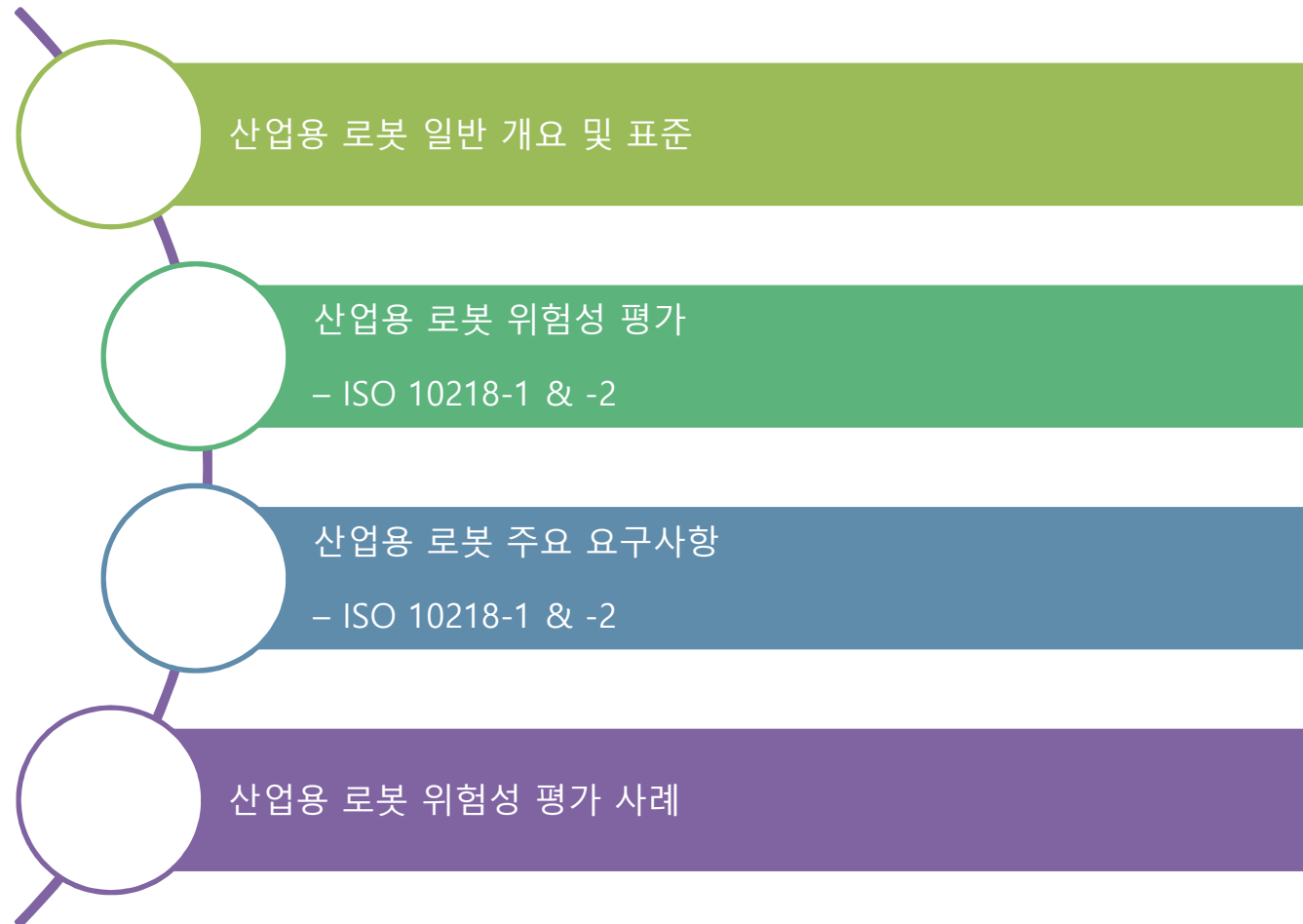
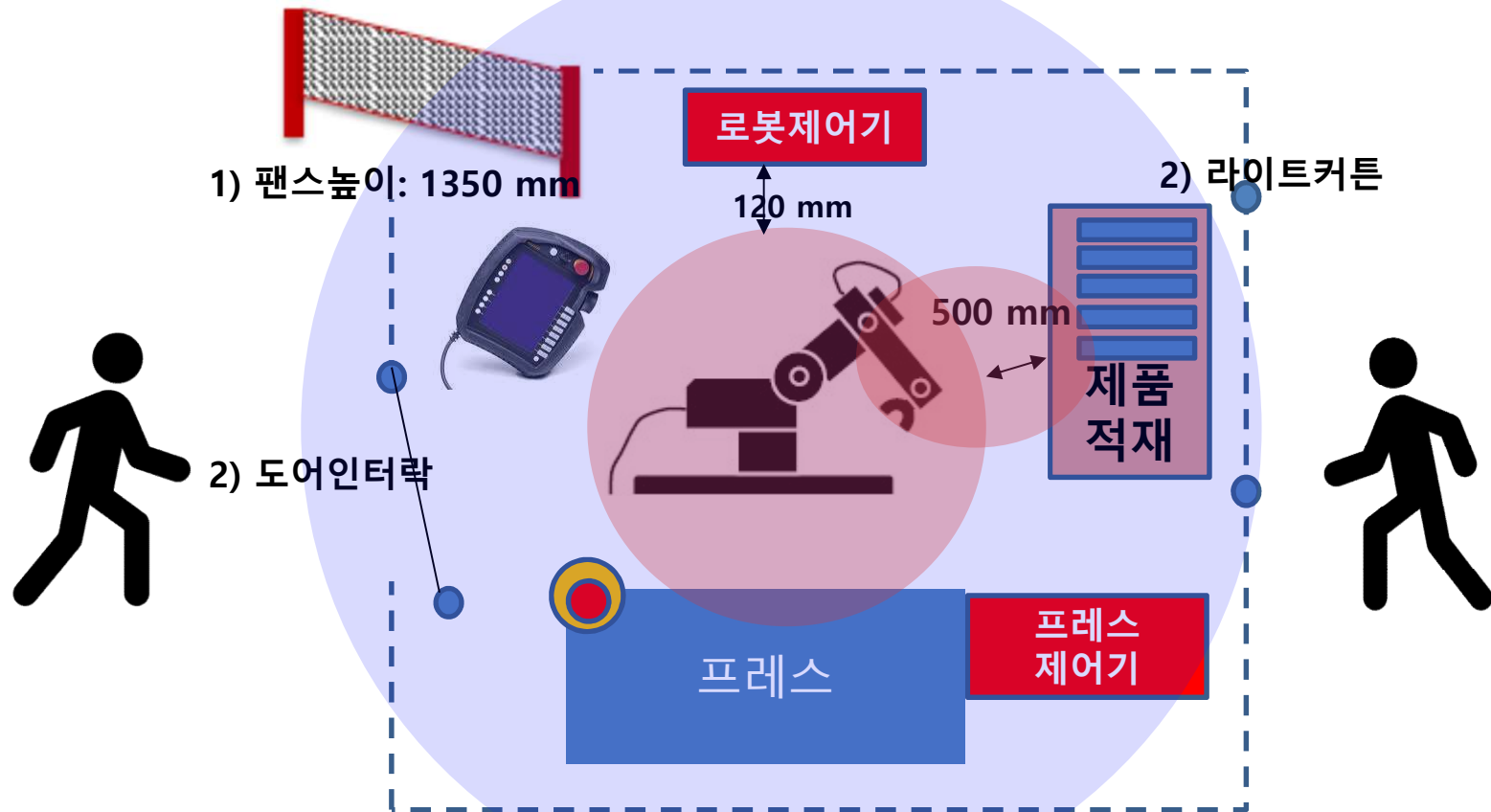


사례로 본 산업용 로봇 안전 대응



위험성 평가 사례-1

■ 산업용 로봇 & 프레스 시스템



발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

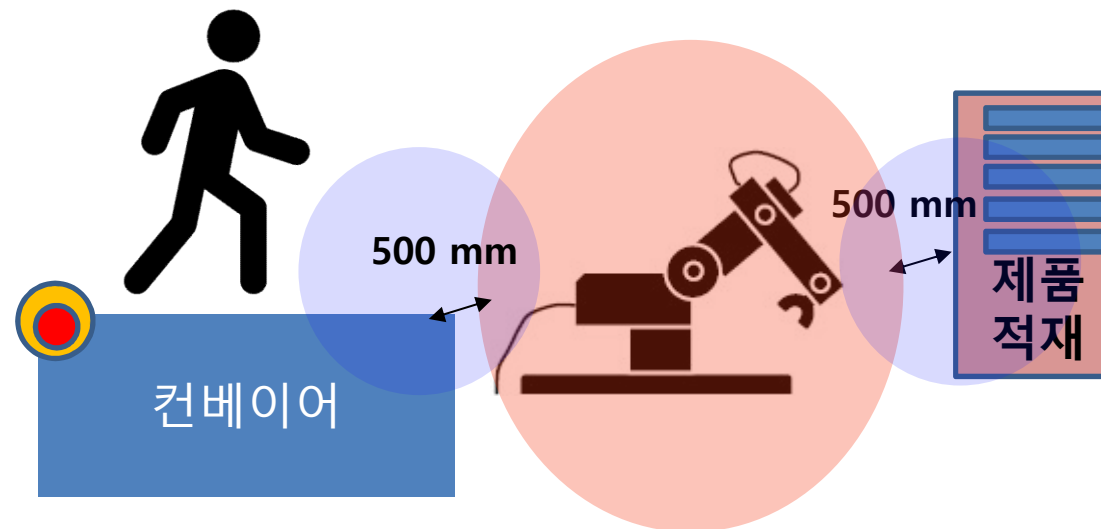
위험성 평가 사례-2

■ 용접로봇시스템



발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

■ 협동 로봇 & 컨베이어 시스템



발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

산업용 로봇- 일반 개요 및 표준

Robots and robotic devices—General
Introduction and Safety Standards

■ 산업용 로봇 (Industrial robot)

- 산업 자동화 분야에서 이용되는, 자동 제어되며, 재프로그램 가능하며
- 다목적 매니퓰레이터로서,
- 3축 이상의 축에서 프로그램이 가능하며,
- 고정형과 이동형이 있습니다.

— 산업용 로봇의 구성은 다음과 같습니다.

- 구동기를 포함한 매니퓰레이터
- 교시상자(티칭패드)를 포함한 제어기
- 모든 통신 인터페이스(하드웨어 & 소프트웨어)

— 추가적으로 구성된 축(Axes)도 상기 정의에 적용됩니다.



ISO 로봇 표준

ISO 10218-1 & -2 of 2011



■ Part 1 – Industrial Robot

- 이해 당사자 – 로봇 제조사(Robot Manufacturer)
- EU의 Harmonized standard 로 채택됨.
 - 유럽 기계류 지침의 요구사항에 적합해야 함.
- 최신 버전 : 2011년 7월 발행

■ Part 2 – Industrial robot system and integration

- 이해 당사자 – System integrator, Installer
- 최신 버전 : 2011년 7월 발행

※ 미국의 ANSI R 15.06-2012으로 상기 규격 통합됨.

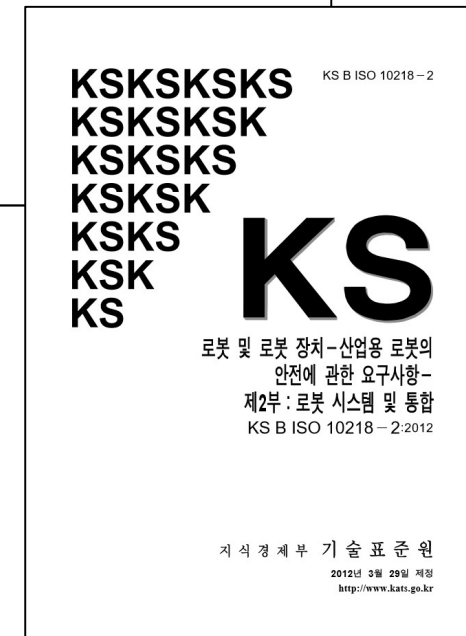
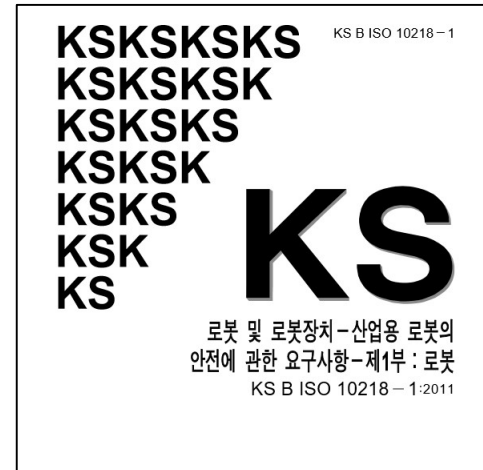


한국 로봇 표준

KS B ISO 10218-1& 2 Industrial robots and robot systems



- 산업안전보건기준에 관한 규칙 [고용노동부령 제160호, 2016.7.11., 일부개정]
 - 개정 규칙에서는, 안전매트 & 방책을 필수적으로 요구하는 **조건을 완화**하여 한국 산업표준 또는 국제표준에 따른 **위험 분석 및 평가**에 따라 선택/생략 가능하도록 허용
 - 국내에서 법적으로 **협동로봇** 사용 가능하게 됨.
- 국내 로봇 표준
 - KS B ISO 10218-1 & 2
 - ISO 부합함.
 - KS B ISO TS 15066
 - ISO 부합함.



