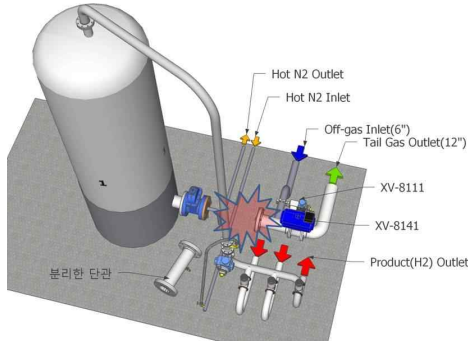
- 시클로hexan 등 비도전성 액체를 취급하는 설비에 정전기에 의한 점화원이 생성되지 않도록 본딩 및 접지를 실시하고, 호스로 이송시에는 호스 끝단을 설비에 충분한 깊이로 도달하게 하여 유체가 튀기지 않도록 하여 정전기 발생 및 축적을 억제하여야 함.
- 또한, 유속은 저속으로 하고 습도를 충분히 유지하여 정전기 발생 및 축적을 방지하여야 함.

※ 액체가 비도전성이고, 액적이 부유하고 있는 것처럼 분사되는 경우에는 유속을 1 m/s 이하로 제한하고, 습도가 30% 이하이면 정전기 축적이 용이하므로 습도를 65% 이상으로 하여 정전기 축적을 어렵게 하여야 함.

- PSM대상 사업장으로서 신제품 생산 등 화학물질의 성분이나, 취급방법이 변경되면 “변경등급 1”로 변경관리위원회의 검토·승인 및 위험성평가를 실시하여 도출된 개선권고사항을 실행하고 운전하여야 함.
- 마지막으로, 이동식 용기로 인화성액체를 이송하는 작업 시에는 도전성재질의 플렉시블 호스 사용, 이동식용기에 접지 실시 후 작업하도록 하는 등 안전운전절차서를 수정·보완하여야 함.

61

○○에너지(주) Off-Gas 폭발 사고



○ 재해발생 상황은

- ○○에너지(주) 중질유분해공장에서 Bed 정비작업을 마치고 가동준비 중 배관에서 Off-gas(수소 약 86.5%)가 누출되면서 화재폭발사고가 발생하고,
- 주변의 보온재를 덮은 비닐로 화재가 전파되어 1명 사망 및 6명 부상 사고가 발생함.

○ 재해발생의 주요원인은

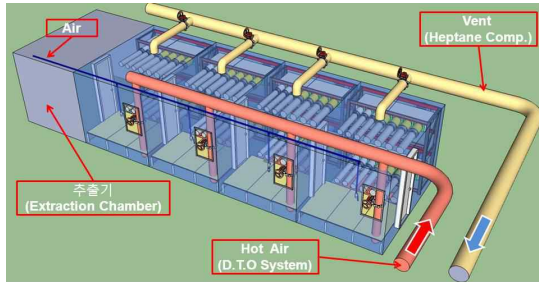
- 인화성가스 누출을 예방하기 위해 배관 말단부에 맹판을 체결하면서 배관의 명세와 상이한 부적절한 맹판을 사용하고, 플랜지 접합면이 상호 밀착되지 않아 다량의 인화성가스가 누출됨.
- 작업 허가증에 따르면 시스템 격리를 위해 Blind를 설치하도록 되어 있으므로 규격품의 Blind가 적절하게 설치되어 있는지 확인한 후 허가증을 발급하여야 하는데 Blind가 부적절하게 설치되어 있는 상태로 허가증을 발급함.
- 가스검지기가 배관의 하부에 설치되어 있어 Flange 등으로부터 수소가 소량으로 누출될 경우 가스검지경보기가 작동되지 않아 수소 누출을 조기에 확인할 수 없었음.

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 맹판을 체결할 경우에는 배관의 규격에 맞는 맹판을 사용하고, 모든 볼트를 규격에 맞게 체결하여 플랜지 접합면으로부터 인화성가스가 누출되지 않도록 하여야 함.
- 작업허가증을 발급할 경우에는 현장의 각종 안전조치 사항을 직접 확인하고, 관련 안전조치 사항을 모두 준수하였을 경우에만 작업허가증을 발급하는 등 안전작업허가제도를 철저히 준수하여야 함.
- 수소가 소량으로 누출될 경우에는 수소는 공기보다 가벼우므로 누출 지점으로부터 상부로 확산되므로 가스검지기는 누출지점의 상부에 설치하여야 함.

62

(주)○○케미칼 건조기 폭발사고



○ 작업 상황은

- (주)○○케미칼 ○○공장 기술연구소에서 초고강력 폴리에틸렌 섬유 제조공정을 시험운전 중 인화성가스가 발생하는 섬유 건조기(Drying Chamber)에서 작업 중 폭발사고가 발생하였음

※ 건조기는 1~4단으로 구성되어 있고, 각단의 Size는 W2,600 X L1,800 X H2,200mm

○ 재해발생 상황은

- (주)○○케미칼 제약 ○○공장 폴리에틸렌 섬유 제조공정 시험운전 중에 압출기에서 가압펌프를 거쳐 방사빔(Spin Beam)에서 초기 방사를 시작하였고, 이어서 추출기 및 건조기의 롤러(Roller)를 가동하였음.
- 방사된 PE 섬유의 불순물을 제거하기 위해 추출기에서 헵탄 혼합물로 불순물을 추출한 후, PE 섬유에 남아있는 헵탄 혼합물을 건조시키면서 발생한 유증기가 초기에는 폭발한계 이하로 유지되었을 것으로 추정되나, 시간이 지남에 따라 건조기 내부의 유증기 양이 폭발범위에 도달하였을 때 정전기 방전으로 추정되는 점화원에 의해 1차 폭발이 발생하고, 이어서 2, 3차 폭발이 발생하여 공장동 전체가 전파됨 사고임.

※ 헵탄 혼합물 : 폭발범위 1.1~6.6 Vol%, 인화점 -4°C , 최소점화에너지 $0.24\text{mJ}@3.4\%$, 성분은 n-Heptane 25%, 3-Methylhexane 30%, 2-Methylhexane 20% 등으로 구성됨.

○ 재해발생의 주요원인은

- 본 사고는 건조기 내에 폭발하한 이상의 증기가 축적된 상황에서 원인미상의 점화원에 의해 폭발이 발생한 사고이고, 헵탄 혼합물의 인화점은 -4°C 로 사고발생 상황처럼 실온에서는 정전기 방전과 같은 점화원만 존재하면 화재가 발생할 수 있음.

- 특히, 건조기는 Hot Air로 PE 섬유의 헵탄 혼합물을 건조시키므로 건조기 실내는 고온건조하여 정전기가 쉽게 축적·방전되므로 건조기 내부에 폭발 분위기가 조성된 상태에서는 출입을 하지 말아야 하나, 제전복, 제전화 등을 착용하지 않은 상태에서 건조기 내부에서 작업을 수행하던 중 정전기 방전에 의해 폭발사고가 발생한 것으로 추정됨.



