

맨홀작업 안전가이드

질식·추락사고 예방



안전은 선택이 아닌 필수, 안전이 가장 빠른 길입니다.

매년 반복되는 맨홀 질식재해 앞에서 무거운 책임을 느낍니다. 길어야 십여 분, 짧으면 단 몇 분이면 끝나는 작업이기에 위험이 가볍게 여겨지지만 실상은 그렇지 않습니다. 맨홀에 그냥 들어가면 사망할 수 있다는 질식의 위험성을 인지하지 못하고, 안전수칙을 준수하지 아니하여 소중한 생명을 잃는 사고가 반복되고 있습니다.

맨홀사고가 무서운 것은 연쇄적으로 사고가 발생한다는 점입니다. 질식사고가 발생하여 추락이 동반되거나, 추락사고가 발생하여 질식할 수 있으며, 안전장비 없이 동료들 구하러 뛰어든 또 다른 작업자까지 함께 목숨을 잃을 수 있습니다. 이 “연쇄재해”의 특성 때문에 밀폐공간 질식재해의 치명률은 일반 사고성 재해보다 약 54배에 이릅니다. 작은 위험 신호를 가볍게 넘기는 순간, 한 번의 사고가 두세 사람의 죽음으로 이어지게 됩니다.

그렇기에 본 가이드는 맨홀 작업 시 준비단계부터 작업 종료까지 발생할 수 있는 유해·위험 요인이 무엇이 있는지 자세히 살펴보고 유해·위험 요인에 따라 어떠한 사고로 이어지는지와 이러한 사고를 예방하기 위한 안전한 작업방법을 담았습니다. 특히, 산소 및 유해가스 농도 측정 시 유의사항 및 측정방법, 환기팬의 사양 및 사용방법 등을 현장에서 쉽게 따라 할 수 있도록 하였으며, 특히 구조용 삼각대를 필수적으로 설치하도록 하였는데, 이는 추락을 막는 동시에 비상 상황 시 맨홀 내부로 들어가지 않고도 밖에서 줄을 당겨 재해자를 끌어올릴 수 있게 하는 것이 핵심입니다.

이 모든 절차도 “잠깐 들어갔다 나오면 괜찮겠지”라는 안일한 생각 앞에서는 무력해지며, 안전수칙이 책자 속 문구로 머무는 순간 의미를 잃습니다. 따라서, 지방정부, 공공기관, 사업장 관계자 모두 동참하여 전국의 모든 맨홀 작업 현장에서 본 가이드에서 제시한 안전작업수칙이 정착되어 다시는 맨홀 작업 현장에서 안타까운 사고가 발생하지 않기를 진심으로 바랍니다.

안전은 결코 멈춰서는 안 될 우리 모두의 약속입니다.

한국산업안전보건공단 이사장 김현중

C O N T E N T S

01. 목적과 적용 범위	06
02. 맨홀의 특성	10
03. 맨홀 작업 시 주요 사고 발생형태	11
04. 맨홀 작업 시 질식·추락사고 발생유형	17
05. 맨홀 작업 시 안전보건조치 위반사례	20
06. 맨홀 작업 단계별 안전조치	34
07. 부록	
1. 맨홀 질식사고 예방 전담 관리체계 안내	
2. 밀폐공간 작업 허가서(예시)	
3. 작업 전·중·후 안전점검 체크리스트	
4. 맨홀 작업 질식·추락 예방장비 종류 및 권장사양	
5. 맨홀 작업 단계별 사고발생 위험 요인	
6. 맨홀 작업 주요사고사례	
7. 지방정부·공공기관 질식사고 위험업무 입찰공고문 등 권고(안)	
8. 찾아가는 질식재해예방 원콜서비스 사업안내	
9. 밀폐공간 출입금지표지(산업안전보건기준에 관한 규칙 별지 제4호)	

01 목적과 적용범위

1 목적

본 가이드는 「산업안전보건법」 제39조(보건조치) 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제3편 제10장(밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방)에 의거하여 맨홀 등 밀폐공간 작업 시 반복적으로 발생하는 질식사고와 추락사고를 근원적으로 예방하기 위한 체계적이고 기술적인 지침을 제공하는 데 그 목적이 있다.

맨홀 작업 중 발생하는 사고는 단순한 부주의의 결과가 아니라, 질식과 추락이라는 두 가지 치명적 위험 요인이 상호 연쇄적으로 작용하여 발생하는 '연쇄 재해'의 특성을 보인다. 하나의 위험이 다른 위험을 촉발하고, 그 결과는 단일 재해의 합을 훨씬 뛰어넘는 사고로 이어진다. 실제로 밀폐공간 질식사고의 치명률은 일반적인 사고성 재해보다 약 54배 높은 수준으로, 이는 추락이나 감전 재해보다도 사망으로 이어질 가능성이 월등히 높다는 것을 의미한다.

따라서, 이러한 재해의 복합적·연쇄적 특성을 가진 맨홀에서 작업 계획부터 실행, 비상 대응 및 작업 종료에 이르는 전 과정에 걸쳐 위험을 체계적으로 인식, 평가, 관리하기 위한 구체적인 실행 방안을 제시하고자 한다. 이는 단순한 권고사항을 넘어 모든 작업 관계자가 현장에서 반드시 준수해야 할 법적 의무사항에 대한 기술적 해설서가 되는 것을 목표로 한다.

2 적용범위

근로자가 출입하여 작업을 수행하는 모든 종류의 지하 구조물 중 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 별표 18에서 '밀폐공간'으로 정의될 수 있는 맨홀로서, 상·하수도, 오·폐수처리, 통신, 전력, 도시가스, 지역난방 등 그 목적과 종류를 불문하고 수직 또는 경사 형태로 출입하는 모든 맨홀(또는 피트)에서의 작업이 포함된다.

적용 대상은 해당 작업을 발주하는 사업주, 공사를 총괄하는 원청 및 안전관리책임자, 작업을 직접 지휘하는 관리감독자, 그리고 실제 작업을 수행하는 근로자 모두를 포함한다. 특히, 사업주와 안전보건관리책임자는 본 가이드에 명시된 절차와 기준을 바탕으로 사업장의 특성에 맞는 자체 '밀폐공간 작업 프로그램'을 수립하고 이행할 법적 책임이 있다.

따라서, 본 가이드는 현장별 특수성을 고려한 맞춤형 안전 계획을 수립하는 데 있어 법적 최소 요구사항을 상회하는 기술적 표준과 실행 지침을 제공한다.

3 용어정의

- 본 가이드에서 사용되는 모든 용어는 「산업안전보건법」 및 관련 하위 규정에 근거하며, 모든 작업 관계자 간의 명확한 의사소통과 법적 기준의 일관된 적용을 위해 다음과 같이 정의한다.

1 밀폐공간

- '밀폐공간'이라 함은 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍이나 유해가스로 인한 건강장해가 발생할 수 있는 질식 사망 위험장소이거나, 인화성 물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서, 산업안전보건기준에 관한 규칙」 별표 18에서 정하는 장소를 말한다.
- 이는 맨홀, 정화조, 탱크, 터널, 피트 등이 해당하며, 사방이 완전히 막혀있지 않고 상부가 개방된 형태라도 공기의 흐름이 원활하지 않아 유해가스가 정체될 수 있는 모든 공간을 포함한다.

주요 밀폐공간 또는 의심장소(예시)



2 질식

- 인체의 정상적인 호흡 기능이 저해되어 세포 및 조직에 산소 공급이 부족해지는 상태를 의미한다.
- 의학적으로는 흡입 공기 중 산소 농도가 부족하여 발생하는 '단순 질식'과 일산화탄소나 황화수소와 같은 특정 가스가 혈액의 산소 운반 능력을 저해하거나 세포의 산소 이용을 방해하여 발생하는 '화학적 질식'으로 구분된다.
- 법적으로는 '적정 공기' 상태가 아닌 공기를 흡입하여 발생하는 모든 건강장해를 포괄한다.

질식제

① 단순질식제

- 그 자체는 유해성이 없으나 공기 중 산소 농도를 낮출 수 있는 물질(수소, 질소, 헬륨, 이산화탄소 등)

② 화학적질식제

- 혈액 중 산소운반 능력을 방해하는 물질(일산화탄소, 아닐린, 니트로소아민 등)
- 기도나 폐 조직을 자극·손상시켜 폐조직의 산소배분기능을 저해하는 물질(황화수소, 염소, 포스겐 등)

3 추락

- 사람이 중력의 영향으로 높은 위치에서 낮은 위치로 떨어지는 현상을 말한다.
- 맨홀 작업 중 지상에서 맨홀 내부로의 실족, 맨홀 내부에 설치된 사다리를 오르내리는 과정에서 미끄러짐이나 사다리 파손으로 인한 낙하, 맨홀 작업 중 발판 등에서 떨어지는 모든 경우를 포함한다.

4 적정 공기

- 작업자가 밀폐공간 내에서 건강장해의 위험 없이 안전하게 작업할 수 있는 수준의 공기를 말하며, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제618조에 따라 다음의 모든 조건을 동시에 충족해야 한다.

적정 공기

- | | |
|---|--|
| ✓ 산소(O ₂) 농도: 18% 이상 23.5% 미만 | ✓ 이산화탄소(CO ₂) 농도: 1.5% 미만 |
| ✓ 일산화탄소(CO) 농도: 30 ppm 미만 | ✓ 황화수소(H ₂ S) 농도: 10 ppm 미만 |
| ※ 가연성가스 농도: 폭발하한계(LEL, Lower Explosive Limit)의 10% 미만 | |

5 유해가스

- 근로자의 생명이나 건강에 해로운 영향을 미치는 모든 기체 상태의 물질을 말한다.
- 적정 공기 기준에 명시된 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 황화수소(H₂S) 외에도 유기물 부패 과정에서 발생하는 메탄(CH₄), 암모니아(NH₃) 등과 인접 배관 등에서 유입될 수 있는 각종 화학물질 증기를 포함한다.

6 안전대 및 구명줄(구명로프)

안전대

- ▶ 추락 시 신체에 가해지는 충격을 골반, 허벅지, 가슴, 어깨 등 전신으로 분산시켜 상해를 최소화하도록 설계된 '그네식 안전대(Full-body Harness)'를 말한다.
- ▶ 벨트식 안전대는 추락 시 하중이 허리에 집중되어 장기 손상 등을 유발할 수 있어 맨홀 작업 시에는 사용을 금지하고, 그네식 안전대만을 사용한다.
- ▶ 안전대는 한국산업안전보건공단 인증(KCs)이 확인된 보호구를 사용하여야 한다.

안전인증 확인방법

한국산업안전보건공단 인증필



안전인증품목: 안전대

형식·모델명: XXXX

용량·등급: XXXX

안전인증번호: ** - AV * CY - ****

안전인증일자: 20** . ** . **

제조일자: 20** . ** . **

제조사명: (주)XXXX

그네식과 벨트식의 추락 시 보호형태

그네식
사용 시벨트식
사용 시

구명줄(구명로프)

- ▶ 그네식 안전대의 D링과 외부의 견고한 고정점(Anchor Point) 또는 삼각대(원치)에 연결되는 로프나 케이블을 말한다.
- ▶ 근로자의 추락을 방지하거나, 비상 시 근로자를 안전하게 구조하는 생명줄 역할을 한다.

7 삼각대(원치 포함)

- 맨홀 입구 상부에 설치하는 이동식 고정장치(삼각대)와 근로자를 끌어올리거나 내릴 수 있는 기계식 권상장치(원치)로 구성된 시스템을 말한다.
- 이는 부식되거나 미끄러워 신뢰할 수 없는 맨홀 내부의 고정식 사다리를 대체하여 작업자의 안전한 승·하강과 비상 시 신속한 구조를 보장하는 핵심적인 안전설비이다.

삼각대의 구성



삼각대 설치 예시



02 맨홀의 특성

1 구조적 특성

1 제한된 출입구(좁고 수직적인 구조)

- 출입구가 좁아 작업 장비나 구조장비를 반입·반출하기 어렵고
- 수직으로 깊어 추락위험이 상존하며, 비상 시 신속한 탈출이 매우 어렵다.

2 불안정한 고정 사다리

- 대부분 맨홀 벽에 U자형 철근이나 소형 발판 형태의 사다리가 설치되어 있으나 이마저도 고정되어 있지 않은 경우가 있다.
- 녹슬고, 이물질(슬러지, 기름 등)로 인해 극도로 미끄러우며, 발판 간격이 불규칙하거나 발판의 깊이가 좁아 안전화 발끝만 겨우 걸칠 수 있는 경우가 많아 '사다리'의 기능을 상실한 경우가 많다.

2 환경적 특성

1 장기간 밀폐된 내부공간

- 장기간 밀폐되어 공기순환이 이루어지지 않는다.
- 공기순환이 거의 이루어지지 않아 유해가스가 축적되기 쉽다.
- 내부가 어둡고 습하며 시야확보가 어렵다.

2 예측 불가능한 위험이 산재

- 하수, 통신 케이블, 가스관, 전력선 등 다양한 설비가 복잡하게 얹혀 있어 2차 재해(감전, 가스 누출 등)의 위험이 있고,
- 강우 시 급격히 수위가 상승하여 익사 위험도 있다.

03 맨홀 작업 시 주요 사고 발생형태

1 질식

① 산소결핍

- 금속의 부식(산화) 등으로 인해 산소 농도가 18% 미만으로 떨어져 발생할 수 있다.
 - 미생물 증식이나 유기물 부패 등의 과정에서 공기 중의 산소를 소모하여 산소 농도가 떨어져 발생할 수 있다.
- ※ 미생물 부패·발효 시 황화수소, 이산화탄소, 메탄 등이 발생할 수 있음.

