

부울경 제조업 적응 가이드북 — 조립편

정해진 토크로, 정해진 순서대로

부산·울산·경남에서 조립 일을 시작하는 분께

이름

회사

부서·직무

입사일

2026-08-18 발행 · 약 46쪽 · biz360.kr

차례

1부 · 안전과 권리

— 산업안전 기초 · 화재 예방과 소방 안전 · 전기 안전 · 환경관리 기초 · 화학물질 안전관리 · 근로자 권리와 노동법

2부 · 조립 실무

— 조립 작업 기초 · 공압/유압 시스템 기초

3부 · 부록

— 현장 용어집

이 책에 대해

안전과 권리 6개 모듈은 한 줄도 줄이지 않고 전문을 실었고, 조립 모듈 2개도 전문 그대로 담았습니다. 전입신고(14일 이내)·체류지 변경 같은 정착 행정과 현장 오리엔테이션·5S·도면 읽기는 이 책에 없습니다 — 공통편(biz360.kr/guidebook)에 있습니다. 모든 모듈의 전문과 최신본은 biz360.kr/ojt 에서 무료로 보실 수 있습니다.

법령·기한은 발행일 기준입니다. 안전 수칙은 현장 지시와 사업장 규정이 우선합니다. 이 책은 법률 자문이 아닙니다.

안전과 권리

이 책 한 권만 받은 사람도 있습니다. 그래서 안전과 권리는 어느 판에서나 전문을 씁니다.

안전과 권리

다치지 않는 것이 먼저이고, 받을 것을 받는 것이 그다음입니다.

산업안전 기초

안전은 선택이 아니라 의무입니다

배우는 것

- 산업안전보건법 기본 내용을 이해한다
- 개인보호구(PPE)를 올바르게 착용한다
- 위험 상황 대처법을 익힌다

산업안전보건법 개요

근로자의 권리와 의무, 사업주 안전배려의무, 산업재해 신고 절차, 안전보건교육 이수 요건을 학습합니다.

왜 산업안전보건법을 알아야 하나요?

제조 현장에서 일하는 모든 사람은 산업안전보건법(산안법)의 보호를 받아요. 이 법은 1981년 제정 이후 수십 차례 개정되며 한국 산업 현장의 사고를 줄여왔어요. 신입이라도 입사 첫 주 안에 반드시 알아야 할 핵심 4가지를 짚어볼게요.

1. 근로자의 4대 권리

- **알 권리:** 작업장에서 사용하는 화학물질, 위험 기계, 사고 통계를 알 권리. 회사는 MSDS(물질안전보건자료)와 작업환경측정 결과를 게시해야 해요.
- **참여 권리:** 산업안전보건위원회·노사협의회를 통해 의견을 낼 권리. 50인 이상 사업장은 분기 1회 의무 개최.
- **거부 권리:** 급박한 위험이 있을 때 작업을 거부할 권리. 거부 시 어떠한 불이익도 받지 않아요 (산안법 제52조).
- **건강진단 권리:** 일반 건강진단(연 1회) 과 특수 건강진단(소음·분진·유기용제 노출 시 6개월 ~ 1년 1회) 을 회사 비용으로 받을 권리.

2. 근로자의 의무

권리만 있는 게 아니에요. 근로자도 다음 의무가 있어요:

- 안전보건교육 이수 (입사 시 8시간, 매월 정기 교육 2시간)
- 보호구(PPE) 착용
- 위험 작업 시 작업 절차 준수
- 사고·아차사고 발생 시 즉시 신고

3. 사업주의 안전배려의무

회사는 단순히 임금 지급만 하는 게 아니라 **안전한 작업 환경을 제공할 의무**가 있어요 (민법 제655조 + 산안법 제5조). 이를 위반해 사고가 나면:

- **산업재해보상보험** 으로 근로자 치료비·휴업급여 지급

- 사업주 형사 처벌 (중대재해처벌법 시행 후 사망 사고 시 1년 이상 징역)
- 안전관리비 별도 책정 (공사비의 1.5~2.5%)

4. 산업재해 발생 시 신고 절차

[사고 발생]
↓
즉시 119 + 사내 안전관리자
↓
3일 이상 휴업 → 회사가 1개월 내 산업재해조사표 제출 (고용노동부)
↓
사망·중대재해 → 즉시 (24시간 내) 관할 노동지청 신고 의무
↓
근로복지공단 산재 신청 (근로자 직접 가능)

중대재해 정의 (산안법 시행령 제3조):

- 사망자 1명 이상
- 3개월 이상 요양 부상자 2명 이상
- 동시 직업성 질병자 10명 이상

5. 신입 첫 주 체크리스트

- ☐ 입사 시 안전보건교육 8시간 이수 (이수증 보관)
- ☐ 작업장 비상구·소화기·AED 위치 확인
- ☐ 담당 안전관리자 이름·연락처 메모
- ☐ 보호구 사이즈 측정 및 지급 받기
- ☐ 사내 산업재해 신고 양식 위치 확인

출처: 산업안전보건법 (국가법령정보센터) (<https://law.go.kr/법령/산업안전보건법>) · 한국산업안전보건공단(KOSHA) (<https://www.kosha.or.kr>) · 근로복지공단 산재보험 (<https://www.comwel.or.kr>)

개인보호구(PPE) 종류와 착용법

안전모, 안전화, 보안경, 귀마개, 방진마스크, 안전장갑 등 보호구별 올바른 착용법과 점검 방법을 배웁니다.

PPE 가 마지막 방어선입니다

작업 환경 자체를 안전하게 만드는 게 가장 좋지만(공학적 대책), 그래도 남는 위험은 **개인보호구(Personal Protective Equipment, PPE)** 가 막아요. 보호구는 "있다" 가 아니라 "올바르게 착용하고 있다" 가 중요합니다.

6대 기본 PPE

1. 안전모 (Hard Hat)

- **언제:** 머리 위로 떨어질 위험이 있는 모든 작업장 (조선소·건설현장·창고·공장 입고장)
- **착용 점검:**
- 땀이 앞을 향하게 (뒤로 쓰지 않기) - 턱끈 조절 — 손가락 2개가 들어가는 정도 - 헬멧 안 hammock 끈 조정
- **수명:** 제조일로부터 **3년** (충격 후엔 즉시 폐기, 균열·변색·찌그러짐 있어도 폐기)

2. 안전화 (Safety Shoes)

- **종류:**
- **S1:** 일반 작업 (정전기·미끄럼 방지) - **S3:** 못 박힘 방지 + 발등 보호 - **S5:** 절연 (전기 작업)

- **점검:** 발끝 강화재(스틸캡) 변형 없는지, 밀창 마모도, 끈 풀림

3. 보안경 (Safety Glasses) / 보안면 (Face Shield)

- **사용 구분:**

- 보안경: 비산물·먼지 보호 (가공·연마) - 보안면: 강한 충격·화학물질·열 (용접·그라인딩·화학공정)

- **주의:** 일반 안경은 PPE 가 아님! 안경 위에 over-glasses 착용 또는 처방 보안경 별도 구매

4. 귀마개 / 귀덮개 (Hearing Protection)

- **착용 기준:** 소음 **85dB 이상** 작업장 (장시간 노출 시 청력 손실)

- **선택:**

- 귀마개(폼·실리콘): 가볍고 저렴, NRR 25~33dB - 귀덮개(헤드폰형): 탈착 쉬움, NRR 22~30dB - **고소음(110dB+): 귀마개 + 귀덮개 이중 착용**

5. 방진마스크 / 방독마스크 (Respiratory Protection)

종류	용도	등급
방진 1급 (KF80)	일반 분진	80% 차단
방진 2급 (KF94)	미세분진·용접흄	94% 차단
방진 특급 (KF99)	석면·중금속	99% 차단
방독 (정화통)	유기용제·산성가스	가스별 정화통 색상 다름

중요: 수염이 있으면 마스크 밀착 안 됨 → 면도 후 착용

6. 안전장갑 (Safety Gloves)

- **소재별 용도:**

- 면장갑: 가벼운 작업, **회전 기계엔 절대 사용 금지** (말려들어 갈 위험) - 가죽장갑: 용접·열·날카로운 자재 - 니트릴/라텍스: 화학물질·유체 - 절연장갑: 전기 작업 (등급별 1000V~36000V)

착용 순서 ABC

A – Apparel (작업복) 먼저
B – Boots (안전화) 다음
C – Crown (안전모) 마지막
+ 작업별 추가 PPE

일일 점검표 (작업 시작 전 1분)

- ☐ 안전모: 균열·변색·찌그러짐 없음
- ☐ 안전화: 끈 풀림·밀창 마모 점검
- ☐ 보호구: 만료일·오염도 확인
- ☐ 사이즈: 너무 크거나 작지 않음

자주 하는 실수

✗ 더우니까 안전모 벗고 일하기 → 머리 충격 한 번에 사망 사고 ✗ 안전화 끈을 풀고 신기 (편의) → 밀창 빠짐, 발 다침 ✗ 일회용 마스크 한 달 사용 → 차단 성능 일주일이면 90% 감소 ✗ 회전 기계 작업 시 면장갑 → 손가락 빨려 들어감 (실제 산재 사망 원인 상위)

출처: KOSHA 안전보건자료실 — PPE 가이드 (<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/safetyAndHealthGuide.do>) · 산업용 안전모 KS 인증 (한국산업표준) (<https://standard.go.kr>)

위험 예지 훈련(KYT)

작업 전 위험요소를 사전에 발견하고 대책을 세우는 4라운드 KYT 기법을 실습합니다.

KYT 가 무엇인가요?

KYT(危険予知トレーニング, Kiken Yochi Training) = "위험 예지 훈련". 일본에서 시작된 사고 예방 기법으로, 작업 시작 전 5~10분간 팀원이 함께 위험을 찾아내고 대책을 결정하는 활동이에요.

한국에서는 **TBM-KY** (Tool Box Meeting + KY) 라는 이름으로 매일 아침 작업조회에서 실시하는 회사가 많아요.

KYT 4라운드 (가장 표준적인 형식)

1라운드: 사실 파악 — "어떤 상황인가?"

작업 사진이나 도면을 보고 **객관적 사실** 만 나열해요. 추측·평가 금지.

예시 (조선소 용접 작업 현장 사진):

- 작업자가 좁은 곡블록 안에서 용접 중
- 산소 농도 측정기는 입구 쪽에 있음
- 용접면 미착용, 안전모 챙이 뒤로 향함
- 바닥에 호스 2개가 놓여있음
- 화기 작업 허가서 미게시

2라운드: 본질 추구 — "위험 요인이 뭐가?"

1라운드의 사실에서 **잠재 위험** 을 추출. "~할 가능성이 있다" 형태로.

- 산소 결핍 → 질식 사고
- 용접면 없음 → 강한 광선에 각막 화상
- 호스 → 발 걸려 넘어짐
- 화기 허가서 없음 → 절차 위반 + 화재 위험

3라운드: 대책 수립 — "어떻게 막을까?"

각 위험에 대해 **구체적인 대책** 을 결정. 실행 가능한 것만.

위험	대책	담당
산소 결핍	작업 시작 전 산소 농도 19.5%↑ 확인, 입구 환기팬 설치	작업자 본인
광선 화상	용접면 즉시 착용, 차광도 #10 이상	작업자 본인
호스 걸림	호스 정리·고정, 통로 확보	조장
화기 허가	작업 전 허가서 발급 + 작업장 게시	안전관리자

4라운드: 목표 설정 — "오늘 우리의 행동 목표는?"

팀이 **함께 외칠 한 줄 슬로건** 을 만들어요. 짧고 구체적으로.

> "좁은 곳 들어가기 전 산소 측정 — 하나, 둘, 셋!" < 팀원 모두 큰소리로

왜 슬로건을 외치나요?

뇌과학적으로 소리내어 말한 정보의 회상률은 목록보다 **35% 높음** (Hopper, 1976). 작업 중 위험 상황에 마주쳤을 때 슬로건이 머릿속에 떠올라요.

TBM-KY 실시 흐름 (매일 아침 5분)

08:55 작업조회 시작



조장이 오늘 작업 내용 공유 (1분)



KYT 4라운드 (3분)



역할 분담 + 슬로건 제창 (1분)



09:00 작업 투입

신입이 KYT 에서 잘하는 법

1. **시각적으로 자주 본 곳을 다시 의심하기** — 익숙해지면 위험을 못 봐요
2. **"이게 위험할까?" 질문 우선** — 침묵보다 질문이 생명을 구함
3. **선배의 경험담 듣기** — 과거 사고·아차사고 사례
4. **체크리스트 만들기** — 자기 작업장 위험 5개 적어두고 매일 확인

부울경 산업별 KYT 핵심 위험 TOP 3

- **조선/해양:** 밀폐공간 산소 결핍 / 추락 / 화기 작업 폭발
- **자동차부품:** 회전기계 협착 / 프레스 양손 미사용 / 운반 중 발등
- **건설/토목:** 추락 / 낙하물 / 감전
- **화학/소재:** 화학물질 누출 / 정전기 폭발 / 호흡 보호구 미착용

각 산업별 세부 KYT 모듈은 해당 카테고리에서 별도 학습.

출처: KOSHA — TBM-KY 활성화 매뉴얼 (<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/safetyAndHealthGuide.do>) · 안전보건교육포털 (<https://www.koshasafety.or.kr>)

응급처치 기초

화상, 절상, 감전, 협착 사고 시 초동대처법과 AED 사용법을 학습합니다.

응급처치의 골든 4분

심정지·심한 출혈 사고에서 **첫 4분이 생사를 가른다** 는 말이 있어요. 119 가 도착하기 전 동료가 어떻게 대처했는지가 결과를 바꿉니다. 신입이라도 4가지 사고는 반드시 알아두세요.

1. 화상 (Burn)

분류

도수	깊이	증상	대처
1도	표피	빨강고 따가움	차가운 물 15~20분
2도	진피	물집·심한 통증	물집 터뜨리지 말고 수건 덮어 즉시 병원
3도	피하조직	감각 없음·검게 변함	옷 떼지 말고 119

즉시 대처

1. **차가운 흐르는 물 15~20분** (얼음 직접 X — 동상 위험)
2. 시계·반지·금속 제거 (붓기 전에)
3. 옷이 살에 붙어 있으면 **떼지 않음** — 그대로 병원

4. 화학화상 (산·알칼리) 은 즉시 다량의 물로 20분 이상

2. 절상 (Cut, Laceration)

출혈 정도별

- 소량 출혈 (스미는 정도): 깨끗한 수건으로 5분 압박, 소독 후 밴드
- 중간 출혈 (뚝뚝): 압박 + 환부 심장보다 높이, 10분 후에도 안 멎으면 119
- 다량 출혈 (분수처럼): 동맥 손상 가능성. 직접 압박 + 119, 압박대(tourniquet) 는 마지막 수단

절단 사고 (손가락·발가락)

1. 절단된 부위 출혈 압박
2. 절단된 부분을 깨끗한 천 → 비닐 → 얼음물에 띄움 (얼음에 직접 닿지 않게)
3. 6시간 내 봉합 가능 (시간이 생명)

3. 감전 (Electric Shock)

절대 원칙: 전원 먼저 차단

⚠ 감전된 사람을 맨손으로 만지면 같이 감전. 다음 순서:

1. 차단기·콘센트 먼저 끄기
2. 차단 불가능하면 마른 나무 막대기·플라스틱 으로 환자에서 전원 분리
3. 환자 의식·호흡 확인
4. 호흡 없으면 CPR (심폐소생술) + 119

CPR 30:2

가슴 압박 30회 (분당 100~120회, 깊이 5~6cm)

↓

인공호흡 2회

↓

반복 (구급차 도착까지)

4. 협착 / 끼임 사고

회전 기계·프레스에 손·옷이 끼었을 때:

1. 즉시 기계 정지 (Emergency Stop) — 모든 기계엔 빨간 비상정지 버튼
2. 끼인 부위를無理하게 빼지 않음 — 더 큰 손상 위험
3. 가능하면 기계 역회전으로 빼냄 (조장·정비 담당 호출)
4. 119 + 의료진이 도착할 때까지 체온 유지, 환자 의식 유지

AED (자동심장충격기) 사용법

부울경 대부분 산업단지·공공시설에 AED 가 비치되어 있어요. 사용은 누구나 가능하고 법적 면책됩니다.