국제 표준 정리

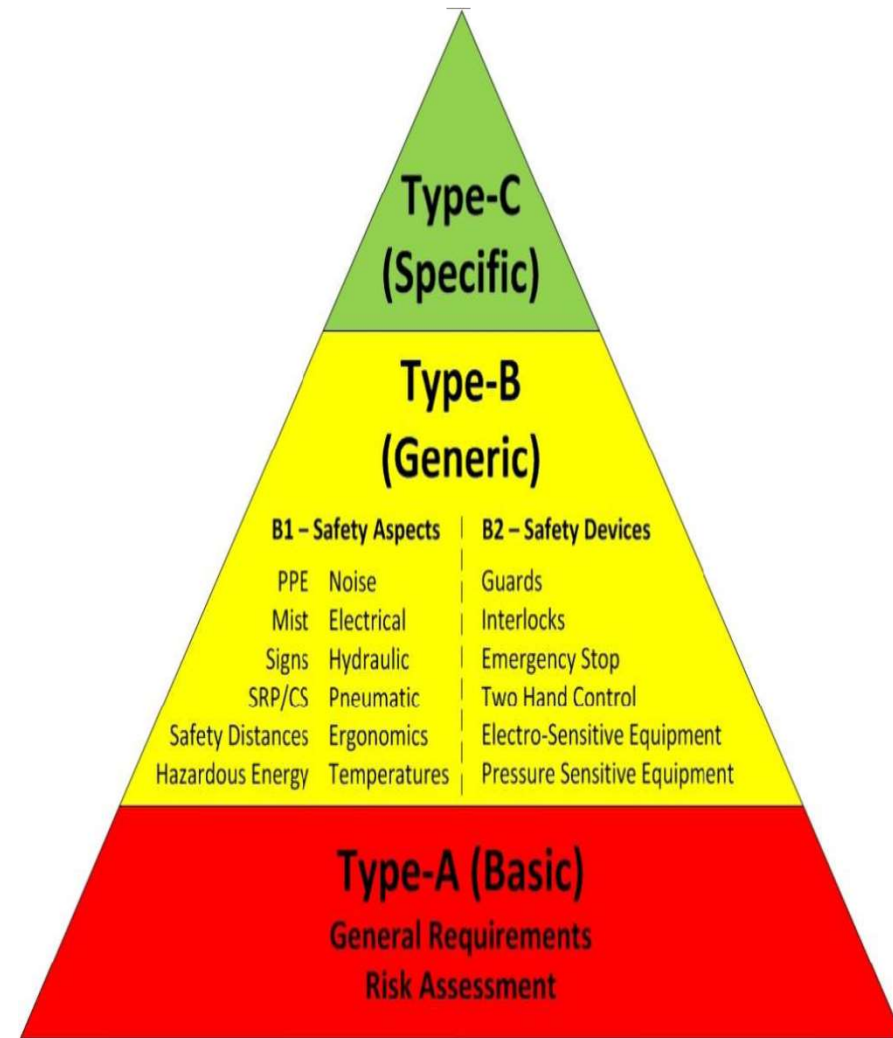
International Robot Standards



	로봇 제작사	로봇 시스템 통합자	부합화 (ISO 기준)
International	ISO 10218-1	ISO 10218-2	-
Canada	CAN/CSA-Z434-14	CAN/CSA-Z434-14	부합
China	GB 11291.1-2011	GB 112891.2-2013	부합
Denmark	DS/EN ISO 10218-1	DS/EN ISO 10218-2	부합
EU	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	부합
Germany	DIN EN ISO 10218-1	DIN EN ISO 10218-2	부합
Japan	JIS 8433-1	JIS 8433-2	부합
Taiwan	CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	부합
UK	BS EN ISO 10218-1	BS EN ISO 10218-2	부합
USA	ANSI/RIA R15.06	ANSI/RIA R15.06	부합

■ 표준 구조의 계층

- Type A- 광범위하고 일반적인 가이드라인
 - ISO 12100 Safety of Machinery-Basic concept, general principles for design
- Type B –일반적 안전 표준
 - Common safety issues
 - Applicable to multiple types of machines
- Type C – 특정 기계 안전 표준
 - ISO 10218-1 & -2 Robots and robot systems – Safety requirements



산업용 로봇 위험성 평가

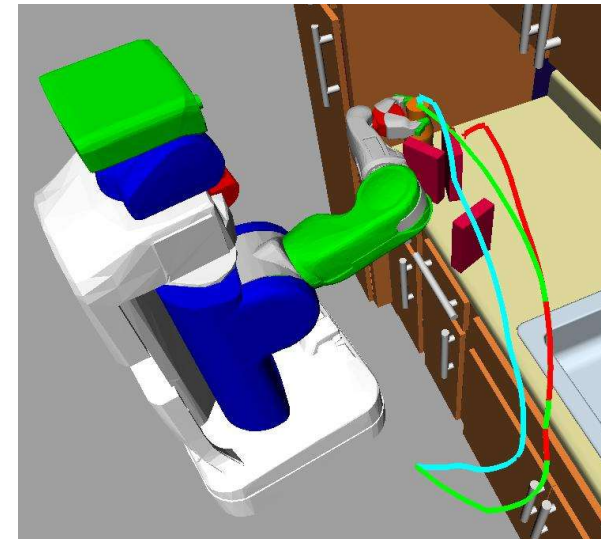
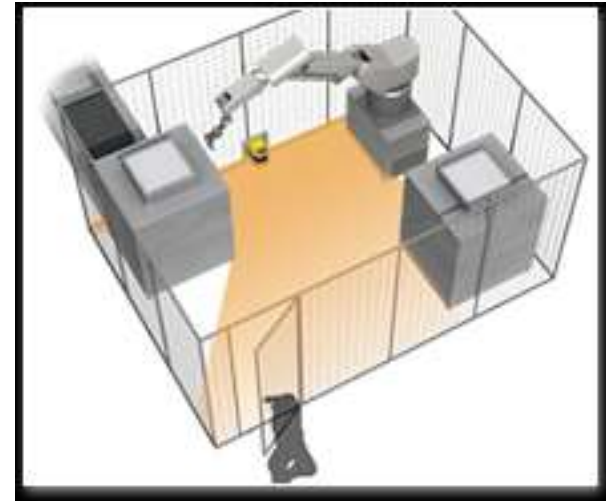
ISO 10218-1 & 2

ISO 12100

Clause 4 – 위험원 식별과 위험성 평가

로봇의 운전 특성

- 로봇은 **넓은 운전 공간**에서 **높은 에너지**를 발생하는 동작을 할 수 있다.
- 로봇 팔의 동작기동과 경로는 **예측이 어려우며** 또한 변화하는 **운전 요구사항** 등으로 인하여 바뀔 수 있다.



Clause 4 – 위험원 식별과 위험성 평가

로봇의 운전 특성

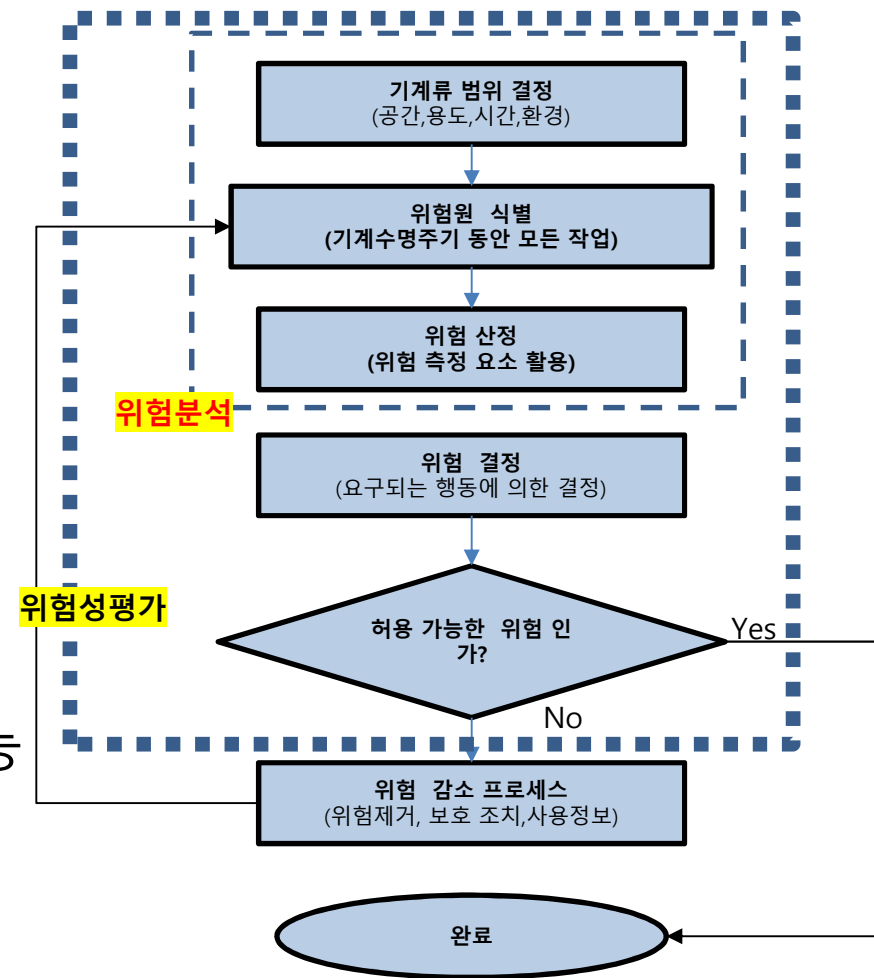
- 로봇의 운전 공간은 다른 로봇 또는 타 기계 및 관련 장비의 **작업 공간의 일부와 겹칠 수 있다.**
- 운전자는 기계 구동기에 **전원이 들어 있는 상태**에서 로봇 시스템과 근접하여 작업하도록 요구 받을 수 있다.



Clause 4 – 위험성 평가 Risk assessment



- 위험성 평가는 **로봇 시스템의 전체 수명(즉, 설치, 조정, 생산, 유지보수, 수리, 해체)** 기간 중에 관련 된 위험도를 체계적으로 분석 및 평가하도록 한다.
- 필요한 모든 경우, 위험성 평가 다음에 **위험 감소 프로세스**가 따른다.
- 이러한 과정이 반복될 때, 최대 한 가능한 범위에서 위험원을 제거하고 보호 대책을 통한 **위험을 감소시키는 반복 과정**이 된다.

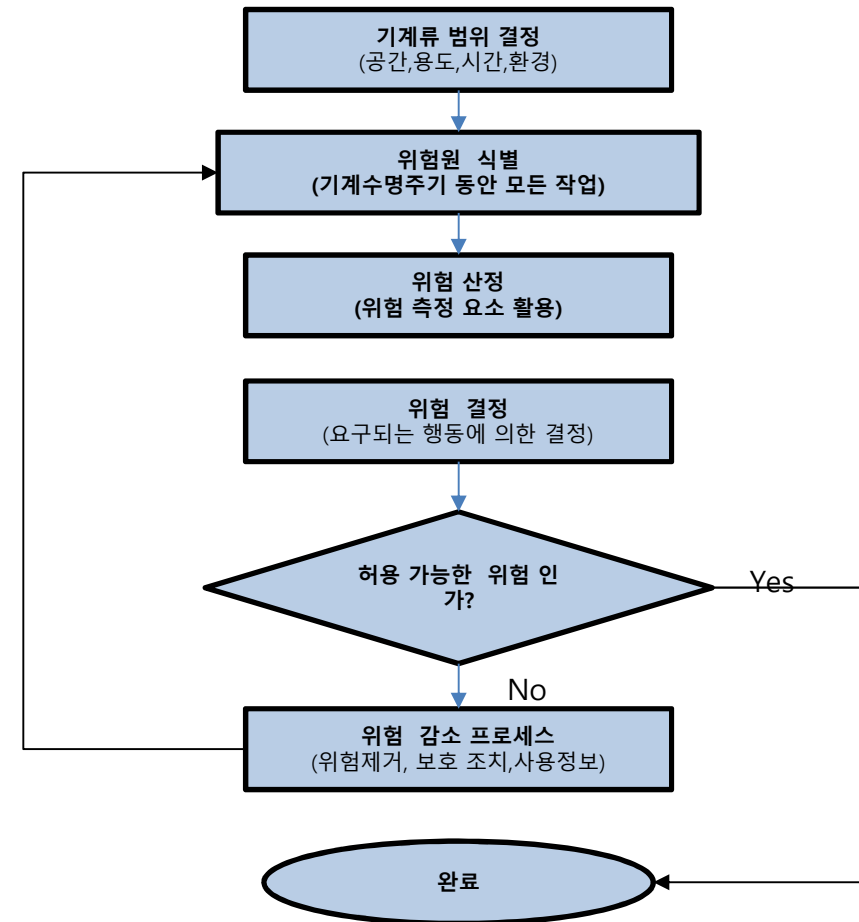


Clause 4 – 위험성 평가 Risk assessment



■ 위험성 평가는 다음을 포함한다.

- 로봇 시스템의 제한사항 결정
- 위험원 식별
- 위험도 산정(risk estimation)
- 위험도 결정(risk evaluation)

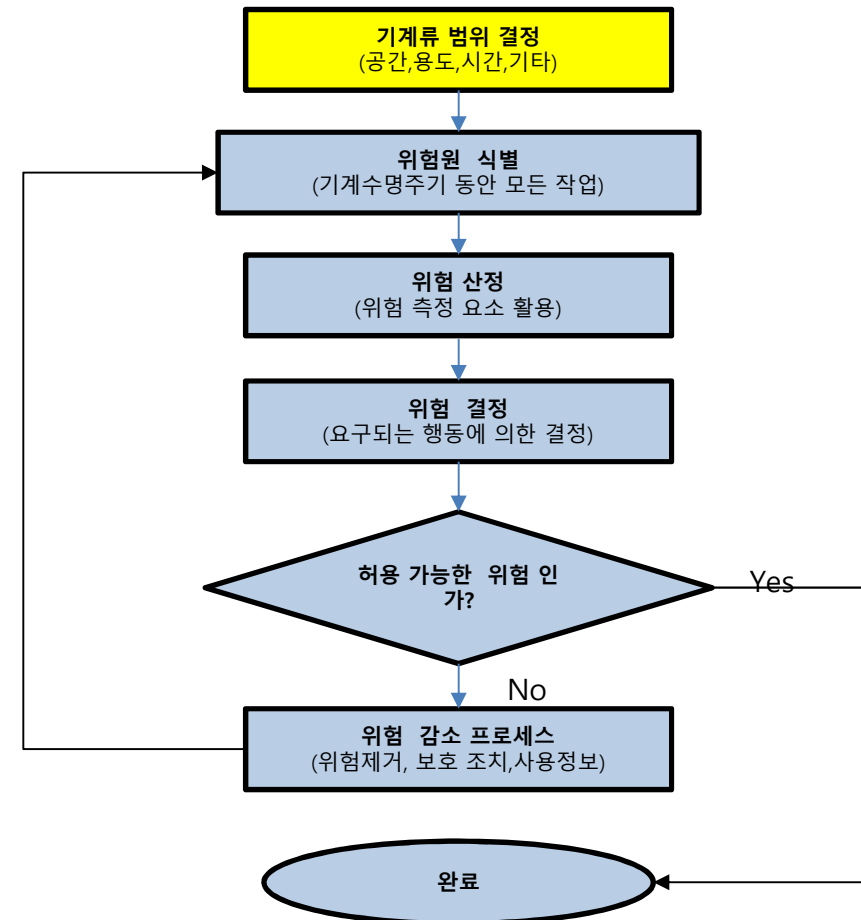


Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



로봇 위험성 평가를 위해 고려사항은 아래와 같습니다.