② 유해가스 중독

- 하수나 퇴적물에서 발생하는 황화수소, 메탄, 일산화탄소 등에 중독될 수 있다.
특히, 고농도의 황화수소는 후각을 마비시켜 위험 인지가 불가능하게 할 수 있다.
- 맨홀 내부에 가득 찬 우수 등을 외부로 배출시키기 위해 양수기 사용 시 휘발유, 경유 등 탄소를 함유한 연료의 불완전 연소로 발생한 일산화탄소에 중독될 수 있다.

2 추락

- 맨홀 진입·진출 시 미끄러운 사다리에서 발을 헛디뎌 추락할 수 있다.
- 지상에서 작업준비 중 맨홀 개구부로 실족하여 추락할 수 있다.
- 여름철 맨홀 진입·진출 과정 중 뜨거운 아스팔트·콘크리트 지면 또는 금속 맨홀뚜껑 등에 팔이 닿을 경우 깜짝 놀라 추락할 가능성이 있다.

3 화재 및 폭발

- 맨홀 내부에 인화성 가스(메탄 등)가 축적된 상태에서 작업 중 불꽃(스파크)나 정전기가 발생하면 폭발로 이어질 수 있다.

4 익사 및 감전

- 내부 작업 중 갑작스럽게 물이 유입될 경우 익사할 위험이 있다.
- 손상된 전력 케이블이나 침수된 전기 장비로 인한 감전 위험이 있다.



참고 | 질식사고의 주요 원인

1 산소결핍증

- 대기 중 정상적인 산소 농도는 약 21%입니다. 산소 농도가 18% 미만으로 떨어지면 '산소결핍증'을 일으킵니다.
 - 특히, 산소 농도가 매우 낮은 상황에서는 한 번의 호흡만으로도 순간적으로 폐 내 산소 분압이 떨어지면서 뇌 활동이 정지되어 의식을 잃게 됩니다.
 - 호흡정지 시간이 4분이면 살아날 가능성은 절반으로 줄어들고, 6분 이상이면 생존 가능성이 없습니다.
- * 빨리 구조하더라도 후유증으로 언어장애, 운동장애, 시야협착, 환각, 건망증, 성격이상 등이 남을 수 있습니다.

산소 농도별 인체 영향



산소 농도 18%

안전한계이나
연속하기 필요



산소 농도 16%

호흡, 맥박의 증가, 두통,
메스꺼움, 토할 것 같음



산소 농도 12%

어지럼증, 토할 것 같음,
근력저하, 체중지지
불능으로 추락



산소 농도 10%

안면창백, 의식불명, 구토



산소 농도 8%

실신·혼절,
7~8분 이내에 사망



산소 농도 6%

순간에 혼절, 호흡정지,
경련, 6분 이상이면 사망

2 황화수소(H_2S) 중독

- 황화수소는 계란 썩는 냄새가 나는 가스로 화학산업에서 사용하기도 하지만, 미생물이 유기물을 분해하는 과정에서도 발생하여 중독을 일으킵니다.
- 낮은 농도에서는 가벼운 자극을 주는 정도이지만 고농도에서는 폐조직을 손상 시키거나 호흡을 마비시켜 사망에 이르게 하기도 합니다.
 ※ 황화수소가 고농도인 경우 후각을 마비시켜 냄새를 못 느끼게 만들어 위험장소에 그냥 들어가는 경우가 많으므로 냄새만으로 판단해서는 안 됩니다.

황화수소 농도별 인체 영향

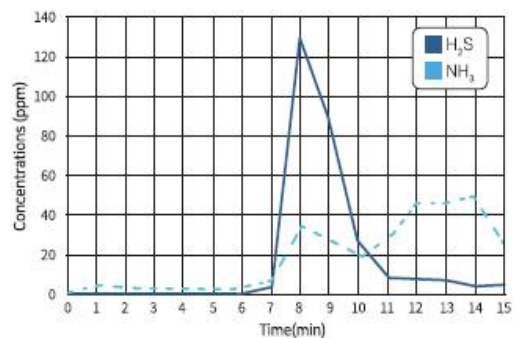
농도(ppm)	건강영향	노출시간
10	8시간 작업 시 노출기준	8시간
50~100	가벼운 자극(눈, 기도)	3시간
200~300	상당한 자극	1시간
500~700	의식불명, 사망	30분~1시간
1,000	의식불명, 사망	수분

- 분뇨나 오·폐수, 펄프액 등이 있는 장소에서 황화수소가 특히 위험한 이유는 가만히 놔둘 때는 황화수소가 적게 발생할 수 있지만 이를 밟고 다니거나 휘젓거나 또는 섞으면 녹아있던 황화수소가 순간 고농도로 발생하여 치명적인 영향을 줄 수 있습니다. 이를 거품효과(Soda can effect)*라고 부릅니다.



거품효과(Soda can effect)

탄산 캔 음료를 흔들어 따면 거품이 넘쳐 나오는 것처럼 분뇨, 오수, 펄프액 및 부패하기 쉬운 물질을 휘저을 경우 녹아있던 황화수소, 암모니아, 탄산가스가 급격히 발생하는 현상을 말합니다.



3 일산화탄소(CO) 중독

- 일산화탄소는 무색, 무취의 기체로 주로 휘발유, 경유, 가스, 석탄 등 탄소를 함유한 연료가 불완전 연소되면서 발생하여 중독을 일으킵니다.
- 혈액 내 헤모글로빈은 공기 중 산소와 결합하여 온몸에 산소를 운반하게 되는데, 산소와 일산화탄소가 함께 존재하는 상황에서는 산소와 결합하지 않고 일산화탄소와 결합하여 결국 체내 산소부족 상황을 일으킵니다.

일산화탄소 농도별 인체 영향

농도(ppm)	건강영향	노출시간
30	8시간 작업 시 노출기준	8시간
200	가벼운 두통과 불쾌감	3시간
600	두통, 불쾌감	1시간
1,000~2,000	정신혼란, 메스꺼움, 두통	2시간
	현기증	1.5시간
	심계항진(두근거림)	30분
2,000~2,500	의식불명	30분

4 그 밖의 유해가스에 의한 건강장해

- 산업현장에서는 다양한 가스를 직접 사용하기도 하고, 부산물로서 발생하기도 합니다.
- 이러한 가스들은 그 자체의 독성으로 근로자 건강에 영향을 주기도 하지만 밀폐된 공간에 많은 양이 존재할 경우에는 그만큼 공기량이 줄어 산소부족상황을 일으킵니다.

주요 유해가스별 위험 및 특성

유해가스	주요 위험	외관 및 냄새
아르곤(Ar)	• 산소 치환 • 바닥에 축적 가능	무색, 무취
질소(N ₂)	• 산소 치환	무색, 무취(징후 없음)
이산화탄소(CO ₂)	• 산소 치환 • 유독성 • 바닥에 축적 가능	무색, 무취
염소(Cl ₂)	• 유독성 • 폐와 눈 자극 • 바닥에 축적 가능	녹황색, 특 쏘는 냄새
이산화질소(NO ₂)	• 유독성 • 폐에 심한 자극 • 바닥에 축적 가능	적갈색, 쏘는 냄새
이산화황(SO ₂)	• 유독성 • 폐에 심한 자극 • 바닥에 축적 가능	무색, 썩은 냄새
휘발유증기	• 화재와 폭발 • 바닥에 축적 가능	무색, 달콤한 냄새
메탄(CH ₄)	• 화재와 폭발 • 상부에 축적 가능	무색, 무취(징후 없음)

04 맨홀 작업 시 질식·추락사고 발생유형

- ☑ 맨홀 사고의 본질을 이해하기 위해서는 질식과 추락을 별개의 사건으로 보아서는 안 된다. 이 두 위험은 밀폐공간 사고가 유독 높은 치명률을 보이는 근본적인 이유이다.
- ☑ '질식이 추락을 유발'하거나 '추락이 질식을 유발'하는 방식으로 결합하여 작업자의 생존 가능성을 거의 없애 버리는 '연쇄 재해'의 특성을 보이므로 이에 대한 명확한 이해가 필수적이다.

1 유형 1: 진입 중 질식에 의한 추락

유해가스 흡입 > 급성 중독 및 의식 상실 > 제어 불능 및 추락

- ① 작업자가 맨홀 내부의 공기상태를 확인하지 않고 고정식 사다리를 이용해 진입한다.
 - ② 작업자의 머리(호흡기)가 고농도의 유해가스(황화수소 등)가 가득 차 있거나 산소가 결핍된 공기층에 진입한다.
 - ③ 유해가스(또는 산소가 부족한 공기)를 흡입한 작업자는 순간적으로 중추신경계가 마비되거나 산소 부족으로 뇌 기능이 정지하며 즉시 의식을 상실한다.
 - ④ 의식을 잃은 작업자는 사다리를 잡고 있던 손을 놓치고 그대로 맨홀 바닥까지 추락한다.
- 수 미터 높이에서 추락하여 두부 손상, 골절 등 심각한 물리적 충격을 입는다.
 - 지속적으로 유독가스를 흡입하게 되므로 구조가 신속히 이루어지더라도 이미 회생 불가능한 상태에 이르게 된다.

2 유형 2: 추락 후 질식

불안전한 설비로 인한 실족 > 부상으로 인한 고립 > 바닥에 체류한 유해가스에 의한 질식

- ① 작업자가 부식되었거나 미끄러운 고정식 사다리에서 발을 헛디뎠다 맨홀 바닥으로 추락한다.
 - ② 추락 충격으로 골절 등 외상이 발생하여 혼자서 움직일 수 없는 심각한 부상을 입는다.
 - ③ 작업자는 의식은 있으나 움직일 수 없는 상태로 맨홀 바닥에 고립된다.
 - ④ 맨홀 하부에 체류하고 있는 공기보다 무거운 유해가스(황화수소 등)에 서서히 중독되거나, 산소부족으로 인해 질식사한다.
- 작업자는 자신이 처한 위험을 명확히 인지하면서도 신체적 부상으로 자립적인 탈출이 어려워 사망하게 된다.
 - 만약 외부와의 통신 수단이 없다면 구조 요청조차 하지 못하고 고립된 채 사망할 수 있다.

3 유형 3: 구조 시 2차 사고

질식 위험성 인지 부족 > 구조를 위해 진입 > 동반 질식

- ① 외부의 감시인이나 동료 작업자가 맨홀 안으로 진입한 작업자가 갑자기 쓰러지는 것을 목격한다.
- ② 사고의 원인이 눈에 보이지 않는 '가스'라는 사실을 인지하지 못하고, 동료를 구해야 한다는 강한 사명감과 본능에 이끌려 아무런 안전조치(호흡용보호구, 대피용기구 등) 없이 맨홀 안으로 진입한다.
- ③ 구조를 위해 진입한 동료 역시 맨홀 내부의 위험한 공기에 노출되어 동일하게 질식·사망한다.

- 한 명의 사고가 두 명, 세 명의 사망자를 내는 연쇄 재해로 확대된다.
- 이는 밀폐공간 재해에서 가장 빈번하게 발생하는 유형으로 통계적으로도 사망자 중 상당수는 최초 재해자가 아니라 그를 구하려던 동료 작업자이다.



05 맨홀 작업 시 안전보건조치 위반사례

1 고정식 사다리

산업안전보건기준에 관한 규칙 제24조

- 맨홀 내부에 설치된 고정 사다리는 노후되었거나 안전 기준을 충족하지 못하는 경우가 많다. 사다리에만 의존하여 작업하는 것은 추락 등 사고 발생의 위험을 높일 수 있는 중요한 요인이다.
- 작업자의 안전을 확보하기 위해 기존 고정 사다리 사용보다는 구조용 삼각대와 원치를 이용한 승·하강을 원칙으로 하고, 필요 시 안전성이 검증된 이동식 사다리를 사용하는 것이 바람직하다.

법적 기준

- ① 폭은 30 cm 이상으로 할 것
- ② 발판과 벽과의 사이는 15cm 이상의 간격을 유지할 것
- ③ 발판의 간격은 일정하게 할 것
- ④ 미끄러지거나 움직이지 않도록 견고하게 설치할 것

현장 문제점

- 폭이 매우 좁아 두 발을 나란히 디딜 수 없음
- 발판이 벽에 거의 붙어 있어 안전화 앞부분만 겨우 걸쳐짐. 발 전체를 디딜 공간이 없어 불안정함.
- 간격이 불규칙하거나 너무 좁거나 넓은 경우가 많음.
- 녹슬고 이물질등으로 매우 미끄러움

2 밀폐공간 작업 프로그램

산업안전보건기준에 관한 규칙 제619조

- 맨홀은 법에서 규정한 '밀폐공간'으로 질식, 화재, 폭발 등 위험장소에서 근로자의 안전을 지키기 위해 현장 및 작업 특성에 부합하는 종합적인 안전관리 계획서를 수립하여야 한다.
- 그러나, 현장에서는 작업특성을 반영하지 않거나, 현장에서는 '잠깐 들어갔다 나오는데 괜찮겠지'라는 생각으로 절차를 생략하는 경우가 많으며, 눈에 보이지 않는 유해가스나 산소부족으로 질식할 수 있다는 위험을 인지하지 못하는 작업자도 있어 안전조치를 미실시하는 등 위험이 발생할 수 있다.

