

중대사고 이슈 리포트

重大事故 Issue Report

2021. 6



Contents

중대사고 이슈 리포트
重大事故 Issue Report

2021. 6

1. 원격조작 타워크레인의 취약점 및 대책 1
 » 중앙사고조사단 송국일 부장
2. 크레인 작업 중대재해 41%가 줄걸이 작업에서 발생7
 » 중앙사고조사단 박재석 차장
3. 보이지 않는 위험 “질식재해의 공포” 14
 » 중앙사고조사단 김정훈 차장



중대사고 이슈 리포트 2021. 6

[2021-중앙사고조사단-439]

발행인 박두용
발행처 한국산업안전보건공단
울산광역시 중구 종가로 400(북정동)
문의처 052)703-0129
편집디자인 한국장애인문화인쇄협회
Tel. 02)2683-0955



01 원격조작 타워크레인의 취약점 및 대책

타워크레인 사고의
새로운 변수



그림 1

타워크레인 관련 사고는 2017년을 기점으로 해서 많은 변화가 있었는데 2017년까지의 타워크레인 사망사고를 보면 대부분 설치·해체작업 중에 발생¹⁾하였으며, 이후 이와 관련한 많은 대책들이 쏟아져 나왔다. 타워크레인 설치·해체 작업의 영상기록²⁾, 타워크레인 설치·해체업의 등록제 도입 및 설치·해체 작업자 교육 개편³⁾과 모든 설치·해체작업에 근로감독관을 투입하는 「밀착관리」⁴⁾ 등이 그것인데 이로 인해 획기적으로 사망사고가 감소한 것은 분명한 사실이다. 하지만 몇 년 전부터 원격조작 타워크레인이라는 새로운 변수가 발생하였다.

- 1) 2013년부터 2017년까지 타워크레인 사망사고 총 26건 중 18건(69.2%)이 타워크레인 설치·해체작업 중에 발생하였고 나머지 8건(30.8%)이 운전 중 발생
- 2) 중앙사고조사단에서는 일선기관으로부터 3톤 미만 타워크레인 해체작업 영상을 제출(분기별)받아 분석 후 개선 조치하였음
- 3) 설치·해체 작업자 교육시간 확대(1주→4주) 및 보수교육(5년 주기) 도입과 타워크레인 설치·해체 실습 교육장 설립으로 실습교육 강화
- 4) 보고만 있는데도(감시; surveillance) 재해는 획기적으로 감소 (Best Practice)

년도별 타워크레인 관련 사망사고 현황_2021.07.09.현재

구분	'21년	'20년	'19년	'18년	'17년	'16년	'15년	'14년	'13년
3톤 이상 운전석	3건	1건	1건	-	5건	5건	-	3건	5건
3톤 미만 원격	1건	5건	1건	-	1건	4건	1건	2건	-

※ 타워크레인과의 연관성 정도의 판단에 따라 통계치가 다를 수 있음

원격조작(무인)
타워크레인의
사용 확대

원격조작 타워크레인의 사용은 '16년 이후 확대된다. 원격조작 타워크레인을 선호하는 이유는 첫째 도심지 내 중소규모 건설현장이 증가함에 따라 원격 조작식이 많이 사용되었고 둘째 사용이 용이하며 비용 절감의 효과가 있고 셋째 조종 면허의 취득이 쉽고 그에 따른 조종사 수급이 어렵지 않다.

※ 3톤 미만 타워크레인 등록현황⁵⁾

: '15년 265대 → '16년 1,362대 → '17년 1,678대 → '18년 1,826대 → '21년3월 1,732대
[14.7.29 3톤 미만 타워크레인 등록제 시행(기존 사용분은 2년간 유예)]

최근 원격조작
타워크레인 사고
발생현황

'20년 이후에 원격조작 타워크레인 관련 중대재해는 총 18건*이 발생한 반면 운전실이 있는 3톤 이상의 일반 타워크레인에서는 총 5건*이 발생하였다.

* 무상해 붕괴 및 와이어로프 파단에 의한 중량물 낙하 포함

※ [별첨] '20년 이후 타워크레인 중대재해 발생 현황 참조

원격조작과 일반 타워크레인 중대재해 유형 비교('20년 이후)

※ 무상해 붕괴 및 와이어로프 파단에 의한 혹은 등의 낙하사고 포함

< 운전실이 있는 3톤 이상 일반 타워크레인_5건 >

재해 유형	설치·해체작업 중	운전 중 트롤리 충돌에 의한 낙하
사고발생	4건	1건

< 원격조작 타워크레인_18건 >

재해 유형	설치·해체 작업 중	지브 간 연결 핀(분할핀) 미체결 또는 빠짐	러핑와이어 파단 등에 의한 지브 붕괴	줄걸이 작업 불량	호이스트 와이어 로프 파단
사고발생	1건	2건	7건	2건	6건

○ 3톤 이상 일반타워크레인의 사고는 대부분 설치·해체 작업 중에 발생

○ 원격조작 타워크레인의 사고는 대부분 기계적 결함에 의한 사고임

- 특히 러핑 와이어로프 파단 등에 의한 지브 붕괴가 7건으로, 기복 속도, 리미트 스위치, 러핑 와이어로프의 간섭 등 기술적인 심층 분석 필요

○ 휴먼에러에 의한 사고 다수 발생 ⇄ 안이한 사고로 집중력이 떨어지면서 발생한 것으로 추정 (낙하하는 A프레임에 걸림, 브레이싱 위로 이동 중 떨어짐, 지브 간 핀의 분할핀 미체결 등)

5) 국토교통 통계누리 자료 인용

반면, 타워크레인 등록현황⁶⁾을 보면 '21년3월 기준 총 5,921대 중 3톤 미만이 1,732대이고 3톤 이상 일반타워크레인이 4,189대로 약 7대3의 비율이다.
등록비율과 중대재해 발생 비율로 비교해 보면 분명 원격조작 타워크레인이 취약한 것은 사실이다.

원격조작
타워크레인 사고
취약 요인들

원격조작 타워크레인이 취약한 요인은 여러 가지가 있다.

첫째로, 중소규모 현장에서 주로 사용한다. 사용 현장이 대부분 상가, 오피스텔 등으로 상대적으로 안전관리 조직이 취약한 중소 규모의 현장이다.

둘째로, 운전원의 시야확보가 어렵다. 원격조종으로 화물을 양중 할 때에 운전원의 위치에 따라 현장 내 장애물로 인하여 시야 확보가 어려운 경우가 많이 발생한다.

셋째로, 자격취득이 용이하며, 무자격자에 의한 운전이 가능하다. 타워크레인(3톤 미만) 조작 면허 취득이 용이하여 장비를 다루는 숙련도가 다소 떨어질 수 있으며 운전실이 있는 일반 타워크레인에 비하여 현장 작업자들이 누구나 원격조작장치를 쉽게 접하여 사용이 가능하다. 실제로 지난 6월17일에 부산 오피스텔 신축현장에서 발생한 사고는 무자격자가 원격조작기를 작동하면서 발생한 사고다.

※ 조종 면허 현황⁷⁾(2021.3) : 일반타워 10,130명, 3톤 미만 타워 11,355명

마지막으로, 운전 중 장비 이상의 전조현상 인지가 어렵다. 원격조작 타워크레인의 조작은 운전실이 있는 일반 타워크레인에 비하여 양중시야 확보나 지브 각도나 트롤리 위치에 따른 정격하중 및 과부하의 인지가 어렵고 운전 중 장비 이상에 대한 전조현상 인지가 어렵거나 지연되어 사고로 이어지는 경우가 많다.