4단계

1. 전원 ON — 음성 안내 시작
2. 패드 부착 — 오른쪽 쇄골 아래 + 왼쪽 갈비뼈 옆 (그림 표시됨)
3. 분석 중 대기 — "환자에게서 떨어지세요" 안내. 모두 환자 미접촉
4. 충격 버튼 — 안내 시 빨간 버튼 누름. 충격 후 즉시 CPR 재개

⚠ 물기·금속·약물 패치 위에 패드 부착 X — 화상·전기 분산 위험

응급처치 후 반드시 할 것

- 사고 시간·상황 메모 (병원 진단·산재 신청 시 필요)
- 안전관리자 즉시 보고
- 작업장 사진 촬영 (현장 보존)
- 산재 신청 가이드 (모듈 1: 산업안전보건법 개요 참조)

사내에서 미리 준비할 것

- ☐ 비상 연락망 (안전관리자·119·근처 응급실) 작업장 게시
- ☐ 응급처치함 위치 + 내용물 점검 (월 1회)
- ☐ AED 위치 모든 직원이 알고 있기
- ☐ 사내 응급처치 교육 이수 (KOSHA 무료 교육 가능)

출처: 대한심폐소생협회 — CPR 가이드 (<https://www.kacpr.org>) · 응급의료포털 (E-gen) (<https://www.e-gen.or.kr>) · KOSHA 응급처치 교육 (<https://www.kosha.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 보호구 착용 셀프 체크리스트
- KYT 4라운드 모의 훈련
- AED 사용 시뮬레이션

화재 예방과 소방 안전

초기 진화가 피해를 90% 줄인다

배우는 것

- 화재 유형별 소화기 선택을 할 수 있다
- 대피 경로를 숙지한다

화재 분류

A급(일반), B급(유류), C급(전기), D급(금속), K급(주방) 화재의 구분과 적합한 소화기를 배웁니다.

불이라고 다 같은 불이 아닙니다

화재는 타는 물질에 따라 등급이 나뉘어요. 등급을 모르고 아무 소화기나 쓰면 불이 꺼지기는커녕 더 커지거나 감전됩니다. 그래서 소화기 몸통에는 반드시 "A·B·C" 같은 적응 화재 표시가 붙어 있어요.

5가지 화재 등급

등급	이름	타는 것	현장 예시	소화기 표시색
A급	일반화재	나무·종이·섬유·플라스틱	포장 박스, 파렛트, 작업복	백색
B급	유류화재	기름·페인트·시너·LPG	절삭유, 세척유, 도료	황색
C급	전기화재	전기가 흐르는 설비	배전반, 모터, 케이블	청색
D급	금속화재	마그네슘·알루미늄 분말	가공 칩(chip), 연마 분진	무색
K급	주방화재	식용유	구내식당 튀김기	—

등급별로 왜 소화 방법이 다른가

- A급은 물이 가장 잘 들어요. 물이 온도를 낮춰 불씨까지 꺼줍니다.

- **B급에 물을 뿌리면 절대 안 됩니다.** 기름이 물 위에 떠서 불이 사방으로 퍼져요. 거품(포)이나 분말로 덮어서 산소를 차단해야 합니다.
- **C급에 물을 뿌리면 감전됩니다.** 전기를 통하지 않는 CO2나 분말을 쓰고, 가능하면 **먼저 차단기를 내리세요.**
- **D급에 물은 폭발입니다.** 금속 분말이 물과 반응해 수소를 만들어요. 전용 금속화재 소화약제(D급 분말)나 마른 모래를 씁니다.
- **K급은 식용유 온도가 발화점보다 높아 잠깐 꺼져도 다시 붙어요.** 전용 K급 소화기로 유면에 막을 만들어야 합니다.

현장에서 가장 많이 보는 소화기

ABC 분말소화기가 표준입니다. A·B·C 세 등급에 모두 쓸 수 있어서 공장 어디에나 비치돼 있어요. 다만 **D급과 K급에는 쓸 수 없다**는 걸 기억하세요. 가공 칩이 쌓이는 기계가공 현장, 튀김기가 있는 구내식당은 **별도 소화기가 따로 있어야 합니다.**

출근 첫 주에 확인할 것

- ☐ 내 작업 구역에서 가장 가까운 소화기 위치 (보통 20m 이내)
- ☐ 그 소화기의 적응 화재 표시(A·B·C 중 무엇인지)
- ☐ 우리 공정에서 날 수 있는 화재 등급 (예: 절삭유 쓰면 B급, 배전반 옆이면 C급)
- ☐ 소화기 압력계 바늘이 **녹색 범위에** 있는지 (빨간색이면 즉시 보고)

출처: 소방청 — 국민재난안전포털 소화기 사용법 (<https://www.safekorea.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방안전교육 (<https://www.kfsi.or.kr>) · 안전보건공단 — 화재·폭발 예방자료 (<https://www.kosha.or.kr>)

소화기 사용법

분말·CO2·포소화기의 사용 방법 "핀→노즐→방사" 3단계를 실습합니다.

소화기는 "쓸 줄 알아야" 소화기입니다

공장에 소화기가 아무리 많아도, 막상 불이 났을 때 손이 얼어붙으면 소용없어요. 실제 화재에서 소화기로 진화 가능한 시간은 **초기 2분 이내**입니다. 몸이 기억하도록 순서를 외워두세요.

기본 4단계 — "안전핀·노즐·손잡이·비질"

1. 안전핀을 뽑는다 — 손잡이를 잡은 채로 뽑으면 안 빠져요. **손잡이에서 손을 떼고** 핀만 잡아당깁니다.
2. 노즐(호스)을 불 쪽으로 향한다 — 노즐 끝을 잡으세요. 몸통만 들고 쓰면 엉뚱한 곳으로 날아갑니다.
3. 손잡이를 힘껏 움켜쥐다 — 살살 쥐면 약제가 안 나와요.
4. 비질하듯 좌우로 쓸어 뿌린다 — **불꽃이 아니라 불의 밑동(연료 표면)** 을 노립니다. 불꽃에 쓰면 약제가 그냥 날아가요.

종류별 주의사항

종류	특징	주의할 점
분말(ABC)	가장 흔함, 방사 시간 10~15초	시야가 하얗게 가려짐 — 뿌리기 전에 대피로를 등지고 서기
CO2(이산화탄소)	잔여물 없음, 전기설·정밀기기용	노즐이 영하 78°C — 뿔대(흔)를 맨손으로 잡으면 동상. 밀폐공간에서 쓰면 질식 위험
포(폼)	유류화재에 강함	전기화재에 쓰면 감전

반드시 지킬 3가지

- **등지고 서세요.** 항상 출입구·대피로를 등지고 불을 마주봅니다. 불을 등지면 퇴로가 막혀요.
- **바람을 등지세요.** 실외라면 바람을 등져야 약제와 열기가 나에게 오지 않아요.
- **2분 안에 안 꺼지면 포기하고 대피하세요.** 소화기 1대의 방사 시간은 15초 남짓입니다. 불길에 **내 키를 넘으면** 이미 소화기의 범위를 벗어난 겁니다.

"불이야"를 먼저 외치세요

혼자 끄려다 늦는 경우가 많아요. 순서는 ① 크게 알린다 → ② 119 신고 → ③ 초기 진화입니다. 주변에 사람이 있으면 역할을 나누세요.

> "OO씨, 119 신고해주세요!" 처럼 **특정인을 지목**해야 실제로 움직입니다.

실습 체크리스트

- ☐ 안전핀을 손잡이 놓고 뽑아봤다
- ☐ 노즐 끝을 잡고 방향을 조준했다
- ☐ 불의 밀동을 좌우로 쓸었다
- ☐ 대피로를 등지고 섰다

출처: 소방청 — 소화기 사용법 안내 (<https://www.nfa.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방시설 실무교육 (<https://www.kfsi.or.kr>) · 안전보건공단 — 사업장 초기대응 매뉴얼 (<https://www.kosha.or.kr>)

대피 훈련

비상구 위치 확인, 대피 경로, 집결지, 소방 비상연락망을 숙지합니다.

연기는 불보다 빠릅니다

화재 사망 원인의 대부분은 화상이 아니라 **연기 질식**이에요. 연기는 1초에 수직 **3~5m**, 수평 **0.5~1m** 속도로 퍼집니다. 계단실을 타고 올라가는 속도가 사람이 뛰는 속도보다 빨라요.

그래서 대피는 "불을 보고 나서"가 아니라 **경보를 듣는 즉시** 시작해야 합니다.

대피 4원칙

1. **낮은 자세로** — 연기는 위로 뜨기 때문에 바닥 쪽에 신선한 공기가 남아요. 무릎으로 기어서 이동합니다.
2. **젖은 수건으로 코와 입을 막고** — 없으면 옷소매라도 대세요. 유독가스를 조금이라도 거릅니다.
3. **벽을 짚고 한 방향으로** — 연기 속에서는 앞이 안 보여요. 한쪽 벽을 계속 짚고 가면 출구에 닿습니다.
4. **엘리베이터 절대 금지** — 정전되면 갇히고, 승강로가 연기 굴뚝이 돼요. **반드시 계단**입니다.

한 번 나가면 다시 들어가지 않습니다

물건을 두고 왔다고 되돌아가는 순간이 가장 위험해요. 두고 온 것은 포기하세요.

집결지에서 인원 확인

대피의 마지막 단계는 "**전원 나왔는가**" 확인입니다. 집결지에 모여 조/반별로 인원을 세고, 안 보이는 사람이 있으면 **직접 찾으러 가지 말고** 소방대에 위치를 알려주세요.

입사 첫날 반드시 확인할 4가지

- ☐ **내 자리에서 가장 가까운 비상구 2곳** (1곳이 막힐 수 있으니 반드시 두 곳)
- ☐ **집결지 위치** (보통 주차장이나 정문 앞 공터)
- ☐ **경보음이 어떤 소리인지** (사이렌인지 방송인지)
- ☐ **비상연락망** — 안전관리자, 소방안전관리자 연락처

자주 하는 실수

실수	왜 위험한가
비상구 앞에 자재를 쌓아둠	정작 필요할 때 문이 안 열림 — 소방시설법 위반, 과태료 대상
방화문을 열어둠	방화문은 닫혀 있어야 연기를 막아요. 고임목으로 괴어두면 무용지물
경보를 오작동으로 단정	"또 오작동이겠지" 하다 늦습니다. 일단 나가고 나서 확인

> 소방훈련은 연 1회 이상 의무입니다(소방시설법). 형식적으로 참여하지 말고, **실제로 내 동선을 걸어보세요.**

출처: 소방청 — 화재 대피 요령 (<https://www.nfa.go.kr>) · 국민재난안전포털 — 화재 행동요령 (<https://www.safekorea.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방계획서 작성 (<https://www.kfsi.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 소화기 사용 실습
- 비상 대피 동선 확인

전기 안전

감전은 순간, 후유증은 평생

배우는 것

- 감전 사고의 원인과 예방법을 안다
- 전기 작업 안전 수칙을 숙지한다

감전의 위험

인체 감전 경로, 전류량에 따른 위험도(30mA 이상 치명적), 접지의 역할을 학습합니다.

220V도 사람을 죽입니다

"고압만 위험하다"는 오해가 가장 위험해요. 감전 사망 사고의 상당수가 **일반 가정용 220V**에서 발생합니다. 중요한 건 전압이 아니라 **몸에 흐른 전류의 크기와 시간**이에요.

전류량별 인체 영향

전류	몸에 일어나는 일
1mA	찌릿한 느낌 (감지 전류)
5mA	통증, 놀라서 손을 땀
10~20mA	근육 경직 — 손을 땀 수 없음(이탈 불능)
30mA	호흡 곤란, 위험
50mA 이상	심실세동 → 사망
100mA	수초 내 치명적

10mA를 넘으면 스스로 손을 놓을 수 없습니다. 감전된 사람이 전선을 꽂 쥐고 있는 이유가 이것이에요.

옴의 법칙으로 보는 위험

$$\text{전류(I)} = \text{전압(V)} \div \text{저항(R)}$$

마른 손 저항 약 $5,000\Omega \rightarrow 220V \div 5,000 = 44mA$ (위험)

젖은 손 저항 약 $1,000\Omega \rightarrow 220V \div 1,000 = 220mA$ (치명적)

> 땀·물기가 있으면 저항이 1/5로 떨어져 위험이 5배가 됩니다. 여름철 감전 사고가 많은 이유예요.

전류가 지나가는 경로가 생사를 가릅니다

- 손 → 반대편 손, 손 → 발: 전류가 심장을 통과합니다. 가장 치명적.
- 손 → 같은 쪽 발: 심장을 비껴가 상대적으로 덜 위험.

그래서 전기 작업 시 **한 손은 주머니에 넣는(one-hand rule)** 습관이 있어요. 양손을 쓰면 심장을 관통하는 경로가 만들어집니다.

접지가 왜 중요한가

설비 내부에서 전선 피복이 벗겨져 금속 케이스에 닿으면(누전), 사람이 만지는 순간 **사람 몸이 전기가 흐르는 길이** 돼요.

접지선은 전기가 **사람보다 훨씬 저항이 낮은 길(땅)**로 흐르게 만들어줍니다. 그래서 접지선이 끊겨 있거나 연결 안 된 설비가 가장 위험해요.

누전차단기(ELB/RCD)

접지와 짝을 이루는 장치입니다. 들어간 전류와 나온 전류가 다르면(= 어딘가로 새면) **0.03초 안에 차단**해요. 정격 감도전류가 **30mA**인 이유가 바로 위 표의 위험 기준입니다.

- 매월 1회 시험버튼(TEST)을 눌러 정상 작동을 확인하세요.
- 자주 떨어진다고 차단기를 고정하거나 우회하면 절대 안 됩니다. 누전이 있다는 신호예요.

현장에서 지킬 5가지

- ☐ 젖은 손으로 전기 기기를 만지지 않는다
- ☐ 문어발 배선·피복 손상 케이블을 쓰지 않는다
- ☐ 이동식 전동공구는 **접지형 플러그(3핀)** 사용
- ☐ 누전차단기 시험버튼 월 1회 점검
- ☐ 감전자 발견 시 **맨손으로 절대 잡지 말고, 먼저 전원을 차단**하거나 마른 나무·플라스틱으로 떼어낸다

출처: 안전보건공단 — 감전재해 예방 (<https://www.kosha.or.kr>) · 한국전기안전공사 — 전기안전 정보 (<https://www.kesco.or.kr>) · 국가법령정보센터 — 산업 안전보건기준에 관한 규칙(전기작업) (<https://www.law.go.kr>)

전기 작업 안전

차단기 OFF 확인(LOTO), 검전기 사용, 절연장갑/절연화, 활선작업 금지 원칙을 배웁니다.