밀폐공간 작업 프로그램 주요 작성내용

- ① 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
- ② 밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인의 파악 및 관리 방안
- ③ 밀폐공간 작업 시 사전 확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차
- ④ 안전보건교육 및 훈련
- ⑤ 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항

3 산소 및 유해가스 농도 측정

산업안전보건기준에 관한 규칙 제619조의2

- 가장 기본적인 안전 절차인 산소 및 유해가스 농도 측정이 현장에서 제대로 이행되지 않는 경우가 많다.
 - ▶ 작업 전 측정을 의도적으로 생략하거나 바쁘다는 이유로 누락하는 경우가 있으며, 심지어 작업 중 주기적인 측정은 거의 이루어지지 않는 실정이다.
- 이처럼 측정 장비 없이 개인의 경험과 감각에 의존하는 작업 방식은 매우 위험한 방법이다.

4 환기 실시

산업안전보건기준에 관한 규칙 제620조

- 맨홀 뚜껑만 열어두는 '자연 환기'에 의존하는 경우가 많으며, 이는 매우 위험한 관행이다.
 - ▶ 맨홀 내·외부의 압력 차이로 인해 오염된 공기가 오히려 외부로 서서히 배출되는 특성을 가지기 때문에 자연 환기만으로는 내부 공기가 안전하게 치환되지 않는다.
- 더 큰 문제는 송풍기를 이용한 강제 환기를 아예 미 실시하거나 실시하더라도 맨홀의 깊이나 용적에 비해 환기팬의 용량이 부족하여 실질적인 효과를 보지 못하는 경우도 있다.
 - ▶ 작업이 진행되는 동안에는 반드시 충분한 용량의 송풍기를 이용한 '강제 환기'를 지속적으로 실시해야 한다.

5 감시인 배치

산업안전보건기준에 관한 규칙 제622조

- 감시인을 배치하지 않거나, 배치하더라도 현장 정리 등 다른 작업을 병행시키는 문제가 빈번하게 발생한다.
 - ▶ 내부 작업자에게 비상 상황이 발생해도 즉각적인 구조 요청이나 구조 장비 작동이 불가능해져 골든타임을 놓치게 된다.
- 더욱 심각한 문제는 역할과 절차를 숙지하지 못한 감시인이 비상 상황 시 임의로 구조에 나섰다가 2차 재해로 이어져 함께 질식사고가 발생할 수 있다.

6 추락방지조치

산업안전보건기준에 관한 규칙 제624조

- 맨홀 작업 시 추락 우려가 있는 경우 작업자에게 안전대나 구명줄(구명로프), 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하고 이를 안전하게 착용할 수 있는 설비를 설치하도록 명시하고 있다.
 - ▶ 많은 현장에서 맨홀 내부에 설치된 고정 사다리에만 의존한 채 추락을 직접적으로 방지하기 위한 삼각대를 미비치 또는 설치하지 않거나, 작업자가 안전대를 착용하지 않아 추락재해가 반복적으로 발생하고 있다.
- 추락재해를 예방하기 위한 가장 핵심적인 설비가 '구조용 삼각대'와 '그네식 안전대'이다.

7 대피용 기구의 비치

산업안전보건기준에 관한 규칙 제625조

- 밀폐공간 내부에서 위급한 근로자를 구출하기 위해 공기호흡기 또는 송기마스크, 사다리, 구명줄(구명로프), 구조용 삼각대 등을 비치하도록 규정하고 있다.
 - ▶ 이러한 구출 장비를 아예 비치하지 않거나 비상 시 즉시 사용할 수 없는 장소에 보관하는 등 형식적으로만 구비하는 경우가 많다.
- 특히 삼각대는 추락 예방 역할뿐만 아니라 비상 시 내부에 들어가지 않고 외부에서 즉각적으로 구조를 가능하게 하는 구출 장비로서 핵심적인 역할을 한다.
 - ▶ 삼각대와 윈치는 불안정한 맨홀 사다리를 대체하여 근로자의 생명을 구하는 사실상 유일한 수단으로 사용된다.

8 안전한 작업방법 주지 및 교육

산업안전보건기준에 관한 규칙 제641조

- 현장에서 실제 작업을 수행하는 작업자, 가스 농도 측정자, 감시자 등은 작업을 시작하기 전에 TBM 등을 통해 질식재해 예방교육을 실시해야 하나 제대로 이루어지지 않고 있다.
 - ▶ 작업자들이 밀폐공간의 위험성과 기본적인 안전 수칙을 숙지하지 못한 채 작업에 투입되는 위험한 상황이 발생할 수 있다.

안전한 작업방법 등의 주지

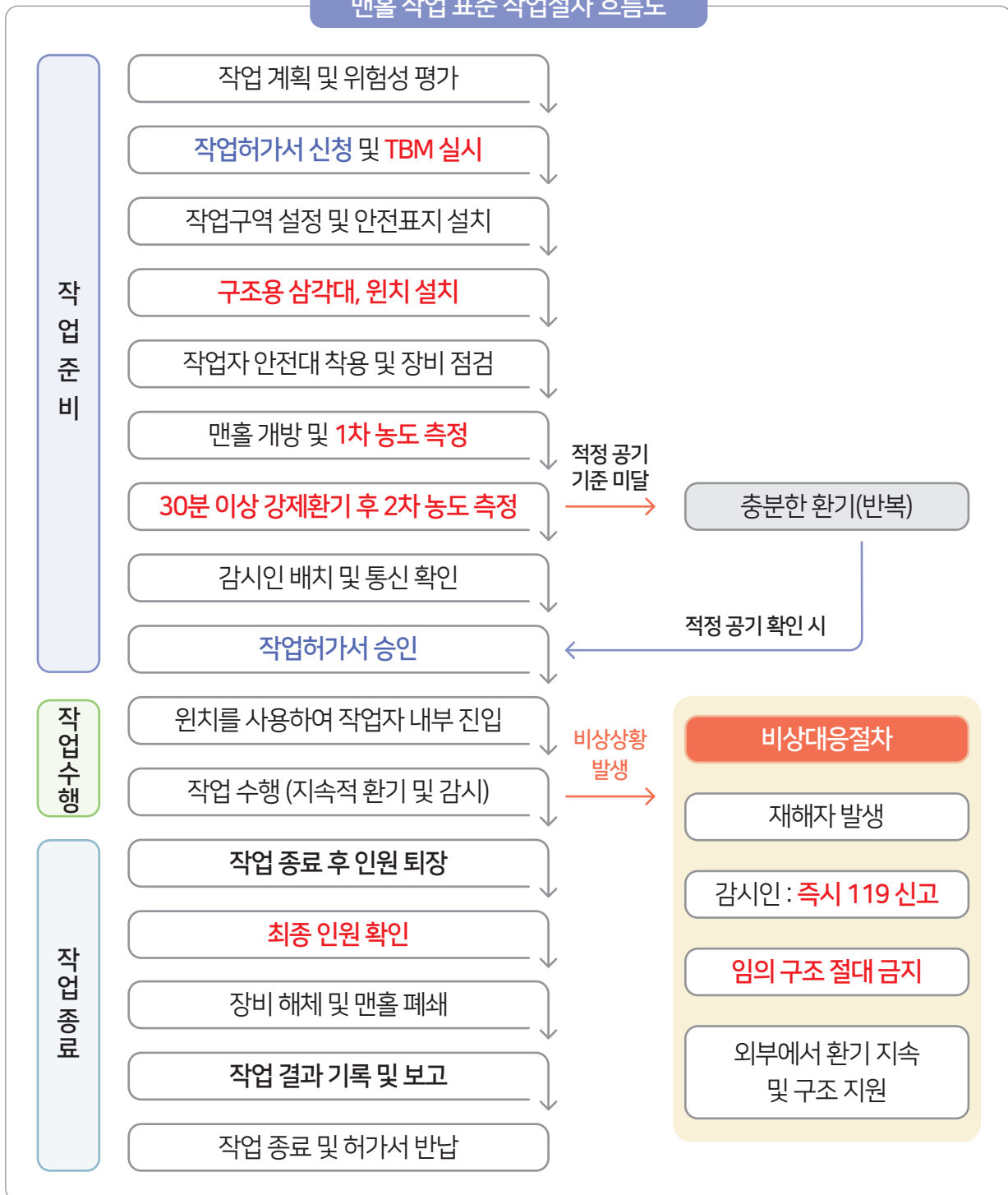
사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우 작업을 시작하기 전에 다음 사항에 대해 숙지 여부를 확인하고 필요한 교육을 하여야 한다.

- ① 밀폐공간의 위험성
- ② 산소 및 유해가스 농도 측정에 관한 사항
- ③ 환기설비의 가동 등 안전한 작업방법에 관한 사항
- ④ 사고 시 구조요청할 수 있는 관할 소방관서 등 비상연락처 및 응급조치에 관한 사항
- ⑤ 대피용 기구의 위치 및 사용방법

06 맨홀 작업 단계별 안전조치

- ☑ 맨홀 작업 중 발생하는 질식사고는 예방 가능하다.
- ☑ 질식사해 예방을 위해서는 작업 전, 중, 후 전 과정에 걸쳐 위험 요인을 근원적으로 차단하고 실시간으로 관리하는 다중 예방체계를 구축해야 한다.

맨홀 작업 표준 작업절차 흐름도



Q 안전장비 설치 및 착용

- 맨홀 입구 중앙에 삼각대(원치 포함)를 견고하게 설치하고 원치의 작동 상태를 점검한다.
- 작업자는 그네식 안전대를 신체에 맞게 조여 착용하고 모든 버클이 제대로 잠겼는지 확인한다.
- 산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기팬, 송기마스크(보호구) 등 필요한 장비를 준비한다.

Q 측정 및 환기

- 맨홀 뚜껑을 열고, KOLAS 교정된 산소 및 유해가스 측정기로 맨홀 밖에서 채기관을 맨홀 내부로 넣어 3개 지점(상·중·하)의 공기 농도를 측정한다.
- 환기팬 송풍관을 맨홀 바닥 근처까지 삽입하여 최소 30분 이상 급기 방식으로 환기한다.
- 환기 후 동일한 방식으로 2차 측정을 실시하여 '적정 공기' 상태임을 최종 확인한다.
- 적정 공기 상태가 확인될 때까지 출입을 금지하고 측정값은 작업허가서에 기록한다.

Q 작업 허가

- 관리감독자는 작업 시작 전에 현장에서 '밀폐공간 작업 허가서'의 각 항목을 확인하며 기입한다.
- 안전대의 등쪽 D링에 구멍줄(구멍로프)을 연결하고 구멍줄(구멍로프)의 반대편은 원치에 견고하게 결속한다.
- 산소 및 유해가스 농도 측정값, 작업자 및 감시인 정보, 비상 연락처, 필요한 안전장비 목록이 누락되지 않도록 확인하고 서명한 후 허가서를 작업 장소에 게시한다.
- 작업 시작 전, 모든 작업 참여자를 대상으로 작업 전 안전회의(TBM)를 실시하고, 당일 작업 내용, 위험 요인, 개인별 역할, 비상 시 대응 절차를 공유한 후 참여자 전원의 숙지 서명을 받는다.

Q 맨홀 내부 진입 및 작업

- '적정 공기'가 확인되면 감시인은 지정된 위치에서 감시를 시작한다.
- 작업자 진입 시 맨홀 내부의 고정식 사다리에만 의존하여 승·하강하는 것을 금지하고 반드시 삼각대와 원치를 연결한 후 내려가거나 올라가도록 한다.
- 작업 중 내부 작업자는 휴대용 가스측정기를 상시 휴대하여 실시간으로 공기 상태를 확인한다.
- 외부 감시인과 무전기 등을 통해 상시 소통 체계를 유지한다.
- 작업 중에는 환기팬을 계속 가동한다.

Q 작업 종료

- 작업이 완료되면 원치를 이용해 작업자를 맨홀 밖으로 나오게 한다.
- 관리감독자는 출입 인원과 최종 퇴장 인원이 일치하는지 명확히 호명하고 서명하여 확인한다.
- 인원 확인이 완료된 후 안전장비를 해체하고 맨홀 뚜껑을 닫는다.
- 당일 작업 내용, 가스 농도 측정결과, 특이사항을 포함한 작업일지를 작성하여 3년간 보관한다.

1 작업준비

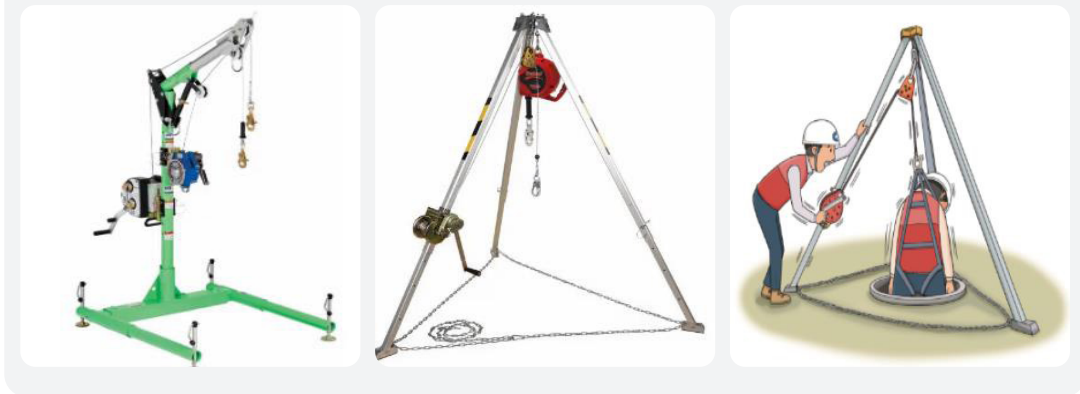
1 안전장비(추락방지 및 구조용 장비) 준비

1 추락방지 및 구조용 장비

삼각대(원치 포함)

- ▶ 작업자의 안전한 승·하강과 비상 시 외부에서 진입하지 않고 재해자를 끌어올리는 '비진입 구조(외부 구조)'라는 두 가지 핵심 역할을 수행한다.
- ▶ 작업자를 끌어올릴 수 있는 기계식 또는 수동 조작 기능이 있어야 하며, 안전블록(추락방지)과 윈치(구조인양) 기능이 포함되어 있어야 한다.