- 로봇의 의도된 작업
 - Teaching, maintenance, setting, cleaning
- 예기치 못한 기동
- 모든 작업자를 고려한 평가
- 합리적으로 예측가능한 오용
- 제어시스템의 고장 영향
- 특정 로봇 어플리케이션과 관련된 위험 (필요한 경우)



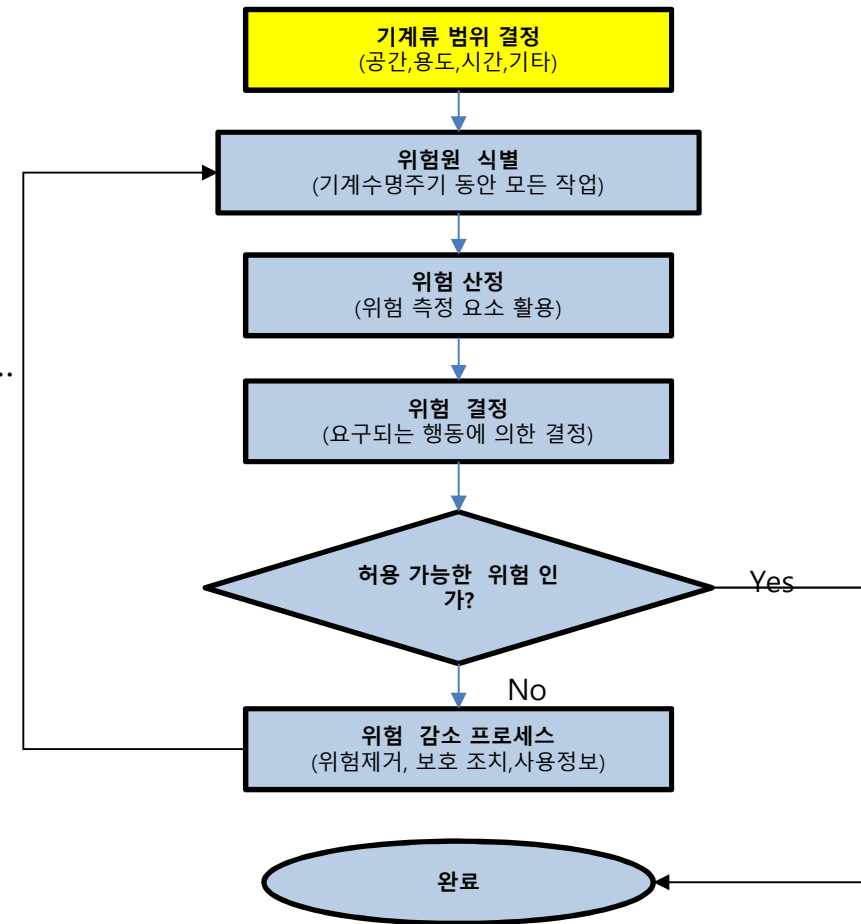
Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 기계류 범위 결정

■ 기계류 제한

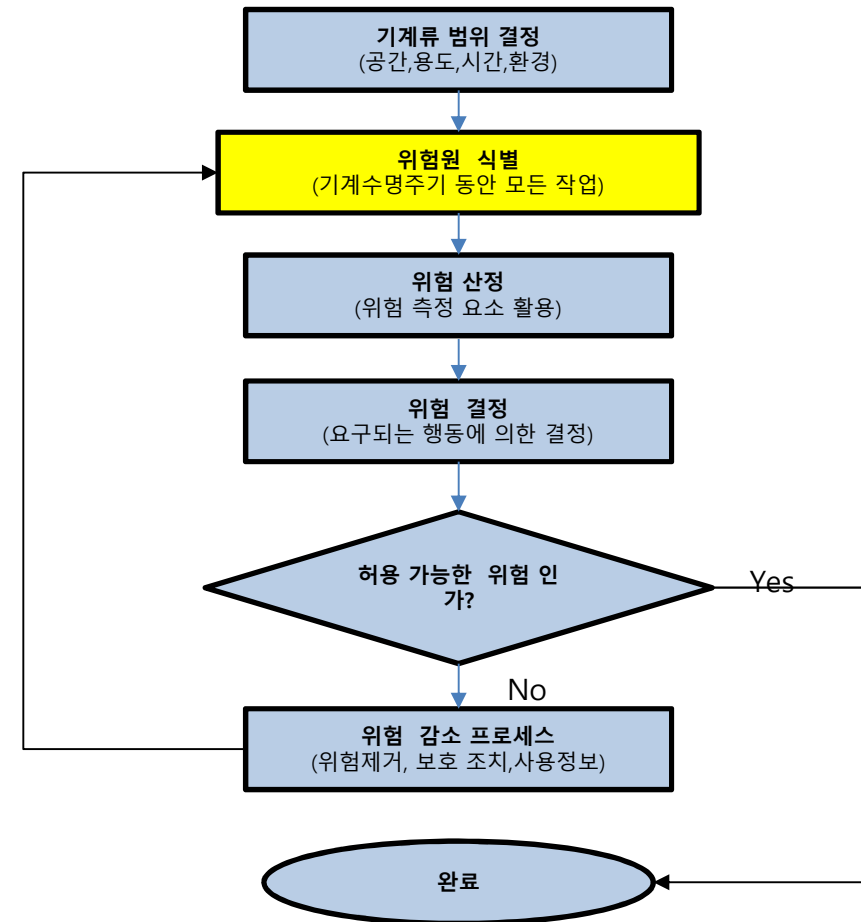
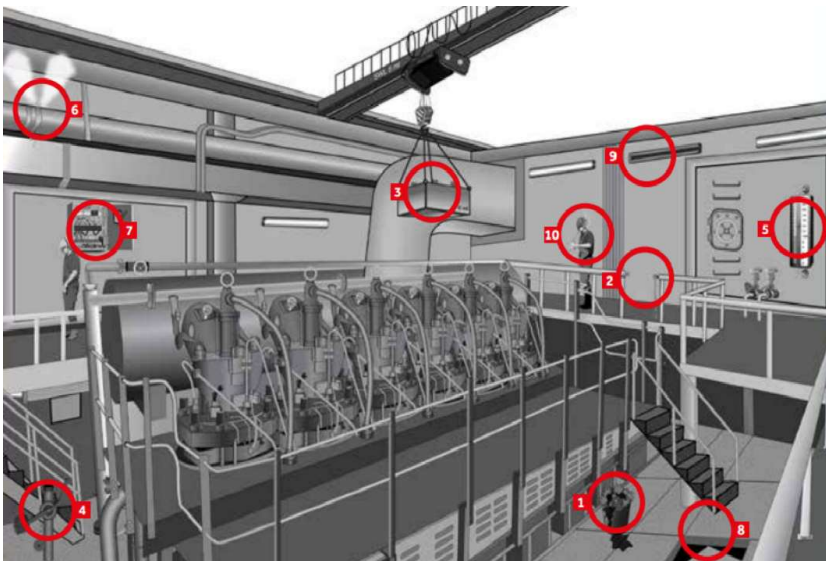
- 공간 제한
 - 로봇의 동작 영역, 설치공간...
- 용도 제한
 - 도장작업, 용접작업, 조립작업, 협동작업...
- 시간 제한
 - 로봇 및 관련 부품의 의도된 수명
 - 정비주기
- 기타 제한
 - 기계주변환경
 - 원자재 및 재료 특성...



[위험성 산정 및 결정]

Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

- 로봇 존재하는 위험 요소 - 부속서 A 참고
- 위험원 분석은 존재할 수 있는 추가 위험 요소를 식별하기 위해 수행되어야 한다.
- 위험원 정의에 식별 된 위해 요소에 대해 위험성 평가가 수행되어야 한다



Clause 4 – 위험원 식별 Hazard identification

■ “부속서 A”에서 주요 위험원 목록을 보여 주고있다.

- 기계적 위험원
- 전기적 위험원
- 열에 의한 위험원
- 소음에 의한 위험원
- 진동에 의한 위험원
- 방사선에 의한 위험원
- 재료/물질에 의한 위험원
- 인체공학적인 위험원
- 기계가 사용되는 환경과 관련된 위험원
- 기타 위험원의 결합



- 10 개 위험원 대분류
- 37개 소분류 로 구성

■ 특정 어플리케이션에 의해 추가적인 위험원이 발생할 수 있다.

- 위험원 :연기, 가스, 화학제품 및 고온 재료
- 어플리케이션 : 용접, 레이저 절단, 기계 가공

■ 이러한 위험원은 개별적으로 해당 위험성 평가와 함께 다루어야 한다.

Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



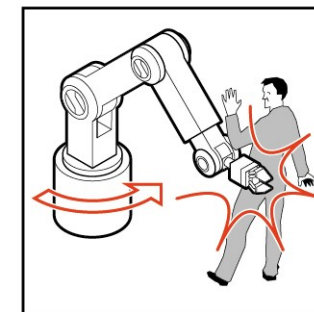
■ 주요 로봇 위험원

■ 기계적 위험원 원인

- 로봇 팔(뒤 포함)의 모든 부분의 동작 (정상 또는 우발)
- 말단장치 또는 로봇 셀의 모든 이동 부분의 동작(정상 또는 우발)
- 외부 축의 동작(정상 또는 우발)
- 말단장치 고장(분리)
- 정비 시, 말단장치 도구의 동작
- 작업 시, 기계 또는 로봇 셀 부품의 우발적 동작
- 재료 및 제품의 낙하 및 분출
- 지그(jigs) 또는 그리퍼(gripper)의 우발적 동작
- 도구의 우발적인 풀림
- 말단장치에서의 날카로운 도구의 회전 또는 동작
- ...

■ 기계적 위험원 결과

- 압착(crushing)
- 깎아짐(shearing)
- 절단(cutting or severing)
- 얽힘(entanglement)
- 갇히는 것(trapping)
- 충격(impact)
- 찔리거나 구멍 난 상처 (stabbing or puncture)
- 마찰(friction), 찰과상 (abrasion)
- 고압 유체 및 가스의 주입 또는 방출



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

■ 주요 로봇 위험원

■ 전기적 위험원 원인

- 전기가 통하고 있는 부품이나 연결 부위와의 접촉
- 시스템 안에서의 여러 전압으로 인한 혼란
- 전기(전자) 회로상의 다수의 부품 (예를 들어, 축전기) 등과의 접촉
- 아크 섬광에 노출
- 고압 또는 고주파, 즉 정전도장, 유도 가열장치 등을 사용하는 작업
- 고압을 사용하는 용접 작업

■ 전기적 위험원 결과

- 감전 충격
- 화상
- 독성 가스의 흡입
- 전기 섬광에 의한 안구 손상
- 심장 박동기에 대한 영향



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

■ 주요 로봇 위험원

■ 열에 의한 위험원 원인

- 말단장치 또는 관련 장비 또는 작업물의 뜨거운 표면
- 차가운 표면 또는 물체
- 작업[예를 들어, 도장에서 원자 입자, 분진 도장, 가연 용제, 연마 및 밀링 (milling) 분진 등으로 인한 폭발하기 쉬운 대기(atmosphere)]
- 작업 지원을 위해 필요한 지원하기 위해 필요한 극한 온도에 노출

■ 열에 의한 위험원 결과

- 화상
- 화재, 폭발
- 열원에서의 방사
- 유독 가스의 흡입
- 탈수



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 주요 로봇 위험원

■ 인체공학적인 위험원 원인

- 잘못 설계된 교시상자, 인간 기계 인터페이스(HMI) 터치 스크린, 운전자 조작판(너무 멀거나 높음.)
- 잘못 설계된 이적재 위치(예를 들어, 부품 상자의 위치와 이적재 구역 사이 의 긴 거리)
- 잘못 설계된 동작허가 장치
- 제어장치의 부적절한 위치로 인한 접근 곤란 및 부가 위험원 노출
- 유지보수가 예상되는 부품의 부적절한 위치로 인한 접근 곤란 및 부가 위험원 노출
- 부족한 지역 조명으로 인하여 위험원 과 위험한 상황의 인식 방해
- 편리하게 보기에는 너무 높거나 낮은 곳에 위치한 HMI 장치

■ 인체공학적인 위험원 결과

- 피로(fatigue)
- 충격(impact)
- 전도(falling)
- 상황판단 손실(loss of awareness)
- 스트레스(stress)
- 사람 오류로 인한 결과
(consequence of human error)



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 주요 로봇 위험원

- 여러 위험원의 결합 원인
 - 로봇, 말단장치, 또는 관련 기계의 예 상치 못한 동작
 - 협동 로봇 작업이나 동시 동작에 대한 오해
 - 로봇 시스템의 속도를 변화시킴으로써, 여러 작업들이 다양한 속도에서 수행되는 경우
 - 제어기 오작동과 이에 따른 적재 테이블 또는 말단장치에서의 잡는 장치가 열림으로 인하여, 잔여 힘 (관성, 중력, 스프링/에너지 저장 수단)에 의한 동작 및 이로 인한 급격한 날아감
 - 로봇 팔 또는 관련 장치의 과부하로 인하여 기계 요소의 파괴 또는 휘어짐.
 -

- 여러 위험원의 결합 결과
 - 중단 후 에너지 공급의 복원
 - 전원에 대한 외부 영향
 - 예기치 못한 기동



Clause 4 – 작업 인지

Task identification



■ 로봇 시스템/셀 관련 작업은 다음을 포함한다.

- 프로세스 제어 및 모니터링
 - 작업물 적재(loading)
 - 프로그래밍과 확인(verification)
 - 해체를 요구하지 않는 정도의 간단한 운전자 개입
 - 설치(예를 들면, 고정장치 변경, 공구 교환)
 - 고장 처리
 - 불량 동작 정정(예 : 설비 고장, 부품 낙하, 사건 회복, 비정상적 상태)
 - 위험에너지 제어(고정 장치, 꺾쇠, 회전반 및 기타 장치)
 - 유지보수 및 수리
 - 장비 청소
-

Clause 4 – 위험원 제거 및 위험도 감소 Hazard elimination and risk reduction



- 위험을 적절하게 감소시키기 위한 적당한 수단을 적용하기 전에 위험원을 확인하고 위험성을 평가 할 필요가 있다.
- 위험성 감소를 위한 수단은 다음과 같은 기본 원칙에 근거한다.
 - **설계**에 의한 위험원 제거 또는 대체에 의한 위험도 감축
 - 운전자가 위험원과 접촉하는 것을 막기 위한 **안전 보호 장치** 또는 운전자가 위험원과 접촉하기 전에 위험원을 안전한 상태로 만드는 것.
 - **사용 정보**, 훈련, 표식 등에 의한 보조 수단의 제공
- 5 절의 요구 사항은 “부속서 A”에 명시된 위험에 대해 위험 감소 조치를 적용하는 반복 과정에서 파생되었다.