[그림 2] '20.02.24 용산 IDC현장 ; 팬던트 와이어가 터미널 블록 받침대에 걸림

[그림 3] '20.03.05 부천 지식산업센터 현장 ; 러핑와이어가 풀리면서 브레이크 블록에 씹힘

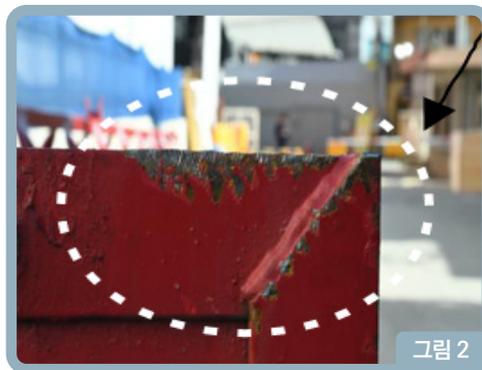


그림 2



그림 3

〈원격조작 타워크레인 중 장비이상 전조가 있었던 사례〉

타워크레인
사고예방을 위한
규정들

전년도부터 원격조작 타워크레인의 사고가 증가하면서 건설기계관리법에 많은 대책들이 마련되었다.

3톤 미만 타워의 조종면허 발급 시 실기시험이 추가되었고, 원격 조작자 확인 가능 영상장치⁸⁾의 설치, 정격하중 경고·확인장치, 속도 제한 장치, 와이어로프 이탈 방지 구조 등의 조치들이다.

6) 국토교통 통계누리 자료 인용

7) 국토교통 통계누리 자료 인용

8) 권상 및 기복장치 작동상태, 중량물의 인양상태(트롤리 및 지브 끝단) 확인 가능



[그림 4] 크레인 원격조종 시스템



[그림 5] 스웨덴 Scanreco사의 리모콘

그림 4

그림 5

한편, 산업안전보건법에서도 포괄적으로 타워크레인 사고를 예방하기 위한 많은 조치들이 이루어졌다. 건설공사 도급인의 타워크레인에 대한 필요한 안전보건조치의 의무 부과, 타워크레인 설치·해체업의 등록 및 설치·해체 작업자의 신규(144시간) 및 보수(36시간)교육, 그리고 산업안전보건기준에 관한 규칙에 설치·조립·해체 작업 시 사전조사 및 작업계획서의 작성 등 많은 안전조치기준을 법으로 규정하였다.

이들은 분명 타워크레인의 재해예방에 많은 효과가 있을 것으로 보인다. 다만 이러한 규제나 제도만으로 타워크레인과 관련한 모든 재해를 예방할 수 있을 것이라 생각하지는 않는다.

타워크레인
사고예방을 위한 제언

타워크레인 재해예방에 있어서는 하드웨어적인 부분도 중요하지만 소프트웨어적인 면도 중요하게 다루어져야 한다. 몇 가지 제언하자면 다음과 같다.

첫째 원청의 역할이다. 타워크레인 사고예방을 위해서는 관련된 전문적인 기술력을 필요로 하나 원청이 이에 대한 기술력이 갖춰지지 못하여 대체로 협력업체에 모든 것을 맡겨 버린다. 타워크레인 관련 교육 및 기타 안전보건상의 조치를 위한 건설공사 도급인으로서의 역할 등 원청의 역할을 제대로 하려면 타워크레인에 대해서 많이 알아야 한다. 근로자가 작업을 수행하는 데 있어 “누군가 나만큼 타워크레인에 대해서 많이 아는 사람이 나를 감시(Surveillance)하고 있다”라고 느끼면 규정에 위배된 행동을 할 수가 없다. 문은 열려있다. 공단 교육원에서 실시하고 있는 「타워크레인 설치·해체자격 취득」 교육(144시간)을 이수하게 되면 실기와 이론의 충분한 습득이 가능하다.



[그림 6] 산업안전보건교육원 타워크레인 교육관



[그림 7] 타워크레인 실외 교육장

그림 6

그림 7

둘째 줄거이 작업과 신호에 대한 부분이다. 자격과 교육은 차이가 있다. 교육은 다소 일방적이고 피동적일 수 있지만 자격은 능동적이다. 스스로 취득한 자격에 대한 자부심으로 책임감이

부여될 때 그 효과가 가장 크다. 현재 줄걸이 작업⁹⁾과 타워크레인 신호작업은 특별교육으로 규정되고 있다. 현실적으로 건설현장에서 타워크레인과 관련한 교육의 강사가 그 분야에 많은 역량을 갖추었다고 보기도 힘들다. 반면 외국¹⁰⁾에서는 이를 자격으로 정하고 있다.

[그림 8] 줄걸이 불량으로 데크플레이트가 쏟아지는 모습
('20.10.13 춘천 00오피스텔 2명 사망)

[그림 9] 영국의 타워크레인 줄걸이작업자/신호수



그림 8



그림 9

셋째 사고조사에 기반한 타워크레인의 예방 조치이다. 바둑도 끝나고 과정을 거슬러 올라가면서 복기를 해봐야 비로소 몇 번의 패착을 알 수 있듯이 사고도 마찬가지이다. 사고는 한두 가지 원인에 의해서 발생하는 것이 아니라 여러 직간접 및 구조적 원인들이 복합적으로 작용하면서 사고로 이어지는 것이 대다수이다. 보다 정밀한 사고조사를 통해 사고 발생을 유발한 과정상의 핵심요인을 파악하여 예방 대책으로 환류할 수 있을 것이다.

9) 산업안전보건법 시행규칙 [별표5]에 1톤 이상의 크레인을 사용하는 작업 또는 1톤 미만의 크레인 또는 호이스트를 5대 이상 보유한 사업장에서 해당 기계로 하는 작업에 대해 특별교육을 실시하도록 규정됨

10) 외국의 줄걸이 작업과 신호수에 대한 자격은 본 이슈레포트 「2. 크레인 작업 중대재해 41%가 줄걸이 작업에서 발생」편에서 다룸



[별첨] '20년 이후 타워크레인 중대재해 발생 현황

※ 무상해 붕괴 및 와이어로프 파단에 의한 훅 등의 낙하사고 포함

원격조작식 타워크레인

- [20.01.03] 인천 송도 00-1 사옥 신축현장에서 타워크레인 해체작업 중 붕괴(사망 2명)
- [20.01.20] 평택 스마트팩토리 지식산업센터 신축현장에서 지브 간 연결핀이 빠져 붕괴(사망 1명)
- [20.02.24] 용산 IDC 신축현장에서 러핑 와이어로프가 파단되면서 지브 붕괴(사망 1명)
- [20.03.05] 부천 옥길지구 OO테크노파크 현장에서 러핑 와이어로프 파단으로 지브 붕괴(무상해)
- [20.04.06] 울산 OO교회 신축현장에서 지브 연결핀(분할핀 미체결)이 빠져 지브 붕괴(무상해)
- [20.04.10] 부산 골프연습장 및 자동차매매장 신축현장에서 거꾸집의 양중 로프가 덜풀어진 상태로 상승하다 보 거꾸집에 걸리면서 기울어져 떨어짐(2명 중상)
- [20.04.23] 영종도 OO종합건설현장에서 화물양중 작업 중 와이어로프 파단으로 폼 다발이 떨어짐(무상해)
- [20.06.22] 인천 OO고등학교 현장에서 타워크레인 설치작업을 종료하고 작업팀 철수 후 비가동 상태에서 지브 붕괴(무상해)
- [20.07.04] 천안 OO신축공사 현장에서 철근 양중 작업 중 와이어로프 파단으로 훅과 함께 철근 떨어짐(무상해)
- [20.10.13] 춘천 오피스텔 현장에서 양중하던 줄걸이 작업 불량으로 테크플레이트 떨어짐(2명 사망)
- [20.10.30] 수원 주상복합 오피스텔 현장에서 지브 기복용 브레이크가 작동되지 않으면서 지브 붕괴(무상해)
- [20.11.03] 제주 오피스텔 신축현장에서 붐이 움직이지 않아 수리 중 붕괴(무상해)
- [21.01.08] 하남 OO프라자 상가건물 신축 현장에서 러핑크레이크 작동불량으로 타워크레인 지브 붕괴(무상해)
- [21.05.08] 인천 부평동 OO현장에서 와이어로프 파단으로 화물과 함께 떨어짐(무상해)
- [21.05.08] 인천 OO공동주택 현장에서 와이어로프 파단으로 화물과 함께 떨어짐(무상해)
- [21.06.03] 서울 OO병원 현장에서 호이스트 와이어로프 파단으로 후크 떨어짐(무상해)
- [21.06.17] 부산 OO오피스텔 현장에서 호이스트 와이어로프 파단으로 후크가 떨어져 지상 작업자 강타(사망 1명)
- [21.07.03] 인천 OO주상복합 현장에서 리모콘 작동 중 지브가 뒤로 넘어감(무상해)

