

KOSHA GUIDE

X - 65 - 2013

생산설비 보전작업시의 리스크 평가지침

2013. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 사단법인 한국안전학회
충북대학교 안전공학과 임현교
- 제·개정 경과
 - 2013년 9월 리스크관리분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - KOSHA GUIDE X-1-2011 (리스크 관리의 용어 정의에 관한 지침)
 - KOSHA GUIDE X-2-2012 (리스크 관리 절차에 관한 지침)
 - KOSHA GUIDE X-3-2012 (리스크 평가 절차에 관한 지침)
 - 土木工事安全施工技術指針, 國關整技調第11号の2, 2009.
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2013년 11월 6일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

생산설비 보전작업시의 리스크 평가 지침

1. 목 적

이 지침은 생산설비의 보전작업시의 사고를 예방하기 위하여 작업 전후 단계에서 수행되는 리스크 평가에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 생산설비의 보전시에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “보전(Maintenance)”이라 함은 요구 기능을 수행할 수 있는 상태로 품목을 유지 또는 복구하기 위한 모든 기술적 행정적 행위의 조합(감독행위 포함)을 의미한다. 그러므로, 보전이라 함은 유지, 보수, 정비를 총칭한다 (KSA IEC60706-2; 2008, IEV 191-02-07; 1990).

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 및 KOSHA GUIDE X-1-2011(리스크 관리의 용어 정의에 관한 지침)에서 정하는 바에 의한다.

4. 보전의 일반적 절차

4.1 보전의 목적

보전은 생산설비의 기능을 유지하는 한편 사용자 또는 작업자의 편의와 안전

을 도모하기 위하여 수행된다. 구체적인 목적은 다음과 같다.

(1) 생산설비의 기능 유지

생산설비의 고장을 회복시켜 기능을 유지한다.

(2) 사용연한의 연장

생산설비의 마모 및 부식을 예방하여 사용연한을 연장한다.

(3) 생산비용의 절감

생산성을 향상시킴으로써 생산비용을 절감한다.

(4) 사고 및 직업병의 예방

원활한 기능발휘를 통하여 사용자 및 작업자의 사고 및 직업병을 예방한다.

4.2 보전의 종류

(1) 예방보전 (Preventive Maintenance)

고장이 생기기 전에 주기적으로 실시하는 보전활동으로, 적정주기를 정하고 그 주기에 따라 수리·교환한다. 적정주기의 선정에는 해당 생산설비가 열화 되는데 따라 가장 크게 변화하는 파라미터의 특성에 따라 수리주기를 정하는 방법(Time-Based Maintenance), 생산설비의 열화 상태를 파악하여 열화를 나타내는 값이 미리 정한 열화 기준에 달하면 수리하는 방법(Condition-Based Maintenance)등이 있다.

(2) 긴급보전 (Emergency Maintenance)

해당 생산설비나 기계에 고장이 발생했을 때, 고장의 확대나 사고발생을 예방하기 위하여 임시로 신속하게 생산설비의 기능을 회복시키기 위하여 실시되는 보전활동이다. 관련설비의 고장이 발생하지는 않았으나 고장예방을 위해 실시하는 보전활동도 여기에 포함된다.

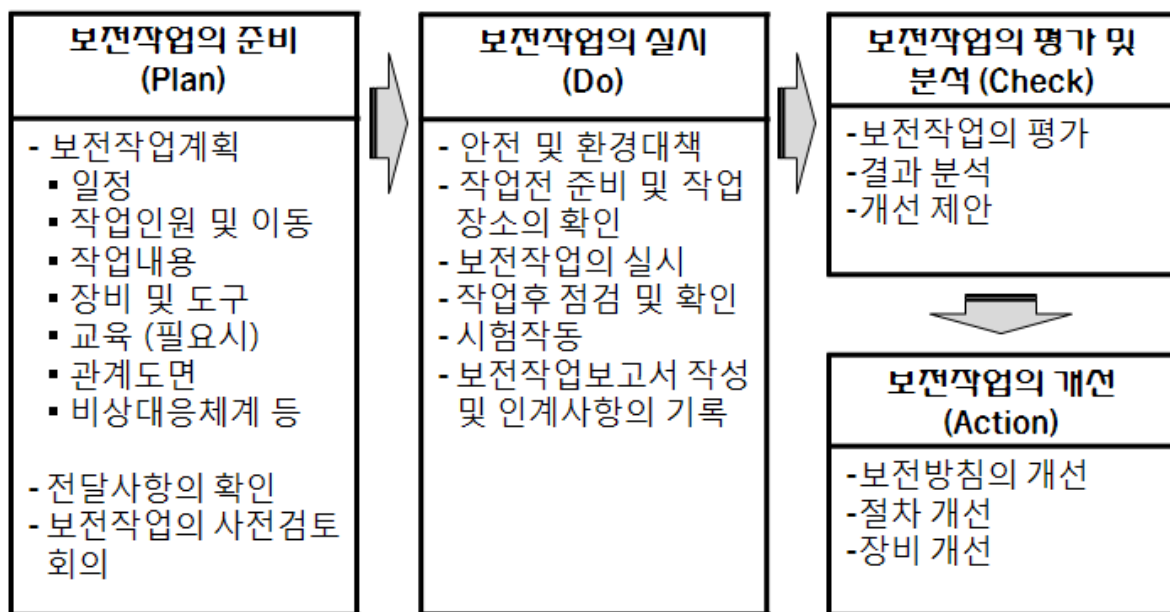
(3) 사후보전 (Corrective Maintenance)