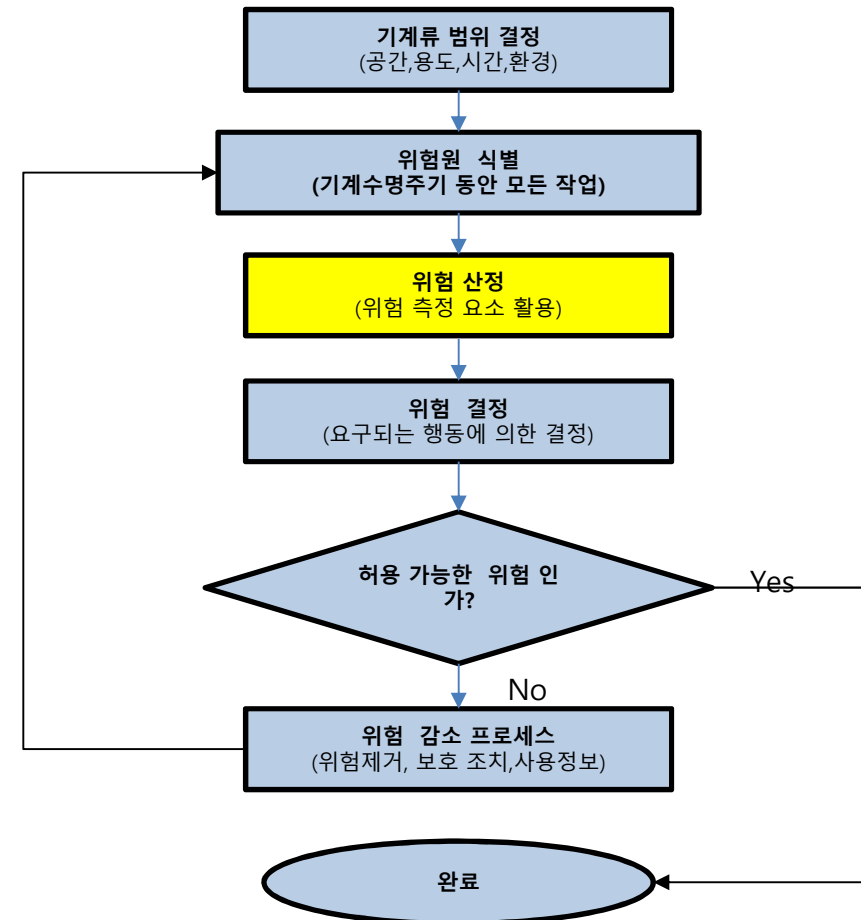
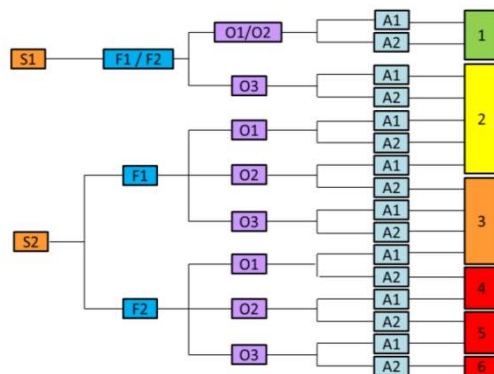


Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 위험 산정

- 상해 심각도 (S)
 - 회복 가능여부, 작업불능일수
- 위험원 노출주기 및 지속기간 (F)
 - 노출 시간, 노출 주기
- 위험 사고 발생 가능성 (O)
 - 증명된 안전 기술 적용
 - 숙련도
- 상해 회피 및 감소 가능성 (A)
 - 동작속도
 - 작업자의 위험 인지 및 대응 가능 여부



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 위험 산정

■ 상해 심각도 (S)

- S1: 경미한 상해 (일반적으로 회복가능; 예, 긁힘, 열상, 타박상, 응급처지가 필요한 약한 상처 등) or 동일 작업을 수행 할 수 없는 기간이 2일 이상을 넘지 않음.
 - S2: 심각한 상해 (일반적으로 회복 불가능; 예, 골절, 열상, 압절, 봉합이 필요한 상처, 주요 근골격외상(MTS)등.) 동일작업을 수행 할 수 없는 기간이 2일 이상임.
-

Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 위험 산정

- 위험원 노출주기 및 지속기간 (F)
 - F1: 드문 경우 / 단기간 노출.
교대근무당 누적된 노출이 15분 미만 또는 2회 미만의 노출
 - F2: 지속적 및/또는 장기간 노출이 빈번한 경우.
교대근무당 누적된 노출이 15분 이상 또는 2회 이상의 노출

Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 위험 산정

■ 위험 사고 발생 가능성 (O)

- O1: 낮음 (사고발생이 없을 수 있다는 가정에도 가능성을 볼 수 없음).
충분한 기술, 증명되고 인정된 안전 어플리케이션, 견고함.
 - O2: 중간 (가끔 발생 가능성 있음) 지난 2년간 기술적 고장 확인됨.
작업장의 위험을 인지하고 해당 작업장에서 6개월 이상의 경험을 가진 작업자에 의한 부적절한 행동
 - O3: 높음 (빈번하게 발생할 가능성이 있음.) 매 6개월 마다 또는 그 보다 짧게 기술적 고장이 주기적으로 확인됨.
작업장에서 경험이 6개월 미만인 비숙련작업자의 부적절한 행동
-

■ 위험 산정

- 상해 회피 및 감소 가능성 (A)

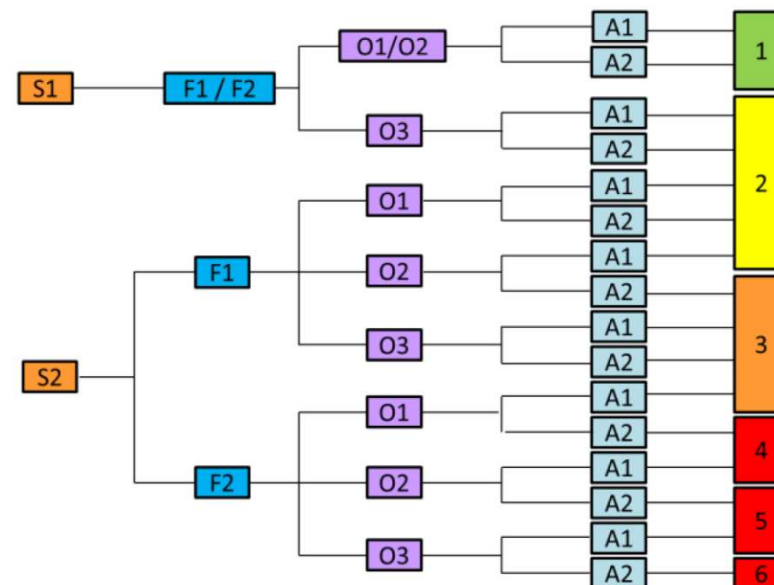
- A1: 특정 조건하(온도,소음,인체공학 등)에서 가능함.

- 0.25m/s 미만의 속도를 가진 구동부 및 노출된 작업자가 해당 위험 및 위험 상황 지시/급박한 사건에 대해 익숙할 경우, 작업자는 위험상황을 인지 및 대응 가능함.

- A2: 불가능함

Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

■ 산업용 로봇 위험 수준 결정 매트릭스



< ISO 매트릭스 >

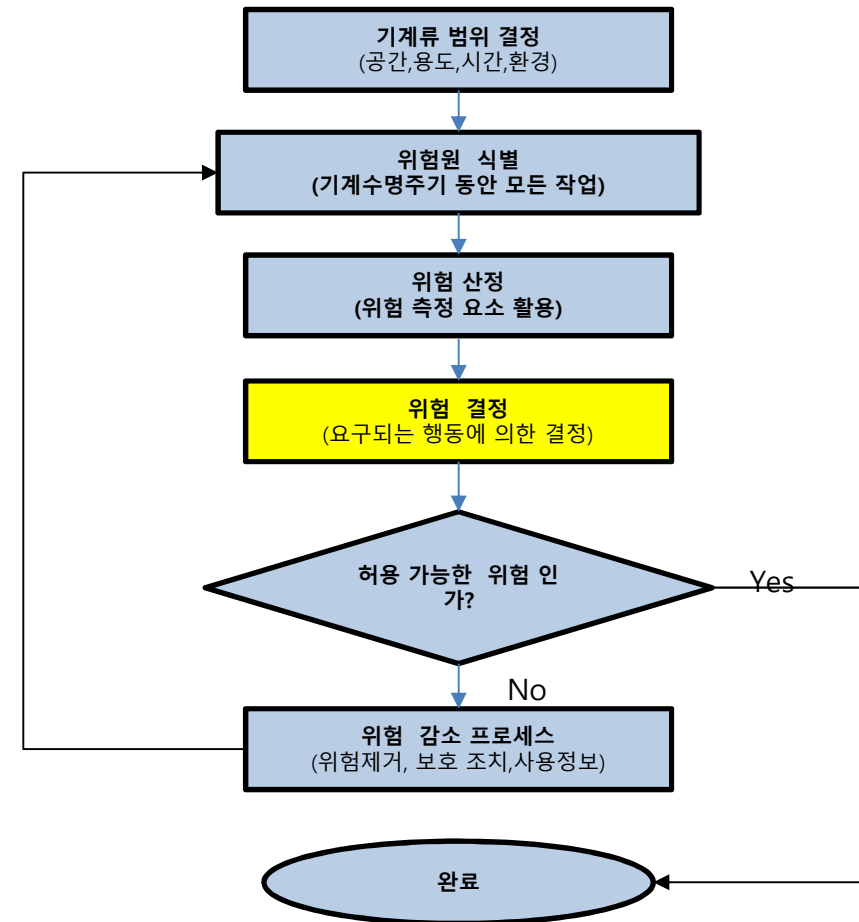
Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가



■ 위험 결정

■ 위험수준 수치 범위

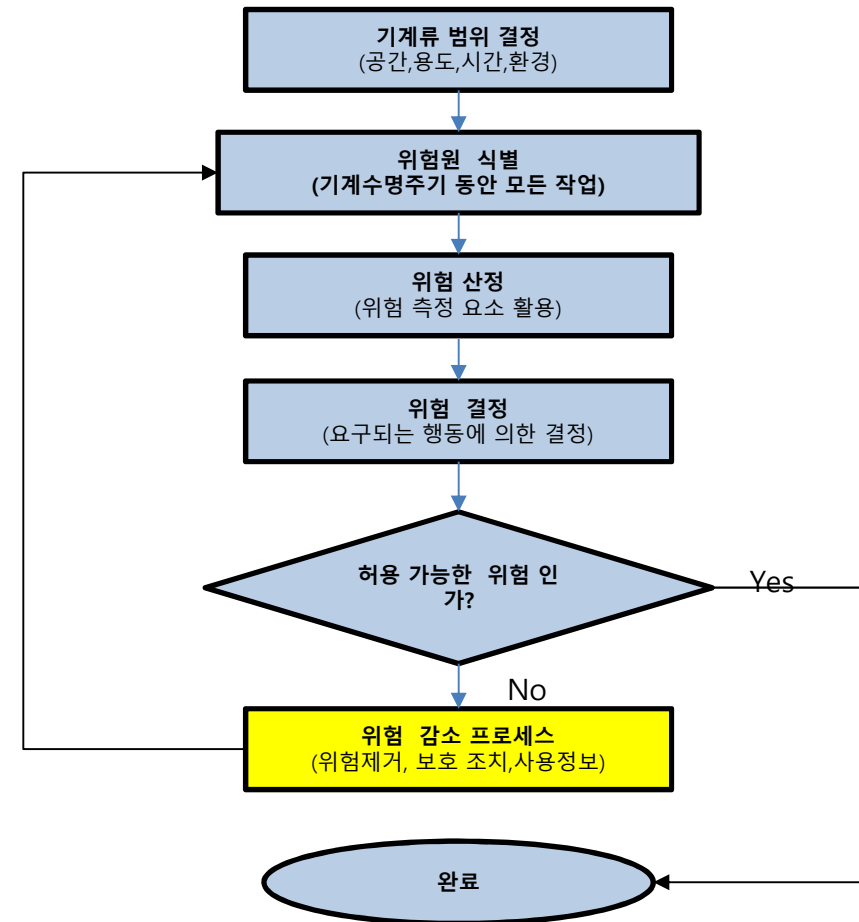
Level	Risk	Comment
1	Negligible Risk	현재설비에 대한 무시할 수 있는 위험이 존재함. 추가적인 위험감소 조치가 요구되지 않음.
2	Very Low Risk	현재설비에 대한 매우 낮은 수준의 위험이 존재함. 위험감소를 위한 상당한 조치가 요구되지 않으나, 개인보호구 또는 교육을 통한 조치가 요구될 수 있음.
3	Low Risk	현재설비에 대한 낮은 위험이 존재함. 위험감소 조치 반드시 고려해야함.
4	Significant Risk	현재설비에 대한 위험원과 관련된 위험은 위험 감소 대책을 요구하기에 충분히 중요합니다. 이러한 조치는 다음 적절한 기회에 실행되어야 합니다.
5	High Risk	현재설비에 대해 위험 감소조치가 바로 적용되어야 하는 잠재적 위험이 존재함.
6	Very high Risk	현재설비에 대해 위험 감소조치가 바로 적용되어야 하는 위험이 존재하고, 안전관련 부서에 즉각 연락함.



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

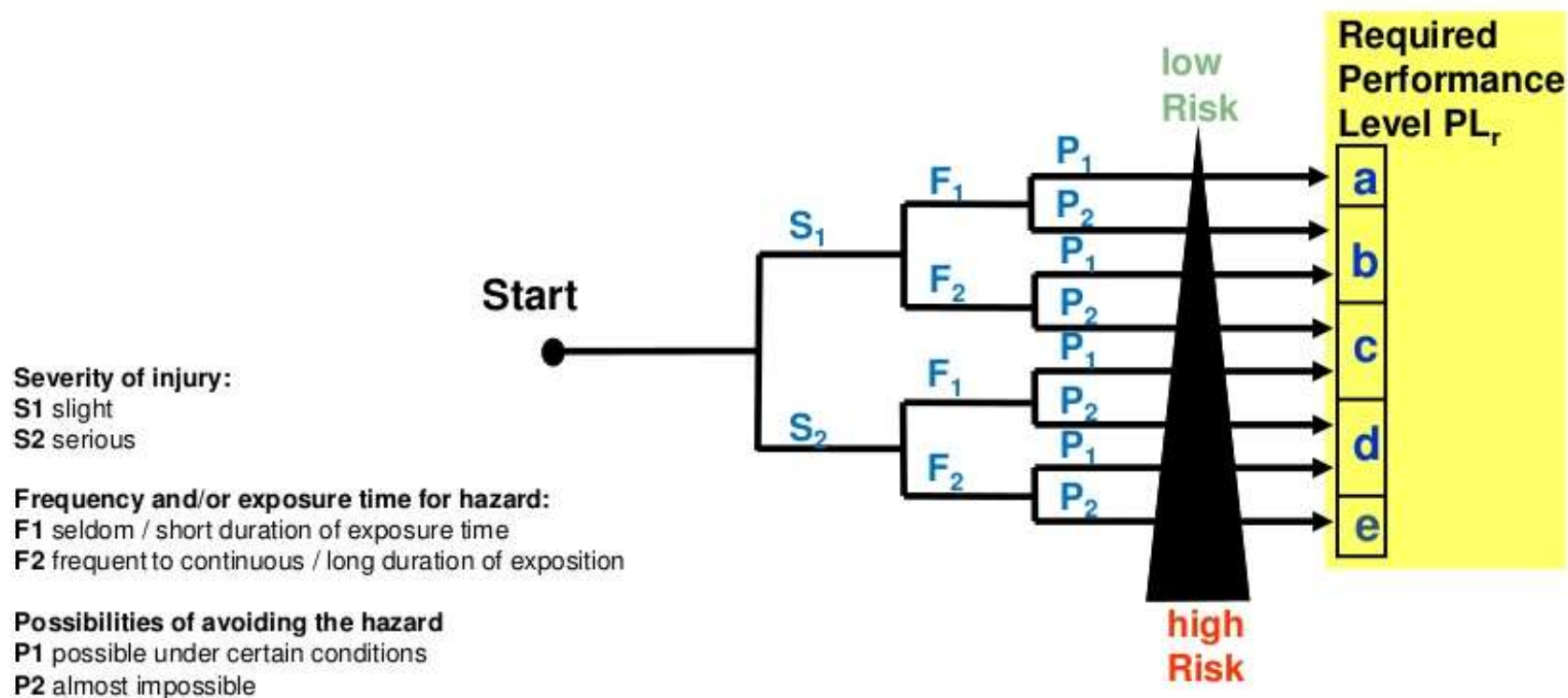


- 위험 리스크는 1)설계 또는 대체에 의해 먼저 제거되거나 감소되며, 이후 2)안전가딩 및 기타 보완 조치에 의해 제거됩니다
- 잔류 위험은 3)다른 조치(경고, 시각 표시, 교육훈련)을 통해 감소되어야 합니다.
- 5장 에서의 요구 사항은 부속서 A의 위험원에 대한 안전 가딩 조치를 적용 하는 반복적 과정에서 유효합니다.



