



전기재해예방

◆ 2009년도 12월달부터 연재된 내용입니다.

자료 _ 한국산업안전공단

○ 모듈의 목적

본 모듈은 전기재해예방에 관한 정보를 제공한다.
 각 장에서는 누전, 감전 및 전기로 인한 화재·폭발예방 등에 대한 내용들을 다루고자 한다.

○ 학습목표

1. 누전에 의한 감전재해 예방대책을 이해할 수 있다.
2. 충전부 접촉에 의한 감전재해 예방대책을 이해할 수 있다.
3. 전기 아크로 인한 화재폭발 요인 및 예방대책을 이해할 수 있다.

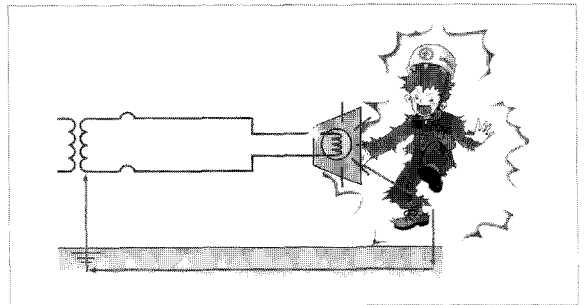
7. 접지

위에서 언급한 절연저항을 측정하여 사전에 누전을 예방하는 것이 중요함에 틀림이 없으나 이것으로 감전을 완전히 예방한다고 할 수 없다.

왜냐하면 절연저항 측정결과 이상이 없었다 하더라도 측정 이후 불시에 누전이 발생될 때에는 어떻게 되겠는가? 그렇다고 해서 항상 절연만 측정하고 있을 수는 없는 일이다. 그래서 이에 대비한 안전조치가 바로 외함 접지이다.

(1) 접지의 원리

접지는 근본적으로 전력계통 운영과 관련된 계통접지와 인명을 보호하기 위한 보호접지로 구분되나, 감전예방과 밀접한 관계가 있는 보호접지에 관하여 알아본다. 보호접지란 평상시 전류가 흐르지 않는 전기설비 또는 전기기계기구의 금속 외함을 접지하는 것이다. 그렇다면 접지를 하면 어떻게 하여 인명이 보호 되는가? 위의 감전사례를 전기기호를 사용하여 표현하면 다음과 같다.



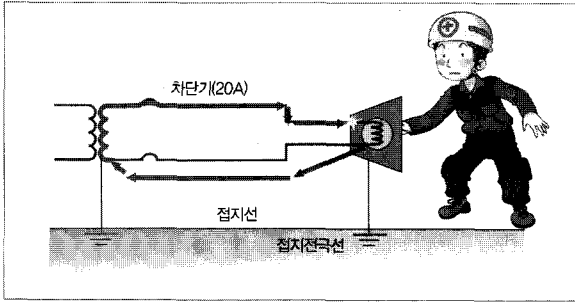
【그림 1-4】 누설전류 경로

① 접지극 전선

우선 AC 220V 등기구의 누전으로 사망한 경우 인체에 흐른 전류는 어느 정도였을까? 심실세동을 일으켜 사망하게 되는 전류는 대략 초당 50~100mA이므로 누전이 되더라도 이보다 낮은 전류가 흐르거나 전류가 전혀 흐르지 않게 차단하는 수단이 접지인 것이다.

[그림 1-5]와 같은 AC 220V 등기구의 외함에 접지를 하여 기접지저항을 100Ω으로 접지하였을 경우 변압기 2차측의 2

중 접지저항이 10Ω 로 가정하면 접촉전압은 200V가 되고 인체에 흐르는 전류는 0.2A(220mA)가 흘러서 보호가 안 되어 역시 위험하지만, 만일 외함 접지저항이 1Ω 이라면 접촉전압은 20V로 떨어져서 인체에 흐르는 전류는 20mA가 되어 안전하게 되는 것이다.



