

KOSHA GUIDE

G - 135 - 2021

스마트팩토리 안전시스템 평가에 관한 기술지침

2021. 12.

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 국립환경대학교 김기식
산업안전보건연구원 산업안전연구실 변정환
- 관련규격 및 자료
 - 스마트팩토리 안전시스템 수준별 평가모델 개발, 2019, 한국산업안전보건공단
 - KS B ISO 12100, 기계안전-설계 일반원칙-위험성평가와 위험성감소, 2016
 - KS B ISO 13849-1, 기계 안전-제어 시스템의 안전관련 부품- 제1부: 설계의 일반원칙, 2016
 - KS B ISO 13849-2, 기계 안전-제어 시스템의 안전관련 부품- 제2부: 검증, 2016
 - KS B ISO 13850, 기계 안전 비상 정지-설계원리, 2016
 - KS B ISO 13854, 기계안전 - 인체 부분의 협착을 방지하기 위한 최소 틈새, 2017
 - KS B ISO 13855, 기계 안전-신체 일부의 접근 속도에 따른 보호 장치 위치 설정, 2016
 - KS B ISO 13856, 기계안전 - 압력 감지식 보호 장치, 2016
 - KS B ISO 13857, 기계안전- 인체의 상지와 하지의 위험요인영역 접근을 방지하기 위한 안전거리, 2016
 - KS B ISO 14118, 기계안전- 예기치 않은 시동의 방지, 2017
 - KS B ISO 14119, 기계안전가드와 관련된 연동 장치 - 설계 및 선택에 대한 원칙, 2016
 - KS B ISO 14120, 기계안전-가드-고정식 및 이동식 가드의 설계와 시공에 대한 일반 요구사항, 2017
 - KS B ISO 14122, 기계안전 -기계설비에 대한 영구적 접근 수단, 2014
 - KS C IEC 60204-1, 기계류의 안전성 - 기계의 전기 장비 - 일반 요구사항, 2015
 - KS C IEC 61310-1, 기계류의 안전성-지시, 표시 및 작동-제1부: 시각, 청각 및 촉각 신호용 요구 사항, 2017
 - KS C IEC 61310-2, 기계류의 안전성-지시, 표시 및 작동-제2부: 표시 요구사항, 2017
 - KS C IEC 61310-3, 기계류의 안전성-지시, 표시 및 작동-제3부: 액추에이터의 위치 및 조작, 2014
 - KS C IEC 61496-1, 기계류의 안전성 - 전기감응 방호장치 - 제1부: 일반요구사항 및 시험, 2019
 - KS C IEC 61800-5-2, 가변속 전력구동 시스템 - 제5-2부: 안전 요구사항 - 기능, 2014
 - KS B ISO 10218-1: 2011 로봇 및 로봇장치-산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항-제 1부. 로봇

- KS B ISO 10218-2, 로봇 및 로봇장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항- 제1부: 로봇 시스템 및 통합, 2017
- KS B ISO TS 15066, 로봇 및 로봇 장치 - 협동로봇, 2017
- KS B 7313, 산업용 협동로봇, 2018
- KS T 2013, 컨베이어 안전 기준, 2019
- KS T2003, 연속처리 장비 및 시스템-벌크재료용 고정식 벨트 컨베이어의 안전 및 EMC 요구사항, 2017
- KS X 9001-2, 스마트공장 - 제2부: 용어
- S3-M-13, 무인운반차에 대한 기술기준, 2009
- ANSI/ITSDF B56.5-2012, 무인, 자동 산업 차량에 대한 안전 표준
- ISO/DIS 3691-4, 산업용 트럭 - 안전 요구 사항 및 검증 - 제4부: 무인 산업용 트럭 및 시스템, 2018
- DIN EN 1525 : 무인 산업용 트럭 및 시스템, 1997
- JIS D 6801, 무인운반차의 안전기준, 2019
- 2006/42/EC, 기계류지침, 2006
- 스마트제조혁신추진단 스마트공장 사업관리시스템, 디지털 라이브러리

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제6장 유해·위험 기계 등에 대한 조치

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr) 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

스마트팩토리(Smart Factory) 안전시스템 평가에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 스마트팩토리(Smart Factory) 사업장의 안전관리 수준을 진단하기 위하여 안전시스템을 평가하는 도구와 그 사용 등에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

이 지침은 스마트팩토리(Smart Factory)를 구축한 모든 사업장에 대하여 적용한다. 다만, 수리, 보수, 교체 및 폐기 등의 비정형 상황에 대하여는 적용하지 아니한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “스마트팩토리(Smart Factory)”라 함은 기획·설계, 생산, 유통·판매에 이르는 생산과정의 전부 또는 일부에서 사물인터넷(IoT)·인공지능(AI)·빅데이터와 같은 정보통신기술을 활용해 기업의 생산성과 제품 품질 등을 높이는 지능형 공장을 말한다.

(나) “자동화공장”이라 함은 생산과정에서 노동자의 개입을 최소화하여 기계·설비로 대체함으로써 무인화공장을 말한다.

(다) “스마트팩토리(Smart Factory) 안전시스템 수준”이라 함은 Enterprise - Work Centers - Station - Control Device - Field Device의 생산시스템 계층 구조에서 계층간 안전관련 정보교환의 정도에 따라 안전시스템을 구분하는 것을 말한다.

(라) “전사적 자원관리(ERP)”라 함은 기업의 자금, 회계, 구매, 생산 및 판매 등의

경영과정을 한 번에 파악할 수 있도록 관리해주는 시스템을 말한다.

(마) “제조실행 시스템(MES)”이라 함은 생산과정을 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있도록 하는 시스템을 말한다.

(바) “자동화제어(PLC)”라 함은 센서로부터 신호를 수신하여 제어장치에 신호를 보내어 설정값으로 작동시키는 시스템을 말한다.

(사) “정보통신기술(ICT)”이라 함은 정보를 주고받는 것을 포함하여 개발, 저장, 처리 및 관리에 필요한 모든 기술을 말한다.

(마) “사물인터넷(IoT)”이라 함은 인터넷을 기반으로 시간, 장소 및 사물 등에 대한 제약없이 모든 사물이 연결되어 사람과 사물, 사물과 사물간의 정보를 소통할 수 있는 지능형 기술을 말한다.

(바) “가상물리 시스템(CPS)”이라 함은 공장에서 사용하는 시스템과 사이버 공간 시스템을 실시간으로 통합하는 기술로 새로운 프로젝트 테스트를 위하여 생산공정을 중단시키지 않고 사이버 공간에서 테스트할 수 있는 시스템을 말한다.

(2) 그 밖의 용어 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 평가항목의 구분

스마트팩토리 안전관련 정보교환 정도의 판단을 통한 스마트팩토리 안전시스템 수준을 평가하기 위한 계층통합 생산시스템의 안전 구성요소는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 계층통합 생산시스템의 안전 구성요소

구성	내용
Enterprise	<ul style="list-style-type: none"> • ERP: Topfloor(전사차원의 계획 및 자원 활용) - 완성공정을 위한 초기 생산계획과 발주를 위한 지속적 제어
Work Center	<ul style="list-style-type: none"> • MES: 경영(제조, 실행, 시스템) - 제조 실행 시스템(MES)을 위한 기본사항으로 경영, 기계류 및 개인정보를 파악하고 제어, 조정 및 생산 제어를 실행 - 경영(Topfloor)와 기계 제어사이의 연결고리 - 정보파악을 통한 생산계획 - 기업자원계획시스템(ERP: Enterprise Resource Planning-System)에 미래지향적 계획을 위한 정보 제공
Work Station	<ul style="list-style-type: none"> • 인간-기계 인터페이스(HMI): 공정제어 - 공정제어, HMI 그리고 SCADA 시스템에 대한 정보 기능 장착 - 시각화된 생산관련 공정제어 - 공정제어 인간-기계 단계의 감시와 서비스 기능의 제어
Control Device	<ul style="list-style-type: none"> • PLC: 제어 (프로그램, 물류, 제어) - 저장 가능한 프로그램 제어를 위한 입력정보(센서 데이터) 평가 및 결과정보를 Shopfloor에 재전송 - 전자정보를 통한 액츄에이터 작동(예: 유·공압, 전자식 액츄에이터 작동) - 기계/설비 제어 분산 배치 - 예: 전기 및 난방관리 디지털 시스템 등
Field Device	<ul style="list-style-type: none"> • Shopfloor: 실시간 현장처리(센서, 액츄에이터) - 위치·장소적 생산설비와 관련된 생산정보 - 온도 센서와 차광막(Light Barrier)과 같은 센서 장착 액츄에이터 - 생산과 관련된 입·출력 자료의 전달 및 가공

여기서 평가 항목은 모두 142개로 구성되며, <부록 1>에 제시되어 있고 각 항목에 대한 평가는 적합, 부분적합, 부적합, 해당없음 중 하나를 선택하여 실시한다. 그리고 <부록 2>에는 평가항목에 대한 점검 해설을 담고 있다.

4.1 평가 방법의 구분

평가항목은 총 142개 항목으로 문서 확인 및 관계자 면담 87개 문항과 현장확인 55개 문항을 평가하도록 구성되어 있다.

4.2 평가 분야 및 세부항목

평가 분야는 법규 및 인증, 공정설비 안전설계 및 구성, 방호장치 및 조치, 유지보수 및 교육의 4개 분야로 구분하며 각 분야는 이를 세부항목으로 다시 구분한다.

(1) 법규 및 인증 분야(4개 문항)

법규 및 인증 분야는 스마트팩토리 기계류·설비별 설치 및 운용에 필요한 각종 법규 준수와 안전인증 획득 및 적용여부를 확인하고 각 디바이스별로 공통 적용할 수 있는 4개 문항으로 문서 확인 및 관계자 면담으로 도출하도록 하고 있다.

(2) 공정설비 안전설계 및 구성 분야(67개 문항)

공정설비 안전설계 및 구성 분야는 문서 확인 및 관계자 면담으로 50개 문항과 현장확인으로 17개 문항에 답하도록 구성되어 있고 세부항목은 아래와 같다.

- (가) 안전제어시스템(문서 확인 및 관계자 면담으로 20개, 현장확인 4개 문항)
- (나) 정보(통신) 운영기술 및 통신 네트워크(문서 확인 및 관계자 면담 7개 문항)
- (다) 협동작업 안전(문서 확인 및 관계자 면담 11개, 현장확인으로 5개 문항)
- (라) 모듈설비(문서 확인 및 관계자 면담 6개, 현장확인으로 3개 문항)
- (마) 제어기기(휴대용)(문서 확인 및 관계자 면담 6개, 현장확인 5개 문항)

(3) 방호장치 및 조치

방호장치 및 조치분야는 문서 확인 및 관계자 면담으로 26개 문항과 현장확인으로 29개 문항에 답하도록 구성되어 있고 세부항목은 아래와 같다.

- (가) 방호조치(방책)(문서 확인 및 관계자 면담 9개, 현장확인 12개 문항)
- (나) 방호장치(센서)(문서 확인 및 관계자 면담 9개, 현장확인 5개 문항)
- (다) 비상정지장치(문서 확인 및 관계자 면담 8개, 현장확인 12개 문항)

(4) 유지보수 및 교육

유지보수 및 교육 분야는 문서 확인 및 관계자 면담으로 7개 문항과 현장확인으로 9개 문항에 답하도록 구성되어 있고 세부항목은 아래와 같다.

- (가) 유지관리규정 수립(문서 확인 및 관계자 면담 1개 문항)
- (나) 작업결과 기록관리(문서 확인 및 관계자 면담 1개 문항)
- (다) 안전교육 계획수립(문서 확인 및 관계자 면담 2개 문항)
- (라) 교육시행(문서 확인 및 관계자 면담 2개 문항)
- (마) 교육관리(문서 확인 및 관계자 면담 1개 문항)
- (바) 작업규정 준수(현장확인 3개 문항)
- (사) 조작금지 표시(현장확인 1개 문항)
- (아) 안전감시 및 조치(현장확인 2개 문항)
- (자) 에너지 방출(현장확인 1개 문항)
- (차) 운전개시(현장확인 1개 문항)
- (카) 자료비치(현장확인 1개 문항)

4.3 안전시스템 수준별 단계

안전시스템의 수준별 단계를 구분에 앞서 스마트팩토리 수준별 정의는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 스마트팩토리 수준 정의

수준	정의
기초	기초 ICT를 활용하여 생산 일부의 정보를 수집 및 활용하고 기존 인프라를 활용을 통하여 최소비용으로 정보시스템을 구축하는 수준
중간 1	설비의 정보를 최대한 자동으로 수집하고 인프라와 신뢰성 있는 정보를 공유함으로써 생산과정의 자동화를 지향하는 수준
중간 2	모기업과 공급사슬 및 엔지니어링 관련 정보를 공유함으로써 최적화와 자동제어를 기반으로 실시간 의사결정할 수 있는 제어형 공장을 달성하는 수준
고도화	사물과 인터넷 서비스를 IoT/IoS화하여 사물, 서비스, 비즈니스 모듈간 실시간으로 소통체계를 구축하고 사이버 공간에서 생산활동을 구현하는 수준

스마트팩토리 안전시스템 수준에 따른 4단계의 문항은 다음과 같이 구성되며, 스마트팩토리 안전시스템을 평가하기 위한 수준별 정의는 다음 <표 3>과 같이 4단계로 구분한다.

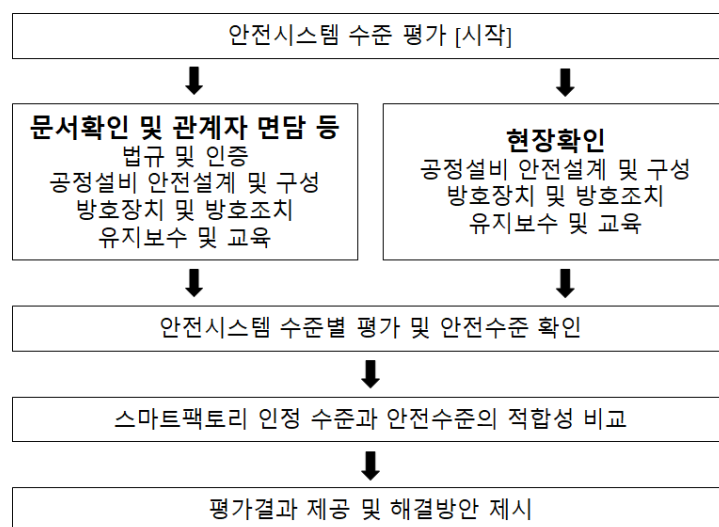
- (1) Safety I(90개 문항)
- (2) Safety II(17개 문항)
- (3) Safety III(20개 문항)
- (4) Safety IV(15개 문항)

<표 3> 스마트팩토리 안전시스템 수준 정의

단계	조건(구축 수준)
Safety IV	빅데이터와 AI 기술을 통해 부품고장, 교환주기 예지 및 예지적 방호조치, CPS 상에서 자율안전확인(자기적합성 선언)
Safety III	이상상태 모니터링을 통한 설비·자동제어, 이력관리, 설비수명 예측 등
Safety II	기계·설비류(모듈설비 포함) 및 작업자 안전 모니터링
Safety I	기계·설비류(모듈설비 포함) 안전기준 및 국내·외 관련 규격

5. 평가방법

스마트팩토리 안전시스템 수준 평가 방법은 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 안전시스템 수준 평가 절차

‘법규 준수’, ‘안전인증 획득 제품 사용’, ‘자율안전확인신고’, ‘안전검사’를 통해 해당 설비의 안전성을 검증하고 각종 표준, 규격 및 위험성평가 등 각종 문서와 관계자 면담 등을 통해 적합 여부를 판단하는 과정과 기계류·설비 시설물 설치상태와 각종 안전장치의 정상 작동여부를 현장 확인하여 적합성을 평가하는 과정을 거친다. 그런 다음 안전시스템 수준별 평가결과 및 안전수준의 적합성을 구하고 사업장에 적절한 해결방안을 제시한다.