(사고발생 공정동 외부 전경)



(사고발생 공정동 내부 전경)



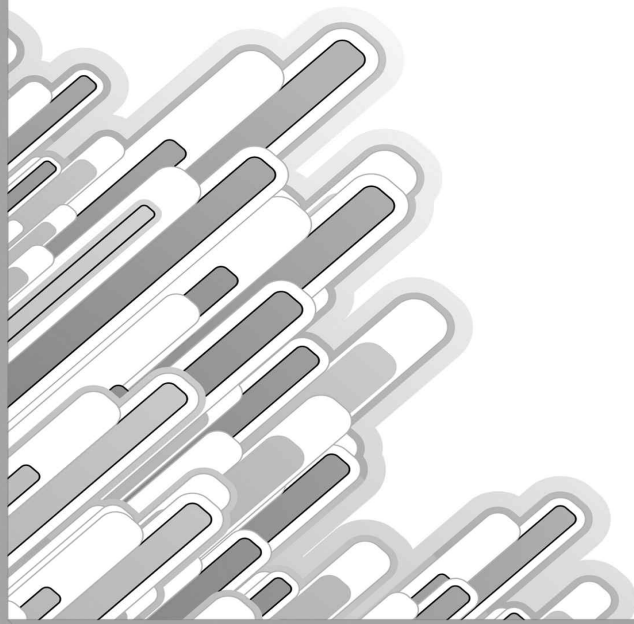
(건조기 상부 3층 바닥 Check Plate)

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 건조기 내부의 헵탄 농도가 폭발하한 (1.1vol%) 이상 시 건조기 내부 출입을 절대 금지하도록 규정하고 있으나,
- 건조기 내부의 농도를 외부에서 측정할 수 있는 방법이 없으므로 농도를 외부에서 확인할 수 있는 시료채취 배관 등을 설치하여 건조기 운전 중 내부의 농도를 확인 후 폭발하한계의 25% 이하일 경우에만 출입하여야 하고, 이를 안전운전표준서에 반영하여야 함.
- 또한, 건조기 내부 온도를 근로자가 쉽게 확인할 수 있도록 온도계를 외부에 설치하고, Hot Air 공급량 조절 댐퍼도 외부에서 조작할 수 있도록 하는 등 건조기 운전 중 내부에 출입해야 하는 상황을 제거하여야 함.
- 정전기로 인한 화재·폭발의 위험성이 있는 장소에는 입구에 제전봉을 설치하여 출입전 인체에 대전된 정전기를 제거하고, 작업자는 제전복, 제전화, 제전장갑을 착용하고, 출입문과 문틀이 접하는 부위는 Non-Spark 재질을 사용하여 출입시 열고 닫을 때 스파크가 발생하지 않도록 하여야 함.
- 마지막으로 건조설비는 가급적 독립된 단층건물이나 건물의 최상층에 설치하고, 폭발시 생성되는 과압을 해소할 수 있도록 폭발방산구를 설치하여야 함.



산소결핍, 질식, 중독



V. 산소결핍, 질식, 중독

63. ○○제철(주) 아르곤 질식사고	151
64. 폐아크릴수지 재생공장 CO중독 사고	153
65. 챔버 내 질소에 의한 산소결핍 사고	155
66. 방동제(콘크리트 부동액) 음용 사고	157
67. 절연가스(SF6)에 의한 산소결핍 사고	159
68. 폐수처리장 폭기조 황화수소(H ₂ S) 중독 사고	161
69. 도시가스 누출에 의한 질식사고	163
70. 양돈농장 정화조 질식사고	165
71. 맨홀내부 드릴작업 중 CO 중독 사고	167
72. 제지공장 탱크 청소중 질식 사고	169
73. 아파트 정화조 폐쇄공사 중 질식사고	171
74. 증기세척기 디클로로메탄(MC) 중독	173
75. 여과탱크 내부 작업자 산소결핍	175
76. TMAH(수산화테트라메틸암모늄)피부접촉 사고	177
77. 감귤부산물 저장조 내부 질식사고	179

63 ○○제철(주) 아르곤 질식사고



○ 작업 상황은

- ○○제철(주)의 협력업체인 ○○내화(주)는 제강공장내에 있는 전로*(Converyer)안에서 내화벽돌을 교체하는 공사를, 다른 협력업체인 ○○M&R사는 전로에 연결되어 있는 아르곤(Ar) 가스 배관의 교체 및 누설시험 작업을 두 협력업체가 동시에 수행하고 있었음.

* 전로: 외경이 8,092mm, 높이가 12,200mm로 내용적이 약 310m³ 크기의 항아리 모양

○ 재해발생 상황은

- ○○제철(주) 협력업체인 ○○내화(주) 근로자들이 전로의 벽돌축조작업을 마치고 작업대 철거를 위해 밀폐공간인 전로 아래로 이동하여 철거작업을 실시하였고,
- 협력업체인 ○○M&R사는 배관의 교체 및 누설시험 작업을 끝내고 메인밸브를 손으로 잠그고 밸브를 열지 못하도록 안전조치를 하고 작업을 마치고 철수하였음.
- 재해발생은 ○○제철(주) 협력업체인 ○○M&R사가 작업한 메인밸브에서 아르곤가스*가 누설되어 전로하부에서부터 채워지면서 작업장소(밀폐공간)에서 산소 결핍이 발생하여 작업대 철거 작업을 실시하던 협력업체인 ○○내화(주) 근로자 5명이 전부 질식 사망하였음.

* 아르곤가스 : 무색·무취의 불활성 가스로 상대증기밀도가 1.66으로 공기(1)보다 무거움.

○ 재해발생의 주요원인은

- 메인밸브를 손으로 잠그고 밸브를 열지 못하도록 안전조치를 한 다음에 잠긴 밸브에서 가스누출여부에 대한 확인검사를 하지 않았음.
- 아르곤 가스 공급용 배관교체/누설시험 작업과 전로작업이 동시에 수행되지 않도록 작업통제를 하지 않았음.
- 작업시작 전 근로자에게 유해·위험작업 정보를 제공하지 않았음.
- 밀폐공간인 전로 아래 부분에서의 작업 시작 전 공기 상태가 적정한지를 확인하기 위한 측정 등 ‘밀폐공간 보건작업 프로그램’을 수립·시행하지 않았음.