【그림 1-5】 외함 접지시 인체 통전전류 경로

$$\text{누설전류 } I = \frac{220}{10+100} = 2A,$$

$$\text{접촉전압 } e = IR = 2 \times 100 = 200V$$

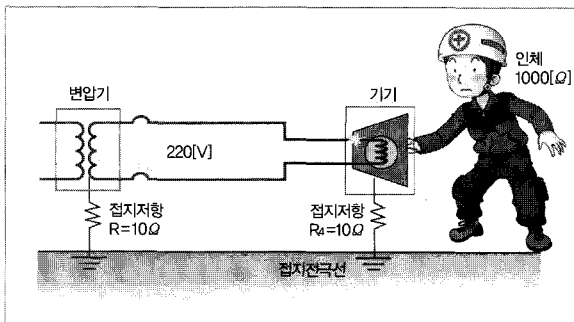
$$\text{따라서 인체 통과전류는 } i = \frac{200}{1000} = 0.2A(200mA)$$

경로여기에서 외함 접지저항을 낮게 하는 것이 접지공사의 필수 조건임을 알 수 있다.

접지저항을 낮추는 방법으로는 접지봉 또는 접지판 등 접지극을 땅속에 깊이 매설하는 것이 일반적인 방법이며, 좀더 체계적이고 전문적인 방법으로는 접지망(Ground grid), 접지극의 심타 또는 접지극을 키우거나 접지저항 저감제 등을 설계 단계에서 부터 반영하고 시공하는 방법이 있다.

② 누전(지락)전류 귀환용 접지선

누전 사고시 아예 전원측의 차단기를 차단하여 전류가 전혀 흐르지 못하도록 하는 것인데 즉, 전원측으로 누전전류 귀환용 접



【그림 1-6】 지락전류 귀환용 접지선

지선을 중성점 또는 변압기 2차측 접지단자에 설치 하는 것이다. 그 접지선은 [그림 1-6]에서와 같이 전원공급용 전선과 함께 배선된 접지선으로 폐회로를 구성, 전로를 차단하는 목적으로 사용되며, 땅속 접지극에 연결된 접지선(접지극 전선)과는 구별된다.

등기구나 기기 등에서 누전이 되었을 경우 발생하는 누전(지락)사고전류는 계통에 따라 값이 다르지만 대략 수십 내지 수천 암페어를 넘는 값이다.

이러한 큰 사고전류는 분전반, 배전반의 퓨즈, 차단기 등의 보호장치에 의해 즉시 차단되므로 누전 시에도 안전하게 되는 것이다. 즉 귀환 접지선이 이 역할을 하는 것이다. 따라서 최근에는 3상 4선식에도 케이블은 접지선이 내장된 5심을 많이 사용하는 추세이다.

(2) 이동형 전기기계기구의 접지

외함 접지의 중요성은 알지만 [그림 1-6]과 같이 외함을 접지극 전선에 의하여 땅속의 접지극에 연결하게 되면 그 기계기구는 움직이지 못하므로, 고정형 설비에는 적합하나 이동형으로는 문제가 있다. 그렇지만 이동형 전기기계기구의 외함 접지방법은 가장 보편적이고 쉬운 방법인데, 반면 가장 잘 지켜지고 있지 못한 실정이다.

이동형 전기기계기구는 기계기구 외함-접지형 코드선-접지형 플러그-접지형 콘센트-접지봉(또는 접지망) 등의 순으로 접지를 해야 하므로 전용 접지선이 케이블에 전원선과 함께 따로 내장되어야 하는데, 우리는 흔히 2가닥 전선의 비접지형 코드선 또는 비접지형 콘센트, 플러그를 사용하고 있는 실정이다. 특히 접지극이 없는 콘센트와 플러그를 사용하여 접지선의 연속성이 유지되지 못하고 끊기는 현상이 문제점으로 대두되고 있다.

8. 누전차단기

(1) 누전차단기의 정의

누전차단기란 누전사고시 공급전원을 신속히 차단하는 장치로서 전원측의 과전류 보호 장치가 감지하지 못하는 아주 작은 전류에서 동작하여 인체를 감전으로부터 보호한다.

그러므로 감전보호 목적의 누전차단기 정격은 일반적으로 30mA, 0.03초이다.