6. 평가절차

6.1 안전성평가 실시규정 작성

안전성평가 성과를 거두기 위해서는 평가 실시 사업장의 생산활동과 연계하여 자체 평가계획을 포함하는 실시규정을 작성하여야 한다. 안전성평가 실시규정에는 다음 사항을 포함한다.

- (1) 안전성평가 실시 조직의 구성, 역할 및 책임
- (2) 안전성평가 대상 및 실시 시기
- (3) 안전성평가 실시상의 유의사항
- (4) 안전성평가 기록

6.2 안전성평가에 관한 교육 실시

사업장에서 안전성평가를 실시하는 경우 담당자 또는 관계자가 그 방법에 관한 상당한 지식과 경험을 보유하여야 한다. 따라서 사업주는 담당자 및 관계자에 외부 교육기관의 필요한 교육을 수강하게 하거나 자체적으로 근로자에게 평가의 중요성 및 실시방법 등을 교육시켜야 한다.

6.3 평가대상 선정

- (1) 안전성평가를 실시하는 경우 스마트팩토리 관련 모든 유해·위험요인을 대상으로 하며, 주로 스마트팩토리 관련 작업을 대상으로 한다.
- (2) 안전성평가의 대상은 과거에 산업재해가 발생한 작업, 위험한 일이 발생한 작업 등 근로자의 근로에 관계되는 유해·위험요인에 의한 부상 또는 질병의 발생이 합리적으로 예견 가능한 것으로 한다.
- (3) 동일한 작업(동일한 작업설비를 사용하거나 작업을 수행하는 방법 등이 같다고 객관적으로 인정되는 작업)인 경우 묶어서 대상으로 선정하여 평가할 수 있다.

6.4 평가대상 작업별 분류

- (1) 스마트팩토리 공정 흐름도에서 평가대상을 작업별로 분류한다.
- (2) 분류된 작업별로 평가 담당자를 지정하고, 평가 담당자로 하여금 해당 공정의 작업별로 평가를 실시하게 한다. 다만, 평가 담당자가 분류된 작업에 대한 지식, 기술 및 정보 등을 충분히 보유한 경우에는 복수의 작업에 대한 평가도 가능하다.

6.5 안전보건정보 사전 조사

- (1) 난이도가 높은 문제부터 우선적으로 개선하기 위하여 평가단계에서부터 유해·위험요인에 관한 정보가 누락되지 않아야 하며, 따라서 스마트팩토리 관련 정보를 가급적 많이 수집하고 정리한다.
- (2) 스마트팩토리 관련 유해·위험요인에 관한 정보를 입수할 때는 법령, 지침, 사내규정 등 각종 기준과 재해통계, 안전보건관리 기록, 안전보건활동 기록 등의 정보를 토

대로 파악하여야 한다.

(3) 유해·위험요인을 파악하기 전에 사업장의 기본적인 안전보건정보는 다음을 참조하여 작성한다.

- (가) 작업표준, 작업절차 등에 관한 정보
- (나) 기계·기구, 설비 등의 사양서, 제조 공정도 등의 유해·위험요인에 관한 정보
- (다) 기계·기구, 설비 등의 공정 흐름과 작업 주변의 환경에 관한 정보
- (라) 재해사례, 재해통계 등에 관한 정보
- (마) 그 밖에 안전성 평가에 참고가 되는 자료 등

7. 평가결과의 해석 및 판정

특정 설비를 미보유하거나 사업장의 해당 공정과 무관한 항목에 대해서는 ‘해당없음’으로 구분하고 적합도 계산 시 모수에서는 제외한다. 또한, 체크리스트에서 평가를 실시한 경우 ‘적합’, ‘일부적합’, ‘부적합’에는 각각 1, 0.5, 0점을 배정하여 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}
 - \text{Safety I 수준 평가점수} &= \frac{(\text{'적합' 문항수}) + 0.5 \times (\text{'부분적합' 문항수})}{(\text{Safety I에 해당하는 문항수}) - (\text{'해당없음' 문항수})} \\
 - \text{Safety II 수준 평가점수} &= \frac{(\text{'적합' 문항수}) + 0.5 \times (\text{'부분적합' 문항수})}{(\text{Safety II에 해당하는 문항수}) - (\text{'해당없음' 문항수})} \\
 - \text{Safety III 수준 평가점수} &= \frac{(\text{'적합' 문항수}) + 0.5 \times (\text{'부분적합' 문항수})}{(\text{Safety III에 해당하는 문항수}) - (\text{'해당없음' 문항수})} \\
 - \text{Safety IV 수준 평가점수} &= \frac{(\text{'적합' 문항수}) + 0.5 \times (\text{'부분적합' 문항수})}{(\text{Safety IV에 해당하는 문항수}) - (\text{'해당없음' 문항수})}
 \end{aligned}$$

적합도를 평가하는 경우 각 평가범주에 해당하는 문항 중 적합도가 60%(0.6) 이상인 경우에 해당 안전수준을 통과하는 것으로 본다. 다만, 해당 안전수준을 통과하더라도 전단계 안전수준을 통과하지 못하는 경우의 적합도는 전전단계 안전수준으로 본다.

<부록 1> 평가항목(체크리스트)

구분	평가 분야	세부항목	순번	단계	질문 내용	적합	부분 적합	부적합	해당 없음
문서확인 및 관계자 면담 등	법규 및 인증	기계류· 설비류	1	Safety I	기계·설비류가 KCs 자율안전확인 신고를 받은 제품인가?				
			2	Safety I	사업장에 운용 중인 기계류·설비류는 관련 안전인증서를 보유하고 적합하게 부착하여 표시하고 있는가?				
			3	Safety I	KS B ISO 10218-2 또는 ISO 10218-2 기준을 충족하는 협동로봇 제품인 증 및 협동로봇 설치 사업장 안전인증서를 보유하고 있는가?				
			4	Safety I	사업장에 운영 중인 기계류·설비류는 유효한 안전검사 합격 증명서를 보유하고 있는가?				
	공정설비 안전 설계 및 구성	안전제어 시스템	5	Safety I	안전센서의 출력 신호는 직접 안전 PLC 또는 Safety Controller 등의 안전 입력 회로와 연결되어 있는가?				
			6	Safety I	안전 PLC는 KS B ISO 13849-1 및 IEC 61508에서 요구하는 안전기능을 수행하고 있는가?				
			7	Safety I	프로그램 내용을 확인할 수 있는 Interlock 구성 로직 또는 조건표가 문서로 작성되어 있는가?				

			8	Safety I	안전 프로그램 로직은 안전 PLC 자체만으로 작동하며, 일반제어 로직과 별도로 구분되어 작성되어 있는가?				
			9	Safety I	안전제어시스템은 일반제어시스템과 회로가 분리되어 있으며, 일반제어시스템의 고장과 상관없이 안전기능을 수행하고 있는가?				
			10	Safety I	위험성평가와 함께 KS B ISO 13849-1에 근거한 PLr를 선정하고 그에 맞는 PL 계산 등급과 안전 Category의 근거 자료를 보유하고 있는가?				
			11	Safety I	안전제어시스템은 EMC(전자파 적합성 시험) 인증을 받았으며, 지락사고가 발생하게 될 때 설비의 불시 오작동을 방지하기 위한 회로로 구성되어 있는가?				
			12	Safety I	Interlock 기능대로 정확하게 작동하는지에 대한 기능 시험 레포트를 작성 했는가?				
			13	Safety I	안전제어시스템의 접점 출력기기(릴레이, MC(Magnet Contactor))는 IEC 60947-5-1 Annex L(Mechanically linked contact) 또는 IEC 60947-4-1 Annex F(Mirror Contact)에 적합한 인증품을 사용하고 있으며, 접점의 용착을 감지하기 위해 상태 모니터링 접점을 입력으로 구성하고 있는가?				
			14	Safety I	Interlock 입력기기(도어, 비상, 라이트 커튼 등)들은 다른 시스템을 거치지 않고 안전 제어시스템에 직접 연결되어 있는가?				
			15	Safety I	Interlock 작동 후 재기동 조작 시 Interlock 기능이 복귀가 안 되어 있으면 설비 가동이 안 되도록 하고 있는가?				

			16	Safety I	Interlock 입력 기기들은 용도별로 안전제어시스템에 입력 신호로 받고 있는가?				
			17	Safety I	유지보수 모드 등으로 안전 인터록의 입력신호의 무효화 사용이 필요시, 별도의 모드 신호를 안전회로에서 따로 받고, 무효화 신호는 안전회로로 직접 연결되어 모드 설정에 따라 안전회로에서 무효화가 처리되고 있는가?				
			18	Safety I	Interlock 무효화 작동은 위험성이 감소된 조건에서만 허용되고 있는가?				
			19	Safety II	모든 안전 PLC 상태를 제어 기기에서 모니터링할 수 있는가? - 작동상태 및 내부 로직상태, 입출력 상태 등				
			20	Safety II	안전 출력이 OFF 될 때의 OFF 되는 원인을 모니터링할 수 있는가?				
			21	Safety III	안전 PLC 프로그램 수정 이력을 별도로 관리하고 있는가?				
			22	Safety III	유지보수 모드 작동으로 인한 Interlock 무효화 기능을 인원에 따라 단계별 권한을 부여하고, 인원별 이력을 수집하고 있는가?				
			23	Safety III	유지보수 모드 작동 이력은 정기적인 점검을 위한 것인지 비정기적인 작동인지 확인이 가능한가?				
			24	Safety IV	작업공정 중 안전 출력의 OFF 빈도수를 카운팅하여 OFF 원인 분석과 시스템 상태진단 및 수명예측할 수 있는가?				

		정보 (통신) 운영기술 (IO Link) 및 통신 네트워크	25	Safety II	설비의 경보 정보와 통전시간, 노후화의 Logging을 통해 안전사고를 미연에 저감할 수 있도록, 보전활동의 빈도관리와 보전활동의 모니터링을 수행하고 있는가?				
			26	Safety II	제어용 네트워크와는 별도로 안전시스템 기기와 IT 인프라 연결에 필요한 별도의 안전 전용 네트워크가 구성되어 있는가?				
			27	Safety II	안전회로의 타당성과 유효·무효화를 적절히 파악할 수 있는 시스템이 구축되어 있는가?				
			28	Safety III	안전시스템 네트워크의 신뢰성 확보를 위한 트래픽 및 보안에 대한 관리를 실시하고 있는가?				
			29	Safety IV	작업자의 액세스 이력과 디바이스 레벨의 상태 데이터로부터 AI(인공지능)이 스스로 정지원인 분석을 수행할 수 있는가?				
			30	Safety IV	축적된 DB와 정지 원인분석을 통해 작업자의 액세스 빈도 요인의 저감 대책으로 위험상황을 예지할 수 있는 조치를 취하고 있는가?				
			31	Safety IV	원인 불명의 안전 정지의 요인 규명과 대책에 대한 정보화 솔루션 시스템이 구축되어 있는가?				
		협동작업 안전	32	Safety II	협동작업 영역의 4가지(안전 정격 모니터링 중지, 핸드 가이딩, 속도 및 분리 모니터링, 동력 및 힘 제한) 운전기능을 모니터링하고 있는가?				

			33	SafetyⅡ	협동로봇의 방호장치(비상정지장치, 라이트커튼, 레이저스캐너 등)를 모니터링하고 있는가?				
			34	SafetyⅡ	협동작업 영역의 이상발생 시 실시간으로 관리자에게 정보전달을 하고 있는가?				
			35	SafetyⅢ	협동작업 영역에서의 로봇과 작업자의 충돌과정을 이력관리하고 있는가?				
			36	SafetyⅢ	협동작업 운전모드 변환에 관해 이력관리 하고 있는가?				
			37	SafetyⅢ	협동작업 영역에 대한 접근을 이력관리하고 있는가?				
			38	SafetyⅢ	협동로봇 및 협동로봇 시스템의 수명을 전산시스템으로 이력관리 하고 있는가?				
			39	SafetyⅢ	작업자가 협동구역을 벗어 날 경우 장비의 동작상태에 대한 모니터링 및 이력을 수집하고 있는가?				
			40	SafetyⅢ	협동작업 상황에서 협동로봇이 정지할 경우 모니터링 및 이력을 수집하고 있는가?				
			41	SafetyⅣ	가상 물리적 작업환경에서 시뮬레이션을 통하여 협동작업 영역에서의 위험요인을 파악하여 현장 적용이 가능한가?				

			42	Safety IV	AI 기능(자율의사 결정)을 통하여 협동로봇과 용·복합설비를 관리하고 있는가?				
		모듈설비	43	Safety I	사업장 내 운영 중인 모듈설비는 인증품을 사용하고 있는가?				
			44	Safety II	모듈설비 내 이상상황을 모니터링할 수 있는가?				
			45	Safety III	공정변화에 따른 모듈설비 배치정보를 이력관리하고 있는가?				
			46	Safety III	모듈설비간 인터페이스에서 발생하는 고장에 대한 이력관리와 원인분석을 수행하고 있는가?				
			47	Safety IV	모듈설비에 대해 인공지능을 통해 예지적 방호조치를 실행하고 있는가?				
			48	Safety IV	모듈설비 배치 변경 시 CPS 상에서 자율안전확인(자기적합성선언)이 가능한가?				
		제어기기 (휴대용)	49	Safety I	인에이블 스위치는 IEC 60947-5-1에 준하는 안전인증품인가?				
			50	Safety I	인에이블 기기를 활용하여 위험 요소의 작동은 위험성이 감소된 곳에서만 활용할 수 있도록 설계되어 있는가?				
			51	Safety II	각 개소별 인에이블 스위치의 활성화 상태를 모니터링할 수 있는가?				

