

2023. 7.



고정식·이동식 산업용 로봇의 협동작업 안전 가이드

이 가이드는 '22.9월 배포한 「산업용 로봇의 협동작업 안전 가이드」 내용을 포함하며, 이동식 산업용 로봇에 관한 충돌 방지조치 내용은 향후 이동식 로봇의 협동작업 안전에 관한 한국산업표준이 제정될 경우 해당 기준에 부합하도록 재정비될 예정임을 알려드립니다.



고용노동부

산업재해예방

안전보건공단



목차

Contents



01. 배경	2
02. 적용범위	4
03. 로봇 사용 시 필요한 충돌방지 조치	5
① 고정식 로봇의 협동작업 충돌방지조치	5
② 이동식 로봇의 협동작업 충돌방지조치	13
04. 로봇 충돌방지조치 점검표	24
[부록 1] 협동작업 형태별 기능사항	26
[부록 2] 가이드에 사용된 용어 및 참고 규격	31
[부록 3] 이동식 산업용 로봇 영역 설정 예시	32
[부록 4] 사각 지역에 대한 위험성 감소 방안 예시	34
참고 1 협동작업 안전 가이드 관련 Q&A	35
참고 2 고정식 로봇 충돌방지조치 예시 - 조선소 용접 로봇	36
참고 3 이동식 로봇 충돌방지조치 예시 - 완제품 이송 공정	39

PART. 01

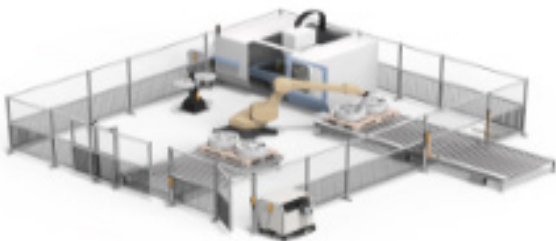
배경

- 산업용 로봇(‘이하 로봇’)은 제조·물류 등 산업현장에서 사람을 대신해 위험하거나 단순한 작업을 반복 수행하는 로봇으로
 - 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(제223조)은 로봇과의 충돌을 방지하기 위해 로봇 작업영역에 울타리 또는 감응형 방호장치를 설치하도록 규정하였습니다.
- 그러나, 최근 기술의 발전과 더불어 로봇의 자율이동, 사람과 같은 공간에서 협동하여 작업(‘이하 협동작업’)하는 다양한 형태로 사용되는 등으로 울타리를 설치하기 곤란한 경우가 많아짐을 고려하여,
 - 한국산업표준(‘이하 KS’)이나 국제기준에 부합하는 충돌방지조치를 할 수 있도록 사용기준을 합리적으로 조정하였습니다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 (제223조 운전 중 위험 방지)

작업자 접근 차단(~'16. 4. 7.)

- 로봇을 사용하는 경우 안전매트 및 높이 1.8미터 이상의 울타리 설치



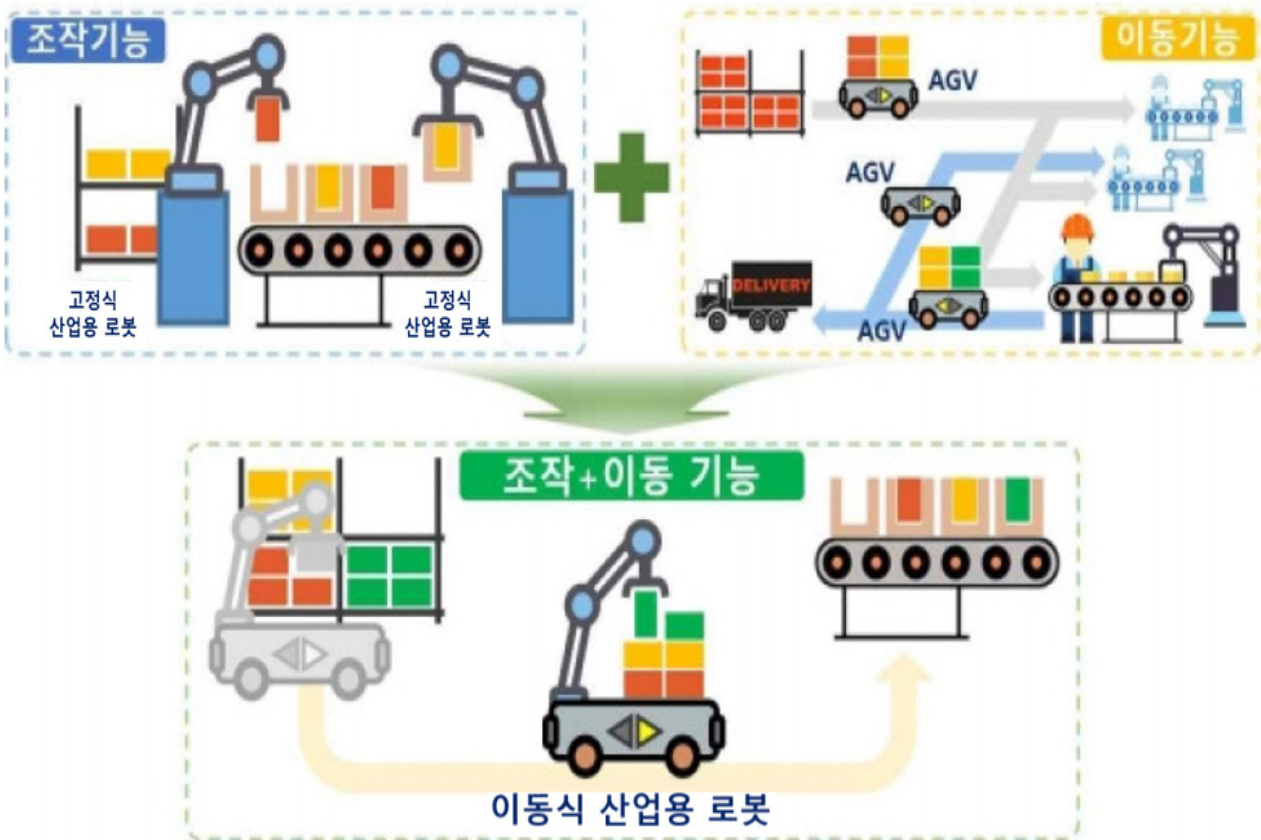
울타리 설치 예외('16. 4. 7.~)

- 협동작업 수행하는 로봇이 안전기준에 부합하는 경우 울타리 설치 면제
 - ※ 울타리 설치가 곤란한 일부 구간 감응형 방호장치(광전자식 방호장치 등) 설치



- 이 가이드는 고정식·이동식 로봇의 협동작업 시 KS나 국제기준에 부합하는 충돌방지조치에 관한 내용으로 고정식 로봇의 경우 KS규격을 토대로 기 배포('22.9월)한 내용을 포함하고 있으며,
 - KS규격이 없는 이동식 로봇의 경우 해당 규격이 마련되기 전*까지 적용할 수 있는 충돌방지조치 내용을 반영하였습니다.
 - * '20.10월「로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵」(관계부처 합동)에 따라 대구시 규제자유특구와 연계하여 관계부처에서 산업용 이동로봇 관련 한국산업표준(KS) 마련중
- 그리고, 한국로봇산업진흥원 등 로봇 전문기관의 자문과 로봇 사용 사업장 현장검증 등의 과정을 거쳐, 협동작업 로봇 사용 시 울타리를 대신할 수 있는 충돌방지조치에 대한 설명과 함께 점검표도 제시하여 산업현장에서 쉽게 활용할 수 있도록 하였습니다.

고정식·이동식 산업용 로봇 개념



PART. 02

적용범위

- 이 가이드는 협동작업 형태로 사용되는 고정식·이동식 로봇에 적용되며, 장소 또는 공정의 특성상 사람과 로봇이 같은 공간에서 작업하는 등 협동작업과 유사한 형태의 경우에도 적용됩니다.

※ 산업안전보건법상 산업용 로봇에 해당되지 않는 서비스(공공(방역 등)·의료 등) 분야 등에서 사용하는 서비스 로봇은 이 가이드에서는 적용 제외

협동작업시 안전기능별 특징

협동작업 형태	특징	개념도	
		고정식	이동식
속도 및 위치 감시 (Speed and separation monitoring)	- 지정된 속도 및 운전자와의 이격거리 유지 - 일정 이격거리 이내로 작업자가 접근 시 자동으로 속도를 줄이거나 멈추는 보호 조치 실행		
핸드가이딩 (Hand guiding)	- 작업자가 로봇의 몸체를 직접 손으로 붙잡고 움직이며 작업 - 작업자가 로봇 몸체를 놓았을 경우 로봇 정지		
동력 및 힘 제한 (Power and force limiting)	- 사람과 로봇 접촉 시 사람에게 상해를 가하지 않는 제한된 크기의 힘과 압력만 전달	Pressure, force < threshold 	Pressure, force < threshold

PART. 03

로봇 협동작업 시 필요한 충돌방지조치

※ 산업용 로봇의 안전성을 유지하기 위해 해당 로봇의 사용과 관련된 유해·위험요인을 스스로 파악하고 개선하는 ‘위험성평가’를 실시해야 합니다.

* 위험성평가 절차 및 방법 등은 사업장 위험성평가에 관한 지침(고시) 참고

※ 이 가이드는 고정식 및 이동식 로봇의 형태에 따라 「산업안전보건기준에 관한 규칙」의 울타리를 대체할 수 있는 충돌방지조치와 그 외 로봇 사용 시 준수할 사항을 설명하고 있습니다.

1. 고정식 로봇

- (비상정지장치) 로봇의 비정상적인 작동 시 긴급히 정지시킬 수 있도록 작업자가 조작할 수 있는 위치에 비상정지장치를 설치해야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.3.8.2 비상정지 기능(emergence stop function)

동작 또는 기타 위험 기능을 기동할 수 있는 각 제어 스테이션은 KS C IEC 60204-1 및 KS B ISO 13850의 요구사항을 준수하는 수동 기동 비상정지를 가져야 한다.

비상정지 기능의 작동은 셀 또는 셀 간 연결 지점 및 기타 작업 영역에서의 모든 로봇 동작 및 기타 위험기능을 중지시켜야 한다.

로봇 시스템은 제반 부위에 하여 동작하는 단일 비상정지 기능을 가져야 한다. 큰 시스템(예 : 다중 로봇 또는 다중 셀)의 경우, 제어 범위를 나눌 수도 있다. 이 경우 제어 범위는 수행될 작업 요구 조건 또는 시스템의 특성(예 : 장비 구조, 경계 안전 보호 장치의 위치)에 맞게 설정해야 한다. 제어 범위는 비상정지 장치 근처에 명확하게 표시되어야 한다(예 : 문자 또는 기호).

만약 두 이상의 로봇의 제한 영역이 겹치거나 또는 두 이상의 로봇이 공동 보호 영역에서 접근 가능하다면, 이 영역은 하나의 작업 영역으로 취급되어야 한다. 이 작업 영역에 대한 비상정지 장치는 동일한 제어 범위를 가져야 한다.

제어 범위는 하나 이상의 작업 영역을 포함할 수 있다. 사용자 정보는 각 비상정지 장치의 제어 범위 정보를

포함하여야 한다.

로봇 시스템 비상정지는 제어 스테이션이 활성화되지 않았더라도 기능을 유지해야 한다.

이 기능에 대한 KS C IEC 60204-1에 따른 분류 0 또는 분류 1 정지 기능의 선택은 위험도 평가에 의하여 결정된다. 위험도 평가에 의해서 다른 성능 기준이 적정하다고 판단되지 않는 이상, 비상정지 기능은 적어도 5.2.2의 요구사항을 준수하여야 한다.

비고) 어떤 보호정지 회로는 수동 모드에서 자동으로 우회하기(bypass)가 가능하도록 되어 있는데, 비상정지 장치에 연결하기에는 적당치 않다.

비상정지 출력신호가 있는 경우, 다음 둘 중 하나를 만족하여야 한다.

- 로봇 시스템 전원이 제거된 이후에도 출력이 계속되어야 한다.
- 로봇 시스템 전원이 제거된 이후 출력이 계속되지 않는 경우, 비상정지 신호가 생성되어야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 13850(기계 안전 - 비상정지기능 - 설계 원칙)

4.3 비상정지장치

4.3.1 비상정지장치는 운전자와 작동할 필요가 있는 다른 사람이 쉽게 식별하고 작동할 수 있도록 설계되어야 한다. 비상정지장치의 액추에이터는 다음 중 하나일 수 있다.

- a) 손바닥으로 쉽게 활성화되는 누름 버튼
 - b) 와이어, 로프, 바(bar), c) 핸들, d) 다른 대안의 적용이 어려운 곳에서, 보호 덮개가 없는 발-페달
- 비고) 비상정지에 영향을 미치는 공급 차단 장치의 경우, IEC 60204-1을 참조

4.3.2 비상정지장치는 다음에 위치하여야 한다.

- 각 운전자 제어 스테이션, 위험성 평가가 불필요하다고 판단되는 경우는 제외
- 위험성 평가에 의해 결정된 다른 장소들, 예를 들어:

- * 입구와 출구 위치
- * 기계에 개입이 필요한 위치(예: 스위치를 누르고 있는 동안에 작동, 홀드 투 런 제어 기능)
- * 설계로 인해 사람과 기계의 상호 작용이 예상되는 모든 장소(예: 적재/하역 구역)

비상정지장치는 바로 접근 가능하고 운전자나 작동할 필요가 있는 다른 사람에 의해 위험하지 않은 구동을 할 수 있도록 위치하여야 한다.

수동으로 작동하도록 의도된 비상정지장치의 액추에이터는 접근 레벨(예: 바닥 레벨, 플랫폼 레벨) 위 로 0.6m 및 1.7m 사이에 설치하여야 한다.

발-페달은 접근 수준에서 직접 고정 위치에 설치하여야 한다(예: 바닥 레벨).

- (협동운전 모드) 협동운전에 필요한 하나 이상의 안전기능(부록 1참조)이 적용되어야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.11.5 협동 공간에서의 운전(operations in the collaborative workspace)

5.11.5.1 일반사항

효율성을 위하여 협동 운전을 설계하는 경우, 작업 셀에서의 잠재 위험원에 노출된 모든 인력을 위한 안전한 작업 환경을 제공하기 위하여 5.11.5.2~5.11.5.4에 있는 안전 기능을 하나 이상 적용하여야 한다. KS B ISO 10218-1의 5.10에서 협동 운전에서 사용되는 로봇에 대한 요구사항과 성능 특징을 제공하고 있다. 다음의 각 절(5.11.5.2~5.11.5.5)은 5.10.2~5.10.5에 해당하는 각각의 협동 로봇 형태에 적용된다. 협동 운전 시 선택된 안전 기능에 대한 고장 검출은 5.3.8.3에 따른 보호정지를 발생하여야 한다. 이러한 정지 후의 자동 운전 재기동은 협동 영역 외부에서 계획된 재기동 동작으로 리셋되기 전까지는 개시되어서는 안 된다.

5.11.5.2 안전한 감시 정지(safe monitored stop)

협동 영역에 사람이 없는 경우, 로봇은 자동 운전을 행한다. 사람이 협동 영역에 들어가면, 로봇은 동작을 정지하고 운전자와 로봇 간에 직접 상호작용(예 : 말단 장치에 부품을 적재)을 허용하기 위하여 KS B ISO 10218-1의 5.10.2에 따른 안전 감시 정지를 유지한다.

5.11.5.3 핸드가이딩(hand guiding)

다음의 요구사항이 만족된다면, 핸드가이딩 운전이 허용되어야 한다.

- 로봇이 제어 이동점에 도달하면, KS B ISO 10218-1의 5.5에 따른 안전 감시 정지가 발생
- 운전자가 로봇을 원하는 위치로 이동하기 위하여 KS B ISO 10218-1의 5.10.3에 따른 요구사항을 만족하는 가이딩 장치를 가질 것.
- 운전자가 전체 협동 영역에 대한 명확한 가시성을 확보할 것.
- 운전자가 가이딩 장치를 놓으면, KS B ISO 10218-1의 5.5에 따른 안전 감시 정지가 발생

5.11.5.4 속도 및 위치 감시(speed and position monitoring)

운전자와 로봇 사이의 안전거리를 동적 방법으로 유지하기 위해서 디자인된 로봇 시스템은 KS B ISO 10218-1의 5.10.4를 준수한 로봇들을 사용해야 한다.

