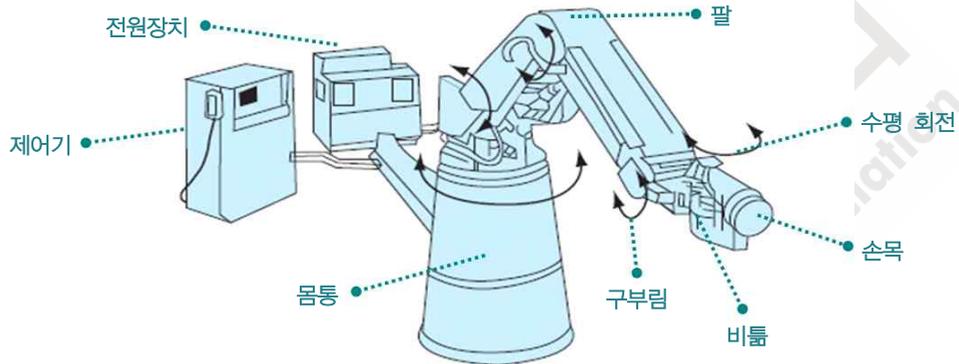


1. 산업용 로봇이란?

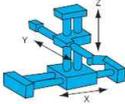
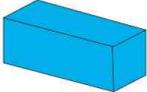
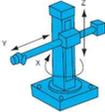
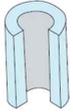
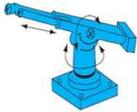
산업용 로봇이란 산업자동화 응용을 위한 자동제어와 프로그램이 가능한 매니플레이터*를 구비하고 고정 또는 이동이 가능한 로봇을 말하며, 주요 구조부로는 매니플레이터, 전기·유압 및 공압 동력 공급설비(power unit), 본체 회전용 구동부가 있다.



〈산업용 로봇의 기본구조〉

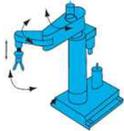
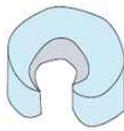
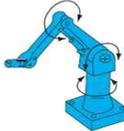
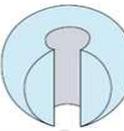
2. 산업용 로봇의 종류

산업용 로봇은 작업방법에 따라 다양한 종류의 운동방향을 가지며, 이에 따라 직각좌표형 로봇, 원통좌표형 로봇, 극좌표형 로봇, 다관절형 로봇(수평, 수직)으로 나뉜다.

| 구분 | 내용 | | |
|----------|--|---|---|
| 직각좌표형 로봇 | 서로 직각인 2축 이상 운동의 조합으로 공간상의 한 점을 결정해주는 로봇이다. 기계적 강도 및 정도가 높아 정밀 조립이나 핸들링(Handling), 검사 등에 사용되거나 작업공간의 제약이 단점이다. |  |  |
| | | 〈구조〉 | 〈작업영역〉 |
| 원통좌표형 로봇 | 원통좌표형식의 운동으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇이다. 작업영역이 넓고 작업공간의 유연성이 있으며 위치 결정의 정밀도가 높아 핸들링용으로 주로 사용된다. |  |  |
| | | 〈구조〉 | 〈작업영역〉 |
| 극좌표형 로봇 | 극좌표형식의 운동으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇이다. 작업영역이 넓고 손끝의 속도가 빠르며 팔을 지면에 대하여 경사진 위치로 이동 할 수 있으므로 주로 용접, 도장 등의 작업에 사용된다. |  |  |
| | | 〈구조〉 | 〈작업영역〉 |

* 매니플레이터 : 인간의 팔과 유사한 기능을 가지고, 다음 중 몇 개의 작업을 실시할 수 있는 것을 말한다.

- ① 그 선단부에 맞는 메커니컬 핸드, 흡착 장치 등에 의해 물체를 파지하고 공간으로 이동시키는 작업
- ② 그 선단부에 설치된 도장용 스프레이 건, 용접 토치 등의 공구에 의한 도장, 용접 등의 작업

| | | |
|---------|---|---|
| 다관절형 로봇 | 회전운동을 하는 관절들의 조합으로 공간상의 한 점을 결정하는 로봇이다. 작업면에 대하여 수평으로 하는 수평 다관절 로봇과 작업면에 대하여 수직운동을 하는 수직 다관절형 로봇이 있다. | |
| | 수평 다관절형 로봇 | 수직 다관절형 로봇 |
| |  〈구 조〉 |  〈작업영역〉 |
| |  〈구 조〉 |  〈작업영역〉 |