"꺾꺾지"가 사고를 만듭니다

전기 사고의 전형적인 패턴은 이래요. A가 차단기를 내리고 작업하러 갔는데, B가 "왜 꺼져 있지?" 하며 다시 올립니다. **정전 확인은 반드시 내 눈과 내 손으로.**

정전 작업 5단계

1. 작업 전 회로 확인 — 도면과 실제 배전반 명판이 일치하는지 확인. 라벨이 틀린 경우가 흔합니다.
2. 차단기 OFF + 잠금 — 개인 자물쇠를 걸고 태그를 붙입니다(LOTO).
3. 검전 — 검전기로 무전압을 직접 확인. 이 단계를 건너뛰는 사고가 가장 많아요.
4. 잔류전하 방전 — 콘덴서·인버터는 전원을 꺼도 전기가 남아 있어요. 방전봉으로 접지시킵니다.
5. 단락접지 — 고압 작업에서는 오송전에 대비해 접지를 걸어둡니다.

검전기 사용의 철칙 — "확인 3단계"

검전기 자체가 고장 나 있으면 "전기 없음"이라는 잘못된 신호를 줘요. 그래서 반드시:

1. 살아 있는 회로에 대어 검전기가 반응하는지 확인 (검전기 정상 확인)

2. **작업할 회로**를 검전 → 무반응 확인
3. 다시 **살아 있는 회로**에 대어 검전기가 여전히 정상인지 확인

보호구

보호구	기준
절연장갑	저압용/고압용 구분, 사용 전 공기주입 시험 으로 핀홀 확인
절연화	밀창 손상·물기 확인
절연복·안면보호구	아크 플래시 위험 구간에서 착용
절연 공구	손잡이 피복 손상 시 즉시 폐기

절연장갑은 **6개월마다 정기 절연시험**을 받아야 합니다.

활선작업은 원칙적으로 금지

산업안전보건기준에 관한 규칙은 **정전 작업을 원칙**으로 합니다. 부득이하게 활선으로 해야 한다면:

- 사전에 **작업허가서** 발급
- **감시인 배치** (2인 1조, 단독 작업 금지)
- 절연용 방호구 설치
- 활선 접근 한계거리 준수

> 신입은 **활선작업에 절대 투입되지 않습니다**. 지시받았다면 거부하고 안전관리자에게 알리세요. 이는 산안법이 보장하는 **작업중지권**입니다.

아크 플래시 — 감전보다 무서운 것

배전반에서 단락이 일어나면 순간적으로 **수천 도의 아크**가 발생해요. 감전이 아니라 **화상과 폭풍압**으로 다칩니다.

- 배전반 조작 시 **정면에 서지 말고 옆에서** 조작
- 나일론·폴리에스터 작업복 금지 — 녹아서 피부에 달라붙어요. **면 또는 난연복** 착용

작업 종료 절차

작업이 끝났다고 바로 전원을 올리면 안 됩니다.

1. 공구·자재 회수, 작업자 전원 이격 확인
2. 단락접지 제거
3. **잠금장치는 건 사람이 직접 해제** (남이 대신 풀면 안 됨)
4. 송전 사실을 관계자 전원에게 통보
5. 송전 후 이상 유무 확인

출처: 안전보건공단 — 전기작업 안전보건 기술지침 (<https://www.kosha.or.kr>) · 한국전기안전공사 — 전기설비 안전점검 (<https://www.kesco.or.kr>) · 고용노동부 — 산업안전보건기준에 관한 규칙 (<https://www.moel.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- LOTO 절차 시뮬레이션
- 접지 저항 측정 실습

환경관리 기초

폐수·폐기물·대기 관리

배우는 것

- 기본 환경법규를 이해한다
- 폐기물 분리 배출을 할 수 있다

환경법규 개요

환경영향평가, 배출허용기준, 특정수질유해물질, 대기오염물질 규제의 기본을 배웁니다.

환경 위반은 "모르고 했다"가 통하지 않습니다

환경법 위반은 과태료로 끝나지 않아요. **조업정지·허가취소·형사처벌**까지 이어집니다. 특히 사업주뿐 아니라 **실제 배출을 담당한 직원**도 처벌 대상이 될 수 있어요.

제조업이 걸리는 3대 매체

대기

- **대기오염물질 배출시설** 설치 신고·허가 필요 (도장부스, 건조로, 보일러, 집진기 등)
- 먼지, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(VOCs)이 주요 대상
- **자가측정 의무** — 시설 종별로 반기 1회 ~ 매월

수질

- 폐수배출시설 신고·허가
- **특정수질유해물질**(구리, 납, 크롬, 카드뮴, 시안 등)을 배출하면 규제가 크게 강해집니다. 도금·표면처리 업종이 해당.
- 방류수 수질기준 초과 시 개선명령 → 조업정지

폐기물

- 사업장폐기물 배출자 신고
- **올바로시스템(Allbaro)** 전자인계서 의무

"배출허용기준"은 지역마다 다릅니다

같은 오염물질이라도 **청정지역 / 가지역 / 나지역 / 특례지역**에 따라 기준이 달라요. 부산·울산·경남의 산업단지는 대부분 나지역이지만, 상수원 인근은 훨씬 엄격합니다.

> 우리 공장이 어느 지역 기준을 적용받는지 **환경 담당자에게 반드시 확인**하세요.

신입이 실수하기 쉬운 것

행동	왜 문제인가
세척수를 우수관(빗물관)에 흘림	무단방류 . 우수관은 하천으로 직결됩니다
도장부스 필터 교체 미실시	배출기준 초과 + 화재 위험
집진기 전원을 꺼두고 작업	방지사설 미가동 — 조업정지 사유
폐유를 일반 쓰레기에 버림	지정폐기물 불법처리

우수관과 오수관을 구분하는 것부터 배우세요. 뚜껑 색이나 표시가 다릅니다.

환경영향평가

일정 규모 이상의 사업(산업단지 조성, 대규모 공장 신·증설)은 착공 전 환경영향평가를 받아야 해요. 규모가 작으면 **소규모 환경영향평가**가 적용됩니다.

통합환경허가

대기·수질·폐기물 등 여러 허가를 하나로 묶은 제도예요. **연간 대기·수질 오염물질 배출량이 큰 업종**(발전·정유·화학·비철금속 등 19개 업종)이 대상이며, 5년마다 재검토합니다.

첫 주 확인 체크리스트

- ☐ 우리 공장의 대기·수질 배출시설이 무엇인지
- ☐ 방지시설(집진기·스크러버·폐수처리장) 위치와 가동 상태
- ☐ 우수관 / 오수관 구분 표시
- ☐ 환경 담당자(환경기술인) 누구인지

출처: 환경부 — 환경정책 및 법령 (<https://www.me.go.kr>) · 한국환경공단 — 사업장 환경관리 (<https://www.keco.or.kr>) · 국가법령정보센터 — 대기환경보전법 / 물환경보전법 (<https://www.law.go.kr>)

폐기물 관리

일반폐기물/지정폐기물 구분, 분리 배출, 폐기물 인계서(폐기물관리법)를 학습합니다.

잘못 버리면 배출자가 끝까지 책임집니다

폐기물은 처리업체에 넘겼다고 끝이 아니예요. **배출자 책임 원칙**에 따라, 위탁한 업체가 불법 투기하면 **배출한 회사도 함께 처벌**받습니다. 그래서 위탁업체의 허가증 확인이 중요해요.

사업장폐기물 분류

사업장폐기물
└─ 사업장일반폐기물
| └─ 배출시설계 폐기물 (대기·수질 방지시설에서 나온 것)
| └─ 그 밖의 사업장 폐기물 (사무실 쓰레기, 포장재 등)
└─ 지정폐기물 ← 유해성이 있어 별도 관리

제조 현장에서 나오는 대표 지정폐기물

품목	어디서 나오나
폐유	절삭유, 유압유, 윤활유 교체
폐산·폐알칼리	세척·에칭·도금 공정 (pH 2 이하 / 12.5 이상)
폐유기용제	시너, 세척용 솔벤트
페페인트·페래커	도장 공정, 도장부스 슬러지
폐흡착제·폐흡수제	기름 닦은 걸레, 흡착포, 필터
분진	집진기 포집 분진
폐형광등·폐배터리	조명 교체, 지게차 배터리

> 기름 묻은 장갑·걸레도 지정폐기물(폐흡착제) 입니다. 일반 쓰레기통에 버리면 위반이예요. 이걸 모르는 경우가 정말 많습니다.

보관 기준

- 지정폐기물은 최대 **45일** 보관 가능 (일반은 90일)
- 표지판 부착 의무 — 종류, 보관 가능 용량, 관리책임자, 보관기간
- 바닥은 불침투성 재질, 지붕과 벽으로 바·바람 차단
- 폐유·폐산은 **방지턱(방유제)** 안에 보관
- 서로 반응하는 폐기물은 분리 (폐산 + 폐알칼리, 폐유 + 산화제)

올바로시스템(Allbaro) 전자인계서

폐기물을 넘길 때 종이가 아니라 **전자적으로 인계·인수**를 기록합니다.

1. 배출자가 인계 정보 입력
2. 운반자가 인수 확인
3. 처리업체가 최종 처리 확인
4. **처리 완료까지 시스템에서 추적**

인계서를 안 쓰거나 허위 입력하면 과태료 대상이에요.

위탁 전 반드시 확인

- ☐ 수집·운반업체의 **허가증** (허가받은 품목에 우리 폐기물이 포함되는지)
- ☐ 최종처리업체의 **허가증과 처리 능력**
- ☐ 계약서에 폐기물 종류·수량·처리방법 명시
- ☐ 차량 등록번호가 허가증과 일치하는지

감량이 최선입니다

처리 비용은 계속 오르고 있어요. 순서는 **감량 → 재사용 → 재활용 → 소각 → 매립**입니다.

- 절삭유는 **정제 재사용**으로 폐유 발생량을 크게 줄일 수 있어요
- 포장재는 **회수형 용기**로 전환
- 분리배출을 잘하면 **재활용 가능 품목이 지정폐기물로 섞여** 비싸게 처리되는 걸 막습니다

현장 실수 사례

실수	결과
폐유 드럼에 걸레·장갑 혼입	처리 거부, 재분류 비용 발생
보관기간 45일 초과	과태료
표지판 미부착	과태료
인계서 미작성	과태료 + 불법처리 의심 조사

출처: 한국환경공단 — 올바로시스템(폐기물 적법처리) (<https://www.allbaro.or.kr>) · 환경부 — 폐기물관리 정책 (<https://www.me.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 폐기물관리법 (<https://www.law.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- 폐기물 분류 퀴즈
- MSDS 기반 폐기물 처리 경로 결정

화학물질 안전관리

MSDS를 읽고, 위험을 예방하라

배우는 것

- MSDS의 16개 항목을 이해한다
- GHS 경고표지를 읽을 수 있다

GHS 분류와 경고표지

9가지 GHS 픽토그램(폭발, 인화, 산화, 부식, 독성 등)의 의미를 학습합니다.

그림만 봐도 위험을 알 수 있게 만든 것이 GHS입니다

GHS(Globally Harmonized System)는 화학물질 분류·표지를 전 세계가 통일한 체계예요. 나라마다 표시가 다르면 수입 화학물질을 다룰 때 위험하니까요.

한국은 **산업안전보건법**과 **화학물질관리법**에서 GHS를 채택하고 있습니다.

9가지 픽토그램

빨간 마름모 테두리 안에 검은 그림이 들어갑니다.

그림	의미	현장 예시
 폭발 터짐	폭발성, 자기반응성	유기과산화물, 경화제
 불꽃	인화성, 자연발화성	시너, 아세톤, 알코올
 원 위의 불꽃	산화성	과산화수소, 질산
 가스실린더	고압가스	산소·아르곤·질소 봄베
 부식	금속·피부 부식	황산, 가성소다
 해골	급성 독성(치명적)	시아나이드, 포름알데히드
 ! 느낌표	자극성, 경미한 독성	일반 세척제
 건강 유해성	발암성, 생식독성, 호흡기 과민	벤젠, 결정형 실리콘
 환경	수생환경 유해	중금속 함유 약품

> 해골  와 느낌표 ! 는 둘 다 독성이지만 강도가 달라요. 해골이 붙어 있으면 소량으로도 치명적입니다.

신호어 — "위험" vs "경고"

- **위험(Danger):** 더 심각한 등급
- **경고(Warning):** 상대적으로 낮은 등급

같은 인화성이라도 인화점이 낮으면 "위험", 높으면 "경고"가 붙어요.

경고표지에 반드시 들어갈 6가지

1. 명칭 (제품명)
2. 그림문자(픽토그램)
3. 신호어 (위험 / 경고)
4. 유해·위험 문구 (H-code, 예: H225 고인화성 액체 및 증기)
5. 예방조치 문구 (P-code, 예: P210 열·스파크로부터 멀리 하시오)
6. 공급자 정보 (제조사·수입사, 연락처)

소분 용기에도 표지가 필요합니다

드럼에서 작은 통으로 옮겨 담으면, 그 통에도 경고표지를 붙여야 해요. 이걸 안 지켜서 생기는 사고가 정말 많습니다.

> 페트병에 시너를 담아두는 것은 **절대 금지**입니다. 음료로 착각한 사망 사고가 반복돼 왔어요.

현장 확인 체크리스트

- ☐ 내가 쓰는 화학물질 용기에 경고표지가 붙어 있는가
- ☐ 픽토그램이 몇 개이고 각각 무슨 뜻인지 아는가
- ☐ 신호어가 "위험"인가 "경고"인가
- ☐ 소분 용기에도 표지를 붙였는가
- ☐ MSDS가 작업장에 게시 또는 비치되어 있는가 (법적 의무)

MSDS 핵심 항목

화학제품 식별, 위험·유해성, 응급조치, 취급/보관, 노출방지/보호구 항목을 읽는 법을 배웁니다.

MSDS는 16개 항목이지만, 현장에서 볼 건 5개입니다

MSDS(물질안전보건자료, 최근에는 SDS)는 16개 항목으로 구성돼요. 전부 외울 필요는 없고, **작업 전에 반드시 봐야 할 5개만** 확실히 읽을 줄 알면 됩니다.

16개 항목 전체 구조

항목	내용
1	화학제품과 회사에 관한 정보
2	유해성·위험성 ← 필수
3	구성성분의 명칭 및 함유량 ← 필수
4	응급조치 요령 ← 필수
5	폭발·화재 시 대처방법
6	누출 사고 시 대처방법
7	취급 및 저장방법 ← 필수
8	노출방지 및 개인보호구 ← 필수
9	물리화학적 특성
10	안정성 및 반응성
11	독성에 관한 정보
12	환경에 미치는 영향
13	폐기 시 주의사항
14	운송에 필요한 정보
15	법적 규제현황
16	그 밖의 참고사항

항목별 읽는 법

2번 — 유해성·위험성

픽토그램, 신호어, H문구가 여기 있어요. "**발암성 1A**" 같은 표기가 보이면 특별관리물질입니다. 취급 기록을 30년 보존해야 해요.

3번 — 구성성분

영업비밀로 성분이 가려진 경우가 있어요. 이때도 유해성이 큰 성분은 공개해야 합니다. CAS 번호로 개별 성분을 검색할 수 있어요.

4번 — 응급조치

사고 나고 나서 읽으면 늦습니다. 미리 봐주세요.