[안전한 작업방법 주지]



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업시작 전 같은 장소에서 동시에 진행되는 작업내용, 안전작업절차(밀폐공간 보건작업 프로그램 등), 유해위험작업에 대한 정보, 사고발생시 비상대피요령 등에 대해 근로자에게 알려주어야 합니다.
- 사업주 또는 관리자가 반드시 작업근로자들이 작업시작 전 점검사항 이행, 안전작업절차 준수, 유해위험작업 정보 확인, 비상대피요령 등에 대해 숙지하고 작업을 실시하고 있는지 관리감독을 철저히 이행하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 안전한 작업절차(밸브 가스누출 확인검사, 산소농도측정, 공기호흡기나 송기마스크 사전 준비 등), 안전교육, 확인 점검 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

64

페아크릴수지 재생공장 CO중독 사고



○ 작업 상황은

- 페아크릴수지(PMMA*)를 수거하여 분쇄 후 용해(열분해)시켜 발생한 가스를 냉각하고 정제(가성소다 약품 처리)하여 아크릴 원료를 얻는 공장으로서, 공장 이전으로 시험가동 중에 있었음.

* PMMA : 폴리메틸메타아크릴레이트(Poly Methyl Methacrylate) 의 약어로 메틸메타아크릴레이트(MMA)의 현탁중합에 의해 만들어지며, 플라스틱의 일종으로 투명하고 내구성 등이 좋아 광학용, LCD 부품, 조명 커버, 명판 등 다양한 용도로 사용됨.

○ 재해발생 상황은

- 2012년 12월 30일 오후 1시 50분경 ○○산업 근로자 이□□(남, 52세)과 김△△(남, 54세)는 아크릴 재생 라인을 시험가동하기 시작하였음.
- 피재해자들이 호흡용 보호구를 착용하지 않고 지하피트(높이 2.16m)에 설치된 저장용기와 침전조의 배관 등 연결부위에 아크릴 누출여부 확인을 위해 지하피트에 들어갔다가 일산화탄소(CO) 등 유독가스에 노출되어 2명 모두 중독 사망하였음.

일산화탄소(Carbon monoxide, CO, CAS NO: 680-08-0) :

일산화탄소(CO)는 무색, 무취, 무자극성 가스로 헤모글로빈과의 결합력이 O₂의 200~300배 강해 CO를 함유하는 공기가 폐속에 들어가면 헤모글로빈은 급속히 CO와 결합하여 결국 적혈구가 O₂를 운반하는 능력을 잃게 되어 질식 상태를 일으키게 됨. CO 200ppm에 노출되면 2~3시간 내에 가벼운 두통이 일어나고, 1,600ppm에서 두통, 메스꺼움, 구토와 함께 2시간 내 사망하고 12,800ppm에서는 1~2분내 사망하는 것으로 알려짐.

○ 재해발생의 주요원인은

- 환기가 불충분한 피트내부에서 아크릴수지 저장 작업 수행

- ▶ 열분해 된 폐아크릴 수지 증기를 냉각시켜 지하피트 내 저장조에 저장할 때, 열분해 시 발생된 CO 및 CO₂ 등이 유입되어 환기가 불충분한 상태에서 고농도로 피트에 체류됨.

【재해발생장소(지하피트)내 유해가스농도 측정결과】

구 분	일산화탄소(CO)	이산화탄소(CO ₂)	산소(O ₂)	황화수소(H ₂ S)
측정값	240 ~ 420 ppm	3,500 ppm	20.9 %	불검출

※ 본 측정치는 사고발생 24~32시간 이후 측정된 값으로 사고당시 지하피트의 CO 및 CO₂ 농도는 매우 높았을 것으로 추정

－ 보호구 착용 등 기본적인 안전수칙 미준수

- ▶ 작업자가 지하피트에 들어갈 때 송기마스크 등 호흡용보호구를 착용하지 않았고,
- ▶ 국소배기장치 등 유해가스 배출을 위한 환기설비가 설치되어 있지 않았음.



[환기장치 설치]



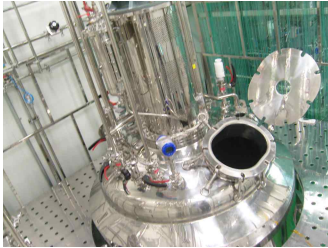
[적절한 호흡용 보호구 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- － 사업주 또는 관리자가 지하피트 바닥과 침전조 배관연결 부위에 아크릴수지 용액이 누출되지 않도록 하여야 하고, 침전조 및 저장조 덮개에 대해서는 가스킷을 사용하여 접합면을 밀착시키는 등 적절한 조치를 하여야 합니다.
- － 사업주는 아크릴수지 침전 및 저장장소에 발생하는 CO 등을 제거하기 위한 환기장치를 설치하여야 합니다.
- － 또한, 사업주는 CO가 발생하는 용해(열분해)로, 냉각장치, 배관, 밸브, 침전조 및 저장조 등 취급시 CO가 새지 않도록 관리를 철저히 하여야 하며,
- － CO를 취급하는 작업장에서 근로자의 건강장해 예방에 적절한 호흡용 보호구를 개인용으로 지급하여 반드시 착용토록 관리 하여야 합니다.
- － 만약, 사업주 또는 관리자가 적절한 안전조치, 시설 유지관리, 보호구 착용 및 확인점검 등 관리감독을 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

65

챔버 내 질소에 의한 산소결핍 사고



[결정조 출입구]

○ 작업 상황은

- 제약공장 신축건물 무균실에 결정조의 설치 적합성 평가를 위하여 결정조 내부에 물을 채운 상태에서 온도분포시험을 실시하고, 수온강하 및 배수처리 촉진을 위하여 질소가스 주입을 하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2012년 3월 21일(수) 20시 40분경 제약공장 신축건물 무균실에 신설된 결정조(2ton) 탱크의 설치 적합성평가를 위해 결정조에 물을 채운 상태로 온도분포시험을 실시한 후
- 수온강하 및 배수처리 촉진을 위해 탱크 내부에 질소를 투입하여 물을 완전히 배수 시켰음.
- 피재근로자 한○○이 결정조 내부에 설치된 온도센서를 회수하기 위해 내부로 진입하였으나 밀폐된 공간내부에 질소가스 치환으로 인한 산소가 결핍되어 질식사망하였으며, 동료작업자 김□□이 구출을 위해 아무런 안전조치 없이 결정조 내부로 진입하였으나 함께 의식을 잃고 쓰러졌음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 질소주입으로 결정조 내부의 공기는 모두 질소로 치환되어 산소가 결핍(산소농도 18% 미만)된 환경이 조성되었으며,
- 온도센서 회수를 위하여 결정조 입구(타원형, 40cm × 30cm)를 개방하였지만, 개구부 면적이 협소하여 공기(질소)의 정체현상으로 환기가 이루어지지 않아 결정조 내부는 산소유입이 매우 적었음.

