

목 차

- 1. 애자의 설계 1
- 2. 사용구분 1

- 해설 1. 전차선로용 애자 일반 2
 - 1. 애자의 사용목적 2
 - 2. 애자의 종별과 사용구분 2
- 해설 2. 애자의 오손구분 4
 - 1. 애자의 오손 4
 - 2. 염진오손 구분 5
 - 3. 내오손 기준 5
- 해설 3. 애자의 오손대책 8
 - 1. 과절연 설계 8
 - 2. 애자청소 9
 - 3. 발수성 물질의 도포 9

- RECORD HISTORY 10

경과조치

이 철도설계지침 및 편람(KR CODE) 이전에 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 각 코드별로 변경하였습니다. 또한, 모든 항목에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.

- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람(KR CODE)”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 코드별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시되며 설계적용시 최신판을 확인 바랍니다.

- “철도설계지침 및 편람(KR CODE)”에서 지침에 해당하는 본문은 설계시 준수해야 하는 부분이고, 해설(편람) 부분은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 각 코드의 제목부분에서 해설은 편람을 총칭하는 것입니다.



1. 애자의 설계

- (1) 애자는 그 목적을 고려하여 현수애자 또는 지지애자, 장간애자를 선정한다.
- (2) 충격절연강도, 절연누설거리 등 절연성능과 하중, 풍압, 진동 등의 기계적 강도 등을 고려하여 설계한다.

2. 사용구분

애자의 표준 사용구분은 다음 각 호 및 표에 의한다.

- (1) 염해 우려 지역·공장지대 등 공해지역, 오염지역에는 절연성능이 보완된 애자를 사용하거나 현수애자의 경우 그 수량을 늘려 설치한다.
- (2) 기기배선용 애자는 급전선 및 부급전선(보호선)에 준한다.

표 1. 애자의 표준 사용구분표

애자 종별 사용개소	구 분	현수애자		장간애자			지지애자		
		180mm	250mm	교분자	교분자	항압용	인장용	NSP4 0	NSP5 0
급전선	인 류		4	1	1		1		
	현 수		4	1	1			1	1
	이상구분		5	1					
	중요손지구		5(4)	1					
부급 전선 및 보호선	인 류	1							
	현 수	1							
	흡상변압기 및 단자구분	2							
가공 전차선	인 류		4	1	1		1		
	현 수		4	1	1		1		1
	곡선당김장치		4	1	1		1		
	스 펜 션		4	1	1		1		
	이상구분장치		5	1					
	흡상변압기 구 분 장 치		2						
가동 브래킷	수평파이프 (상부파이프)				1		1		
	경사파이프				1	1			
스펜션 브래킷	파이프						1		

- (3) 애자의 절연누설거리등 절연성능은 환경조건, 운영조건등을 반영하여 공단이 정하는 표준도에 의한다.

해설 1. 전차선로용 애자 일반

1. 애자의 사용목적

전차선로의 애자는 전선 및 진동방지, 곡선당김장치 등의 부속설비를 전주, 빔, 완금등에 지지하는 경우와 전차선을 전기적으로 구분하는 경우, 또한 가동브래킷 등에 직접 지지물과의 절연을 목적으로 사용한다.

전차선로용 애자는 대기중의 습도, 분진, 매연, 염해 등에 의하여 애자표면이 오손되어 그 표면저항이 저하되므로 누설전류의 증대에 따라 전기적 과피를 발생시킬 우려가 있다. 이 애자의 파손은 즉시 전기차 운전이 지장을 초래하므로 그 형상은 가능하면 표면 누설거리가 큰 것이 적합하지만 합리적인 절연강도가 되도록 애자를 선정할 필요가 있다.

2. 애자의 종별과 사용구분

(1) 애자의 종별

전차선로에 사용하는 애자는 전선의 지지·인류에는 현수애자가 사용되고, 가동브래킷 등에는 장간애자가 사용되며, 과선교 하부등 특수한 개소와 기기의 지지에는 지지애자가 사용되고 있다.

애자에는 절연부의 재질에 따라 자기제, 유리제, 수지제가 사용되고 있다.

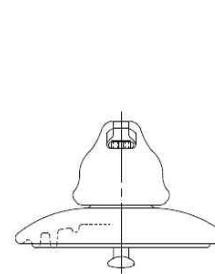


그림 1. 현수 애자



그림 2. 장간 애자

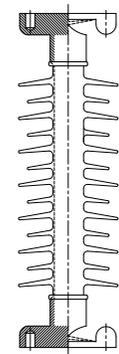


그림 3. 지지 애자

(2) 애자의 사용구분

교류전차선로용 애자에서는 오손으로 인한 애자섬락 등을 중점을 두어 절연강도를 정하고 있으며 그 사용구분은 다음과 같다.