생산설비, 장치 또는 기기의 기능저하나 기능정지가 발생된 후에 보수나 교환을 하는 보전활동으로, 발생한 고장에 대한 조치를 통해 생산설비나 장치의 기능을 복원하기 위해 실시하는 보전활동이다.

4.3 보전작업계획

보전작업계획에서는, 보전작업의 준비(Plan), 보전작업의 실시(Do), 보전작업의 평가 및 분석(Check), 보전작업의 개선(Action)에 대해서 관련 사항들을 검토하여 확실한 보전 작업을 실시할 것이 요구된다. <그림 1>은 기본적인 보전작업의 계획 순서를 나타낸다.

보전작업계획에서는 보전 시간의 단축이 과제로서 ‘보전작업의 준비 시간’을 단축하는 한편, 작업시간은 최대한 확보할 필요가 있다. 따라서, 예비품의 체계적 조달 및 관리를 포함한 조직적인 활동이 요구된다.



<그림 1> 보전작업의 계획 절차

(1) 보전작업의 준비

보전작업에 필요한 자료, 공구, 시험 설비, 예비품 등을 준비하고, 작업자의 이동, 정보 연락, 보전 데이터의 관리 등을 계획한다. 특히, 휴먼에러에 의한 오작업을 방지하는 것이 중요하다.

보전작업의 사전 검토회의에서는 분해, 조립 순서의 검토나 배치 계획에 컴퓨터 그래픽이 이용되기도 한다. 예를 들면, 대형 터빈의 정기 점검을 위한 분해, 조립의 검토시에는 작업 순서에 따라서 분해 시간, 분해된 부품류의

이동 시간, 및 보관 장소의 확인 등이 컴퓨터 그래픽을 이용해 검토되고 있다.

(2) 보전작업의 실시

보전작업의 실시 중에는 작업계획대로 진행되는가에 특히 주의하며 작업을 진행한다. 이때에는 특히 휴먼에러가 문제시되는데, 보전성 설계와 작업자의 교육 및 훈련 등에 의해 방지할 수 있다.

(3) 보전작업의 분석 및 평가

보전작업의 평가 및 분석은 보전작업의 개선을 제안하기 위한 것으로, 특히, 교환 부품은 빨리 폐기하지 않고 마모, 열화, 부식 등을 분석, 평가하여 보전작업의 빈도 등이나 보전성 설계를 개선하는 것이 효과적이다.

(4) 보전작업의 개선

제안된 사항에 대하여 개선을 실시하고, 그 사항을 기록하여 보관함으로써 추후 보전 활동시에 참고가 되도록 한다.

4.3 보전의 일반 절차

(1) 1단계 : 작업 준비

(가) 작업에 관한 이해

작업 목적과 방법, 작업환경, 과거 유사작업에서의 사고사례 등에 대하여 자료와 정보를 수집하고 이해한다.

(나) 작업 환경 적합성 검토 및 대책 수립

작업 수행 환경이 작업수행에 적절한지 정보를 수집하여 평가하고, 대책을 검토한다. 이때에는 특히, 다음 사항에 주의한다.

① 고소 작업 및 사다리에서의 추락 및 낙하

② 회전부의 끼임이나 말려들어감

③ 미끄러운 바닥에서의 미끄러짐이나 걸려 넘어짐

④ 밀폐공간에서의 질식 및 중독

⑤ 유해물질에 의한 화상

⑥ 생물학적 오염

⑦ 기타

(다) 세부 시행계획 작성

구체적인 작업 수행계획을 수립한다. 이때에는 다음의 내용이 포함되어야 한다.