- 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스농도 측정, 환기, 구조시 공기호흡기 등 착용을 실시하지 않아 재해가 발생되었음.
- 산소결핍에 따른 신체반응



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 산소농도 저하에 따른 질식재해 발생 우려시 작업전작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기 (또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 산소농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

66

방동제(콘크리트 부동액) 음용 사고



○ 작업 상황은

- 다세대 주택 신축공사로 구조물공사를 마치고 외부치장벽돌 쌓기와 줄눈 넣기 작업을 진행 중에 있었으며, 모르타르 배합을 위하여 사전에 드럼통에 수돗물을 받아 놓았음.
- 동절기 배합용 물을 얼지 않도록 하기 위하여 방동제를 첨가하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2012.1.8(일) 09:00경 전북 고창군 고창읍 소재 ○○건설이 시공하는 다세대주택 신축공사현장에서,
- 근로자 박□□가 방동제가 함유된 물을 끓여 컵라면에 부어 10명의 동료근로자가 간식으로 먹은 후, 09:30경 이△△(사망자, 남64세)이 현장내에서 입에 거품을 내며 쓰러져 있는 것을 발견하여 병원으로 이송하였으나, 방동제 중독에 의해 사망하였으며,
- 11:00경 동료근로자 최◇◇이 어지러움증 및 구토 증상이 나타나고 입술이 파래지는 등 몸에 증상이 나타나 컵라면 등을 먹은 나머지 근로자 7명이 병원에 후송되어 치료를 받았음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 방동제에 대한 물질안전보건교육을 실시하여야 하나 미실시로 인하여 작업자가 사전에 방동제의 위험성을 인식하지 못함.
- 방동제가 혼입되어 있는 드럼 및 운반용기에 명칭, 유해·위험문구, 그림 문자 등이 포함된 경고표시를 미부착하여 물을 사용한 근로자는 방동제가 함유된 물임을 알지 못하였음.
- ※ 방동제는 무색, 무취한 특성으로 인하여 물로 오인하기 쉬움.



[방동제 함유된 물의 색깔(투명)]



[소분용기 부착용 경고표지]



[방동제 경고표지 예시]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서 사업주 또는 관리자는 다음과 같은 사항에 대하여 조치하여야 합니다

- 방동제 희석용 용기(현장에서 사용하는 드럼통 등)에 MSDS 경고표지 부착
- 방동제를 가능한 덜어서 사용 금지
- 방동제 소분 용기(덜어서 사용하는 소형용기)에 MSDS 경고표지 부착
- 방동제 취급 작업장내 물질안전보건자료(MSDS) 비치 또는 게시
- 방동제 취급 근로자에 대한 MSDS(물질 특성 및 인체에 미치는 영향 등) 교육 실시.

○ 만약, 사업주 또는 관리자가 해당 근로자에게 교육 및 용기에 경고표지를 부착하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

67

절연가스(SF6)에 의한 산소결핍 사고



○ 작업 상황은

- GIS*설치 공사중 케이블 연결을 위해 SF6**가스(절연가스)를 챔버에 충전하였으며,
- 챔버 하부 케이블연결구를 풀기위한 작업을 수행하고 있었음.

* GIS(Gas Insulated Switchgear) 가스절연 개폐장치

** SF6 가스 (육불화황, 무색/무취, 절연매체)

○ 재해발생 상황은

- 2012년 8월 23일(목) 15시15분경 경남 함안군 ○○건설(주)함안-진주간 복선전철 변전소 공사현장(4층)에서,
- 피해자 정◇◇가 GIS설치 공사중 케이블 연결을 위해 SF6가스(절연가스)가 충전 되어있는 챔버 하부에,
- 케이블 연결구를 풀기위해 혼자서 들어갔다가 의식을 잃고 쓰러지자,
- 밖에서 이를 본 동료 한△△이 구하러 들어갔으나 함께 쓰러져 사망하고
- 구조작업에 참여한 배▽▽과 노▷▷은 부상당한 재해 입.

○ 재해발생의 주요원인은

- GIS챔버 내 절연위해 주입된 SF6 가스에 의한 산소결핍으로

육불화황(헥사플루오린화황 SF6, CAS NO:2551-62-4) :

- 육불화황은 무색, 무취성 가스로, 테스트 가스, 대기 수송 및 분산학에서 트레이서, 망막 분리 치료용 수술 보조기구, 전기 회로 단속기 전기 단열재, 초음파 조영제로 사용되고 있음.
- 가스 그 자체는 비독성이나 주요 위험은 공기보다 무거워 공기가 대체됨에 따라 질식 위험이 높은 단순질식제 임.

- GIS챔버 내에 충전된 SF6 가스를 신선한 공기로 치환(환기)을 하지 않은 상태에서 SF6가스는 공기 보다 밀도가 5배 높아 외부로 확산되지 못하고,
- 챔버 내부에 체류하고 있었기(공기를 밀어내고) 때문에 작업자가 챔버안으로 들어갔을 때 산소결핍으로 인한 질식사망 하였음.



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 산소 농도 저하에 따른 질식재해 발생 우려시 작업전·작업중 적절한 공기 상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기 (또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 산소 농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

68

폐수처리장 폭기조 황화수소 (H₂S) 중독 사고



○ 작업 상황은

- 3개월간 폐쇄되었던 폐수처리장의 폭기조 재가동을 위하여 폭기조에 공기 폭기를 가동시키고 폭기량 밸런스를 맞추기 위한 공기유입량 조절이 실시되었음.
- 폭기상태 점검 및 미생물 시료 채취작업을 위하여 폭기조 내부로 들어갔음.

○ 재해발생 상황은

- 2012. 09. 06(목) 11:00경 피해자 이□□가 현장을 확인하기 위하여 폭기조로 내려가던 중,
- 폭기조 입구에서 폭기조내의 폭기상태 확인과 미생물 시료 채취작업을 하던 피해자 최○○가 정신을 잃고 쓰러져 있는 것을 발견하여 구조를 요청하였으며,
- Bio-침전조에서 작업중이던 피해자 이△△가 구조 요청하는 소리를 듣고 폭기조로 달려가서 이□□와 함께 최○○을 구조하려는 중 정신을 잃고 쓰러졌음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 밀폐공간(폭기조) 내에 장기간 정체된 폐수를 폭기하는 순간 바닥의 퇴적층(스컴, 퇴적물 등)이 파괴 및 교반되면서 다량의 황화수소가 급속히 배출되어 고농도의 황화수소 가스에 중독되어 의식을 잃고 쓰러졌으며,
- 황화수소의 위험성 및 유해성을 인지하지 못한 상태에서 동료근로자를 구출하기 위해 아무런 안전조치 없이 폭기조 앞으로 갔다가 고농도의 황화수소 가스에 중독되어 재해가 발생.