Clause 4- 위험원 식별 및 위험성 평가

■ ISO 위험 레벨 기능 별 최소 위험 감소 조치



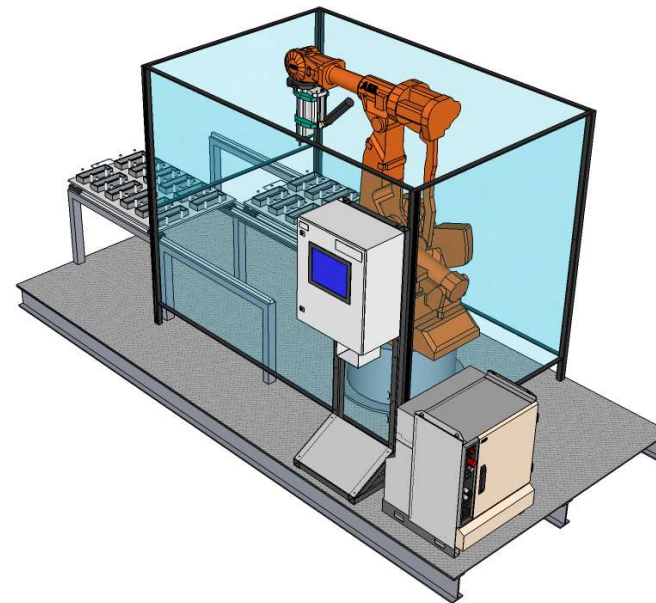
※ ISO 13849-1 참조

산업용 로봇 주요 안전 조항

ISO 10218-1 & 2

Clause 5- 설계 및 설치 Design and Installation

- 제어기의 위치(location of controls)
 - 자동 운전 동안 접근이 요구되는 **운전 제어기와 장비(즉, 용접 제어기, 공압 밸브 등)는 보호 영역 외부에 위치**하도록 하여서 제어 구동기를 사용하는 사람이 보호 영역 외부에 있도록 하여야 한다.



Clause 5- 설계 및 설치 Design and Installation



- 에너지원 분리(isolate sources of energy)
 - 위험에너지를 분리할 수 있는 수단이 제공되어야 한다.
 - 에너지가 비활성화된 위치에서 잠기고(또는) 유지되어야 한다.
 - 단일 공급 중지 장치를 가지고 있어야 한다.
 - 다중 로봇 및 대형 시설의 경우,
 - 각각의 에너지원에 대하여 다중 중지 장치가 필요할 수도 있다.
 - 제어 범위가 중지 장치의 손잡이 근처에 명확하게 표시되어야 한다(예 : 문자 또는 기호).
 - 에너지원 : 전기, 기계, 유압, 공압, 화학, 열, 위치, 운동 등...



Clause 5- 설계 및 설치 Design and Installation

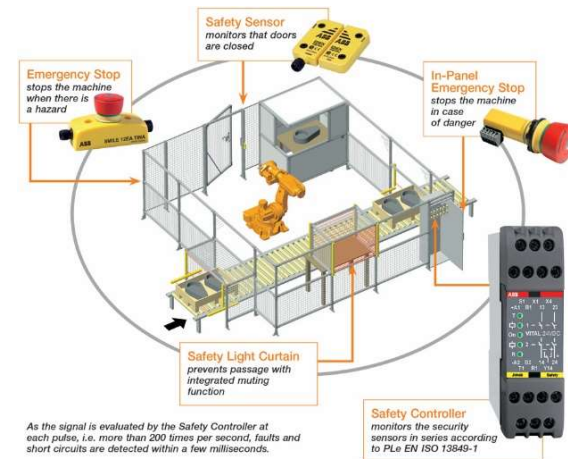


■ 로봇 시스템 정지 기능(robot system stopping functions)

- 비상정지기능
- 보호정지

■ 모든 로봇 시스템은 **보호정지 및 별도의 비상정지 기능**을 가져야 한다.

■ 각 기능들은 추가적인 보호 정지 또는 **비상정지에 연결이 가능**하여야 한다.



Clause 5- 비상정지 Emergency stop



■ 로봇은 하나 이상의 비상 정지 기능을 가져야한다.

- Stop category 0 (즉각적인: <200ms) 또는
 - 드라이브 토크 없음(Torque-free)
 - 안전한 전원 차단
- Stop category 1(통제되는)
 - 모니터링 정지
 - 안전한 감속에 의한 제어
 - 드라이브의 토크리스 정지 후,
 - 안전한 전원 차단



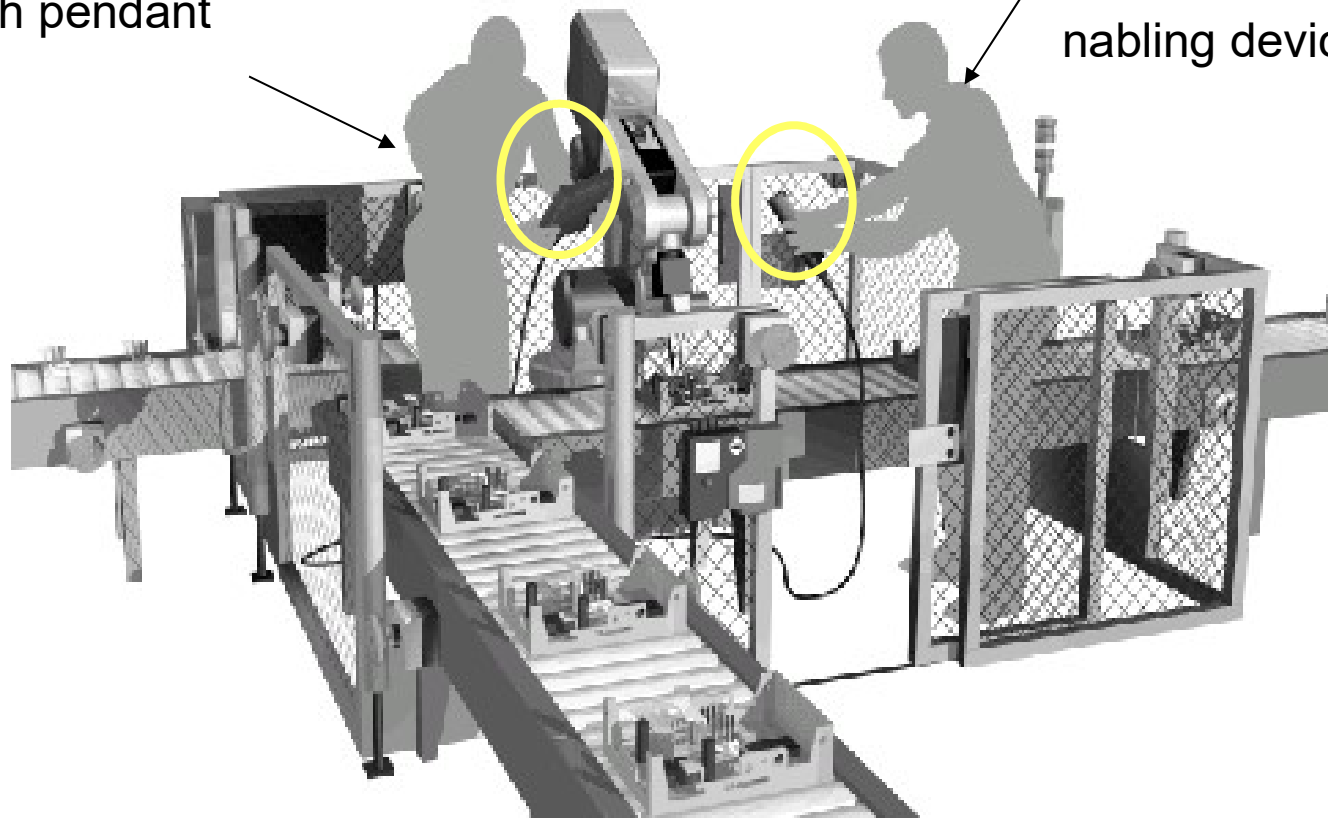
Clause 5 3-위치 동작허가 장치 Three-position enabling device



- 동작허가 장치 및 펜던트를 사용하여 둘 이상의 사람이 보호 구역에 있는 경우,

Person A
with a teach pendant

Person B
with a stand-alone e
nabling device



Clause 5 3-위치 동작허가 장치 Three-position enabling device



■ 동작허가장치의 위치와 로봇 동작 방식

		작업자 A		
		Position 1	Position 2	Position 3
작업자 B	Position 1	OFF	OFF	OFF
	Position 2	OFF	ON	OFF
	Position 3	OFF	OFF	OFF

■ 두 개의 작동 장치가 2- 위치에 있을 때만 로봇이 "ON"상태로 됩니다.

Clause 5- 안전 관련 제어 시스템 성능 Safety-related control system performance



- Part 2 의 5.2절은 Part1 의 5.4절 기능안전과 동일하다.
 - 쉽게 참고할 수 있도록 Part2 에서 반복 되어짐.
 - 안전 관련 제어 성능 적용
 - ISO 13849 - 1에서 설명되는 성능 수준(**Performance Levels, PL**)과 분류(category)
 - IEC 62061에서 설명되는 안전 통합 수준(**Safety Integrity Levels, SIL**)과 하드웨어 고장 허용(fault tolerance) 요구사항

 - 안전관련제어시스템의 최소 성능
 - **Performance Level (PL)=d; 와 Category 3**
 - **SIL 2; 와 HTF=1**
-

Clause 5- 동작 제한 수단 Means for limiting motion

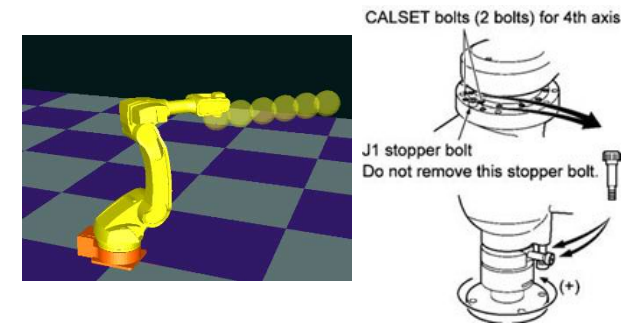


- Part 1 에서 동작제한수단의 요구사항을 준수한다.

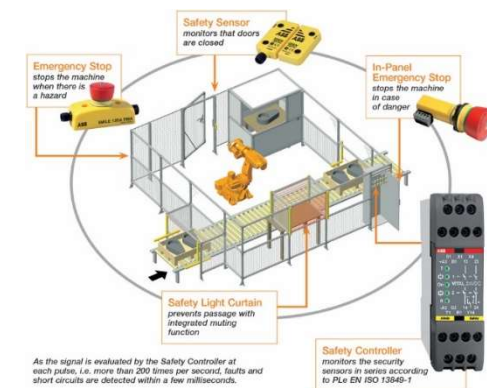
- 로봇동작제한은 달성 방법

- A 방법 : 제공하는 안전관련 연성축제한,공간제한 또는 경성정지 by 제조자 제공
- B 방법 : 외부 제한 장치를 설치하여 달성 by 통합자 제공
- A or B, A & B 수행

- 제한영역 < 최대영역



<안전연성제한 & 경성정지>

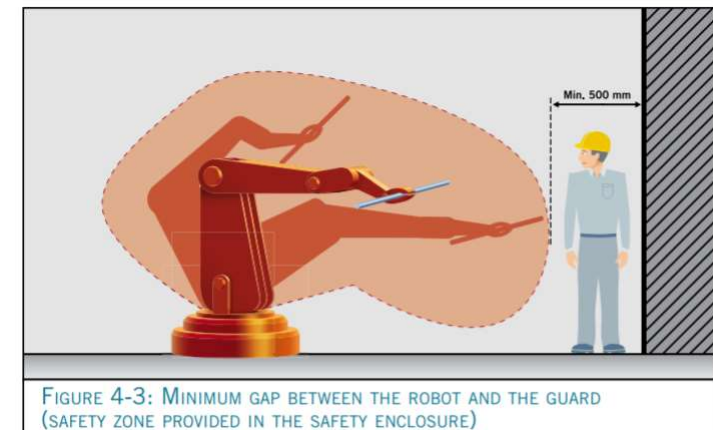
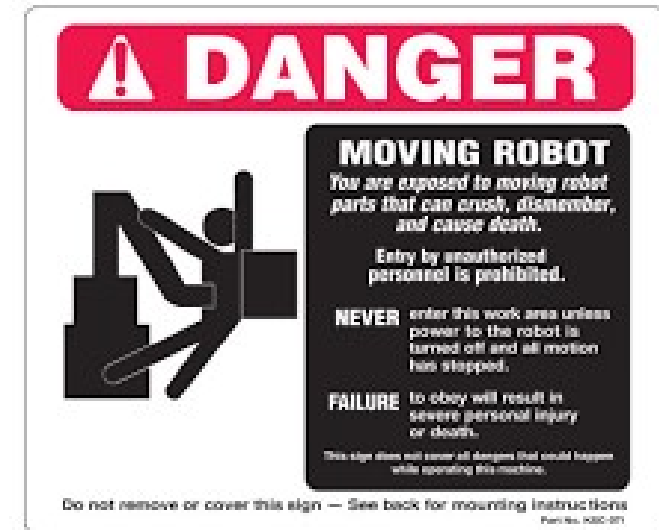


<외부제한장치>

Clause 5- 개입을 위한 접근 Access for interventions



- 작업기준에서의 위험성평가는 **갇힘 또는 끼임** 가능성을 판단하기 위해 수행되어야 한다.
- **고속수동모드의 사용**을 필요로 하는 작업은 최소 **500mm(20in)의 여유공간**이 제공되어야 한다.
 - “계산된 위험원에서의 정지위치”와 “빌딩, 구조물, 가딩구역, 공급설비, 기타 기계설비, 갇힘 또는 끼임이 발생하는 로봇기능이 지원되지 않는 장비구역” 사이에서 요구됨.