로봇의 속도, 최소 안전거리 그리고 기타 변수들은 위험도 평가에 의하여 결정해야 한다.

비고) 협동 로봇 운전에 대한 추가 정보 및 안내는 ISO/TS 15066에 포함될 것이다(현재 준비 중).

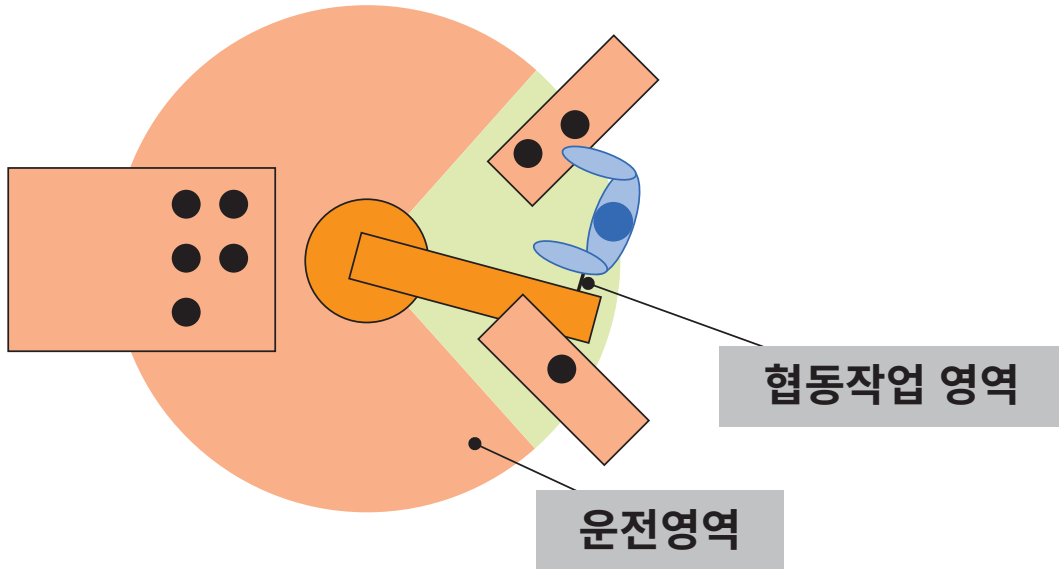
5.11.5.5 설계 및 제어에 의한 동력 및 힘 제한(power and force limiting by design or control)

동력 및 힘 제한에 의하여 위험원을 제어할 수 있도록 설계된 로봇 시스템은 KS B ISO 10218-1의 5.10.5를 준수해야 한다.

동력, 힘 및 인체공학적인 변수들은 위험도 평가에 의하여 결정하여야 한다.

비고) 협동 로봇 운전에 대한 추가 정보 및 안내는 ISO/TS 15066에 포함될 것이다(현재 준비 중).

- (협동영역 표시) 운전자와 로봇이 직접 접촉할 수 있는 협동영역은 바닥표시, 표지판 등으로 표시해야 합니다.



협동작업 영역의 예시

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.11.3 협동 영역에 대한 요구사항(requirements for collaborative workspaces)

운전자가 로봇과 직접적으로 접촉할 수 있는 협동 영역은 명확하게 정의되어야 한다(예 : 바닥 표시, 사인 등). 사람/운전자는 보호 장치 및 KS B ISO 10218 - 1 5.10에서 허용하는 로봇 성능 특징 준수를 통하여 보호되어야 한다. 이러한 특징 준수는 5.2.2에 따라서 모든 위험원과 동작을 정지하게 만들 것이다.

협동 운전이 한 명 이상의 사람(운전자)이 관련되는 경우, 각 사람이 5.2.2에 따른 제어에 의하여 보호되어야 한다. 협동 영역의 설계는 운전자가 쉽게 모든 작업을 수행할 수 있으며, 장치 및 기계의 배치가 추가적인 위험원을 만들지 않도록 되어야 한다. 가능한 경우, 안전 정격 완만한 축과 공간의 제한이 가능한 자유 동작의 범위를 제한하여야 한다.

협동 영역은 사실상 동적이며, 영역 제한은 변화될 수 있다(예 : 운전자와 로봇을 따르기). 로봇 시스템은 로봇 팔, 부가 장치, 작업물의 작업 영역으로부터 전체 몸통 접근을 허용하는 빌딩 영역, 구조 물, 공급 설비, 기타 기계, 장치까지 최소 여유 공간 0.5 m(20 inch)를 제공하도록 설계되어야 하며, 이로 인하여 갇힘 또는 끼임이 유발될 수 있다. 이런 최소 여유 공간이 제공되지 않는 경우, 정적인 환경에서 사람이 갇힘 또는 끼임 위험원으로부터 500 mm 내에 있을 때 보호하기 위하여 로봇 동작을 중지시키는 부가 보호 장치가 설치되어야 한다. 동적 동작(예 : 선 추적)이 있는 경우, 특별한 고려가 필요할 수 있다(KS B ISO 13854 참조).

비고) 이러한 변수는 5.11.5.4와 5.11.5.5를 준수하도록 설계된 시스템에 따라 다를 수 있다.

- (위험성 주지) 협동로봇 사용 작업 및 그 위험에 관한 사항을 평가하여 작업자에게 주지시켜야 하며, 작업자의 안전한 사용을 위해 조작 및 안전에 대한 교육을 하여야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

4.4 위험원 식별(hazard identification)

4.4.1 일반사항

부속서 A에서 보여 주는 로봇 및 로봇 시스템의 주요 위험원 목록은 ISO 12100에서 설명하고 있는 위험원 식별 및 위험도 평가를 수행한 결과이다.

특정 프로세스에 고유한 위험원(예를 들면, 연기, 가스, 화학제품 및 고온 재료)들은 특정 응용(예를 들면, 용접, 레이저 절단, 기계 가공)에 의하여 발생할 수 있다. 이러한 위험원들은 특정 응용에 대한 위험도 평가와 함께 별도로 고려되어야 한다.

4.4.2 작업 인지(task identification)

위험 상황의 발생 가능성을 알기 위하여서 로봇 시스템 및 관련 장비의 운전자가 수행할 작업을 인지하는 것이 필요하다. 통합자는 이러한 작업을 인지하고 문서화하여야 한다. 사용자는 로봇 셀과 관련된 합리적으로 예측 가능한 위험 상황(작업 및 위험원 결합)이 확인될 수 있도록 의견을 구하여야 한다. 여기에는 간접적인 상호작용(예를 들면, 시스템과 관련된 작업은 없지만, 시스템과 관련된 위험원에 노출된 사람)이 포함된다. 이러한 작업은 다음을 포함하되 다음으로만 제한되는 것은 아니다.

- 프로세스 제어 및 모니터링
- 작업 물 장착(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

4.5 위험원 제거 및 위험도 감소(hazard elimination and risk reduction)

위험도를 적절하게 감소시키기 위한 적당한 수단을 적용하기 전에 위험원을 확인하고 위험도를 평가할 필요가 있다. 위험도 감소를 위한 수단은 다음과 같은 기본 원칙에 근거한다.

- 설계에 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.에서의 요구사항들은 부속서 A에의 위험원들에 하여 ISO 12100에 따른 위험도 감소 수단을 반복적으로 적

용하는 과정으로부터 얻은 것이다. 통합자는 위험도 평가로부터 확인된 위험도를 5.에서의 요구사항을 적용하여 적절하게 감소시켜야 한다. 만일 위험도가 적절하게 감소되지 않았다면, 감소될 때까지 추가 위험도 경감 수단을 적용하여야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

7 사용 정보

7.1 일반사항

사용 정보는 시스템을 안전하고 올바르게 사용하기 위하여 필요한 정보와 지침을 포함하여야 하며, 사용자에게 잔여 위험도에 대한 정보와 경고를 제공하여야 한다. 요소 기계 제조자가 제공하는 사용 정보도 역시 포함되어야 한다. 여기에는 사용자에게 안전과 관련된 중요한 정보를 제공하기 위한 문서, 기호, 신호, 부호 또는 그림 등의 항목을 포함하여야 한다.

사용 정보의 여러 부분 문체와 내용은 독자의 교육 수준, 기술 이해도, 능력 등을 고려하여야 한다. 또한 사용자에게 적절한 언어로 작성되어야 한다.

이 정보는 통합 시스템의 사용 용도와 예측 가능한 오용을 모두 반영하여야 한다.

위험원을 경감하기 위하여 필요한 경우, 정보는 다음을 포함하여야 한다.

- 훈련 요구사항
- 개인적 보호 장비 요구사항
- 추가 방호벽 또는 보호 장치에 관한 요구사항(ISO 12100)

통합 시스템의 사용 정보는 ISO 12100, 6.에 따라야 한다.

비고 1) 또한 사용 정보의 구성 및 형식에 관하여 IEC 62079를 참조한다.

비고 2) 또한 KS C IEC 60204 - 1을 참조한다.

- (안전성능 확인) 설치된 보호 장치(종류, 안전거리 등)와 보완대책(보호구 착용, 교육, 작업 절차 등)을 확인해야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

6.4 보호 장치의 확인 및 검증(verification and validation of protective measures)

확인된 위험원들을 경감시키기 위하여 설치된 보호 장치가 제조자의 지침에 따라서 사용되었는지, 그리고 다음을 위하여 로봇 시스템에 적절히 적용되었는지를 확인하여야 한다.

- a) 위험원에 접근을 방지하기 위하여
 - 1) 접근 전에 위험원을 없애도록

- 2) 우발적 운전으로 인한 위험원 발생을 방지하도록
 - 3) 부품과 공구(예 : 고정되지 않은 물체 또는 날아다니는 투사체)를 고정하기 위하여
 - 4) 기타 프로세스 위험원(예 : 소음, 레이저, 방사선)을 제어하기 위하여
- b) 설치된 보호 장치는 다음에 하여 확인되어야 한다.
- 1) 방호벽의 종류, 틈의 크기, 기타 데이터, 방호벽의 배치, 올바른 안전거리, 높이
 - 2) 보호 영역 내에서 리셋 제어가 가능하지 않도록
 - 3) 보호 장치의 종류, 검출 능력, 배치, 올바른 안전거리, 크기, 등등
 - 4) 우회(bypass) 및 일시 중지(muting) 기능
- c) 보완 보호 대책은 다음을 제공하는지 확인되어야 한다.
- 1) 지침, 2) 훈련 자료, 3) 경고, 4) 개인 보호 장구, 5) 절차 6) 기타
- 비고) 각각의 보호 장치는 보호하려는 위험원에 따라서는 위의 a)~c)의 모든 기준을 다루지 못할 수 있다.

- (시스템 접근 권한) 작업의 변경, 교시, 유지보수 등을 위한 시스템 설정 변경은 권한이 있는 사람만이 해야 하며, 잠금장치 또는 비밀번호 등을 사용하여 임의로 설정 변경을 할 수 없도록 해야 합니다



유지보수 중 출입 및 조작금지 예시

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.10.11 보호 장치 중단(suspension of safeguards)

예를 들면, 로봇 교시와 같이 안전장치의 중단이 필요한 작업의 경우, 위험도를 평가하여 해당 작업에 대하여 자동으로 적절한 안전장치를 선택하여 주는 전용 운전 모드가 있어야 한다.

운전 모드의 선택은 반드시 확실한 방법으로 해야 하고(예 : 잠금 선택 장치, 암호, 접근 코드), 또한 5.2.2의 요구사항을 충족하여야 한다.

다음의 요구사항들이 만족되어야 한다.

- a) 모드가 활성화된 상태에서 자동 운전을 재개하는 것이 가능하여서는 안 될 것.
- b) 자동 운전은 보호 영역 외부에서만 기동 가능하도록 할 것.
- c) 제어 모드 기능은 중단되는 보호 기능과 동등한 수준을 가질 것.
- d) 중단 기능의 고장이 발생한 경우, 고장이 해결될 때까지 후속 중단이 금지될 것.
- e) 모드 선택 장치, 셀 입구, 관련된 운전자 스테이션에 보호 장치가 중단되었다는 시각적 표시가 있을 것.
- f) 모든 위험원을 관리하도록 대체 보호 대책이 활성화되어 있을 것. 이러한 대체 보호 대책은 동등한 보호 수준을 제공할 것.

안전장치가 중단되는 경우, 다음이 적용되어야 한다.

- 작업에 필요하지 않은 기계류 및 장치는 보호정지 상태일 것.
- 작업에 필요한 기계류 및 장치는 운전자의 직접적인 통제하에 있을 것.

통합자는, 예를 들면 고장 수리 및 보호 장치 교체 등 안전장치를 수동으로 정지해야 하는 경우와 같이 중요한 상황에 대하여 사용 정보를 제공하여야 한다.

- (작업장 환경) 협동영역 내 작업자 이동 동선에 있는 위험요소를 제거하여야 하며, 정리 상태를 확인해야 합니다.

〈참고〉 안전검사 고시 별표14 제 10호

10. 협동운전 요구사항

- 가. 협동운전을 위해 설계된 로봇에는 협동운전 상태임을 표시할 수 있는 시각 표시가 설치되어 있을 것
- 나. 작업자가 로봇과 직접적으로 접촉할 수 있는 협동운전 영역은 바닥표시 등으로 명확하게 표시되어 있을 것
- 다. 협동운전 로봇시스템의 로봇 팔, 부가 장치, 작업물 등으로부터 주변 건축물, 구조물, 방책 등까지는 최소 0.5m이상의 여유공간이 있거나, 여유공간이 없을 경우 근로자가 간힘 또는 끼임 위험을 방지하기 위하여 로봇 동작을 중지시키는 부가 보호장치가 설치되어 있을 것
- 라. 협동운전 동안 작업자는 언제든지 단순 동작으로 로봇작동을 정지시킬 수 있거나 협동운전 영역에서 빠져 나오는데 방해 받지 않는 수단이 있을 것

2. 이동식 로봇

※ 이 가이드는 현재 제정중인 이동식 산업용 로봇에 관한 한국산업표준(안)을 토대로 정리되었으며, 향후 표준 제정이 완료되면 관련 조문을 반영할 예정입니다.

- (비상정지장치) 로봇 이동 플랫폼의 비정상적인 작동 시 긴급히 정지시킬 수 있도록 작업자가 접근 가능한 위치에 비상정지장치가 설치되어야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 3691-4(산업용 트럭 - 무인 산업용 트럭 및 시스템 안전에 관한 요구사항)

4.8.1 비상정지

트럭은 KS B ISO 13850:2015를 준수하는 비상정지 기능을 갖추어야 한다. 비상정지 장치가 가동할 때, 모든 트럭 이동은 멈춰야 한다.

트럭의 비상정지 장치는 양 끝과 양 옆 모두에서 보일 수 있고, 식별할 수 있으며, 접근 가능해야 한다. 트럭의 조종사 자리에 제어장치가 있는 경우, 비상정지 장치는 이러한 제어장치 가까이에 장착되어야 한다.

하지만, 비상정지 장치에 대한 접근을 어렵게 하는 하물을 운반하는 트럭의 경우, 비상정지 장치는 위험요인 구역에 갖아 가장 가까운 곳의 접근 가능한 견고한 트럭 부품에 장착되어야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.3.8.2 비상정지 기능(emergence stop function)

동작 또는 기타 위험 기능을 기동할 수 있는 각 제어 스테이션은 KS C IEC 60204 - 1 및 KS B ISO 13850의 요구사항을 준수하는 수동 기동 비상정지를 가져야 한다.

비상정지 기능의 작동은 셀 또는 셀 간 연결 지점 및 기타 작업 영역에서의 모든 로봇 동작 및 기타 위험기능을 중지시켜야 한다.

로봇 시스템은 제반 부위에 하여 동작하는 단일 비상정지 기능을 가져야 한다. 큰 시스템(예 : 다중 로봇 또는 다중 셀)의 경우, 제어 범위를 나눌 수도 있다. 이 경우 제어 범위는 수행될 작업 요구 조건 또는 시스템의 특성(예 : 장비 구조, 경계 안전 보호 장치의 위치)에 맞게 설정해야 한다. 제어 범위는 비상정지 장치 근처에 명확하게 표시되어야 한다(예 : 문자 또는 기호).