【 황화수소(H₂S)의 인체영향 】

◆ 주요한 인체영향

- 신경독성 : 700ppm 이상의 고농도의 황화수소인 경우 눈이나 호흡기의 자극증상이 나타나기 전에 순간적으로, 1~2회의 호흡만으로도 치명적인 증상이 나타납니다.
- 호흡기 : 황화수소가 100~200ppm의 농도로 되면 후각신경이 마비되어 도리어 황화수소에 대한 거부감이 감소되며, 보다 높은 농도의 황화수소에 대한 경계도 저하되어 위험으로부터 탈출할 기회를 잃게 됩니다.



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 황화수소 농도가 10ppm 이상인 경우에는 작업전·작업중 적절한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

69 도시가스 누출에 의한 질식사고



○ 작업 상황은

- 도시가스 맨홀 내부에 설치된 차단밸브 개폐작동 불량 및 슬리브 덮개 고정용 볼트 부식에 따른 차단밸브 교체여부를 점검하는 작업을 수행하고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- 2013년 1월 31일(목) 14시 40분경 홍○○(54세, 남), 이□□(40세, 남)이 서울 영등포구 당산동 소재, 도시가스 맨홀 내부에 설치된 차단밸브(150A 주강 볼 밸브-수동 개폐식) 개폐작동 불량 및 슬리브 덮개 고정용 볼트 부식에 따른 교체여부 점검 수주를 받고,
- 맨홀내부에 들어가 차단밸브 교체여부를 점검하던 중 LNG(메탄주성분) 가스 누출로 2명이 질식되어 1명이 사망, 1명이 부상당한 재해임.

○ 재해발생의 주요원인은

- 작업자 2명이 밸브 교체여부 점검 중 밀폐공간에서 도시가스 누출로 인한 산소결핍에 의한 질식으로 추정
- 공기 중 산소 농도가 10%미만에서 의식불명, 8%미만에서 사망에 이르고 사고 당시 작업자들이 10분내에 재해를 당한 것으로 미루어 사고 당시 맨홀 내 산소 농도를 10%미만으로 가정
- 산소결핍에 따른 신체반응



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]

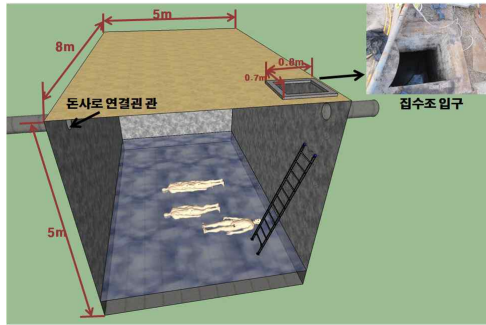


[안전한 작업방법 주지]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 산소 농도 저하에 따른 질식재해 발생 우려시 작업전·작업중 적정한 공기 상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간 작업전 안전한 작업방법 등을 해당 근로자에게 주지하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 산소 농도 측정, 환기, 안전한 작업방법 주지 등 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

70 양돈농장 정화조 질식사고



○ 작업 상황은

— 양돈농장에서 발생된 가축분뇨를 모으는 정화조와 연결된 관로에 돈분이 퇴적되어 막혀 고압호스를 이용하여 관로를 뚫어주거나 정화조 내부에 들어가 보수작업을 수행하고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- 돈사에서 정화조(가로5m×세로8m×높이5m)로 돼지의 배설물(분뇨)을 이송하는 배관이 막혀 이를 해결하기 위해 외국인 근로자가 정화조 내부로 들어가던 중 쓰러지자,
- 농장주가 구조하기 위해 들어갔으나 의식을 잃고 쓰러졌으며,
- 농장주 부인이 119에 신고한 후 구하러 들어가다 역시 쓰러졌음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 밀폐공간(정화조) 내에 가축 분뇨의 부패로 발생하는 황화수소 가스에 중독되어 질식사되었으며,
 - 황화수소의 위험성 및 유해성을 인지하지 못한 상태에서 재해자를 구출하기 위해 아무런 안전조치 없이 정화조 내부에 들어 갔다가 황화수소 가스에 중독되어 재해 발생.
- ▶ 밀폐공간에서의 황화수소 발생

- ◆ 발생메카니즘 : 유기물(C,H,O,N,S) → SO₄²⁻-(황산염)+2C+2H₂O $\xrightarrow{\text{황산염 환원세균}}$ 2HCO₃⁻ + H₂S ↑
- ◆ 황화수소는 온도가 높을수록(15~45℃), 용존산소가 낮을수록, 정체된 공간일수록 발생량이 증가함
- ◆ 침전지, 저류조 등의 바닥층(스컴, 퇴적물 등)을 파괴(교반)할 경우 황화수소 발생량이 급속히 증가함

【 황화수소(H₂S)의 인체영향 】

◆ 주요한 인체영향

- 신경독성 : 700ppm 이상의 고농도의 황화수소인 경우 눈이나 호흡기의 자극증상이 나타나기 전에 순간적으로, 1~2회의 호흡만으로도 치명적인 증상이 나타납니다.
- 호흡기 : 황화수소가 100~200ppm의 농도로 되면 후각신경이 마비되어 도리어 황화수소에 대한 거부감이 감소되며, 보다 높은 농도의 황화수소에 대한 경계도 저하되어 위험으로부터 탈출할 기회를 잃게 됩니다.



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 황화수소 농도가 10ppm 이상인 경우에는 작업 전작업중 적절한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

71

맨홀내부 드릴작업 중 CO 중독 사고



○ 작업 상황은

- 하천수질 개선을 위한 농어촌 하수관로 정비작업을 수행하고 있었음.
- 맨홀 내부 물푸기를 실시하고 지하 1층으로 내려가 분기관을 설치하기 위하여 코어드릴기와 소형발전기를 이용하여 맨홀 벽체 천공작업을 실시하고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- 2012년 11월 7일(수) 16:00경 충남 홍성 광천읍 소재 농어촌 하수로 정비작업 현장에서 피재자 2명이 맨홀 지하 1층에서 물푸기작업 및 코어드릴작업 중 일산화탄소 중독으로 의식을 잃은 상태에서 개구부로 추락하여 맨홀 하단의 물에 빠져 사망.