			52	SafetyⅢ	인에이블 스위치 조작 이력을 수집하고 있는가?				
			53	SafetyⅢ	인에이블 스위치 조작 이력은 정기적인 점검을 위한 것인지 비정기적인 작동인지 확인이 가능한가?				
			54	SafetyⅣ	기계 사용기간 동안 예지보전을 위해 인에이블 스위치가 실제 작동한 횟수와 상황에 대해 모니터링하여 수명예측할 수 있는 수단이 있는가?				
	방호장치 및 조치	방호조치 (방책)	55	Safety I	안전도어 스위치는 KS B ISO 14119와 IEC 60947-5-1을 만족하는 안전인증품인가?				
			56	Safety I	안전 리미트 스위치는 IEC 60947-5-1을 만족하는 안전인증품인가?				
			57	Safety I	고정식 방책 사용 시 안전도어(진입도어)가 닫히기 전까지는 설비 또는 기계가 작동되지 않도록 하고, 안전도어(진입도어) 개방 시 정지 명령이 실행될 수 있도록 구성되어 있는가?				
			58	Safety I	방책(예: 펜스 등)의 높이 선정은 위험원에서 거리에 따라 KS B ISO 13857에 준하는 설계가 되었거나 이에 따른 근거자료를 보유하고 있는가?				
			59	Safety I	방책의 구멍 또는 개구부는 사람의 신체 부위가 위험영역에 도달하지 못하도록 KS B ISO 13857에 준하는 설계가 되어 있는가?				
			60	SafetyⅡ	각 개소별 방책(안전도어)의 열림과 닫힘 상태를 모니터링이 가능한가?				

			61	SafetyⅢ	각 개소별 방책(안전도어)의 열림과 닫힘 이력을 수집하고 있는가?				
			62	SafetyⅢ	사용자에 따라 방책(안전도어) 출입에 대한 권한을 부여하고 이력을 수집하고 있는가?				
			63	SafetyⅣ	방책(안전도어) 개방 시 기계가 어떤 공정 또는 작업 중이었는데 사용 중인 부품과 재료에 대한 정보 취득 및 분석이 가능한가?				
		방호장치 (센서)	64	Safety I	안전 스위치의 사용 시 안전제어시스템(예: 안전 컨트롤러, 안전 PLC 등)을 활용하여 요구되는 안전등급(Type)에 맞게 사용하고 있는가?				
			65	Safety I	안전센서는 IEC 61496-1 전기감응 방호장치에 적합한 제품을 사용하고 있는가?				
			66	Safety I	인체가 기계의 위험부로 도달하기 전에 위험부를 정지시키기 위해 안전 센서와 위험부 사이에 KS B ISO 13857 기준에 적합한 안전거리를 고려하고 계산한 근거자료를 보유하고 있는가?				
			67	Safety I	안전센서의 감지신호는 입광 시 ON, 차광 시 OFF 신호로 사용하고 있는가?				
			68	Safety I	기계의 위험부와 안전센서의 검출영역 사이에 작업자가 진입할 경우, 인터록이 발생하는 시스템으로 구성하여 기계의 재기동을 방지하고 있는가?				
			69	Safety I	안전센서를 Muting 등의 일시 무효 기능 사용 시 무효 신호의 조건은 안전에 적합하게 사용되고 있는가?				

			70	Safety II	각 개소별 안전센서 상태 모니터링이 가능한가?				
			71	Safety III	안전센서의 작동 및 안전 출력 OFF 신호의 빈도 측정이 가능한가?				
			72	Safety IV	안전센서 작동 시, 기계가 어떤 작업 공정이었는지 사용 중인 부품과 재료에 대한 정보 취득 및 분석이 가능한가?				
		비상정지장치	73	Safety I	비상정지장치는 안전인증품(CE, KCs)을 사용하였는가?				
			74	Safety I	비상정지장치 기능의 최소 안전 요건으로 KS B ISO 13849-1 $PLr \geq c$ 또는 IEC 62061 SIL1 이상으로 설계되어 있는가? (산업용 로봇, 협동로봇: $PLr \geq d$ 또는 IEC 62061 SIL2)				
			75	Safety II	비상정지장치의 설치 위치 각 개소별 비상정지의 작동 상태를 모니터링할 수 있는가?				
			76	Safety III	비상정지장치의 작동 이력(Alarm, Warning)을 데이터로 수집하고 있는가?				
			77	Safety IV	비상정지장치 작동 시, 설비의 공정(작업)에 대한 작업 환경, 공정 단계, 비상정지 장치 작동 원인 등의 분석이 가능한가?				
			78	Safety IV	공정운영 중 예방보전을 위한 비상정지장치의 조작 횟수를 모니터링하고 수명에 대한 안전경고를 확인할 수 있는 수단이 있는가?				

			79	Safety IV	기계(설비) 사용기간 동안 예방 보전을 위해 스위치가 실제 작동한 횟수와 상황에 대해 모니터링하여 수명을 예측할 수 있는가?				
			80	Safety IV	작업과정 중 안전센서의 사용 통전시간 또는 광량 측정으로 상태진단 및 수명 예측이 가능한가?				
	유지보수 및 교육	유지관리 규정수립	81	Safety I	유지관리규정(위험작업 포함)은 기계류·설비류의 설치장소, 작업 절차 및 내용 등에 적합하게 작성되어 있는가?				
		작업결과 기록관리	82	Safety I	기계류·설비류의 보수(위험작업) 등을 실시한 후 그 내용을 기록하여 3년 이상 보존하고 있는가?				
		안전교육 계획수립	83	Safety I	기계류·설비류 운영을 위해 필요한 안전사고 예방 및 기술교육 계획이 수립되어 있는가?(사내 근로자)				
			84	Safety I	협력업체 또는 기계류·설비류 제조사 기술자(종사자)의 안전 및 기술교육 계획이 수립되어 있는가?				
		교육시행	85	Safety I	작성된 안전교육 계획에 따라 기계류·설비류에 대해 근로자를 대상으로 필요한 이론 및 실기 교육을 실시하고 있는가?				
			86	Safety I	작성된 안전교육 계획에 따라 협력업체 또는 기계류·설비류 제조사 기술자(종사자)를 대상으로 필요한 안전 및 기술교육을 실시하고 있는가?				

		교육 관리	87	Safety I	기계류·설비류의 관계 업무에 종사하는 근로자를 대상으로 필요한 이론 및 실기 교육을 실시하고 그 내용을 기록하며 3년 이상 기록·보존하고 있는가?				
현장확인	공정설비 안전설계 및 구성	안전제어 시스템	88	Safety I	안전 PLC 프로그램은 소프트웨어로 접근 시 사용자에게 따라 제한하고 있는가?				
			89	Safety I	안전제어시스템은 별도의 전용 전원공급 장치로 운영되고 있는가?				
			90	Safety I	안전 PLC와 제어기기의 통신이 올바르게 없을 경우 상태 경고등 또는 경보음을 발생시키는가?				
			91	Safety II	운전모드, 유지보수(티칭) 모드 구분에 대해 모니터링하고 있는가?				
		협동작업 안전	92	Safety I	협동로봇에 KCs 마크 및 안전검사 필증이 부착되어 있는가?				
			93	Safety I	협동로봇에 협동운전 상태임을 표시하는 경고표지가 설치되어 있는가?				
			94	Safety I	협동운전영역은 바닥표지 등으로 명확하게 표시되어 있는가?				
			95	Safety II	협동로봇 시스템의 센서 및 개인보호구에 부착된 센서를 통해 작업자의 위치를 모니터링하고 있는가?				
			96	Safety II	협동로봇과의 복합 작업(제품적재→협동로봇→컨베이어)에 대해 모니터링하고 있는가?				

		모듈설비	97	Safety I	개별 모듈설비에는 비상정지장치가 설치되어 있으며, 해당 모듈뿐 아니라 모듈과 연결된 공정을 정지시킬 수 있는가?				
			98	Safety I	개별 모듈설비에는 인터록 방호조치가 되어 있으며, 외부에서 해당 모듈 접근 시 해당 모듈뿐 아니라 연결된 모든 공정을 정지시킬 수 있는가?				
			99	Safety I	모듈설비들 사이의 연결부위에 방호장치가 설치되어 있는가?				
		제어기기 (휴대용)	100	Safety I	교시상자(티칭 펜던트)에 비상정지장치가 설치되어 있는가?				
			101	Safety I	교시상자(예: 티칭 펜던트)와 연동된 인에이블 스위치에 비상정지 장치가 부착되어 있는가?				
			102	Safety I	인에이블 스위치를 놓거나 중립(Neutral) 작동 위치를 지나도록 누르면 위험원의 작동을 정지시키는가?				
			103	Safety I	인에이블 스위치가 완전히 눌러진 상태에서 중립(Neutral) 작동 위치를 지나가는 경우에 위험원의 작동이 허용되지 않게 하였는가?				
			104	Safety I	다수의 인원이 작업을 할 경우 개인별로 별도의 인에이블 스위치 사용이 가능한가?				
		방호장치 및 조치	방호조치 (방책)	105	Safety I	안전스위치로 기계 또는 설비의 위험도에 따라 적합한 인터록 장치를 선택하여 위험을 줄일 수 있도록 선택되었는가? - 도어 인터록, 안전 매트, 안전 범퍼(엣지), 안전 리미트 등			
	106			Safety I	기계 작동 중 방책(안전도어) 개방 시 정지 명령이 실행되는가?				

			107	Safety I	방책(안전도어)은 자동으로 닫히지 않고 개방이 유지되도록 설치되어 있는가?				
			108	Safety I	방책(안전도어) 닫힘 동작만으로 기계가 스스로 작동하지 않도록 설치되어 있는가?				
			109	Safety I	방책(안전도어)에 안전 도어 스위치 설치방법(임의 해제 및 무효화 방지 대책)이 다음 중 한 가지 방법으로 적용되어 있는가? - 특수 볼트 설치. - 손이 닿지 않는 곳에 장착. - 물리적인 차폐물 및 장애물. - 은폐된 위치에 장착. - 중, 고수준의 코드화 트랩트 키 시스템.				
			110	Safety I	방책(안전도어)에 안전 도어 스위치 사용 시 전용 암호화된 코드로 짝이 맞는 스위치와 액추에이터만으로 사용할 수 있도록 관리가 되는가?				
			111	Safety I	고정식 방책의 경우 공구 사용 없이 임의로 개방할 수 없도록 설치하였는가?				
			112	Safety I	조정식(이동식) 방책은 작동상의 이유로 위험요인을 완전히 에워쌀 수 있을 경우에만 사용하도록 하였는가?				
			113	Safety I	조정식(이동식) 방책 사용 시 공구 없이 쉽게 사용하고 작동 중에는 조절이 고정되게 하였는가?				

			114	Safety I	제품 투입 배출 등으로 작업이 필요하여 개구부가 존재할 경우, 작업 시 KS B ISO 13851에 준하는 양수버튼 조작으로 작업을 수행하도록 구성되어 있는가?				
			115	Safety I	모터 축, 기어, 구동벨트 등 동력 전달 부품에 대해 고정형 또는 이동형 안전망으로 보호되고 있는가?				
			116	Safety I	설비 운전이 자동으로 시작되는 것을 방지하기 위하여 기동 연동장치가 설치되어 있는가?				
		방호장치 (센서)	117	Safety I	위험영역 전체를 보호할 수 있도록 충분한 안전센서(광전자 센서)의 광축수를 적용하였는가?				
			118	Safety I	검출 영역을 통과해야만 기계의 위험부에 도달할 수 있도록 기계 주변에 방호 구조물을 설치하였는가?				
			119	Safety I	이동경로에 있는 인체를 감지하기 위하여 운반차에 범퍼(압력 감지장치, 광전자식 감지장치), 근접센서 등과 같은 인체 감지장치가 설치되었는가?				
			120	Safety I	인체가 감지되어 운반차가 멈춘 경우, 경보를 울린 후 2초 후에 동일한 방향으로 자동 재기동하는가?				
			121	Safety I	안전센서의 Muting 등의 일시적 무효화 기능은 LAMP 등으로 무효화 상태를 쉽게 확인할 수 있는가?				

		비상정지 장치	122	Safety I	작동 또는 위험기능 작동 시 비상상황 대응이 가능한 비상정지장치를 가지고 있는가?				
			123	Safety I	비상정지장치가 모든 작동 모드에서도 즉시 설비 구동이나 작동이 정상적으로 작동하는가?				
			124	Safety I	비상정지장치 활성화 후 해제 시 작업자 조작만 가능하며, 기계 또는 설비 재가동 준비상태에 도달할 수 있게 구성되어 있는가?				
			125	Safety I	비상정지장치는 접근면(예: 바닥 면, 플랫폼 면) 기준 0.6~1.7 m 높이 기준을 충족하고 있는가?				
			126	Safety I	로봇의 경우 외부 보호장치와 연동된 하나 이상의 보호정지 및 비상정지 기능을 가지고 있는가?				
			127	Safety I	교시상자를 이용하는 경우, 비상정지장치 작동 시 전원차단 또는 구동부 정지기능이 구비되었는가?(AGV)				
			128	Safety I	이동식 협동로봇 비상정지 기능이 활성화되어 있는가? - 이동경로 막힘, 정전에 의한 제어 불가, 로봇이 넘어진 경우				
			129	Safety I	협동작업 영역 안에서 운전자가 로봇작동을 정지할 수 있는 수단을 갖추고 있는가?(동작허가 장치/비상정지 장치/ 핸드정지 장치)				

			130	Safety I	AGV에는 제어회로를 차단할 수 있는 수동조작 스위치가 있는가?				
			131	Safety II	협동로봇이 탈선하는 경우에 Safety move 또는 Safety limit 기능으로 정지시간, 정지각도, 정지경로 등을 모니터링할 수 있는가?				
			132	Safety III	비상정지장치 작동을 원격으로 제어할 수 있는가?				
			133	Safety III	AGV의 운행을 원격으로 제어(정지)할 수 있는가?				
	유지보수 및 교육	작업규정 준수	134	Safety I	기계류·설비류 유지·보수 작업 시 허가된 작업자와 안전방책 안에 진입하여 유지·보수작업을 하지 않도록 하고 있는가?				
			135	Safety I	기계류·설비류 유지·보수 작업 시 조작방법 및 절차, 2명 이상의 근로자 신호방법, 이상발견 조치, 정지 후 재가동 시의 조치 등은 정해진 작업규정에 따라 실시하고 있는가?				
			136	Safety I	2인 이상의 근로자가 보수작업 시 개인별 비상정지장치 휴대 및 접근이 용이하도록 구성되어 있는가?				
		조작금지 표시	137	Safety I	유지·보수 작업자 이외의 사람이 조작을 방지하기 위한 ‘조작금지’ 등의 표지판 설치 및 조작반을 자물쇠로 잠그고 작업을 진행하는가?				
		안전감시 및 조치	138	Safety I	유지·보수 작업 시 필요한 권한을 가진 ‘안전 감시인’을 배치하고 있는가?				
			139	Safety I	유지·보수 작업 시 주변의 다른 기계류·설비류에 의한 위험이 없도록 ‘임시 방책’을 설치하는 등 적절한 방호수단이 강구되어 있는가?				