만약 두 이상의 로봇의 제한 영역이 겹치거나 또는 두 이상의 로봇이 공동 보호 영역에서 접근 가능하다면, 이 영역은 하나의 작업 영역으로 취급되어야 한다. 이 작업 영역에 대한 비상정지 장치는 동일한 제어 범위를 가져야 한다.

제어 범위는 하나 이상의 작업 영역을 포함할 수 있다. 사용자 정보는 각 비상정지 장치의 제어 범위 정보를 포함하여야 한다.

로봇 시스템 비상정지는 제어 스테이션이 활성화되지 않았더라도 기능을 유지해야 한다.

이 기능에 대한 KS C IEC 60204 - 1에 따른 분류 0 또는 분류 1 정지 기능의 선택은 위험도 평가에 의하여 결정된다. 위험도 평가에 의해서 다른 성능 기준이 적정하다고 판단되지 않는 이상, 비상정지 기능은 적어도 5.2.2의 요구사항을 준수하여야 한다.

비고 어떤 보호정지 회로는 수동 모드에서 자동으로 우회하기(bypass)가 가능하도록 되어 있는데, 비상정지장치에 연결하기에는 적당치 않다.

비상정지 출력신호가 있는 경우, 다음 둘 중 하나를 만족하여야 한다.

- 로봇 시스템 전원이 제거된 이후에도 출력이 계속되어야 한다.
- 로봇 시스템 전원이 제거된 이후 출력이 계속되지 않는 경우, 비상정지 신호가 생성되어야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 13850(기계 안전 - 비상정지기능 - 설계 원칙)

4.3 비상정지장치

4.3.1 비상정지장치는 운전자와 작동할 필요가 있는 다른 사람이 쉽게 식별하고 작동할 수 있도록 설계되어야 한다. 비상정지장치의 액추에이터는 다음 중 하나일 수 있다.

- a) 손바닥으로 쉽게 활성화되는 누름 버튼
- b) 와이어, 로프, 바(bar), c) 핸들, d) 다른 대안의 적용이 어려운 곳에서, 보호 덮개가 없는 발-페달
- 비고) 비상정지에 영향을 미치는 공급 차단 장치의 경우, IEC 60204-1을 참조

4.3.2 비상정지장치는 다음에 위치하여야 한다.

- 각 운전자 제어 스테이션, 위험성 평가가 불필요하다고 판단되는 경우는 제외
- 위험성 평가에 의해 결정된 다른 장소들, 예를 들어:

* 입구와 출구 위치

* 기계에 개입이 필요한 위치(예: 스위치를 누르고 있는 동안에 작동, 홀드 투 런 제어 기능)

- 설계로 인해 사람과 기계의 상호 작용이 예상되는 모든 장소(예: 적재/하역 구역)

비상정지장치는 바로 접근 가능하고 운전자나 작동할 필요가 있는 다른 사람에 의해 위험하지 않은 구동을 할 수 있도록 위치하여야 한다.

수동으로 작동하도록 의도된 비상정지장치의 액추에이터는 접근 레벨(예: 바닥 레벨, 플랫폼 레벨) 위 로 0.6m 및 1.7m 사이에 설치하여야 한다.

발-페달은 접근 수준에서 직접 고정 위치에 설치하여야 한다(예: 바닥 레벨).

- (협동운전 모드) 이동 기능을 수행하는 구성 요소는 협동운전에 필요한 하나 이상의 안전기능 (부록 1 참조)이 적용되어야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.11.5 협동 공간에서의 운전(operations in the collaborative workspace)

5.11.5.1 일반사항

효율성을 위하여 협동 운전을 설계하는 경우, 작업 셀에서의 잠재 위험원에 노출된 모든 인력을 위한 안전한 작업 환경을 제공하기 위하여 5.11.5.2~5.11.5.4에 있는 안전 기능을 하나 이상 적용하여야 한다. KS B ISO 10218-1의 5.10에서 협동 운전에 사용되는 로봇에 대한 요구사항과 성능 특징을 제공하고 있다. 다음의 각 절(5.11.5.2~5.11.5.5)은 5.10.2~5.10.5에 해당하는 각각의 협동 로봇 형태에 적용된다.

협동 운전 시 선택된 안전 기능에 대한 고장 검출은 5.3.8.3에 따른 보호정지를 발생하여야 한다. 이러한 정지 후의 자동 운전 재기동은 협동 영역 외부에서 계획된 재기동 동작으로 리셋되기 전까지는 개시되어서는 안 된다.

5.11.5.2 안전한 감시 정지(safe monitored stop)

협동 영역에 사람이 없는 경우, 로봇은 자동 운전을 행한다. 사람이 협동 영역에 들어가면, 로봇은 동작을 정지하고 운전자와 로봇 간에 직접 상호작용(예 : 말단 장치에 부품을 적재)을 허용하기 위하여 KS B ISO 10218-1의 5.10.2에 따른 안전 감시 정지를 유지한다.

5.11.5.3 핸드가이딩(hand guiding)

다음의 요구사항이 만족된다면, 핸드가이딩 운전이 허용되어야 한다.

- 로봇이 제어 이동점에 도달하면, KS B ISO 10218-1의 5.5에 따른 안전 감시 정지가 발생
- 운전자가 로봇을 원하는 위치로 이동하기 위하여 KS B ISO 10218-1의 5.10.3에 따른 요구사항을 만족하는 가이딩 장치를 가질 것.
- 운전자가 전체 협동 영역에 대한 명확한 가시성을 확보할 것.
- 운전자가 가이딩 장치를 놓으면, KS B ISO 10218-1의 5.5에 따른 안전 감시 정지가 발생

5.11.5.4 속도 및 위치 감시(speed and position monitoring)

운전자와 로봇 사이의 안전거리를 동적 방법으로 유지하기 위해서 디자인된 로봇 시스템은 KS B ISO 10218-1의 5.10.4를 준수한 로봇들을 사용해야 한다.

로봇의 속도, 최소 안전거리 그리고 기타 변수들은 위험도 평가에 의하여 결정해야 한다.

비고) 협동 로봇 운전에 대한 추가 정보 및 안내는 ISO/TS 15066에 포함될 것이다(현재 준비 중).

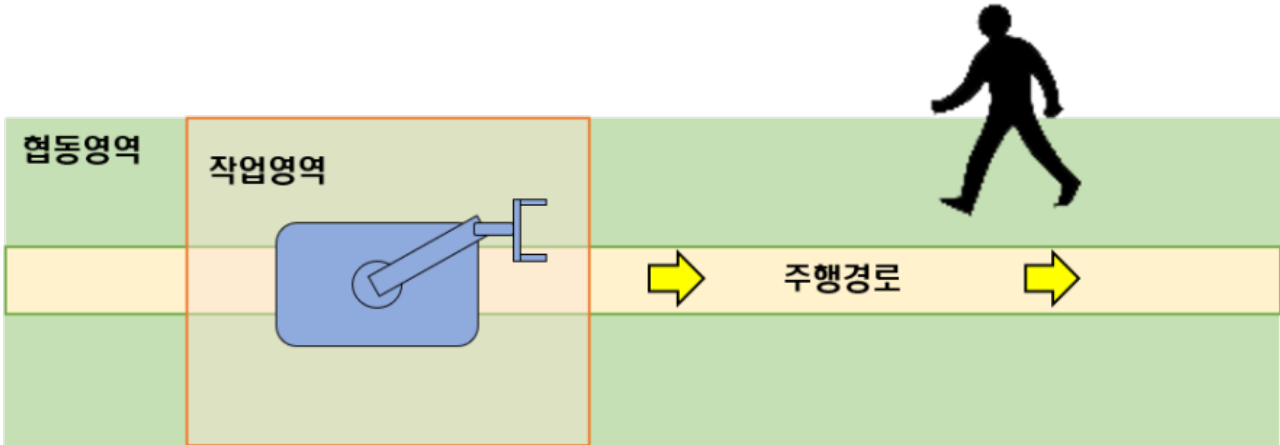
5.11.5.5 설계 및 제어에 의한 동력 및 힘 제한(power and force limiting by design or control)

동력 및 힘 제한에 의하여 위험원을 제어할 수 있도록 설계된 로봇 시스템은 KS B ISO 10218-1의 5.10.5를 준수해야 한다.

동력, 힘 및 인체공학적 변수들은 위험도 평가에 의하여 결정하여야 한다.

비고) 협동 로봇 운전에 대한 추가 정보 및 안내는 ISO/TS 15066에 포함될 것이다(현재 준비 중).

- (협동영역 표시) 협동영역에는 주행 중 작업영역, 주행경로(이동 경로, 도킹 위치 등)가 포함되어야 합니다(부록 3 참조).



협동작업 영역의 예시

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.11.3 협동 영역에 대한 요구사항(requirements for collaborative workspaces)

운전자가 로봇과 직접적으로 접촉할 수 있는 협동 영역은 명확하게 정의되어야 한다(예 : 바닥 표시, 사인 등). 사람/운전자는 보호 장치 및 KS B ISO 10218-1 5.10에서 허용하는 로봇 성능 특징 준수를 통하여 보호되어야 한다. 이러한 특징 준수는 5.2.2에 따라서 모든 위험원과 동작을 정지하게 만들 것이다.

협동 운전이 한 명 이상의 사람(운전자)이 관련되는 경우, 각 사람이 5.2.2에 따른 제어에 의하여 보호되어야 한다.

협동 영역의 설계는 운전자가 쉽게 모든 작업을 수행할 수 있으며, 장치 및 기계의 배치가 추가적인 위험원을 만들지 않도록 되어야 한다. 가능한 경우, 안전 정격 완만한 축과 공간의 제한이 가능한 자유 동작의 범위를 제한하여야 한다.

협동 영역은 사실상 동적이며, 영역 제한은 변화될 수 있다(예 : 운전자와 로봇을 따르기). 로봇 시스템은 로봇 팔, 부가 장치, 작업물의 작업 영역으로부터 전체 몸통 접근을 허용하는 빌딩 영역, 구조물, 공급 설비, 기타 기계, 장치까지 최소 여유 공간 0.5 m(20 inch)를 제공하도록 설계되어야 하며, 이로 인하여 갇힘 또는 끼임이 유발될 수 있다. 이런 최소 여유 공간이 제공되지 않는 경우, 정적인 환경에서 사람이 갇힘 또는 끼임 위험원으로부터 500 mm 내에 있을 때 보호하기 위하여 로봇 동작을 중지시키는 부가 보호 장치가 설치되어야 한다. 동적 동작(예 : 선 추적)이 있는 경우, 특별한 고려가 필요할 수 있다(KS B ISO 13854 참조).

비고: 이러한 변수는 5.11.5.4와 5.11.5.5를 준수하도록 설계된 시스템에 따라 다를 수 있다.

- (위험성 주지) 협동로봇 사용 작업 및 그 위험성에 관한 사항을 평가하여 작업자에게 주지시켜야 하며 작업자의 안전한 사용을 위해 조작 및 안전에 대한 교육을 하여야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

4.4 위험원 식별(hazard identification)

4.4.1 일반사항

부속서 A에서 보여 주는 로봇 및 로봇 시스템의 주요 위험원 목록은 ISO 12100에서 설명하고 있는 위험원 식별 및 위험도 평가를 수행한 결과이다.

특정 프로세스에 고유한 위험원(예를 들면, 연기, 가스, 화학제품 및 고온 재료)들은 특정 응용(예를 들면, 용접, 레이저 절단, 기계 가공)에 의하여 발생할 수 있다. 이러한 위험원들은 특정 응용에 대한 위험도 평가와 함께 별도로 고려되어야 한다. 비교: 이러한 변수는 5.11.5.4와 5.11.5.5를 준수하도록 설계된 시스템에 따라 다를 수 있다.

4.4.2 작업 인지(task identification)

위험 상황의 발생 가능성을 알기 위하여서 로봇 시스템 및 관련 장비의 운전자가 수행할 작업을 인지하는 것이 필요하다. 통합자는 이러한 작업을 인지하고 문서화하여야 한다. 사용자는 로봇 셀과 관련된 합리적으로 예측 가능한 위험 상황(작업 및 위험원 결합)이 확인될 수 있도록 의견을 구하여야 한다. 여기에는 간접적인 상호작용(예를 들면, 시스템과 관련된 작업은 없지만, 시스템과 관련된 위험원에 노출된 사람)이 포함된다. 이러한 작업은 다음을 포함하되 다음으로만 제한되는 것은 아니다.

- 프로세스 제어 및 모니터링
- 작업 물 장착(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

4.5 위험원 제거 및 위험도 감소(hazard elimination and risk reduction)

위험도를 적절하게 감소시키기 위한 적당한 수단을 적용하기 전에 위험원을 확인하고 위험도를 평가할 필요가 있다. 위험도 감소를 위한 수단은 다음과 같은 기본 원칙에 근거한다.

- 설계에 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.에서의 요구사항들은 부속서 A에의 위험원들에 의하여 ISO 12100에 따른 위험도 감소 수단을 반복적으로

적용하는 과정으로부터 얻은 것이다. 통합자는 위험도 평가로부터 확인된 위험도를 5.에서의 요구사항을 적용하여 적절하게 감소시켜야 한다. 만일 위험도가 적절하게 감소되지 않았다면, 감소될 때까지 추가 위험도 경감 수단을 적용하여야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

7 사용 정보

7.1 일반사항

사용 정보는 시스템을 안전하고 올바르게 사용하기 위하여 필요한 정보와 지침을 포함하여야 하며, 사용자에게 잔여 위험도에 대한 정보와 경고를 제공하여야 한다. 요소 기계 제조자가 제공하는 사용 정보도 역시 포함되어야 한다.

여기에는 사용자에게 안전과 관련된 중요한 정보를 제공하기 위한 문서, 기호, 신호, 부호 또는 그림 등의 항목을 포함하여야 한다.

사용 정보의 여러 부분 문체와 내용은 독자의 교육 수준, 기술 이해도, 능력 등을 고려하여야 한다. 또한 사용자에게 적절한 언어로 작성되어야 한다.

이 정보는 통합 시스템의 사용 용도와 예측 가능한 오용을 모두 반영하여야 한다.

위험원을 경감하기 위하여 필요한 경우, 정보는 다음을 포함하여야 한다.

- 훈련 요구사항
- 개인적 보호 장비 요구사항
- 추가 방호벽 또는 보호 장치에 관한 요구사항(ISO 12100)

통합 시스템의 사용 정보는 ISO 12100, 6.에 따라야 한다.

비고 1) 또한 사용 정보의 구성 및 형식에 관하여 IEC 62079를 참조한다.

비고 2) 또한 KS C IEC 60204 - 1을 참조한다.

- (원격정지) 예기치 못한 사고 상황에 대비하기 위해 원격으로 로봇을 정지시킬 수 있는 기능이 구현되어야 합니다.

〈참고〉 IEC 62745(기계류의 안전성 - 기계류의 무선제어시스템에 관한 요구사항)

4.7.3.2 제어 정지 기능

제어 정지 기능은 항상 작업자에 의해 수동으로 개시되어야 하며, 무선 제어 시스템이 기계류를 제어하는 경우에만 사용 할 수 있습니다.

제어 정지 기능은 IEC 60204-1:2005, 9.2.5.3에 따라 설계하여야 한다.

〈참고〉 KS C IEC 60204-1(기계류의 안전성 - 기계류의 전기 장비 제1부:일반요구사항)

9.2.5.3 정지

- a) 범주 0, 범주 1 및/또는 범주 2의 정지 방식은 기계의 위험성 평가(4.1 참조) 및 기능 요구사항에 따라 표시되어야 한다. 범주 0 및 범주 1의 정지 방식은 작동 방식(9.2.3 참조)에 관계없이 작동되어야 하며 범주 0이 우선권을 얻는다. 정지기능은 관련 기동 기능(9.2.5.2 참조)을 무시하여야 한다.
- b) 필요시, 보호 장치 및 연동 장치에 연결할 수 있도록 제공되어야 한다. 이러한 보호 장치 또는 연동 장치가 기계 정지의 원인이 된다면, 제어 시스템의 로직에 적합한 조건이 필요할 수 있다. 정지 기능의 복귀시에는 어떠한 위험 상태도 유발시키지 않아야 한다.