○ 재해발생의 주요원인은

- 소형발전기에서 발생한 일산화탄소에 중독되어 의식을 소실한 상태에서 맨홀 내부 물에 빠져 사망.
- 코어드릴기 사용을 위하여 내연기관이 장착된 이동식 발전기를 사용하였고, 맨홀개구부 인접해서 위치한 이동식발전기에서 연료인 휘발유의 불완전 연소에 따른 고농도의 일산화탄소(CO)가 발생하여 맨홀내부로 유입되었음.
- 피재자 2명은 일산화탄소(CO) 중독으로 의식을 소실하여 바닥 개구부로 추락하여 물에 빠져 사망.
- 공기 중 일산화탄소 농도와 증상

공기 중CO%(ppm)	호흡시간 및 증상
0.02%(=200ppm)	2-3시간에 가벼운 두통
0.04%(=400ppm)	1-2시간에 앞 두통, 2.5-3.5 시간에 후 두통
0.08%(=800ppm)	45분에 두통, 메스꺼움, 구토, 2시간 내 실신
0.16%(=1,600ppm)	20분에 두통, 메스꺼움, 구토기분, 2시간부터 사망
0.32%(=3,200ppm)	5-10분에 두통, 메스꺼움, 30분부터 사망
0.64%(=6,400ppm)	1-2분에 두통, 메스꺼움, 10-15분에서부터 사망
1.28%(=12,800ppm)	1-3분에서부터 사망



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[안전한 작업방법 주지]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 일산화탄소 농도가 30ppm 이상인 경우에는 작업전작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 하고,
- 밀폐공간 작업전 안전한 작업방법 등을 해당 근로자에게 주지하여야 합니다.
- 또한, 현장내 맨홀 개구부 등 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에는 덮개를 견고히 설치하고 위험표지를 하여야 함.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 안전한 작업방법 주지 등 철저히 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

72 제지공장 탱크 청소중 질식 사고



○ 작업 상황은

- 화장지 생산공정의 순환 용수 저장조 바닥에 침전된 슬러지(종이 침전물)를 고압호스를 이용하여 물 청소하는 작업을 수행하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2013년 03월07일(목) 10:00경 화장지 생산공정의 순환 용수 저장조 내부에서 작업자 1명이 슬러지(종이 침전물) 청소작업 중 정신을 잃고 쓰러지자,
- 같은 조 근로자와 인근작업자 1명이 구조를 하러 탱크 내부로 들어갔으나 모두 정신을 잃고 쓰러진 재해로,
- 슬러지의 부패로 발생된 황화수소 중독에 의한 질식 재해.(사망자 : 구조작업자 1명, 부상자 : 당일 슬러지 청소작업자 2명)

○ 재해발생의 주요원인은

- 저장조 내부 바닥에 침전되어 있는 슬러지를 청소하기 위해 고압호스를 이용하여 슬러지에 물을 분사하자 슬러지층의 교반(파괴)에 의해 용존 되어있던 황화수소가 다량으로 발생되었음.(슬러지에 물분사 재현 결과 황화수소 발생 확인)
- 청소작업이 진행될수록 발생된 황화수소의 농도가 지속적으로 증가함에 따라 작업자가 고농도의 황화수소에 중독되어 정신을 잃고 쓰러졌고(부상),
- 구조를 위해 저장조에 들어갔던 동료 작업자 2명도 황화수소에 중독되어 사망 또는 부상을 당하였음.

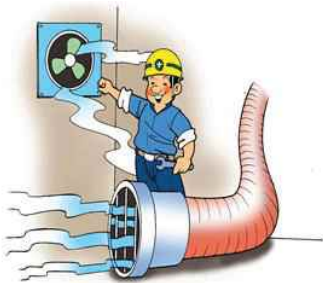
【 황화수소(H₂S)의 인체영향 】

◆ 주요한 인체영향

- 신경독성 : 700ppm 이상의 고농도의 황화수소인 경우 눈이나 호흡기의 자극증상이 나타나기 전에 순간적으로, 1~2회의 호흡만으로도 치명적인 증상이 나타납니다.
- 호흡기 : 황화수소가 100~200ppm의 농도로 되면 후각신경이 마비되어 도리어 황화수소에 대한 거부감이 감소되며, 보다 높은 농도의 황화수소에 대한 경계도 저하되어 위험으로부터 탈출할 기회를 잃게 됩니다.



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기설시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 황화수소 농도가 10ppm 이상인 경우에는 작업전·작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

73

아파트 정화조 폐쇄공사 중 질식 사고



○ 작업 상황은

- 아파트의 하수관거 직관공사로 정화조 사용이 필요 없게 되자 상하수도설비공사업체에서 정화조 폐쇄공사를 실시하고 있었음.

○ 재해발생 상황은

- '13. 4. 26(금) 아파트 정화조 폐쇄공사를 위한 청소작업의 일환으로 방류조 [4.7M(가로)×3.4M(세로)×4.7M(높이)] 내부 물로 희석된 오수 및 바닥 퇴적물 제거작업을 위해 직원 정○○씨(42세, 남)가 동료작업자 1명과 같이 내부로 들어간 후 약 10여분 뒤 갑자기 정○○씨가 밖으로 나오기 위해 사다리를 타고 오르다 바닥으로 추락하였음(사망).
- 외부에 있던 동료 작업자 김○○씨(58세, 남)와 윤○○씨(44세, 남)가 구조하러 들어갔다가 이상증상을 느낀 김○○씨는 곧 밖으로 나왔으며, 윤○○씨도 밖으로 나오려 했으나 힘이 빠져 나오지 못하고 있다 119구조대 도착 시 구조대원의 도움으로 구조되었음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 밀폐공간(방류조) 내에 오수의 부패로 발생하는 황화수소 가스에 중독되어 질식되었으며,
- 황화수소의 위험성 및 유해성을 인지하지 못한 상태에서 재해자를 구출하기 위해 아무런 안전조치 없이 정화조 내부에 들어 갔다가 황화수소 가스에 중독되어 재해 발생.

※ 황화수소는 무색의 기체로 계란 쉼은 냄새가 나는 대표적인 악취물질임. 공기와 잘 혼합되며 물에 쉽게 용해되는 특징을 가지고 있고, 오수·하수·쓰레기 매립장 등 유기물 존재하의 혐기성 분해에 의해 주로 발생하는 가스임.

【 황화수소(H₂S)의 인체영향 】

◆ 주요한 인체영향

- 신경독성 : 700ppm 이상의 고농도의 황화수소인 경우 눈이나 호흡기의 자극증상이 나타나기 전에 순간적으로, 1~2회의 호흡만으로도 치명적인 증상이 나타납니다.
- 호흡기 : 황화수소가 100~200ppm의 농도로 되면 후각신경이 마비되어 도리어 황화수소에 대한 거부감이 감소되며, 보다 높은 농도의 황화수소에 대한 경계도 저하되어 위험으로부터 탈출할 기회를 잃게 됩니다.



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 산소농도가 18% 미만이거나, 황화수소 농도가 10ppm 이상인 경우에는 작업전·작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

74

증기세척기 중독

디클로로메탄(MC)



○ 작업 상황은

- 생산된 금속제품에 묻어 있는 오일 등을 세척하기 위해 MC* 증기세척에 투입하고 회수하여 적재하는 작업을 수행하고 있었음.

* MC(디클로로메탄, Methylene Chloride) : 페인트 제거(박리)제, 탈지제, 세척제, 접착제 및 코팅제, 희석제 등으로 사용.