운전실이 있는 일반타워크레인

- [20.06.15] 울산 OO임대아파트 현장에서 타워크레인 설치 작업 중 슬링 벨트가 작업발판에 걸리면서 뒤집어져 작업자 추락(사망 1명)
- [20.12.22] 서울 송파 OO신축 현장에서 양중 작업 중 후크 블록이 트롤리 장치와 충돌하여 트롤리가 엔드지브에서 이탈하며 떨어짐(무상해)
- [21.03.26] 의정부 OO지식산업센터 현장에서 타워크레인 텔레스코핑 작업 중 상부 구조물이 중심을 잃고 붕괴(사망 1명)
- [21.06.22] 전주 OO오피스텔 신축현장에서 타워크레인 해체 작업 중 작업자가 브레이싱 위를 이동하다 떨어짐(사망 1명)
- [21.06.25] 과천 희망타운 아파트 신축현장에서 타워크레인 설치작업 중 A프레임이 낙하하며 깔림(사망 1명)



02 크레인 작업 중대재해 41%가 줄걸이 작업에서 발생

매년 20건 이상의
줄걸이 작업 관련
중대재해가 발생한다

2016년부터 발생한 크레인 작업과 관련된 중대재해 324건 중 133건인 41%가 줄걸이 작업과 관련된 것으로 분석됐다.

줄걸이 작업과 관련된 중대재해는 매년 약 20건 이상 꾸준히 발생하고 있으며 최근 21년 4월에는 6건의 중대재해가 집중하여 발생하는 등 증가 추세를 보이고 있다.

년도별 줄걸이 작업시 사망사고 현황 (2016~2021.6)

구분	'16	'17	'18	'19	'20	'21.6	계
중대재해 발생건수	20	23	22	30	25	13	133
사망자 수	20	24	22	30	25	13	134
부상장 수	5	3	2	5	3	0	18

최근 발생 줄걸이 작업시 사고사망 사례

- ▶▶ (2021.4.28.) 오거크레인으로 전주를 인양중 슬링에서 전주가 빠져 하부 작업자 충돌
- ▶▶ (2021.4.25.) 천장크레인으로 선박 블록을 인양중 클램프가 빠져 하부 작업자 깔림
- ▶▶ (2021.4.18.) 이동식크레인으로 철골자재를 인양중 클램프가 빠져 하부 작업자 충돌
- ▶▶ (2021.4.17.) 이동식크레인으로 콘크리트부재를 인양중 야적제품 사이에 끼임
- ▶▶ (2021.4.9.) 천정크레인으로 집진후드를 인양중 슬링이 파단되어 하부 작업자 깔림
- ▶▶ (2021.4.7.) 이동식크레인으로 트레일러 적제함 인양중 러그가 파단되어 하부 작업자 깔림

줄걸이 작업시
재해는
어떻게 발생할까?

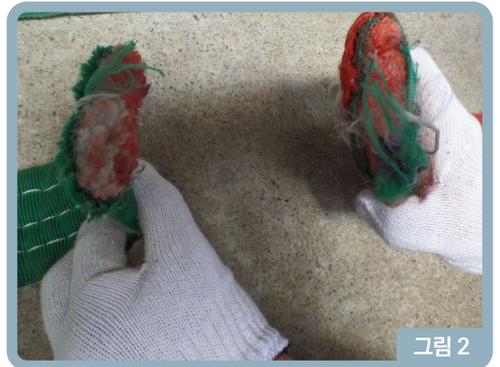
줄걸이 작업은 훅, 샤클, 클램프와 같은 달기구와 슬링, 로프와 같은 줄걸이의 상태 점검이나 선정하는 과정에서부터 크레인 훅에 줄걸이를 걸고 인양 후 목적 위치에서 최종적으로 훅에서 줄걸이를 해제하는 작업을 말한다.

따라서 줄걸이 작업시 발생하는 재해의 유형은 줄걸이 용구들과 작업방법에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있으며 그 유형을 다음과 같이 정리해 보았다.

❏ 줄걸이 용구 등 파단에 의한 재해

현장에서 경험에 의해 임의로 러그(lug)를 제작하고 용접함으로써 용접불량 등에 의해 인양물의 하중을 견디지 못하고 러그가 파단 되어 인양물이 떨어지면서 재해가 발생한다.

슬링과 같은 줄걸이 용구는 인양물의 형태나 중량에 따라 적절하게 선택해야 하지만 모서리가 날카로운 인양물을 보호대 없이 섬유로프를 사용하거나 넓은 슬링이나 로프를 사용할 경우 끊어지게 된다.



[그림 1] 임의 제작 하여 가용접된 러그
[그림 2] 파단된 섬유로프

❏ 줄걸이 용구 등 이탈에 의한 재해

훅이나 클램프와 같은 달기구가 변형이 심하거나 클램프의 치선이 마모되어 인양물을 확실하게 고정하지 못할 경우 인양물로부터 분리되어 줄걸이가 튀거나 인양물이 떨어지는 사고가 발생한다.

또한, 크레인의 훅 해지 장치가 없거나 해지장치가 있더라도 정확하게 체결하지 않아 해지장치 역할을 못할 경우 줄걸이가 훅으로부터 빠져나와 인양물이 풀리게 된다.

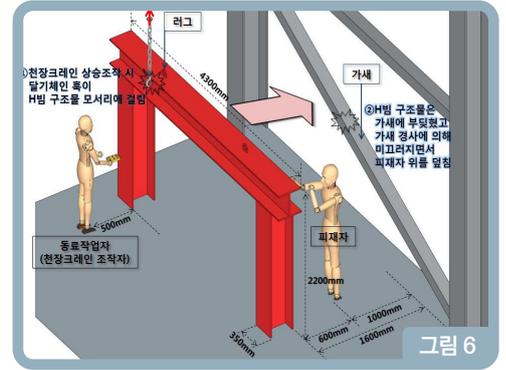
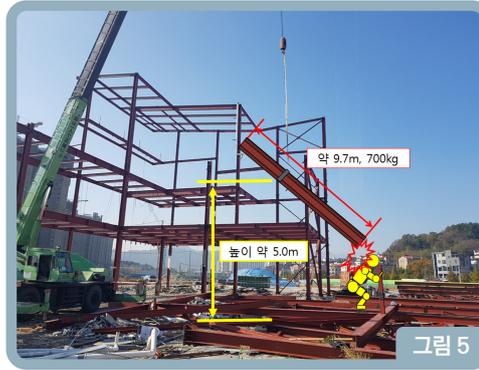


[그림 3] 변형이 심한 달기구
[그림 4] 해지장치가 탈락된 훅

인양물이 떨어지거나 인양물에 부딪힘 재해

주로 철근다발, 철골자재, 강관파이프 및 전신주 등과 같은 길이가 긴 형태의 인양물을 줄걸이 할 때 무게중심이 맞지 않아 인양물이 줄걸이로부터 빠지면서 하부 작업자와 부딪혀 발생한다.

작업자가 인양물과 부딪히거나 끼이는 사고는 크레인 조작자, 신호수 및 주변작업자와의 신호가 정확히 전달되지 않거나 신호수가 없이 단독으로 작업할 때 발생한다.