종	별	사	용	개	소
현수애자	180mm	부급전선, AT보호선의 지지 또는 인류용, 2중 절연보호 방식의 저압부분			
	250mm	전차선, 급전선의 지지 또는 인류용, 곡선당김장치 인류용, 급전선구분용			
장간애자	항압용	가동 브래킷 경사 파이프용			
	인장용	급전선, 가공전차선, 곡선당김장치 인류 및 현수, 가동브래킷 수평파이프용			
오손구간	현수애자	250mm 5개 또는 내염용 250mm 4개 (※동등 이상의 성능을 갖는 수지계 애자)			
지지에자	NSP 40	급전선 지지용			
	NSP 50	급전선 지지용			
	SP60	교량, 터널, 구름다리밑 급전선 지지용			

해설 2. 애자의 오손구분

1. 애자의 오손

애자가 오손되어 비나 안개에 의하여 습윤을 받으면 애자 연면의 절연이 떨어진다. 이 절연저하 때문에 국부방전이 발생되어 가청 잡음, 라디오, TV장해를 유발시키거나 심한 경우에는 플래시 오버를 일으킨다.

전차선로용 애자는 인가에 접근되거나 운전승무원이나 여객의 눈에 띄는 일이 많으므로 오손으로 인하여 방전 발광하면 사람의 마음에 불안감을 주는 일이 많아진다.

오손물의 종류에 따라 섬락전압에 미치는 영향이 크게 다르므로 애자의 오손선풍 특성은 복잡하게 되어있다. 애자의 오손물은 해염외에 공장에서 배출되는 여러 가지 화학합성물, 매연, 분진, 국부적이긴 하지만 시멘트가루 등이 있다. 이와 같은 오손물 중에서 애자의 절연에 가장 나쁜 영향을 주는 것은 물에 녹아서 강한 도전성을 나타내는 해염 등의 강전해질이다.

애자의 오손대책으로서는 애자의 증결, 애자의 세척, 실리콘 콤파운드도포 등이 있다.

(1) 애자의 오손요인

애자 오손에 영향을 미치는 주인자는 오손원에서의 거리, 지형, 풍향, 풍속, 천후, 강우량, 애자의 형상, 표면상태, 설치위치, 조가방법, 과전전압, 사용기간 등 많은 요인이 있으며 이와 같은 것의 총합이 애자의 오손상태로서 나타난다.

(2) 애자표면이 오손되었을 때 일어나는 플래시 오버(flash over) 발생과정

- ① 애자의 표면은 사용환경에 따라 해염 등의 오손물이 부착되어 오손된다. 이와 같은 부물은 건조상태에서는 절연에 대하여 악영향을 미치는 일은 없으나 안개, 비, 눈 등에 의하여 습해졌을 때 오손물 중의 염분, 그 외 가용성분이 물에 용해되어 표면 누설저항이 저하되면서 상당한 누설전류가 표면을 흐르게 된다.
- ② 이 누설전류의 가열효과에 따라 특히, 전류밀도가 높은곳, 현수애자에서 핀, 캡 주변에 소위 건조대를 형성한다. 그 결과 국부적으로 저항이 감소되어 부담전압이 높아진다.
- ③ 오손의 정도가 가볍고 건조대에 걸리는 전압이 낮으면, 그 부분에는 방전이 일어나지 않으며 누설전류는 점차 감소되어 절연성은 회복된다. 그러나 오손의 정도가 높은 경우에는 최초 흐르는 전류는 크며, 건조작용이 강하므로 건조대에 걸리는 전압은 높아져서 국부 아크의 발생이 일어난다.
- ④ 국부 아크의 발생에 의하여 건조부분은 단락되게 되므로 아크방전의 전류를 제한하는 것은 남은 습윤부분의 저항이므로 아크발생과 동시에 누설전류는 급격하게 증대하게 된다.
- ⑤ 한편 가열건조 효과도 증대되므로 곧 전류는 감소되고 국부 아크도 소멸된다. 그리고 재차 표면이 습윤하게 된다.



⑥ 이와 같이하여 누설전류 서지를 반복하며, 그 결과 애자표면의 전압분포는 점점 불균등하게 되어 전압의 대부분은 건조부분에 걸리게 되어 아크는 방전의 강도를 더하여 드디어는 습윤부분의 저항이 전류를 억제할 수 없게되어 어느치에 도달하면 플래시 오버로 진전된다.