- (안전성능 등 확인) 설치된 보호 장치(종류, 안전거리 등)와 보완대책(보호구 착용, 교육, 작업 절차, 이동 플랫폼의 이동성능, 작업 환경 등)을 확인해야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 3691-4(산업용 트럭 - 무인 산업용 트럭 및 시스템 안전에 관한 요구사항)

4.1.15 발 보호

트럭 가까이에서 있는 사람의 발에 부상이 발생하지 않도록 하는 수단이 제공되어야 한다.

이러한 조치의 예는 다음과 같다.

- a) 발에 대한 추가적인 정지 거리 허용 범위에 대해 ESPE의 제작자 제원을 따른다.
- b) 안전화를 착용한 사람을 위해, 차대의 틈을 40 mm 이하로 줄인다. 이렇게 하면 발이 차대 밑으로 빠지는 것을 방지할 수 있다.
- c) KS B ISO 3691-1:2011의 그림 5에 따라 차대 아래 발 허용거리. 이렇게 하면 드라이브와 안정화휠(stabilizing wheel)에 닿지 않게 된다.

6.3.6 적용 정보

적어도 다음과 같은 정보가 제공되어야 한다.

- a) 경로와 바닥/지상 식별의 청결과 상태
- b) 트럭 이동을 방해하고 경로의 허용 범위를 제한할 수 있는 장애물 제거를 통한 경로의 자유로운 상태
- c) 특히, 비상 제동 동안 트럭이 옆으로 미끄러지는 위험성을 방지하기 위해 경로에서 기름 유출, 먼지 등의 제거
- d) 바닥/지상의 작업 조건 및 트럭과 연결되는 장치의 유지 보수
- e) 시험을 수행하는 방법과 정지 거리에 영향을 미칠 수 있는 매개변수의 예를 포함한 정지 거리 시험비고 6.3.4 a) 참조
- f) 센서 및 내비게이션 지상점(반사체)의 청결 상태
- g) 움직이는 트럭으로 다가오는 사람에 대한 경고
- h) 옆에서 트럭의 경로로 들어오는 사람에 대한 경고

〈참고〉 KS B ISO 3691-4(산업용 트럭 - 무인 산업용 트럭 및 시스템 안전에 관한 요구사항)

6.3.5 조종 정보

사용자가 트럭을 의도한 대로 조종할 수 있도록 처리 대상 하물의 제원(예를 들어, 무게, 질량, 치수 및 위치)이 제공되어야 한다.

사용을 위한 안정도 조건(4.7.2 및 4.7.3 참조)이 제공되어야 한다.

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

6.4 보호 장치의 확인 및 검증(verification and validation of protective measures)

확인된 위험원들을 경감시키기 위하여 설치된 보호 장치가 제조자의 지침에 따라서 사용되었는지, 그리고 다음을 위하여 로봇 시스템에 적절히 적용되었는지를 확인하여야 한다.

a) 위험원에 접근을 방지하기 위하여

- 1) 접근 전에 위험원을 없애도록
- 2) 우발적 운전으로 인한 위험원 발생을 방지하도록
- 3) 부품과 공구(예 : 고정되지 않은 물체 또는 날아다니는 투사체)를 고정하기 위하여
- 4) 기타 프로세스 위험원(예 : 소음, 레이저, 방사선)을 제어하기 위하여

b) 설치된 보호 장치는 다음에 하여 확인되어야 한다.

- 1) 방호벽의 종류, 틈의 크기, 기타 데이터, 방호벽의 배치, 올바른 안전거리, 높이
- 2) 보호 영역 내에서 리셋 제어가 가능하지 않도록
- 3) 보호 장치의 종류, 검출 능력, 배치, 올바른 안전거리, 크기, 등등
- 4) 우회(bypass) 및 일시 중지(muting) 기능

c) 보완 보호 대책은 다음을 제공하는지 확인되어야 한다.

- 1) 지침, 2) 훈련 자료, 3) 경고, 4) 개인 보호 장구, 5) 절차 6) 기타

비고 각각의 보호 장치는 보호하려는 위험원에 따라서는 위의 a)~c)의 모든 기준을 다루지 못할 수 있다.

〈참고〉 이동식 산업용 로봇의 협동작업 안전에 관한 한국산업표준 검토(안)

① 이동식 협동로봇 주행 성능(제조사로부터 확인)

- 1) 가/감속 성능
- 2) 속도에 따른 제동 성능
- 3) 안정성을 유지할 수 있는 협동로봇의 동작 한계
- 4) 선회 폭
- 5) 주행면에 대한 허용 마찰계수
- 6) 허용 단차
- 7) 허용 경사도
- 8) 정격 하중
- 9) 수동 모드, 뮤팅 시 속도 제한(머니플레이터 250mm/s, 이동 플랫폼 300mm/s)

※ ANSI-RIA R15.08-1 5.1.15절, 5.2.15절, 5.3.15절, 5.4.15절 Stability & center of mass 관련

② 이동 플랫폼에 구성된 보호 장치

- 1) 발 보호 수단
 - 2) 유선 제어장치의 보관(케이블의 차륜 감김 방지)
 - 3) 감지 장치의 위치, 종류 및 사양
- ※ KS B ISO 3691-4 4.8절 보호 장치와 보완 조치 관련

③ 안정성 유지 및 보호를 위한 사용자 조치

- 1) 안정성 제어 사용
 - 2) 의도된 작업환경 내의 조건에서의 이동 플랫폼의 주행 속도, 회전각의 제한
 - 3) 산업용 로봇의 속도 또는 동작 범위 제한
 - 4) 과하중 방지
- ※ KS B ISO 13482 5.10절 로봇 움직임에 의한 위해요소 관련

④ 사각지역에 대한 위험감소 방안

- 1) 이동 플랫폼의 충분한 감속 주행 및 매니퓰레이터의 동작 제한
 - 2) 사각지역에 이동식 협동로봇과 연동된 별도의 감지장치 설치
 - 3) 경고 장치, 반사경 등 적절한 인지 수단의 설치
- ※ KS B ISO 3691-4 부속서 A 관련

- (시스템 접근 권한) 작업의 변경, 교시, 유지보수 등을 위한 시스템 설정 변경은 권한이 있는 사람만이 해야 하며, 잠금장치 또는 비밀번호 등을 사용하여 임의로 설정 변경을 할 수 없도록 해야 합니다.



유지보수 중 출입 및 조작금지 예시

〈참고〉 KS B ISO 10218-2(로봇 및 로봇 장치 - 산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항)

5.10.11 보호 장치 중단(suspension of safeguards)

예를 들면, 로봇 교시와 같이 안전장치의 중단이 필요한 작업의 경우, 위험도를 평가하여 해당 작업에 대하여 자동으로 적절한 안전장치를 선택하여 주는 전용 운전 모드가 있어야 한다.

운전 모드의 선택은 반드시 확실한 방법으로 해야 하고(예 : 잠금 선택 장치, 암호, 접근 코드), 또한 5.2.2의 요구사항을 충족하여야 한다.

다음의 요구사항들이 만족되어야 한다.

- a) 모드가 활성화된 상태에서 자동 운전을 재개하는 것이 가능하여서는 안 될 것.
- b) 자동 운전은 보호 영역 외부에서만 기동 가능하도록 할 것.
- c) 제어 모드 기능은 중단되는 보호 기능과 동등한 수준을 가질 것.
- d) 중단 기능의 고장이 발생한 경우, 고장이 해결될 때까지 후속 중단이 금지될 것.
- e) 모드 선택 장치, 셀 입구, 관련된 운전자 스테이션에 보호 장치가 중단되었다는 시각적 표시가 있을 것.
- f) 모든 위험원을 관리하도록 대체 보호 대책이 활성화되어 있을 것. 이러한 대체 보호 대책은 동등한 보호 수준을 제공할 것.

안전장치가 중단되는 경우, 다음이 적용되어야 한다.

- 작업에 필요하지 않은 기계류 및 장치는 보호정지 상태일 것.
- 작업에 필요한 기계류 및 장치는 운전자의 직접적인 통제하에 있을 것.

통합자는, 예를 들면 고장 수리 및 보호 장치 교체 등 안전장치를 수동으로 정지해야 하는 경우와 같이 중요한 상황에 대하여 사용 정보를 제공하여야 한다.

- (도킹) 로봇과 공정 설비와의 작업을 위한 도킹 절차는 안전 기능의 일시 중지(muting), 작업 설비와의 연동을 고려하여 설계되어야 합니다.

〈참고〉 KS B ISO 3691-4(산업용 트럭 - 무인 산업용 트럭 및 시스템 안전에 관한 요구사항)

4.10 트레일러 견인용 트럭

출발 전, 음향 및/또는 광학 신호가 최소 2초 동안 자동적으로 제공되어야 한다. 출발 속도는 최소 5초 동안 0.3 m/s로 제한되어야 하며 거리는 500 mm에 트레일러들 사이 또는 트레일러와 트럭 사이 최대 간격 중 더 긴 간격을 더한 것과 같아야 한다.

트레일러 견인용 트럭에는 위험한 연결과 단절을 줄이고 사용 중 우발적인 단절을 방지할 수 있도록 설계, 제작 및 배열된 견인 또는 커플링 장치가 장착되어야 한다.

견인 및 커플링 장치는 다음과 같이 설계되어야 한다.

〈참고〉 이동식 산업용 로봇의 협동작업 안전에 관한 한국산업표준 검토(안)

① 도킹 작업 시 안전 준수사항

- 1) 도킹 절차를 수행하는 동안 알림 및 경고 장치를 통한 현재 상태 주위 전달
 - 2) 도킹을 위한 안전기능의 일시 중지(muting) 전 이동식 협동로봇이 진입할 영역에 인원 감지 수행
 - 3) 안전기능이 일시 중지(muting)된 상태에서 이동 플랫폼의 속도는 300 mm/s이하로 제한
 - 4) 도킹 절차 진행 중 협동로봇이 동작하는 경우 작업 영역으로 접근할 수 있는 모든 방향에 대하여 안전 조치 수행
- ※ KS B ISO 10218-2 5.10.10 일시 중지(Muting), KS B ISO 3691-4 부속서 A 표A.1 참고

PART. 04

로봇 충돌방지조치 점검표

1. 고정식 로봇

No.	점검 내용	점검 결과		
		Yes	No	해당없음
1	로봇의 자율안전확인신고 여부 확인 - 자율안전확인신고 대상인 경우에 한함			
2	로봇의 안전검사 기한 도과 여부 확인 - 안전검사 대상인 경우에 한함			
3	비상정지장치 설치 - 인증서 등을 통해 안전성 확인받은 제품 설치(예: 국내외 관련 인증서) - 위험한 상황에 즉시 작동할 수 있는 곳에 설치, 수동으로 동작			
	협동작업 형태 기능 확인 - 협동작업 형태(속도 및 위치 감시, 핸드가이딩, 동력 및 힘 제한) 중 하나 이상의 형태 설치 여부 (부록 1 참조)			
5	로봇의 협동영역 표시 - 예 : 바닥표시, 표지판, 사인 등			
6	협동작업 및 그 위험에 관한 사항을 평가하여 작업자에게 주지 - 위험성평가와 로봇에 대한 조작 및 안전 지침 교육 이수 등			
7	안전성능 등 확인 - 설치된 보호 장치(종류, 안전거리 등) - 보호구 착용, 교육 - 작업 절차 등			
	8	제어기 조작을 위한 별도의 잠금장치 혹은 비밀번호 설정		
	9	협동작업 영역의 정리 상태 (작업자 이동 동선에 위험요소 제거)		

<기타 사항>

- 점검표는 협동작업 공정에 비치
- 협동작업 공정 배치, 작업순서, 절차 변경 등 사유 발생 시에도 점검내용을 확인하고 기록, 관리

20 . . .

점검자(직급/성명): (서명)
확인자(직급/성명): (서명)

2. 이동식 로봇

No.	점검 내용	점검 결과		
		Yes	No	해당없음
1	로봇의 자율안전확인신고 여부 확인 - 자율안전확인신고 대상인 경우에 한함 (AGV, AMR 등 이동플랫폼 제외)			
2	로봇의 안전검사 기한 도과 여부 확인 - 안전검사 대상인 경우에 한함			
3	비상정지장치 설치 - 인증서 등을 통해 안전성 확인받은 제품 설치(예: 국내외 관련 인증서) - 위험한 상황에 즉시 작동할 수 있는 곳에 설치, 수동으로 동작 - 이동 플랫폼 차체에서 접근이 용이하고 위치가 명확히 확인되는 지점에 설치(1개 이상)			
4	협동작업 형태 기능 확인 - 협동작업 형태(속도 및 위치 감시, 핸드가이딩, 동력 및 힘 제한) 중 하나 이상의 형태 설치 여부(부록 1 참조)			
5	로봇의 협동영역 표시 및 정리상태 - 협동영역 표시(예: 바닥표시, 표지판, 사인, 광학장치, 최소 여유 공간 등) * 협동영역: 협동로봇 작업 영역, 보호 영역, 주행 경로, 도킹 영역, 접근 금지 영역 등 - 협동영역의 정리 상태 * 예: 작업자 이동 동선에 위험요소 제거, 바닥면 이물질 청소 등			
6	협동작업 및 그 위험에 관한 사항을 평가하여 작업자에게 주지 - 위험성평가와 로봇에 대한 조작 및 안전 지침 교육 이수 등 * 주행에 의한 위험 상황 예: 주행 중 미끄러짐, 전복, 사각지역 발생 등			
7	원격 정지 기능 확인 - 원격 정지 기능의 제공 여부 및 성능 사항 확인 * 예: 원격관제시스템, 휴대용 테블릿, 무선제어장치 등			
8	안전성능 등 확인 - 설치된 보호 장치(종류, 안전거리 등) - 보호구 착용, 교육 - 작업 절차 - 사각지역에 대한 확인 및 조치 (부록 4 참조) - 이동 플랫폼 주행 성능 - 이동 플랫폼에 구성된 보호 장치(위치, 종류, 사양) - 안정성 유지 조건 * 매니플레이터의 동작한계, 선회 폭, 허용 단차, 허용 경사도 - 안정성 유지를 위한 조치			
9	제어기 조작을 위한 별도의 잠금장치 혹은 비밀번호 설정			
10	도킹 시 안전 확인 - 도킹 준비 및 도킹 중 알림 및 경고 발생 - 도킹 중 이동플랫폼 속도 제한 - 도킹 전 위험 대상 감지 여부 * 도킹을 위한 안전센서의 일시 중지(muting) 전 도킹 영역 내 위험 대상 확인			

〈기타 사항〉

- 점검표는 협동작업 공정에 비치
- 협동작업 공정 배치, 작업순서, 절차 변경 등 사유 발생 시에도 점검내용을 확인하고 기록, 관리

20 . . .