구조용 삼각대와 삼각대 설치 예시



안전대 및 구명줄(구명로프)

- ▶ 안전인증(☞)을 받은 '그네식 안전대'를 사용하도록 한다.
- ▶ 그네식은 추락 시 충격을 전신으로 분산시켜 척추 및 내부 장기 손상을 방지하므로 벨트식 사용은 금지한다.
- ▶ 구명줄(구명로프)은 윈치 및 안전대와 호환되는 것을 사용하도록 한다.

안전대 착용 예시

벨트식안전대
위치고정용·사다리용



X

그네식안전대
추락 예방용



O

2 복합가스 농도 측정기, 환기팬, 보호구 준비

1 복합가스 농도 측정기(휴대용)

기본사양

- ▶ 산소(O_2), 황화수소(H_2S), 일산화탄소(CO), 가연성가스(LEL, 폭발하한계) 4가지를 동시에 측정할 수 있어야 한다.

※ 작업장소에 이산화탄소(CO_2)가 발생할 수 있다면, 이산화탄소 측정 가능 장비 필요

핵심사항

- ▶ 작업 장소의 공기를 측정·평가할 수 있어야 한다.
- ▶ 맨홀 하부의 산소 및 유해가스 농도 측정을 위해 내·외장형 샘플링 펌프*가 있고, 채기관 연결을 위한 프로브**가 필수적으로 부착된 것을 사용한다.

* 펌프 - 작업공간 내부 공기를 채기관(호스)을 따라 측정기 내부의 센서로 보내는 수동(손으로 펌핑) 또는 전동의 동력장치(모터 작동음 발생)

** 프로브 - 채기관(호스)을 가스 농도 측정기에 부착할 수 있는 연결 부위

- ▶ 위험상황 시 즉각적인 인지를 위한 시각, 청각, 진동 경보* 기능이 있어야 한다.

* 경보 - 적정 공기(산소 18~23.5%, H_2S 10ppm 미만, CO 30ppm 미만 등) 상태가 아닌 경우 화면 반짝거림, 진동, 시끄러운 경보음 등 발생하여 쉽게 인지

- ▶ 교정성적서 유효기간 범위 내에 있는 장비를 사용한다.

※ 국가표준기본법에 따른 한국인정기구의 교정 마크()를 확인하고, 교정성적 스티커에 적힌 유효기간을 확인

- ▶ 측정값이 자동 저장되는 기능이 있는 기기 사용을 권장한다.

- ▶ 폭발 위험장소에서는 반드시 방폭성능에 대한 인증을 받은 제품을 사용한다.

산소 및 유해가스 농도 측정기



채기관 및 채기관 연결 예시



2 환기팬

기본사양

- ▶ 이동이 용이한 휴대용 송풍기(Blower) 형식

핵심사항

- ▶ 작업공간 체적의 10배 이상의 외부 공기를 불러 넣을 수 있는 적정 용량의 송풍기(환기팬)와 적절한 길이의 송풍관(덕트)을 준비한다.

송풍기

- ▶ 정압이 최소 40 mmAq 이상이고, 송풍량은 다음 식에서 계산된 용량 이상의 것으로 한다.

필요송풍량 $Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{밀폐공간의 체적}(\text{m}^3) \times 0.4^*$

* 시간당 공기 교환율(ACH) 20회 및 송풍기 효율 80% 기준

예시1 밀폐공간 체적이 45m^3 (가로 3m, 세로 3m, 깊이 5m)인 경우
 $Q = 45 \times 0.4 = 18 \text{ m}^3/\text{min}$ 이상의 풍량을 가지는 송풍기를 사용

예시2 밀폐공간 체적이 100m^3 (가로 5m, 세로 2m, 깊이 10m)인 경우
 $Q = 100 \times 0.4 = 40 \text{ m}^3/\text{min}$ 이상의 풍량을 가지는 송풍기를 준비한다.
보유하고 있는 송풍기의 풍량이 $24 \text{ m}^3/\text{min}$ 이라면 2대를 사용

- ▶ 폭발위험 장소에서는 반드시 방폭성능 인증을 받은 제품을 사용한다.

송풍관(덕트)

- ▶ 송풍관 길이는 제조사의 권장 사양을 준수하되, 명시되지 않은 경우 15m를 초과하지 않도록 한다.
- ▶ 송풍관은 구멍, 구김 등 훼손이 없는 것을 준비한다.

부속품

- ▶ 덕트 조인트(커플링)가 훼손되거나 부식되지 않은 자재를 준비한다.

환기팬(송풍기), 덕트(송풍관) 및 연결방법 예시



3 호흡용 보호구

보호구 종류

- ▶ **송기마스크** 외부의 신선한 공기를 호스를 통해 공급받는 방식으로 환기만으로 안전 확보가 어려운 공간에서 장시간 작업하는 경우 사용하거나 구출하는 경우 사용
- ▶ **공기호흡기** 자체 공기통을 사용하여 공기를 공급하는 방식으로 활동이 자유롭지만 사용 시간이 제한적(10~30분)이며, 주로 비상 탈출 및 구조용으로 사용
 - ※ 맨홀 등 출입구 크기에 따라 사용이 부적합할 수 있어 작업장소의 사용 가능 여부를 확인하여야 한다.

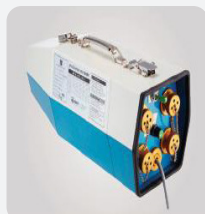
핵심사항

- ▶ 신선한 공기가 공급될 수 있는 호흡용 보호구를 사용한다.
- ▶ 송기마스크는 안전인증(KC)을 받은 제품을 사용하여야 한다.
- ▶ 주요 구성품*의 누설이나 파손이 없는 것을 사용하여야 한다.
 - * 장착대, 안면부 마스크
- ▶ 공기호흡기는 자체 공기통의 잔여 공기량을 확인하여야 하며, 고압가스 안전관리법에 따른 지정업체로부터 공기를 충전 받아야 하며, 정기적으로 용기 검사를 받아야 한다.

호흡용 보호구의 주의사항

- ☑ 구조를 위해 밀폐공간 내부로 진입하는 경우 반드시 공기호흡기 또는 송기마스크를 착용
 - ▶ 일반 **방진·방독 마스크**는 산소결핍, 고농도 유해가스 환경에서 효과가 없으며, 오히려 착용 시 질식 사고로 이어질 수 있으므로 **착용 금지**

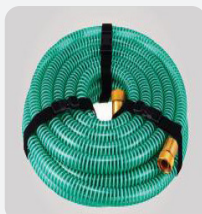
송기마스크와 공기호흡기 예시



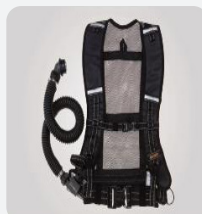
전동 송풍기



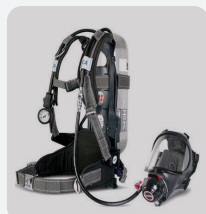
안면부 마스크



연결호스



장착대



공기호흡기

3 작업 전 점검사항

핵심 추진 필요사항

- ✓ 밀폐공간 작업 프로그램을 수립하고, 작업 시 밀폐공간 작업허가서 발급
↳ 안전조치의 이행상태를 확인한 후 **허가서의 승인이 이루어진 다음 작업 실시**
- ✓ 작업 전 필수 예방 장비를 비치하고, 정상 작동상태를 확인
- ✓ 작업 전 안전한 작업방법을 주지하고 교육

1 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 허가서 발급

- 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 허가서 발급은 밀폐공간 작업을 위한 모든 안전 조치의 시작이자 법적 의무이다.
- 사업주는 반드시 서면화된 '밀폐공간 작업 프로그램'을 수립하고 이에 따라 작업 전 '밀폐공간 작업 허가서'를 발급해야 한다.

2 장비 작동상태 확인

1. 복합 가스 농도 측정기

- ▶ 전원 및 배터리 상태를 확인한다.
- ▶ 펌프 작동 시 흡입 호스에 막힘이나 새는 곳이 없는지 손으로 막아보며 확인한다.
- ▶ 교정 성적서 유효기간을 재확인한다.
- ▶ 센서의 작동을 확인하기 위해 범프 테스트*(Bump Test) 실시(권고)
* 표준가스를 이용하여 각 센서가 정상적으로 반응하고, 설정된 값에서 시각·청각·진동 등의 경보가 정상 작동하는지 반드시 확인한다.

2. 환기팬 및 송풍관(덕트)

- ▶ 전원을 연결하여 팬의 이상음 여부와 회전상태 등 작동상태를 확인한다.
- ▶ 송풍관(덕트)의 전 구간에 찢어지거나 구멍 난 곳은 없는지, 내부에 이물질은 없는지 육안으로 확인한다.

3. 삼각대(원치 포함)

- ▶ 삼각대 다리에 변형이나 손상은 없는지, 다리 고정핀이 견고하게 체결되는지 확인한다.
- ▶ 원치의 케이블(와이어)이나 로프의 끊어짐, 심한 마모, 꼬임은 없는지 전 구간을 확인한다.
- ▶ 원치의 제동장치가 정상 작동하는지 직접 핸들을 감고 풀어보며 테스트한다.

4. 안전대 및 구명줄(구명로프)

- ▶ 안전대의 천 부분에 닳거나 찢어진 곳, 화학물질에 오염된 흔적이 없는지 확인한다.
- ▶ D링, 버클 등 금속 부품에 변형이나 균열이 없는지 확인한다.
- ▶ 구명줄(구명로프)에 마모나 손상은 없는지, 카라비너(연결고리)가 정상 작동하는지 확인한다.

5. 호흡용 보호구(송기마스크, 공기호흡기)

- ▶ 안면부의 밀착 상태를 확인하고 공기 공급 호스에 갈라짐이나 손상이 없는지 확인한다.
- ▶ 송기마스크의 경우 용량(사용인원, 호스길이 등)에 따른 송기팬 작동상태를 확인한다.
- ▶ 공기호흡기(SCBA)의 경우 용기 내 공기압이 충분한지 압력 게이지를 반드시 확인한다.

밀폐공간 작업 시 3대 안전수칙이
매우 중요합니다



3 현장 작업자 위험성 등 숙지여부 확인

- 작업자에게 위험성과 안전수칙에 대한 추가 교육을 즉시 실시하고, 숙지 여부를 재확인한 후에만 작업을 허가해야 한다.
- 관리감독자는 작업자에게 아래와 같은 핵심 질문을 하고 작업자가 핵심 질문에 제대로 답변하지 못할 경우 작업에 투입해서는 안 된다.

밀폐공간 작업 시 작업자 핵심 질의응답(예시)

✓ 산소 및 유해가스 농도 측정

질 의 맨홀 뚜껑을 연 후 산소 및 유해가스 농도를 어디에서 측정해야 하나요?

답 변 가스농도측정기를 준비·작동 확인한 상태에서 맨홀 뚜껑을 열고, 측정자의 머리카락이나 상체가 개구면 안쪽으로 들어가지 않도록 맨홀 밖에서 채기관을 내부로 넣어 상·중·하 3개 지점의 산소 및 유해가스 농도를 1차 측정하여야 합니다.

이후 환기팬 송풍관을 맨홀 바닥 근처까지 삽입하여 30분 이상 강제환기하고, 같은 방법으로 2차 측정하여 적정공기 상태를 확인한 후에만 진입하여야 합니다.

※ 맨홀 면적이 넓은 경우는 수평 방향으로도 3개소 이상 측정

✓ 밀폐공간 위험인지

질 의 가스 측정기에서 경보가 울리면 어떻게 행동해야 하나요?

답 변 즉시 모든 작업을 중단하고 맨홀 밖으로 대피한 후 관리감독자에게 보고해야 합니다.

✓ 사고대응방법

질 의 만약 안에서 작업하던 동료가 갑자기 쓰러지는 것을 보면 어떻게 해야 하나요?

답 변 절대 들어가면 안 됩니다. 즉시 119에 신고하고, 관리감독자에게 알려야 합니다.

✓ 역할인지(감시인)

질 의 감시인의 가장 중요한 임무는 무엇입니까?

답 변 내부 작업자의 상태를 계속 감시하고, 비상 시 동료가 함부로 들어가지 못하게 막으며 비상 상황 시 119에 신고하고 삼각대에 부착된 원치로 구조 대상자를 밖으로 이동시키는 것입니다.

4 작업장 주변 안전표지 설치

- “관계자 외 출입금지”, “질식위험” 등 문구가 새겨진 밀폐공간 출입금지 표지(산업 안전보건기준에 관한 규칙 별지 제4호 서식)를 설치하여 허가받지 않은 인원의 접근을 물리적으로 통제해야 한다.
- 맨홀작업자와 주변의 다른 작업자들에게 ‘이곳은 특별 관리되는 위험구역’이라는 사실을 지속적으로 상기시키는 역할을 하게 된다.
- 특히, 사고 발생 시 상황을 모르는 다른 동료가 쓰러진 사람을 구조하려는 구조 시도자의 2차 재해를 예방하는 데 매우 중요한 조치이다.