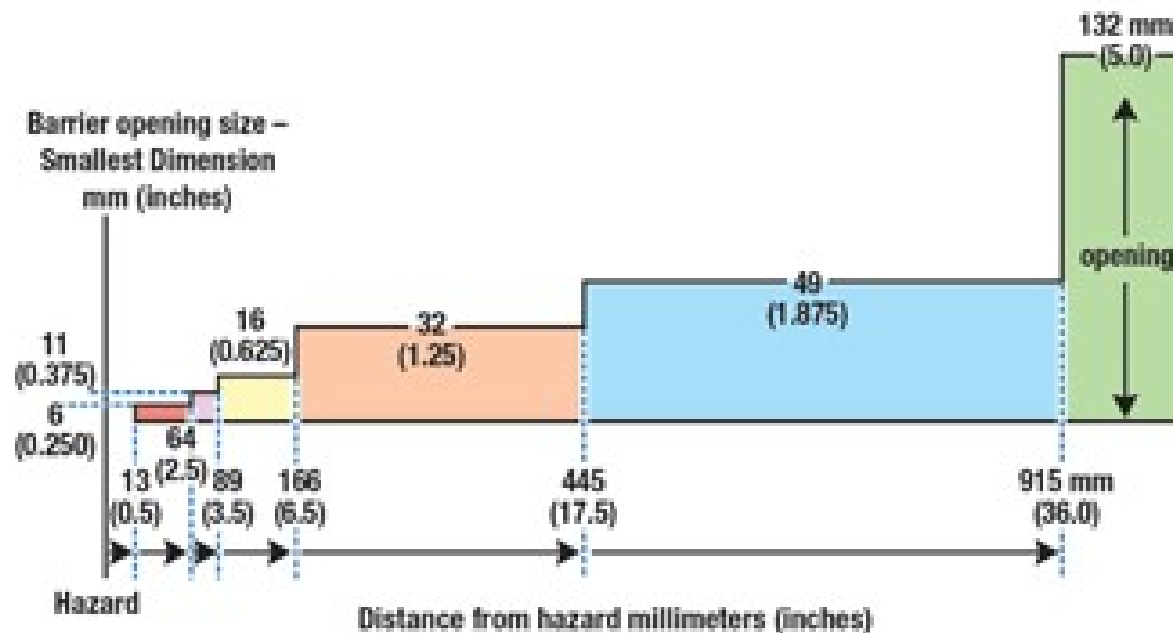
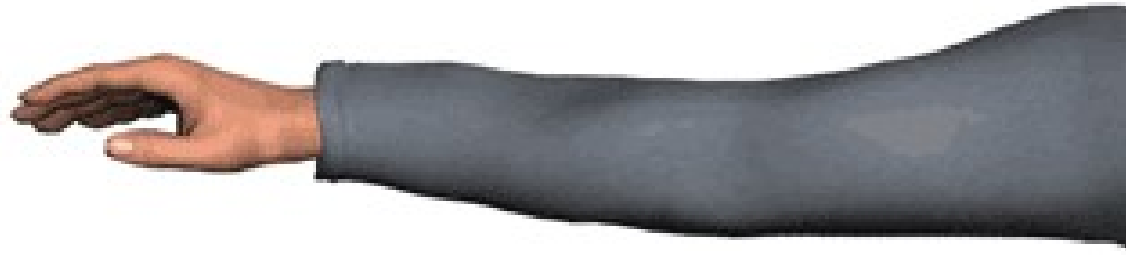
Clause 5- 개입을 위한 접근 Access for interventions



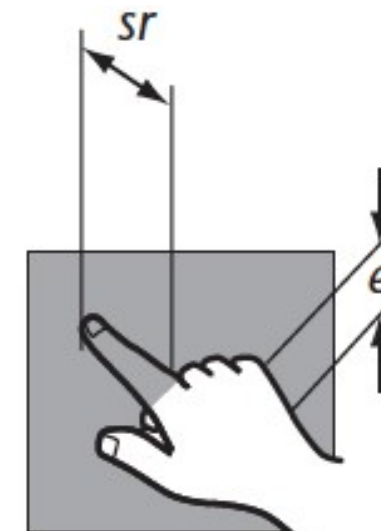
- 제어장치(교시 상자, 로봇 제어 캐비닛)는 운전자가 쉽게 사용하도록 접근 수단(eg. 출입문, 플랫폼, 계단...) 근처에 위치하여야 한다.
 - 전기 캐비닛을 위한 추가 요구사항
 - 접근이 필요한 요소를 가지고 있는 전기 설비가 정상적인 높이보다 높은 곳에 있는 경우(예를 들면, 기계의 지붕),
 - 접근 수단(작업 플랫폼)이 제공되어야 함.
 - 접근 위치에서 **400 mm에서 2 000 mm** 높이에 있는 관련 장비의 경우
 - 위험성 평가의 결과에 의한 적절한 수단을 결정 하는데 사용되어야 함.



Clause 5- 가드의 최소(안전)거리 Minimum(safety) distance for guards



ANSI standard distance for barrier guards



※ ISO 13857 & RIA TR15.406 참고

Clause 5- 고정방호벽거리 Fixed distance guards

Table 2 — Reaching over protective structures — High risk

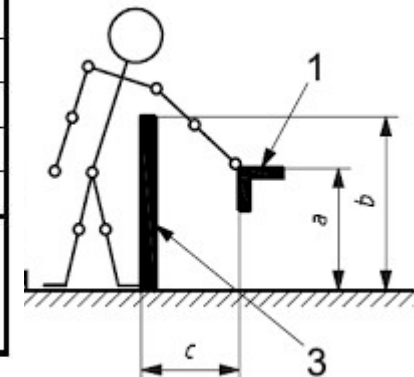
Dimension in millimetres

Height of hazard zone ^c <i>a</i>	Height of protective structure ^{a, b} <i>b</i>									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Horizontal safety distance to hazard zone, <i>c</i>									
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 Protective structures less than 1 000 mm in height are not included because they do not sufficiently restrict movement of the body.

^b Protective structures lower than 1 400 mm should not be used without additional safety measures.

^c For hazard zones above 2 700 mm, refer to 4.2.1.



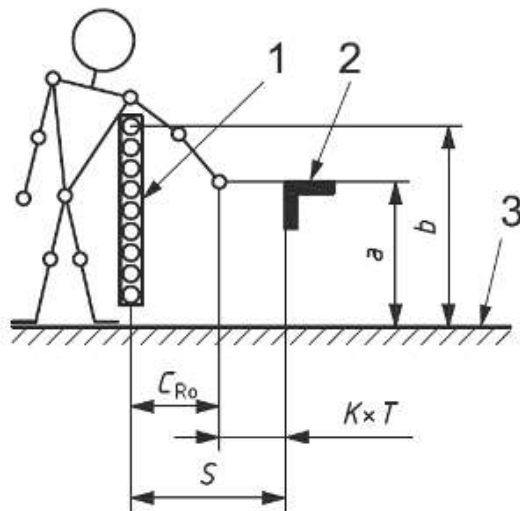
※ ISO 13857 & RIA TR15.406 참고

Clause 5- 연동된 이동형 방호벽 Interlocked moveable guards



■ 안전거리산정

- $S = (K * T) + C$
- S : min. distance from the hazard to the light curtain (mm)
- K : approach speed (mm/sec)
- T : overall stopping performance
- C : additional distance (mm)



- 1 전자감지보호장치
- 2 위험구역
- 3 기준평면
- a 위험구역 높이
- b 전자감지보호장치의 감지구역의 상부 높이
- CRO 신체일부가 안전가딩 전에서 안전위험구역으로 진입하는 추가 거리
- S 최소 도달 거리

[출처 : ISO13855]

Clause 5- 보호 영역으로의 접근을 허용하는 이동 방호벽 Movable guards allowing access into the safeguarded space



- 보호 영역은 사람이 안에 **갇히는 것을 방지**하도록 설계, 제작, 설치되어야 한다.

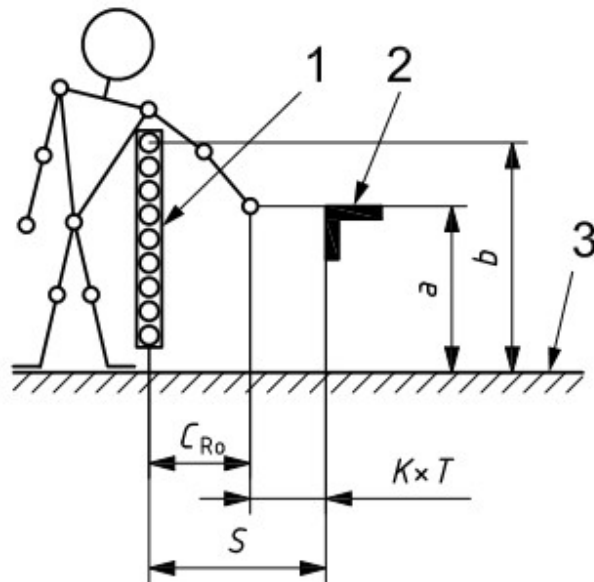


[Open from Inside]

Clause 5- 보호정지를 기동하기 위한 유무 감지 장치 PSD used to initiate a protective stop



- **보호정지**를 기동하기 위하여 감지 보호 장치가 사용되는 경우,
 - 접근하는 사람의 어떤 부위도 위험 지역에 도달하기 전에 기계가 정지하거나 아니면 안전한 조건이 되도록, 특정 기계 위험으로부터 **충분한 거리**를 두고 설치되어야 한다.

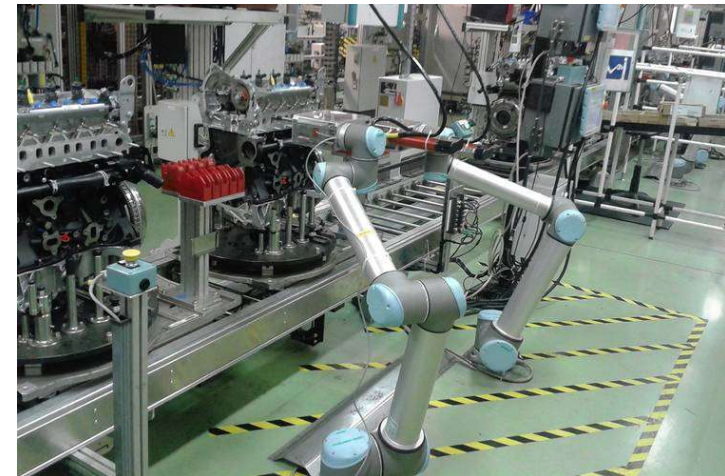
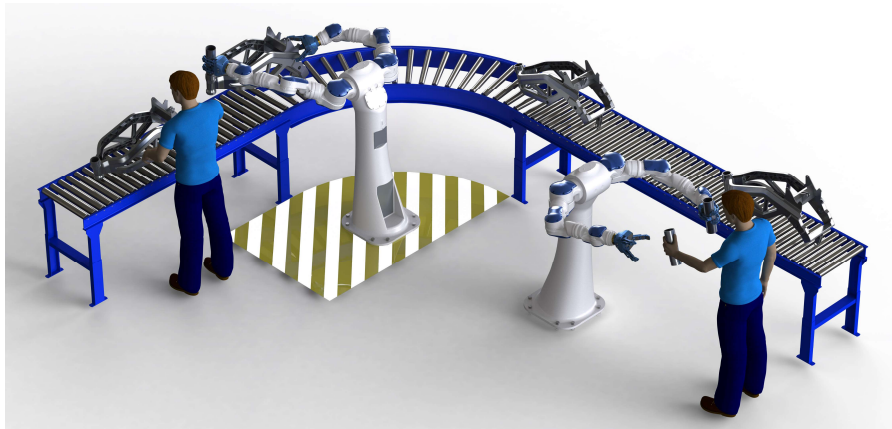


- | | |
|-----|------------------------------------|
| 1 | 전자감지보호장치 |
| 2 | 위험구역 |
| 3 | 기준평면 |
| a | 위험구역 높이 |
| b | 전자감지보호장치의 감지구역의 상부 높이 |
| CRO | 신체일부가 안전가동 전에서 안전위험구역으로 진입하는 추가 거리 |
| S | 최소 도달 거리 |

Clause 5- 협동 영역에 대한 요구사항 Collaborative workspace requirement



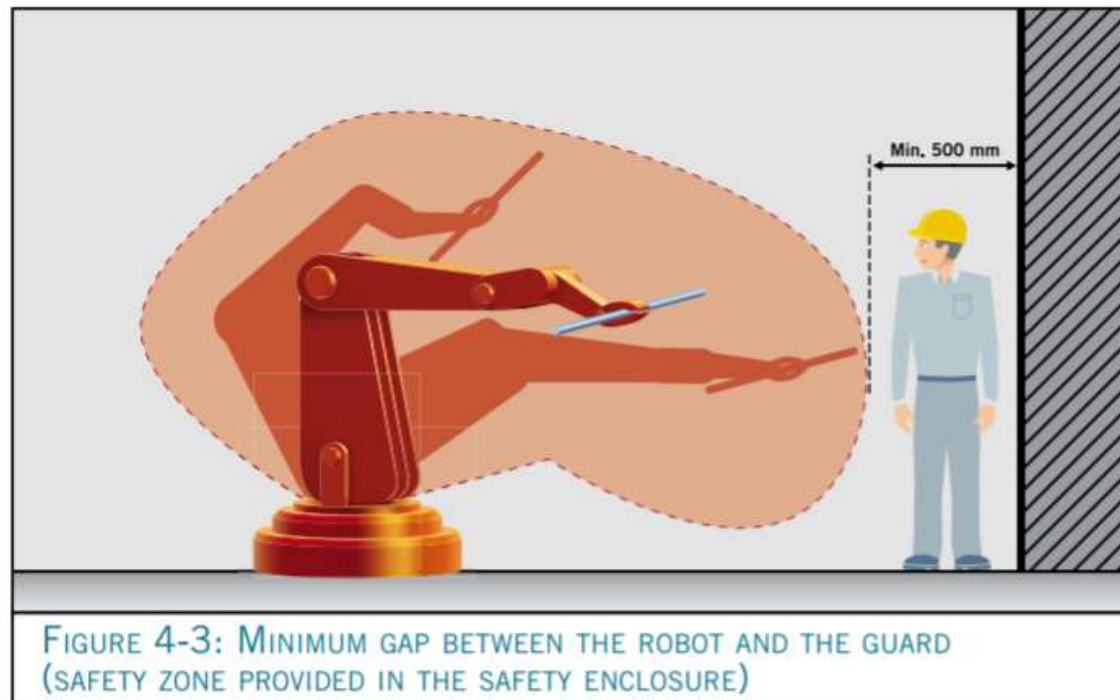
- **협동 영역은 명확하게 정의**되어야 한다
 - 운전자가 로봇과 직접적으로 상호작용 할 수 있는 영역
 - 바닥 표시, 표지
- 사람/운전자는 보호 장치 및 안전보호장치에서 허용하는 **로봇 성능 요구사항 준수**를 통하여 보호되어야 한다.
- 각 작업자는 (경우에 따라 **한 명 이상**) **안전관련제어**와 함께 보호되어야 합니다.