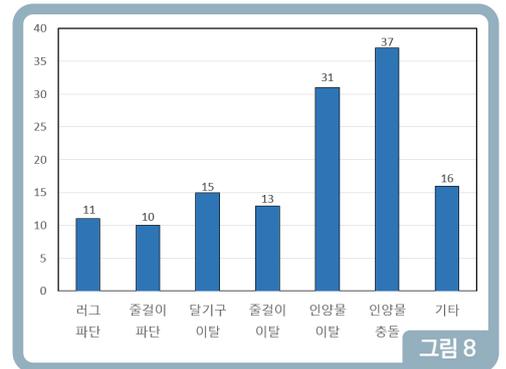
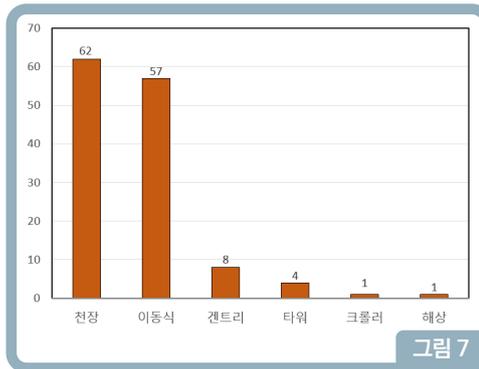
[그림 5] 인양물 떨어짐
[그림 6] 인양물 부딪힘

어떤 유형의 재해가 주로 발생 했을까?

줄걸이 작업시에 발생하는 재해의 특성을 살펴보기 위해 2016년부터 발생한 133건의 관련 중대재해 조사의견서를 선별하여 재해유형, 업종, 크레인의 종류 등에 대하여 살펴보았다.

※ 통계수치는 분류 기준상의 차이 등으로 기존 발표된 통계자료와 상이할 수 있으며 공식통계로 활용할 수 없음

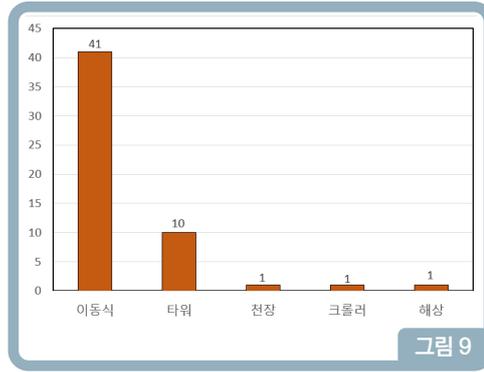
천장크레인과 이동식크레인을 이용하여 작업할 때 전체의 89%로 가장 많은 재해가 발생하였고 재해발생 유형별로는 인양물이 줄걸이에서 이탈하거나 작업자가 인양물에 충돌되어 발생한 사고가 51%를 차지하였다.



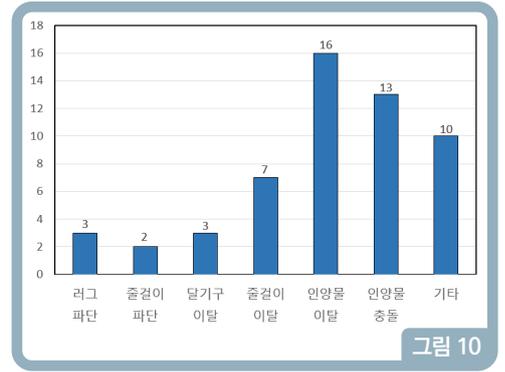
[그림 7] 크레인 기종별 줄걸이 작업 재해
[그림 8] 발생유형별 줄걸이 작업 재해

총 54건의 건설업에서 발생한 재해는 이동식크레인을 이용하여 작업할 때 41건(76%) 발생하였으며 강관, 철골, 철근 다발 등 길이가 긴 인양물이 줄걸이에서 빠져(인양물 이탈) 낙하하는 사례가 많았다.

[그림 9] 크레인 기종별 줄걸이 작업 재해 (건설)

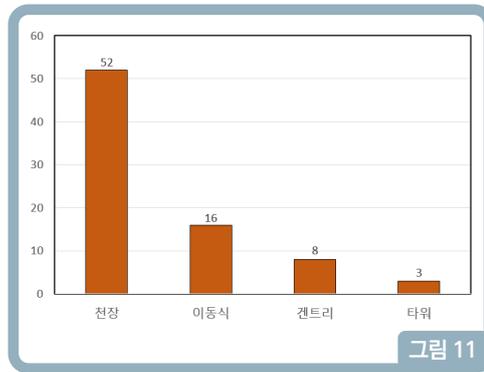


[그림 10] 발생유형별 줄걸이 작업 재해 (건설)

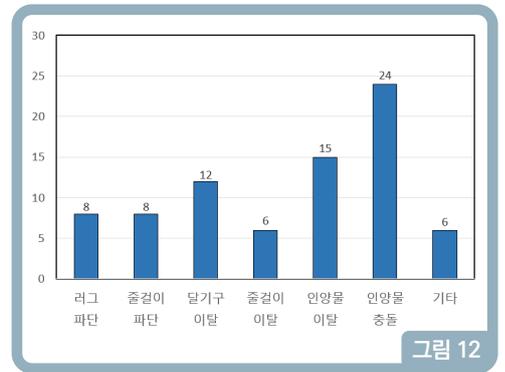


반면 **제조업에서는 천장크레인을 많이 사용하는 관계로 총 79건 중 천장크레인을 이용 중에 사고가 52건(66%)으로 가장 많이 발생하였으며 발생유형별로는 건설업과는 달리 중량물을 인양한 후 중량물에 부딪히거나 부딪힌 후 2차적으로 제품들 사이에 끼이는 사고가 가장 많이 발생하였다.** 또한, 제조업에서는 훅이나 클램프와 같은 달기구를 많이 사용하기 때문에 달기구가 빠져 발생하는 사고가 건설업보다 상대적으로 높게 나타났다.

[그림 11] 크레인 기종별 줄걸이 작업 재해 (제조)



[그림 12] 발생유형별 줄걸이 작업 재해 (제조)



시사점

- 러그나 줄걸이 용구의 파단에 의한 사고나 달기구, 줄걸이 및 인양물이 이탈하여 발생한 사고는 줄걸이 작업자의 줄걸이 용구에 대한 지식이나 인양물을 확실히 줄걸이 할 수 있는 숙련도와 관련되며
- 인양 중 주변 작업자가 인양물에 충돌되거나 충돌후 2차적으로 주변 적재물 등 사이에 끼이는 사고는 신호수의 지식이나 숙련도와 관련이 있을 것으로 예상된다.
- 따라서 **줄걸이 작업 및 신호와 관련된 재해**는 결함이 있는 공구, 자재 등을 사용하거나 인양절차 및 방법등이 적절하게 이행되지 않는 등 **작업자의 지식 및 숙련도가 부족해서 발생한다고 볼 수 있다.**

국내

우리나라는 1톤 이상의 크레인 작업*과 타워크레인 신호 작업을 하려면 산업안전보건법 시행규칙에 따라 특별안전보건교육을 받아야 한다.

* 1톤 이상의 크레인을 사용하는 작업 또는 1톤 미만의 크레인 또는 호이스트를 5대 이상 보유한 사업장에서 해당 기계로 하는 작업



이외에 줄걸이 작업자 자격에 대한 별도 규정은 없는 실정이며 1톤 미만의 크레인 작업자는 아무런 교육을 받지 않아도 작업을 수행할 수 있다.

줄걸이 작업안전 교육은 관련 유관기관에서 교육과정을 운영하고 있지만 공인 교육과정은 없는 실정이다.

🇯🇵 일본

일본은 1972년부터 노동안전위생법에 따라* 제한하중 1톤 이상의 양화장치 또는 양중하중 1톤 이상의 크레인, 이동식크레인의 줄걸이 작업에 대한 취업을 제한하고 있어 줄걸이 작업에 대한 자격기준을 제시하고 있다.