5 산소 및 유해가스 농도 측정

- 위험한 공기 상태를 사전에 인지하여 진입 자체를 막아 작업자가 유해가스에 노출되어 의식을 잃고 추락하는 재해를 원천적으로 차단하는 가장 직접적인 예방책이다.
- 가스 농도 측정기 없이는 맨홀 뚜껑을 열지 않아야 한다.
- 산소 및 유해가스 농도 측정자를 지정하고 지정된 인력에게 교육을 실시하여 장비사용방법 등을 숙지한 자만이 측정을 실시해야 한다.
- 맨홀 내부로 작업자를 투입하기 전과 휴식시간, 점심시간 등 작업이 중단되고 나서 다시 작업을 시작하더라도 측정을 실시하여야 한다.

산소 및 유해가스 농도 측정 방법

- ① **측정시기** 작업 시작 직전, 작업을 일시 중단하였다가 작업을 다시 시작하기 전
- ② **측정방법** 펌프식 휴대용 복합 가스 농도 측정기를 이용하여 맨홀 밖에서 채기관을 맨홀 내부로 넣어서 상부, 중부, 하부로 나누어 공기 상태를 측정한다.

※ 확산식 측정기의 경우 별도의 액세서리 등을 통해 직접 공기를 채취하여 측정이 가능하여야 한다



- ③ **결과판단** 측정결과가 적정 공기 기준을 벗어나는 것은 "지금 들어가면 즉시 사망한다"는 경고 신호이다. 이 경우, 안전한 공기상태가 될 때까지 절대 진입해서는 안 된다.

측정 시 주의사항

측정 시 내부를 살펴보기 위해 측정자의 머리(호흡기)가 밀폐공간 개구면 안쪽으로 들어가지 않도록 한다. 밀폐공간에 유독가스가 차 있다면 개구면 근처에 가기만 해도 위험할 수 있다.

복합가스 농도 측정기 사용방법 킷가이드

- ① **전원켜기** 깨끗한 공기가 있는 장소에서 가스 농도측정기의 전원 버튼을 누른다.
- ② **부품연결** 측정기의 액세서리(호스) 등을 측정기와 연결한다.
- ③ **이상확인** 측정기의 흡입구를 막는 등 오류발생 여부를 확인한다.
- ④ **측정하기** 호스를 맨홀 내부로 투입하여 최소 3개지점(높이 기준) 이상 측정한다.
※ 깊이에 따라 측정되는 시간이 다를 수 있어 충분한 시간을 기다린다.
- ⑤ **농도평가** 측정기 화면의 산소 및 유해가스 농도를 확인하여 적정 공기* 상태를 확인한다.
* 산소 18% 이상 23.5% 미만, 황화수소 10ppm 미만, 일산화탄소 30ppm 미만, 이산화탄소 1.5% 미만
- ⑥ **이상조치** 지속적으로 환기하고, 측정을 반복하여 적정 공기가 유지될 때까지 확인한다.

6 강제 환기 실시

- 맨홀 내부의 오염된 공기를 강제로 빼내고 외부의 신선한 공기를 불어넣는 것은 가장 적극적인 조치로 산소 및 유해가스 농도 측정결과와 상관없이 반드시 환기하도록 한다.
- 환기는 산소와 유해가스 농도를 안전한 수준으로 유지시키고 지속적으로 발생하거나 부유되는 유해가스의 축적을 방지함으로써 맨홀내부 진입 중 질식에 의한 추락의 근본 원인을 제거할 수 있다.
- 작업자가 추락 후 질식의 재해가 발생하더라도 지속적인 환기 덕분에 내부 공기가 상대적으로 안전하게 유지되어 구조대가 도착할 때까지 생존할 시간을 벌어주는 중요한 역할을 하게 된다.

강제 환기 방법

- ① 가스 농도 측정결과와 상관없이 맨홀 뚜껑을 연 후에는 반드시 충분한 용량의 환기팬을 이용하여 급기방식으로 내부 공기를 외부의 신선한 공기로 완전히 치환해야 한다.
- ② 환기팬은 작업 전 30분 이상 내부로 급기하고, 작업이 진행되는 동안에도 지속적으로 환기한다.
- ③ 송풍관(덕트)의 끝단은 반드시 작업자가 활동하는 위치의 바닥에서 50cm 이내로 깊숙이 삽입하여 설치한다(작업자의 호흡 영역에 신선한 공기를 직접 공급하기 위함).

환기팬 사용방법 킷가이드

- ① 선정하기 작업장 전체 체적의 0.4배 이상의 용량을 가지는 환기팬을 선정한다.
- ② 연결하기 공기흐름 방향(Air flow →)을 확인하고 토출구에 덕트를 연결한다.
- ③ 전원켜기 깨끗한 공기가 있는 장소에서 환기팬의 전원(스위치)을 켜다.
※ 환기팬이 오염된 공기(발전기 매연 등)를 흡입해 내부로 보내지 않도록 주의한다.
- ④ 급기하기 작업장소까지 덕트관을 투입하되 길이는 15m를 초과하지 않도록 한다.
※ 작업장소까지 15m를 초과한 깊은 장소에서 작업 시 공기호흡기 등의 착용을 고려한다.



2 작업 수행

1 감시인 배치

- 밀폐공간 외부에는 반드시 전담 감시인을 배치해야 하며, 감시인은 다른 업무를 겸하지 않고 오직 내부 작업자의 상태를 감시하고 통신을 유지하는 역할에만 집중해야 한다.
- 감시인의 가장 중요한 임무는 비상 상황 발생 시 구조에 뛰어들려는 다른 동료들을 제지하고 '임의 구조 금지' 원칙을 철저히 지키도록 통제하는 것이다.
- 119가 오기 전에 구조원치를 이용하여 사고자를 외부로 이송하는 역할을 하도록 하며, 이를 통해 연쇄 사망 사고인 구조 시도자의 2차 재해를 막는 역할을 수행하게 된다.

2 맨홀 내부로 승·하강

- 작업자의 승·하강과 비상 시 구조를 위해 반드시 맨홀 입구에 삼각대(원치 포함)를 설치하고 모든 작업자는 그네식 안전대를 착용, 구명줄(구명로프)을 원ちに 연결한 상태에서 오르면리도록 한다.
- 삼각대, 안전대 사용은 맨홀 내부 사다리에서의 실족이나 파손으로 인한 추락 후 질식 재해를 직접적으로 예방할 수 있고, 작업자가 진입 중 질식하여 의식을 잃는 상황이 발생하더라도 작업자가 바닥까지 추락하지 않게 되어 외부의 감시인이 즉시 원치를 이용해 끌어올려 구조할 수 있다.
- 삼각대와 원치는 외부에서 내부 작업자의 생명을 통제하고 구할 수 있는 유일하고 가장 확실한 예방 방법이다.

삼각대 사용방법 킷가이드

- ① **구조용 삼각대** 평탄하고 견고한 지면에 설치하고, 3개의 다리가 완전히 펼쳐져 잠겼는지 확인한다. 맨홀 개구부의 중앙에 위치시켜 작업자나 장비가 수직으로 오르내릴 수 있도록 하여야 한다.
- ② **구명줄(구명로프)** 구명줄은 매 사용 전에 마모, 절단, 화학물질에 의한 손상 여부를 반드시 육안 점검하고, 이상 발견 시 즉시 폐기하도록 한다.
※ 추락 충격을 한 번이라도 받은 구명줄과 안전대는 재사용해서는 안 된다.
- ③ **안전대** '그네식 안전대'를 몸에 맞게 착용하고, 구명줄(로프)은 등 뒤의 D링에 연결한다. 구명줄의 길이는 추락 시 작업자가 바닥에 충돌하지 않도록 작업 높이를 고려하여 조절한다.

3 지속적인 환기와 산소 및 유해가스 농도 수시 측정

- 작업 시작 시점의 공기 상태가 작업 내내 유지된다는 보장은 없다. 작업 중 바닥의 슬러지를 건드리거나 연결된 다른 관로에서 유해가스가 유입되는 등 상황은 수시로 변할 수 있다.
- 작업 중에도 환기팬은 계속 가동하여 적정 공기수준이 유지될 수 있도록 해야 하며, 유해가스가 유입되거나 발생하더라도 체류되어 발생하는 질식 재해를 예방할 수 있다.
- 또한, 작업자는 휴대용 가스측정기를 상시 착용하거나 주기적으로 공기 상태를 측정하여 위험을 실시간으로 감시해야 하며, 갑작스러운 가스 농도 변화 시 작업자가 대피할 시간을 확보해 주는 핵심적인 조치이다.

3 작업 종료

1 입출입 인원확인

- 맨홀 출입자를 삼각대(원치)로 안전하게 외부로 나오도록 유도한다.
- 맨홀 내부로 출입한 모든 작업자가 밖으로 나오면, 관리감독자는 맨홀내부로 들어간 인원과 나온 인원이 일치하는지 확인한다.
- 인원확인이 완료된 후 안전장비를 해체하고 맨홀 뚜껑을 닫는다.

2 작업허가 관련 서류 보존

- 관리감독자는 당일 작업 내용, 가스 농도 측정결과, 특이사항을 포함한 작업허가서 (작업일지)를 작성하여 3년간 보관한다.

4 비상상황 시 대응절차

1 즉시 119 신고

- 감시인은 119 신고와 동시에 현장 관리감독자에게 즉시 보고한다.
- 관리감독자는 사전에 지정된 비상 연락망(과업 총괄책임자, 발주처 등)에 따라 상황을 즉시 전파한다.



2 외부에서 가능한 구조활동

- 작업자가 착용한 그네식 안전대와 연결된 윈치를 이용하여 맨홀 밖에서 재해자를 끌어올린다.
- 맨홀 밖에서 구조가 어려울 경우 119 구조대가 도착하기 전까지 환기팬을 계속 가동하여 내부 공기를 최대한 신선한 공기로 치환하여야 하며, 공기호흡기 등 구조용 장비가 있는 경우에 한해서 맨홀 내부로 들어가서 구조를 하도록 한다.
- 관리감독자는 2차 재해 예방을 위해 사고 지점 주변에 작업자나 외부인의 접근을 철저히 통제하고 119 구조대가 도착할 때까지 현장을 보존한다.

3 구조를 위한 임의진입 절대 금지

- 맨홀 내부에 동료가 쓰러진 것을 발견했을 때 어떠한 경우에도 보호장비(공기호흡기 또는 송기마스크) 없이 구조를 위해 진입해서는 안 된다.
- 감시인은 즉시 주변 작업자들의 추가 진입을 막고 현장을 통제한다.

송기마스크(전동형) 사용방법 퀵가이드

- ① 호스연결 전동송풍기(본체)와 연결호스를 체결한다.
- ② 마스크연결 안면부 마스크와 장착대의 호스를 체결한다.
- ③ 결합하기 장착대의 유량조절밸브와 연결호스를 결합한다.
- ④ 전원켜기 전동송풍기(본체)의 전원스위치를 작동한다
- ⑤ 확인하기 송풍기의 풍량 조절다이얼을 확인하고, 마스크 내부로 공기가 나오는지 확인한다.
※ 풍량조절 다이얼을 이용하여 작업거리, 사용인원에 따라 풍량 조절이 가능함.

공기호흡기 사용방법 퀵가이드

- ① 잔량확인 공기호흡기 하단 등에 표기된 공기 압력(잔량)을 확인한다.
※ 공기 압력 또는 잔량이 적정범위 미만일 경우 사용시간이 짧아지는 등 사고 우려가 있으니 교체한다.
- ② 연결하기 공기호흡기(본체)를 등에 메고, 마스크의 호스와 본체를 연결한다
- ③ 용기개방 공기호흡기(본체)의 개방밸브를 조절하여 용기를 개방한다.
- ④ 마스크확인 마스크 전면의 양압/대기 조절다이얼을 확인하여, 양압으로 전환한다.
- ⑤ 착용하기 마스크를 착용하고 면체를 얼굴에 맞게 고정하고 공기가 나오는지 확인한다.