KOSHA GUIDE
G - 135 - 2021

		에너지 방출	140	Safety I	유지·보수 작업 전에 기계류·설비류의 잔류 동력을 완전히 소멸시키고 실시하고 있는가?				
		운전개시	141	Safety I	유지·보수 작업 완료 후 기계류·설비류 운전 재개 시 방호장치의 작동여 부를 확인하고 있는가?				
		자료비치	142	Safety I	작업자는 유지·보수(위험작업) 계획서를 현장에 비치하여 시행하고 있는 가?				

<부록 2> 주요 점검항목 해설

1. 비상정지장치

1.1 작동 또는 위험기능 작동 시 비상상황 대응이 가능한 비상정지장치를 가지고 있는가?

[해설]

KS B ISO 13850 4.3.1 “비상정지장치”에서는 비상정지장치는 운전자와 작동할 필요가 있는 다른 사람이 쉽게 식별하고 작동할 수 있도록 설계되어야 한다.

1.1.1 비상정지장치의 액추에이터(버튼)

- 손바닥으로 쉽게 활성화될 수 있는 누름 버튼
- 와이어, 로프, 바
- 핸들
- 다른 대안의 적용이 어려운 곳에서 보호 덮개가 없는 발·페달
- 액추에이터에 열쇠를 필요로 하는 비상정지장치는 사용 금지
- 비상정지장치 구동은 액추에이터가 체결되지 않더라도 정지 명령 생성

1.1.2 비상정지장치 위치

운전자별 제어 스테이션에 설치하는데 다음과 같이 위험성 평가에 의해 결정된 장소에 설치하고 위험성 평가 결과 불필요하다고 판단되는 경우는 제외할 수 있다.

- 입구와 출구 위치
- 기계의 제어가 필요한 위치
- 설계로 인해 사람과 기계의 상호 작용이 예상되는 모든 장소
- 수동으로 작동하도록 의도된 비상정지장치의 액추에이터는 바닥에서 0.6 m 이상~ 1.7 m 이하 사이에 설치
- 운전자가 작동할 필요가 있는 경우 다른 사람에 의해 위험하지 않은 구동을 할 수 있도록 바로 접근이 가능한 위치에 설치
- 발·페달은 접근거리 내에서 직접 고정 위치에 설치

1.1.3 비상정지장치 표시(IEC 60417-5638)

비상정지장치의 액추에이터(버튼)는 빨간색이어야 하고, 액추에이터의 배경은 노란색이어야 한다.

- 액추에이터나 배경에는 텍스트나 기호 라벨이 표시되지 않아야 하며, 설명이 필요한 경우 IEC 60417-5638에 따라 다음 [그림 1]의 기호가 사용된다.



[그림 1] 비상정지장치 표시

1.1.4 기타사항

비상정지장치가 분리될 수 있거나 무선 운전자 제어 스테이션에 설치되었다면 적어도 하나의 비상정지장치는 영구적으로 기계에 설치되어야 한다.

(1) 능동적 비상정지장치와 수동적 비상정지장치 사이의 혼동 방지

- (가) 능동적 비상정지장치의 조명을 통한 장치 색상 변화
- (나) 수동적 비상정지장치의 자동 덮개
- (다) 분리될 수 있거나 무선 운전자 제어 스테이션을 위한 적절한 스토리지 지원

(2) 비상정지장치의 의도하지 않은 구동의 방지

- (가) 예견할 수 있는 극심한 혼잡 영역에서 비상정지장치를 이격하여 위치시킴
- (나) 비상정지장치의 종류 선택
- (다) 비상정지장치의 적절한 크기나 형태 선택
- (라) 주변 제어 패널의 돌출된 표면에 비상정지장치를 설치
- (마) 보호 덮개의 사용은 의도치 않은 구동을 방지하는데 필요할 때와 다른 방법을 실시할 수 없을 때를 제외하고 피해야 한다.
- (바) 보호 덮개는 부상을 초래할 수 있는 날카로운 모서리나 끝부분, 거친 표면을 가지지 않아야 한다.

1.2 방호장치(비상정지장치 등)는 안전인증을 받은 제품을 사용하였는가?

[해설]



“인터록(Interlock)”은 기계의 위험 구역의 부스 내부에 존재하며, 유지/보수를 위해 부스 도어를 설치할 경우 해당 기계의 위험 등급에 따라 도어의 인터락 센서의 적용을 달리할 수 있다. 위험등급이 낮은 경우에는 일반 도어 리미트 스위치를 사용할 수 있으나, 위험성이 높은 경우에는 해당 위험 등급에 맞는 컨트롤러를 사용하는 도어 인터락 스위치를 적용해야 한다. (ISO 14119에 따라 설치된 도어 인터록)



“광전자식 안전센서(Light Curtain)”기계의 위험구간의 노출 범위가 큰 구역에서 작업자의 접근을 통해 발생할 수 있는 인명 피해를 막기 위해 광전자식 안전센서를 통해 순간적인 근로자의 접근을 적외선 빔의 송/수신 감지를 통해 실시간 컨트롤러와 즉각적인 신호교환 체계에 의해 기계의 구동을 정지시키는 장치이다.



“안전매트(Safety Mat)” 기계의 위험구간에 작업자가 의도적으로 혹은 비의도적으로 접근할 경우 위험요소 즉, 구동부 회전체, 톱날이나 절단 날 등이 설치되어 가동되고 있는 구간에서 순간적인 정지 시에 남게 될 관성을 고려하여 위험구간으로부터 적절한 간격을 둔 진입 가능 구역의 바닥에 설치하여 작업자가 밟을 경우 스위치에 연동된 컨트롤러로 구동을 정지시킬 수 있는 장치이다.



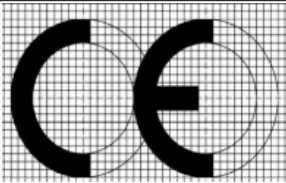
“레이저스캐너(Laser Scanner)”는 복합적이고 불규칙적인 위험지역에서 작업셀의 안전장치, 이송라인, 로봇 스테이션, 무인 운반기 등의 작동 시 장애물을 감지할 수 있는 장치이다.



비상정지장치의 “**돌출(버섯)형 누름버튼**”이란 EMO(Emergency Switching Off) 또는 EMS(Emergency Stop) 스위치를 말한다. EMO는 전기적인 위험요인(감전, 누전, 과전류, 과부하 등)의 전기 에너지 차단을 목적으로 하며 구동부나 화학적 유닛이 없는 장비에 주로 사용된다.



EMS는 가동 시 위험구간, 즉 구동부가 있는 기계를 사용할 경우 비상시에 가장 위험성이 높은 구동부의 전원을 차단함으로써 모터, 밸브 등의 운동을 정지시켜 작업자를 보호하는 보편적인 비상정지 장치이다. “**돌출(버섯)형 누름버튼**”은 모든 기계에 적용되며, 부착 위치(기계본체, 조작 판넬, 메인 판넬, 중앙통제실, 위험요인이 존재하는 모든 구간)도 다양하다.



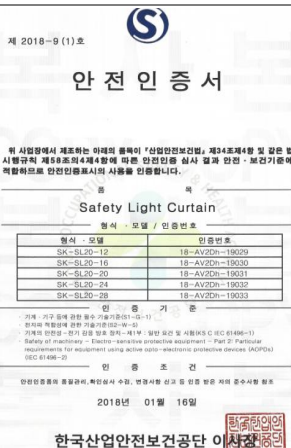
“**CE 마크**”는 Conformite Europeenne Mark의 약어로, 제품이 안전, 건강, 환경 그리고 소비자 보호와 관련된 유럽규격의 조건들을 준수한다는 의미이다.



“**KCs 마크**”는 안전인증대상 기계·기구 등의 안전성능과 제조자의 기술능력 및 생산체계가 안전인증기준에 맞는지에 대하여 고용노동부장관이 종합적으로 심사하는 제도이다.



“**S 마크**”는 제품의 안전성과 신뢰성 그리고 제품의 안전설계 및 제조를 위한 제조사의 품질관리 체제를 심사하여 안전인증기준에 부합할 경우 안전인증증표(S마크)의 사용을 승인하는 제도이다.



안전인증서(예시)

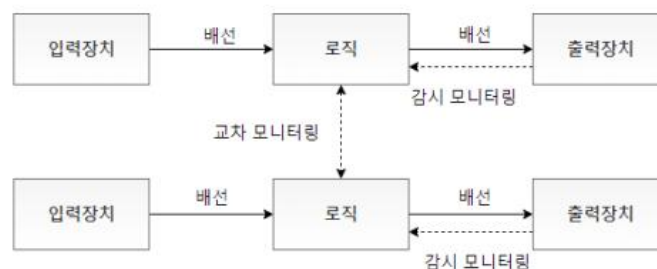
1.3 비상정지장치 기능의 최소 안전 요건으로 KS B ISO 13849-1 $PLr \geq e, d$ 또는 IEC 61508 SIL2 이상으로 설계가 되어 있는가?

[해설]

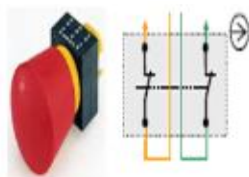
1.3.1 KS B ISO 13849-1에 따른 “제어시스템의 안전관련 부품”(SRP/CS: Safety Related Part of a Control System)이란 안전관련 입력신호에 응답하고 안전관련 출력신호를 발생시키는 제어시스템의 부품을 말한다.

1.3.2 KS B ISO 13849-1 5.1 안전기능 시방에서 안전관련 정지기능, 예상치 못한 기동의 방지, 수동 리셋 기능, 실행유지 기능을 위한 안전조치가 달성되어야 하고, 성능요구수준(PLr : Required Performance Level: 각 안전기능에 대한 위험성감소를 달성하기 위해 적용되는 성능수준)의 a - c 수준은 결함을 피하는 조치로 충분하고, d - e인 고위험성의 경우 SRP/CS의 구조는 결함을 회피, 검출 또는 허용하는 조치를 제공해야 한다.

1.3.3 위와 같은 ISO 13849-1의 최소 요구사항을 충족한 것인가에 대한 회로확인 시에는 다음 [그림 2, 3]과 같이 내용을 확인한다.



[그림 2] 이중화 회로



비상정지 2 채널



안전 Relay, 안전 PLC

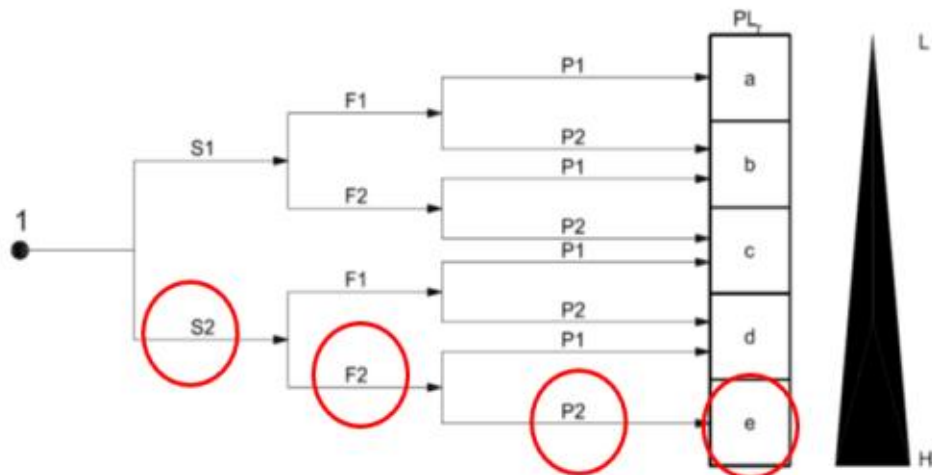


전자접촉기 2 채널

[그림 3] 안전기능 장치

1.3.4 PLd의 요구사항은 지정 아키텍처 Category 3, MTTFd=Medium 이상, DC(Diagnostic Coverage: 진단적용 범위) 감시 모니터링 등급이 최소 60%의 조건에 CCF(Common Cause Failure: 공통원인 고장) 값이 65점 이상이어야 만족하여야 한다.

1.3.5 PLr에 따른 등급 지정방식으로 KS B ISO 13849-1에 따라 발생 가능한 위험에 대하여 도식화하면 다음 [그림 4]와 같다.



S = 부상 심각도	F= 위험에 노출되는 빈도	P= 위험 회피 가능성
S1= 경미(원상 회복이 가능한 부상)	F1= 낮은 빈도의 노출	P1= 위험 회피 가능성이 높음
S2= 심각(원상회복이 불가능한 부상 또는 사망)	F2= 높은 빈도의 노출	P2= 위험 회피 가능성이 낮음

[그림 4] PLr에 따른 등급지정방식

<비고> 프레스 작업 등과 같은 경우 손 끼임과 같은 위험이 발생할 가능성이 있다고 추정하면 PLr=PLd 또는 PLe가 산정된다.



위험산정 및 위험수준	
상해 심각도	S2
위험에 노출되는 빈도	F2
위험 회피 가능성	P2
손끼임 부분에 요구되는 PLr	PLd 또는 PLe

→ 산정된 PLr=d, e 값에 따라 만족하는 안전회로 및 방호장치를 요구한다.

2. 스위치

2.1 안전 스위치 사용 시 안전제어 시스템(예: 안전 컨트롤러, 안전 PLC 등을 활용하여 요구되는 안전등급(Type))에 맞게 사용하는가?

[해설]

2.1.1 유해·위험 기계·기구 안전인증 고시(고용노동부고시 제2016-29호)에 따라 안전 스위치 시스템은 다음과 같이 한다.