* 노동안전위생법 제61조(취업의 제한), 시행령 제20조(취업제한 작업) 제16호

1톤 미만의 줄걸이 작업에 대해서도 특별안전교육*을 받아야 해서 모든 줄걸이 작업에 대해 우리나라보다는 강화된 제도를 시행하고 있다.

* 크레인등의 안전규칙 제222조 (특수교육)

신호수에 대한 교육은 별도 규정내용이 없으나 줄걸이 작업자 교육 과정에 신호 방법에 대한 내용이 포함되어 있어 줄걸이 작업자가 신호를 할 수 있는 구조를 가지고 있다.

🇺🇸 미국

미국은 노동분야 연방규정(29 Code of Federal Regulations)에서 건설업(part 1926)의 사업주는 자격을 갖춘(qualified)자에게 줄걸이 작업 및 신호를 하도록 규정한다.

* 29 CFR 1926 Subpart CC - Cranes and Derricks in Construction

줄걸이 작업자 및 신호수가 반드시 교육기관에서 인증을 받을 필요는 없으나 사업주가 줄걸이 작업 자격에 대해 보증하도록 하고 있어 포괄적인 책임을 부과하고 있다.

신호수 역시 자격을 갖춘자만 작업을 수행할 수 있으며 줄걸이 작업자와는 달리 교육기관에서 인증을 받거나 적격한 신호자격 평가자를 고용하여 자체적으로 사내 신호 업무자를 인증 하도록 하고 문서로써 증빙하도록 한다.

이에 따라 미국내에서는 다수의 공인 교육기관 및 사설 교육기관에서 줄걸이 작업자 및 신호수 자격 교육프로그램을 운영하고 있으며 줄걸이 작업자와 신호수의 역할을 명확히 하고 있다.

교육기관의 줄걸이 작업자 자격은 등급별로 구분하여 부여하고 있으며* Level 1은 다양한 줄걸이 용구에 대한 지식을 가지고 단순 반복 작업을 할 수 있으며, Level 2는 단독으로 줄걸이 작업계획을 수립할 수 있고 크레인, 호이스트와 같은 인양장비에 대한 지식을 갖추도록 규정한다.

* National Commission for the Certification of Crane Operators - Certified Rigger

영국

영국의 줄걸이 작업에 대한 세부적인 내용은 1998년에 제정된 양중작업 및 양중장비 규정*에 따라 미국과 같이 자격을 갖춘가 줄걸이 작업을 계획하고 허가 받은 자가 줄걸이 작업을 하도록 규정하고 있다.

* Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998(LOLER), Regulation 8 Organisation of Lifting Operations-Attaching/detaching and securing loads

미국과 유사한 점이 많으며 줄걸이 안전에 관한 공인 교육기관인 PLASA (Professional Lifting and Sound Association)에서는 줄걸이 자격(NRC : National Rigging Certificate) 교육을 3가지 등급으로 운영하고 신규 줄걸이 작업자는 감독자의 관리아래서만 줄걸이 작업이 가능하며, Level-II부터는 관리감독자 없는 단독작업이 가능하고, Level-III는 다른 줄걸이 작업의 관리감독을 할 수 있도록 분류하고 있다.

시사점

- **국내 법 및 규정**에는 크레인 운전자와 줄걸이 작업자 및 신호수에 대한 역할 및 작업법위 등 구체적으로 기술되어 있지 않고 크레인 사용자 및 신호수는 사업주가 실시하는 특별교육 수강만으로 작업을 수행할 수 있어 **작업자의 관련 지식이나 숙련도를 보증할 수 없는 맹점**이 있다.
- 또한, **1톤 미만 크레인은 자격이나 교육이수 없이 사용할 수 있고 줄걸이 작업도 수행 가능**하여 줄걸이 작업안전 확보에 사각지대가 발생하고 있다.

국내·외 줄걸이 작업자 관련 제도 비교

구 분	한국	일본	미국	영국
취업제한	×	○	×	×
줄걸이 작업자	1톤이상 크레인 사용 특별교육 2시간(일용) 16시간(상용)	1톤이상 자격교육 19시간 1톤 미만 특별교육 9시간	자격자	계획 및 작업 허가자
신호수	타워크레인 특별교육 8시간(일용) 16시간(상용)	줄걸이 작업자교육과정 포함	자격자	신호 책임자
공인교육과정	×	○	○	○



관련제도 개선 방향

줄걸이 작업시 발생하는 사고는 달기구, 줄걸이, 인양물 등 다양한 요인이 관여하고 있으며 이러한 요인들을 안전하게 관리하고 사용하기 위해서는 양중기, 줄걸이 용구, 인양물의 특성 등에 대한 줄걸이 작업자의 지식과 줄걸이 방법, 인양물의 무게중심 파악 등 숙련도를 고려 해야 할 것이다.

크레인의 과부하방지장치나 권과방지장치 등 물리적인 안전조치로 해결할 수 없는 부분으로 **줄걸이 작업자의 역할, 자격 및 교육에 대한 구체적인 기준 마련이 필요하다.**

또한, **신호수에 대한 교육**은 타워크레인 사용 시에만 국한하지 말고 시야가 확보되지 않는 **모든 크레인 작업으로 확대할 필요성**이 있으며 줄걸이 작업에 대해서도 국외 선진국과 같이 크레인의 정격하중에 따라 교육 수준을 구분하지 말고 모든 크레인에 대한 줄걸이 작업으로 확대함으로써 현재 누구나 할 수 있는 **1톤 미만 크레인 작업에 대한 사각지대를 해소 해야할 필요**가 있다.

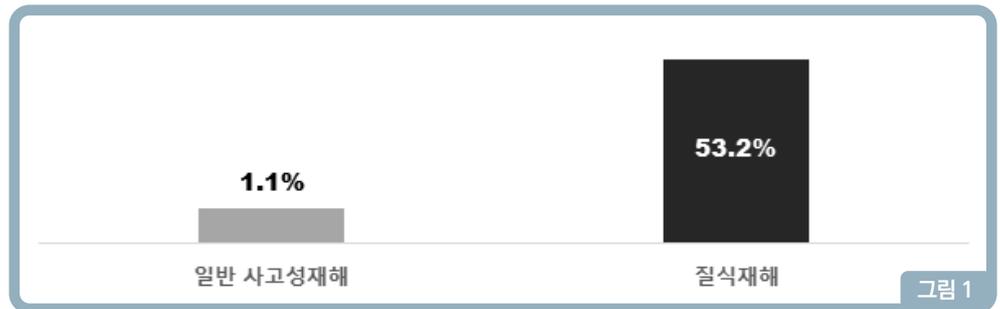


03 보이지 않는 위험 “질식재해의 공포”

지구의 남녘에서 광물을 실어온 화물운반선이 한달여 항해를 마치고 항구에 도착했다. 하역회사는 실어온 광물을 제때 공장으로 보내기 위해 하역작업을 준비하고 하역팀을 구성하였다. 이번에 실어온 화물은 이전에도 취급해본 것이기도 하고, 화물을 주문한 수화인이 제공한 물질안전보건자료에서도 특별한 위험은 없어 평소와 같이 화물운반선 측과 작업계획을 공유한 후 작업을 시작하기로 했다. 광물이 실려있는 화물칸의 해치가 열리자 다년간 하역작업을 해온 A가 화물이 실려 있는 화물칸을 내려다 본 후 장비투입을 통한 하역작업이 필요할 것으로 판단하고 장비투입 준비를 위해 선박의 출입제한구역인 맨홀을 통해 내려갔다. A가 내려간 뒤 잠시 후 A의 이상을 감지한 B와 C가 A의 이상이 질식에 의한 것임을 알아채고, 선박에 비치된 공기호흡기를 착용하고 화물칸 내부로 들어가서 구조하던 중 A와 B가 사망하고 C는 부상을 당하였다. 구조를 위해 착용한 공기호흡기의 공기가 구조작업 동안 모두 소모되어 구조자까지 사망하게 된 사건이다.