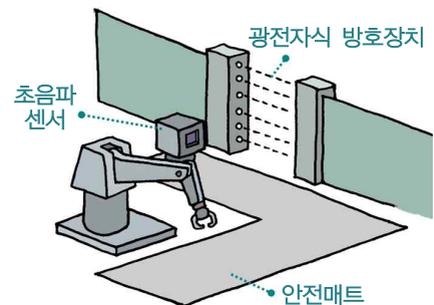
3. 산업용 로봇의 안전장치

3.1 격리형 방호장치

- 로봇의 운전으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 높이 1.8m 이상의 울타리(로봇의 가동범위 등을 고려하여 높이로 인한 위험성이 없는 경우에는 높이를 그 이하로 조절할 수 있다)를 설치하여야 한다.
- 출입문에 잠금장치 또는 개방 시 자동으로 산업용 로봇이 정지하도록 인터록 장치 또는 안전플러그를 설치하여야 한다.
- 작업을 하고 있는 동안 로봇의 기동스위치 등에 '작업중'이라는 표시를 하는 등 작업에 종사하고 있는 근로자가 아닌 사람이 그 스위치 등을 조작할 수 없도록 하여야 한다.

3.2 감응형 방호장치

- **광전자식 방호장치** : 투광기와 수광기로 구성되고 단일 또는 여러 줄기의 광선 또는 이들의 조합에 의해 감응 시 로봇을 정지하는 장치
- **전자 감응식 방호장치** : 사람이나 물체의 접근을 탐지하는 원리로 사람이나 원하지 않는 물체가 탐지되는 경우 동작이 개시되지 않도록 하는 장치
- **입력 감응식 안전매트** : 매트 위에서 서 있는 사람의 체중에 의한 압력을 감지하여 위험한 동작을 정지시킬 수 있도록 하는 장치



3.3 기타 방호장치

- **비상정지장치** : 로봇 사용 중 비상상황 발생 시 스위치를 눌러 로봇의 위험 동작을 정지시키는 장치
- **양수조작식 제어장치** : 이 방식은 동력 프레스에 많이 사용하는 것으로서 다른 방호장치의 설치가 부적합할 경우 적용
- **브레이크** : 수직 다관절형 로봇처럼 동력원이 끊겼을 때 로봇 팔을 붙잡아 중력에 의한 로봇 팔(Arm)의 낙하를 방지하기 위한 장치

4. 산업용 로봇의 주요 위험요인

✓ 주요 위험요인

- 산업용 로봇 작동 범위 내 작업자 임의 출입으로 인한 로봇과 부딪힘
- 작업 완료 후 제품 취출 과정에서 로봇 오작동으로 인한 부딪힘
- 수리, 정비 등의 비정상작업 중 로봇 오작동으로 인한 부딪힘
- 전기누전에 의한 감전사고 위험

5. 산업용 로봇 안전수칙

- 가동 전에 위험구역 내에 사람이 있는지 확인한다.
- 로봇의 작업(용접, 도장 등)에 의한 위험을 미리 고려한다.
- 모든 방호장치는 정상적으로 작동하도록 유지한다.
- 위험구역(로봇 가동에 의하여 상해를 입을 수 있는 공간 또는 방호물 내부) 내에 진입할 때에는 정상적인 접근절차를 준수한다.
- 교시**, 보수 등의 절차에 대한 규정을 미리 정하여 놓고 이 규정에 따라 작업한다.
- 2인 이상 작업 시 의사전달 방법을 미리 정한다.
- 위험구역 내에서 작업하는 자는 비상정지를 할 수 있는 장치를 각각 휴대하고 작업자 이외에는 해당 로봇을 조작하지 않도록 미리 조치한다.
- 보수작업은 잔류동력을 완전히 소멸시키고 로봇을 물리적으로 가장 안정된 상태로 유지시킨 후 실시한다.
- 교시, 보수작업 시 주변의 다른 로봇이나 설비에 의한 위험이 없도록 적절한 방호수단을 강구한다.
- 공구 등의 교환은 위험구역 밖에서 실시한다.
- 로봇의 위험구역 내에서 작업하는 자가 로봇의 가동부분 전체를 파악할 수 없을 때에는 감시인을 둔다.
- 필요한 경우 개인보호구를 착용한다.
- 위험구역 내에서의 작업은 로봇이 완전히 정지해 있는 상태에서 실시한다.