- (1) 정보제공 요소로 사용되는 안전스위치는 결함이 발생하여도 안전한 상태를 유지하도록 설계될 것
- (2) 안전스위치의 대응으로 다음 중 어느 하나인 경우에는 센서나 스위치를 선택하여 사용할 수 있을 것
 - (가) 센서나 스위치를 이중화할 것
 - (나) 작동하는 순간부터 자기진단 기능이 동작하고 센서의 신호를 지속적으로 모니터링 하는 경우에는 센서나 스위치를 선택하여 사용할 수 있도록 할 것

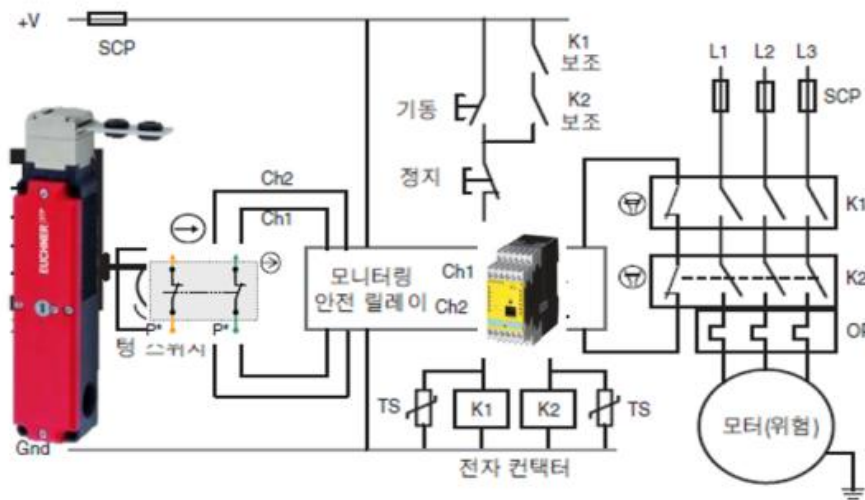
2.1.2 안전제어 설계표준 KS B ISO 13849-1의 카테고리를 결정하는 안전기능(Functional Safety)은 안전등급 확보를 위해서 안전기능 적용 대상을 적절한 Category로 설계하는 것이 요구되며 사람의 개입여지가 많을 경우일수록 높은 Category를 다음 <표 1>과 같이 요구한다.

<표 1> 안전기능 설계 Category

안전기능 적용 대상	Category 적용 기준	
안전 관련 정지 기능	➔	B 안전관련 위험을 야기하지 않는 장치
수동 리셋 기능		
기동 및 재기동 기능		1 기계적 인터록 기능을 통해 보호되는 자동화 장치
현장 조작 기능		
안전기능의 순시 해제		
일시 동작 기능		2 트립 장치가 장착된 자동화 장치
예상 외 기동 방지 기능		
인명 구조 기능		
차단 및 방전 기능		3 빈번한 접근이 있는 반자동 및 자동화 장치
제어 모드 선택 기능		
안전기능 간의 연동		
안전 기능의 입력 모니터링 및 파라미터 추출기능		4 개별 이상발생이 안전문제를 일으킬 수 있는 반자동 장치
비상 정지 기능		

2.1.3 안전스위치 출력 신호 연결 확인

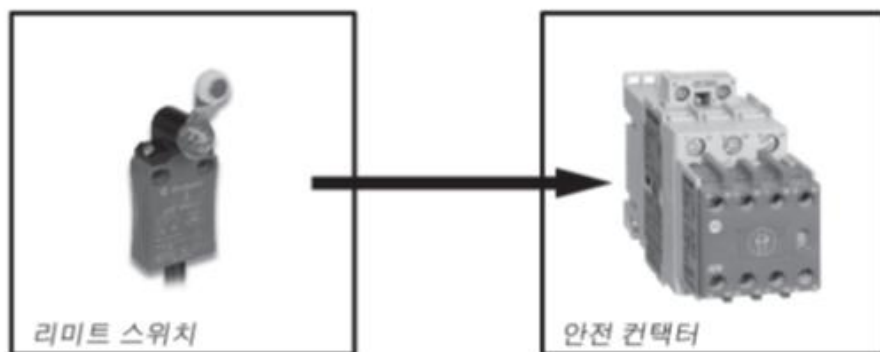
안전스위치의 연결은 반드시 직접 개방동작 방식(\ominus 마크)의 접점이 안전 Relay 또는 안전 PLC 입력 1채널(PLc), 2채널(PLd, PLe) 방식 또는 IEC 62061 SIL3으로 연결되도록 설치되었는지 확인해야 한다. 다음 [그림 5]는 안전 스위치 연결 도면에 관한 사례이다.



[그림 5] PLr에 따른 등급지정방식

2.1.4 안전회로 등급결정(PLC 카테고리 1)

시스템은 기본 시스템 구성요소(Component) 또는 서브시스템으로 분리될 수 있고, 각 서브시스템에는 고유한 개별 기능이 있다. 또한 대부분의 시스템은 입력-로직-출력의 세 가지 기본 기능으로 구분된다. 단, 예외적으로 일부 간단한 시스템에는 로직 기능이 없을 수 있으며 그에 대한 예시는 다음 [그림 6]과 같다.



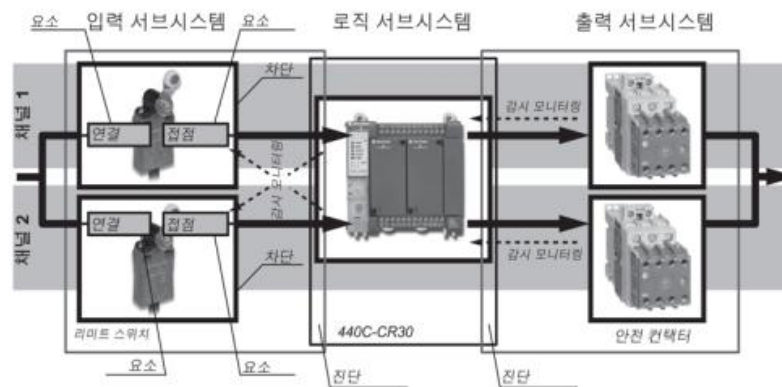
[그림 6] 안전 컨트롤러

단일 채널 시스템의 안전 컨트롤러 자체는 내부적으로 오류 자동복구 기능이 있지만, 서브시스템에서는 단일 리미트 스위치 및 단일 접촉기로 인해 전체 시스템이 하나의 채널로 제한되어, 만약 시스템 중 하나가 고장이 발생하면 단일 채널 시스템이 고장이 발생하게 되어 있다.

2.1.7 안전회로 등급결정(PLd, PLe, SIL 3)

이중(Dual) 채널은 각 서브시스템이 2개의 채널을 가지며 단일 장애를 극복할 수 있는 안전기능을 제공하도록 설계되는 것을 말하며, 안전기능은 서브시스템의 2개 채널 중 하나에 고장이 발생할 경우 작동하게 된다. 따라서 이중 채널은 단일 채널 시스템보다 위험 상태에 놓일 확률이 낮다.

다음 [그림 7]은 모니터링 기술에 의해 진단하는 이중 채널의 예시이다.



[그림 7] 이중 채널 회로

2.2 AGV에는 제어회로를 차단할 수 있는 수동조작 스위치가 있는가?

[해설]

ANSI/ITSDF B56.5-2012에서 제어회로는 다음과 같은 사항을 요구하고 있다.

- (1) 모든 제어회로를 분리하기 위한 수동조작 스위치(키 타입일 수 있음)가 제공되어야 한다.
- (2) 어떤 운전모드에서도 비상시 배터리 전원회로를 신속하게 분리할 수 있도록 사람이 쉽게 접근할 수 있는 수단을 제공해야 한다.

2.3 AGV의 운행을 원격으로 제어(정지)할 수 있는가?

[해설]

ANSI/ITSDF B56.5-2012, 운반차의 비상 제어 또는 장치에서는 다음과 같은 사항을 요구하고 있다.

(1) 모니터

자동 배터리 상태, 부하 감지, 차량 위치, 벨트 고장, 부하 인터페이스 위치 등과 같은 정보 제공

(2) 제어식 정지 스위치

운반차의 작동 시 제어식 정지 스위치는 쉽게 접근할 수 있는 곳에 설치

(3) 수동 제어장치

조작자가 수동 또는 반자동 작동 중에 사용 중인 경우, 자동 작동은 비활성화되어야 한다. 작업자는 차량이 통제하에 있을 때 허용 기능에 대한 책임을 져야 한다.

(4) 제어식 제동

제어식 제동은 차량의 정상 감속 또는 정지를 위한 수단이다. 제어식 제동은 전기적 또는 기계적 방법으로 이루어질 수 있다.

2.4 안전 도어 스위치 설치방법(임의 해제 및 무효화 방지 대책)이 다음 중 한 가지 방법으로 적용되어 있는가?

- 특수 볼트 설치
- 손이 닿지 않는 곳에 장착
- 물리적인 차폐물 및 장애물
- 은폐된 위치에 장착
- 중, 고 수준의 코드화 트랩트 키 시스템

2.4.1 KS B ISO 14119에서는 인터록 장치의 무효화 방지를 위한 설치 및 시스템 구축 시에는 다음의 요건을 요구한다.

- (1) 액추에이터를 쉽게 제거할 수 없는 방법(용접·리벳·특수 나사 등)으로 도어에 고정한다. 단 기계의 수명 전에 인터록 장치가 고장 날 것이라고 예상되는 경우 또는 신속한 교환이 필요한 경우는 그렇지 않다.

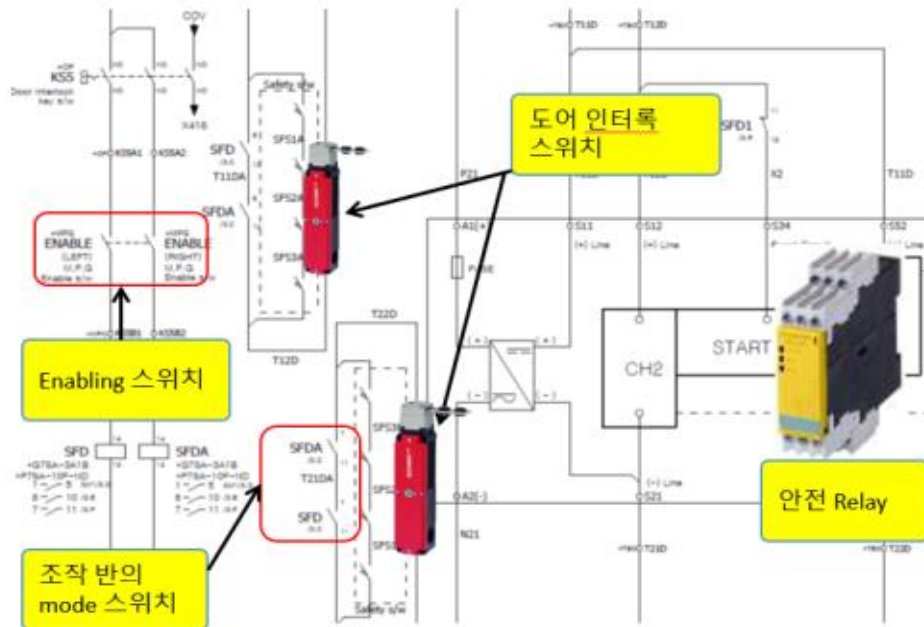
- (2) 임의 조작이 불가능한 장소에 인터록 장치를 설치한다.
- (3) 물리적인 방해물(실드)을 설치한다.
- (4) 격리된 위치에 설치한다.
- (5) 무효화 방지를 위한 상태 감시/사이클 테스트를 제어시스템에 설치한다.
- (6) 조작키가 쉽게 빠지지 않도록 용접, 리벳, 특수 나사 등을 사용하여 도어의 적당한 위치에 견고하게 고정시킨다.

2.4.2 유지·보수, 동작 셋팅을 위하여 안전 인터록 회로를 무효화(By pass)시킬 필요가 있을 경우에는 다음 <표 2>와 같이 회로에 만족하도록 설계 및 설치되어야 한다.

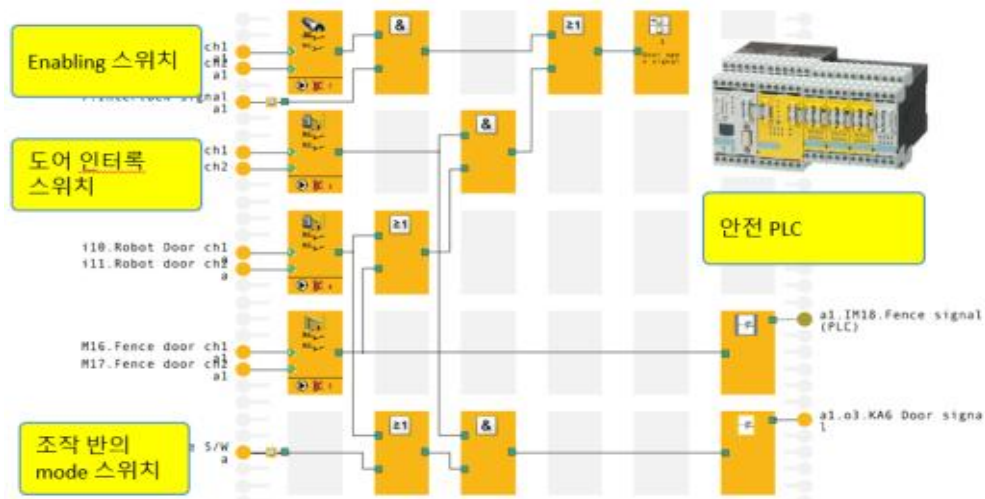
<표 2> 무효화 조건

명칭	형태	내용
키타입 스위치		일반스위치는 사용할 수 없으며 키 타입의 스위치 혹은 터치 판넬로 변경하여 스위치에 비밀번호를 설정하여 사용해야 한다.
인에이블 기기		모드 변경조건에서는 정상동작과 같은 동작과 속도로 동작할 수 없도록 속도 및 동작에 제한을 두도록 설계하고 동작허가 스위치(Enabling device)와 홀드투런(Hold-to-run) 스위치로만 동작되도록 구성한다.
안전릴레이		무효화 회로 구성 시 일반 릴레이 또는 안전 릴레이 사용 시 인터록 접점만을 무효화하고, 비상정지는 정상동작이 가능한 상태를 유지하고, 동작허가 스위치(Enabling device)와 홀드투런(Hold-to-run) 스위치로 접점만을 연결한다. 또한 안전 PLC 사용 시에는 프로그램에 의해 설정하며, 프로그램 변경일자를 기록 관리하도록 한다.
안전PLC		

2.4.3 다음 [그림 8, 9]는 무효화 회로를 나타내고 있다.



[그림 8] 인에이블 스위치 및 안전 PLC 적용 무효화 회로



[그림 9] 안전 PLC 적용 무효화 회로

3. 동작허가장치(Enabling Device)

3.1 인에이블 기기가 KS C IEC 60204-1를 만족하는 안전인증 제품인가?