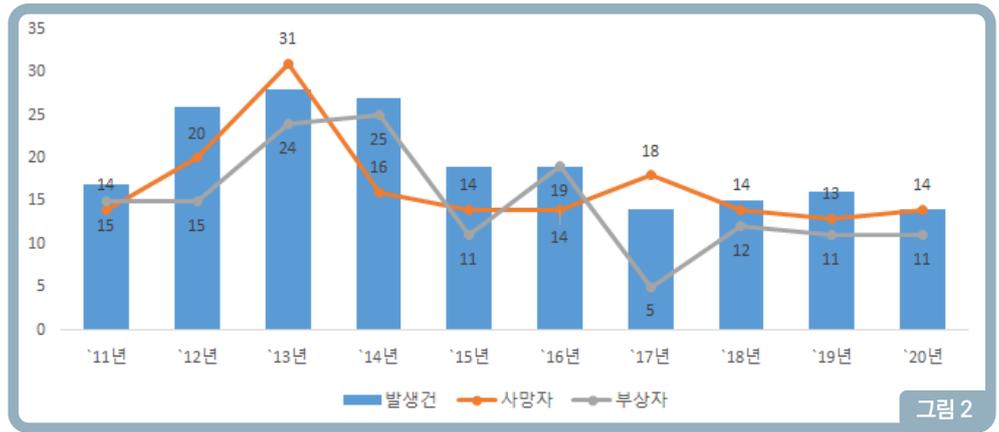


최근 10년간 밀폐공간에서 발생한 195건의 질식재해로 316명의 재해자가 발생하였고, 168명(53.2%)의 노동자가 사망하였다. 발생사고 당 사망자 발생비율이 86.2%에 달한다. 일반적인 사고성 재해의 사망자 차지비중이 1.1%임을 감안할 때 사망자 차지비중이 53.2%인 질식사고는 매우 높은 비율이다.



[그림 1] 일반 사고성재해와 질식재해의 재해자 중 사망자 비중 비교 (2011~2020)

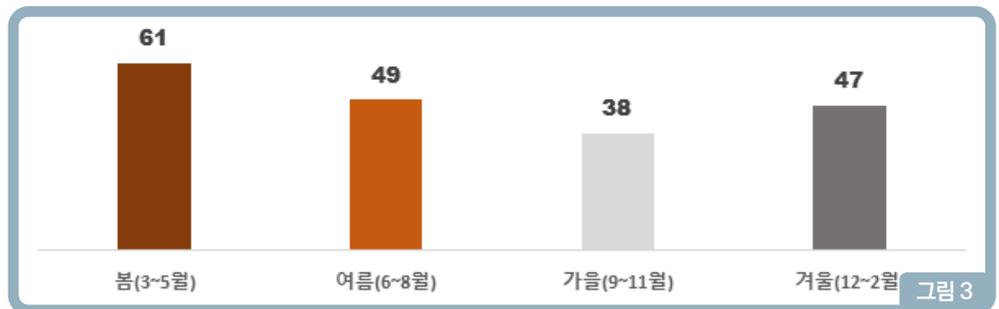
그림 1



[그림 2] 최근 10년간 질식재해 발생현황

특히, 밀폐공간에서 노동자가 쓰러지면 구조하기 위하여 들어간 구조자까지 사망하거나 다칠 가능성이 높다. 캐나다 직업보건 안전센터인 CCOHS(Canadian Centre for Occupational Health and Safety)의 자료에서도 밀폐공간 질식재해에 의한 사망자 중 60%가 구조자라고 밝히고 있으며, 최근 3년간 중앙사고조사단에서 조사한 질식재해 사고사례를 살펴보면 7건의 질식재해 중 21명이 사망하였으며, 사망자 중 구조작업 노동자가 14명(11명 사망, 3명 부상)으로 구조 과정 중 약66%가 사망하거나 다친 것으로 확인되어 ‘밀폐공간’ 질식재해는 작업자 뿐만 아니라 동료 작업자까지도 위험에 빠트릴 수 있는 치명적 재해라 볼 수 있다.

계절별 질식재해 발생현황을 살펴보면, 대부분 기온이 올라가기 시작하는 봄, 여름에 주로 발생하는 것으로 인식하고 있으나, 계절에 상관없이 질식재해는 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 다만, 봄, 여름은 황화수소나 산소결핍이 질식재해의 주요원인이 되고 기온이 내려가는 겨울철(12월~2월)에는 콘크리트 양생과정에서 갈탄 사용에 따른 일산화탄소 중독에 의한 사고가 증가하는 경향이 있다. 이외에도 질소나 아르곤과 같은 불활성가스에 의한 질식사고는 계절에 상관없이 꾸준히 발생하고 있어, 질식재해는 언제든지 발생할 수 있는 ‘보이지 않는 위험’인 것이다.



[그림 3] 계절별 질식재해 발생현황 (2011~2020)



[그림 4] 계절별 오폐수처리, 맨홀, 축사분뇨처리 작업 중 질식재해 발생현황(2011~2020)



산업안전보건법에서 ‘밀폐공간’이란 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 18개 형태를 규정하고 있다.

‘밀폐’는 국립국어원 표준국어대사전에서 ‘**셀 틈이 없이 꼭 막거나 닫음**’으로 정의하고 있으며 단어사용 예시로 ‘밀폐공간’을 사용하고 있다. 일상생활에서도 외부의 공기나 습기가 스며들지 않게 또는 내용물이 셀 틈이 없도록 만든 용기를 ‘밀폐용기’라고 지칭할 정도로 ‘**밀폐**’는 **위아래를 포함한 모든 면이 꼭 막힌 것을 연상**하게 한다.

재해조사를 통해 현장의 소리를 들어보면 **산업현장의 ‘밀폐’공간에 대한 인식도** 이와 크게 다르지 않다. 평상시 ‘밀폐’된 상태로 관리되다 **어느 한 면을 개방하는 순간** 그 장소는 ‘밀폐공간’이 아닌 **공기가 잘 통하는 ‘개방공간’이 될 것이라고** 생각하는 사업장이 많았다. ‘**밀폐공간에 대한 이해를**’ 질식·재해가 발생할 수 있는 장소가 아닌 **단순히 공간의 모양으로 이해**하기 때문이지 아닐까 하는 생각이 든다.

과연 산업현장의 ‘밀폐’공간은 국어대사전에서 정의한 것과 유사한 장소일까? 안타깝게도 산업현장의 ‘밀폐’공간이 모두 그렇지 않다. 그래서, 질식재해를 예방하기가 어려운건 아닐까 하는 생각도 가져본다.

‘밀폐공간’에 대한 이해를 돕기 위해 고용노동부와 미국의 노동성 산하 직업안전 위생국인 **OSHA(Occupational Safety and Health Administration)의 ‘밀폐공간’에 대한 정의를** 살펴보면, 고용노동부에서는 ‘밀폐공간’을 반드시 사방이 꼭 막힌 공간을 의미하는 것이 아니라 정화조, 저장고, 맨홀, 탱크 등 환기가 충분히 이루어지기 어려운 정도의 막힌 공간을 말하며, 그 내부에서 발생한 각종 가스나 산소결핍 등에 의해 질식사고를 일으킬 수 있는 공간으로 정의하고 있다. OSHA에서는 ‘**밀폐공간’을 ‘Confined Space(제한된 공간)’로 정의**하여 관리하고 있으며, ① 근로자가 직접 들어가서 일할 수 있는 공간이 마련되어 있는가? ② 출입의 제한이나 한정이 있는가? ③ 연속적 사용을 위해 설계되지 않았는가?의 세 가지 조건을 모두 충족할 경우 ‘제한된 공간’으로 정의하고 있다. 아울러, 우리나라 산업안전보건법의 ‘밀폐공간’으로 정하고 있는 18개 장소와 같이 탱크, 선박, 싸일로 등의 장소를 OSHA도 제한공간으로 제시하고 있지만 해당 장소를 **질식재해가 발생할 수 있는 공간으로 국한하지 않고 포괄적으로 관리**하고 있으며. 이는 질식재해가 법에서 규정하고 있는 장소이외에도 다양한 장소에서 발생할 수 있다는 것을 의미하는 것으로 **질식재해예방을 위해서는 ‘공간의 형태’가 아닌 ‘질식’이 발생할 수 있는 위험으로 접근**이 필요하다.