① 작업순서

② 작업방법 및 공법

③ 작업 내용

④ 안전 확보방안

⑤ 다른 작업 팀과의 업무협조 사항

⑥ 작업 개시, 중지, 종료시의 연락 방법 및 연락처

⑦ 비상시의 조치사항 및 연락처

⑧ 기타

(라) 표준작업절차의 작성

가능한 공통적인 작업요소들을 중심으로 하여 기본적인 표준작업 절차서를 만들고, 평소 이를 기준으로 작업자 교육을 실시한다.

(마) 작업 공구 확인 및 장구 확인

작업 중에 필요한 보호구와 공구를 확인한다. 보호구의 착용을 지정받은 보전작업에서는, 소정의 보호구를 준비한다.

- ① 유기용제 취급 작업, 분진폐기, 그라인더 작업 등의 경우에는 보호마스크를 착용한다.
- ② 질식이나 중독의 위험이 있는 밀폐공간 작업의 경우에는 산소마스크를 착용한다.

(바) 작업 통제 및 구획 로프·표지판 설치

작업구역에는 작업관계자 이외의 불필요한 인력이 접근하지 않도록 조치한다.

- ① 로프, 바리케이드, 표지판 등을 설치하여 통제구역임을 고지한다.
- ② 특히 전원 통제 등 특수목적을 위해서는 록아웃(lock-out)이나 태그아웃(tag-out) 방법을 이용한다.

(사) 보전작업 중 동력통제 방법확인

보전작업 진행 중 불가피하게 동력이 필요한 경우에는 최소한의 구동 동력만 공급되도록 하고, 이 경우에도 작동가능한 안전장치의 작동을 확인한다.

(아) 작업영향 및 범위의 분석

작업진행 관련변수가 생산설비나 시설, 또는 다른 계통에 영향을 미치는지의 여부에 대하여 영향범위와 정도를 검토하고 확인한다.

(자) 보전작업 통제방법의 검토

작업 중 불가피한 경우나 긴급조치를 위하여 중지하여야 하는 경우에 대하여 중지 판단 기준, 복구 절차를 사전 검토한다.

(차) 작업에 관한 안전 교육

작업절차서의 작업 요령에 대하여 사전 검토하고, 작업 내용 및 위험점에 대한 교육을 실시한다.

(2) 2단계 : 작업 시행

(가) 작업 개시 미팅

작업 개시 전에 작업관계자 전원이 모여, 당일의 작업 순서, 절차에 대해 확인하고, 위험 개소에 대한 주의를 환기시키는 한편, 안전작업의지의 통일을 도모한다.

(나) 작업 책임자의 일관성 있는 지휘

작업을 총괄할 수 있는 책임자를 한 명 선임하여, 작업의 진행이나 중지는 전적으로 그 책임자의 지시에 따르도록 한다. 또한, 작업절차를 명확히 설정하고, 중요한 관리 포인트에서는 작업을 중지하고 확인한 후 진행조건이 충족되어야 다음 단계로 진행하도록 한다.

(다) 주변 작업환경 및 위험요인 변화에 대한 모니터링 및 대응

작업환경이나 상황이 항상 변화하고 있다는 점을 인식하고, 위험요인의 변화를 항상 주의 깊게 모니터링한다. 이때에는 다음에 주의한다.

① 보전작업이 중지되거나 중단될 수 있다는 점을 항상 염두에 두고 작업에 임해야 한다.

② 작업방법이나 시기 등 중요 변경사항에 대해서는 즉시 관계자에게 통보하여 확인을 받도록 한다. 이때에는 리스크 평가를 다시 실시하여야 한다.

(3) 3단계 : 작업 종료 및 마무리

(가) 작업 종료 여부 확인·점검

의도한 작업 목적이 달성되었는지 확인한다.

(나) 생산설비의 원상 복구 확인 점검

작업 대상이었던 생산설비, 시설 등이 원상복구 되었는지 육안 점검과 기능점검을 통하여 확인한다. 특히 이때에는 의도하지 않았던 손상이나 변경은 없는지 주의 깊게 검토한다.

(다) 작업 인원 및 장비·공구 등 수량 확인

보전작업에 투입된 인력과 장비, 공구 등의 수량이 모두 회수되었는지 확인한다.