2. 염진오손 구분

(1) 지구별의 염진오손 구분은 다음과 같다.

① 일반지구

해안에서 떨어진 산간, 평야 등에서 특히 염해에 대하여 고려할 필요가 없는 선구

② 오손지구

해안으로부터의 거리, 지형, 풍향, 태풍 등으로 습래정도 및 송전선의 염해사고 등으로 보아 상당량의 염해가 예상되는 선구

(2) 염진오손구분 및 애자의 표준사용 구분

종 별	교 류 (AC 25kV)		비고
	일 반 지 구	오 손 지 구	
현 수 애 자	250mm 4개	250mm 5개 또는 내염용 250mm 4개	※ 동등이상의 성능을 갖는 수지제 애자를 사용할 수 있다.
장 간 애 자	교류 일반용	교류 오손용	

(3) 화학공장의 매연 등에 의하여 오손을 받는 개소는 실정에 따라 ① 및 ②를 준용한다.

(4) 해수의 물보라 거품 등의 영향을 받는 개소 또는 염분을 포함한 눈이 부착되는 개소 등 특히, 오손이 심하며 또 급속하게 오손이 예상되는 개소에 대해서는 필요한 염해 방지 대책을 강구하여야 한다.

① 급속오손

태풍이나 계절풍에 실어서 바다로부터 해염입자가 날아와 단시간에 애자가 오손되는 현상을 급속오손이라 부르고 있다. 태풍에 의한 것은 바다로부터 수 10[km]까지 미치는 것도 있으며 5[km]이내에서 많이 발생하고 있다.

3. 내오손 기준

(1) 적용범위

이 기준은 염진해 오손등급 B급 이상 지역의 내오손 설계에 적용한다.

(2) 오염등급 구분

설계하고자 하는 지점(이하 “설계점”이라 한다)의 오손등급 구분은 <표 1>과 같으며 아래 요령에 의하여 적용한다.

[표 1] 오손등급 구분

[단위:mg/cm²]

구 분	A	B	C	D
ESDD	0.063 이하	0.063초과~0.125	0.125초과~0.25	0.25초과~0.5

※ ESDD : 등가염분부착밀도(Equivalent Salt Deposit Density)

가) 염해 오손등급 적용

- ① 설계점이 과거 염해 고장 발생실적이 있는 지역은 기존시설 오손등급을 기준으로 설계점 오손등급을 조정하여 적용한다.
- ② 설계점이 신설인 개소는 간이오손 분석법<표 2>를 적용하며, 필요시 오손등급을 조정하여 적용 할 수 있다.

나) 간이 오손분석법

오손분석표 적용이 곤란한 경우 해안으로부터 설계점까지의 직선거리에 따라 <표 2>를 적용한다.

[표 2] 해안거리별 오손등급 구분

[단위:km]

오손구분 해안별	B급	C급	D급
동 해	2.0 초과 ~ 3.5	1.5 초과 ~ 2.0	0 ~ 1.5
서 해	5.5 초과 ~ 7.0	3.0 초과 ~ 5.5	0 ~ 3.0
남 해	1.5 초과 ~ 2.5	1.0 초과 ~ 1.5	0 ~ 1.0
제 주 도	8.5 초과 ~ 11.5	5.5 초과 ~ 8.5	0 ~ 5.5

(3) 설계요령

가) 선로 경과지의 선정

선로 경과지는 아래와 같은 지역을 선택하되 애자청소 방법도 고려한다.

- ① 염풍의 영향을 적게 받는 지역
- ② 방풍림, 건조물 등으로 염풍이 차폐되는 후방지역



- ③ 해안에 근접한 강어귀로부터 먼 지역
- ④ 산언덕의 후방 저지대 지역

나) 시공요령

가급적 오손 피해가 적도록 아래 요령으로 시공한다.

- ① 장주를 간소화하여 변압기 또는 기타 주상기기의 시설수를 최소화 한다.
 - 변압기의 단위 용량을 크게 한다.
 - 불필요한 다중가선을 정리하고 지지예자수를 줄인다.
- ② 가급적 인류개소를 적게 한다.
- ③ 비산한 염분 입자가 직접 닿는 지역은 지상고를 높이되 그 외는 안전거리를 확보한 최저 지상고로 한다.
- ④ 현수예자는 예자하면의 오손 부착량이 최소화되고 비에 의한 세척효과가 양호하도록 하고 가급적 예자하면이 바다 반대쪽을 향하도록 취부한다.
- ⑤ 기기 리드선에는 누설전 류방지갯을 부착하거나 리드선을 통하여 습윤된 염분이 직접 기기단자에 흘러들어가지 않도록 시공한다.