- 눈에 들어갔을 때: 보통 **15분 이상 흐르는 물로** 세척
- 피부 접촉: 오염된 옷을 즉시 벗기고 세척
- 흡입: 신선한 공기가 있는 곳으로

7번 — 취급 및 저장

- 함께 두면 안 되는 물질(혼재 금지)
- 보관 온도, 환기 요구사항

- 접지 필요 여부

8번 — 노출방지 및 개인보호구

가장 실무적인 항목이에요.

- **노출기준(TWA, STEL)** — 8시간 평균 / 단시간
- 필요한 **호흡보호구 종류** (방진마스크인지 방독마스크인지, 정화통 종류)
- 장갑 재질 (**니트릴/네오프렌/부틸** — 물질마다 뚫리는 재질이 다릅니다)

> 유기용제에 **라텍스 장갑**을 끼면 몇 분 만에 투과됩니다. 반드시 MSDS가 지정한 재질을 쓰세요.

노출기준 읽기

TWA (시간가중평균) : 8시간 작업 기준 평균 농도 한계
 STEL (단시간노출) : 15분간 노출 가능한 최대 농도
 C (최고노출기준) : 순간이라도 넘으면 안 되는 값

예) 톨루엔 TWA 50ppm / STEL 150ppm

법적 의무 (사업주)

- MSDS를 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시·비치
- 경고표지 부착
- **MSDS 교육 실시** (물질이 바뀌거나 새로 도입될 때마다)
- 2021년부터 **MSDS 제출·비공개 승인 제도** 운영 (안전보건공단)

신입이 첫날 해야 할 일

- ☐ 내 공정에서 쓰는 화학물질 목록 확인
- ☐ 각 물질의 MSDS 위치 확인 (파일철 또는 게시판)
- ☐ 4번(응급조치)과 8번(보호구) 항목을 읽어두기
- ☐ 세안기(eye wash)·비상샤워 위치 확인 — **30초 안에 도달 가능해야 합니다**

출처: 안전보건공단 — MSDS 검색 시스템 (<https://msds.kosha.or.kr>) · 고용노동부 — 화학물질 관리 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 화학물질안전원 — 화학물질 종합정보시스템 (<https://icis.me.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- MSDS 3종 읽기 실습
- GHS 픽토그램 매칭 퀴즈

근로자 권리와 노동법

내 권리를 알아야 지킬 수 있다

배우는 것

- 기본적인 근로 조건을 이해한다
- 부당 처우 시 대응 방법을 안다

근로계약서

근로계약서 필수 기재사항, 근로시간, 휴게·휴일, 연차 유급휴가의 법적 기준을 배웁니다.

계약을 안 쓰면 손해는 항상 근로자 쪽입니다

일이 급해서, 아는 사람 소개라서, "다음에 쓰자"는 말에 그냥 넘어가서 — 근로계약서 없이 일을 시작하는 경우가 아직도 많아요. 그런데 나중에 임금이나 근무시간을 두고 다툼이 생기면 **말로 한 약속은 증명할 방법이 없습니다**. 조사관도 판단할 근거가 없어요.

근로계약서 작성과 **교부**는 사용자의 법적 의무입니다(근로기준법 제17조). 쓰기만 하고 회사가 전부 보관하는 것도 위반이에요. **한 부는 반드시 근로자가 받아 가지고 있어야** 합니다.

> 계약을 못 받았다는 것 자체가 신고 대상이에요. 사진으로라도 찍어두세요. 나중에 임금체불을 다룰 때 가장 먼저 요구받는 서류가 근로계약서입니다.

서면에 반드시 있어야 하는 항목

항목	이렇게 적혀 있어야 정상
임금	구성항목(기본급·수당별 금액), 계산방법, 지급방법·지급일
소정근로시간	시업·종업 시각, 1일/1주 몇 시간인지
휴일	주휴일이 무슨 요일인지, 관공서 공휴일 유급 여부
연차 유급휴가	부여 기준
취업 장소	실제 근무할 공장·사업장
담당 업무	"제조 보조" 같은 뭉뚱그린 표현보다 구체적일수록 좋음

"임금 = 월 000만원" 한 줄만 적힌 계약서는 **부실 계약서**예요. 기본급이 얼마고 연장수당이 얼마인지 나뉘어 있지 않으면, 나중에 연장근로수당을 이미 받았는지 못 받았는지 따질 수가 없습니다.

근로시간·휴게·휴일의 법정 기준

구분	기준
소정근로시간	1일 8시간 , 1주 40시간 이내
연장근로	당사자 합의로 1주 12시간 한도
휴게	4시간 근무에 30분 이상, 8시간 근무에 1시간 이상 — 근로시간 도중에
주휴일	1주 소정근로일을 개근하면 1일 이상 유급휴일
야간근로	오후 10시 ~ 오전 6시

휴게시간은 자유롭게 쉬는 시간이에요. "밥 먹으면서 기계 보라"는 휴게가 아니라 근로시간입니다. 대기 상태로 자리를 못 뜨면 그건 일한 시간이에요.

연차 유급휴가는 이렇게 쌓입니다

[임사 1년 미만]

1개월 개근할 때마다 1일 → 최대 11일

[임사 1년, 전년도 80% 이상 출근]

15일

[3년 이상 계속근로]

최초 1년을 넘는 매 2년마다 1일씩 가산

3~4년차 : 16일

5~6년차 : 17일

7~8년차 : 18일

...

21년차~ : 25일 (한도)

연차는 **근로자가 원하는 날에 쓰는 것이 원칙**입니다. 회사는 사업 운영에 막대한 지장이 있을 때만 시기를 바꿔달라고 할 수 있어요. 못 쓰고 남은 연차는 원칙적으로 **연차수당**으로 정산받습니다(회사가 적절한 사용촉진 절차를 밟은 경우는 예외).

5인 미만 사업장이면 기준이 달라집니다

부울경에는 2·3차 협력사 중 상시근로자 5인 미만인 곳이 적지 않아요. **내 회사가 몇 명인지에 따라 적용되는 조항이 달라집니다.**

제도	5인 미만	5인 이상
최저임금	적용	적용
근로계약서 작성·교부	적용	적용
주휴수당	적용	적용
퇴직금	적용	적용
산재보험	적용	적용
연장·야간·휴일 가산수당(50%)	적용 안 됨	적용
연차 유급휴가	적용 안 됨	적용
주 52시간 한도	적용 안 됨	적용
부당해고 구제신청	적용 안 됨	적용

상시근로자 수는 사장 개인의 말이 아니라 **실제 고용 인원**으로 판단합니다. 헛갈리면 고용노동부 고객상담센터(국번없이 **1350**)에 물어보세요.

누가 내 "사용자"인지 확인하세요

조선소·자동차부품 현장은 원청 안에 사내협력사가 여러 개 들어와 있는 구조가 흔합니다. 근로계약서에 적힌 회사(내 사용자)와, 현장에서 지시하는 사람의 소속이 다를 수 있어요.

- **도급**: 협력사 관리자가 지휘·명령. 정상 구조.
- **파견**: 파견법에 따라 허용 업무·기간이 정해져 있고, 제조업 직접생산공정 업무는 원칙적으로 파견 금지.

원청 직원이 직접 작업 지시를 하고 근태를 관리한다면 불법파견 소지가 있습니다. 판단이 어려운 문제이니, 이상하다고 느끼면 노동청에 상담부터 하세요.

외국인 근로자(E-9)가 추가로 확인할 것

- **표준근로계약서**를 씁니다. 모국어 번역본을 함께 받아 두세요.
- **여권·외국인등록증을 회사가 보관하는 것은 위법**입니다. 본인이 소지하세요.
- 국적을 이유로 임금·근로조건을 차별하는 것은 근로기준법 제6조 위반입니다. 최저임금도 내국인과 **동일하게** 적용됩니다.
- 사업장 변경은 정해진 횟수 안에서 가능하고, **사용자의 근로조건 위반 등 근로자 책임이 아닌 사유**는 그 횟수에 넣지 않습니다. 고용센터에서 확인하세요.
- 외국인력 관련 상담: **1577-0071** (다국어 상담 지원)

서명하기 전 체크리스트

- ☐ 임금이 **기본급·수당별로 나뉘어** 적혀 있는가
- ☐ 시업·종업 시각과 휴게시간이 구체적으로 적혀 있는가
- ☐ 주휴일이 어느 요일인지 적혀 있는가
- ☐ 빈칸이 있는 채로 서명하지 않았는가 (**빈칸 서명 절대 금지**)
- ☐ **서명한 계약서 한 부를 받았는가**
- ☐ 사진을 찍어 내 휴대폰에도 저장해 두었는가

출처: 고용노동부 — 표준근로계약서 서식과 작성 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 근로기준법 (<https://www.law.go.kr>) · 고용노동부 민원마당 — 근로조건 상담·민원 신청 (<https://minwon.moel.go.kr>)

임금과 4대 보험

최저임금, 통상임금, 퇴직금, 국민연금·건강보험·고용보험·산재보험의 기본을 학습합니다.

급여명세서를 읽을 줄 알아야 손해를 앎니다

"통장에 들어온 돈이 얼마"만 보면 무엇을 덜 받았는지 알 수 없어요. 임금은 **기본급 + 각종 수당 - 공제(4대보험·세금)** 구조로 되어 있고, 각 항목마다 계산 근거가 있습니다.

2021년 11월부터 사용자는 **임금명세서 교부 의무**가 있어요(근로기준법 제48조). 임금 구성항목, 계산방법, 공제 내역이 적힌 명세서를 급여를 줄 때마다 서면이나 전자문서로 줘야 합니다. 안 주면 과태료 대상이에요.

최저임금 — 매년 새로 고시됩니다

최저임금은 **매년 8월 초에 다음 해 금액이 결정·고시**되고, **다음 해 1월 1일부터** 적용됩니다. 금액은 해마다 바뀌므로 반드시 **그해 고시액을 확인**하세요. 고용노동부 홈페이지와 사업장 게시판에 공지됩니다.

기억할 원칙은 이것들입니다.

- **1인 이상 모든 사업장에** 적용됩니다. 5인 미만도 예외 없어요.
- **국적과 무관**합니다. E-9 외국인 근로자에게도 동일 금액이 적용돼요.
- 1년 이상 계약을 맺은 근로자의 **수습 3개월 이내**에는 10% 감액이 가능하지만, 고용노동부가 고시한 **단순노무 직종은 감액할 수 없습니다**.
- 최저임금에 산입되는 임금의 범위(정기상여금·복리후생비 포함 여부)는 법 개정으로 단계적으로 바뀌어 왔습니다. 내 임금이 최저임금 위반인지 계산할 때는 **그해 기준으로 확인**하세요.

> 최저임금 위반 여부는 "월급 총액"이 아니라 **시간당 금액**으로 따집니다. 월급을 그달의 소정근로시간으로 나눠서 비교해야 해요.

통상임금과 평균임금 — 쓰이는 곳이 다릅니다

구분	정의	어디에 쓰이나
통상임금	소정근로의 대가로 정기적·일률적 으로 지급하기로 정한 금액	연장·야간·휴일 가산수당, 연차수당, 해고예고수당
평균임금	산정사유 발생일 이전 3개월 임금총액 ÷ 그 기간 총일수	퇴직금, 산재 휴업급여·장해급여, 휴업수당

평균임금이 통상임금보다 적게 나오면 **통상임금을 평균임금으로 봅니다**.

어떤 수당이 통상임금에 들어가는지는 대법원 판례로 계속 정리되어 왔고, 재직조건이 붙은 정기상여금의 취급 등 실무 기준이 바뀐 부분이 있습니다. **회사가 통상임금 범위를 좁게 잡아 수당을 적게 준 사례가 많으니**, 금액이 이상하면 노동청 상담을 받아보세요.

통상시급과 가산수당 계산

주 40시간제에서 월 소정근로시간은 보통 **209시간**으로 계산합니다.

$$\begin{aligned}\text{월 소정근로시간} &= (\text{주 } 40\text{시간} + \text{주휴 } 8\text{시간}) \times 365\text{일} \div 7\text{일} \div 12\text{개월} \\ &= 48 \times 52.14 \div 12 \\ &\approx 209\text{시간}\end{aligned}$$

예) 통상임금에 해당하는 월 급여가 2,090,000원이라면
통상시급 = 2,090,000 ÷ 209 = 10,000원

$$\begin{aligned}\text{연장근로 } 10\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 1.5 \times 10 = 150,000\text{원} \\ \text{야간근로 } 8\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 0.5 \times 8 = 40,000\text{원} \quad (\text{가산분만}) \\ \text{휴일근로 } 8\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 1.5 \times 8 = 120,000\text{원} \\ \text{휴일 } 8\text{시간 초과분} &\rightarrow 10,000 \times 2.0 \times \text{초과시간}\end{aligned}$$

연장이면서 야간(밤 10시 이후 잔업)이면 가산이 겹칩니다. 연장 50% + 야간 50%로 통상시급의 2배가 돼요. 야간작업이 많은 조선·주물 현장에서 이 부분이 자주 누락됩니다.

퇴직금

- 계속근로 1년 이상, 4주 평균 1주 소정근로시간 15시간 이상이면 대상입니다.
- 1인 이상 모든 사업장에 적용됩니다. 5인 미만도 받아요.
- 퇴직일부터 14일 이내 지급이 원칙(합의로 연장 가능).

퇴직금 = 1일 평균임금 × 30일 × (계속근로일수 ÷ 365)

예) 퇴직 전 3개월 임금총액 9,200,000원, 그 기간 총일수 92일

1일 평균임금 = 9,200,000 ÷ 92 = 100,000원

계속근로 1,278일(약 3년 6개월)이면

퇴직금 = 100,000 × 30 × (1,278 ÷ 365)

= 3,000,000 × 3.5014

≈ 10,504,000원

> "월급에 퇴직금이 포함되어 있다"는 계약(퇴직금 분할약정)은 원칙적으로 무효입니다. 퇴직할 때 별도로 청구할 수 있어요.

E-9 외국인 근로자의 퇴직금은 사업주가 가입하는 **출국만기보험**으로 갈음되는 구조입니다. 보험금이 법정 퇴직금보다 적으면 **차액**은 사업주가 지급해야 해요. 금액을 반드시 대조해 보세요.

4대보험 — 부담 주체가 다릅니다

보험	무엇을 보장하나	보험료 부담
국민연금	노령·장애·유족 연금	근로자와 사업주가 절반씩
건강보험	질병·부상 진료비, 장기요양	근로자와 사업주가 절반씩
고용보험	실업급여, 직업능력개발, 육아휴직급여	실업급여분은 절반씩 , 고용안정·직업능력개발 사업분은 사업주 전액
산재보험	업무상 재해 치료·보상	전액 사업주 부담

보험료율은 매년 고시로 바뀌므로 **그해 요율**을 확인하세요. 구조만 정확히 기억하면 됩니다.

산재보험료는 근로자가 한 푼도 내지 않습니다. 명세서에서 산재보험료가 공제돼 있다면 잘못된 겁니다. 그리고 산재보험은 근로자 1인 이상이면 **당연 적용**이라, 회사가 가입을 안 했더라도 재해가 나면 근로자는 보상을 받을 수 있어요.