부록

1. 맨홀 질식사고 예방 전담 관리체계 안내
2. 밀폐공간 작업 허가서(예시)
3. 작업 전·중·후 안전점검 체크리스트
4. 맨홀 작업 질식·추락 예방장비 종류 및 권장사양
5. 맨홀 작업 단계별 사고발생 위험 요인
6. 맨홀 작업 주요사고사례
7. 지방정부·공공기관 질식사고 위험업무 입찰공고문 등 권고(안)
8. 찾아가는 질식재해예방 원콜서비스 사업안내
9. 밀폐공간 출입금지표지(산업안전보건기준에 관한 규칙 별지 제4호)

07 부록

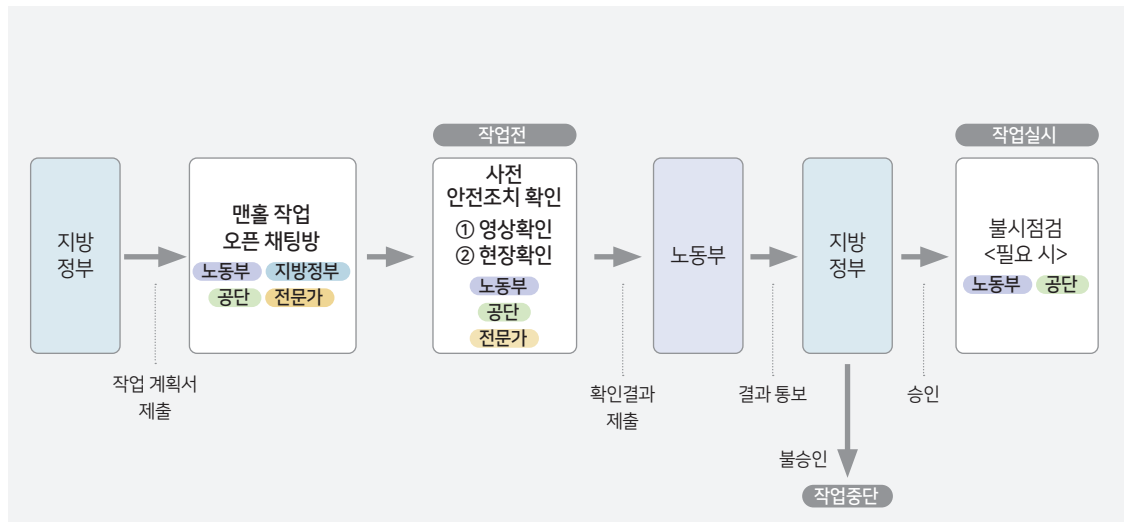
1. 맨홀 질식사고 예방 전담 관리체계 안내

1 추진 개요

- **개요** 지방정부가 용역·발주하여 실시하는 '맨홀 내 작업' 시 사전 안전조치 적정성을 확인하여 노동부 작업승인 시 작업을 수행
- **대상** 지방정부에서 직접 용역·발주한 맨홀 작업 현장
※ 중앙공공기관 및 지방정부 산하기관 등의 작업은 관계부처 및 지방정부가 자체 관리
- **기간** 2026. 5. 15.(금) ~ 9. 30.(수) <4.5개월>

2 추진 절차

맨홀 질식사고 예방 전담 관리체계 수행체계도



- 1 **지방정부** 사전 작업계획서 오픈채팅방에 제출
- 2 **노동부** 사전 감독 실시여부, 맨홀작업 사전안전조치 확인방법, 확인자 지정
- 3 **공단** · **전문가** 안전조치 준수여부를 영상 또는 현장 확인한 후 보고서를 제출
- 4 **노동부** 안전한 상태 등을 확인하고, 지방정부에 결과 통보
- 5 **지방정부** <승인 시> 맨홀 작업 실시, <불승인> 추가안전조치 실시 및 재확인요청
- 6 **노동부** **공단** 승인된 맨홀 작업 현장을 대상으로 불시점검

맨홀 질식사고 예방 전담 관리체계

- 작업 전 사전점검과 실시간 공유를 통한 질식사고 예방 -



맨홀작업 **작업 전 안전조치 동영상** 촬영 가이드

📷 전체 모습 + 작동상태 + 확인 가능한 화면이 보이게 촬영

1. 작업현황판

1 작업장소 전경



- ✓ 맨홀 위치와 주변 공간이 보이게
- ✓ 작업 위치 확인 가능한 영상

2 작업현황판



- ✓ 작업정보, 작업자 정보
- ✓ 산소 및 유해가스 측정결과 및 후속조치
- ✓ 작업 중 유해가스 발생 가능성 검토 및 후속조치 사항

3 위험정보 게시



- ✓ 출입구 경고표지 촬영
- ✓ 질식 위험공간 표지 확인

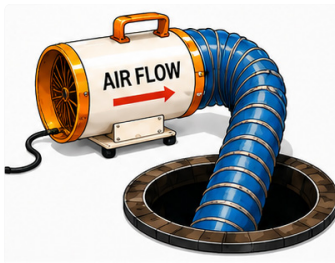
2. 안전보건조치

4 복합가스농도측정기



- ✓ 작동상태·센서종류 확인
- ✓ 작업 전 측정결과 촬영

5 환기



- ✓ 환기팬·덕트 연결 상태 확인
- ✓ 작동상태와 AIR FLOW 방향
- ✓ 맨홀 내부 환기 중 확인

6 보호구 (송기마스크&공기호흡기)



- ✓ 송풍팬, 호스, 장착대, 마스크 등 구성품 확인
- ✓ 사용 전 점검 및 정상작동 확인
- ✓ 잔여공기량 확인

7 감시인



- ✓ 전담 감시인 지정
- ✓ 무전기 등 신호체계 확인

3. 구조재해 예방

8 구조용 장비



- ✓ 삼각대·원치 설치 및 작동
- ✓ 내부출입자 그네식 안전대 착용

4. 작업자 교육

9 작업 전 안전점검 회의 (TBM)



- ✓ 관리감독자 작업 전 교육 및 TBM 실시
- ✓ 안전한 작업방법 및 보호구 착용방법 주지
- ✓ 교육실시결과서 등 확인 가능 영상

질식사고예방 사전준비 확인사항

1

작업현황판 게시



2

출입금지 표지



3

가스농도측정기 보유 및 작동 상태 확인



4

산소 및 유해가스 농도 측정



5

환기팬 가동



6

송기마스크 또는 공기호흡기 비치



7

구조장비 설치 및 감시인 배치 및 연락설비 구비



8

작업전 안전점검 회의 (TBM) 실시



9

비상상황 시 119에 신고하고 지시에 따르기



안전조치가 지속적으로 이행되도록 관리하고 비상상황 시 119신고

부록_2. 밀폐공간 작업허가서(예시)

밀폐공간 작업허가서					
○ 신청인: 부서(), 직책(), 성명() (서명) ○ 작업시간 : 년 월 일 시 ~ 월 일 시 ○ 작업장소 : ○ 작업내용 : ○ 내부 연락방법(필요시 번호 기재) :					
작업허가는 당일 작업에 한해 유효하며, 산소 및 유해가스의 농도에 따라서 작업시간에 제한이 있을 수도 있습니다. 이 허가서는 지정된 장소와 시간에 대해 1회만 유효합니다. 위 공간에서의 작업을 다음의 조건하에서만 작업허가 함.					
1. 안전보건조치 요구사항					
확인항목			담당여부		확인결과
관리감독자 지정 및 감시인 배치					
밀폐공간작업 관계자 외 출입금지 표지판 게시					
밸브차단, 맹판 설치, 불활성 가스 치환, 용기세정					
전기회로, 기계장비 가동장치, 유압, 압축공기 잠금 및 시건조치					
산소 및 유해가스 측정					
환기시설 설치 및 환기 실시여부					
전화 및 무선기기 구비					
방폭형 전기기계기구의 사용					
소화기 비치					
공기호흡기 또는 송기마스크 비치					
필요한 안전장비 구비					
안전보건교육 실시					
2. 유해가스 측정결과					
측정물질명	측정농도	측정시간	측정자	평가결과	비고
					적정 공기 농도 - 산소(O ₂): 18%이상 23.5%미만 - 황화수소(H ₂ S): 10ppm미만 - 일산화탄소(CO): 30ppm미만 - 이산화탄소(CO ₂): 1.5%미만 - 가연성 폭발하한계(LEL): 10% 미만
3. 특별조치 필요사항(최대한 상세히 기술) :					
4. 작업자 정보					
직책	이름	직책	이름	직책	이름
관리감독자	(서명)		(서명)		(서명)
감시인	(서명)		(서명)		(서명)
작업자	(서명)		(서명)		(서명)
작업자	(서명)		(서명)		(서명)
최종 허가자	부서(), 직책(), 성명() (서명)				

부록_3. 작업 전·중·후 안전점검 체크리스트

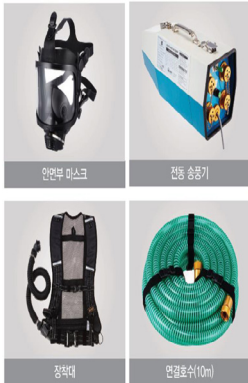
A. 작업전			
점검 항목	세부 확인 내용	점검 결과 (√)	비고/ 조치사항
1.작업허가 및 계획	① 작업허가서 발급 및 게시 : 관리감독자와 근로자가 현장에서 공동으로 허가서 내용을 확인 및 작성하고, 작업장소에 게시하였는가?		
	② 작업 전 안전회의(TBM) 실시 : 작업 내용, 위험 요인, 개인별 역할 (특히 감시인 임무), 비상 대응 절차를 공유하고, 모든 참여자가 숙지하였음을 서명으로 확인하였는가?		
	③ 감시인 지정 및 역할 교육: 감시인이 다른 작업을 겸직하지 않도록 지정하고, '임의 구조 금지 및 119 즉시 신고' 등 핵심 역할을 명확히 인지시켰는가?		
	④ 작업구역 설정: 맨홀 주변에 안전 바리케이드, 표지판 등을 설치하여 관계자 외 출입을 통제하였는가?		
	⑤ 비상연락망 숙지: 사고 발생 시 119 신고 방법, 현장 주소, 사내 보고체계(관리감독자, 총괄책임자 등)를 모든 인원이 숙지하였는가?		
2. 가스 농도 측정장비	① 교정 및 테스트 : 유효기간 내 교정성적서를 확인하고, 작업 전 표준 가스로 Bump Test를 실시(권고)하여 센서 및 경보(소리, 빛, 진동)의 정상 작동을 확인하였는가?		
	② 펌프 및 호스 점검: 내장 펌프가 정상 작동하고, 샘플링 호스(프로브)에 막힘이나 갈라짐 등 이상이 없는가?		
3. 환기장비	① 환기팬 작동상태: 전원 연결 시 팬이 강력하고 부드럽게 회전하며, 누전차단기는 정상 작동하는가? ※ 방폭지역은 방폭인증을 받은 장비를 사용하여야 한다		
	② 송풍관(덕트) 상태: 덕트 전 구간에 찢어짐, 구멍, 찌그러짐이 없고, 내부에 이물질이 없는가?		
4. 구조 및 추락방지 장비	① 삼각대 및 윈치 : 다리의 변형/균열이 없고 고정핀이 견고한가? 윈치 케이블/로프에 마모/꼬임이 없고 제동장치는 정상 작동하는가?		정격하중 확인
	② 안전대 및 구명줄 : 웨빙(천)의 마모/오염, D링/버클의 변형이 없는가? 구명줄과 카라비너 잠금장치는 정상 작동하는가?		KCs 인증품 확인

B. 작업 중			
점검 항목	세부 확인 내용	점검 결과 (√)	비고/ 조치사항
5. 환기 및 측정	① 지속적인 강제 환기: 작업 시간 내내 환기팬을 계속 가동하며, 송풍관(덕트) 끝이 작업자의 활동 공간 바닥 근처에 위치하도록 유지하는가?		
	② 지속적인 가스 농도 측정: 내부 작업자는 휴대용 측정기를 상시 휴대하는가? 측정값에 이상(경보 발생) 시 즉시 작업을 중단하고 대피하는가?		
6. 감시 및 통신	① 감시인 임무 준수: 감시인이 지정된 위치를 이탈하거나 다른 업무를 병행하지 않고, 오직 내부 작업자 감시 임무에만 집중하는가?		
	② 상시 소통: 내부 작업자와 외부 감시인 간에 무전기 등을 이용하여 주기적으로 원활하게 소통하고 있는가?		
7. 안전 작업	① 원치 이용 승·하강: 내부의 고정식 사다리가 아닌, 삼각대 원치를 주된 승·하강 수단으로 사용하고 있는가?		
	② 구명줄 상시 연결: 작업 중 안전대와 원치(구명줄)가 항상 연결된 상태를 유지하고 있는가?		

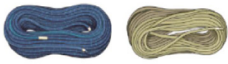
C. 작업 종료 후			
점검 항목	세부 확인 내용	점검 결과 (√)	비고/ 조치사항
8. 인원 및 현장 확인	① 최종 인원 확인: 모든 작업자가 맨홀 밖으로 나왔는지 출입 명단과 대조하여 최종 확인하였는가?		
	② 맨홀 덮개 폐쇄: 맨홀 뚜껑을 완전히 닫고 잠금장치를 확실히 체결하였는가?		
	③ 주변 정리: 설치했던 안전 표지판, 안전띠(위험띠), 라바콘 등 모든 부대 시설을 철거하고 주변을 정리하였는가?		
9. 기록 및 검토	① 장비 정리 및 점검: 사용한 모든 안전장비를 정리하고, 다음 작업을 위해 이상 유무를 점검하여 기록하였는가?		
	② 서류 보관: 서명이 완료된 작업허가서 및 본 체크리스트를 관리감독자에게 반납하고, 규정에 따라 보관(예: 3년)하는가?		
	③ 작업 결과 검토: TBM 등을 통해 금일 작업 중 발생한 문제점이나 개선사항은 없었는지 검토하고 피드백을 공유하였는가?		