6. 산업용 로봇 안전작업방법

6.1 작업 전 점검

- 작업개시 전에 방호장치가 정상적인 성능을 발휘하는지 확인한다.
- 가동 전에 위험구역 내에 사람이 있는지 확인한다.
- 전원투입 후 로봇의 정상작동 여부, 각종 표시램프의 이상유무, 방호장치의 성능 등을 방호구역 밖에서 점검한다.

6.2 교시

- 교시는 원칙적으로 방호구역 밖에서 실시한다.
- 교시는 이상상황 발생 시 대처요령을 숙자훈련되어있는 허가된 자가 정해진 순서에 따라 작업한다.
- 제동장치와 비상정지장치의 기능 및 재가동할 경우 이상상태가 완전히 해제되었는지 확인한다.
- 복수작업자가 작업하는 경우 상호간에 신호방법을 미리 정해 놓는다.
- 교시작업자는 비상정지장치 내지 수단을 가지고 있어야 하고, 방호구역 밖의 다른 사람이 운전하지 않도록 조치한다.
- 교시하는 자가 로봇의 전체 작동상태에 대하여 파악할 수 없을 때는 별도의 감시인을 배치한다.
- 외부 전선의 피복 또는 외장의 손상 유무를 확인한다.
- 매니퓰레이터 작동의 이상 유무를 확인한다.

6.3 운전

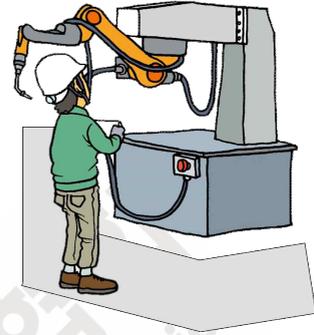
- 전원이 투입된 상태에서는 로봇의 작업공구 교환을 하지 않는다.
- 로봇이 단순히 계산을 위하여 정지한 경우에 로봇의 고장으로 착각하는 경우가 많으므로 특히 주의한다.
- 가동 중 이상이 발생하여 위험구역 내에 진입할 필요가 있을 때에는 반드시 로봇의 운전을 정지시키고 진입하는자 이외의 자가 로봇을 조작하지 않도록 조치하고 진입한다.



** 교시 : 매니퓰레이터(manipulator)의 작동순서, 위치·속도의 설정·변경 또는 그 결과를 확인하는 것을 말한다.

6.4 유지보수

- 정기점검의 기준을 정해 놓고 이에 따라 정기적인 점검보수를 실시한다.
- 보수작업은 해당 로봇에 대해 충분한 지식과 기술을 가지고 해당 보수작업이 수반하는 위험에 대해 교육·훈련된 자가 실시한다.
- 보수작업 절차규정을 확립하여 놓는다.
- 제작사 직원에 의한 보수도 동일한 안전기준을 적용한다.
- 위험구역 내로 접근할 때에는 연동장치가 설치된 출입문이나 기타 방호장치에 의하여 방호되는 출입구를 통한 정상적인 접근절차를 준수한다.
- 동력원을 차단하며 잔류동력(유압, 공기압, 잔류전원 등)은 완전히 소멸시키고 해당 로봇을 가장 낮은 위치로 유지시키는 등 가장 안정된 상태로 만든다.
- 2인 이상이 작업할 경우 의사전달 방법을 강구하고 각자 즉각적인 비상정지가 가능하도록 한다.
- 주변의 다른 로봇이나 설비에 의한 위험이 없도록 적절한 방호수단(임시방책 등)을 강구한다.
- 운전을 재개하고자 할 때에는 방호장치의 성능확인 시험을 시행한다.



7. 산업용 로봇 안전검사

산업안전보건법 제36조에 따라 유해하거나 위험한 기계·기구 및 설비를 사용하는 사업주가 유해·위험기계 등의 안전에 관한 성능이 안전검사 기준에 적합한지 여부에 대하여 안전검사기관으로부터 안전검사를 받도록 하고 있다.

2016년 10월 27일 산업안전보건법 시행령 제28조의6(안전검사 대상 유해·위험기계 등)이 개정됨에 따라 산업용 로봇도 안전검사를 실시하여야 한다.