다) 설계방법

내오손 효과를 가장 높일 수 있도록 아래 방법 중에서 검토하여 선정한다.

- ① 내염기자재 활용방법
 - 설계지의 오염등급에 따라 <표 3>과 같이 내염기자재를 적용한다.
- ② 지중화 방법
 - 오염등급이 C급 이상으로서 대도시의 중심 변화가 등은 지중화 한다.
- ③ 오손이 적은 지역으로 우회시키는 방법
- ④ 저압배전 방법

[표 3] 설계지의 오염등급에 따른 내염 기자재 적용

구 분	오손등급	사 용 자 재	비 고
예 자	B급	◦ 라인포스트 예자 ◦ 191mm 현수예자×2개 ◦ 폴리머 현수예자 B호	(15,000Lbs, 배전선로용)
	C급	◦ 내염형 라인포스트 예자 ◦ 191mm 현수예자×3개 ◦ 250mm 현수예자×2개 ◦ 폴리머 현수예자 A호	
	D급	◦ 내염형 라인포스트 예자 ◦ 250mm 현수예자×3개 ◦ 폴리머 현수예자 A호	
전 선	B급 이상	◦ 경동선 ◦ ACSR/AW-OC + 바인드부분 보강재	- ACSR-OC는 Bind 부분 보강재사용 (예자좌우 50cm)
선로용 개폐기	B급 이상	◦ 밀폐형 개폐기	
피뢰기	B급 이상	◦ 피뢰기 + 내오손 보강재 ◦ 폴리머 피뢰기	- 내오손용 결합예자

해설 3. 예자의 오손대책

1. 과절연 설계

매연이나 분진, 염분의 오손을 고려하여 사전에 예자의 연면 절연을 강화하여 두고, 오손상태에서의 플래시 오버(flash over) 사고를 방지하는 것이 과절연 설계이다.

과절연 설계에는 예자의 증결, 표면누설거리가 긴 특수한 예자의 사용 등이 있으나 오손예자의 플래시 오버 전압은 예자의 표면누설거리에 거의 비례하여 상승한다고 생각되므로 예자의 연결개수를 증가시키는 방법이 일반적으로 채용되고 있다.

(1) 현수예자의 과절연 설계

표 5. 교류 25[kV]용 현수예자 250mm의 경우

오 손 구 분	일 반 지 구	오 손 지 구	중 오 손 지 구
설계내전압(kV/개)	10.3	8.9~7.8	6.7
예자의 개수	3개	3~4개	4개
현재시설 개수	4개	4개	5개

(2) 장간예자의 과절연설계



표 6. 교류 25[kV]용 장간애자의 경우

()는 이중절연방식

오 손 구 분	일 반 지 구	오 손 지 구	중오손지구
kV당 소요누설거리 [mm/kV]	26	30~33.5	43.5
소요누설거리 [mm]	780	900~1,005	1,305
현재 시설물 적용 누설거리 [mm]	1,480 (1,250)	1,480 (1,250)	1,480
적용 오손내전압 [kV]	30	30	30

2. 애자청소

- (1) 오손 플래시 오버(Flash over) 사고방지를 위하여 애자를 정기적, 응급적으로 청소하는 방법이다. 그 방법으로는
- ① 사람이 손으로 하는 청소
 - ② 활선애자 청소기로 하는 청소
 - ③ 활선 청소장치에 의한 청소 등이 있으며 일반적으로는 전차선로를 정전시키고 사람의 손으로 하는 청소를 하고 있다.
- (2) 신설선 터널 내 애자류는 영업시운전 시행 전까지 1회 물청소(고압살수)를 시행한다.

3. 발수성 물질의 도포

애자가 오손되어도 습윤에 의하여 표면의 절연이 저하되지 않도록 애자의 표면에 발수성 물질을 도포하여 절연을 유지하는 방법이다. 이 발수성 물질에는 실리콘 콤파운드(Silicone compound)가 널리 사용되고 있다.

RECORD HISTORY

- Rev.0(12.12. 5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체제로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.4(14.12.26) 철도전기설비의 염분에 의한 피해방지기준 정립연구 결과 반영
기술연구처-574호('14.07.14)
- Rev.5(22.12.09) “전철전력분야 기술개선 및 업무협력 공단·공사 실무회의 결과”(전철처-9594호, 2021.12.06.)에 따라 건설 시 발생하는 각종 먼지 등으로 인한 애자 성능문제 발생을 우려한 물청소 반영