부록_4. 맨홀 작업 질식·추락 예방장비 종류 및 권장사항

1 질식 예방장비

장비명	장비사진	권장 사항
복합가스 농도측정기		▶ 산소, 황화수소, 일산화탄소, 가연성가스 등 4종 이상의 측정 (펌프식(흡입식) 권장) • 하부 측정을 위한 내장형 샘플링 펌프 및 프로브 필수 • 위험 상황 시 즉각적인 인지를 위한 경보 기능 • 측정값 표시 및 데이터 저장 기능 • 방폭 성능 KCS 인증 취득(폭발위험장소 고려)
환기팬	이동식 환기팬 덕트호스 	▶ 이동이 용이한 휴대용 송풍기(Blower) 형식 • 송풍관(덕트)의 길이에 따른 공기 저항을 극복하고 충분한 풍량을 보내기 위해 정압 계산을 하고 사용(40mmAq이상) • 송풍관 길이는 제조사의 권장 사양을 준수하되, 명시되지 않은 경우 15m를 초과하지 않도록 함 • 가연성가스 존재 가능성이 있는 경우 방폭형 사용 환기팬 선정 방법 밀폐공간 체적 × 0.4 이상의 분당 풍량을 갖는 팬 선정 (체적 600m³ → 600m³ × 0.4 = 240m³/min)
송기마스크	 안면부 마스크 전동 송풍기 장착대 연결호스(10m)	▶ 활동범위 제한이 있으며, 가볍고 작업시간이 긴 작업에 이용 • 일정한 장소에서 장시간 밀폐공간 작업 시 주로 이용 • (전동식) 송풍기는 유해가스, 먼지가 없는 장소에 설치 - 접속 전원이 단절되지 않도록 코드플러그에 반드시 '송기마스크 사용 중' 표시 필수 - 정전 등으로 인한 공기공급 중단에 대비 • (에어라인) 에어라인에 여과장치 설치 - 정전 등으로 인한 공기공급 중단에 대비
공기호흡기		▶ 한정된 공기통의 용량 때문에 사용 시간이 비교적 제한됨 • 주로 임시/단시간 작업이나 재해 발생 시 구조용으로 사용 • 사용 전 점검 실시 (бом베의 잔류압 검사, 고압연결부 검사, 면체와 흡기관 및 호기 밸브 기밀검사, 폐력밸브, 압력계 및 경보기 동작검사)

2 추락 예방장비

장비명	장비사진	권장 사양												
삼각대 (원치 포함)		▶ 인양방법에 따라 수동형, 전동형, 복합형으로 구분 - 안전대로 연결된 근로자를 인양할 수 있는 무게를 지탱하여야함. - 고정장치는 반드시 D링의 위치보다 높은 곳에 설치하여야 함 <table><tr><th>인양 방법</th><th>인력으로 원치레버 작동</th><th>전동 원치 작동</th><th>수동·전동기능 복합</th></tr><tr><td>장점</td><td>단순구조, 전원 불필요, 비용 저렴</td><td>인양속도 빠름, 원격제어 가능</td><td>전동기능의 장점 및 정전 등 비상 시 수동전환 가능</td></tr><tr><td>단점</td><td>인력의존, 과체중자 구조 시 어려움</td><td>전원공급 필요, 고장 시 구조지연</td><td>고중량, 유지관리 비용 ↑</td></tr></table>	인양 방법	인력으로 원치레버 작동	전동 원치 작동	수동·전동기능 복합	장점	단순구조, 전원 불필요, 비용 저렴	인양속도 빠름, 원격제어 가능	전동기능의 장점 및 정전 등 비상 시 수동전환 가능	단점	인력의존, 과체중자 구조 시 어려움	전원공급 필요, 고장 시 구조지연	고중량, 유지관리 비용 ↑
인양 방법	인력으로 원치레버 작동	전동 원치 작동	수동·전동기능 복합											
장점	단순구조, 전원 불필요, 비용 저렴	인양속도 빠름, 원격제어 가능	전동기능의 장점 및 정전 등 비상 시 수동전환 가능											
단점	인력의존, 과체중자 구조 시 어려움	전원공급 필요, 고장 시 구조지연	고중량, 유지관리 비용 ↑											
그네식 안전대	❶ 어깨의 D링은 작업자 상승·하강 용도로만 사용 	▶ 추락으로 인한 충격을 분산시킬 수 있어야 함(추락 시 충격을 전신으로 분산시켜 척추 및 내부 장기 손상을 방지) - KCs 안전 인증을 받은 '그네식 안전대'만 반드시 사용 - 추락 방지를 위한 짐줄은 반드시 등 부위의 D링에 연결해야 함 (연결장치) 안전대를 고정장치에 연결하는 장치, 약 2.2톤의 하중을 지탱할 수 있어야 함												
구명줄 (구명로프)		▶ 추락으로 인한 충격을 분산시킬 수 있어야 함 - 원치 및 안전대와 호환되는 제품을 사용하여야 함 - 매 사용 전 마모, 절단, 화학물질에 의한 손상 여부를 반드시 육안으로 점검해야 함												

부록_5. 맨홀 작업 단계별 사고발생 위험 요인

1 작업 계획 및 준비 단계

» 위험의 방지

위험 요인

발주처나 원청업체가 해당 작업을 '밀폐공간 작업'으로 인지하지 못하거나 위험성을 간과하여 안전관리 비용과 인력을 예산에 충분히 반영하지 않는 경우가 이에 해당한다. 이로 인해 현장에서는 산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기팬, 삼각대(원치 포함) 등 필수 안전장비 없이 작업을 진행하게 된다.

결과

산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기팬, 삼각대(원치포함) 등 필수 안전장비 없이 작업을 진행하게 되고, 안전장비 부재로 인해 작업자는 보이지 않는 위험에 무방비로 노출되어 중대재해로 이어진다.

» 허가 시스템의 형식화

위험 요인

밀폐공간 작업허가서가 현장의 안전 상태를 확인하는 절차 없이 서류상으로만 발급되는 경우로 관리감독자가 현장에 없는 경우, 안전조치 이행 여부를 확인하지 않고 서명만으로 허가를 내주는 관행이 이에 해당한다.

결과

작업계획에 따른 실제적인 안전조치를 확인하지 않고 작업책임자의 허가가 진행되는 경우, 작업허가서는 단순한 '행정 서류'로 전락하게 된다. 이는 근로자에게 '안전이 확보되었다'는 잘못된 신호를 주어 위험에 대한 경각심을 무디게 만든다.

» 비상조치 계획의 형식화

위험 요인

비상상황 발생 시 작업자별 역할부여와 연락체계, 필요한 구조장비를 계획하지 않거나 작업방법에 맞지 않는 계획을 수립하는 것이 이에 해당하며, 작업자는 비상상황 행동요령을 명확히 인지하지 못할 수 있다.

결과

비상 상황 시 구조자가 보호를 받지 않은 상태에서 구조를 위해 맨홀 내부로 출입하는 등 2차 재해 발생 위험에 노출된다.

2 작업 진입 및 수행 단계

» 측정 방법의 불완전성

위험 요인

측정기를 맨홀 입구에만 잠시 대보거나 깊이를 고려하지 않고 상부에서만 측정하고 실제 작업이 이루어지는 지점의 적정 공기 여부를 평가하지 않는 것이 이에 해당한다.

※ 황화수소(H_2S)처럼 공기보다 무거운 가스는 바닥에 고농도로 깔려 있기 때문에, 상·중·하 3점 이상을 측정하지 않으면 치명적인 위험을 놓치게 된다.

결과

측정 결과가 안전한 것으로 오인하여 작업자가 진입하지만 내부에 가득 찬 유해가스층 또는 산소결핍 공기에 노출되어 질식 사고가 발생할 수 있다.

» 측정 시기의 불완전성

위험 요인

작업이 중단되거나, 휴게 또는 점심시간 이후 작업에 재투입되는 시점에 맨홀 내부의 적정 공기 여부를 평가하지 않는 경우 작업을 수행하지 않는 기간 중 내부의 공기변화가 발생하여 치명적인 위험을 놓칠 수 있다.

결과

휴게기간 중 맨홀 등 내부의 공기에 유해가스가 축적되는 등 공기상태가 변화하여 작업자가 진입하는 경우 유해가스층 또는 산소결핍 공기에 노출되어 질식에 이른다.

» 환기의 중단

위험 요인

작업 시작 전 환기를 충분히 했더라도 작업 중 소음이나 번거로움 등을 이유로 환기팬 가동을 중단하는 경우에 맨홀 내부로 인접 오수관 등에서 유해가스가 지속적으로 유입되거나 발생할 수 있다.

결과

내부 공기가 수 분 내에 다시 위험한 상태로 변할 수 있다. 작업자는 변화를 인지하지 못한 채 서서히 중독되거나 산소결핍 상태에 빠지게 된다.

» 감시인의 이탈

위험 요인

감시인에게 다른 작업(자재 정리, 교통통제 등)을 겸하게 하거나 감시인이 잠시 자리를 비우는 경우 또는 감시인이 비상 상황 시 대처 요령(119 우선 신고, 절대 진입금지)을 숙지하지 못한 경우가 해당한다.

결과

내부 작업자의 이상 상황을 즉시 인지하지 못해 구조 골든타임을 놓치거나 감시인이 직접 구조를 시도하다 2차 재해가 발생할 수 있다.

» 추락방지설비의 미설치

위험 요인

맨홀 내부를 출입할 때 그네식 안전대 등을 미착용하거나, 안전대를 고정할 수 있는 안전대 걸이시설이 없는 상태 등이 해당한다.

결과

수직으로 깊은 맨홀 등 내부에 추락하게 되고, 골절 등 재해가 발생하여 스스로 탈출할 수 없으며, 유해가스 등에 노출 되어 질식사고가 발생할 수 있다.

» 긴급대피용 기구의 미비치

위험 요인

비상상황 발생 시 작업공간(특성)에 맞는 대피용기구를 미비치하거나, 정상작동하지 않는 장비를 비치하여, 필요한 순간에 사용하지 못하는 경우가 해당한다.
※ 공기잔여량이 부족한 공기호흡기를 착용하는 경우 등

결과

구조자가 별도의 안전조치 없이 재해자를 구조하러 맨홀 등 내부에 진입하거나, 안전조치가 지속적으로 이뤄지지 않을 때 구조자의 2차 재해가 발생할 수 있다.

3 작업 종료 단계

» 안전장비의 조기 해체

위험 요인

마지막 근로자가 아직 맨홀에서 완전히 나오지 않았음에도 불구하고, 외부에서 구조용 삼각대나 환기팬, 통제선 등을 먼저 철거하는 경우가 이에 해당한다.

결과

마지막 근로자가 퇴장하는 과정에서 문제가 발생했을 때(예: 사다리에서 미끄러짐) 신속한 구조가 불가능해지며, 통제선이 사라진 작업 구역에 외부인이 접근하여 또 다른 사고가 발생할 수 있다.

» 최종 인원점검 미실시

위험 요인

작업 종료 후 철수 과정에서 밀폐공간에서 나온 모든 근로자의 인원을 명확하게 확인하는 절차를 생략하는 경우, 특히 여러 팀이 동시에 작업하거나 작업이 길어졌을 때 발생하기 쉽다.

결과

부상이나 탈진 등으로 미처 빠져나오지 못한 근로자가 내부에 갇힌 채 맨홀 뚜껑이 닫히는 끔찍한 사고로 이어질 수 있다.

부록_6. 맨홀 작업 주요사고 사례

사례 ① 맨홀 작업 측량작업

- 2025년 7월 차집관로 맨홀에서 내부 깊이, 관경 등 측량을 위해 내부에 진입하였다가 산소결핍으로 사망

2명 사망

사례 ② 상수도 긴급 누수 복구공사

- 2025년 7월 상수도 누수 복구공사를 위해 맨홀 내부에 누수 원인을 찾기 위해 진입하였다가 산소결핍으로 사망

2명 사망

사례 ③ 중계펌프장 맨홀 작업

- 2023년 9월 중계펌프장 주변 침수원인 조사 용역 중 유량계 설치 가능 여부 사전 조사를 위해 맨홀에 진입하였다가 산소결핍으로 사망

2명 사망

사례 ④ 상수도 맨홀 작업

- 2023년 7월 상수도 맨홀 내부(깊이 4~5m)의 상수관로 누수 부위 보수작업 중, 작업자 1명이 일산화탄소 중독에 의해 쓰러지고 이를 구조하기 위해 내부로 진입한 2명도 중독

1명 사망

2명 부상

사례 ⑤ 오수관 맨홀 작업

- 2023년 5월 막힌 오수관 준설작업을 위해 맨홀(깊이 5.7m)에 진입하여 작업 중 유해가스(황화수소)에 중독되어 사망

2명 사망

사례 ⑥ 골프장 맨홀 작업

- 2022년 6월 골프장 필드 내 맨홀(깊이 3.1m)에서 작업자 1명이 지하수 사용량 검침을 위해 내부로 내려가던 중 산소결핍으로 사망

1명 사망

사례 ⑦ 하수도 맨홀 작업

- 2020년 6월 빗물받이 신설공사 현장에서 사전조사를 위해 맨홀 내부로 들어가다가 추락하자 주변에 있던 작업자가 구조를 위해 내부로 진입하였다가 황화수소에 중독되어 사망

2명 사망

사례 ⑧ 상수도 맨홀 배수작업

- 2019년 5월 상수도 맨홀 내부에서 배수작업 중 양수기에서 발생한 일산화탄소에 중독되어 1명 사망, 2명 부상

1명 사망

2명 부상

사례 ⑨ 통신 맨홀 내 광케이블 정리작업

- 2018년 9월 맨홀 내부에서 광케이블 정리 작업자가 맨홀 내부 철구조물의 산화에 의한 산소결핍으로 바닥으로 추락하자 동료 근로자가 구조하려고 들어가다가 쓰러져 1명 사망, 1명 부상

1명 사망

1명 부상

부록 7. 지방정부·공공기관 질식사고 위험업무 입찰공고문 등 권고(안)

1 입찰공고문 포함 문구(안)

1. 하도급을 불허하는 경우

- 입찰참가 자격(또는 안전·보건확보 의무) : 다음의 조건을 모두 충족하는 자

가. 공동도급은 불가합니다.(또한 본 사업은 하도급을 불허하는 사업입니다.)

나. 계약상대자는 계약체결 시 「산업안전보건법」 제39조에 따른 산소결핍 등에 의한 질식사해 예방을 위해 필요한 장비 및 인력을 보유하여야 합니다.