(2) 시험버튼(Test Button)에 의한 식별

누전차단기는 제작측면에서 분류하면 전류 동작형과 전압

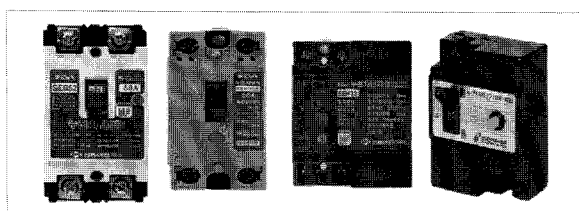
동작형으로 구분할 수 있고 전자식과 기계식으로 분류하거나 감도에 따른 구분방법이 있으나 감전예방을 위한 사용자 측면으로 분류하면 다음과 같다.

① 녹색 시험버튼

지락사고 전용품이므로 회로 전단에 별도의 과전류 보호장치가 필요하다.

② 적색 시험버튼

지락사고 및 과전류 보호 겸용이므로 과전류 보호장치 설치가 불필요하다.

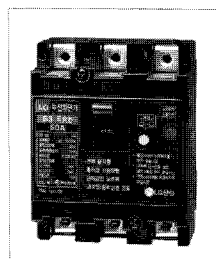


【사진 1-4】 누전차단기 종류

③ 형태에 의한 분류

가. 일반형

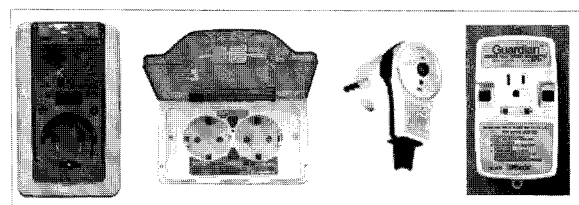
일반적으로 사용하는 누전차단기



【사진 1-5】 일반형 누전차단기

나. 낫폼 접속기형 누전차단기

낫폼접속기란 콘센트/플러그를 충전하는 순 우리말이므로, 콘센트형, 플러그형 및 어댑터형으로 다시 구분된다.

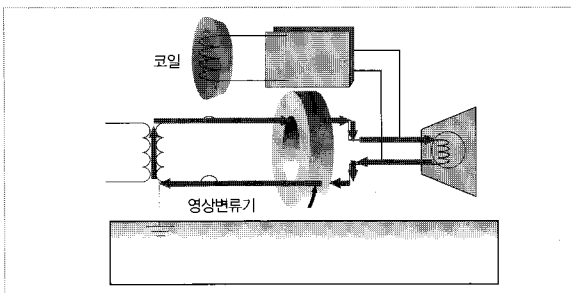


【사진 1-6】 콘센트형 누전차단기 【사진 1-7】 플러그형 【사진 1-8】 어댑터형

(3) 누전차단기 동작원리

① 정상상태

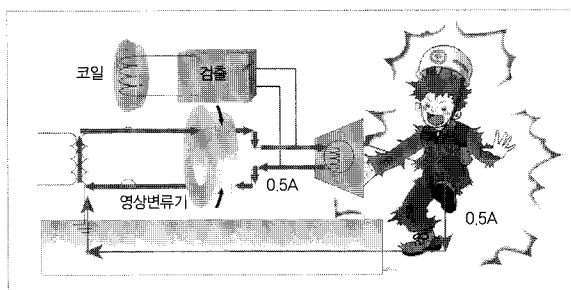
부하전류만 영상변류기를 통과하여 영상변류기에 발생하는 자장이 서로 상쇄되어 누전전류가 검출되지 못하므로 차단기 트립코일이 동작되지 않아서 차단되지 않는다.



【그림 1-7】 정상상태

② 지락사고 상태

부하전류에 의한 자계는 서로 상쇄되어 검출되지 않으나 사고 전류 Ig에 의한 자장이 영상변류기에 검출됨으로써 트립코일이 동작되어 차단기가 작동한다.



【그림 1-8】 누전상태

(4) 누전차단기 적용시 주의사항

누전차단기는 보통 정격 감도전류가 30mA라는 아주 작은 전류에 의하여 작동하므로 주의해야 할 사항이 있다.