(라) 보전작업에 대한 기록 및 보관

보전작업내용을 기록하고, 필요한 부분은 개선하여 추후 보전작업에 활용할 수 있도록 관리한다.

5. 보전작업시 리스크 평가지침

생산설비의 보전작업시에는 운용시와는 다른 방식의 작업을 진행하므로, 예상치 못한 사고가 발생할 수 있다. 이를 예방하기 위하여 다음과 같은 요령으로 리스크 평가를 실시한다.

5.1 평가 시기

보전작업시의 리스크 평가는 다음과 같은 때에 실시한다.

- (1) 생산설비의 보전작업을 실시하기 전
- (2) 작업 도중 부식, 마모, 기타 이유로 인하여 긴급 보수 및 정비의 필요성이 발생했을 때
- (3) 보전작업을 일정 기간 중지 후 다시 보전작업을 개시하려 할 때
- (4) 보전작업 후 마무리 정리할 때
- (5) 기타 보전작업과 관련하여 사업장에 무시할 수 없는 리스크가 발생할 것이라 예상되는 경우

5.2 평가 범위

보전작업시 실시하는 리스크 평가의 범위는 대상 생산설비의 수명주기 전체

를 대상으로 하며, 다음의 사항들을 포함한다.

- (1) 보전작업의 준비 및 사전조사
- (2) 보전작업의 방법 및 절차
- (3) 보전작업 후 생산설비의 운용 및 정지
- (4) 추후 보전작업

5.3 평가 대상

보전작업시 실시하는 리스크 평가는 대상이 되는 기계, 생산설비, 유해 위험 물질, 화재 폭발 물질, 방사능 물질, 공구 및 환경과 다음과 같은 사항에 대하여 주목하여야 한다.

- (1) 보전작업을 실시하는 대상 생산설비, 기계 등
- (2) 보전작업시 사용하는 소재, 부품, 제품, 장비, 공구 등
- (3) 보전작업시 반응할 것으로 예상되는 물질, 물체, 공구, 소재 등
- (4) 보전작업시 원재료나 생산물 등 유해·위험물질에 노출되는 작업자, 주변작업자, 관리자, 제3자 등
- (5) 보전작업시 원재료나 생산물 등이 노출되는 작업환경 등

5.4 평가 내용

보전작업시 리스크 평가는 다음과 같은 사항에 대하여 주목하여야 한다.

- (1) 기계적 위험요인
 - (가) 위험점이 노출된 가동부분

(나) 위험한 표면을 지닌 부품

(다) 불안정한 운송수단 및 작업도구

(라) 불안정한 부분

(마) 넘어짐(미끄러짐, 걸림, 헛디딤)

(바) 추락

(2) 전기적 위험요인

(가) 감전

(나) 아크

(다) 정전기

(3) 물질에 의한 유해·위험요인

(가) 가스

(나) 증기

(다) 에어로졸

(라) 유동액

(마) 고체

(바) 반응성 물질

(사) 방사선

(4) 생물학적 유해·위험요인

(가) 미생물, 바이러스 또는 생물학적 요인에 의한 감염 리스크

(나) 유전자 변형물질 (Genetically modified organism, GMO)

(다) 알레르기 및 미생물

(5) 화재 및 폭발 리스크

(가) 고체, 액체 및 가스로 인한 화재·폭발 리스크

(나) 복사열·폭발 압력

(다) 폭발물질

(6) 고열 및 한랭 유해·위험요인

(가) 고열에 노출

(나) 한랭에 노출

(7) 물리학적 작용에 의한 유해·위험요인

(가) 소음

(나) 초음파, 초저주파음

(다) 진동

(라) 저압 또는 고압 상태

(마) 질식

5.5 단계별 평가

보전작업을 작업 준비, 작업, 작업 종료의 3단계로 나누어 구분하여 평가를 진행한다.

5.5.1 작업 전 리스크 평가

(1) 사고사례 및 동향의 분석

과거 동일 또는 유사 생산설비의 보전 작업시 사고에 대해 조사한다. 과거 사고가 발생 했던 작업의 경우, 그 원인에 대해 위험성 평가를 실시한다.

(2) 작업자에 대한 평가

작업자의 경험 및 능력, 기술에 대한 위험성 평가를 실시한다. 특히, 작업자가 이전에 동일 또는 유사 생산설비의 보전작업의 경험이 있는지, 사고를 발생시킨 적이 있는지 확인한다. 작업 경험이 없거나 사고의 발생이 있던 경우, 더 세밀한 평가를 실시한다.