외국인 근로자의 4대보험

- **건강보험·산재보험**: 적용됩니다.
- **국민연금**: 국가 간 상호주의에 따라 국적으로 적용 여부와 반환일시금 수령 가능 여부가 다릅니다. 본인 국적 기준을 반드시 확인하세요.
- **고용보험**: 체류자격에 따라 당연적용과 임의가입이 갈립니다.
- 이 밖에 외국인 근로자에게는 **출국만기보험, 귀국비용보험, 상해보험, 임금체불 보증보험**이 별도로 있습니다. 누가 가입하는지, 언제 받는지 계약 시점에 확인해 두세요.

급여명세서에서 확인할 것

- ☐ 기본급과 각 수당이 항목별로 나뉘어 있는가
- ☐ 연장·야간·휴일 근로시간이 **실제 일한 시간과 맞는가**
- ☐ 산재보험료가 공제돼 있지 않은가 (있으면 오류)
- ☐ 4대보험 취득신고가 실제로 되어 있는가 (건강보험공단·국민연금공단에서 본인 조회 가능)
- ☐ 매달 명세서를 **파일로 보관**하고 있는가 — 체불 다툼의 핵심 증거입니다

출처: 고용노동부 — 최저임금·임금제도 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 최저임금법 / 근로자퇴직급여 보장법 (<https://www.law.go.kr>) · 근로복지공단 — 고용·산재보험 가입과 보험료 (<https://www.comwel.or.kr>)

부당 처우 대응

임금체불, 부당해고, 직장 내 괴롭힘, 산업재해 신고 시 연락처와 절차를 안내합니다.

참는 동안 시효가 흘러갑니다

부당한 일을 당했을 때 가장 흔한 선택이 "일단 참고 보자"예요. 그런데 노동관계 권리에는 **기한**이 있습니다. 임금채권은 **3년**, 부당해고 구제신청은 **3개월**. 이 기간을 넘기면 내용이 아무리 정당해도 다룰 수 없어요.

그리고 신고는 회사를 망하게 하는 일이 아닙니다. 대부분 **시정 지시와 지급**으로 끝나요.

무엇보다 먼저 — 증거를 모으세요

조사가관이 판단할 수 있는 건 기록뿐입니다. 다음을 평소에 남겨두세요.

증거	왜 필요한가
근로계약서 사본	약속한 임금·근로시간의 기준
급여명세서, 통장 입금 내역	실제 지급액
출퇴근 기록 (지문·카드 기록, 작업일보, 본인이 쓴 수기 메모)	연장근로 입증의 핵심
업무 지시 문자·메신저 캡처	지시 내용과 시각
녹음	본인이 대화 당사자인 경우 녹음은 가능합니다

> 손으로 쓴 근무 기록이라도 **매일 그날 적은 것**이면 증거로 인정받는 경우가 많아요. 나중에 몰아서 쓴 건 신빙성이 떨어집니다.

임금체불

임금은 **정해진 날에, 전액, 통화로, 근로자 본인에게** 지급해야 합니다(임금 지급의 4원칙). 퇴직한 경우에는 퇴직일부터 **14일 이내**에 임금·퇴직금 등 모든 금품을 청산해야 해요.

신고 절차

- ① 관할 지방고용노동청(지청)에 진정 제기
 - 온라인: 고용노동부 민원마당에서 "임금체불 진정" 신청
 - 방문·우편도 가능
- ↓
- ② 근로감독관 배정 → 출석 조사 (근로자·사업주 대면 조사)
- ↓
- ③ 체불 확인 시 시정 지시 → 사업주 지급
- ↓
- ④ 그래도 안 주면 → 체불금품확인원 발급
→ 대지급금 청구 / 민사소송 / 사업주 형사처벌

- **관할**: 사업장 소재지 기준입니다. 부울경은 부산지방고용노동청과 산하 지청(부산동부·부산북부·창원·울산·양산·진주·통영)이 담당해요.
- **대지급금**: 회사가 도산했거나 지급 능력이 없을 때 **근로복지공단**이 일정 한도까지 대신 지급하는 제도입니다. 상한액과 신청 기한이 정해져 있으니 공단(1588-0075)에 확인하세요.
- **지연이자**: 퇴직 후 14일이 지나도 안 주면 그 다음 날부터 연 20%의 지연이자가 붙습니다(재직 중 체불에는 적용되지 않아요).

부당해고

확인 사항	기준
해고 서면통지	해고 사유와 시기를 서면으로 알려야 유효 (5인 이상). 문자·구두 해고는 무효 소지
해고예고	30일 전 예고 또는 30일분 이상의 통상임금 (해고예고수당). 계속근로 3개월 미만 등은 예외
정당한 이유	5인 이상 사업장은 정당한 이유 없이 해고할 수 없음
구제신청 기한	해고가 있었던 날부터 3개월 이내 지방노동위원회에 신청

부울경은 부산지방노동위원회·울산지방노동위원회·경남지방노동위원회가 사업장 소재지 기준으로 각각 담당합니다(세 곳은 별개 기관이니 접수 전에 관할을 확인하세요). 구제신청에 **비용은 들지 않고**, 일정 요건을 갖추면 국선노무사 지원도 받을 수 있어요.

> "권고사직서에 서명하라"는 요구를 조심하세요. 서명하면 **자진 퇴사**가 되어 부당해고를 다투기 어려워지고 실업급여에도 영향이 갑니다. 납득이 안 되면 **서명하지 말고** 먼저 상담받으세요.

직장 내 괴롭힘

법이 정한 직장 내 괴롭힘은 세 가지가 모두 맞을 때입니다.

1. 직장에서의 **지위 또는 관계의 우위**를 이용해서
2. **업무상 적정범위를 넘어**
3. 신체적·정신적 고통을 주거나 **근무환경을 악화**시키는 행위

정당한 업무 지시나 질책은 해당하지 않아요. 반면 폭언, 따돌림, 일 안 주기, 사적 심부름, 국적을 이유로 한 조롱은 해당할 수 있습니다.

처리 절차

- ① 누구든지 사용자에게 신고 가능 (피해자 본인이 아니어도 됨)
↓
- ② 사용자는 지체 없이 조사 의무
↓
- ③ 조사 기간 중 피해자 보호 (근무장소 변경, 유급휴가 등)
→ 피해자 의사에 반하는 조치는 안 됨
↓
- ④ 확인되면 가해자 징계·근무장소 변경 등 조치
↓
- ⑤ 회사가 조사·조치를 안 하면 → 관할 노동청에 진정

> **신고자·피해자에게 해고나 불리한 처우를 하는 것은 형사처벌 대상**입니다. 이 조항이 신고를 가능하게 만드는 핵심이에요. 5인 이상 사업장에 적용됩니다.

산업재해 — 공상처리 권유를 그냥 받아들이지 마세요

다쳤을 때 "산재 넣으면 회사가 곤란해지니 치료비는 우리가 주겠다"는 제안을 받는 일이 흔합니다. 이걸 **공상처리**라고 해요. 문제는 이렇습니다.

- 회사가 주는 돈은 대개 **치료비**까지입니다. 일 못 한 기간의 **휴업급여**, 후유증에 대한 **장해급여**는 빠져요.
- 나중에 후유증이 생겨도 기록이 없어 다시 인정받기 어렵습니다.
- **산재 은폐는 사업주의 범죄**입니다. 근로자가 배려해 줄 일이 아니에요.

산재는 **회사의 승인 없이 근로자가 직접 근로복지공단**에 신청할 수 있습니다. 회사가 확인 날인을 거부해도 신청은 가능해요.

어디에 신고하나 — 한 장 정리

문제	창구	기한
임금체불, 최저임금 위반, 연장수당 미지급, 근로계약서 미교부	관할 지방고용노동청 진정 (온라인 민원마당)	임금채권 3년
부당해고·부당징계	지방노동위원회 구제신청	해고일부터 3개월
직장 내 괴롭힘	회사 신고 → 미조치 시 노동청 진정	—
산업재해	근로복지공단 지사에 요양급여 신청	급여 종류별 3년 또는 5년
위험한 작업 지시, 안전조치 미비	노동청 산재예방 부서 / 안전보건공단	—
일반 노동법 상담	고용노동부 고객상담센터 1350	—
외국인 근로자 상담(다국어)	1577-0071	—

외국인 근로자가 특히 알아둘 것

- 신고했다는 이유로 불리한 처우를 하거나 강제로 출국시킬 수 없습니다.
- 사업주의 근로조건 위반, 임금체불, 부당한 처우 등은 **사업장 변경 사유**가 되고, 이 경우는 변경 횟수에 산입하지 않습니다. 고용센터에 사유를 정확히 신고하세요.
- 여권·외국인등록증 보관 요구, 통장·체크카드 제출 요구는 응하지 마세요.
- 상담은 **1350**(통역 지원)과 **1577-0071**에서 모국어로 받을 수 있습니다.

오늘 확인할 것

- ☐ 근로계약서 사본이 내 손에 있는가
- ☐ 최근 3개월 급여명세서와 임금 내역을 보관하고 있는가
- ☐ 출퇴근·연장근로 시간을 **매일** 기록하고 있는가
- ☐ 우리 회사 관할 지방고용노동청이 어디인지 아는가
- ☐ 다쳤을 때 산재 신청은 **내가 직접** 할 수 있다는 걸 아는가

출처: 고용노동부 민원마당 — 임금체불 진정 등 민원 신청 (<https://minwon.moel.go.kr>) · 고용노동부 — 직장 내 괴롭힘 판단 및 예방·대응 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 근로기준법(해고·괴롭힘 조항) (<https://www.law.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- 근로계약서 주요 항목 체크
- 고용노동부 신고 절차 확인

조립 실무

수공구 사용법과 토크 관리, 조립 순서서 읽는 법, 그리고 공압 시스템과 기본 회로를 다룹니다.

조립 실무

조립 교육 모듈 2개를 전문 그대로 실었습니다.

조립 작업 기초

정확하고 빠른 조립의 기본

배우는 것

- 조립 공구의 종류와 올바른 사용법을 익힌다
- 토크 관리의 중요성을 이해한다
- 조립 순서서를 읽을 수 있다

수공구 사용법

스패너, 렌치(육각/토크), 드라이버, 플라이어, 해머 등 기본 공구의 올바른 사용법과 관리를 배웁니다.

공구를 잘못 쓰면 다치는 건 대부분 내 손입니다

조립 현장에서 나는 부상 중 상당수가 거창한 설비가 아니라 **스패너와 해머**에서 나옵니다. 스패너가 미끄러져 손등이 브래킷 모서리에 찢어지고, 파이프를 끼워 힘주다 볼트가 툭 부러지면서 반동으로 넘어지는 식이예요.

공구는 "**돌아가게 만드는 도구**"가 아니라 "**정해진 힘을 정확히 전달하는 도구**"입니다. 억지로 돌리는 순간 공구도, 부품도, 사람도 상합니다.

스패너·렌치 — "당긴다"가 원칙

종류	물리는 방식	언제 쓰나
박스(링)렌치	6면 전체를 감쌈	가장 우선. 힘을 세게 줄 때
오픈엔드(양구)	마주보는 2면만	링이 안 들어가는 좁은 곳, 파이프 유니온
콤비네이션	한쪽 링 / 한쪽 오픈	범용
소켓 + 라쳇	6면, 회전 편함	반복 체결
조정(몽키)렌치	꼭 조절	임시용. 각을 뭉개기 쉬움

지켜야 할 4가지

1. **밀지 말고 당기세요.** 밀다가 볼트가 갑자기 풀리면 손이 그대로 앞의 구조물에 부딪힙니다. 당기면 뒤로 빠지므로 훨씬 안전해요.
2. **파이프를 끼워 연장하지 마세요.** 토크가 배로 뛰어 볼트가 소성 파단하거나 공구가 깨집니다. 힘이 부족하면 더 긴 규격 공구나 임팩트를 쓰는 게 맞아요.
3. **박스 6각을 우선.** 12각은 각도 자유도가 크지만 접촉면이 좁아 각을 뭉개집니다. 굳은 볼트일수록 6각으로.
4. **몽키렌치는 고정턱 쪽으로 힘이 가게 잡으세요.** 반대로 잡으면 조절턱이 벌어져 미끄러집니다.

사이즈가 미묘하게 다른 함정

[규격 세대 차이]

M10 볼트 머리 대변 : 16mm (ISO) / 17mm (구 DIN)

M12 볼트 머리 대변 : 18mm (ISO) / 19mm (구 DIN)

[인치와 미터 혼용]

13mm 스패너 → 1/2 인치(12.7mm) 볼트에 걸면 0.3mm 헐거움
몇 번 쓰면 각이 둥글게 뭉개짐

> 수입 설비, 오래된 설비, 해외 협력사 부품이 섞이는 현장에서는 **미터와 인치, ISO와 DIN이 한 라인에 공존합니다**. 헐겁다 싶으면 억지로 돌리지 말고 맞는 공구를 찾으세요. 각이 뭉개진 볼트는 빠는 데 몇 시간이 걸립니다.

육각렌치와 소켓

- **볼포인트(둥근 쪽)**는 각도를 줄 때만. 접촉면이 작아 최종 체결에 쓰면 육각 구멍이 뭉개집니다. 마지막은 반드시 **스트레이트 쪽**으로.
- **임팩트 소켓**은 검은색(**크롬몰리브덴**), **핸드 소켓**은 광택 **크롬(크롬바나듐)** 입니다. 광택 소켓을 임팩트에 물리면 깨져서 파편이 날아가요. 색만 보면 구분됩니다.
- 소켓이 볼트에 **끝까지 들어가지 않은** 상태에서 힘주면 각이 상합니다. 밀어 넣고 한 번 흔들어 확인하세요.

드라이버 — 사이즈가 안 맞으면 나사가 죽습니다

구분	표시	특징
십자 (PH)	PH1-PH2-PH3	가장 흔함. 날 끝이 홈을 스스로 찾아 들어가는 대신, 힘을 세게 주면 캠아웃(미끄러짐)이 잘 남
포지드라이브 (PZ)	PZ1-PZ2-PZ3	십자 사이에 가는 선이 더 있음. 캠아웃이 적음
일자 (SL)	날 폭 표기	홈 폭에 딱 차야 함
육각·별(TORX)	T10, T20...	전장·자동차 부품에 많음

PZ 나사에 PH 드라이버를 꽂으면 접촉이 점에 가까워져 머리를 갈아버립니다. 나사 머리를 자세히 보고 가는 선이 보이면 PZ예요.

- 누르는 힘 70%, 돌리는 힘 30% 정도의 감각으로. 눌러주지 않으면 캠아웃이 납니다.
- **드라이버를 정(끝)이나 지렛대로 쓰지 마세요**. 축이 휘면 그 뒤로는 절대 똑바로 안 들어갑니다.
- 전동 드라이버는 **클러치 단수를 반드시 설정**하고 시작합니다. 최대로 두고 쓰면 플라스틱 부품은 그냥 깨져요.

해머 — 가장 단순하고 가장 위험한 공구

종류	재질	용도
볼핀(쇠)해머	강	타격, 리벳
연질해머	동·납·플라스틱·고무	가공면·조립품 타격 (자국 방지)
데드블로	내부에 쇠파루	반동 없음, 정밀 조립

사고로 이어지는 3가지

1. **자루 빼기 이완** → 타격 중 헤드가 날아갑니다. 사용 전 헤드를 잡고 흔들어 보세요.
2. **타격면 버섯화(mushrooming)** → 가장자리가 눌러 퍼진 상태. 여기가 **파편이 되어 눈으로 날아옵니다**. 퍼진 해머·정은 즉시 교체하거나 모따기를 다시 하세요.
3. **해머끼리 타격 금지** — 둘 다 경도가 높아 반드시 깨집니다.