점검자(직급/성명): (서명)
확인자(직급/성명): (서명)

협동작업 형태별 기능사항

1. 고정식 로봇

● 속도 및 위치 감시(SSM) (사람 위치에 따라 로봇 동작 속도 제어)

구분	순번	기능 사항
속도 및 위치 감시	1	속도 및 위치 감시 모드를 위해서 사용되는 방호장치 혹은 센서*는 한국산업표준(KS) 규격에 만족하거나 안전인증품(KCS) 또는 이와 동등하다고 인정되는 제품을 사용 * 협동운전 기능 관련 센서 혹은 방호장치(레이저 스캐너, 라이트 커튼 등)는 신뢰성 확인을 위해 규격품 또는 인증품 사용
	2	속도 및 위치 감시 모드를 위해 로봇 시스템의 안전 감시 영역과 위험 영역 설정
	3	로봇의 동작 속도와 영역 내의 모든 작업자의 위치를 실시간으로 모니터링
	4	작업자가 로봇 감시 영역에 진입하면 미리 설정된 각 구간별 기준 속도 이내로 즉시 감속 운전하고 위험 영역에 진입하면 로봇은 즉시 정지해야 한다. [허용 속도] 1) 로봇과 사람 간 이격 거리에 따른 구간별 속도제한 기준 이내 (ISO/TS 15066:2016 참조) 2) 동력/힘 제한 모드가 함께 사용되는 경우, 허용되는 속도 범위 이내
	5	로봇의 작동 반경으로부터 인접한 구조물, 설비, 기타 위험원 사이에서 작업자 끼임 발생이 가능한 경우, 최소 500mm 이상의 간격을 확보 [예외 상황] 1. 속도 및 위치 감시(SSM) 모드와 동력/힘 제한(PFL) 모드를 동시에 사용하는 경우 2. 로봇 작동 중 끼임 위험장소에 접근하지 않는 경우

● 핸드가이딩(HGC) (로봇을 손으로 붙잡고 손쉽게 제어)

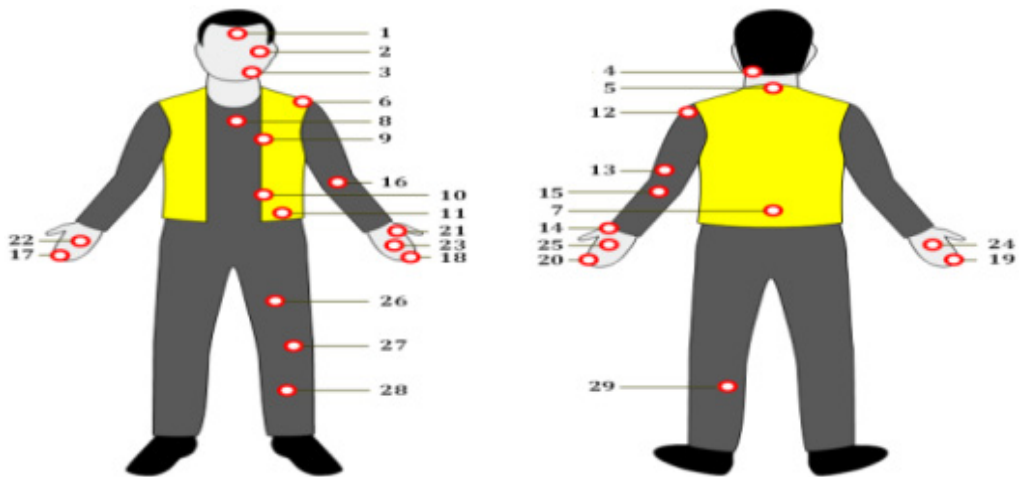
구분	순번	기능 사항
핸드 가이딩	1	로봇 시스템은 아래에 해당하는 경우 즉시 보호정지 기능 수행 ① 핸드가이딩 장치를 손에서 놓은 경우 ② 핸드가이딩 작업 중 설정된 제한 영역을 벗어날 경우 ③ 다른 작업모드에서 핸드가이딩 모드로 전환 시 로봇 시스템은 보호정지 상태
	2	핸드가이딩 작업 중 작업자의 조작 없이 자동으로 다른 협동운전 모드로 전환되지 않음
	3	핸드가이딩 작업이 종료된 이후 작업자의 명령 없이는 로봇이 스스로 재동작 하지 않음

● 동력 및 힘 제한(PFL) (로봇과 사람 간의 접촉이 허용)

구분	순번	기능 사항
	1	PFL 모드를 위해서 사용되는 방호장치 혹은 센서*는 한국산업표준(KS) 규격에 만족하거나 안전인증품(KCS) 또는 이와 동등하다고 인정되는 제품을 사용, 또는 물리적인 충격을 완화하기 위한 완충제, 쿠션 등 사용 * 방호장치 혹은 협동운전 기능 관련 센서(토크센서, 압력센서, PFL센서 등) 는 신뢰성 확인을 위해 규격품 또는 인증품 사용
	2	작업자와 접촉이 가능한 로봇의 부위는 신체 일부가 끼일 수 없는 구조이거나 틈새를 차단하거나 로봇의 접촉에 의해 상해를 유발 시킬 수 있는 위험원이 존재하지 않음(기계·전기·물리화학적 위험원 등)
	3	접촉이 발생하는 작업 시나리오를 면밀히 분석하여, 공정에 관여하는 모든 인원들은 접촉 발생 시나리오 및 접촉의 유형(준정적 or 동적)을 인지해야 함
	4	로봇과 사람의 접촉으로 상해 가능성이 있다고 판단되는 경우, 접촉에 의한 힘과 압력을 다음 중 하나 이상의 수단으로 평가(아래 예시 참조)하여 분석결과를 확인하여야 하며, 분석결과는 허용한계값 이하의 결과가 나와야 함 [검증방법] * 제조 업체 또는 설치 업체를 통해 확인 1) 관련 시험장치를 이용하여 접촉시험 결과 데이터 취득 2) 수학적 계산 또는 해석용 S/W를 사용하여 분석 3) 관련 문헌 또는 경험적 데이터 참조 4) 그 밖의 합리적인 수단을 이용한 평가

동력 및 힘 제한

물리적 접촉에 대한 안전성 검증 예시(작업자 접촉 예상부위 검토)



※ 접촉이 발생하거나 예상되는 신체부위에 체크(예)

- 인간-로봇 접촉에 대한 생체 역학적 임계치(KOROS 1162-1) 참고

접촉 발생 부위	접촉 유형	허용 한계값		분석 결과	
		압력 (N/cm ²)	힘 (N)	압력 (N/cm ²)	힘 (N)
검지손가락(17)	준정적 접촉	520	500	120	100
손등(25)	준정적 접촉	570	440	120	100

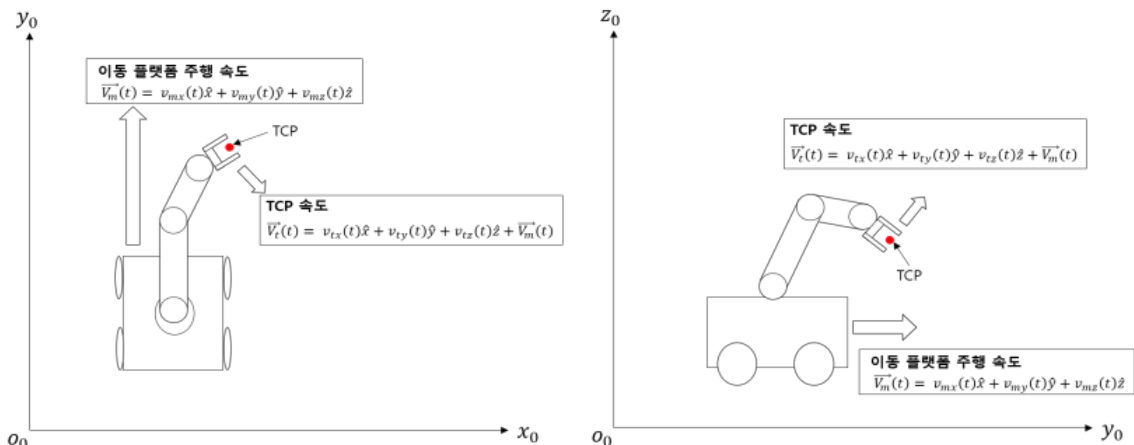
※ 동력 및 힘 제한(PFL) 모드 사용을 위해 접촉에 의한 물리력을 측정 또는 해석하여 검증한 경우, 평가 결과서 또는 시험 성적서 별도 보관 필요

2. 이동식 로봇

● 속도 및 위치 감시(SSM) (사람 위치에 따라 로봇 동작 속도 제어)

구분	순번	기능 사항
속도 및 위치 감시	1	속도 및 위치 감시 모드를 위해서 사용되는 방호장치 혹은 센서*는 한국산업표준(KS) 규격에 만족하거나 안전인증품(KCS) 또는 이와 동등하다고 인정되는 제품을 사용 * 협동운전 기능 관련 센서 혹은 방호장치(레이저 스캐너, 라이트 커튼 등)는 신뢰성 확인을 위해 규격품 또는 인증품 사용
	2	속도 및 위치 감시 모드를 위해 로봇 시스템의 안전 감시 영역과 위험 영역 설정
	3	로봇의 동작 속도와 영역 내의 모든 작업자의 위치를 실시간으로 모니터링
	4	작업자가 로봇 감시 영역에 진입하면 미리 설정된 각 구간별 기준 속도 이내로 즉시 감속 운전하고 위험 영역에 진입하면 로봇은 즉시 정지해야 한다. [허용 속도] 1) 로봇과 사람 간 이격 거리에 따른 구간별 속도제한 기준 이내 (ISO/TS 15066:2016 참조) 2) 동력/힘 제한 모드가 함께 사용되는 경우, 허용되는 속도 범위 이내
	5	로봇의 작동 반경으로부터 인접한 구조물, 설비, 기타 위험원 사이에서 작업자 끼임 발생이 가능한 경우, 최소 500mm 이상의 간격을 확보 [예외 상황] 1. 속도 및 위치 감시(SSM) 모드와 동력/힘 제한(PFL) 모드를 동시에 사용하는 경우 2. 로봇 작동 중 끼임 위험장소에 접근하지 않는 경우
	6	이동 플랫폼에 속도 감시 및 제어 기능 제공
	7	로봇 감시 영역은 이동 플랫폼의 차체와 산업용 로봇의 작업 영역을 합산하여 설정
	8	산업용 로봇의 속도는 이동 플랫폼의 속도와 합산하여 적용

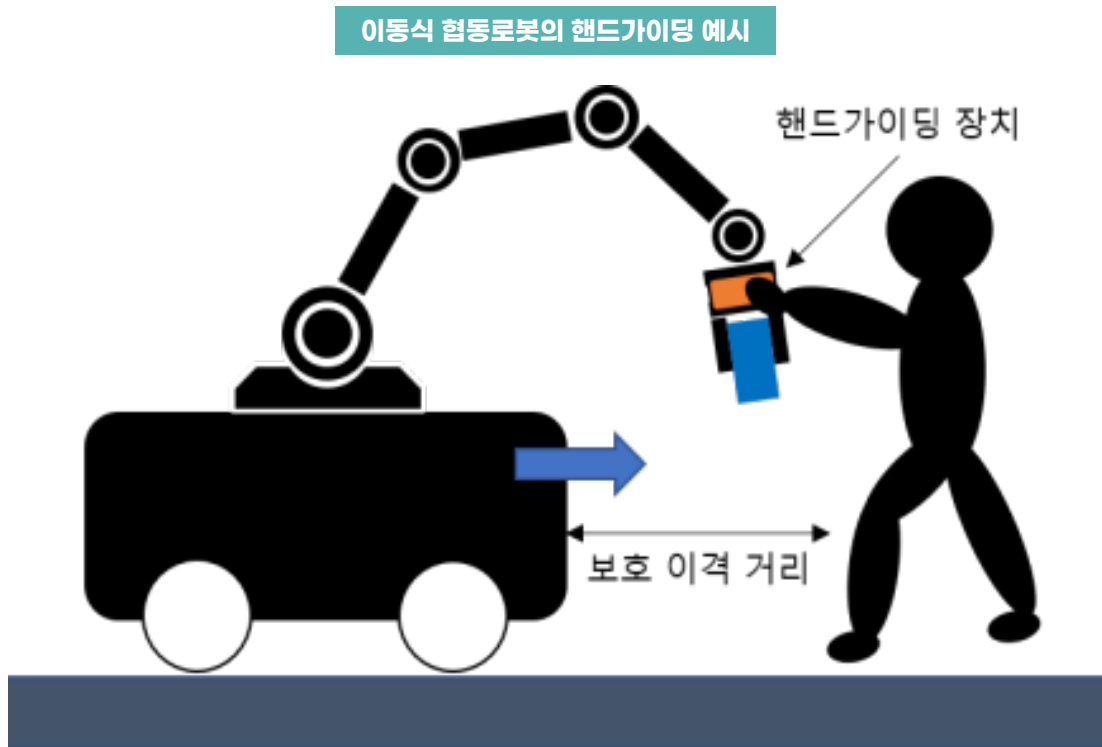
협동로봇과 이동 플랫폼의 속도합산



● 핸드가이딩(HGC) (로봇을 손으로 붙잡고 손쉽게 제어)

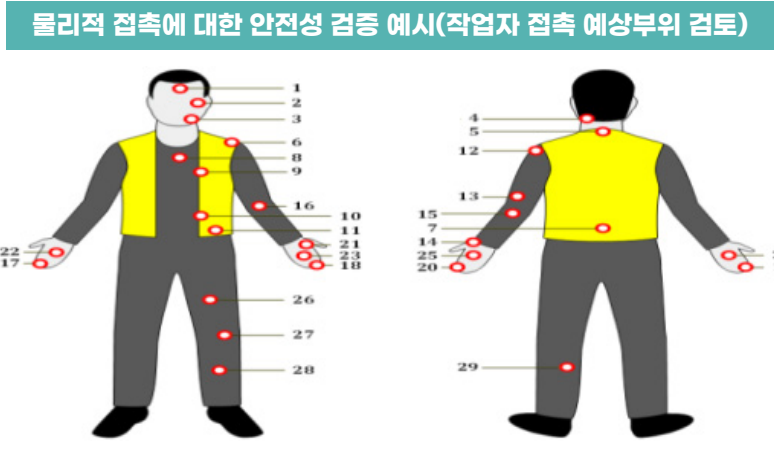
구분	순번	기능 사항
핸드 가이딩	1	로봇 시스템은 아래에 해당하는 경우 즉시 보호정지 기능 수행 ① 핸드가이딩 장치를 손에서 놓은 경우 ② 핸드가이딩 작업 중 설정된 제한 영역을 벗어날 경우 ③ 다른 작업모드에서 핸드가이딩 모드로 전환 시 로봇 시스템은 보호정지 상태
	2	핸드가이딩 작업 중 작업자의 조작 없이 자동으로 다른 협동운전 모드로 전환되지 않음
	3	핸드가이딩 작업이 종료된 이후 작업자의 명령 없이는 로봇이 스스로 재동작 하지 않음
	4	핸드가이딩 장치에 이동 플랫폼의 주행을 제어하는 기능이 제공
	5	핸드가이딩 작업 중 이동 플랫폼이 주행 방향에 위치한 운전자와의 보호 이격 거리 유지 (작업자가 보호 이격 거리내로 로봇에 접근할 경우 이동 플랫폼은 보호정지 기능 수행)
	6	핸드가이딩 작업 중 이동 플랫폼의 속도는 0.7m/s를 초과하지 않음

핸드
가이딩



● 동력 및 힘 제한(PFL) (로봇과 사람 간의 접촉이 허용)

구분	순번	기능 사항
동력 및 힘 제한	1	PFL 모드를 위해서 사용되는 방호장치 혹은 센서*는 한국산업표준(KS) 규격에 만족하거나 안전인증품(KCS) 또는 이와 동등하다고 인정되는 제품을 사용, 또는 물리적인 충격을 완화하기 위한 완충제, 쿠션 등 사용 * 방호장치 혹은 협동운전 기능 관련 센서(토크센서, 압력센서, PFL센서 등) 는 신뢰성 확인을 위해 규격품 또는 인증품 사용
	2	작업자와 접촉이 가능한 로봇의 부위는 신체 일부가 끼일 수 없는 구조이거나 틈새를 차단하거나 로봇의 접촉에 의해 상해를 유발 시킬 수 있는 위험원이 존재하지 않음(기계·전기·물리화학적 위험원 등)
	3	접촉이 발생하는 작업 시나리오를 면밀히 분석하여, 공정에 관여하는 모든 인원들은 접촉 발생 시나리오 및 접촉의 유형(준정적 or 동적)을 인지해야 함
	4	로봇과 사람의 접촉으로 상해 가능성이 있다고 판단되는 경우, 접촉에 의한 힘과 압력을 다음 중 하나 이상의 수단으로 평가(아래 예시 참조)하여 분석결과를 확인하여야 하며, 분석결과는 허용한계값 이하의 결과가 나와야 함 [검증방법] * 제조 업체 또는 설치 업체를 통해 확인 1) 관련 시험장치를 이용하여 접촉시험 결과 데이터 취득 2) 수학적 계산 또는 해석용 S/W를 사용하여 분석 3) 관련 문헌 또는 경험적 데이터 참조 4) 그 밖의 합리적인 수단을 이용한 평가
	5	이동 플랫폼에 충돌 힘에 대한 감시 및 제어기능이 제공
	6	협동로봇의 작용 힘은 이동 플랫폼의 속도와 합산하여 적용
	7	끼임에 의한 2차 사고 방지를 위해 이동 플랫폼은 비전원상태에서 제동 장치를 해제하는 기능 제공