(3) 작업환경의 평가

주변 작업환경이 사고를 유발시킬 수 있는 환경인지, 작업에 적합한 환경인지 평가한다. 산소결핍, 유해·위험물질 누출, 기계적 위험점 존재, 물리적 환경, 전류의 흐름, 가연물의 존재, 기타 인체, 생산설비 등에 위험을 야기하는 환경조건 등이 이에 해당한다.

(4) 작업 장비 및 공구의 평가

작업에 이용되는 기계, 장비, 도구 등에 대하여 고유의 위험성, 빈발사고 유형 등을 평가한다.

(5) 작업계획 및 관리에 대한 평가

작업계획, 작업 통제, 일정관리가 적정한지 평가한다.

5.5.2 작업 중 리스크 평가

(1) 작업환경 및 유해·위험요인의 모니터링

작업 중에도 작업환경과 작업상황, 유해·위험요인은 변화한다는 사실을 인식하고, 지속적으로 모니터링한다.

(2) 변경점 관리

작업방법이나 시기 등 중요 변경사항에 대해서는 즉시 관계자에게 통보하여 확인을 받도록 한다. 이때에는 리스크 평가를 다시 실시한다.

5.5.3 작업 후 리스크 평가

(1) 작업종료시 리스크 평가

작업 종료 후 생산설비에 전원을 투입하기 전에는 대상 생산설비, 작업 환경, 그리고 작업자에 대하여 리스크 평가를 실시한다.

(2) 재가동시 리스크 평가

생산설비의 재가동시에는 대상 생산설비, 작업환경, 작업자를 대상으로 리스크 평가를 실시한다.

6. 특정 생산설비의 리스크 평가

6.1 누출위험 생산설비의 보전

유해·위험물질을 취급하는 생산설비의 경우에는 누출위험에 대한 리스크 평가를 실시한다.

6.2 화재위험 생산설비의 보전

취급물질이나 생산설비의 특성으로 인하여 화재위험이 있는 경우에는 화재 리스크 평가를 추가로 실시한다.

6.3 폭발위험 생산설비의 보전

취급물질이나 생산설비의 특성으로 인하여 폭발위험이 있는 경우에는 폭발 리스크 평가를 추가로 실시한다.

6.4 레이저 및 방사능위험 생산설비의 보전

생산공정이나 생산설비의 특성으로 인하여 레이저나 방사능을 취급하는 경우에는 해당 리스크 평가를 추가로 실시한다.

<부록 1>

생산설비 보전작업시의 리스크 평가 예시

다음의 평가 방법은 생산설비의 보전작업시 리스크를 평가하고자 하는 사업장에서 활용할 수 있는 리스크 평가 방법(곱셈법)의 예시이다. 사업장에서 수행되는 보전작업의 리스크 평가는 일반적으로 다음의 순서에 따라서 진행한다.

① 리스크 중대성(강도)의 분석

리스크 중대성(강도)이란 특정 목적에 영향을 미치는 사상의 산출물을 말한다.

<표 1> 리스크 중대성(강도)의 평가 기준

중대성 (강도)	평가 기준	리스크 평점
대	<ul style="list-style-type: none"> · 사망 재해 또는 기타 신체 부위에 영구적인 손상을 수반하는 것 · 1개월 이상의 휴업 재해를 수반하는 것 	3
중	<ul style="list-style-type: none"> · 1개월 미만의 휴업 재해를 수반하는 것 	2
소	<ul style="list-style-type: none"> · 불휴 재해나 찰과상 정도의 피해를 수반하는 것 	1

② 리스크의 가능성(빈도)의 분석

리스크의 가능성(빈도)이란 사상의 발생 가능한 정도를 말한다.

<표 2> 가능성(빈도)의 평가 기준

가능성 (빈도)	평가 기준	리스크 평점
고	<ul style="list-style-type: none"> · 매일 수시로 위험 또는 유해성에 접근하는 것 · 상당한 주의 능력에서도 재해로 연결을 피하기 어려운 것 	3
중	<ul style="list-style-type: none"> · 고장, 수리, 조정 등의 비정상적인 작업에서, 위험 또는 유해로 때때로 접근하는 것 · 깜빡 잊고 있는 경우 재앙이 될 것 	2
저	<ul style="list-style-type: none"> · 위험 또는 유해의 근처에 좀처럼 들어서거나 접근할 수 없는 것 · 정상 상태에서 재해가 되지 않는 것 	1

③ 리스크 매트릭스

리스크 매트릭스란 중대성(강도)과 가능성(빈도)에 대한 범위를 구분하여 리스크 등급을 표시한 것이다.