[해설]

3.1.1 고용노동부고시 제2020-43호 산업용 로봇 안전검사 고시 8. 펜던트 제어의 라목에서는 “펜던트 또는 교시 제어장치에는 동작허가 장치(Enabling Device)를 설치하고 이 장치가 중앙의 활성화 위치에서 연속적으로 유지시키는 경우에만 로봇이 작동되어야 한다”라고 기술하고 있다. 이 경우 동작허가 장치는 다음 사항을 만족하여야 한다.

- (1) 다른 작동제어장치와는 독립적으로 작동될 것
- (2) 중앙의 활성화 위치에서 더 깊이 눌러지거나 해제되는 경우 작동이 중지될 것
- (3) 하나 이상의 동작허가 장치를 이용하여 로봇의 동작을 제어하는 경우에는 모든 동작허가 장치가 중앙의 활성화 위치에 있는 경우에만 로봇의 작동이 가능할 것
- (4) 동작허가 장치를 떨어뜨린 경우에도 로봇의 작동이 개시되는 등의 이상이 발생되지 않을 것
- (5) 협동로봇 중 본질적인 안전설계 대책 및 안전정격 제한 기능에 의해 동작허가 장치를 대신하여 안전성이 확보된 경우에는 동작허가 장치가 없어도 되지만, 안전정격 제한기능을 사용할 경우 그 기능은 항상 활성화 되어야 함

3.1.2 KS B ISO 10218-1 5.8.3 “동작허가장치(Enabling Device)”에서 교시상자 또는 교시 제어장치는 KS C IEC 60204-1에 따라서 세 개의 위치를 갖는 동작허가 장치를 가져야 하며, 중앙의 작동허가 위치에 계속 있는 경우에만 로봇에 의해 제어되는 로봇의 동작 허가 및 다른 위험요인을 허용할 수 있다.



[그림 10] 동작허가장치

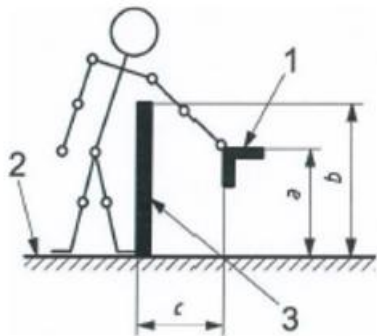
4. 방호대책

4.1 방호가드의 높이 선정은 설비 및 기계의 사용에 맞게 KS B ISO 13857 및 위험성 평가를 실시하여 적절히 선택되었는가?

[해설]

4.1.1 KS B ISO 13857 4.1.2 “위험성 평가”에서 사람이 위험요인 발생영역에 접근하는 것을 방지하기 위한 안전거리를 결정하기 전에 고위험성 또는 저위험성에 관한 값을 사용할지 여부를 결정하는 것이 필요하고, 이를 위해 KS B ISO 12100에 따른 위험성 평가가 수행되어야 한다.

4.1.2 위험성 평가는 기술적 요소와 인적 요소의 분석을 통해 이루어지고 KS B ISO 13857 부속서 A의 데이터를 참조하여 다음 [그림 11]과 <표 3> 최대 제한 값을 선택하여야 한다.



- a: 위험요인 발생영역의 높이
- b: 방호가드의 높이
- c: 위험요인 발생영역까지의 수평 안전거리
- 1: 위험요인 발생영역(가장 가까운 지점)
- 2: 기준면
- 3: 방호가드

[그림 11] 위험성에 따른 안전거리 측정

<표 3> 위험성에 따른 안전거리

위험요인 영역의 높이 ^a a	보호용 구조물의 높이 ^b b									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	위험요인영역까지의 수평 안전거리, c									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

^a 높이가 1 000 mm 미만인 보호용 구조물은 인체의 움직임을 충분히 제한하지 않으므로 포함되지 않는다.

^b 높이가 1 400 mm 미만인 보호용 구조물은 추가 안전대책 없이 사용되지 않는 것이 좋다.

^c 2 700 mm 이상의 위험요인영역은 4.2.1을 참조한다.

<보호용 구조물에 접근 (저위험성)>

위험요인 영역의 높이 ^a a	보호용 구조물의 높이 ^b b									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	
	위험요인영역까지의 수평 안전거리, c									
2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
2 200	600	600	500	500	400	350	250	0	0	0
2 000	1 100	900	700	600	500	350	0	0	0	0
1 800	1 100	1 000	900	900	600	0	0	0	0	0
1 600	1 300	1 000	900	900	500	0	0	0	0	0
1 400	1 300	1 000	900	800	100	0	0	0	0	0
1 200	1 400	1 000	900	500	0	0	0	0	0	0
1 000	1 400	1 000	900	300	0	0	0	0	0	0
800	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0	0
600	1 200	500	0	0	0	0	0	0	0	0
400	1 200	300	0	0	0	0	0	0	0	0
200	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0	0

^a 높이가 1 000 mm 미만인 보호용 구조물은 인체의 움직임을 충분히 제한하지 않으므로 포함되지 않는다.

^b 2 500 mm 이상의 위험요인영역은 4.2.1을 참조한다.

<보호용 구조물에 접근 (고위험성)>

4.2 고정식 방호가드의 경우 공구 사용 없이 임의로 개방할 수 없도록 설계하였는가?

[해설]

KS B ISO 10218-2 5.8.3 “유지·보수 접근 지점의 안전 보호”에서는 「유지·보수 또는 정비 작업을 위하여 방호가드가 제공되는 경우에는 오직 도구를 사용해서만 제거될 수 있어야 한다」라고 명기하고 있다.

4.3 가동식(이동식) 방호가드는 작동상의 이유로 위험요인을 완전히 방호할 수 있을 경우에만 사용하도록 하였는가?

[해설]

4.3.1 KS B ISO 10218-2 5.8.3 “유지·보수 접근 지점의 안전 보호”에서는 유지·보수 또는 정기적인 정비에 대한 작업으로 빈번한 접근이 필요할 때, 접근장소에서는 보호 장치(가급적 이동식 방호가드)에 의하여 보호되어야 한다고 명기하고 있다.

4.3.2 유지·보수 또는 일상 정비작업을 위하여 빈번한 접근이 필요한 경우 접근 공간에는 이동식 방호가드 등의 안전장치를 설치하여야 한다. 또한, 이동식 방호가드가 설치되더라도 바로 시작요구가 개시되어서는 안 된다.

4.3.3 이동식 방호가드가 설치된 안전장소에서 체류한다면 추가적으로 재기동 방지조치를 하여야 한다. 이러한 장치에는 재기동 연동장치, 유무 감지장치 또는 방호가드가 개방되더라도 고정할 수 있는 장치가 포함된다.

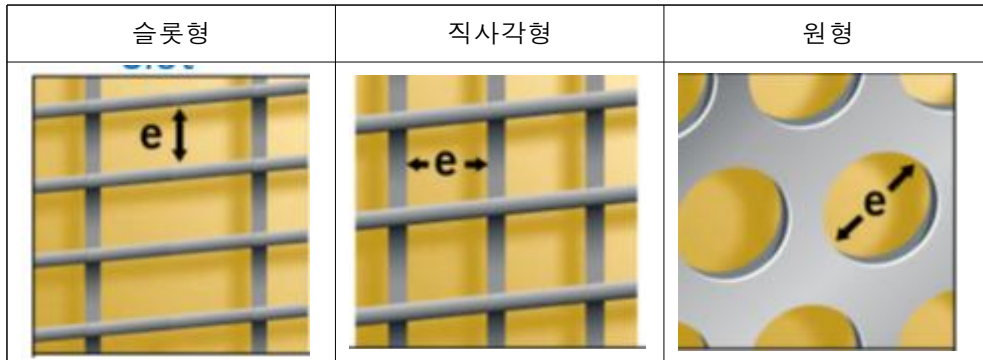
4.4 방호가드의 구멍 또는 개구부는 사람의 신체 부위가 위험영역에 도달하지 못하도록 KS B ISO 13857에 준하는 설계가 되었는가?

[해설]

KS B ISO 13857 4.2.4 “개구부를 통한 접근”에서는 개구부를 통한 접근(14세 이상인 자)은 신체 부위가 위험영역(개구부가 120 mm를 초과하는 경우)에 도달하지 못하도록 설계 데이터를 제공하고 있다. 또한, 3세 이상인 자는 개구부가 100 mm를 초과하는 경우 안전거리가 적용되어야 한다.

4.4.1 개구부의 안전거리 산정

개구부의 안전거리 산정은 개구부 형태와 인체부분을 고려하여 다음 [그림 12]와 <표 4>와 같이 실시한다.



[그림 12] 개구부 형태

<표 4> 개구부 안전거리

단위: mm

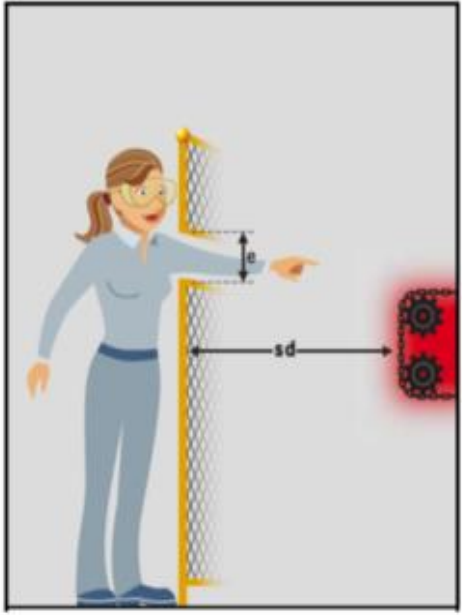
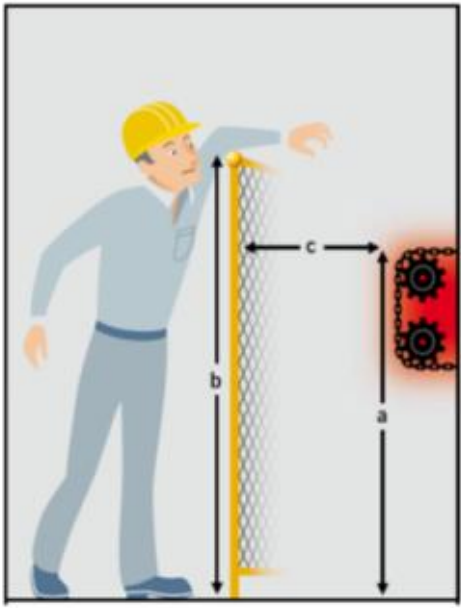
인체 부분	도해	개구부	안전거리, s		
			슬롯	정사각형	원형
손가락 끝		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
손가락에서 손가락 관절까지		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
손		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^*$	≥ 120	≥ 120
팔에서 어깨로 연결되는 지점까지		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

표 내부의 굵은 선은 개구부 크기에 의해 제한되는 인체의 일부를 가리킨다.

* 만약 슬롯 개구부의 길이가 65 mm 이하이면, 엄지 손가락이 스톱 역할을 하고, 안전거리는 200 mm까지 줄일 수 있다.

4.4.2 방호가드와 개구부의 실제 적용 사례

개구부에 따른 방호가드의 실제 적용 사례는 다음 [그림 13]과 같다.

<개구부>	<방호가드>												
													
<table border="1"> <tr> <td>개구부 크기</td><td>$e=25 \text{ mm}$</td></tr> <tr> <td>개구부 형태가 슬롯형태</td><td>$sr=120 \text{ mm}$</td></tr> <tr> <td>최소 안전거리</td><td>120 mm 이상이어야 함</td></tr> </table>	개구부 크기	$e=25 \text{ mm}$	개구부 형태가 슬롯형태	$sr=120 \text{ mm}$	최소 안전거리	120 mm 이상이어야 함	<table border="1"> <tr> <td>위험요인 발생영역</td><td>$a=800 \text{ mm}$</td></tr> <tr> <td>위험요인 발생영역까지의 수평 안전거리</td><td>$c=900 \text{ mm}$</td></tr> <tr> <td>방호가드의 높이</td><td>$b=1400 \text{ mm}$ 이상이어야 함.</td></tr> </table>	위험요인 발생영역	$a=800 \text{ mm}$	위험요인 발생영역까지의 수평 안전거리	$c=900 \text{ mm}$	방호가드의 높이	$b=1400 \text{ mm}$ 이상이어야 함.
개구부 크기	$e=25 \text{ mm}$												
개구부 형태가 슬롯형태	$sr=120 \text{ mm}$												
최소 안전거리	120 mm 이상이어야 함												
위험요인 발생영역	$a=800 \text{ mm}$												
위험요인 발생영역까지의 수평 안전거리	$c=900 \text{ mm}$												
방호가드의 높이	$b=1400 \text{ mm}$ 이상이어야 함.												

[그림 13] 방호가드 적용사례



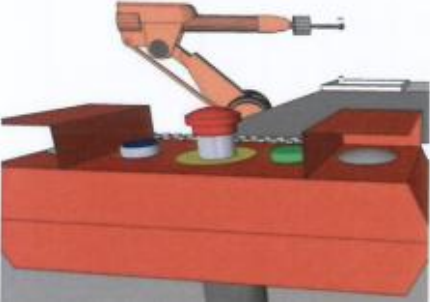
4.5 제품 투입·배출 등으로 작업이 필요하여 개구부가 존재할 경우, 작업 시 KS B ISO 13851에 준하는 양수조작장치를 사용하여 작업을 수행하였는가?

[해설]

KS B ISO 13851 9.1 “인간공학적 요구 조건”에서 개구부 크기 및 장갑 착용이 필요한 특정 작업의 경우에는 양수조작장치의 해체나 우발적 작동을 방지하기 위한 설계에 인간공학(EN 894-3)을 적용하도록 하고 있다.

양수조작장치(Two hand control switch)의 사양, 기능 및 요구사항은 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 양수조작장치 (Two hand control switch)

	<ul style="list-style-type: none"> • CE, S, KCs 등의 인증품을 사용해야 한다. • 양수조작버튼은 두 개 버튼의 간격이 최소 300 mm 이상이어야 한다. • 기기의 제동은 양 버튼이 해제된 후에만 가능하도록 한다. • 기기의 동작을 위한 두 개 버튼의 동기화 시간은 0.5초 이하야 한다. • EMO 스위치가 부착되어야 한다. • 모든 컨트롤은 안전 릴레이 또는 안전 PLC로 동작되도록 한다. • 양수조작장치는 해당 작업자만을 고려하여야 한다.
	
	

4.6 모터 축, 기어, 구동벨트 등 동력 전달 부품에 대해 고정형 또는 가동형 방호가드로 보호되고 있는가?