※ 접촉이 발생하거나 예상되는 신체부위에 체크(예)
- 인간-로봇 접촉에 대한 생체 역학적 임계치(KOROS 1162-1) 참고

접촉 발생 부위	접촉 유형	허용 한계값		분석 결과	
		압력 (N/cm ²)	힘 (N)	압력 (N/cm ²)	힘 (N)
검지손가락(17)	준정적 접촉	520	500	120	100
손등(25)	준정적 접촉	570	440	120	100

※ 동력 및 힘 제한(PFL) 모드 사용을 위해 접촉에 의한 물리력을 측정 또는 해석하여 검증한 경우, 평가 결과서 또는 시험 성적서 별도 보관 필요

부록
02

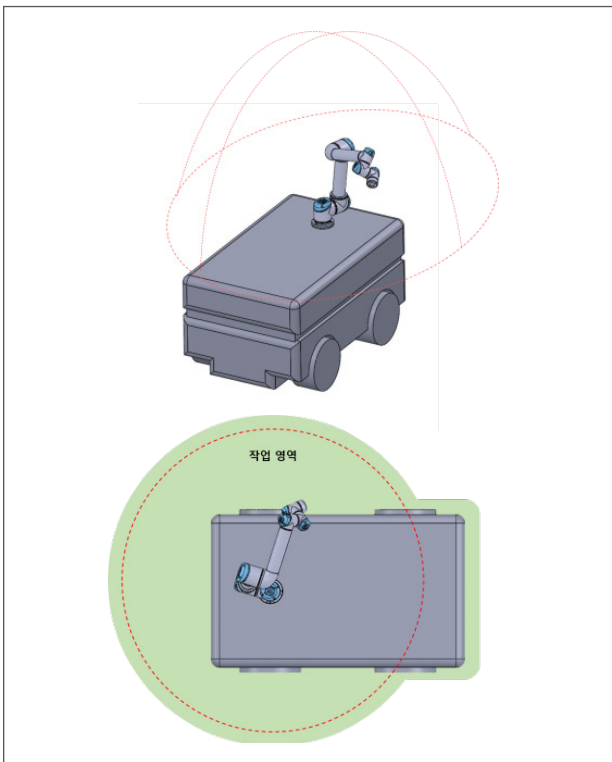
가이드에 사용된 용어 및 참고 규격

용어	설명
산업용 로봇	산업자동화 응용을 위한, 자동제어 및 재프로그램 가능한 3축 이상의 매니퓰레이터로 프로그램이 가능하며, 고정 또는 이동 가능한 것
로봇 시스템	로봇, 말단장치 및 로봇이 작업을 수행하는 데에 도움을 주는 모든 기계, 장비, 장치, 부가축, 센서가 포함된 시스템
협동작업 영역	작업자와 로봇이 동시 또는 순차적으로 공간을 공유하며 작업 수행이 가능하도록 정의된 영역
말단장치	작업을 실행하도록 로봇 말단에 부착되도록 특별히 설계된 장치 예) 그리퍼, 너트, 너트 체결기, 용접건, 스프레이건
이격거리	협동작업 영역 내에서 로봇 시스템 중 움직이는 위험한 부품과 사람 사이의 거리
작업자(사용자)	공정에서 산업용 로봇을 이용한 작업을 직접 수행하는 인원
관리자	산업용 로봇 시스템, 공정, 셀의 관리를 수행하는 인원 - 시운전, 작업관리, 티칭, 조정, 유지보수, 안전관리 등을 역할을 수행 - 사업주, 지정된 담당자, 외주업체 등에 의해 수행됨
제어 스테이션	로봇 시스템 또는 그 일부를 활성화/비활성화 하거나 움직임을 제어하기 위한 목적의 제어장치
티칭(교시)	산업용 로봇의 자동화된 작업을 프로그래밍하는 행위
펜던트	로봇을 티칭하거나 조작, 제어할 수 있는 휴대용 제어기 - (참고) 엔드 이펙터와 통합하여 구성할 수 있음 - (참고) 정보를 표시하는 단순 시각장치는 티칭 펜던트에 해당하지 않음
안전기능	고장이나 실패 시 안전에 영향을 미치는 모든 기능 - 주로 공정에서 작업자의 안전을 위해 필요한 기능을 지칭함
비상정지	위험이나 손상을 방지하기 위해 로봇을 즉시 정지시키는 기능 - 사람이 직접 버튼을 눌러 작동시키며, 다른 위치의 버튼으로 재시작할 수 없음 - 작업 순서와 전원, 상태정보를 초기화하며 반드시 작업자에 의해 수동으로 재시작함 - 비상정지 장치는 국제표준 ISO 13850:2005를 만족하는 제품을 사용해야 함
보호정지	작업자 안전이나 보호를 위해 로봇을 즉시 정지시키는 기능 - 특정 조건에서 자동으로 보호정지를 실행하며 조건이 해제되면 자동 재시작이 가능함 - 로봇의 작업 순서 및 전원, 상태 정보를 유지하여 작업 재개가 용이함
보호 이격거리	공정에서 움직이는 부위와 작업자 간에 유지되어야 하는 거리 - 이격 거리는 장치의 특성을 고려해 계산되어야 하며, 자세한 방법은 ISO 13855 참조 - 정교한 계산이 수행되지 않는 경우, 최소 이격 거리는 통상 500mm 이상으로 함
이동식 로봇	산업용 로봇(매니퓰레이터)과 이동 플랫폼이 물리적으로 결합된 형태의 로봇(예 : 모바일 매니퓰레이터)
매니퓰레이터	보통 여러개의 자유도를 가지며 대상물(부품 또는 공구)을 붙잡거나 옮길 목적으로, 서로 상대적인 회전 운동이나 미끄럼 운동을 하는 관절의 연결로 구성된 기구
이동 플랫폼	이동 로봇에서 이동 동작을 가능하게 하는 모든 구성 요소의 조립체
뮤팅	제어 시스템의 안전 관련 부품에 의하여 안전 기능의 일시적인 자동 정지
도킹	목표 업무를 수행하기 위해 기지, 시설 혹은 다른 이동 플랫폼에 도달/연결하는 과정

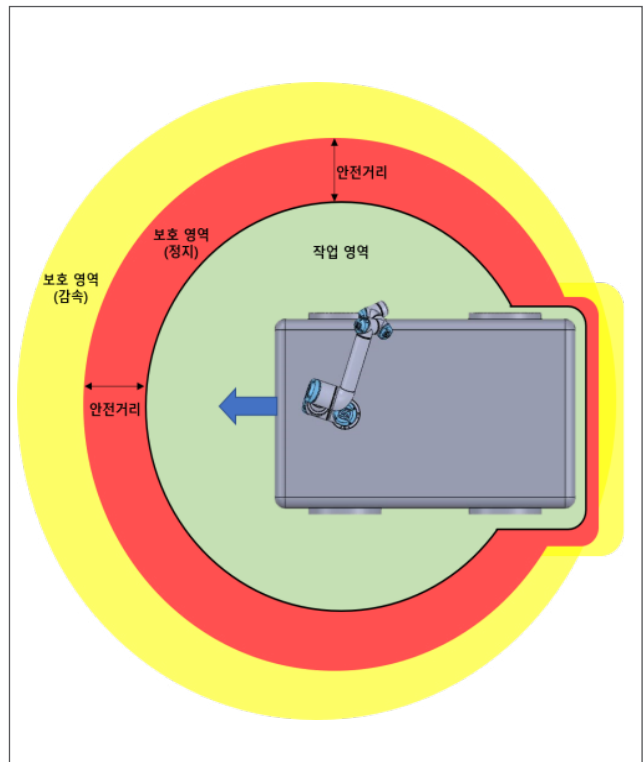
부록
03

이동식 산업용 로봇 영역 설정 예시

- **(작업영역)** 이동식 로봇의 작업 영역은 이동 플랫폼의 차체와 말단장치를 포함한 해당 로봇이 도달할 수 있는 공간의 조합
- **(보호영역)** 보호영역은 로봇과의 충돌을 방지하기 위해 이동 플랫폼에 구성된 감지장치에 의해 보호 감시되는 영역, 보호영역의 범위는 작업영역으로부터 제동성능에 따른 안전거리 이상으로 설정



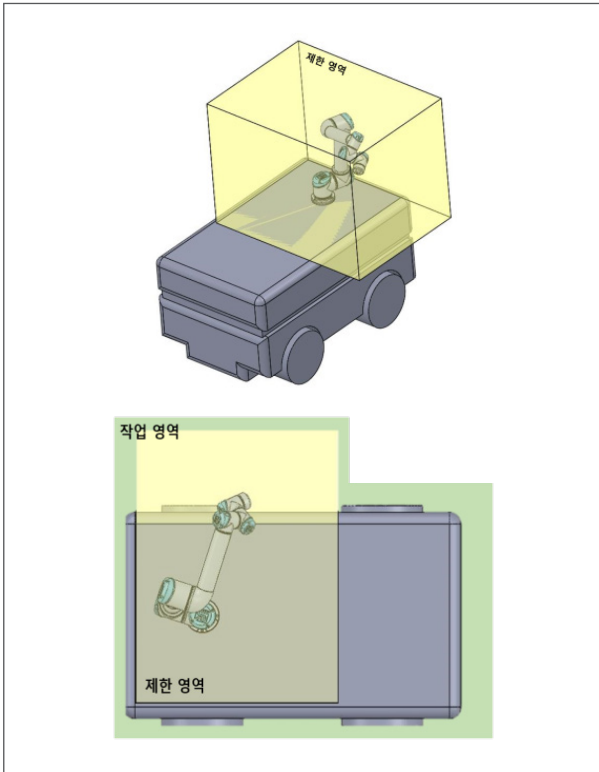
협동로봇 최대 작업영역(예시)



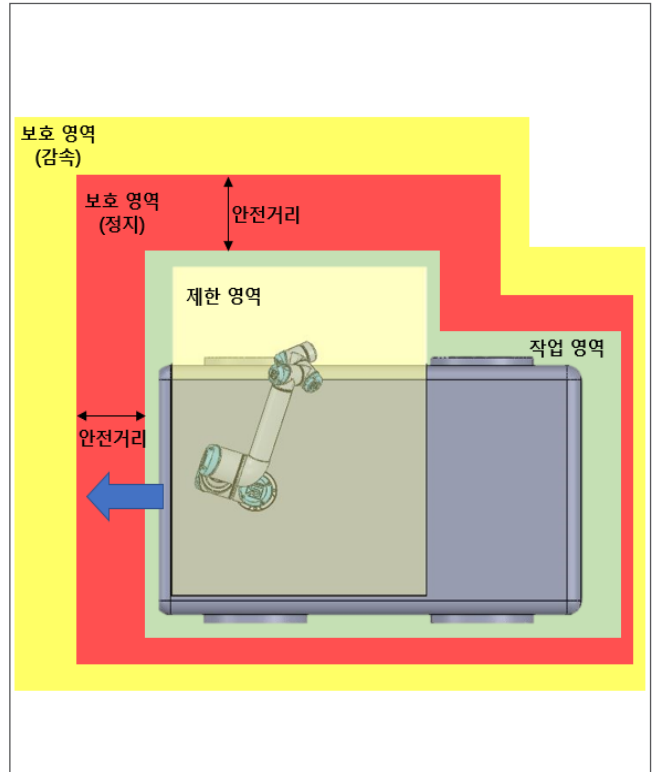
최대 작업영역에 따른 보호 영역 설정(예시)

※ 이동 플랫폼에 장착된 로봇은 해당 로봇의 작업범위와 이동 플랫폼 영역을 조합한 작업영역을 기준으로 보호영역 설정

- **(제한영역)** 협동로봇의 축 제한 기능에 의해 정의된 영역으로 로봇의 동작이 일정 영역을 초과할 수 없도록 설정한 영역 (*참고 - KS B ISO 10218-1 5.12 축 제한)
- **(영역설정)** 기존 산업현장에서 활용되는 이동 플랫폼(AGV, AMR)의 보호영역은 이동 플랫폼의 차체를 기준으로 설정

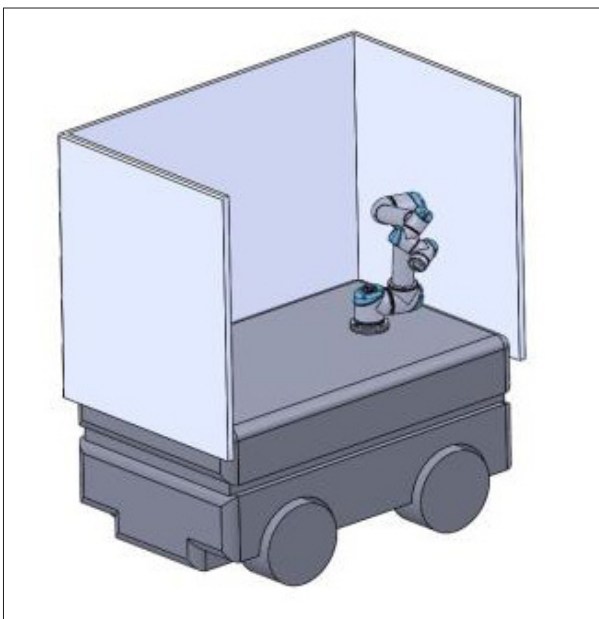


협동로봇 제한영역 사용(예시)

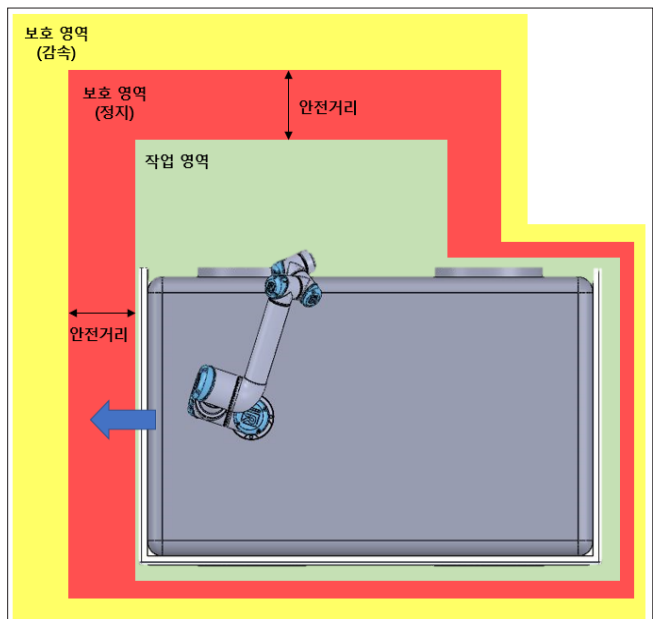


제한 기능 사용 시 영역 설정(예시)

※ 협동로봇의 제한영역 기능을 활용하는 경우 보호영역을 효율적으로 축소할 수 있음



물리적 방호장치 설치(예시)

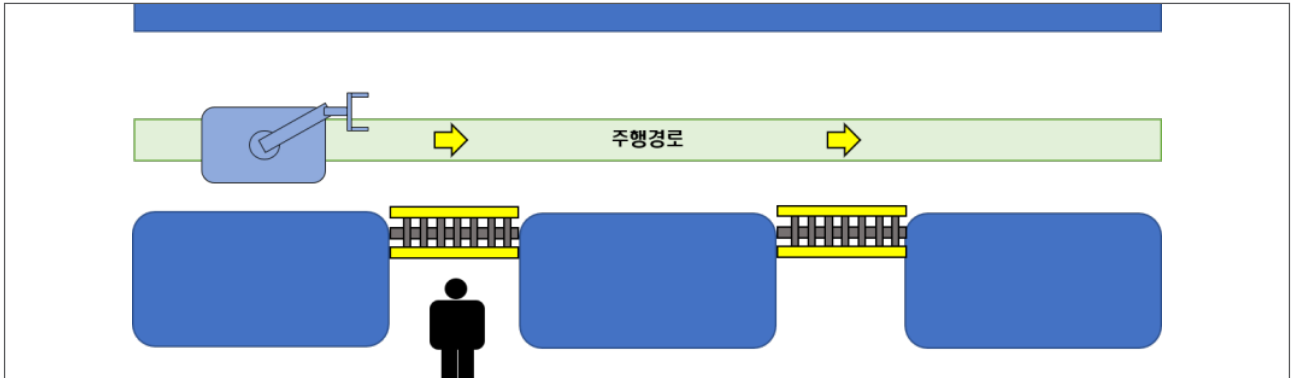


물리적 방호장치 설치 시 영역 설정(예시)