<표 3> 리스크 매트릭스

가능성(빈도) \ 중대성(강도)			상해 또는 질병 발생의 중대성		
			대	중	소
			3	2	1
상해 또는 질병 발생 가능성의 정도	고	3	Ⅲ (9)	Ⅲ (6)	Ⅱ (3)
	중	2	Ⅲ (6)	Ⅱ (4)	I (2)
	저	1	Ⅱ (3)	I (2)	I (1)

④ 리스크 수준 판정

리스크 수준이란 중대성과 가능성이 조합되어 표현된 단일 또는 복수의 리스크에 대한 크기를 말한다.

<표 4> 리스크 수준 판정 기준

리스크 평점	리스크 수준		대응책 예
6~9	Ⅲ	즉시 해결해야 하는 중대한 위험	조치를 취할 때까지 작업을 중지할 필요가 있다. 충분한 경영 자원(비용과 노력)을 투입해야 할 필요가 있다.
3~4	Ⅱ	신속하게 위험 감소조치를 강구해야 하는 위험	조치를 취할 때까지 작업을 하지 않는 것이 바람직하다. 우선적으로 경영 자원(비용과 노력)을 투입해야 할 필요가 있다.
1~2	I	필요에 따라 위험 감소조치를 실시해야 하는 위험	필요에 따라 위험 감소 조치를 실시한다.

<표 5> 생산설비 보전작업시의 리스크 평가표 (예시)

작업내용	리스크 확인	현재의 안전보건조치	현재 리스크			개선대책	개선 후 리스크			개선실행		비 고
			가능성 (빈도)	중대성 (강도)	수준 (평점)		가능성 (빈도)	중대성 (강도)	수준 (평점)	일정	차기년도 검토사항	
펌프의 교체 작업	펌프의 고장으로 펌프를 떼어낸 뒤 펌프 내 윤활유의 유출로 주변이 오 염되어 청소작업 중 발생한 유기용 제 증기의 흡입으로 중독될 위험.	- 황성탄용 거즈마스 크의 사용	2	2	II (4)	- 강제 환기의 실시 - 유기가스용 방독 마스크 또는 송기 마스크의 사용	1	1	I (1)			
	차단밸브의 제대로 된 확인이 되지 않은 상태에서 작업을 진행해 펌프 가 폭발할 위험.	- wrench가 의 방향 에 의해 open/closed를 판 단	3	2	III (6)	- position indicator를 open/closed의 판단	3	1	II (3)			
선반 수리작업	전원을 차단하지 않은 재 수리 중 다른 작업자의 접근으로 인해 감전 사고가 발생할 위험.	- 기계에 수리 중 표 시를 붙여둔.	2	2	II (4)	- 수리중 기계에 방 호물 등의 설치로 보전작업자 이외 의 작업자의 접근 을 막음 - 일반작업자에게 안전교육 실시	1	1	I (1)			
엘리베이터 수리작업	과도한 하중으로 인해 벨트가 풀리 에서 벗어난 것을 수리할 때 모터의 전원을 차단하지 않고 작업을 실시 해 작업복이 풀리의 샤프트에 휘말 릴 위험.		3	2	III (6)	- 수리중 기계의 전 원을 차단 - 수리시 제대로 된 장비를 사용	3	1	II (3)			
크레인 전선 작업	인접한 케이블의 전원이 차단되지 않은 상태에서 크레인의 수리 작업 중 작업자가 전선에 접촉되어 감전 될 위험.	- 절연용 보호 장비 의 사용	3	3	III (9)	- 정전작업시 전원 을 반드시 차단	3	1	II (3)			
연계 정기 점검 작업	전압 측정단계에서 측정부위가 명 확히 적혀있지 않아 고압부위 저압 부를 잘못 측정하여 감전될 위험.	- 절연용 보호 장비 의 사용	2	2	II (4)	- 전압측정방법을 검토	2	1	I (2)			
	피해자가 실수로 충전중인 고압 배 전반에 접촉하여 감전될 위험.	- 절연용 보호 장비 의 사용	3	2	III (6)	- 충전부위 정전부 위의 혼란개소에서 위험구역을 명확 히 할	3	1	II (3)			