○ 재해발생 상황은

- '12. 6. 30. 08시경 세척기가 가동되지 않아 세척기를 확인한 결과 세척기 내부 증기조에 김성환이 쓰러져 있는 것을 발견.
- 재해자는 당시 정상작업 종료 후 증기조에 떨어져있는 제품(OPC 드럼소재)을 회수하기위해 증기조의 잔여 세척액만을 배수처리 후 증기조 내부로 들어갔으나 세척제인 디클로로메탄(MC)에 의한 중독사망.

○ 재해발생의 주요원인은

- 증기조 하부에는 고농도의 디클로로메탄의 증기가 잔류하고 있었으나,
- 충분한 환기를 실시하지 않고, 송기마스크 등 호흡용 보호구 및 보호복을 미착용한 상태로 세척조 내부에 들어가 고농도의 디클로로메탄에 노출 및 중독되어 사망하였음.

【MC의 주요 건강 영향】

- ① 중추신경계(CNS) 독성 : 호흡곤란, 두통, 오심, 어지러움, 사지 운동 저하, 고농도(예, 10,000ppm이상) 노출시 호흡곤란, 의식불명, 사망, 만성 노출시 신경병증 발생.
- ② 심장 독성(일산화탄소 중독) : 카르복시헤모글로빈(COHb) 생성, 산소공급 감소에 따른 급성 심근경색 발생.
- ③ 간 독성 : 간 세포 독성에 따른 간 기능 저하.
- ④ 피부 및 눈 자극.



○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자는 관계자를 이외에는 유해화학물질 중독 우려되는 설비 내부를 출입하지 못하도록 관리를 하여야 하며,
- 출입이 필요한 경우에는 적절한 공기상태를 유지하기 위하여 충분한 환기를 실시하여야 합니다.

※ 유기화합물을 넣었던 탱크 등에 대하여는 유기화합물의 배출 후 재유입되지 않도록 하고, 물이나 수증기를 이용하여 내부를 씻은 후 물이나 수증기를 배출시켜야하며, 탱크 용적의 3배 이상의 공기를 채웠다가 내보내거나 탱크에 물을 가득 채웠다가 배출시켜야 함.(이 경우 설비내부에 머리를 넣고 환기 및 세척작업하지 않도록 관리하여야함)

- 또한, 세척기 내부에서 작업하거나 출입하는 경우 송기마스크 등 호흡용보호구 착용과 보호복, 보호장갑 등을 착용하여 피부접촉이 되지 않도록 주의를 기울여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

75 여과탱크 내부 작업자 산소결핍



○ 작업 상황은

- 워터파크 기계실 여58과탱크의 여과재(활성탄) 보충작업을 위하여 여과탱크 바닥 평탄작업을 수행하려고 하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2012년 4월 30일 09시 25분경 워터파크 기계실에서 여과탱크의 여과재(활성탄) 보충작업을 위한 여과탱크 바닥 평탄작업을 하기 위해,
- 일용 근로자가 여과탱크 내부로 들어가던 중 쓰러지자 피재자가 쓰러진 일용 근로자를 여과탱크 밖으로 구출하였으나 피재자는 탱크내부에서 쓰러져 사망.

○ 재해발생의 주요원인은

- 피재자는 활성탄 보충 및 교체작업을 수년간 실시하였고, 재해현장과 동일한 작업방법으로 수행하였으나 산소결핍과 관련된 증상이나 재해 발생위험 등을 인식하지 못하였음.
- 여과탱크 내부가 활성탄의 산소 흡착 및 미생물의 활성화로 인한 산소 소비 증가 등에 의해 산소결핍 상태였음.
- 호흡용보호구(송기마스크 등)없이 동료 작업자를 구출하다가 구조자가 사망하였음.

<1. 활성탄과 미생물의 관계>

활성탄은 미생물에게 있어서 아주 좋은 서식처이다. 활성탄에 의한 폐수처리에 있어서 활성탄 입자에 부착한 미생물 작용에 의해 흡착작용 이외의 효과가 나타나는 일이 다수 보고 되고 있다. 출처) 박영태, 신판 활성탄 기초와 응용, 동화기술, 1997

<2. 미생물의 호흡작용에 의한 산소소비>

미생물의 산소소비량을 비교하여 보면 생체 1Kg(수분제외)이 섭씨 30도 부근에서 1시간에 소비하는 산소소비량은 다음 표에서 보는 바와 같이 사람의 몇 배로부터 최고 6,000배까지 산소를 소모시키는 것도 있음. 이런 점을 이용하여 발효식품, 의약품(페니실린, 스트렙토마이신)의 제조와 폐기물처리(하수, 분뇨, 매립)를 하고 있음.

생체	소비량
사람	200ml
원생동물(Paramecium)	500ml
사상균(Iusarium)	10,000ml
조류(Chlorella)	40,000ml
세균(Azotobacter)	1,200,000ml

출처 : 한국산업안전보건공단, 산소결핍의 원인 및 가스의 유해성, 2007



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



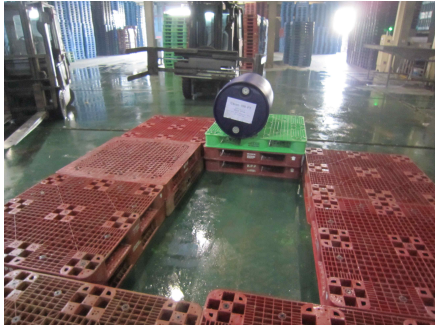
[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 작업전작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 합니다.
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

76

TMAH(수산화테트라메틸암모늄) 피부접촉 사고



○ 작업 상황은

- 워터파크 기계실 여과탱크의 여과재(활성탄) 보충작업을 위하여 여과탱크 바닥 평탄작업을 수행하려고 하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2011.12.15일 경기도 소재 A사업장(파렛트 세척)에서 계면활성제를 제조하는 B사 근로자가 자체 개발한 세척제 샘플을 현장 테스트하던 중,
- 25% 농도의 수산화테트라메틸암모늄(TMAH, CAS No. 75-59-2) 함유(중량비율 35%) 세척제가 피재자의 양쪽 손과 팔, 다리 등의 피부에 접촉 후 체내로 흡수되어 호흡마비로 사망함.

○ 재해발생의 주요원인은

▶ 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)의 유해성·위험성 인지 미흡.

세척제에 대한 물질안전보건자료(MSDS)와 세척제의 원료인 TMAH에 대한 한글 MSDS가 작성되어 있지 않았고, 취급 근로자에 대한 MSDS 교육이 실시되지 않아 급성중독의 위험성 등을 해당 근로자가 인지하지 못함.

▶ 보호구 착용 등 기본적인 안전수칙 무시.