- ① 비접지 방식의 전로에서는 근본적으로 누전이 되더라도 이에 관한 사고 전류가 흐르지 않으므로 누전차단기는 작동하지 않는다.
- ② 월 1회 이상 누전차단기의 시험버튼을 눌러 시험해야 한다. 정기적인 시험을 게을리 하면 누전사고시 누전차단기가 작동되지 않는 경우가 발생할 수 있으므로 월 1회 이상의 정기점검은 반드시 실시한다.
- ③ 전자파 또는 누설전류 등에 의하여 오작동 되는 경우가 있다. 간혹 우리가 흔히 사용하고 있는 무전기 또는 휴대폰 사용 중에 갑자기 전원이 차단되어 혼란을 초래하기도 한다.

9. 접지와 누전차단기

감전재해 예방을 위하여 외함 접지공사를 완벽하게 실시하는 방법과 누전차단기를 사용하는 방법이 가장 효과적이라고 하였는데 그렇다면 접지, 누전차단기 중 어느 것을 선택해야 할까? 가장 이상적인 방법은 외함 접지공사를 하되 접지 저항치를 아주 낮게 유지하도록 하고, 물 등 습기가 많은 장소에 꽃음 접속 기형 누전 차단기를 추가하는 것이다.

그러나, 이와 반대로 누전차단기를 설치하고 접지를 생략하였다면 올바른 감전재해 예방대책이라 할 수 없다. 실제로 이와 같이 누전차단기만 설치하여 누전시 감전으로 사망한 예가 종종 있기 때문이다.

결국 누전에 의한 감전재해 예방대책은 외함 접지를 양호하게 하는 것이 바람직한 방법이고 이 때 주의해야 할 사항은 접지공사 시작 전에 접지 설계가 적절하게 되어야 하고 접지봉 또는 접지망 등의 접지극이 미리 설치되어야 한다는 것이다.

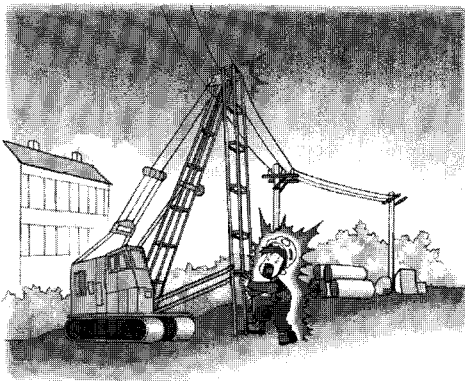
이를 소홀히 하여 나중에 사후 조치로 대책방안을 마련하자고 한다면, 이미 앞질러진 물과 같아 결국 비접지형 콘센트를 설치하고 누전차단기에 의존할 수 밖에 없게 된다.

2. 충전부 접촉에 의한 감전 및 예방대책

1. 가공선로 접촉에 의한 감전

가공선로 접촉에 의한 감전사례는 주로 건설현장에서 발생하는 것으로서 중요한 원인은 다음과 같다.

- (1) 파이프, 긴 철근 등의 도전성 공사자재 취급 중 가공선로에 접촉
- (2) 이동식 크레인 항타기 등의 건설장비 사용 시 가공선로에 접촉



[그림 2-1] 가공선로 접촉 감전사례

2. 가공선로의 작업안전 대책

(1) 가공선로 부근에서의 안전작업

- ① 공사개시 전 감전재해예방을 위한 계획을 수립한다.
- ② 가공선로가 활선상태인 경우 절연용 보호구나 방책을 설치한다.
- ③ 절연물 방호구, 방책 설치시는 경험자가 절연용 보호구를 착용한 후 활선작업용 기구로서 적절한 방호구를 올바른 설치방법에 따라 설치한다.
- ④ 가공선로에서 정전상태에서 작업할 경우, 전력회사에 연락하여 필요한 조치를 의뢰한다.
- ⑤ 정전 작업시는 작업자와 전력회사의 담당자가 연락을 확실히 한다.
- ⑥ 가공선로에 위험 표지를 설치하고 가능한 감시인을 두고, 작업을 감시하도록 한다.