안전검사 대상 적용범위

- 3개 이상의 회전관절을 가지는 다관절 로봇이 포함된 산업용 로봇 셀에 적용
다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우는 제외
- 가. 공구중심점(TCP)의 최대 속도가 250mm/s 이하인 로봇으로만 구성된 산업용 로봇 셀
 - 나. 각 구동부 모터의 정격출력이 80W 이하인 로봇으로만 구성된 산업용 로봇 셀
 - 다. 최대 동작영역이 로봇 중심축으로부터 0.5m 이하인 로봇 으로만 구성된 산업용 로봇 셀
 - 라. 설비 내부에 설치되어 사람의 접근이 불가능한 셀
 - 마. 재료 등의 투입구와 배출구를 제외한 상·하·측면이 모두 격벽 으로 둘러싸인 셀
 - 바. 도장공정 등 생산 품질 등을 위하여 정상운전 중 사람의 출입이 금지되는 장소에 설치된 셀
 - 사. 로봇 주위 전 둘레에 높이 1.8m 이상의 방책이 설치된 것으로 방책의 출입문을 열면 로봇이 정지되는 셀
 - 아. 연속적으로 연결된 셀과 셀 사이에 인접한 셀로서, 셀 사이에는 방책, 감응형 방호장치 등이 설치되고, 셀 사이를 제외한 측면에 높이 1.8m 이상의 방책이 설치된 것으로 출입문을 열면 로봇이 정지되는 셀

| 설비 설치일 | 안전검사 기한 |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 2017.10.28. 이전 설치·사용 설비 | 2018.12.31. 까지 최초 안전검사를 받은 후 매 2년 마다 |
| 2017.10.29. 이후 설치·사용 설비 | 설비 설치일 이후 3년 이내 최초 안전검사를 받은 후 매 2년 마다 |

8. 산업용 로봇 특별안전보건교육

산업용 로봇 작업에 종사하는 근로자는 16시간 이상의 특별안전보건교육을 이수하여야 한다.

○ 교육내용

- 로봇의 기본원리·구조 및 작업방법에 관한 사항
- 안전시설 및 안전기준에 관한 사항
- 이상 발생 시 응급조치에 관한 사항
- 조직방법 및 작업순서에 관한 사항