기름 묻은 장갑으로 잡으면 미끄러집니다. 타격 작업에는 **보안경이 기본**이에요.

플라이어

롱노즈·니퍼·바이스그립은 **잡고 자르는 도구**지 조이는 도구가 아닙니다. 플라이어로 너트를 조이면 각이 뭉개져 다음 사람이 못 풀니다. 전기 작업 시에는 **절연 손잡이(내전압 표시)**가 있는 것만 쓰세요.

신입이 자주 하는 실수와 결과

실수	결과
스패너를 밀어서 사용	미끄러지며 손등 열상
파이프 연장	볼트 파단, 반동으로 넘어짐, 공구 파손
헐거운 사이즈로 억지 회전	각 뭉갬 — 제거에 몇 시간
볼포인트로 최종 체결	육각 구멍 손상
광택 소켓을 임팩트에 사용	소켓 파열, 파편 비산
연질해머 대신 쇠해머	가공면 타흔 → 외관 불량
드라이버를 정으로 사용	축 휨, 이후 캠아웃 반복

작업 시작 전 공구 점검

- ☐ 해머 헤드가 흔들리지 않는가 (썩기 상태)
- ☐ 타격면·정 끝이 버섯 모양으로 퍼지지 않았는가
- ☐ 드라이버 날 끝이 마모·변형되지 않았는가
- ☐ 소켓 내부 각이 둥글게 닳지 않았는가
- ☐ 절연공구의 피복이 벗겨지지 않았는가
- ☐ 공구가 **제자리에 정위치**되어 있는가 (3정: 정품·정량·정위치)

> 조립 라인에서 공구를 아무 데나 두면 **다음 사람이 못 찾아서 라인이 섭니다**. 그림자보드(공구 실루엣 표시판)를 쓰는 이유가 여기 있어요. 빠진 자리가 한눈에 보이고, 제품 안에 공구를 두고 조립하는 사고도 막습니다.

출처: 안전보건공단 — 수공구 안전작업 자료 (<https://www.kosha.or.kr>) · 고용노동부 — 산업안전보건기준에 관한 규칙 (<https://www.moel.go.kr>) · 한국폴리텍대학 — 기계조립 직업훈련 (<https://www.kopo.ac.kr>)

토크 관리

볼트 체결 시 토크값의 의미, 토크렌치 사용법, 축력과 마찰계수의 관계를 학습합니다.

볼트는 "조이는" 게 아니라 "눌러서 붙잡는" 겁니다

볼트를 돌리면 볼트가 **아주 조금 늘어납니다**. 늘어난 볼트가 원래대로 돌아가려는 힘이 두 부품을 눌러 붙이는데, 이걸 **축력(체결력, clamping force)**이라고 해요.

부품을 잡고 있는 건 볼트의 몸통이 아니라 이 축력입니다. 축력이 충분하면 두 부품이 한 덩어리처럼 움직이고, 부족하면 미세하게 미끄러지면서 볼트에 반복 하중이 걸려 결국 부러집니다.

문제는 **축력을 현장에서 직접 측정할 수 없다**는 것. 그래서 대신 재는 것이 토크입니다.

토크와 축력의 관계

$$T = K \times d \times F$$

T : 체결 토크 (N·m)

K : 토크계수 (마찰에 따라 달라지는 값, 단위 없음)

d : 볼트 호칭지름 (m) ※ M10 이면 0.010

F : 축력 (N)

여기서 **K가 전부**입니다. 같은 토크를 걸어도 나사면이 기름진지, 녹슬었는지, 도금이 됐는지에 따라 실제 축력이 크게 달라져요.

나사면 상태	K (대략)
흑착색·생지, 무윤활	0.20
아연도금, 건조	0.20 ~ 0.25
오일 도포	0.14 ~ 0.16
이황화몰리브덴·그리스	0.10 ~ 0.13
왁스·PTFE 코팅	0.10 ~ 0.12

토크의 90%는 마찰로 사라집니다

가한 토크 100%

└ 약 50% 볼트 머리(또는 너트) 자리면 마찰로 소비

└ 약 40% 나사산 마찰로 소비

└ 약 10% 실제 축력으로 전환

> **토크값은 축력의 근사치일 뿐입니다.** 그래서 "몇 N·m로 조였다"가 아니라 "**어떤 조건에서** 몇 N·m로 조였다"가 중요해요. 도면에 윤활 지시가 있으면 반드시 지켜야 하는 이유입니다.

볼트 등급 읽기

육각 머리 윗면에 **8.8, 10.9** 같은 숫자가 찍혀 있습니다.

8.8 → 앞자리 8 × 100 = 인장강도 800 N/mm²

800 × 0.8 = 항복강도 640 N/mm² (뒷자리 8 → 0.8)

강도구분	인장강도 (N/mm ²)	항복강도 (N/mm ²)	흔한 용도
4.8	400	320	판금, 커버
8.8	800	640	일반 기계·구조
10.9	1000	900	엔진·구동계, 고강도
12.9	1200	1080	금형, 특수

스테인리스는 A2-70, A4-80 처럼 다르게 표기하고, 같은 **M** 사이즈라도 강도가 낮아 **토크값이 다릅니다**. 강 볼트 토크표를 SUS 볼트에 그대로 쓰면 부러져요.

계산 — M10 8.8 볼트의 체결 토크

[1] 볼트 사양

M10 × 1.5, 강도구분 8.8

유효단면적 $A_s = 58.0 \text{ mm}^2$

항복강도 = 640 N/mm²

[2] 항복 축력

$F_y = 640 \times 58.0 = 37,120 \text{ N} = 37.1 \text{ kN}$

[3] 목표 축력 (항복의 70%)

$F = 37,120 \times 0.7 = 25,984 \text{ N} \approx 26.0 \text{ kN}$

[4] 체결 토크 (무윤활, K = 0.20)

$T = K \times d \times F$

$= 0.20 \times 0.010 \times 25,984$

$= 51.97 \text{ N} \cdot \text{m} \approx 52 \text{ N} \cdot \text{m}$

일반 토크표의 M10 8.8 값이 대략 이 근처에 있는 이유예요. 표의 숫자는 "항복의 60~75%를 목표로 계산된 결과" 이지 아무렇게나 정한 값이 아닙니다.

왜 윤활 하나로 볼트가 죽는가

같은 M10 8.8 볼트에 오일을 발랐다 (K : 0.20 → 0.14)
표에 적힌 52 N·m 를 그대로 걸면

$$\begin{aligned} F &= T / (K \times d) \\ &= 52 / (0.14 \times 0.010) \\ &= 37,142 \text{ N} = 37.1 \text{ kN} \end{aligned}$$

항복 축력 37.1 kN 도달 → 볼트가 소성 변형

→ 윤활만으로 축력이 약 43% 상승 (0.20 ÷ 0.14 = 1.43)

> "잘 안 들어가서 기름 좀 발랐다" 가 볼트를 죽입니다. 반대로 윤활 지정 볼트를 건조 상태로 조이면 축력이 약 30%(K값 조합에 따라 30~35%) 모자라요. 나사면 상태는 임의로 바꾸면 안 되는 조건입니다.

오버토크와 언더토크

구분	즉시 나타나는 현상	나중에 터지는 문제
오버토크	볼트 목 늘어남, 나사산 뭉개짐, 알루미늄 하우징 균열, 개스킷 압출	축력이 오히려 감소(소성 후 이완), 볼트 지연파단
언더토크	겉보기 이상 없음	진동 이완, 누유·누수, 볼트 피로파단

언더토크가 더 무섭습니다. 조립 직후에는 아무 문제 없어 보이거든요.

축력이 충분하면 외부 하중의 대부분을 **피체결물(플랜지·브래킷)**이 받아냅니다. 볼트에 걸리는 응력 변동은 아주 작아요. 축력이 부족하면 외부 하중이 볼트에 그대로 전달돼 응력이 크게 오르내리고, 반복되면 피로파단으로 이어집니다.

> 현장에서 "볼트가 풀렸다"고 하는 사례 중 상당수는 **처음부터 축력이 부족했던 것**이에요. 풀린 게 아니라 애초에 안 잡혀 있었던 겁니다.

토크렌치 종류

종류	원리	특징과 주의점
빔(막대)형	탄성 변형을 눈금으로	저렴·고장 적음. 눈금을 정면에서 봐야 함
프리셋 클릭형	설정값 도달 시 "딸깍"	현장 표준. 딸깍 후 더 당기면 그대로 초과
다이얼형	지침으로 실시간 표시	검증·감사용, 풀림 토크 측정
디지털(전자식)	스트레인게이지	데이터 저장, 각도법 지원. 충격·배터리 주의
토크 드라이버	소형	0.2~5 N·m 급 (전장·정밀 부품)
유압 토크렌치	유압 실린더	대형 플랜지. 조선·플랜트에서 수백~수천 N·m
너트러너(전동)	서보 제어	자동차 라인. 결과가 서버에 남고 NOK면 라인 정지

각도법(회전각법)

정밀한 곳에서는 토크만으로 부족해서 **스너그 토크 + 규정 각도**로 조입니다.

예) 40 N·m 로 밀착 → 90° 추가 → 90° 추가

마찰의 영향을 크게 배제할 수 있어 축력 산포가 작습니다.
엔진 헤드볼트·커넥팅로드 볼트가 대표적.

토크렌치 관리 — 이걸 안 지키면 숫자가 거짓말이 됩니다

- 사용 후 최저 눈금으로 되돌려 보관. 설정한 채로 두면 내부 스프링이 지쳐 값이 틀어집니다.
- 떨어뜨리면 즉시 사용 중지하고 교정을 받으세요. 걸이 멀쩡해도 값이 바뀝니다.
- 연장 파이프 금지, 푸는 용도 금지.
- 측정범위의 20~100% 구간에서만 사용. 하한 근처는 오차가 큼니다.
- 천천히, 균일하게 당기기. 급하게 채면 관성으로 설정값을 넘겨요.
- 교정 주기는 1년 또는 5,000회 사용 중 먼저 도래하는 시점이 일반적 권고(ISO 6789 계열 기준)입니다. 사내 규정과 교정 라벨의 유효기간을 확인하세요.

체결 순서 — 순서가 곧 품질입니다

여러 개의 볼트를 조일 때 한쪽부터 순서대로 조이면 면이 기울어지고 개스킷이 한쪽만 눌립니다.

[4볼트] 시계방향으로 1, 2, 3, 4 번호를 매기면
순서: 1 → 3 → 2 → 4 (대각선)

[8볼트 원형 플랜지] 시계방향 1~8
순서: 1 → 5 → 3 → 7 → 2 → 6 → 4 → 8 (별 모양)

[넓은 면·커버] 가운데에서 바깥쪽으로 나선을 그리듯

다단 체결

목표 52 N·m 를 3단으로 나눠 조인다

1단	30% → 16 N·m	전체 볼트를 순서대로
2단	60% → 31 N·m	전체 볼트를 순서대로
3단	100% → 52 N·m	전체 볼트를 순서대로
4단	확인 → 52 N·m	원주 방향으로 한 바퀴 재확인

마지막 확인 단계가 필요한 이유는 **탄성 상호작용** 때문이에요. 옆 볼트를 조이면 먼저 조인 볼트의 축력이 떨어집니다. 볼트 수가 많고 개스킷이 두꺼울수록 이 손실이 커요.

재사용 볼트 — 그냥 다시 쓰면 안 됩니다

유형	재사용	이유
소성역 체결(TTY) 볼트	원칙적으로 신품 교체	이미 소성역까지 늘어나 남은 연신 여유가 줄어든 상태. 재체결하면 규정 축력을 확보하지 못하고 파단 위험이 커짐. 재사용 가능 여부와 자유길이 한계치는 제조사 정비지침을 따를 것
나사부 접착제 사전도포(마이크로캡슐)	불가	캡슐이 1회로 소진됨
나일론 패치·나일론 너트	원칙적 불가	폴림 방지 성능이 크게 떨어짐
일반 8.8/10.9 볼트	조건부 가능	아래 판정 기준 통과 시

TTY 볼트 구분법

- 정비지침·도면에 "**1회용**", "**신품 교체**" 표시
- 각도법으로 체결하는 볼트는 상당수가 TTY
- 실린더 헤드볼트, 커넥팅로드 볼트, 일부 서스펜션·구동계 볼트

일반 볼트 재사용 판정

- ☐ 나사산 손상·눌림·부식이 없는가
- ☐ 목 부위가 늘어나지 않았는가 (**길이와 피치를 신품과 비교**)

- ☐ 머리 각·표시(8.8 등)가 손상되지 않았는가
- ☐ 도금이 벗겨지지 않았는가 → 벗겨졌으면 K값이 달라짐

> 녹슨 볼트에 그리스를 발라 다시 조이는 것이 현장에서 가장 흔한 오버토크 원인입니다. 나사면 조건이 바뀌었는데 토크값은 그대로니까요.

체결 마킹

규정 토크로 조인 뒤 **볼트 머리 - 너트 - 피체결물에 걸쳐 마킹펜으로 직선**을 긋습니다.

- 나중에 선이 어긋나 있으면 = **풀림이 실제로 발생했다는 증거**
- 조였다는 표시이자 이중 체결(재조임) 방지
- 교대조·작업자별로 색을 나누면 이력 추적이 됩니다

자동차 부품 협력사 감사, 조선 기자재 검사에서 실제로 확인하는 항목이에요.

마무리 체크리스트

- ☐ 도면·순서서에 지정된 **토크값과 윤활 조건**을 확인했다
- ☐ 토크렌치 **교정 유효기간**이 살아 있다
- ☐ 설정값이 렌치 측정범위의 20~100% 안에 있다
- ☐ 나사면에 이물·녹·기름이 지시와 다르게 묻어 있지 않다
- ☐ 대각선·다단 순서로 조였다
- ☐ 마지막에 원주 방향으로 한 바퀴 확인했다
- ☐ 체결 마킹을 했다
- ☐ 사용 후 렌치를 최저 눈금으로 되돌렸다

출처: 국가기술표준원 — 나사·체결부품 및 토크 공구 KS 표준 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국표준과학연구원 — 힘·토크 측정표준 (<https://www.kriss.re.kr>) · 한국산업기술시험원 — 토크렌치 교정·시험 (<https://www.ktl.re.kr>)

조립 순서서 읽기

작업표준서(WI), 조립 순서서의 구성, 품번/수량 확인, 변경점 관리를 이해합니다.

순서서는 "지금까지 찾아낸 가장 좋은 방법"을 적어둔 것

신입이 순서서를 보면 답답할 수 있어요. "이렇게 하면 더 빠르는데?" 싶은 순간이 옵니다. 그런데 순서서에 적힌 순서는 대부분 **누군가 불량을 내고, 다 치고, 고객 클레임을 받은 뒤에 고쳐진 결과**예요.

표준이 없으면 세 가지가 무너집니다.

- 사람마다 다르게 만들어 **품질이 들쭉날쭉**
- 불량이나도 **원인을 특정할 수 없음** (월 다르게 했는지 모르니까)
- **개선의 기준선이 없음** — 나아졌는지 판단이 안 됨

> 도요타식 표현으로 **표준작업 3요소**는 택트타임, 작업순서, 표준재공(공정 사이에 놓아두는 최소 수량)입니다. 이 셋이 정해져야 표준입니다.