※ 용어해설

- 절연용 방호구, 방책 : 고압활선 근접작업 등에서 노출된 충전부에 설치 하는 감전방지용 절연용 시트, 절연덮개, 절연관 및 울타리
- 절연용 보호구 : 작업자가 감전방지를 위하여 착용하는 절연용 안전모, 고무장갑, 고무장화 등
- 활선작업용 기구 : 손으로 잡은 부분이 절연재로 만들어져 활선에 근접하여 간접적으로 작업할 수 있는 핫 스틱, 단로기 조작봉 등
- 활선작업용 장치 : 충전전로의 점검, 수리 등을 위하여 사용되는 활선작업용 차, 절연 사다리, 활선애자 청소기, 활선작업용 절연대 등

(2) 방호구 설치방법

활선상태의 고압가공선로에 방호구를 설치하는 것은 고압 활선작업이 되므로 작업 중에 방호구가 이동된다든지 충전전로가 노출되지 않도록 다음 사항에 유의하여 작업하여야 한다.

- ① 작업지휘자는 작업자에게 방호구 설치방법 및 순서를 지시한 후 방호작업을 지휘한다.
- ② 절연용 방호구는 잘 수리, 정비하여야 하며, 사용 전에 흠, 파손된 부분이 없는지 점검한다.
- ③ 작업자는 먼저 절연용 보호구를 착용하여 신체를 보호해야하며, 작업지휘자는 보호구 착용상태를 점검한 후 작업을 착수시킨다.
- ④ 주상에서 작업은 가급적 2인 1조로 하고, 단독작업은 피한다.
- ⑤ 작업을 위하여 비계, 받침대 등을 이용하거나, 활선작업장치를 사용하며 안전한 자세로서 작업한다.
- ⑥ 작업위치에서 신체에 가까운 충전전로부터 차례로 절연용 방호구를 설치하고, 제거시에는 반대로 신체에 멀리 떨어

진 곳부터 제거한다.

- ⑦ 바인드 선과 전선의 단말 돌출부에 절연 고무장갑이 손상되지 않도록 주의한다.
- ⑧ 절연용 방호구는 작업 중에 이동하거나 탈락하지 않도록 고무끈 등으로 확실히 고정 하여야 한다.

(3) 크레인 등의 건설장비 사용시 감전예방 대책

- ① 장비 사용현장의 장애물, 위험물 등을 점검하고, 현장의 작업자에게 업무분담을 하여, 작업을 위한 계획을 수립한다.
- ② 장비 사용을 위한 신호수를 선정한다. 신호수는 시야가 가리지 않는 곳에 위치하여, 긴급적 무전기로서 장비 운전사와 긴밀히 연락할 수 있도록 해야 한다.
- ③ 장비의 조립, 준비 시부터 가공선로에 대한 감전방지 수단을 강구한다. 확실한 감전 방지 수단은 가공선로를 정전시킨 후 단락 접지를 해야 하나, 정전작업이 곤란한 경우 가공선로에 방호구를 설치해야 한다.
- ④ 상기 조치를 취하지 못할 경우, 다음과 같이 안전작업 이격거리를 유지하여 작업해야 한다. 안전작업 이격거리는 크레인 등의 장비자체뿐만 아니라 붐(Boom), 적재물, 와이어 등이 선로에서 이격 되어야 할 거리를 포함한다.
- ⑤ 장비 이동시 적재물이 떨어지거나, 울퉁불퉁한 도로를 이동할 때 붐이 솟구치지 않도록 주의해야 한다.
- ⑥ 긴급적 자재를 가공선로 밑에 보관하지 않도록 한다.

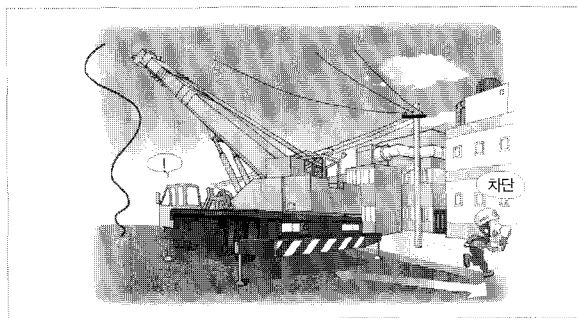
[표 2-1] 안전작업 이격거리(OSHA, NFPA 70E)