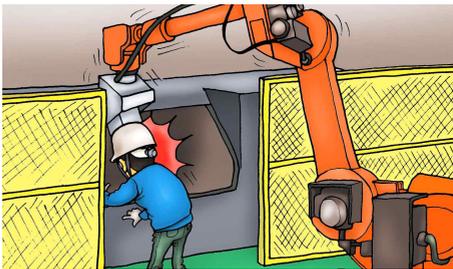
9. 주요 관계 법령 【산업안전보건기준에 관한 규칙】

| | |
|------------------------------------|---|
| <p>제222조 (교시 등)</p> | <p>사업주는 산업용 로봇(이하 "로봇"이라 한다)의 작동범위에서 해당 로봇에 대하여 교시(敎示) 등[매니플레이터(manipulator)의 작동순서, 위치·속도의 설정·변경 또는 그 결과를 확인하는 것을 말한다. 이하 같다]의 작업을 하는 경우에는 해당 로봇의 예기치 못한 작동 또는 오(誤)조작에 의한 위험을 방지하기 위하여 다음 각 호의 조치를 하여야 한다. 다만, 로봇의 구동원을 차단하고 작업을 하는 경우에는 제2호와 제3호의 조치를 하지 아니할 수 있다. <개정 2016. 4. 7.></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다음 각 목의 사항에 관한 지침을 정하고 그 지침에 따라 작업을 시킬 것 <ul style="list-style-type: none"> 가. 로봇의 조작방법 및 순서 나. 작업 중의 매니플레이터의 속도 다. 2명 이상의 근로자에게 작업을 시킬 경우의 신호방법 라. 이상을 발견한 경우의 조치 마. 이상을 발견하여 로봇의 운전을 정지시킨 후 이를 재가동시킬 경우의 조치 바. 그 밖에 로봇의 예기치 못한 작동 또는 오조작에 의한 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치 2. 작업에 종사하고 있는 근로자 또는 그 근로자를 감시하는 사람은 이상을 발견하면 즉시 로봇의 운전을 정지시키기 위한 조치를 할 것 3. 작업을 하고 있는 동안 로봇의 기동스위치 등에 작업 중이라는 표시를 하는 등 작업에 종사하고 있는 근로자가 아닌 사람이 그 스위치 등을 조작할 수 없도록 필요한 조치를 할 것 |
| <p>제223조 (운전 중 위험 방지)</p> | <p>사업주는 로봇의 운전(제222조에 따른 교시 등을 위한 로봇의 운전과 제224조 단서에 따른 로봇의 운전은 제외한다)으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 높이 1.8미터 이상의 울타리(로봇의 가동범위 등을 고려하여 높이로 인한 위험성이 없는 경우에는 높이를 그 이하로 조절할 수 있다)를 설치하여야 하며, 컨베이어 시스템의 설치 등으로 울타리를 설치할 수 없는 일부 구간에 대해서는 안전매트 또는 광전자식 방호장치 등 감응형(感應形) 방호장치를 설치하여야 한다. 다만, 고용노동부장관이 해당 로봇의 안전기준이 「산업표준화법」 제12조에 따른 한국산업표준에서 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합한다고 인정하는 경우에는 본문에 따른 조치를 하지 아니할 수 있다. <개정 2016. 4. 7., 2018. 8. 14.></p> |
| <p>제224조 (수리 등 작업 시의 조치 등)</p> | <p>사업주는 로봇의 작동범위에서 해당 로봇의 수리·검사·조정(교시 등에 해당하는 것은 제외한다)·청소·급유 또는 결과에 대한 확인작업을 하는 경우에는 해당 로봇의 운전을 정지함과 동시에 그 작업을 하고 있는 동안 로봇의 기동스위치를 열쇠로 잠근 후 열쇠를 별도 관리하거나 해당 로봇의 기동스위치에 작업 중이란 내용의 표지판을 부착하는 등 해당 작업에 종사하고 있는 근로자가 아닌 사람이 해당 기동스위치를 조작할 수 없도록 필요한 조치를 하여야 한다. 다만, 로봇의 운전 중에 작업을 하지 아니하면 안되는 경우로서 해당 로봇의 예기치 못한 작동 또는 오조작에 의한 위험을 방지하기 위하여 제222조 각 호의 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.</p> |

【중대재해사례】

I. 재해발생개요

굴삭기 부품 생산 사업장의 CNC 가공공정에서 한 근로자가 산업용로봇 가동범위에 진입하여 CNC 선반 내 제품의 가공상태를 확인하던 중, 자동모드의 로봇이 작동하면서 해당 근로자가 가공품과 로봇 그리퍼 사이에 끼여 사망한 재해임.



〈 사진1 : 재해상황도 〉



〈 사진2 : 기인물 〉

II. 재해발생원인

- 로봇의 작동범위에서 수리 등의 작업을 하는 경우 해당 로봇의 운전을 정지한 후 작업을 해야 하나, 로봇을 정상 작동상태인 '자동모드'로 하여 작업을 실시
- 해당 로봇작업 구역은 높이 1.8미터의 방책과 출입문에 연동장치(안전플러그)가 설치되어 있었으나, 연동장치의 기능을 해제한 상태로 출입

III. 재발방지계획

- 로봇의 작동범위에서 해당 로봇의 수리 등의 작업을 하는 경우에는 로봇의 운전을 정지함과 동시에 로봇의 기동스위치를 열쇠로 잠근 후 열쇠를 별도 관리하거나, 표지판을 부착하는 등의 조치를 해야 함
- 출입문에 설치한 연동장치는 해체하거나 사용을 정지해서는 안되며, 항상 정상적인 기능을 발휘하도록 유지·관리하여야 함

IV. 관련 법규

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
제93조(방호장치의 해체 금지) ① 사업주는 기계·기구 또는 설비에 설치한 방호장치를 해체하거나 사용을 정지해서는 아니 된다. 다만, 방호장치의 수리·조정 및 교체 등의 작업을 하는 경우에는 그러하지 아니하다.
 ② (생략)
제223조(운전 중 위험 방지) 사업주는 로봇의 운전(제222조에 따른 교시 등을 위한 로봇의 운전과 제224조 단서에 따른 로봇의 운전은 제외한다)으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 높이 1.8미터 이상의 울타리(로봇의 가동범위 등을 고려하여 높이로 인한 위험성이 없는 경우에는 높이를 그 이하로 조절할 수 있다)를 설치하여야 하며, 컨베이어 시스템의 설치 등으로 울타리를 설치할 수 없는 일부 구간에 대해서는 안전매트 또는 광전자식 방호장치 등 감응형(感應形) 방호장치를 설치하여야 한다. (생략)
제224조(수리 등 작업 시의 조치 등) 사업주는 로봇의 작동범위에서 해당 로봇의 수리·검사·조정(교시 등에 해당 하는 것은 제외한다)·청소·급유 또는 결과에 대한 확인작업을 하는 경우에는 해당 로봇의 운전을 정지함과 동시에 그 작업을 하고 있는 동안 로봇의 기동스위치를 열쇠로 잠근 후 열쇠를 별도 관리하거나 해당 로봇의 기동스위치에 작업 중이란 내용의 표지판을 부착하는 등 해당 작업에 종사하고 있는 근로자가 아닌 사람이 해당 기동스위치를 조작할 수 없도록 필요한 조치를 하여야 한다. (생략)