▶ 2013년 충남 당진시 송악읍 소재 OO공장에서 전로 내의 내와벽돌 축조작업 중에 노내에 유입된 아르곤(Ar)가스에 의한 산소결핍으로 5명 사망

- 공기보다 무거운 아르곤(Ar)가스가 노내에 유입되어 작업대 하부가 무산소공기 분위기로 형성된 상태에서 작업대 하강으로인한 상승기류가 형성되어 무산소공기를 작업자가 흡입

[그림 5] 상부가 개방된 공간에서의 질식재해 사례



한때 안전보건공단에서는 ‘위험을 보는 것이 안전의 시작입니다.’를 캐치프레이즈(Catchphrase)로 하여 **산업재해 예방활동을 전개**한 적이 있다. 그만큼 **보는 것이 중요하다**는 것을 뜻하기도 한다. 사람이 사물이나 현상을 인지할 때 가장 먼저 사용하는 것이 ‘시각’이다. ‘보는 것’, ‘눈에 보이는 것’이 주는 신뢰가 그 어느 감각보다 우선한다는 의미다. 가장 확실한 인식, 믿음을 주는 감각이 바로 시각이며, **작업장에서 위험을 알리는 안전표지를 부착하는 이유** 또한 눈으로 보게 하는 것이 그만큼 **효과적이기 때문이다**.

그러나, ‘질식’을 유발하는 **공기나 유독가스는 눈으로 보기가 어렵다**. 기계설비나 건설현장과 같이 시각으로 위험에 대한 인지가 어렵고, ‘밀폐공간’에서 이루어지는 작업의 대부분이 청소, 수리 등 **비정형적으로 이루어지는 작업**으로 질식재해에 대한 **위험성을 충분히 고려하지 않고 작업**이 이루어지는 경우가 많다. 불행히도 질식재해의 많은 경우가 ‘**이전에도 괜찮았으니 이번에도 괜찮겠지**’라는 **일반적인 관행**을 쫓아 이루어진 작업에서 발생하였다. 이처럼 ‘**밀폐공간**’이 더욱 **위험한 이유**는 평상시에는 괜찮다가도 작업을 하는 순간 밀폐공간이 되는 등 **내부의 상태를 예상 할 수 없기 때문이다**.

[그림 6] 일반적인 관행을 쫓아 실시된 작업에서 발생한 질식재해 사례



▶ 2019년 경북 영덕 소재 OO사업장에서 폐수 집수조 내부 수중모터의 이상유무를 점검하기 위해 들어간 근로자가 쓰러지자 외부의 동료근로자가 구조를 위해 내부로 들어가 황화수소에 중독되어 4명 사망

- 1회/1~2월 간헐적으로 실시되는 작업으로 사고발생 2주전에도 점검 등 작업을 정상적으로 실시한 사례가 있음에도 사고발생

그림 6

황화수소 농도별 인체영향

농도	주요 영향
100 ppm	후각마비, 두통, 졸림
300 ppm	급성 질식가능(사망가능)
500 ppm	질식, 호흡곤란(2~15분), 의식불명
700 ppm 이상	즉시 의식 불명 및 사망

따라서, 상시 작업이 이루어지지 않는 **근로자 출입이 가능한 공간이나 장소**에 대해서는 상시 적정공기 상태 또는 유해가스 농도를 측정하여 위험여부를 확인하고 해당 공간에 대해서는 ‘**밀폐공간 출입금지**’표지를 부착함으로써 ‘**보이지 않는 위험**’을 눈으로 볼 수 있도록 하는 것이 질식재해 예방활동에 중요한 부분이라고 하겠다.



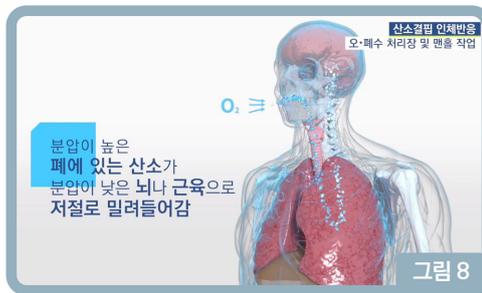
[그림 7] 밀폐공간 출입금지 표지

질식재해는 왜 발생하는가?

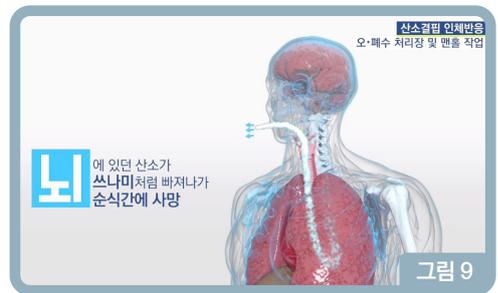
질식재해가 발생하는 장소는 대부분 상시 작업이 이루어지는 곳이 아니기 때문에 근로자가 **작업장소에 대한 위험인자**가 일반적인 작업장소에 비해 상대적으로 떨어지며, 밀폐공간 **내부의 가스나 공기의 상태는 눈으로 확인할 수 없는 특성**으로 인하여 **질식 위험은 더 가중**된다. 아울러, 밀폐공간내부에서 발생하는 황화수소와 같은 유독가스를 작업근로자들이 **단순히 ‘악취’, ‘냄새’로 여기는 것도** 하나의 이유가 될 것이다. 이런 공간들은 작업자가 육안으로 확인이 어렵고 또한 자각하기도 힘들어 아무런 비상조치 없이 작업에 임하게 될 경우 사고가 발생할 수 있다.

작업장 내 ‘산소가 부족한 공기’나 ‘악취’, ‘냄새’로 여겨지는 유해가스가 인체에 미치는 영향이 상당하다. 우리 신체는 산소농도가 18~23.5%인 적정공기를 흡입하게 되면 산소분압이 높은 폐에서 뇌로 산소를 공급하게 되는데, 만약 산소농도가 낮은 공기를 흡입하게 되면 오히려 폐의 산소분압이 뇌의 산소분압보다 낮아져 뇌의 산소가 오히려 몸에서 빠져나가게 되어 뇌가 손상되어 사망에 이르게 되는 것이다.