측정치	상태
∞Q	양호
$0Q$	누전

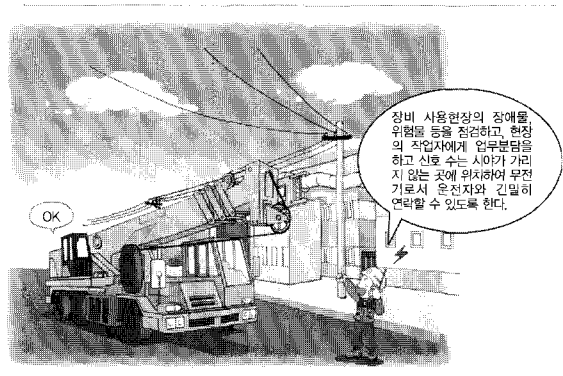
(4) 크레인 등의 건설장비가 가공선로에 접촉할 경우의 조치

크레인이 가공선로에 접촉되면 크레인에 가공선로의 전압과 거의 같은 전압이 인가되므로, 크레인의 금속체 부분에 접촉된 사람은 치명적으로 재해를 입게 되나, 재해자 이외의 운전기사는 다음 사항에 유의하여 재해가 착상되지 않도록 해야 한다.

- ① 가공선로가 절단되어 땅에 떨어졌을 경우 전선이 차단되었다 하더라도 근처에 있거나 접촉되지 않도록 주의하고 전력회사에 연락한다.
- ② 만약 작업자가 크레인에 감전되었을 경우, 감전 재해자를 직접 만지지 말고, 마른 판자, 로프 등을 사용하여 안전한 곳으로 옮긴 후 인공호흡을 실시한다.
- ③ 크레인이 가공선로에 접촉되더라도 대부분의 운전기사는 안전하므로 접촉된 가공선로로부터 크레인이 이탈되도록 크레인을 조정한다.
- ④ 만약 전선이 끊어져 크레인에 감겼을 경우, 운전기사는 운전석에 조용히 앉아 마음을 가라앉힌다.
- ⑤ 다음, 운전기사는 운전석에서 일어나 크레인 몸체에 접촉되지 않도록 주의하여 크레인 밖으로 점프하여 뛰어내린다.
- ⑥ 점프 후 크레인에 접촉되지 않도록 주의하여 크레인 반대 방향으로 탈출한다.



크레인 등의 가공선로 접촉시 안전대책



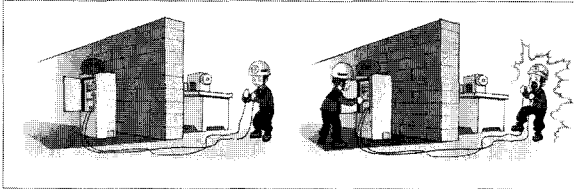
크레인 등의 건설장비 사용시 안전대책

3. 전기작업 중 충전부 접촉

다음의 그림은 분전반에서 차단기로 전원을 차단한 후 재해자가 용접 케이블의 손상부분을 수리하던 중 다른 작업자가 차단기를 재투입하여 감전된 사례이다. 이와 같은 보수, 점검중의 재해 사례는 누전에 의한 것과는 아주 다르다. 접지나 누전차단기로 해결될 수 없기 때문에 다른 방법이 필요한데 흔히 생각나는 방법이 절연장갑, 절연화 등의 보호구를 착용하고 작업하는 것이다.

그러나 이보다 더 효율적인 방법이 있는데, 잠금장치/꼬리표를 설치하는 방법으로 산업안전보건법에서도 작업안전을 위해

적용토록 규정하고 있다.