작업표준서(WI)의 구성

항목	확인 이유
품번·품명	유사 품번 혼동 방지
개정번호·개정일	구버전으로 조립하면 불량 재작업
공정번호·공정명	내가 어느 단계인지
작업 요소별 순서	순서 자체가 품질 조건
요소별 표준시간	택트타임 대비 여유 판단
사용 부품 품번·수량	누락·오조립 방지
사용 공구와 설정값	토크값, 압력, 클러치 단수
품질 체크포인트	무엇을 언제 몇 개 확인하는지
안전 주의사항	협착·베임·중량물
사진·일러스트	글보다 빠르고 오해가 없음
작성·승인·개정 이력	정본 여부

작업표준서 위에는 **관리계획서(Control Plan)**와 **QC공정도**가 있어요. 관리계획서가 "어느 공정에서 무엇을 어떤 방법으로 얼마나 자주 관리한다"를 정하고, WI는 그걸 손동작 수준으로 풀어쓴 문서입니다.

작업 시작 전 3분 — 이 순서로

1. **표제부** — 품번, 개정번호, 오늘 지시서와 일치하는지
2. **부품표** — 준비된 부품의 품번·수량이 맞는지
3. **공구·설정값** — 토크렌치 설정, 지그 번호
4. **체크포인트** — 초물 확인 항목이 뭔지
5. **변경점 표시** — 지난번과 달라진 게 있는지

유사 품번이 가장 위험합니다

ABC-4512-L	좌측용	
ABC-4512-R	우측용	← 형상이 거울 대칭, 육안 구분 어려움
DEF-7701-01	초기 사양	
DEF-7701-02	설변 후	← 구멍 하나 위치만 다름
GHI-3300-BK	흑색	
GHI-3300-SL	은색	← 도장 전이면 완전히 동일

끝 한두 자리만 다른 품번이 오조립의 단골 원인이예요. 대책은 눈이 아니라 절차입니다.

- 현품표(자재 라벨)와 순서서 품번을 **글자 단위로 대조**
- 가능하면 **바코드·QR 스캔** — 불일치면 다음 스텝이 안 열리게
- 좌/우 부품은 색 **라벨·별도 트레이**로 물리적으로 분리
- **1대분 키트화(kitting)** — 다 쓰고 남으면 누락, 모자라면 과다

변경점(4M) 관리

변경이 있는 날에 불량이 납니다. 그래서 무엇이 바뀌었는지를 관리하는 게 핵심이예요.

4M	변경 예시	필요한 조치
Man (사람)	신규 투입, 교대조 변경, 복귀자	교육 이력 확인, 초물 입회
Machine (설비)	수리, 금형·지그 교체, 이설	초물 검사, 조건 재확인
Material (재료)	로트 변경, 공급처 변경	수입검사 결과 확인, 이력 기록
Method (방법)	조건 변경, 순서 변경, 표준 개정	고객 승인 여부 확인

초물·중물·종물

- **초물(初物):** 셋업·변경 직후 첫 제품. **반드시 확인받고 시작합니다.**
- **중물:** 로트 중간 확인
- **종물:** 로트 마지막 제품 — 도중에 들어졌는지 확인

> 자동차 부품은 **고객 승인 없이 4M을 바꾸면 안 됩니다.** 재료·공정·설비를 임의로 바꾸면 PPAP 재제출 대상이 되고, 발각되면 거래 자체가 흔들려요. "좋아지는 방향인데 왜 안 되냐"가 통하지 않는 영역입니다.

순서를 바꾸면 왜 안 되는가

순서를 어겼을 때	실제로 벌어지는 일
큰 브래킷을 먼저 조임	뒤쪽 볼트에 소켓이 안 들어감 → 오픈엔드로 억지 체결 → 토크 미달
배선을 나중에 통과	부품 사이에 눌러 피복 손상 → 필드에서 단선
개스킷 면을 나눠 조임	압착 불균일 → 누유
검사 스텝을 뒤로 미룸	가려져서 확인 자체가 불가능
임시로 손 체결 후 나중에	본 체결을 잊음 — 미체결 유출

"나중에 조여야지"가 **미체결**의 시작입니다. 그 자리에서 규정 토크로 조이고 마킹까지 하세요.

순서서에 없는 상황이 생기면

부품이 안 들어간다, 구멍이 안 맞는다, 표시된 토크로 조이니 부품이 깨진다 — 이럴 때 **혼자 판단해서 해결하지 마세요.** 억지로 넣거나, 구멍을 넓히거나, 토크를 낮추는 것 전부 무단 공정 변경입니다.

멈추고 → 격리하고 → 반장에게 알리기. 순서서 자체가 틀렸을 수도 있고, 그렇다면 순서서를 고치는 게 정답이에요.

순서서 관리

- 현장에는 **최신 개정본만** 비치. 구본은 즉시 회수
- **손글씨 수정 금지** — 정식 개정 절차를 거쳐야 다음 사람에게도 전달됩니다
- 코팅·거치대로 오염과 분실 방지
- 개정 시 해당 공정 작업자 전원에게 **재교육 후 서명**

외국인 근로자가 많은 라인이라면

부울경 조립 현장은 베트남·네팔·우즈베키스탄 등 외국인 인력 비중이 높은 곳이 많습니다. **글자 위주 순서서는 사실상 읽히지 않아요.**

- **사진 중심** — 실제 부품·실제 각도로 찍은 사진
- 번호와 화살표로 순서 표시
- 색상 코드 (좌=파랑, 우=노랑처럼)
- 토크값·수량 같은 **숫자는 크게**
- 핵심 문장만 다국어 병기
- 최종적으로는 **읽지 않아도 틀릴 수 없게** 만드는 것 — 다음 과정(포카요케)의 주제입니다

체크리스트

- ☐ 순서서 품번과 지시서·현품표 품번이 일치한다
- ☐ 개정번호가 최신본이다
- ☐ 부품 수량이 1대분과 맞다
- ☐ 공구 설정값(토크·압력)을 세팅했다
- ☐ 오늘 변경점(4M)이 있는지 확인했다
- ☐ 변경이 있었다면 초물 확인을 받았다
- ☐ 순서서에 없는 상황은 임의 처리하지 않았다

출처: 한국표준협회 — 작업표준·품질경영 교육 (<https://www.ksa.or.kr>) · 한국자동차연구원 — 부품 생산 변경점 관리 실무 (<https://www.katech.re.kr>) · 한국생산성본부 — 표준작업·현장개선 과정 (<https://www.kpc.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 토크렌치 교정 확인 실습
- 조립 순서서 따라 하기

공압/유압 시스템 기초

공장의 보이지 않는 동력원

배우는 것

- 공압/유압의 기본 원리를 이해한다
- 공압 회로도를 읽을 수 있다

공압 시스템

컴프레서, FRL 유닛(필터·레귤레이터·루브리케이터), 실린더, 밸브의 역할을 학습합니다.

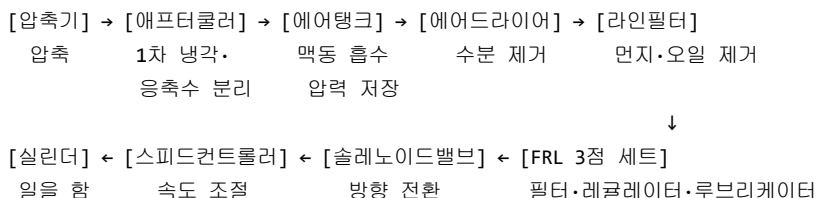
압축공기는 공짜가 아닙니다

공장 천장을 올려다보면 파란색이나 회색 배관이 온 라인을 따라 뻗어 있어요. 그 안에 흐르는 게 압축공기입니다. 임팩트렌치, 클램프 지그, 에어건, 도장 부스, 이송 실린더 — 부울경 조선기자재·자동차부품 공장에서 손에 잡히는 자동화의 절반 이상이 여기서 힘을 얻습니다. 그래서 압축공기를 **전기·용수·가스에 이은 "네 번째 유틸리티"** 라고 부르기도 해요.

문제는 압축공기가 **전기를 써서 만드는 2차 에너지**라는 점입니다. 전기 → 압축공기로 바꾸는 과정에서 대부분의 에너지가 열로 버려져요. 그래서 같은 일을 시킬 때 전기 모터보다 훨씬 비쌉니다.

> 압축공기는 새도 소리만 날 뿐 바닥에 고이지 않아요. 그래서 아무도 급하지 않습니다. 그런데 그 소리는 **매달 전기요금 고지서로 청구**되고 있어요.

압축공기가 실린더까지 오는 길



장치	하는 일	방치하면
압축기	대기를 0.7~0.8 MPa로 압축	흡입필터 막힘 → 토출량 저하, 전력 낭비
애프터쿨러	압축으로 뜨거워진 공기를 식힘	뜨거운 공기가 그대로 배관에 → 하류 전체 결로
에어탱크	순간 사용량 대응, 압축기 잦은 기동 방지	압력 변동 심해짐, 압축기 수명 단축
에어드라이어	이슬점을 낮춰 수분 제거	물이 밸브·실린더까지 감
라인필터	먼지·오일 미스트 제거	밸브 스톱 고착
FRL 3점 세트	사용점 직전 최종 조절	압력 불안정, 실린더 마모

압축기는 크게 두 종류

종류	특징	쓰이는 곳
양복동(레시프로)	싸고 고압 내기 쉬움, 소음·맥동 큼, 간헐 운전	소규모 공장, 정비반
스크류	연속 운전에 강함, 조음, 인버터 제어 가능	라인이 있는 공장의 표준

토출은 보통 0.7~0.8 MPa로 만들고, 사용점에서 레귤레이터로 0.4~0.6 MPa 정도로 낮춰 씁니다. **필요 이상으로 압력을 높여 쓰면 힘이 세지는 대신 충격·소음·누설·전기요금**이 전부 같이 올라가요.

부울경은 특히 "물"이 문제입니다

바다에 접한 공단은 습도가 높아요. 압축기가 빨아들이는 공기에 든 수분은 압축되면서 대부분 물로 떨어집니다. 얼마나 나오는지 계산해 볼게요.

30 kW급 스크류 압축기 (흡입 5 m³/min = 300 m³/h)

여름철 흡입공기 30℃, 상대습도 80%

㉠ 빨아들이는 수분

30℃ 포화수증기량 약 30.4 g/m³ × 0.8 = 24.3 g/m³

300 m³/h × 24.3 g = 7,290 g/h ≈ 7.3 kg/h

㉡ 압축·냉각 후 공기가 품고 나가는 수분

0.7 MPa(절대 약 8기압)로 압축되면 부피는 대략 1/8

300 ÷ 8 = 37.5 m³/h

냉각기 출구 40℃ 포화 기준 51.1 g/m³ × 37.5 = 1,916 g/h ≈ 1.9 kg/h

㉢ 물로 떨어지는 양 = 7.3 - 1.9 = 5.4 kg/h

8시간 가동이면 → 하루 약 43리터

하루 40리터가 넘는 물이 배관 어딘가에서 나온다는 뜻이에요. **드레인으로 빠지 않으면 이 물은 밸브와 실린더로 갑니다.**

물이 가는 곳	생기는 일
밸브	스폴 녹·고착 → 동작 불량, 오작동
실린더	내부 녹, 씰 손상, 출력 저하
도장 부스	도막에 물자국 → 전량 재도장
겨울 옥외 배관	결빙으로 유로 막힘, 배관 파손

자동 드레인 트랩이 달려 있어도 이물로 막힙니다. **수동 드레인 밸브를 매일 아침 한 번 열어보는 것이 가장 확실해요.** 나온 물의 색을 보세요. 우유빛 이거나 기름기가 뜨면 압축기 오일이 섞여 나온다는 신호입니다.

FRL 3점 세트 — 순서가 F → R → L 인 이유

사용점 바로 앞에 붙는 세 개짜리 뭉치예요.

기호	이름	하는 일	점검 포인트
F	필터	수분·이물 제거 (표준 5 μm)	드레인 볼에 물 고임, 전후 차압 0.1 MPa 초과 시 엘리먼트 교체
R	레귤레이터	사용 압력으로 감압·안정화	세팅 압력이 임의로 바뀌지 않게 잠금 링 고정
L	루브리케이터	윤활유를 안개 형태로 공급	적하 수(보통 분당 몇 방울), 오일 잔량

> 필터가 앞, 레귤레이터가 뒤인 이유는 먼지와 물이 레귤레이터 정밀부에 들어가면 압력이 흔들리기 때문이에요. 루브리케이터가 맨 뒤인 이유는 감압되어 안정된 흐름에 기름을 실어야 균일하게 퍼지기 때문입니다.

루브리케이터 주의 — 요즘은 안 쓰는 경우가 더 많습니다

최근 밸브·실린더는 대부분 무급유(non-lube) 사양이에요. 제조사가 조립 시 특수 그리스를 봉입해서 나옵니다.

- 무급유 부품에 기름을 넣으면 봉입 그리스가 씻겨나가 오히려 수명이 짧아집니다.
- 반대로 급유 사양에 한 번 급유를 시작했다면 중단하면 안 됩니다. 중단하는 순간 급격히 마모돼요.
- 우리 설비가 어느 쪽인지는 실린더·밸브 카탈로그나 제조사 표기로 확인하세요. 모르면 임의로 넣지 마세요.

실린더 힘 계산 — $F = P \times A$

"이 실린더로 몇 kg을 밀 수 있나?"는 현장에서 가장 자주 나오는 질문이에요. 계산은 단순합니다.

복동 실린더 $\phi 50$, 로드 지름 $\phi 20$, 사용압력 0.5 MPa

※ 1 MPa = 1 N/mm² 이므로 0.5 MPa = 0.5 N/mm²

[전진] 피스톤 전면적이 다 받습니다

$$A = \pi \times (50 \div 2)^2 = \pi \times 625 = 1,963 \text{ mm}^2$$

$$F = 0.5 \times 1,963 = 982 \text{ N} \approx 100 \text{ kgf}$$

[후진] 로드가 차지한 면적만큼 빠집니다

$$A = \pi \times (25^2 - 10^2) = \pi \times 525 = 1,649 \text{ mm}^2$$

$$F = 0.5 \times 1,649 = 825 \text{ N} \approx 84 \text{ kgf}$$

→ 같은 실린더인데 후진 힘이 약 16% 작습니다

여기서 끝이 아닙니다 — 부하율

계산으로 나온 힘을 100% 다 쓰면 안 돼요. 마찰, 배압, 압력 변동 때문입니다.

용도	권장 부하율	위 실린더의 실질 능력
정하중 (클램프, 누름, 정지 상태 유지)	70% 이하	약 70 kgf
동하중 (이송, 밀어내기)	50% 이하	약 50 kgf

> 힘이 부족할 때 레귤레이터부터 올리는 대응이 흔한데, 정석은 실린더 지름을 키우는 것이에요. 면적은 지름의 제곱에 비례하므로 지름을 2배로 하면 힘은 4배가 됩니다. 압력을 올리면 힘은 조금 늘고 충격·누설·소음은 크게 늘어요.

잔압 — 에어를 켜는데 실린더가 튀어나옵니다

공압 사고 중 가장 흔한 유형입니다. 밸브를 잠갔으니 안전하다고 생각하고 튜브를 뽑거나 실린더를 분해하는데, 하류 배관과 실린더 안에는 압력이 그대로 남아 있어요.

- 튜브가 채찍처럼 휘둘러 얼굴·눈을 찌
- 실린더가 갑자기 전진해 손가락이 끼임
- 지그가 열리면서 물려 있던 중량물이 떨어짐

밸브 잠금은 "공급 차단"일 뿐, "압력 제거"가 아닙니다.