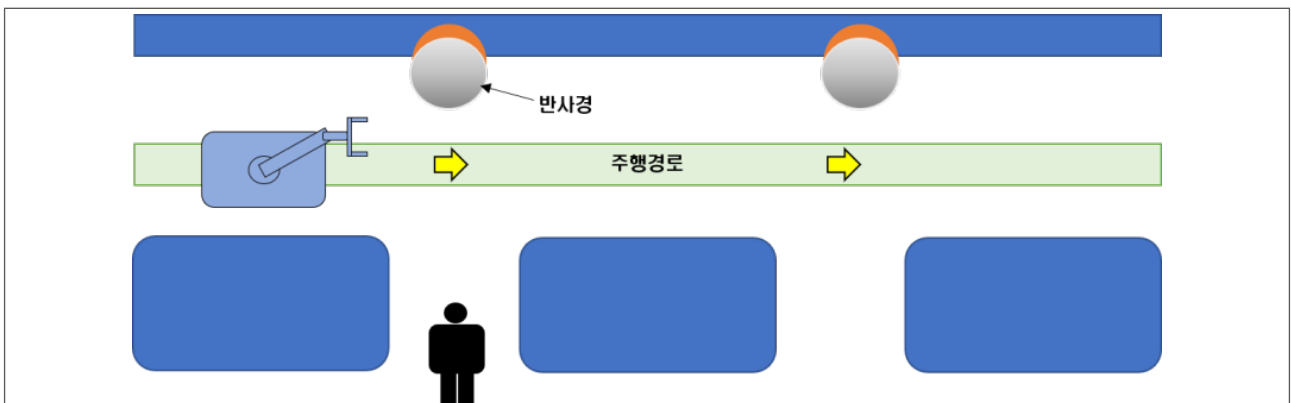
※ 보호영역의 축소를 위해 별도의 방호장치를 이동 플랫폼에 설치하여 활용할 수 있음

사각 지역에 대한 위험성 감소 방안 예시

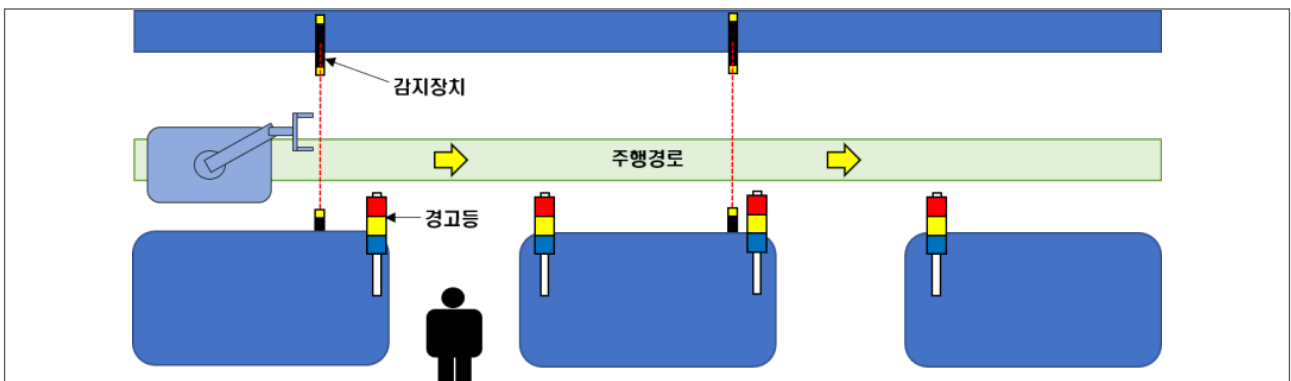
- 이동식 협동로봇의 작업 환경에서 구조물, 고정 설비 등에 의해 발생하는 사각지역에 대해 위험성 감소 방안 필요



사각지역으로 작업자 동선 제한



사각지역에 대해 반사경 설치



감지 장치에 의한 경고 발생

참고
01

협동작업 안전 가이드 관련 Q&A

Q1

자율안전확인신고 제도 신설(2013.3.1.) 이전에 생산 또는 수입된 산업용 로봇도 충돌방지조치(울타리 설치 등)가 필요한지?

A1

네, 산업용 로봇의 충돌방지조치는 자율안전확인신고 대상과 관계없이 모두 필요합니다.

- 참고로, '13.3.1일 이전 생산 또는 수입된 산업용 로봇(자율안전확인신고 대상 제외) 사용 시에도 충돌방지조치 등 「산업안전보건기준에 관한 규칙」을 준수하여야 하고, 해당 로봇이 안전검사 대상*일 경우 충돌방지조치를 포함한 안전검사를 받아야 합니다.

* 안전검사 절차에 관한 고시 별표 1 제15호(산업용 로봇) 참조

Q2

‘협동로봇 설치 작업장 안전인증’을 받은 로봇도 이 가이드에 따라 조치해야 하는지

A2

“협동로봇 설치 작업장 안전인증(이하 인증)”이란 산업용 로봇 관련 한국산업표준(충돌방지 기준 등)에 부합하는지에 대한 인증*이므로

- 해당 인증을 취득한 경우 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정한 충돌방지조치에 해당되어 가이드의 조치는 필요하지 않습니다.

- 참고로, 인증과 관계없이 이 가이드에 따른 충돌방지조치를 한 경우에는 상기 규칙을 준수한 것으로 인정이 가능합니다.

* 한국산업표준(KS B ISO 10218-2)에 근거한 협동로봇 설치 작업장 안전인증 심사는 한국로봇사용자 협회, 대한산업안전협회 등 관계 기관에서 수행 중

Q3

한국산업표준 또는 국제기준을 적용할 수 있는 로봇 종류는?

A3

로봇은 응용분야에 따라 산업용 로봇과 서비스 로봇으로 구분, 해당 로봇의 협동작업 여부에 따라 협동로봇으로 세분화 될 수 있습니다.

- 참고로, 현재 한국산업표준 또는 국제기준은 고정식 협동로봇에 대한 사항을 정하고 있고, 이동식 협동로봇에 대해서는 이 안전가이드의 내용을 우선 적용*하고 향후 별도의 한국산업표준 제정* 시 해당 표준을 반영할 예정입니다.

* '20.10월 「로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵」(관계부처 합동)에 따라 이동식 협동로봇 사용에 대한 규제완화 조치 일환으로 안전기준(표준)을 개발 중

- (협동영역 표시) 운전자와 로봇 간 직접 접촉할 수 있는 협동영역을 바닥표시, 표지판 등으로 표시 <KS B ISO 10218-2, 5.11.3>



협동영역 표시(예시)

- (위험성 주지) 협동작업 위험성 평가 결과에 따른 위험원 발생 작업을 운전자가 인지할 수 있도록 조치 <KS B ISO 10218-2, 4.4, 7>

표준작업지도서/유해위험성평가서 (Working Standard/Risk Assessment)		표준번호	-	작업명	작성	일	월	년
작업명	이동식 자동용접기(로봇 시스템)	대상	개업일자	운전자 내용 숙지 후 서명 확인				
정보수집항목	개작도	작업수순	안전 / 보건	안전 / 보건	작성	일 <td>월 <td>년</td> </td>	월 <td>년</td>	년
위험성 주지 작업시 주의사항 작업준비 작업시작 작업중 작업종료 작업후 작업장 정리	1. 전류리 미용 작업 2) 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 3) 전류리 주위 작업자 및 구조물과의 충돌 4) 호이스트 상/하강 시 낙하 위험	1) 크레인과의 충돌 위험 2) 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 3) 전류리 주위 작업자 및 구조물과의 충돌 4) 호이스트 상/하강 시 낙하 위험	안전 / 보건 안전 / 보건	안전 / 보건 안전 / 보건	안전 / 보건 안전 / 보건	안전 / 보건 안전 / 보건	안전 / 보건 안전 / 보건	안전 / 보건 안전 / 보건

협동작업 위험성 평가 실시결과(예시1)

협동작업 공정 평가관리 대장		협동작업 공정 위험성 추정 (약식)	
공정명	3세대 안셀조립공장 안셀용접(조각) 공정	[상세 심각성]	
공정도면		구분: 51 명칭: 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 발생원인: 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 발생위험: 중상 발생빈도: 1회 이상 발생 가능 발생위치: 작업자 주위	구분: 52 명칭: 호이스트 상/하강 시 낙하 위험 발생원인: 호이스트 상/하강 시 낙하 위험 발생위험: 중상 발생빈도: 1회 이상 발생 가능 발생위치: 호이스트 상/하강 시
평가일 구성	소속/직급: [] 직책: [] 직책: [] 직책: [] 직책: [] 직책: []	운전자 및 평가자 내용 숙지 후 서명 확인	구분: 53 명칭: 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 발생원인: 작업자 주위 경고 및 작업물 낙하 위험 발생위험: 중상 발생빈도: 1회 이상 발생 가능 발생위치: 작업자 주위

협동작업 위험성 평가 실시결과(예시2)

- (안전성능 등 확인) 위험원 접근을 방지하기 위해 설치된 보호장치 및 필요한 보호구 등 확인
〈KS B ISO 10218-2, 6.4〉



측후면 끼임방지 덮개 설치

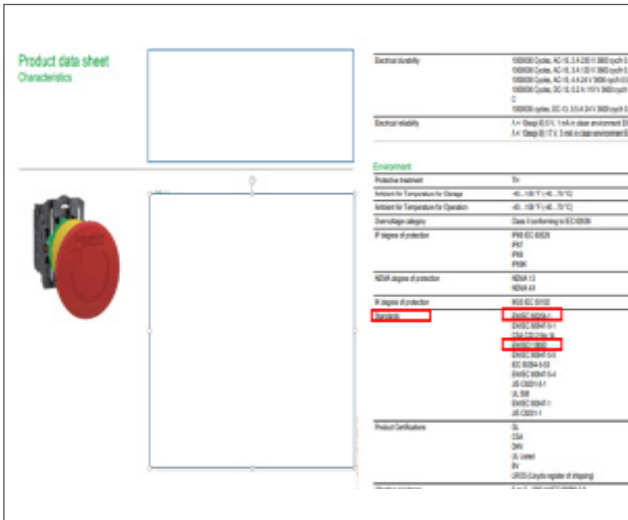


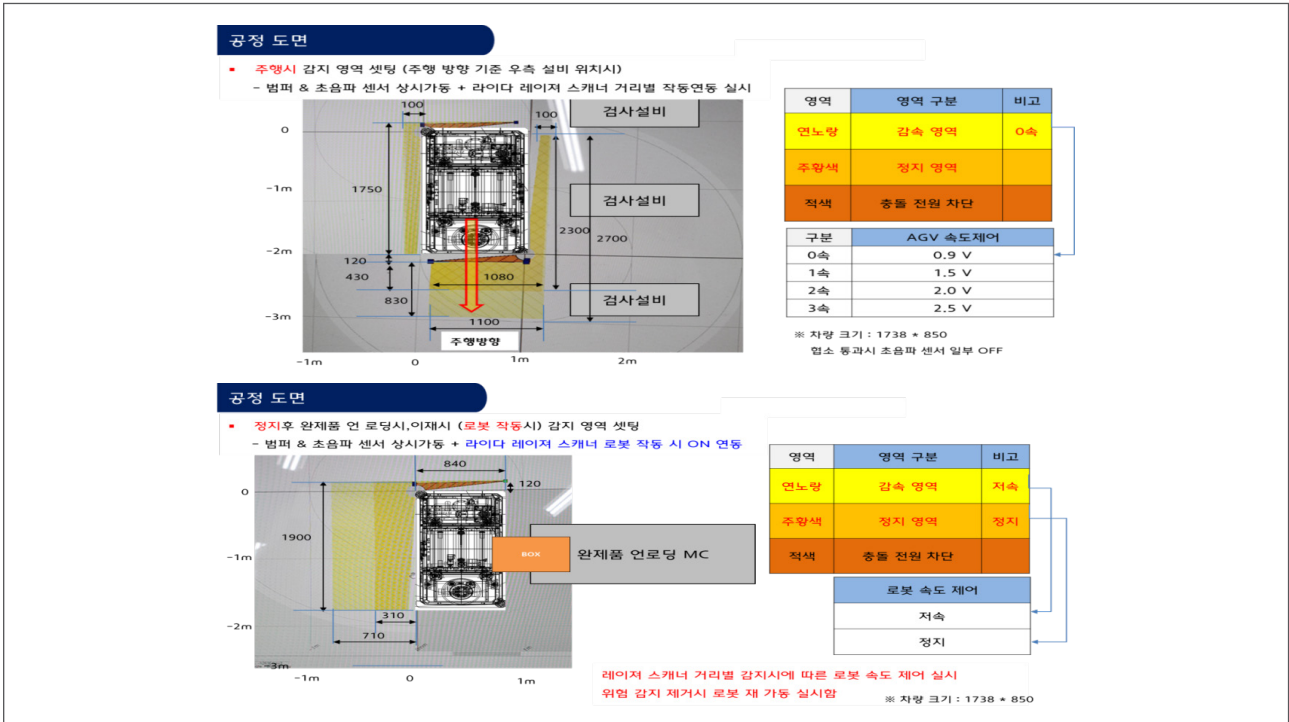
작업자 보호구 착용

참고
03

이동식 로봇 충돌방지조치 예시 - 완제품 이송 공정

- (비상정지장치) 로봇의 비정상적인 작동을 방지하기 위해 작업자가 조작할 수 있는 위치에 비상 정지장치 설치 <KS B ISO 10218-2, 5.3.8.2>





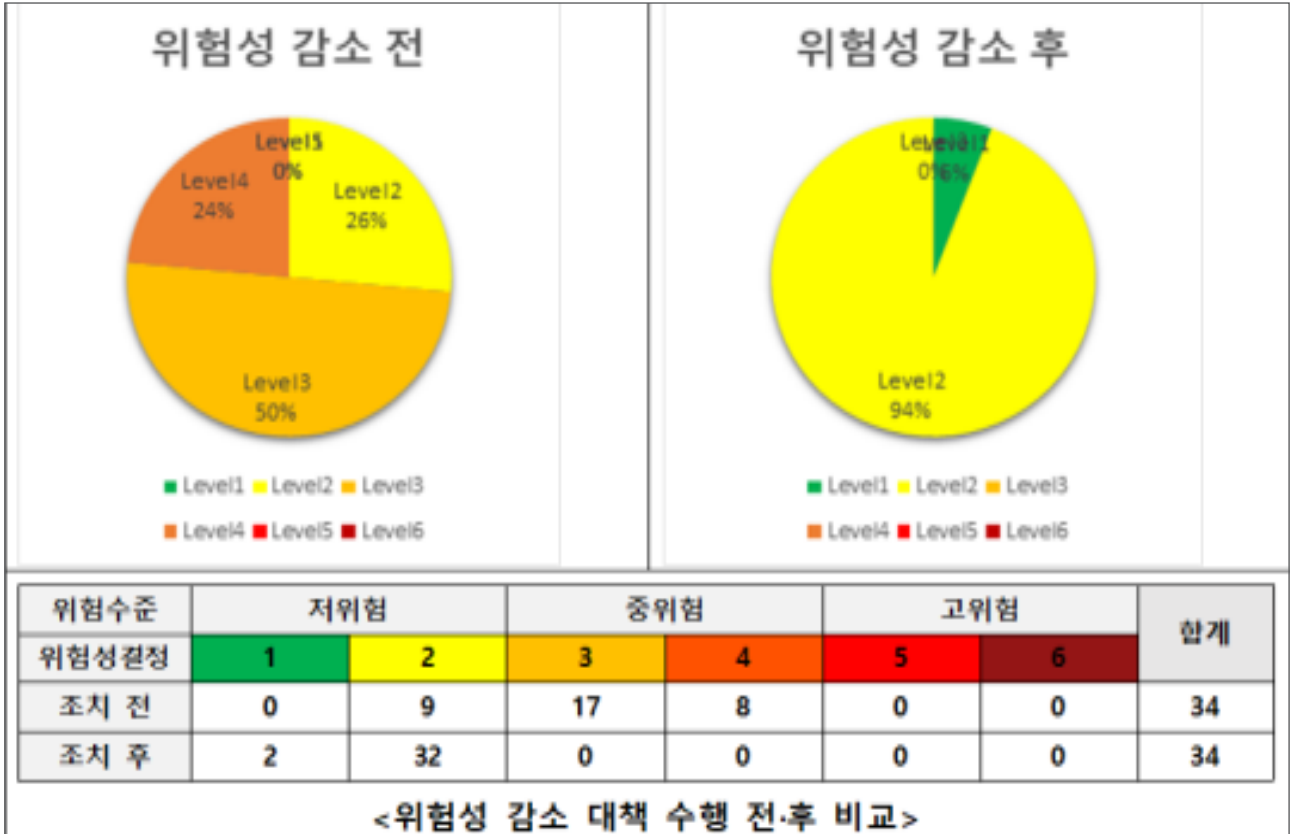
SSM(속도 및 이격감시)를 위한 레이저스캐너 영역 설정

- (협동영역 표시) 작업자와 로봇 간 직접 접촉할 수 있는 협동영역을 바닥표시, 표지판 등으로 표시 <KS B ISO 10218-2, 5.11.3>