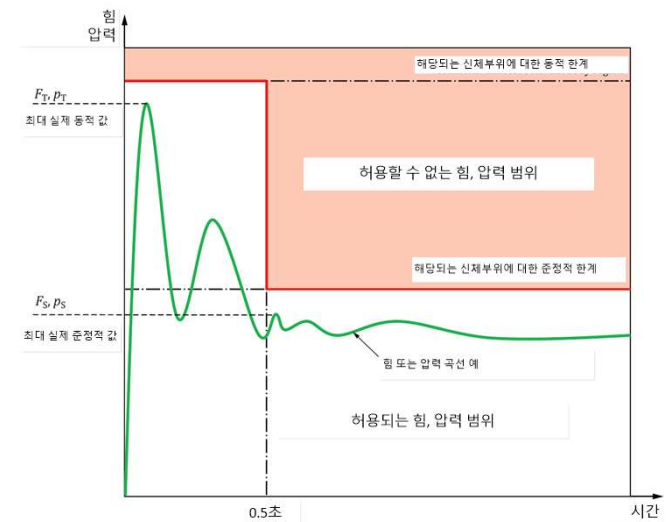
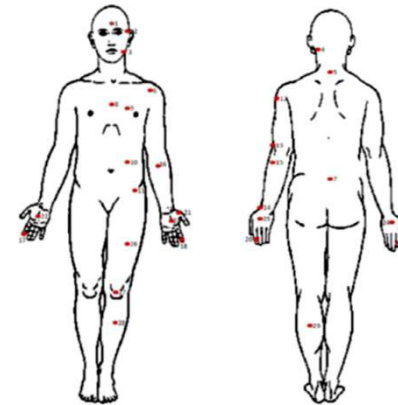
Clause 5- 협동 영역에 대한 요구사항 Collaborative workspace requirement



- 작업영역의 설계는 **작업자가 쉽게 모든 작업을 수행**할 수 있어야 합니다.
- 갇힘과 끼임 위험원으로 부터 **500mm(20in)** 의 여유공간
- **자동운전과 협동운전 사이에서의 변환점은** 사람을 위험하게 할 수 없도록 설계되어야 합니다.



Clause 5- 동력 및 힘 제한 Power & Force Limiting



<출처 : <https://www.gte.de>>

Clause 5- 동력 및 힘 제한 Power & Force Limiting



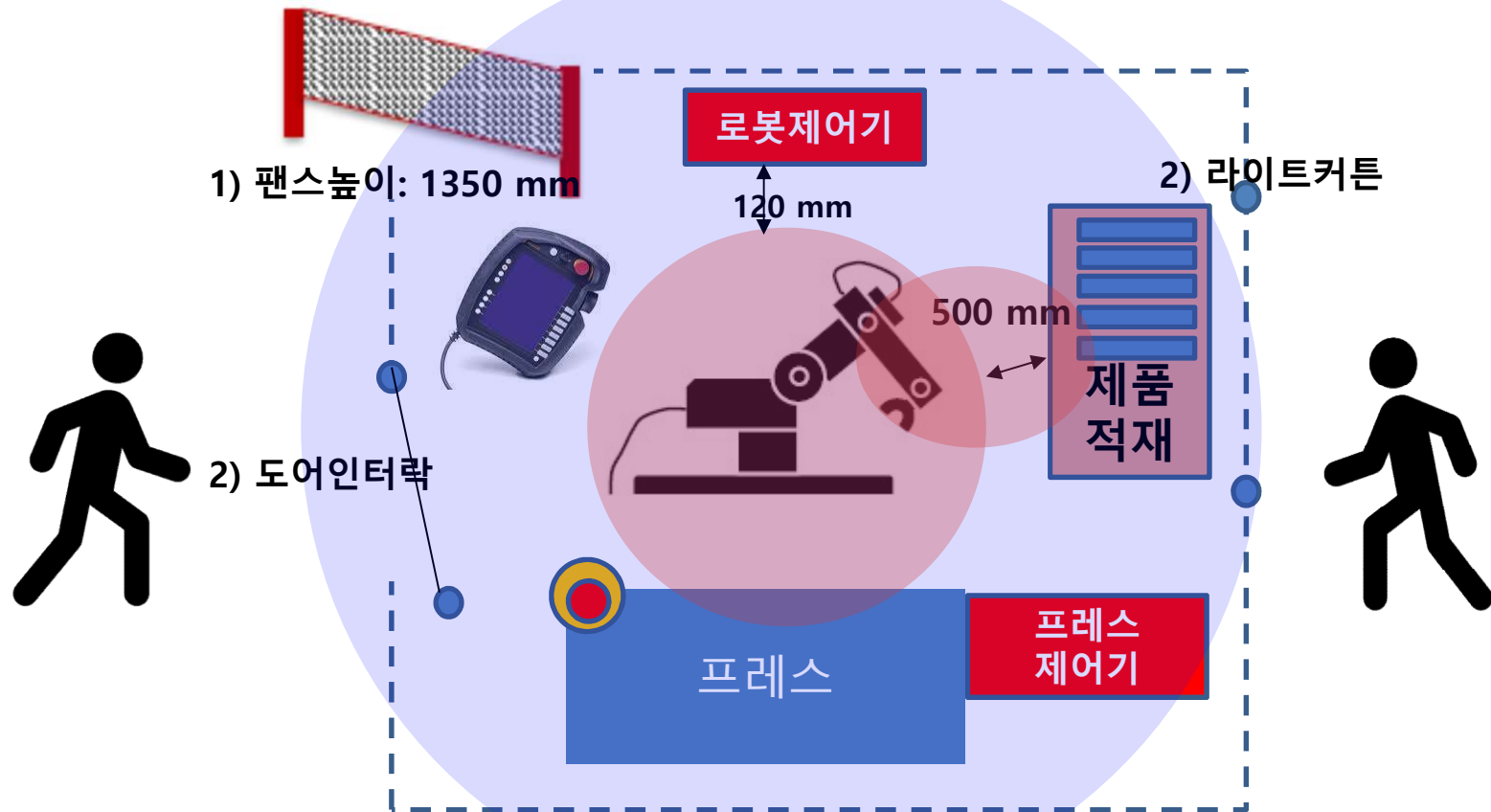
신체 부위	특정 신체 영역		준정적 접촉		동적 접촉	
			최대 허용 압력 ^a P_s N/cm ²	최대 허용 힘 ^b N	최대 허용 압력 배수 ^c P_T	최대 허용 힘 배수 ^c F_T
두개골과 이마 ^d	1	이마 중앙	130	130	해당 없음	해당 없음
	2	관자놀이	110		해당 없음	
얼굴 ^d	3	저작근	110	65	해당 없음	해당 없음
목	4	경근	140	150	2	2
	5	7번 경추	210		2	
등과 어깨	6	견관절	160	210	2	2
	7	5번 요추	210		2	
가슴	8	흉골	120	140	2	2
	9	흉근	170		2	
배	10	복근	140	110	2	2
골반	11	골반 뼈	210	180	2	2
상완과 주 관절	12	삼각근	190	150	2	2
	13	상완골	220		2	
전완과 손목 관절	14	요골	190	160	2	2
	15	전완근	180		2	
	16	팔 신경	180		2	
손과 손가락	17	검지 안쪽 D	300	140	2	2
	18	검지 안쪽 ND	270			
	19	검지 끝 관절 D	280			
	20	검지 끝 관절 ND	220			
	21	엄지 두덩	200			
	22	손바닥 D	260			
	23	손바닥 ND	260			
	24	손등 D	200			
	25	손등 ND	190			
대퇴와 무릎	26	대퇴근	250	220	2	2
	27	슬개골	220		2	
하퇴	28	정강이 중앙	220	130	2	2
	29	하퇴근	210		2	

산업용 로봇 위험성 평가 사례

ISO 10218-1 & 2

위험성 평가 사례-1

■ 산업용 로봇 & 프레스 시스템

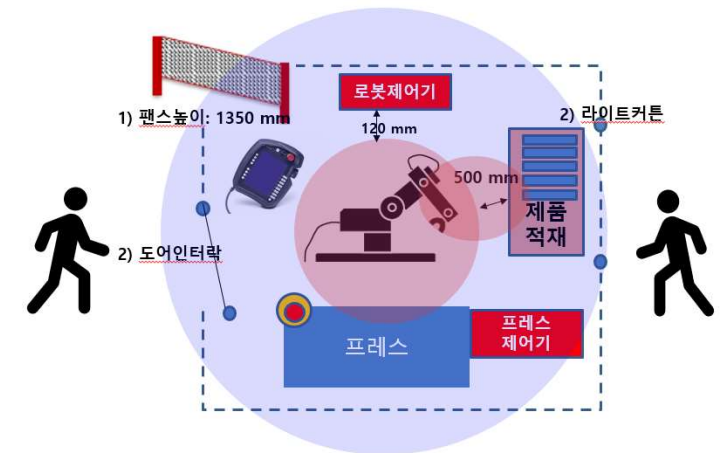


발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

위험성 평가 사례-1

■ 위험성 평가 사전 조사

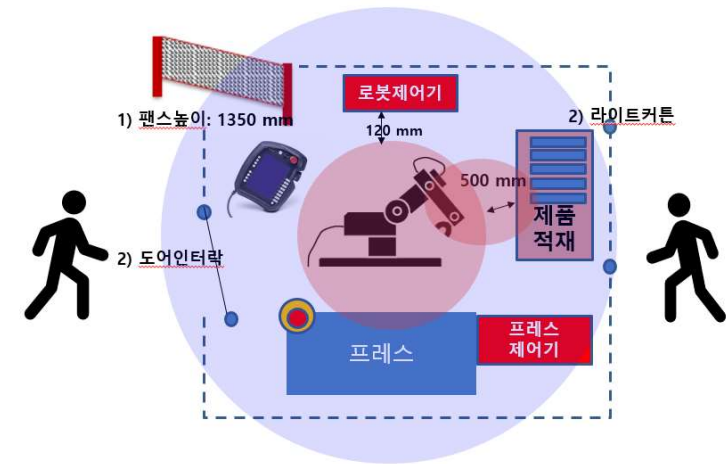
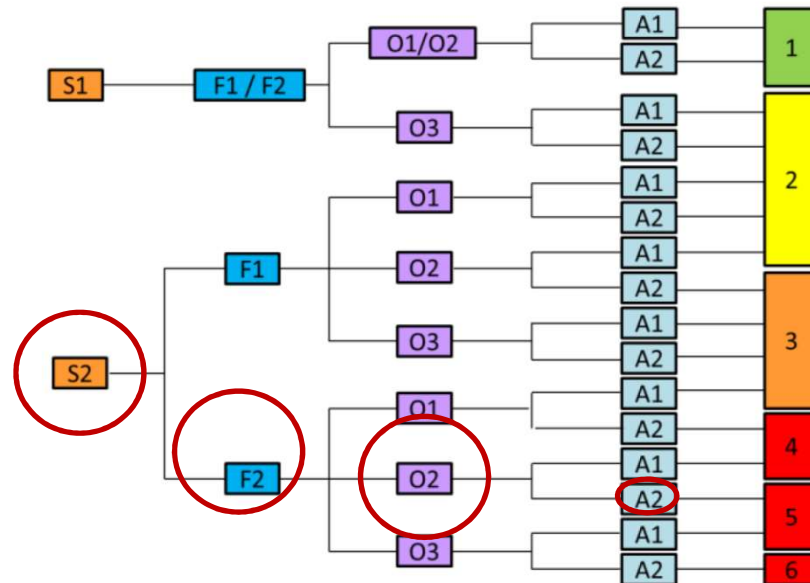
- 작업 형태 : 수동고속운전
- 작업 분류 : 프로그램 검증(Payload 15 kg)
- 작업 위치 : 로봇셀 내부(제품 적재)
- 해당 작업자 : 1명 (10개월 숙련공)
- 해당 작업 시간 : 20분
- 안전제어시스템 : 인터락 (PL a)
- 로봇 동작 속도 : 250mm/s 이상(운전시)



위험성 평가 사례-1

■ 위험원 조사 및 평가

- 위험원 : 기계적 위험원(충돌/협착)
- 작업 위치 : 제품 적재 데스크와 로봇 사이
- 원인 : 사이 간격 500mm 미만
 - 5.6.4.3 고속수동운전 요구사항