정비 전 순서

1. 원 밸브(3점 세트 앞단) 차단
2. 잠금장치(LOTO)와 표지판 부착 — 다른 사람이 열지 못하게
3. 잔압 배기 — 배기 기능이 있는 밸브를 배기 위치로 두거나, 잔압배기 밸브·드레인 개방
4. 압력계 바늘이 0인 것을 눈으로 확인
5. 그 다음에 분해

> 산업안전보건기준에 관한 규칙은 기계의 정비·청소·수리 작업 시 운전을 정지하고 기동장치에 잠금장치와 표지판을 설치하도록 정하고 있어요. 형식적인 절차가 아니라, 실제로 사람이 다치는 순서를 막기 위한 것입니다.

에어건으로 몸을 털지 마세요

작업복 먼지를 에어건으로 터는 습관이 흔한데 금지 사항입니다. 압축공기가 상처나 피부로 들어가면 공기색전증 위험이 있고, 튼 이물이 눈으로 들어갑니다. 옷을 털 때는 집진기나 브러시를 쓰세요.

매일 아침 3분 점검

- ☐ 압축기 토출압력이 정상 범위인가
- ☐ 에어탱크·필터 드레인을 배출했는가 (물 색이 우윳빛/기름기면 보고)
- ☐ 필터 전후 차압 표시가 교체 범위에 들어왔는가
- ☐ 레귤레이터 세팅 압력이 어제와 같은가
- ☐ 루브리케이터 오일 잔량 (급유 사양인 경우만)
- ☐ "쉬~" 소리가 나는 곳에 표시(테이프)를 붙이고 보고했는가

출처: 안전보건공단 — 공기압축기·압력용기 안전자료 (<https://www.kosha.or.kr>) · 한국산업인력공단 Q-Net — 설비보전기능사(2025년 공유압기능사 통합) 자격정보 (<https://www.q-net.or.kr>) · 한국폴리텍대학 — 유공압 실무 훈련과정 (<https://www.kopo.ac.kr>)

기본 공압 회로

단동/복동 실린더 회로, 5/2 밸브, 스피드 컨트롤러의 작동 원리를 배웁니다.

회로도를 못 읽으면 고장 앞에서 아무것도 못 합니다

라인이 서면 제일 먼저 나오는 말이 "왜 안 움직이지?"예요. 이때 회로도를 읽을 수 있으면 공기가 어디서 와서 어디서 막혔는지를 순서대로 따라갈 수 있습니다. 못 읽으면 그냥 서서 정비반을 기다리는 수밖에 없어요.

다행히 공압 기호는 국제 표준(KS B ISO 1219)이라 회사가 달라도 똑같습니다. 한 번 익히면 이직해도 그대로 쓸 수 있어요.

실린더는 두 종류입니다

구분	단동(Single acting)	복동(Double acting)
공기 포트	1개	2개
복귀 방법	내장 스프링 또는 자중	반대쪽에 공기압
힘을 내는 방향	한 방향만	양방향
스트로크	보통 100mm 이내	제한 적음
에어 소비	적음	많음
대표 용도	클램프, 밀어내기, 스톱퍼	대부분의 이송·가압
에어가 끊기면	스프링으로 복귀	밸브 형식에 따라 다름

단동은 스프링을 이기는 만큼 출력이 깎입니다. 그래서 큰 힘이 필요한 곳에는 안 써요. 대신 **밸브가 배기 위치로 가서 포트가 대기로 열리면 스프링이 원위치로 되돌린다**는 점이 안전 설계에서 유용합니다. 다만 원 밸브만 잠그고 배기가 안 되면 잔압이 실린더를 그대로 붙잡고 있으니, 정비 전에는 반드시 잔압을 빼고 압력계 0을 눈으로 확인하세요.

밸브 호칭 — 5/2 는 무슨 뜻인가

5 / 2 밸브
| └─ 위치(제어 상태) 수 : 2
└───┬── 포트(구멍) 수 : 5

호칭	포트 구성	대표 용도
2/2	입구-출구	단순 개폐(에어 차단)
3/2	P(공급)·A(출력)·R(배기)	단동 실린더, 진공, 파일럿 신호
5/2	P-A-B-R1-R2	복동 실린더 표준
5/3	5/2에 중립 위치 추가	중간 정지(클로즈드센터) / 중간 배기(엑조스트센터)
4/2, 4/3	배기 포트 1개	주로 유압

배기 포트가 2개(R1, R2)인 이유가 핵심이에요. A쪽 배기와 B쪽 배기를 따로 조일 수 있어야 **전진 속도와 후진 속도를 따로 조절**할 수 있기 때문입니다.

5/2 밸브가 하는 일



밸브는 결국 "공급을 어느 쪽에 붙이고, 반대쪽을 대기로 열어줄 것인가" 를 정하는 스위치입니다. 이 한 문장이면 대부분의 방향제어밸브가 설명돼요.

조작 방식 — 정전되면 어떻게 되는가

조작 방식	특징
수동(레버·버튼·페달)	수동 조작, 비상 조작
기계(롤러·캠·스프링)	실린더가 도착한 것을 기계적으로 감지
파일럿(공압 신호)	원격 조작, 전기를 못 쓰는 폭발위험장소
싱글 솔레노이드 (스프링 복귀)	전기가 끊기면 원위치로 돌아감
더블 솔레노이드	전기가 끊겨도 그 자리를 유지(메모리)

> 이 차이가 안전을 가릅니다. 정전 시 실린더가 빠져나와야 안전한 공정(가열 프레스 안에 물려 있는 경우)은 싱글 솔레노이드를 씁니다. 반대로 복귀하면 위험한 공정(중량물을 들고 있는 리프트)은 더블 솔레노이드나 파일럿 체크밸브로 위치를 잡아둡니다. > > **밸브가 고장 났다고 아무거나 꽂아 넣으면 안 되는 이유**가 여기 있습니다. 형번이 같아 보여도 싱글/더블이 다르면 정전 때 정반대로 움직여요.

스피드 컨트롤러 — 들어오는 공기가 아니라 나가는 공기를 조입니다

스피드 컨트롤러는 **교축(조임) 밸브 + 체크밸브**가 한 몸으로 된 부품이에요. 한쪽 방향으로는 조여서 천천히, 반대 방향으로는 체크밸브로 그냥 통과 시킵니다.

공압에서 속도조절의 원칙은 **배기 쪽을 조이는 것(미터아웃)**입니다.

[공급 쪽을 조이면]

- 반대쪽 공기가 먼저 다 빠져나감
- 조금씩 들어온 공기가 압축된 채 쌓임
- 부하를 이기는 순간 한꺼번에 팽창 → 튀어나감

[배기 쪽을 조이면]

- 반대쪽에 공기가 남아 쿠션 역할을 함
- 부하가 변해도 속도가 유지됨 ← 이게 정답

공기는 압축되는 유체라서 스프링처럼 행동해요. **반대쪽에 눌린 공기를 남겨두는 것**이 부드러운 동작의 비결입니다.

방향 구별법

방향 구별법

미터인이나 미터아웃이나는 **부착 위치가 아니라 부품 내부 체크밸브의 방향**이 정합니다. 미터아웃형 컨트롤러를 밸브 쪽에 달아도 여전히 미터아웃 이에요(응답만 늦어집니다). 먼저 몸통의 화살표·IN/OUT 표기와 형번(미터아웃형 / 미터인형)으로 확인하세요.

표기를 못 찾으면 이렇게 봅시다. **미터아웃이면 그 포트에서 공기가 빠져나가는 동작이 느려집니다.** 즉 헤드측(뒤쪽) 포트의 컨트롤러를 조이면 **후진** 이, 로드측(앞쪽) 포트의 컨트롤러를 조이면 **전진**이 느려지는 것이 정상이에요. 조였는데 반대로 공기가 들어가는 쪽 동작이 느려진다면 미터인으로 달린 것이니 부품을 바꾸거나 방향을 뒤집어야 합니다.

컨트롤러는 **실린더 포트에 최대한 가깝게** 붙이세요. 멀어질수록 사이 튜브의 잔여 체적 때문에 응답이 늦고 조절 감이 안 잡힙니다.

> 속도를 아무리 조절해도 실린더가 느리기만 하다면 **밸브 배기 포트의 소음기(사일런서)가 막힌 것**을 의심하세요. 배기가 못 나가면 공급을 아무리 늘려도 실린더는 안 움직입니다. 분진·도장 공정에서는 소모품으로 봐야 해요.

회로도 읽는 순서 6단계

1. 공급원 찾기 — 에어 소스 기호와 3점 세트가 도면 아래쪽에 있습니다
2. 액추에이터 세기 — 실린더·에어척·로터리가 몇 개이고 각각 이름(A, B, C)이 뭔지
3. 각 액추에이터에 붙은 방향제어밸브 종류 확인 (3/2인지 5/2인지)
4. 밸브를 누가 조작하나 — 버튼? 리미트스위치? 솔레노이드(PLC 출력)?
5. 부속 확인 — 스피드컨트롤러, 급속배기밸브, 압력조절, 파일럿 체크
6. 에어가 끊기면 어떻게 되는지 확인 — 안전 판단의 핵심

배관·튜브에서 신입이 자주 하는 실수

실수	무슨 일이 생기는지
원터치 피팅에 튜브를 끝까지 안 밀어 넣음	처음엔 멀쩡하다가 압력·진동으로 어느 날 빠짐. 튜브가 채찍처럼 휘둘러 얼굴을 침
니퍼로 튜브를 잘라 단면이 눌리거나 비스듬함	씰링 불량 → 미세 누설이 계속
급하게 꺾어 배관	유로가 좁아져 속도 저하, 시간이 지나면 크랙
굽기를 임의로 가늘게 바꿈	압력은 정상인데 유량이 부족해 실린더만 느려짐
스피드컨트롤러를 실린더에서 멀리 설치	응답이 늦고 조절 감이 안 잡힘
소음기를 댄 채 사용	배기 소음이 기준을 넘고, 이물이 밸브로 역유입

> 튜브는 **전용 커터로 직각 절단**하고, 피팅에 끝까지 밀어 넣은 뒤 **가볍게 당겨서 빠지지 않는지** 확인하세요. 이 2초가 사고를 막습니다.

실습 체크리스트

- ☐ 우리 라인 회로도에서 실린더 개수와 이름을 세어봤다
- ☐ 각 실린더의 밸브가 3/2인지 5/2인지 확인했다
- ☐ 싱글 솔레노이드인지 더블 솔레노이드인지 확인했다
- ☐ 스피드컨트롤러를 조여서 속도가 변하는 것을 직접 봤다

☐ 에어을 차단했을 때 각 실린더가 어떻게 되는지 눈으로 확인했다

☐ 원터치 피팅에서 튜브를 뺐다가 끝까지 다시 삽입해봤다

출처: 국가기술표준원 — KS B ISO 1219 유공압 기호 표준 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국폴리텍대학 — 공압회로 실습 훈련 (<https://www.kopo.ac.kr>) · 한국 산업인력공단 Q-Net — 설비보전기능사 출제기준(공압 회로·기호 포함) (<https://www.q-net.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 공압 회로도 읽기 연습
- FRL 유닛 점검 실습

부록

현장에서 자주 나오는 말들입니다. 못 알아들었을 때 찾아보세요.

현장 용어집

어느 공장에서도나 쓰는 공통 용어입니다. 조립 전용 용어는 아직 정리 중이라 biz360.kr/ojt/glossary 를 봐 주세요.

라인 Production Line

제품이 순서대로 가공·조립되는 직선형 생산 흐름. 컨베이어벨트로 연결된 경우가 많다.

셀 생산 Cell Manufacturing

U자형 등으로 배치하여 1명 또는 소수 작업자가 여러 공정을 담당하는 생산 방식.

택트타임 Takt Time

고객 수요를 맞추기 위해 제품 1개를 만들어야 하는 시간 간격. 가용시간 ÷ 일 수요량.

사이클타임 Cycle Time

한 공정에서 제품 1개를 처리하는 데 실제 걸리는 시간.

잔업(OT) Overtime

법정 근로시간(주 40시간)을 초과하여 근무하는 것. 통상임금의 150%를 지급한다.

교대근무 Shift Work

24시간 공장 가동을 위해 2교대(주간·야간) 또는 3교대로 나누어 근무하는 체계.

호렌소(보·연·상) Ho-Ren-So

보고(報告)·연락(連絡)·상담(相談)의 일본어 줄임말. 제조 현장 커뮤니케이션의 기본 원칙.

5S 5S

정리·정돈·청소·정결·습관화. 현장 개선의 기본이 되는 5가지 활동.

적카드 Red Tag

5S 활동에서 불필요한 물건에 붙이는 빨간 태그. 일정 기간 후 폐기/이동 판단 기준이 된다.

다기능공 Multi-skilled Worker

2개 이상의 공정을 수행할 수 있는 작업자. 유연한 생산 대응이 가능하다.

제3각법 Third Angle Projection

정면도 기준으로 위에 평면도, 오른쪽에 측면도를 배치하는 투상법. 한국/미국 표준.

공차 Tolerance

허용되는 치수의 최대·최소 차이. 예: $50 \pm 0.1\text{mm}$ 이면 공차는 0.2mm.

GD&T Geometric Dimensioning & Tolerancing

기하학적 형상 허용차를 체계적으로 표시하는 국제 규격. 위치도, 진원도 등 14가지 기호 사용.

데이텀 Datum

GD&T에서 기하공차의 기준이 되는 면, 축, 점. A, B, C로 표기한다.

Ra Arithmetic Average Roughness

표면거칠기의 산술평균값. 숫자가 작을수록 매끄러운 표면이다.

PPE Personal Protective Equipment

개인보호구. 안전모, 안전화, 보안경, 귀마개, 방진마스크 등 작업자를 보호하는 장비.

KYT Kiken Yochi Training

위험예지훈련. 작업 전 위험요소를 발견하고 대책을 세우는 4라운드 기법.

TBM Tool Box Meeting

작업 시작 전 도구함 주변에서 하는 짧은 안전미팅. KYT와 함께 실시.

LOTO Lock Out / Tag Out

설비 정비 시 에너지를 차단하고 잠금장치와 경고표지를 붙이는 안전 절차.

MSDS Material Safety Data Sheet

물질안전보건자료. 화학물질의 위험성, 응급조치, 보관법 등 16개 항목으로 구성된 안전 정보 문서.

GHS Globally Harmonized System

화학물질 분류·표시에 관한 국제 조화 시스템. 9가지 픽토그램으로 위험을 표시한다.

아차사고 Near Miss

사고로 이어질 뻔했지만 부상이 없었던 상황. 하인리히 법칙에 따르면 300건의 아차사고 뒤에 1건의 중대재해가 있다.

이 책을 만든 곳

BIZ360 은 부산·울산·경남 제조업의 채용과 교육을 돕는 서비스입니다. 강소기업 2,000곳의 현장정보, 직무별 교육자료 50개 모듈, 부울경 정착 가이드를 무료로 운영합니다.

웹 biz360.kr

정착 가이드 biz360.kr/live

교육자료 전문 biz360.kr/ojt

문의 biz360.kr/contact

2026-08-18 발행. 법령·기한·제도는 발행일 기준이며 이후 바뀔 수 있습니다. 안전에 관한 사항은 사업장 규정과 현장 지시가 우선합니다. 이 책은 법률 자문이 아닙니다. 내용을 그대로 복사해 사내 교육에 쓰셔도 됩니다.