협동영역 바닥표시(예시)

- (위험성 주지) 협동작업 위험성 평가 결과에 따른 위험원 발생 작업을 운전자가 인지할 수 있도록 조치 <KS B ISO 10218-2, 4.4, 7>



협동작업 위험성 평가 실시결과(예시1)

① 위험성 추정 및 결정							
번호	위험 원인	사건	위험내용	구분	위험한 사건	위험성 추정	
					발생 가능성	S F O A	
1	기어 위험요소		기어 이송 / 기어 회전 / 코딩이동 / 기어회전 / 기어회전 / 기어회전	5.1	작업중행시 사고 발생 시 사고를 유발할 위험이 높음. 위험을 최소화하기 위하여 추가 사고 발생 가능성 존재	중등, 저위	2 1 3 2 4
				5.2	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	중등, 저위	2 1 3 2 2
				5.3	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	중등, 저위	2 1 1 2 2

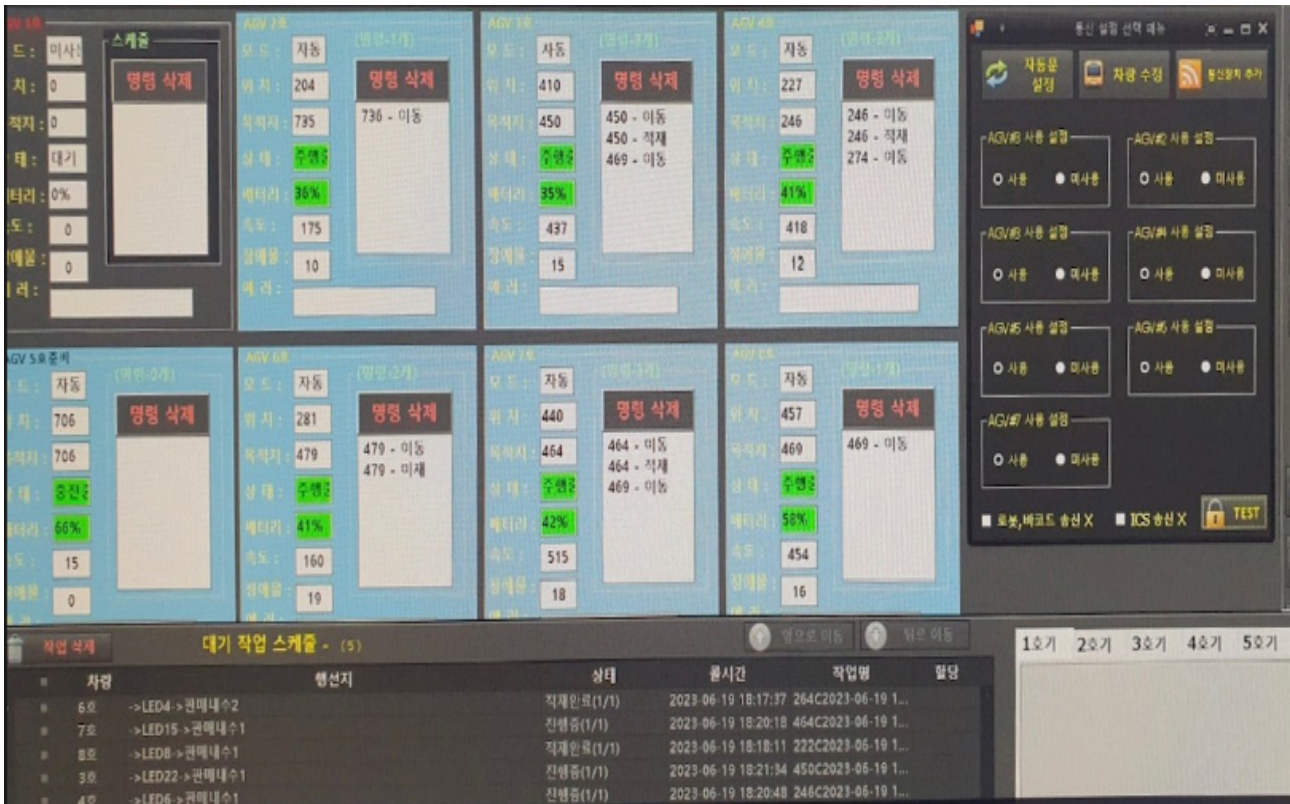
② 위험성 결정에 따른 위험성 감소 대책 시행 결과								
번호	구분	위험한 사건 (표지)	위험성 감소 대책	위험성 재추정	위험성 재평가	은 거		
				S F O A	(점)	은 거 (점)		
1	5.1	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	1. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)			1. 0점 (0점/100점) 2. 0점/20점 (0점/20점) 3. 0점/20점 (0점/20점) 4. 0점/20점 (0점/20점) 5. 0점/20점 (0점/20점) 6. 0점/20점 (0점/20점)		
	5.2	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	2. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)					
	5.3	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	3. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)					
	5.4	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	4. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)	2	1		1	2
	5.5	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	5. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)					
	5.6	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	6. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)					

③ 위험성 추정 및 결정							
번호	위험 원인	사건	위험내용	구분	위험한 사건	위험성 추정	
					발생 가능성	S F O A	
1	기어 위험요소		기어 이송 / 기어 회전 / 코딩이동 / 기어회전 / 기어회전 / 기어회전	5.4	작업중행시 사고 발생 시 사고를 유발할 위험이 높음. 위험을 최소화하기 위하여 추가 사고 발생 가능성 존재	중등, 저위	2 1 2 2 3
				5.5	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	중등, 저위	2 3 3 2 4
				5.6	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	중등, 저위	2 1 2 2 3
				5.7	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	중등, 저위	2 1 2 2 3

④ 위험성 결정에 따른 위험성 감소 대책 시행 결과						
번호	구분	위험한 사건 (표지)	위험성 감소 대책	위험성 재추정	위험성 재평가	은 거
				S F O A	(점)	은 거 (점)
2	5.1	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	1. 브레이크 기능 추가 및 강화 (가동/정지)			1. 0점 (0점/100점) 2. 0점/20점 (0점/20점) 3. 0점/20점 (0점/20점) 4. 0점/20점 (0점/20점) 5. 0점/20점 (0점/20점) 6. 0점/20점 (0점/20점)
	5.2	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	2. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)			
3	5.3	위험성이 소위되는 경우, 위험을 최소화하기 위하여, 안전 장치를 사용하여, 충돌, 비상 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	3. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)			1. 0점 (0점/100점) 2. 0점/20점 (0점/20점) 3. 0점/20점 (0점/20점) 4. 0점/20점 (0점/20점) 5. 0점/20점 (0점/20점) 6. 0점/20점 (0점/20점)
	5.4	위험성을 줄이기 위해, 사건의 발생을 방지, 충돌, 수동수 정지, 긴급 정지, 브레이크, 비상 정지 등 조치	4. 비상정지(EMERGENCY STOP) 기능 추가 및 강화 (가동/정지)			

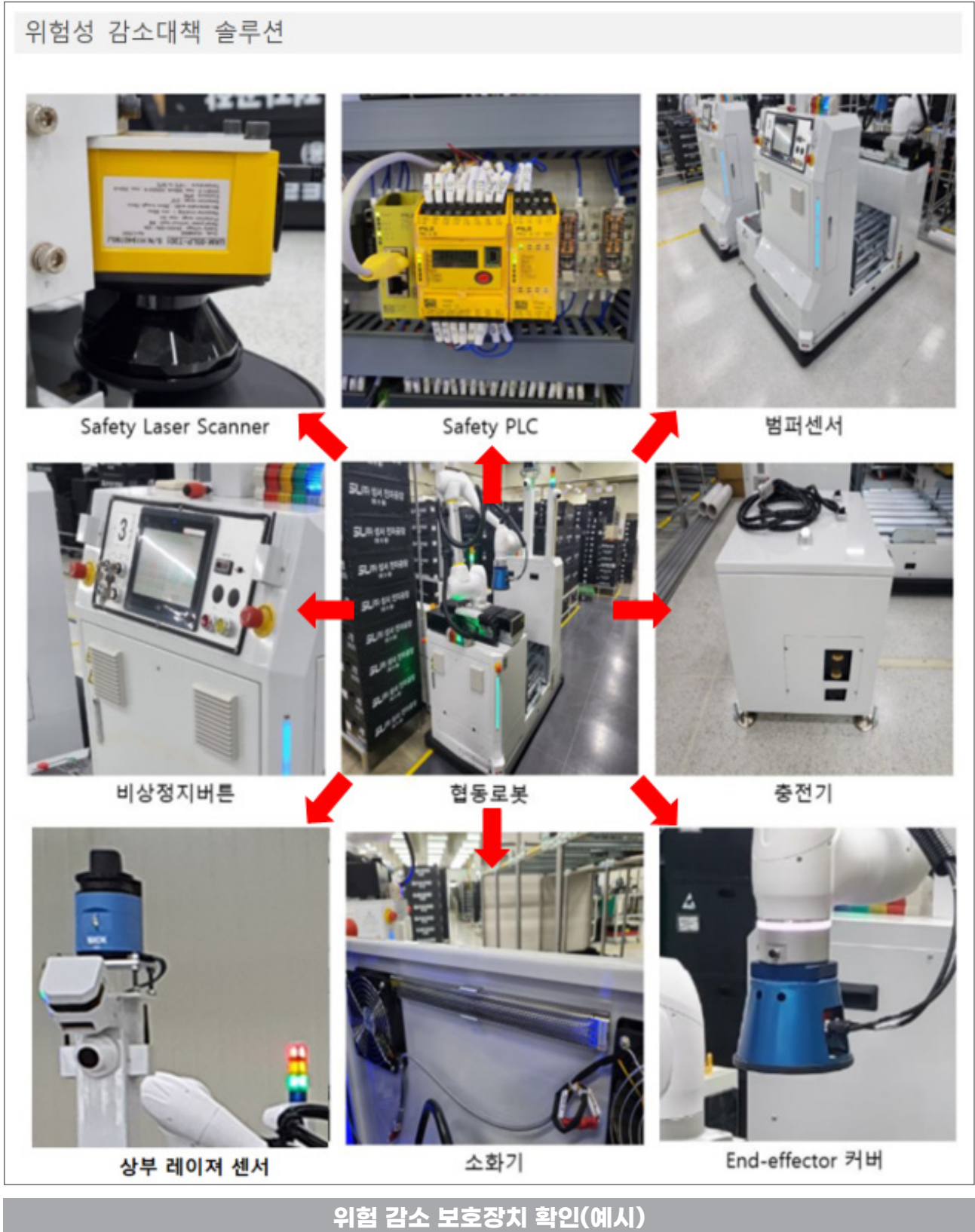
협동작업 위험성 평가 실시결과(예시2)

- (원격 정지) 원격으로 로봇을 정지시킬 수 있는 기능 <IEC 62745, 4.7.3.2>

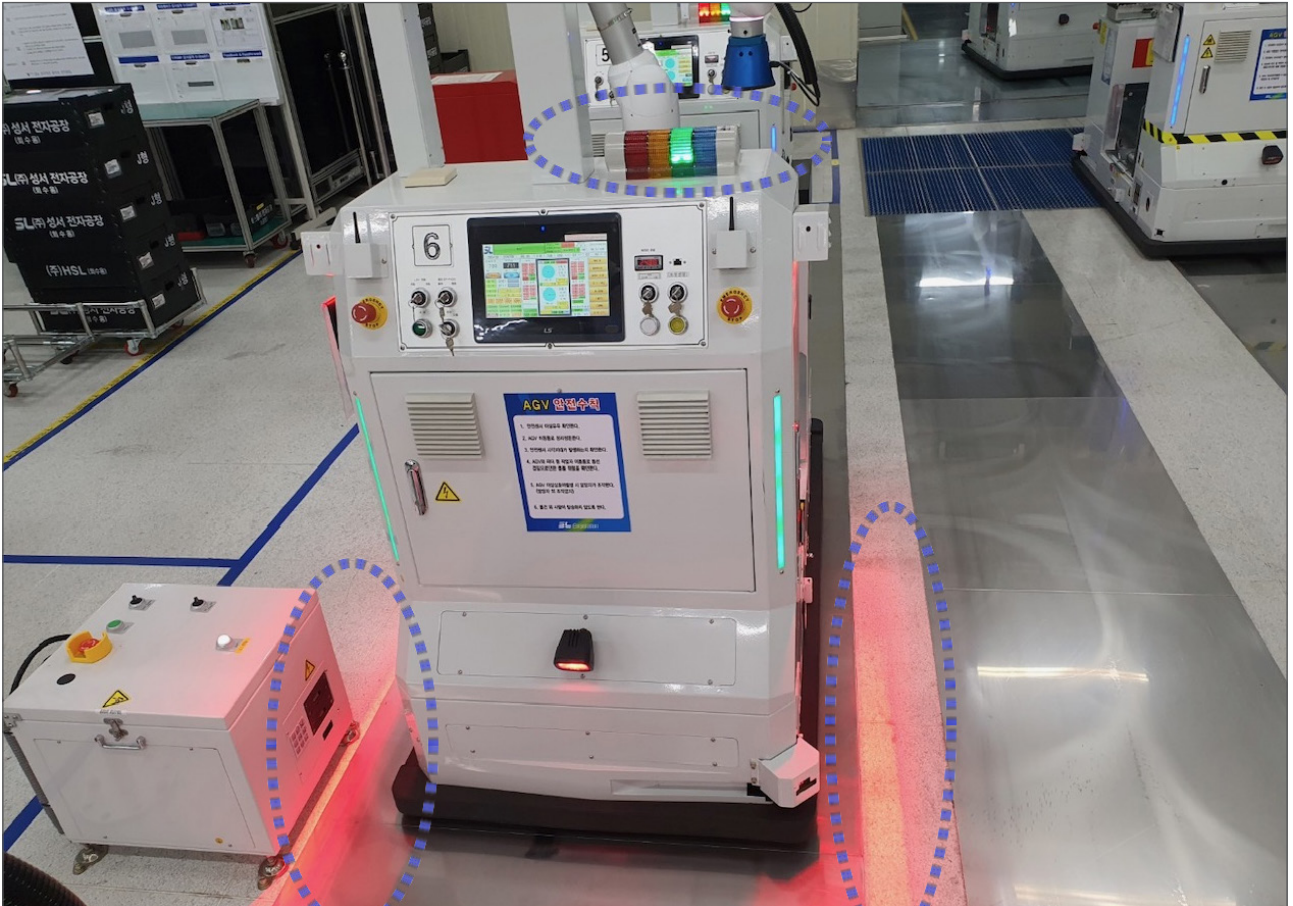


원격 정지 구현 기능(예시)

- (안전성능 등 확인) 위험원 접근을 방지하기 위해 설치된 보호장치 및 필요한 보호구 등 확인
 (KS B ISO 10218-2, 6.4)



- (도킹) 도킹 과정 중 위험 대상 감지 여부, 알림, 경고 및 이동 플랫폼의 속도 등 안전 사항 확인
(KS B ISO 3691-4, 4.10, 부속서A)



도킹 시 안전 확인(예시)

고정식·이동식 산업용 로봇의

협동작업 안전 가이드



고용노동부

산업재해예방

안전보건공단