[해설]

KS B ISO 10218-1 5.2.1 “동력 전달부품”에서 자체 덮개(기어상자의 계기판)에 의해

보호되지 않은 모터, 축, 기어, 구동벨트 또는 링크 장치와 같은 부품에 의한 위험 노출은 고정형 또는 가동형 방호가드로 보호되어야만 한다. 일상적인 점검 시에는 제거가 가능하도록 설계된 고정형 방호가드의 경우에는 기계 또는 안전시스템에 연결된 고정 시스템이 설치되어야 한다. 가동형 방호가드의 경우 위험상태에 이르기 전에 위험동작이 정지되도록 설비운전과 연동되어야 한다. 연동 시스템의 안전과 관련된 제어 시스템 성능은 해당 요구사항을 따라야 한다.



[그림 14] 방호덮개 및 방호가드 예시

4.7 설비 운전이 자동으로 시작되는 것을 방지하기 위하여 기동 연동장치가 제공되어 있는가?

[해설]

KS B ISO 10218-2 5.6.3.4. “수동 리셋, 기동과 재기동 및 예기치 않은 기동”의 5.6.4.3.2에서 전원 스위치가 투입되어 있거나, 전원공급이 중단 또는 재개되는 경우, 위험한 운전이 자동으로 시작되는 것을 방지하기 위하여 기동 연동장치가 설치되어야 한다. 또한, 연동장치는 조작자의 의도적인 동작에 의하여 초기화되어야 한다.

4.7.1 재기동 연동장치는 다음과 같은 작업 후 위험한 운전을 자동으로 재시작하는 것을 방지하도록 제공되어야 한다.

- (1) 안전 보호기능의 기동
- (2) 셀의 동작모드 변경

보호영역 안에서 로봇 셀이 기동이나 재기동을 하게 되는 경우에는 KS B ISO 14118을 따르며, 보호영역 밖에서의 기동과 재기동 제어는 수동으로 조작되어야 하며, 보호영역 안에서의 활성화는 불가능해야 한다.

4.7.2 수동 재기동 기능은 다음을 만족하여야 한다.

- (1) 안전정격 제어 시스템 내에서 별도의 수동 조작장치를 통해서 가능해야 한다.
- (2) 모든 안전기능과 안전장치가 작동 중인 경우에만 동작이 가능해야 한다.
- (3) 그 자체로 인하여, 동작이나 위험 상황을 유발하지 말아야 한다.
- (4) 의도하는 경우에만 작동되어야 한다.
- (5) 제어 시스템이 별도의 기동명령을 통해서만 동작되어야 한다.
- (6) 구동기가 동력이 공급되는 상태로부터 해제되는 경우에만 동작되도록 해야 한다.
- (7) 각 제어 위치에서 운전자는 보호영역 안에 아무도 없는지 확인할 수 있어야 한다.
- (8) 기동과 재기동 제어장치의 위치는 보호 영역을 확실하게 볼 수 있도록 시야를 가리지 않는 곳이어야 한다.
- (9) 만약 이것이 어렵다면, 보호영역 안에 있는 운전자를 검출할 수 있는 감지장치가 있어야 한다.

5. 안전센서

5.1 안전센서는 IEC 61496-1 전기감응 방호장치에 적합한 제품을 사용하고 있는가?

[해설]

IEC 61496-1의 1.적용범위에서는 감지 기능을 위해 능동형 광전자 방호장비(AOPDs: Active Opto-electronic Protective Devices)를 사용하는 안전 관련 시스템의 일부로서, 사람을 감지하도록 특별하게 설계된 전기감응 방호장치(ESPE)의 설계, 구성 및 시험에 대한 추가 요구사항을 규정하고, 적절한 안전 관련 성능을 달성할 수 있도록 기능에 대해 기술하고 있다.

- (1) ESPE의 기능 및 ESPE가 기계와 어떻게 인터페이스 되는지에 대하여만 기술하고 있다.

(2) 파장의 범위가 400 nm~1500 nm 밖의 방사선을 사용하는 AOPD는 제외한다.

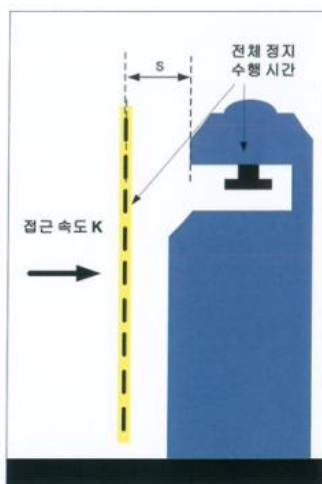
(3) EMC 방사 요구사항은 제외한다.

5.2 인체가 기계의 위험부로 도달하기 전에 동력부를 정지시키기 위해 안전센서와 위험부 사이에 국제규격 KS B ISO 13857 기준에 적합한 안전거리를 고려하고 계산한 근거자료를 가지고 있는가?

[해설]

KS B ISO 10218-2 5.10.3.2 “방호벽의 최소 안전거리”에서 어떤 위험요인으로 부터의 최소거리는 KS B ISO 13857의 관련 요구사항에 따라서 결정되어야 한다. 그리고 방호벽을 사용하여 접근을 금지하는 경우, 최소 안전거리를 결정하기 위하여 KS B ISO 13857의 표 2가 사용되어야 한다.

안전센서의 안전거리는 다음 [그림 15]와 같이 산정한다.



안전거리의 일반 공식: $S = K(t_1 + t_2) + 8(d - 14)$

S: 안전거리(mm)

K: 접근속도(mm/s)

t1: 센서 및 안전부품의 반응시간

t2: 실제 정지시간

d: 센서의 감지거리(mm)

[그림 15] 안전센서의 안전거리 계산

<비고> 사람이 2000 mm/s의 속도로 접근하고 센서 및 안전부품의 반응과 실제 정지 시간이 335 ms이며, 센서의 감지거리가 40 mm인 경우의 안전거리는 862 mm 이상의 거리에 안전센서를 설치하여야 한다.

5.3 검출 영역을 통과해야만 기계의 위험부에 도달할 수 있도록 기계 주변에 방호가드를 설치하였는가?

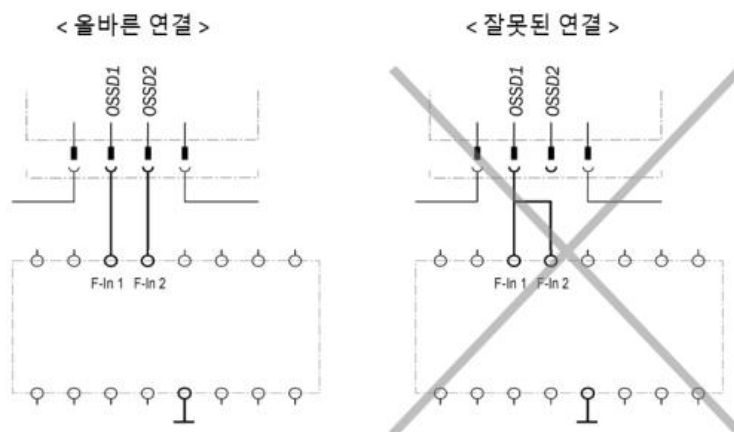
[해설]

KS C IEC 61496-2의 7. 첨부 문서에서 검출영역의 블랭킹된 구역을 통하여 위험구역으로 접근 방지에 대하여 기술하는 IEC/TS 62046에서 관련 자료를 확인할 수 있다. 이때 안전센서의 안전거리 산정을 참조하여 방호가드를 설치하여야 한다.

5.4 안전센서의 감지 신호는 입광 시 ON, 차광 시 OFF 신호로 사용하고 있는가?

[해설]

KS C IEC 61496-2 4.1.2.1 일반요구사항에서 초속 0m에서 초속 1.6m 속도의 모든 각도 또는 검출 영역의 평면과 직각을 이루는 상태의 검출영역에 위치하게 되면 라이트 커튼(Light Curtain)의 감지 장치가 작동되고 안전출력(OSSD)은 꺼진 상태가 되어야 한다. 안전센서의 연결은 반드시 안전센서의 출력 안전출력(OSSD)가 다음 [그림 16]과 같이 안전 Relay 또는 안전 PLC의 안전입력에 2채널 방식으로 연결되었는지 확인해야 한다.



[그림 16] 안전센서의 연결

5.5 기계의 위험부와 안전센서의 검출영역 사이에 작업자가 진입할 경우에는 인터록 시스템으로 구성하여 기계의 재시동(재기동)을 방지하고 있는가?

[해설]

KS B ISO 12100 6.3.2.5.2에서 감지식 방호장치는 기계의 구동부에는 다음 [그림 17]과 같이 설치되며 기계의 제어시스템은 다음과 같이 연결되어야 한다.

- (1) 사람 또는 신체 일부가 감지되는 즉시 구동부는 정지되어야 한다.
- (2) 감지된 사람이나 신체 일부가 감지영역을 벗어나도 위험한 기계동작이 재기동되지 않아야 하며, 새로운 명령이 내려지기 전까지 제어시스템에서는 감지식 방호장치의 정지상태를 유지하여야 한다.
- (3) 위험한 기계동작의 재기동은 운전자가 위험요인 발생영역을 관찰할 수 있는 위험요인 발생영역 밖의 장소에 놓인 제어장치를 의도적으로 작동함으로써 가능하다.
- (4) 뮤팅(Muting, 기능정지)단계 동안을 제외하고 감지식 방호장치의 감지기능이 중단된 상태에서는 기계가 작동하지 못한다.
- (5) 사람 또는 신체 일부가 감지되지 않고 위험요인 영역으로 들어가거나 위험요인 영역에 존재하는 것이 불가능하도록 고정식 가드와 함께 감지영역의 위치와 형태를 결정한다.



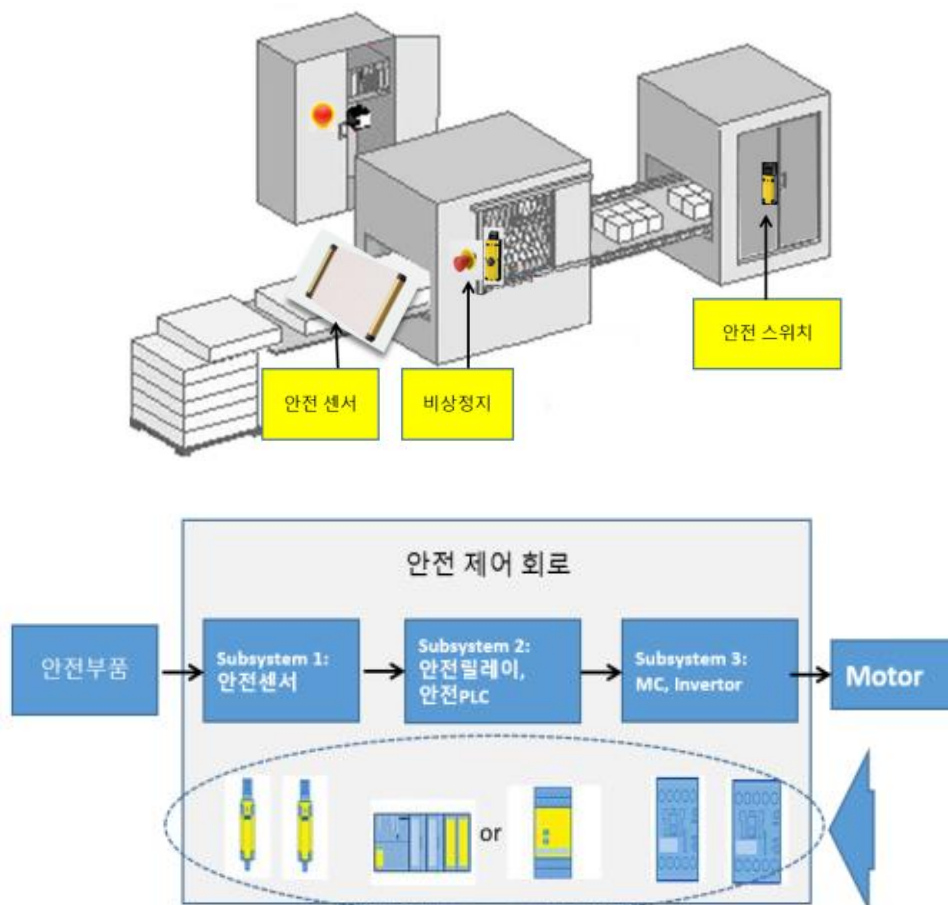
[그림 17] 검출영역 인터록 시스템

5.6 안전센서를 Muting 등의 일시 무효 기능사용 시 무효 신호의 조건은 안전에 적
합하게 사용되고 있는가?

[해설]

5.6.1 KS B ISO 13849-1 5 “안전기능”이란 제어시스템에서 요구되는 안전조치(안전관
련 정지기능, 예상치 못한 시동의 방지, 수동 리셋 기능, 기능정지(Muting) 기능,
실행유지 기능)를 달성하는데 필요한 것들을 말한다.

5.6.2 안전 제어회로(안전스위치, 안전센서, 뮤팅, 비상정지스위치)는 다음 [그림 18]과
같이 일반 제어회로(설비의 작동을 위한 스위치, 제품의 감지 센서)와는 별도로
안전 제어회로를 구성하여 모니터링되도록 독립적으로 구성하여야 한다.

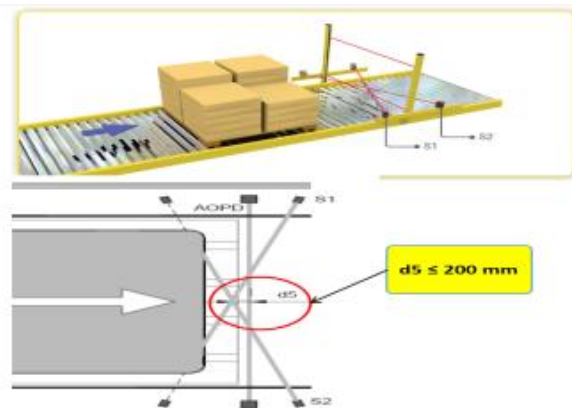


[그림 18] 안전 제어회로

5.6.3 류팅은 안전센서(라이트 커튼 등)의 보호기능을 일시적으로 제거하는 것으로, 다음 [그림 19] 크로스 센서 설치 방식과 [그림 20] 엣지 센서 설치 방식으로 구분한다.