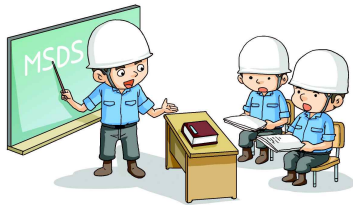
해당 근로자에게 불침투성 보호복, 보호장갑, 보호장화 등 개인보호구 착용이 미흡하였으며, 작업수칙이 지정되어 있지 않아 안전한 작업방법으로 작업을 실시하지 못함.

▶ 사고시 대피 등 조치방법 부적절

급성중독 발생우려가 있을 경우 즉시 작업을 중지하고 노출된 작업자에게 즉각적인 세척·샤워 등 적절한 조치를 취해야 하는데, 세척제에 노출 후 약 17분 경과 후 샤워하러 가는 등 사고시 대처방법이 부적절하였음.

【TMAH의 특성 및 건강영향】

용도	반도체 공정 등에서 감광제로 사용되고 있으며, 응집을 방지하기 위한 계면활성제로도 사용되는 물질임.
일반적 특성	암모니아 냄새가 나는 무색의 투명 액체
유해성·위험성	금속을 부식시킬 수 있음. 삼키면 치명적임. 피부와 접촉하면 치명적임. 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴. 흡입시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡 곤란을 일으킬 수 있음. 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음.
안전취급요령	개봉 전에 조심스럽게 마개를 여시오. 장기간 또는 지속적인 피부접촉을 막으시오.



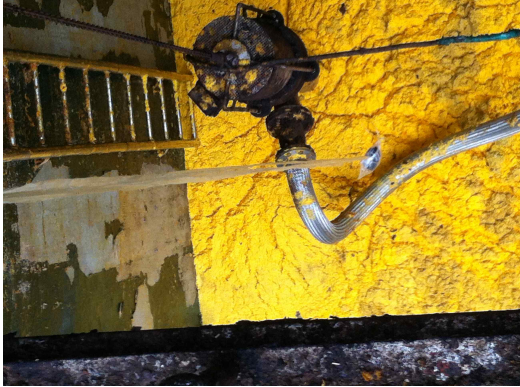
○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서 사업주 또는 관리자는 다음과 같은 사항에 대하여 조치하셔야 합니다

- TMAH 취급 작업장내 한글로 작성된 MSDS 비치 또는 게시.
- TMAH 용기 및 포장 등에 한글로 작성된 MSDS 경고표지 부착.
- TMAH 취급 근로자에 대한 MSDS (물질 특성 및 인체에 미치는 영향 등) 교육 실시.
- TMAH 취급 근로자는 불침투성 보호복, 보호장갑, 보호장화 등 개인보호구 착용.
- 작업 중·후 근로자가 세면·목욕 및 작업복 세탁·건조할 수 있는 시설 설치.

○ 만약, 사업주 또는 관리자가 해당 근로자에게 교육, 적절한 개인보호구를 지급하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

77

감귤부산물 저장조 내부 질식사고



○ 작업 상황은

- 감귤의 원액 생산공정에서 발생하는 감귤박 부산물을 사료의 원재료로 사용하기 위하여 저장조 내의 감귤박을 수중펌프를 사용하여 운반차량에 이송하는 작업을 수행하였음.

○ 재해발생 상황은

- 2013년 1월 24일 10시 35분경 제주시 한림읍에 소재한 제주○○○○ 감귤 2공장 내 부산물 저장조 바닥청소를 위해,
- 청소작업자 김○○(부상)이 저장조 하부로 내려가던 중 두통과 매스꺼움을 느껴 상부로 올라와 작업장 밖으로 나왔으나,
- 뒤따라 내려간 양○○가 어지러움을 느끼며 감귤박 부산물 속으로 쓰러지자 강○○이 구조하기 위해 저장조에 내려가 구조하던 중 의식을 잃고 쓰러져 사망하였음.

○ 재해발생의 주요원인은

- 감귤박 부산물 속에서 미생물 등의 증식으로 인하여 일산화탄소(CO)가 발생하여 감귤박 부산물 속에 축적되었으며,
- 작업자가 청소작업을 위하여 부산물을 교란시키게 되자 일산화탄소가 공기 중으로 방출되어 작업자에게 노출되어 질식을 유발시킴.

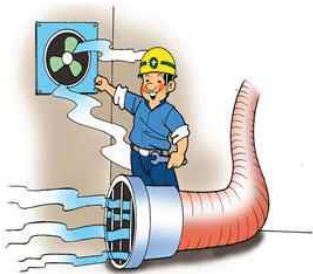
※ 재해조사 시 운반차량 내부 일산화탄소 농도 280ppm, 저장조 하부 농도 70ppm으로 재해 당일에는 고농도의 일산화탄소(1,000ppm 이상)가 발생된 것으로 추정

– 공기 중 일산화탄소 농도와 증상

공기 중CO%(ppm)	호흡시간 및 증상
0.02%(=200ppm)	2-3시간에 가벼운 두통
0.04%(=400ppm)	1-2시간에 앞 두통, 2.5-3.5 시간에 후 두통
0.08%(=800ppm)	45분에 두통, 메스꺼움, 구토, 2시간 내 실신
0.16%(=1,600ppm)	20분에 두통, 메스꺼움, 구토기분, 2시간부터 사망
0.32%(=3,200ppm)	5-10분에 두통, 메스꺼움, 30분부터 사망
0.64%(=6,400ppm)	1-2분에 두통, 메스꺼움, 10-15분에서부터 사망
1.28%(=12,800ppm)	1-3분에서부터 사망



[산소 및 유해가스 농도측정]



[환기실시]



[구조시 공기호흡기 등 착용]

○ 이러한 동종 재해 또는 유사재해를 예방하기 위해서는

- 사업주 또는 관리자가 밀폐공간 내부 작업전 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하여야 하며,
- 작업전·작업중 적정한 공기상태를 유지하기 위하여 환기를 실시하여야 하고,
- 또한, 밀폐공간에서 위급한 근로자를 구출하는 작업을 하는 경우에는 구출 작업 근로자에게 공기호흡기(또는 송기마스크) 등을 지급하여 착용하도록 하여야 합니다.
- 만약, 사업주 또는 관리자가 유해가스농도 측정, 환기, 구출 시 공기호흡기 지급·착용 등 관리감독을 철저하게 이행하였다면 이러한 재해는 일어나지 않았을 것입니다.

『대형사고예방을 위한』 중대재해사례집

초판 1쇄 인쇄 2013년 10월

발행인 백헌기

발행처 안전보건공단

주 소 인천광역시 부평구 무네미로 478

전 화 032) 5100-500

총괄기획 산업안전실

홈페이지 www.kosha.or.kr

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물입니다.
무단전재와 복제를 금하며 이 책 내용의 일부 또는
전부를 사용하시려면 우리 공단의 동의를 받아야
합니다.