※ 장비와 인력의 기준

1. 보유장비는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제619조의2에 따른 사업주의 의무이행에 필요한 산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기장치(환기팬 및 이동식 덕트), 공기호흡기 또는 송기마스크를 말함
2. 보유인력은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제619조의2제2항 각호의 사항을 숙지한 사람으로서 산업위생산업기사 또는 대기환경산업기사 이상의 자격을 취득한 사람이거나 한국산업안전보건공단 또는 「산업안전보건법」 제33조에 따른 안전보건교육기관에서 관련 교육을 이수한 사람을 말함

1) 입찰공고문 포함 문구(안)이 지방자치단체로 시달될 경우, 한국산업안전보건공단은 인터넷 원격교육을 통해 관련 교육을 제공하고, 교육수수증을 온라인으로 발급할 예정, 2) 50인 미만 중·소규모 사업장의 사업주에 대해서는 장비구입 비용 지원(약 70% 수준)

2. 하도급을 허용하는 경우

- 입찰참가 자격(또는 안전·보건확보 의무) : 다음의 조건을 모두 충족하는 자

가. 본 사업을 하도급하는 경우에는 발주자의 승인을 받아야 하며, 이때 입찰참가자는 하도급 사업자가 '나'항에 따른 장비와 인력을 보유하고 있음을 확인하여야 합니다.

나. 계약상대자는 계약체결 시 「산업안전보건법」 제39조에 따른 산소결핍 등에 의한 질식사해 예방을 위해 필요한 장비 및 인력을 보유하여야 합니다.

※ 장비와 인력의 기준

1. 보유장비는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제619조의2에 따른 사업주의 의무이행에 필요한 산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기장치(환기팬 및 이동식 덕트), 공기호흡기 또는 송기마스크를 말함
2. 보유인력은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제619조의2제2항 각호의 사항을 숙지한 사람으로서 산업위생산업기사 또는 대기환경산업기사 이상의 자격을 취득한 사람이거나 한국산업안전보건공단 또는 「산업안전보건법」 제33조에 따른 안전보건교육기관에서 관련 교육을 이수한 사람을 말함

2 과업지시서 포함 문구(안)

밀폐공간 작업 시 안전관리 주요내용

가. 밀폐공간(맨홀 등)에 직접 출입하여 수행하는 모든 작업 시 계약상대자는 다음의 안전조치를 이행하여야 한다.

1) 현장 사전준비

- 맨홀 등 밀폐공간 작업에 필요한 안전장비*와 대피 및 구조에 필요한 장비**의 사전 확인(정상 가동상태 확인 병행), 작업근로자 등(감시자 포함)의 교육을 실시하여야 한다.

* 안전장비 : 산소 및 유해가스 농도 측정기, 환기장치 및 이동식 덱트, 공기호흡기 또는 송기 마스크, 전원(소형발전기, 배터리 등)

** 대피 및 구조에 필요한 장비 : 공기호흡기 또는 송기마스크, 사다리 및 섬유로프, 그네식 안전대, 도르래가 부착된 삼각대 등

- 관계 근로자 외 출입을 금지하고, 질식 위험이 있음을 알리는 표지(가로 21cm, 세로 29.7cm 이상)를 출입구에 게시하여야 한다.

2) 산소 및 유해가스 농도 측정

- 계약상대자는 산소 및 유해가스 농도 측정기를 측정자(측정 및 평가에 관한 지식과 실무경험이 있는 자)에게 지급하여야 한다.
- 작업 전 반드시 내부 산소 및 유해가스(황화수소, 일산화탄소, 이산화탄소 등) 농도를 측정해야 한다.
- 측정결과 및 적정 공기 유지 여부는 작업일지에 기록(영상기록도 가능)하여 보존해야 하며, 발주자 또는 발주자가 지정한 사람의 요구 시 즉시 제출해야 한다.

* (참고) 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제618조제3호에 따라 “적정 공기”란 산소 농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 말한다.

3) 작업의 개시

- 환기장치(이동식 덕트를 포함), 공기호흡기 또는 송기마스크를 현장에 비치하고, 사용 가능한 상태를 유지하여야 한다.
- 측정결과 “적정 공기”가 유지되고 있는지 확인 후 작업을 개시하여야 한다.
- “적정 공기”가 유지되지 않는 경우에는 지체 없이 발주자 또는 발주자가 지정하는 사람에게 해당 사실을 알리고, 충분한 환기 후 공기호흡기 또는 송기마스크를 착용하고 안전하게 작업을 실시하여야 한다.

4) 작업 전·작업 중 강제한기 조치

- 작업 시작 전과 작업이 진행되는 동안에는 반드시 환기팬 등 기계식 환기장치를 이용하여 강제 환기를 실시해야 한다(급기 덕트 끝단을 작업자 가까이 설치하여 가동).

5) 감시인 배치 및 비상대응 체계

- 밀폐공간 내부 작업 시, 외부에는 반드시 감시인을 배치하여 내부 작업자와 상시 소통해야 한다.
- 내부 작업자에게 이상 상황 발생 시, 감시인 및 외부 작업자는 공기호흡기 또는 송기마스크 등 안전장비 없이 임의로 구조 활동을 해서는 안 되며, 즉시 관할 소방관서(119)에 신고하고 발주자에게 해당 사실을 알려야 한다.

6) 밀폐공간 작업 사전 허가

- 모든 밀폐공간 작업은 당일 작업 시작 전, 발주처가 지정한 사람(감독관, 감리인 등)의 작업 허가를 취득한 후에만 시작할 수 있다.
- 작업 시작 전 산소 및 유해가스 농도, 환기장치 가동상태, 감시인 배치 등 작업 조건이 적정한 경우 작업 허가를 요청할 수 있다.

7) 안전보건교육 실시

- 발주자는 작업 투입 전, 작업자의 밀폐공간 위험성 및 안전수칙 숙지 여부를 확인할 수 있으며, 필요하다고 판단될 경우 계약상대자에게 추가 교육을 요구할 수 있다.

나. 계약상대자는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제619조에 따른 밀폐공간 작업 프로그램 수립·시행 시 전항(‘가’항)의 내용을 포함하여 근로자가 안전한 상태에서 작업하도록 하여야 한다.

3 시방서 포함 문구(안)

밀폐공간 작업 시 안전관리 주요내용

1. 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행: 수급인은 밀폐공간에서 작업을 할 경우, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제619조에 따라 밀폐공간 작업 프로그램을 수립하고 시행해야 한다. 이 프로그램에는 다음 내용이 포함되어야 한다.

- 가. 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안
- 나. 밀폐공간 내 유해·위험 요인 파악 및 관리 방안
- 다. 안전보건교육 및 훈련에 관한 사항
- 라. 작업 시작 전 산소 및 유해가스 농도 측정 결과와 후속 조치 사항
- 마. 비상연락체계 구축에 관한 사항

2. 작업 전 안전 조치: 밀폐공간에서 작업을 시작하기 전에 다음 사항을 철저히 확인해야 한다.

- 가. 출입금지 조치 : 관계 근로자 외 출입을 금지하고, 질식 위험이 있음을 알리는 표지(가로 21cm, 세로 29.7cm 이상)를 출입구에 게시해야 한다.
- 나. 측정기 지급 : 산소 및 유해가스 농도 측정기를 측정 및 평가에 관한 지식과 실무경험이 있는 자에게 지급하여야 한다.
- 다. 공기 상태 측정 : 작업 당일 작업을 시작하기 전, 작업 중단 후 다시 시작하기 전, 그리고 작업 중 수시로 산소 및 유해가스 농도(황화수소, 일산화탄소, 이산화탄소 등)를 측정하여야 한다.
- 라. 기록·평가 : 측정결과 및 적정 공기 유지 여부를 작업일지에 기록(영상기록도 가능)하여 보존해야 하며, 발주자 또는 발주자가 지정한 사람의 요구 시 즉시 제출해야 한다.
* (참고) 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제618조제3호에 따라 “적정 공기”란 산소 농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 말한다.
- 마. 환기 : 작업 시작 전과 작업 중에도 지속적인 환기를 실시하여 적정 공기 상태를 유지해야 한다.
- 바. 보호 장비 확보: 송기마스크 또는 공기호흡기, 사다리 및 섬유로프, 그네식 안전대, 도르래가 부착된 삼각대 등 비상상황에 대비한 대피 및 구조에 필요한 장비를 확보하고 근로자에게 지급해야 한다.

3. 작업 중 안전관리

- 가. 감시인 배치: 밀폐공간 외부에 상시 작업 상황을 감시할 감시인을 지정하여 배치해야 한다. 감시인은 작업자에게 이상이 있을 경우 구조 요청 등 필요한 조치를 해야 한다.
- 나. 연락 체계: 밀폐공간 작업자와 감시인 사이에 상시 연락할 수 있는 장비 및 설비를 갖추어야 한다.
- 다. 인원 점검: 작업자가 입장하거나 퇴장할 때마다 인원을 점검해야 한다.
- 라. 화기 사용 금지: 작업 시 하수도 시설 및 가스관 부근에서는 절대로 화기를 사용해서는 안 된다.

- 4. 사고 발생 시 조치: 작업 중 사고 발생 시에는 관할 소방관서(119)에 신고하고, 긴급 연락망에 의거 즉시 발주처와 유관부서에 보고하는 동시에 신속하게 필요한 조치를 해야 한다. 이때, 동료들을 구출하려 할 때에도 공기호흡기 또는 송기마스크를 반드시 착용하여야 한다.

- 5. 제출 서류: 수급인은 밀폐공간 작업 시작 전에 발주처 또는 발주처에서 지정하는 자에게 다음의 서류를 제출하여 승인을 받아야 한다.

- 가. 밀폐공간 작업허가서
- 나. 밀폐공간 교육 결과보고서(산업안전보건법 시행규칙 별표 5 참조)

부록_8. 찾아가는 질식재해예방 원콜서비스 사업안내

2026 - 산업보건실 - 299

질식재해예방 원콜(One-Call) 서비스 안내

**안전이
가장 빠릅니다**

찾아가는 질식재해예방 원콜(One-Call) 서비스

밀폐공간, 한 번의 호흡으로 사망할 수 있습니다.

작업 전 **1644-8595**로 연락주시거나 **QR코드**를 통해
온라인으로 **원콜(One-Call)** 서비스를 신청하세요!

✓ 밀폐공간이란 반드시 사방이 막힌 공간이 아니라 정화조, 저장고, 맨홀, 탱크 등 환기가 불충분하여
가스나 산소결핍에 의해 질식사고를 일으킬 수 있는 공간

QR코드로
온라인 신청하기

원콜(One-Call) 서비스란?

밀폐공간 작업 실시 전에 전문가가 직접 방문하여 ① 장비대여 및 사용방법 교육 ② 밀폐공간 안전수칙 기술지도
③ 밀폐공간 안전수칙 교육 등을 무상으로 지원하는 질식사고 예방 종합서비스

종합 서비스 내용

- ☑ 밀폐공간 위험성
- ☑ 측정방법
- ☑ 환기방법

밀폐공간 안전수칙 교육

- ① 가스측정기
- ② 환기팬
- ③ 송기마스크
- ④ 삼각대(원체)

장비대여 및 사용방법 교육

가스농도
측정

기술지도

신청방법 및 절차

전화 또는 온라인 신청

1644-8595

사업장

접수

안전보건공단 [원콜(One-call) 서비스 수행기관]

현장서비스

- 가스농도 측정
- 장비대여 - 기술지도
- 안전수칙 교육

장비회수

※ 밀폐공간작업 3일전까지 신청하여 주시기 바랍니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

안전작업절차 및 수칙

질식재해 예방을 위한 필수 안전수칙 체크

우리 사업장의
질식사망위험 장소를
찾는 것이
중요합니다.



① 밀폐공간 무단 출입금지 조치

(경고표지 부착)

② 작업 전, 중 수시 산소 및 유해가스 농도측정

③ 작업 전, 중 환기팬으로 환기

※ 최소 30분 이상 밀폐공간 체적의 10배 이상 신선한 공기로 환기

④ 송기마스크 또는 공기호흡기 착용



밀폐공간
안전수칙 확인하기

긴급상황 발생 시 무조건 119에 먼저 신고

주요 질식재해 사례



모·폐수처리장

집수조 내 펌프교체 중
황화수소 중독(2명 사망)



맨홀

하수관거 공사현장 관로확인 중
황화수소 중독(2명 사망)



양돈농가

집수조 분뇨 슬러지 제거 중
황화수소 중독(2명 사망)



지하 집수정

수중모터 수리작업 중
산소결핍(3명 사망)



화학설비

반응기 내부 청소 중
질소가스 누출로 인한 산소결핍(1명 사망)



콘크리트 보온양생

갈탄 보충 작업 중
일산화탄소 중독(1명 사망)

※ 기타 위험장소: 물탱크, 상하수도관, 저장용기, 용접배관, 집진설비 등.

부록_9. 밀폐공간 출입금지 표지(산업안전보건 기준에 관한 규칙 별지 제4호)

질식 위험공간

“관계자외 출입금지”

위험

출입전 산소 및 유해가스 농도 측정
작업 전 · 작업 중 지속적인 환기
구조작업시 공기호흡기 또는 송기마스크 착용

담당자 :

연락처 :

맨홀작업 안전가이드

질식·추락사고 예방

발행일 2026년 4월 초판 발행

발행인 김현중

발행처 안전보건공단 산업보건실

집 필 안전보건공단 산업보건실
가천대학교 직업환경의학과 교수 함승헌
/ 보건대학원 산업및환경보건전공

주 소 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 (052)703-0648

< 비 매 품 >

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물입니다.
무단 전재와 복제를 금하며, 이 책 내용의 일부 또는 전부를 사용하려면
우리 공단의 동의를 받아야 합니다.