(1) 크로스 센서 설치 방식

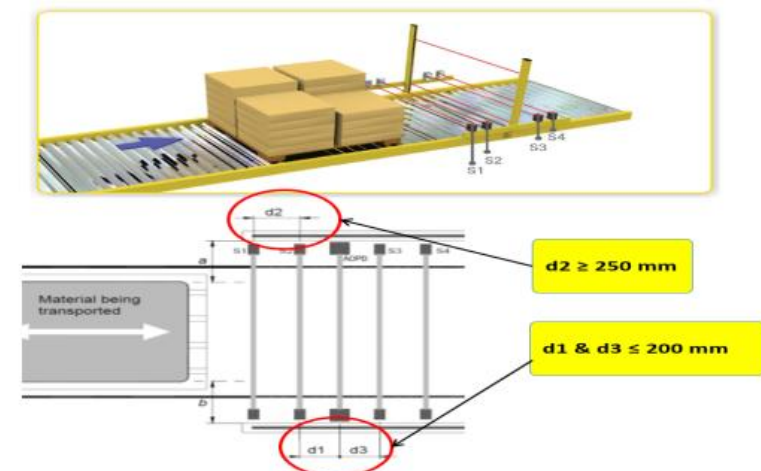
안전센서의 앞과 뒤에 S1과 S2를 교차하게 설치하고 두 개의 센서에 감지되는 순간 안전센서의 설정된 부분이 류팅되어 물체가 안전센서를 통과하도록 한다. 이때 안전센서와 S1 및 S2의 교차 지점간의 간격 $d5$ 는 200 mm 이하이어야 한다.



[그림 19] 크로스 센서 설치

(2) 엣지 센서 설치 방식

안전센서의 앞에 S1, S2를 설치하고, 뒤에 S3, S4를 설치하여 센서에 감지되는 순간 안전센서의 설정된 부분이 류팅되어 물체가 안전센서를 통과하는 것이다. 안전센서와 S1, S2의 간격($d2$)은 최소 250 mm 이상이어야 하며, $d1$ 과 $d3$ 는 200 mm 이하로 설치되어야 한다.



[그림 20] 엣지 센서 설치

6. 협동작업 영역 안전

6.1 협동작업 영역의 4가지 운전기능을 모니터링하고 있는가?

[해설]

“KS B ISO 10218-1의 5.10 협동운전 요구사항”의 4가지 기능인 안전정격 감시 정지, 핸드가이딩, 속도 및 위치 감시 그리고 동력 및 힘 제한 기능의 안전요구사항을 충족해야 한다.

KS B ISO 10218-1의 내용을 KS B ISO TS 15066의 5.5 “협동운전”과 5.5.2의 “안전정격 감시 정지”에서 기술하고 있으며, 협동작업 영역에 운전자가 접근하면 정지하고 운전자가 작업공간을 이탈하면 다시 자동모드로 전환하는 것을 말한다.

6.1.1 KS B ISO 10218-1의 5.12에 부합하는 로봇 동작이 다음과 같이 제한되어야 한다.

- (1) 기계적 및 전기-기계적 축 제한장치
- (2) 안전정격 연성축 제한 및 영역제한
- (3) 동적 제한장치
- (4) 동력 동작
- (5) 로봇 들어 올리기에 대한 규정
- (6) 전기 커넥터

6.1.2 로봇은 KS B ISO 10218-1의 5.5.3에 따라 다음 <표 6>과 같이 보호정지를 할 수 있는 기능을 가져야 한다.

- (1) 요소들 중 어느 하나의 고장으로 인해 안전기능의 상실로 이어져서는 안 된다.
- (2) 합리적으로 가능한 한, 단일 고장은 안전기능과 관련한 다음 요구가 있기 전에 검출되어야 한다.
- (3) 단일 고장이 발생한 경우, 안전기능은 항상 수행되어야 하며, 검출된 고장이 제거될 때까지는 안전한 상태가 유지되어야 한다.
- (4) 합리적으로 예측 가능한 모든 고장은 검출되어야 한다.

<표 6> 비상정지와 보호정지 비교

변수	비상정지	보호정지
기동수단의 위치	운전자가 방해받지 않고 신속하게 접근이 가능한 곳	보호장치의 위치는 KS B ISO 13855에서 설명되어 있는 안전거리 계산식에 따라 결정
기동	수동	수동, 자동 또는 안전관련 기능에 의해 자동으로 시작될 수 있음
안전관련 제어 시스템 성능	KS B ISO 10218-1의 5.4 성능 요구사항을 준수	좌동
초기화	수동	수동 또는 자동
사용 빈도	가끔	가변적이며, 드물게 발생하는 모든 작업
목적	비상시	안전보호 또는 위험성 감소
영향	모든 위험요인에 대한 에너지 공급원 제거	위험요인의 안전제어

6.1.3 협동로봇은 감속모드로 작동하며 운전자가 손으로 조작하는 지정된 경로에 따라 작동한다.

(1) 로봇 시스템은 비상정지 기능이 포함된 가이딩 장치와 동작허가 장치를 갖추어야 한다.

(2) 비상정지는 다음과 같은 기능을 만족하여야 한다.

(가) KS C IEC 60204-1의 요구사항(분류 0 또는 분류 1 정지)

(나) 다른 모든 로봇 제어보다 우선권을 가짐

(다) 모든 위험요인으로부터 격리시켜야 함

(라) 로봇 구동부의 에너지 제거

(마) 로봇 시스템에 의해 위험요인을 제어할 수 있어야 함

(바) 초기화되기 전까지 작동상태 유지

(사) 초기화는 수동으로만 이루어져야 하며, 초기화 후 바로 재기동되는 것이 아니라 재기동이 조건이 만족되어야 함

(3) 동작허가 장치는 KS C IEC 60204-1에 따라 세 개의 위치를 가져야 하며 다음의 성능 특성을 가져야 한다.

- (가) 동작허가 장치는 교시상자 제어와 통합적인 형태이거나, 또는 물리적으로 구분되어 있을 수 있으며, 다른 동작 제어 기능 또는 장치와 독립적으로 동작하여야 한다.
- (나) 장치를 놓거나 중앙 작동위치를 지나도록 누르면 위험 동작을 정지시켜야 한다.
- (다) 중앙 동작허가 장소에 있는 동작허가 장치가 눌러진 뒤에는, 동작허가 장치가 완전히 해제될 필요가 있다.
- (라) 두 개 이상의 동작허가 스위치가 왼쪽 또는 오른쪽 손으로 운전을 번갈아 허용하는 하나의 동작허가 장치/교시상자에 제공될 경우, 일부 또는 모든 스위치는 중앙 동작허가 위치에 있을 수 있다.
- (마) 하나 이상의 동작허가 장치가 작동 중인 경우에 각각의 동작허가 장치가 동시에 중앙 위치에 있을 때에는 동작이 허가되어야 한다.
- (바) 동작허가 장치를 떨어뜨린 경우에, 동작을 유발할 수 있는 고장이 발생하지 말아야 한다.
- (사) 만일 동작허가 신호가 출력되는 경우 안전관련 시스템 전원이 꺼지게 되면 동작출력에서는 정지조건 신호를 출력해야 한다.
- (아) 동작허가 장치가 중앙 동작허가 위치에 있는 동안 모드가 변경되면, 보호정지가 시작되어야 한다.

6.1.4 사람과 로봇사이의 거리가 가까워짐에 따라 로봇의 작동속도는 단계별로 감속되고, 최종단계에서는 정지한다. 로봇 시스템의 위험한 부분과 운전자 사이의 이격거리가 보호 이격거리보다 작아진다면 로봇 시스템은 다음 사항을 시행해야 한다.

(1) 보호정지 개시

KS B ISO 10218-2 5.11.2 g)에 따라 로봇 시스템에 연결된 안전관련 기능을 구현한다.

(2) 정속과 가변적인 속도 및 이격값

운전자와 로봇 시스템의 상태 속도와 거리를 결정하는 방법은 KS B ISO 10218-2 5.2.2의 요구에 따라 안전 규격화 한다.

(3) 충분한 이격 거리 유지

보호 이격거리는 KS B ISO 13855의 최소거리 공식으로 계산되며, 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- (가) 일정속도 조건에서는 로봇의 안전정격 감시속도에 대한 최악의 경우값을 사용
- (나) 가변속도 조건에서의 로봇 시스템과 운전자의 속도는 각 속도의 보호 이격 거리에 해당되는 값들을 결정하여 사용하며, KS B ISO 10218-2 5.2.2에 부합되어야 함
- (다) KS B ISO 10218-1의 부속서 B에 따라 로봇의 정지거리를 결정

6.1.5 로봇과 운전자의 충돌 시 상해를 입지 않도록 로봇의 동력과 힘을 제한하여야 한다.

- (1) 로봇과 운전자 사이의 잠재적인 접촉에 대한 위험성을 감소하기 위해서는 다음의 사항을 고려해야 한다.

- (가) 접촉이 발생하는 조건 확인
- (나) 접촉에 대한 잠재적인 위험성평가
- (다) 접촉이 자주 발생하지 않거나 회피될 수 있도록 로봇 시스템과 작업영역 설계
- (라) 접촉상황을 임계값 아래로 유지하도록 하는 위험성 감소 수단 적용

<비고> 준정적 접촉: 접촉, 끼임 동적 접촉: 충돌

- (2) 수동적 안전설계 대책은 로봇 시스템의 기계적인 설계이며, 능동적 안전설계 대책은 로봇 시스템의 제어 설계이다.

- (가) 수동적 위험 감소 대책(기계설계)
 - 접촉표면 영역의 증가
 - 에너지 흡수, 에너지 전송 시간의 연장 또는 충격력의 감소
 - 동적 질량의 제한

(나) 능동적 위험 감소 대책(제어설계)

- 힘과 토크의 제한
- 움직이는 부품의 속도 제한
- 질량과 속도의 함수인 운동량, 기계적 동력 또는 에너지 제한
- 안전정격 연성축과 공간 제한기능의 이용
- 안전정격 감시를 위한 정지기능의 이용
- 접촉을 예상하거나 인지하는 감지의 이용

<비고> 로봇 시스템은 위험성평가에 의해 결정된 준정적 접촉과 동적 접촉에 대하여 적용 가능한 임계값을 넘지 않도록 하여 운전자에 대한 위험성을 적절히 감소하도록 설계되어야 한다.

6.2 협동로봇 시스템의 센서 및 개인보호구에 부착된 센서를 통해 작업자의 위치를 모니터링하고 있는가?

[해설]

통합 방호개념은 전체 작업공간에서 작업자의 안전을 위해 센서(마크네틱 센서, 스테레오 카메라, 레이저 스캐너, RFID, 접촉센서) 등을 개인보호구에 장착하여 보호영역이 아닌 곳에서도 작업자를 보호하기 위한 멀티센서 시스템(작업자, 로봇)을 다음 [그림 21]과 같이 구성한다.



작업자 보호를 위한 센서 등을 개인보호구에 장치 장착



통합방호개념이 도입된 개인보호장구의 활용 시나리오

[그림 21] 멀티 센서 시스템 구성

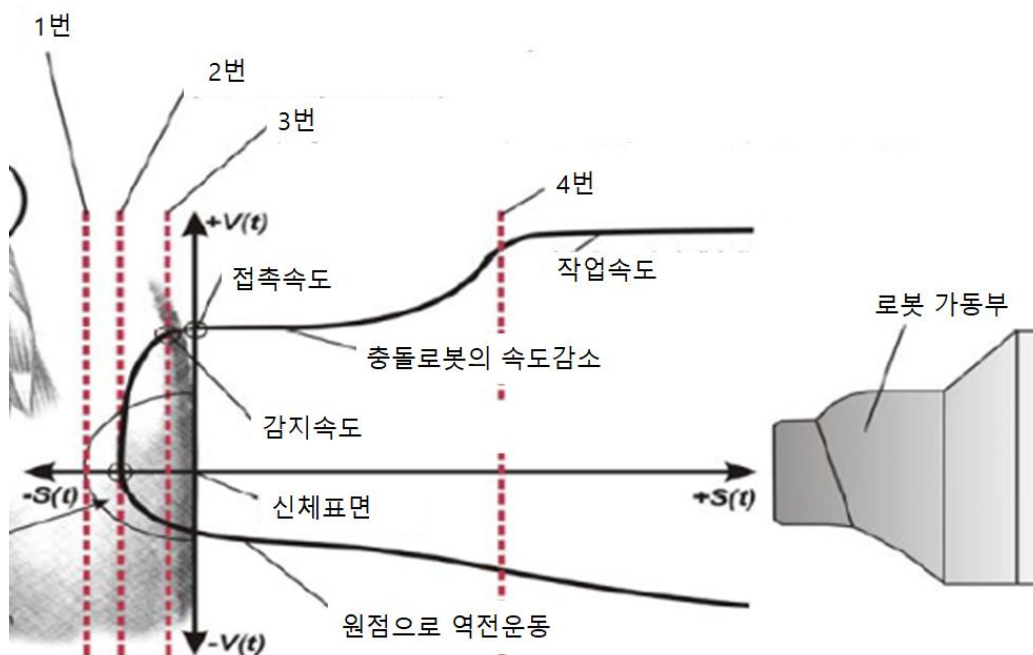
6.3 협동작업 영역에서의 로봇과 작업자의 충돌과정을 이력관리하고 있는가?

[해설]

6.3.1 KS B ISO TS 15066의 부속서 “A.3.5 동적접촉 동안 전달되는 에너지와 로봇 속도의 관계”에서 접촉 시나리오에 대하여 에너지 전달의 한계치가 설정되면, 이 값을 이용하여 협동로봇 시스템과 운전자 간의 접촉이 일어나도 사람과 로봇 간의 잠재적 힘과 압력 값은 압력과 힘의 허용 한계치보다 낮게 유지될 수 있다.

6.3.2 안전한 협동로봇 시스템의 사용을 위한 독일 산재보험공단의 “협동로봇 설치 사업장에 대한 권고사항”에는 다음 [그림 22]와 같이 다음 내용을 포함한다.

- (1) 점선 1 : 한계힘에 도달할 때까지의 신체압축 최대 신뢰값(상체 관련부위)
- (2) 점선 2 : 최대 관통거리(상체 관련부위)
- (3) 점선 3 : 감지경로(감지점과 상체사이의 경로)
- (4) 점선 4 : 상체와의 특수거리(속도감소를 위한 작업속도 변환점)



[그림 22] 거리-속도 그래프의 전면 삼각근에서 로봇 일부분까지 적색점선 1. 2. 3. 4

위의 4개 적색점선에서 접촉 전의 경로범위에서 작업속도는 감소한 로봇 작동 속도에 의해 감소되고, 속도 감속 시 상체와의 거리는 적색점선 4로 표시된다. 로봇의 제어를 잘못할 경우 충돌 및 접근의 원인이 되고(적색점선 3), 이때 로봇 공간에서 힘 센서에 의해 로봇과 팔의 상부 사이의 접촉이 감지된다. 만약 감지위치에서 감지된 힘이 한계값을 넘는 경우에는 팔의 상부 접촉점에서는 지정된 변경경로를 형성한다.