[그림 8] 정상농도의 공기를 흡입할 경우 폐에서 뇌로 필요한 산소가 분압차로 전송

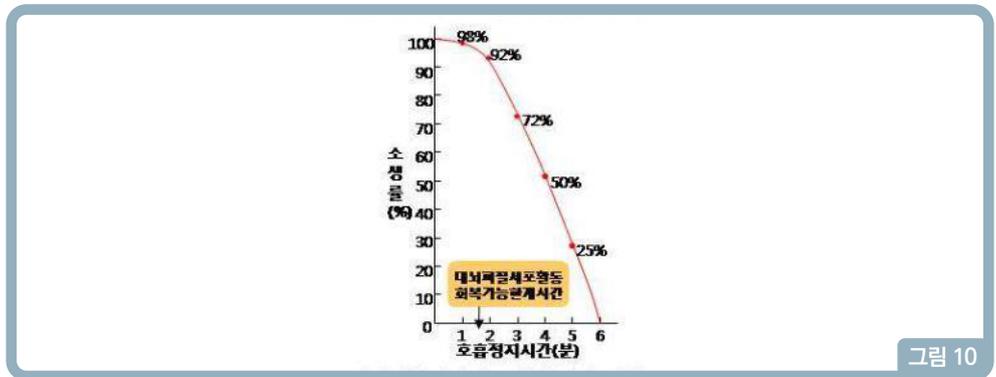


[그림 9] 산소농도가 1%인 공기를 흡입할 경우 뇌의 산소분압이 높아짐



<산소농도에 따른 신체내부 산소분압변화>

[그림 10] 호흡정지시간과 소생률과의 관계



질식재해 이제 그만

산업현장에서 **눈에 보이는 위험요인**은 작업자 대부분이 제거하거나 피하는 등의 방식으로 대응하나, 위험이 **눈에 보이지 않으면 안전을 소홀히 하게 되고** 결국 사고로 이어지게 된다. 질식재해가 발생하게 되는 이유도 ‘**눈에 보이지 않기 때문**’이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 따라서, **질식재해 예방을 위해서는 눈에 보이지 않는 위험을 볼 수 있도록 노력**해야 한다. 이런 역량이 갖추어질 때 비로소 밀폐공간에서의 질식재해예방을 위해 한걸음 나아갈 수 있을 것이다.

하루가 멀다 하고 발생하는 산업재해의 대부분은 교육이나, 사전점검 등 사전예방 조치만으로도 예방할 수 있는 재해가 많다. ‘밀폐공간’에서 발생하는 질식재해를 예방하기 위해서는 다음의 내용들에 대하여 교육과 점검이 충분히 이루어진다면 질식재해로부터 근로자를 보호할 수 있다.

첫째, 사업장에서는 산업안전보건법에서 정하는 밀폐공간 18개 장소 이외에도 **비정형적으로 작업이 이루어지는 사업장내 모든 공간에** 대하여 작업 전 **‘적정공기’여부 확인** 및 지속적으로 **모니터링을 실시**하고, 위급상황 발생 시에 즉시 대처할 수 있도록 **구조용 장비인 공기호흡기** 또는 송기마스크, 구조용 삼각대 등을 **작업공간에 구비** 및 **모든 근로자가 구조용 장비 모두에 대하여 사용 훈련**을 통해 ‘밀폐공간’에서 재해가 발생할 경우 작업근로자는 물론 구조작업자까지 안전하게 대응할 수 있도록 방안을 마련¹⁾하여야 한다. 특히, **구조작업자는 비상조치를 취해야 될 경우 반드시 구조용 장비를 활용하여 구조작업이 이루어질 수 있도록 반복적인 훈련이 필요하다.**



[그림 11] 구조용 설비

그림 11

둘째, ‘밀폐공간’ 내부상태는 어느 누구도 장담할 수 없다. 주기적으로 작업을 해왔기 때문에 **이번에도 이상 없을 것이라는 착각**을 하지 말아야 한다. ‘밀폐공간’내부 상황은 작업당시 기온, 작업방법과 작업주기에 따라 변화하기 때문에 밀폐공간 내부 상황을 장담할 수 없는 것이다. 따라서, **작업 전 상시 ‘적정공기’여부 확인** 및 상시 모니터링은 반드시 이루어져야 한다.



[그림 12] 유해가스 및 산소농도 측정장비

그림 12

셋째, ‘밀폐공간’은 **거품효과***로 인하여 출입 시에는 적정공기 상태였다가도 **작업공간이 ‘밀폐공간’으로 순식간에 전환**되기 때문에 **환기조치가 매우 중요하다.** 환기를 할 경우에는 ‘배기’보다는 ‘**급기**’가 **효과적**이며, 밀폐공간 내부에 산소농도가 낮거나 유해가스가 체류되어 있다고 판단되는 경우 작업 전 정압이 40mmAq이상의 환기팬을 사용하요 **기적의 10배 이상의 공기가 급기 되도록 조치** 후 출입하도록 하고, 작업 중에도 **상시 환기팬을 사용한 급기가 실시²⁾**되어야 한다.

1) 공단에서는 One-Call(1644-8595)서비스를 통해 질식재해예방장비 대여를 포함, 가스농도측정, 안전교육까지 전문가가 사업장을 방문하여 무상으로 지원하고 있음.
 2) 환기조치로 인하여 폭발/화재 위험이 있는 경우는 밀폐공간 작업자로 하여금 호흡용 보호구를 착용하도록 하여야 한다.

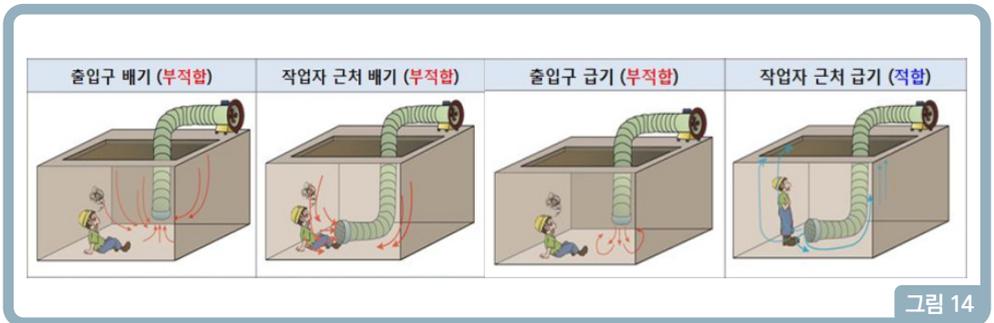
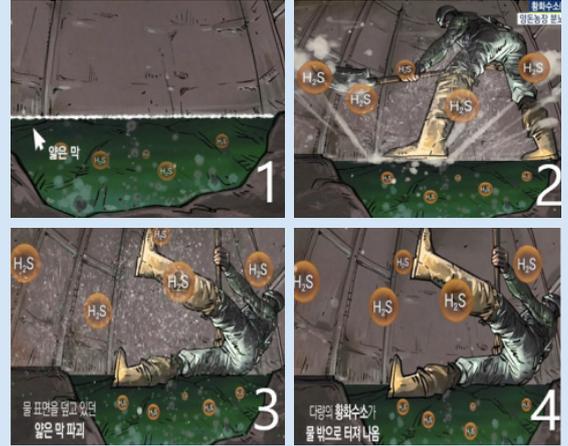


[그림 13] 환기용 팬

그림 13

거품효과(Soda can effect)

콜라 등 소다수를 흔들어 뚜껑을 열면 갑자기 거품이 확 나오듯이 오폐수에 녹아있던 다량의 황화수소, 암모니아가 표면을 덮은 얇은 막에 막혀 있다가 오폐수를 젖는 순간 물표면의 얇은 막이 파괴되면서 노출기준의 최소 50배 이상의 황화수소 등이 밖으로 터져나와 급격히 농도가 증가하는 현상



[그림 14] 올바른 환기방법

그림 14



우리는 살면서 매번 '선택'을 하고 '선택'의 결과에 따라 '후회'를 하기도 한다. '후회'는 아무리 빨라도 늦은 것이기는 하지만 그 후회로서 무엇인가를 배울 수 있다면 그 또한 가치가 있는 것일 것이다.

그러나, 안전에 대해서는 '선택'이 있을 수 없다. 또한 '후회'가 있어서도 안된다. '난 관찮을거야'라는 막연한 '선택'을 하고 그 '믿음'으로 일을 해서도 안되는 것이다.

'밀폐공간'작업에 앞서 환기를 할 것인지, 보호구를 착용할 것인지 고민하지 말았으면 한다. 작업 전 작업공간의 적정공기농도 확인, 작업 전·중 환기조치, 적정 호흡용 보호구 착용 등 '밀폐공간'작업을 어떻게 안전하게 할 것인지 '선택'하여야 한다. 안전에 대한 '후회'는 우리 모두가 너무나 큰 대가를 치러야만 한다.