【그림 2-2】 전기작업 중 감전사례

4. 전기작업 안전대책

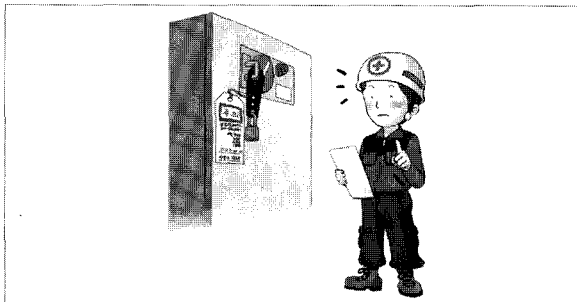
상기와 같은 작업 중의 안전을 위한 잠금장치/꼬리표의 설치란, 바로 작업안전 수칙을 제정하여 이를 준수해야 한다는 의미인데, 대부분의 사업장은 각각 나름대로의 작업안전 수칙을 갖고 있다. 하지만 그 수칙내용에는 중요 핵심사항인 잠금장치/꼬리표 설치 절차가 누락되는 경우가 많아 안전대책이 실제적으로 강구되지 않고 있는 실정이다.

작업안전수칙이란 사업장별로 그 특색을 달리하여 각자의 고유절차를 제정하는 것이 원칙이지만, 기본적인 안전수칙은 다음과 같다.

- ① 전원을 차단한다.
- ② 전원의 재투입을 방지한다(잠금장치/꼬리표, Lock Out/Tag Out).
- ③ 작업장소가 무 전압임을 확인한다.
- ④ 단락 접지한다.
- ⑤ 모든 절차가 적절히 완료되었음을 확인한다.

(1) 꼬리표

기기 또는 설비가 동작되어서는 아니 됨을 표시하는 위험, 조작금지, 주의 등의 경고 표지로서, 꼬리표에 부착사유, 작업일자, 작업자의 이름 등이 기재되며 마분지 또는 종이로 제작된 꼬리표는 재사용할 수 없으나 플라스틱 꼬리표는 그 내용을 변경하여 재사용할 수 있다.

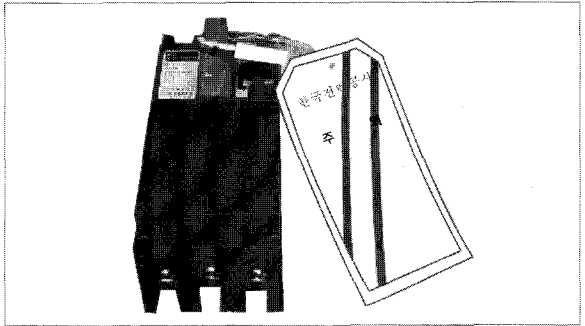


【그림 2-3】 Lock Out/Tag Out

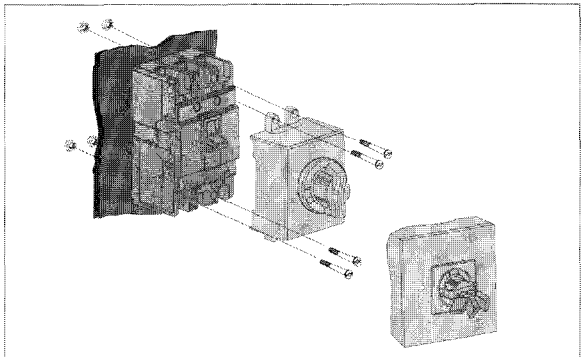
(2) 잠금장치

기기 또는 설비가 동작하지 못하도록 사용하는 열쇠 또는 열쇠의 기능을 갖는 Blocking 등 유사장치이다.

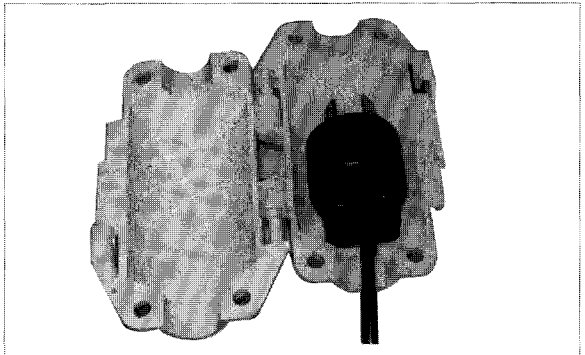
잠금장치를 하면 기계 또는 설비가 돌발적으로 동작하지 않도록 안전한 상태로 유지 하게 된다.



【그림 2-4】 배선용 차단기의 잠금장치(칼라삽화 13)



【그림 2-5】 배선용차단기 외부조작핸들의 잠금장치(칼라삽화 14)



【그림 2-6】 플러그 잠금장치