※ 자료출처: 안전보건공단 홈페이지 홈 > 정보마당 > 산업재해 통계 > 국내 재해사례 > 기계

안전보건교육일지

| | | | | |
|--------|--|--|--|--|
| 결 재 | | | | |
| | | | | |

| 교육일시 | 년 월 일 : ~ : (시간) | | | | |
|---|---|--|--|-----|----------------|
| 사업 내 안전보건교육 (산안법 시행 규칙 제33조 제1항 관련) | 교육과정 | 교육대상 | | | 교육시간 |
| | □ 정기교육 | 사무직 종사 근로자 | | | 매분기 3시간 이상 |
| | | 사무직 종사 근로자 외의 근로자 | 판매업무에 직접 종사하는 근로자 | | 매분기 3시간 이상 |
| | | | 판매업무에 직접 종사하는 근로자 외의 근로자 | | 매분기 6시간 이상 |
| | □ 채용 시 | 일용근로자 | | | 1시간 이상 |
| | | 일용근로자를 제외한 근로자 | | | 8시간 이상 |
| | □ 작업내용 변경 시 | 일용근로자 | | | 1시간 이상 |
| | | 일용근로자를 제외한 근로자 | | | 2시간 이상 |
| | □ 특별교육 | 별표8의 2 제1호라목 각 호(제40호는 제외한다)의 어느 하나에 해당하는 작업에 종사하는 일용근로자 | | | 2시간 이상 |
| | | 별표 8의2 제1호라목제40호의 타워크레인 신호작업에 종사하는 일용근로자 | | | 8시간 이상 |
| 별표8의 2 제1호라목 각 호의 어느 하나에 해당하는 작업에 종사하는 일용근로자를 제외한 근로자 | | | - 16시간 이상 (최초 작업에 종사하기 전 4시간 이상 실시하고 12시간은 3개월 이내에서 분할하여 실시 가능) - 단기간 또는 간헐 작업 2시간 이상 | | |
| 교육인원 | 구 분 | 계 | 남 | 여 | 비 고 |
| | 대 상 인 원 | | | | 【교육 참석자 명단】 참조 |
| | 참 석 인 원 | | | | |
| 교육제목 | 산업용 로봇 작업안전 | | | | |
| 교육내용 | 1. 산업용 로봇이란? 2. 산업용 로봇의 종류 3. 산업용 로봇의 안전장치 4. 산업용 로봇의 주요 위험요인 5. 산업용 로봇 안전수칙 6. 산업용 로봇 안전작업방법 7. 산업용 로봇 안전검사 8. 산업용 로봇 특별안전보건교육 9. 주요 관계 법령 ※ 중대재해사례 | | | | |
| 교육장소 및 실시자 | 교육장소 | 직 명 | | 성 명 | |
| | | | | | |

< 교육 참석자 명단 >

| 연 번 | 소 속 | 성 명 | 서 명 | 연 번 | 소 속 | 성 명 | 서 명 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | | | | 21 | | | |
| 2 | | | | 22 | | | |
| 3 | | | | 23 | | | |
| 4 | | | | 24 | | | |
| 5 | | | | 25 | | | |
| 6 | | | | 26 | | | |
| 7 | | | | 27 | | | |
| 8 | | | | 28 | | | |
| 9 | | | | 29 | | | |
| 10 | | | | 30 | | | |
| 11 | | | | 31 | | | |
| 12 | | | | 32 | | | |
| 13 | | | | 33 | | | |
| 14 | | | | 34 | | | |
| 15 | | | | 35 | | | |
| 16 | | | | 36 | | | |
| 17 | | | | 37 | | | |
| 18 | | | | 38 | | | |
| 19 | | | | 39 | | | |
| 20 | | | | 40 | | | |