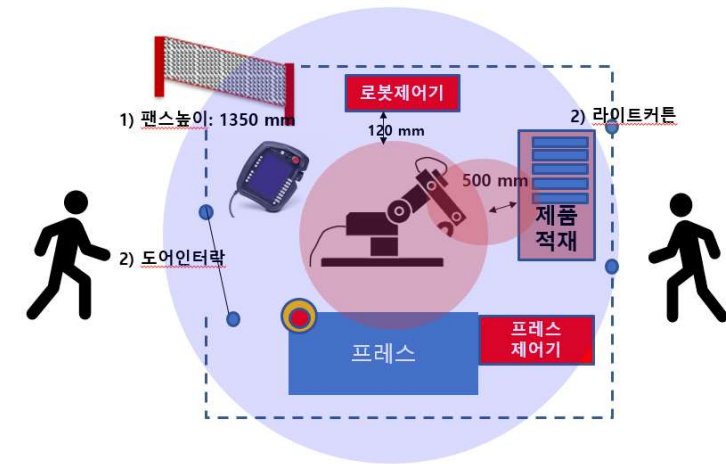
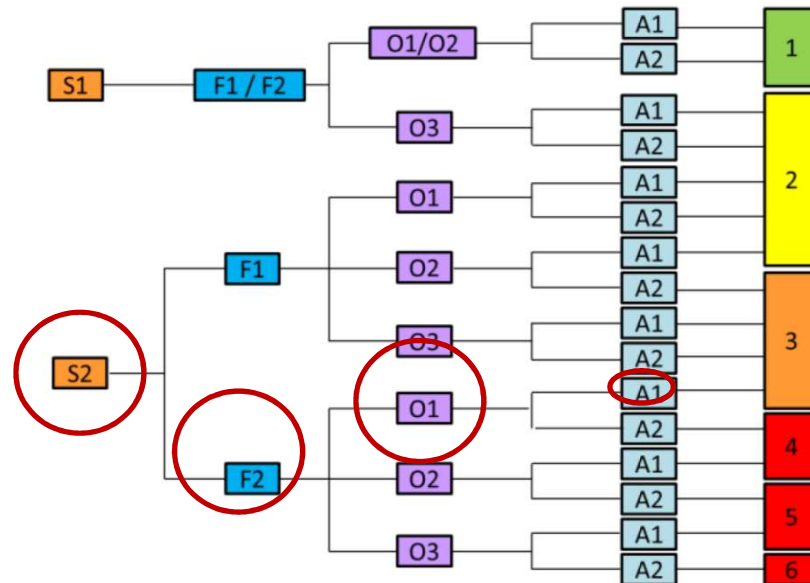


위험 산정 및 위험 수준			
상해 심각도:	S2	위험 회피가능성	A2
위험원 발생 가능성:	O2	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	5	위험 수준:	High Risk

위험성 평가 사례-1

■ 위험 감소 조치

- 사이 간격 500mm 이상 확보
- 2인 1조(1명 Enable switch)
- Enable 보호정지 기능 : PL d



위험 산정 및 위험 수준

상해 심각도:	S2	위험 회피가능성	A1
위험원 발생 가능성:	O2	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	3	위험 수준:	Low Risk

위험성 평가 사례-2

■ 용접로봇시스템



발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

위험성 평가 사례-2

■ 위험성 평가 사전 조사

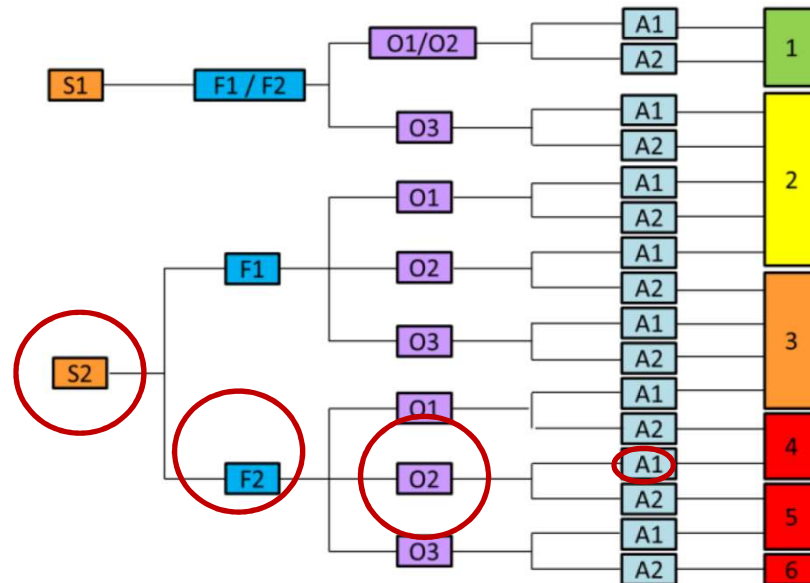
- 작업 형태 : Loading & Unloading 모드 운전
- 작업 분류 : 작업 운전 (Spot welding)
- 작업 위치 : 로봇 전면(작업테이블)
- 해당 작업자 : 1명 (10개월 숙련공)
- 해당 작업 시간 : 4 시간
- 안전제어시스템 : 비상정지 (PL d)
- 로봇 동작 속도 : 150mm/s 이상(운전시)



위험성 평가 사례-2

■ 위험원 조사 및 평가

- 위험원 : 기계적 위험원(충돌/협착)
- 작업 위치 : 제품 적재 데스크
- 원인 : 작업자손 로봇운전영역 진입
 - 5.10.5 감지보호장치 요구사항

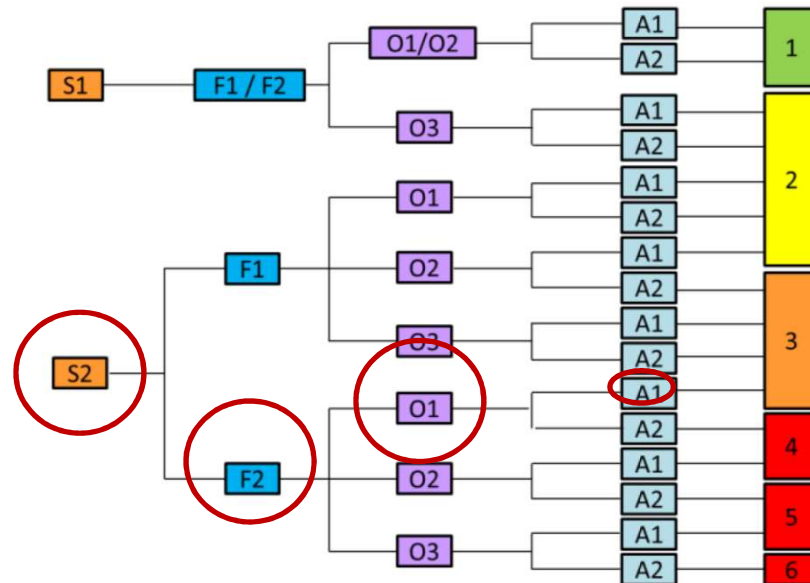


위험 산정 및 위험 수준			
상해 심각도:	S2	위험 회피가능성	A1
위험원 발생 가능성:	O2	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	4	위험 수준:	Significant Risk

위험성 평가 사례-2

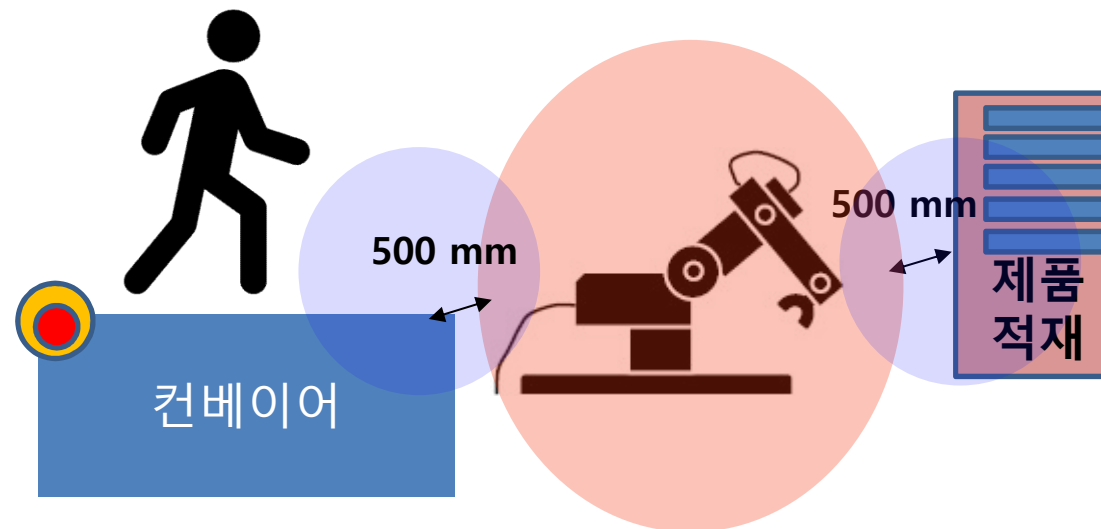
■ 위험 감소 조치

- 전면 광전자식방호장치 설치
- 측면 및 후면 펜스 설치
- 방호장치 감지시, 보호정지 기능 : PL d
- 안전거리를 고려한 설치



위험 산정 및 위험 수준			
상해 심각도:	S2	위험 회피가능성	A1
위험원 발생 가능성:	O2	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	3	위험 수준:	Low Risk

■ 협동 로봇 & 컨베이어 시스템

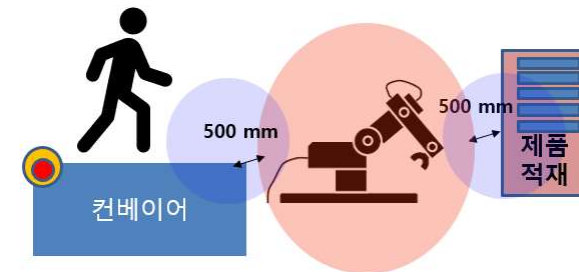


발견될 수 있는 위험원 및 조치는?

위험성 평가 사례-3

■ 위험성 평가 사전 조사

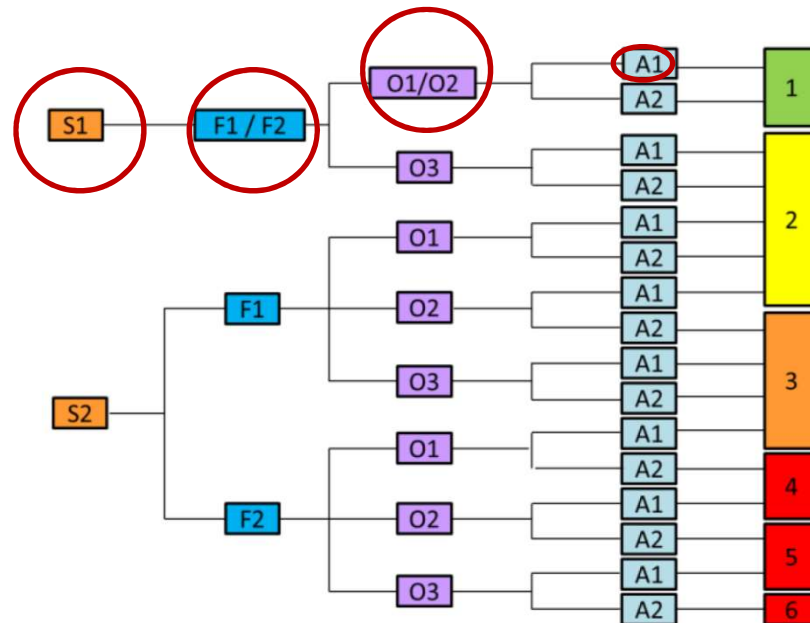
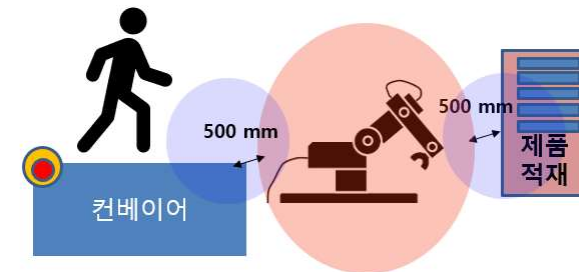
- 작업 형태 : 제품 검사
- 작업 분류 : 협동 운전 (Payload 5 kg)
- 작업 위치 : 협동 공간(컨베이어 & 적재 데스크)
- 해당 작업자 : 1명 (10개월 숙련공)
- 해당 작업 시간 : 60분 & 6회/교대작업
- 안전제어시스템 : 충돌감지정지 (PL d)
- 로봇 동작 속도 : 100mm/s 이상(운전시)



위험성 평가 사례-3

■ 위험원 조사 및 평가

- 위험원 : 기계적 위험원(충돌/협착)
- 작업 위치 : 협동 공간
- 원인 : 사이 간격 500mm 미만
 - 5.11.3 협동운전 요구사항



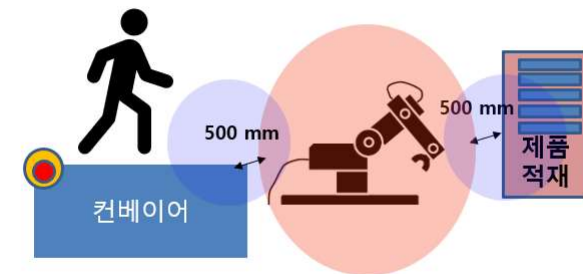
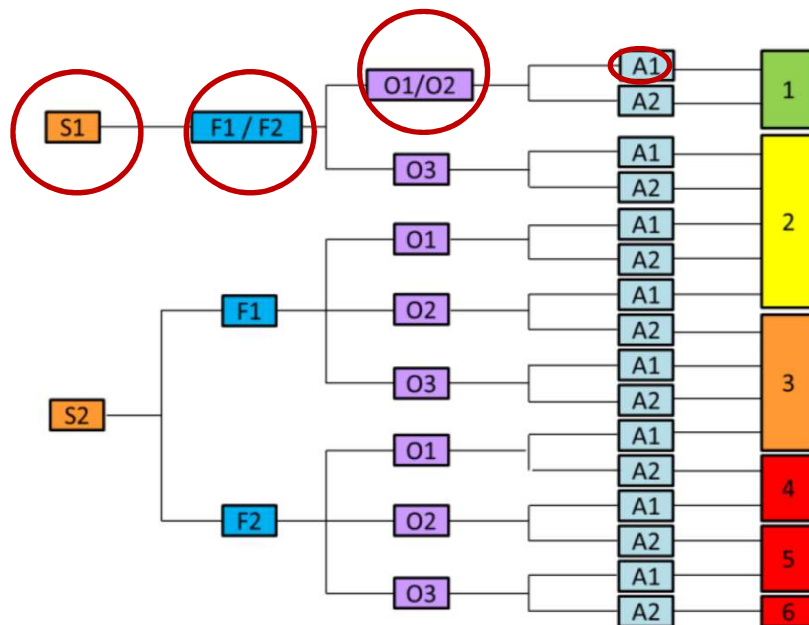
위험 산정 및 위험 수준			
상해 심각도:	S1	위험 회피가능성	A1
위험원 발생 가능성:	O2	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	1	위험 수준:	Negligible Risk

+ S1 의 경우, 설치된 협동로봇의 ISO TS 15066 생체역학 한계치가 제한범위 이내로 확인된 경우임.

위험성 평가 사례-3

■ 위험 감소 조치

- 사이 간격 500mm 이상 확보 or 추가 보호 장치 설치(여유공간 없을시)
- 보호 장치 설치시, 보호정지 기능 : PL d



위험 산정 및 위험 수준

상해 심각도:	S1	위험 회피가능성	A1
위험원 발생 가능성:	O1	위험 노출 주기 및 기간:	F2
위험 산정 결과 :	1	위험 수준:	Negligible Risk

+ S1 의 경우, 설치된 협동로봇의 ISO TS 15066 생체역학 한계치가 제한범위 이내로 확인된 경우임.

